



Vlaanderen
is milieu

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

2019

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
1.1	Probleem- en doelstelling.....	4
1.2	Doelpubliek.....	4
1.3	Chronologie/werkwijze.....	4
1.4	Toekomstgerichte visie	5
2	Een bemaling ... wat nu?	5
3	Stappenplan	10
3.1	Gegevensverzameling.....	10
3.2	Milieutechnische en andere randvoorwaarden	11
3.2.1	Milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden.....	12
3.2.2	Wettelijke randvoorwaarden	12
3.3	Opstellen van het bemalingsconcept	12
3.4	Methodes voor milieutechnische berekeningen en effectbepalingen.....	13
3.4.1	Analytische en numerieke rekenmethodes	13
3.4.2	Wanneer is numeriek modelleren aangewezen/noodzakelijk?	14
3.4.3	Zettingsberekeningen	14
3.4.4	Meetstaat.....	15
3.5	Risico's en onzekerheden	15
3.6	Omgevingsvergunning en wettelijke bepalingen.....	17
3.7	Monitoring en handhaving	18
3.7.1	Dimensies van de bouwput en waterverlaging in de bouwput	19
3.7.2	Zettingsrisico's	19
3.7.3	Opbarstrisico's	20
3.7.4	Verpompte/geretourneerde/geloosde debieten.....	20
3.7.5	Aanwezigheid bijzonder beschermde gebieden en verzilt gebied(zie ook bijlage 6.5)....	20
3.7.6	Aanwezigheid verzilt gebied	20
3.7.7	Aanwezigheid verontreiniging	21
3.7.8	Interferentie tussen verschillende watervoerende lagen.....	21
3.8	Nazorg.....	21
3.8.1	Beëindigen van de bemaling.....	21
3.8.2	Het achterlaten van de fysieke elementen van een bemalingssysteem	21
3.8.3	Het herstel van de grondwaterstand	22
3.8.4	Voortgezette monitoring.....	22

3.8.5	De effecten van permanente bemalingen	22
3.8.6	Finale rapportering	23
3.9	Toetsingskader	23
4	Gevalstudies	24
5	Referentielijst	24
6	Bijlagen	24
6.1	Begrippenlijst, lexicon.....	24
6.2	Checklist 1: gegevensverzameling	40
6.3	Richtlijnen grondonderzoek	43
6.4	Checklist 2: milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden	57
6.5	Bijzonder beschermde gebieden en verzilt gebied	59
6.6	Stroomschema tijdelijke bemalingen (rubrieken 53.2 en 53.11)	69
6.7	Wettelijke randvoorwaarden.....	71
6.8	Bemalingstechnieken.....	87
6.9	Matrix aangewezen bemalingstechnieken	125
6.10	Vakliteratuur inzake bemaling	127
6.11	Analytische en numerieke methodes	128
6.12	Zettingsberekeningen	147
6.13	Meetstaat bemaling	152
6.14	Invalfiche	155
6.15	Kwalitatieve elementen van monitoring.....	158
6.16	Monitoring zoutgehalte van grondwater	168
6.17	Waterkerende wanden	172
6.18	Nazorg bij achterlaten van fysieke elementen van de bemaling.....	187
6.19	Gevalstudies	190

Verwijzingen naar de meest recente versie van wetteksten worden in dit document opgenomen in de voetnoten.

1 Inleiding

1.1 Probleem- en doelstelling

Er wordt bemaald om werken in den droge te kunnen uitvoeren. Het verlagen van de grondwaterstand kan echter schade veroorzaken aan de omgeving door verdroging, zettingen, verzilting of migratie van verontreiniging. Dergelijke problematiek kan in vele gevallen vermeden worden door het uitvoeren van een degelijk vooronderzoek. Uit de praktijk blijkt dat dit onvoldoende gebeurt.

In 2009 werden richtlijnen voor bemalingen opgesteld door een werkgroep n.a.v. een studiedag 'Bemalingen: eeuwig discussiepunt?' (10 december 2003). Deze richtlijnen waren bedoeld om de opdrachtgever en de ontwerper te begeleiden vanaf het vooronderzoek en het grondonderzoek tot de technische bestektekst. Verder vond de uitvoerder in deze richtlijnen de nodige begeleiding bij de uitvoeringsaspecten van de bemaling.

Uit vergunningsaanvragen blijkt dat deze richtlijnen amper gevolgd worden.

Bovendien ontbreekt een effectbespreking vaak in de vergunningsaanvraag, of wordt een methodiek gehanteerd die ontoereikend is om het effect correct in te schatten.

Ook wat de opvolging en nazorg van de bemaling betreft zien we soms ernstige tekortkomingen.

Hieruit blijkt dat de richtlijnen uit 2009 geactualiseerd moeten worden. Voorliggende studie beperkt zich in hoofdzaak tot de milieutechnische aspecten van bemalingen en moet leiden tot een consequent en duidelijk kader om een 'best practice'-bemalingsconcept af te leiden. De uiteindelijke richtlijnen moeten gedragen worden door de betrokken sectoren.

1.2 Doelpubliek

De richtlijnen zijn bedoeld voor een zo breed mogelijk publiek. Daarom wordt de basistekst zo eenvoudig en leesbaar mogelijk gehouden. Er wordt verwezen naar bijlagen waarin bepaalde zaken technisch verder worden toegelicht. Zo zijn de richtlijnen een praktisch instrument voor leken en meer gespecialiseerde lezers.

Een lezer vertrouwd met bemalingen zal de lectuur en te ondernemen stappen vrij vlot kunnen volgen en vermoedelijk zelfs kennen. Een lezer die voor de eerste keer in aanraking komt met een bemaling of die maar een paar in zijn professionele carrière tegenkomt, zou met de richtlijnen aan de slag moeten kunnen.

Er is ook een lijst technische begrippen en afkortingen met hun inhoudelijke verklaring opgesteld. Deze begrippenlijst is als lexicon opgenomen in [bijlage 6.1](#) om de meest relevante begrippen rond bemalingen helder en eenduidig te definiëren.

1.3 Chronologie/werkwijze

De voorliggende nieuwe richtlijnen voor bemalingen kwamen in verschillende stappen tot stand.

1. Er werd een uitgebreid stappenplan opgemaakt. Dit gaat van gegevensverzameling (in de ontwerpfase) tot nazorg (bij het afsluiten van een project). Alle facetten van een bemaling komen aan bod.
2. Met dit stappenplan als leidraad werd een literatuurstudie uitgevoerd. Zo ontstond een overzicht van de verschillende aanbevelingen, richtlijnen en protocollen die in de literatuur beschreven staan voor elke stap.

3. Daarna werden belanghebbenden uit diverse sectoren (architecten, overheid, bemalers, aannemers ...) bevestigd via een online bevestiging. De bevestiging bestond uit 26 delen, gerelateerd aan alle facetten van een bemaling. Een aantal personen uit diverse sectoren werden ook persoonlijk geïnterviewd.
4. Tussendoor werden vergaderingen georganiseerd met een stuurgroep waarbij *stakeholders* actief betrokken werden in het proces van de totstandkoming van de richtlijnen.

Uiteindelijk moeten de nieuwe richtlijnen (net als die van 2009) leiden tot bemalingen:

- die efficiënt en economisch verantwoord zijn, met toepassing van steeds evoluerende 'best beschikbare technieken' (BBT);
- waarvan de mogelijke negatieve impact op de omgeving geminimaliseerd wordt;
- die voldoen aan de huidige regelgeving;
- die via de monitoringsresultaten handhaving mogelijk maken en een leerproces in gang steken;
- waarbij handhaving in de ontwerp-, uitvoerings- en nazorgfase gemaximaliseerd wordt door concreet verifieerbare elementen te definiëren.

Nuttige elementen van de bestaande Richtlijnen Bemalingen^[1], versie 2009 werden overgenomen.

1.4 Toekomstgerichte visie

Het doel van de stuurgroep is de richtlijnen gemakkelijk *up-to-date* te houden, bij wijzigende BBT, nieuwe wetenschappelijke inzichten, wijzigende regelgeving ... of bij feedback van een nog op te richten werkgroep of expertengroep waarin de belangrijkste belanghebbenden vertegenwoordigd zijn. Daarom wordt gepleit de richtlijnen niet in Vlarem op te nemen, omdat dan minder snel geactualiseerd kan worden. Wel moet er vanuit Vlarem dwingend verwezen worden naar de richtlijnen, die door de VMM beheerd moeten worden. Het WTCB kan een belangrijke technische partner zijn bij het beheer van de richtlijnen.

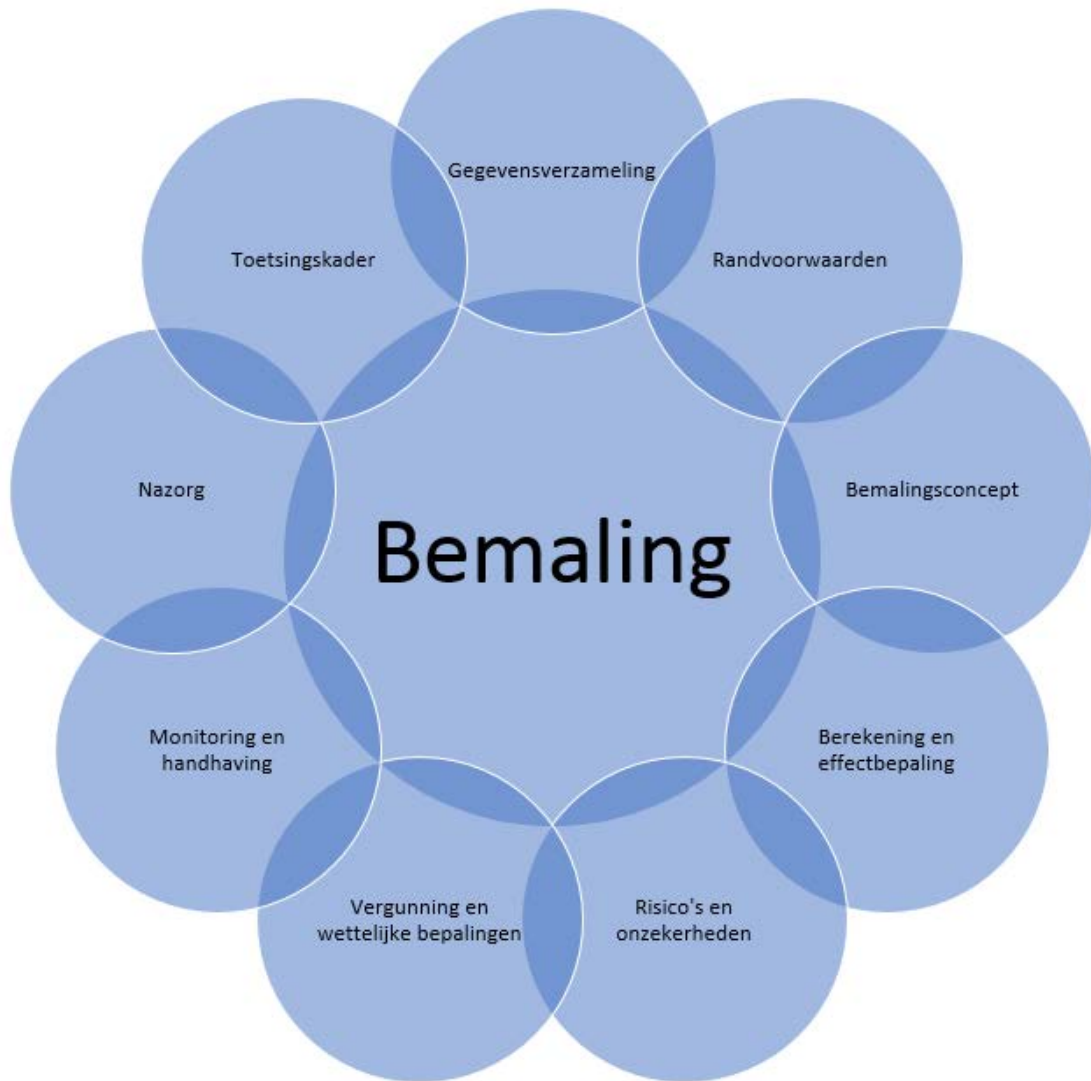
2 Een bemaling ... wat nu?

Een bemaling is het tijdelijk of permanent verlagen van de natuurlijke grondwaterstand door het oppompen van grondwater. In Vlaanderen is hiervoor een voorafgaande aktenaam of omgevingsvergunning nodig. Bij het vooraf melden/aanvragen van een aktenaam/vergunning moeten een aantal technische en praktische vragen beantwoord worden. De antwoorden op deze vragen vind je in een goed uitgevoerde bemalingsstudie. Een bemalingsstudie is gebaseerd op gegevensverzameling van een aantal geometrische, geologische en hydrologische karakteristieken en randvoorwaarden.

Wat heb je nodig om een bemaling te laten bestuderen, melden, vergunnen, aanleggen, exploiteren, ...?

In de volgende paragrafen worden deze facetten toegelicht. De volgorde is niet noodzakelijk de effectieve chronologische volgorde van aanpak, vaak wordt teruggegrepen naar een eerdere paragraaf om tot een grondige, betrouwbare en duurzame oplossing te komen met bijzondere aandacht voor de milieutechnische aspecten van een bemaling. Verwijzingen naar de meest recente versie van wetteksten worden opgenomen in voetnoten.

Figuur 1 geeft een visuele voorstelling van de volgende paragrafen en geeft aan dat alle paragrafen onderling met elkaar verbonden en verweven zijn.



Figuur 1 onderdelen van het stappenplan die moeten leiden tot een 'best practice'bemaling

Samengevat zijn volgende stappen belangrijk bij het ontwerp en de uitvoering van een 'best practice'-bemaling (zie ook Figuur 1). De stappen worden in detail uitgewerkt in de paragrafen 3.1 tot 3.9.

Gegevensverzameling (zie ook paragraaf 3.1)

Bij de start van een bemalingsstudie wordt eerst alle relevante informatie verzameld over de locatie van het bouwproject zelf en van de ruimere omgeving die een impact van de bemaling kan ondervinden. Het bepalen van de reikwijdte van deze impact kan een iteratief proces zijn, afhankelijk van het bemalingsconcept en de duur van de bemaling.

Indien nodig kan er tijdens deze stap een inventaris opgesteld worden van essentiële maar ontbrekende gegevens en kunnen er aanbevelingen gedaan worden voor bijkomend (terrein)onderzoek.

Er zijn verschillende bronnen om gegevens te verzamelen. Vaak zijn er al nuttige gegevens beschikbaar uit een voorafgaand of in de nabijheid uitgevoerd grondonderzoek. Ook publiekelijk beschikbare gegevens kunnen online geraadpleegd worden (bv. via DOV, Geopunt ...).

Milieutechnische en andere randvoorwaarden (zie ook paragraaf 3.2)

In tweede instantie worden milieutechnische en andere randvoorwaarden geanalyseerd en gesynthetiseerd.

Opstellen bemalingsconcept (zie ook paragraaf 3.3)

Na het verzamelen van gegevens en het analyseren van bijbehorende randvoorwaarden, wordt een gepast en specifiek bemalingsconcept opgesteld. Hiervoor is inzicht nodig in, en kennis van de verschillende beschikbare bemalingstechnieken, en ook van de omstandigheden waarin het toepassen van een bepaalde techniek aangewezen is.

Methodes voor milieutechnische berekeningen en effectbepalingen (zie ook paragraaf 3.4)

Bij deze stap worden de berekeningen uitgevoerd om het bemalingsdebiet, de invloedsstraal en theoretische absolute en differentiële zettingen te bepalen. Deze berekeningen kunnen soms analytisch uitgevoerd worden maar in meer complexe situaties wordt numeriek gemodelleerd, al dan niet tijdsafhankelijk.

Risico's en onzekerheden (zie ook paragraaf 3.5)

Risico's zijn vaak rechtstreeks verbonden met de onzekerheden over de parameters die gebruikt zijn voor de bemalingsdimensionering. Enkele typische onzekerheden zijn hydraulische parameters, de heterogeniteit van de ondergrond, ligging en aard van bodemverontreinigingen ... De onzekerheden zijn meestal te wijten aan een gebrek aan relevante gegevens, beperkte middelen en tijd om onderzoek adequaat uit te voeren ...

Afhankelijk van de aard en de grootte van een bepaald risico moeten mogelijke terugvalsscenario's ingebouwd worden in een bemalingsconcept.

Vergunningsaanvragen en wettelijke bepalingen (zie ook paragraaf 3.6)

Een belangrijke stap vóór de uitvoering van een bemaling, is het doorlopen van het traject in het kader van de omgevingsvergunningenregelgeving. Het type omgevingsvergunning hangt in belangrijke mate af van de ligging van de bemaling (bv. in de buurt van een beschermd natuurgebied), het bemalingsdebiet en de diepte van de grondwaterverlaging onder het maaiveld.

Monitoring en handhaving (zie ook paragraaf 3.7)

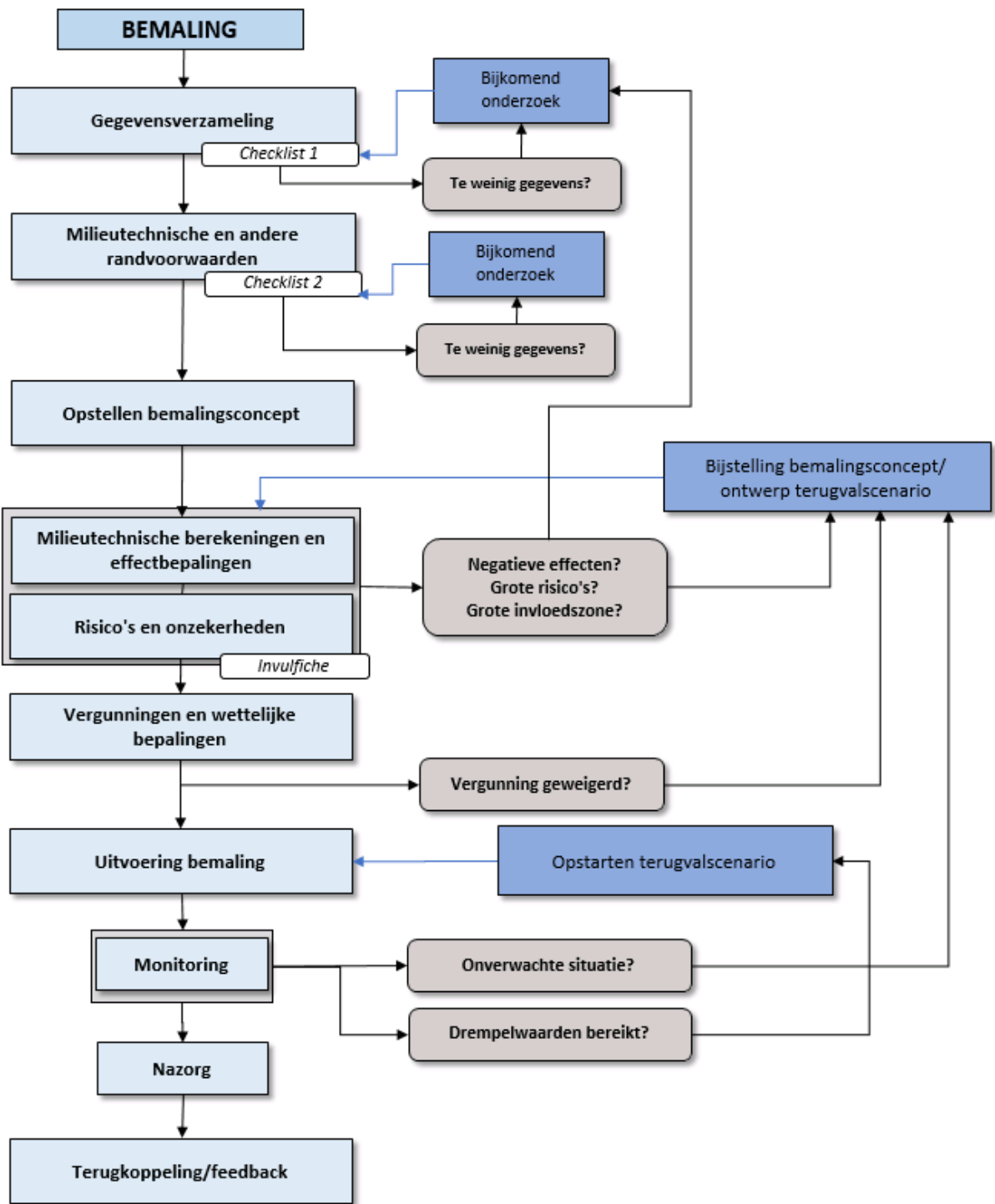
Monitoring heeft als doel om tijdens (en eventueel voor en na) een bemaling te verifiëren of het resultaat voldoet aan de eisen en voorspellingen van het ontwerp, maar ook aan de vergunningsvoorwaarden. Enkele belangrijke elementen van monitoring zijn peil-, debiet- en zettingsmetingen en kwaliteitsmetingen van het grondwater. Monitoringsresultaten moeten vlot en frequent gerapporteerd worden aan belanghebbenden, wat adequate handhaving in de hand moet werken.

Nazorg (zie ook paragraaf 3.8)

Een belangrijk aspect van een bemaling is het beëindigen en de nazorg van bemalingssystemen. Deze stap omvat o.a. de buitengebruikstelling van installaties, het fysiek verwijderen van materiaal zoals filterelementen uit de ondergrond, het afdichten van boorgaten, de eventuele overdracht van omgevingsvergunningen en de finale rapportering.

Toetsingskader (zie ook paragraaf 3.9)

Het toetsingskader controleert of aan alle eisen uit het stappenplan werd voldaan. Dit zowel tijdens de ontwerpfase, de uitvoeringsfase als in de fase van monitoring en nazorg. Als tijdens deze toetsing blijkt dat niet aan alle eisen wordt voldaan, wordt het ontwerpproces hernomen. Dit toetsingskader is voorgesteld in het stroomschema in Figuur 2.



Figuur 2 toetsingskader voor een bemaling

3 Stappenplan

3.1 Gegevensverzameling

Bij de start van een bemalingsstudie wordt in eerste instantie alle relevante informatie verzameld over de locatie van het bouwproject en van de ruimere omgeving die een impact kan ondervinden. Het bepalen van de reikwijdte van deze impact kan een iteratief proces zijn, afhankelijk van het bemalingsconcept en de duur van de bemaling. Initieel dient men uit te gaan van een mogelijke invloedsstraal van de bemaling van 750m. Deze kan later bijgesteld worden in functie van de uitgevoerde berekeningen.

In een aantal gevallen zijn er te weinig gegevens beschikbaar om een kwaliteitsvolle bemalingsstudie uit te voeren. Daar moet op tijd rekening mee gehouden worden zodat deze gegevens nog kunnen opgezocht worden. Kan dat niet (timing, budget ...), dan moet aangegeven worden wat de beperkingen in de gegevens zijn, hun invloed op het huidige resultaat, en of die bijkomende gegevensverzameling in een latere fase van het project nog moet uitgevoerd worden, waarna de studie kan geactualiseerd worden. Dit kan leiden tot een gefaseerde uitvoering van de studie, bv. eerst een screenende nota, daarna bijkomend terreinonderzoek (bv. pompproef, extra elektrische sonderingen, meer peilbuizen in de omgeving ...), en een uitgebreidere studie nadat de resultaten van het bijkomend onderzoek beschikbaar zijn. Een studie gebaseerd op te weinig relevante gegevens houdt natuurlijk een risico in bij de opmaak van meldingen of vergunningsaanvragen. Daarom kan de melding/omgevingsvergunning pas aangevraagd worden nadat de nodige gegevens beschikbaar zijn, en nadat een degelijke studie is gemaakt.

De hoogtepeilen (Z-coördinaten) worden altijd in het TAW-referentiestelsel uitgedrukt, om verwarring te voorkomen. Lokale, relatieve peilen kunnen in principe gebruikt worden als het referentiepunt opgemeten wordt in het TAW-stelsel. Daarbij verwijst het referentiepunt ook altijd naar een object waarneembaar op satellietbeelden (bv. riooldeksel). Vermijd referenties naar dorpels.

Verschillende bronnen zijn beschikbaar om gegevens te verzamelen:

- Beschikbaar grondonderzoek. Doelgericht onderzoek op de betrokken percelen en binnen de invloedsstraal van de bemaling levert de meest relevante informatie op;
- Andere projecten in de omgeving. Dit is vooral interessant wanneer het hydrogeologische profiel vergelijkbaar is met dit van de buurpercelen en/of wanneer die projecten sowieso binnen de invloedsstraal van de nieuwe bemaling liggen;

- Publiek beschikbare gegevens kunnen online geraadpleegd worden via DOV (www.dov.vlaanderen.be), Geopunt Vlaanderen (www.geopunt.be), VGM (Meyus et al., 2004^[2]), Waterinfo (www.waterinfo.be) ... Deze (punt)gegevens (boringen, sonderingen, metingen grondwaterstand) zijn vooral interessant om de ruimere hydrogeologische context in beeld te brengen. Zijn er publieke, relevante en kwalitatieve gegevens van de projectpercelen of van locaties binnen de invloedsstraal van de bemaling, dan kunnen deze heel bruikbaar zijn. Verder is er heel wat kaartmateriaal opgenomen in DOV: geologische kaarten, hydrogeologische kaarten, topografische kaarten, bodemkaarten, grondwaterbeschermingskaarten, verziltingskaarten, vergunningen ... Via de geoloketten van OVAM krijg je een overzichtelijk beeld van de uitgevoerde bodemonderzoeken en saneringen in de buurt van het bemalingsproject. Verder kan bij OVAM (via Mistral-loket) specifieke informatie opgezocht worden over de effectieve verontreinigingstoestand van het grondwater ter hoogte van de al uitgevoerde onderzoeken;
- Grondmechanische kaarten. Deze kaarten geven geologische en hydrogeologische informatie op schaal 1:10 000 en 1:5 000. Ze zijn alleen beschikbaar voor de agglomeraties Antwerpen, Brussel, Charleroi, Gent, Luik en Bergen;
- Oude historische kaarten (bv. Ferraris) of luchtfoto's die soms interessant zijn voor mogelijk nog relevante historische elementen (te consulteren via 'Reis door de tijd' op Geopunt).

In [bijlage 6.2](#) vind je een checklist (checklist 1) met een overzicht van de voornaamste data die verzameld moet worden. Er staat ook of de info cruciaal is in een eerste fase van de bemalingsstudie (screening) of pas noodzakelijk is verder in het proces om het bemalingsconcept bij te stellen of om een correctere effectbeoordeling op te maken. Dit is een belangrijk deel van het toetsingskader (checklist 1 in Figuur 2).

De vraag rijst verder ook welke set aan grondonderzoek er minimaal beschikbaar moet zijn en aan welke uitvoeringsrichtlijnen dit grondonderzoek moet voldoen. Deze vraag werd concreet besproken in de Richtlijnen Bemalingen^[1], versie 2009. Ze wordt daarom grotendeels overgenomen in [bijlage 6.3](#) en waar nodig geactualiseerd. De resultaten van dit grondonderzoek vormen een onmisbare input van een degelijke bemalingsstudie.

3.2 Milieutechnische en andere randvoorwaarden

In tweede instantie worden milieutechnische en andere randvoorwaarden geanalyseerd en gesynthetiseerd. Zo kan (kunnen)

- een bemalingsproject in de buurt van een bijzonder beschermd gebied gebonden zijn aan een vooraf bepaalde maximale grondwaterverlaging en/of debietbeperking. De mate van verlaging en/of beperking moet vastgelegd worden door de ontwerper in onderlinge overeenkomst met de uitbater/eigenaar van het bijzonder beschermd gebied. Bijzonder beschermde gebieden waarmee rekening moet gehouden worden in het ontwerp van een bemaling (zoals bv. SBZ, duingebieden, ...) zijn in detail besproken in [bijlage 16.5](#);
- specifieke hydrogeologische omstandigheden leiden tot het noodzakelijk gebruik van specifieke geotechnische technieken (bv. waterkerende wanden, zie [bijlage 6.17](#)) of bemalingstechnieken (bv. spanningsbemaling, retourbemaling, ..., zie [bijlage 6.8](#)), om een eventuele negatieve impact op de omgeving te beperken;

- verontreinigd en/of verzilt water op of in de omgeving van het bouwperceel leidt tot noodzakelijke invloedsbeperkende maatregelen zoals waterkerende wanden ([bijlage 6.17](#)), tegenbemaling, retourbemaling ... Zie ook paragraaf 3.5.

Alhoewel de geotechnische randvoorwaarden niet de focus van deze richtlijnen zijn, moeten deze randvoorwaarden soms bekeken worden. Gebeurt dat niet, dan kan het zijn dat een bemalingsconcept niet uitvoerbaar en dus waardeloos is.

3.2.1 Milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden

In [bijlage 6.4](#) staat een matrix met de meest voorkomende milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden en de omstandigheden waarin ze relevant zijn. Zo wordt nagegaan of een project voldoet aan de relevante randvoorwaarden. Dit is een belangrijk deel van het toetsingskader (checklist 2 in Figuur 2).

3.2.2 Wettelijke randvoorwaarden

Specifiek voor tijdelijke bemalingen voor het verwezenlijken van bouwkundige werken of het aanleggen van openbare nutsvoorzieningen (rubrieken 53.2.¹ en 53.11.² in de indelingslijst) werd de indeling in vergunningsklassen grafisch uitgewerkt in een stroomschema in [bijlage 6.6](#) van deze richtlijnen. De klassegrenzen worden o.a. bepaald op basis van debieten en verlagingen, maar ook op basis van de nabijheid van speciale beschermingszones, beschermde duingebieden, beschermingszones rond waterwingebieden ... en andere factoren (bv. het gewestplan)

Andere wettelijke randvoorwaarden zoals sectorale voorwaarden, lozingsvoorwaarden, heffing op winning en lozing, Vlarel en debietmeters zijn in detail besproken in [bijlage 6.7](#).

3.3 Opstellen van het bemalingsconcept

Na het verzamelen van gegevens en het analyseren van bijbehorende randvoorwaarden, moet tot een gepast en specifiek bemalingsconcept gekomen worden. Hiervoor is inzicht nodig in, en kennis van de verschillende beschikbare bemalingstechnieken, en van de omstandigheden waarin een bepaalde techniek aangewezen is. Een bemalingsconcept opstellen gebeurt het best door een gespecialiseerd studie bureau of een andere instantie met de nodige ervaring.

Een technisch overzicht van de meest gehanteerde bemalingstechnieken wordt in detail besproken in [bijlage 6.8](#). In [bijlage 6.9](#) vind je in een matrix welk(e) bemalingstechniek(en) wanneer haalbaar en aangewezen zijn. Bij tijdelijke bemalingen voor bouwkundige werken, geldt de sectorale voorwaarde dat het gewonnen (niet-verontreinigd) bemalingswater maximaal moet worden teruggepompt. Het bemalingsdebiet moet maximaal beperkt worden door geen diepere grondwaterverlagingen dan technisch noodzakelijk te creëren.

- **open bemaling:**
afvoer van vrij uit taluds en putbodem toestromend water en hemelwater door greppels of putten te graven in een bouwput tot een plaatselijk verdiept gedeelte (de pompput) waaruit het water kan worden weggepompt.
- **bemaling via horizontale drains:**

¹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70326&woLang=nl>

² <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70335&woLang=nl>

bemaling die wordt uitgevoerd via een in de bodem aangebrachte drain, waarop een pomp wordt aangesloten, rechtstreeks via een zuigerpomp of via een collectorleiding met een pomp-put en een dompelpomp.

- **bemaling met verticale filters:**

bemaling waarbij het water via verticale filters, zuigleiding en een zuigerpomp wordt weggepompt.

- gravitaire filterbemaling;
- getrapte filterbemaling;
- vacuüm filterbemaling.

- **bemaling met dieptebronnen:**

bemaling waarbij het water via verticale bronnen, pers- en afvoerleidingen en onderwaterpomp(en) wordt weggepompt.

- gravitaire bronnen met onderwaterpompen;
- vacuümbronnen (onderwaterpompen gecombineerd met vacuüm).

- **spanningsbemaling:**

een bemaling die wordt uitgevoerd in een gespannen watervoerende laag. Deze moet altijd uitgevoerd worden met dieptebronnen.

- **zand/grind palen, verticale drains, drainagewieken:**

ondersteunende bemalingstechnieken.

Het ontwerpen van een bemalingsconcept impliceert indien nodig ook het ontwerp van invloedsbeperkende maatregelen. Mogelijke maatregelen zijn bv. retourbemaling en/of het voorzien van waterkerende wanden (zie ook [bijlage 6.17](#)), al dan niet aangezet in een waterremmende laag.

3.4 Methodes voor milieutechnische berekeningen en effectbepalingen

3.4.1 Analytische en numerieke rekenmethodes

Deze stap omvat het uitvoeren van berekeningen ter bepaling van het bemalingsdebiet en de invloedsstraal van een bemaling. Deze berekeningen kunnen soms analytisch uitgevoerd worden maar in meer complexe situaties wordt het bemalingsconcept numeriek gemodelleerd, al dan niet tijdsafhankelijk.

Moet de grondwaterstand bij een bemaling lokaal dieper verlaagd worden (bv. ter uitgraving van een liftput), dan wordt hiervoor een aparte berekening gemaakt.

Het is niet de bedoeling om van deze richtlijnen een cursus hydrogeologie of geotechniek te maken. Daarvoor bestaat voldoende specifieke vakliteratuur, waarvan je in [bijlage 6.10](#) een aantal referentiewerken vindt. Een goede ontwerper vertaalt de theoretisch-wetenschappelijke achtergrond naar een in de praktijk uitvoerbaar ontwerp, dat gebaseerd is op courante uitvoeringstechnieken.

In [bijlage 6.11](#) worden de meest gehanteerde formules en rekenmethodes, zowel analytisch als numeriek, gepresenteerd. Er wordt aangegeven wat het toepassingsdomein is, wat de voordelen, nadelen en beperkingen zijn.

Wat de numerieke methodes betreft, wordt de nadruk gelegd op het gebruik van MODFLOW (een 'eindige verschillen' rekenmodel), aangezien dit wereldwijd en ook in Vlaanderen veruit de meest gebruikte grondwatersoftware is. Grondwatermodellering is ook een discipline op zich die in het kader van deze opdracht alleen wordt belicht in functie van het ontwerpen van een bemaling.

Er worden daarom een aantal basisstappen toegelicht en typische technieken die tot een doelgericht bemalingsontwerp kunnen leiden, zoals:

- Hoe bepaal je de ruimtelijke grenzen van het model in functie van de voorspelde invloedzone van de ingreep in het grondwatersysteem?
- Hoe wordt de hydrogeologische grondopbouw vertaald in de verticale discretisatie van een model?
- Hoe verfijn je het grid, zowel horizontaal als verticaal, om alle fysische elementen van een bouwput (wanden, funderingen) en van een bemalingsstelsel (alle types bemaling; zie [bijlage 6.8](#)) in het model te definiëren?
- Welke gevoelige parameters en/of randvoorwaarden moeten worden onderzocht? Hoe omgaan met onzekerheden?
- Hoe kunnen typische bemalingselementen in een MODFLOW-omgeving worden vertaald?

3.4.2 Wanneer is numeriek modelleren aangewezen/noodzakelijk?

Numeriek modelleren is aangewezen:

- bij complexe bemalingen met een ingewikkelde geometrie en/of verschillende bemalingsdieptes binnen één project;
- bij bemalingen die elkaar onderling beïnvloeden;
- wanneer de bemaling in functie van de tijd moet aangepast worden omwille van verschillende fasen van het bouwproces;
- bij alle bemalingen die vallen onder een klasse 2 en een klasse 1 omgevingsvergunning zodat het aangevraagde dagdebiet, jaardebiet en totaal waterbezwaar en de effectbeoordeling adequaat kan onderbouwd worden;
- ...

Numeriek modelleren is noodzakelijk:

- bij een complexe ondergrond (verschillende aquifers, wisselende doorlatendheden ...)
- bij bemalingen waar de mogelijke verspreiding van verontreiniging en/of verzilting in kaart moet gebracht worden, ook als je wil aantonen dat er geen verspreiding/migratie is;
- bij bemalingen waar aanzienlijke milieueffecten verwacht worden, zoals belangrijke zettingen, verdroging ...;
- wanneer het effect van invloedbeperkende maatregelen moet onderzocht worden, zoals retourbemaling en waterkerende wanden;
- bij bemalingen met een dagdebiet 1000 m³/dag of meer;
- ...

3.4.3 Zettingsberekeningen

Absolute en differentiële zettingsberekeningen verdienen speciale aandacht. De aanwezigheid van zettingsrisico's is namelijk heel vaak de aanleiding voor meer uitgebreide bemalingsstudies.

Er is geen 100 % betrouwbare manier om vooraf de zettingen te berekenen die effectief optreden bij een bemaling. Vaak zijn theoretisch berekende zettingen een overschatting van de reëel optredende zettingen. Dit kan zware gevolgen hebben voor het voorgestelde bemalingsconcept, en kan leiden tot onnodige zware investeringen. Daarvoor is een benadering van zettingsberekeningen uitgewerkt in [bijlage 6.12](#).

Als gedacht wordt dat de berekende theoretische zettingen de werkelijke optredende zettingen ernstig overschatten, kan het nuttig zijn een bemalings- en zettingsproef in de ontwerpfase uit te voeren. Deze vorm van onderzoek is uitgebreider beschreven in [bijlage 6.3](#).

Zijn er zettingsrisico's, dan is het conform Vlare II artikel 5.53.1.3.³ verplicht, voorafgaand aan de start van de werken, een plaatsbeschrijving uit te voeren van al de constructies in zettingsgevoelige gronden die door ontwatering een gevaar zijn voor de stabiliteit van deze constructies binnen de invloedzone van de bemaling. Op deze constructies worden zettingsbakens aangebracht en genivelleerd t.o.v. een referentiepunt buiten de invloedzone. Bij gebouwen die al scheuren vertonen kunnen scheurmetingen worden uitgevoerd (voor, tijdens en na). Zo kan je vermijden dat bestaande schade aan het bemalingsproject wordt toegeschreven. Een continue monitoring van de effectieve zettingen is noodzakelijk.

3.4.4 Meetstaat

De kostprijs is een van de bepalende elementen dat het finale bemalingsontwerp vorm geeft, zeker als er alternatieven zijn die tegenover elkaar kunnen worden afgewogen. De prijzen zijn afhankelijk van terreinomstandigheden (bereikbaar/berijdbaar terrein), de geologie (harde/zachte formaties), de grondwaterstand in rust, de omvang van de installatie, de duurtijd van het project ... Daarom wordt aangegeven welke typische kostenelementen in rekening kunnen worden gebracht. Dit wordt vertaald naar een meetstaat ([bijlage 6.13](#)), zodat hiermee de markt kan bevroegd worden.

'*Dewatering is a poor man's solution*' is een uitspraak die aangeeft dat alles wat met bemaling/retourbemaling kan opgelost worden, meestal goedkoper is dan elk ander geotechnisch alternatief (bv. natte ontgraving en onderwaterbeton, volledige hydraulische isolatie met diepe waterkerende wanden en/of bodemaafdichting ...).

3.5 Risico's en onzekerheden

Risico's zijn vaak rechtstreeks verbonden met de onzekerheden over de parameters die als input van de bemalingsdimensionering hebben gediend. De onzekerheden zijn meestal te wijten aan een gebrek aan accurate gegevens, beperkte middelen en tijd om gepast onderzoek uit te voeren. Gevoelige parameters en risico's moeten altijd in een bemalingsconcept worden vermeld. Afhankelijk van de aard en de grootte van een bepaald risico moeten terugvalscenario's ingebouwd worden.

Enkele typische onzekerheden zijn:

- Hydraulische parameters: horizontale en verticale doorlatendheden, in mindere mate berging (tijdsafhankelijk effect, belangrijk bij analyse pompproeven). Onderzoek gevoeligheid: K_h en K_v waarden laten variëren binnen uiterste grenzen en de impact op de resultaten beoordelen. desgevallend een pompproef of bemalingsproef (zie [bijlage 6.3](#)) aanbevelen aangezien een onzekerheid op de hydraulische parameters een onzekerheid oplevert op invloedstraal en debiet en zo een verregaande impact kan hebben op de al dan niet juist aangevraagde melding/omgevingsvergunning.

³ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19065&woLang=nl>

- Heterogeniteit van de afzettingen, vooral in ondiepe, quartaire pakketten. Onderzoek gevoeligheid: diktes en dieptes laten variëren binnen uiterste grenzen en impact op de resultaten beoordelen.
- Gebrek aan voldoende accurate gegevens, door budget, timing ... (zie paragraaf 3.1). Zoals hoger aangegeven kan het zijn dat de melding/vergunningaanvraag in deze situatie uitgesteld wordt naar een latere fase in het bouwproject. Hiermee moet in de planning van het bouwproces rekening gehouden worden.
- Uitvoering (planning en geometrie) kan een impact hebben op het totaal waterbezwaar, wat gevolgen kan hebben voor de vergunning en de impact op de omgeving. Onderzoek gevoeligheid: uitvoeringstermijn laten variëren tussen realistische minimale en maximale grenzen. Wijzigen de uitgravingsdieptes, dan moet dat doorgegeven worden aan de ontwerper van de bemaling.
- Kwaliteit (hydraulische weerstand) waterkerende wanden. Zie **bijlage 6.17**. Onderzoek gevoeligheid: de weerstand laten variëren tussen realistische grenzen en de impact beoordelen. Dit kan leiden tot de definitie van de minimale weerstand van de wanden om het project binnen de aangenomen randvoorwaarden uit te voeren. De (onder)aannemer (uitvoerder van deze wanden) moet deze weerstand kunnen garanderen. Bij discussie tijdens de uitvoering is een beoordeling mogelijk door de grondwaterverlagingen binnen en buiten de wand in relatie te brengen met de weerstand van de wand. Het is evident dat de kwaliteit van de uitvoering van de wand een enorme invloed zal hebben op de gekregen weerstand. Hoe dieper deze wanden worden uitgevoerd, hoe groter het risico op problemen bij de uitvoering en op de garantie van de verkregen weerstand.
- Verspreiding, concentraties en aard verontreinigingen (bv. immobiel initieel product, meer mobiele afbraakproducten zoals VOC's ...). Het nazien en opvragen van bij OVAM gekende verontreinigingen is nodig om een bemalingsconcept correct op te stellen. Een goed bemalingsontwerp heeft het expliciete doel om verspreiding en migratie van verontreiniging maximaal te vermijden. Zie ook het document door OVAM gepubliceerd: 'Technische Richtlijn Grondwaterhandelingen' (28/11/2012, <https://www.ovam.be/technische-richtlijn-grondwaterhandelingen-beheer-van-bodemverontreiniging>). Deze technische richtlijn geeft een overzicht van de te volgen werkwijze wanneer er zich een bodemverontreiniging bevindt binnen de invloedzone van een bemaling.

Natuurlijk moeten de relevante gegevens in verband met de verontreiniging (bv. conform verklaarde OBO's, BBO's en BSP's) geraadpleegd worden. Onderzoek gevoeligheid: een eerste indicatie kan geleverd worden door een eenvoudige stroombanenberekening (numeriek) toe te passen, of een Darcy-berekening (analytisch). Dit geeft een eerste, zeer ruwe indicatie van wat de lineaire verspreidingssnelheid is van een waterdeeltje (al dan niet verontreinigd) zonder rekening te houden met retardatie, dispersie, diffusie, afbraak en/of chemische reacties. Dit is een heel conservatieve benadering. Wordt dit afgetoetst aan de impactbeoordeling (hoofdstuk 7 in het hogervermeld OVAM document), dan kunnen een aantal risico's al uitgesloten worden. Doorstaat deze toets de impactbeoordeling niet, dan zijn bijkomend onderzoek en of mitigerende maatregelen nodig.

- Verspreiding verzilting. De verziltingskaart geeft de diepte weer van het grensvlak tussen zoet en zout grondwater. Je kan die raadplegen op DOV. Ze is wel niet altijd accuraat genoeg op siteniveau (zie ook opmerking). In de nabijheid van verzilte gebieden wordt aangeraden het zoutgehalte te onderzoeken en te relateren aan de beschikbare kaarten. Aangezien zout een conservatieve tracer is (bindt zich niet aan de bodem, breekt niet af) kan je de impact op de zoet/zoutwaterverdeling in de meeste gevallen vrij gemakkelijk modelleren. Toch wanneer er geen rekening gehouden wordt met dichtheidsstroming en viscositeit, die in functie van bemalingen (als ze beperkt en tijdelijk zijn) meestal verwaarloosd worden. Deze evaluatie is belangrijk voor de verstoring van het zoet-zout-evenwicht én voor de kwaliteit van het bemalingswater dat bv. van zout naar brak kan evolueren. Bij lozingen en retourbemaling is de kwaliteit van het bemalingswater heel belangrijk. In [bijlage 6.16](#) worden metingen van zoutgehaltes, en de tijdsafhankelijke monitoring in een verticaal profiel gedocumenteerd.

Opmerking: In de zomer van 2017 liet de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) per helikopter de verzilting van het grondwater in het kust- en poldergebied in kaart brengen (TOPSOIL-project). Een kaart met actuele zoutgehaltes wordt in 2019 ter beschikking gesteld via DOV.

- Controle bemalingsbedrijf. Het aangestelde, Vlarel-erkende bemalingsbedrijf maakt, vooraleer zijn uitvoeringsplan op te stellen, een kwalitatieve controle op van de uitgevoerde bemalingsstudie en het daaruit voortvloeiende ontwerp. Ze moeten zeker zijn dat het ontwerp technisch uitvoerbaar is en moeten dit melden aan het bouwteam. Bv. als foute aannames en/of parameters zijn gebruikt, of omdat er dingen veranderd zijn in de periode tussen studie en uitvoering. Bovendien moet het bemalingsbedrijf de vrijheid krijgen optimalisaties voor te stellen, al dan niet ingegeven vanuit eigen belang. Indien dit leidt tot aanpassingen van het voorliggende ontwerp op basis waarvan de melding/vergunning is aangevraagd, moet nagekeken worden of het nieuwe plan past in de geacteerde melding of afgeleverde vergunning. Is dit laatste niet het geval, dan moet de huidige vergunning worden aangepast of in het ergste geval de volledige vergunningsprocedure opnieuw gebeuren..
- Afwijkingen tijdens de uitvoeringsfase. Geen enkele bemaling loopt in de praktijk precies zoals in de ontwerpstudie is vooropgesteld, zelfs als dit ontwerp bij uitvoering minutieus wordt gevolgd. Dit hoeft op zich geen probleem te zijn, zolang er gewerkt kan worden binnen de toegekende vergunningsvoorwaarden. De geminimaliseerde impact op de omgeving moet ook aangetoond worden. Dat moet blijken uit de monitoringsresultaten. Regelmatig blijkt uit de ontwerpstudie dat de kwantitatieve resultaten neigen naar een hogere vergunningsklasse. In dat geval wordt geadviseerd vooraf de hogere vergunningsklasse aan te vragen, om te vermijden dat tijdens de uitvoering niet meer aan de vergunningsvoorwaarden kan voldaan worden. Het aanvragen en krijgen van een hogere vergunningsklasse dan diegene die theoretisch strikt noodzakelijk is, is geen vrijbrief om onnodige volumes water te verpompen en te lozen. Bij het concept en de uitvoering van elke bemaling moet men ervan uit gaan zo weinig mogelijk netto-debiet te verpompen, om zo de impact op de omgeving in al zijn aspecten te minimaliseren. Er moet wel genoeg marge zijn voor beperkte afwijkingen tijdens de uitvoering.

3.6 Omgevingsvergunning en wettelijke bepalingen

Een belangrijke stap vóór een bemaling, is het doorlopen van het traject voor de omgevingsvergunningenregelgeving. Het type omgevingsvergunning hangt in belangrijke mate af van de

ligging van de bemaling (bv. in de buurt van een bijzonder beschermd gebied), het bemalingsdebiet en de diepte van de grondwaterverlaging onder het maaiveld.

Vóór de melding/vergunningsaanvraag moet de bijgevoegde invulfiche ([bijlage 6.14](#)) overlopen worden zodat geverifieerd wordt of alle noodzakelijke aspecten onderzocht zijn. Deze invulfiche kan ook door de vergunningverlener/handhaver als praktische leidraad gebruikt worden bij het controleren van de melding/vergunningsaanvraag/werkelijke uitvoering.

De wettelijke randvoorwaarden voor een bemaling vind je in paragraaf 3.2.2 en [bijlage 6.7](#).

3.7 Monitoring en handhaving

Elke bemaling heeft als doel een droge bouwput te realiseren, daarbij ook de milieu-impact te minimaliseren én te voldoen aan de regelgeving. Het is dan ook evident dat de monitoring voor elke bemaling zo georganiseerd is dat het behalen van die doelstellingen geverifieerd kan worden.

Het doel van de monitoring is:

- de initiële situatie in kaart brengen;
- de effectiviteit van de bemaling en de impact op de omgeving beoordelen voor, tijdens en na de bemalingsperiode;
- tijdens (en eventueel na) een bemaling verifiëren of het resultaat voldoet aan de eisen en voorspellingen van het ontwerp;
- handhaving mogelijk maken;
- een leerproces induceren in functie van toekomstige projecten.

Monitoringsresultaten moeten vlot en frequent gerapporteerd worden aan belanghebbenden, waardoor handhaving door de bevoegde diensten gemakkelijker moet worden. De handhaving op zich, of beter gezegd het gebrek eraan, is vandaag een belangrijk knelpunt in het streven naar betere kwaliteit van ontwerp, uitvoering, monitoring en nazorg. Hierdoor dreigen de partijen die een te lage kwaliteit bieden, en dus het goedkoopst kunnen werken, het gemakkelijkst aan de bak te komen. Dit wordt zelfs erkend door de uitvoerders (bemalingsfirma's) die zich verenigd hebben in de nieuwe federatie van bemalingsbedrijven (BVBB).

Bovendien zou via de monitoring een leerproces geïnduceerd kunnen worden. Dit kan gerealiseerd worden door monitoringresultaten centraal te registreren en publiek toegankelijk te maken, zodat ze door ontwerpers, bemalers of andere belanghebbenden kunnen geconsulteerd worden bij latere bemalingsprojecten in de buurt. Ook een centraal registratiesysteem kan handhaving ten goede komen. Het ontwerp van een dergelijk systeem kan een taak zijn van de nog op te richten werkgroep (zie paragraaf 1.4).

Enkele belangrijke elementen van monitoring zijn peil, debiet- en zettingsmetingen, maar ook kwaliteitsmetingen van het grondwater (verontreiniging, zoutgehalte, gehalte zand in te lozen water ...). In [bijlage 6.15](#) zijn een aantal kwalitatieve aspecten, verbonden aan monitoring, besproken.

Welke monitoring noodzakelijk is bij welke bemaling en met welke meetfrequentie kan niet zo éénduidig vastgelegd worden. Algemeen geldt dat de frequentie hoger ligt in de opstartfase van de bemaling en verlaagd kan worden wanneer de bemaling evolueert naar een (semi)-stationaire fase. Monitoringsresultaten kunnen ervoor zorgen dat het bemalingsconcept aangepast wordt of dat er een terugvalsscenario (zie ook Figuur 2) opgestart wordt.

De ontwerper of vergunningverlener moet een monitoringsplan opstellen dat specifiek voor het project ontworpen is. Hierbij kan rekening gehouden worden met onderstaande parameters en randvoorwaarden.

3.7.1 *Dimensies van de bouwput en waterverlaging in de bouwput*

Voor elke bemaling moet de te bereiken grondwaterstand minstens op de meest nadelige positie(s) gemonitord worden in een peilbuis. De nodige wetgevende initiatieven worden genomen om dit ook sectoraal vast te leggen.

In de meeste gevallen van bouwputten is de meest nadelige positie centraal in de bouwput, of ter hoogte van het diepste gedeelte van de bouwput. Wordt het maaiveld opgemeten (bv. bij de klassebepaling van de bemaling), moet steeds het hoogste peil van het maaiveld in de footprint van de constructie in rekening gebracht worden, inclusief ophogingen. Voor lijntrajecten geldt de maximale verlaging t.o.v. het lokale maaiveld en niet t.o.v. het maximale maaiveldpeil langs het hele traject (zie ook [bijlage 6.7](#), paragraaf 1.1).

Worden bemalingen opgedeeld in verschillende bemalingszones/bemalingstrappen, dan wordt best binnen elke zone/trap een peilbuis voorzien. Dergelijke peilbuizen zijn zeer kwetsbaar tijdens de ontgraving. Is de grondwaterstand stationair en vordert de uitgraving, dan kunnen ze verwijderd worden op voorwaarde dat er:

- altijd een logboek ter beschikking is op de projectsite voor de handhaver. Daarin moeten de grondwaterstandmetingen in de peilput(ten) in functie van de tijd geregistreerd zijn. Dat moet gebeuren voor de opstart van de bemaling tot de dag van verwijdering.
- een correlatie is gemaakt tussen de metingen in de te liquideren peilbuizen en metingen in peilbuizen op de site die wél behouden kunnen blijven.

Voor lange lineaire projecten (bv. nutsleidingen) wordt er minstens om de 400 meter een peilbuis geplaatst in de te bemalen watervoerende laag en telkens wanneer het hydrogeologisch profiel langs het traject verandert.

Het bemalingsdebiet moet maximaal beperkt worden door geen diepere grondwaterverlagingen dan technisch noodzakelijk te creëren. Dit kan gebeuren door een automatische sturing op de bemaling te plaatsen. Het doel van zo'n sturing is om een automatische opstart en stilstand van de bemaling te regelen tussen twee vooraf ingestelde niveaus in een peilput. Zo'n systeem kan gemakkelijk geïnstalleerd worden bij een bemaling met dieptebronnen. Het automatisch heropstarten van plunjerpompen verloopt meestal moeizamer. Ook bij extreem vriesweer is zo'n sturing niet aan te raden omdat de leidingen kunnen bevriezen.

3.7.2 *Zettingsrisico's*

Blijkt uit de berekeningen ([bijlage 6.12](#)) dat de zettingsrisico's verwaarloosbaar zijn, dan moet er maar minimaal gemonitord worden.

Zijn er risico's die niet worden gemitigeerd (bv. door te werken binnen afsluitende waterkerende wanden, retourbemaling ...), dan worden er minimaal peilbuizen en zettingsbouten geplaatst ter hoogte van de zettingsgevoelige constructies. Het aantal meetpunten wordt door de ontwerper bepaald en is heel locatie-specifiek. De nauwkeurigheid van de zettingsmetingen is bij voorkeur 0,5 mm. De peilbuizen worden geplaatst in de watervoerende laag waarin een drukverlaging optreedt. Daarvóór moeten plaatsbeschrijvingen gemaakt worden van de bestaande, zettingsgevoelige constructies. Bestaande scheuren worden opgemeten, en van rekstroken voorzien om de evolutie op

Zijn er maatregelen genomen om de verlaging buiten de bouwput te beperken (bv. waterkerende wanden, retourbemaling ...), dan moet deze verlaging gemeten worden rondom de bouwput (bv. aan elke zijde), of ter hoogte van de zettingsgevoelige constructies (te bepalen door de ontwerper).

3.7.3 *Opbarstrisico's*

Om het opbarstrisico (zie ook [bijlage 6.8](#)) te beoordelen moet de waterdruk gemeten worden in de top van de watervoerende laag die aanleiding geeft tot een mogelijk opbarsten van de bovenliggende afsluitende laag. Daarvoor worden peilbuizen geplaatst op de meest nadelige posities. Dat wordt door de ontwerper vastgelegd. Natuurlijk moet de doorboorde slecht doorlatende laag correct afgedicht worden, zoniet kan langs de slecht afgedichte annulaire ruimte van de peilbuizen kwelvorming ontstaan.

3.7.4 *Verpompte/geretourneerde/geloosde debieten*

Debietmetingen worden tot vandaag in de bemalingswereld stiefmoederlijk behandeld. De redenen zijn evident: het kost geld en moeite om correcte debietmetingen uit te voeren en te registreren. Bovendien is er in de meeste gevallen niemand van de uitvoerders geïnteresseerd (integendeel: wat niet weet, niet deert ...), behalve de handhavers en de omliggende belanghebbenden. Als er geen omliggende belanghebbenden zijn, is er dus weinig motivatie om goede debietmetingen te organiseren. Bemalingen zijn grondwaterwinningen, waardoor het dus wettelijk verplicht is om de opgepompte debieten te meten en registreren^{4,5}. Bij combinatie met een retourbemaling is in de meeste gevallen alleen het netto-debiet bepalend voor de vergunningsklasse. Het is dan ook in het belang van de bouwheer dat dit netto-debiet aangetoond wordt. Ook de drie stromen (pompen, retourneren en lozen) moeten apart bemeten worden. Vaak worden debietmeters slecht geïnstalleerd op leidingen die maar gedeeltelijk met water gevuld zijn. Daardoor wordt er dus ook een volume lucht onterecht opgemeten. Het is nodig om bij gebruik van zuigerpompen (open bak, sifon-opstelling) leidingen te ontluichten voor de debietmeting. Mechanische debietmeters blokkeren vaak heel snel in omstandigheden waarbij ijzerhoudend water oxideert. In [bijlage 6.15](#) wordt toegelicht hoe debietmeters van verschillende types correct worden geïnstalleerd.

3.7.5 *Aanwezigheid bijzonder beschermde gebieden en verzilt gebied (zie ook [bijlage 6.5](#))*

In overleg met de beheerder van de gebieden die binnen de invloedzone van de bemaling liggen, worden door de ontwerper één of meerdere peilbuizen voorzien om de invloed van de bemaling op de grondwaterstand te monitoren. Afhankelijk van de aard van het gebied kunnen bijkomende monitoringseisen opgelegd worden.

3.7.6 *Aanwezigheid verzilt gebied*

De overgang tussen zoet en zout water is zelden een scherpe lijn, maar volgt een bepaalde concentratiegradiënt van opgeloste zouten. Die overgang kan zowel horizontaal (bv. vanaf de kust landinwaarts) als verticaal (bv. vanaf een zekere diepte naar het maaiveld toe) zijn. Het is expliciet het doel van een goed bemalingsontwerp om de verstoring van het zoet-zout-evenwicht maximaal te vermijden. De impact van de bemaling op deze verdeling van zoet en zout water moet daarom om twee redenen gemonitord worden: om te oordelen hoe deze verdeling wijzigt en zich terug herstelt tijdens en na de bemaling, en om het (evoluerende) zoutgehalte van het opgepompte en te lozen/retourneren water te beoordelen. De positie en het aantal peilbuizen dat hiervoor nodig is, is locatie-specifiek en wordt door de ontwerper bepaald. In de vergunning kunnen minimale monitoringsvereisten opgenomen

⁴ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=3936&woLang=nl>

⁵ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19070&woLang=nl>

worden. Door elektromagnetische inductiemetingen en resistiviteitsmetingen in peilbuizen kan het saliniteitsprofiel in functie van de diepte worden gemonitord. In [bijlage 6.16](#) wordt meer in detail toegelicht op welke manier de saliniteit van het grondwater kan gemeten worden.

3.7.7 Aanwezigheid verontreiniging

Is er een aanwijzing van verontreiniging, dan moet deze gemonitord worden tijdens de bemaling. De omvang en aard van de noodzakelijke monitoring wordt door de ontwerper bepaald, samen met de frequentie van staalname en analyse. In de vergunning kunnen ook minimale monitoringsvereisten staan. De verontreiniging wordt gemonitord aan de hand van de concentratie-evoluties van de polluenten in peilbuizen. Er wordt dan langs het traject tussen de verontreiniging en de bouwput, en ter hoogte van de bouwput zelf gemonitord. In functie van de lozingsvoorwaarden wordt het te lozen water eerst behandeld. In [bijlage 6.7](#) staan de wettelijke bepalingen rond lozingen.

3.7.8 Interferentie tussen verschillende watervoerende lagen

Dit item overlapt zowel met de monitoring inzake opbarstrisco's als met de aanwezigheid van zoet/zoutwater-interfaces (zie paragraaf 3.7.3 en 3.7.6). In een aantal gevallen is het nodig om de evolutie van de grondwaterstand in verschillende watervoerende lagen te monitoren en te beoordelen. Een voorbeeld is om, bij de uitvoering van een spanningsbemaling, ook op afstand de grondwaterstand in het freatische pakket op te volgen.

3.8 Nazorg

Een belangrijk aspect van een bemaling is de beëindiging en nazorg van het bemalingssysteem. Dit houdt o.a. in: de buitengebruikstelling van installaties, het fysiek verwijderen van materiaal zoals filterelementen uit de ondergrond, het afdichten van boorgaten, de eventuele overdracht van de omgevingsvergunning en de finale rapportering.

3.8.1 Beëindigen van de bemaling

Een bemaling kan beëindigd worden wanneer de werken die droog moesten worden uitgevoerd, beëindigd zijn. De bouw moet ver genoeg gevorderd zijn om opdrijven te voorkomen (al dan niet in combinatie met verankering), of om te voorkomen dat andere vormen van schade optreden door de zich herstellende grondwaterstand.

3.8.2 Het achterlaten van de fysieke elementen van een bemalingssysteem

Aangezien bemalingen grondwaterwinningen zijn, geldt hier ook de code van goede praktijk i.v.m. het verlaten van grondwaterwinningen (CVGP; Vlarem II bijlage 5.53.1.⁶). Deze werkwijze is volgens de huidige wetgeving van toepassing op alle grondwaterwinningen, dus ook bemalingen. Ze is technisch niet uitvoerbaar bij filterbemalingen en bemaling met horizontale drains. De richtlijn voor het achterlaten van bemalingsfilters en horizontale drains wordt daarom in [bijlage 6.18](#) toegelicht. De nodige wetgevende initiatieven zullen genomen worden om dit ook in de Vlarem te verankeren.

⁶ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

3.8.3 *Het herstel van de grondwaterstand*

Het herstel van de tijdelijk veranderde grondwaterstand na het stopzetten van de bemaling/retourbemaling is in de meeste gevallen geen probleem. De afpompingskegel wordt vanuit de omgeving weer opgevuld. Het kan wel een probleem zijn wanneer een retourbemaling werd toegepast om het grondwater dwingend op peil te houden. Wanneer de bemaling plots stopt, dan stopt de retourbemaling even plots omdat die gevoed wordt door de bemaling. Door het opvullen van de afpompingskegel zal het water voorbij de retourbemaling ook tijdelijk dalen, daar waar dit niet gewenst/toelaatbaar is. In dat geval moet de bemaling en retourbemaling zeer geleidelijk stopgezet worden om de verlaging voorbij de retourbemaling te minimaliseren. Dit proces wordt gecontroleerd vanuit de monitoring.

3.8.4 *Voortgezette monitoring*

Voortgezette monitoring na het stopzetten van de bemaling is in principe aangewezen bij elke bemaling maar zeker in volgende situaties:

- bij het geleidelijk opvullen van de afpompingskegel wanneer een retourbemaling werd toegepast (zie hoger);
- als het herstel-effect op bijzonder beschermde gebieden geëvalueerd moet worden;
- als de zoet/zoutwaterverdeling in de omgeving werd beïnvloed. Dit gebeurt door het periodiek loggen van peilbuizen waarbij een verticaal elektromagnetisch of resistiviteitsprofiel wordt opgesteld (zie [bijlage 6.16](#)). De ontwerper bepaalt de meetfrequentie. In de vergunning kunnen minimale monitoringseisen opgenomen worden.
- ...

3.8.5 *De effecten van permanente bemalingen*

Vermijd permanente bemalingen, want ze zijn per definitie niet waterconserverend/duurzaam. Er zijn wel heel wat grootschalige permanente bemalingen zoals de mijnverzakkingsgebieden in Limburg, de ring van Antwerpen, de Rupeltunnel, Container-kaai Noord in de Antwerpse haven ...

Deze richtlijn schrijft voor dat permanente bemalingen alleen toegelaten zijn voor de noodzakelijke exploitatie van openbare infrastructuur en het drooghouden van belangrijke ondergrondse constructies. Of permanente bemaling nodig is, moet geëvalueerd worden in een vergunningsprocedure door de bevoegde overheidsdienst, die dan ook instaat voor het opleggen van gevals specifieke debietsbeperkingen. Grootschalige permanente bemalingen zullen in de toekomst het voorwerp zijn van een MER, waarin de langetermijneffecten en de opvolging ervan ad hoc onderzocht worden.

Voor niet-openbare infrastructuur is de richtlijn dat een permanente bemaling alleen kan voorzien worden voor het verpompen van een lekdebiet, nadat alle redelijke maatregelen zijn genomen om dit lekdebiet zo klein mogelijk te maken. Voorbeeld:

- Een permanente bemaling onder een vloerplaat van een ondergrondse constructie om opdrijven te voorkomen en/of om waterinfiltratie te voorkomen, zonder bijkomende maatregelen om het debiet te beperken, wordt niet toegestaan.
- Is er voor voorgaande constructie een slibwand voorzien die aansluit op een onderliggende, afsluitende kleilaag, dan kan de druk onder de vloerplaat worden beheerst door er een grindkoffer met horizontale drains onder te voorzien. Het lekdebiet moet dan door de ontwerper begroot worden. Ook de operationele risico's op lange termijn van zo'n permanente bemaling moeten bekeken worden.

3.8.6 *Finale rapportering*

Bij het beëindigen van een bemaling is het interessant om alle projectgebonden info finaal te rapporteren in een publiek toegankelijk register. Ontwerpers, bemalers of andere belanghebbenden kunnen dit consulteren bij latere bemalingsprojecten in de buurt. Een centraal registratiesysteem zou handhaving ook ten goede komen. Het ontwerp van zo'n systeem kan een taak zijn van de nog op te richten werkgroep (zie paragraaf 1.4).

3.9 **Toetsingskader**

Een bemalingsstudie moet leiden naar een ontwerp dat voldoet aan alle stappen van het stappenplan. Het moet technisch en financieel haalbaar en volgens de best beschikbare technieken (BBT) zijn. Als tijdens deze toetsing blijkt dat niet aan alle bovenvermelde voorwaarden wordt voldaan, dan moet het ontwerpproces iteratief herstarten.. Zie ook Figuur 2.

Concreet betekent dit dat een bemalingsontwerp:

1. gebaseerd moet zijn op voldoende kwalitatieve uitgangsggegevens (paragraaf 3.1 en checklist 1 in [bijlage 6.2](#));
2. moet voldoen aan de milieutechnische en andere randvoorwaarden, en de negatieve impact op de omgeving tot een minimum herleidt (paragraaf 3.2 en checklist 2 in [bijlage 16.4](#));
3. technisch uitvoerbaar en financieel haalbaar is (paragrafen 3.3 en 3.4);
4. met de juiste dimensioneringstools geoptimaliseerd is en er een melding of vergunningsaanvraag kan mee geformuleerd en ingediend worden die kwalitatief en kwantitatief onderbouwd is, en bijgevolg aan de wettelijke eisen voldoet (paragrafen 3.4 en 3.6);
5. de belangrijkste onzekerheden en risico's aangeeft en terugvalscenario's formuleert (paragraaf 3.5);
6. tijdens de uitvoering kan opgevolgd (monitoring) en gehandhaafd (inspectie) worden (paragraaf 3.7);
7. de nodige nazorg voorziet (paragraaf 3.8).

4 Gevalstudies

Om de verschillende stappen in het stappenplan te illustreren werden drie fictieve gevalstudies uitgewerkt in [bijlage 6.19](#).

5 Referentielijst

- [1] Richtlijnen Bemalingen (2009) Werkgroep Bemalingen.
- [2] Meyus Y., Adyns D., Woldeamlak S.T., Batelaan O. en De Smedt F. (2004) *Opbouw van een Vlaams Grondwatervoedingsmodel (VGM) – Eindrapport*. Vrije Universiteit Brussel in opdracht van de Vlaamse Gemeenschap.

6 Bijlage

1. Begrippenlijst, lexicon

Hieronder wordt een alfabetisch overzicht gegeven van terminologie die gebruikt wordt in literatuur en mogelijk ook voorkomt in de nieuwe richtlijnen bemalingen. Onderaan dit document wordt ook een kort overzicht gegeven van vaak gebruikte afkortingen.

1.1 Terminologie

- **Afpompingskegel:**
Kegelvormige droge zone die ontstaat door het wegpompen van grondwater uit een filter/bron. De gebogen wanden van de kegel worden verhanglijnen genoemd. Bij bemalingen die zich binnen elkaars invloedzone bevinden kunnen gemeenschappelijke verhanglijnen ontstaan.
- **Afstandhouders:**
Componenten (meestal in plastic) die rondom een stijgbuis/filterbuis worden aangebracht zodoende de buis een centrale positie te geven in een boorgat. Cf. centreerbeugels.
- **Airliften**
Airliften of luchtliften is het bewerkstelligen van het transport van een waterkolom naar de oppervlakte in een putbuis of een boorgat door middel van de injectie van perslucht onderaan de te verplaatsen waterkolom. Deze techniek kan worden toegepast bij het ontwikkelen (het verwijderen van fijne deeltjes uit het water) van dieptebronnen, peilbuizen en retourbronnen.
- **Anisotropie:**
De waterdoorlatendheid die op de schaal van het bodemprofiel in horizontale richting veel groter is dan in verticale richting.
- **Annulaire ruimte:**
Ruimte tussen de stijgbuis/filterbuis en de wand van het boorgat. De annulaire ruimte wordt meestal opgevuld met grind/klei/zand.
- **Aquifer:**
Watervoerende laag.
- **Aquitard:**
Waterremmende laag.
- **Artesisch niveau:**

Stijghoogte van gespannen grondwater dat reikt tot boven het maaiveld.

- **Banket:**
Een vlak niveau of terras in een bouwputwand.
- **Bemaling of bronbemaling:**
Het tijdelijk of permanent verlagen van de natuurlijke grondwaterstand door het oppompen van grondwater.
- **Bemaling met onderwaterpompen:**
Bemaling met pompen (gemonteerd in dieptebronnen) die zich onder het grondwateroppervlak bevinden en het water naar het maaiveld persen.
- **Bemaling met plunjerpompen of zuigerpompen:**
Bemaling met pompen die zich aan het maaiveld bevinden en die het water aanzuigen via zuigleidingen.
- **Bemalingsdiepte:**
De diepte onder het maaiveld tot waar het grondwater verlaagd wordt.
- **Bemalingsproef:**
Proef waarmee het potentiële pompdebiet, de filteropbrengst en het waterbezwaar bepaald kunnen worden. Ook kan met een bemalingsproef de afpompingskegel bepaald worden en de verwachte verlaging van de grondwaterstand in de omgeving van de bemaling. Het verschil met een pompproef is dat een bemalingsproef meestal wordt uitgevoerd met meerdere onttrekkingsbronnen of bemalingsstrengen, zo veel mogelijk in lijn met de toekomstig aan te leggen bemaling terwijl een pompproef met één onttrekkingspunt wordt uitgevoerd.
- **Bemalingswater:**
Opgepompt grond- en bodemwater.
- **Beste beschikbare technieken (BBT):**
Technieken en exploitatiemethoden die het meest doeltreffend zijn voor het bereiken van een hoog algemeen niveau van bescherming van het milieu in zijn geheel, onder technisch en economisch haalbare omstandigheden.
- **Bijzonder beschermd gebied:**
Een gebied dat behoort tot één of meer van volgende gebieden : speciale beschermingszones (SBZ), beschermd duingebied, waterwingebieden, ... Deze gebieden worden in detail toegelicht in [bijlage 6.5](#).
- **Bodemwater:**
Het water aanwezig in de onverzadigde zone tussen het aardoppervlak en de grondwatertafel.
- **Boorstaat:**
Log van een boring, met o.a. grondsoort, kleur, specifieke waarnemingen, ...
- **Bouwheer:**
In het kader van deze richtlijnen wordt een bouwheer gedefinieerd als een natuurlijk persoon of rechtspersoon (of een groep van natuurlijke personen of rechtspersonen) die de opdracht geeft om bouwkundige werken uit te voeren.
- **Bouwputstraal:**

De bouwputstraal is de straal van een cirkel met een equivalente omtrek als die van de bouwput. Deze straal wordt voor een rechthoekige bouwput berekend als $r_0 = (L + B) * \pi$ met r_0 de bouwputstraal en L en B de respectievelijke lengte en breedte van de bouwput.

- **Bron (dieptebron/bemalingsbron):**
Een set van filterbuis (met grindomstorting) en stijgbuis waarbinnen een onderwaterpomp wordt geplaatst om het water omhoog te pompen.
- **Bruto debiet:**
Het effectief opgepompte debiet.
- **Centreerbeugels:**
Cf. afstandhouders.
- **Circulaire systemen:**
Systemen zoals KWO of retourbemaling, waarbij er netto geen grondwater wordt onttrokken.
- **Code van goede praktijk (CVGP):**
Geschreven en publiek toegankelijke regels met betrekking tot de bouw, het transport, het plaatsen, het uitbaten, het onderhouden en het eventueel ontmantelen van een inrichting of een onderdeel ervan, met inbegrip van de toepasselijke productnormen en de bij de betrokken beroeps categorieën algemeen aanvaarde regels van goed vakmanschap.
- **Constructie-eisen:**
Technische voorschriften met betrekking tot de wijze waarop een inrichting of onderdeel ervan moet worden gebouwd, geplaatst of uitgerust, andere dan de inplantingsregels.
- **Conusweerstand:**
De druk die grond uitoefent tegen de kegelvormige punt van een sondeerstang tijdens een sondering. Deze druk is klein voor minder gecompacteerd materiaal (bv klei, leem, veen) en groter voor beter gecompacteerd materiaal zoals zand, grind, zandstenen.
- **Datalogger:**
Instrument waarmee meetwaarden digitaal worden opgeslagen.
- **Debiet:**
Maat voor het opgepompte volume water per tijdseenheid, meestal uitgedrukt in m^3/u .
- **Debietmeting:**
Meting van het opgepompte volume water per tijdseenheid.
- **“Design & Build” procedure:**
Een procedure waarbij een opdrachtgever alles uitbesteedt aan een aannemer, van planning/ontwerp tot uitvoering. De aannemer is op die manier uitvoerder én ontwerper (in tegenstelling tot traditionele projectorganisatie).
- **Dieptebron bemaling:**
Cf. bemaling met onderwaterpompen
- **Doorlaatvermogen of transmissiviteit:**
De doorlatende eigenschappen van een watervoerende laag als geheel, uitgedrukt als het product van de doorlatendheidscoëfficiënt k en de dikte H van een bepaalde laag. Doorlaatvermogen of transmissiviteit wordt bepaald aan de hand van een pompproef. Eenheid m^2/s of m^2/dag .

- **Doorlatendheid/hydraulische conductiviteit/permeabiliteit:**
Capaciteit van grond om water door te laten. Wordt aangeduid met de doorlatendheidscoëfficiënt k . Eenheid m/s of m/dag.
- **Drain:**
Een buigzame geperforeerde buis, omwikkeld met een synthetische filter, die bij horizontale bemalingen wordt aangebracht in sleuven. De drainbuis wordt dan via een blinde buis verbonden met een bovengrondse pomp.
- **Draineerbare porositeit:**
Percentage van het totale bodemvolume dat bestaat uit poriën die water kunnen opnemen en afgeven. Deze waarde is hoog voor zand en laag voor klei, terwijl de totale porositeit van klei veel hoger is dan die van zand. Eenheid m^3/m^3 . Cf. vrije berging/*specific yield*.
- **DWA:**
De droogweerafvoer verzamelt en transporteert afvalwater naar rioolwaterzuiveringsinstallaties of behandelingsinstallaties.
- **Effectieve porositeit:**
Deel van het poriënvolume dat migratie van grondwater toelaat. Eenheid m^3/m^3 . Cf. meewerkend poriënvolume. Dit is de totale porositeit verminderd met het aandeel aan water dat gebonden is aan de bodempartikels.
- **Exploitant:**
De natuurlijke persoon of rechtspersoon die een ingedeelde inrichting exploiteert of voor de rekening van wie ze wordt geëxploiteerd. In het omgevingsloket is de exploitant de aanvrager van de IIOA.
- **Exploiteren:**
Het installeren, in werking stellen, gebruiken of in stand houden van ingedeelde inrichtingen of het aanvangen en uitvoeren van ingedeelde activiteiten.
- **Elastische berging:**
De elastische berging van een verzadigde grondlaag is het volume water dat vrijkomt uit de berging van een eenheid volume grond onder invloed van een eenheid drukverlaging van het hydraulisch peil. De dimensie is m^{-1} (volume water $[m^3]$ / (volume grond $[m^3]$ * drukverlaging $[m]$). Het vrijgeven van water vanuit een volume grond wordt veroorzaakt door de samendrukking van de grond door toename van de effectieve spanning en het uitzetten van water ten gevolge van een afname van de druk.
- **Filters:**
Haalbuis, over een bepaalde lengte omgeven door een geperforeerde filterbuis en geotextiel. De individuele filters worden verbonden met zuigleidingen om vervolgens water mee op te pompen. Cf. onttrekkingsfilter.
- **Filterbemaling:**
Bemaling waarbij het water door middel van verticale filters, zuigleiding en een zuigerpomp wordt weggepompt.

- **Footprint:**
Onder footprint wordt in deze richtlijn verstaan: de volledige terreinoppervlakte waarbinnen uitgravingen plaatsvinden.
- **Freatisch grondwater:**
Grondwater dat rechtstreeks in verbinding staat met de atmosferische luchtdruk en zich vrij kan bewegen in een watervoerende laag.
- **Geopunt:**
Centrale toegangspoort tot geografische overheidsinformatie, www.geopunt.be
- **Geotextielen:**
Doorlaatbare textielen die in grondwerken gebruikt worden.
- **Gespannen watervoerende laag:**
Watervoerende laag die aan de bovenzijde is afgedekt door een ondoorlatende laag en waarin de grondwaterstand hoger is dan de basis van de bovenliggende ondoorlatende laag. In dit geval bestaat er geen directe relatie tussen de waterspanning in de watervoerende laag en de freatische watertafel.
- **Geroerd grondmonster:**
Grondmonster waarbij de structuur en de pakkingsdichtheid van de grond zijn verstoord.
- **Gestoken monster:**
Cf Ongeroid monster.
- **Getrapte bemaling:**
Een filterbemaling in verschillende niveaus (trappen) om in grote bouwputten de grondwaterstand in belangrijke mate (>4m) te doen dalen. Cf. meertrapsbemaling.
- **Gewestplan:**
Het gewestplan is een planningsinstrument dat informatie geeft omtrent de bestemming van percelen (bv. bouwgrond *versus* landbouwgrond). De meest recente gewestplannen dateren ondertussen al van 2000. Na 2000 zijn de bestemmingen van het gewestplan op vele plekken gewijzigd door de opmaak van 'ruimtelijke uitvoeringsplannen' (RUP's). Om de bestemming van een bepaald perceel te achterhalen wordt best contact opgenomen met de gemeente. Het oude gewestplan kan geconsulteerd worden via Geopunt, nieuwe uitvoeringsplannen kunnen geconsulteerd worden via <https://geoplannen.ruimteinfo.be/roviewer/?t=7&m=1&category=2>
- **Grondwater:**
Al het water dat zich onder het bodemoppervlak in de verzadigde zone bevindt of dat in direct contact met bodem en ondergrond staat.
- **Grondwaterhandelingen:**
Elke handeling die een directe invloed kan hebben op de waterhuishouding van de bodem, met name de grondwaterstand en -stroming.
- **Grondwaterlichaam:**
Een onderscheiden grondwatermassa in één of meer watervoerende lagen of in een deel ervan.
- **Grondwaterstand/grondwaterpeil:**
De hoogte van het grondwater ten opzichte van een referentieniveau (maaiveld, mTAW, ...).
- **Grondwaterstandverhoging:**

Wijze waarop en tempo waaraan de afpomingskegel wordt opgevuld na het beëindigen van een grondwaterverlaging, of door middel van hervoeding (bv. retourbemaling).

- **Grondwatertafel:**
Niveau van het grondwater in het freatisch vlak.
- **Grouten:**
Het opvullen van boorgaten, drains, etc. met een verpompbare slurry die na uitharding krimpvrij en waterdicht is. Ze kan bestaan uit cement, zuiver water van neutrale pH en fijn bentonietpoeder.
- **Haalbuis:**
De buis die in filters wordt aangebracht en via dewelke water naar boven wordt gezogen.
- **Handmatige controlemeting:**
Handmatige meting waarbij de werking van de meetapparatuur wordt gecontroleerd.
- **Hemelwater:**
Verzamelnaam voor regen, sneeuw en hagel, met inbegrip van dooiwater.
- **Horizontale bemaling:**
Bemaling die wordt uitgevoerd door middel van een in de bodem aangebrachte drain, waarop een pomp wordt aangesloten, rechtstreeks via een zuigerpomp of via een collectorleiding, een pompput en een dompelpomp.
- **Horizontale verplaatsingen:**
Net zoals verticale zettingen kunnen ook horizontale verplaatsingen optreden, meestal rondom en relatief dicht bij de bouwput.
- **Hydraulisch gesloten bouwput:**
Een bouwput die omringd wordt door waterkerende wanden die reiken tot in een ondoorlatende laag.
- **Hydraulische weerstand C:**
Een maat voor de weerstand van een aquitard of een waterremmende wand tegen doorstroming. $C = d/k$ met d (dikte (m) van de aquitard of waterremmende wand) en k (doorlatendheid (m/s) van de aquitard of waterremmende laag).
- **Hydrologisch:**
Alles wat betrekking heeft op het gedrag en de eigenschappen van water in, op en onder het aardoppervlak.
- **Indelingslijst:**
De lijst, vastgesteld door de Vlaamse Regering bestaande uit rubrieken die een omschrijving omvatten van de inrichtingen en activiteiten die ernstige risico's of hinder voor de mens en het milieu kunnen inhouden.
- **Infiltratiebekken of infiltratiegracht:**
Een bekken of gracht die niet verbonden is met het hydrografisch net en waarin water kan infiltreren naar de ondergrond.
- **Infiltratiebron:**
Bron die gebruikt worden om water opnieuw in de ondergrond te laten indringen. Cf. retourbron.

- **Ingedeelde inrichting of activiteit (IIOA):**
Eén inrichting of activiteit en de aanhorigheden ervan op een bepaalde locatie of, in voorkomend geval, meerdere inrichtingen of activiteiten en de aanhorigheden ervan op een bepaalde locatie die voor hun exploitatie als een samenhangend technisch geheel moeten worden beschouwd. Het feit dat verschillende inrichtingen en activiteiten een verschillend eigendomsstaatus hebben belet niet dat ze door hun onderlinge technische samenhang als één ingedeelde inrichting of activiteit kunnen worden beschouwd.
- **Initieel debiet:**
Het bemalingsdebiet bij het opstarten van een bemaling.
- **Inplantingsregels:**
Inplantingsregels omvatten verbodsbepalingen en afstandsbepalingen. Verbodsbepalingen betreffen de onverenigbaarheid tussen, enerzijds, bepaalde inrichtingen of onderdelen ervan en, anderzijds, bepaalde activiteiten, zones of gebieden. Afstandsbepalingen betreffen de na te leven minimumafstanden van inrichtingen of onderdelen ervan ten opzichte van bepaalde activiteiten, zones of gebieden.
- **Invloedssfeer/invloedszone**
Het gebied waarbinnen de grondwaterstand wordt beïnvloed door een bemaling of retourbemaling.
- **Invloedsstraal van een bemaling:**
De afstand tot een bemaling waarbinnen een meetbare verlaging van de grondwaterstand optreedt. Meestal wordt voor deze meetbare grondwaterverlaging 0,05 m aangenomen.
- **Invloedspcelen:**
Alle pcelen die beïnvloed worden door een grondwaterhandeling. Hiervoor worden alle pcelen beschouwd die gelegen zijn binnen de invloedstraal + 20 % (bron OVAM).
- **Isohypse/isohyps:**
Lijnen van gelijke stijghoogte.
- **Isohypskaart:**
Stijghoogtekaart dewelke kan opgesteld worden op basis van bv. peilfilters.
- **Jutten:**
Techniek waarbij door middel van perslucht filters van bronnen kunnen worden schoongemaakt, door de waterkolom in de stijgbuis altemnerend in en uit de formatie te drijven.
- **Kwelvorming:**
Opbarsten van een bouwput door een verstoring van het evenwicht tussen gedeeltelijk afgegraven waterremmende lagen en waterdruk uit onderliggende watervoerende lagen. Cf. opbarsting, welvorming.
- **Kunstwerk:**
Een civiel kunstwerk is een door mensenhanden gemaakt bouwwerk dat meestal niet voor bebouwing bestemd is. Voorbeelden zijn aquaducten, bruggen, geluidsschermen, tunnels, viaducten, sluizen, gemalen, ...
- **Maaiveldpeil:**
Hoogte van het maaiveld uitgedrukt in het referentiestelsel TAW.

- **Meertrapsbemaling:**
Cf. getrapte bemaling.
- **Meewerkend poriënvolume:**
Cf. effectieve porositeit.
- **MFI-test:**
De membraanfilterindex-test geeft een indicatie van de lading aan vaste deeltjes in suspensie en laat op die manier toe om het intrinsieke verstoppingsvermogen van grondwater te bepalen.
- **Milieu-effectrapport (MER):**
Een openbaar document waarin voor een project, plan of programma de te verwachten gevolgen voor mens en milieu in hun onderlinge samenhang op een systematische en wetenschappelijk verantwoorde wijze worden geanalyseerd en geëvalueerd. In het document wordt aangegeven op welke wijze de aanzienlijke milieueffecten vermeden, beperkt, verholpen of gecompenseerd kunnen worden.
- **Milieu-effectrapportage (m.e.r.):**
Een juridisch-administratieve procedure waarbij, voordat een activiteit of ingreep (projecten, plannen en programma's) plaatsvindt, de milieugevolgen ervan op een systematische en wetenschappelijk verantwoorde wijze worden bestudeerd, besproken en geëvalueerd.
- **Negatieve kleef:**
Wrijvingskrachten langs funderingspalen bij zettingen, waardoor de funderingspalen in kwestie extra belast worden.
- **Netto debiet:**
Het effectief opgepompte debiet (= bruto debiet) - het geretourneerde debiet
- **Omgevingsvergunning:**
Nieuwe vergunning (van kracht sinds 1 januari 2018) die voortaan de stedenbouwkundige vergunning en milieuvergunning vervangt. Aanvragen gebeuren digitaal via het Omgevingsloket, waarna één openbaar onderzoek en één adviesronde worden georganiseerd. Dit is efficiënter en moet leiden tot een betere besluitvorming. De MER-procedure verloopt momenteel nog afzonderlijk maar zou binnenkort eveneens worden geïntegreerd. Het omgevingsvergunningsdecreet vervangt het milieuvergunningendecreet en Vlarem I.
- **Onderloopsheid:**
Stroming onder een waterkerende wand naar de bouwput toe.
- **Onderwaterpomp:**
Verticale pompen die in een putbuis kunnen worden gemonteerd en gebruikt worden om bronnen te bemalen indien grote verlagingen (>4-5m) moeten bereikt worden of grote debieten moeten worden gepompt. Deze pompen persen het grondwater naar boven (i.p.v. zuigen bij andere bemalingen).
- **Ongeroerd grondmonster:**
Grondmonster waarbij de structuur, watergehalte en de pakkingsdichtheid van de grond zo weinig mogelijk zijn verstoord.
- **Onttrekkingsfilter:**
Cf. filter.

- **Ontvangend waterlichaam:**
Oppervlaktewater, grondwater en overgangswater als vermeld in artikel 3, §2, 3°, 4° en 10°, van het decreet van 18 juli 2003 betreffende het integraal waterbeleid <https://codex.vlaanderen.be/Zoeken/Document.aspx?DID=1011715¶m=inhoud&AID=1050044>.
- **Onvolkomen bron:**
Bron waarvan de filtersectie korter is dan de verzadigde dikte van de watervoerende laag waarin ze is aangelegd.
- **Opbarsting:**
Cf. kwelvorming.
- **Open- of oppervlaktebemaling:**
Afvoer van vrij uit taluds en putbodem toestromend water en hemelwater door greppels of putten te graven in een bouwput tot een plaatselijk verdiept gedeelte, de pompput, waaruit het water kan worden weggepompt.
- **Oppervlakte-infiltratie:**
Terugbrengen van opgepompt water in doorlatende oppervlaktelagen door middel van ingegraven leidingen, grachten, bekkens of vijvers.
- **Oppervlaktewaterlichaam:**
Een onderscheiden oppervlaktewater, zoals een meer, een wachtbekken, een spaarbekken, een stroom, een rivier, een kanaal, een overgangswater, of een deel van een stroom, rivier, kanaal of overgangswater.
- **Overgangswater:**
Een oppervlaktewaterlichaam dat gedeeltelijk zout is door de nabijheid van zeewater, maar dat in belangrijke mate door zoetwaterstromingen wordt beïnvloed.
- **Partiële wanden:**
Waterkerende wanden die niet tot in een sterk waterremmende laag reiken.
- **Peilmeting:**
Het meten van de grondwaterstand of stijghoogte in een peilbuis, meestal met behulp van een peillint.
- **Peilbuis/peilput/peilfilter/piëzometer:**
Een buis met een geperforeerd element (meestal PVC) die in een boorgat geplaatst wordt op een specifiek niveau zodoende nauwkeurige informatie omtrent de grondwaterstand en stijghoogte te verkrijgen. In een boorgat van een dieptebron/pompput wordt eveneens een peilbuis geplaatst met het doel de afpompingsdruk in de bron/put te kunnen opmeten.
- **Plunjerpomp of zuigerpomp:**
Een pomp die gebruikt wordt om vloeistoffen met plunjers of zuigers van een lage naar een hoge druk te brengen. Wordt gebruikt bij bemaling met filters.
- **Pompproef:**
Proef om de geohydrologische karakteristieken van de ondergrond te bepalen. Door middel van een onttrekkingsput in een bepaalde watervoerende laag wordt de grondwaterstand verlaagd en wordt de snelheid van de grondwaterverlaging in de omgeving geregistreerd door middel van peilbuizen, mogelijk op verschillende dieptes en afstanden.

- **Poriëngehalte:**
Quotiënt van het poriënvolume en het totale volume, vermenigvuldigd met 100. Deze waarde komt overeen met de totale porositeit.
- **Potentiaalverlaging s:**
Afstand van de oorspronkelijke grondwaterstand tot de verlaagde grondwaterstand.
- **Proefbemaling:**
Het testen van de geïnstalleerde bemaling op doelmatigheid, vooraleer gestart wordt met het effectief bemalen en ontgraven.
- **Pseudo (semi)-stationaire toestand:**
Toestand waarbij een evenwicht ontstaat tussen aangevoerd en afgevoerd water bij een bemaling, en de afpompingskegel dus stabiel blijft. Dit is geen stationaire toestand omdat er nog steeds invloed kan zijn van neerslag, fluctuerende pompcapaciteiten en andere onvoorspelbare factoren.
- **Putproef:**
Een techniek om de verzadigde horizontale doorlaatfactor van de ondergrond te bepalen door water uit een boorgat te pompen en vervolgens de snelheid te meten waaraan het water in de pompput terug stijgt. Tegengestelde van een slugtest.
- **Regeneratie:**
Het schoonmaken van putten, zowel mechanisch (bv. schoonpompen of schoonspuiten) als chemisch (door gebruik van bv. chloor, waterstofperoxide of een sterk zuur).
- **Restwater:**
Grondwater dat over een tussenliggende stoorlaag via de wanden van een bouwput de bouwput insijpelt.
- **Retardatiefactor:**
Factor die weergeeft hoeveel langzamer een bepaalde stof door de ondergrond migreert in vergelijking met het grondwater waarin de stof is opgelost.
- **Retourbemaling:**
Bij een diepte-infiltratie wordt het opgepompte bemalingswater (via onttrekkingsbronnen) op een bepaalde afstand van de bemalingszone terug in dezelfde watervoerende laag geïnjecteerd (via retourbronnen). Ook oppervlakte-infiltratie, waarbij freatisch grondwater wordt geherinfiltratied in de ondergrond via infiltratiegrachten of –bekkens, wordt beschouwd als retourbemaling.
- **Retourbron:**
Cf. infiltratiebron.
- **Retourproef:**
Een proef waarbij de opstelling voor een retourbemaling wordt getest alvorens deze in gebruik genomen wordt.
- **Risico:**
Kans x schade

- **RWA:**
Regenwaterafvoer voert hemelwater af naar grachten en waterlopen. Het betreft hier regenwater dat niet vervuild is. Regenwater aangewend voor huishoudelijk gebruik wordt afgevoerd als DWA.
- **Semi-gespannen grondwater:**
Watervoerende laag die aan de bovenzijde is afgedekt door een halfdoorlatende laag en waarin de grondwaterstand hoger is dan de basis van de bovenliggende halfdoorlatende laag. In dit geval bestaat er geen directe relatie tussen de waterspanning in de watervoerende laag en de freatische watertafel.
- **Semi-permeabele lagen:**
Slecht doorlatende lagen. De meeste theoretisch ondoorlaatbare lagen zijn in de praktijk licht doorlaatbaar. Over het algemeen spreekt men van goed doorlatende, slecht doorlatende en ondoorlatende lagen.
- **Sichardt (formule van):**
Formule voor de berekening van de initiële invloedsstraal van een bemaling. De formule is enkel geschikt voor zeer kortstondige bemalingen in freatische omstandigheden (termijn max. 5 dagen).
- **Sleufbemaling:**
Bemaling om sleuven droog te leggen voor de aanleg van bv. rioleringen of transportleidingen. Wordt meestal uitgevoerd door filters of bronnen te plaatsen langs 1 zijde van de sleuf. Ook drainbemaling wordt vaak toegepast.
- **Slugtest/falling head test:**
Een techniek om de verzadigde horizontale doorlaatfactor van de ondergrond te bepalen door water in een boorgat te injecteren (of een gekend vast volume in het boorgat te laten vallen) en vervolgens de daling van het grondwater per tijdseenheid te meten. Tegengestelde van een putproef.
- **Sondering/CPT/Cone penetration test:**
Een proef waarbij de weerstand gemeten wordt die moet overwonnen worden om een conus in de grond te drukken.
- **Spanningsbemaling:**
Bemaling waarbij de potentiaal/stijghoogte van gespannen grondwater wordt verlaagd zodanig dat er geen kwelvorming/opbarsten optreedt.
- **Specifieke berging:**
Cf. elastische berging
- **Spoelboring:**
Het maken van een boorgat met spoelwater dat via de boorbuizen in het boorgat wordt geïnjecteerd, waarmee de *boorcuttings* langsheen de annulaire ruimte worden geëvacueerd en de nodige hydrostatische overdruk wordt gecreëerd om het boorgat stabiel te houden.
- **Steilrand:**
Een abrupt hoogteverschil.
- **Stijgbuis:**

Het blind/ondoorlatend gedeelte van een dieptebron/peilfilter die het filterelement verbindt met het oppervlak.

- **Stijghoogte:**
Waterniveau in een peilbuis.
- **Stoorlaag:**
Een verticaal slecht/minder doorlatende laag (bv. klei, leem, veen) binnen een aquifer.
- **Telemetrie:**
Het op afstand meten van bepaalde parameters.
- **Terzaghi (formule van):**
Formule voor de berekening van zettingen.
- **Toezichthouder:**
De persoon die krachtens titel XVI van het decreet van 5 april 1995 houdende algemene bepalingen inzake milieubeleid als toezichthouder is aangesteld.
- **Uitvoerder:**
De persoon of rechtspersoon (of groep van personen of rechtspersonen) die de dagelijkse leiding over het bouwproces uitoefent.
- **Vacuümbemaling:**
Bemaling in slecht doorlaatbare bodems met kleine poriën waarin water niet vrij kan stromen. Het meewerkend poriënvolume is in deze grond zeer laag. Door middel van een vacuümbemaling wordt het aan de korrels gebonden water naar de bron gezogen.
- **Verhang:**
Het relatieve hoogteverschil tussen de grondwaterstand in een filter/bouwput en de algemene grondwaterstand rondom de filter/bouwput.
- **Verhanglijn:**
Gebogen grondwatercurve waarbij de kromming sterk afhankelijk is van de doorlatendheid van de grond en de intensiteit waarmee gepompt wordt.
- **Verlaging/grondwaterverlaging:**
De daling van de grondwaterstand ten opzichte van de grondwaterstand opgemeten op een eerder tijdstip (bv. ten opzichte van de grondwaterstand in rust). Beide metingen moeten uitgevoerd worden ten opzichte van hetzelfde referentiepunt (bv. maaiveld, bovenkant peilbuis, ...).
- **Verontreiniging:**
De directe of indirecte inbreng door menselijke activiteiten van stoffen, trillingen, warmte of geluid in lucht, water of bodem, die de gezondheid van de mens of de milieukwaliteit kan aantasten, schade kan toebrengen aan materiële goederen, of de belevingswaarde van het milieu of een ander rechtmatig milieugebruik kan aantasten of in de weg kan staan .
- **Verontreinigende stoffen:**
iedere overeenkomstig de Vlaamse milieuwetgeving door de Vlaamse regering aangewezen stof die tot verontreiniging kan leiden.
- **Verplaatsing van een bodemverontreiniging:**

Met “verplaatsing” wordt bedoeld op een volumevermeerdering van een bodemverontreiniging.

- **Versnelling van een bodemverontreiniging:**
Versnelling is de verspreiding van een bodemverontreiniging door toedoen van een grondwateronttrekking, relatief ten opzichte van de natuurlijke verspreiding van de verontreiniging.
- **Verticale bemaling:**
Bemaling door middel van verticale filters/bronnen.
- **Verzadigingsgraad s_w :**
Volumeverhouding van de met water verzadigde grond en het ontwaterde poriëngehalte.
- **Verzilting:**
Toename van het zoutgehalte in een bodem of in grondwater.
- **Volkomen bron:**
Bron waarvan het filterelement zich bevindt over de ganse verzadigde hoogte van de watervoerende laag waarin ze is aangelegd.
- **Vrije berging**
Cf. draineerbare porositeit/*specific yield*.
- **Waterbezwaar:**
Het totale volume aan water dat dient weggepompt te worden bij een bemaling, over de ganse bemalingsperiode.
- **Waterinfo:**
Waterinfo.be is de portaalsite van de Vlaamse waterbeheerders en kennisinstututen, www.waterinfo.be
- **Waterkerende wanden:**
Wanden, meestal uit staal of beton, die worden geplaatst rondom de bouwput. Wandens hebben vaak een dubbele functie: het hydraulisch afsluiten van een bouwput en het funderen van een constructie.
- **Waterpeil:**
De hoogte van het water in een gracht, rivier of enig open waterreservoir ten opzichte van een referentieniveau (maaiveld, mTAW, ...).
- **Watersysteem:**
Een samenhangend en functioneel geheel van oppervlaktewater, grondwater, waterbodems en oevers, met inbegrip van de daarin voorkomende levensgemeenschappen en alle bijbehorende fysische, chemische en biologische processen, en de daarbij behorende technische infrastructuur.
- **Watervoerende laag/aquifer:**
Een grondlaag die voldoende poreus en doorlatend is voor een (belangrijke) grondwaterstroming of voor de onttrekking van (aanzienlijke) hoeveelheden grondwater.
- **Waterremmende laag/aquitard:**
Een met water verzadigde grondlaag die weinig doorlatend is.
- **Waterwingebied:**

"Waterwingebied" en "beschermingszone type I, II en III": het als dusdanig in toepassing van het decreet van 24 januari 1984 houdende maatregelen inzake het grondwaterbeheer afgebakende gebied, respectievelijk zone, zie ook [bijlage 6.5](#).

- **Watertoets:**
Een onderzoek van de Vlaamse overheid naar schadelijke effecten op het watersysteem die veroorzaakt kunnen worden door bijvoorbeeld de bouw van een woning of een infrastructuurproject. Het resultaat van dit onderzoek wordt dan opgenomen als een waterparagraaf in de vergunning of in de goedkeuring van het plan of programma. www.watertoets.be
- **Welvorming:**
Cf. kwelvorming.
- **Zandvang:**
Blind buisgedeelte (minimaal 0,5 m) onderaan een filter, waarin met het water meegevoerde fijne deeltjes (bv. zand) kan bezinken.
- **Zetting:**
Verticale vervormingen/verplaatsingen van de grond te wijten aan wijzigingen in de verticale effectieve spanningen, bv. door afname van de waterspanning. De uiteindelijke zetting en de zettingsduur hangen af van de drainage van de grond. Zand zal snel zetten, klei zal traag zetten. Zettingen kunnen ook ontstaan door krimp van drogende klei, oxidatie van veen en inwendige erosie. Het zijn meestal differentiële zettingen die zorgen voor de belangrijkste schade.

1.2 Afkortingen:

- **ABEF:**
Belgische Vereniging Aannemers Funderingswerken
- **AGOP:**
Afdeling gebiedsontwikkeling, omgevingsplanning en -projecten van het departement Omgeving
- **ANB:**
Agentschap voor Natuur en Bos
- **BBO:**
Beschrijvend bodemonderzoek
- **BBT:**
Beste beschikbare technieken
- **BEO:**
Boorgat-Energie-Opslag
- **BPA:**
Bijzonder plan van aanleg
- **BSP:**
Bodemsaneringsproject
- **BVBB:**
Beroepsvereniging bronbemaalingsbedrijven

- **CPT:**
Een Cone Penetration Test is de Engelse benaming voor een sondering
- **CVGP:**
Code van goede praktijk
- **DHM:**
Digitaal Hoogte Model
- **DOV:**
Databank Ondergrond Vlaanderen, www.dov.vlaanderen.be
- **DWA:**
Droogweerafvoer
- **EC:**
Electrical conductivity; elektrische conductiviteit
- **EM:**
Electromagnetic induction; elektromagnetische inductie
- **ER:**
Electrical resistivity; elektrische resistiviteit
- **GIR:**
Grondwaterinformatieregister: een inventaris van alle percelen met mogelijke grondwaterverontreinigingen waarover data gekend is bij OVAM
- **HCOV:**
Hydrogeologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen
- **IIOA:**
Ingedeelde inrichting of activiteit
- **KWO:**
Koude-en-Warmte-Opslag
- **MER:**
Milieueffectrapport
- **m.e.r.:**
Milieueffectrapportage
- **MFI:**
Membraanfilterindex
- **OBO:**
Oriënterend bodemonderzoek
- **OVAM:**
Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij, www.ovam.be
- **RUP:**
Ruimtelijk uitvoeringsplan
- **RWA:**

Regenwaterafvoer

- **RWZI:**
Rioolwaterzuiveringsinstallatie
- **SBZ**
Speciale beschermingszone, zie ook [bijlage 6.5](#)
- **TDS:**
Total Dissolved Solids
- **VGM**
Vlaams Grondwater Model
- **VLAREBO:**
Vlaams reglement rond bodemsanering en bodembescherming
- **VLAREL:**
Vlaams reglement inzake erkenningen met betrekking tot het leefmilieu
- **VLAREM:**
Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning
- **VMM:**
Vlaamse Milieumaatschappij
- **VOCI:**
Vluchtige organische chloorverbindingen

6.2 Checklist 1: gegevensverzameling

BIJLAGE 6.2 - Checklist 1: gegevensverzameling

Is de info beschikbaar?		Noodzaak	
ja	nee	Belangrijke gegevens in eerste stap/screening?	Eventueel verder te onderzoeken na een eerste screening

1 Gegevens bouwproject/bouwperceel zelf

Adres, inplanting op perceel			X	
Footprint, afmetingen (lengte, breedte, diepte) algemene uitgraving en lokaal diepere zones (preferentiëel uitgedrukt in mTAW)			X	
Maaiveldpeil (mTAW), referentiestelsel (XY-coördinaten in Lambert 72)			X	
Funderingswijze project bv. funderingspalen: aanzetpeil, diepte, techniek			X	
Eventuele voorziene beschoeiing/wanden (om stabiliteitsredenen): waar? welke? diepte?			X	
Lokaal grondonderzoek (sonderingen, boringen, peilbuis) ¹			X	
Ander lokaal grondonderzoek (pompproeven, technisch verslag grondverzet ...) ¹				X

2 Situering bouwproject in zijn omgeving

Grondonderzoek omgeving (via DOV, VGM, grondmechanische kaarten, Ferraris-kaarten, eigen archief ...) ¹			indien lokaal onderzoek niet beschikbaar is	X
Lozingsmogelijkheden:			X	
* Is er beschikbare ruimte in kader van retourbemaling?			X	
* Zijn er Infiltratiebekkens of infiltratiegrachten aanwezig?			X	
* Is lozing in oppervlaktewater mogelijk?			X	
* Is er een RWA-leiding aanwezig?			X	
* Is er een DWA-leiding aanwezig?			X	
Ligging t.o.v. bijzonder beschermde gebieden en verzilt gebied ⁵ (via DOV):			X	
* Groen-, natuurontwikkelings-, park- en bosgebied			X	
* Beschermde duingebieden			X	
* Speciale beschermingszones (SBZ)			X	
* Grondwaterwingebieden en beschermingszones			X	

BIJLAGE 6.2 - Checklist 1: gegevensverzameling

	Is de info beschikbaar?		Noodzaak	
	ja	nee	Belangrijke gegevens in eerste stap/screening?	Eventueel verder te onderzoeken na een eerste screening
* <i>Biologische waarderingskaart</i>			x	
* <i>Ven- en IVON-gebieden</i>			x	
* <i>Verzilt gebied</i>			x	
* <i>Cultuurhistorisch landschap, stads- of dorpsgezicht, monument of archeologische zone</i>			x	
* <i>Erfgoedlandschap</i>			x	
Ligging t.o.v.:			x	
* <i>Bij OVAM gekende dossiers (OBO, BBO, BSP - via OVAM Geoloketten⁴ of Geopunt)</i>			x	
* <i>Bestaande vergunningen (via DOV)</i>			x	
* <i>Open water (belangrijke rivieren, zee, kanaal ...)</i>			x	
* <i>Zettingsgevoelige bodem (Quartaargeologische profieltypekaart, bodemkaart, ...)</i>			x	
Ligging t.o.v. geluidsgevoelige receptoren			x	

3 Gegevens omgeving bouwproject/omliggende percelen

Ligging (afstand) t.o.v. bestaande constructies, infrastructuur en bebouwing			x	
Info omliggende gebouwen en infrastructuur (bestaande wanden)			x	
Info omliggende gebouwen en infrastructuur (funderingswijze, nutsleidingen)				x
Historische, zettingsgevoelige gebouwen				x
Bestaande actieve of passieve bemalingen (oude drains, lekkende riolen ...)				x

4 Gegevens lokale hydrogeologie o.b.v. lokaal grondonderzoek¹ of grondonderzoek omgeving

Dikte/diepte diverse grondlagen, bepaling van watervoerende en waterremmende lagen			x	
Eigenschappen diverse grondlagen (doorlatendheid $k_{\text{horizontaal}}$ en $k_{\text{verticaal}}$, berging ...)			x	
Gemiddelde grondwaterstand (mTAW, in alle relevante grondlagen) en noodzakelijke verlaging, met vermelding bron (bv. peilmeting)			x	
Verwachte invloed op grondwaterstand (natuurlijke invloeden, antropogene invloeden ...)			x	
Interactie tussen verschillende watervoerende lagen, eventuele noodzaak spanningsbemaling ² door opbarstgevaar ³ ?			x	

BIJLAGE 6.2 - Checklist 1: gegevensverzameling

	Is de info beschikbaar?		Noodzaak	
	ja	nee	Belangrijke gegevens in eerste stap/screening?	Eventueel verder te onderzoeken na een eerste screening
Grondwaterkwaliteit in functie van lozing (verontreiniging ⁴)				x
Grondwaterkwaliteit in functie van retourbemaling ² (verontreiniging ⁴ , oxydeerbaar ijzer ² ...)				x
Technische en economische uitvoerbaarheid retourbemaling ²				x

5 Gegevens regionale hydrogeologie bij projecten met grote impact (te bepalen wanneer relevant na eerste screening, kan iteratief proces zijn).

Verzameling gegevens van: * open water (gemiddeld peil, hydraulische weerstand, inschatting voeding ...) * kwetsbare watervoerende lagen * heterogeniteit quartaire pakketten * mogelijke oude rivierbeddingen in oude stadscentra met preferentiële stromingsrichting * interactie tussen vrij en gespannen grondwater in alluvia rond rivieren * ...				x
--	--	--	--	---

6 De gegevens worden samengevat in een hydrogeologische schematisatie (in mTAW en m-mv) met aanduiding gewenste verlaging en bouwput.

¹ In **bijlage 6.3** wordt meer informatie gegeven over de noodzaak van grondonderzoek en de uitvoeringswijze ervan.

² In **bijlage 6.8** worden de verschillende bemalingstechnieken in detail beschreven.

³ In **bijlage 6.8** ('Bemalingstechnieken') en **bijlage 6.15** ('Kwalitatieve elementen van monitoring') wordt opbarstgevaar in detail besproken.

⁴ OVAM Geoloketten: <https://services.ovam.be/ovam-geoloketten/>

⁵ In **bijlage 6.5** wordt een overzicht gegeven van bijzonder beschermde gebieden en verzilt gebied met een summier omschrijving van de doelstelling van deze gebieden, de regelgeving en hoe/waar ze kunnen geraadpleegd worden.

[Hyperlink naar kaartblad DOV](#)

6.3 Richtlijnen grondonderzoek

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	44
2	Overzicht en beperkte richtlijnen voor de uitvoeringswijze van het grondonderzoek.....	44
2.1	Sonderingen.....	44
2.2	Boringen	45
2.3	Peilbuizen.....	46
2.4	Meting grondwaterstand.....	50
2.5	Meting van de grondwaterkwaliteit	50
2.6	Bemalingsproeven	51
2.6.1	Bemalingsproef	51
2.6.2	Een bemalings- en zettingsproef.....	51
2.7	Pompproeven	52
3	Richtlijnen voor de bepaling van minimaal grondonderzoek.....	53
3.1	Bepaling van de categorie van een werk.....	53
3.2	Minimum grondonderzoek per categorie	55
3.3	Evaluatie van het beschikbaar grondonderzoek.....	56

1 Inleiding

In deze bijlage worden enerzijds aanbevelingen geformuleerd over de noodzaak van grondonderzoek: volstaat een minimaal grondonderzoek of is een uitgebreider onderzoek nodig? Uiteraard kan deze aanbeveling nadien nog bijgesteld worden wanneer blijkt dat de resultaten van het minimale grondonderzoek afwijken van wat op basis van het vooronderzoek werd vooropgesteld.

Anderzijds worden enkele richtlijnen vermeld voor de uitvoeringswijze van dit grondonderzoek. Het is alleszins de ontwerper van de bemaling (het studiebureau of een andere instantie met de nodige ervaring/kennis) die dient te beslissen over de noodzaak, diepte en de detaillering van het grondonderzoek.

Waar mogelijk wordt er in de volgende paragrafen verwezen naar de meest recente normen en richtlijnen van het betreffende grondonderzoek. Daarbuiten kunnen ook de technische bepalingen, zoals beschreven in 'Standaardbestek 260 voor kunstwerken en waterbouw versie 2.0', geraadpleegd worden.

2. Overzicht en beperkte richtlijnen voor de uitvoeringswijze van het grondonderzoek

2.1 Sonderingen

De beoogde informatie uit sonderingen is de lagenopbouw met een eerste identificatie van de grondsoort en een beoordeling van de homogeniteit van de gesondeerde lagen of vaststelling van lokale discontinuïteiten.

Bij voorkeur worden elektrische sonderingen uitgevoerd. Naast de opmeting van de puntweerstand wordt immers ook, laag per laag, de lokale grondwrijving opgemeten. De gecombineerde kennis van de lokale punt- en wrijvingsweerstand laat een betere classificatie van de gesondeerde grondsoorten toe dan bij een mechanische sondering. De kostprijs van beide technieken is veelal gelijkaardig.

De drukkracht van een sondering bedraagt 10 of 20 ton (100 of 200 kN). Sonderingen van 10 ton zijn veelal ontoereikend voor grote uitvoeringsdieptes, zeker in (sterk) weerstandbiedende formaties.

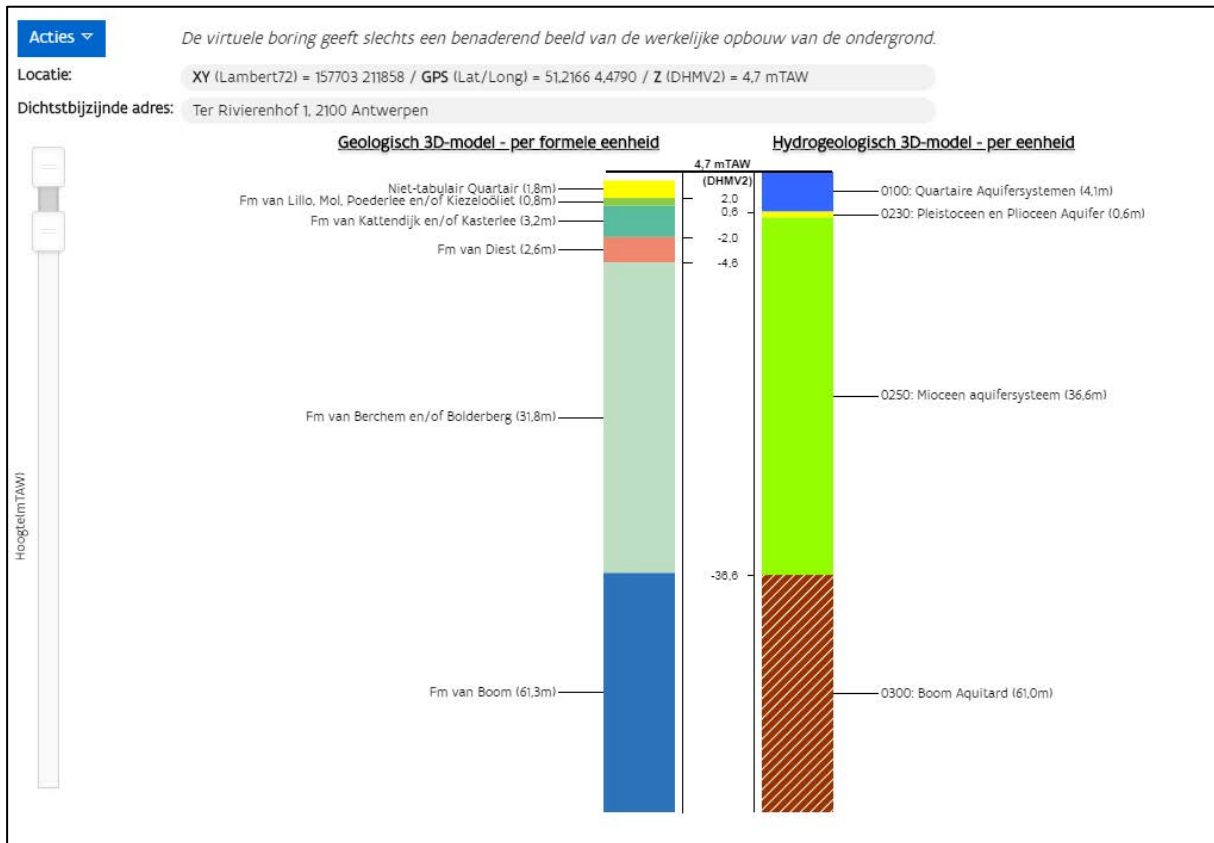
Om de uitvoeringsdiepte van de sonderingen vast te leggen wordt aangeraden eerst DOV te raadplegen (vooronderzoek). Aan de hand van de hier reeds beschikbare gegevens van boringen, sonderingen, kaartmateriaal en een virtuele boring (voorbeeld in Figuur 3) kan een inschatting gemaakt worden van de te verwachten grondopbouw op de site en kan een sonderingsdiepte vooropgesteld worden. Minimaal kan gesteld worden dat een sondering dient te reiken tot driemaal de vooropgestelde uitgravingsdiepte, met een minimum van 10 m. Wanneer waterremmende of waterkerende wanden worden voorzien, reiken een aantal sonderingen best voldoende diep in de afsluitende laag (minimaal 2 m) waarin men eventuele wanden wil aanzetten.

De grondwaterstand die na de uitvoering van de sondering in het sondeergat wordt opgemeten, heeft hoogstens een indicatieve waarde. Deze waterstand kan foutief of onnauwkeurig zijn, in het bijzonder wanneer doorheen meerdere watervoerende lagen gesondeerd wordt. Een correcte meting van de grondwaterstand wordt uitgevoerd door middel van een meting in een peilbuis (zie paragraaf 2.4).

De sonderingen worden uitgevoerd in overeenstemming met de meest recente normen of voorschriften. Op het moment van verschijnen van voorliggende richtlijnen (dd. 25/10/2018), betreft dit de 'International Standard EN ISO 22476-1:2012' norm voor elektrische sonderingen en de

‘International Standard EN ISO 22476-12:2009’ norm voor mechanische sonderingen. Voor het plannen, uitvoeren en rapporteren van sonderingen in België dienen specifiek de richtlijnen te worden gevolgd die beschreven staan in het document ‘Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek: Sonderingen – deel 1: planning, uitvoering en rapportering’ (BGGG).

Gezien de snelheid van de proef, de beperkte kostprijs, de beperkte verstoring van de ondergrond en de vrij nauwkeurige informatie (indien geïnterpreteerd door een ervaringsdeskundige) is het uitvoeren van sonderingen de meest gebruikte techniek om grondonderzoek uit te voeren.



Figuur 3 voorbeeld virtuele boring (bron: DOV)

2.2 Boringen

Boringen hebben tot doel de aard van de grond nader te omschrijven en worden bij voorkeur uitgevoerd in de onmiddellijke nabijheid van een reeds uitgevoerde sondering. Van de boring wordt een zo gedetailleerd mogelijke boorstaat opgemaakt. Veelal worden de boringen in het grondonderzoek afgewerkt als peilbuis (zie paragraaf 2.3).

Boringen worden uitgevoerd in overeenstemming met de ‘International Standard EN ISO 22475-1:2006’ norm en in overeenstemming met de CVGP (CVGP; Vlarem II bijlage 5.53.1.⁷).

Opmerking 1: Droge boringen (holle avegaar, pulsboor, direct push, ...) leveren de meest gedetailleerde boorstaten op, natte boringen (spuitlansen, spoelboren, ...) leveren veel minder nauwkeurige boorstaten op. Sommige boortechnieken staan toe

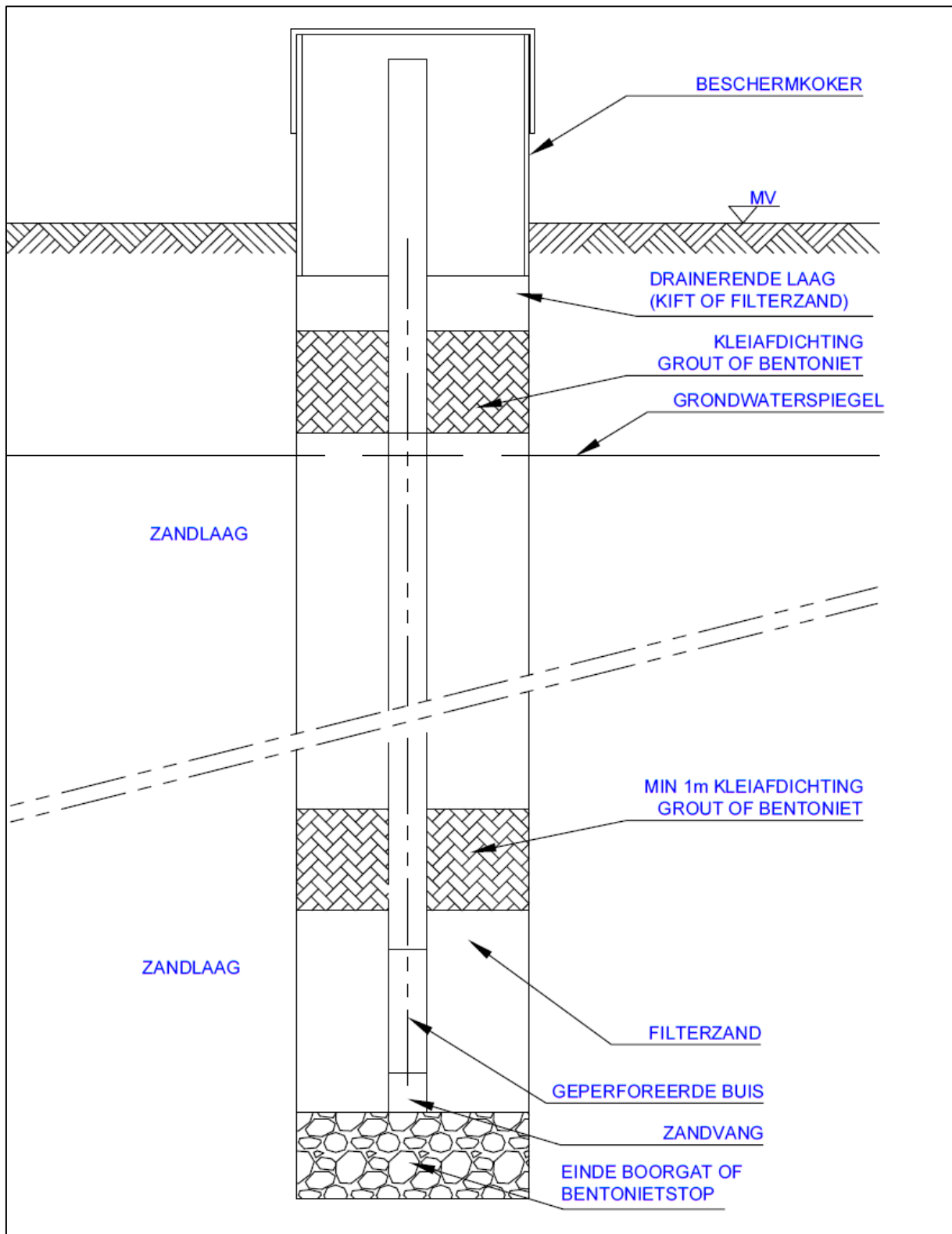
⁷ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

grondmonsters te nemen voor verder onderzoek in laboratoria.

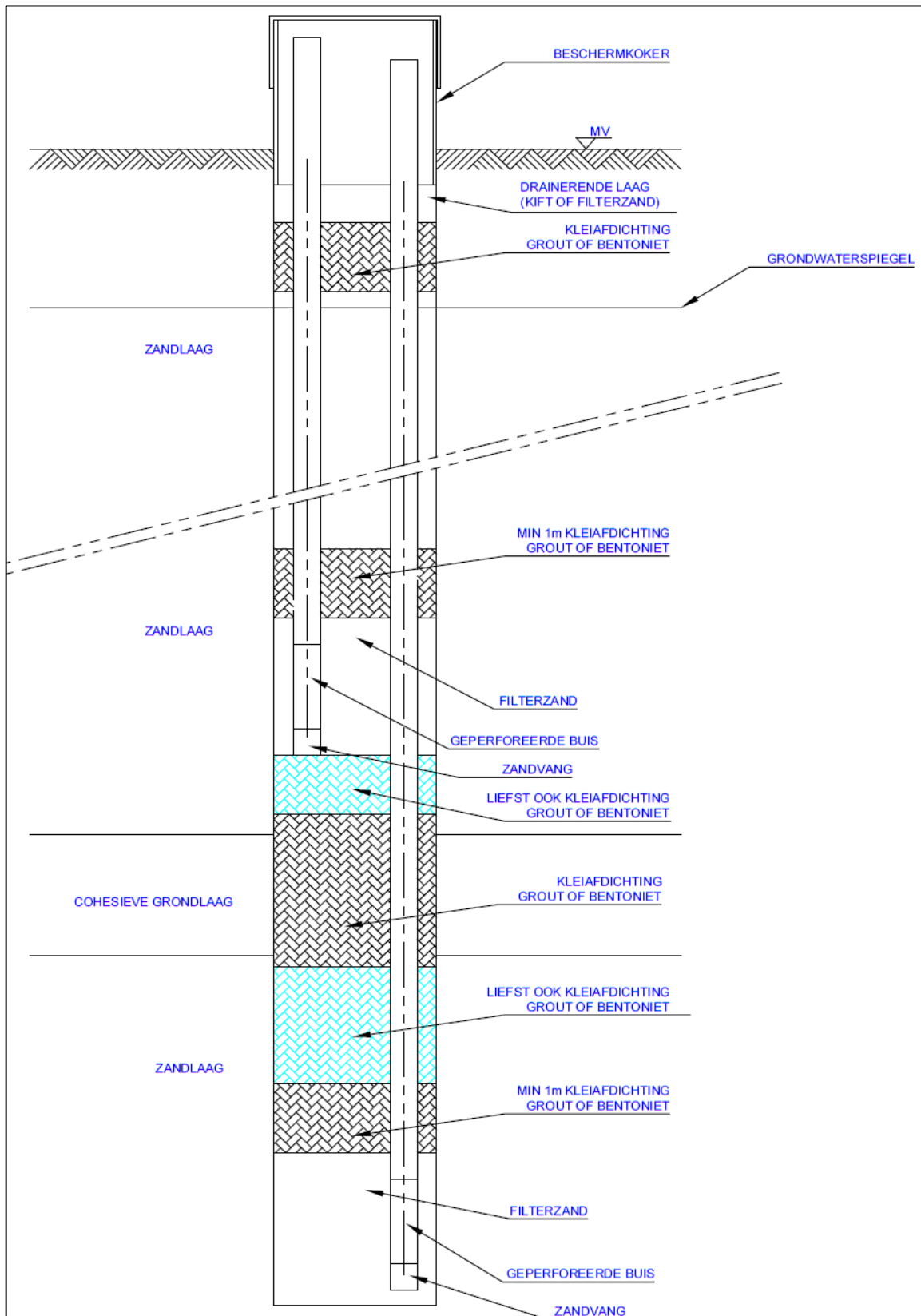
Opmerking 2: Voor het uitvoeren van boringen in kader van grondwaterwinning/geothermie is in Vlaanderen een Vlarel-erkenning noodzakelijk. De lijst van Vlarel-erkende boorbedrijven kan geraadpleegd worden via de website van VMM (<https://www.vmm.be/water/grondwater/erkende-boorbedrijven>). Zie ook [bijlage 6.7](#).

2.3 Peilbuizen

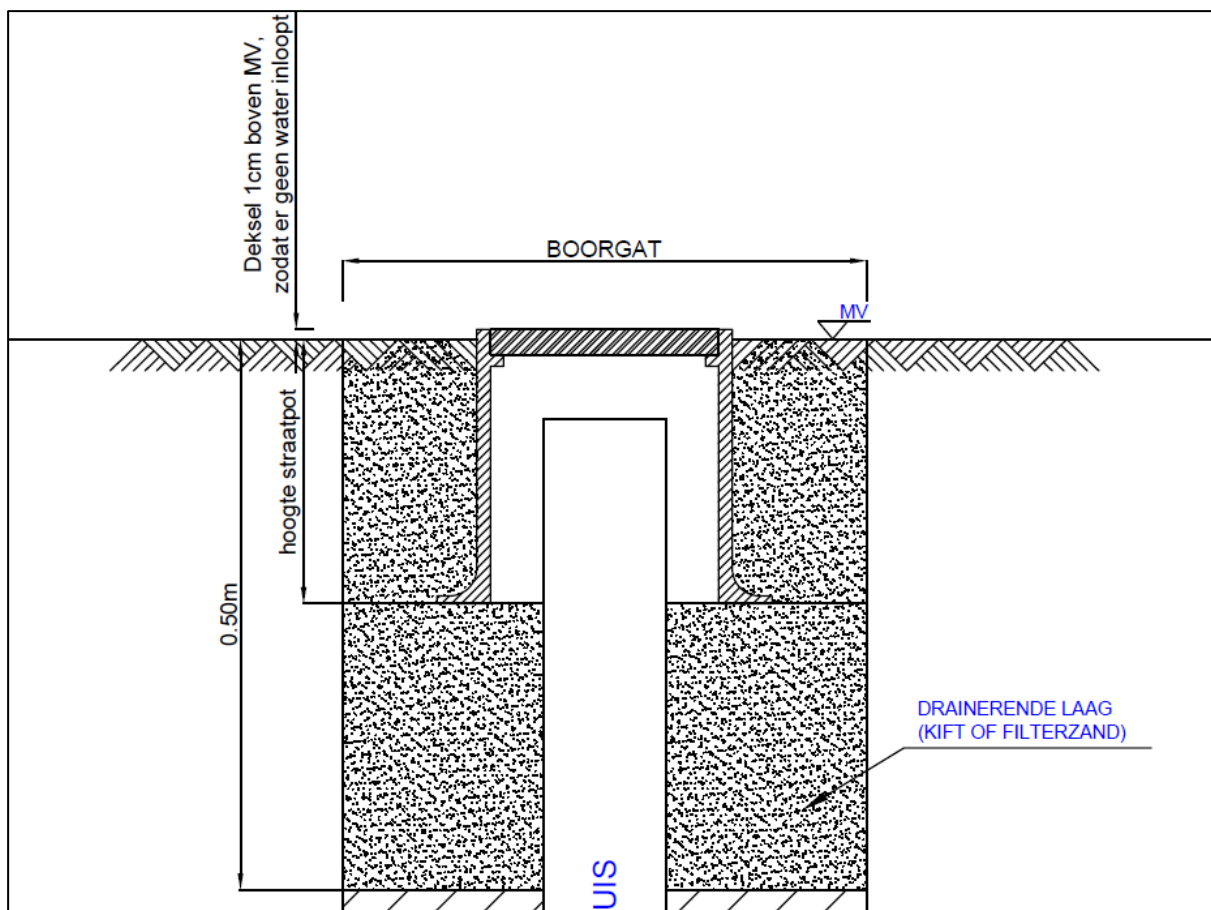
De locatie, aanzetdiepte en hoogte van de filterelementen van de peilbuizen worden bij voorkeur bepaald na het uitvoeren van sonderingen ter plaatse en na het verkrijgen van de boorstaat van de boring. Figuur 4 toont een schematische doorsnede van een peilbuis met aanduiding van de belangrijkste elementen. Het filterelement wordt geplaatst in het verzadigde gedeelte van een watervoerende laag. Bij meerdere watervoerende lagen moet in iedere (voor het project relevante) laag een peilbuis worden geplaatst (Figuur 5). De peilbuizen worden bij voorkeur in aparte boorgaten geplaatst. Indien toch wordt besloten om meerdere peilbuizen in één enkel boorgat te plaatsen, moet de annulaire ruimte van de boring ter hoogte van doorboorde weinig doorlatende lagen opgevuld worden met een kleistop om te vermijden dat een verbinding gecreëerd wordt tussen de verschillende watervoerende lagen. De diameter van de boring dient daartoe te worden aangepast zodanig dat de aanvulling naast de te installeren peilbuizen oordeelkundig kan gebeuren (bv. desgevallend voldoende extra ruimte voorzien voor het aanvullen met stortkokers). Voor de afwerking van een peilbuis kan een bescherming worden geïnstalleerd door middel van een gelijkgrondse afwerking (straatpot) (Figuur 5 en Figuur 6) of een bovengrondse afwerking (beschermbuis of –koker) (Figuur 4 en Figuur 5).



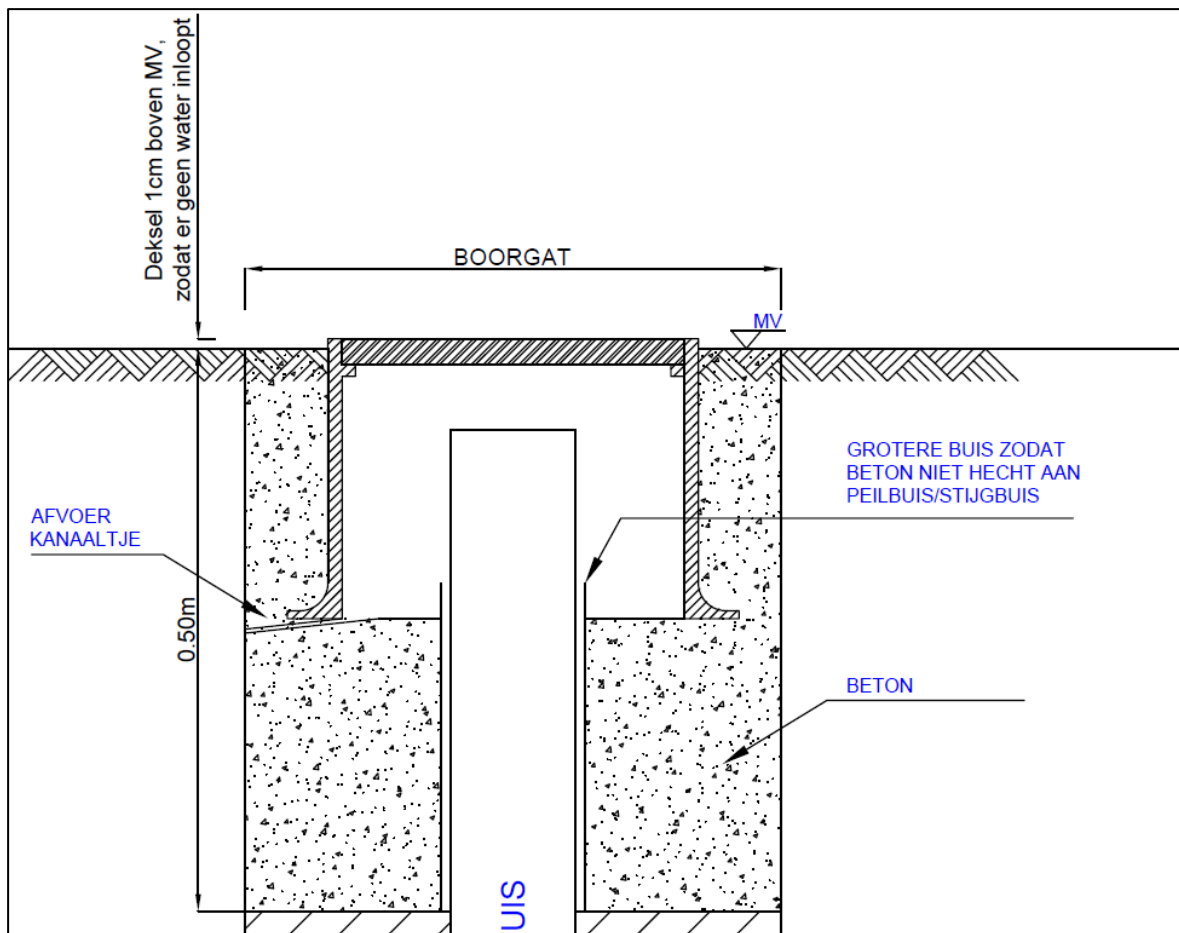
Figuur 4 conceptuele voorstelling van een enkelvoudige peilbuis (bron: Departement Mobiliteit en Openbare Werken)



Figuur 5: conceptuele voorstelling van een dubbele peilbuis (bron: Departement Mobiliteit en Openbare Werken)



Figuur 5 afwerking aan het maaiveld door middel van straatpot in drainerende laag (bron: Departement Mobiliteit en Openbare Werken)



Figuur 6 afwerking aan het maaiveld door middel van straatpot in beton (bron: Departement Mobiliteit en Openbare Werken)

2.4 Meting grondwaterstand

Metingen van de grondwaterstand in peilbuizen worden bij voorkeur op regelmatige basis en over een relevante tijdsperiode uitgevoerd ten opzichte van een vast referentiepunt. Onmiddellijk na plaatsing van de peilbuis is de grondwaterstand nog niet in evenwicht. Minimaal wordt er 24 u voorzien tussen het tijdstip van plaatsing van de peilbuis en de eerste bruikbare grondwaterstandmeting. De metingen kunnen uitgevoerd worden door middel van een peilmeetlint of door middel van een datalogger (online of offline) (Figuur 7).



Figuur 7 waterpeilmeetlint en dataloggers voor het opmeten van de grondwaterstand

2.5 Meting van de grondwaterkwaliteit

In functie van lozing of retourbemaling kan het noodzakelijk zijn de kwaliteit van het grondwater te

meten. De kwaliteit van het grondwater in functie van lozing kan onderzocht worden via een monsternamen en analyse van het grondwater via een peilbuis. De staalname van grondwater dient te gebeuren conform de vastgelegde compendiummethodes. Voor de staalname van water is het zogenaamde Water Analyse Compendium (WAC) opgesteld. Deze compendiummethodes worden regelmatig geactualiseerd naar de stand der techniek en zijn terug te vinden op de website van Emis (<https://emis.vito.be/nl/line-erkenningen-water>). Hierin staan specifiek de te volgen procedures omschreven voor staalname, conservering en analyse van verschillende types water en hun parameters.

Voor de toepassing van een retourbemaling is de hoeveelheid vaste deeltjes in suspensie in het grondwater een belangrijke parameter. Deze hoeveelheid kan bepaald worden via een membraanfilterindex (MFI) meting. Meer uitleg hierover kan teruggevonden worden in [bijlage 6.8](#).

2.6 Bemalingsproeven

2.6.1 Bemalingsproef

Met een bemalingsproef kan het toekomstige pompdebiet en de filteropbrengst worden ingeschat. Deze gegevens kunnen aangewend worden om de bemaling te dimensioneren en om de verlaging van de grondwaterstand in de omgeving ten gevolge van de bemaling te ramen.

Voor een bemalingsproef worden enkele pompputten geïnstalleerd, in dezelfde laag en op dezelfde diepte als de toekomstige bemaling, waarbij gedurende een bepaalde tijd water onttrokken wordt. De debieten worden opgemeten. Indien men ook informatie wil bekomen over de te verwachten verlaging van de grondwaterstand, wordt een aantal peilbuizen geplaatst op verschillende afstanden van de pompput(ten), in die lagen waarin men het effect van de bemaling wenst te kennen. De grondwaterstanden in de peilbuizen worden opgemeten: in rust, tijdens de uitvoering van de bemalingsproef en na het stilleggen van de bemalingsproef totdat de ruststand opnieuw bereikt is.

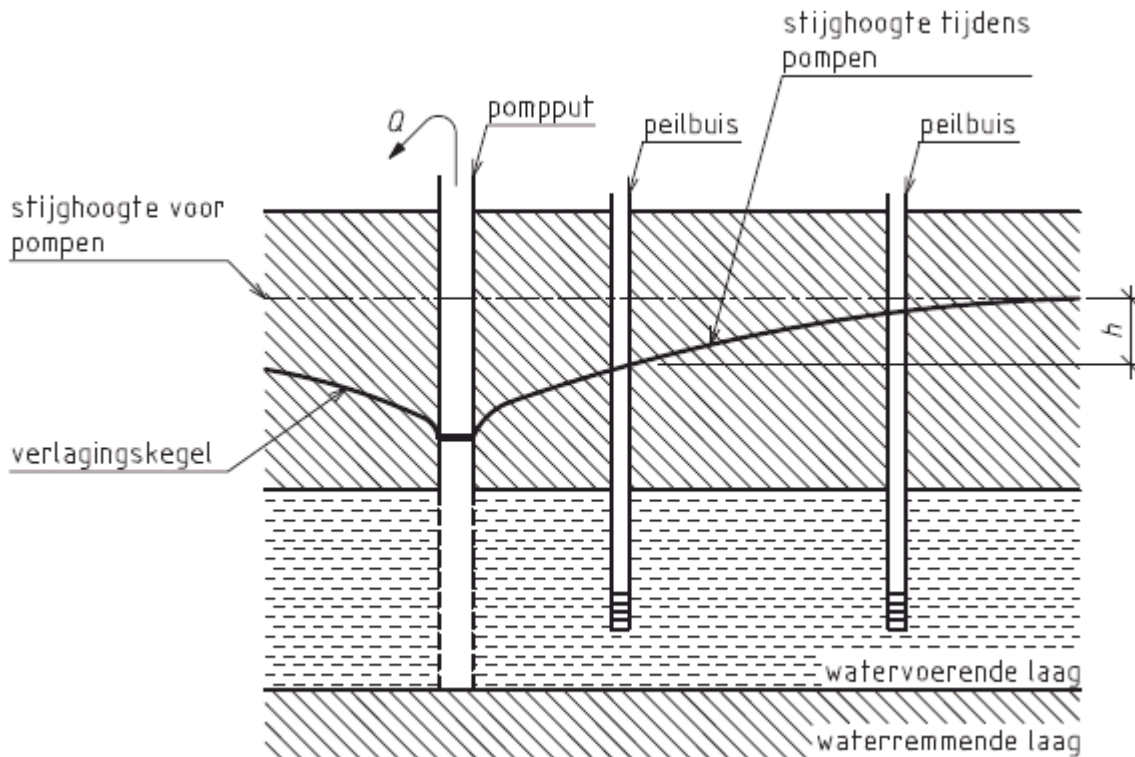
2.6.2 Een bemalings- en zettingsproef

Een bemalingsproef kan gecombineerd worden met een zettingsproef met als bijkomend doel de zettingsgevoeligheid van de omgeving te onderzoeken. Dit houdt in dat gedurende een bepaalde periode voorafgaand aan de uitgraving de bemaling geheel of gedeeltelijk wordt geïnstalleerd en opgestart, terwijl er intensief gemonitord wordt. In ieder geval moet er een verlaging gecreëerd worden die even groot is als degene die nodig is tijdens de definitieve fase en wordt de verlaging voldoende lang aangehouden om een realistische inschatting van het zettingsgevaar te kunnen uitvoeren.

Het effect wordt nauwkeurig gemonitord, zowel wat betreft het tijdsafhankelijke debiet, de verlaging van de grondwaterstand ter hoogte van en buiten de bouwput, als de effectief optredende zettingen ter hoogte van een aantal kritische punten. Indien tijdens de proefperiode kritische waarden benaderd worden, dan wordt de proef stopgezet. De ontwerper weet dan dat hij bijkomende maatregelen moet voorzien. In het andere geval kan hij een correlatie leggen tussen de tijdsafhankelijke grondwaterstand en de gemeten zettingen. Door deze correlatie in de tijd te extrapoleren kan het effectieve zettingsrisico nauwkeuriger beoordeeld worden, om zodoende eventuele dure beschermende maatregelen (bv. diepe waterkerende wanden) te besparen. De proef laat tevens toe op een vrij betrouwbare manier de hydraulische parameters te bepalen, vermits de proef kan geanalyseerd worden als een uitgebreide pompproef. De typische minimale duur van zulk een bemalings- en zettingsproef is ca. 6 weken. De reden van deze vrij lange tijdsduur is dat zettingen zich voordoen in slappe lagen, als gevolg van een drukverlaging in die lagen. Deze slappe lagen (bv. veen en klei) zijn meestal ook slecht doorlatende lagen waardoor de drukverlaging en dus ook de zetting er langzamer optreedt.

2.7 Pompproeven

Dit is een proef om de geohydrologische karakteristieken van de ondergrond te bepalen. De opzet van de proef is gelijkaardig aan een bemalingsproef met als grootste verschil dat een bemalingsproef meestal wordt uitgevoerd met meerdere onttrekkingsbronnen of bemalingsstrengen, zo veel mogelijk in lijn met de toekomstig aan te leggen bemaling terwijl een pompproef met één onttrekkingspunt wordt uitgevoerd.



Figuur 8 schematische opstelling pompproef (bron:NEN9997-1)

3 Richtlijnen voor de bepaling van minimaal grondonderzoek

Voor elk bemalingsproject dient ter plaatse een grondonderzoek te worden uitgevoerd. Dit grondonderzoek is noodzakelijk om een beeld te verkrijgen van de lokale grondopbouw wat een belangrijke randvoorwaarde is voor de keuze van het bemalingsconcept. Reeds beschikbare data in de nabije omgeving van het perceel (bv. via DOV) maken onderdeel uit van het vooronderzoek en kunnen dus niet gebruikt worden om invulling te geven aan het minimaal grondonderzoek.

Het aantal en de aard van de proeven worden door de ontwerper (het studiebureau geotechniek of een andere instantie met de nodige ervaring/kennis) bepaald in functie van de categorie van het werk. Deze categorie houdt rekening met de impact en het risico van de bemaling. In elk geval zal een minimaal grondonderzoek worden voorzien van 3 (elektrische) sonderingen en het plaatsen en opmeten van 1 peilbuis per watervervoerende laag (dit stemt overeen met het vereiste grondonderzoek voor categorie 0).

3.1 Bepaling van de categorie van een werk

Er worden aan een bemaling verschillende scores toegekend volgens de grondlagenopbouw, de bemaalbaarheid, de bemalingsdiepte, de aanwezigheid van constructies in de nabijheid en de bemalingsduur. De som van deze punten bepaalt de categorie waarin een bemaling ressorteert.

- Grondlagenopbouw: Het risico wordt bepaald op basis van de aanwezigheid (of het vermoeden van de aanwezigheid) van veen, slappe klei en gespannen of semi-gespannen watervervoerende lagen.
- Bemaalbaarheid van de ondergrond: hoge/lage doorlatendheid of afwisseling tussen beiden.

- Afmalingshoogte: aantal meter grondwaterverlaging ten opzichte van de grondwaterstand in rust, meestal aangeduid met s. Indien de grondwaterstand in rust nog niet gekend is, wordt die gelijkgesteld met het maaiveld.
- Risico op schade aan constructies.
- Bemalingsduur.

De waarde van de factoren kan, indien dit verantwoord kan worden, zowel verhoogd als verlaagd worden, bv. (niet limitatief):

- bij sterk heterogene gronden is het aangewezen om verhoogde waarden toe te kennen;
- een hoge doorlaatbaarheid van de ondergrond is positief naar bemaalbaarheid toe maar negatief naar invloedzone van de bemaling toe en kan daardoor eerder een hogere score krijgen;
- indien het vooraf vaststaat dat een waterkerend scherm voorzien zal worden of dat een retourbemaling zal toegepast worden, mogen de waarden van de factoren verlaagd worden, rekening houdend met de effectiviteit van deze maatregelen;

De categorie van de bemaling wordt dan bepaald door de som van de 5 waarden:

- categorie 0 : tot 5 punten;
- categorie 1 : 6 tot 9 punten;
- categorie 2 : 10 tot 12 punten;
- categorie 3 : 13 tot 16 punten.

Grondlagenopbouw:

risico van aanwezigheid van veen, slappe klei, aanvullingen, gespannen of semi-gespannen watervoerende lagen

	score
Geen van deze factoren aanwezig	0
Aanwezigheid (of vermoeden) van slappe klei OF aanvullingen	1
Aanwezigheid (of vermoeden) van slappe klei EN aanvullingen	2
Aanwezigheid (of vermoeden) van (semi) gespannen aquifers	3
Aanwezigheid (of vermoeden) van veen	4

Bemaalbaarheid

	score
Watervoerende laag met hoge doorlatendheid	1
Watervoerende laag met lage doorlatendheid	2
Afwisseling van watervoerende laag met lage en hoge doorlatendheid	3

Opmerking: de transmissiviteit is bepalend voor de hoeveelheid water die kan afgevoerd worden en is het product van de doorlatendheid van een laag en de dikte van de laag

Grondwaterverlaging ten opzichte van grondwaterstand in rust

	score
Grondwaterverlaging ten opzichte van grondwaterstand in rust < 3 m	1
Grondwaterverlaging ten opzichte van grondwaterstand in rust 3 à 6 m	2
Grondwaterverlaging ten opzichte van grondwaterstand in rust > 6 m	3

Risico op schade aan constructies

	score
Geen constructies binnen een afstand van 750 m	1
Constructies binnen een afstand van 50 à 750 m	2
Constructies binnen een afstand van 20 à 50 m	3
Constructies binnen een afstand < 20 m	4

Opmerking: in functie van het type constructie, funderingswijze, leeftijd van het gebouw, ... kan een hogere of lagere waarde gehanteerd worden

Duurtijd van de bemaling

	score
Maximaal 30 dagen	0
30 dagen tot 6 maanden	1
Langer dan 6 maanden	2

Figuur 9 : bepaling van de categorie waaronder de bemaling ressorteert

3.2 Minimum grondonderzoek per categorie

Afhankelijk van de categorie van het werk zal er een minimaal grondonderzoek vereist zijn, weergegeven in Figuur 10. In elk geval zullen minimaal 3 (bij voorkeur elektrische) sonderingen en 1 peilbuis per relevante watervoerende laag voorzien worden, dit stemt overeen met de minimale

eisen van categorie 0. Verder kan ook het vereist grondonderzoek van een bepaalde categorie nooit minder zijn dan wat vereist is voor een lagere categorie.

Categorie van het werk	Te bemalen oppervlakte	Minimaal vereist grondonderzoek		
		Sonderingen (bij voorkeur elektrische)	Peilbuizen (per relevante watervoerende laag!)	Boring (kan gecombineerd worden met de peilbuis)
Categorie 0		3	1	
Categorie 1	Lineaire bemaling	1 per 200 m*	1 per 400 m*	1 per 200 m*
	Omtrekbemaling	1 per 500 m ²	1 per 1250 m ²	
Categorie 2	Te bepalen door de ontwerper, minimaal het aantal van categorie 1			1
Categorie 3	Te bepalen door de ontwerper, minimaal het aantal van categorie 2			

* met een verfijning in een aantal specifieke situaties; zie tekst.

Figuur 10: printscreen overzicht minimaal vereist grondonderzoek per categorie van werk

Het minimaal vereist grondonderzoek voor lineaire bemalingen in Figuur 10 werd overgenomen uit de Richtlijn GeoTechnisch Onderzoek van Aquafin (dd. september 2015). In een aantal situaties is het noodzakelijk de opgegeven waarden te verfijnen (bv. bij heterogene gronden, de aanwezigheid van veenhoudend materiaal, ...). De verfijning wordt dan bepaald door de ontwerper (bv. verfijnen tot 1 sondering per 50 m). Voor een volledig overzicht van situaties waarbij verfijning noodzakelijk is, wordt verwezen naar het betreffend document van Aquafin. Hierbij dienen wel de dieptecriteria vooropgesteld in de huidige richtlijnen bemalingen gerespecteerd te worden (bv. sonderingsdiepte minimaal 3 maal de uitgravingsdiepte met een minimum van 10 m).

3.3 Evaluatie van het beschikbaar grondonderzoek

De resultaten van het grondonderzoek worden door de ontwerper geëvalueerd, samen met deze van het vooronderzoek. Indien belangrijke verschillen tussen de resultaten van het grondonderzoek en deze van het vooronderzoek worden vastgesteld en de ontwerper het nodig acht, wordt het grondonderzoek uitgebreid. Dit kan door middel van extra sonderingen, peilbuizen, boringen of met bijkomende proeven zoals een bemalingsproef, pompproef, laboratoriumproeven, doorlatendheidsproeven in een boorgat of pompput, ...

Uitzonderlijk kan bijkomend onderzoek in het bestek opgenomen worden indien deze omwille van ontoegankelijkheid niet in het basisonderzoek konden worden opgenomen of ter bevestiging of controle van de basishypothesen van het ontwerp. Het type proeven, het aantal, de locatie en de diepte worden in dat geval in het bestek aangegeven. De ontwerper zal na uitvoering van dit bijkomend grondonderzoek het ontwerp evalueren en zo nodig bijsturen.

6.4 Checklist 2: milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden

Checklist 2: Milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden

1 Milieutechnische randvoorwaarden

Te onderzoeken randvoorwaarden	Toepassingsgebied
Te verwachten grondwaterverlaging in de omgeving, te verwachten invloedszone	Bij alle bemalingen
Maximaal toegestane en te verwachte grondwaterverlaging ter hoogte van een bijzonder beschermd gebied en verzilt gebied ¹	Bij een bemaling waarvan de invloedsstraal reikt tot in het bewuste gebied
Invloed op bestaande winningen	
Te verwachten zettingen en maximale toelaatbare zettingen ²	Bij alle bemalingen
Te verwachten debieten en maximaal toelaatbaar debiet ³	Bij alle bemalingen
Lozingsvoorwaarden ⁴	Bij alle bemalingen
Mogelijk verzilt bemalingswater en/of aantrekking of verplaatsing van verzilt grondwater ¹ ?	Bij alle bemalingen
Mogelijk verontreinigd bemalingswater en/of aantrekking of verplaatsing van verontreinigingen ⁵ ?	Bij alle bemalingen

2 Geotechnische randvoorwaarden

Te onderzoeken randvoorwaarden	Toepassingsgebied
Hydraulische weerstand ⁶ van waterkerende wanden, welke waarde wordt bij welke diepte gegarandeerd?	Bij bemaling binnen waterkerende wanden
Toelaatbare differentiële grondwaterstanden (opstuwning stroomopwaarts, daling stroomafwaarts)	Bij uitvoering van een project met waterkerende wanden in een aquitard
Waterdruk bij wandverankeringen: waterdruk buiten de wand, uitvoerbaarheid ankers onder waterdruk ...	Bij uitvoering van een project met waterkerende wanden
Waterdruk in dieper gelegen watervoerende lagen	Bij uitvoering van funderingspalen in een voorafgraving of bij aanwezigheid van artesische lagen
Impact waterdrukveranderingen (tijdelijk of permanent)	Bij bemaling/retourbemaling in de buurt van bestaande ondergrondse constructies (zoals tunnelkokers ...)
Stabiliteit taluds of steilrand (abrupt hoogteverschil)	Bij bemaling in zandige of niet-cohesievegronden Bij retourbemaling in de buurt van talud/steilrand
Beluchting van eventuele aanwezige houten funderingen	Bij een bemaling waarvan de invloedsstraal reikt tot aan een constructie met houten funderingen

¹ In bijlage 6.5 wordt een overzicht gegeven van bijzonder beschermde gebieden en verzilt gebied met een summier omschrijving van de doelstelling van deze gebieden, de regelgeving en hoe/waar ze kunnen geraadpleegd worden. Hyperlink naar kaartblad DOV
² Zettingen worden uitgebreid besproken in bijlage 6.12 .
³ Het maximaal toelaatbare pompdebiet wordt vastgelegd in de klasse van de omgevingsvergunning. De klasse is afhankelijk van de ligging van de bemaling, de verlagingsdiepte ten opzichte van het maaiveld, het te verwachten debiet en de mogelijke impact op een natuurgebied.
⁴ Lozingsvoorwaarden worden besproken in bijlage 6.7 .
⁵ OVAM Geoloketten : https://services.ovam.be/ovam-geoloketten/#/
⁶ Hydraulische weerstand van wanden wordt toegelicht in bijlage 6.17 .

6.5 Bijzonder beschermde gebieden en verzilt gebied

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van de verschillende bijzonder beschermde gebieden waarbij rekening dient gehouden te worden bij het opstellen van een bemalingsconcept. Voor elk gebied wordt de specifieke doelstelling uitgelegd en worden de wettelijke randvoorwaarden met betrekking tot het verlagen van de grondwaterstand overlopen. Ook wordt voor elk gebied vermeld waar de noodzakelijke informatie kan geraadpleegd worden.

Verwijzingen naar de meest recente versie van wetteksten worden in dit document opgenomen in de voetnoten.

Inhoudsopgave

1 Groen-, natuurontwikkelings-, park- en bosgebied.....	61
1.1 Doelstelling	61
1.2 Regelgeving.....	61
1.3 Raadpleging	61
2 Beschermde duingebieden	61
2.1 Doelstelling	61
2.2 Regelgeving.....	61
2.3 Raadplegen	62
3 Speciale beschermingszones (Natura 2000)	62
3.1 Doelstelling	62
3.2 Regelgeving.....	62
3.3 Raadplegen	63
4 Grondwaterwingebieden en beschermingszones.....	63
4.1 Doelstelling	63
4.2 Regelgeving.....	63
4.3 Raadplegen	63
5 Biologische waarderingskaart	64
5.1 Doelstelling	64
5.2 Regelgeving.....	64
5.3 Raadplegen	64
6 VEN en IVON gebieden.....	64
6.1 Doelstelling	64
6.2 Regelgeving.....	64
6.3 Raadplegen	65
7 Verziltingskaart.....	66

7.1 Doelstelling	66
7.2 Regelgeving.....	66
7.3 Raadplegen	66
8 Cultuurhistorisch landschap, stads- of dorpsgezicht, monument of archeologische zone	66
8.1 Doelstelling	66
8.2 Regelgeving.....	67
8.3 Raadplegen	67
9 Erfgoedlandschap	67
9.1 Doelstelling	67
9.2 Regelgeving.....	67
9.3 Raadplegen	67
10 <i>Hyperlink</i>	68

1 Groen-, natuurontwikkelings-, park- en bosgebied

1.1 Doelstelling

Deze gebieden zijn opgenomen in het gewestplan (1972), dat de bestemmingsgebieden omschrijft en aanwijzingen geeft omtrent de verkeerswegen. Na 1972 zijn bijkomende gebieden opgenomen in het gewestplan (o.a. natuurontwikkelingsgebieden).

Ondertussen is het gewestplan een verouderd planningsinstrument dat enkel nog van kracht is op die plekken waar het niet vervangen werd door een nieuwer plan. De meest recente gewestplannen dateren van 2000. Na 2000 zijn de bestemmingen van het gewestplan op vele plekken gewijzigd door de opmaak van 'ruimtelijke uitvoeringsplannen' (RUP) of 'bijzondere plannen van aanleg' (BPA).

1.2 Regelgeving

Deze gebieden hebben enkel implicaties voor de omgevingsvergunningsklasse wanneer de installatie gelegen is in een groengebied, natuurontwikkelingsgebied, park- of bosgebied.

In dat geval is een klasse 3 (melding) vereist wanneer het debiet maximaal 500 m³ per dag en 30000 m³ per jaar bedraagt; een klasse 2 met een debiet van meer dan 500 m³ per dag of meer dan 30000 m³ per jaar, tot maximaal 2000 m³ per dag; en een klasse 1 met een debiet van meer dan 2000 m³ per dag.

Een duidelijk overzicht van de verschillende klasse-indelingen wordt weergegeven in het stroomschema toegevoegd in [bijlage 6.6](#).

1.3 Raadpleging

Het gewestplan kan online geraadpleegd worden via het geoportaal van Geopunt Vlaanderen waar ook een GIS-bestand kan gedownload worden (www.geopunt.be⁸). De huidige toestand van bepaalde percelen (BPA's en RUP's) is op te vragen bij de gemeente.

2 Beschermde duingebieden

2.1 Doelstelling

Beschermde duingebieden zijn gebieden die werden afgelijnd in kader van het Duinendecreet van 14 juli 1993 (bekrachtigd bij de decreten van 1994, 1995 en 2008) ter bescherming van natuurlijke duincomplexen. Deze gebieden bevinden zich enkel langs de Belgische kustlijn.

2.2 Regelgeving

De aanwezigheid van beschermde duingebieden heeft belangrijke implicaties. Indien een bemaling moet worden uitgevoerd in een beschermd duingebied, of indien een bemaling een aanzienlijke invloed kan hebben op een beschermd duingebied, en een bruto-debiet van meer dan 1000 m³/dag wordt onttrokken, moet een project MER of een gemotiveerd verzoek tot ontheffing worden opgesteld en moet een omgevingsvergunning klasse 1 worden aangevraagd (rubriek 53.11.⁹ en MER-besluit bijlage II.10.o¹⁰).

Bovendien zijn in Vlareem -rubriek 53.2.¹¹ andere grenswaarden van toepassing voor het bepalen van

⁸ <https://www.geopunt.be/catalogus/applicationfolder/geopunt-gewestplan>

⁹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70335&woLang=nl>

¹⁰ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=6468&woLang=nl>

¹¹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70326&woLang=nl>

de omgevingsvergunningsklasse. Voor een bemaling IN een beschermd duingebied en met een dagdebit van meer dan 2000 m³ moet een klasse 1 omgevingsvergunning worden aangevraagd, vanaf 500 m³ per dag, of meer dan 30000 m³ per jaar, tot 2000 m³ per dag is een klasse 2 vereist en tot 500 m³ per dag en 30000 m³ jaar is een klasse 3 (melding) voldoende. Een duidelijk overzicht van de verschillende klasse-indelingen wordt weergegeven in het stroomschema toegevoegd in [bijlage 6.6](#).

2.3 Raadplegen

Een overzicht van beschermde kustduinen kan online geraadpleegd worden via het geoportaal van Geopunt Vlaanderen waar ook een GIS-bestand kan gedownload worden (www.geopunt.be¹²).

3 Speciale beschermingszones (Natura 2000)

3.1 Doelstelling

Speciale beschermingszones (SBZ) zijn zones die door EU-lidstaten werden aangewezen ter uitvoering van de Vogelrichtlijn of Habitatrichtlijn (Vogel- en Habitatrichtlijngebieden). Deze speciale beschermingszones vormen samen het Europese Natura 2000-netwerk (SBZ of Speciale Beschermingszone is de officiële naam voor een Natura 2000-gebied). Op Europees niveau werden afspraken gemaakt om in deze gebieden bijkomende kansen te geven aan soorten en habitats die van levensbelang zijn voor de Europese biodiversiteit.

3.2 Regelgeving

In speciale beschermingszones zijn stimulerende maatregelen van kracht (Decreet betreffende het natuurbehoud en het natuurlijk milieu artikel 36ter¹³; dd. 21/10/1997). Activiteiten die plaatsvinden binnen of buiten een SBZ mogen de realisatie van de specifieke doelstellingen voor dat gebied niet onmogelijk maken.

De aanwezigheid van speciale beschermingszones binnen de invloedszone van de bemaling heeft belangrijke implicaties. Indien een bemaling een aanzienlijke invloed kan hebben op een speciale beschermingszone, en er een bruto-debiet van meer dan 1000 m³/dag wordt onttrokken, moet een project MER of een gemotiveerd verzoek tot ontheffing worden opgesteld en moet een omgevingsvergunning klasse 1 worden aangevraagd (rubriek 53.11¹⁴ en MER-besluit bijlage II.10.o¹⁵). Een duidelijk overzicht van de verschillende klasse-indelingen wordt weergegeven in het stroomschema toegevoegd in [bijlage 6.6](#).

Bij een vergunningsaanvraag voor een activiteit zal een voortoets worden uitgevoerd. Door het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB) werd een online-instrument opgesteld waarmee initiatiefnemers op voorhand kunnen inschatten wat de mogelijke implicaties zijn van een vergunningsplichtige activiteit op een speciale beschermingszone (SBZ). Tijdens de voortoets wordt nagegaan of er een risico bestaat op een betekenisvolle aantasting van de natuurlijke kenmerken van een speciale beschermingszone. Is er een waarschijnlijkheid of een risico dat er een betekenisvolle aantasting te verwachten is, dan is verder onderzoek door de initiatiefnemer of overleg met het ANB aangewezen om te bepalen of er een betekenisvolle aantasting kan zijn. Hieruit blijkt dan of een passende beoordeling is vereist wat betreft de betekenisvolle effecten voor de speciale

¹² <http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/e2d2b914-0d56-4562-917a-b057085a2001>

¹³ https://emis.vito.be/nl/actuele_wetgeving/decreet-betreffende-het-natuurbehoud-en-het-natuurlijk-milieu

¹⁴ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?woId=70335&woLang=nl>

¹⁵ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?woId=6468&woLang=nl>

beschermingszone. Een passende beoordeling is een schriftelijk verslag dat gemotiveerde argumenten aanlevert waarom de instandhoudingsdoelstellingen van een SBZ al dan niet kunnen worden aangetast door een geplande activiteit. Indien de activiteit schade zou kunnen veroorzaken kan er geen vergunning verleend worden.

3.3 Raadplegen

Speciale beschermingszones zijn online raadpleegbaar via het geoportaal van Geopunt Vlaanderen (kaartlagen 'Habitatrichtlijngebieden'¹⁶ en 'Vogelrichtlijngebieden'¹⁷; www.geopunt.be).

4 Grondwaterwingebieden en beschermingszones

4.1 Doelstelling

Een waterwingebied heeft betrekking op de installaties van een waterwinning en een bufferzone van maximaal 20 meter. Een beschermingszone is het geografische gebied dat is afgebakend om het grondwater in een waterwingebied kwalitatief en kwantitatief te beschermen. De kaart met grondwaterwingebieden en overeenkomstige beschermingszones dient als bron bij het beleid en het verlenen van vergunningen en machtigingen.

4.2 Regelgeving

Er zijn drie types beschermingszones met elk hun specifieke regelgeving (Besluit van de Vlaamse Executieve houdende reglementering van de handelingen binnen de watergebieden en de beschermingszones¹⁸; dd. 27/03/1985). Beschermingszone type I ('24-uren zone') is de zone waarbinnen water de putten van het wingebied binnen de 24 uur kan bereiken. Beschermingszone type II ('bacteriologische zone') is de zone waarbinnen water in minder dan 60 dagen de putten van het waterwingebied kan bereiken. Deze zone strekt zich uit tot maximaal 300 meter rond het waterwingebied. Beschermingszone type III ('chemische zone') omvat het voedingsgebied van de grondwaterwinning en strekt zich uit tot maximaal 2 kilometer rond het waterwingebied.

Boringen, ontgrondingen, graafwerken (en dus ook bemalingen) van meer dan 2,5 meter onder het maaiveld (uitgezonderd peilputten) zijn verboden als ze geheel of gedeeltelijk in een beschermingszone van het type I of II van grondwaterwinningen gelegen zijn. Handelingen die noodzakelijk zijn voor de productie van drinkwater of de bescherming van grondwater worden wel toegelaten. Peilputten mogen wel worden geplaatst. In een beschermingszone type III is het uitvoeren van een bemaling (alook boringen en graafwerken) wel toegelaten.

Waterwingebieden en beschermingszones hebben een verordenende kracht. Dit betekent dat de overheid bij het nemen van besluiten op basis van andere wetten of reglementeringen niet mag ingaan tegen de regels die in waterwingebieden en beschermingszones van kracht zijn.

4.3 Raadplegen

De locatie van grondwaterwingebieden en beschermingszones kan online geraadpleegd worden via het geoportaal van Geopunt Vlaanderen (www.geopunt.be¹⁹) of via de verkenner van Databank Ondergrond

¹⁶ <http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/a84a87f5-5607-4019-a8db-9d52a827786b>

¹⁷ <http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/4AB216F3-6316-4FC3-BD3A-343B439FE272>

¹⁸ https://emis.vito.be/nl/actuele_wetgeving/27-maart-1985-besluit-van-de-vlaamse-executieve-houdende-reglementering-van-de

¹⁹ <http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/67d95c5e-c11f-4d0c-a047-fbe650b440cb>

Vlaanderen (www.dov.vlaanderen.be²⁰). Op de website van Geopunt Vlaanderen kan een GIS-bestand met de afbakening van de gebieden gedownload worden.

5 Biologische waarderingskaart

5.1 Doelstelling

De biologische waarderingskaart geeft een gedetailleerd overzicht van het biologische milieu en de bodembedekking in Vlaanderen en Brussel. De kaart is ingekleurd in groentinten om de biologische waarde van het milieu op een overzichtelijke wijze weer te geven.

5.2 Regelgeving

De karteringseenheden van de biologische waarderingskaart kunnen worden aangewend door de overheid om de toestand en betekenis van een natuurlijk milieu in te schatten. Op die manier kunnen de kaarten helpen bij bv. de implementatie van wetteksten.

Er is geen specifieke regelgeving voor de biologische waarderingskaart met betrekking tot bemalingen.

5.3 Raadplegen

De biologische waarderingskaart kan online geraadpleegd worden via het geoportaal van Geopunt Vlaanderen waar ook een GIS-bestand kan gedownload worden (www.geopunt.be²¹). Een naslagwerk met meer informatie over de legende-eenheden alsook praktische handleidingen kunnen digitaal gedownload worden via de website van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. De biologische waarderingskaart wordt niet meer als analoge kaart gedrukt en verspreid.

6 VEN en IVON gebieden

6.1 Doelstelling

De natuurlijke structuur in Vlaanderen bestaat uit het Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN) en het Integraal Verwervings- en Ondersteunend Netwerk (IVON). Het VEN vormt hierbij de kern en bestaat uit Grote Eenheden Natuur (GEN) en Grote Eenheden Natuur in Ontwikkeling (GENO). Deze eenheden zijn gebieden waar de Vlaamse overheid natuurbehoud en natuurontwikkeling op de eerste plaats zet om zo een representatief staal van de Vlaamse natuur duurzaam in stand te kunnen houden.

Het IVON bestaat uit Natuurverwervingsgebieden (NVWG) en Natuurverbindingsgebieden (NVBG). De natuurverwervingsgebieden hebben als taak natuurkernen (GEN en GENO gebieden) te bufferen en te versterken. De natuurverbindingsgebieden verbinden de verschillende natuurkernen. In IVON gebieden worden bijkomende kansen gegeven aan planten en dieren maar mogen andere functies hierdoor niet in het gedrang komen (bv. landbouw in overstromingsgebieden en recreatiemogelijkheden in bossen).

6.2 Regelgeving

Elk VEN gebied geniet een basisbescherming die erop gericht is om de bestaande natuurwaarden te behouden (Decreet betreffende het natuurbehoud en het natuurlijk milieu artikel 25²²; dd. 21/10/1997). Zo wordt getracht de bestaande waterhuishouding te behouden, wat er op neerkomt dat

²⁰ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/waterwingebieden-en-beschermingszones>

²¹ <https://www.geopunt.be/catalogus/applicationfolder/biologische-waarderingskaart>

²² https://emis.vito.be/nl/actuele_wetgeving/decreet-betreffende-het-natuurbehoud-en-het-natuurlijk-milieu

werkzaamheden die rechtstreeks of onrechtstreeks de grondwaterstand verlagen, alsook maatregelen die de bestaande ont- en afwatering versterken (zoals het aanleggen van drainages) verboden zijn. Er bestaan mogelijkheden om af te wijken van de beschermingsvoorschriften maar hiertoe moet een individuele ontheffing aangevraagd worden bij het Agentschap voor Natuur en Bos voor specifieke activiteiten waarbij aangetoond wordt dat de activiteit geen onvermijdbare en onherstelbare schade aan de natuur in het VEN kan veroorzaken. Er wordt dan afgetoetst of een ontheffing kan worden verleend rekening houdend met de specifieke natuurdoelstellingen van het betreffend VEN gebied.

Ook gelden er een aantal algemene ontheffingen op de beschermingsvoorschriften van het VEN, waarvan de drie belangrijkste in het kader van bemalingen hieronder werden opgelijst:

- Zowel de algemene als de bijkomende beschermingsvoorschriften zijn niet van toepassing op het woonperceel of op het bedrijfsperceel van vergunde, hoofdzakelijk vergunde of vergund geachte woningen of bedrijven. Voor woningen of bedrijven in of in de onmiddellijke nabijheid van een VEN-gebied verandert er dus niets door die algemene beschermingsmaatregelen;
- Noodzakelijke waterkeringswerken en kustverdedigingswerken, alsook het onderhouden van waterlopen, mogen uitgevoerd worden conform de code van goede natuurpraktijk;
- Wijzigingen door de waterloopbeheerder aan een waterloop of overstromingsgebied met positieve gevolgen voor de natuur op basis van een goedgekeurd bekkenbeheersplan of een door de Vlaamse regering goedgekeurd project.

Ook geldt er voor VEN gebieden een verstrengde natuurtoets wat inhoudt dat de overheid geen toestemming of vergunning mag verlenen voor een activiteit die onvermijdbare en onherstelbare schade aan de natuur in een VEN gebied kan veroorzaken (Decreet betreffende het natuurbehoud en het natuurlijk milieu artikel 26bis²³). Dit geldt ook voor activiteiten die in de buurt van een VEN gebied liggen. Een dergelijke activiteit kan enkel worden toegelaten om dwingende redenen die van groot openbaar belang zijn en wanneer er geen mogelijke alternatieven zijn. In dat geval dienen alle schadebeperkende en compenserende maatregelen genomen te worden. De vraag tot afwijking moet worden ingediend bij de vergunningverlenende overheid (Besluit van de Vlaamse Regering houdende maatregelen ter uitvoering van het gebiedsgericht natuurbeleid artikel 32-44²⁴; dd. 21/11/2003). De vergunningverlenende overheid zal in dat geval steeds advies inwinnen bij het Agentschap voor Natuur en Bos. Een activiteit die onvermijdbare maar herstelbare schade zal aanrichten in een VEN gebied mag in theorie wel worden toegestaan.

In IVON gebieden zijn enkel stimulerende maatregelen van kracht (buiten de algemeen geldende bepalingen zoals de natuurvergunning).

6.3 Raadplegen

De locatie van VEN en IVON gebieden kan online geraadpleegd worden via het geoportaal van Geopunt Vlaanderen (www.geopunt.be²⁵). Een GIS-bestand met de afbakening van de gebieden kan gedownload worden via de GIRAF-module van het AGIV. Kaarten kunnen bekeken worden op het gemeentehuis van

²³ https://emis.vito.be/nl/actuele_wetgeving/decreet-betreffende-het-natuurbehoud-en-het-natuurlijk-milieu

²⁴ https://emis.vito.be/nl/actuele_wetgeving/21-november-2003-besluit-van-de-vlaamse-regering-houdende-maatregelen-ter

²⁵ <http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/6c55f7f5-df2e-4ccc-a6b2-85abd572a355>

de gemeente waar een VEN-gebied ligt of bij de betrokken provincie.

7 Verziltingskaart

7.1 Doelstelling

De verziltingskaart geeft de geografische ligging en de diepte weer van het grensvlak tussen zoet en zout grondwater. Het moet de betrachting van een ontwerper zijn het evenwicht tussen het zoet-zout niet te verstoren. Zilt grondwater komt voor langs de Belgische kust, in de polders van het Meetjesland (Sint-Laureins en Assenede) en op Linker- en Rechterscheldeoever.

7.2 Regelgeving

Volgens de Europese kaderrichtlijn Water, voor Vlaanderen vertaald in het Decreet betreffende het integraal waterbeleid²⁶, geldt dat de kwaliteit en kwantiteit van een grondwaterlichaam niet mag achteruit gaan. Zo moet bv. het zoetwater reservoir aan de kust maximaal beschermd worden. Met deze regelgeving moet rekening gehouden worden bij een bemaling in of in de buurt van verzilt grondwater waarbij het expliciet het doel is van een goed bemalingsontwerp om de verstoring van het zoet-zout evenwicht maximaal te vermijden.

Wanneer een bemalingsconcept uitgewerkt wordt voor een bemaling in of in de buurt van verzilt grondwater, moet allereerst de invloedsstraal van de bemaling bepaald worden (**bijlage 6.11**). Indien het grensvlak tussen zoet en zout grondwater binnen de invloedszone valt, dient een risicoanalyse te worden uitgevoerd en moeten desgevallend mitigerende maatregelen genomen worden.

7.3 Raadplegen

De verziltingskaart kan online geraadpleegd worden op de website van DOV (www.dov.vlaanderen.be²⁷) en via het geoportaal van Geopunt Vlaanderen waar ook een GIS-bestand kan gedownload worden (www.geopunt.be²⁸).

Opmerking: In de zomer van 2017 liet de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) per helikopter de verzilting van het grondwater in het kust- en poldergebied in kaart brengen (TOPSOIL-project). Een kaart met actuele zoutgehalten wordt in 2019 ter beschikking gesteld via DOV.

8 Cultuurhistorisch landschap, stads- of dorpsgezicht, monument of archeologische zone

8.1 Doelstelling

Het beschermen van cultuurhistorische landschappen, stads- of dorpsgezichten, monumenten en archeologische zones heeft als doel belangrijke erfgoedlocaties in Vlaanderen aan te duiden en te behouden voor toekomstige generaties. Op deze manier betracht Vlaanderen hun erfgoedwaarden te bewaren en veilig te stellen.

²⁶ <https://codex.vlaanderen.be/PrintDocument.ashx?id=1011715&datum=&geannoteerd=true&print=false>

²⁷

https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner&pos=144363.9%2C196986.6&res=280.0000000088187&layers=n%3Aomwrgbmrvi%3Bo%3Aref%2Cn%3Agrb_sel%3Bo%3Aref%2Cn%3Ato%3Ato_topnzw_200_9_raster_10k_tr%3Bo%3Aref%3Bt%3Awms%3Bv%3An%2Cn%3Agw_varia%3Averzilting%3Bo%3Adov%3Bt%3Awms#ModulePage

²⁸ <http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/722627d5-ae19-4bee-bcd4-4b4ef2f843eb>

8.2 Regelgeving

Voor beschermde cultuurhistorische landschappen, stads- of dorpsgezichten, monumenten en archeologisch zones is de juridische grondslag het Onroerenderfgoeddecreet en het bijbehorend Onroerenderfgoedbesluit. Beiden traden op 1 januari 2015 in werking. Voor het luik archeologie gebeurde dit gefaseerd sinds 1 januari 2016.

Het Onroerenderfgoeddecreet heft het vroegere Monumentendecreet (1976), het Landschapsdecreet (1996) en het Archeologiedecreet (1993) op. Sinds 1 januari 2015 zijn deze decreten niet meer van kracht wat betreft monumenten en landschappen en sinds 1 juni 2016 wat betreft archeologisch erfgoed.

Het is niet toegestaan om beschermde landschappen, stads- of dorpsgezichten, monumenten en archeologische zones te ontsieren, beschadigen, vernielen of op een andere manier de erfgoedwaarden aan te tasten. Dit betekent echter niet dat er niets meer mag gebeuren of veranderen.

De specifieke doelstellingen en voorschriften voor elke bescherming kunnen worden geraadpleegd in het beschermingsbesluit.

8.3 Raadplegen

Een actueel overzicht van beschermde cultuurhistorische landschappen, stads- of dorpsgezichten, monumenten en archeologische zones kan online geraadpleegd worden via het Inventaris Onroerend Erfgoed²⁹. Hier kan ook het beschermingsbesluit worden geraadpleegd. Een overzicht is ook beschikbaar via het geoportaal van Geopunt Vlaanderen (www.geopunt.be³⁰) of via het geoportaal van onroerend erfgoed³¹. Op de website van Geopunt Vlaanderen kan een GIS-bestand met de afbakening van de gebieden gedownload worden.

9 Erfgoedlandschap

9.1 Doelstelling

Een erfgoedlandschap is een groter ruimtelijk geheel van erfgoedelementen en –waarden, ingebed in een ruimtelijk uitvoeringsplan (RUP). Bij het afbakenen van een erfgoedlandschap worden maatregelen voor het behoud van de erfgoedwaarden en –kenmerken ingeschreven in de stedenbouwkundige voorschriften.

9.2 Regelgeving

Aan erfgoedlandschappen zijn specifieke stedenbouwkundige voorschriften verbonden in het betrokken RUP, die best worden nagevraagd bij de bevoegde overheid.

9.3 Raadplegen

Het gewestplan kan online geraadpleegd worden via het geoportaal van Geopunt Vlaanderen waar ook een GIS-bestand kan gedownload worden (www.geopunt.be³²). De huidige toestand van bepaalde percelen (BPA's en RUP's) is op te vragen bij de gemeente.

²⁹ <https://inventaris.onroerenderfgoed.be/aanduidingsobjecten/zoeken>

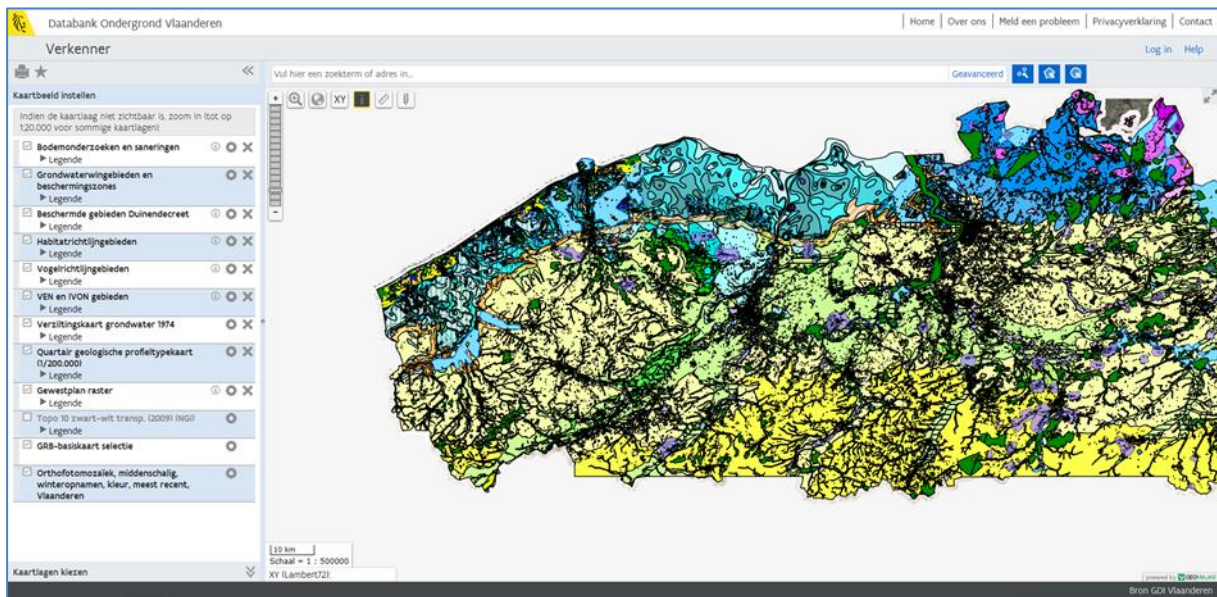
³⁰ <https://www.geopunt.be/catalogus/applicationfolder/geoportaal-onroerend-erfgoed>

³¹ <https://geo.onroerenderfgoed.be>

³² <https://www.geopunt.be/catalogus/applicationfolder/geopunt-gewestplan>

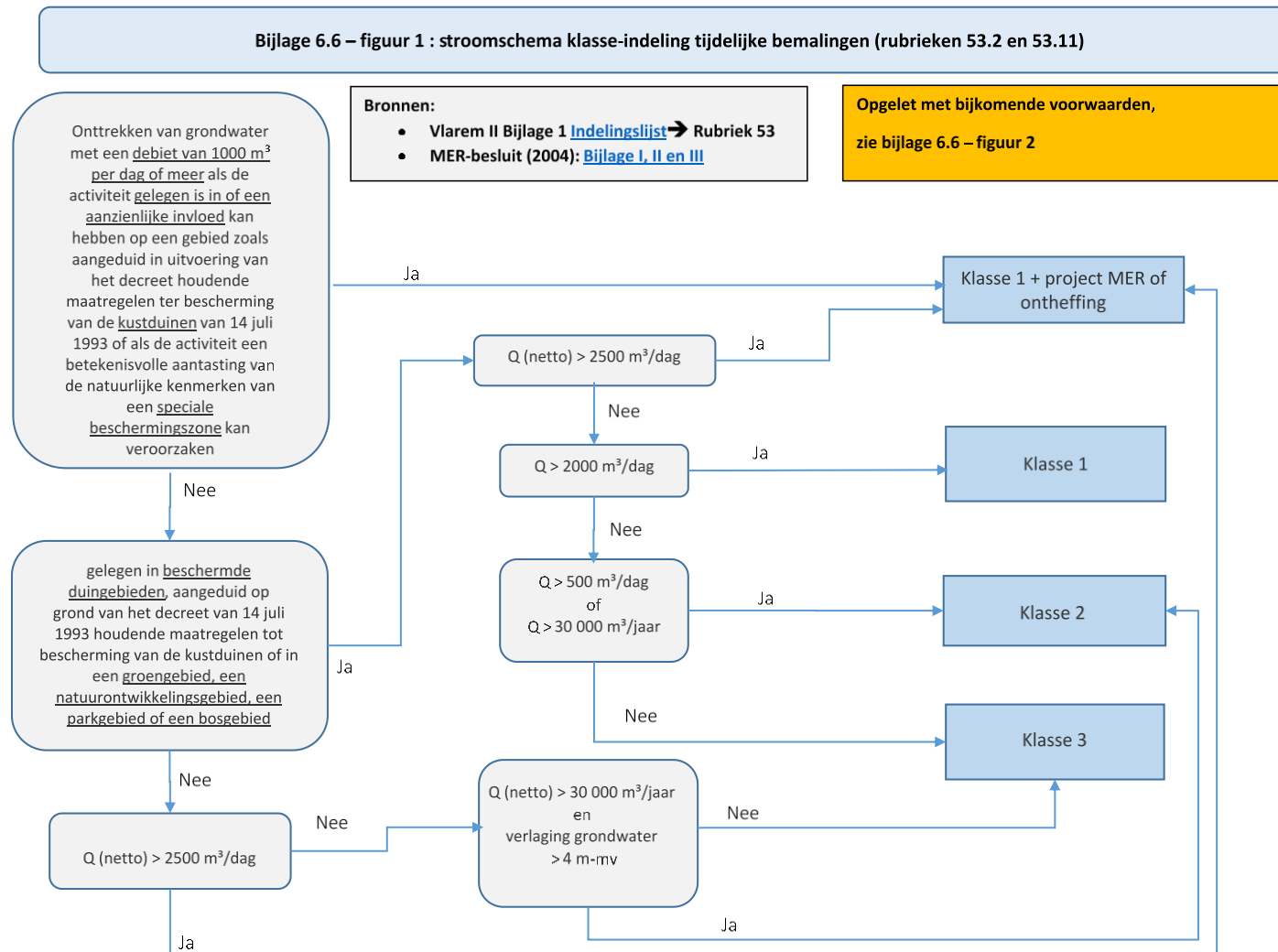
10 Hyperlink

In Figuur 11 en via deze [hyperlink](#) wordt een kaartbeeld weergegeven via DOV waarop de voornaamste kaarten geselecteerd zijn die van belang zijn bij het bepalen van de klasse van een bemaling.



Figuur 11 kaartbeeld met weergave van de voornaamste kaarten bij het bepalen van de klasse van een bemaling

6.6 Stroomschema tijdelijke bemalingen (rubrieken 53.2 en 53.11)



Figuur 12 Stroomschema klasse-indeling tijdelijke bemalingen (rubrieken 53.2 en 53.11)

Bijlage 6.6 – figuur 2 : bijkomende voorwaarden bemalingen

- **Bemaling toegelaten in type III** waterwingebied en beschermingszone, in **type I en II zijn boringen dieper dan 2,5 m niet toegelaten**, in type I is gunstig advies van de drinkwatermaatschappij vereist.
- **Grondwaterwinning met totale capaciteit $Q > 2500 \text{ m}^3/\text{d}$ of $Q > 500.000 \text{ m}^3/\text{j}$ → hydrogeologische studie + technisch rapport** (ondertekend door erkend MER deskundige discipline water – deeldomein hydrogeologie, zie [bijlage RH uit omgevingsvergunningbesluit](#))
- Werkzaamheden voor het onttrekken van grondwater als het **jaarlijkse volume onttrokken water 10 miljoen m^3 of meer** bedraagt → **KLASSE 1 + PROJECT MER**
- **KLASSE 1** en grondwaterwinning $> 30.000 \text{ m}^3/\text{j}$ → Aanleg **peilputten** verplicht + **Grondwateranalyse** voor exploitatie ([Vlarem II, deel 5, Hoofdst. 5.53](#))

6.7 Wettelijke randvoorwaarden

Deze bijlage geeft een overzicht van wettelijke randvoorwaarden waarmee rekening moet gehouden worden bij het opstellen van een bemalingsconcept en het uitvoeren van een bemaling.

Verwijzingen naar de meest recente versie van wetteksten worden in dit document opgenomen in de voetnoten.

Inhoudsopgave

1	Omgevingsvergunning.....	72
1.1	Tijdelijke bemalingen (rubriek 53.2 en 53.11).....	73
1.2	Pompproeven en proefpompingen (rubriek 53.1)	74
1.3	Opmerking in verband met rubriek 53.8	75
1.4	Hoe aanvragen?.....	75
2	Sectorale voorwaarden (Vlarem II)	75
2.1	Grondwaterwinning.....	76
2.2	Boringen	77
2.3	Kunstmatig aanvullen van grondwater	77
2.4	Niet-ingedeelde inrichtingen	78
3	Lozing- en retour van bemalingswater.....	79
3.1	Niet-verontreinigd en niet-verzilt bemalingswater.....	79
3.2	Niet-verontreinigd verzilt bemalingswater	80
3.3	Verontreinigd bemalingswater	80
4	Heffing op winning en lozing van grondwater	81
4.1	Heffing op winning van grondwater	81
4.2	Heffing op lozing van grondwater	82
5	Vlarel	83
5.1	Erkende laboratoria grondwater	83
5.2	Erkende boorbedrijven	84
5.3	MER-deskundigen discipline water deeldomein geohydrologie	84
5.3.1	Hydrogeologische studie en technisch rapport	84
5.3.2	Bepaling ligging peilputten	85
6	Debietmeters.....	85

1 Omgevingsvergunning

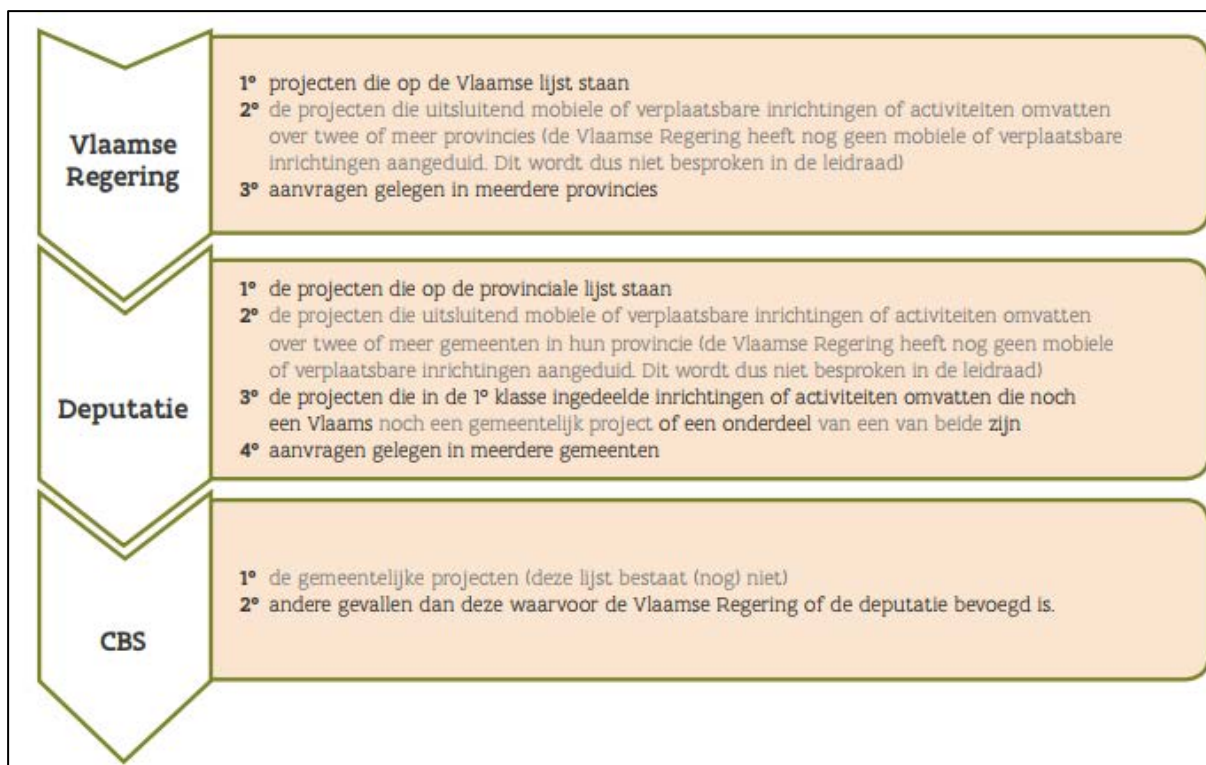
Op 23 februari 2017 zijn alle provincies en enkele gemeenten gestart met de omgevingsvergunning. Sinds 1 januari 2018 zijn alle Vlaamse gemeenten ook overgeschakeld naar de omgevingsvergunning. Deze vervangt de voormalige stedenbouwkundige en milieuvergunning (vervat in het omgevingsvergunningsdecreet, het decreet algemeen milieubeleid en Vlarem II). Voor de evaluatie van stedenbouwkundige en milieuaspecten van een project wordt voortaan één openbaar onderzoek en één adviesronde georganiseerd, wat efficiënter is en moet leiden tot een betere besluitvorming. De vergunningstermijn is eeuwigdurend, behoudens enkele uitzonderingen zoals grondwaterwinningen en tijdelijke activiteiten.

Voor elke hinderlijke inrichting die schade kan toebrengen aan mens en milieu dient een omgevingsvergunning te worden aangevraagd. Bemalingen en andere relevante grondwaterhandelingen (bv. winning van grondwater, boringen, ...) worden door Vlarem II beschouwd als hinderlijke inrichtingen. Een indelingslijst van alle als hinderlijk beschouwde inrichtingen werd opgesteld als Vlarem II bijlage 1³³. Voor de exploitatie van een dergelijke hinderlijke inrichting is een omgevingsvergunning noodzakelijk en bepaalt een klasse-indeling de mate van hinderlijkheid. Bemalingen van de eerste en tweede klasse brengen de grootste risico's of hinder mee en zijn dan ook vergunningsplichtig. Bemalingen van de derde klasse brengen de minste risico's of hinder mee en zijn meldingsplichtig.

Een melding/omgevingsvergunning wordt steeds verleend op het niveau van een ingedeelde inrichting of activiteit (IIOA).

De vergunningverlenende overheid, die de vergunbaarheid van aanvragen beoordeelt, is opgesplitst in drie afzonderlijke niveaus (Figuur 13). De Vlaamse regering is bevoegd voor aanvragen die omwille van hun strategisch belang op een lijst met Vlaamse projecten worden vermeld en voor aanvragen die provinciegrenzen overschrijden. De deputatie van een provincie is bevoegd voor aanvragen die omwille van hun bovenlokale belang of hun belangrijke impact op de omgeving op een lijst met provinciale projecten worden vermeld, voor inrichtingen die gemeentegrenzen overschrijden en voor inrichtingen van de eerste klasse die geen Vlaams project zijn. Het college van burgemeester en schepenen van een specifieke gemeente is bevoegd voor alle andere omgevingsvergunningsaanvragen (klasse 2 en 3 aanvragen gelegen binnen de bevoegde gemeentegrenzen, die geen Vlaams of provinciaal project zijn).

³³ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=69985&woLang=nl>



Figuur 13 stroomschema met de drieledige opdeling van de vergunningverlenende overheid

1.1 Tijdelijke bemalingen (rubriek 53.2 en 53.11)

Specifiek voor tijdelijke bemalingen voor het verwezenlijken van bouwkundige werken of het aanleggen van openbare nutsvoorzieningen (rubrieken 53.2.³⁴ en 53.11.³⁵ in de indelingslijst) werd de indeling in vergunningsklassen grafisch uitgewerkt in een stroomschema in **bijlage 6.6** van deze richtlijnen. De klassegrenzen worden onder meer bepaald op basis van debieten en verlagingen, maar ook op basis van de nabijheid van speciale beschermingszones, beschermde duingebieden, beschermingszones rond waterwingebieden, ... en andere factoren (bv. het gewestplan). Hierbij dient rekening gehouden te worden met enkele praktische aandachtspunten:

- Om te bepalen of geografisch uitgestrekte projecten, zoals bv. riolerings- of leidingtrajecten, in deelfasen en dus ook meerdere omgevingsvergunningen kunnen opgesplitst worden, geldt de regel dat de opsplitsing enkel mag gebeuren op voorwaarde dat de deelfasen elkaar in ruimte en tijd niet beïnvloeden. Als er wél onderlinge beïnvloeding is dienen ze onder één omgevingsvergunning behandeld te worden;

³⁴ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70326&woLang=nl>

³⁵ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70335&woLang=nl>

- De onttrokken volumes gelden binnen één kalenderjaar. Voor een tijdelijke bemaling die wordt uitgevoerd van september tot maart, mogen de debieten van 2 kalenderjaren (september tot december en januari tot maart) afzonderlijk worden bekeken. Bij sommige aanvragen wordt het nodige totale bemalingsdebit doelbewust gespreid over twee kalenderjaren met elk een debiet < 30.000 m³/jaar zodat de bemaling in een klasse 3 kan blijven. Juridisch is dit correct is maar hierbij dient de bedenking te worden gemaakt dat het een gevaarlijke piste is. Bij overschrijding van de vergunde jaardebieten van 30.000 m³/jaar, door bijvoorbeeld een latere start, het uitlopen van een project of een slechte inschatting van het dagdebit, zal de exploitant van de bemaling in de problemen komen. Het is daarom aan te raden de aanvraag conservatief te behandelen en dus een hogere klasse aan te vragen.
- Voor het berekenen van de totale onttrokken volumes is het aan te bevelen een zekere doch realistische marge in rekening te brengen bij de berekende debieten en bij de geplande bemalingsduur. Indien een bepaalde vergunningsklasse dreigt overschreden te worden, is het aangeraden de hogere vergunningsklasse aan te vragen;
- Het is belangrijk te bepalen of de verlaging van de grondwaterstand al dan niet meer dan 4 meter onder het maaiveld reikt. Voor het ontegensprekelijk vastleggen van de geplande grondwaterverlaging geldt het volgende:
 - in de ontwerpfase kan gebruik gemaakt worden van de ontwerpplannen. Hierbij wordt rekening gehouden met het hoogste maaiveldpeil onder de *footprint* van de constructie en de diepste uitgravingszones, ongeacht het tijdelijk karakter ervan (bv. liftput, pompput, funderingszolen, ...). In geval van lijntrajecten moet op elk punt van het tracé de aanlegdiepte van de leidingen ten opzichte van het maaiveldpeil bepaald worden, eventueel opgesplitst in deeltrajecten. Gezien in dergelijke dossiers het huidige maaiveldpeil is opgemeten en het leidingtracé in doorsnede wordt ingetekend op de ontwerpplannen, is de bepaling van de diepte van de bemaling onder het maaiveldpeil mogelijk op basis van de ontwerpplannen. Voor lijntrajecten geldt dus de maximale verlaging ten opzichte van het lokale maaiveld en niet ten opzichte van het maximale maaiveldpeil langsheen het gehele traject.
 - in de uitvoeringsfase moet deze verlagingsdiepte controleerbaar zijn via metingen in peilbuizen om handhaving mogelijk te maken (zie ook basisdocument paragraaf 3.7.1);
- Bij het controleren van de verlagingsdiepte moet er rekening mee gehouden worden dat de afpompingsdiepte in de filters/bronnen zelf altijd dieper dan 4 meter onder het maaiveld zal reiken indien een centrale verlaging tot 4 meter onder het maaiveld beoogd wordt.

1.2 Pompproeven en proefpompingen (rubriek 53.1)

Het boren van grondwaterwinningsputten of grondwaterwinning voor de uitvoering van proefpompingen (pompproeven en bemalingsproeven) gedurende minder dan 3 maanden ressorteren onder rubriek 53.1.³⁶ in de indelingslijst en zijn meldingsplichtig (klasse 3). Bij het melden dient dan het maximale dagdebit en het debiet voor de volledige proefperiode opgenomen te worden. Dit kan eenvoudig ingeschat worden op basis van de pompcapaciteit. Tijdens het uitvoeren van zulke

³⁶ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?woId=70325&woLang=nl>

pompproeven of bemalingsproeven mogen geen bouwkundige werken worden uitgevoerd. Enkel het deel van de bemalingsinstallatie dat nodig is voor de uitvoering van de pompproef/bemalingsproef mag al aangelegd worden. Voor het uitvoeren van de definitieve bemaling moet nog steeds de correcte rubriek van 53.2 aangevraagd worden.

1.3 Opmerking in verband met rubriek 53.8

Indien het bemalingswater niet geloosd of geherinfiltreerd wordt maar gebruikt wordt voor andere doeleinden, zoals bv. in een productieproces, is rubriek 53.8³⁷ ook van toepassing (dubbele rubricering).

1.4 Hoe aanvragen?

Een omgevingsvergunning dient digitaal te worden aangevraagd via het online omgevingsloket (<https://www.omgevingsloketvlaanderen.be/>). Aanmelding in het loket gebeurt met de elektronische identiteitskaart, het federaal token of een ander digitaal identificatiemiddel (bv. mobiele app, sms, itsme of VO-token)

Een aanvraag voor het bekomen van een vergunning verloopt via een gewone procedure (105 à 120 werkdagen) of via een vereenvoudigde procedure (60 dagen), dit na een ontvankelijk en volledigheidverklaring (richttermijn maximaal 30 dagen na indiening). Er dient eveneens rekening gehouden te worden met een bijkomende beroepstermijn van 35 dagen (te rekenen vanaf de dag na de eerste dag van de aanplakking) alvorens de activiteiten mogen aanvangen om de termijn, waarbinnen beroep kan aangetekend worden, te overbruggen.

Een vereenvoudigde procedure is o.a. van toepassing voor beperkte veranderingen aan een reeds vergunde inrichting en voor tijdelijke inrichtingen (activiteiten met vermelding T in indelingslijst) met een duur van maximaal 1 jaar, bv. bemalingen voor bouwkundige werken (maximaal één keer verlengbaar). De vereenvoudigde procedure kan niet worden toegepast indien de opmaak van een project-MER noodzakelijk is of indien een passende beoordeling opgemaakt moet worden in het kader van een speciale beschermingszone ([bijlage 6.5](#)).

Indien er geen beslissing genomen is binnen de vastgestelde termijn, wordt de omgevingsvergunning geacht te zijn geweigerd.

Voor klasse 3 inrichtingen volstaat een aktename (richttermijn maximaal 30 dagen na indiening). Een meldingsplichtige activiteit mag worden opgestart onmiddellijk na de kennisgeving van aktename.

Voor een omgevingsvergunningsaanvraag is een dossiertaks verschuldigd. Bij een vergunningsaanvraag op gemeentelijk niveau (bij het college van burgemeester en schepenen) dient bij de betrokken overheid geïnformeerd te worden of er een dossiertaks verschuldigd is en wanneer en hoe die moet betaald worden. De kostprijs is afhankelijk van de procedure. Voor omgevingsvergunningsaanvragen bij de deputatie van een provincie of bij de Vlaamse Regering kunnen schema's geraadpleegd worden via de website van het omgevingsloket (<https://www.omgevingsloketvlaanderen.be/>).

2 Sectorale voorwaarden (Vlarem II)

Voor ingedeelde inrichtingen staan in deel 5³⁸ en in de bijlagen van Vlarem II specifieke sectorale

³⁷ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70332&woLang=nl>

³⁸ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=8604&woLang=nl>

voorwaarden uitgeschreven. Voor een bemaling zijn de bijlagen 2.4.1.³⁹ (milieukwaliteitsnormen en milieukwantiteitscriteria voor grondwater) en 5.53.1.⁴⁰ (Code van goede praktijk voor boringen en voor exploiteren en afsluiten van boorputten voor grondwaterwinning) van belang.

Bijkomend bij de algemene en sectorale voorwaarden kunnen ook steeds per dossier bijzondere voorwaarden worden opgelegd door de vergunningverlenende overheid. Deze bijzondere voorwaarden moeten bij klasse 3 bemalingen wel voldoen aan de bepaling uit het Omgevingsvergunningsdecreet artikel 113⁴¹.

Voor niet ingedeelde grondwaterwinningen en boringen zijn de bepalingen uit deel 6⁴² van Vlarem II van toepassing.

Hieronder volgt een beknopt overzicht van de belangrijkste sectorale voorwaarden met betrekking tot verschillende grondwaterhandelingen.

2.1 Grondwaterwinning

- De code van goede praktijk voor boringen (CVGP; Vlarem II bijlage 5.53.1.⁴³) dient te worden gevolgd voor de exploitatie (aanleg, buitengebruikstelling, rapportering boorstaten, ...) van zowel ingedeelde als niet ingedeelde grondwaterwinningen. Er kan van deze code worden afgeweken indien de afwijkende procedure voorafgaand wordt goedgekeurd door de VMM. De effectieve start van de aanleg of buitengebruikstelling van een vergunningsplichtige winning dient uiterlijk 2 dagen op voorhand te worden gemeld aan de toezichthouder door het erkend boorbedrijf (Vlarem II artikel 5.53.5.1. §1⁴⁴).
- Met betrekking tot het meten van zettingen gedurende een bemaling is Vlarem II artikel 5.53.1.3.⁴⁵ van toepassing: 'De exploitant neemt alle voorzorgen teneinde schade aan onroerende goederen binnen de invloedsstraal van een grondwaterwinning te vermijden. Indien door het onttrekken van het grondwater zettingsgevoelige gronden, inzonderheid veen en turf, ontwaterd kunnen worden, laat hij op zijn kosten, voor de ingebruikname van de grondwaterwinning, een plaatsbeschrijving uitvoeren van al de constructies gelegen in zettingsgevoelige gronden die door ontwatering een gevaar zijn voor de stabiliteit van deze constructies binnen de invloedszone. Op deze constructies worden zettingsbakens aangebracht en genivelleerd ten opzichte van een referentiepunt buiten de invloedszone'.
- Grondwaterstanden (Vlarem II artikel 5.53.2.2.⁴⁶) en debieten (Vlarem II afdeling 5.53.3.⁴⁷) moeten op een eenduidige manier kunnen worden gemeten in elke grondwaterwinning. Debietmeters dienen te worden geplaatst bij alle vergunnings- of meldingsplichtige grondwaterwinningen (voor het eerste aftappunt van het grondwater) en te voldoen aan specifieke voorschriften. Voor meer informatie omtrent debietmeters wordt verwezen naar paragraaf 6 en **bijlage 6.15** 'Kwalitatieve elementen van monitoring'.

³⁹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=10076&woLang=nl>

⁴⁰ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

⁴¹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=65549&woLang=nl>

⁴² <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=9987&woLang=nl>

⁴³ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

⁴⁴ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19107&woLang=nl>

⁴⁵ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19065&woLang=nl>

⁴⁶ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19068&woLang=nl>

⁴⁷ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19070&woLang=nl>

- Voor grondwaterwinningen met een totaal debiet > 30.000 m³/jaar (alle winningen op een exploitatie samengeteld, ongeacht de vergunde watervoerende laag) én ingedeeld in klasse 1, dienen er één of meerdere peilputten te worden aangelegd (in overleg met een MER-deskundige; zie paragraaf 5.3) afhankelijk van het vergunde volume en het al dan niet freatische karakter van de watervoerende laag. De afgesloten watervoerende lagen werden administratief vastgelegd en hebben bijgevolg niets te maken met eventuele andere vaststellingen op het terrein op basis van pompproeven. Grondwaterstanden dienen maandelijks in werking en jaarlijks in rust te worden opgemeten en in een register te worden opgenomen (tenzij anders bepaald in de bijzondere voorwaarden). Tevens dienen vooraf aan de exploitatie en vervolgens jaarlijks grondwaterstaalnames en –analyses te worden uitgevoerd door een daartoe erkend laboratorium grondwater (zie paragraaf 5.1). De lijst met erkende laboratoria kan worden geconsulteerd op de website van het Departement Omgeving (<https://www.lne.be/erkenningen>). De analyseresultaten dienen tevens te worden bijgehouden in een register. De voorafgaandelijke staalname dient in alle productieputten te worden uitgevoerd; de jaarlijkse staalname in 1 centraal gelegen put per watervoerende laag. Minstens 2 maanden voorafgaand aan het onttrekken van het grondwater dienen tevens wekelijks metingen van de grondwaterstand te worden uitgevoerd in de bovenvermelde peilputten.
- Voor grondwaterwinningen met een totaal debiet > 30.000 m³/jaar én ingedeeld in klasse 1, dient een integraal milieujaarverslag te worden ingediend. Meer bepaald betreft het hier de gegevens van de putten (éénmalig), debieten (inclusief ijking debietmeter), grondwaterstanden en analyses.
- Het grondwater dat onttrokken wordt bij de bronbemalingen moet, in zoverre dit met toepassing van beste beschikbare technieken (BBT) mogelijk is, zoveel mogelijk terug in de grond worden ingebracht buiten de onttrekkingszone. Hiervoor kan gebruikgemaakt worden van infiltratieputten, infiltratiebekkens of infiltratiegrachten. Indien dit technisch onmogelijk is mag het water geloosd worden in het openbare of private hydrografisch net. De infiltratie of de lozing van het opgepompte grondwater mag geen wateroverlast voor derden veroorzaken (Vlarem II artikel 5.53.6.1.1. §2⁴⁸ en Vlarem II deel 6 artikel 6.2.2.1.2. §5⁴⁹). Voor meer informatie over lozing wordt verwezen naar paragraaf 3.

2.2 Boringen

- De bepalingen rond de aanleg en het opvullen van boorgaten volgens de CVGP (Vlarem II bijlage 5.53.1.⁵⁰) en het voorafgaandelijk melden zijn analoog als voor grondwaterwinningen (zie paragraaf 2.1).

2.3 Kunstmatig aanvullen van grondwater

Retourbemaling valt hier niet onder. Het terugpompen van onbehandeld en niet-verontreinigd grondwater in dezelfde watervoerende laag in het kader van een bronbemaling wordt mee ingedeeld in rubriek 53 (zie sectorale voorwaarden in paragraaf 2.1).

⁴⁸ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19112&woLang=nl>

⁴⁹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=23947&woLang=nl>

⁵⁰ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

2.4 Niet-ingedeelde inrichtingen

Bepaalde grondwater gerelateerde activiteiten zijn bewust niet ingedeeld in Vlare II. Deze uitzonderingen zijn veelal terug te vinden in de omschrijvingen in de indelingslijst.

Voor rubriek 53⁵¹ (grondwaterwinningen) betreft het hier de winningen met handpomp en de winningen voor uitsluitend huishoudelijk gebruik met een volume < 500 m³/jaar. Er zijn wetgevende initiatieven lopende om ook bemalingen, met inbegrip van terugpompingen van onbehandeld en niet-verontreinigd grondwater in dezelfde watervoerende laag, die technisch noodzakelijk zijn voor ofwel de verwezenlijking van bouwkundige werken, ofwel de aanleg van openbare nutsvoorziening en gelegen in een ander gebied dan de gebieden, vermeld in rubriek 53.2. 1^{o15} met een opgepompt debiet van minder dan 1000 m³/dag en een verlaging van de grondwaterstand tot en met maximaal 4 meter onder maaiveld gedurende maximaal 10 kalenderdagen per jaar niet ingedeeld te maken. Dit initiatief is tijdens het opstellen van de nieuwe richtlijnen bemalingen (dd. 25/10/2018) nog niet finaal goedgekeurd.

Voor rubriek 54⁵² (kunstmatig aanvullen van grondwater) is de infiltratie van niet-verontreinigd hemelwater, alsook de irrigatie met niet-verontreinigd water die noodzakelijk is voor de exploitatie van bouw- of weiland, voor het behoud van een ecosysteem of via waterbekkens voor openbare watervoorziening, niet ingedeeld.

Voor rubriek 55⁵³ (boringen) zijn peilputten, geotechnische boringen en geothermische boringen beperkt tot een dieptecriterium en gelegen buiten beschermingszone type III (zie [bijlage 6.5](#)) niet ingedeeld. Volgende boringen vallen niet onder deze rubriek:

- Boringen voor de aanleg van peilputten in het kader van bodem- en grondwateranalyses;
- Boringen voor de aanleg van peilputten ter naleving van de milieuvoorwaarden voor de exploitatie van inrichtingen;
- Boringen ter naleving van wettelijke verplichtingen;
- Geotechnische boringen voor het onderzoek naar de stabiliteit van de grond;
- Boringen in het kader van thermische energieopslag in boorgaten waarvan de diepte beperkt blijft tot maximaal het dieptecriterium en die gelegen zijn buiten een beschermingszone type III.

De sectorale voorwaarden uit de desbetreffende hoofdstukken van Vlare II zijn op deze uitzonderingen dus niet van toepassing en er moet tevens geen melding of vergunningsaanvraag voor worden ingediend. Dit wil echter niet zeggen dat er geen regels moeten worden nageleefd. In Vlare II zijn er specifieke hoofdstukken (deel 6) geschreven voor de niet-ingedeelde inrichtingen.

Voor de niet-ingedeelde grondwaterwinningen/boringen komt het erop neer dat deze dienen te worden aangelegd en geëxploiteerd conform de CVGP (Vlare II bijlage 5.53.1.⁵⁴) en dat een Vlare erkend boorbedrijf (zie paragraaf 5.2) de winning/boring moet aanleggen en/of buiten gebruik stellen.

⁵¹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70324&woLang=nl>

⁵² <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70337&woLang=nl>

⁵³ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70341&woLang=nl>

⁵⁴ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

3 Lozing- en retour van bemalingswater

De wettelijke bepalingen omtrent het lozen of retourneren van bemalingswater zijn gekoppeld aan de kwaliteit en samenstelling van het te lozen water. De eerste vraag die hierbij moet gesteld worden is of het bemalingswater al dan niet verontreinigd is.

- Voor de lozing wordt afgetoetst of het bemalingswater een concentratie gevaarlijke stoffen (GS), zoals opgenomen in Vlarem II bijlagen 2B en 2C¹, bevat hoger dan het indelingscriterium (IR), zoals opgenomen in Vlarem II bijlage 2.3.1², de basismilieukwaliteitsnorm voor oppervlaktewater.

Ook het aandeel zwevende deeltjes en bezinkbare deeltjes in het te lozen water moeten onderzocht worden. Vervolgens moet bekeken worden of het opgepompte bemalingswater verzilt is (TDS > 1500 ppm).

- Voor het retourneren wordt afgetoetst aan de milieukwaliteitsnorm voor grondwater (art 2.4.1.1 van VLAREM II). Dit is het minst strenge van de grondwaterkwaliteitsnorm en de achtergrondniveaus eigen aan het grondwaterlichaam, beide opgenomen in Bijlage 2.4.1 van VLAREM II

De volgende indelingen zijn van toepassing:

- Niet-verontreinigd en niet-verzilt bemalingswater → paragraaf 3.1;
- Niet-verontreinigd verzilt bemalingswater → paragraaf 3.2;
- Verontreinigd bemalingswater → paragraaf 3.3.

3.1 Niet-verontreinigd en niet-verzilt bemalingswater

Het lozen van niet-verontreinigd bemalingswater bij een bronbemaling (Vlarem II rubrieken 53.2.³ en 53.11.⁴) is een niet-ingedeelde inrichting. Aan het lozen van niet-verontreinigd bemalingswater zijn een aantal wettelijke voorwaarden verbonden.

Het retourneren van niet verontreinigd en niet behandeld bemalingswater is inbegrepen in rubriek 53.2.

De prioritering van de te volgen werkwijze wordt gereguleerd door Vlarem II deel 6 artikel 6.2.2.1.2. §5⁵ en door artikel 5.53.6.1.1. §2⁶. De te volgen methodiek wordt schematisch samengevat in Figuur 14. Beide artikels bepalen dat niet-verontreinigd grondwater onttrokken bij een bemaling in eerste instantie zoveel mogelijk terug in de bodem moet worden ingebracht buiten de onttrekkingszone, in zoverre dit met toepassing van de beste beschikbare technieken mogelijk is. Het grondwater kan hierbij worden geretourneerd via infiltratieputten, -bekkens of -grachten. Op die manier zal de lokale waterhuishouding de minste schade ondervinden van een bemaling. De haalbaarheid van een retourbemaling wordt in de eerste plaats door de ontwerper van het bemalingsconcept afgewogen

¹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=69702&woLang=nl>

² <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=10071&woLang=nl>

³ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70326&woLang=nl>

⁴ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70335&woLang=nl>

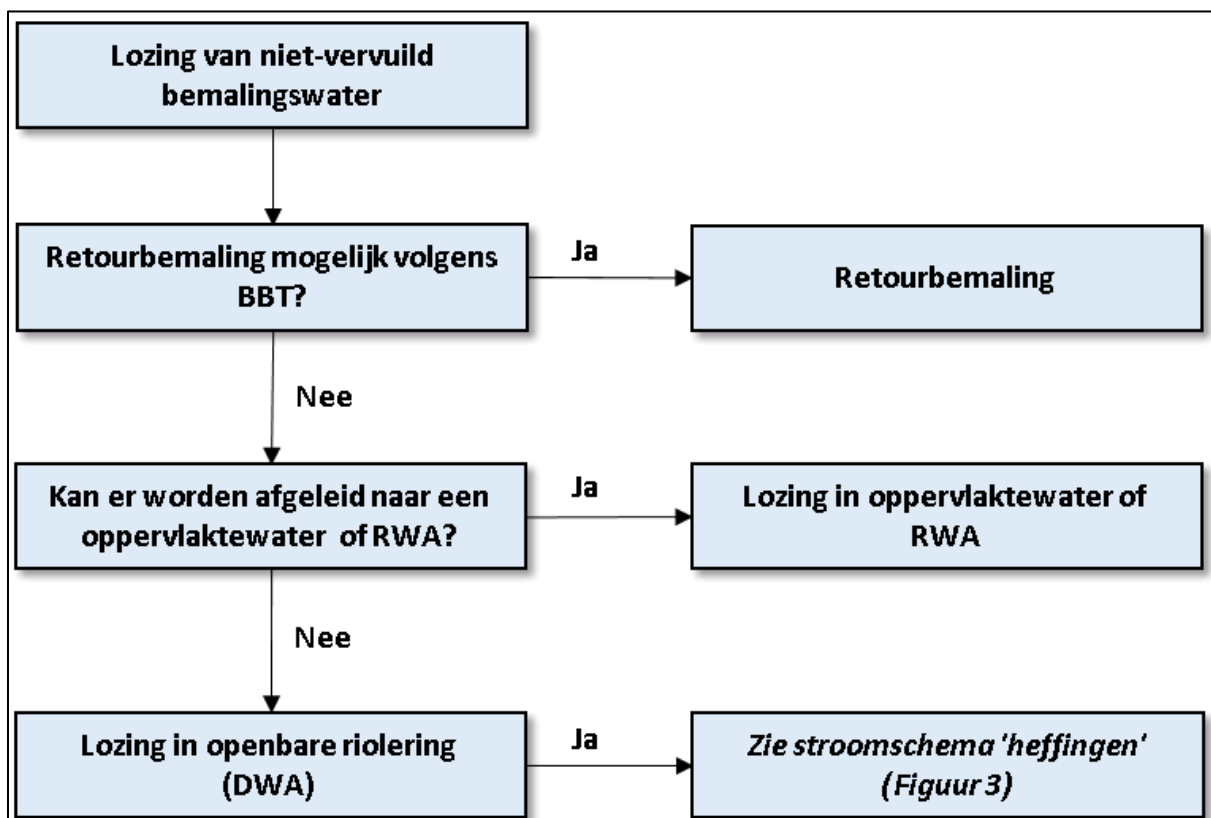
⁵ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=23947&woLang=nl>

⁶ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19112&woLang=nl>

rekening houdende met de resultaten van een risicoanalyse, de kostprijs, de beschikbare ruimte en de technische haalbaarheid. Deze eerste analyse, uitgevoerd door de ontwerper, wordt in vergunningsfase door VMM beoordeeld voor alle vergunningsplichtige bemalingen (klasse 1 en 2).

Indien met de beste beschikbare technieken infiltratie niet mogelijk is, kan het bemalingswater worden afgeleid naar het dichtstbijzijnde oppervlaktewater of regenwaterafvoerstelsel (RWA, opmerking: de RWA maakt deel uit van het hydrografisch net). Er wordt dan best contact opgenomen met de lokale waterloopbeheerder of rioolbeheerder.

Enkel als beide voorgaande opties niet mogelijk zijn (bv. wateroverlast voor derden, vernatting, beperkte capaciteit ontvangend oppervlaktewater, ...), kan er worden geloosd op de openbare riolering (DWA; afvoer van afvalwater naar RWZI). Bij lozing in DWA zijn debieten tot maximaal 10 m³/u zonder meer toegestaan. Indien een hoger debiet wordt geloosd en de riolering is aangesloten op een rioolwaterzuiveringsinstallatie, dan moet hiervoor de uitdrukkelijke schriftelijke toelating worden aangevraagd bij de exploitant van de installatie. Voor Aquafin kan dat online via <http://bemalingen.aquafin.be/formulier.asp>. Aquafin onderzoekt elke aanvraag afzonderlijk om in te schatten wat de gevolgen van de lozing op het zuiveringsproces kunnen zijn. Op basis van deze inschatting wordt een vergoeding berekend binnen een termijn van maximaal 28 dagen.



Figuur 14: stroomschema lozingsvoorwaarden niet-verontreinigd grondwater

3.2 Niet-verontreinigd verzilt bemalingswater

Verzilt bemalingswater wordt eveneens bij voorkeur geretourneerd waarbij rekening moet gehouden worden dat het opgepompte bemalingswater wordt geretourneerd in een grondwaterlichaam met een evenwaardig zoutgehalte. Dit wordt gekwantificeerd in de achtergrondniveaus per grondwaterlichaam.

In geval van lozing in een oppervlaktewater zijn er in Vlarem II bijlage 2.3.1.⁷ voor diverse oppervlaktewaterlichamen richtwaarden opgenomen met betrekking tot het toegelaten zoutgehalte. Lozing in een oppervlaktewater gebeurt steeds in overleg van de beheerder van dit oppervlaktewater.

Indien retourneren en lozing in een oppervlaktewater niet mogelijk zijn, kan er geloosd worden op de openbare riolering onder dezelfde voorwaarden als beschreven onder paragraaf 3.1.

3.3 Verontreinigd bemalingswater

- Het **lozen** van niet behandeld verontreinigd bemalingswater, zowel in oppervlaktewater als in de openbare riolering, is een ingedeelde activiteit waarbij via een vergunning bijkomende lozingsvoorwaarden kunnen worden opgelegd (Vlarem II deel 4 artikel 4.2.3.1.⁸). Bij het bepalen van de lozingsvoorwaarden wordt rekening gehouden met de aard en aanwezigheid van de verontreiniging, de mogelijke verwijderingstechnieken en de impact op oppervlaktewater en/of RWZI. Hiervoor kan richtinggevend ook verwezen worden naar het document 'Standaardprocedure Bodemsaneringsproject' van OVAM (2017).

Wanneer het bemalingswater verontreinigd is, ressorteert het lozen van het bemalingswater onder rubriek 3.4⁹ (lozing zonder afvalwaterzuiveringsinstallatie) of rubriek 3.6¹⁰ (afvalwaterzuiveringsinstallaties, met inbegrip van lozing) in de indelingslijst en dient de lozing als IIOA aangevraagd te worden in het omgevingsloket. De vergunningsklasse is afhankelijk van het debiet en de concentratie van de gevaarlijke stoffen.

Voor de beoordeling van de impact van de lozing op een RWZI gelden de criteria uit het uitvoeringsbesluit van 21 februari 2014 'houdende vaststelling van de regels inzake het lozen van bedrijfsafvalwater op een openbare rioolwaterzuiveringsinstallatie'.

- Het **retourneren** van behandeld bemalingswater ressorteert rubriek 54 (kunstmatige aanvulling van grondwater) of onder rubriek 52 (lozing in grondwater). Bij kunstmatig aanvullen van grondwater (rubriek 54) moet altijd voldaan zijn aan de milieukwaliteitsnorm voor grondwater (art 5.54.4 §1 van VLAREM II). Lozing in grondwater (rubriek 52) kan alleen maar als aan de afstandsregels uit art 4.3.2.1 van VLAREM II voldaan is. Er is een absoluut verbod op rechtstreekse lozing van gevaarlijke stoffen in grondwater ('directe lozing'). Onrechtstreekse lozing van gevaarlijke stoffen ('indirecte lozing') mag slechts binnen zeer strikte voorwaarden, wat in praktijk niet altijd haalbaar is. Organische halogeenvverbindingen (bv. VOCl) en minerale olie zijn voorbeelden van gevaarlijke stoffen die op lijst I van Vlarem II bijlage 2B staan waarvoor lozing in grondwater zowel direct als indirect verboden zijn.

⁷ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=10071&woLang=nl>

⁸ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=8495&woLang=nl>

⁹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70005&woLang=nl>

¹⁰ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70007&woLang=nl>

4 Heffing op winning en lozing van grondwater

Zowel de winning als de lozing van grondwater zijn onderhevig aan heffingen. De wetgeving hieromtrent kan geraadpleegd worden via <https://www.vmm.be/water/heffingen/wetgeving>

4.1 Heffing op winning van grondwater

Een beknopt overzicht van de heffing op de winning van grondwater wordt hieronder opgesomd (zoals van toepassing op 1 augustus 2018).

- Eenieder die meer dan 500 m³ grondwater per jaar onttrekt, is heffingsplichtig en is zelf verantwoordelijk voor het melden van de in- of uitgebruikname van de grondwaterwinning bij de VMM (online via de website).
- Volgende grondwaterwinningen zijn niet onderhevig aan een dergelijke heffing:
 - Een grondwaterwinning waarbij het water uitsluitend wordt opgepompt met een handpomp;
 - Een grondwaterwinning voor het uitvoeren van proefpompen die minder dan drie maanden in gebruik is;
 - Bemalingen die technisch noodzakelijk zijn voor de verwezenlijking van bouwkundige werken of de aanleg van openbare nutsvoorzieningen;
 - Drainages die noodzakelijk zijn om het gebruik en/of de exploitatie van bouw- en weiland mogelijk te maken of houden;
 - Bemalingen die noodzakelijk zijn voor de exploitatie van tunnels voor openbare wegen en/of openbaar vervoer of voor de waterbeheersing van mijnverzakkingsgebieden;

⁶³ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?woId=70005&woLang=nl>

⁶⁴ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?woId=70007&woLang=nl>

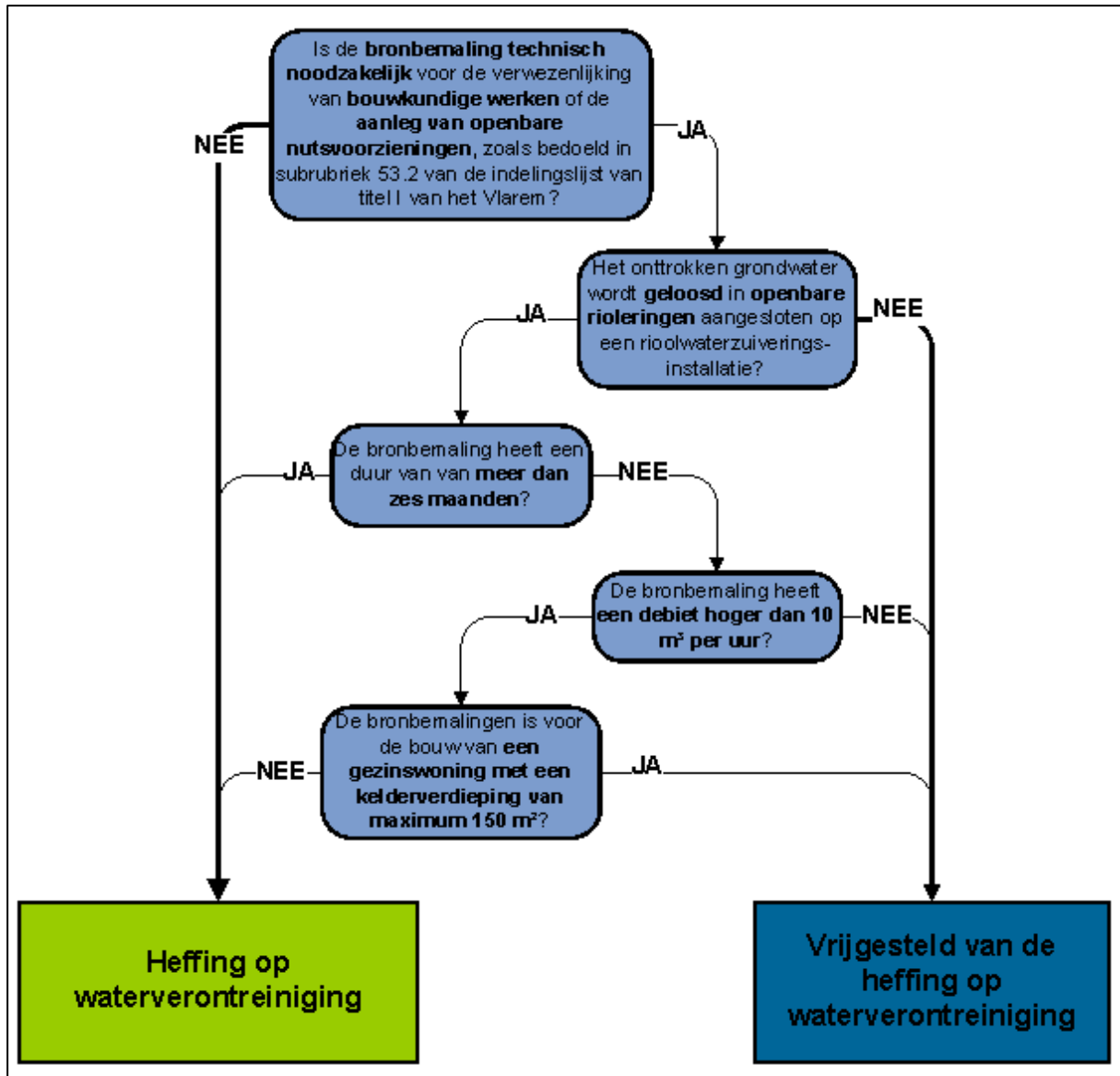
- Bemalingen die noodzakelijk zijn om het gebruik en/of de exploitatie van gebouwen of bedrijfsterreinen mogelijk te maken of houden, op voorwaarde dat:
 - Deze noodzakelijkheid is gestaafd door een hydrologisch attest opgesteld door een erkende MER-deskundige in de discipline water, deeldomein geohydrologie (zie paragraaf 5.3);
 - Het hydrologisch attest vóór 15 maart van elk heffingsjaar bij de algemeen directeur van de VMM (of de door hem gedelegeerde ambtenaar) is ingediend. Uit navraag bij de dienst heffingen van VMM blijkt dat dit attest slechts eenmalig dient te worden opgemaakt. De volgende heffingsjaren kan eenvoudigweg naar dit attest worden verwezen en dient het zelfs niet opnieuw te worden opgestuurd. Een update is enkel nodig indien er aan de bemalingssituatie effectief iets verandert.
- Grondwaterwinningen die gebruikt worden voor koude-warmtepompen, op voorwaarde dat het grondwater na doorstroming van de koude-warmtepomp integraal terug in dezelfde watervoerende laag wordt ingebracht;
- Grondwaterwinningen in het kader van bodemsaneringswerken, waarvoor een conformiteitsattest werd afgeleverd overeenkomstig het decreet van 22 februari 1995 betreffende de bodemsanering.

4.2 Heffing op lozing van grondwater

Ook de lozing van grondwater is onderhevig aan een afzonderlijke heffing (dd. 25/10/2018). Hierop zijn eveneens enkele uitzonderingen van toepassing, die echter in de nabije toekomst zullen worden aangepast. Voor de recentste versie kijkt u best op de milieunavigator of via www.heffingen.be.

- De lozing van opgepompt grondwater in het kader van bodemsaneringswerken en waarvoor een conformiteitsattest werd afgeleverd conform het decreet van 22 februari 1995 betreffende de bodemsanering;
- Vergunde grondwaterwinningen die gebruikt worden voor koude-warmtepompen voor zover het gewonnen niet-verontreinigd grondwater integraal wordt teruggepompt in dezelfde watervoerende laag als waaruit het wordt gewonnen. De heffingsplichtige dient op 1 januari van het jaar dat voorafgaat aan het heffingsjaar in het bezit te zijn van de omgevingsvergunning voor het winnen van grondwater voor koude-warmtepompen. Elke heffingsplichtige die in aanmerking wenst te komen voor de vrijstelling dient bij de aangifte een schriftelijke aanvraag te voegen vergezeld van de bewijsstukken waaruit blijkt dat aan bovenvermelde vrijstellingsvoorwaarden is voldaan;
- Lozing van grondwater dat onttrokken wordt bij bemalingen die technisch noodzakelijk zijn voor de verwezenlijking van bouwkundige werken, of de aanleg van openbare nutsvoorzieningen met uitzondering van:
 - Bronbemalingen van meer dan zes maanden waarvan het onttrokken grondwater wordt geloosd in de openbare riolering aangesloten op een rioolwaterzuiveringsinstallatie;
 - Bronbemalingen gedurende maximum zes maanden waarvan het onttrokken grondwater wordt geloosd in de openbare riolering aangesloten op een rioolwaterzuiveringsinstallatie met een debiet hoger dan 10 m³ per uur. Dit geldt niet voor bronbemalingen van minder dan 6 weken voor de bouw van een gezinswoning met een kelderdiepte van maximum 150 m².

In Figuur 15 werd een stroomschema toegevoegd waarop kan bepaald worden of er al dan niet heffingen betaald moeten worden op het lozen van grondwater (dd. 25/10/2018). Voor het lozen van bemalingswater op de openbare riolering met een debiet hoger dan 10 m³/u moet bijkomend een schriftelijke toelating gevraagd worden bij de exploitant van de installatie. Voor meer informatie wordt verwezen naar paragraaf 3.



Figuur 15 stroomschema voor het bepalen van heffingsplicht op het lozen van grondwater bij bemalingen (© VMM; dd. 25/10/2018)

5 Vlare II

Dit besluit van de Vlaamse Regering centraliseert de erkenningsregeling voor milieudoelinden. Specifiek voor grondwaterhandelingen zijn hiervoor de laboratoria grondwater, de boorbedrijven en de MER-deskundigen geohydrologie van belang.

5.1 Erkende laboratoria grondwater

Om een staalname en analyse te mogen uitvoeren in het kader van Vlare II moet een laboratorium hiertoe worden erkend. De lijst met erkende laboratoria en hun parameterpakketten zijn terug te

vinden op de website van het Departement Omgeving (<https://www.lne.be/erkenningen>). De staalname van grondwater dient te gebeuren conform de vastgelegde compendiummethodes. Voor de staalname van water is het zogenaamde Water Analyse Compendium (WAC) opgesteld. Deze compendiummethodes worden regelmatig geactualiseerd naar de stand der techniek en zijn terug te vinden op de website van Emis (<https://emis.vito.be/nl/Ine-erkenningen-water>). Hierin staan specifiek de te volgen procedures omschreven voor staalname, conservering en analyse van verschillende types water en hun parameters.

5.2 Erkende boorbedrijven

Sinds 1 januari 2015 mogen enkel daartoe erkende boorbedrijven in Vlaanderen boringen uitvoeren voor grondwaterwinning of deze buiten gebruik nemen (opvullen). Het erkende boorbedrijf dient tevens voorafgaand aan het boren te verifiëren of de boring/grondwaterwinning in kwestie (indien noodzakelijk) is vergund dan wel er een aktenaam aanwezig is. Indien dit niet het geval is mag er niet worden gestart met de boorwerkzaamheden. Het boorbedrijf dient zich ook te houden aan de bepalingen uit de vergunning/regelgeving (bv. boordiepte/watervoerende laag). Het uiterlijk 2 dagen voorafgaand melden van de start van de boorwerkzaamheden voor vergunningsplichtige activiteiten aan de toezichthouders is tevens de taak van het erkende boorbedrijf. Om de erkenning te krijgen/behouden is er periodieke bijscholing van het personeel vereist.

De lijst van Vlarel-erkende boorbedrijven kan geraadpleegd worden via de website van VMM (<https://www.vmm.be/water/grondwater/erkende-boorbedrijven>).

5.3 MER-deskundigen discipline water deeldomein geohydrologie

Deze specifieke subcategorie van MER-deskundigen komt in de toepasselijke Vlarem grondwaterregelgeving voor bij het opmaken van hydrogeologische studies en bij de bepaling van de ligging van peilputten bij klasse 1-grondwaterwinningen met een vergund volume van meer dan 30.000 m³/jaar.

5.3.1 Hydrogeologische studie en technisch rapport

Voor grondwaterwinningen, en dus ook bemalingen, met een totaal bruto opgepompt debiet van meer dan 2.500 m³/dag of meer dan 500.000 m³/jaar dient er een hydrogeologische studie + technisch rapport te worden toegevoegd bij de omgevingsvergunningsaanvraag (zie stroomschema in [bijlage 6.6](#)). Deze studie dient minimaal te omvatten:

- Een hydrogeologische studie van het terrein en de omgeving, uitgevoerd door één of meerdere deskundigen, die ten minste voldoende inzicht moet verschaffen inzake:
 - een algemene beschrijving van het terrein en de omgeving;
 - de geologische kenmerken, waaronder de kenmerken van de bodem en de ondergrond (geologische opbouw, precieze granulometrische en lithologische kenmerken van de verschillende formaties), van het terrein waarop de lozing, de grondwaterwinning, de kunstmatige aanvulling of het opvullen met niet-verontreinigde uitgegraven bodem is gepland, respectievelijk de stortplaats of opslagplaats wordt ingericht, en van de omgeving;
 - de hydrogeologische kenmerken van het terrein waarop de lozing, de grondwaterwinning of de kunstmatige aanvulling of het opvullen met niet-verontreinigde uitgegraven bodem is gepland, respectievelijk de stortplaats of opslagplaats wordt ingericht, en van de omgeving:
 - een algemene beschrijving van de waterhuishouding;

- een uitvoerige beschrijving van alle hydrogeologische kenmerken van de watervoerende lagen (onder andere hydraulische geleidbaarheid, transmissiviteit en bergingscapaciteit);
 - de bepaling van de stromingsrichtingen en de stromingssnelheid van het grondwater;
 - de vermelding en beschrijving van de ondoorlatende lagen;
 - een analyse van de piëzometrische waarnemingen;
 - de fysico-chemische kenmerken van het grondwater: aan de hand van referentiewaarnemingen de fysico-chemische kenmerken van het grondwater ter plaatse precies beschrijven;
 - een overzicht van de grondwaterwinningen in een straal van 5 km door middel van een omschrijving van:
 - het debiet van de grondwaterwinning;
 - de aangesproken waterlaag van de grondwaterwinningen;
 - de piëzometrische effecten.
 - een berekening van de afpompings- respectievelijk aanvullingskegel in de watervoerende laag waaruit water zal worden gewonnen;
 - de effecten op het bodemwater;
 - een algemeen besluit.
- Een technisch rapport waarin het effect, met inbegrip van de gevolgen op de natuur en het natuurlijk milieu, van de geplande grondwaterwinning op de openbare en private bovengrondse eigendommen is bestudeerd en omschreven.

5.3.2 Bepaling ligging peilputten

Peilputten die dienen te worden aangelegd in het kader van het opvolgen van de grondwaterstand bij klasse 1-grondwaterwinningen met een vergund volume van meer dan 30.000 m³/jaar, dienen in overleg met de MER-deskundige in de discipline water, deeldomein geohydrologie te worden geplaatst. De deskundige bepaalt de ligging zodanig dat de afpompingskegel van de waterwinning in de aangesproken watervoerende laag en de invloed in de bovenliggende watervoerende lagen door meting bepaald kan worden. De diameter van de peilbuis in de watervoerende laag waaruit water gewonnen wordt, moet ook het nemen van waterstalen mogelijk maken (Vlarem II artikel 5.53.4.1.⁶⁵).

6 Debietmeters

Bij elke vergunnings- of meldingsplichtige grondwaterwinning moet verplicht een debietmeter geplaatst worden (Grondwaterdecreet artikel 28quinquies §1⁶⁶ en Vlarem II artikel 5.53.3⁶⁷). Het aantal debietmeters dient door de ontwerper oordeelkundig bepaald te worden zodat een globaal beeld van de werking van de bemaling verkregen kan worden. Het toegelaten type debietmeter en voorwaarden met betrekking tot de plaatsing en registratie bij grondwaterwinningen staat vermeld in Vlarem II

⁶⁵ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19092&woLang=nl>

⁶⁶ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=3936&woLang=nl>

⁶⁷ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19070&woLang=nl>

artikel 5.53.3².

Het meten van het debiet bij een bemaling heeft verschillende doeleinden. Het bemalingsdebiet kan gecontroleerd worden door de vergunningverlenende overheid en de heffingen die eventueel moeten betaald worden, kunnen becijferd worden. Het meten van het bemalingsdebiet kan ook aanwijzingen geven over mogelijke problemen met filters (bv. verstoppingen) en zorgt voor een terugkoppeling naar de bemalingsstudie wat bijdraagt aan het leerproces.

De meetinrichtingen worden onder de verantwoordelijkheid van de exploitant geplaatst voor het eerste aftappunt van het gewonnen grondwater. De meetinrichtingen worden geplaatst volgens een code van goede praktijk. Onderstaande types debietmeters worden door Vlarem II artikel 5.53.3.2. §1² toegelaten.

- een vleugelradmeter of meter met schroef van het Woltman type;
- een dynamische turbinemeter;
- een elektromagnetische meter;
- een ultrasone meter;
- een gecombineerde meter: een meter die binnen hetzelfde huis een combinatie is van de meters, vermeld in de voorgaande punten.

Een code voor goede praktijk voor het gebruik van debietmeters is in opmaak en wordt opgesteld door VITO. Deze publicatie is tijdens het opstellen van de nieuwe richtlijnen bemalingen (dd. 25/10/2018) nog niet beschikbaar.

6.8 Bemalingstechnieken

Deze bijlage geeft een overzicht van de verschillende bemalingstechnieken. Iedere techniek wordt beschreven en er wordt aangegeven wanneer welke techniek kan toegepast worden. Verder worden daar waar relevant bijzonderheden en kwaliteitsaspecten besproken.

Inhoudsopgave

1	Open bemaling	89
1.1	Beschrijving	89
1.2	Toepassingsgebied	90
2	Bemaling met horizontale drains	90
2.1	Beschrijving	90
2.1.1	Voordelen	94
2.1.2	Nadelen	94
2.2	Toepassingsgebied	95
2.3	Aandachtspunten	95
3	Zand/grind palen, verticale drains, drainagewieken	97
3.1	Beschrijving	97
3.2	Variante	97
3.3	Toepassingsgebied	97
3.4	Belangrijke aandachtspunten	98
4	Bemaling met verticale filters	98
4.1	Gravitaire filterbemaling	99
4.1.1	Beschrijving	99
4.1.2	Eigenschappen	100
4.1.3	Toepassingsgebied	101
4.2	Getrapte filterbemaling	103
4.2.1	Beschrijving	103
4.2.2	Toepassingsgebied	103
4.2.3	Bijzonderheden	104
4.3	Vacuüm filterbemaling	105
4.3.1	Beschrijving	105
4.3.2	Eigenschappen	105
4.3.3	Toepassingsgebied	106

5	Bemaling met dieptebronnen	106
5.1	Gravitaire dieptebronnen met onderwaterpompen	106
5.1.1	Beschrijving.....	106
5.1.2	Eigenschappen	110
5.1.3	Toepassingsgebied	111
5.2	Vacuüm dieptebronnen	112
5.2.1	Beschrijving.....	112
5.2.2	Toepassingsgebied	113
6	Spanningsbemaling	113
6.1	Beschrijving.....	113
6.2	Eigenschappen.....	113
6.3	Toepassingsgebied.....	113
7	Retourbemaling.....	115
7.1	Retourbemaling door middel van diepe infiltratie	115
7.1.1	Beschrijving.....	115
7.1.2	Toepassingsgebied	117
7.1.3	Bijzonderheden bij de uitvoeringsaspecten bij retourbemaling.....	118
7.2	Retourbemaling door middel van oppervlakte-infiltratie	123
7.2.1	Beschrijving.....	123
7.2.2	Toepassingsvoorwaarden.....	123

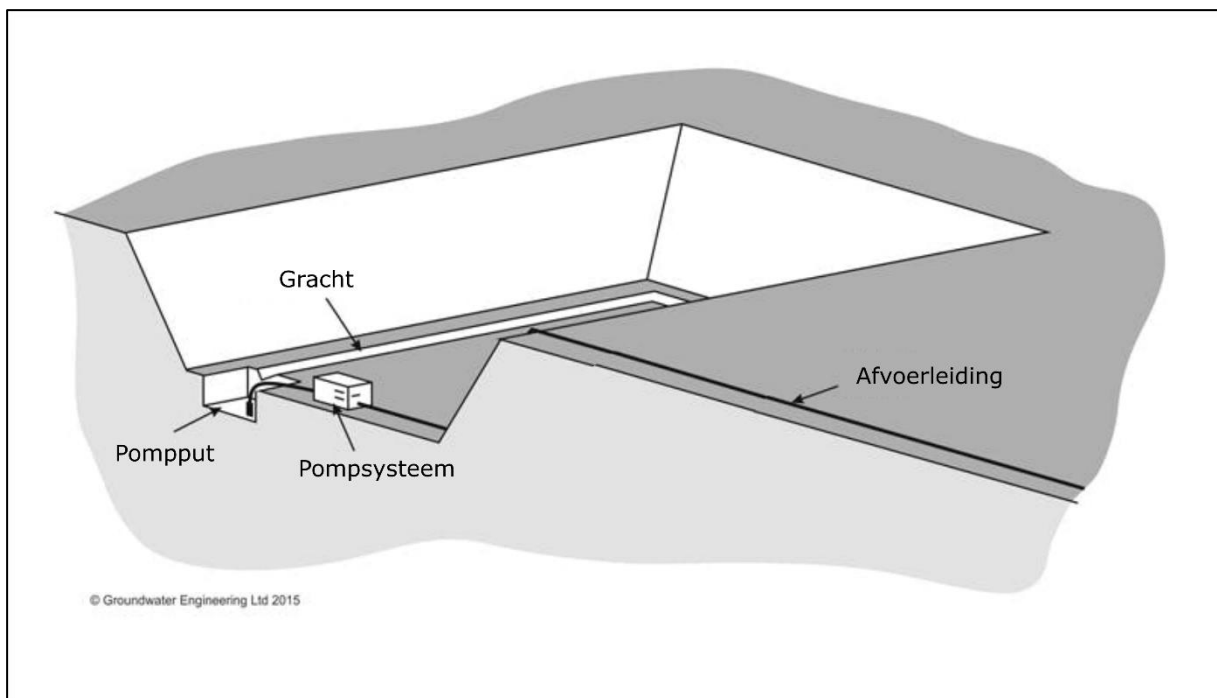
1 Open bemaling

1.1 Beschrijving

Men spreekt van een open bemaling wanneer er zonder filters, bronnen of diep aangelegde drains rechtstreeks water wordt verwijderd vanuit een bouwput, waarbij dit water langs de taluds of de bouwputbodem in de bouwput terecht komt. In de bouwput wordt meestal een drainerende laag (steenslag, draineerzand, ...) aangelegd met een dikte van ca. 30 cm. In deze laag worden een aantal afwateringsdrains geïnstalleerd. Deze drains worden aangesloten op een collectorleiding of gracht die uitgaat op een pompput (Figuur 16). Met een klokpomp, een zelfaanzuigende centrifugaalpomp of een zelfaanzuigende membraanpomp wordt het water uit de bouwput weggepompt.

Soms wordt er geen drainerende laag aangebracht en wordt de pomp gewoon op de bouwputbodem geplaatst. Dit is echter niet ideaal. Door het water gaat de oppervlaktelaag verweken waardoor de werkvloer al snel een modderbad wordt. Het water dat verpompt wordt bevat in dit geval ook veel meer gronddeeltjes, waardoor de pomp sneller verslijt. Een zuigerpomp is niet geschikt voor het uitvoeren van een open bemaling. Het toestromende water kan immers heel wat zand bevatten waardoor de pomp snel verslijt.

Ook in een bouwput die hydraulisch afgesloten is met waterkerende wanden tot in een ondoorlatende laag kan een open bemaling worden toegepast omdat zowel de wanden als de bouwputbodem hydraulisch geïsoleerd zijn.



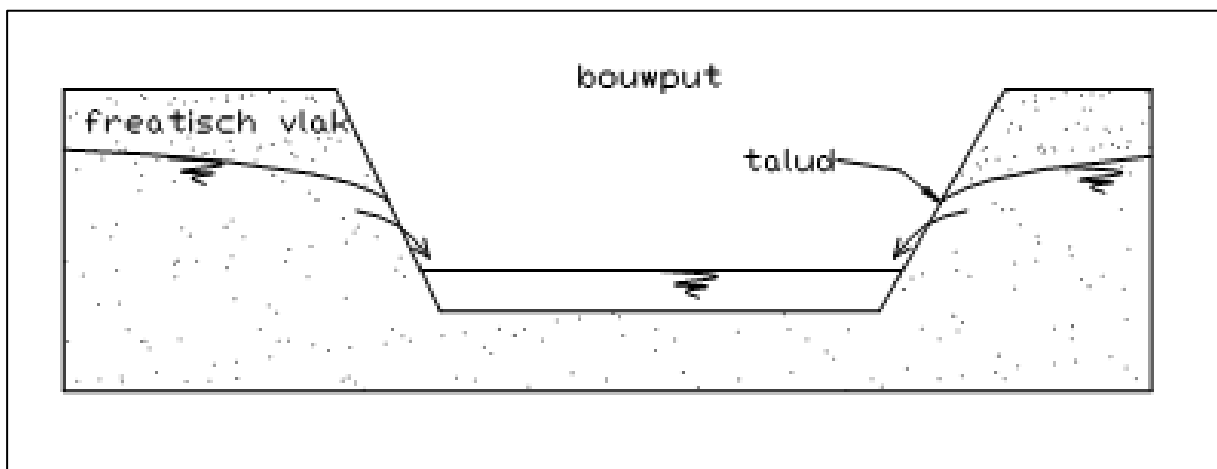
Figuur 16 conceptuele opstelling van een open bemaling (bron: Groundwater Engineering Ltd)

1.2 Toepassingsgebied

Een open bemaling wordt toegepast om :

- hemelwater en grondwater uit de bouwput te pompen;
- restwater dat door de taluds de bouwput insijpelt af te voeren;
- bij uitgravingen in weinig doorlatende gronden (klei en leem) en in stabiele rotsmassieven het grondwater af te voeren.

In de meeste gevallen verloopt de ontgraving veel sneller (bv. op één dag) dan de daling van de grondwaterstand in de omgeving van de bouwput. Daardoor zal de grondwatergradiënt steiler zijn dan de helling van het talud (Figuur 17). Omdat de waterstroming de gronddeeltjes uitspoelt uit het talud en uit de bouwputbodem is een open bemaling niet geschikt om grondwater af te voeren in goed doorlatende zandgronden.



Figuur 17 open bemaling waarbij restwater door de taluds de bouwput insijpelt

2 Bemaling met horizontale drains

2.1 Beschrijving

Bij een horizontale bemaling wordt een drain ingegraven/gefreesd onder de grondwaterstand (Figuur 18). Eigenlijk wordt zo een horizontale filter aangebracht. De drain wordt vervolgens aangesloten op:

- een zuigerpomp of centrifugaalpomp (Figuur 19);
- een pompput waaruit het water weggepompt wordt met een klokpomp of een vacuümpomp.

De drain wordt in de grond gebracht met een kettinggraafmachine (Figuur 20). Hiermee kan per dag ca. 1.500 m drainering worden ingebracht. Dit is bijzonder veel in vergelijking met andere bemalingstechnieken. Indien de sleuf dient aangevuld te worden met draineerzand, daalt het rendement en is een lengte van ca. 500 m per dag realiseerbaar.

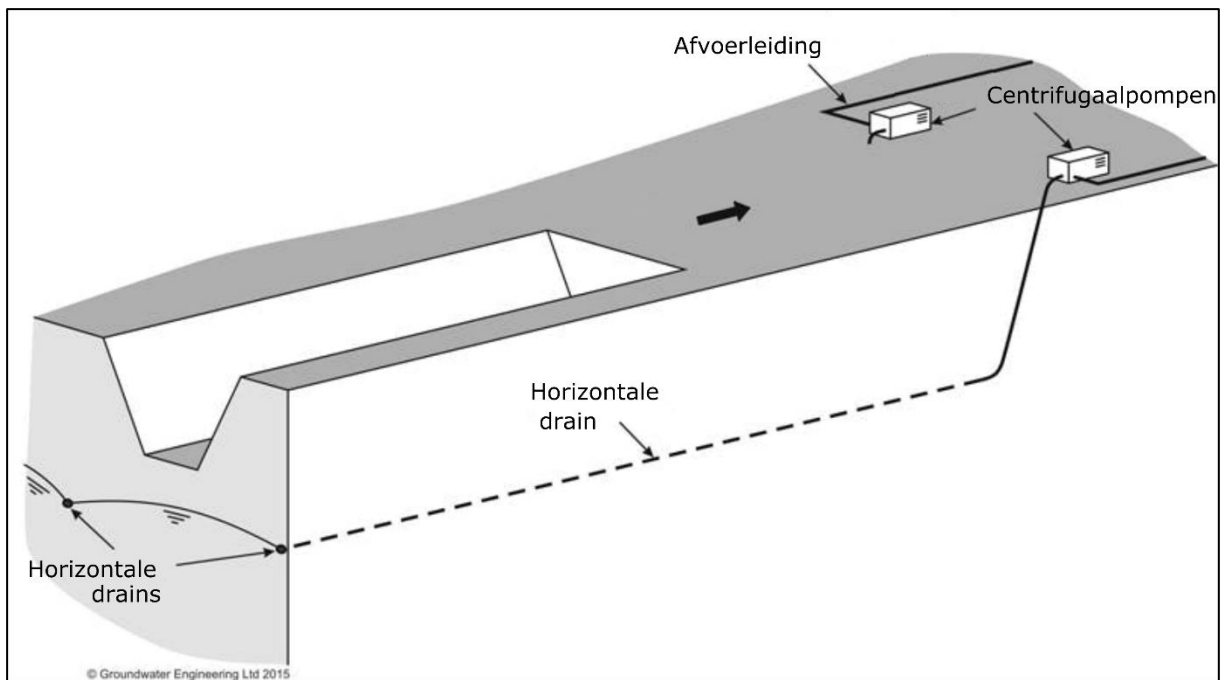
De voorwaarde is wel dat de ondergrond vrij is van harde insluitsels zoals steenbanken en steenhoudende aanvullingen, ... De machine wordt hier immers zwaar door beschadigd.

De huidige machines laten toe een drain in te frezen tot op een diepte van ca. 6 tot 8 m. Het grondwater kan hiermee maximaal verlaagd worden tot ca. 4 m onder het aanzuigniveau van de pomp.

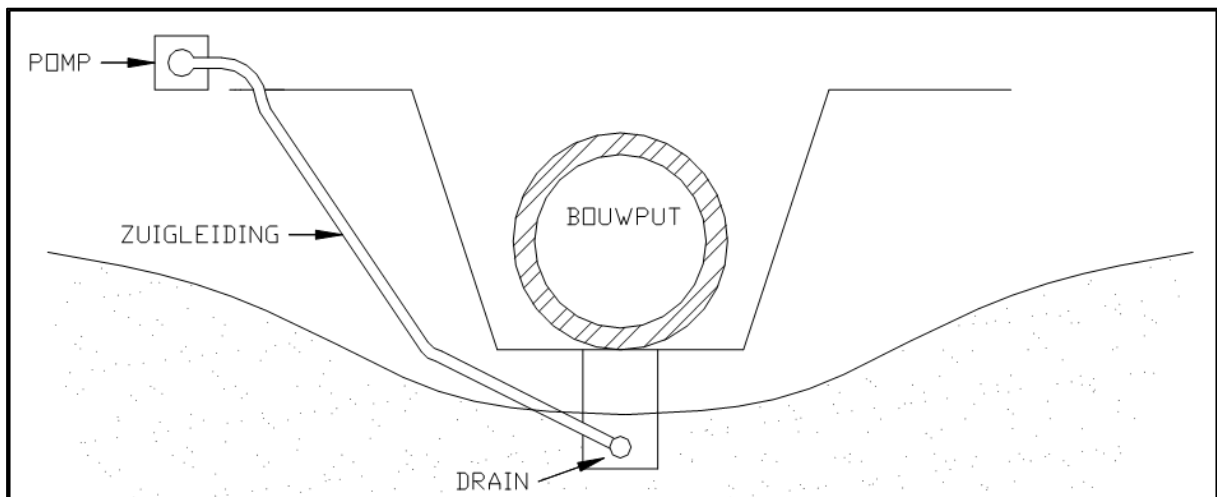
Het debiet dat verpompt wordt met een horizontale bemaling is kleiner dan het debiet verpompt met om het even welke andere bemalingstechniek. Dit komt omdat de diepte tot waarop de watervoerende

laag betrokken wordt bij de onttrekking minimaal is bij deze techniek.

In slecht doorlatende ondergronden of in gronden met veel stoorlagen wordt de drainsleuf aangevuld met draineerzand. Dit verhoogt in aanzienlijke mate de kostprijs per meter.



Figuur 18 conceptuele opstelling van een bemaling met horizontale drains (bron: Groundwater Engineering Ltd)



Figuur 19 installatie van een drain bij een horizontale bemaling



Figuur 20 kettinggraafmachine aan het werk



Figuur 21 trekken van een horizontale drain in een reeds gedeeltelijk uitgegraven bouwput

2.1.1 Voordelen

- Het hoge rendement waarmee de bemaling wordt aangebracht;
- Het afwezig zijn van zuigleidingen, onttrekkingsbronnen of bemalingsfilters. Hierdoor kan de aannemer beschikken over meer werkruimte. De installatie is hierdoor ook minder schadegevoelig;
- Het relatief lagere debiet dat moet onttrokken worden om een bepaalde verlaging te bekomen en de snelle ontwatering. Beide voordelen komen voort uit de ondiepe ligging van de drain;
- De relatief beperkte invloed op de omgeving. Het debiet is kleiner en de betrokken laagdikte is ook kleiner dan bij elke andere techniek;
- Het opvangen van restwater dat opgehouden wordt door stoorlagen. Door het infrezen van de drain worden alle stoorlagen doorbroken. Het water dat toestroomt over deze lagen vindt onmiddellijk zijn weg naar de drain, vooral indien de gefreesde sleuf is aangevuld met draineerzand;
- Het perfecte resultaat dat bekomen wordt bij een bemaling tot op een ondoorlatende laag. Al het restwater dat toestroomt over de ondoorlatende laag wordt door de drains opgevangen.

2.1.2 Nadelen

- De logge en weinig wendbare kettinggraafmachines maken het onmogelijk om drains in te frezen op kleine en ingewikkelde werven;
- De hoge kost van de kettinggraafmachines (vereist een hoog rendement om rendabel te zijn);

- De ondergrond moet volledig vrij zijn van harde obstakels (stenen, kabels of leidingen). Een bemaling met horizontale drains beperkt zich dan ook tot die plaatsen waar de ondergrond ongeroerd is en waar er geen steenbanken aanwezig zijn, of tot opgespoten zanden. In bebouwde gebieden is het nagenoeg uitgesloten om met horizontale drains te werken. Ook het gebruik op locaties waar kabels en leidingen moeten gekruist worden, is uitgesloten;
- De drain blijft achter in de grond. Bij eventuele herstellingen aan leidingen, of wanneer een nieuwe bouwput wordt uitgevoerd, blijft de drain water aanvoeren vanuit de wijde omgeving.

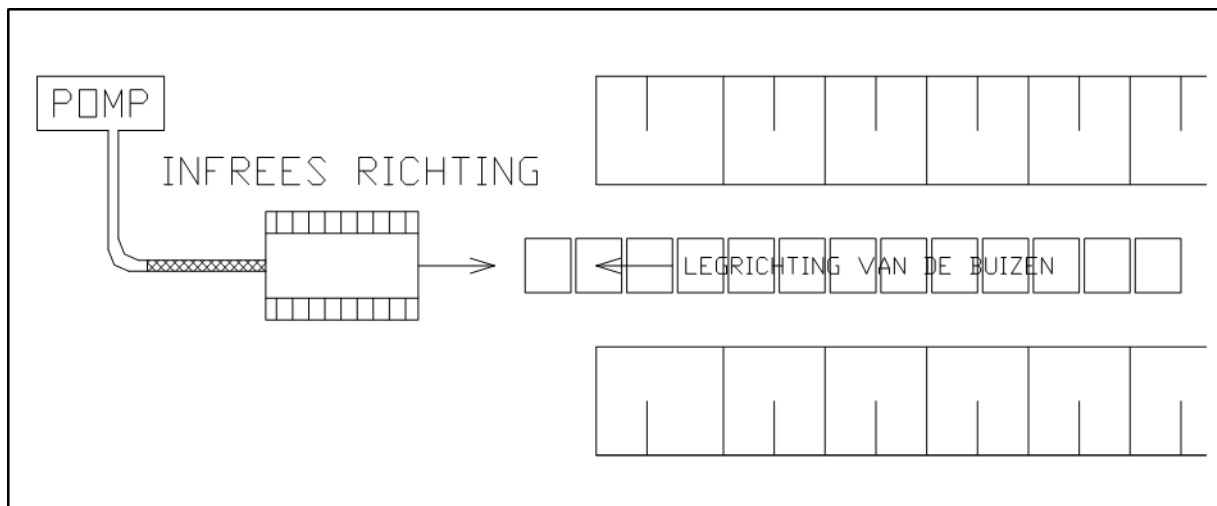
2.2 Toepassingsgebied

Uit een vergelijking van de voor- en de nadelen van de techniek volgt dat een horizontale drainage uiterst geschikt is voor:

- Het aanleggen van transportleidingen (hoog rendement en korte bemalingstijd);
- Permanente bemalingswerken (minimaal debiet);
- Het bemalen van uitgestrekte bouwputten (er staat nooit bemalingsmateriaal in de weg, het debiet is minimaal, de uitvoering gebeurt snel);
- Het bemalen tot op een ondoorlatende laag, omdat het debiet tweedimensionaal onderbroken wordt (in tegenstelling tot filters of bronnen waar er water tussen de filters of bronnen kan stromen);
- Permanente bemaling met drains onder de vloerplaat van gebouwen. Hier komt geen kettinggraafmachine aan te pas. Het betreft hier het wegnemen van druk onder een vloerplaat van een gebouw dat hydraulisch van zijn omgeving geïsoleerd is, bijvoorbeeld door middel van waterkerende wanden die aansluiten op een kleilaag. Hoe goed deze hydraulische isolatie ook is, er ontstaat na verloop van tijd altijd een drukopbouw onder de vloerplaat, die overeenkomt met de oorspronkelijke grondwaterstand. Om die druk weg te nemen wordt er een grindlaag onder de vloerplaat aangebracht, en voorzien van horizontale drains, die via een collectorleiding uitmonden in één of meerdere pompputten. Vanuit deze pompputten wordt het lekwater meestal met vlotterpompjes weggepompt. De debieten zijn meestal zeer klein, afhankelijk van de kwaliteit van de waterkerende wanden en de (on)doorlatendheid van de afsluitende laag waarin ze zijn aangezet. Het water kan hiermee verlaagd worden tot ca. 1,5 m boven het aanlegpeil van de drains.

2.3 Aandachtspunten

- **Freesrichting.** De drain wordt meestal in tegenovergestelde richting gefreesd van de aan te leggen collectorleiding (Figuur 22). In het geval de drain wordt stuk gegraven kan hij ingekort worden en kan op het overblijvende gedeelte gepompt worden. Uitzonderingen op deze regel mogen enkel gemaakt worden indien het terrein sterk hellend is. De pomp wordt dan steeds op het laagste punt van de drain geplaatst;



Figuur 22 freesrichting van drains

- **Lengte van de drain.** De lengte van de individuele drainstrengen wordt hoofdzakelijk bepaald door de capaciteit van de pomp en de doorlatendheid van de ondergrond. Een lagere pompcapaciteit en een hogere doorlatendheid geven steeds aanleiding tot een kortere lengte van de drain. De lengte van de drain wordt voor leidingwerken steeds beperkt tot maximaal 80 à 100 m. In erg doorlatende gronden kan het nodig zijn om de lengte van de drain te beperken tot 50 m of zelfs korter. Voor permanente drains (hier worden de drains aangesloten op een collectorleiding en stroomt het water gravitair toe) kunnen strengen tot 150 m gebruikt worden;
- **Terreinnivellering.** Het hoogste punt van de drain bepaalt het bemalingspeil. Bij bemalingswerken met drains is het bijgevolg erg belangrijk dat het terrein genivelleerd is. Per streng zijn hoogteverschillen van meer dan 0,5 m, bv. door een slordige nivellering van het terrein, onaanvaardbaar. Luchtinbraak en wegvallen van het vereiste waterdebiet zijn dan het gevolg. De drain zal op dergelijke strengen nooit het gewenste resultaat behalen. Hierdoor zullen achteraf bijkomende werken noodzakelijk zijn. Bij de aanleg van pijpleidingen en persleidingen kan het gebeuren dat de werken dienen uitgevoerd te worden op een sterk hellend terrein. In dit geval moet de pomp steeds aangesloten worden op het laagste punt van de drain. Water stroomt immers naar beneden;
- **Overgang blinde drain.** De hoogte waarop de overgang gemaakt wordt tussen het blind gedeelte en de drain is, net als de nivellering van het terrein, bepalend voor het bereikte resultaat. De grondwaterstand kan maximaal verlaagd worden tot 0,5 m boven het hoogste peil van de drain. Door het slordig aanzetten van de drain wordt het resultaat van de volledige streng beperkt;
- **Schoonpompen.** De drain dient grondig te worden schoon gepompt. Hierdoor wordt vermeden dat hij dichtslibt. In geval van vacuümpompen kan dit immers aanleiding geven tot het dichtslaan van de drain. Een drain kan schoon gepompt worden door het onttrekkingsdebiet geleidelijk op te voeren. Dit kan bijvoorbeeld door het vacuüm slechts geleidelijk op te voeren. Meestal is het water dat wordt opgepompt na een kwartier reeds zuiver. De pomp mag dan op volle capaciteit draaien;
- **Aansluiting.** Het is absoluut noodzakelijk dat de drain luchtdicht op de pomp wordt aangesloten. Dit kan vastgesteld worden door een vacuümmeter aan te brengen op de pomp. Blijft het vacuüm te laag, dan is er ergens een luchtlek;

- **Aansluiting drain – collectorleiding (permanente bemaling).** In het geval van permanente drains dienen de drains aangesloten te worden op een collectorleiding. De drains moeten vaak ook gedurende een zeer lange periode dienst doen. Het is dan ook zeer belangrijk dat zij nooit droog komen te staan (groei biologische organismen) en dat de aansluiting op de collectorleiding niet kan dichtslibben;
- **Volgorde van de bewerkingen (permanente bemaling).** Bij de aanleg van een permanente bemaling met drains worden in eerste instantie de collectorput en collectorleiding aangelegd. Hiertoe wordt een tijdelijke bemaling voorzien. Slechts dan kan overgaan worden tot het infrezen en het aansluiten van de drains. De drains gaan immers onmiddellijk water geven. Als er geen collectorleiding vooraf is aangelegd kan dit water onmogelijk opgevangen worden.

3 Zand/grind palen, verticale drains, drainagewieken

Een verticale drainage wordt zelden als bemalingstechniek op zich toegepast. Het is eerder een aanvulling op andere bemalingstechnieken. De bedoeling is om de verticale doorlatendheid in ondiepe pakketten te vergroten, waardoor deze beter ontwaterd kunnen worden door de meestal dieper liggende onttrekking.

3.1 Beschrijving

Een verticale drainage bestaat uit:

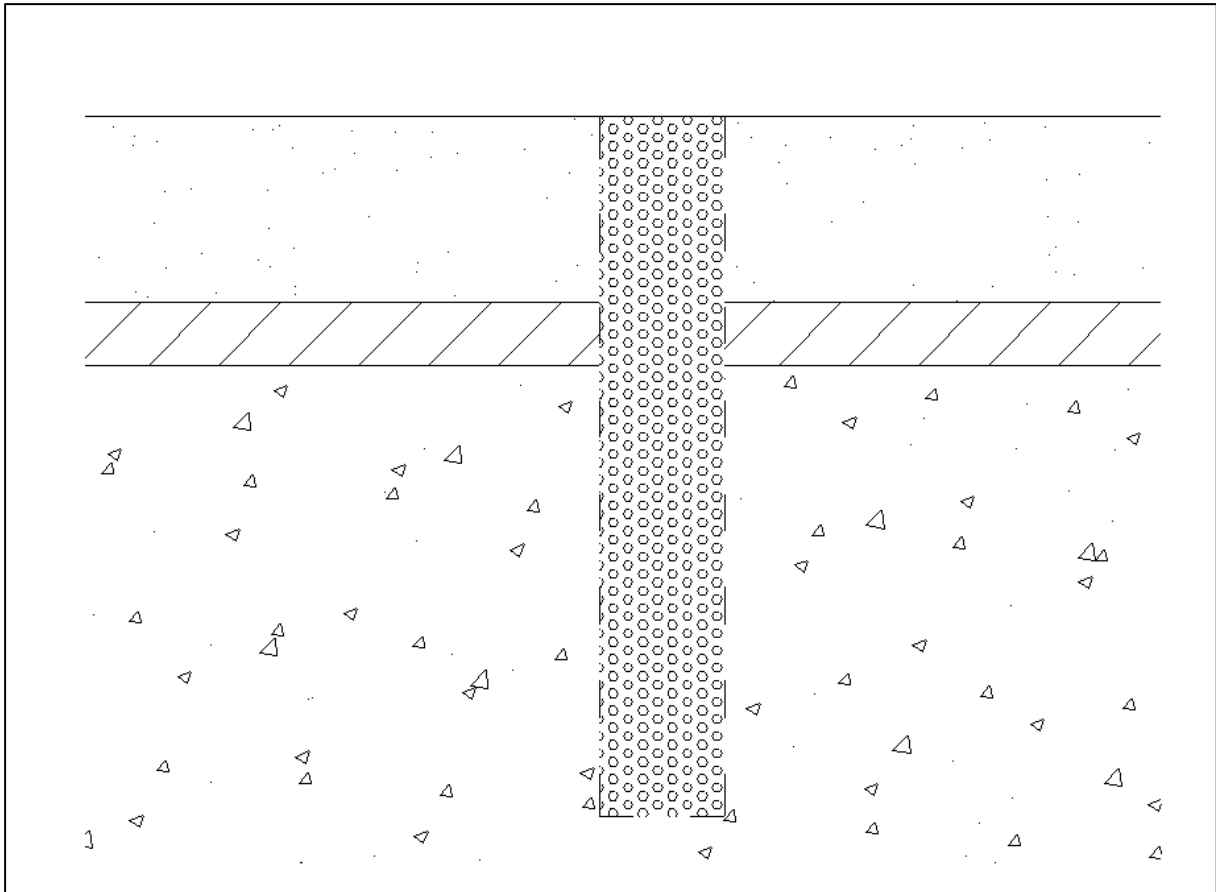
- een aantal met draineerzand of draineergrind aangevulde boorgaten (Figuur 23). De boorgaten worden aangebracht door een stoorlaag, in een dicht raster. De onderlinge afstand van de zandpalen is meestal kleiner dan 5 m. Het grondwater kan nu door de stoorlaag stromen;
- een verschil in grondwaterstand. Om een stroming ook werkelijk mogelijk te maken moet de grondwaterstand in de laag beneden de stoorlaag lager zijn dan de grondwaterstand in de laag boven de stoorlaag. Soms is dit reeds het geval. In andere situaties moet de grondwaterstand onder de waterremmende laag kunstmatig verlaagd worden.

3.2 Variante

Een variante van verticale drainage bestaat uit het installeren van verticale 'wieken' in een dicht raster. Dit zijn doorlatende geotextielen die verticaal in de grond worden gedrukt. Dit wordt meestal toegepast om slecht doorlatende en zettingsgevoelige gronden in functie van toekomstig gebruik versneld te ontwateren en dus ook te consolideren. Dit betekent in feite het bewerkstelligen van zettingen vooraleer het terrein in gebruik komt om toekomstige zettingen te vermijden.

3.3 Toepassingsgebied

Een verticale drainage wordt aangelegd om de verticale doorlatendheid van ondiepe pakketten te vergroten zodanig dat er hydraulisch contact wordt gemaakt met dieper liggende onttrekkingsvoorzieningen.



Figuur 23: conceptueel voorbeeld van een grindpaal die een ondoorlatende laag doorkruist

3.4 Belangrijke aandachtspunten

- **Opwaartse/neerwaartse stroming.** Door het aanbrengen van een verticale drainage worden stoorlagen onherroepelijk beschadigd. Beide watervoerende pakketten blijven voor eeuwig met mekaar in verbinding, dus ook na het beëindigen van de bemaling. De grondwaterstanden zullen mekaar dan ook beïnvloeden, wat nadelige gevolgen kan hebben. Land dat vroeger droog was kan hierdoor eventueel onder water komen te staan of vochtige bovenlagen kunnen hierdoor uitdrogen;
- **Grondwaterkwaliteit.** Door het verbinden van beide watervoerende lagen zal er een menging ontstaan van het grondwater uit beide lagen. Bij een vervuilde bovenliggende laag zal ook het grondwater in de onderliggende laag vervuild worden wat de techniek ontoepasbaar maakt bij aanwezigheid van verontreinigingen;
- Het in verbinding brengen van **gescheiden watervoerende lagen** is bij wet verboden. Verticale drainage kan dan ook alleen maar toegepast worden binnen hetzelfde watervoerende pakket dat als dusdanig in de HCOV is gedefinieerd. In de praktijk is dit het quartaire pakket. De tijdelijke en permanente gevolgen van het toepassen van een verticale drainage moeten door de ontwerper beoordeeld worden.

4 Bemaling met verticale filters

Verticale filterbemalingen worden toegepast in matig tot goed doorlatende watervoerende lagen. De maximale bemalingsdiepte is beperkt tot ongeveer 4,5 onder het niveau van de pomp, tenzij een getrapte filterbemaling wordt toegepast (zie paragraaf 4.2). Een bemaling met verticale filters bestaat

steeds uit:

- een vacuümpomp/zuigerpomp met afvoerleiding;
- een verzamelleiding/zuigleiding;
- onttrekkingsfilters.

Bemalingsfilters bestaan meestal uit een blinde haalbuis (diameter ca. 32-50 mm), die onderaan open is en schuin aangesneden en die over een zekere lengte is omgeven door een geperforeerde PVC ribbelbuis en filtertextiel. Dit element is het eigenlijke filterelement. Het water sijpelt door het draingedeelte langsheen de haalbuis naar het diepste punt naar beneden waarna het intreedt in de haalbuis. De haalbuizen worden aangesloten op een collectorleiding die verbonden wordt met een zuigerpomp. De filters worden ingebouwd door middel van kleine spoelboringen (diameter ca. 100 mm; machinaal geboord of met de hand gelanst). In een zandig profiel worden ze niet omstort met filtergrind, en stort de boorgatwand in rondom de filter. In slechter doorlatende grondlagen, en zeker wanneer korte filters (lengte < 8 m) worden aangebracht, wordt wel filtergrind gestort, en een kleistop aangebracht om een vacuümbemaling mogelijk te maken. Via de aangevulde annulaire ruimte van de gespoelde boorgaten wordt de lokale verticale doorlatendheid verhoogd.

Op basis van de lengte van de haalbuis en het type van de filter kan een onderscheid gemaakt worden tussen :

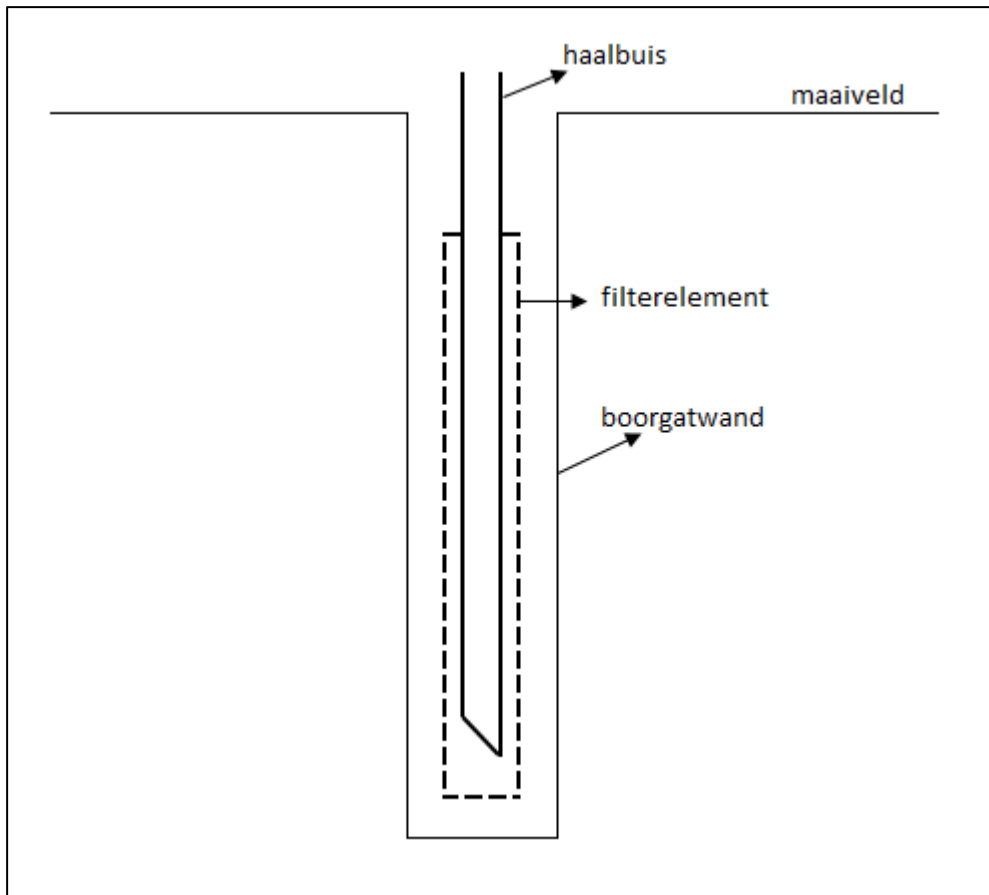
1. gravitaire filterbemalingen (paragrafen 4.1 en 4.2);
2. vacuüm filterbemalingen (paragraaf 4.3).

4.1 Gravitaire filterbemaling

4.1.1 Beschrijving

Gravitaire bemalingsfilters hebben een haalbuis met een lengte (diepte) die groter is dan het vacuüm dat de pomp haalt. Voor een goed werkende pomp is dit minstens 10 m beneden het installatieniveau van de pomp. Vermits de atmosferische druk ca. 10 m waterkolom bedraagt, en het vacuüm dat in de praktijk gehaald wordt maximaal 9 à 9,5 m waterkolom bedraagt, kan met dergelijke filters nooit lucht aangetrokken worden indien het leidingwerk luchtdicht is aangelegd. Een gravitaire bemaling kan ook met minder diepe haalbuizen worden aangelegd, als het vacuüm van de pomp wordt beperkt.

Het filterelement rond de haalbuis is variabel in lengte en wordt bepaald in functie van het grondonderzoek. In een ondergrond met veel stoorlagen zal men een filterelement van 8 à 9 m gebruiken, om alle watervoerende laagjes tussen de stoorlaagjes te bemalen.



Figuur 24: schematische opbouw van een verticale filter

4.1.2 Eigenschappen

- **Grondwaterverlaging.** Met gravitaire filters kan de grondwaterstand in goed doorlatende gronden (zand en grind) tot ca. 4,0 à 4,5 m onder het niveau van de pomp en de verzamelleiding verlaagd worden. De redenen zijn:
 - Het vacuüm van de pomp is beperkt. Voor een perfect werkende pomp is dit ongeveer 9 à 9,5 m waterkolom;
 - Er is, zeker wanneer het debiet aanzienlijk is, behoorlijk wat stromingsweerstand tussen het filterelement en de haalbuis;
 - Bij onvolkomen filters (wanneer deze niet reiken tot de bodem van het watervoerende pakket) is er onderloopsheid, waardoor er binnen de gesloten lus van filters een belangrijke opbolling kan ontstaan.
- **Debiet.** Het debiet van een gravitaire filter wordt hoofdzakelijk bepaald door de doorlatendheid en de opbouw van de ondergrond, en de nuttige (verzadigde) filterlengte. Zoals hoger aangegeven is de stromingsweerstand bij hogere debieten aanzienlijk, waardoor ook het debiet per filter beperkt wordt. Bovendien kan door redox reacties de filter ook gedeeltelijk verstopten. In de praktijk is het debiet dat per filter wordt verpompt best niet hoger dan $3 \text{ m}^3/\text{u}$. Bovendien is de lineaire stroomsnelheid op de boorgatwand best lager dan $v = \frac{\sqrt{K}}{15}$;
- **Gravitaire filters en lucht.** Omdat de aanzuighoogte van water theoretisch beperkt is tot ca. 10 m, is het onmogelijk om het water dat zich onderaan de haalbuis bevindt op te zuigen.

Gravitaire bemalingsfilters kunnen bijgevolg enkel lucht aanzuigen indien de grondwaterstand dieper staat dan 10 m onder het maaiveld;

- **Vacuüm.** Bij een verzorgde uitvoering van de bemaling, en een goed onderhouden pomp, bedraagt het maximale vacuüm aan de pomp steeds 8 à 9 m waterkolom. Een lager vacuüm kan drie oorzaken hebben :
 - De pomp geeft haar maximum debiet. Als met dit debiet de gewenste verlaging wordt bereikt is er geen probleem. Indien niet, zijn te veel filters aangesloten op de verzamelleiding;
 - Een defecte pomp. De pomp werkt niet naar behoren en is niet in staat om een aanzuighoogte van 8 à 9 m waterkolom te halen;
 - Eén of meerdere luchtlekken in de leiding. Door het onzorgvuldig monteren van de bemaling is er een lek ontstaan in de verzamelleiding of in de aansluitingen van de haalbuizen op de verzamelleiding.

4.1.3 Toepassingsgebied

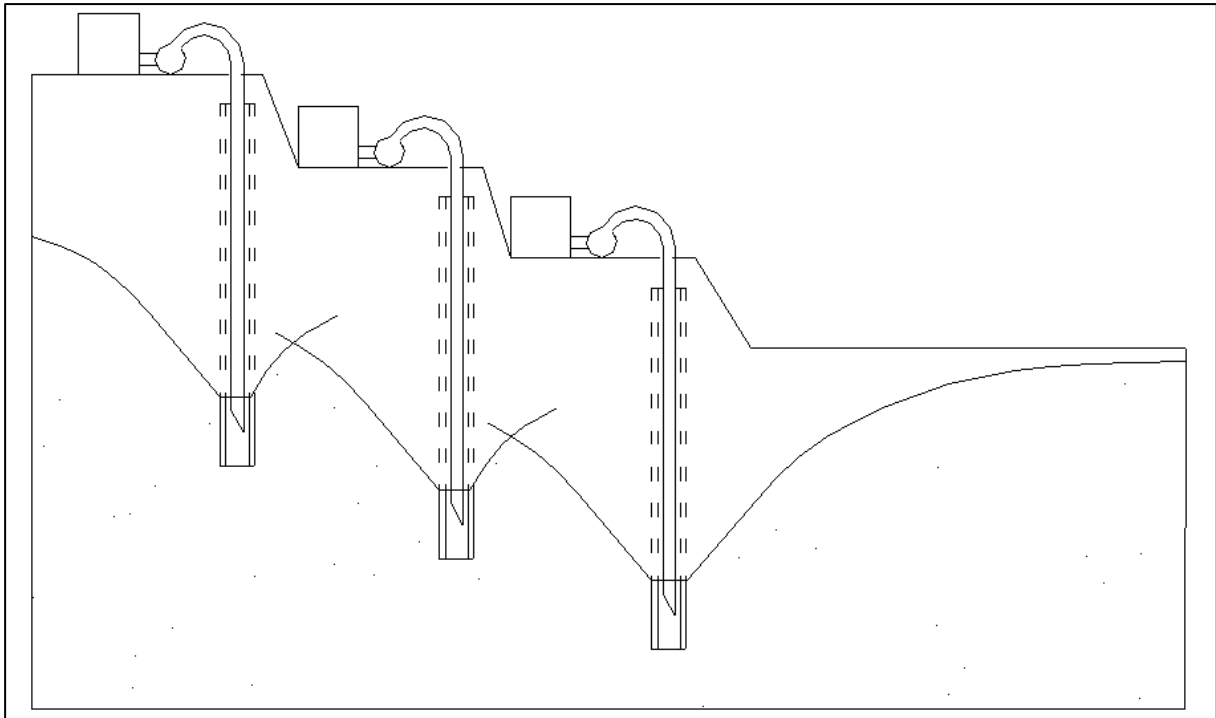
- **Stoorlagen.** Het gebruik van gravitaire filters is uiterst aangewezen in een ondergrond met veel stoorlagen. Met één lang filterelement kan men gelijktijdig water onttrekken aan alle watervoerende laagjes;
- **Rendement – investering.** Gravitaire bemalingsfilters worden geplaatst aan een gemiddeld rendement van 30 à 50 stuks per dag per ploeg. Als zij geplaatst worden op een tussenafstand van 5 m komt dit overeen met 150 à 250 m bemalingsleiding. De kosten voor materieel en materiaal zijn merkkelijk kleiner dan bij een kettinggraafmachine voor de installatie van horizontale drains (zie paragraaf 2). Alle bouwputten die een omtrek hebben van deze grootte en waar de grondwaterstand slechts met 4,0 à 4,5 m verlaagd dient te worden zijn dan ook perfect geschikt voor deze techniek (uiteraard speelt de overspanning van de bouwput ook nog een rol hierin);
- **Harde ondergrond.** Zelfs in aanwezigheid van steenbanken of aanvullingsmateriaal kunnen de filters worden ingebracht, althans machinaal. Dit in tegenstelling tot een horizontale drainage. Ook wanneer veel waterverlies tijdens het spoelboren optreedt kan dit opgelost worden door de filters binnenin de boorstangen te installeren;

- **Kabels en leidingen.** De filters worden op discrete punten ingebracht. Hierdoor kunnen zij geplaatst worden tussen kabels en leidingen. In bebouwde zones en ter hoogte van bestaande wegen zijn zij dan ook een vaak gekozen uitvoeringsmethode. Om schade aan kabels en leidingen te voorkomen moeten deze vóór het aanvangen van de boorwerkzaamheden opgespoord worden.



Figuur 25: uitvoering van een filterbemaling met zuigerpompen

4.2 Getrapte filterbemaling



Figuur 26 conceptuele opstelling van een getrapte filterbemaling

4.2.1 Beschrijving

Een getrapte bemaling bestaat uit een aantal filterbemalingen die elk op een verschillend niveau worden aangezeten (Figuur 26). Eerst wordt er afgegraven tot een halve meter boven de bestaande grondwaterstand. Vanaf deze stand wordt een bemaling met gravitaire filters aangebracht. Dit is de eerste trap van de bemaling. Er kan nu verder uitgegraven worden tot 3,5 à 4,0 m onder het aanzetpeil van de eerste trap. Vanaf dit peil wordt een tweede bemaling aangebracht met gravitaire filters. Dit is de tweede trap. De grondwaterstand kan nu opnieuw met ca. 4,0 à 4,5 m verlaagd worden. Indien gewenst kan op 3,5 à 4,0 m onder de tweede trap nog een derde trap aangebracht worden. Op deze wijze kan de grondwaterstand veel dieper verlaagd worden dan 4,0 à 4,5 m.

4.2.2 Toepassingsgebied

Horizontale drains en filterbemalingen hebben een zeer belangrijke beperking. De grondwaterverlaging die je ermee kan bereiken is immers beperkt tot ca. 4,0 à 4,5 m onder het niveau van de pomp. Als het grondwater toch verder verlaagd moet worden kan onder andere een getrapte filterbemaling toegepast worden.

4.2.3 Bijzonderheden

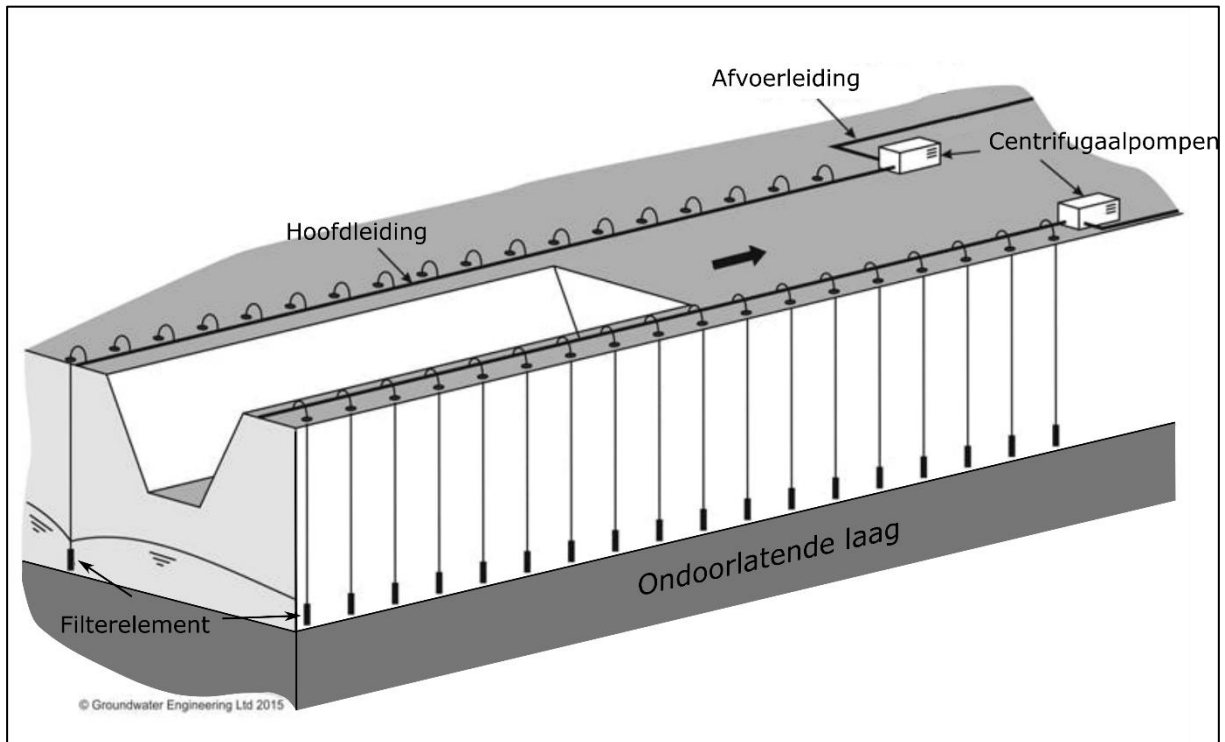
- **Totaal debiet - debiet per fase.** Naarmate er meer trappen aangelegd worden, wordt de grondwaterstand steeds verder verlaagd. Op die manier komt de pomp van elke bovenliggende trap steeds verder van de grondwaterstand af te liggen. Hierdoor kan de bovenliggende trap steeds minder water aanzuigen. Het debiet van de bovenliggende trap neemt af. Het totale debiet neemt echter continu toe. Een dieper gelegen trap moet bijgevolg altijd krachtiger zijn dan de bovenliggende trap. De laatste trap zal dus altijd de grootste onttrekkingscapaciteit moeten hebben. Dit wil ook zeggen dat de laatste trap het meeste filters zal hebben en het grootste aantal pompen. Bij eenzelfde grondwaterverlaging is het debiet van een getrapte bemaling kleiner dan het debiet van een bemaling met dieptebronnen;
- **Ruimte.** Door de uitgravingswerken ten behoeve van de verschillende trappen is de ruimte waarop deze laatste trap geplaatst moet worden veel kleiner dan de ruimte die beschikbaar was voor de eerste trap. De beschikbare ruimte vormt een beperking op de diepte die je met een getrapte bemaling kan bereiken. Voor elke trap moeten een talud en een banket worden uitgegraven. Om veiligheidsredenen wordt de hellingsgraad van dit talud best beperkt (te bekijken door stabiliteitsingenieur). Het banket heeft een breedte van ca. 1,5 m. Om uit te kunnen graven tot op een diepte van 12 m (drie trappen) wordt aan de omtrek van de bouwput een zone van minimaal 16,5 m grond verloren. Deze techniek wordt dan ook voornamelijk toegepast in onbebouwde zones waar de ruimte beschikbaar is en de prijs van de grond laag is;
- **Grondverzet.** Het uitgraven van het enorme talud vraagt bovendien heel wat extra grondwerk. Het grondwerk kan niet in één fase worden uitgevoerd. Na het plaatsen van elke trap volgt er een onderbreking;
- **Kwetsbaar.** Elke bemaling is kwetsbaar. De pompen worden immers meestal elektrisch aangedreven. Als de stroomvoorziening uitvalt, valt bijgevolg ook de volledige bemaling uit. De stroomvoorziening kan echter op eenvoudige wijze beveiligd worden. Bij een getrapte bemaling kan bovendien de verzamelleiding of een haalleiding beschadigd worden. Hierdoor valt de bemaling eveneens uit. Het is zo goed als onmogelijk om dit automatisch te beveiligen. De schade kan echter zeer groot zijn. Bovendien kan ze zich voltrekken in een korte tijdsspanne. Een permanente wacht dringt zich dan ook op;
- **Hinderlijk** voor andere werkzaamheden. De grote hoeveelheid leidingen, kabels en filters die rondom de bouwput worden aangebracht kunnen de aannemer hinderen tijdens het uitvoeren van zijn werkzaamheden.

Om al deze redenen wordt deze techniek meestal niet aangewend als hij kan vervangen worden door een bronbemaling met dieptebronnen (zie paragrafen 5 en 5.2).

4.3 Vacuüm filterbemaling

4.3.1 Beschrijving

Vacuüm bemalingsfilters hebben een haalbuis met een lengte die kleiner is dan het vacuüm dat door de pomp wordt geleverd, uitgedrukt in meter waterkolom. Meestal gaat het om bemalingen waar er op beperkte diepte een ondoorlatende laag voorkomt die men niet wil doorboren (Figuur 27). De lengte van het filterelement is dan ook dikwijls veel kleiner dan de lengte van de haalbuis. Dit is om het risico van luchtinbraak maximaal te beperken. Om dezelfde reden moet de annulaire ruimte maximaal afgedicht worden. Dit gebeurt door het filtrerende gedeelte van een grindomstorting te voorzien en de rest van de annulaire ruimte dicht te storten met klei pellets.



Figuur 27: conceptuele opstelling van een vacuüm filterbemaling (bron: Groundwater Engineering Ltd)

4.3.2 Eigenschappen

- **Grondwaterverlaging.** Met vacuümfilters kan in een goed doorlatende grond een grondwaterverlaging bereikt worden die kleiner is dan met gravitaire filters onder vergelijkbare omstandigheden. Veel hangt af van de verzadigde filterhoogte en van de kwaliteit van de afdichting van de annulaire ruimte, en dus van het vacuüm dat werkelijk gerealiseerd kan worden;
- **Debiet.** De werking van een vacuüm bemalingsfilter is te vergelijken met die van een stofzuiger. Het water wordt naar de filter toe gezogen. Het debiet per filter is vooral afhankelijk van de doorlatendheid van de ondergrond en van het werkelijke vacuüm dat gehaald wordt;
- **Tussenafstand.** Omdat het vacuüm in de grond ruimtelijk zeer beperkt is wordt de tussenafstand tussen de filters meestal beperkt tot 2,0 à 2,5 meter;
- **Vacuüm.** Het vacuüm in een zorgvuldig geïnstalleerde vacuüm bemaling is afhankelijk van de luchttekken in de grond. Grote luchttekken herleiden het vacuüm in belangrijke mate, waardoor de bemaling inefficiënt wordt. Het debiet valt in dat geval zeer sterk terug, de gewenste verlaging wordt niet bereikt en het water stijgt terug naar zijn oorspronkelijke stand.

Luchtlekken zijn echter niet te vermijden. Bij een degelijk geïnstalleerde vacuümbemaling dient het aan de pomp gemeten vacuüm minstens gelijk te zijn aan de diepte van de filters. Dit vergt een relatief grote pompcapaciteit. Een te hoog vacuüm wijst op verstopping van de filters. Er is dan geen luchtlek meer, het vacuüm is hoog en het debiet is klein;

- **Vacuüm filters en lucht.** Indien er minder water toestroomt naar het boorgat dan eruit wordt weggezogen dan komt het boorgat op termijn droog te staan. Op dit ogenblik wordt er voornamelijk lucht aangezogen. Om een luchtlek te beperken is het absoluut noodzakelijk dat de boorgaten worden afgedicht. Dit kan door de gaten dicht te spuiten of door ze aan te vullen. Daartoe wordt filtergrind gestort tot 0,5 m boven het filterelement. Het overige deel van het boorgat wordt aangestort met afdichtende klei. Door de zeer beperkte annulaire ruimte is de aanvulling dikwijls niet perfect. Filters die toch veel lucht aanzuigen worden afgesloten.

4.3.3 Toepassingsgebied

- **Goed doorlatende gronden zonder stoorlagen.** In goed doorlatende zanden en grinden zonder stoorlagen treedt luchtinbraak slechts op wanneer de grondwaterstand verlaagd is tot op het peil van het filterelement. Het doel is dan reeds bereikt. Van zodra de waterstand een beetje stijgt stopt de luchtinbraak vanzelf;
- **Bemaling tot op een ondoorlatende laag.** Op die plaatsen waar een ondoorlatende laag voorkomt op een diepte kleiner dan 8 m kan een vacuüm filterbemaling toegepast worden. Om luchtinbraak te vermijden moet getracht worden om het filterelement 1 m beneden het uitgravingspeil te houden. In het geval dat uitgegraven moet worden tot op de ondoorlatende laag moet bijzonder veel aandacht besteed worden aan de afwerking van de filters. Luchtinbraak wordt dan immers haast onvermijdelijk. Het restwater dat tussen de filters doorstroomt moet opgevangen worden met een open bemaling;
- **Matig doorlatende gronden.** Omwille van de extra zuigkracht zijn vacuümbemalingen beter geschikt om het water aan de fijne poriën van deze gronden te onttrekken.
- **Rendement – investering.** Zie gravitaire bemaling;
- **Harde ondergrond.** Zie gravitaire bemaling;
- **Kabels en leidingen.** Zie gravitaire bemaling.

5 Bemaling met dieptebronnen

5.1 Gravitaire dieptebronnen met onderwaterpompen

Met vacuümpompen kan maar een beperkte grondwaterverlaging gerealiseerd worden. Een bronbemaling met behulp van dieptebronnen laat toe om de grondwaterstand onbeperkt te verlagen zonder toegevingen te doen aan de ruimte of aan de veiligheid. Mits een goede coördinatie van de werken met de aannemer hindert deze techniek de werkzaamheden heel wat minder.

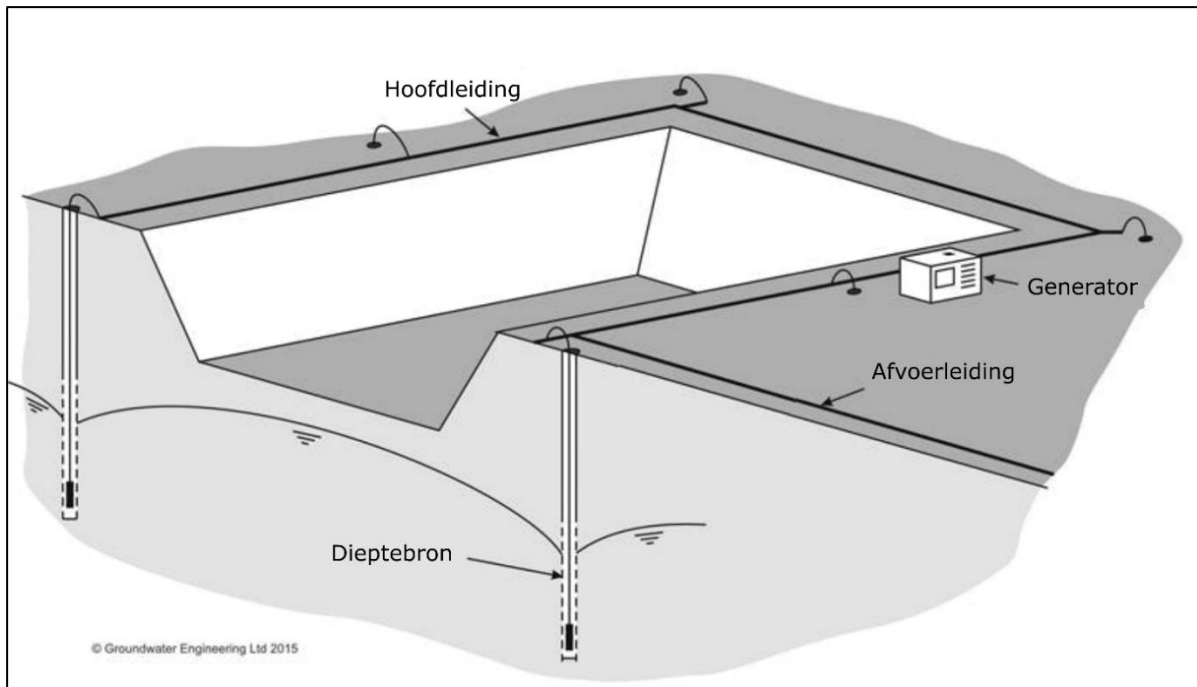
5.1.1 Beschrijving

Bij een bemaling met dieptebronnen worden de pompen in de bron geplaatst onder het grondwateroppervlak, wordt het water naar boven geperst en kunnen de afvoeren individueel aangelegd worden of aangesloten worden op eenzelfde afvoercollector (Figuur 28). De bronnen worden elektrisch aangesloten via schakelkasten.

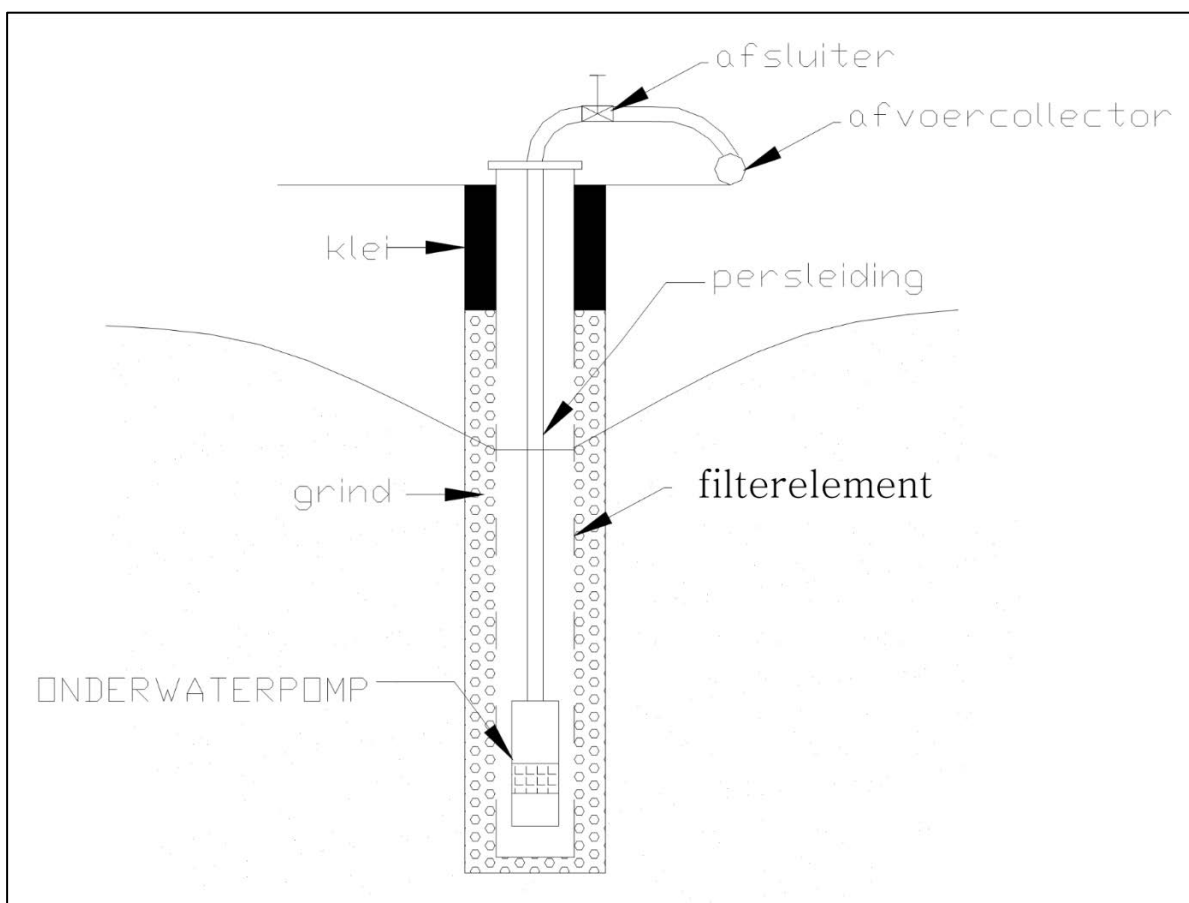
De kern van dit type bemaling is de dieptebron (Figuur 29). Zij bestaat uit:

- een onderwaterpomp met hieraan een pers- en afvoerleiding;

- een pompput uit kunststof of metaal;
- een omstorting met drainerend en afdichtend materiaal.



Figuur 28 conceptuele opstelling van een bemaling door middel van gravitaire dieptebronnen (bron: Groundwater Engineering Ltd)



Figuur 29 schematische opbouw van een gravitaire dieptebron



Figuur 30 onderwaterpomp



Figuur 31: plaatsing van een onderwaterpomp in een dieptebron met behulp van een kraan

5.1.2 Eigenschappen

- **Bemalingsdiepte.** De bemalingsdiepte is theoretisch onbeperkt. Een onderwaterpomp duwt het water omhoog in de persleiding. De opvoerhoogte wordt bepaald door het ontwerp van de pomp en is in theorie onbegrensd. De diepte van de pompput is dus eveneens onbegrensd. De gewenste verlaging in een bepaalde watervoerende laag wordt bepaald door het aantal en de aard van de dieptebronnen;
- **Uitvoering in één fase.** In tegenstelling tot een getrapte bemaling kan al het werk in één fase worden uitgevoerd. Het grondwerk kan eveneens in één fase gebeuren;

- **Betrouwbaarheid.** Technisch staan de onderwaterpompen op punt. Het elektrisch gedeelte is de zwakste schakel van heel het systeem. Het kan echter goed beveiligd worden tegen een algemene stroompanne door het gebruik van een noodstroomgroep. Individuele defecten aan pompen of kabels leiden nooit tot het volledig uitvallen van de bemalingsinstallatie. Meestal bestaat de installatie uit een aantal bronnen. Het wegvallen van één bron geeft dan een beperkte storing die mits tijdig ingrijpen geen ernstige gevolgen heeft. Dit alles in tegenstelling tot een getrapte bemaling, waar de zwakste schakel de vacuümleiding is. Deze is veel minder goed te beveiligen. Bovendien valt bij het wegvallen van het vacuüm ook meteen de volledige bemaling weg. De bemaling met dieptebronnen is ook perfect uit te rusten met alarmen op de voeding (via de schakelkast), alarmen op de grondwaterstand (via een hoog-laagwater sonde) en zeer goed stuurbaar per dieptebron;
- **Debiet.** Het debiet kan per bron ingeregeld worden. Voor eenzelfde grondwaterverlaging moet er een groter debiet onttrokken worden dan in het geval van een getrapte bemaling, althans voor onvolkomen bronnen;
- **Ruimte.** Een bronbemaling met dieptebronnen neemt zeer weinig ruimte in. Eventueel kunnen de bronnen in de bouwput worden geboord waar zij vervolgens in de bouwputbodem worden ingewerkt;
- **Flexibiliteit.** Op elk moment en om eender welke reden kunnen er extra bronnen worden geboord. Er moet bij deze aanpassingen steeds op worden toegezien dat ook de elektrische installatie en de afvoercapaciteit mee worden aangepast.

5.1.3 Toepassingsgebied

- **Diepe en langdurige bemalingswerken.** Omwille van de betrouwbaarheid, de geringe ruimte die nodig is, de beperkte hinder die men ervan ondervindt op de werf en het uitvoeren van het werk in één fase genieten dieptebronnen vaak de voorkeur boven een getrapte bemaling;
- **Homogene en goed doorlatende gronden.** Enkel bouwputten in homogene en goed doorlatende gronden kunnen alleen met dieptebronnen worden drooggezet. Zij worden meestal gebruikt om de waterstand in één welbepaalde watervoerende laag te verlagen. Bovendien worden ze relatief ver uit mekaar geplaatst. Daardoor hebben ze slechts weinig effect op die lagen waarin ze geen filterelement hebben. In gronden met meerdere stoorlagen zal men dieptebronnen gebruiken in combinatie met andere technieken;
- **Gravitaire bronnen.** Dit type bron is te vergelijken met gravitaire bemalingsfilters. Het grondwater stroomt onder invloed van de zwaartekracht naar de dieptebron. Het wordt vervolgens uit de pompput weggepompt met een onderwaterpomp. De waterstand in de pompput kan met behulp van de regelkraan zodanig afgeregeld worden dat de onderwaterpomp steeds een aantal meter onder de waterspiegel in de pompput hangt. Voor zeer langdurige en complexe bemalingen kan de waterstand gestuurd worden door een frequentieregeling toe te passen, waardoor het toerental van de pompmotor wordt gevarieerd. Indien de waterstand in de bronnen niet geregeld wordt, bestaat de kans dat de pomp uiteindelijk verstopt met oxides (redoxgrens in putbuis wordt verlaagd). Het filterelement wordt best in hoogte beperkt zodat er geen invallend water doorheen stroomt. Het invallend water is intens met zuurstof gemengd waardoor ook daarin oxides ontstaan, die de bronnen kunnen doen dichtslibben;
- **Voordelen bemaling met dieptebronnen:**
 - Ze laat toe om de grondwaterstand onbeperkt te verlagen;
 - De volledige bemaling kan uitgevoerd worden in één interventie;

- Ze is erg betrouwbaar;
- Het systeem kan bovendien afdoende beveiligd worden;
- Ze neemt slechts weinig ruimte in.
- **Nadelen bemaling met dieptebronnen:**
 - Met dieptebronnen wordt bij eenzelfde grondwaterverlaging een groter debiet onttrokken dan met een getrapte bemaling of met een bemaling met horizontale drains, omdat een dieper deel van de watervoerende laag betrokken wordt bij het pompen. Dit geldt voor onvolkomen bronnen;
 - Met dieptebronnen alleen kan een bouwput slechts volledig bemaald worden in een goed doorlatende ondergrond zonder stoorlagen. Indien er toch stoorlagen zijn, zullen andere technieken moeten gecombineerd worden.



Figuur 32 uitvoering van een bemaling met dieptebronnen

5.2 Vacuüm dieptebronnen

5.2.1 Beschrijving

Vacuümbronnen vertonen een sterke overeenkomst met vacuüm bemalingsfilters. Bij een vacuümbron zal men in de bron de luchtdruk verlagen. Hierdoor ontstaat, boven op het gravitair toelopen van grondwater, een zuigkracht. Het vacuüm breng je aan door een vacuümpomp met behulp van een leiding aan te sluiten op de putkop van de dieptebron (Figuur 33). Een alternatief dat in Vlaanderen nauwelijks wordt toegepast, maar des te meer in Engeland, zijn ejectorsystemen waarbij door een Venturi systeem in een afgesloten putbuis een vacuüm wordt gecreëerd.

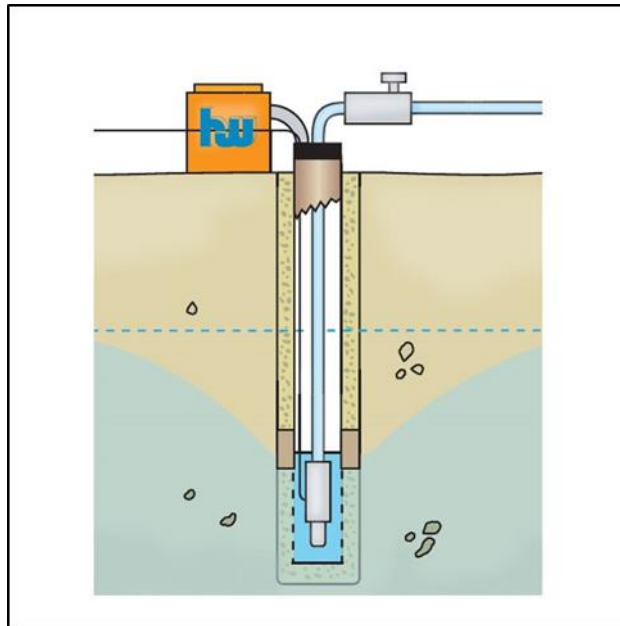
Het debiet van een vacuümbron ligt merkkelijk hoger dan het debiet van een gravitaire bron. Om de

vacuüminstallatie optimaal te kunnen benutten moet luchtinbraak zo veel mogelijk vermeden worden door:

- De putkoppen af te dichten;
- De dieptebron te voorzien van een relatief korte filter;
- Een grindomstorting aan te brengen tot een paar meter boven het filterelement en boven de grindomstorting een afdichtende klei omstorting aan te brengen;
- De verlaging in de bron te beperken tot een niveau boven de bovenkant van de filter.

5.2.2 Toepassingsgebied

Vacuüm bronnen worden voornamelijk gebruikt om het grondwater te verlagen tot vlak boven een ondoorlatende laag, en/of wanneer de doorlatendheid van het zand waarin ze zijn aangelegd laag is.



Figuur 33 schematische voorstelling van een vacuüm dieptebron
(bron: Hölscher Wasserbau GmbH)

6 Spanningsbemaling

6.1 Beschrijving

Een spanningsbemaling is een bemaling waarbij de stijghoogte van de gespannen grondwaterstand wordt verlaagd zodanig dat er geen kwelvorming/opbarsten optreedt. Gespannen grondwater kan voorkomen onder een slecht doorlatende laag.

6.2 Eigenschappen

Een spanningsbemaling wordt steeds uitgevoerd met dieptebronnen omdat de annulaire ruimte van de slecht doorlatende laag terug moet opgevuld worden met ondoorlatend materiaal (klei). Verticale filters zijn niet geschikt voor het uitvoeren van een spanningsbemaling omdat, door de uitvoeringstechniek waarmee verticale filters worden aangebracht, niet verzekerd kan worden dat deze annulaire ruimte volledig kan opgevuld worden.

6.3 Toepassingsgebied

Wanneer een bouwput wordt uitgediept boven of tot in een slecht doorlatende laag die een

watervoerende laag afsluit, kan de opwaartse druk onder die afsluitende laag hoger worden dan de equivalente gronddruk die overblijft na de ontgraving. Er ontstaat dan opbarstgevaar. Plots ontstaan er 'bronnen' in de bouwputbodem (Figuur 34), die dikwijls ook zand transporteren, wat uiteraard een zettingsrisico inhoudt. De bouwput stroomt vol tot op het niveau van de grondwaterstand in de gespannen watervoerende laag.

Dit kan voorkomen worden door de grondwaterstand in de watervoerende laag te verlagen tot op een peil waaraan de bouwputbodem wel kan weerstaan (Figuur 35). Worden er echter door de afsluitende laag palen geheid of grindkernen geplaatst of is de kleilaag reeds opgebarsten, dan moet de grondwaterstand in de gespannen watervoerende laag verlaagd worden tot onder het uitgravingspeil.

Een spanningsbemaling wordt vaak toegepast in combinatie met een andere bemaling die dan dient om het water boven de waterremmende laag op te pompen. De techniek wordt ook gebruikt wanneer er te weinig overdruk is bij uitvoering van bv. slibwanden, wanneer deze slibwanden reiken tot in of doorheen een spanningslaag.

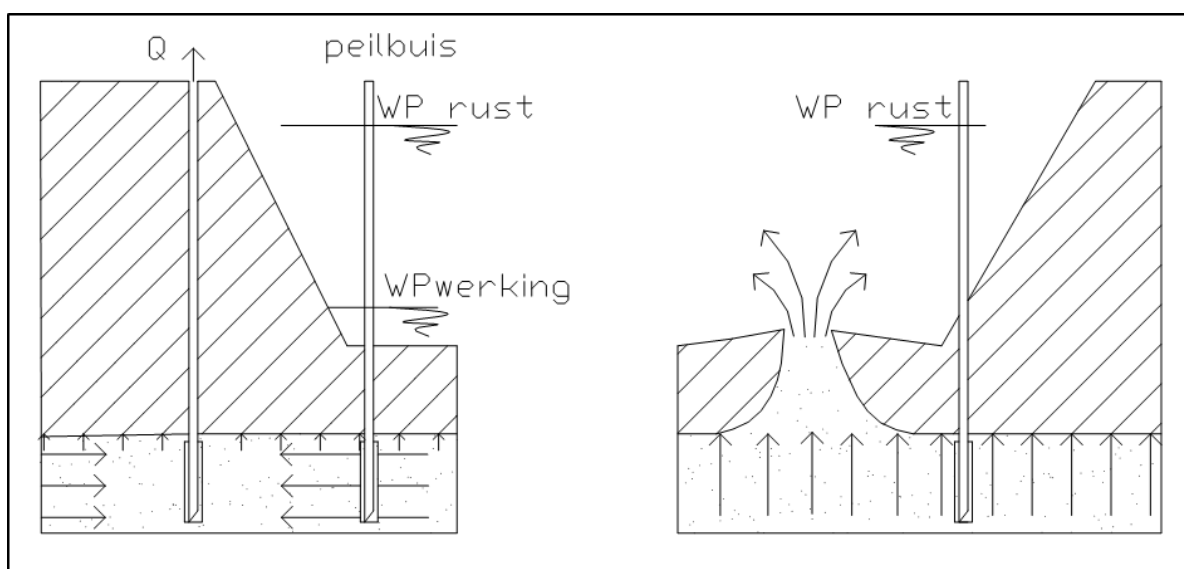
Bij een spanningsbemaling is het van groot belang om de waterstand in de gespannen watervoerende laag te kennen, en te monitoren tijdens de uitvoering, om permanent te kunnen oordelen of er veilig kan uitgegraven worden.

Een spanningsbemaling dient ook goed beveiligd te worden. Bij het wegvallen van de stroom en het uitvallen van de bemaling stijgt de waterstand in de gespannen watervoerende laag immers onmiddellijk. De bouwputbodem barst eveneens onmiddellijk open. Om dit te voorkomen moet de stroomtoevoer beveiligd worden met een noodgroep. Dit is een groep die automatisch in werking treedt vanaf het ogenblik dat de normale stroomvoorziening wegvalt.

Wanneer er toch opbarsten is opgetreden, mag het water in de bouwput nooit weggepompt worden met klokpompen vooraleer de grondwaterstand in de gespannen watervoerende laag verlaagd is tot beneden het peil van de uitgraving. Het water zal immers blijven toestromen door de opgebarsten putbodem. Hierbij kunnen holtes ontstaan (zandtransport) onder de waterremmende laag die dan later inklinken en zettingen kunnen veroorzaken.



Figuur 34 opbarsten van de bouwputbodem, met het ontstaan van 'bronnen' en zandtransport



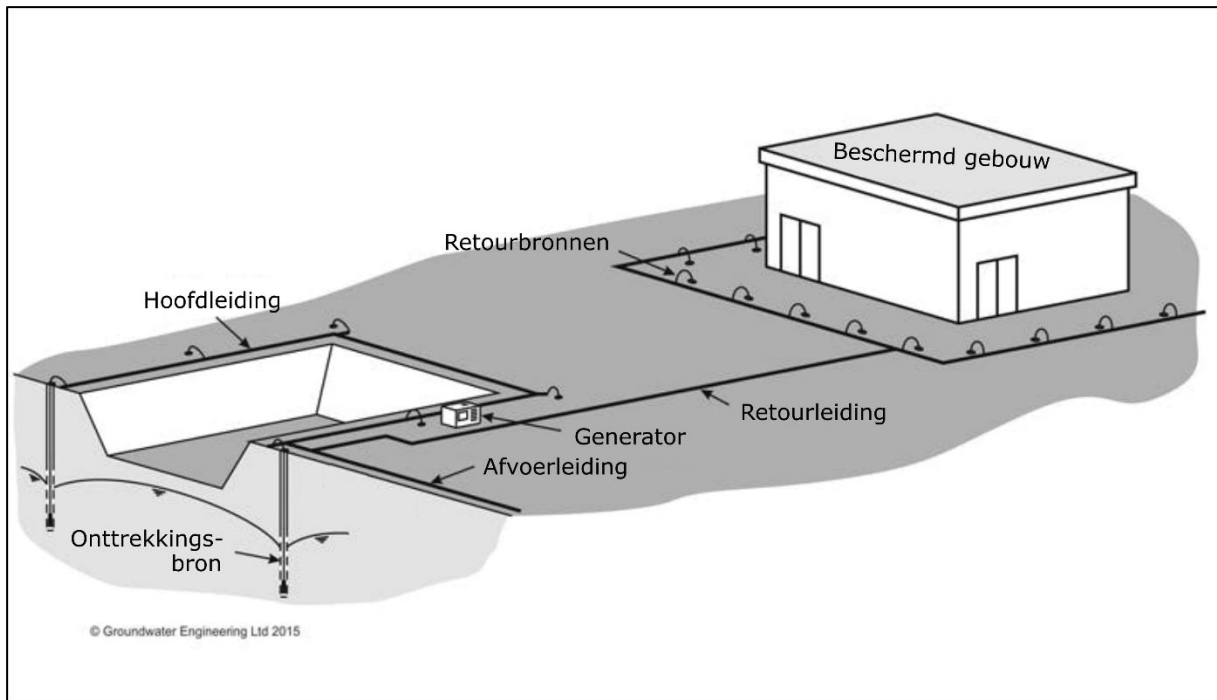
Figuur 35 conceptueel model van spanningswater en opbarstgevaar

7 Retourbemaling

7.1 Retourbemaling door middel van diepe infiltratie

7.1.1 Beschrijving

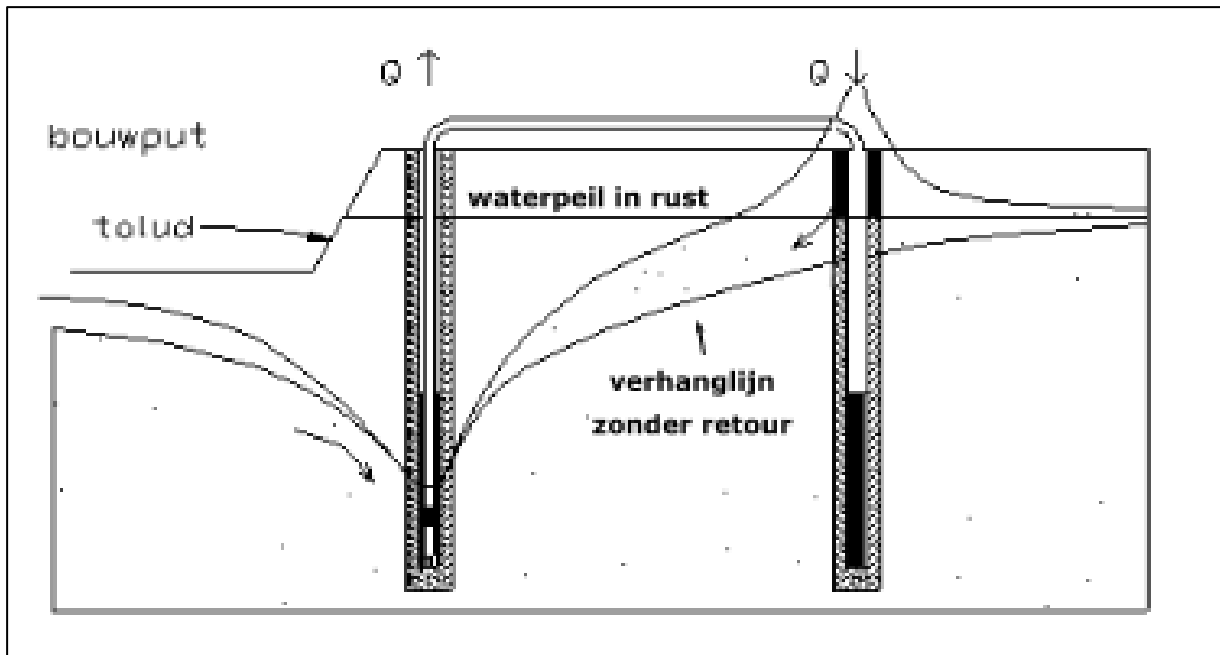
Bij een retourbemaling door middel van diepe infiltratie wordt het bemalingswater dat opgepompt wordt terug in de ondergrond gebracht (Figuur 36). In Vlaanderen is dit alleen toegestaan in dezelfde watervoerende laag, en bovendien mag het water niet verontreinigd zijn. In het geval van zilt bemalingswater dient het water te worden ingebracht in een laag met dezelfde of een hogere saliniteit.



Figuur 36 conceptuele opstelling van een retourbemaling ter bescherming van een gebouw tegen zettingen (bron: Groundwater Engineering Ltd)

Door het toepassen van een retourbemaling binnen dezelfde watervoerende laag wordt de invloedszone van de bemaling beperkt. Hierdoor komt de verhanglijn steiler te staan (Figuur 37) en wordt het debiet dat moet opgepompt en geretourneerd worden groter.

Afhankelijk van de initiële grondwaterstand, van de mogelijkheid om de retourbronnen vrij homogeen te verdelen rondom de gehele bouwput en van de chemische kwaliteit van het opgepompte water, kan het noodzakelijk zijn om meer retourbronnen aan te leggen dan onttrekkingsbronnen. Eén en ander kan aanleiding geven tot het versneld verstopping van de retourputten, waardoor de opnamecapaciteit per put afneemt.



Figuur 37 schematische voorstelling van een bemaling met retourbemaling door middel van een onttrek-kingsput en een retourput



Figuur 38 uitvoering van een retourbemaling door middel van diepe infiltratie

7.1.2 Toepassingsgebied

Een retourbemaling wordt gebruikt om:

- De zettingen van bestaande constructies ten gevolge van een grondwaterverlaging te beperken. Dit kan rondom de volledige bouwput om in alle richtingen zettingen te vermijden, of ter hoogte van specifieke zettingsgevoelige constructies (Figuur 36). De retourbemaling gebeurt dan lokaal en meestal wordt slechts een deel van het opgepompte water geretourneerd;
- Te vermijden dat het opgepompte water geloosd wordt;
- De grondwaterstand in de omgeving op peil te houden zodat bomen, gewassen of bestaande grondwaterwinningen geen schade ondervinden van de bemaling (maatregel tegen verdroging);
- De voorraad aan grondwater in de watervoerende laag op peil te houden (maatregel tegen verspillen of versneld afvoeren van waardevol water);
- Een hydraulisch scherm te creëren om de verplaatsing van vervuiling of zout water intrusie te voorkomen.

7.1.3 Bijzonderheden bij de uitvoeringsaspecten bij retourbemaling

7.1.3.1 Redoxtoestand

Niet elk water kan zonder risico worden geretourneerd. Zo is de redoxtoestand van het grootste belang. De redoxtoestand beschrijft de relatie tussen de zuurgraad en de redoxpotentiaal. Beiden zijn aan elkaar verbonden omdat het gedrag van elektronen en waterstofionen (H⁺) aan elkaar gekoppeld is. Stoffen met een lage redoxtoestand zijn sterk gereduceerd; stoffen met een hoge redoxtoestand zijn sterk geoxideerd. Freatisch water, waarvan de top per definitie in aanraking komt met de bodemlucht, is al dan niet gedeeltelijk geoxideerd. Naarmate de diepte toeneemt, wordt de toestand meer en meer gereduceerd. De diepte in het freatisch pakket waarop het water zich in volledig gereduceerde omstandigheden bevindt, verschilt van bodem tot bodem.

Wanneer water wordt opgepompt tijdens een bemaling, is het van belang dat zo weinig mogelijk (lieft geen) water wordt aangetrokken met een hogere redoxpotentiaal dan het water waarin wordt geretourneerd. Ook is het van belang om het opgepompte water niet te beluchten. Wanneer dit wel het geval is ontstaan redoxreacties waarvan de neerslagproducten neerslaan in de onmiddellijke omgeving van de retourbronnen zodat deze kunnen verstopen. In dit geval kunnen de retourputten nog geregenereerd worden door ze terug te spoelen (pompen of *airliften*). Na herhaaldelijk en tijdig regenereren ontstaat er een min of meer inerte (geoxideerde) zone rond de retourbronnen waarin geen neerslag meer plaatsvindt. Verder verwijderd van de retourbron wordt de hoeveelheid neerslagproducten in verhouding tot het totale volume verzadigde bodem zo laag, dat ze geen verstopping meer veroorzaken.

Erger is het wanneer in de onttrekkingsputten zelf neerslagreacties ontstaan door het feit dat de afpompingsput zo diep wordt gebracht dat er in de putfilter een mengeling ontstaat van water afkomstig van het freatisch oppervlak (geoxideerd), en gereduceerd water dat van dieper komt. De neerslagproducten worden dan permanent aangemaakt met een hoge concentratie van vaste deeltjes in het retourwater, wat in principe niet retourneerbaar is.

Aangezien bemalingen zeer dikwijls plaatsvinden in het bovenste gedeelte van een freatisch pakket, heeft men ook zeer dikwijls met deze problematiek te maken. Meestal is er tijd noch geld om de redoxtoestand vooraf te onderzoeken. Voor kortstondige ingrepen (dagen tot weken) volstaat het meestal een aantal vuistregels te hanteren (zie hieronder) om onoverkomelijke problemen te vermijden.

7.1.3.2 Drukhandhaving

Grondwater bevat in meer of mindere mate gassen in oplossing. De oplosbaarheid neemt toe met toenemende druk, dus ook met de diepte. Wanneer water van op een bepaalde diepte wordt opgepompt en via een leiding over het maaiveld naar een retourput wordt gevoerd zonder drukhandhaving, dan daalt de druk naar de atmosferische druk. Vermits deze lager is dan de hydrostatische druk die heerste ter hoogte van de onttrekkingsfilter, kunnen opgeloste gassen vrijkomen. De gasbelletjes komen samen met het grondwater in de retourbron terecht. Daar kunnen ze zich vasthechten aan de korrels van het grindpakket. Hierdoor daalt de doorlatendheid en dus het opnamevermogen van de bron dramatisch. Daarom geldt als vuistregel dat er een minimale drukhandhaving moet voorzien worden op elke positie van het leidingwerk van minimaal 0,5 bar (ondiepe onttrekking) tot 1,5 bar (diepere onttrekkingen) om ontgassing te voorkomen. De ontgassingsdruk kan ook op het terrein gemeten worden (Figuur 39).



Figuur 39 illustratie van het meten van de ontgassingsdruk

7.1.3.2 Stroomsnelheid

Hoge stroomsnelheden kunnen aanleiding geven tot lokale onderdrukken (Wet van Bernoulli). Daarom wordt de stroomsnelheid in heel het leidingstelsel best beperkt tot maximaal 2 m/s.

7.1.3.3 Membraanfilterindex (MFI)

De membraanfilterindex (MFI) is een maat voor de hoeveelheid vaste deeltjes in suspensie. Hij wordt gemeten door water onder constante druk door een gestandaardiseerd membraan te pompen en de tijd op te meten die nodig is om een vast volume door het membraan te pompen (Figuur 40). De test is als volgt gestandaardiseerd:

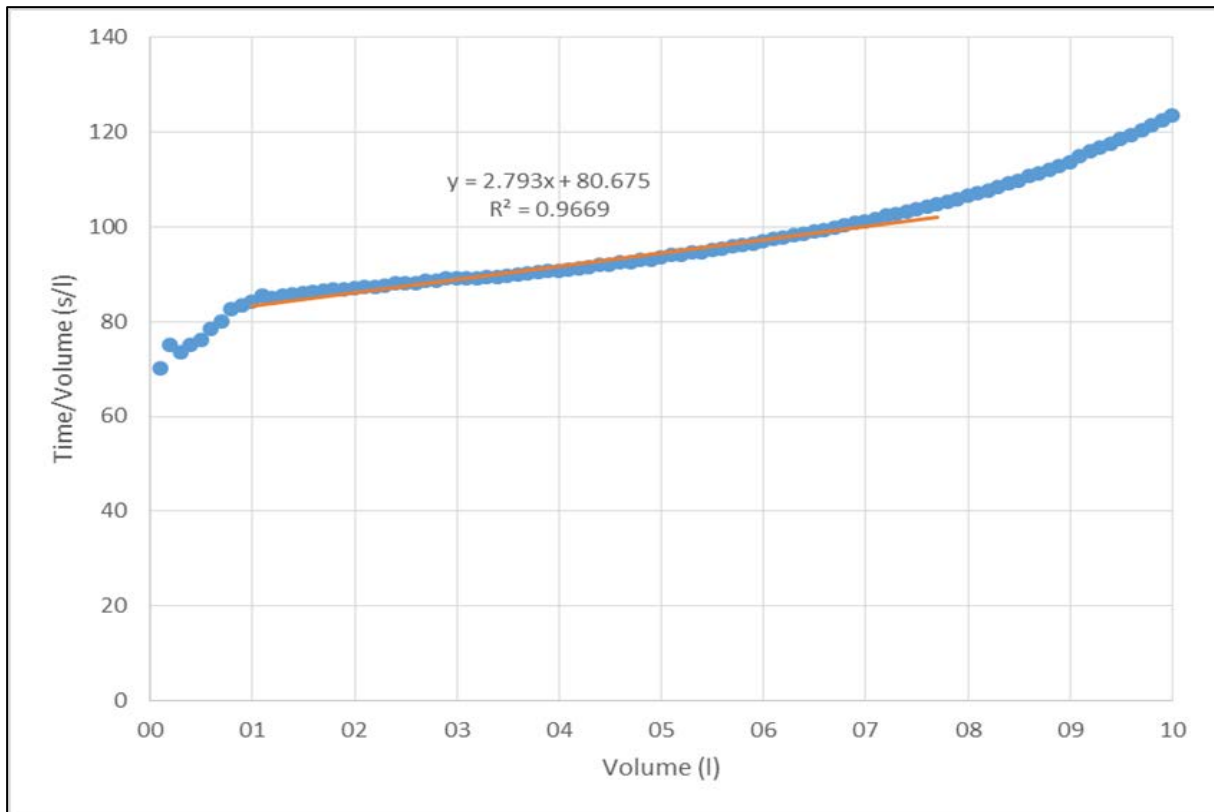
- Filter diameter 42 mm, openingen 0,45 μm ;
- Druk 2 atmosfeer;
- Volume eenheid 100 ml.

De tijd die nodig is om dit volume door het membraan te verpompen wordt uitgezet tegenover het totale volume (s/l^2 ; Figuur 41). De richtingscoëfficiënt van het lineaire stuk van de kromme is de membraanfilterindex. Algemeen wordt aangenomen dat water met een waarde kleiner dan 10 retourneerbaar is, althans voor bemalingsprojecten. Beter is echter een MFI na te streven die kleiner is dan 3.

Slechte MFI waarden kunnen ontstaan omwille van redox problemen zoals hoger beschreven, maar ook omdat onttrekkingsputten onvoldoende ontwikkeld zijn, of omdat ze slecht zijn aangelegd en continu zand en fijne deeltjes leveren.



Figuur 40: illustratie van een MFI-test op het terrein



Figuur 41: grafisch resultaat van een MFI-test

7.1.3.4 Kwaliteit onttrekkingsbronnen

Uit wat voorafgaat is al duidelijk gebleken dat de onttrekkingsbronnen moeten ontworpen worden in functie van de retourneerbaarheid van het water dat opgepompt wordt. De belangrijkste elementen worden hieronder herhaald/samengevat:

- Filterstelling zo plaatsen dat menging van waterkwaliteit maximaal vermeden wordt. Meestal komt het erop neer dat de filterstelling voldoende diep moet zijn om geen belucht water aan te trekken. Een degelijke visuele controle op de monsters tijdens het boren (kleuromslag) kan hierbij een hulp zijn om de diepte van de redoxgrens af te bakenen. Vermijd in ieder geval dat het water in de pompputten verlaagd wordt tot onder de bovenkant van de filter;
- Probeer daar waar mogelijk het verzadigde deel in de putbuis boven de putfilter minstens even hoog te houden als de lengte van het filterelement zelf;
- Ontwikkel de putten correct om de putweerstand zo laag mogelijk te houden (verlaging in putbuis beperken), en ook voldoende om een lage MFI te bekomen, liefst < 3 ;
- Vermijd luchtinbraak waar dan ook in het systeem;
- Hou het systeem overall onder overdruk, minstens boven de ontgassingsdruk.

7.1.3.5 Kwaliteit retourbronnen

- De retourbronnen moeten hetzelfde kwaliteitsniveau halen als de onttrekkingsbronnen;
- Hou rekening met de noodzakelijke overdruk in de retourbronnen ten opzichte van de dynamische grondwaterstand ter plaatse. Die is nodig opdat het water zou worden opgenomen in de watervoerende laag, maar ook om de hydraulische putweerstand (verstoppingsgraad) te overwinnen. Die laatste kan toenemen met de tijd. Zowel vernatting

aan het maaiveld als opbarsten van de retourputten (annulaire ruimte barst op ten gevolge van hoge injectiedruk) moeten vermeden worden;

- Voorzie de retourbronnen van een injectieleiding die reikt tot onder de laagste grondwaterstand, en die is uitgerust met een regelkraan of -klep om zowel het debiet als de injectiedruk te kunnen controleren;
- Voorzie de mogelijkheid om retourbronnen desgevallend snel en efficiënt te kunnen regenereren. Dit gebeurt meestal pneumatisch, waarbij via de gesloten putkop alternierend lucht wordt geïnjecteerd die de waterkolom in de filter en de watervoerende laag drukt, en een *air-lift* leiding en T stuk om vervolgens te kunnen her-ontwikkelen door te *airliften*.



Figuur 42 illustratie van een putkop van een retourbron, met aanduiding van enkele essentiële elementen

7.1.3.6 Beschikbaarheid retourwater

Wanneer het opgepompte grondwater om één of andere reden (vervuild, belucht, te hoge MFI, ...) niet kan geretourneerd worden en er toch moet geretourneerd worden (bv. om zettingen te vermijden), dan moet het retourwater vooraf worden gezuiverd dan wel elders gehaald worden.

Het is in Vlaanderen niet toegestaan om water uit een andere watervoerende laag (meestal dieper) te onttrekken dan diegene waarin geretourneerd wordt.

7.1.3.7 Voordelen retourbemaling

- weinig ruimtebeslag (retourbronnen op zich);
- indien goed ontworpen en uitgevoerd, betrouwbaar systeem;
- kan punctueel uitgevoerd worden waar nodig (bv. zettingen), soepel systeem.

7.1.3.8 Nadelen retourbemaling

- hinderlijke retourleidingen bij kruising van wegen, huisopritten, ...;
- relatief duur (onder meer door noodzaak tot frequent onderhoud);
- niet in alle omstandigheden toepasbaar (bv. in verstedelijkte omgeving);
- verstoppingsrisico bij slecht ontwerp/uitvoering/operatie.

7.2 Retourbemaling door middel van oppervlakte-infiltratie

7.2.1 Beschrijving

Oppervlakte-infiltratie is een vorm van retourbemaling die alleen kan toegepast worden met freatisch bemalingswater. Onder oppervlakte-infiltratie verstaat men het hervoeden van het grondwater met freatisch bemalingswater via de onverzadigde zone. Dit kan gebeuren vanaf het maaiveld via bezinkingsbekkens, infiltratiegrachten, onverzadigde putten, ...

7.2.2 Toepassingsvoorwaarden

- Er moet voldoende plaats beschikbaar zijn (bv. de aanwezigheid van infiltratiebekkens of -grachten);
- Grachten die verbonden zijn op het hydrografisch net kunnen enkel gebruikt worden als infiltratiegrachten indien ze tijdens de uitvoeringsperiode van de retourbemaling afgedamd worden en indien de bodem voldoende doorlaatbaar is (bv. door het uitbaggeren van een eventuele sliblaag);
- De grond onder bezinkingsbekkens, infiltratiegrachten, onverzadigde putten, ... moet voldoende doorlaatbaar zijn tot op de diepte van de grondwaterstand in rust;
- Het retourneren van bemalingswater (inclusief oppervlakte-infiltratie) is enkel toegestaan in dezelfde watervoerende laag als waaruit het bemalingswater initieel onttrokken werd, dit betekent dat water dat onttrokken is uit een gespannen watervoerende laag niet met oppervlakte-infiltratie mag geretourneerd worden.

Voordelen:

- Relatief goedkoop als de omstandigheden gunstig zijn.

Nadelen:

- Veel ruimtebeslag;
- Verstoppingsrisico vanwege accumulatie van gesuspendeerd materiaal en biomassa.



Figuur 43 uitvoering van een retourbemaling door middel van oppervlakte-infiltratie

6.9 Matrix bemalingstechnieken

Als sectorale voorwaarde geldt, voor tijdelijke bemalingen voor bouwkundige werken, dat het gewonnen water maximaal moet worden geretourneerd. Onder retourbemaling wordt verstaan (zie [bijlage 6.1](#) begrippenlijst): diepe infiltratie alsook oppervlakte-infiltratie.

Techniek	Toepassingsgebied	Voordelen	Nadelen	Opmerkingen
Retourbemaling - diepe infiltratie	Beperkt de invloed van een bemaling op de omgeving, wat van belang kan zijn in het kader van zettingsgevaar, aantrekking van een verontreiniging etc.	Beperkt de invloed van een bemaling op de omgeving. Kan een middel zijn om lozing te vermijden.	Complexe en dure techniek die veel voorbereiding vraagt; periodieke regeneratie noodzakelijk.	Enkel uitvoerbaar met niet belucht bemalingswater (dus alleen in combinatie met dieptebronnen, in principe niet met filterbemaling); grondige kennis van de ondergrond en van de kwaliteit van het bemalingswater is noodzakelijk. Retour moet in dezelfde watervoerende laag gebeuren als waarin de onttrekking plaatsvindt.
Retourbemaling - oppervlakte-infiltratie	Beperkt de invloed van een bemaling op de freatische grondwartertafel in de omgeving.	Is een middel om lozing te vermijden.	Veel ruimtebeslag; verstoppingsrisico van infiltratiezone.	Retour moet in dezelfde watervoerende laag gebeuren als waarin de onttrekking plaatsvindt. Dit impliceert dat oppervlakte-infiltratie enkel mag uitgevoerd worden bij freatisch grondwater.

Afhankelijk van de omstandigheden kunnen volgende bemalingstechnieken toegepast worden.

Techniek	Toepassingsgebied	Voordelen	Nadelen	Opmerkingen
Open bemaling	Bemaling van regenwater, inspoelend oppervlaktewater en ondiep grondwater; ondiepe bouwputten of hydraulisch gesloten bouwputten; ondiepe en lichte funderingen. Meestal toegepast bij zeer slecht doorlatende gronden of bij extreem hoge doorlatende gronden (grind).	Goedkope en eenvoudige techniek.	Hindert werfverkeer; instabiliteit van bouwput; verstopping door fijne partikels.	Eventueel gebruik maken van bezinkingstank of bekken voor fijne fractie.
Zand/grind palen, verticale drains, drainagewieken	Ondersteunende techniek, vooral bij heterogene ondergrond, minder doorlatende laagjes.	Verbeterd lokaal de verticale doorlatendheid, waardoor er betere ontwatering is.	Permanent effect, onomkeerbaar.	Relatief dure technieken.
Bemaling met horizontale drains	Ondiepe bouwputten in goed doorlatende ondergronden; vaak toegepast bij de uitgraving van lange sleuven; maximale verlagingssdiepte ± 4 m onder het aanzuigniveau van de pomp.	Hindert werfverkeer quasi niet.	Beperkte afzuighoogte; kan relatief duur zijn.	Kostprijs kan oplopen door gebruik van speciale graafmachines voor de sleuven en door eerste bemaling ter drooglegging van sleuf van de verzamelleiding.
Gravitaire filterbemaling	Bemaling van ondiepe bouwputten in goed doorlatende ondergronden; maximale verlagingssdiepte ± 4 m onder het aanzuigniveau van de pomp.	Snelle installatie; efficiënte verlaging door kleine tussenafstand; goedkope techniek.	Beperkte afzuighoogte; opstelling hindert werfverkeer.	
Vacuüm filterbemaling	Bemaling van ondiepe bouwputten; situaties waarbij grondwater niet mag geoxideerd worden; maximale verlagingssdiepte ± 4 m.	Snelle installatie; efficiënte verlaging door kleine tussenafstand; relatief goedkope techniek.	Beperkte afzuighoogte; opstelling hindert werfverkeer.	Verlagingsdiepte maximaal ± 4 m; niet geschikt voor getrapte opstelling.

Gravitaire bronnen met onderwaterpompen	Bemaling van diepe bouwputten; grotere afpompingsdiepte en dus ook verlagingsdiepte dan filterbemaling.	Hindert werfverkeer quasi niet.	Relatief dure techniek.	De bemalingsefficiëntie hangt in belangrijke mate af van de heterogeniteit van de ondergrond.
Vacuüm bronnen	Bemaling van diepe bouwputten; grotere afpompingsdiepte en dus ook verlagingsdiepte dan filterbemaling; in een minder goed doorlaatbare ondergrond.	Hindert werfverkeer quasi niet.	Duurder dan gravitaire bronnen.	De bemalingsefficiëntie hangt in belangrijke mate af van de heterogeniteit van de ondergrond.
Spanningsbemaling	Bemaling in een gespannen watervoerende laag onder een slecht doorlatende laag; toe te passen bij opbarstgevaar van bouwputten.	Techniek om opbarsten van de bouwputbodem te vermijden.	Zeer gevoelige en gevaarlijk bemaling die voldoende moet beveiligd worden.	Enkel uitvoerbaar met dieptebronnen. Ook toegepast voor bv. plaatsing van slibwanden als deze reiken tot in of doorheen spanningslagen.

6.10 Vakliteratuur inzake bemaling

Deze bijlage geeft een niet-limitatieve alfabetische lijst van een aantal referentiewerken met betrekking tot hydrogeologie, grondwaterstroming, pompproefanalyses en geotechniek.

- Anderson M.P., Woessner W.W., 1992. *Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport*, Academic Press, California, 381 pp.
- Deleur J.W., 1999. *Handbook of groundwater engineering*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 949 pp.
- Fetter C.W., 2014. *Applied Hydrogeology*, 4th edition, Pearson Education Limited, Harlow, 622 pp.
- Fraanje M.J., 1974. *Bronbemaling*, Elsevier, Amsterdam, 247 pp.
- Janssens G.J.M., 2003. *Bemaling van bouwputten*, SBR Stichting Bouwresearch, 116 pp.
- Kruseman G.P., de Ridder N.A., 2000. *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 377 pp.
- Leijendeckers P.H.H., 2010. *Polytechnisch Zakboek*, Reed Business bv, 1984 pp.
- Powers J.P., Corwin A.B., Schmall P.C., Kaeck W.E., 2007. *Construction dewatering and groundwater control: new methods and applications*, 3rd edition, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, 639 pp.
- Preene M., Roberts T.O.L., Powrie W., Dyer M.R., 2000. *Groundwater control – design and practice*, CIRIA C515, London, 204 pp.
- Sterrett, R.J., 2007. *Groundwater and wells*, Johnson Screens, Bloomington, 812 pp.
- Van Calster P., De Cock F., De Vos M., Maertens J., Van Alboom G., 2009. *Richtlijnen Bemalingen*, Werkgroep Bemalingen, 74 pp.

6.11 Analytische en numerieke methodes

Deze bijlage geeft een overzicht van de meest courante formules/rekenmethodes die worden toegepast bij het opstellen van een bemalingsontwerp, en meer specifiek bij het bepalen van het bemalingsdebiet en de invloedsstraal van de bemaling. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen het gebruik van eenvoudige analytische formules en het toepassen van complexere numerieke methodes.

Inhoudsopgave

1	Analytische formules.....	129
1.1	Freatisch grondwater.....	129
1.2	Semi-gespannen grondwater	133
1.3	Volledig gespannen grondwater	133
1.4	Verspreidingsnelheid verontreinigde stoffen.....	134
2	Numerieke methodes.....	135
2.1	Voorbeschouwingen	135
2.2	Te doorlopen stappen.....	136
2.2.1	Gegevensverzameling/ milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden	136
2.2.2	Concept vastleggen.....	136
2.2.3	Randvoorwaarden invoeren	137
2.2.4	Parameters invoeren.....	137
2.2.5	Kalibratie	137
2.2.6	Invoeren van de elementen van het bemalingsconcept.....	138
2.2.7	Zoet/zout water interfaces	143
2.2.8	Verontreinigingen	143
2.2.9	Onzekerheden en gevoeligheden	144
3	Methodiek berekeningsmethode.....	144
4	Referentielijst	146

1 Analytische formules

Verscheidene analytische formules zijn beschikbaar voor de ontwerper van een bemalingsconcept. Deze formules vereenvoudigen de werkelijkheid in belangrijke mate en zijn dus zeer indicatief. Ze geven echter een snel richtinggevend resultaat, en ze zijn mogelijk voldoende accuraat voor eenvoudige systemen. Onder eenvoudige systemen worden systemen met volgende kenmerken verstaan:

- homogene en isotrope watervoerende laag;
- watervoerende laag die oneindig uitgestrekt is;
- volkomen filters/bronnen;
- afwezigheid van storende randvoorwaarden zoals waterlopen, drainages, wanden, ...

Elke van deze analytische formules heeft een specifiek toepassingsdomein, afhankelijk van geologische omstandigheden en de opstelling van de bemaling. Wanneer deze formules in een rekenblad worden ingevoerd kunnen het handige instrumenten zijn om snel een indicatief beeld te geven. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de meest gebruikte analytische rekenmethodes.

1.1 Freatisch grondwater

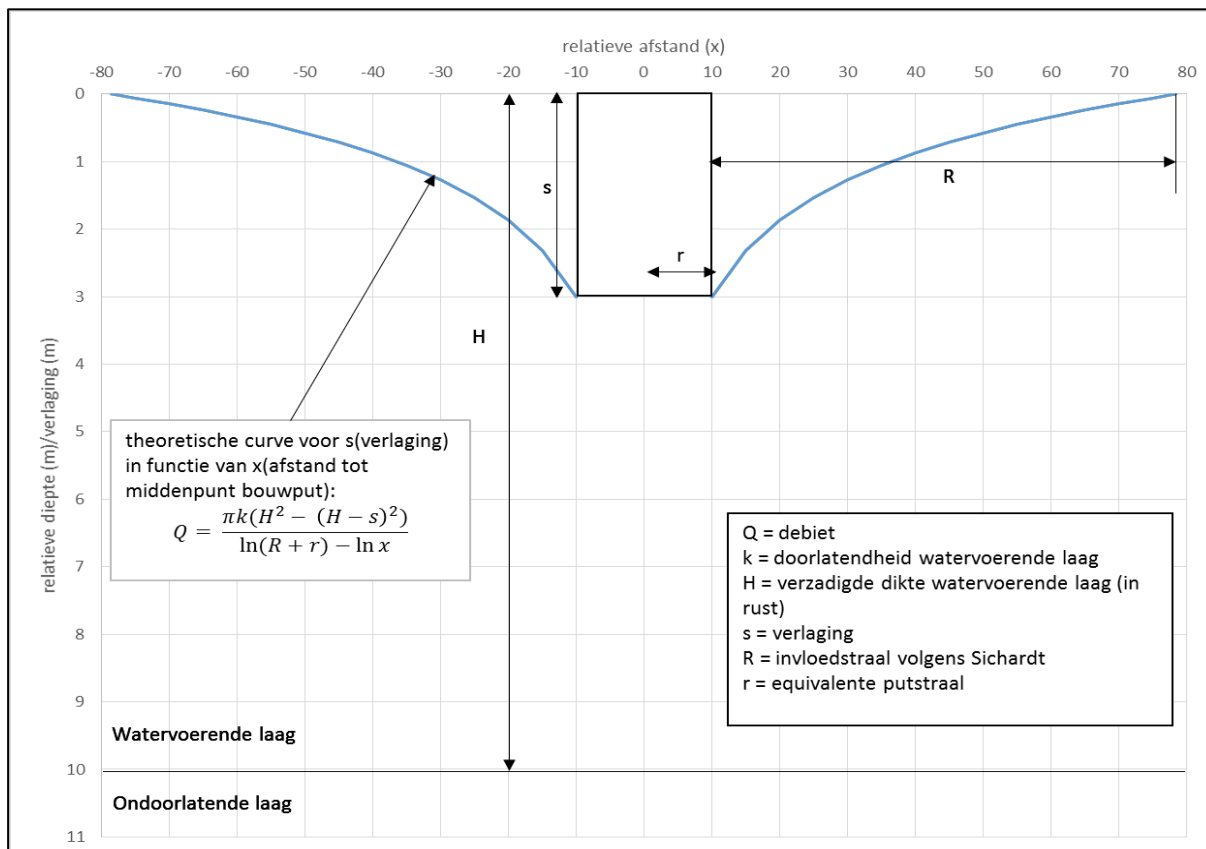
Het bemalingsdebiet van een volkomen bron (zie [bijlage 6.1](#)) kan berekend worden door middel van de formule van Dupuit (Vergelijking 1).

$$\text{Vergelijking 1: } Q_{tot} = \frac{\pi * k * (H^2 - (H-s)^2)}{\ln(R+r) - \ln r}$$

Waarbij (Figuur 44):

- Q_{tot} : debiet (m^3/d)
- R : invloedsstraal bemaling (m), kan berekend worden met de formule van Sichardt (Vergelijking 2);
- k : doorlatendheid watervoerend pakket (m/d);
- H : stijghoogte in rust (m);
- s : grondwaterverlaging op rand van bouwput (afstand r) (m);
- r : equivalente straal met $r = \frac{\text{ lengte + breedte }}{\pi}$ voor een rechthoekige bouwput (m).

In Figuur 44 zijn de gebruikte parameters visueel weergegeven: Vergelijking 1 geeft het debiet voor een verlaging van s op afstand r van het centrum van de bouwput (het middelpunt van de theoretische afpompingskegel) met een invloedsstraal van $R+r$ en een stijghoogte in rust gelijk aan H , waarbij de bouwput beschouwd wordt als 1 (grote) pompput met een straal gelijk aan r .



Figuur 44 schematische voorstelling van de formule van Dupuit voor de berekening van het debiet voor een verlaging s in een bouwput met equivalente bouwputstraal r

Indien de filterelementen niet worden aangezet op de top van de ondoorlatende laag bevindt er zich daaronder nog x aantal meter watervoerende laag (onvolkomen filter; zie [bijlage 6.1](#)). In dat geval dient het debiet berekend te worden van een volkomen bron volgens de formule van Dupuit, waarna er een toeslag in rekening wordt gebracht (Figuur 45) om tot het onvolkomen debiet te komen.

Figuur 45: tabel toeslag die in rekening gebracht moet worden bij de berekening van een onvolkomen debiet met de formule van Dupuit in functie van het aantal meter aan watervoerende laag tussen de onderkant van het filterelement en de onderliggende ondoorlatend

Toeslag onvolkomen bron						
x (m)	0	1	2	3	4	≥ 5
Q (m^3/u)	Q_{tot}	$Q_{tot} * 1,05$	$Q_{tot} * 1,10$	$Q_{tot} * 1,15$	$Q_{tot} * 1,20$	$Q_{tot} * 1,25$

Door middel van de formule van Sichardt (Vergelijking 2) kan de initiële invloedsstraal van een bemaling in een freatisch watervoerend pakket worden bepaald. Hiermee wordt een inschatting gemaakt van de invloedsstraal van de bemaling gedurende de eerste paar dagen na opstart van de bemaling. De invloedsstraal is beperkt bij de start van de bemaling, waardoor de optredende gradiënt groot is, en bijgevolg ook het debiet. Deze formule kan dan ook uitsluitend gebruikt worden om de benodigde pompcapaciteit te berekenen om de bouwput droog te krijgen gedurende maximaal 5 dagen vanaf de start van de bemaling. De formule van Sichardt kan dus geenszins gebruikt worden om de invloedsstraal in stationaire toestand te bepalen. Dit wordt echter wel vaak (en dus foutief) gedaan. In stationaire toestand is de invloedsstraal immers veel groter (zie verder). Merk op dat de invloedsstraal berekend door middel van de formule van Sichardt de afstand is tussen de bemaling en het punt waar geen verlaging van de grondwaterstand optreedt (0 m verlaging in tegenstelling tot 0,05 m meetbare verlaging voor de invloedsstraal gedefinieerd in de begrippenlijst).

$$\text{Vergelijking 2: } R = 3000 \cdot \sqrt{k} * (H - h_0) \quad \text{of} \quad R = 3000 * \sqrt{k} * s_0$$

Waarbij (Figuur 44):

- R : invloedstraal bemaling (m);
- k : doorlatendheid van het watervoerend pakket (m/s);
- s_0 : gewenste verlaging in centrum (m).

Naarmate een bemaling vordert zal het debiet afnemen en de invloedsstraal toenemen. De stationaire invloedszone van de bemaling is per definitie (in freatische omstandigheden) het gebied dat nodig is om door effectieve infiltratie vanuit de onverzadigde zone (evenwicht tussen infiltratie en drainage) het bemalingsdebiet te compenseren. In deze bijlage wordt verder enkel rekening gehouden met veranderingen in effectieve infiltratie door veranderingen in neerslag.

Als er nergens en nooit voeding door neerslag zou zijn, zou de invloedszone oneindig toenemen. Als er geen voedende randvoorwaarden zijn zoals oppervlaktewaters, infiltraties of retourbronnen, dan wordt de invloedszone dus bepaald door de neerslag die effectief infiltreert (Vergelijking 3 en Vergelijking 4). Er wordt meestal uitgegaan van een grondwatervoeding door neerslag die 0,20 m/jaar bedraagt in doorlatende, niet dichtbebouwde zones. Voor meer detail kan gekeken worden naar de grondwatervoedingskaarten (Meyus et al., 2004^[1]).

$$\text{Vergelijking 3: } Q = \pi * R^2 * N$$

Waarbij:

- Q : debiet (m³/u);
- R : invloedstraal bemaling (m);
- N : effectieve infiltratie (m/u).

Uit deze formule volgt dan:

$$\text{Vergelijking 4: } R = \sqrt{\frac{Q_{tot}}{N \cdot \pi}}$$

Waarbij:

- R : iteratief berekende invloedsstraal bemaling (m).

Aangezien het berekende debiet d.m.v. de formule van Dupuit (Vergelijking 1) afhankelijk is van de invloedsstraal (Vergelijking 3 of Vergelijking 4) en omgekeerd, kunnen beiden door middel van een iteratieve berekening bepaald worden. Ook hier geldt dat de berekende invloedsstraal de afstand is tussen de bemaling en het punt waar geen verlaging van de grondwaterstand optreedt (0 m verlaging in tegenstelling tot 0,05 m meetbare verlaging voor de invloedsstraal gedefinieerd in de begrippenlijst).

Het verschil in debiet en invloedsstraal bij het begin van de bemaling en bij een stationaire situatie wordt in onderstaand rekenvoorbeeld gegeven (Figuur 47). Dit voorbeeld toont aan hoe belangrijk het verschil is tussen de initiële situatie en de stationaire situatie:

- initiële situatie:
R = 113 meter;
Q = 94 m³/u (onvolkomen bron).
- stationaire situatie:
R = 386 meter;
Q = 54 m³/u (onvolkomen bron).

De oorzaak van dit belangrijke verschil is de vrije berging. In freatische omstandigheden ligt deze in de ordegrrootte van 5 tot 25 % voor zand. Dit volume water moet over de ganse pompkegel verwijderd worden gedurende de niet-stationaire toestand. Indien dit volume water opgepompt is en het opgepompte debiet volledig gecompenseerd wordt door de effectieve infiltratie is de stationaire toestand bereikt.

Rekennota freatisch water (Sichardt en Dupuit)

bouwput afmetingen	lengte	70,00 m	r	h	s	Afstand	WP in rust	WP verlaagd
	breedte	50,00 m	m	m	m	m	m	m
horiz. doorlatendheid van de bodem (k)		1,16E-04 m/s	38,20	9,50	3,50	0,00	-1,00	-4,50
stijghoogte in rust (H)		13,00 m	39,73	9,62	3,38	1,54	-1,00	-4,38
gewenste neerhaling in centrum (s)		3,50 m	40,56	9,68	3,32	2,36	-1,00	-4,32
invloedsstraal (R)		112,96 m	41,83	9,77	3,23	3,63	-1,00	-4,23
equivalente straal bouwput (r)		38,20 m	43,78	9,90	3,10	5,58	-1,00	-4,10
Q (volkomen bron)		74,94 m³/u	46,77	10,09	2,91	8,57	-1,00	-3,91
Q (onvolkomen bron)		93,67 m³/u	51,37	10,35	2,65	13,18	-1,00	-3,65
toeslag onvolkomen bron		1,25 -	58,45	10,71	2,29	20,25	-1,00	-3,29
			69,32	11,15	1,85	31,12	-1,00	-2,85
			86,02	11,69	1,31	47,83	-1,00	-2,31
			111,70	12,32	0,68	73,50	-1,00	-1,68
			151,16	13,00	0,00	112,96	-1,00	-1,00

Figuur 46 Rekennota freatisch water (Sichardt en Dupuit)

Rekennota freatisch water met voeding door neerslag (DUPUIT)

bouwput afmetingen	lengte	70,00 m	r	h	s	Afstand	WP in rust	WP verlaagd
	breedte	50,00 m	m	m	m	m	m	m
horiz. doorlatendheid van de bodem (k)		1,16E-04 m/s	38,20	9,50	3,50	0,00	-1,00	-4,50
stijghoogte in rust (H)		13,00 m	39,92	9,58	3,42	1,72	-1,00	-4,42
gewenste neerhaling in centrum (s)		3,50 m	41,15	9,63	3,37	2,95	-1,00	-4,37
invloedsstraal (R)		386,27 m	43,27	9,71	3,29	5,08	-1,00	-4,29
equivalente straal bouwput (r)		38,20 m	46,92	9,85	3,15	8,72	-1,00	-4,15
Q (volkomen bron)		42,81 m ³ /u	53,19	10,05	2,95	14,99	-1,00	-3,95
Q (onvolkomen bron)		53,51 m ³ /u	63,96	10,35	2,65	25,77	-1,00	-3,65
toeslag onvolkomen bron		1,25 -	82,48	10,74	2,26	44,28	-1,00	-3,26
			114,30	11,23	1,77	76,10	-1,00	-2,77
			168,98	11,78	1,22	130,78	-1,00	-2,22
			262,96	12,38	0,62	224,76	-1,00	-1,62
			424,47	13,00	0,00	386,27	-1,00	-1,00

Figuur 47 verschil in invloedsstraal en debiet bij het begin van een freatische bemaling (boven) en de stati-onaire situatie (onder)

1.2 Semi-gespannen grondwater

Voor de berekening van het bemalingsdebiet in semi-gespannen grondlagen kan de formule van De Glee (Vergelijking 5) worden toegepast.

$$\text{Vergelijking 5: } s = \frac{Q}{2 * \pi * K * D} * K_0\left(\frac{r}{L}\right)$$

Met:

- s : stationaire grondwaterverlaging op een afstand r van de pompput (m);
- Q : pompdebiet (m³/d);
- K : doorlatendheid watervoerende laag (m/d);
- D : verzadigde dikte watervoerende laag (m);
- K₀(x) : Besselfunctie van de 2^{de} soort en graad 0 (Hankelfunctie);
- r : afstand tot de pompput (m);
- L : $\sqrt{K * D * \frac{D'}{K'}}$: lek-factor (m);
- D' : verzadigde dikte afsluitende laag (m);
- K' : verticale doorlatendheid afsluitende laag (m/d).

Het verschil tussen het initiële en het stationaire debiet is verwaarloosbaar, zolang de semi-gespannen laag verzadigd blijft. De berging van die laag is immers uitsluitend elastisch, en levert relatief weinig water op. Stationair is de invloedszone zo groot als nodig om via verandering in lek door de semi-gespannen laag het bemalingsdebiet te voeden.

1.3 Volledig gespannen grondwater

Voor de berekening van het bemalingsdebiet in gespannen grondlagen kan de formule van De Glee (paragraaf 1.2) worden toegepast waarbij de weerstand van de afsluitende laag zeer hoog wordt genomen (lage lek-factor L).

Alternatief kan voor de berekening van het bemalingsdebiet in gespannen grondlagen de formule van Theis (Vergelijking 6) toegepast worden.

$$\text{Vergelijking 6: } s = \frac{Q}{4\pi K D} \int_u^\infty \frac{e^{-y}}{y} dy = \frac{Q}{4\pi K D} W(u)$$

Met:

- s : grondwaterverlaging op een afstand r van de pompput (m);
- Q : pompdebiet (m^3/d);
- K : doorlatendheid watervoerende laag (m/d);
- D : verzadigde dikte watervoerende laag (m);
- $u = \frac{r^2 S}{4 K D t}$;
- r : afstand tot pompput (m);
- S : *storativity* = elastische berging (m^{-1}) * dikte watervoerende laag (m);
- t : tijd vanaf start pompen (d);
- $W(u) = -0,5772 - \ln(u) + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + \dots$: putfunctie van Theis.

Theoretisch breidt de invloed van een bemaling in een volledig gespannen laag dus oneindig ver uit in de tijd, omdat de enige voeding voortkomt uit de elastische berging.

1.4 Verspreidingsnelheid verontreinigde stoffen

Water verplaatst zich in de bodem met een snelheid die wordt bepaald door de wet van Darcy (Vergelijking 7).

$$\text{Vergelijking 7: } V_{gw} = \frac{K \cdot i}{\theta}$$

Met:

- v_{gw} : stroomsnelheid (m/d);
- K : doorlatendheid (m/d);
- i : verhang (-);
- θ : porositeit (-).

Een in water opgeloste stof zou zich met exact dezelfde snelheid verplaatsen ten gevolge van advectie indien volgende verschijnselen niet zouden optreden:

- dispersie: lokale afwijkingen van de gemiddelde stroomsnelheid;
- diffusie (in de praktijk meestal te verwaarlozen in verhouding tot het effect van bemalen/re-tourneren);
- adsorptie: verdeling tussen bodem en grondwater;
- afbraak (bv. nucleair verval);
- overige fysische, chemische en/of biochemische reacties.

De vertraagde verplaatsingssnelheid van een verontreiniging ten opzichte van de stroomsnelheid van het grondwater kan indicatief berekend worden op basis van de retardatiefactor R (Vergelijking 8).

$$\text{Vergelijking 8: } V_{stof} = \frac{V_{gw}}{R}$$

Met:

- v_{stof} : verplaatsingssnelheid van de verontreiniging (m/d);
- v_{gw} : stroomsnelheid van het grondwater (m/d);
- R : retardatiefactor (-).

De retardatiefactor R wordt per stof bepaald door de adsorptie-eigenschappen van de matrix (de ondergrond) en door de fysische eigenschappen als porositeit en bulk dichtheid.

Voor organische verontreinigingen wordt de retardatiefactor per stof berekend door middel van Vergelijking 9.

$$\text{Vergelijking 9: } R = 1 + K_{oc} * f_{oc} * \frac{\rho}{\theta}$$

Met:

- R : retardatiefactor (-);
- K_{oc} : verdelingscoëfficiënt (l/kg_{oc});
- ρ : bulkdichtheid (kg/l);
- θ : porositeit (-);
- f_{oc} : fractie organische koolstof (-).

Voor zware metalen wordt de retardatiefactor per stof berekend door middel van Vergelijking 10.

$$\text{Vergelijking 10: } R = 1 + K_d * \frac{\rho}{\theta}$$

Met:

- R : retardatiefactor (-);
- K_d : verdelingscoëfficiënt (l/kg);
- ρ : bulkdichtheid (kg/l);
- θ : porositeit (-).

2 Numerieke methodes

2.1 Voorbeschouwingen

Bij complexe bemalingen of bemalingen waarbij aanzienlijke milieueffecten verwacht worden, wordt vaak overgeschakeld naar numerieke rekenmethodes ter bepaling van het debiet en de invloed van een bemaling naar de omgeving. In paragraaf 3.4.2 van het basisdocument alsook in het stroomschema in paragraaf 3 hieronder wordt een overzicht gegeven van wanneer numerieke rekenmethodes aangewezen of noodzakelijk zijn. Door middel van een numerieke modellering kunnen locatie-specifieke verschillen en effecten beter in kaart gebracht worden (bv. variatie van dikte of doorlatendheid binnen een watervoerende laag). Op die manier is een meer nauwkeurig ontwerp van de bemaling mogelijk.

Numerieke grondwatermodellen zijn meestal gebaseerd op de 'eindige verschillen' of de 'eindige

elementen' methode. De code die momenteel veruit het vaakst wordt toegepast in grondwaterstudies is MODFLOW (met toepassing van de 'eindige verschillen' methode). MODFLOW kent verschillende gebruikersinterfaces, zoals bv. Groundwater Vistas, Visual Modflow, GMS, ModelMuse, ...

Het opstellen van een grondwatermodel bestaat meestal uit een reeks opeenvolgende stappen, waarvan de belangrijkste zijn:

1. Opstellen van het basismodel;
2. Gevoeligheidsanalyse, kalibratie en validatie;
3. Scenarioberekeningen;
4. Verwerken en weergeven van de modelresultaten.

Het verantwoord gebruik van numerieke grondwatermodellen behoeft expertise ter zake, evenals substantiële hydrogeologische kennis en wiskundig inzicht. Het valt buiten de doelstelling van deze richtlijn om breed en diep in te gaan op grondwatermodellering als dusdanig, daarover bestaat een uitgebreide wetenschappelijke vakliteratuur (zie [bijlage 6.10](#)). Hoe complex en verfijnd modellen ook zijn, ze zijn steeds een verregaande simplificatie van een complexe realiteit. In die zin hou je best volgende quote in gedachte: *'All models are false, some models are useful'*.

Er zijn een aantal aandachtspunten en technieken die belangrijk zijn bij het gebruik van numerieke grondwatermodellen, specifiek voor het dimensioneren van bemalingen en retourbemalingen. Deze worden toegelicht voor wat betreft MODFLOW, omdat dit veruit de meest gebruikte code is wereldwijd voor het modelleren van grondwater. Sommige van deze aspecten gelden ook in het algemeen voor alle grondwatermodellen. Een aantal van deze aandachtspunten zijn:

- Hoe omgaan met het verschil tussen haalbare celgrootte en de courante afmetingen van filters/bronnen, om tot een realistische dimensionering van deze laatste te komen? Dit item is essentieel om een realistische berekening door te voeren voor de opnamecapaciteit van onttrekkings-elementen (filters, bronnen, ...);
- Effect van verticale discretisatie in functie van onderloopsheid van wanden, exacte positie van filterstellingen etc.;
- Het gebruik van de MODFLOW packages 'Drain', 'General Head', ... als 'stijghoogte afhankelijke flux' voor de dimensionering van bronnen en retourbronnen;
- Verschillen tussen een stationaire en tijdsafhankelijke benadering, berekening totaal waterbezwaar;
- Hoe op een zinvolle manier omgaan met verzilte gebieden;
- Modelartefacten.

2.2 Te doorlopen stappen

2.2.1 Gegevensverzameling/ milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden

Zie checklisten 1 en 2 in respectievelijk [bijlagen 6.2 en 6.4](#).

2.2.2 Concept vastleggen

Wat wil je modelleren en welke bemalingstechniek wil je aanwenden? Een model heeft immers slechts een voorspellende kracht voor de specifieke context waarvoor het is opgesteld. Het modelleren van een regionale grondwaterstroming vraagt een ander concept dan het modelleren van een bemaling over een oppervlak van bv. 50x20 m. Belangrijke aandachtspunten in deze conceptuele fase zijn:

- Modelgrid maken in functie van het concept;

- Hydrogeologische schematisatie (lagenopbouw) vertalen naar een verticale discretisatie;
- Verfijning van verticale discretisatie in functie van randvoorwaarden en technische uitvoerings-elementen (bv. diepte waterkerende wand, diepte onttrekkings-/retourputten t.o.v. onderkant wand, ...);
- Modelgrootte in functie van de invloedzone van de hinderlijke inrichting (indicatieve invloedstraal dient vooraf te worden berekend door middel van analytische formules);
- Celgrootte (horizontale discretisatie) in functie van de grootte van het project en in functie van de te ontwerpen elementen (bv. aantal putten).

2.2.3 Randvoorwaarden invoeren

Dit zijn alle fysische elementen die van invloed kunnen zijn op datgene wat je wil berekenen: oppervlaktewaterlichamen, andere onttrekkingen, wanden, drainages, hervoedingen, ...

Meestal moet je ook randvoorwaarden invoeren die je helemaal niet kent, en die ook wijzigen onder invloed van datgene wat je wil modelleren. Zo is de invloedstraal van een onttrekking, al dan niet in functie van de tijd, steeds voer voor discussie (zie paragraaf 1.1). Hou er rekening mee dat elk model, analytisch of numeriek, steeds rekent tot aan de 'rand' van het model. Wanneer je bv. de voeding van je model als een vaste stijghoogte op de modelrand(en) voorziet, maak je altijd een fout. Als je de rand (in dit geval de voeding) te ver legt, onderschat je het debiet en overschat je de invloedstraal, ligt hij te kort dan is het net andersom. Bovendien verplaatst die rand zich in functie van de tijd.

In freatische pakketten kan je dit probleem dan ook beter benaderen door de voeding te simuleren door middel van neerslag (dit is ook de realiteit), waarbij de stijghoogte wordt bepaald door een drainageniveau dat overeenkomt met gemeten stijghoogtes in rust. Het model geeft je dan als resultaat een invloedzone die in evenwicht is met de neerslag en de drainage.

Voor (semi-)gespannen watervoerende lagen is de invloedstraal afhankelijk van de verandering in lek doorheen de semi-afsluitende laag (indien dit het geval is) en de elasticiteit van zowel de laag waarin gepompt wordt als die van onder- en bovenliggende lagen waarin een drukverlaging ontstaat. Deze parameters zijn meestal zeer gevoelig, en kunnen alleen maar achterhaald worden via pompproeven.

2.2.4 Parameters invoeren

Dit zijn de variabelen die je per cel kan laten variëren, zoals doorlatendheden, vrije en elastische berging, dispersie, retardatie, afbraak, ...

2.2.5 Kalibratie

Kalibratie is de aanpassing van parameters en randvoorwaarden in het model zodanig dat de modelresultaten zo goed mogelijk samenvallen met gemeten waarden op het terrein. Deze gemeten waarden kunnen zijn:

- stationaire en tijdsafhankelijke stijghoogtes;
- resultaten van pompproeven;
- resultaten van bemalingsproeven;
- ...

De meest betrouwbare modellen bekom je wanneer de kalibratie is gebaseerd op een impact in het model ('stress') die vergelijkbaar is met datgene wat je wil voorspellen of ontwerpen (bv. een pompproef in de te bemalen laag, een bemalingsproef ter hoogte van een kaaimuur in functie van zettingsrisico, ...). Kalibraties van een model in 'rust' (bv. stationaire stijghoogtes in rust), geven weinig

informatie over de stresstoestand.

2.2.6 Invoeren van de elementen van het bemalingsconcept

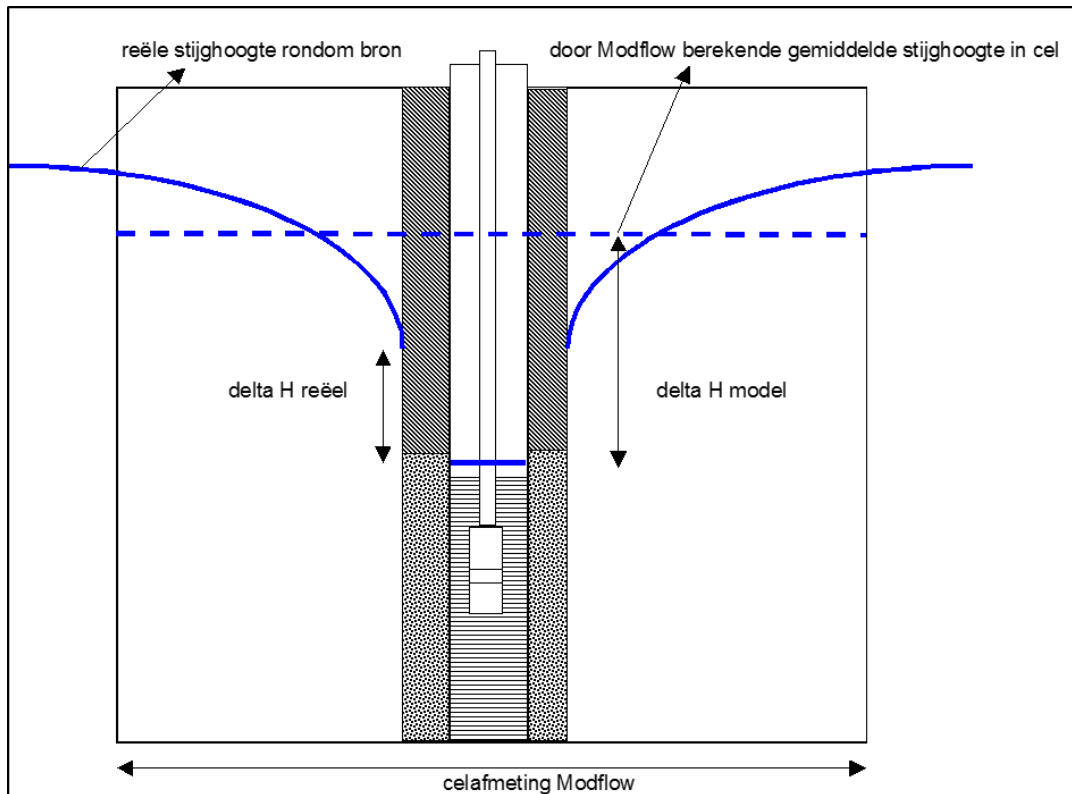
Dit zijn bijkomende randvoorwaarden betreffende alle elementen die rechtstreeks te maken hebben met de uitvoeringstechniek (putten, filters, zandpalen, wanden, retourputten, infiltraties van het maaiveld, ...)

2.2.6.1 Putten en filters

Putten en filters worden in een model op dezelfde manier benaderd. Er is alleen een verschil in dimensies en dus in opnamevermogen. In MODFLOW kan je ze op verschillende manieren invoeren. Een eerste manier bestaat erin een debiet op te leggen (door middel van de well package). Als resultaat krijg je dan een grondwaterverlaging als gevolg van dat opgelegde debiet. Om tot een ontwerp te komen moet je dus een aantal '*trial and error*' cycli doorlopen om het gepaste debiet uit te komen dat aanleiding geeft tot de gewenste verlaging. Dit is zeer onhandig. Maar erger nog is het feit dat je helemaal niet weet of die putten of filters dat opgelegde debiet wel kunnen leveren. In MODFLOW is het namelijk zo dat er meestal een groot verschil is tussen de celafmeting enerzijds, en de putdiameter die in die cel is gedefinieerd anderzijds. MODFLOW berekent een gemiddelde stijghoogte over een cel met bepaalde afmetingen (bv. 5 x 5 m). De stijghoogte in de onmiddellijke omgeving rond een put met een veel kleinere afmeting (bv. 250 mm) is echter veel lager dan de gemiddelde stijghoogte in de cel waarin de put is gedefinieerd. Daardoor zal MODFLOW steeds een belangrijke overschatting maken van het opnamevermogen van een individuele put, zoals in Figuur 48 duidelijk wordt.

In functie van het dimensioneren van een bemaling is het dan ook beter te werken met een opgelegde stijghoogte in combinatie met een aangepaste conductantieterm (drain of river package, general head boundary, ...). Het aanpassen van de conductantieterm gebeurt in functie van het verschil in celafmeting en bronafmeting. Er bestaat namelijk een analytische relatie tussen de berekende stijghoogte in een cel en die in een put van veel kleinere afmetingen (Anderson and Woessner, 1992^[2]). Uit deze relatie kan een 'rekenweerstand' worden afgeleid. Deze is in de praktijk veel groter dan de effectieve, hydraulische putweerstand, die in serie staat met de rekenweerstand. Door deze beide in rekening te brengen verkrijgt men de best mogelijke benadering van de reële opnamecapaciteit van een put.

In Figuur 49 worden de waarden weergegeven van de conductantieterm als afhankelijke van de verhouding tussen de celafmetingen en bronafmetingen.



Figuur 48 verschil tussen de reële stijghoogte en de door MODFLOW berekende stijghoogte in een cel

Waarden van $C/2\pi iT$ in functie van de celafmeting a en brondiameter r										
r bron	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
a cel	0,208a									
1	0,208	0,7015	1,3654	3,059	25,497					
2	0,416	0,472	0,7015	0,9803	1,3654	1,9638	3,059	5,7886	25,497	
3	0,624	0,3962	0,5462	0,7015	0,8789	1,0933	1,3654	1,7295	2,2488	3,059
4	0,832	0,3556	0,472	0,5837	0,7015	0,8317	0,9803	1,1549	1,3654	1,6271
5	1,04	0,3295	0,427	0,5164	0,6066	0,7015	0,8044	0,9182	1,0466	1,1937
6	1,248	0,3108	0,3962	0,472	0,5462	0,622	0,7015	0,7866	0,8789	0,9803
7	1,456	0,2966	0,3734	0,44	0,5037	0,5675	0,633	0,7015	0,774	0,8516
8	1,664	0,2853	0,3556	0,4156	0,472	0,5276	0,5837	0,6414	0,7015	0,7647
9	1,872	0,276	0,3413	0,3962	0,4471	0,4967	0,5462	0,5964	0,648	0,7015
10	2,08	0,2682	0,3295	0,3803	0,427	0,472	0,5164	0,5611	0,6066	0,6532
11	2,288	0,2615	0,3195	0,367	0,4103	0,4517	0,4922	0,5326	0,5734	0,6149
12	2,496	0,2557	0,3108	0,3556	0,3962	0,4346	0,472	0,509	0,5462	0,5837
13	2,704	0,2506	0,3033	0,3458	0,384	0,42	0,4548	0,4891	0,5233	0,5576
14	2,912	0,246	0,2966	0,3372	0,3734	0,4073	0,44	0,472	0,5037	0,5355
15	3,12	0,2419	0,2907	0,3295	0,364	0,3962	0,427	0,4571	0,4868	0,5164
16	3,328	0,2382	0,2853	0,3226	0,3556	0,3863	0,4156	0,444	0,472	0,4998
17	3,536	0,2348	0,2805	0,3164	0,3481	0,3775	0,4054	0,4324	0,4589	0,4851
18	3,744	0,2317	0,276	0,3108	0,3413	0,3695	0,3962	0,4219	0,4471	0,472
19	3,952	0,2288	0,272	0,3057	0,3352	0,3623	0,3879	0,4125	0,4366	0,4603
20	4,16	0,2262	0,2682	0,301	0,3295	0,3556	0,3803	0,404	0,427	0,4496
21	4,368	0,2237	0,2648	0,2966	0,3243	0,3496	0,3734	0,3962	0,4183	0,44
22	4,576	0,2214	0,2615	0,2926	0,3195	0,344	0,367	0,389	0,4103	0,4312
23	4,784	0,2192	0,2585	0,2888	0,315	0,3388	0,3611	0,3824	0,403	0,4231
24	4,992	0,2172	0,2557	0,2853	0,3108	0,334	0,3556	0,3763	0,3962	0,4156
25	5,2	0,2153	0,2531	0,282	0,3069	0,3295	0,3506	0,3706	0,3899	0,4086

Figuur 49 printscreen tabel: waarden van de conductantieterm (C = conductantie; T = verzadigde filterhoogte)

De 'rekenweerstand' $1/C$ is in de meeste gevallen belangrijker dan de effectieve putweerstand (tenzij

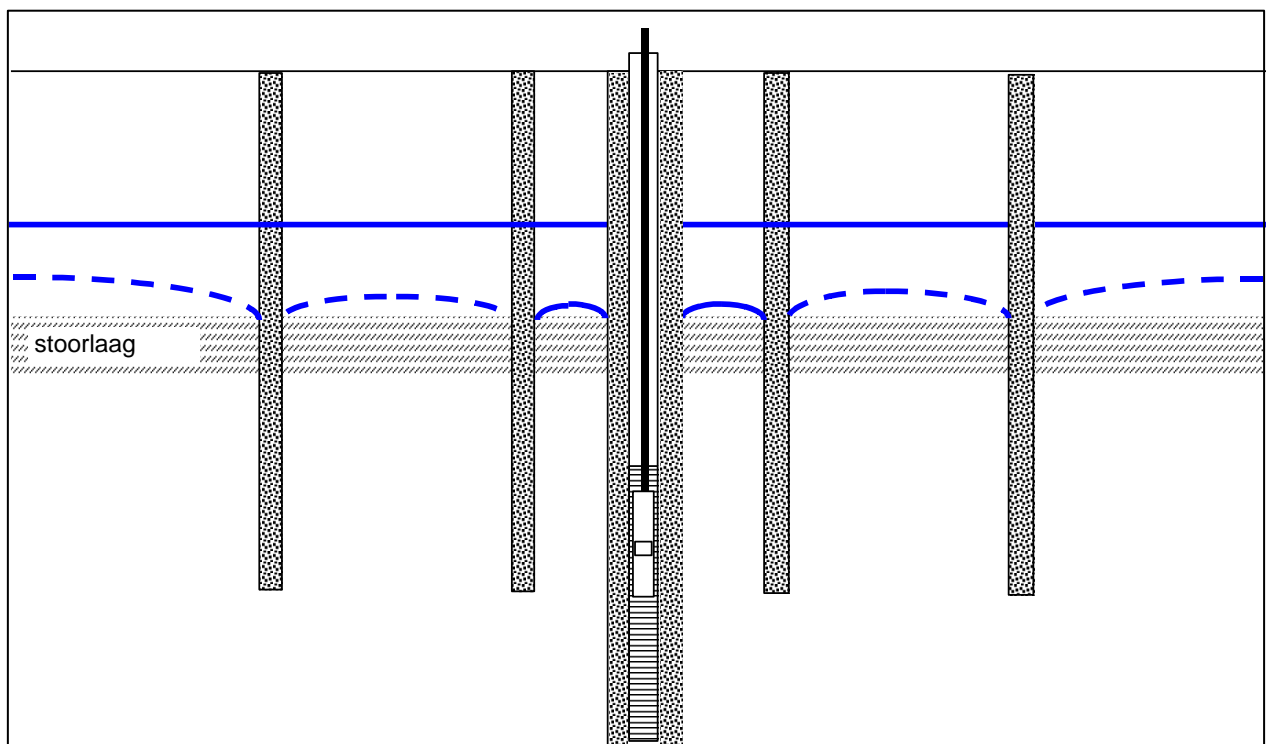
putten effectief verstopt zijn). In de praktijk komt het erop neer dat de putweerstand bij bronnen verwaarloosbaar is t.o.v. de 'rekenweerstand' voor cellen groter dan 4 meter, en bij filters voor cellen groter dan 2 m. Indien met dit aspect geen rekening gehouden wordt bij het bepalen van het aantal noodzakelijke bronnen en hun onderlinge tussenafstand, is het resultaat van het model absoluut onbetrouwbaar en waardeloos.

Een bijkomend aandachtspunt is dat best vermeden wordt een maximale stroomsnelheid doorheen het grindpakket rondom het filterelement te overschrijden. Een vuistregel is $v < \frac{\sqrt{K}}{15}$.

2.2.6.2 Zandpalen

Zand- of grindpalen worden gebruikt om de verticale doorlatendheid te bevorderen door het doorbreken van stoorlagen (Figuur 1). Grindpalen worden ook gebruikt om de stabiliteit van weinig draagkrachtige bodems te verhogen.

In een model kunnen ze worden ingevoerd door aan de modelcellen een gewogen gemiddelde verticale doorlatendheid toe te kennen in functie van enerzijds de afmetingen en doorlatendheid van de modelcel, en anderzijds deze van de grindpaal. Ook de annulaire ruimtes van de bronnen worden als zandpaal gebruikt.

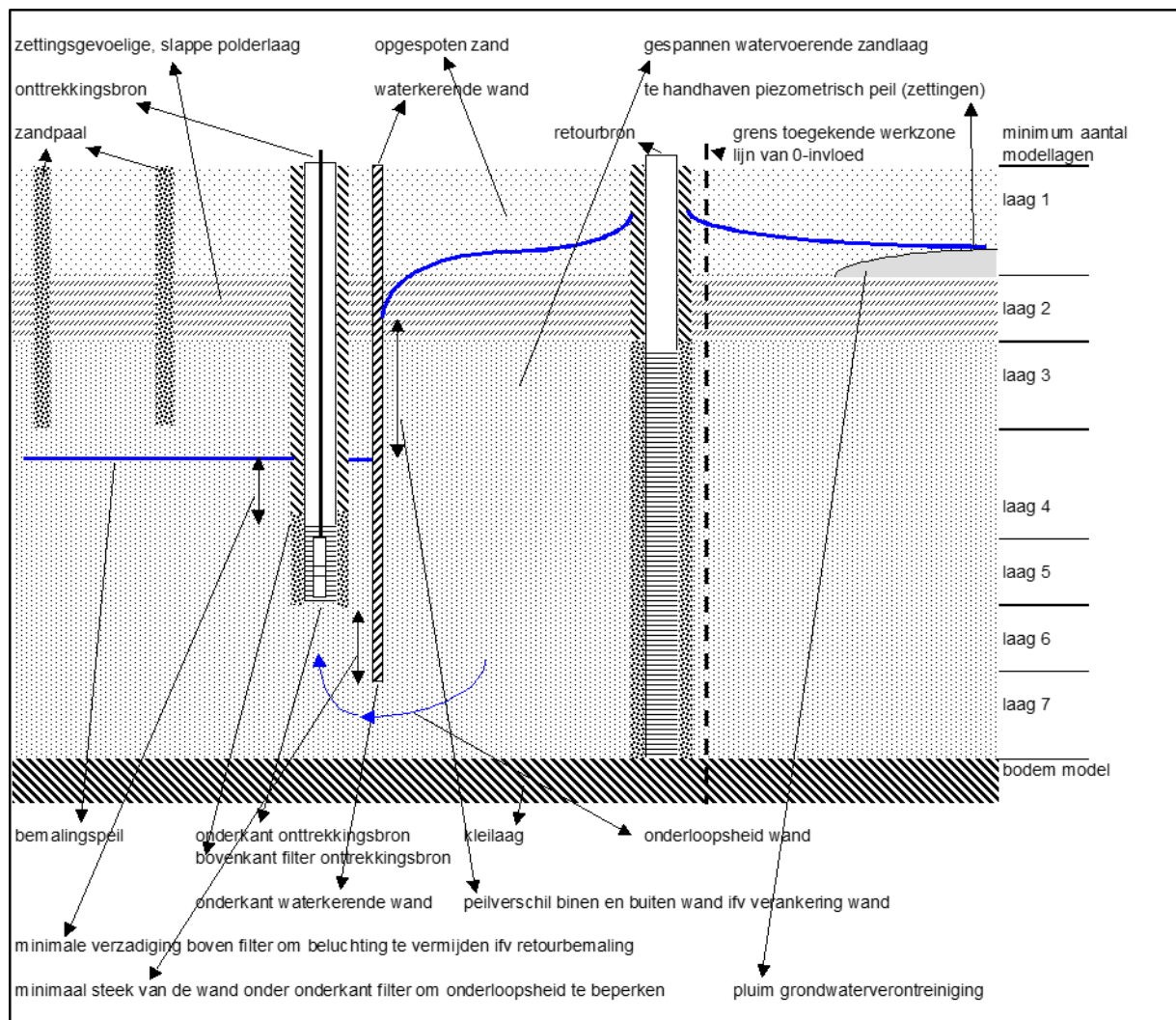


Figuur 1: illustratie van verticale grindpalen en de invloed op de grondwaterstand

2.2.6.3 Wanden

Waterkerende wanden kunnen in MODFLOW rechtstreeks worden ingegeven via het 'Horizontal Flow Barrier package'. Het is een stromingsweerstand die bepaald wordt door de dikte, de doorlatendheid en de positie van de wand in te voeren. Een alternatief is te werken met fijne celafmetingen met verlaagde doorlatendheden. In functie van de positie van de onderkant van de wand, de positie van onttrekkingsbronnen en de positie van een eventuele ondoorlatende laag, is het belangrijk het modelgrid verticaal voldoende te discretiseren. Figuur 50 toont als voorbeeld een situatie met 3 hydrogeologisch verschillende lagen die in het model relevant zijn. Het bemalingsconcept vereist echter minimaal 7

modellagen in functie van het ontwerp.



Figuur 50 hydrogeologische schematisatie versus concept bemaling/retourbemaling en noodzakelijk aantal modellagen

Een verfijnde verticale discretisatie is voor het correct modelleren van een bemaling belangrijk om volgende redenen: een 3D MODFLOW model is in feite een verticale stapeling van 2D modellen, de modellagen. In elke cel van elke laag rekent MODFLOW resultaten uit voor druk en massabalans, die gelden voor het centrum van de betreffende cel, niet aan de randen ervan. Wanneer de lagen dik zijn, bv. een laag van 20 meter in een gespannen laag onder een kleilaag die zou kunnen opbarsten, dan krijg je resultaten voor die laag op een niveau van 10 meter onder de kleilaag waarvan je wil weten of ze zal opbarsten. Dit is niet relevant. Je wil namelijk weten wat de druk is ter hoogte van de basis van de kleilaag die zou kunnen opbarsten. Daarom moet je daar één of zelfs een paar dunne laagjes voorzien, net onder de klei, zodanig dat het resultaat relevant wordt voor datgene wat je wil weten. Hetzelfde geldt in horizontale richting, wanneer je bv. de druk wil weten op een waterkerende wand buiten de bouwput. Je zal dan de celbreedte net buiten de wand fijn genoeg moeten nemen.

2.2.6.4 Retourputten

Voor retourputten gelden dezelfde overwegingen als deze besproken voor de onttrekkingsputten. Net zoals voor een bemaling een te bereiken grondwaterstand de doelstelling is, is het voor een retourbemaling de doelstelling een grondwaterstand te handhaven om bv. zettingen te vermijden, een hydraulisch scherm te creëren een vervuiling te controleren, zoutwaterinrusie te vermijden, ... Om deze reden, en eveneens om een goede inschatting te maken voor het reële opnamevermogen van de bronnen, is het ook hier veel beter om in een cel een opgelegde stijghoogte in combinatie met een conductantieterm te hanteren. Hiervoor komen het 'river' en 'general head package' van MODFLOW in aanmerking (het 'drain package' niet omdat dit in MODFLOW zo is gedefinieerd dat deze de randvoorwaarde inactief wordt wanneer het grondwater daalt onder de ingestelde stijghoogte van de draincellen; een drain-randvoorwaarden zal met andere woorden nooit het grondwater voeden).

Aangezien de praktijkomstandigheden op een werf meestal verre van ideaal zijn om grondwater te retourneren, komt het vaak voor dat de opnamecapaciteit van retourbronnen in de tijd afneemt (zie [bijlage 6.8](#)). Dit kan te wijten zijn aan verschillende oorzaken zoals:

- het verlagen van de redoxgrens tot in het filterelement;
- het onvoldoende op druk houden van de retourleidingen waardoor ontgassing optreedt;
- het beschadigen van leidingen tijdens de werkzaamheden met beluchting en drukverlies tot gevolg;
- het onvoldoende ontwikkelen van de onttrekkingsbronnen waardoor te veel vaste deeltjes worden verpompt die de retourputten verstoppen (hoge MFI).

Om die reden is het aangewezen voor ontwerpdoeleinden het opnamevermogen van de retourbronnen (conductantieterm in MODFLOW) te reduceren, zeker indien er aanwijzingen zijn dat de omstandigheden ongunstig zijn.

Hou er rekening mee dat de filterstelling voor retourbronnen meestal anders is dan deze voor onttrekkingsbronnen, zeker wanneer er gewerkt wordt met gedeeltelijk waterkerende wanden. Dit is geïllustreerd in Figuur 50. Het is belangrijk dat het filtergedeelte van de retourbronnen wordt doorgezet over de ganse dikte van het watervoerend pakket (althans in de situatie van Figuur 50), om ervoor te zorgen dat de invloed van de onttrekking overal wordt gecompenseerd door de werking van de retourbemaling.

Anderzijds is het noodzakelijk om de filterlengte van de onttrekkingsbronnen te beperken. Zo moet er boven het filterelement voldoende verzadigde hoogte overblijven om beluchting te voorkomen, iets wat nefast zou zijn voor de kwaliteit van het retourwater (neerslag oxidatieproducten). Een vuistregel hiervoor is dat de verzadigde hoogte boven de bovenkant van het filterelement minimaal gelijk moet zijn aan de lengte van het filterelement. In combinatie met een onvolkomen waterkerende wand zoals in Figuur 50 is voorgesteld, en retourputten op korte afstand van de wand, dient de steek van de wand onder de onderkant van het filterelement voldoende te zijn om een te grote hydraulische kortsluiting tussen de onttrekkings- en retourbronnen te voorkomen.

Wat de minimale afstand betreft tussen onttrekkings- en retourbronnen, geldt als vuistregel dat die minimaal 10 keer het stijghoogteverschil tussen de niveaus van de bemaling en de retourbemaling moet bedragen. Dit is des te meer belangrijk naarmate er kleine horizontale stoorlaagjes in het watervoerend pakket voorkomen. Hierop stroomt water horizontaal richting uitgravingstalud dat hierdoor onstabiel kan worden. Indien een minimale tussenafstand niet haalbaar is (bv. door de positie van bebouwing t.o.v. de bemaling, die van zettingen moet gevrijwaard worden), is een geheel of gedeeltelijk afsluitende waterkerende wand noodzakelijk.

2.2.6.5 Infiltraties aan het maaiveld

Infiltraties kunnen in MODFLOW worden ingevoerd via het opleggen van een stijghoogte of door aan de cellen een voeding '*recharge*' op te leggen (meest aangewezen). Hou ook hier rekening met het ontwerp van de infiltratiebekkens, of andere middelen (bv. drains) die worden aangewend. Ook bij oppervlakte-infiltratie vermindert meestal de opnamecapaciteit met de tijd als gevolg van oxidatieverschijnselen en/of biologische activiteit. Voorzie dit in het model door een stromingsweerstand in te bouwen.

2.2.7 Zoet/zout water interfaces

Hoewel zout een 'conservatieve *tracer*' is (het bindt zich niet aan de bodem, is zeer oplosbaar, breekt niet af, ...) is het in detail numeriek modelleren van zoet/zout water interfaces een complexe aangelegenheid. De reden is dat voor zout water, afhankelijk van de concentratie en de temperatuur, zowel de dichtheid als de viscositeit variabel zijn. Er kan dus dichtheidsstroming geïnduceerd worden, en de doorlatendheid verandert in functie van de viscositeit. In regionale modellen die de evolutie op lange termijn behandelen van bv. de zoutwaterintrusie langsheen een kustlijn, wordt met al deze parameters rekening gehouden. In functie van tijdelijke en beperkte bemalingen kan de problematiek meestal sterk vereenvoudigd worden, door de dichtheid en de viscositeit niet als variabele parameter te beschouwen. Het modelleren van het stoftransport met MT3D (module voor stoftransport, die gecombineerd wordt met de simulatie van de grondwaterstroming), wordt dan relatief eenvoudig.

De initiële zoutconcentratie van de watervoerende lagen is wel moeilijk in te schatten. In het algemeen worden hiervoor twee methoden gebruikt:

1. Concentraties opleggen op basis van metingen of kaarten (verziltingskaart). Het voordeel van deze methode is dat de huidige zoet/zout verdeling eenvoudig benaderd wordt, maar heeft als nadeel dat het model niet in evenwicht is met de grondwaterstroming;
2. De voorgeschiedenis van het zouttransport modelleren om tot de huidige zoet/zout verdeling te komen. Het nadeel is dat er grote onzekerheden zijn over de voorgeschiedenis en dus de huidige toestand moeilijk te benaderen is (tijdrovend proces). Het voordeel is dat op deze manier de zoet/zout in evenwicht is met de huidige grondwaterstroming.

2.2.8 Verontreinigingen

Het valt buiten de doelstelling van deze richtlijn om dieper in te gaan op het modelleren van stoftransport. In veel gevallen is dat een complexe aangelegenheid, waarvoor wordt verwezen naar de wetenschappelijke vakliteratuur.

Er kunnen echter via de resultaten van stromingsmodellen zinvolle conclusies getrokken worden in verband met de interacties tussen de bemaling/retourbemaling en aanwezige verontreinigingen:

- Ligt de verontreiniging binnen de invloed van het project?
- Wat is de gradiënt en stroomsnelheid ter plaatse?

- Modpath kan toegepast worden (*particle tracking*). Dit geeft een ruwe indicatie van het traject van virtuele waterdeeltjes (zonder retardatie, dispersie, diffusie, afbraak, ...) en de tijd die verloopt over dit traject;
- Deze resultaten kunnen gecombineerd worden met analytische benaderingen (zie paragraaf 1).

2.2.9 Onzekerheden en gevoeligheden

Het omgaan met onzekerheden en gevoeligheden is inherent aan grondwatermodellering. Voor grotere projecten is er (soms) veel data beschikbaar die als input voor de modellen kan dienen, en die een vrij accurate kalibratie toelaat. De voorspellende kracht van deze modellen kan dan ook vrij groot en betrouwbaar zijn. Voor kleinere projecten, en dus de meeste courante bemalingsprojecten, is dit meestal niet het geval. In veel gevallen ontbreekt ook de tijd en het budget om deze data te produceren. De voorspellende kracht van de modellen die op weinig betrouwbare input, of louter ingeschatte parameters, zijn gebaseerd, is dan ook eerder gering. Hoe minder gehanteerde parameters en randvoorwaarden betrouwbaar zijn, des te belangrijker wordt het om de gevoeligheid naar het resultaat ervan te onderzoeken. Dit gebeurt best door de waarden ervan te laten variëren binnen aanvaarde minimum- en maximumgrenzen. Voor bemalingsprojecten zijn, los van het concept, volgende parameters en randvoorwaarden steeds gevoelig:

- het hydrogeologische profiel als dusdanig: laagdiktes en de continuïteit ervan;
- k_h en k_v en hun verhouding;
- voeding, waaronder effectieve neerslag, conductanties en peilen van rivieren;
- modelranden, als het model te klein is, en de randvoorwaarden die er worden opgelegd;
- vrije en elastische berging voor wat betreft het tijdsafhankelijk debiet;
- vrije en elastische berging bij de analyse van pompproeven met modellen.

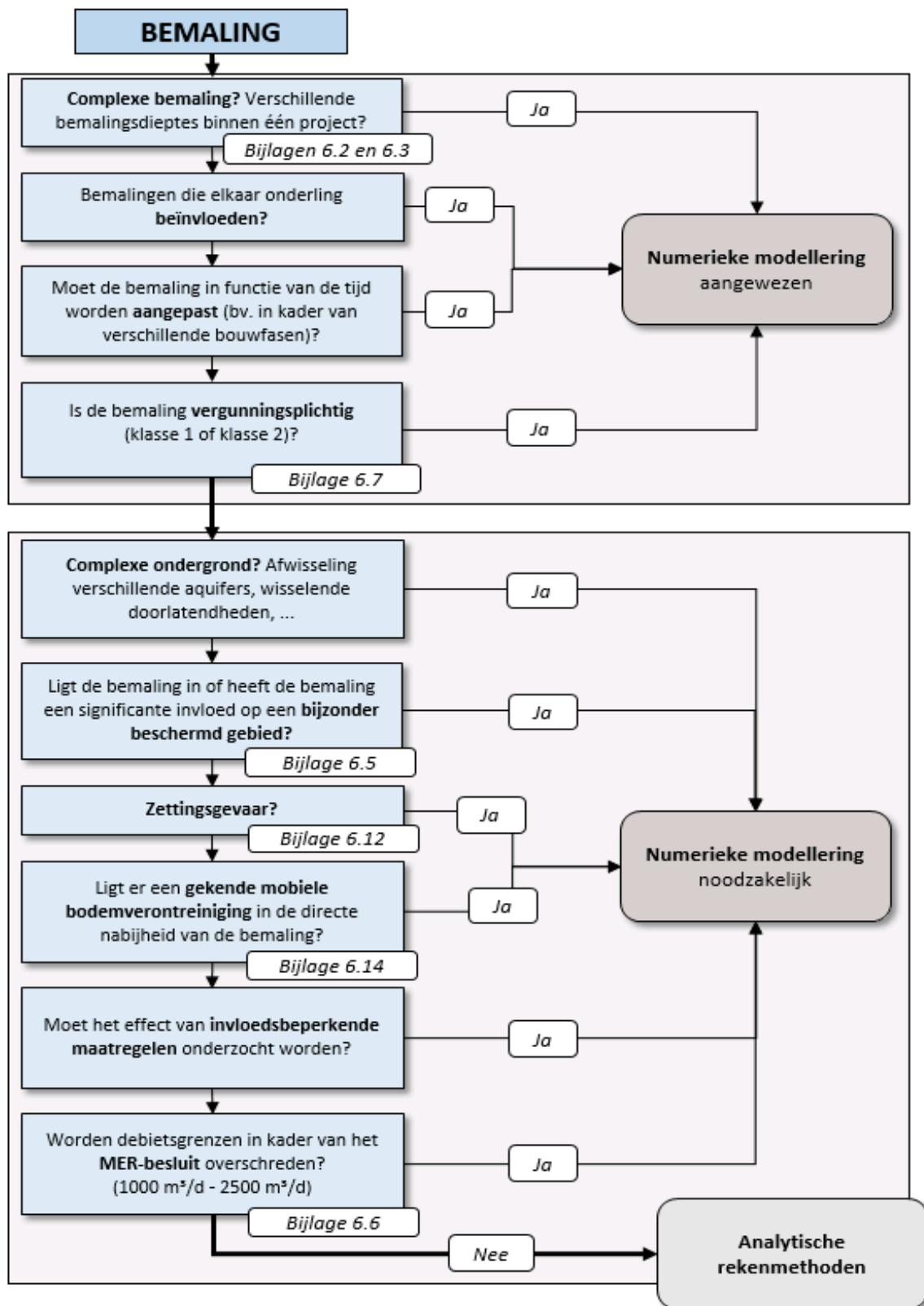
Meer specifiek voor het bemalingsconcept:

- gridverfijning;
- conductanties van bronnen, filters, drains, ...;
- doorlatendheid van waterkerende wanden;
- dieptes van wanden t.o.v. filterstelling van bronnen en filters;
- afstand tussen bronnen/wanden/retourbronnen.

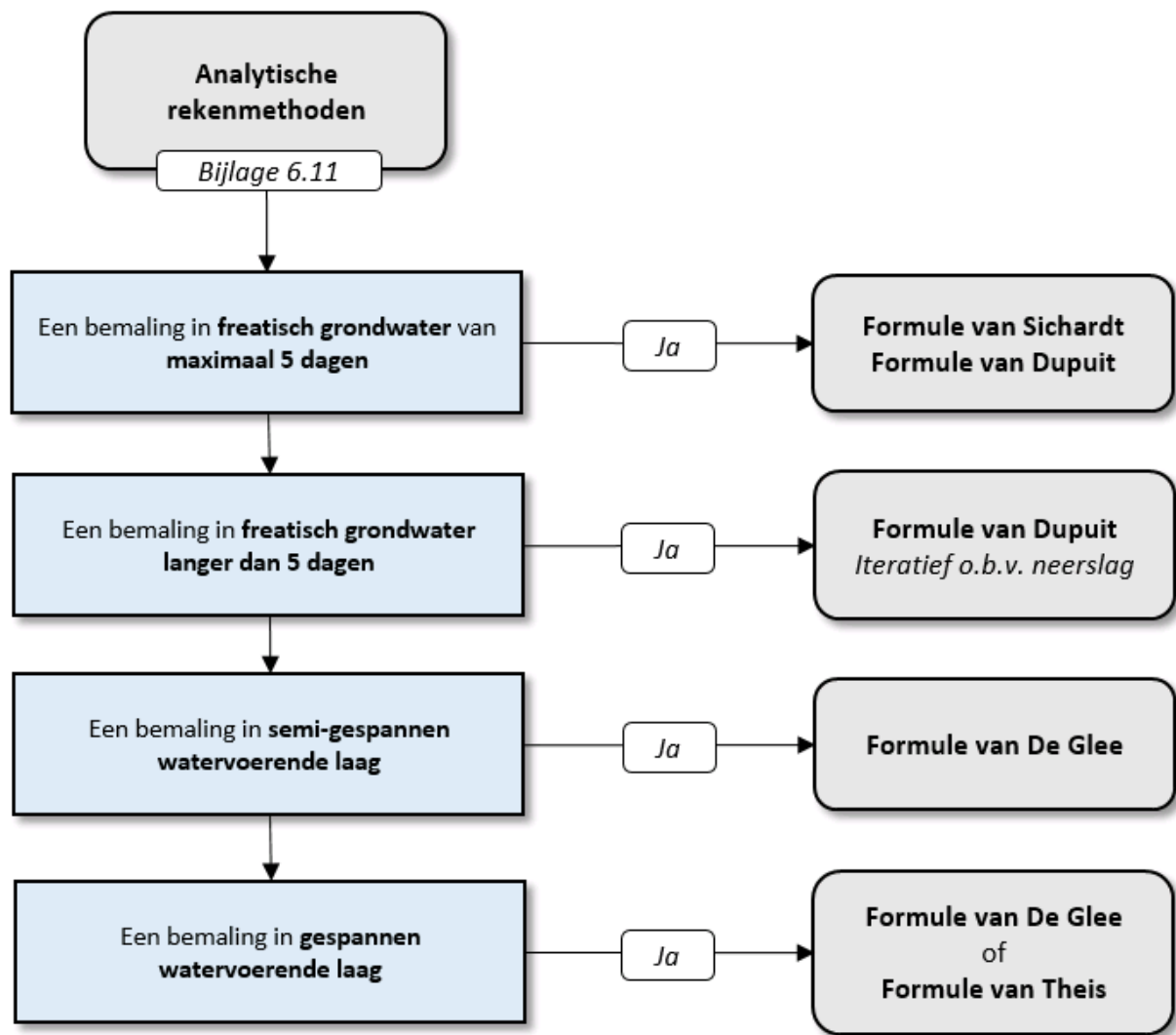
Het verstandig hanteren van onzekerheden is uiteraard belangrijk, niet alleen om een aanvaardbaar bemalingsconcept te dimensioneren, maar daaraan gekoppeld ook om de correcte vergunning te kunnen aanvragen (zie [bijlage 6.6](#) en [6.7](#)). Indien een bepaalde vergunningsklasse dreigt overschreden te worden bij de minste wijziging van een gevoelige parameter/randvoorwaarde, is het aangeraden de hogere vergunningsklasse aan te vragen.

3 Methodiek berekeningsmethode

Om een keuze te kunnen maken tussen enerzijds een berekening met zuiver analytische formules of anderzijds een numerieke modellering is in Figuur 51 een stroomschema opgenomen. In Figuur 52 is een stroomschema opgenomen ter bepaling van de toe te passen analytische rekenformule.



Figuur 51 stroomschema ter bepaling van de aangewezen berekeningsmethodiek (analytisch of numeriek)



Figuur 52 stroomschema ter bepaling van de toe te passen analytische rekenformule

4 Referentielijst

- [1] Meyus, Y., Adyns, D., Woldeamlak, S.T., Batelaan, O. en De Smedt, F. (2004) Opbouw van een Vlaams Grondwatervoedingsmodel. Eindrapport. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer, Afdeling Water.
- Online te consulteren via:
https://www.dov.vlaanderen.be/sites/default/files/pfiles_files/Eindrapport.pdf
- [2] Anderson, M.P. en Woessner, W.W. (1992) Applied groundwater modeling – Simulation of flow and advective transport. San Diego: Academic Press, Inc.

6.12 Zettingsberekeningen

In deze bijlage wordt een benadering omtrent zettingsberekeningen uitgelegd, waarbij wordt uitgegaan van een analytische berekening van de absolute zetting d.m.v. de formule van Terzaghi. Deze bijlage is gedeeltelijk gebaseerd op paragraaf 5.6.3 en bijlage D uit de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009) ^[1].

Inhoudsopgave

1 Theoretische achtergrond	147
2 Berekenen van zettingen	148
3 Risico-inschatting	150
4 Referentielijst	151

1 Theoretische achtergrond

Zettingen zijn verticale vervormingen van de ondergrond te wijten aan wijzigingen in verticale effectieve korrelspanningen, krimp ten gevolge van ontwatering van klei, degradatie van organische gronden in contact met de atmosfeer, verwerking van houten funderingen,

Zettingen die optreden ten gevolge van een wijziging van de effectieve korrelspanning (ten gevolge van een bemaling) zijn een tijdsafhankelijk gegeven dat wordt bepaald door de snelheid waarmee de ondergrond ontwatert. Bij goed gedraineerde gronden, zoals meestal het geval is voor zand- of grindlagen, zal een daling van de grondwaterstand snel optreden over de verschillende lagen, waardoor de overeenkomstige zetting meteen zal optreden. In dit geval is enkel de grootte van de uiteindelijke totale zetting van belang. Waterremmende gronden, zoals klei, zullen traag ontwateren, waardoor het tijdsafhankelijk effect van de zettingen wel een belangrijke factor vormt. Niet alleen de uiteindelijke zetting is dus belangrijk, maar ook de evolutie van zettingen in de tijd.

Het is van belang te onderstrepen dat het vaak niet de absolute zetting is die zal leiden tot zettingsschade, maar wel de relatieve zettingsverschillen over een constructie (differentiële zetting). Dit kan te wijten zijn aan:

- een heterogeniteit in funderingswijze in de constructie (bv. gedeeltelijke onderkeldering);
- een heterogeniteit in grondopbouw ter hoogte van de constructie;
- een verschil in wijziging van optredende verticale effectieve spanningen (zettingen), bv. omdat de grondwaterverlaging aan één zijde van het gebouw 2 m bedraagt en aan de overstaande zijde slechts 0,5 m.

Een typisch voorbeeld van heterogeniteit in grondopbouw is de toestand in polderstreken of nabij rivierbeddingen waar plaatselijk veenlagen (met een lage samendrukkingsconstante) afwisselen met zandafzettingen (met een hoge samendrukkingsconstante). Gelijkaardige situaties doen zich voor bij dichtgeslibde rivierbeddingen, aangevulde oude vestigingsgrachten etc. Wanneer in de ondergrond veenlagen worden aangetroffen welke een zekere dikte hebben moet men er rekening mee houden

dat deze veenlagen op veel plaatsen ontgonnen werden. Daardoor kan de dikte van de veenlaag zeer sterk variëren van plaats tot plaats. Deze ontginningsplaatsen bevonden zich meestal op geringe afstand van de dorps- of stadskernen, en dus op plaatsen welke nu veelal in aanmerking komen voor het inrichten van nieuwe woonwijken of van industriegebieden.

De absolute zettingen die optreden ten gevolge van een toename van de effectieve korrelspanning (en de daarbij optredende ontwatering) kunnen begroot worden met de formule van Terzaghi.

Degradatie van organische grond en de verwerking van houten funderingen en dergelijke kunnen hiermee niet ingeschat worden. Hier geldt dat het volledig pakket organisch materiaal en/of de fundering volledig kunnen “verdwijnen” en dat oxidatie van de grond en/of de fundering te allen tijde vermeden moet worden.

2 Berekenen van zettingen

Zettingen ten gevolge van een toename van de effectieve korrelspanning kunnen berekend worden door middel van de samendrukkingswet van Terzaghi (Vergelijking 11) en dit op basis van beschikbare sondeergegevens.

$$\text{Vergelijking 11} \quad \frac{\Delta h}{h} = \frac{1}{C} * \ln \frac{\sigma' + \Delta \sigma'}{\sigma'}$$

Met:

- Δh : de samendrukking van de grond over een hoogte h bij een spanningstoename $\Delta \sigma'$;
- h : de hoogte van waarover de samendrukking berekend wordt;
- σ' : de heersende korrelspanning voor aanbrengen van belasting $\Delta \sigma'$;
- $\Delta \sigma'$: spanningstoename;
- C : samendrukkingsconstante; $C = \alpha * q_c / \sigma'$;
- α : alpha-coëfficiënt, afhankelijk van de grondsoort;
- q_c : conuswerstand.

Er dient benadrukt te worden dat het zettingsrisico best geëvalueerd wordt op basis van elektrische sonderingen, waarbij naast de conuswerstand ook het wrijvingsgetal wordt weergegeven. Het wrijvingsgetal laat een veel duidelijkere bepaling van de grondtextuur toe. Specifiek kunnen zettingsgevoelige veenlagen (wrijvingsgetal > 6%) worden onderscheiden (wat bij mechanische sonderingen niet het geval is). Sonderingen worden in functie van zettingsgevaar best uitgevoerd ter hoogte van zettingsgevoelige constructies die zich rondom de bouwput bevinden. Praktisch gezien is dit meestal niet mogelijk en worden sonderingen uitgevoerd op het te bemalen perceel. Er dient dan een extrapolatie te worden uitgevoerd op basis van de sonderingen, eventueel aangevuld met publiekelijk beschikbare gegevens (bv. DOV). Uiteraard dienen voor de zettingsberekening ook de meest nadelige sonderingen van een uitgevoerd onderzoek gebruikt te worden.

Idealiter wordt bijkomend minstens één hydrogeologische verkenningsboring uitgevoerd, zodat de grondtextuur van de verschillende lagen éénduidig bepaald kan worden. Wanneer deze boring afgewerkt wordt met peilbuizen in de verschillende watervoerende lagen, kan bovendien een correcte meting van de grondwaterstand in rust bepaald worden. Hierbij dient benadrukt te worden dat

metingen van de grondwaterstand in sondeergaten (of peilbuizen geplaatst in sondeergaten) niet representatief zijn.

Enkel de grondlagen waar een grondwaterdaling te verwachten is dienen meegenomen te worden in de zettingsberekening (bv. een bemaling die uitgevoerd wordt boven de Boomse klei zal een verwaarloosbare grondwaterverlaging creëren in de Boomse klei, de zettingsberekening stopt dan op de top van de Boomse klei). Zettingen worden berekend tot waar de samendrukking significant is: tot waar de toename in effectieve spanning $\Delta\sigma'$ meer dan 10% van σ' bedraagt (Raedschelders, 1987^[2]).

Voor de bepaling van de α -waarde en het soortelijk gewicht van de grond (nodig voor het bepalen van spanning in de ondergrond) kunnen de richtwaarden gehanteerd worden uit Eurocode 7 (NBN EN 1997-1; Figuur 53).

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	2-4	< 1 %	16	18	27	0	-	4	
		matig dicht	4-10		17	19	30	0	-	4	
		dicht	10-15		18	20	32	0	-	3	
		zeer dicht	> 15		18	20	35	0	-	3	
leem- of kleihoudend	-	los	2-4	1-2 %	16	18	25	0	-	2.5	
		matig dicht	4-10		17	19	27	0	-	3	
		dicht	10-15		18	20	30	0	-	3.5	
		zeer dicht	> 15		19	20	32	0	-	3.5	
leem	-	weinig vast	0.4-1	2-4 %	17	17	22	0	10	3	
		matig vast	1-2		18	18	22	2	25	3	
		vrij vast	2-4		19	19	22	4	50	2	
		vast	> 4		20	20	22	8	100	2	
	zandhoudend	-	weinig vast	0.4-1	1-3 %	17	17	25	0	10	2
			matig vast	1-2		18	18	25	2	25	2
			vrij vast	2-4		19	19	25	4	50	2.5
			vast	> 4		20	20	25	8	100	3
klei	-	weinig vast	0.4-1	3-6 %	16	16	20	2	20	3	
		matig vast	1-2		17	17	20	4	50	3	
		vrij vast	2-4		18	18	20	8	100	1.5	
		vast	> 4		19	19	20	15	200	1.5	
	zandhoudend	-	weinig vast	0.4-1	2-5 %	16	16	22	2	20	2
			matig vast	1-2		17	17	22	4	50	2
			vrij vast	2-4		18	18	22	8	100	2.5
			vast	> 4		19	19	22	15	200	3
veen	-	weinig vast	0.2-0.5	> 6 %	10	10	15	2	10	0.7	
		matig vast	0.5-1		12	12	15	5	20	0.7	
		vast	> 1		14	14	15	10	40	1.5	

(*) Voor grind ter plaatse ; voor aangevuld grind wordt $\phi'_k = 35^\circ$ 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 $q_c : C = \alpha q_c / \sigma'_v$

Figuur 53 printscreen tabel overzicht van richtwaarden ter berekening van de samendrukkingsconstante C (bron: Eurocode 7, Deel 2)

De samendrukkingsconstante C wordt standaard bepaald op basis van de conusweerstand q_c uit sonderingen. De samendrukkingsconstante C kan echter ook meer nauwkeurig bepaald worden door samendrukkingsproeven uit te voeren in een laboratorium, al is dit enkel aan te raden voor cohesieve gronden (bv. klei, leem, ...). Bij zandige gronden wordt de grondtextuur gewijzigd bij de staalname waardoor de samendrukkingsproeven minder representatief zijn.

De samendrukkingsconstante C in de formule van Terzaghi mag gewijzigd worden door een herbelastingsconstante A zolang de optredende verticale korrelspanning op een punt lager is dan wat deze historisch ooit geweest is. De verticale korrelspanning kan in het verleden hoger geweest zijn door:

- een geologische voorbelasting; dit is enkel van toepassing op tertiaire grondlagen waarop voorheen een dik pakket grond gelegen heeft dat in het verloop der geologische tijden weg geërodeerd is;
- grondwaterverlagingen welke zich in het verleden reeds hebben voorgedaan (bv. seizoensale grondwatervariëaties of eerdere bemalingen).

Op basis van literatuurwaarden en na overleg met WTCB kan 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.

Het effect van een zekere voorbelasting van de grond is vaak aanzienlijk in de berekende zettingen. Het is dus van belang dat dit wordt meegenomen in de berekeningen.

Bij voorkeur worden de te verwachten grondwaterverlagingen, welke gebruikt worden om de verticale korrelspanningen te berekenen, gesimuleerd in een numeriek 3D grondwatermodel. Indien sterke vervallen van grondwaterverlagingen optreden over waterremmende lagen dienen deze overeenkomstig in de formules van Terzaghi te worden opgenomen.

3 Risico-inschatting

Het is in eerste instantie de ontwerper die de grenswaarden voor totale en differentiële zettingen bepaalt waarbij als belangrijkste maatstaf geldt dat er geen schade mag ontstaan aan omliggende infrastructuur. Daarom worden als algemene richtwaarden voor maximaal toegestane zettingen volgende grenswaarden vooropgesteld:

- de totale absolute zettingen mogen in geen enkel punt meer dan 20 mm bedragen;
- de differentiële zetting tussen 2 punten, gelegen op een tussenafstand van 5 m, dienen zodanig beperkt te blijven dat de hellingshoek van de zettingscurve kleiner is dan $1/700$;
- eventuele extra beperkingen (zowel absoluut als differentieel) kunnen worden opgelegd ter hoogte van spoorwegen, tramlijnen en andere gevoelige constructies.

Op basis van deze richtwaarden dient de ontwerper van de bemaling een risico-inschatting uit te voeren om te evalueren of er effectief een gevaar op zettingen is in de omgeving van de bouwput. Een absolute zetting van 20 mm, berekend voor een verlaging van 5 m in een voornamelijk zandhoudende grond, levert uiteraard niet dezelfde risico-inschatting op als een absolute zetting van 20 mm, berekend voor een verlaging van 1 m in een veenhoudende grond.

Het is aan de ontwerper om aan te geven of de noodzaak zich opdringt om

- bijkomende proeven uit te voeren, zoals bv. een bemalings- en zettingsproef;
- invloedswerende maatregelen te voorzien zoals bv. waterkerende wanden, retourbemaling, ...

Verder verdienen volgende situaties bijzondere aandacht:

- aanpalende gebouwen met verschillende funderingswijze, bv. één gebouw op staal gefundeerd (zolen of algemene funderingsplaat) en een ander op putten of palen gefundeerd gebouw;
- gebouwen met diep gefundeerde structuur en vlottende vloer op volle grond;
- gebouwen met houten funderingen;

- zeer rotatiegevoelige slanke constructies, bv. een mast die zich in de zone van sterke kromming van de verhanglijn bevindt;
- constructies met een zettingsgevoelig of rotatiegevoelig productieproces;
- zettings- of rotatiegevoelige hydraulische constructies, bv. een zwembad, een bekken van een zuiveringsstation, ...;
- hyperstatische constructies, bv. een hyperstatische brugconstructie.

4 Referentielijst

- [1] Richtlijnen Bemalingen (2009) Werkgroep Bemalingen.
- [2] Raedschelders, H. (1987) Gevaar voor zettingen bij een grondwaterbemaling, Water, 33.

6.13 Meetstaat bemaling

Omschrijvingen		Gebruikelijke eenheid
1	Vorbereidende werken op het terrein	
*	terrein bereikbaar en berijdbaar maken (eventueel nivelleren, rijplaten plaatsen, ...)	FF
*	voorzien van werkwater om boringen uit te voeren (via standpijp)	FF
2	Aan en afvoer van materieel	
*	aan- en afvoer boortoren/spuitstelling/draineermachine	interventie
*	aan en afvoer van een waterciteren	interventie
3	Installatie van filterbemaling	
*	plaatsen van omtrekbemaling inclusief plaatsing pompen	FF
*	plaatsen van lijnbemaling inclusief plaatsing pompen	m
*	het ter beschikking stellen van zuigerpompen met aanhorigheden (pompen, leidingen, electriciteitskabels, ...)	FF/dag of dag/pomp
4	Installatie van een bemaling met dieptebron(nen)	
*	plaatsen van de volledige installatie (boren van putten, hangen van pomp, plaatsen van afvoer, ...)	FF
*	plaatsen van een dieptebron	st
*	uitrusten van een dieptebron met een onderwaterpomp, incl. aanhorigheden (leidingen, werfkasten, ...)	st
*	leggen van een verzamelcollector	m
*	het ter beschikking stellen van onderwaterpompen met aanhorigheden (pompen, leidingen, electriciteitskabels, ...)	FF/dag of dag/pomp
5	Installatie van een drainage	
*	trekken van een intieële bemalingsdrain of plaatsen van een andere initiële bemaling voor het droog uitgraven van de sleuf van de collectordrain	m
*	plaatsen van een collectordrain	m
*	trekken van drainageleidingen (tot aan de collectordrain of voor individuele aansluiting op pompen)	m
*	aanvullen van de draineersleuf met zandaanvulling (zand, graafkraan, dumpers)	m
*	aansluiten van de drainageleidingen op de collectordrain	st
*	leveren en plaatsen van een pompput	FF
*	het ter beschikking stellen van zuigerpompen met aanhorigheden (pompen, leidingen, electriciteitskabels, ...)	FF/dag of dag/pomp
*	het ter beschikking stellen van dompelpomp in een pompput	dag/pomp

6	Peilbuizen		
*	plaatsen van een peilbuis in combinatie met de bemaling, binnen de bouwput		st
*	plaatsen van een peilbuis niet in combinatie met de bemaling, binnen de bouwput		st
*	plaatsen van een peilbuis in stedelijke omgeving, niet binnen de bouwput, incl. straatpot		st
*	plaatsen van een peilbuis in niet stedelijke omgeving, niet binnen de bouwput, incl. straatpot		st
7	Bedrijfszekerheid van de bemaling		
*	stroomvoorziening en verbruik		dag
*	automatisch startend noodstroomaggregaat		week/aggregaat
*	interventies		uur

Omschrijvingen			Gebruikelijke eenheid
8	Lozing bemalingswater		
	Retourbemaling		
*	plaatsing collector tussen bemaling en retourbemaling		m
*	plaatsing retourbemaling door middel van diepe infiltratie		bron
*	retourbemaling door middel van oppervlakte-infiltratie		FF
*	ter beschikking stellen van de retourinstallatie		dag
*	toezicht onderhoud en afregeling van de retourinstallatie		week
	Andere lozingsmogelijkheden met financiële gevolgen		
*	lozing in DWA, heffing		m ³
9	Monitoring		
	Installatie		
*	installatie mechanische debietmeters		st
*	installatie van elektromagnetische debietmeters		st
*	installatie sondesturing		st
*	installatie telefoonalarm		st
*	installatie dataloggers		st
*	het plaatsen van zettingsbakens		st
	In monitoringsfase		
*	het ter beschikking stellen van een mechanische debietmeter		dag/meter

*	het ter beschikking stellen van een electromagnetische debietmeter	dag/meter
*	het ter beschikking stellen van een sondesturing	dag/meter
*	het ter beschikking stellen van een telefoonalarm	dag/meter
*	het ter beschikking stellen van dataloggers	dag/meter
*	het inmeten van zettingsbakens	meetronde
*	verwerking meetgegevens en rapportage	FF
10 Nazorg		
*	het opvullen van bronnen conform de CVGP	bron
*	het verwijderen van filters, herboren van de gaten en opvullen van de gaten conform de richtlijn bemalingen	filter
*	het opvullen van drains conform de richtlijn bemalingen	m
11 Studie		
*	Bemalingsstudie op basis van analytische formules, conform aan de technische richtlijn bemalingen	FF
*	Bemalingsstudie met inbegrip van een 3D numerieke modellering, conform aan de technische richtlijn bemalingen	FF
*	Uitvoeren van bijkomende simulaties in een reeds opgesteld numeriek model	stuk
*	Handtekening-klaar maken van een melding (klasse 3) in het omgevingsloket	FF
*	Handtekening-klaar maken van een klasse 2 aanvraag in het omgevingsloket	FF
*	Handtekening-klaar maken van een klasse 1 aanvraag in het omgevingsloket	FF
*	Aanvragen van een MER-ontheffing	FF
*	Opstellen van een project-MER	FF
*	Opstellen van een natuurtoets, verscherpte natuurtoets, passende beoordeling	FF

6.14 Invulfiche

Administratieve gegevens			
* projectnaam			
* adres			
* XY-coördinaten (Lamb. 72)	X:		Y:
* exploitant			
* opsteller bemalingsconcept			

Basisgegevens bouwproject			
* maaiveldpeil	mTAW		
* omtrek bouwput	m		
* uiterste afmetingen bouwput	lengte: (m)		breedte: (m)
* aantal ondergrondse verdiepingen			
* algemeen uitgravingspeil	mTAW		
* diepere uitgravingszones met vermelding van hun niveau	zone:	mTAW	zone: mTAW

Situering bouwproject in haar omgeving			
* afstand t.o.v. bestaande constructies en bebouwing	ca.	m t.o.v bouwput	
* afstand t.o.v. bijzonder beschermde gebieden	ca.	m t.o.v bouwput	type gebied:
	ca.	m t.o.v bouwput	type gebied:
	ca.	m t.o.v bouwput	type gebied:
* afstand t.o.v. verzilt gebied	ca.	m t.o.v bouwput	diepte verzilting
* afstand t.o.v. bij OVAM gekende dossiers	ca.	m t.o.v bouwput	dossiernummer:
	ca.	m t.o.v bouwput	dossiernummer:
	ca.	m t.o.v bouwput	dossiernummer:
* afstand t.o.v. geluidsgevoelige receptoren	ca.	m t.o.v bouwput	type receptor:
* retourbemaling mogelijk?	ja / neen	waarom niet ?	
* lozingsmogelijkheden	oppervlaktewater / RWA / DWA		

Lokale hydrogeologie			
* peilmetingen beschikbaar?	ja / neen		
* invloed op grondwaterstand (getijden, saneringen, ...)?	ja / neen	type invloed	
* huidige grondwaterstand	mTAW		
* gewenste verlaging van de grondwaterstand tov het maaiveld	algemene uitgraving:	m-mv	
	zone :	m-mv	
	zone :	m-mv	
	zone :	m-mv	
* bodemopbouw (opsomming grondlagen)			
hydrogeologisch profiel met aanduiding * van gewenste verlaging en bouwput (mTAW)			

Milderende maatregelen	
Waterkerende wanden	ja / nee
* type wand	
* aanzetpeil van de wand	mTAW
* equivalente dikte van de wand	cm
* hydraulische doorlatendheid wand	m/s
* ruimtelijke situering	

Retourbemaling	ja / nee	oppervlakte-infiltratie / diepe infiltratie
* aantal retourbronnen		
* aanzetpeil retour		mTAW
* retourdebiet		m ³ /u
* ruimtelijke situering		

Evaluatie grondwaterverlaging		
* bemalingsconcept (techniek)		
* k-waarde aquifer		m/d
* referentie k-waarde	ingeschat / literatuurgegevens / pompproef	
* aantal bronnen/filters/drains		
* aanzetdiepte bronnen/filters/drains		mTAW
* filterlengte		m
Analytische berekening		
	ja / nee	
* gebruikte formule		
Numerieke modellering		
	ja / nee	
* berekeningswijze/code		
* gebruikte software en interface		
* afmetingen modellgrootte		
* celgrootte ter hoogte ontgraving		
* aantal modellen		
* randvoorwaarden model		
* kalibratie		
Debiet en invloedsstraal		
* initiële invloedsstraal		m
* initiële bemalingsdebiet		m ³ /u
* semi-stationaire invloedsstraal	0,05 m verlaging op meter afstand van de bouwput	
* stationair bemalingsdebiet		m ³ /u
* bemalingsdebiet in functie van de tijd (grafiek; enkel bij modellering)		
* verlaging in functie van de afstand (grafiek)		
* bestemming bemalingswater	retour / oppervlaktewater / RWA / DWA	

Evaluatie zettingen		
* sondeergrafieken gebruikt voor zettingsberekening		
* zettingsberekening (theoretische absolute zetting volgens formule Terzaghi)	mm voor verwachte grondwaterverlaging van	m
	mm voor verwachte grondwaterverlaging van	m
	mm voor verwachte grondwaterverlaging van	m
* zetting groter dan 20 mm voor beoogde grondwaterverlaging(en)?	ja / neen	
* differentiële zettingen < 1/700 ?	ja / neen	

Planning		
* duur werken	dagen/weken/maanden	
* duur bemaling	dagen/weken/maanden	
* permanente bemaling?	ja / neen	

Monitoring	
Peilmetingen	
* aantal peilbuizen en ligging	
* aanzetpeil peilbuis	mTAW
* filterhoogte peilbuis	m
* frequentie peilmetingen	
Debietmetingen	
* meternummer en type	
* frequentie debietmetingen	
Waterstalen	
* parameters analyse	
* frequentie analyse	
Zettingsmetingen	
* aantal zettingsbakens	
* frequentie zettingsmetingen	

6.15 Kwalitatieve elementen van monitoring

Deze bijlage geeft een overzicht van de kwalitatieve elementen waarbij rekening moet gehouden worden bij de monitoring van parameters zoals de grondwaterstand, debiet, zettingen en waterkwaliteit.

Inhoudsopgave

1	Metingen van de grondwaterstand	159
1.1	Kwaliteit peilbuizen.....	159
1.2	Kwaliteit metingen.....	160
1.3	Rapportering.....	161
1.3.1	Manuele metingen.....	161
1.3.2	Elektronische metingen	161
2	Debiet	161
3	Zettingsmetingen	164
3.1	Zettingsbouten	165
3.2	Zettingsmetingen.....	165
3.3	Scheurmetingen	165
4	Waterkwaliteit.....	166
5	Minimale monitoring bij een bemaling.....	167
6	Referentielijst	167

1 Metingen van de grondwaterstand

Vermits bemalingen als doelstelling hebben het tijdelijk beheersen van de grondwaterstand tijdens een bouwproces of permanent gedurende de exploitatie, is de grondwaterstand per definitie één van de belangrijkste variabelen die het voorwerp is van monitoring en dit zowel voor, tijdens, als na de bemalingsperiode, of permanent indien het over een permanente bemaling gaat.

Grondwaterstanden worden bijna altijd in open peilbuizen gemeten (uitzondering: waterspanningsmeters in kleilagen). Hoe, waar en wanneer ze gemeten moeten worden hangt af van de hydrogeologische situatie, de risico's die aan de bemaling verbonden zijn en het bemalingsconcept. Het is dus aan de ontwerper om de noodzakelijke monitoring van de grondwaterstand te ontwerpen. Metingen van de grondwaterstand dienen tijdig opgestart te worden zodat de initiële situatie duidelijk in kaart kan gebracht worden. Idealiter worden ze gedurende een jaar voor aanvang van de bemaling opgemeten om seizoensvariaties in kaart te brengen. Zie ook [bijlage 6.3](#) paragraaf 2.4.

Voor het uitvoeren van peilmetingen kunnen ook de technische bepalingen uit het 'Standaardbestek 260 voor kunstwerken en waterbouw versie 2.0', paragraaf 2.7.1, geraadpleegd worden.

1.1 Kwaliteit peilbuizen

Zie ook [bijlage 6.3](#) paragraaf 2.3.

- Open peilbuizen in kleilagen zijn weinig zinvol; het water dat erin staat en dus ook de grondwaterstand kan van toevallige oorsprong zijn, en staat dikwijls niet in relatie tot de waterspanning in de kleilaag zelf. In kleilagen worden dus best waterspanningsmeters aangebracht indien men relevante gegevens wil bekomen, bv. in functie van de ontwatering van de klei.
- In watervoerende lagen moeten de filterelementen van peilbuizen in goed hydraulisch contact staan met de laag waarin men wil meten. Om die reden worden ze best aangebracht door middel van spoelboren of zuigboren, en worden ze na het boren schoongepompt tot ze zandvrij water produceren. In stedelijke omgeving is spoel- of zuigboren vaak niet mogelijk; in die omstandigheden wordt de boring van de peilbuis dan ook meestal uitgevoerd met een droge boortechniek (holle avegaar, direct push, pulsboor, ...).
- Wanneer peilbuizen worden aangelegd in een profiel dat afwisselend uit klei- en zandlagen bestaat, dienen de tussenliggende kleilagen te worden afdicht (wettelijke verplichting) om de grondwaterstand in de afzonderlijke watervoerende lagen te kunnen waarnemen. Hiertoe kunnen verschillende peilbuizen in één boorgat worden aangebracht, op voorwaarde dat de boordiameter voldoende groot is om een correcte aanvulling van grind en klei mogelijk te maken. In dat geval moet op de peilbuizen de diepte van elke buis zijn aangegeven. De diepste peilbuis wordt het kortst tegen het maaiveld afgezaagd, vervolgens de tweede diepste, enz. Bij kleine boordiameters moeten de peilbuizen in afzonderlijke boorgaten worden aangebracht.
- De diameter van de peilbuizen moet aangepast worden aan het type meting dat erin moet worden uitgevoerd. Voor manuele en elektronische metingen volstaat theoretisch een minimale standaard diameter van 32 mm. Ook voor ondiepe staalnames is dit voldoende, hoewel zulke kleine peilbuizen moeilijk schoon te pompen zijn als ze weinig water opleveren.

Voor staalnames in diepere peilbuizen is het beter peilbuizen met een diameter van 63 mm te voorzien. Wanneer ook resistiviteitsmetingen moeten worden uitgevoerd (zie [bijlage 6.16](#)) is een diameter van 63 mm een minimale vereiste.

- Peilbuizen moeten voldoende worden beschermd. Bij kort lopende werven volstaat het om ze goed zichtbaar op te stellen en door een tijdelijke omheining af te schermen; bij lang lopende projecten dienen ze beschermd te worden door een gelijkgrondse straatpot of bovengrondse beschermkoker met afsluitbaar deksel, in een sokkel van zandcement.
- De X,Y,Z coördinaten van de peilbuis moeten op cm-nauwkeurigheid worden ingemeten en gerapporteerd, preferabel in Lambert 72 coördinaten en in het TAW referentiestelsel.
- Peilbuizen moeten na afloop van de werf conform de geldende Code van Goede Praktijk worden afgedicht.

1.2 Kwaliteit metingen

- Metingen kunnen manueel of elektronisch gebeuren, al dan niet online toegankelijk.
- Een manuele meting is per definitie momentaan, en heeft dus slechts een betekenis op het moment van de meting. Om tijdreeksen vast te leggen zijn ze ongeschikt, omdat de meetfrequentie in de praktijk te klein is.
- Aandachtspunten bij elektronische metingen (loggers):
 - Let op de atmosferische compensatie: luchtdrukschommelingen kunnen makkelijk 50 à 70 cm bedragen. Voor kleine veranderingen weet je dus niet wat je meet als je geen atmosferische compensatie doorvoert; bepaalde type loggers voeren automatisch een luchtdrukcompensatie uit;
 - Let op het bereik en de installatiediepte van de drukmeter. Wanneer de waterkolom boven de drukmeter hoger is/wordt dan het bereik van het apparaat heb je geen meting meer. Bovendien dreigen de keramische meetmembranen de overdruk niet te overleven. De installatiediepte moet natuurlijk ook rekening houden met de maximale verlaging, anders heb je ook geen meting meer;
 - Elektronische drukmeters kunnen als volgt worden uitgelezen:
 - Interne opslag, alleen toegankelijk na uitbouwen van het toestel. Beschikbaarheid data is dus discontinu en na de feiten;
 - Interne opslag, coaxverbinding tot aan het maaiveld: kan in situ uitgelezen worden aan het maaiveld. Beschikbaarheid data is dus discontinu en na de feiten;
 - Interne opslag waarvan de meetdata via sms signaal online toegankelijk worden gemaakt. De data zijn dan onmiddellijk toegankelijk. Het grote voordeel is uiteraard dat er onmiddellijk over belangrijke effecten informatie is, op het moment dat het effect zich voordoet. Verschillende belanghebbenden kunnen tegelijk toegang krijgen tot de data. Deze toestellen zijn inmiddels goed ingeburgerd, en bieden een grote meerwaarde. Het verdient aanbeveling elke kritische meting van dergelijke online toegankelijke drukmeter te voorzien.

- o Alle metingen moeten worden opgemeten ten opzichte van een duidelijk referentiepeil. Het is aangewezen zowel het maaiveld als de top van de peilbuis op te meten in het TAW referentiestelsel.

1.3 Rapportering

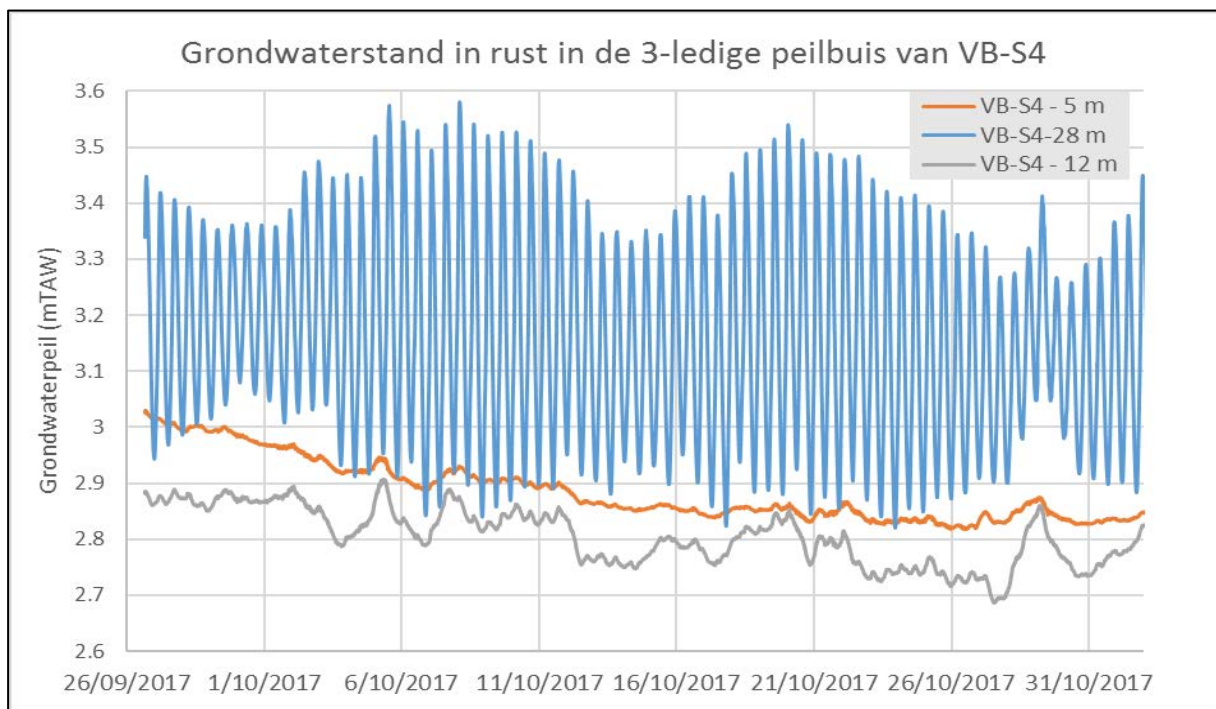
1.3.1 Manuele metingen

Figuur 54 toont een voorbeeld van de standaard rapportage van manuele metingen door middel van een waterpeilmeetlint. De metingen zijn puntgegevens.

	Peilbuis bovenkant (mTAW)	Meting 23-05-18		Meting 25-05-18	
		GWS (m-pb)	GWS (mTAW)	GWS (m-pb)	GWS (mTAW)
B1 - PB2	27,34	1,74	25,60	1,73	25,61
B1 - PB1	27,54	2,08	25,46	2,07	25,47

Figuur 54 voorbeeld standaard rapportage manuele meting

1.3.2 Elektronische metingen



Figuur 55 voorbeeld van elektronische metingen met online-beschikbare data (project AGT nv, Sailors' Park te Nieuwpoort, in opdracht van Group AP Project Development)

2 Debiet

De praktische omstandigheden die gelden bij bemalingen van bouwverven zijn niet van die aard dat ze correcte debietmetingen bevorderen:

- Meestal tijdelijk van aard, en dus ook op tijdelijk en kwetsbaar leidingwerk geïnstalleerd;
- Oxidatieproducten en biologische ontwikkeling in het leidingwerk en de debietmeters;
- Dikwijls onoordeelkundige plaatsing;
- Leidingwerk dat slechts gedeeltelijk verzadigd is, zorgt voor het mengen van lucht en water.

Een code voor goede praktijk voor het gebruik van debietmeters is in opmaak en wordt opgesteld door VITO. Deze publicatie is tijdens het opstellen van de nieuwe richtlijnen bemalingen (dd. 25/10/2018) nog niet beschikbaar.

Tussentijds volgen hieronder al enkele praktische instructies:

- Ga na of er oxidatieproducten neerslaan. Indien ja, gebruik dan EM debietmeters en geen mechanische debietmeters;
- EM-meters zijn duurder in aanschaf en hebben bijkomend een externe- of batterijstroomvoorziening nodig. De meetresultaten zijn echter betrouwbaarder. Ze kunnen desgevallend worden uitgerust met een automatische logging en registratie, bovendien is het mogelijk ze op te volgen van op afstand;
- Zorg ervoor dat er geen zand wordt verpompt door leidingen waarop mechanische debietmeters staan. Indien dit toch het geval zou zijn, gebruik dan alleen EM debietmeters;
- Zorg ervoor dat het bereik van de debietmeter overeenkomt met het debiet dat je wil meten, dat deze conform de vigerende federale regelgeving correct geijkt of herijkt is en het ijkzegel intact is;
- Voorzie voorbij de debietmeter een stuk van het leidingwerk dat hoger gelegen is dan de debietmeter (bv. zwanenhals; Figuur 56);
- Installeer de debietmeter steeds tussen twee rechte stukken leidingwerk zonder verloop in diameter en met de nominale diameter van de debietmeter zelf (Figuur 56 en Figuur 57). De lengte van deze leidingstukken bedraagt minstens 10x de nominale diameter van de debietmeter;
- Zorg ervoor dat elke leiding waarop een debietmeting gebeurt steeds vol water loopt:
 - **Voor debietmeters op onderwaterpompen.** Zorg ervoor dat de onderwaterpompen geen lucht happen. Als er meerdere bronnen op een verzamelleiding zijn aangesloten, zorg ervoor dat deze leiding op de hoogste punten ontluicht wordt, vooraleer het water de debietmeter bereikt. Het water kan ook eerst opgevangen worden in een open verzamelbak waar het ontluicht. De verzamelbak loopt leeg doorheen een sifon. De debietmeter wordt geïnstalleerd tussen de sifon en de verzamel/ontluchtingsbak;
 - **Voor debietmeters op vacuümpompen.** Vacuümpompen in bemalingssituaties verpompen zelden een debiet waarin geen lucht is bijgemengd. Dit kan veroorzaakt worden door allerlei grotere of kleine lekken in de aanzuigleiding, lekken aan de afdichting van de zuigerstangen, filters die gedeeltelijk lucht happen, de overcapaciteit van de pomp in vergelijking met die van de filters etc. Bovendien werkt een zuigerpomp zeer pulserend (onregelmatig met het ritme van de zuigerslagen) wat de kwaliteit van de meting nadelig beïnvloedt. Daarom is het in de meeste gevallen zinloos om een meting uit voeren rechtstreeks op de afvoerleiding zonder dat die ontluicht is. De meest eenvoudige manier om dit te doen is gebruik te maken van een verzamel/ontluchtingsbak. De verzamelbak loopt leeg doorheen een sifon. De debietmeter wordt geïnstalleerd tussen de sifon en de verzamel/ontluchtingsbak.
- Controleer bij de start van iedere debietmeting het resultaat door een volumemeting te chronometreeren, en noteer dit resultaat in de rapportering. Het gemeten volume mag niet te klein zijn, dit om de meetfout te beperken (bv. vat van 200 liter);
- De frequentie van metingen wordt vastgelegd door de ontwerper, waarbij idealiter dagelijks

metingen worden uitgevoerd bij de start van de bemaling. De frequentie van de metingen kan afgebouwd worden gedurende de bemaling na evaluatie van de reeds uitgevoerde metingen en na overleg met de betrokken partijen.

- Verifieer de logica van de evolutie van de metingen. Controleer bij twijfel het debiet door een volumemeting te chronometreeren;
- Verifieer minstens wekelijks de toestand van het leidingwerk op neerslagproducten en ontwikkeling van biologie;
- Verifieer minstens wekelijks de correcte werking van de debietmeter, bij een defect wordt de meter onmiddellijk vervangen. Alle daarbij horende info (datum, eindstand, beginstand, ...) worden genoteerd in een logboek/register;
- Noteer voor elke debietmeter, bij elke (ver)plaatsing en bij verwijdering, de meterstand in het door de exploitant wettelijk verplicht aan te leggen register. De locatie van elke debietmeter (bv. op welke specifieke bemalingslus deze is geïnstalleerd) dient tevens te worden geregistreerd. Het merk en serienummer van de debietmeter is hier best het unieke kenmerk;
- Het is ten zeerste aan te bevelen om de correcte plaatsing, verificatie van de werking en registratie van de debietmeter(s) te laten uitvoeren door en onder verantwoordelijkheid van het Vlarel-erkend boorbedrijf dewelke de bemaling heeft geïnstalleerd. Een erkend boorbedrijf, dat instaat voor de levering van de debietmeters voor de bemaling, houdt een eigen register bij van al haar debietmeters met daarin per meter de ijkgegevens, de meterstand bij levering op de werf en de meterstand bij verwijdering van de werf. Deze gegevens kunnen dan mee opgenomen worden in het register van de exploitant. Bij de installatie van de bemaling bezorgt het Vlarel-erkend bedrijf deze info (ijkingsattest en debietmeterstand) aan de exploitant. Na de opstart van de bemaling wordt de verdere registratie van de debietmeterstanden en controle van goede werking uitgevoerd onder de verantwoordelijkheid van de door de exploitant aangestelde uitvoerder van de werken.



Figuur 56 correct opgestelde EM debietmeter (witte pijl) op een onderwaterpomp. Let op het leidingwerk voor en voorbij de debietmeter en de verhoogde afvoer voorbij de debietmeter.



Figuur 57: fout opgestelde debietmeter (witte pijl). Er zijn geen aangepaste leidingstukken voor en na de debietmeter, er is geen opwaartse leiding voorbij de debietmeter, er werd geen mogelijkheid tot ontluchting voorzien en er is geen controle op volle leiding



Figuur 58 bemaling met lozing van het bemalingswater, echter zonder de wettelijk vereiste debietmeter

3 Zettingsmetingen

Het monitoren van zettingen kan uitgevoerd worden door middel van zettingsbakens (bv. zettingsbouten). De frequentie van metingen wordt vastgelegd door de ontwerper, waarbij idealiter dagelijks metingen worden uitgevoerd bij de start van de bemaling. De frequentie van de metingen kan afgebouwd worden na evaluatie van de reeds uitgevoerde metingen en na overleg met de betrokken partijen.

Bij gevaar op zettingen kan een bemalings- en zettingsproef worden uitgevoerd. Hierbij is het van belang dat dezelfde verlaging gecreëerd wordt als deze die nodig zal zijn voor de effectieve bemaling. Deze proef is meer in detail beschreven in [bijlage 6.3](#).

Bij het plaatsen van zettingsmetingapparatuur en het uitvoeren van zettingsmetingen kunnen de technische bepalingen uit hoofdstuk 22 van het 'Standaardbestek 260 voor kunstwerken en waterbouw versie 2.0', paragraaf 2.7.6 en 2.7.7, geraadpleegd worden.

3.1 Zettingsbouten

Zettingsbouten zijn metalen bouten of stickers die op het te monitoren gebouw worden aangebracht en die topografisch kunnen worden opgemeten (Figuur 59). Ze kunnen ook aangebracht worden op betonnen paaltjes die in de grond zijn geplaatst en in een zandcementen sokkel op voldoende diepte (minimaal 60 cm) zijn verankerd, om eventuele zettingen van de bodem in de omgeving van een bemaling op te meten.



Figuur 59 twee voorbeelden van zettingsbouten

3.2 Zettingsmetingen

Voor aanvang van de bemaling en infrastructuurwerken wordt een eerste meting uitgevoerd, de zogenaamde nulmeting. Deze meting vormt het uitgangspunt voor het beoordelen van eventuele zettingen. In de meetrondes dient een referentiepunt opgenomen te worden dat zeker niet beïnvloed wordt door de bemaling.

Tijdens de uitvoering van de bemaling en infrastructuurwerken worden de referentiepunten op regelmatige tijdstippen (bv. wekelijks) opnieuw ingemeten. Het verschil tussen de nulmeting en de herhalingsmeting is een maat voor de deformatie. De waargenomen verschillen worden gerapporteerd aan de opdrachtgever.

De metingen moeten een nauwkeurigheid hebben in de orde van 0,5 mm. De specifieke meettechnieken als dusdanig vallen buiten de *scope* van deze richtlijn.

Door de waarnemingen ruimtelijk te spreiden kunnen ook de effectieve differentiële zettingen worden berekend, dewelke het grootste risico op schade vertegenwoordigen.

3.3 Scheurmetingen

Onderstaande tekst is gebaseerd op wat hierover staat in Janssen (2003)^[1].

Scheurmetingen kunnen worden uitgevoerd met een zogenaamde 'Tell-tale' (Figuur 60). Dit apparaatje bevat twee overlappende plastieken plaatjes die tegenover mekaar kunnen bewegen. Op het ene is

een mm schaal aangebracht op het andere een assenkruis. Wanneer ze over een scheur worden aangebracht kan zowel de lineaire verplaatsing als de hoekvervorming worden vastgesteld.

Ook 'Pfennerpuntjes' kunnen gebruikt worden, een soort mini-zettingsboutjes die in driehoeksverband over de scheur wordt geplaatst. De evolutie kan dan opgemeten worden met een schuifmaat.

Een eenvoudige manier om te oordelen of bestaande scheuren opnieuw bewegen is ze dicht te pleisteren met een dun laagje courant pleistermateriaal. Bij de minste verdere beweging zal dit zichtbaar worden op het nieuwe pleisterwerk. Hierbij moet volledigheidshalve ook rekening gehouden worden met mogelijke scheurvorming door thermische variatie, waardoor het scheuren van het pleisterwerk niet steeds noodzakelijk het gevolg is van verdere zettingen.



Figuur 60 voorbeeld van een scheurmeting door middel van een 'Tell-tale'

4 Waterkwaliteit

Stalen om de samenstelling en kwaliteit van grondwater te meten kunnen worden genomen van het grondwater in een peilbuis. In dit geval is het aangeraden om bij de plaatsing van de peilbuis droog te boren (bv. avegaarboring) om te vermijden dat spoelwater de meetresultaten zou vertekenen. Voor metingen van de grondwaterstand in een peilbuis is een droge boring echter niet aangeraden, wegens het versmeren van de boorgatwand. Daarom moeten de peilbuizen die met een spoel- of zuigboring werden aangebracht, voldoende ontwikkeld worden opdat de waterkwaliteit bij bemonstering representatief zou zijn. De correcte staalname en analyse wordt uitgevoerd door een hiertoe erkend

laboratorium volgens de vigerende bepalingen.

De aard van de analyses hangt uiteraard samen met de benodigde info. In de 'Technische Richtlijn voor Grondwaterhandelingen', opgesteld door OVAM, kan hierover meer informatie teruggevonden worden.

5 Minimale monitoring bij een bemaling

Een degelijk uitgevoerde bemaling dient samen te gaan met een minimale monitoring van deze bemaling. Uiteraard dient dit minimaal monitoringsplan uitgebreid te worden bij complexe bemalingen of bij risico op verzilting, verdroging, zettingen, aantrekken van verontreiniging etc. Het specifiek monitoringsplan wordt best opgesteld door de ontwerper, na het uitvoeren van de studie van de bemaling en na evaluatie van de hieraan mogelijk verbonden impact op het milieu.

Minimaal dient bij elke bemaling de volgende monitoring voorzien te worden:

- het plaatsen van een peilbuis voor de aanvang van de bemaling zodat de initiële grondwaterstand kan opgemeten worden;
- het plaatsen van een peilbuis in de bouwput, ter hoogte van de diepst geplande uitgravingen. Eventueel kan deze ook gebruikt worden om de initiële grondwaterstand te meten;
- het plaatsen van een bijkomende peilbuis, bv. aan de rand van de bouwput, van zodra blijkt of geoordeeld wordt dat de centrale peilbuis niet behouden kan blijven gedurende de volledige duur van de bemaling. Zoals vermeld in het basisdocument (paragraaf 3.7.1) moet een correlatie uitgevoerd zijn tussen de metingen uitgevoerd in de peilbuis aan de rand ten opzichte van de metingen uitgevoerd in de centrale peilbuis en dit vooraleer de centrale peilbuis verwijderd wordt;
- het regelmatig uitvoeren van de metingen in de voorziene peilbuizen en registratie ervan in een logboek, dat te allen tijde aanwezig is op de werf: dagelijkse metingen bij opstart van de bemaling en overgaand naar een lagere frequentie in functie van het verloop van de bemaling;
- het plaatsen van de nodige debietmeters, conform de vigerende wetgeving (zie ook [bijlage 6.7](#)), minimaal wekelijkse controle van de goede werking ervan en registratie van de debieten in een logboek dat te allen tijde aanwezig is op de werf in het kader van handhaving.

6 Referentielijst

- [1] Janssen, G. (2003) Bemaling van bouwputten. Stichting Bouwresearch (SBR), Rotterdam.

6.16 Monitoring zoutgehalte van grondwater

Deze bijlage bespreekt technieken die voorhanden zijn om het zoutgehalte van het grondwater te bepalen, en daarmee ook de overgang van zoet naar zout grondwater te karteren. In Vlaanderen is dit vooral van belang aan de kust, de polders van het Meetjesland (Sint-Laureins en Assenede) en op Linker- en Rechterscheldeoever, waar zout grondwater aanwezig is in de diepte. In het algemeen dient de monitoring om verzilting te vermijden.

Het zoutgehalte van grondwater wordt meestal bepaald door de elektrische geleidbaarheid te meten. De elektrische geleidbaarheid van water wordt immers sterk bepaald door het zoutgehalte, ruwweg volgens de lineaire relatie: $TDS = 0,76 \times EC_{25^{\circ}C}$; met TDS het zoutgehalte (*Total Dissolved Solids*, in mg/l) en EC de elektrische geleidbaarheid (*Electrical Conductivity*, in microSiemens/cm of $\mu S/cm$). Deze relatie hangt ook af van het type zoutionen en de watertemperatuur. Zoet grondwater heeft een TDS kleiner dan 1500 mg/l ($EC_{25^{\circ}C}$ kleiner dan 2.000 $\mu S/cm$), zeewater van de Noordzee heeft een TDS met een grootteorde van 34.000 mg/l ($EC_{25^{\circ}C}$ van 45.000 $\mu S/cm$).

De elektrische geleidbaarheid van het poriënwater kan gemeten worden op verschillende manieren, die grotendeels complementair zijn (Tabel 1). Daarbij worden twee fysische principes gebruikt:

- EM (*Electromagnetic induction*): meting van EC door middel van elektromagnetische inductie. In de ondergrond wordt een primair elektromagnetisch veld opgewekt met een zendspoel. Als tegenreactie wordt in de ondergrond een secundair veld opgewekt, dat wordt opgemeten met een ontvangspoel. De eigenschappen van dit secundair veld zijn afhankelijk van de elektrische geleidbaarheid van de ondergrond. Er is geen direct contact vereist met de ondergrond;
- ER (*Electrical Resistivity*): een elektrische stroom wordt in de ondergrond geïnjecteerd via elektroden. Deze stroom veroorzaakt in de ondergrond een elektrisch veld met een verschillende elektrische potentiaal van plaats tot plaats. Een tweede paar elektroden meet dit lokaal potentiaalverschil. Via de wet van Ohm wordt hieruit de elektrische weerstand berekend, die dan weer wordt omgerekend naar de soortelijke weerstand. Deze soortelijke weerstand is de inverse van de elektrische geleidbaarheid. Deze methode vereist een direct elektrisch contact van de elektroden met de grond.

Daarbij moet ook een onderscheid gemaakt worden tussen de directe meting van de elektrische geleidbaarheid van het grondwater dat zich in de poriën van de grond bevindt (grondwater-EC) en de meting van een bulk volume grond met poriënwater (bulk-EC). De bulk-EC wordt deels bepaald door de EC van het grondwater in de poriën en deels door de gronddeeltjes. Bij zoet grondwater is de invloed van de EC van de gronddeeltjes significant. Een voornamelijk zandige ondergrond heeft een bulk-EC tussen 50 en 150 $\mu S/cm$, een lemige ondergrond tussen 150 tot 350 $\mu S/cm$, terwijl een ondergrond met een kleiaanrijking een bulk-EC van meer dan 1000 $\mu S/cm$ geeft, maar zelden hoger dan 1500 $\mu S/cm$. Als het grondwater brak of zout is, dan is de elektrische geleidbaarheid van het poriënwater dominant. De geleidbaarheid kan dan gemakkelijk oplopen tot 10.000 $\mu S/cm$, omwille van opgeloste zouten in het poriënwater. De bulk-EC wordt dikwijls ook in milliSiemens/meter (mS/m) uitgedrukt.

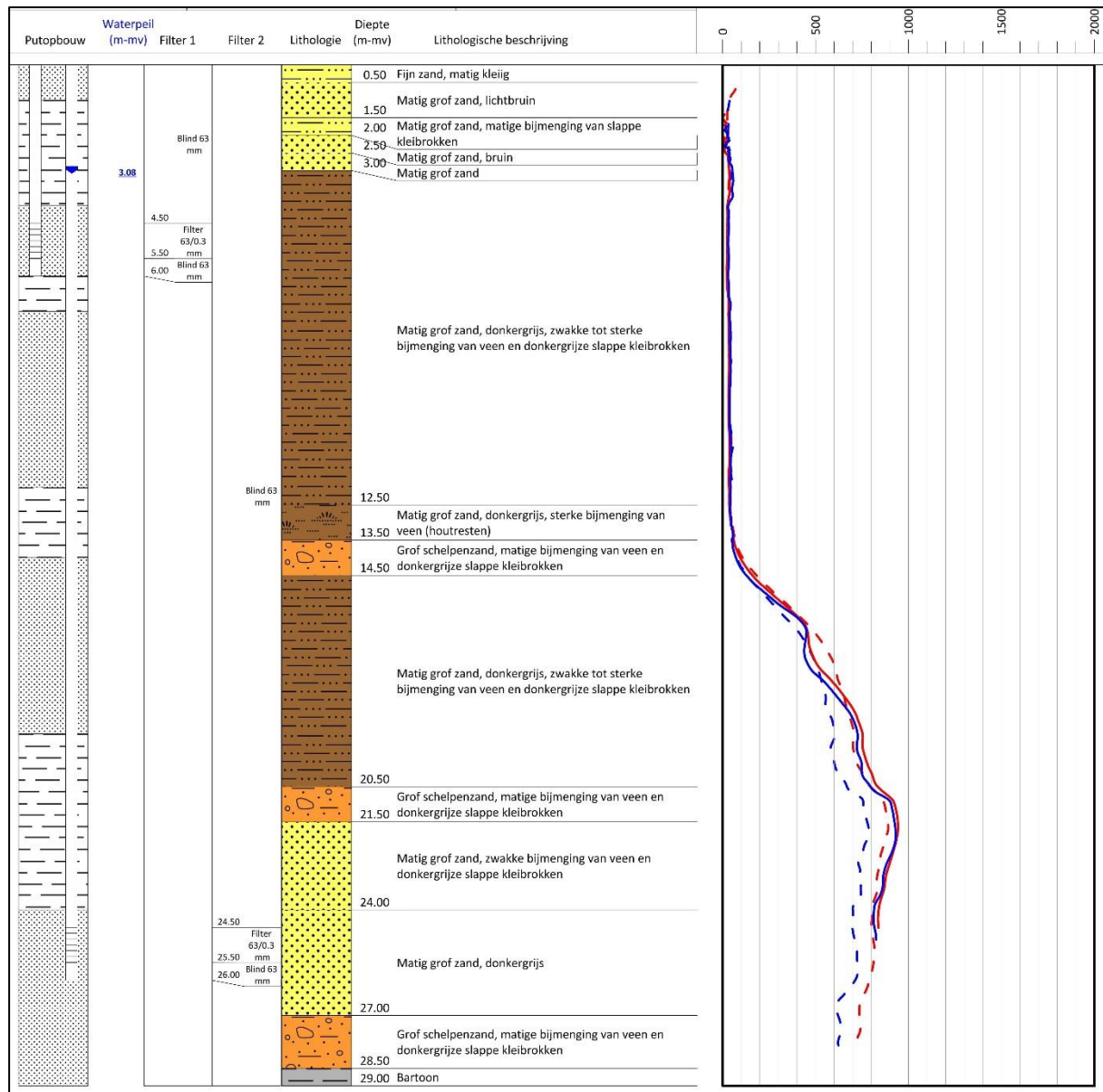
In het kader van bemalingen wordt meestal de EC van het grondwater rechtstreeks gemeten in peilbuizen of in het opgepompte grondwater (methode 1; Tabel 1). Belangrijk hierbij is dat geleidbaarheid gestabiliseerd is vooraleer men de waarde noteert. Gelijktijdig worden temperatuur en eventueel pH (zuurtegraad) gemeten. Daarnaast wordt dikwijls ook een EM-meting uitgevoerd in peilbuizen, om een diepteprofiel te krijgen van de zoet-zout verdeling (methode 2, Figuur 61). Voor grotere bemalingen worden daarbij ook metingen uitgevoerd die een idee geven van de EC-variaties in horizontale richting (methode 3, Figuur 62; of methode 4).

Naast de elektrische geleidbaarheid kan ook het chloridegehalte gemeten worden in het labo. Dit vereist een staalname.

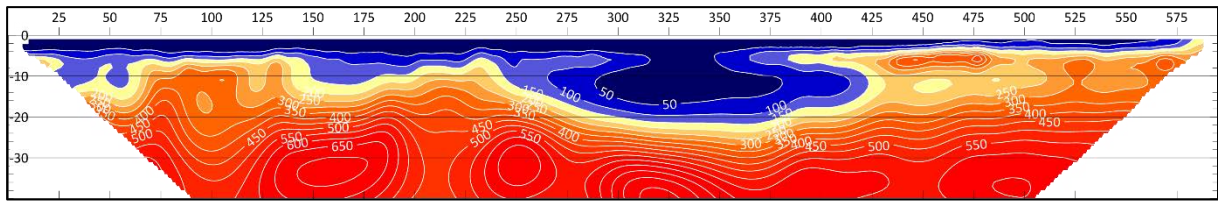
Tabel 1: overzicht van de meetmethoden om het zoutgehalte van grondwater te bepalen, met voor- en nadelen

Meetmethode	Gemeten volume	Voordelen	Nadelen
1. Staalname in peilbuis of pompput en analyse in-situ (EC) of in labo (EC of chloridegehalte)	EC/chloride-gehalte dicht bij peilfilter	Directe meting van poriënwater, snel, zeer goedkoop	Puntmeting, beperkt volume
2. EM-meting in boorgat of peilbuis	bulk-EC langsheen boorgat of peilbuis als diepteprofiel	Scherp dieptebeeld, snel, relatief goedkoop, herhaalbaar, bijkomende natuurlijke gammastraling meting mogelijk om lithologische variatie te kennen	Geen beeld van horizontale variatie; er mogen geen metalen voorwerpen in de peilbuisconstructie aanwezig zijn
3. ER-meting via elektroden aan het maaiveld langsheen raaien	bulk-EC langsheen raaien als 2D verticale profielen ('ER Tomografie')	Zowel horizontale als verticale variaties zichtbaar	Matig tijdrovend en dus iets duurder, dieptebeeld minder scherp
4. EM-meting door de sensor over het maaiveld te bewegen	bulk-EC langsheen raaien	Horizontale variaties zichtbaar, herhaalbaar, verticale variaties zichtbaar bij verschillende spoelafstanden en -oriëntatie	Relatief tijdrovend en duur, dieptebeeld minder scherp, verstoring door metalen voorwerpen
5. EC-CPT: EC meting aan tip van sondeerstang bij sondering	bulk-EC langsheen sondeerstang	Scherp dieptebeeld, snel, relatief goedkoop, herhaalbaar, bijkomende meting van conusweerstand en wrijving	Zware CPT-machine op terrein, herhaling niet op dezelfde locatie, sterk beïnvloed door sondeeractie, geen beeld van horizontale variatie, risico op schade aan dure sonde
6. EM-meting vanuit de lucht (vliegtuig,	bulk-EC langsheen raaien of oppervlakken	Horizontale en verticale variaties zichtbaar,	Enkel geschikt voor regionale kartering

helikopter, drone, ...)		herhaalbaar	
7. ER-meting in een boorgat tijdens het boren	bulk-EC langsheen boorgat	Scherp dieptebeeld, snel, relatief goedkoop	Niet mogelijk in peilbuizen, eerste 10 m kan niet opgemeten worden, niet herhaalbaar



Figuur 61 voorbeeld van herhaaldelijke EM-metingen in een peilbuis (eenheid: mS/m). De overgang van zoet naar zout grondwater is duidelijk zichtbaar vanaf 14,5 m maaiveld (bron: AGT nv)



Figuur 62 voorbeeld van een 2D doorsnede van EC (mS/m) bekomen door ER-tomografie (afstanden in me-ter). De blauwe kleuren duiden zoet grondwater aan, de gele en rode kleuren brak tot zout grondwater (bron: AGT nv)

6.17 Waterkerende wanden

Deze bijlage geeft een overzicht van de verschillende types waterkerende wanden die bij infrastructuurwerken worden gebruikt. Ook worden analytische formules en getalwaarden opgegeven die kunnen worden aangewend bij het berekenen van het lekdebiet doorheen een wand.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	173
2	Types beschoeiingswanden.....	174
2.1	Berlinerwand, type 1.....	174
2.2	Berlinerwand, type 2.....	174
2.3	Damwand.....	175
2.4	Tangentpalenwand.....	175
2.5	Secanspalenwand.....	175
2.6	Soilmixwand type 1 (kolomsystemen).....	176
2.7	Soilmixwand type 2 (paneelsystemen).....	176
2.8	Diepwand of slibwand.....	177
2.9	Cement-bentoniet diepwand.....	177
2.10	Cement-bentoniet smalwand.....	178
2.11	Palenwand bestaande uit VHP-kolommen.....	178
3	Rekenformules.....	178
3.1	Damwand.....	178
3.2	Poreuze wand (secanspalenwand, soilmixwand, ...).....	179
3.2.1	Wanddikte, plaatsingstolerantie, schuinstand en maximale diepte waterkerende wand 180	
3.2.2	Doorlatendheid van poreuze wanden.....	183
3.2.3	Bepalen van het lekdebiet doorheen poreuze wanden.....	184
4	Rekenvoorbeelden d_{eq} , L en hydraulische weerstand van poreuze wanden.....	185
4.1	Paneelsystemen.....	185
4.2	Kolomsystemen.....	186
5	Referentielijst.....	186

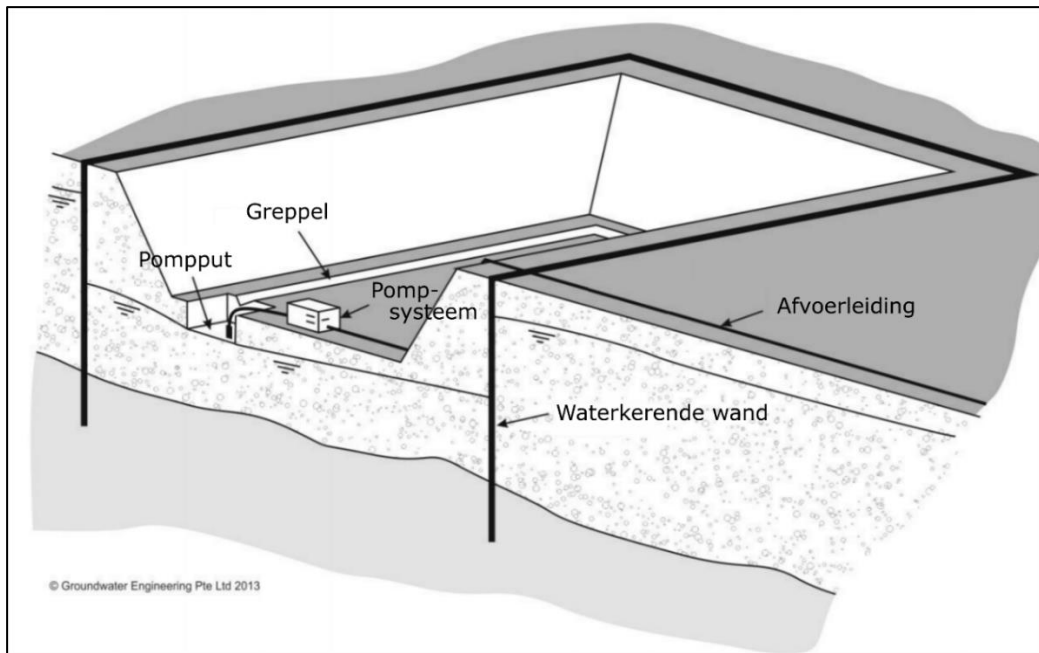
1 Inleiding

In bepaalde omstandigheden (bv. bij gevaar op zettingen of verspreiding van een verontreiniging) is het noodzakelijk om de invloed van een bemaling op de directe omgeving te beperken. Men kan in dat geval opteren om een hydraulisch gesloten bouwput te creëren door rondom de bouwput waterkerende wanden te plaatsen met aanzet in een waterremmende laag (bv. klei) (Figuur 63).

Deze bijlage behandelt enkel de toepassing van waterremmende wanden bij tijdelijke of permanente bemalingen. Dit in het bijzonder met betrekking tot het dimensioneren van het lekdebiet. Deze bijlage doet geen uitspraak over de integratie van waterremmende wanden in constructies en hun toepasbaarheid als (definitief) waterremmende/waterdichte wand in ondergrondse bouwlagen. Voor dit aspect wordt verwezen naar de specifieke infofiches opgemaakt door het WTCB.

Indien waterkerende wanden niet worden aangezet in een waterremmende laag, spreekt men van partiële wanden. Het water kan in dat geval onder de wand door stromen (onderloopsheid), waardoor de waterremming van de wand beperkt zal zijn. Het effect van waterkerende wanden hangt dan sterk af van de diepte van de wanden, de configuratie van de bemaling (ligging van de filter ten opzichte van de onderkant van de wand), de verticale doorlatendheid van de ondergrond, de grondwatervoeding, de kwaliteit van uitvoering, ... Een inschatting van het effect van partiële wanden kan enkel gemaakt worden met een numeriek grondwatermodel.

Bij het ontbreken van een natuurlijk aanwezige waterremmende laag, kan er ook geopteerd worden een horizontaal waterkerend scherm aan te brengen, bv. door middel van waterglasinjectie, onderwaterbeton, ... om alsnog een hydraulisch afgesloten bouwput te creëren. Deze technieken zijn echter zeer duur.



Figuur 63 voorbeeld van een bouwput afgesloten door middel van waterkerende wanden. Binnen de hydraulisch afgesloten bouwput wordt, na de initiële bemaling, in dit geval een open bemaling toegepast om het hemelwater en lekdebiet af te voeren (bron: Groundwater Engineering Ltd)

2 Types beschoeiingswanden

Hieronder volgt een overzicht van de verschillende beschikbare types wanden met een korte verduidelijking en verwijzing naar de infoches opgemaakt door het WTCB, voor zover deze beschikbaar zijn. Per type wordt aangegeven of deze al dan niet toepasbaar is als waterremmend scherm.

Op de website van emis (energie- en milieu-informaticasysteem), <https://emis.vito.be>, kan bijkomende informatie gevonden worden over de diverse technieken alsook over indicatieve richtprijzen van die technieken.

2.1 Berlinerwand, type 1

Korte beschrijving	Een berlijnse wand type 1 is een beschoeiing die bestaat uit verticale profielen die geplaatst worden voor aanvang van de uitgraving. De beschottingen tussen de verticale profielen worden tijdens een lokale uitgraving telkens over een beperkte hoogte aangebracht.
Infocache WTCB	Infocache 56.01
Waterremmend?	NIET toepasbaar als waterremmende wand

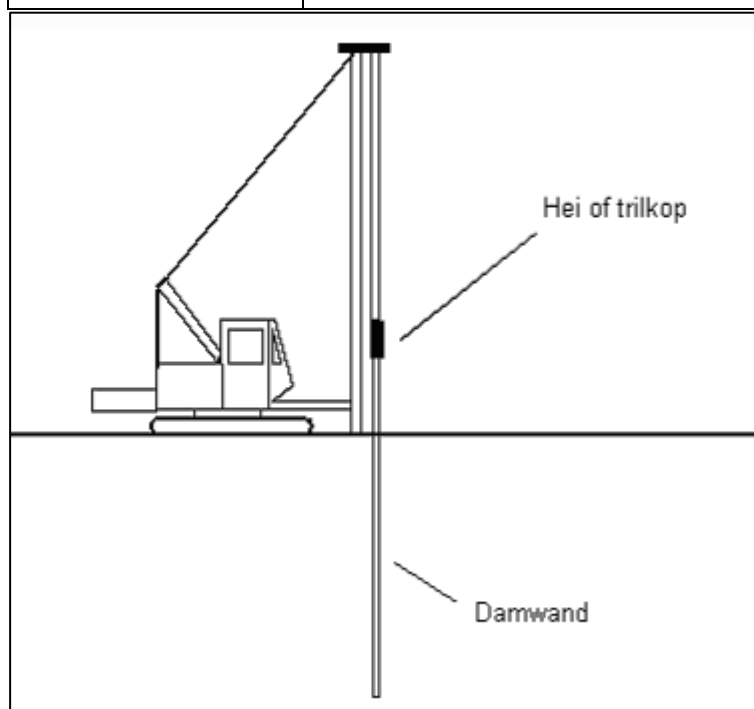
2.2 Berlinerwand, type 2

Korte beschrijving	Een berlijnse wand type 2 is een beschoeiing die bestaat uit verticale profielen en beschotting die beide geplaatst worden voor aanvang van de uitgraving.
Infocache WTCB	Infocache 56.02

Waterremmend?	NIET toepasbaar als waterremmende wand
---------------	--

2.3 Damwand

Korte beschrijving	Een stalen damwand is opgebouwd uit een aantal in de grond gebrachte geprofileerde stalen damplanken (U- of Z-profielen) die aan elkaar gekoppeld worden met behulp van een slotconstructie, zodanig dat er een aaneengesloten constructie gevormd wordt.
Infofiche WTCB	Infofiche 70.01
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand



Figuur 64 schematische voorstelling van het aanbrengen van een damwand (bron: emis)

2.4 Tangentpalenwand

Korte beschrijving	Een TANGENTpalenwand bestaat uit primaire en secundaire palen die <u>naast elkaar</u> worden uitgevoerd om zodoende een wand te verkrijgen
Infofiche WTCB	Infofiche 56.04
Waterremmend?	NIET toepasbaar als waterremmende wand

2.5 Secanspalenwand

Korte beschrijving	Een SECANSpalenwand bestaat uit primaire en secundaire palen die <u>snijdend in elkaar</u> worden uitgevoerd om zodoende een wand te verkrijgen
Infofiche WTCB	Infofiche 56.03
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand afhankelijk van paaldiameter en grootte van oversnijding van de palen.

2.6 Soilmixwand type 1 (kolomsystemen)

Korte beschrijving	De grond wordt <i>in situ</i> mechanisch vermengd met een bindmiddel aan de hand van een speciale mengbeitel. Dit mengprocedé resulteert in soilmix- <u>kolommen</u> . Door dergelijke kolommen snijdend in elkaar uit te voeren, is het mogelijk een continue wand te vormen die dienst doet als beschoeiing en/of waterremmende wand.
Infofiche WTCB	Infofiche 56.05
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand afhankelijk van paaldiameter en grootte van oversnijding van de palen.

Opmerking: Soilmixwand = CSM-wand = Cutter Soil Mix-wand

2.7 Soilmixwand type 2 (paneelsystemen)

Korte beschrijving	De grond wordt <i>in situ</i> mechanisch vermengd met een bindmiddel aan de hand van een frees. Dit mengprocedé resulteert in soilmix - <u>panelen</u> . Door dergelijke panelen snijdend in elkaar uit te voeren, is het mogelijk een continue wand te vormen die dienst doet als beschoeiing en/of waterremmende wand.
Infofiche WTCB	Infofiche 56.06
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand mits toepassing van een minimale oversnijding van 10cm zoals aangegeven in de infofiche.



Figuur 65 frezen van een soilmixwand type 2 (bron: Lameire)

2.8 Diepwand of slibwand

Korte beschrijving	Diep- of slibwanden zijn in de grond gevormde wanden van gewapend beton. Bij de vervaardiging ervan graaft men met behulp van speciale rechthoekige grijpers die opgehangen zijn aan een kabelkraan afzonderlijke sleuven ('panelen') in de grond tot op de vereiste diepte. Om tijdens de uitgraving het instorten van de sleuf te voorkomen, wordt deze opgevuld met een steunvloeistof (meestal bentoniet-slib). Na de uitgraving wordt de bodem gereinigd en de steunvloeistof ververst. Vervolgens worden er geprefabriceerde wapeningskooien in de sleuf neergelaten en wordt deze gebetonneerd via één of meerdere stortbuizen. De steunvloeistof wordt hierbij volledig verdrongen. Door dergelijke individuele panelen aansluitend uit te voeren, ontstaat er een continue wand in de grond
Infofiche WTCB	Infofiche 70.02
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand.

2.9 Cement-bentoniet diepwand

Korte beschrijving	Cement-bentonietwanden worden op een gelijkaardige manier uitgevoerd als de hierboven beschreven diepwand. Na de uitgraving wordt de bodem gereinigd en de steunvloeistof vervangen door het cement-bentoniet mengsel. Dit cement-bentoniet mengsel kan eventueel ook rechtstreeks in
--------------------	---

	de sleuf gebracht worden tijdens het graven waarbij dit mengsel dan dient als steunvloeistof en als definitief waterremmend product tegelijkertijd. Door dergelijke individuele panelen aansluitend uit te voeren, ontstaat er een continue wand in de grond
Infofiche WTCB	Infofiche 70.02 (diepwanden)
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand.

2.10 Cement-bentoniet smalwand

Korte beschrijving	Een smalwand is een cementbentonietwand met een dikte in de orde van 10cm. De wand wordt gerealiseerd door een stalen profiel in de grond te trillen en bij het uittrekken onderaan een cementbentoniet specie te injecteren om de ontstane holte op te vullen.
Infofiche WTCB	
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand voor tijdelijke toepassingen met beperkte waterkering.

2.11 Palenwand bestaande uit VHP-kolommen

Korte beschrijving	Very High Pressure-grouting (VHP) of jetgrouting bestaat erin om de grond in situ onder hoge druk te versnijden en te vermengen met een watercementmengsel (grout) en zodoende groutkolommen te vormen. Door dergelijke kolommen snijdend in elkaar uit te voeren, is het mogelijk een continue wand te vormen die dienst doet als beschoeiing en/of waterremmende wand.
Infofiche WTCB	
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand afhankelijk van paaldiameter en grootte van oversnijding van de palen.

Opmerking: VHP-kolom = HDI (High Density Injection)-kolom

3. Rekenformules

3.1 Damwand

In de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009)^[1] werden onderstaande formules opgegeven ter berekening van de lekdebieten doorheen damwanden. De formules worden in deze richtlijn behouden en overgenomen.

$$\text{Vergelijking 12: } Q = \rho * H * \left(\frac{H}{2} + h\right) * n$$

Met:

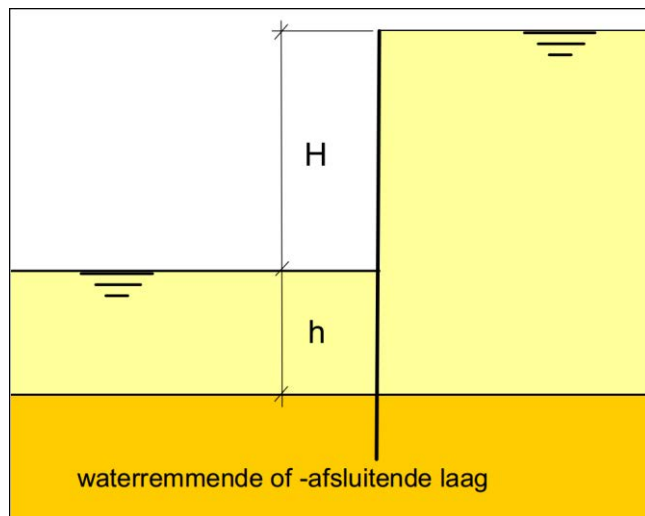
- Q : debiet dat door de wand stroom (m³/s);
- H : gerealiseerde verlaging in de bouwput (m; Figuur 66);

- h : afstand tussen verlaagde grondwaterstand en waterremmende laag (m; Figuur 66);
- n : aantal voegen over de omtrek van de bouwput ($n = \frac{L}{b}$);
- L : omtrek van de wand (m);
- b : afstand tussen de voegen (m);
- ρ : inverse voegweerstand (m/s).

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van richtinggevende waarden voor de inverse voegweerstand van verschillende types voegen voor stalen damwanden (geldig bij een normale verzorgde uitvoering).

Tabel 2: richtinggevende waarden voor de inverse voegweerstand van stalen damwanden (voormalige Richtlijnen Bemalingen, 2009^[1])

Type voeg	Max. drukverschil	Inverse voegweerstand (ρ)
Zonder voegvulling	100 kPa	$> 10^{-7}$ m/s
Bitumineuze voegvulling	100 kPa	$6 \cdot 10^{-8}$ m/s
Zwellende voegvulling	200 kPa	$3 \cdot 10^{-10}$ m/s
Gelaste voeg	-	0 m/s



Figuur 66 opstelling waterkerende wand

3.2 Poreuze wand (secanspalenwand, soilmixwand, ...)

In de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009)^[1] werden een formule opgegeven ter berekening van de debieten doorheen poreuze wanden. De formule wordt in deze richtlijn behouden maar aangevuld met een aantal bijkomende voorwaarden en aandachtspunten.

- In de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009)^[1] werd geen uitspraak gedaan over de wanddikte die in rekening mag gebracht worden voor het bepalen van de maximale diepte tot waar de wand als waterkerend te beschouwen is. Hierbij moet er een onderscheid gemaakt worden tussen paneelsystemen, paalsystemen en smalwanden.

- Ook de equivalente dikte d_{eq} die in rekening gebracht mag worden bij het bepalen van het lekdebiet doorheen een wand werd niet besproken in de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009)^[1]. In modelleringen wordt rekening gehouden met de weerstand C van de wand, zijnde d_{eq}/k .

3.2.1 Wanddikte, plaatsingstolerantie, schuinstand en maximale diepte waterkerende wand

Poreuze wanden halen hun waterremmendheid uit een combinatie van de doorlatendheid van het materiaal (k) en de dikte van de wand (d). De dikte van de wand en de garantie op het behouden van die dikte in functie van de diepte is afhankelijk van de beschoeiingstechniek en de toleranties op inplanting en verticaliteit.

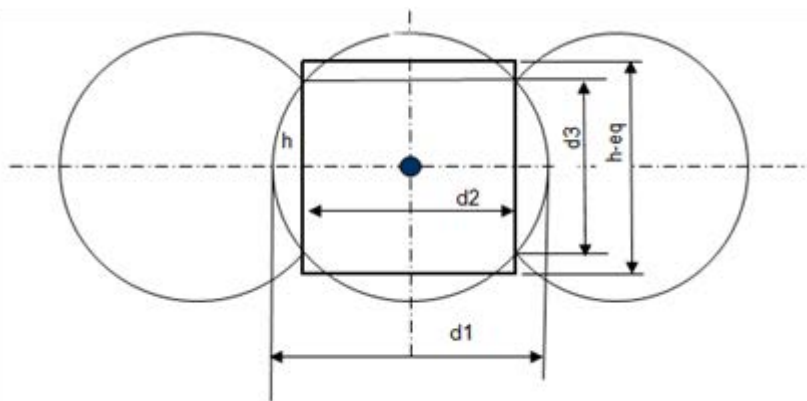
3.2.1.1 De in rekening te brengen wanddikte voor het bepalen van de max. wanddiepte van een waterkerende wand en de equivalente diameter van een wand

3.2.1.1.1 Paneelsystemen

Voor paneelsystemen mag de theoretische paneeldikte gebruikt worden als dikte voor het berekenen van de maximale lengte van de wand en ook als equivalente dikte, d_{eq} voor het berekenen van het lekdebiet.

3.2.1.1.2 Paal of kolomsystemen

Voor kolomsystemen wordt de oversnijding bepaald door de minimale sectie. Voor kolomsystemen is d_3 uit Figuur 67 maatgevend voor het berekenen van de maximale lengte van de wand (zie ook CUR-handboek soilmix-wanden). Bij het berekenen van het lekdebiet bij kolomsystemen mag de equivalente hoogte h_{eq} uit Figuur 67 in rekening gebracht worden als equivalente dikte d_{eq} .



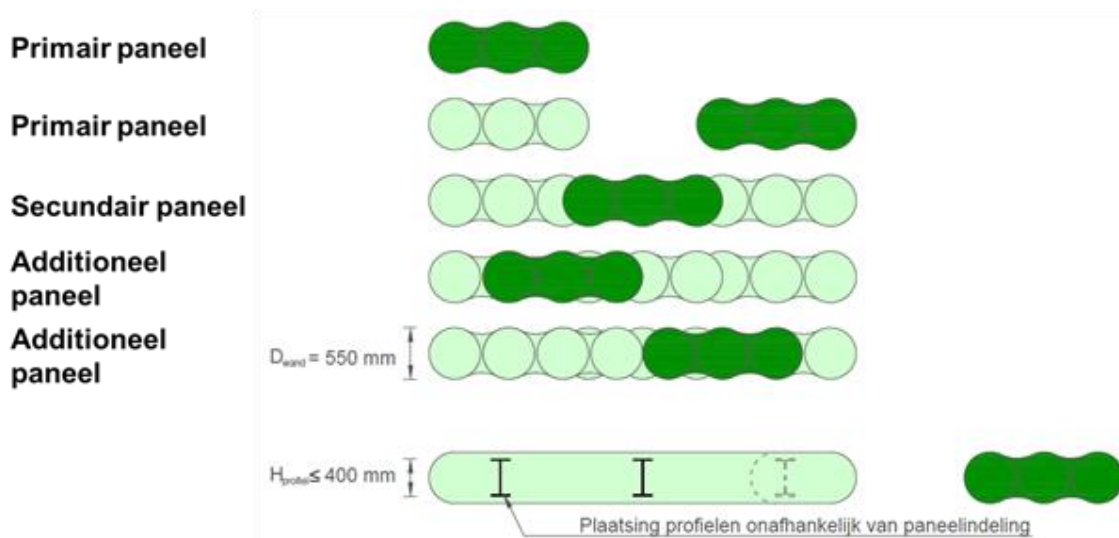
Figuur 67 wand bestaande uit snijdende kolommen

Met:

- d_3 : breedte contactvlak (overlapping): $d_3 = \sqrt{d_1^2 - d_2^2}$
 - h : halve dikte overlapping: $h = \frac{(d_1 - d_2)}{2}$
 - h_{eq} : equivalente hoogte wand: $h_{eq} = \frac{A_1}{d_2}$
- met: A_1 : netto doorsnede kolom: $A_1 = A_0 - 2 * (\frac{h}{6 * d_3} * (3 * h^2 + 4 * d_3^2))$
- A_0 : bruto doorsnede kolom: $A_0 = \frac{\pi * d_1^2}{4}$

3.2.1.1.3 Soilmix-kolomsysteem (type1) met pelgrimsgang

Speciaal aangepaste boormachines kunnen twee of drie kolommen tegelijkertijd realiseren. Als er strenge eisen opgelegd worden met betrekking tot de totale weerstand van de wand, kan deze gerealiseerd worden met meervoudige kolomsystemen waarbij voldoende overlapping tussen de kolommen wordt gerealiseerd. Die voldoende overlapping wordt gerealiseerd door de zogenaamde pelgrimsgang (Figuur 68), waarbij de menging meerdere keren plaatsvindt als onderdeel van het productieproces. Bij een dergelijke uitvoering kan zowel de dikte voor het berekenen van de wandlengte als de equivalente dikte d_{eq} gelijkgesteld worden aan de theoretische kolomdiameter d_1 . Hiermee wordt de uitvoeringstechniek evenwaardig aan die van een soilmixwand type 2.

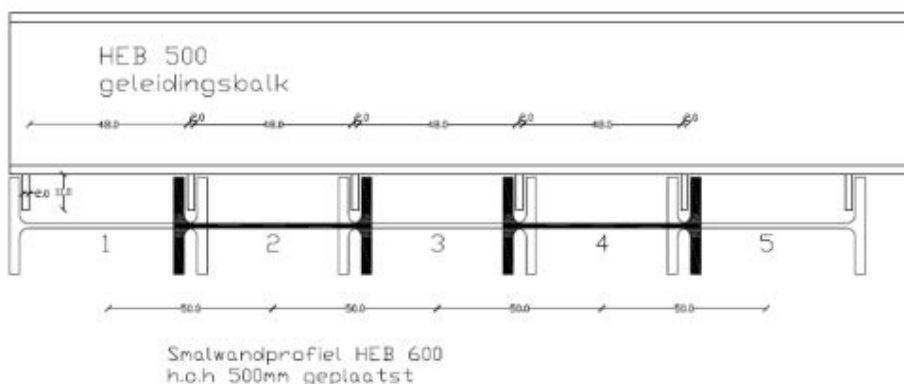


Figuur 68 uitvoeringsprincipe pelgrimsgang bij soilmixwanden type 1

3.2.1.1.4 Smalwanden

Uit Figuur 69 kan afgeleid worden dat de halve flensbreedte de bepalende maat is voor het bepalen van de maximale lengte van de waterkerende wand. Gezien onderaan bij het terugtrekken grout wordt geïnjecteerd, kan een vergrotingsfactor in rekening gebracht worden. ABEF stelt voor om een vaste waarde van 5cm in te rekenen. Voor een HEB600 profiel wordt d_{eq} dan $30\text{cm}/2 + 5\text{cm} = 20\text{cm}$.

Voor het berekenen van het lekdebiet is de in rekening te brengen dikte d_{eq} 8 à 15 cm.



Figuur 69 uitvoeringsprincipe smalwand met HEB600 profiel

3.2.1.2 Inplantingstolerantie I en schuinstand S

3.2.1.2.1 Paneelsystemen en kolomsystemen

Voor de inplantingstolerantie en schuinstand kan verwezen worden naar de infofiches van het WTCB. Voor wanden bestaande uit VHP-kolommen, waarvoor de infofiche nog ontbreekt, kan verwezen worden naar de infofiche voor soilmix-wanden type 1, opgebouwd uit kolommen.

Tabel 3: overzicht van inplantings- en scheefstandstoleranties van verschillende types poreuze waterremmende wanden

fiche	techniek	I (inplanting)	S (scheefstand)
56.04	secanspalen	25mm (met geleidebalk)	1.3%
56.05	soilmix-wanden type 1	25mm (met geleidebalk)	1.3%
56.05	soilmix-wanden type 1	75mm (zonder geleidebalk)	1.3%
56.06	soilmix-wanden type 2	50mm	1.3%
70.02	diepwanden	50mm	1.0%

Desgewenst kunnen er, afhankelijk van de grondgesteldheid, strengere toleranties worden gehaald. In praktijk is 0,5 % de absoluut hoogst haalbare tolerantie qua scheefstand. Bij strengere toleranties dan de in Tabel 3 vermelde waarden, dienen er tijdens de uitvoering en de controle ervan bijzondere maatregelen getroffen te worden (bv. gebruik van geleidebalk, continue registratie van verticaliteit door middel van dieptemetingen, voorleggen referentieprojecten...). Dergelijke maatregelen hebben een prijsverhogend effect. Eveneens dient de studie uitgebreid te worden met een procedure van eventuele herstelmaatregelen voor het geval na uitvoering blijkt dat de vooropgestelde toleranties niet werden gehaald.

3.2.1.2.2 Smalwanden

Voor de inplantingstolerantie en schuinstand van smalwanden kan er verwezen worden naar de infofiches van het WTCB voor berlinerwanden. Met die aanvulling/wijziging dat, gezien een gabariet gebruikt wordt voor het inbrengen van het H-profiel, de inplantingstolerantie kan teruggebracht worden naar 25 mm (zie ook secanspalen).

3.2.1.3 Maximale diepte van waterremming

De maximale diepte tot waarop een bepaald wandtype als waterremmend kan beschouwd worden, wordt bepaald door de volgende formule. De formule gaat uit van de *worst case* situatie, namelijk dat 2 opeenvolgende palen of panelen een maximale schuinstand (S) vertonen. De factor 2 houdt rekening met een maximale schuinstand in tegengestelde richting én een maximale verschuiving van de inplanting (I) in de richting van de schuinstand.

$$\text{Vergelijking 3: } L = \frac{(D-I)}{2S}$$

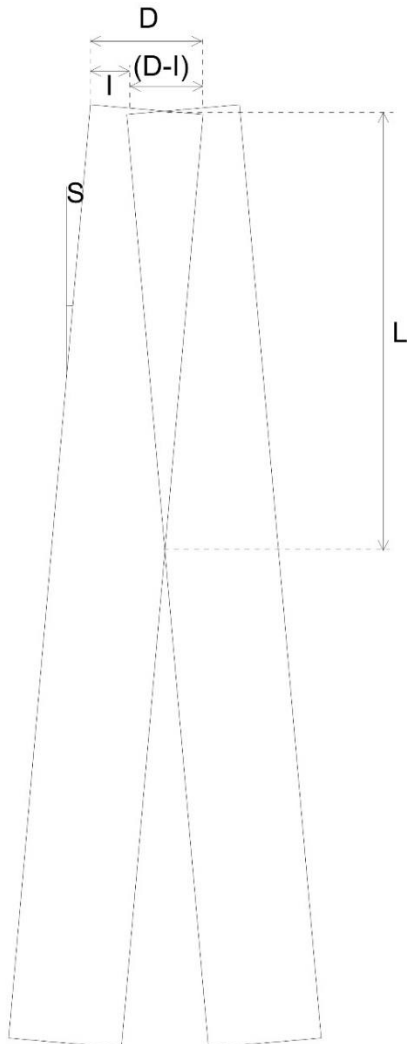
Met:

- D: wanddikte (cm)
- I: inplantingstolerantie (cm)

- S: schuinstand (cm/m)

Opmerking:

- Voor paneelsystemen is $D = \text{mootdikte}$
- Voor kolomsystemen is $D = d_3$
- Voor kolomsystemen met pelgrimsgang is $D = d_1$



Figuur 70 visuele voorstelling parameters voor berekening L

De maximale diepte, tot waarop een bepaalde waterremmende wand toepasbaar is als waterremmend scherm, bepaalt de diepte waarop de horizontale waterremmende laag (hetzij natuurlijk, hetzij artificieel) zich mag bevinden om bruikbaar te zijn voor het creëren van een hydraulisch afgesloten bouwput.

3.2.2 Doorlatendheid van poreuze wanden

De richtinggevende waarden voor de doorlatendheid van verschillende types poreuze waterremmende wanden worden weergegeven in Tabel 4. De tabel is gebaseerd op Bijlage C van de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009)^[1] en werd in overleg met het ABEF gefinaliseerd.

Type wand	Typische afmetingen en bijzonderheden	Permeabiliteit (k)
Secanspalenwand en soilmix-wand type 1 kleine diameter	diameter d_1 40cm-60cm overlap 5cm -10cm	10^{-6} m/s
Secanspalenwand en soilmix-wand type 1 grote diameter	diameter d_1 >60cm overlap 10cm-18cm	10^{-8} m/s mits doorlatendheid getest op monsters < 10^{-9} m/s andere gevallen 10^{-7} m/s
soilmix-wand type 2 of soilmixwand type 1 kleine diameter uitgevoerd met pelgrimsgang	dikte 55cm-110cm overlap 10cm-20cm	10^{-8} m/s mits doorlatendheid getest op monsters < 10^{-9} m/s andere gevallen 10^{-7} m/s
Betonnen diepwand met voegband	dikte 60cm-150cm	10^{-8} m/s
Cementbentoniet diepwand (dichtwand)	dikte 50cm-80cm	10^{-8} m/s mits doorlatendheid getest op monsters < 10^{-9} m/s andere gevallen 10^{-7} m/s
Cementbentoniet smalwand	dikte 8cm-15cm	10^{-7} m/s
VHP-palenwand kleine diameter	diameter d_1 60cm-80cm overlap 15cm-20cm	10^{-6} m/s
VHP-palenwand grote diameter	diameter d_1 100cm-120cm overlap 15cm-20cm	10^{-6} m/s

Tabel 4: overzicht van karakteristieken van verschillende types poreuze waterremmende wanden

Desgewenst kunnen er, afhankelijk van de grondgesteldheid, strengere eisen worden gehaald. In die gevallen dienen er tijdens de uitvoering en de controle ervan bijzondere maatregelen getroffen te worden (bv. gebruik van geleidebalk, continue registratie van verticaliteit door middel van dieptemetingen, voorleggen referentieprojecten...). Dergelijke maatregelen hebben een prijsverhogend effect. Eveneens dient de studie uitgebreid te worden met een procedure van eventuele herstelmaatregelen voor het geval na uitvoering blijkt dat de vooropgestelde eisen niet werden gehaald.

3.2.3 Bepalen van het lekdebiet doorheen poreuze wanden

Vergelijking 3:

$$Q = \frac{H * \left(\frac{H}{2} + h\right) * L}{C} = \frac{k * H * \left(\frac{H}{2} + h\right) * L}{d_{eq}}$$

Met:

- Q : debiet dat door de wand stroom (m^3/s);
- H : gerealiseerde verlaging in de bouwput (m; Figuur 66);

- h : afstand tussen verlaagde grondwaterstand en waterremmende laag (m; Figuur 66);
- L : omtrek van de wand (m);
- C : hydraulische weerstand van de wand;
- k : doorlatendheid van de wand (m/s);
- d_{eq} : equivalente dikte van de wand (m).

4. Rekenvoorbeelden d_{eq} , L en hydraulische weerstand van poreuze wanden

4.1 Paneelsystemen

Figuur 71 tabel berekening maximale wandlengte L en hydraulische weerstand C voor poreuze wanden uitgevoerd met paneelsystemen

	moot-dikte (= d_{eq}) (cm)	l (cm)	S (cm/m)	L (m)	k (m/s)	hydraulische weerstand (d)	k (m/s)	hydraulische weerstand (d)
Soilmix type 2	55	5	1.3	19.2	1.00E-08	636.6	1.00E-07	63.7
	55	5	0.5	50.0	1.00E-08	636.6	1.00E-07	63.7
	55	5	1.3	19.2	1.00E-08	636.6	1.00E-07	63.7
	55	5	0.5	50.0	1.00E-08	636.6	1.00E-07	63.7
	63	5	1.3	22.3	1.00E-08	729.2	1.00E-07	72.9
	63	5	0.5	58.0	1.00E-08	729.2	1.00E-07	72.9
	63	5	1.3	22.3	1.00E-08	729.2	1.00E-07	72.9
	63	5	0.5	58.0	1.00E-08	729.2	1.00E-07	72.9
Betonnen diepwand	80	5	1	37.5	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	0.5	75.0	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	1	37.5	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	0.5	75.0	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	120	5	1	57.5	1.00E-08	1388.9	1.00E-07	138.9
	120	5	0.5	115.0	1.00E-08	1388.9	1.00E-07	138.9
	120	5	1	57.5	1.00E-08	1388.9	1.00E-07	138.9
	120	5	0.5	115.0	1.00E-08	1388.9	1.00E-07	138.9
Cementbentoniet diepwand	60	5	1	27.5	1.00E-08	694.4	1.00E-07	69.4
	60	5	0.5	55.0	1.00E-08	694.4	1.00E-07	69.4
	60	5	1	27.5	1.00E-08	694.4	1.00E-07	69.4
	60	5	0.5	55.0	1.00E-08	694.4	1.00E-07	69.4
	80	5	1	37.5	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	0.5	75.0	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	1	37.5	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	0.5	75.0	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6

4.2 Kolomsystemen

Figuur 72 tabel diameter d_{eq} , maximale wandlengte L en hydraulische weerstand C voor poreuze wanden uitgevoerd met kolomsystemen

	diameter paal (d1)	overlap	h	d2	d3	A ₀	A ₁	d _{eq}	l	S	L	k	C hydraulische weerstand	k	C hydraulische weerstand
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(cm/m)	(m)	(m/s)	d	(m/s)	
Secanspalen	42	5	2.5	37	19.9	1385.4	1349.4	36.5	2.5	1.3	6.7	1.00E-06	4.2		
Soilmix type 1 kleine diameter	42	5	2.5	37	19.9	1385.4	1349.4	36.5	2.5	0.5	17.4	1.00E-06	4.2		
	42	10	5	32	27.2	1385.4	1227.4	38.4	2.5	1.3	9.5	1.00E-06	4.4		
	42	10	5	32	27.2	1385.4	1227.4	38.4	2.5	0.5	24.7	1.00E-06	4.4		
	52	5	2.5	47	22.2	2123.7	2088.3	44.4	2.5	1.3	7.6	1.00E-06	5.1		
	52	5	2.5	47	22.2	2123.7	2088.3	44.4	2.5	0.5	19.7	1.00E-06	5.1		
	52	10	5	42	30.7	2123.7	1971.5	46.9	2.5	1.3	10.8	1.00E-06	5.4		
	52	10	5	42	30.7	2123.7	1971.5	46.9	2.5	0.5	28.2	1.00E-06	5.4		
Secanspalen	62	10	5	52	33.8	3019.1	2870.5	55.2	2.5	1.3	12.0	1.00E-08	638.9	1.00E-07	63.9
Soilmix type 1 grote diameter	62	10	5	52	33.8	3019.1	2870.5	55.2	2.5	0.5	31.3	1.00E-08	638.9	1.00E-07	63.9
	62	18	9	44	43.7	3019.1	2482.1	56.4	2.5	1.3	15.8	1.00E-08	652.9	1.00E-07	65.3
	62	18	9	44	43.7	3019.1	2482.1	56.4	2.5	0.5	41.2	1.00E-08	652.9	1.00E-07	65.3
	88	10	5	78	40.7	6082.1	5938.6	76.1	2.5	1.3	14.7	1.00E-08	881.2	1.00E-07	88.1
	88	10	5	78	40.7	6082.1	5938.6	76.1	2.5	0.5	38.2	1.00E-08	881.2	1.00E-07	88.1
	88	18	9	70	53.3	6082.1	5584.2	79.8	2.5	1.3	19.5	1.00E-08	923.3	1.00E-07	92.3
	88	18	9	70	53.3	6082.1	5584.2	79.8	2.5	0.5	50.8	1.00E-08	923.3	1.00E-07	92.3
		88	18	9	70	53.3	6082.1	5584.2	79.8	2.5	0.5	45.8	1.00E-08	923.3	1.00E-07
Secanspalen	62	10	5	52	33.8	3019.1	2870.5	55.2	7.5	1.3	10.1	1.00E-08	638.9	1.00E-07	63.9
Soilmix type 1 grote diameter	62	10	5	52	33.8	3019.1	2870.5	55.2	7.5	0.5	26.3	1.00E-08	638.9	1.00E-07	63.9
	62	18	9	44	43.7	3019.1	2482.1	56.4	7.5	1.3	13.9	1.00E-08	652.9	1.00E-07	65.3
	62	18	9	44	43.7	3019.1	2482.1	56.4	7.5	0.5	36.2	1.00E-08	652.9	1.00E-07	65.3
	88	10	5	78	40.7	6082.1	5938.6	76.1	7.5	1.3	12.8	1.00E-08	881.2	1.00E-07	88.1
	88	10	5	78	40.7	6082.1	5938.6	76.1	7.5	0.5	33.2	1.00E-08	881.2	1.00E-07	88.1
	88	18	9	70	53.3	6082.1	5584.2	79.8	7.5	1.3	17.6	1.00E-08	923.3	1.00E-07	92.3
	88	18	9	70	53.3	6082.1	5584.2	79.8	7.5	0.5	45.8	1.00E-08	923.3	1.00E-07	92.3
		88	18	9	70	53.3	6082.1	5584.2	79.8	7.5	0.5	45.8	1.00E-08	923.3	1.00E-07
HDI-palenwand kleine diameter	60	15	7.5	45	39.7	2827.4	2468.1	54.8	2.5	1.3	14.3	1.00E-06	6.3		
	60	15	7.5	45	39.7	2827.4	2468.1	54.8	2.5	0.5	37.2	1.00E-06	6.3		
	60	20	10	40	44.7	2827.4	2135.8	53.4	2.5	1.3	16.2	1.00E-06	6.2		
	60	20	10	40	44.7	2827.4	2135.8	53.4	2.5	0.5	42.2	1.00E-06	6.2		
	80	15	7.5	65	46.6	5026.5	4685.4	72.1	2.5	1.3	17.0	1.00E-06	8.3		
	80	15	7.5	65	46.6	5026.5	4685.4	72.1	2.5	0.5	44.1	1.00E-06	8.3		
	80	20	10	60	52.9	5026.5	4387.7	73.1	2.5	1.3	19.4	1.00E-06	8.5		
	80	20	10	60	52.9	5026.5	4387.7	73.1	2.5	0.5	50.4	1.00E-06	8.5		
HDI-palenwand grote diameter	100	15	7.5	85	52.7	7854.0	7522.5	88.5	2.5	1.3	19.3	1.00E-06	10.2		
	100	15	7.5	85	52.7	7854.0	7522.5	88.5	2.5	0.5	50.2	1.00E-06	10.2		
	100	20	10	80	60.0	7854.0	7241.5	90.5	2.5	1.3	22.1	1.00E-06	10.5		
	100	20	10	80	60.0	7854.0	7241.5	90.5	2.5	0.5	57.5	1.00E-06	10.5		
	120	15	7.5	105	58.1	11309.7	10984.3	104.6	2.5	1.3	21.4	1.00E-06	12.1		
	120	15	7.5	105	58.1	11309.7	10984.3	104.6	2.5	0.5	55.6	1.00E-06	12.1		
	120	20	10	100	66.3	11309.7	10713.1	107.1	2.5	1.3	24.6	1.00E-06	12.4		
	120	20	10	100	66.3	11309.7	10713.1	107.1	2.5	0.5	63.8	1.00E-06	12.4		

5. Referentielijst

- [1] Richtlijnen Bemalingen (2009) Werkgroep Bemalingen.

6.18 Nazorg bij achterlaten van fysieke elementen van de bemaling

Deze bijlage betreft een aangepaste richtlijn voor het achterlaten van bemalingsfilters en horizontale drains. Omwille van technische redenen kan de code van goede praktijk, besproken in het basisdocument (paragraaf 3.8), niet toegepast worden bij het achterlaten van filters en drains.

Inhoudsopgave

1 Het achterlaten van de fysieke elementen van een bemalingssysteem	187
2 Bemalingsfilters	187
3 Horizontale drains	188

1 Het achterlaten van de fysieke elementen van een bemalingssysteem

Vermits bemalingen grondwaterwinningen zijn, geldt hier ook de code van goede praktijk in verband met het verlaten van grondwaterwinningen (CVGP; Vlarem II bijlage 5.53.1.2. ⁶⁸). Elke buitengebruikstelling van een grondwaterwinning dient gemeld te worden. Vooraleer de verlaten grondwaterwinning definitief op te vullen, moet het opvulschema van de boorput ter goedkeuring worden voorgelegd aan de afdeling van de Vlaamse Milieumaatschappij bevoegd voor grondwater.

De werkwijze volgens de code van goede praktijk (grouten van winningen) is volgens de huidige wetgeving van toepassing op alle grondwaterwinningen, dus ook op bemalingen maar is om technische redenen niet uitvoerbaar bij bemalingsfilters en horizontale drains. De richtlijn voor het achterlaten van bemalingsfilters en horizontale drains wordt daarom in onderstaande paragrafen toegelicht. De nodige wetgevende initiatieven zullen genomen worden om dit ook in de Vlarem te verankeren. Voor dieptebronnen is de opvulling zoals beschreven in de CVGP wel verplicht.

2 Bemalingsfilters

Bemalingsfilters bestaan meestal uit een blinde haalbuis (ca. 32-50 mm) die wordt aangesloten op een collector (**bijlage 6.8**). Deze haalbuis is onderaan open en is schuin aangesneden en over een zekere lengte omgeven door een geperforeerde PVC ribbelbuis en filtertextiel. Het water sijpelt door het draingedeelte langsheen de haalbuis naar het diepste punt naar beneden waarna het intreedt in de haalbuis. De filters worden ingebouwd door middel van kleine spoelboringen (diameter ca. 100 mm). In een zandig profiel worden ze niet omstort met filtergrind, en stort de boorgatwand in rondom de filter. In minder doorlatende formaties, en zeker wanneer korte filters (lengte < 8 m) worden aangebracht, wordt wel filtergrind gestort, en een kleistop aangebracht om een vacuümbemaling mogelijk te maken.

Het verwijderen van de filters komt in de praktijk neer op het uittrekken van de haalbuis, terwijl het filterelement blijft zitten. De wrijving met de omringende grond is namelijk te groot. In de praktijk

⁶⁸ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

worden tot nog toe filtergaten zelden opgevuld na het beëindigen van de bemaling. Nochtans kunnen ze een reëel risico creëren op verspreiding van verontreiniging naar de diepte, vermits het filterelement, al dan niet omstort met filtergrind, nog steeds aanwezig is. Indien het filterelement zou worden getrokken, stort in de meeste gevallen het boorgat gedeeltelijk in en is de diepte die effectief kan worden aangevuld beperkt.

Indien filtergaten toch moeten worden opgevuld dienen de gaten overboord te worden. De resulterende boorgaten dienen dan te worden opgevuld, over de volledige lengte van het boorgat, met een grout of met zwellende kleipellets.

Vlarem II artikel 5.53.5.1.§2⁶⁹ schrijft voor dat de opvulling verplicht is wanneer de verlaten grondwaterwinning een potentieel gevaar betekent voor de kwaliteit van het grondwater.

Er wordt geoordeeld dat minstens in volgende gevallen de filtergaten moeten opgevuld worden na het beëindigen van de bemaling:

- de bemaling plaatsvindt in een gebied met belangrijke natuurwaarden: groen-, natuurontwikkelings-, park- en bosgebied, beschermde duingebieden, speciale beschermingszones, biologisch waardevolle en biologisch zeer waardevolle percelen, VEN- en IVON gebieden (zie [bijlage 6.5](#));
- de bemaling plaatsvindt in een beschermingszone rond een drinkwaterwinning;
- de bemaling plaatsvindt op een perceel waar een mobiele verontreiniging aanwezig is;
- de bemaling plaatsvindt in verzilt gebied waar de kans op beïnvloeding/verplaatsing van het zout/zoet grensvlak reëel is;
- er belangrijke stoorlagen doorboord worden.

3 Horizontale drains

Het achterlaten van niet afgedichte horizontale drains houdt een reëel risico in. Horizontale drains worden in vergelijking met geboorde putten relatief ondiep aangelegd (meestal < 6 m-mv; [bijlage 6.8](#)), waardoor het risico op het naar de diepte verspreiden van een eventuele verontreiniging de facto beperkt is. De horizontale verspreidingsrisico's zijn daarentegen zeer groot. Dergelijke niet afgedichte horizontale drains vormen als het ware een snelweg voor transport van mogelijke verontreinigingen in grondwater.

Een ander reëel risico van het achterlaten van niet opgevulde drains is dat, als men bij een eventuele toekomstige ontgraving in de buurt één van deze drains raakt, de drain het water uit de omgeving versneld zal draineren en aanvoeren naar de nieuwe ontgraving. Op dat moment is dat een moeilijk op te lossen probleem. De oude drain zal tot op enige afstand van de nieuwe bouwput moeten uitgegraven worden en afgedicht, en de sleuf opnieuw worden aangevuld. Indien de drain te diep ligt om ontgraven te kunnen worden zal hij alsnog moeten opgegrout worden.

Om die redenen moeten horizontale drains na het beëindigen van de bemaling ook worden gegrout. De uitvoeringstechniek kan echter verschillen van deze van toepassing op geboorde putten.

In bepaalde gevallen is het noodzakelijk om horizontale drains af te dichten conform de CVGP. De uitvoeringstechniek kan echter verschillen van deze van toepassing op geboorde putten. Indien beide drainuiteinden boven het maaiveld komen kan de drain worden doorgepompt met grout tot hij volledig

⁶⁹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19107&woLang=nl>

is aangevuld. Indien slechts één uiteinde bereikbaar is, moet een injectieleiding zo ver mogelijk worden ingevoerd om van daaruit de drain maximaal op te grouten. De samenstelling van de grout kan dezelfde zijn als die voor geboorde putten.

Vlaamse Reguleerder voor de Milieu (Vlaamse Reguleerder voor de Milieu) artikel 5.53.5.1.§2² schrijft voor dat de opvulling verplicht is wanneer de verlaten grondwaterwinning een potentieel gevaar betekent voor de kwaliteit van het grondwater.

Er wordt geoordeeld dat minstens in de volgende gevallen de horizontale drains moeten opgevuld worden na de beëindiging van de bemaling:

- de bemaling plaatsvindt in een gebied met belangrijke natuurwaarden: groen-, natuurontwikkelings-, park- en bosgebied, beschermde duingebieden, speciale beschermingszones, biologisch waardevolle en biologisch zeer waardevolle percelen, VEN- en IVON gebieden (zie [bijlage 6.5](#));
- de bemaling plaatsvindt in een beschermingszone rond een drinkwaterwinning;
- de bemaling plaatsvindt op een perceel waar een mobiele verontreiniging aanwezig is;
- de bemaling plaatsvindt in verzilt gebied waar de kans op beïnvloeding/verplaatsing van het zout/zoet grensvlak reëel is;
- er belangrijke stoorlagen doorboord worden.

6.19 Gevalstudies

In deze bijlage worden drie gevalstudies besproken ter verduidelijking van de te volgen methodiek voor het opstellen van een best practice bemalingsconcept.

Inhoudsopgave

1	Gevalstudie 1: dossier in kustgemeente	191
1.1	Gegevensverzameling via checklist 1.....	191
1.2	Milieutechnische en andere randvoorwaarden via checklist 2	192
1.3	Opstellen van het bemalingsconcept	193
1.4	Methodes voor milieutechnische berekeningen en effectbepalingen	193
1.5	Risico's en onzekerheden	193
1.6	Vergunningsaanvragen en wettelijke bepalingen.....	194
1.7	Monitoring en handhaving	194
1.8	Nazorg.....	194
1.9	Toetsingskader	194
2	Gevalstudie 2: dossier in Vlaams Brabant	195
2.1	Gegevensverzameling via checklist 1.....	195
2.2	Milieutechnische en andere randvoorwaarden via checklist 2	196
2.3	Opstellen van het bemalingsconcept	196
2.4	Methodes voor milieutechnische berekeningen en effectbepalingen	197
2.5	Risico's en onzekerheden	197
2.6	Vergunningsaanvragen en wettelijke bepalingen.....	197
2.7	Monitoring en handhaving	197
2.8	Nazorg.....	197
2.9	Toetsingskader	197
3	Gevalstudie 3: dossier in Limburg	197
3.1	Gegevensverzameling via checklist 1.....	197
3.2	Milieutechnische en andere randvoorwaarden via checklist 2	199
3.3	Opstellen van het bemalingsconcept	199
3.4	Methodes voor milieutechnische berekeningen en effectbepalingen.....	199
3.5	Risico's en onzekerheden	199
3.6	Vergunningsaanvragen en wettelijke bepalingen.....	199
3.7	Monitoring en handhaving	199
3.8	Nazorg.....	199
3.9	Toetsingskader	199

1 Gevalstudie 1: dossier in kustgemeente

Voor de aanleg van een ondergrondse parking onder een woonzorgcentrum in een kustgemeente is een bemaling noodzakelijk. Door de opdrachtgever worden het sonderingsverslag, de bouwplannen en een inplantingsplan aangereikt. Het betreft een bouwput die door het ontwerpteam voorzien is met een uitgraving in talud.

1.1 Gegevensverzameling via checklist 1

- Op de plannen is het adres en het exacte kadastrale perceel aangeduid;
- Op basis van de doorsnedes in de bouwplannen kan het algemene uitgravingspeil afgeleid worden. Er moet een algemene uitgraving plaatsvinden tot een diepte van 6 m ten opzichte van de 0-pas van de architect. Lokaal zijn nog diepere uitgravingen voor liftputten voorzien;
- De relatie tussen de 0-pas van de architectuurplannen en het TAW-referentiestelsel is opgegeven, alle uitgravingspeilen kunnen omgezet worden naar mTAW;
- Het maaiveldpeil van het terrein wordt afgeleid op basis van het Digitaal Hoogte Model, raadpleegbaar op DOV;
- Initieel worden er door de opdrachtgever geen waterkerende wanden voorzien. Of deze al dan niet noodzakelijk zijn, zal moeten blijken uit de bemalingsstudie;
- Uit een snelle screening van de lokale sonderingen, DOV en info van andere projecten in de buurt blijkt dat de ondergrond bestaat uit quartair dicht gepakt zand, gevolgd door een quartaire laag van kleiig of lemig zand met klei/leembrokken met daaronder opnieuw dicht gepakt quartair zand. Op grote diepte komt de Ieperiaan aquitard voor (Figuur 73);
- De grondwaterstand in rust bevindt zich volgens info van de opdrachtgever op een diepte van ca. 3 m-mv. Er is nog geen peilbuis ter beschikking om dit te bevestigen;
- Op de eigen projectsite is er geen plaats om het bemalingswater te retourneren gezien de uitgraving van de bouwput in talud wordt voorzien. Wel zijn er RWA en DWA leidingen aanwezig rondom het te bemalen perceel;
- Via DOV wordt duidelijk dat er zich op 120 m ten oosten van de geplande bouwput een beschermd duingebied bevindt en dat ten oosten en ten zuiden van de site habitatrichtlijngebieden voorkomen. De verziltingskaart geeft aan dat het grondwater ter hoogte van de site mogelijk verzilt is;
- Er bevinden zich geen bij OVAM gekende dossiers in de buurt van de bouwput;
- Het project is gelegen op ca. 130 m afstand van de hoogwaterlijn van de zee;
- De meeste gebouwen in de buurt zijn flatgebouwen, ook enkele woningen;
- Op basis van het lokaal grondonderzoek en eerste nazicht op DOV wordt aan de opdrachtgever aangeraden een verkenningsboring uit te voeren op de site tot op de Ieperiaanse klei om enerzijds de samenstelling van de aanwezige grondlagen te bepalen alsook de grondwaterstand te kennen in alle aanwezige grondlagen:
 - of er eventueel peilbuizen komen op meerdere aanzetniveaus wordt bepaald tijdens de uitvoering van de verkenningsboring; mogelijk is een peilbuis onder en boven de lemige/kleiige tussenlaag noodzakelijk om eventueel opbarstgevaar te onderzoeken;
 - er wordt sowieso een peilbuis voorzien met een diameter van 63 mm met aanzet op de Ieperiaanse klei zodat hierin een EM-meting kan uitgevoerd worden ter bepaling van het zoutgehalte van het water;

- na het plaatsen van de peilbuizen en het uitvoeren van de EM-meting worden er online-loggers geplaatst en worden de grondwaterstanden geregistreerd, hieruit blijkt ook de al dan niet getijdewerking;
- er wordt een waterstaal genomen uit de peilbuis en geanalyseerd in een labo.
- De te verwachten doorlatendheid van het quartaire zand is vrij groot.



Figuur 73 lokaal hydrogeologisch profiel

1.2 Milieutechnische en andere randvoorwaarden via checklist 2

- De geplande bemalingsduur bedraagt ca. 9 maanden;
- Rekening houdend met de geplande verlaging en de te verwachten hoge doorlatendheid zal de invloedstraal van de bemaling vrij groot zijn en reiken tot in de beschermde duingebieden en habitatrictlijngebieden;
- Dit betekent ook dat er debietsbeperkingen van toepassing zijn voor dit project. Via het stroomschema van [bijlage 6.6](#) blijkt dat als het debiet > 1.000 m³/dag én er een aanzienlijke invloed is op de SBZ of beschermde duinen het project qua vergunning voor de bemaling in een klasse 1 terecht komt;
- Gezien de ondergrond voornamelijk bestaat uit zand, zijn er geen zettingsrisico's te verwachten;
- De lozingsmogelijkheden moeten besproken worden. Na gesprekken met de gemeente en de dienst ANB blijkt dat er niet mag geloosd worden op RWA of DWA; al het water moet geretourneerd worden, concept en locatie van de retour moet nog ontworpen worden. Het feit dat het water mogelijk verzilt is, maakt het ontwerp van de retour wat gecompliceerder;
- Initieel zijn geen waterkerende wanden voorzien rondom de bouwput, doch een voorlopige analyse van de gegevens van het dossier wijzen erop dat waterkerende wanden tot in de tussenliggende kleihoudende laag een mogelijke oplossing kunnen zijn om debieten te beperken,

de invloed op bijzonder beschermde gebieden te beperken alsook om de vergunning in een klasse 2, mogelijk zelfs klasse 3 te houden.

1.3 Opstellen van het bemalingsconcept

- Op basis van de initiële gegevens in combinatie met de resultaten van de verkenningsboring, de gemeten grondwaterstanden in een 3-ledige peilbuis, de EM-meting en een waterstaalanalyse kan een bemalingsconcept opgesteld worden:
 - uit nazicht van de grondwaterstanden blijkt er getijdewerking onder de kleilaag, geen getijdewerking boven de kleilaag;
 - uit de EM-meting blijkt dat de volledige waterkolom zoet water bevat;
 - er worden waterkerende wanden voorzien tot in de tussenlaag die volgens de verkenningsboring ook echte kleilagen bevat;
 - de bemaling wordt uitgevoerd binnen de waterkerende wanden, boven de tussenlaag;
 - uit een opbarstberekening blijkt dat er geen spanningsbemaling noodzakelijk is onder de kleihoudende tussenlaag;
 - al het water wordt geretourneerd, met oppervlakte-infiltratie gedeeltelijk in de duinen langs de kustlijn en gedeeltelijk aan het habitatrictlijngebied;

1.4 Methodes voor milieutechnische berekeningen en effectbepalingen

- Het opstellen van het definitief bemalingsconcept, beschreven in paragraaf 1.3, is tot stand gekomen na een numerieke modellering;
- In eerste instantie werd immers de bemaling in open bouwput gesimuleerd in een numeriek model. De invloed in de beschermde kustduinen was zo groot dat het niet mogelijk was om het initiële bemalingsconcept in open bouwput uit te voeren;
- Er werd een nieuw bemalingsconcept opgesteld waarbij de bemaling wordt uitgevoerd binnen waterkerende wanden.

1.5 Risico's en onzekerheden

- Op basis van de voorgaande stappen worden de gevoelige parameters in het bemalingsconcept onderzocht. Aangezien de invloed van de bemaling op de omgeving beperkt moet worden door het gebruik van waterkerende wanden aangezet in een waterremmende laag, zijn er twee gevoelige parameters in het concept/de modellering:
 - de doorlatendheid van de wanden: de benodigde weerstand van de wand moet worden opgegeven door de opsteller van het bemalingsconcept;
 - de doorlatendheid van de klei-tussenlaag waarin de wanden worden aangezet: gezien er geen terreinproeven zijn uitgevoerd, zoals bv. een dubbele pompproef, moeten de hydrologische parameters van de grondlagen ingeschat worden op basis van ervaring en literatuur. Voor de waterremmende tussenlaag wordt een vrij conservatieve waarde aangenomen, hierdoor wordt de voeding vanuit de dieper gelegen laag naar de bouwput toe conservatief ingeschat en zijn de gemodelleerde debieten en invloedsstraal een overschatting van de werkelijke waarden; dit levert dan in de vergunningsaanvraag voldoende marge op om de bemaling binnen de grenzen van de vergunning uit te voeren.
- Bij het bespreken van het concept is er bij de vergunningverlenende overheid en ANB twijfel of het systeem van oppervlakte-infiltratie wel zal werken.

1.6 Vergunningsaanvragen en wettelijke bepalingen

- Door de doorlatendheid van de waterremmende tussenlaag conservatief in te schatten, worden er debieten gemodelleerd die groter zijn dan 30.000 m³/jaar maar lager liggen dan 1.000 m³/dag;
- Door het feit dat al het bemalingswater zal geïnfiltreerd worden, bedraagt het netto debiet minder dan 30.000 m³/jaar en kan in principe de bemaling/retourbemaling uitgevoerd worden met een melding (klasse 3);
- Omdat echter uit vooroverleg met de vergunningverlenende overheid blijkt dat er geen vertrouwen is dat een volledige infiltratie van het opgepompte water zal lukken, wordt uiteindelijk door het bouwteam voor alle zekerheid een klasse 2 aangevraagd. Dit geeft hen de zekerheid dat er tijdens de uitvoering geen overschrijding zal zijn van de grenzen van hun vergunning.

1.7 Monitoring en handhaving

- Er wordt een monitoringsplan voorgesteld aan de vergunningverlenende overheid:
 - Er worden extra peilbuizen geplaatst in de omgeving van de bouwput;
 - Er is een online monitoring van de grondwaterstand voorzien in de peilbuizen van de verkenningsboring op het terrein, de peilbuizen in de omgeving én een aantal peilbuizen van ANB in het habitatrictlijng gebied;
 - Er is een maandelijkse staalname en controle van het zoutgehalte van het bemalingswater.
- Er is een terugvalscenario voorzien voor de oppervlakte-infiltratie: indien het water onvoldoende infiltreert, zal overgeschakeld worden naar retourbemaling door middel van diepe retourbronnen;
- Uit monitoring van de debieten, de grondwaterstand en staalname blijkt dat:
 - het effectief opgepompte volume water in een bemalingsperiode van 9 maanden kleiner is gebleven dan 30.000 m³;
 - al het water is geïnfiltreerd, het netto opgepompte debiet is dus 0 m³;
 - er geen daling van de grondwaterstand is opgetreden buiten de bouwput en dus zowel de wanden als de tussenlaag waterkerend waren;
 - het bemalingswater gedurende de volledige bemalingsperiode zoet is gebleven;
 - de bemaling in dit concept feitelijk had kunnen uitgevoerd worden met een klasse 3-melding.

1.8 Nazorg

- De bemaling vond plaats in een hydraulisch afgesloten kuip, de gaten zijn na gebruik niet opgevuld met grout;
- De grondwaterstanden in de peilbuizen zijn nog gemonitord tot 2 maanden na het stilleggen van de bemaling. De peilbuizen zijn op vraag van de gemeente behouden voor eventuele latere monitoring bij andere projecten.

1.9 Toetsingskader

Uit het toetsingskader blijkt dat aan alle voorwaarden voldaan is en dat een goed functionerend en waardevol bemalingsconcept werd opgesteld.

Opmerking: Niet elk dossier aan de kust heeft een dergelijk voorbeeldig verloop. Vaak wordt de nabijheid van beschermde kustduinen en/of habitatrictlijngebieden genegeerd met soms verregaande gevolgen voor het bouwproject. Bij overschrijding van aangevraagde debieten of verstoring van de zout-zoutgrens kan handhaving de bemaling laten stilleggen.

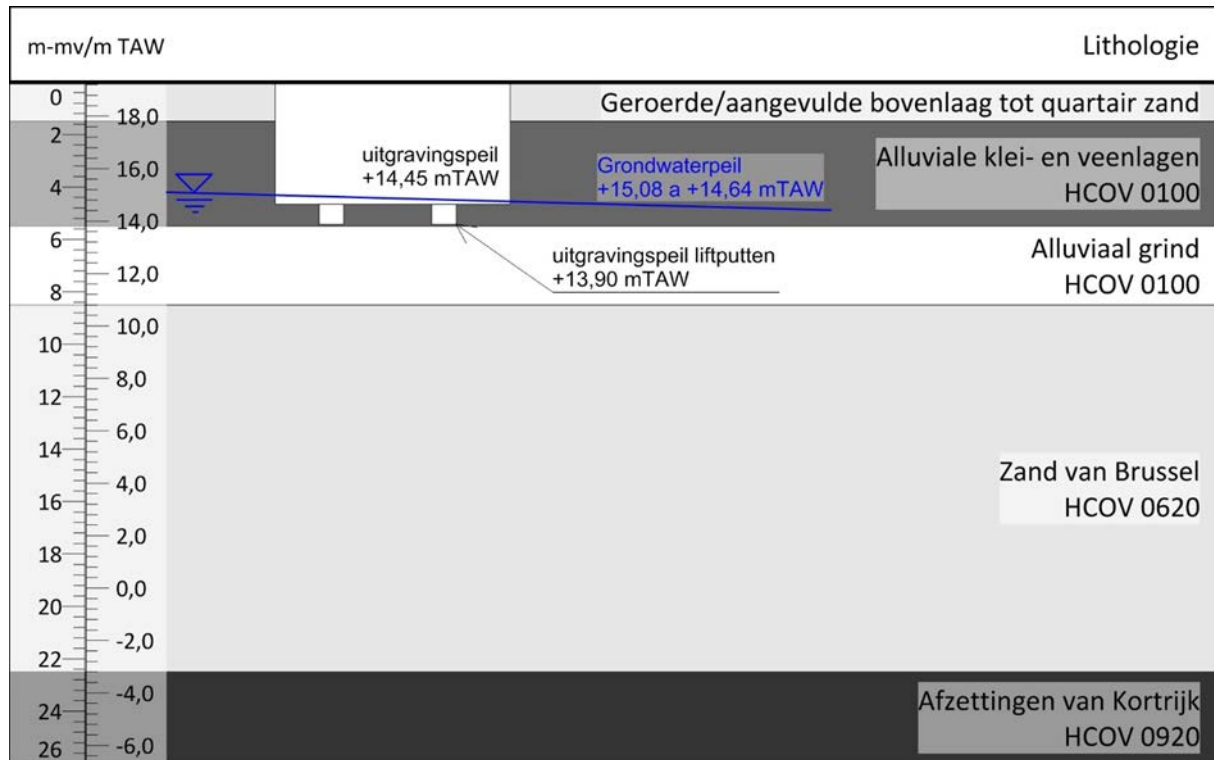
2. Gevalstudie 2: dossier in Vlaams Brabant

Voor de aanleg van een ondergrondse parking onder een appartementsblok met sociale appartementen in de stad Leuven is een bemaling noodzakelijk. Door de opdrachtgever worden het sonderingsverslag, de bouwplannen, een inplantingsplan en het verslag BSP aangereikt. Het betreft een bouwput die door het ontwerpteam voorzien is met een ondiepe beschoeiing.

2.1 Gegevensverzameling via checklist 1

- Op de plannen is het adres en het exacte kadastrale perceel aangeduid;
- Op basis van de doorsnedes in de bouwplannen kan het algemene uitgravingspeil afgeleid worden. Er moet een algemene uitgraving plaatsvinden tot een diepte van 5m ten opzichte van de 0-pas van de architect. Lokaal zijn nog diepere uitgravingen voor liftputten voorzien;
- De relatie tussen de 0-pas van de architectuurplannen en het TAW-referentiestelsel is opgegeven; alle uitgravingspeilen kunnen omgezet worden naar mTAW;
- Het maaiveldpeil van het terrein wordt afgeleid aan de hand van het sonderingsverslag dat gerefereerd is in het TAW-referentiestelsel;
- Het nieuwbouwproject wordt gefundeerd op palen. In de uitgravingsniveaus is rekening gehouden met het droog te leggen niveau voor de uitvoering van de paalkoppen;
- Initieel worden er door de aannemer geen waterkerende wanden voorzien. Of deze al dan niet noodzakelijk zijn, zal moeten blijken uit de bemalingsstudie;
- Uit een screening van de lokale sonderingen, DOV en info van andere projecten in de buurt blijkt dat de ondergrond achtereenvolgens bestaat uit geroerde grond, weinig draagkrachtige alluviale afzettingen, alluviaal grind, het Zand van Brussel en tot slot de afzettingen van Kortrijk (Figuur 74);
- De grondwaterstand in rust bevindt zich volgens info uit het BSP op een peil van ca. +15 mTAW. Bij nazicht van de aanzetdiepte van de aanwezige peilbuizen bevinden deze zich niet in het alluviaal grind en geven ze mogelijk niet de juiste grondwaterstand van de aquifer weer. De klant laat 2 diepere peilbuizen plaatsen om de grondwaterstand correct te bepalen;
- Uit info van het BSP blijkt dat een eerdere bemaling in het kader van het BSP zeer moeizaam verlopen is; de op te pompen debieten waren veel hoger dan de initiële inschatting. Tijdens die bemaling zijn er ook geen zettingen gemeten in de omgeving, er zijn geen noemenswaardige zettingen opgetreden in die fase;
- In de directe omgeving van de bouwput is er geen plaats om het bemalingswater te retourneren; in het bestek is er voorgeschreven dat het bemalingswater mag geloosd worden in de Dijle;
- De site bevindt zich niet in de buurt van bijzonder beschermde gebieden en volgens het gewestplan ligt de site in een gebied voor stedelijke ontwikkeling;
- Er bevinden zich enkele bij OVAM gekende dossiers in de buurt van de bouwput en op de site zelf is een BSP uitgevoerd. Of het bemalingswater al dan niet verontreinigd zal zijn, is nog niet duidelijk; in het bestek is alvast een post voorzien voor het plaatsen van een waterzuiveringsinstallatie;

- Het project is gelegen naast de Dijle en in de onmiddellijke omgeving van de waterwinning van een grote brouwerij;
- De meeste gebouwen in de buurt zijn woningen, alsook wat hoogbouw;
- De te verwachten doorlatendheid van het alluviale grind is vrij groot.



Figuur 74 lokaal hydrogeologisch profiel

2.2 Milieutechnische en andere randvoorwaarden via checklist 2

- De geplande bemalingsduur bedraagt ca. 6 maanden;
- Rekening houdend met de geplande verlaging, de te verwachten hoge doorlatendheid en het gespannen karakter van de aquifer kan het debiet en de invloedstraal van de bemaling vrij groot zijn;
- Gezien het voorkomen van zeer slappe alluviale lagen, zijn *a priori* zettingen te verwachten. Door de reeds lage grondwaterstand (veroorzaakt door de winning van de brouwerij) is de uit te voeren grondwaterverlaging echter beperkt en worden slechts beperkte zettingen berekend voor de geplande grondwaterverlaging; dit wordt ook bevestigd door de eerder uitgevoerde zettingsmetingen tijdens het BSP;
- De lozing is voorzien in de Dijle. Er zal een waterstaalname noodzakelijk zijn om te bepalen of de kwaliteit van het bemalingswater voldoende is om lozing in de Dijle toe te staan. Desgevallend zal een waterzuivering geplaatst worden;

2.3 Opstellen van het bemalingsconcept

- Op basis van de initiële gegevens in combinatie met de resultaten van de gemeten grondwaterstanden in de diepere peilbuizen wordt een bemalingsconcept opgesteld: de bemaling wordt uitgevoerd binnen de ondiepe beschoeiing door middel van een filterbemaling geplaatst vanuit een voorafgraving;

2.4 Methodes voor milieutechnische berekeningen en effectbepalingen

- Door de complexe randvoorwaarden (aanwezigheid Dijle, grondwaterwinning brouwerij, ge-laagde grondopbouw, ...) dringt de noodzaak van een numerieke modellering zich op.

2.5 Risico's en onzekerheden

- Er is geen pompproef uitgevoerd op het terrein in het alluviaal grind (= aquifer) maar op basis van de waarnemingen, beschreven in het BSP, wordt de toenmalige bemaling nagebootst in het numeriek model om de hydraulische parameters zo goed mogelijk te kalibreren;
- Het bemalingsconcept is ontworpen rekening houdend met de verlaagde grondwaterstand veroorzaakt door de waterwinning van de brouwerij; Het eventueel stilleggen van deze waterwinning zou veroorzaken dat het bemalingsconcept herbekeken moet worden.

2.6 Vergunningsaanvragen en wettelijke bepalingen

- Er worden debieten gemodelleerd die groter zijn dan 30.000 m³/jaar maar lager liggen dan 2.500 m³/dag;
- Volgens het stroomschema in [bijlage 6.6](#) en rekening houdend met de ligging, de diepte van de grondwaterverlaging onder het maaiveld en de op te pompen debieten, resorteert de be-maling in een klasse 2.

2.7 Monitoring en handhaving

- De grondwaterstand zal opgevolgd worden in de beschikbare peilbuizen;
- De zettingen in de omgeving worden gemonitord, ook al blijkt uit de berekeningen dat geen noemenswaardige zettingen te verwachten zijn;
- De kwaliteit van het bemalingswater wordt periodiek gecontroleerd alvorens te lozen in de Dijle.

2.8 Nazorg

- De bemaling vond plaats op een verontreinigde site. Op basis van de huidige richtlijnen zou-den, na het beëindigen van de bemaling, de filtergaten zorgvuldig opgevuld moeten worden met grout of kleipellets indien er een mobiele verontreiniging aanwezig is. Dit werd in dit dos-sier niet onderzocht, noch uitgevoerd.

2.9 Toetsingskader

Uit het toetsingskader blijkt dat aan alle voorwaarden voldaan is en dat een goed functionerend en waardevol bemalingsconcept werd opgesteld met uitzondering van de nazorg.

3. Gevalstudie 3: dossier in Limburg

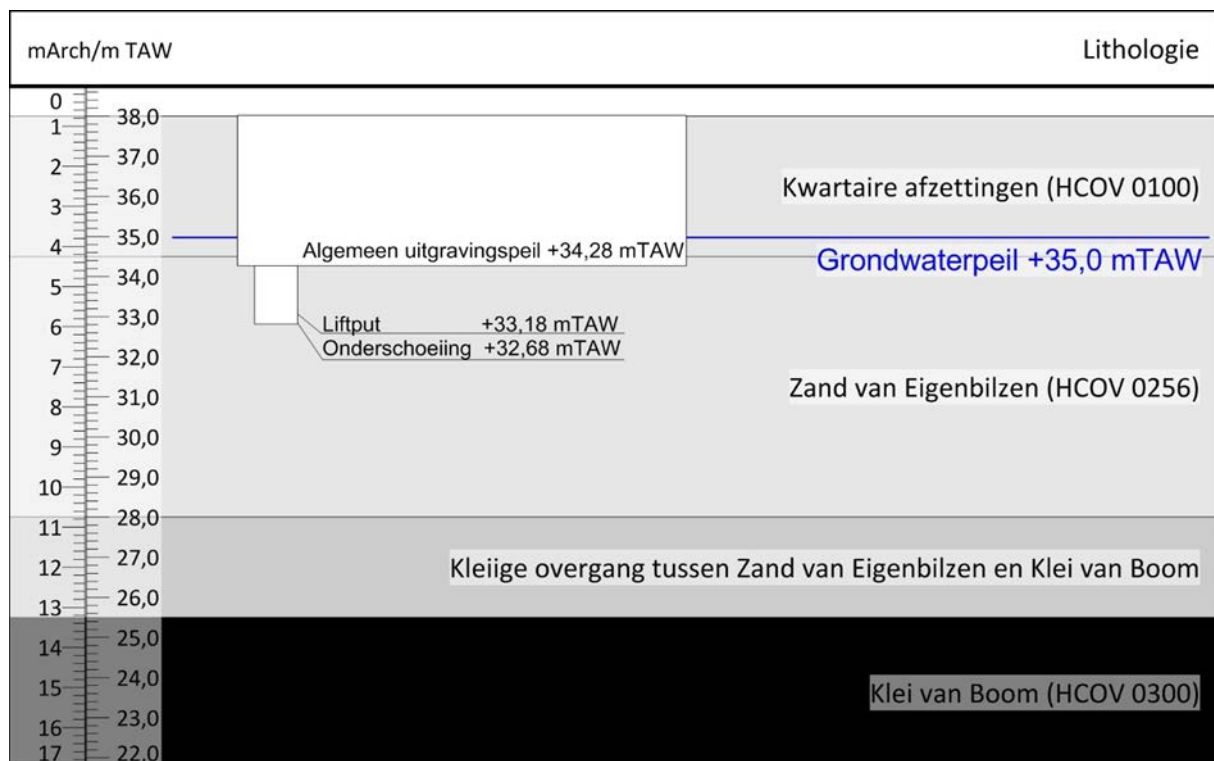
Voor de aanleg van een ondergrondse garage onder een nieuw hotel in Hasselt is een bemaling noodzakelijk. Door de opdrachtgever worden een sonderingsverslag, de bouwplannen en een inplantingsplan aangereikt. Het betreft een bouwput die door het ontwerpteam voorzien is met een ondiepe beschoeiing.

3.1 Gegevensverzameling via checklist 1

- Op de plannen is het adres en het exacte kadastrale perceel aangeduid;
- Op basis van de doorsnedes in de bouwplannen kan het algemene uitgravingspeil afgeleid wor-den. Er moet een algemene uitgraving plaatsvinden tot een diepte van 5 m ten opzichte van

de 0-pas van de architect. Lokaal zijn nog diepere uitgravingen voor liftputten en onderschoeiingen voorzien;

- De relatie tussen de 0-pas van de architectuurplannen en het TAW-referentiestelsel is niet opgegeven. Via de snede getekend in de architectuurplannen kan het 0-peil van de architect gecorreleerd worden met de straatas, via het Digitaal Hoogte Model op DOV kunnen alle uitgravingspeilen omgezet worden naar het TAW-referentiestelsel;
- De projectsite is nog bebouwd, het uitvoeren van lokale sonderingen is niet mogelijk. Er wordt een sonderingsverslag van de ernaast gelegen site ter beschikking gesteld;
- Uit een screening van de beschikbare sonderingen, DOV en info van andere projecten in de buurt blijkt dat de ondergrond bestaat uit los tot matig gepakt quartair zand, gevolgd door het tertiair Zand van Eigenbilzen, op ca. 12 m diepte afgesloten door de Boomse klei (Figuur 66).
- Er is geen peilbuis aanwezig op de site; er zijn wel peilmetingen beschikbaar van de naastgelegen site;
- In de stedelijke omgeving van de bouwput is er geen plaats om het bemalingswater te retourneren, ook is geen RWA aanwezig; het bemalingswater zal geloosd worden in DWA;
- De site bevindt zich niet in de buurt van bijzonder beschermde gebieden en volgens het gewestplan ligt de site in woongebied;
- Er bevinden zich enkele bij OVAM gekende dossiers in de buurt van de bouwput waarvan één BSP. Bij nazicht blijkt dat de sanering op dit terrein afgewerkt werd in 2014 en er geen mobiele restverontreiniging aanwezig is;
- De meeste gebouwen in de buurt zijn woningen en appartementsgebouwen;
- De te verwachten doorlatendheid van het Zand van Eigenbilzen is beperkt.



Figuur 75 lokaal hydrogeologisch profiel

3.2 Milieutechnische en andere randvoorwaarden via checklist 2

- De geplande bemalingsduur bedraagt ca. 2 maanden;
- Rekening houdend met de beperkte geplande grondwaterverlaging, de te verwachten beperkte doorlatendheid van de aquifer en de beperkte dikte van de aquifer, zal het debiet en de invloedstraal van de bemaling vrij beperkt zijn;
- Gezien het voorkomen van eerder zandige afzettingen zijn er *a priori* geen grote zettingen te verwachten.

3.3 Opstellen van het bemalingsconcept

- Op basis van de initiële gegevens zal de bemaling voorzien worden binnen de ondiepe beschoeiing door middel van een filterbemaling geplaatst vanuit een voorafgraving.

3.4 Methodes voor milieutechnische berekeningen en effectbepalingen

- Door de eenvoudige randvoorwaarden kan de dimensionering van de bemaling uitgevoerd worden met analytische formules.

3.5 Risico's en onzekerheden

- Er is geen pompproef uitgevoerd op het terrein in de Formatie van Eigenbilzen, de parameters van deze laag worden ingeschat op basis van literatuur;
- Gezien de onzekerheid van deze parameters, worden bij de vergunningsaanvraag marges ingebouwd voor wat betreft de berekende debieten.

3.6 Vergunningsaanvragen en wettelijke bepalingen

- Er worden debieten berekend die kleiner zijn dan 30.000 m³/jaar;
- Het debiet/u bedraagt minder dan 10 m³/u; het water kan dus in de DWA geloosd worden zonder lozingskosten;
- Volgens het stroomschema in [bijlage 6.6](#) en rekening houdend met de ligging, de diepte van de grondwaterverlaging onder het maaiveld en de op te pompen debieten, ressorteert de bemaling in een klasse 3.

3.7 Monitoring en handhaving

- De grondwaterstand zal opgevolgd worden in een peilbuis die geplaatst zal worden bij de plaatsing van de bemaling;
- De zettingen in de omgeving worden niet gemonitord, uit de berekeningen is gebleken dat er geen noemenswaardige zettingen te verwachten zijn;

3.8 Nazorg

- De bemaling vond plaats op een niet-verontreinigde site, er is dus geen opvulling voorzien van de filtergaten met grout of kleipellets. Dit is conform de voorliggende nieuwe richtlijnen.

3.9 Toetsingskader

Uit het toetsingskader blijkt dat aan alle voorwaarden voldaan is en dat een goed functionerend en waardevol bemalingsconcept werd opgesteld.

