



Ontwerp en uitvoering van bemalingen: Belgische richtlijnen

Samenvatting

Bij bemalingswerkzaamheden is het vaak onduidelijk welke de taken en verantwoordelijkheden zijn van de verschillende betrokken partijen. Een Werkgroep, opgericht in de schoot van het TI-KVIV Genootschap 'Grondmechanica en Funderingstechniek', stelde richtlijnen op die de opdrachtgever en de ontwerper begeleiden bij het ontwerp van een bemaling, vanaf het grondonderzoek tot bij de technische bestektekst. Nadien vinden de opdrachtgever, de ontwerper en de uitvoerder in de richtlijnen ook de nodige begeleiding bij de uitvoeringsaspecten van de bemaling. Het artikel omschrijft kort wat men in de Richtlijnen Bemalingen kan vinden: verantwoordelijkheden, benodigd grondonderzoek, wat omvat de studie van de ontwerper, en aanbevelingen met betrekking tot de uitvoeringsaspecten.

Figuur 1 Voorbeeld van een bemalingsinstallatie.

Inleiding

Voor de uitvoering van bouwwerken, klein of groot, heeft men steeds de betrachting om 'in den droge' te werken. Tijdelijke grondwaterver-

lagingen of bemalingen zijn dan ook een belangrijk domein van de bouwkunde. Het laatste decennium merken we hieromtrent een belangrijke toename van discussies tussen opdrachtgever, ontwerper en uitvoerder. Deze discussies eindigen dikwijls in een lange juridische strijd. Dit komt soms omdat het onderwerp behoort tot de specialisatie van de hydrogeologie waarin noch de ontwerper, noch de uitvoerder zich echt thuis voelen. Maar meestal worden de discussies veroorzaakt door slechte of onduidelijke afspraken. In de hoop om het aantal conflictsituaties te verminderen, werd door het TI-KVIV Genootschap Grondmechanica & Funderingstechniek een werkgroep opgericht. Deze werkgroep heeft een objectieve poging gedaan om richtlijnen voor het ontwerp en de uitvoering van een bemaling op te stellen, rekening houdende met het advies van gespecialiseerde bemalingsfirma's, algemeen aannemers, studie bureaus, opdrachtgevers en verzekeringsmaatschappijen. Deze richtlijnen hebben tot doel de opdrachtgever en de ontwerper te begeleiden vanaf het grondonderzoek tot bij de technische bestektekst. Eenmaal de uitvoerder aangewezen, vinden de opdrachtgever, de ontwerper en de uitvoerder in deze richtlijnen de nodige begeleiding bij de uitvoeringsaspecten van de bemaling.

Cat.	Voorbeeld	Aantal CPT's	Aantal peilbuizen	Andere proeven
0	grond : zand afmalingshoogte : < 3 m afstand naburige constructies : > 20 m bemalingsduur : ≤ 2 maanden	min. 2	min. 1 / watervoerende laag	-
1	grond : leem, kleihoudend zand afmalingshoogte : 3 à 6 m afstand naburige constructies : > 20 m bemalingsduur : 2 à 6 maanden	werken langs een traject : min. 1 / 50 m bouwputten,... : min. 1 / 500 m ² minimum minimorum : 2	werken langs een traject : min. 1 / 200 m, en dit in iedere watervoerende laag bouwputten,... : min. 1 / 2000 m ² , en dit in iedere watervoerende laag minimum minimorum : 1 / watervoerende laag	-
2	grond : gelaagd, gespannen water afmalingshoogte < 3 m afstand naburige constructies : < 20 m bemalingsduur : 2 à 6 maanden	aantal te bepalen door de ontwerper, maar steeds ≥ aantal geldig voor cat. 1	aantal te bepalen door de ontwerper, maar steeds ≥ aantal geldig voor cat. 1	min. 1 boring
3	grond : aanwezigheid van veen afmalingshoogte 3 à 6 m afstand naburige constructies : < 20 m bemalingsduur : > 6 maanden	aantal te bepalen door de ontwerper, maar steeds ≥ aantal geldig voor cat. 1	aantal te bepalen door de ontwerper, maar steeds ≥ aantal geldig voor cat. 1	boringen: aantal te bepalen door de ontwerper, met een minimum van 1 pompproeven: ontwerper beslist of deze nodig zijn

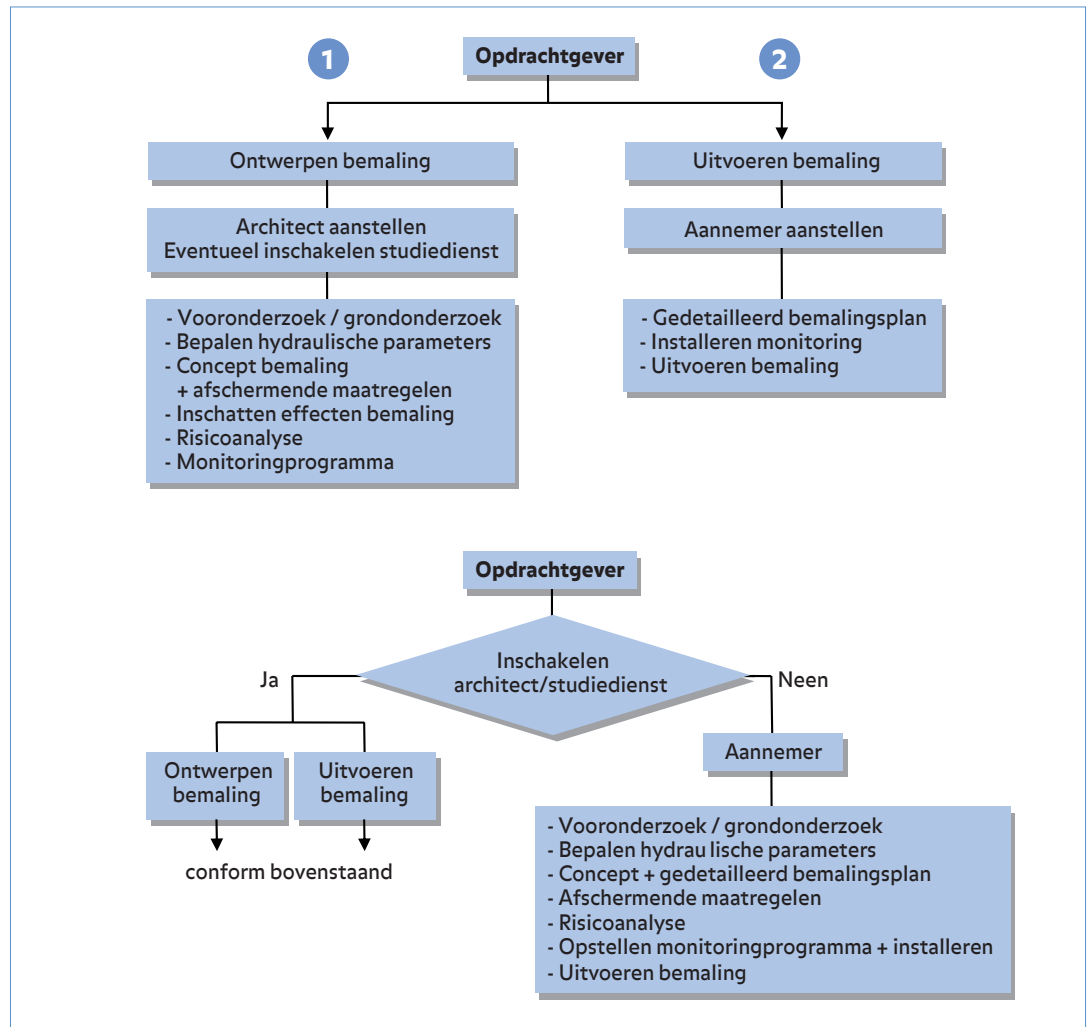
Tabel 1 Benodigd grondonderzoek in functie van de categorie van de bemaling.

Verantwoordelijkheden

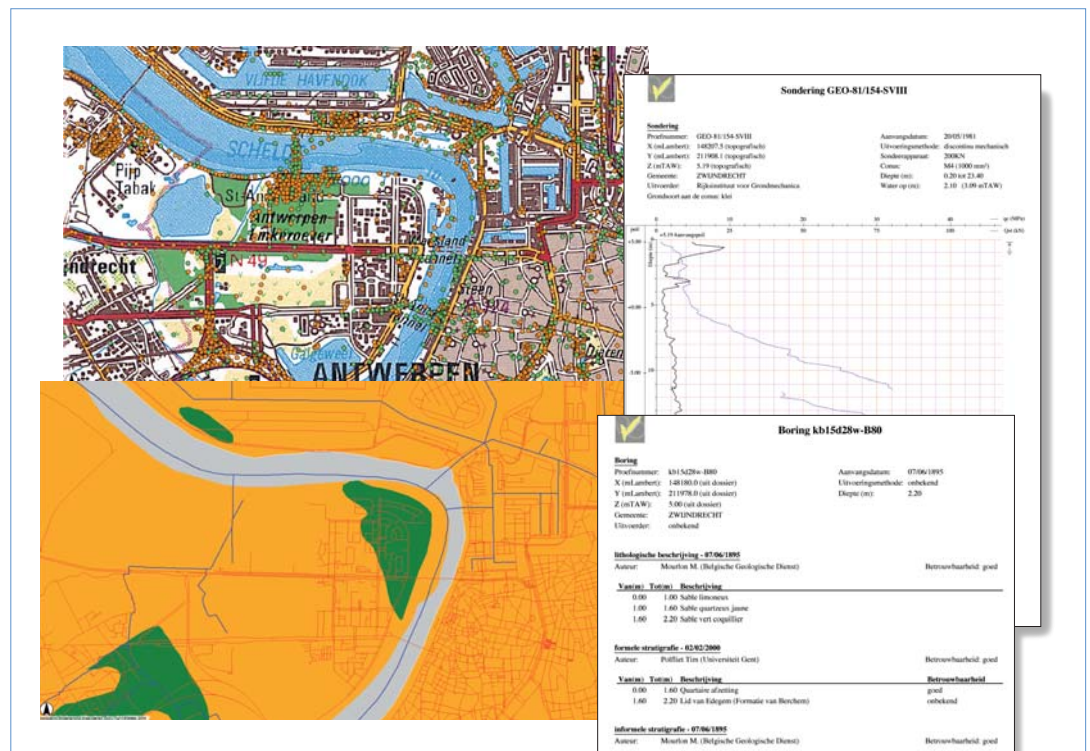
In de richtlijnen worden eerst en vooral de verantwoordelijkheden en de taken vastgelegd respectievelijk van de opdrachtgever, de ontwerper en de uitvoerder bij bemalingswerkzaamheden, zoals weergegeven in *figuur 2*. De ontwerper zorgt achtereenvolgens voor het vooronderzoek, het grondonderzoek, de bepaling van de hydraulische parameters, het concept van de bemaling, het definiëren van de monitoring, de risicoanalyse en het opstellen van de bestektekst voor de bemalingswerkzaamheden. De uitvoerder stelt een gedetailleerd bemalingsplan op en voert de bemaling uit. Als basisregel geldt dat de ontwerper de vermelde taken uitvoert voorafgaandelijk aan de aanbesteding. De architect of de studiedienst van het gehele bouwproject is dus ook ontwerper van de bemaling. Hij kan zich uiteraard laten bijstaan door een specialist ter zake. Uitzondering hierop zijn bijvoorbeeld de contracten van het type 'Design & Build' waarbij de aannemer uitvoerder én ontwerper is. In dat geval moet bij voorkeur het vooronderzoek, het grondonderzoek en de bepaling van de hydraulische parameters vooraf gebeurd zijn door de architect of studiedienst van de opdrachtgever, ofwel moet voldoende tijd voorzien worden voor het door de aannemer uit te voeren en te analyseren grondonderzoek.

Grondonderzoek

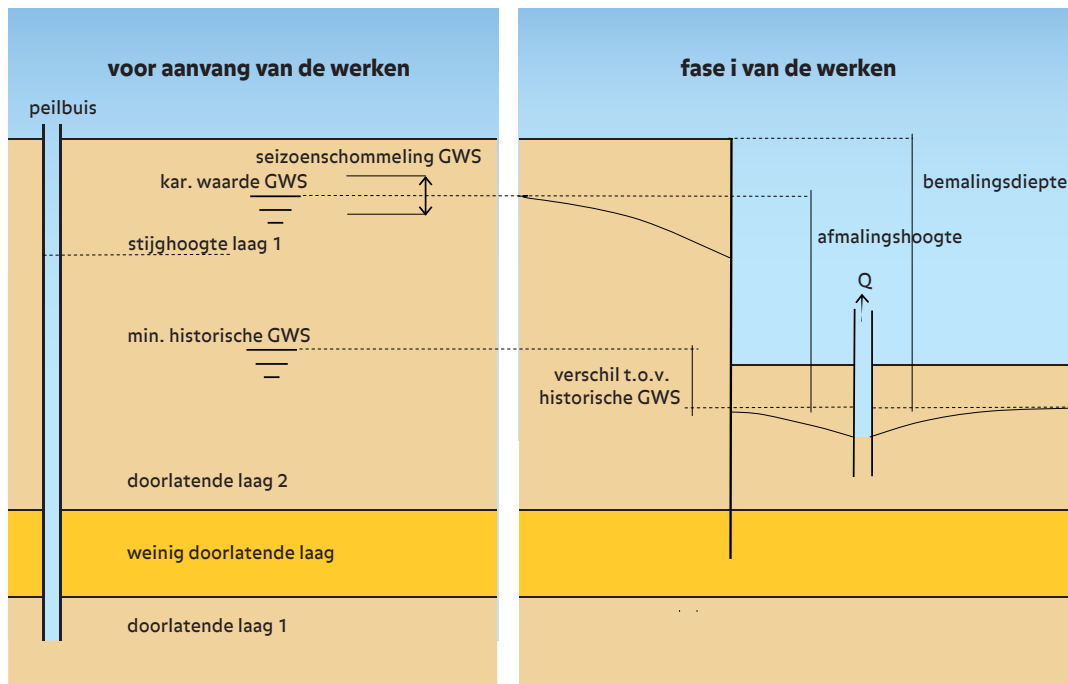
De ontwerper zal eerst de bestaande geologisch, hydrogeologisch en geotechnisch relevante gegevens verzamelen. Hiervoor kan hij zich baseren op onder andere de Databank Ondergrond Vlaanderen (*figuur 3*) en verschillende kaarten (historische kaarten, grondmechanische en geologische kaarten, quartair kaarten, bodemkaarten, hydrogeologische, grondwaterkwetsbaarheids- en grondwaterverziltingskaarten). Daarnaast kan informatie ingewonnen worden over de fundering en uitvoeringswijze van naburige constructies. Verder dient ook informatie verzameld te worden over mogelijke bestaande verontreinigingen en over de aanwezigheid van grondwaterwingebieden in de omgeving. Op basis van deze ingewonnen informatie wordt de geologische en de lithologische opbouw van de betrokken site aangegeven, met aanduiding van de opeenvolging en de diktes van de verschillende watervoerende en waterremmende lagen. Op basis van de verzamelde gegevens bepaalt de ontwerper het benodigde grondonderzoek. Om rekening te houden met de impact van de bemaling op de omgeving en de risico's verbonden aan de bemaling, wordt eerst de categorie bepaald, waartoe het werk behoort. Dit gebeurt door aan de bemaling verschillende scores toe te



Figuur 2 Traditionele projectorganisatie (boven) en 'Design & Build' organisatie (onder).



Figuur 3 Voorbeeld uit Databank Ondergrond Vlaanderen (topografische kaart met aanduiding van sonderingen en boringen en grondwaterkwetsbaarheidskaart).



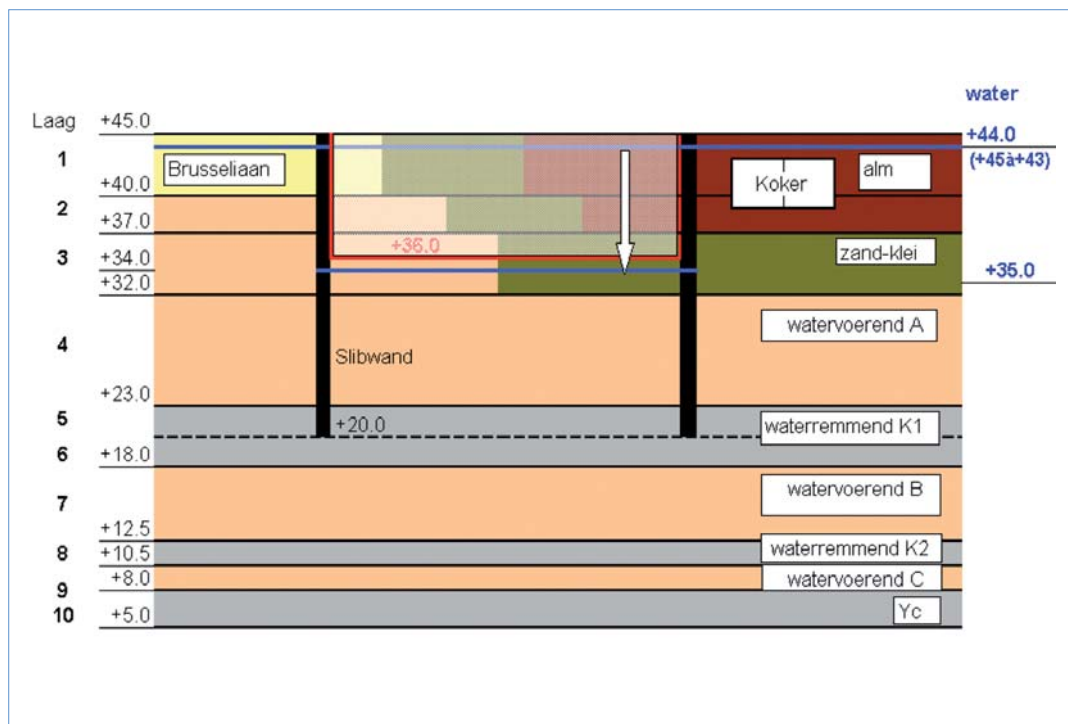
Hydraulische parameters en waterstanden

De ontwerper bepaalt de doorlatendheidscoëfficiënt en zonodig andere hydraulische parameters. De doorlatendheidscoëfficiënt kan bepaald worden uitgaande van verschillende gegevens (literatuur, proeven, modellen). In tabel 2 worden deze gegevens gerangschikt volgens hun betrouwbaarheid voor de bepaling van de doorlatendheidscoëfficiënt. Daarbij duidt '1' op 'meest geschikt' en hoe hoger de waarde, hoe minder geschikt. Doorlatendheidscoëfficiënten, bekomen uit proeven of gegevens waaraan een score van 3 of hoger werd toegekend, moeten getoetst worden aan andere beschikbare gegevens (lokale of regionale proefgegevens); uiteindelijk zal op basis van engineering judgement en gekoppeld aan een sensitiviteitsanalyse de meest geschikte waarde worden aangenomen.

Voor het ontwerp van de bemaling bepaalt de ontwerper de relevante waterstanden en stijghoogten (zie ook figuur 4):

- de karakteristieke waarde van de grondwaterstand(en) en stijghoogten in rust: behoudens sterke seizoensvariaties kunnen deze waarden meestal gelijk worden genomen aan de gemiddelde gemeten waarden;
- de vermoede of gekende minimale historische grondwaterstand die bij de raming van de zettingen kan worden aangehouden; bij afwezigheid van historische gegevens wordt best gerekend met de laagst opgemeten grondwaterstand;
- de karakteristieke waarden van de grondwaterstand(en) en stijghoogten die bij de stabiliteitscontroles in de diverse bouwfasen en voor de afgewerkte constructie worden gehanteerd; dit is meestal een veilige schatting van de hoogst mogelijke waterstanden of van het hoogst mogelijk stijghoogteverschil tussen verschillende grondlagen. Merk op dat de grondwaterstanden, gebruikt voor het ontwerp van de bemaling over het algemeen verschillend zijn van de grondwaterstanden waarvan uitgegaan wordt voor de controle op opdrijven.

Figuur 4 Kenmerkende waterstanden en stijghoogten water in de peilbuis en onttrekkingsput.



Figuur 5 Schema lagenmodel voor MODFLOW-berekening.

kennen volgens de grondlagenopbouw, de bemaalbaarheid, de afmalingshoogte en de aanwezigheid van constructies in de nabijheid en de bemalingsduur. De som van deze scores bepaalt tot welke categorie een bemaling behoort. Per categorie is vastgelegd welke en hoeveel proeven minimaal uitgevoerd moeten worden. Het grondonderzoeksprogramma

voor de verschillende categorieën wordt gegeven in tabel 1.

De resultaten van dit grondonderzoek worden door de ontwerper geëvalueerd. Indien hij dit nodig acht (bv. bij belangrijke verschillen tussen de resultaten van het grondonderzoek en deze van het vooronderzoek), wordt bijkomend grondonderzoek uitgevoerd.

Concept van de bemaling

De ontwerper bepaalt op basis van de verzamelde informatie de bemalingsmethode en de laag/lagen waarin gepompt moet worden. Hij specificeert tot welke peilen het grondwater verlaagd moet worden. Hij laat zich bij deze keuzes leiden door:

- de bestaande grond- en grondwateromstandigheden
- de uitgravingsdiepte en de omvang van de te realiseren grondwaterverlaging

- de eventuele noodzaak om de invloed van de bemaling op de omgeving te beperken
 - de milieuvergunningseisen
 - de uitvoeringswijze van de constructie

Ter beperking van de invloed van de bemaling op de omgeving, kan het nuttig of aangewezen zijn om afscherpende maatregelen te voorzien. De ontwerper kan bijvoorbeeld een verticaal waterremmend scherm voorzien en/of een horizontale waterremmende laag (deze laatste kan ook van nature aanwezig zijn). Dergelijke barrières beperken niet alleen de grondwaterverlaging in de omgeving, zowel naar diepte als naar afstand, ze hebben tevens een aantal bijkomende voordelen: het te ontwateren grondvolume en het pompdebiet zijn kleiner, waardoor de materieel- en energiekosten lager zijn, en er wordt minder of geen water geloosd. Vooral in het geval van verontreinigde grond of grondwater kan dit een belangrijk pluspunt zijn. Als alternatief, of soms in combinatie met bovenstaande afscherpende wanden, kan een retourbemaling worden toegepast. De haalbaarheid van deze retourbemaling wordt door de ontwerper afgewogen, rekening houdende met de resultaten van de risicoanalyse, de kostprijs, de beschikbare ruimte, de technische haalbaarheid, de effecten op de omgeving, etc. In de richtlijnen wordt informatie gegeven met betrekking tot het ontwerp en de uitvoering van afscherpende maatregelen.

De invloed van de bemaling op de omgeving kan ook beperkt worden door de duur van de bemaling te beperken, bijvoorbeeld door voor het uitgraven van de bouwput verticale trekelementen aan te brengen en om de algemene funderingsplaat of de vloerplaat van de op te richten constructie aan deze trekelementen vast te maken. De trekelementen en de vloerplaat worden zodanig gedimensioneerd dat de bemaling kan worden stopgezet van zodra de kelderwanden opgetrokken zijn. Op deze wijze kan worden voorkomen dat er nog gedurende een zeer lange periode gepompt moet worden totdat het gewicht van de constructie voldoende groot is om opdrijven tegen te gaan.

Grondwatermodellering

De ontwerper stelt een hydrogeologisch rekenmodel op. De berekeningen kunnen gaan van zeer eenvoudig/handmatig tot zeer complex via performante rekenprogrammatuur (figuur 5). Hij maakt voor de mogelijke bemalingsmethoden in combinatie met de eventuele afscherpende maatregelen een raming van de verlagingen buiten de bouwput, de invloedssfeer van de bemaling en de bemalingsdebieten om de gewenste verlagingen ter plaatse van de bouwput

	Type proef	Betrouwbaarheidsniveau	
		Voor niet-cohesieve gronden	Voor cohesieve gronden
Rechtstreekse bemaling	Pompproef	1	(2)*
	Doorlatendheidsproeven in een boorgat**	2	-
	Doorlatendheidsproeven in het laboratorium*** : proef met veranderlijk verval	-	3
	Doorlatendheidsproeven in het laboratorium*** : proef met constant verval	5	-
	Doorlatendheidsproeven in het laboratorium*** : flexible wall permeameter	-	2
Onrechtstreekse bemaling	Uit korrelverdeling (d_{10})	3	-
	Uit samendrukkingsproeven	-	4
	Uit dissipatieproeven bij piëzoconesonderingen	-	3
	Uit inversiemodel (grondwatermodellering)	3	3
	Uit beschikbare gegevens	3 à 4	3 à 4

* Verticale doorlatendheden van een continue waterremmende laag tussen 2 watervoerende lagen kunnen ook uit pompproeven worden afgeleid.

** Door een verbuisde boring wordt de grond 'gesmeerd', waardoor de doorlatendheid die gemeten wordt, lager kan zijn dan de werkelijke doorlatendheid.

*** Door het beperkte monstervolume mogelijks niet representatief voor de volledige laag.

Tabel 2 Betrouwbaarheid van proeven ter bepaling van de doorlatendheid (schaal van 1 tot 5, waarbij 1 staat voor 'meest geschikt').

te realiseren. Door de vele aannamen mogen de analytisch berekende resultaten in veel gevallen slechts als een globale indicatie van de mogelijke effecten van de bemaling worden gezien.

Invloed van de bemaling

De ontwerper bestudeert de invloed van de bemaling op de omgeving. Naast het ontstaan van zettingen, kan een bemaling mogelijks ook tot gevolg hebben dat grond- en/of grondwaterverontreinigingen zich verplaatsen en (bij langdurige bemalingen) een invloed hebben op de omgevende flora (bomen, gewassen, landbouw) en op waterwinningen en vijvers (gevaar op droogvallen). Ook de begrenzingen van zoet en brak water kunnen wijzigen ten gevolge van een bemaling. Met betrekking tot de zettingen wordt in de richtlijnen informatie verstrekt, zowel wat betreft de raming van de te verwachten zettingen, als wat betreft de grenswaarden voor totale en differentiële zettingen.

De ontwerper dient eveneens een aantal andere

stabiliteitsaspecten die gepaard gaan met de grondwaterverlaging te beschouwen, zoals bijvoorbeeld de veiligheid tegen opbarsten van de bouwputbodembodem, de stabiliteit van de bouwputbegrenzing, kwel door de bouwputbodembodem of door de wand, welvorming, de stabiliteit wanneer de grondwaterverlaging wordt verminderd of stopgezet, etc.

Monitoring

Monitoring kan bestaan uit:

- peilbuismetingen
- debietmetingen
- controle van het onttrokken water
- plaatsbeschrijvingen
- inmeten van meetpunten op omgevende constructies en wegeninfrastructuur
- opvolgen van scheuren

De ontwerper specificeert de door de uitvoerder uit te voeren monitoring, met name de aard van de metingen, de plaats en het aantal meetpunten, de periode gedurende dewelke gemeten

moet worden en de meetfrequentie.

De uitgebreidheid van de monitoring zal afhankelijk zijn van de categorie van het werk (conform bovenstaand en *tabel 1*). Voor werken van categorie 0 zal meestal geen monitoring vereist zijn, voor werken van categorie 3 zal over het algemeen een uitgebreide monitoringcampagne te verkiezen zijn, en voor werken van categorie 1 of 2 zal, afhankelijk van de specifieke omstandigheden, een eerder beperkte of eerder uitgebreide monitoringcampagne aangewezen zijn.

Bij de ontwerpisen worden grenswaarden vooropgesteld voor de opgevolgde parameters. Hieruit worden de drempelwaarden (= 2/3 van de grenswaarden) en de alarmwaarden (= grenswaarden) afgeleid. Wanneer bij het monitoren een overschrijding van de alarmwaarde of de drempelwaarde van een opgevolgde parameter wordt vastgesteld, zal de uitvoerder de ontwerper en de opdrachtgever verwittigen. Bij het overschrijden van de drempelwaarde bepaalt de ontwerper de nieuwe meetfrequentie van de opgevolgde parameter, hij evalueert de alarmwaarde en past deze eventueel aan in functie van de specifieke constructie, en hij definieert in overleg met de uitvoerder de maatregelen die genomen moeten worden wanneer de alarmwaarde overschreden wordt en legt deze voor aan de opdrachtgever. Bij het overschrijden van de alarmwaarde evalueert de ontwerper het probleem constructiespecifiek en geeft hij opdracht aan de uitvoerder om de maatregelen die gedefinieerd werden bij het overschrijden van de drempelwaarde en goedgekeurd werden door de opdrachtgever, uit te voeren. Voor kritische bemalingsperioden moet de bemaling zijn uitgerust met een afdoend bewakingssysteem, zodanig dat storingen in de bemaling ten spoedigste worden gemeld aan de verantwoordelijke werftoezichter(s). Dit kan bijvoorbeeld door een alarm te plaatsen op één of meerdere peilfilters en dit aan te sluiten op een GSM.

Risicoanalyse

Aansluitend bij het ontwerp maakt de ontwerper een risicoanalyse. Dit houdt in dat de mogelijke problemen die kunnen optreden bij een bemaling één voor één bekeken moeten worden en dit wat betreft de oorzaak van de fout, de kans op voorkomen, en de schade die eruit zou voortvloeien. Voor de belangrijkste situaties moet een interventiescenario opgesteld worden, waarin omschreven wordt welke voorzieningen getroffen moeten worden om zonodig de schade te voorkomen of te beperken.

Rapport van de ontwerper en gedetailleerd bemalingsplan van de uitvoerder

De ontwerper maakt ten behoeve van de uitvoerder en de opdrachtgever een rapport op van zijn studie. Het omvat onder andere alle relevante informatie en documentatie, de keuze van de bemalingsmethode, de lagen waarin gepompt moet worden en eventuele afscherpende maatregelen, de toegepaste grondwatermodellering met raming van de debieten en de grondwaterverlagingen en de risicoanalyse. De besluitvorming wordt verwoord in het bestek.

De uitvoerder stelt op basis van het rapport van de ontwerper en het bestek een gedetailleerd bemalingsplan op en legt dit ter goedkeuring voor aan de ontwerper. Dit gedetailleerd plan omvat onder meer:

- een raming van het te verwachten waterbezwaar in de diverse fasen;
- een volledige beschrijving van het bemalingssysteem;
- een beschrijving van de bewaking en de monitoring;
- een interventieplan.

Uitvoeringsaspecten

In de richtlijnen worden eveneens aanbevelingen gegeven met betrekking tot de uitvoeringsaspecten, zoals het aanbrengen van de bemalingselementen, het al dan niet uitvoeren van een proefbemaling, de bedrijfszekerheid en het onderhoud van de boveninstallatie en de putten en het beëindigen van de bemaling.

Repertorium bestektekst

Tot slot wordt in de richtlijnen een leidraad gegeven voor het opstellen van een bestektekst voor bemalingswerkzaamheden. Er wordt een logische opsomming gegeven van de op te nemen punten in het bestek.

Conclusies

Met de publicatie van de Richtlijnen Bemalingen wordt hopelijk heel wat stof tot discussie omtrent taken en verantwoordelijkheden bij bemalingswerkzaamheden weggenomen. De verschillende aspecten van het ontwerp en de uitvoering van een bemaling worden systematisch behandeld en belangrijke aandachtspunten worden gemeld. Het is echter geenszins een handboek waarin uiteengezet wordt hoe bijvoorbeeld een grondwatermodellering uitgevoerd wordt of een bemaling geïnstalleerd wordt. De richtlijnen kunnen gedownload worden van de volgende website: www.tis-sft.wtcb.be en dit onder de rubriek 'publicaties'.

Literatuur

- Maertens, J. [et al.], *Bemalingen: eeuwig discussiepunt?* - Studiedag, Antwerpen, 10 December 2003, Technologisch Instituut Genootschap Grondmechanica & Funderingstechniek, 2003.
- De Vos, M. [et al.], *Workshop Bemalingen* - Antwerpen, 13 Juni 2006, Technologisch Instituut Genootschap Grondmechanica & Funderingstechniek, 2006.
- Janssen, G. J. M., *Bemaling van bouwputten*, 2e uitgave, Rotterdam: Stichting Bouwresearch (SBR), 2003.
- Belgisch Instituut voor Normalisatie, *NBN B 03-003: Vervormingen van draagsystemen - Vervormingsgrenswaarden - Gebouwen*, Brussel: NBN, 2003.
- Belgisch Instituut voor Normalisatie, *NBN EN ISO 22475-1: Geotechnisch onderzoek en beproeving - Monsternemingsmethoden en grondwatermetingen - Deel 1: Technische uitvoeringsprincipes*, Brussel: NBN, 2007. ■

Reageren op dit artikel?

Stuur dan uw reactie vóór 29 mei 2009 naar info@uitgeverijeducom.nl