

2013•2014
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Problematiek rond bronbemaling: kelderinsijpeling en afvoermogelijkheden

Promotor :
Prof. ir. Bart VAN ZEGBROECK

Promotor :
Mevr. WENDY FRANCKEN

Jeroen Mathijs , Tom Lenskens
Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2013•2014

Faculteit Industriële

ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Problematiek rond bronbemaling: kelderinsijpeling en afvoermogelijkheden

Promotor :
Prof. ir. Bart VAN ZEGBROECK

Promotor :
Mevr. WENDY FRANCKEN

Jeroen Mathijs , Tom Lenskens

Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

1 Dankwoord

Het realiseren van deze masterproef bleek geen simpele opdracht te zijn. Bij problemen konden we telkens terugvallen op de hulp van zowel internen als externen. Hierbij willen we onze interne promotor Bart Van Zegbroeck bedanken voor zijn deskundige adviezen en inzichten in de problemen. De leden van de werkgroep bij VLARIO, onder leiding van onze externe promotor Wendy Francken, zorgden regelmatig voor feedback en brachten ons in contact met mensen uit het werkveld. We zijn deze personen bijzonder dankbaar om tijd voor ons te willen vrijmaken en ons te begeleiden.

Dirk Stové, lid van de werkgroep, bracht ons in contact met René Lambrechts, bestuurder van G. Smeyers N.V. Speciale dank gaat uit naar René Lambrechts om ons te ontvangen in zijn bedrijf en ons te voorzien van zeer veel nuttige en interessante informatie. Casestudies vinden in verband met de masterproef zou volgens de mensen van de werkgroep geen probleem mogen zijn. De realiteit was echter anders. Na een erg lange zoektocht naar casestudies kwamen we uit bij het Adviesbureau inzake Grondwatertechnieken (AGT). Hier hebben Yves Meyus en Jos van Steenwinkel ons de toestemming gegeven om hun casestudies te gebruiken. Er waren uiteraard momenten dat de druk en de stress wat te veel werden. Tijdens deze momenten kon de één bij de ander terecht voor een oppeppend en bemoedigend gesprek.

Tot slot willen we onze families, vrienden en vriendinnen bedanken om er gedurende het hele jaar voor ons te zijn en vertrouwen in ons te hebben. Zij zijn ons altijd blijven steunen en moedigden ons aan niet op te geven. Zonder hen was het niet gelukt deze masterproef tot een goed einde te brengen.

2 Abstract

Trefwoorden: bronbemaling, kelder-waterinsijpeling, afvoermogelijkheden.

Na het stopzetten van een bronbemaling heeft de omgeving soms te kampen met grondwater-insijpeling in nabij gelegen kelders. Het feit dat er sprake is van kelder-insijpeling na een bronbemaling kan erop duiden dat de kelder niet waterdicht was uitgevoerd en er na de bemaling een hogere waterstand is opgetreden dan voorheen.

In deze masterproef wordt onderzocht hoe er een hoger grondwaterniveau mogelijk is na een bemaling. Daarnaast wordt onderzocht welke oorzaken gekoppeld aan bronbemaling er zijn om een voorheen waterdichte kelder water-insijpeling te laten vertonen na de bronbemaling.

Hierbij wordt het effect van retourbemaling en een vervangen oude riolering onderzocht. Vervolgens worden differentiële zettingen, het scheurbedrag van kleigronden en het inklinken van veenlagen onderzocht of deze kunnen zorgen voor water-insijpeling in kelder.

Ten tweede wordt onderzocht welke voor- en nadelen er zijn voor bestaande afvoermogelijkheden van bemalingswater. Meestal wordt bemalingswater op de straat, in de riolering geloosd zonder de alternatieven te kijken. Rioolwaterzuiveringsinstallaties krijgen verdund rioolwater te verwerken, hierdoor zal het zuiveringsrendement dalen en wordt de lokale waterhuishouding verstoord.

Daarnaast werd een enquête afgenomen bij rioolbeheerders en aannemers om de maatschappelijke belangen van de afvoerkeuze beter te begrijpen. De enquête maakt een duidelijk onderscheid tussen de economische en de ecologische belangen.

Keywords: dewatering, basement water-infiltration, water discharge possibilities.

When the dewatering stops, sometimes nearby basements are faced with groundwater seepage. The fact that there is seepage into a basement after dewatering may indicate that the basement was not executed waterproof and that after the dewatering the groundwater level was higher than before dewatering took place.

This master thesis examines how a higher groundwater level is possible after the drainage is removed. We also examined those causes linked to dewatering which make a formerly waterproof basement exhibit water infiltration when the dewatering has stopped.

It will look at the impact of dewatering with a re-injection system and a replaced old sewer system. Subsequently differential subsidence and possible damage to basements, the cracking behavior of clay soils and the settling of peat layers examined whether these can provide water seepage into basements.

Second, this master thesis examines the pros and cons for existing water discharge possibilities of drainage water. Usually the drainage water is pumped onto the streets and is discharged into the sewer system without looking at the alternatives. Sewage treatment plants have to process this diluted sewage so their treatment efficiency will decrease. In addition, the local hydrology is disturbed because water is withdrawn from the groundwater table and is not replenished.

Finally, a survey was conducted with sewer managers and contractors to gain a better understanding of the societal interests of water discharge. The survey makes a clear distinction between the economic and environmental interests.

3 Inhoudsopgave

1	Dankwoord	1
2	Abstract	3
3	Inhoudsopgave	5
4	Lijst van figuren	7
5	Inleiding	9
6	Kelder-insijpeling	11
6.1	Soorten ondergrond	11
6.1.1	Zand	11
6.1.2	Grind	12
6.1.3	Klei	13
6.1.4	Silt	18
6.2	Oorzaken gecorreleerd aan de ondergrond	18
6.2.1	Differentiële zettingen	19
6.2.2	Zwellen en krimpen van klei	21
6.2.3	Inklinken van veenlagen	25
6.2.4	Retourbemaling	26
6.2.5	Het vernieuwen van oude riolering	27
6.3	Case studies	27
6.3.1	Audi-fabriek te Vorst	27
6.3.2	Wijk Lenaerts te Diepenbeek	31
6.4	Conclusies	33
7	Afvoer van bemalingswater	35
7.1	Regelgeving Vlarem I en Vlarem II	35
7.2	Afvoermogelijkheden	39
7.2.1	Retourbemaling	39
7.2.2	Principe van retourbemaling	39
7.2.3	Plaatsen van leidingen	40
7.2.4	Stellingen	40
7.2.5	Inslijpen van buizen	41
7.2.6	Overrijdbare drempels	41
7.2.7	Debietmeter	43
7.3	Case Studies	44

7.3.1	Kattendijkdok Oostkaai	44
7.3.2	Project Artesis.....	54
7.4	Alternatieve afvoermogelijkheden.....	56
7.4.1	Gebruik van tankwagens	56
7.4.2	Retourbemaling via open sleuven.....	57
7.5	Resultaten enquête	59
7.5.1	Waarmee wordt het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater?	59
7.5.2	In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken?	60
7.5.3	In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? 62	
7.5.4	Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren?.....	63
7.5.5	Als een correcte maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen?	65
7.5.6	In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloozd op een oppervlaktewater of riolering?	66
7.5.7	Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid?.....	67
7.5.8	Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing?.....	67
7.5.9	Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor?	68
7.5.10	Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater?	69
7.5.11	Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5.	71
7.5.12	Conclusie enquête	72
7.6	Conclusie	73
8	Bibliografie.....	75
9	Bijlage 1: Voorbeeld zettingsberekening.....	77
10	Bijlage 2: Enquête.....	81

4 Lijst van figuren

Figuur 1: Zandkorrels.....	11
Figuur 2: Schematische voorstelling van het verdrogingsproces van klei.....	15
Figuur 3: Verdrogingskarakteristieken van kleigronden	15
Figuur 4: Scheurvorming van kleigronden	16
Figuur 5: Voorstelling van de capillaire zuigwerking in kleigronden en de optredende spanningen ...	17
Figuur 6: Schets van scheurvorming door differentiële zettingen ten gevolge van een bronbemaling	20
Figuur 7: Invloed van bomen.....	22
Figuur 8: Boomwortels die onderbroken worden door het maken van een fundering.....	23
Figuur 9: Horizontale drukken door zwellende klei ten gevolge van het verwijderen van een boom .	23
Figuur 10: Opwaartse krachten op paalfunderingen door een zwellende grond.....	24
Figuur 11: Bunker in een veenrijk gebied gefundeerd op palen in de Tweede Wereldoorlog.....	25
Figuur 12: Hoger grondwaterniveau ten gevolge van retourbemaling.....	26
Figuur 13: Google Earth foto van 2012 van het spaarbekken toen het nog niet onder de wegenis lag	28
Figuur 14: Grondopbouw en beschoeiing.....	29
Figuur 15: Waterniveaus binnen en buiten de beschoeiing.....	30
Figuur 16: Invloedszone grondwaterverontreiniging.....	31
Figuur 17: Google Earth foto van het bufferbekken	32
Figuur 18: Flowchart VMM.....	38
Figuur 19: Schema retourbemaling.....	39
Figuur 20: Afvoer via stellingen/steigers.....	41
Figuur 21: Afvoer via drempels geplaatst op het fietspad	42
Figuur 22: afvoer via drempels geplaatst op de weg	42
Figuur 23: Aanduiding werkgebied Kattendijkdok Oostkaai.....	44
Figuur 24: Bemalingsniveau scenario 1.....	45
Figuur 25: Plaatsing oostelijke bemalingsputten (bruin) en retourputten (blauw)	46
Figuur 26: Plaatsing westelijke bemalingsputten (bruin) en retourputten (blauw)	46
Figuur 27: Filterdieptes scenario 1.....	47
Figuur 28: Verlaging scenario 1	48
Figuur 29: Bemalingsniveau scenario 2.....	49
Figuur 30: Plaatsing bemalingsputten (bruin) en retourputten (blauw).....	50
Figuur 31: Plaatsing retourputten	50
Figuur 32: Filterdieptes scenario 2.....	51
Figuur 33: Verlaging scenario 2	52
Figuur 34: Aanduiding project Artesis	54
Figuur 35: Retourbemaling via open sleuf	57
Figuur 36: Zaken waarmee aannemers rekening houden bij de keuze van de bemaling.....	59
Figuur 37: Zaken waarmee rioolbeheerders rekening houden bij de keuze van de bemaling.....	60
Figuur 38: Hoe gaan de aannemers om met de reglementering	61
Figuur 39: Hoe gaan de rioolbeheerders om met de reglementering	61
Figuur 40: Wanneer en van wie verkrijgen aannemers de nodige informatie	62
Figuur 41: Wanneer en van wie verkrijgen rioolbeheerders de nodige informatie.....	62
Figuur 42: Maximale afstand aannemers.....	63

Figuur 43: Maximale afstand rioolbeheerders	64
Figuur 44: Voorwaarden van de aannemers voor de keuze van een nieuwe oplossing	65
Figuur 45: Voorwaarden van de rioolbeheerders voor de keuze van een nieuwe oplossing	65
Figuur 46: Overweging van retourbemaling door aannemers	66
Figuur 47: Overweging van retourbemaling door rioolbeheerders	66
Figuur 48: Meest voorkomende debietklasse bij aannemers	67
Figuur 49: Meest voorkomende debietklasse bij rioolbeheerders	68
Figuur 50: Bemalingsduur bij aannemers.....	68
Figuur 51: Bemalingsduur bij rioolbeheerders.....	69
Figuur 52: Weigering om te bemalen bij aannemers.....	69
Figuur 53: Weigering om te bemalen bij rioolbeheerders	70
Figuur 54: Toegekende scores aan evacuatiemethodes door aannemers	71
Figuur 55: Toegekende scores aan evacuatiemethodes door rioolbeheerders.....	71
Figuur 56: Grondopbouw	77

5 Inleiding

In deze masterproef worden twee problemen omtrent bronbemaling besproken, namelijk het effect op kelder-insijpeling en de alternatieve afvoermogelijkheden. Na een bronbemaling hebben woningen in de omgeving soms last van water-insijpeling in de kelder. Hierbij zullen we de oorzaken die in verband staan met bronbemaling onderzoeken.

Het feit dat er sprake is van kelder-insijpeling na een bronbemaling in het kader van de aanleg van rioleringen, kan erop duiden dat de kelder niet waterdicht was uitgevoerd en er na de bemaling een hogere waterstand is opgetreden dan voorheen. Dit kan het geval zijn bij het wegvallen van een mogelijk drainerende werking van de vervangen oude riolering.

Ten tweede kan de kelder-insijpeling het gevolg zijn van scheuren en barsten die zijn ontstaan in de kelder ten gevolge van de bronbemaling waarlangs water nadien kan insijpelen.

Ten derde onderzoeken we of er ten gevolge van de bemaling een soort macroporositeit in de grond is ontstaan waardoor het water gemakkelijker zijn weg vindt naar de niet waterdicht uitgevoerde kelders.

We onderzoeken dus hoe deze scheuren en barsten zowel in de grond als in de constructies ontstaan zijn en/of hoe het mogelijk is dat er een hoger grondwaterniveau is ontstaan.

Ten tweede zullen we de werkbare alternatieve afvoermogelijkheden van een bronbemaling onderzoeken. Meestal wordt het bemalingswater onmiddellijk in de riolering in de straat geloosd omdat dit voor de aannemer de gemakkelijkste keuze is. In het kader van duurzaam waterbeheer moeten eerst andere alternatieven overwogen worden. Een lozing in de riolering kan ook leiden tot heffingen en boetes opgelegd door Aquafin, deze procedure zullen we ook kort samenvatten. We zullen hierbij de voor- en nadelen van elke afvoermogelijkheid bespreken ten einde een duidelijke richtlijn naar aannemers toe te kunnen opstellen.

Deze masterproef is gericht op het beantwoorden van twee onderzoeksvragen die hier duidelijk worden geformuleerd:

- Welke oorzaken van kelder-insijpeling bestaan er in verband met bronbemaling?
- Welke werkbare alternatieve afvoermogelijkheden van bronbemaling bestaan er naast de lozing in de openbare riolering?

6 Kelder-insijpeling

6.1 Soorten ondergrond

Ten einde een duidelijk beeld te krijgen hoe scheuren en barsten in een kelderwand kunnen ontstaan als gevolg van een bronbemaling is het zeer belangrijk dat we beschrijven hoe elke verschillende soort ondergrond reageert op een grondwaterverlaging. Hierbij is de doorlatendheid van de grond een zeer belangrijke factor hetgeen beschrijft hoe snel water tussen de vaste deeltjes kan onttrokken worden.

6.1.1 Zand

Zand bestaat voor 80 à 90% uit het silicaat SiO_2 oftewel kwarts. De driedimensionale structuur van SiO_4 -tetraëders geeft kwarts een grote hardheid [1]. Daarom is kwarts een zeer hard mineraal dat doorheen de tijd niet verweert. Dit geeft zand een grote draagkracht en een grote doorlatendheid, maar zand heeft geen cohesie, er zijn geen inwendige krachten die de moleculen samen houden.



Figuur 1: Zandkorrels

Zand heeft een korrelgrootte begrepen tussen $60\mu\text{m}$ en 2mm . Afhankelijk van de korrelgrootte spreekt men van grof, medium of fijn zand. De doorlatendheid is afhankelijk van de textuur en dus zal de doorlatendheid voor deze drie soorten zand verschillen [2]. Richtwaarden voor de doorlatendheid worden gegeven door Tabel 1.

Soort zand	Korrelgrootte	Doorlatendheid k
Fijn zand	$60\mu\text{m} - 200\mu\text{m}$	$10^{-6}\text{m/s} - 10^{-5}\text{m/s}$
Medium zand	$200\mu\text{m} - 600\mu\text{m}$	$10^{-5}\text{m/s} - 10^{-4}\text{m/s}$
Grof zand	$600\mu\text{m} - 2\text{mm}$	$10^{-4}\text{m/s} - 10^{-3}\text{m/s}$

Tabel 1

De doorlatendheid kan onder water geschat worden met de formule van Kozeny-Carman (Vergelijking 1), die geldt voor een uniforme korrelverdeling [1].

$$k = \frac{\gamma_w}{\mu} \cdot \frac{e^3}{(e+1)} \cdot \frac{D_{50}^2}{180}$$

Vergelijking 1

Waarbij e = het poriëngetal is oftewel het volume poriën per volume korrels;
 D_{50} = de korrelgrootte is waarbij 50% van de korrels kleiner is;
 μ = de viscositeit van water is (ongeveer $10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{s}$);
 γ_w = het volume gewicht van water (10kN/m^3 in de grondmechanica).

Zandgronden zijn zeer goed bemaalbaar omwille van goede doorlatendheid. Het debiet dat kan bereikt worden kan berekend worden met de wet van Dupuit (Vergelijking 2).

De hoeveelheid water dat opgepompt moet worden is gelijk aan de hoeveelheid water dat horizontaal toegestroomd komt [1].

$$Q = \frac{\pi \cdot k \cdot (H_0^2 - H_1^2)}{\ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right)}$$

Vergelijking 2

Waarbij r_0 = de invloedsstraal van de bronbemaling;
 r_1 = de straal van de pompput;
 H_0 = de hoogte van het oorspronkelijke grondwaterniveau;
 H_1 = de hoogte van het waterniveau ter hoogte van de pompput.

De invloedsstraal r_0 kan empirisch bepaald worden door middel van de formule van Theis (Vergelijking 3), dit is voor een tijdelijke bronbemaling:

$$r_0 \approx \sqrt{\frac{2,25 \cdot k \cdot H_0 \cdot t}{n_e}}$$

Vergelijking 3

Waarbij t = de tijd in dagen
 n_e = de effectieve porositeit = 0,30 voor zand

Het is belangrijk om op te merken dat volgens de formule van Theis de invloedsstraal blijft toenemen met de tijd [1]. In werkelijkheid wordt er een evenwicht gevormd waarbij de infiltratie van neerslag in de invloedzone gelijk wordt aan de het opgepompte debiet. Dit opgepompte debiet wordt gegeven door Vergelijking 4 met N_e gelijk aan de effectieve neerslag, die in België een gemiddelde waarde heeft van 0,17 mm/dag voor een normaal jaar [3].

$$Q = \pi r_0^2 N_e$$

Vergelijking 4

6.1.2 Grind

Grind is een grof sedimentair gesteente dat gelijkaardige eigenschappen van zand vertoont. De fysische grens tussen zand en grind wordt waargenomen doordat in natte toestand grind niet aan elkaar kan blijven plakken [1]. Zand kan in natte toestand wel aan elkaar plakken. Grind heeft een grotere korreldiameter dan zand, deze is begrepen tussen 2mm en 60mm [2].

Afhankelijk van de korrelgrootte spreekt men van grof, medium of fijn grind. De doorlatendheid is afhankelijk van de textuur en dus zal de doorlatendheid voor deze drie soorten grind verschillen. Richtwaarden voor de doorlatendheid worden gegeven door Tabel 2.

Soort grind	Korrelgrootte	Doorlatendheid k
Fijn grind	2mm – 6mm	$10^{-3}\text{m/s} - 10^{-2}\text{m/s}$
Medium grind	6mm – 20mm	$10^{-2}\text{m/s} - 10^{-1}\text{m/s}$
Grof grind	20mm – 60mm	$>0,1\text{m/s}$

Tabel 2

De doorlatendheid van grind is veel groter dan die van zand, daardoor zal uit een grondlaag uit grind een veel groter debiet te onttrekken zijn in vergelijking met zandgronden. Een bemaling in een grindgrond wordt om deze reden dan ook niet uitgevoerd. Het onderwatergewicht van grind bedraagt net zoals zand 10kN/m^3 en het drooggewicht 16kN/m^3 .

6.1.3 Klei

De kleimineralen maken deel uit van de fyllosilicaten en hebben een schilferachtige structuur. Deze bestaat uit twee lagen namelijk een SiO_4 -tetraëdrische laag en een $\text{Al}(\text{O},\text{OH})_6$ -octaëdrische laag. De twee lagen zijn afhankelijk van elkaar aangezien de O^{2-} -anionen van de tetraëders gedeeld zijn met een vlak van de octaëdrische laag [1].

- De tetraëdrische laag, ook wel T-laag genoemd, is gevormd door tetraëders waarvan de basis in hetzelfde vlak ligt en hun toppen wijzen in dezelfde richting. Deze toppen worden gevormd door O^{2-} -anionen en in het midden van de tetraëder bevindt zich een Si^{+4} -kation.
- De octaëdrische laag, ook wel O-laag genoemd, bestaat uit twee vlakken met anionen (O^{2-} en OH^-). In het midden bevindt zich vaak een kation Al^{+3} .

De manier waarop deze onderling verbonden zijn geeft de kleimineralen andere eigenschappen, op basis hiervan worden ze onderverdeeld. We onderscheiden kaolinit, illiet, montmorilloniet en smectiet.

- Kaolinit is samengesteld uit een T-laag en een O-laag. De kleideeltjes vormen kristallieten door verschillende vlakken met elkaar te verbinden met behulp van waterstofbruggen zodat er geen watermoleculen meer door kunnen.
- Illiet bestaat uit een octaëdrische laag tussen twee tetraëdrische lagen. Door de uitwisseling van ionen wordt het evenwicht in de ladingen verstoord. Dit onevenwicht wordt opgevangen door kationen die perfect passen in ontstane holtes. Deze kationen zijn niet hydrateerbaar en kunnen niet worden uitgewisseld. De verbindingen die hierdoor ontstaan zijn zo sterk dat watermoleculen de ruimtes tussen de lagen niet kunnen bereiken.
- Montmorilloniet bestaat ook uit twee lagen SiO_4 -tetraëders met een $\text{Al}(\text{O},\text{OH})_6$ -octaëder ertussen. Maar bij montmorilloniet zijn de kleimineralen onderling verbonden met geabsorbeerde kationen en watermoleculen.
- Smectieten hebben dezelfde opbouw als kaoliniten maar het verschil is dat smectieten een lading te kort hebben. Dit gebrek wordt door hydrateerbare kationen in de ruimte tussen de lagen opgevangen.

Doordat klei een gelaagde structuur heeft, zullen oppervlaktespanningen bestaan tussen de plaatjes. Die oppervlaktespanningen houden het water vast waardoor er zeer moeilijk water aan klei onttrokken kan worden [4]. Klei bestaat uit heel kleine deeltjes waardoor de doorlatendheid zeer klein is. De korrelgrootte van klei ligt lager dan $2\mu\text{m}$ [2]. Dit wordt getoond in Tabel 3.

Soort grond	Korrelgrootte	Doorlatendheid k
Klei	$<2\mu\text{m}$	$<10^{-9} \text{ m/s}$

Tabel 3

In kleigronden vormen de kleideeltjes en de korrels niet-kleimineralen een geordende structuur. De gronden met een lage dichtheid hebben een regelmatige structuur waarin de verschillende delen verbonden zijn via kleibruggen.

Bij gronden met een hoge dichtheid wordt gesproken van een matrixstructuur omdat de verschillende aggregaten niet meer van elkaar te onderscheiden zijn. Voor de zwellende gronden zijn drie niveaus bepaald die deel maken van het proces van zwellen en krimpen [4].

- Infrastructuur: kleideeltjes
- Microstructuur: aggregaten gevormd door kleideeltjes en andere componenten van de grond
- Macrostructuur: met elkaar gekoppelde aggregaten

Kleigronden zijn omwille van de kleine doorlatendheid niet te bemalen. Omwille van de oppervlaktespanning die heerst tussen de lamelstructuur van de kleideeltjes zal een kleigrond het aanwezige water zeer traag afgeven.

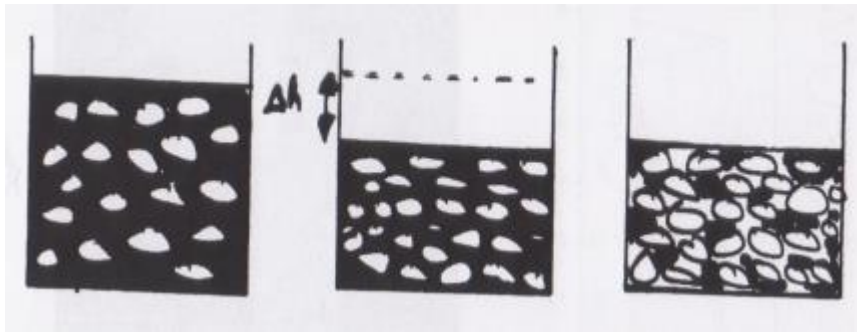
Ten gevolge van volledige uitdroging kunnen kleigronden van structuur veranderen. Het wisselend volume van een kleigrond hangt sterk af van de hoeveelheid water er aanwezig is in de grond [5].

De watergehalten waarbij fijne grondsoorten overgaan van de ene toestand naar een andere worden weergegeven door de Atterbergse grenzen. Zo is er de vloeigrens, de plasticiteitsgrens en de krimpgrens. Fijne grondsoorten met watergehalten groter dan de vloeigrens w_L gaan over van de plastische toestand naar een vloeibare toestand, zoals modder. De plasticiteitsgrens w_p is het watergehalte waarbij de fijne grondsoort overgaat van de brokkelige toestand naar de plastische toestand. Tot slot geeft de krimpgrens het watergehalte waarbij er over gegaan wordt van een starre en harde toestand naar een brokkelige toestand [1].

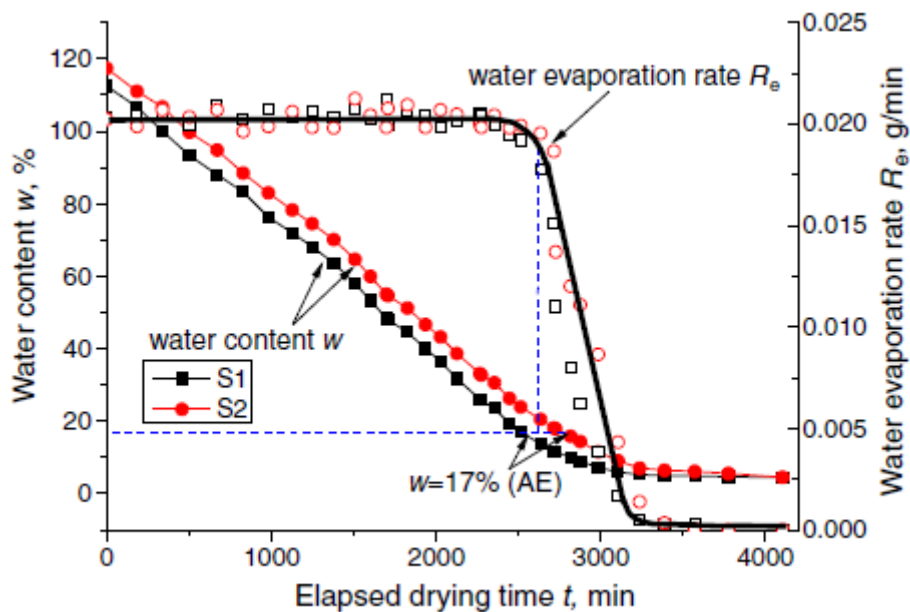
Scheurvorming in de grond ten gevolge van verdroging komen voor in kleigronden wanneer de laag zo ver is gekrompen dat de trekspanningen aan het oppervlak niet meer gerelaxeerd kunnen worden. Wanneer die trekspanningen groter worden dan de onderlinge cohesie tussen de korrels zullen er in de grond scheuren ontstaan. Er kunnen ook scheuren in de grond ontstaan wanneer de krimp verhinderd wordt [4].

Scheurgedrag van kleigronden heeft te maken met verschillende soorten factoren zoals de minerale samenstelling, de temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid, de dikte van de laag, de oppervlaktedekking, etc. Krimp- en zwelgedrag van kleigronden liggen aan de basis van dit scheurgedrag [6].

Wanneer klei verdroogt zal het beginnen krimpen, het krimpgedrag wordt even kort uitgelegd. Eerst verlaagt het watergehalte lineair door verdamping, dit gaat zo door tot men dichtbij de relatieve luchtvochtigheid van de omgeving komt. De vermindering van het watergehalte daalt naarmate men dichterbij die relatieve vochtigheid komt. Dit wordt met een schets voorgesteld in Figuur 2 [2]. Uiteindelijk stabiliseert het watergehalte zich, dit noemt men het residuele watergehalte [6].



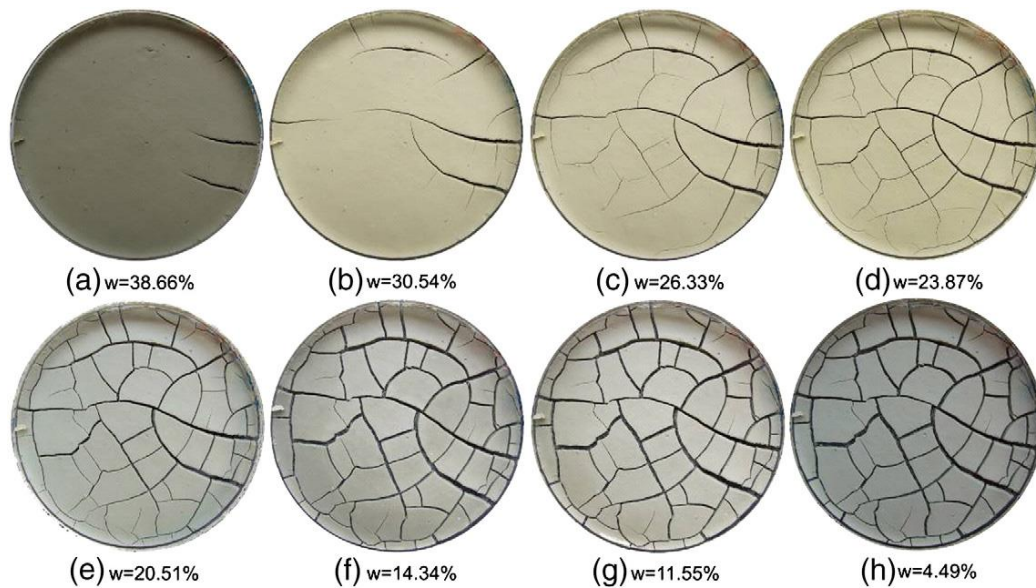
Figuur 2: Schematische voorstelling van het verdrogingsproces van klei



Figuur 3: Verdrogingskarakteristieken van kleigronden

Scheurvorming in kleigronden gebeurt in Figuur 3 in 3 stadia [6]:

- Onafhankelijke scheuren worden gevormd vanaf de randen van de klei en breiden zich uit naar het centrum. Deze scheuren zetten zich niet meer verder voort wanneer ze elkaar snijden. Deze scheuren noemt men de primaire scheuren en het zijn deze die het breedste zijn aan het einde van het drogingsproces. Deze zijn te zien op Figuur 3 van (a) tot (c).
- Secundaire scheuren beginnen vanuit de primaire scheuren en eindigen ook wanneer ze een andere scheur tegenkomen. Secundaire scheuren splitsen het oppervlak in verschillende polygonalen waarbij grote klompen klei verkleinen tot verschillende kleine. Deze zijn duidelijk te zien op Figuur 4 van (b) tot (e).
- Na verdere verdroging wordt vastgesteld dat er geen scheuren meer bijkomen maar dat de bestaande scheuren enkel verbreden. Zo kan op Figuur 4 gezien worden dat de scheuren verwijden op Figuur 3 van (f) tot (h).

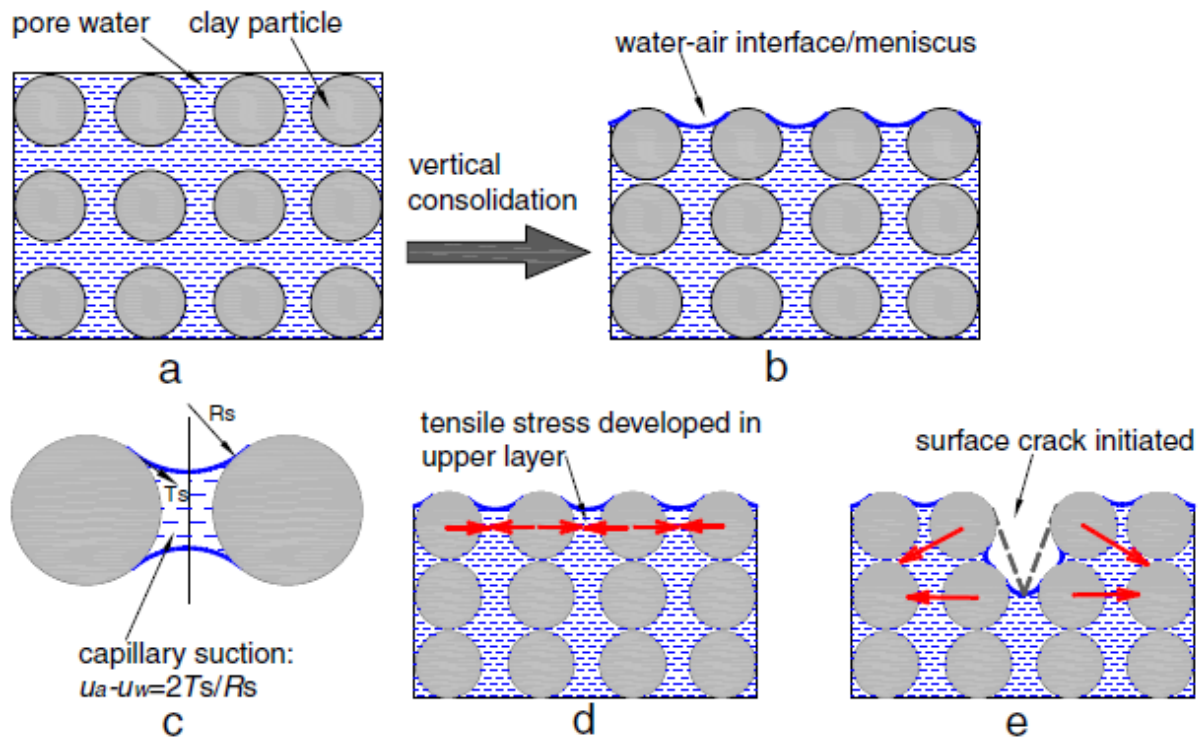


Figuur 4: Scheurvorming van kleigronden

In Figuur 4 werd gewerkt met een kleigrond waarvan de krimpgrens ongeveer 11% bedraagt bij een relatieve luchtvochtigheid van 17%.

Het scheurnetwerk vertoont vooral drie polygonalen: driehoeken, vooral vierhoeken en vijfhoeken. Het is interessant om op te merken dat de scheurvorming startte terwijl het monster nog verzadigd was. Er treden veel scheuren op terwijl het watergehalte lineair met de tijd afneemt. Wanneer het watergehalte van het monster de relatieve luchtvochtigheid van de omgeving benadert treden er opmerkelijk minder scheuren op. Tot slot benadert het watergehalte van de kleigrond de krimpgrens, hierna treden er geen nieuwe scheuren meer op. Onder de krimpgrens is er geen verschil meer te zien in het scheurpatroon. De gemiddelde breedte van de scheuren vergroot dan ook niet meer, de klei heeft immers de vaste toestand bereikt. Het aantal cycli van zwellen en krimpen van klei heeft ook een invloed op het scheurpatroon. Wanneer meerdere cycli achter de rug zijn zal de klei een fijner scheurpatroon vertonen [6].

Bij het drogen van een kleilaag gebeurt het volgende. Een verzadigde kleilaag wordt blootgesteld aan open droogcondities, water aan het oppervlak zal verdampen. In de eerste periode zal het verdampte water niet voor spanningen zorgen, dit is te zien in Figuur 5(a) [6]. Wanneer het water-lucht interface de kleideeltjes bereikt zal er een meniscus ontstaan tussen de kleideeltjes. Capillaire zuigkrachten zullen bovenaan de laag optreden zoals visueel duidelijk wordt in (b) en (c). Wanneer het water verder verdampt zal de meniscus lager komen te liggen wat zorgt voor een grotere capillaire spanning en een grotere effectieve korrelspanning, zoals in (d). Met als gevolg dat de klei krimpt en consolideert, daarbij treedt scheurvorming op doordat de treksterkte van de kleilaag wordt overschreden door de trekspanningen geïnduceerd door de capillaire zuigkrachten. Dit wordt weergegeven in (e).



Figuur 5: Voorstelling van de capillaire zuigwerking in kleigronden en de optredende spanningen

Uit studies blijkt dat er twee soorten scheuren zijn, namelijk de scheuren die optreden tijdens het lineair afnemen van het watergehalte en scheuren die optreden daarna tot de krimpgrens. 90% van alle scheuren treden op in de fase waar het watergehalte van de klei lineair afneemt, volgens andere studies komt die dichtbij 100% [6]. De scheurvorming komt voor terwijl de kleigrond nog water bevat.

In kleigronden zijn twee soorten holtes aanwezig: inter-lump poriën en intra-lump poriën. Inter-lump poriën zijn de holtes geassocieerd met het micro-netwerk van de kleideeltjes. Inter-lump holtes staan weinig in verband met het zwel- en krimpvermogen van een klei. Intra-lump holtes hebben wel invloed op het zwel- en krimpvermogen van een kleilaag. Dit omdat het zwel- en krimpvermogen minimaal te maken heeft met toevoegen of onttrekken van water in de kleideeltjes en vooral te maken heeft met het toevoegen of onttrekken van water tussen de kleideeltjes [7].

Wanneer krimp optreedt in kleilagen dan treedt die vooral verticaal op, horizontaal is er ook een insnoering waar te nemen maar het volumekrimpen van een kleilaag is vooral te wijten aan de verticale volumevermindering [2] [4]. Het overgrote deel van de totale volumevermindering treedt op nog voor er scheurvorming heeft plaatsgevonden. Zettingen in kleilagen kunnen voorkomen vooraleer er scheuren in de klei waar te nemen zijn [6].

De hoeveelheid van betoniet heeft direct invloed op het krimpvermogen en het scheurgedrag van een betoniet-zandmengsel. Betoniet is een kleisoort met een groot zwelvermogen en daarom dus ook een groot krimpvermogen. Het heeft een vloeigrens van 5, wat erg hoog is [1]. Des te meer bentoniet aanwezig is in het mengsel, des te meer zal het krimpen bij droging en des te meer zal de laag zwellen bij herbevochtiging [6].

Algemeen gesteld kan er vanuit gegaan worden dat kleigronden met een hoge vloeigrens zeer plastisch gedrag vertonen bij veel verschillende watergehaltes [5]. Die plastische gronden hebben dan ook een groter zwel- en krimpvermogen [5] [8]. De CEC of de cation exchange capacity kan gebruikt worden om de mineralogische samenstelling van de klei te bepalen. Een hoge waarde geeft aan dat de klei fel kan zwellen zoals montmorilloniet. Een lage waarde hoort bij een niet-expansieve klei zoals typisch het geval is bij kaoliniet [8].

6.1.4 Silt

Silt of leem heeft gelijkaardige eigenschappen aan die van klei. Een gehalte van 30 tot 40% van klei is al voldoende om een grond eigenschappen van klei te geven zoals plasticiteit, kleine doorlatendheid, zwel- en krimpvermogen [1]. De ordegrootte van de doorlatendheid van een leemgrond wordt in Tabel 4 aangeduid [1].

Soort grond	Korrelgrootte	Doorlatendheid k
Fijn silt	2 μ m – 6 μ m	10 ⁻⁹ m/s - 10 ⁻⁸ m/s
Medium silt	6 μ m – 20 μ m	10 ⁻⁸ m/s - 10 ⁻⁷ m/s
Grof silt	20 μ m – 60 μ m	10 ⁻⁷ m/s - 10 ⁻⁶ m/s

Tabel 4

6.2 Oorzaken gecorreleerd aan de ondergrond

Wanneer we kijken naar de oorzaken van water-insijpeling in kelders als gevolg van een bronbemaling, dan moet er eerst een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen een waterdichte kelder en een niet-waterdichte kelder voor de bemalingswerken.

Een kelder die voor de bronbemaling waterdicht is uitgevoerd kan enkel water-insijpeling vertonen wanneer die kelder schade heeft opgelopen ten gevolge van de bronbemaling. Differentiële zettingen zijn het gevolg van bemalingswerken en zijn van dergelijke grootte dat de bijhorende spanningen die in de kelder optreden te groot zijn en dus zorgen voor scheuren en barsten in de kelder. Op dat moment is er geen sprake meer van een waterdichte kelder aangezien het water na de bemalingswerken via deze openingen naar binnen kan stromen als het waterniveau tot deze hoogte zou staan.

Daarnaast kan een kelder voor de bronbemaling niet-waterdicht zijn en kunnen er meerdere oorzaken van water-insijpeling zijn. Ten eerste kunnen ook hier differentiële zettingen die het gevolg zijn van een bronbemaling aanleiding geven tot scheurvorming in de kelder waardoor er een voorkeursrichting gecreëerd wordt. In dit geval heeft men voor de bemalingswerken dan ook al te maken gehad met water-insijpeling en heeft de bronbemaling dan enkel een voorkeursrichting gecreëerd voor het water. Ten tweede kan er een hoger waterniveau zijn opgetreden dan voor de bronbemaling. Dit komt voor bij rioleringswerken waarbij de drainerende werking van de oude riolering weg valt en de nieuwe riolering geen drainerende werking heeft. Hierdoor kan het grondwater tot boven deze rioleringsbuis stijgen en kan het de niet-waterdichte kelders bereiken waardoor er in die kelders water kan insijpelen.

Een derde oorzaak voor niet-waterdicht uitgevoerde kelders die we onderzoeken is of er ten gevolge van de bronbemaling in de grond een macroporositeit is ontstaan.

Hierdoor zou het water zich in de grond mogelijk gemakkelijker kunnen verplaatsen en zo een weg vinden tot bij de niet-waterdicht uitgevoerde kelders.

6.2.1 Differentiële zettingen

Spanningen in grond worden gedragen door 3 elementen: de korrels, het water en de lucht. De spanningen die door de lucht in de grond worden opgenomen kunnen worden verwaarloosd. Dit wordt weergegeven in Vergelijking 5.

$$\sigma_t = \sigma_k + \sigma_w + \sigma_l \approx \sigma_k + \sigma_w$$

Vergelijking 5

Het verhogen van de boven-belasting of het toepassen van een bronbemaling geeft altijd aanleiding tot zettingen. Zettingen komen voor omdat de belasting die het korrelskelet moet opnemen via contactspanningen verhoogt. Die contactspanning bestaat uit normaalspanning en afschuifspanning. Bij een bronbemaling wordt het water tussen de korrels onttrokken, mits de doorlatendheid dit toe laat. Daardoor zal de waterdruk die een gedeelte van de belasting draagt wegvallen en zal de belasting op het korrelskelet stijgen [1] [2].

Wanneer de afschuifspanning te groot wordt dan zullen de korrels over elkaar glijden tot een nieuwe evenwichtstoestand bereikt wordt omdat het aantal contactpunten vergroot [5]. Hierdoor gaat het poriënvolume verkleinen als de doorlatendheid van de grond dit toe laat. De korrelspanning stijgt dus waardoor zettingen in de grond kunnen ontstaan die op hun beurt spanningen in kelders doen ontstaan. Deze kelders zijn niet gewapend voor zulke zettingen en zullen dus barsten en scheuren vertonen waarlangs nadien water kan insijpelen.

Daarnaast is er ook nog het hogere effectieve volumegewicht dat in rekening moet gebracht worden. Een ondergedompelde grond zal ten gevolge van de Archimedeskracht een opwaartse kracht ondervinden, deze is gelijk aan het gewicht van de ingenomen volume water [1]. Hierdoor heeft de grond een schijnbaar gewicht van ongeveer 10kN/m³. Zoals in 6.1 al werd aangehaald heeft grond een drooggewicht van ongeveer 16kN/m³. Ten gevolge van een bronbemaling zal het effectieve volumegewicht stijgen van 10kN/m³ naar 16kN/m³ wat dus aanleiding geeft op een verdichting van de grondstructuur en zo dus zettingen veroorzaakt, die op hun beurt spanningen in de kelder veroorzaken en tot slot mede de oorzaak zijn van de water-insijpeling nadien.

Wanneer de omgeving overal gelijkmatig zakt, dan zal dit geen spanningen kunnen veroorzaken op kelders. Een bronbemaling daarentegen zorgt voor differentiële oftewel ongelijkmatige zettingen. Deze zettingen kunnen berekend worden met de formule van Terzaghi (Vergelijking 6) [1] [2].

$$z = \sum_i \frac{dh_i}{C_i} \cdot \ln \left(\frac{p_i + \Delta p_i}{p_i} \right)$$

Vergelijking 6

Waarbij

- z = de theoretisch verwachte zetting van de lagenopbouw;
- dh_i = de dikte van laag i;
- C_i = de samendrukkingsconstante van laag i;
- p_i = de oorspronkelijke korrelspanning in het midden van laag i;
- Δp_i = de korrelspanningstoename in het midden van laag i.

De samendrukkingsconstante C_i kan berekend worden volgens Vergelijking 7 [1] [2], de richtlijn van het WTCB over bemalingen geeft richtwaarden voor α in bijlage D [9]. Voor zettingsberekeningen ten gevolge van bemalingen voor niet-veen houdende grondlagen mag een waarde van 3 beschouwd worden [9].

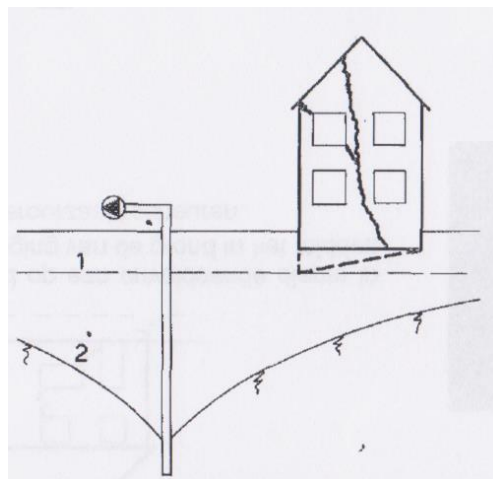
$$C_i = \alpha \cdot \frac{q_c}{p_i}$$

Vergelijking 7

Een voorbeeldberekening van een zetting ten gevolge van een grondwaterverlaging kan worden terug gevonden in Bijlage 1: Voorbeeld zettingsberekening.

Differentiële zettingen zijn niet te vermijden (behalve met een retourbemaling), maar ze mogen optreden mits ze binnen toelaatbare richtwaardes blijven. De richtwaardes voor toelaatbare absolute zettingen en toelaatbare differentiële zettingen worden door het WTCB in het Technisch Verslag 147 [9]. In de praktijk worden de toelaatbare absolute zettingen tot 2cm beperkt en de toelaatbare differentiële zettingen tot de lengte tussen de steunpunten in centimeter gedeeld door 500 [2].

Doordat er een differentiële zetting optreedt wilt het gebouw een relatieve rotatie ondergaan, hierdoor zullen er spanningen in de kelder voorkomen waar die niet voor berekend is. Te grote spanningen leiden tot scheuren in de wanden en/of vloerplaten.



Figuur 6: Schets van scheurvorming door differentiële zettingen ten gevolge van een bronbemaling

Differentiële zettingen kunnen optreden in elke soort ondergrond. Bij bemalingen in zandgronden en grindgronden treden de zettingen bijna onmiddellijk op [10]. Leemgronden en kleigronden zijn moeilijk tot niet bemaalbaar, hierbij gaat men door tot een dieper gelegen laag die wél goed waterdoorlatend is. Omwille van de grote debieten die men behaalt bij bronbemalingen in grindgronden worden grindgronden daarom niet bemaald. Klei- en leem gronden zijn moeilijker te bemalen, daarom zal men een bemaling plaatsen in een dieper gelegen en beter bemaalbare laag zoals een zandlaag waardoor het grondwater in de bovengelegen (klei)lagen gravitair kan uitzakken [10]. Hierdoor ontstaan er alsnog zettingen in klei- en leemgronden ten gevolge van een bronbemaling. Die zettingen geven op hun beurt dan aanleiding tot spanningen in de kelders, waarvoor ze niet gewapend zijn en zullen daardoor scheuren. Langs deze scheuren kan het water vrij de kelder binnenstromen nadat de bronbemaling wordt weggehaald.

6.2.2 Zwellen en krimpen van klei

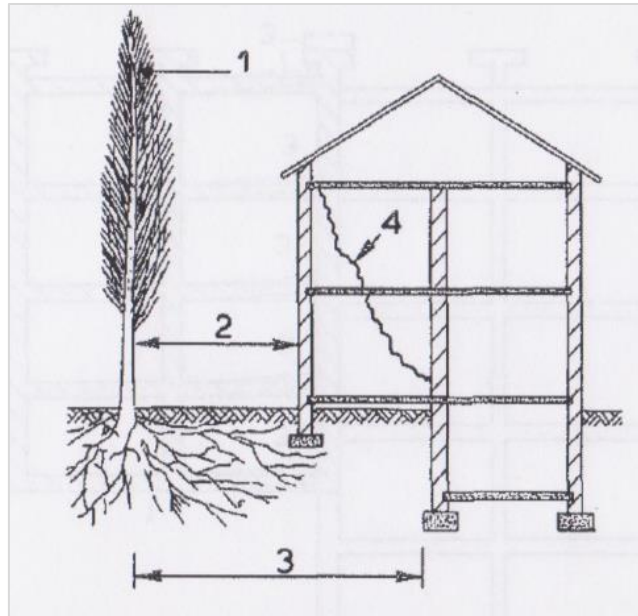
Het zwellen of krimpen van kleilagen kan ook aanleiding geven tot spanningen in kelders, waardoor er scheuren in de kelders kunnen ontstaan. Langs deze scheuren kan water dan naar binnen stromen wanneer het waterniveau terug de kelder bereikt. Een voorwaarde om zulke grote volumeveranderingen in kleilagen te krijgen is dat de klei voldoende uitgedroogd wordt, dit zijn we vaak terugkomen bij oude bomen die in kleilagen staan en het water uit deze laag onttrekken waardoor ze kan krimpen [11].

Enkel fijnkorrelige gronden zoals klei en leem kunnen van structuur veranderen ten gevolge van volledige uitdroging. Dit wilt zeggen uitdroging waarbij het vochtgehalte lager dan de krimpgrens komt te liggen. De krimpgrens is de overgang van een brokkelige naar een starre, vaste structuur, dit gaat over zeer lage vochtgehaltes. Indien de grond zo droog komt te staan zal de grond krimpen en krimp-scheuren vertonen, in een kleigrond zorgt die voor een scheurpatroon dat vooraf werd besproken.

Huizen die ondiep gefundeerd zijn in kleilagen en waar er dicht tegen de huizen diepgewortelde bomen staan kunnen ook last krijgen van water-insijpeling in de kelder [2]. Grote bomen hebben diepe wortels en kunnen het watergehalte in de bovenste meters van de grondlaag significant beïnvloeden. Hoe ouder de boom des te groter de impact op het watergehalte [11] [12] [13]. Tijdens hete zomers waarbij de kleigrond gedurende enkele weken onder extreme bezonning staat en waarbij de bomen de grond dusdanig leegzuigen kan de kleigrond krimpen met bijkomende gevolgen van dien. Een volwassen boom kan wel tot 500 liter water per dag uit de grond onttrekken [2].

Daarnaast is ook het fenomeen van boomwortels die directe en indirecte schade kunnen verrichten aan constructies. Directe schade wilt zeggen dat de wortels een deel van de constructie omhoog duwen of zorgen voor een verstoring van de fundering [2].

In Figuur 7 [2] wordt er een voorbeeld gegeven hoe er schade kan optreden ten gevolge van het krimpen van een kleigrond. De wortels van de boom kunnen de kleigrond onder de ondiepe fundering uitdrogen. Samen met bezonning kunnen lage vochtgehaltes behaald worden waardoor er een grote volumevermindering plaats vindt. Deze volumevermindering uit zich vooral in een verticale verplaatsing [4], dit heeft een differentiële zetting tot gevolg. Differentiële zettingen geven op hun beurt dan weer aanleiding tot spanningen in de kelder, dit van dusdanige grootte zijn dat er scheuren in de kelder kunnen optreden waarlangs water kan insijpelen in de kelder.



Figuur 7: Invloed van bomen

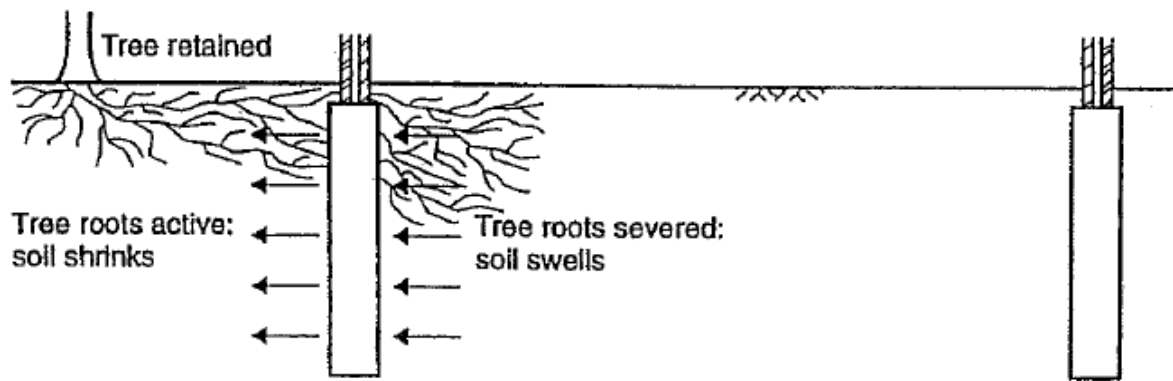
Dit fenomeen is vooral merkbaar aan de zuidkant van constructies omdat de bezonning daar het meest intensief is. Het zwellen en krimpen van klei kan worden geschat aan de hand van de samendrukbaarheid van een verzadigde kleilaag. De Poisson-coëfficiënt geeft de mate van uitzetting weer in de twee andere dimensies wanneer er in de derde dimensie een drukkracht wordt aangebracht. Als men een Poisson-coëfficiënt aanneemt van 0,2 en een lage verdroging van de grond aannemen dan kan men de volumeverandering berekenen aan de hand van Vergelijking 8 [11].

$$\Delta V = \frac{\rho_s \cdot (w_0 - w_d)}{(1 + \rho_s \cdot w_d)}$$

Vergelijking 8

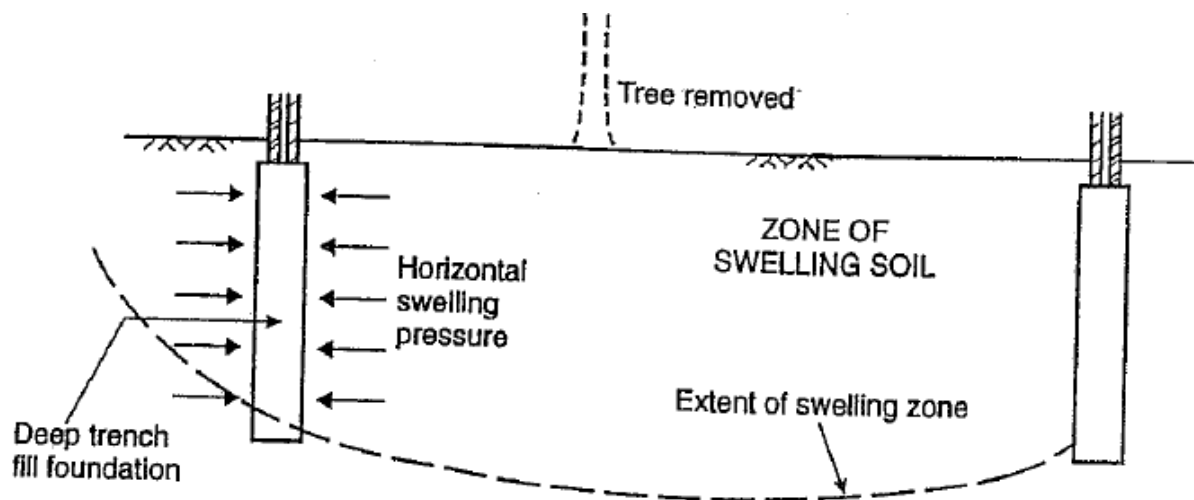
In Vergelijking 8 is ρ_s gelijk aan de dichtheid van de grond, w_0 gelijk aan het watergehalte van de grond en w_d het watergehalte van de gedroogde grond.

Daarnaast zijn er de probleemgevallen wanneer een fundering wordt aangelegd in de nabijheid van een grote boom. De fundering zal sommige wortels van de boom onderbreken waardoor die wortels afsterven en de klei niet langer uitdrogen. Hierdoor zal de klei beginnen zwellen onder de constructie en zal schadebeelden veroorzaken. Dit is duidelijk te zien in Figuur 8 [11]. In Figuur 8 is gebruik gemaakt van een paalfundering, omdat de grond zwelt zal er een horizontale belasting tegen de paalfundering komen. Paalfunderingen die niet gewapend zijn omdat ze toch alleen op axiale druk worden belast zullen ten gevolge van het buigmoment scheuren kunnen vertonen. Dit is natuurlijk nefast voor het draagvermogen [2].



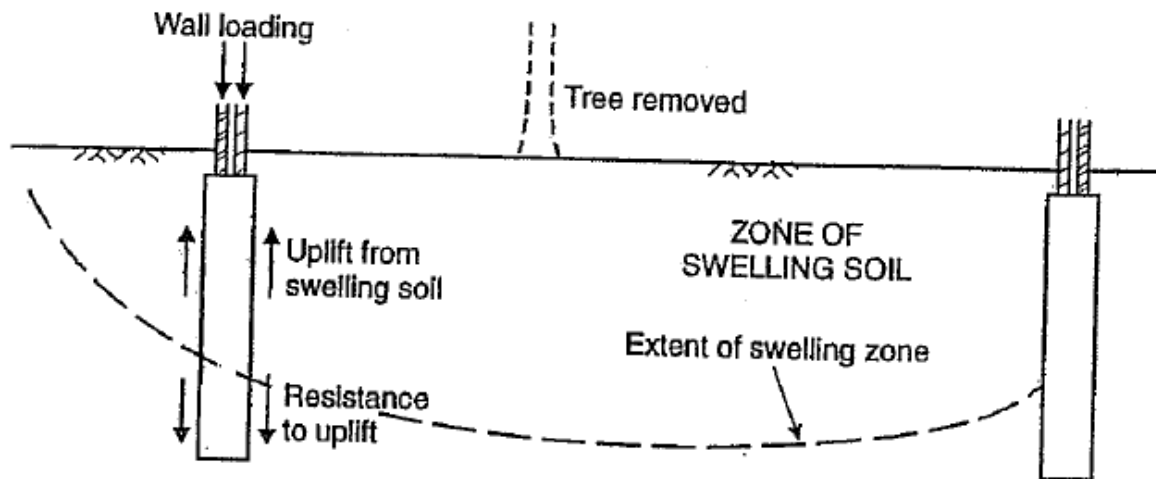
Figuur 8: Boomwortels die onderbroken worden door het maken van een fundering

Een ander probleem geval is wanneer de boom omgekapt wordt, dan wordt er ineens geen water meer aan de kleigrond onttrokken en zal deze terug beginnen zwellen. Dit zorgt voor een horizontale druk op de fundering en een verticale druk op de vloerplaat als deze op de grond aansluit. Het schadebeeld door de horizontale druk op de fundering zal een grotere impact hebben naarmate de fundering dieper in de grond ligt. Figuur 9 illustreert dit fenomeen waarbij de sleuffundering horizontale belastingen moet verwerken omdat de grond tussen de sleuffunderingen zwelt [11].



Figuur 9: Horizontale drukken door zwellende klei ten gevolge van het verwijderen van een boom

In Figuur 9 is de invloedzone van de zwellende klei groot genoeg of is de fundering niet diep genoeg om buiten deze invloedzone van de zwellende klei te komen. Mocht dit wel gebeuren dan kan door de zwelling van de klei een positieve kleef ontstaat, zoals dit ook het geval is bij paalfunderingen. In Figuur 10 wordt deze situatie getoond [11]. Hierbij heeft de linkse paal meer weerstand te bieden tegen de muurbelasting dan de rechtse paal.



Figuur 10: Opwaartse krachten op paalfunderingen door een zwellende grond

Om schadegevallen van krimpen en zwellen van klei ten gevolge van diepgewortelde bomen te voorkomen wordt er aangeraden om een afstand tussen de constructie en de boom te behouden van minstens 1 maal tot 1,5 maal de hoogte van de volwassen boom. Voor bomen die minder waterbehoefte hebben kan deze afstand beperkt worden tot de helft van de volwassen hoogte [12] [11].

Met klassieke bemaling is het bijna onmogelijk om watergehaltes zo laag als de krimpgrens te halen. Stel dat dit in extreme omstandigheden, zoals in de nabijheid van diepgewortelde bomen en lange bezonningstijd in een lange regenloze periode toch mogelijk is. In zo'n omstandigheden kan mogelijk de krimpgrens bereikt worden waardoor scheurvorming in de grond mogelijk is. Dit heeft in principe weinig met de bronbemaling te maken aangezien de bronbemaling slechts een van de factoren is die de verdroging van de grond mogelijk maakt. Er wordt eerder gekeken naar de invloed van de diepgewortelde bomen die tot zelfs 2000 liter water per dag uit de grond kunnen halen [2].

Als verder wordt gegaan op deze redenering kan de krimpgrens mogelijk bereikt worden, al is het in zeer uitzonderlijke omstandigheden. In dit geval treden scheuren in de grond op, maar deze moeten ook onderling in verbinding staan om een soort van pad tot de kelderwand te vormen. Ten tweede moeten deze scheuren ook open kunnen blijven staan en dit terwijl de gronddeeltjes meer belasting moeten opnemen omdat de waterspanning weg valt, waardoor een zetting wordt veroorzaakt. Hierdoor is het dus weinig waarschijnlijk dat de scheuren in de grond open en verbonden zullen blijven [6]. Ten derde moet de kelderwand in kwestie ook nog eens niet-waterdicht zijn uitgevoerd. Dit is niet snel het geval aangezien kelders in kleigronden waterdicht worden uitgevoerd omdat er toch altijd een zeker debiet wordt verwacht, al is dit zeer laag bijvoorbeeld 20 liter per dag in de hele kelder.

Ten vierde moeten de scheuren open blijven staan en verbonden blijven tot aan de kelderwand wanneer het grondwaterniveau terug stijgt wanneer de bronbemaling wordt afgezet. De klei gaat immers over van de harde, brokkelige toestand over naar de semi-vaste en naar de plastische toestand.

Tot slot moet er rekening mee gehouden worden dat ten gevolge van de uitdroging van de kleigrond er zich een zetting heeft voorgedaan [2]. Er kan dus besloten worden dat ten gevolge van bronbemaling in zeer uitzonderlijke omstandigheden scheurvorming in de grond kan voordoen. Nadat de bemalingsinstallatie wordt weggenomen stijgt het grondwater weer. Zelfs in deze omstandigheden is het onwaarschijnlijk dat er grondwater langsheen deze scheuren in de grond sneller tot aan de kelderwand geraakt. Bijkomend moet deze kelderwand dan ook nog eens niet-waterdicht zijn uitgevoerd.

In de theorie komt dit fenomeen in zeer uitzonderlijke omstandigheden voor en is het onwaarschijnlijk maar mogelijk. In vergelijking met de praktijk is er een groot verschil waar te nemen. Verdroging van de grond zal een zetting tot gevolg hebben, deze zetting is groter bij kleigronden dan bij bijvoorbeeld zandgronden. Deze zetting zal eerder optreden dan dat de krimpgrens wordt bereikt. Er kan besloten worden dat de zettingen die optreden ten gevolge van de verdroging veel meer invloed hebben op de water-insijpeling in kelders dan de macroporositeit die ontstaat in de grond. Zettingen treden eerder op en zullen eerder voor schade zorgen.

6.2.3 Inklinken van veenlagen

Huizen op veengronden worden vaak op palen gefundeerd, bij een bronbemaling zullen grote zettingen ontstaan en zal de grond aan de palen gaan hangen, dit is wat men negatieve kleeft noemt [10]. De volumevermindering of het inklinken van veenlagen kan zeker een oorzaak zijn van scheurvorming in kelders ten gevolge van bronbemaling.

Veengronden of turfgronden zijn ontstaan door organisch materiaal zoals planten, bomen, dieren,... dat vergaan en gehumificeerd is. Dit heeft als gevolg dat veenlagen tot wel 80% uit water kunnen bestaan en 20% organisch materiaal. Wanneer men gaat bemalen in een veenlaag dan gaat men 80% van het volume wegnemen waardoor heel grote zettingen in orde decimeters kunnen optreden. Daarnaast zal zuurstof een oxidatie reactie kunnen ondergaan met het organisch materiaal waardoor nog een extra volumevermindering plaats vindt [10].

Op Figuur 11 wordt een bunker van de tweede wereldoorlog getoond, die op palen is gefundeerd omdat er veengrond aanwezig is. Destijds stond de grond ter hoogte van het aanzetpijl van de vloer, na een grondwaterverlaging is de grond met meer dan een meter gezakt [14].



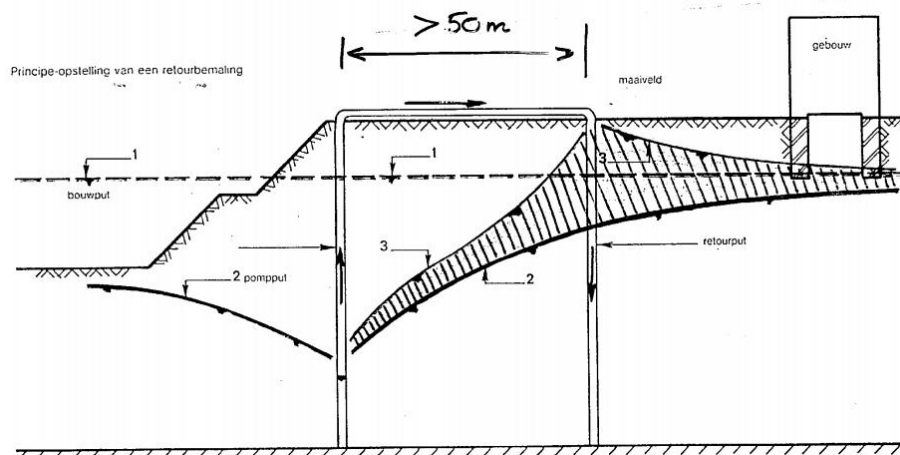
Figuur 11: Bunker in een veenrijk gebied gefundeerd op palen in de Tweede Wereldoorlog

6.2.4 Retourbemaling

Retourbemaling wordt vaak door besturen opgelegd omdat men geen schade wilt veroorzaken ten gevolge van een lagere grondwatertafel. Retourbemaling brengt het water terug in de grond op een afstand buiten de bouwput.

Als men vlak langs de bouwput een infiltratieput boort en daar infiltreert dan daar plaatselijk een hoger grondwaterniveau dan origineel het geval was te merken zijn. Meestal wordt er niet vlak langs de bouwput geïnjecteerd omdat de grondkerende constructie een extra kracht te verwerken krijgt [2]. Grondwater geeft een horizontale druk op de grondkerende constructie waardoor deze dikker moet gedimensioneerd worden.

Men kiest algemeen een afstand om te infiltreren in de grond die 10 keer zo groot is als de verlaging van de grondwatertafel. Wanneer het grondwater 5m wordt verlaagd, dan zal het water op een afstand groter dan 50m terug in de grond gebracht worden [2]. Op Figuur 12 [2] is duidelijk te zien hoe er plaatselijk een hogere grondwaterstand mogelijk is door retourbemaling toe te passen.



Figuur 12: Hoger grondwaterniveau ten gevolge van retourbemaling

Vaak staat het waterniveau ter plaatse van deze infiltratieputten tot aan het maaiveld. Dit hoeft niet altijd zo te zijn, maar door de hoogte van de waterkolom in de infiltratieput zal de druk van het water ervoor zorgen dat het water tussen de gronddeeltjes wordt geperst.

Wanneer er in de buurt kelders niet waterdicht zijn uitgevoerd omdat het grondwater toch nooit zo hoog als het kelderniveau zou staan. Dan kan nu, omwille van retourbemaling, toch water in de kelder voorkomen omdat er plaatselijk een hoger grondwaterniveau is gecreëerd. Soms gebeurt dit ook bij niet-waterdichte kelders en stroomt het water binnen via een slechte afwerking van de binnenkomende nutsleidingen.

6.2.5 Het vernieuwen van oude riolering

Het is algemeen geweten dat de riolering van de jaren 1950-1960 een drainerende werking heeft. De plaatsing van de rioleringsbuizen werd niet met de grootste precisie bekeken. Hierdoor liggen buizen een beetje scheef in het verlengde van elkaar waardoor er spleten en kieren zijn die grondwater toelaten in te sijpelen in de rioleringsbuis.

Vandaag de dag is het belangrijk dat de betonbuizen 100% recht liggen want de riolering mag niet meer drainerend werken. Er worden waterdichtheidsproeven uitgevoerd waarbij het ene deel van de riolering wordt afgesloten met rubberen dichtingen en vervolgens wordt deze sectie gevuld met water. Enkele uren later mag het waterniveau in dit afgesloten stuk riolering maar binnen een bepaalde marge gezakt zijn. Als dit niet het geval is, dan moet het stuk opnieuw aangelegd worden of moet men andere oplossingen zoeken om de buizen terug waterdicht te krijgen.

Daarnaast voeren ze ook een visuele inspectie uit met camera's die doorheen de riolering gevoerd worden om zo een visuele waarneming te doen hoe de rioleringswerken zijn uitgevoerd. Dus is het ten gevolge van een nieuwe riolering mogelijk voor het grondwater om tot boven het niveau van de rioolbuis uit te komen en is de kans reëel dat het grondwaterniveau tot boven het kelderniveau uit komt. Daardoor kan er kelder-insijpeling ontstaan in niet-waterdichte kelders. Dit is een frequent voorkomend probleem waarbij er onenigheid is over de oorzaak van de water-insijpeling in kelders, dit heeft vaak lange juridische gevolgen.

6.3 Case studies

6.3.1 Audi-fabriek te Vorst

De gemeente Vorst kampt al tientallen jaren met overstromingen. Dit probleem kent oorzaken verspreid in verschillende vakgebieden, zoals bijvoorbeeld in klimatologische context, stedenbouwkundige context, technische context, enzovoort. De gevolgen van zulke overstromingen zijn onder andere ondergelopen kelders, modderstromen en andere schade [15].

In de laatste eeuw is de totale oppervlakte van verharding fors toegenomen waardoor het regenwater minder oppervlakte heeft om in te kunnen infiltreren. Hierdoor kwam het rioleringssysteem meer onder druk te staan, het moest als maar meer regenwater afvoeren in functie van de tijd. De gemeente Vorst was het eens dat het merendeel van de overstromingen gevolg waren van verzadigde collectoren [15].

Bij gebrek aan gescheiden riolering kwam er in de rioolwaterzuiveringsinstallaties sterk verdund rioolwater toe. Anderzijds werd ook het grondwaterniveau beïnvloed door de toenemende oppervlakteverharding. Het infiltrerende regenwater voedde de grondwatertafel [15].

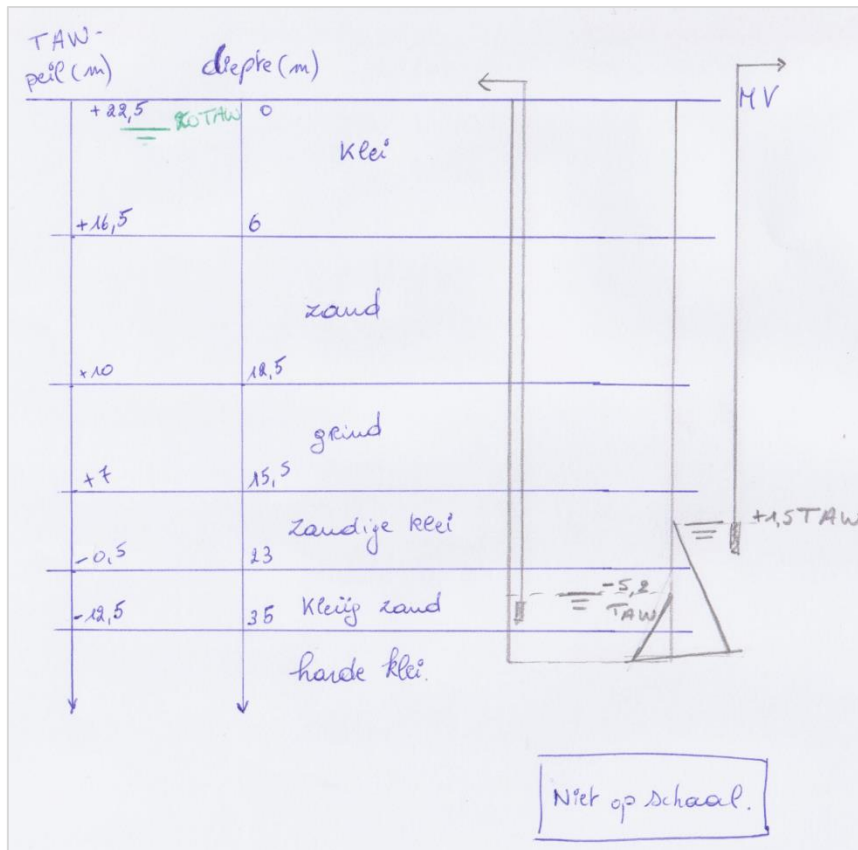
Om de uitbreiding van het aantal rioolwaterzuiveringsstations te voorkomen en de grondwatertafel opnieuw te voeden werd er gekozen voor een spaarbekken aan te leggen. Dit is momenteel een onder de weg en is gelegen spaarbekken [3].



Figuur 13: Google Earth foto van 2012 van het spaarbekken toen het nog niet onder de weenis lag

Eind 2008 werd er in Vorst gestart met de aanleg van het spaarbekken, te zien in Figuur 13. De uitgraving van dit spaarbekken werd uitgevoerd tussen twee muren van diepe slibwanden. Om in den droge te kunnen werken werd een bemalingsinstallatie voorzien tussen de slibwanden en buiten de slibwanden.

Op basis van sonderingen heeft men de opbouw van de grondlagen kunnen onderscheiden. Deze zijn visueel weergegeven in Figuur 14.



Figuur 14: Grondopbouw en beschoeiing

Het grondwaterniveau voor de werken van start waren gegaan werd via peilbuismetingen bepaald. Ter hoogte van de werf lag het grondwater op een hoogte van 20mTAW. Dit is 2,5m onder het maaiveld. De slibwanden werden voorzien een lengte te hebben van 36m.

De werken begonnen half oktober 2008, er werd een bronbemaling met filters voorzien tussen de slibwanden waarbij het grondwaterniveau werd verlaagd tot -5,2mTAW. Buiten de slibwanden werd het grondwaterniveau verlaagd tot +1,5mTAW, dit gebeurde ook met behulp van dieptebronnen. Langs de buitenzijde werd er een filterbemaling voorzien om de horizontale waterdruk tegen de slibwanden te verminderen. Ook de opwaartse hydraulische druk werd hierdoor verminderd.

Een kleine berekening toont aan dat dit evenwicht net niet voldoet wanneer uitgegraven wordt tot -5,2mTAW, te zien in Figuur 15. De neerwaartse druk van het gewicht van de grond moet groter zijn dan de opwaartse hydraulische druk van het grondwater. Typisch wordt hier een veiligheidsfactor 1,15 op genomen. Uit Vergelijking 9 blijkt dat deze veiligheidsfactor net niet werd bereikt.

$$\frac{(36m - 22,5m - 5,2m) \cdot 20kN/m^3}{(36m - 22,5m + 1,5m) \cdot 10kN/m^3} = 1,11 \leq 1,15$$

Vergelijking 9



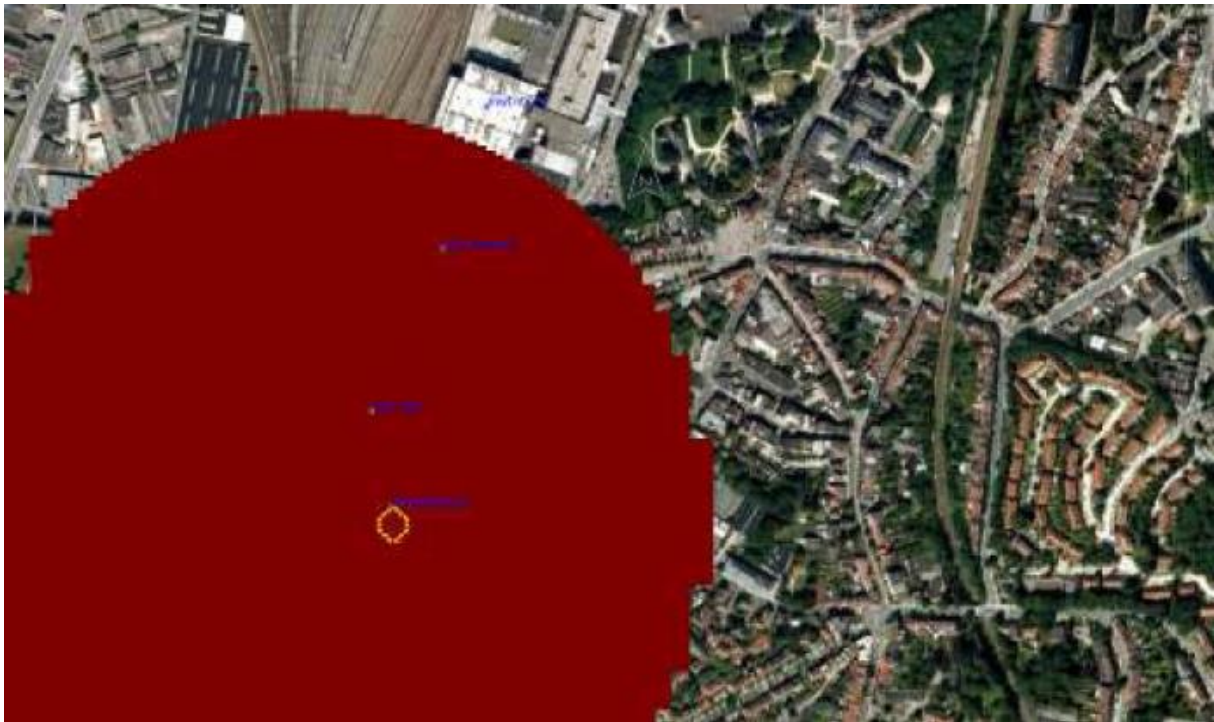
Figuur 15: Waterniveaus binnen en buiten de beschoeiing

Tegen half december 2008 werd duidelijk dat de slibwanden niet volledig sluitend waren op een bepaalde diepte. Er sijpelde water en gronddeeltjes via deze spleet in de bouwput. Ten tweede barstte de bouwput op omdat de druk onder de harde kleilaag groter werd dan de neerwaartse druk van het eigengewicht van de grond in de bouwput. Hierdoor moest de bouwput volledig gevuld worden met water uit de Zenne en werden de bemalingen stop gezet.

Eind juni 2009 werd besloten een beperkte bemaling uit te voeren zowel binnen als buiten de slibwanden tot een niveau van +10mTAW. Dit niveau werd aangehouden tot eind oktober 2009. Gedurende deze periode van 5 maanden kon de slibwand hersteld worden.

In de periode van oktober 2009 tot juni 2010 werd een diepe bemaling tot een niveau van -7mTAW uitgevoerd zowel tussen als buiten de slibwanden. Deze bemaling was veel dieper dan het initieel voorziene +1,5mTAW.

Door deze lange bemalingsperiode en de diepe ontwatering ontstonden zettingen in de alluviale kleiige afzettingen en differentiële zettingen onder de gebouwen op de productiesite van Audi. Deze differentiële zettingen hadden als gevolg dat er scheuren in de muren en vloeren ontstonden in de productieafdeling van de autofabrikant Audi. In Figuur 15 is in het rood de zone aangeduid waarbij de bovenste kleilaag volledig ontwaterd was tijdens deze diepe bemaling.



Figuur 16: Invloedszone grondwaterverontreiniging

Om verdere negatieve evolutie van de schade te voorkomen werd er in juni 2010 gekozen om rond de gebouwen van Audi een retourbemaling aan te brengen. Zo konden er geen verdere differentiële zettingen optreden. Dit had wel als gevolg dat twee grote verontreinigde gebieden zich konden uitbreiden, zoals te zien in Figuur 16.

In deze case study komt het fenomeen van differentiële zettingen kijken. Een diepe bemaling, een grondwaterverlaging van 27m, heeft gezorgd voor zettingen in de omgeving. De Audifabriek die op 80m van de bemalingsinstallatie stond heeft omwille van zijn grote lengte grote differentiële zettingen gekend. Hierdoor zijn er scheuren en barsten ontstaan in de muren en vloerplaten van de fabrikant.

6.3.2 Wijk Lenaerts te Diepenbeek

Het is een algemeen verschijnsel dat bij de aanleg van een nieuwe, waterdichte riolering het grondwaterpeil stijgt in de directe omgeving van deze rioleringswerken. De oude buizen die worden opgebroken, zijn in slechte staat en fungeren in feite als drainagebuizen. Het grondwater sijpelt via deze lekke buizen naar binnen en alzo wordt het naar de rioolwaterzuiveringsinstallaties afgevoerd. Het direct gevolg hiervan is dat de grondwatertafel daalt en niet tot boven de oude rioleringsbuis kan stijgen. Ten tweede wordt het rioolwater sterk verdund aangezien het gemengd wordt met grondwater. Door dit laatste feit gaat het rendement van de rioolwaterzuiveringsinstallatie naar beneden.

In de wijk Lenaerts te Diepenbeek werd in 2006 een nieuw rioleringsstelsel aangelegd, de oude buizen werden uitgebroken en tevens werd er een bufferbekken aangelegd, een luchtfoto is te zien op Figuur 17. Door deze twee maatregelen kon een beduidende stijging van het grondwaterpeil vastgesteld worden.



Figuur 17: Google Earth foto van het bufferbekken

Het gevolg hierdoor was dat men grondwater-insijpeling kreeg in de kelders van de woningen die in de buurt waren gelegen. Dit ging vooral over woningen in de Wasserijstraat, de Goudvisstraat en de Nachtegaalstraat. De kelders waren op zich niet waterdicht en door de stijging liepen deze gedeeltelijk onder water.

Aanvankelijk werd gedacht dat door de nabijheid van het nieuwe bufferbekken er een hoger waterniveau was ontstaan. Na opmetingen door een landmeter bleek dat het waterpeil in dit bufferbekken 0,5m lager was gelegen dan de onderzijde van de kelders in deze straat. Het was dus onmogelijk dat door dit bufferbekken de oorzaak was van de water-insijpeling in de kelders.

Daarna dacht men dat er mogelijk te grote differentiële zettingen waren ontstaan ten gevolge van de uitgevoerde bronbemaling. Bronbemaling wordt vaak toegepast omdat men in den droge wilt werken, dit komt regelmatig terug bij rioleringswerken. De berekende zettingen moeten kleiner zijn dan de toelaatbare differentiële zettingen.

De richtwaardes voor toelaatbare absolute zettingen en toelaatbare differentiële zettingen worden door het WTCB in het Technisch Verslag 147 gegeven. In de praktijk worden de toelaatbare absolute zettingen tot 2cm beperkt en de toelaatbare differentiële zettingen tot de lengte tussen de steunpunten in centimeter gedeeld door 500. De berekende differentiële zettingen waren kleiner dan de toelaatbare. Samen met het feit dat er geen scheurvorming in de kelders was opgetreden kon bronbemaling als oorzaak uitgesloten worden.

Na het uitvoeren van peilbuismetingen bleek dat het grondwaterniveau effectief hoger lag dan voor de werken werden uitgevoerd. Hierbij werd besloten dat de oude riolering de oorzaak was van de verhoogde watertafel. De oude riolering had een drainerende functie omdat de aansluitingen niet 100% dicht waren. Langs deze openingen kon grondwater insijpelen en werd het afgevoerd naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie. Door de aanleg van gescheiden riolering in gresbuizen en waterdichte betonbuizen viel de drainerende functie van de riolering weg.

Tot slot heeft de gemeente Diepenbeek ervoor gekozen om bij de huizen die last hadden van water-insijpeling in de kelder een horizontale drainageleiding aan te leggen. Dit werd bekomen door een sleuf te graven in de grond, hierin een geotextiel te plaatsen gevuld met grof zand en grof grind. In het midden van dit drainage-bed werd een geperforeerde

horizontale drain geplaatst om het grondwater af te voeren naar de regenwaterafvoerleiding. Hierdoor infiltreerde het grondwater in de drainageleiding en niet meer in de kelders van de Wasserijstraat, de Goudvisstraat en de Nachtegaalstraat.

Een betere oplossing was geweest om de regenwaterafvoerleiding uit te voeren in doorlatende betonbuizen waardoor het drainerend effect niet werd weggenomen. Deze oplossing zou veel economischer zijn geweest en had voor minder overlast gezorgd.

Deze case study is een klassiek voorbeeld van de problematiek die er heerst bij rioleringswerken. Wanneer water-insijpeling in kelders voor komt na de werken zijn afgerond, dan ontstaat er grote discussie over de oorzaak. Meestal wordt de bronbemaalingsinstallatie snel aangeduid omdat er misschien te diep is bemaald geweest met grotere differentiële zettingen tot gevolg.

Vaak is de oorzaak elders te zoeken, de oude vervangen riolering had hoogstwaarschijnlijk een drainerende werking. Dit is algemeen het geval van riolering die aangelegd was tot de jaren 1970.

De nieuwe riolering heeft geen drainerende werking meer waardoor het grondwaterniveau stijgt. Hierdoor kan dit grondwater mogelijk het kelderniveau bereiken. Voor waterdichte kelders geeft dit geen probleem, er komt enkel een extra horizontale waterdruk op de muren te staan. Hier zijn kelders algemeen tegen gewapend dus in dit soort kelders ontstaat geen schade. Niet-waterdichte kelders hebben in dit geval een zeker debiet dat tot in de kelder geraakt.

6.4 Conclusies

In deze thesis wordt onderzocht op welke manier een bronbemaling ervoor kan zorgen dat er water-insijpeling in kelders kan voorkomen. Daarbij worden rioleringswerken onder andere bekeken aangezien hieromtrent regelmatig discussie is over de oorzaak van grondwater-insijpeling in kelders. Er worden vijf oorzaken onderzocht: de differentiële zettingen, het zwellen en krimpen van kleilagen, het inklinken van veenlagen, het gebruik van retourbemaling en het vernieuwen van oude riolering.

Differentiële zettingen of ongelijkmatige zettingen kunnen optreden in elke soort ondergrond. Bij bemalingen in zandgronden treden de zettingen bijna onmiddellijk op. In leemgronden en kleigronden wordt er weinig tot niet bemaald, men bemaalt een dieper gelegen laag die wel goed waterdoorlatend is. Het water in de bovengelegen leemlaag of kleilaag zal gravitair uitzakken, hierdoor kan er alsnog een zetting in de leemlaag of kleilaag ontstaan ten gevolge van bronbemaling.

Wanneer het grondwaterniveau en ook de bijhorende zettingen aan een zijde van de kelder meer wordt verlaagd dan aan de andere zijde, dan spreken we van differentiële zettingen.

Differentiële zettingen geven aanleiding tot een relatieve rotatie van het gebouw, hierdoor ontstaan spanningen in kelder. Wanneer de differentiële zettingen groter worden dan de overspanning gedeeld door 500 dan zullen de spanningen zo groot zijn, waarvoor de kelder niet is gewapend, dat er scheuren of barsten ontstaan.

Nadat de bemaling stop wordt gezet zal het grondwater stijgen. Als het grondwater zo hoog komt te staan dat het deze scheuren en barsten bereikt, dan heeft men last van grondwater-insijpeling in de kelder.

In theorie is het mogelijk om kleigronden zodanig uit te drogen tot de kleigrond de krimpgrens bereikt en scheurt. Hierdoor ontstaat een pad waarlangs het grondwater zich sneller kan verplaatsen en zo de kelderwand kan bereiken. De kelderwand moet in dit geval niet waterdicht zijn uitgevoerd. Het gaat hier in theorie over zeer extreme omstandigheden van bronbemaling samen met diepgewortelde bomen en intense bezonning. Hierdoor kan de krimpgrens bereikt worden. In deze uitzonderlijke omstandigheden moeten de scheuren die in de grond optreden ook nog onderling met elkaar verbonden zijn. Daarnaast mogen de scheuren niet toe vallen door de grotere belasting die op de gronddeeltjes komt te staan. Daarbij komt nog dat de scheuren niet plastisch mogen dicht klappen wanneer het grondwaterniveau terug stijgt na de bemaling.

In praktijk is het echter niet mogelijk om een macroporositeit in de grond te creëren dat ervoor zorgt dat na de bemaling het grondwater gemakkelijker tot bij de kelderwand geraakt en dus water-insijpeling veroorzaakt.

Klassieke bronbemaling kan kleigronden nooit zodanig uitdrogen dat er scheuren ontstaan, die onderling verbonden zijn, die niet dicht klappen, etc. Daarnaast zal de volumevermindering van de klei ten gevolge van de verdroging voor een zetting zorgen.

Deze zetting ten gevolge van verdroging van de grond heeft veel meer invloed op de water-insijpeling in kelders dan de macroporositeit die kan ontstaan in de grond. De zettingen treden eerder op en zullen eerder voor schade zorgen.

Woningen op veengronden zijn meestal op palen gefundeerd. Bij een bronbemaling zullen grote zettingen te verwachten zijn omdat veengronden tot wel 80% water kunnen bevatten. De overige 20% bestaat uit organisch materiaal dat met zuurstof kan oxideren en een nog grotere zetting kan teweeg brengen. Deze grote volumevermindering heeft in het verleden al vaak voor scheuren gezorgd in de kelder en de rest van het gebouw. Langsheen deze scheuren kan het grondwater nadien in de kelder insijpelen.

Een retourbemaling wordt toegepast wanneer men geen zettingen in de omgeving wilt veroorzaken. Het grondwater wordt algemeen op een afstand van de bouwput terug in de grond gebracht. Dit wordt gedaan door middel van infiltratieputten. De afstand van de bouwput is minstens 10 keer zo groot als de verlaging van het grondwater.

Daar waar het grondwater terug in de grond infiltreert kan het water bijna tot aan het maaiveld staan. Plaatselijk wordt er een hogere grondwaterstand waargenomen. Als er in de buurt van deze infiltratieputten niet-waterdichte kelders zijn, dan krijgen die last van water-insijpeling in de kelders.

Tot slot is er nog de oorzaak van het vervangen van oude riolering. Hieromtrent ontstaat vaak discussie als er achteraf water in de kelders staat in de omgeving van de rioleringswerken. Het mag algemeen aangenomen worden dat de riolering van vroeger voor een gedeelte een drainerende werking had. Vroeger werden er geen waterdichtheidsproeven op de riolering uitgevoerd, vandaag de dag wel.

Wanneer de oude drainerende riolering wordt vervangen door een nieuwe riolering, dan zal er in die straat een hoger waterniveau kunnen komen. Het grondwaterniveau kan nu tot boven de rioleringsbuis liggen. Als het grondwaterniveau kelders bereikt die niet waterdicht zijn uitgevoerd, dan hebben deze kelders te maken met grondwater-insijpeling.

7 Afvoer van bemalingswater

7.1 Regelgeving Vlare I en Vlare II

De Vlare regelgeving bestaat uit twee delen namelijk Vlare I en Vlare II. Vlare I betreft hoofdzakelijk de procedures die gevolgd moeten worden bij het aanvragen van een vergunning. Vlare II behandelt milieuvorwaarden voor ingedeelde inrichtingen, algemene voorwaarden voor niet-ingedeelde inrichtingen en milieukwaliteitsnormen zijn er in vast gelegd. In het eerste gedeelte van de regelgeving is weinig tot niets terug te vinden in verband met bemalingen en de afvoer van het bemalingswater. Vlare II bevat een aantal afdelingen gericht op bemalingen. Welke procedures gevolgd moeten worden is afhankelijk of het een ingedeelde of niet-ingedeelde inrichting is. Indien het om een ingedeelde inrichting gaat, bepaalt de klasse of enkel melding van de inrichting gemaakt moet worden of dat een vergunning aangevraagd moet worden. Onder klasse 1 vallen de inrichtingen die hinder voor het milieu veroorzaken, inrichtingen met minder hinder voor het milieu vallen onder klasse 2 en klasse 3 omvat de inrichtingen die weinig hinder veroorzaken. Klasse 3 is meldingsplichtig terwijl klassen 1 & 2 vergunningsplichtig zijn. De niet-ingedeelde inrichtingen hebben geen vergunningsplicht en geen meldingsplicht. Toegepast op bemalingen wordt dit [16] [17] [18]:

- Klasse 1
 - Woningen met een opgepompt debiet > 30 000 m³ per jaar
 - Boringen voor openbare watervoorzieningen
 - Boringen voor het kunstmatig aanvullen van grondwater
- Klasse 2
 - Woningen met opgepompte debieten tussen 500 m³ en 30 000 m³ per jaar
 - Woningen voor koude-/warmtepompen met inbegrip van terugpompingen met opgepompte debieten < 30 000 m³ per jaar
 - Boringen voor andere doeleinden dan waterwinning of bemaling dieper dan 50 m
- Klasse 3
 - Woningen voor het uitvoeren van proefpompingen gedurende minder dan een jaar
 - Woningen voor niet-huishoudelijke doeleinden met een opgepompt debiet < 500 m³ per jaar
 - Boringen voor anderen doeleinden dan waterwinning of bemaling minder diep dan 50 m
- Niet ingedeeld
 - Woningen voor huishoudelijke doeleinden minder dan 500 m³ per jaar
 - Woningen waarbij het water enkel met een handpomp wordt opgepompt

Drinkwatermaatschappijen en alle beheerders van een waterwinning van meer dan 500 m³ per jaar moeten voor het onttrekken van grondwater een heffing betalen. Onder bepaalde voorwaarden zijn bronbemalingen en draineringen vrijgesteld van deze heffing. Wanneer een bronbemaling aan één van volgende voorwaarden voldoet, moet geen heffing betaald worden [17]:

- Ze zijn technisch nodig voor de verwezenlijking van bouwkundige verwerkingen of voor de aanleg van openbare nutsvoorziening.

- Ze zijn noodzakelijk voor de exploitatie van tunnels voor openbare wegen of openbaar vervoer of voor de waterbeheersing van mijnverzakkingsgebieden.
- Ze zijn noodzakelijk om het gebruik of de exploitatie van gebouwen of bedrijfsterreinen mogelijk te maken of te houden. De noodzakelijkheid ervan moet aangetoond worden via een hydrologisch attest dat opgesteld is door een milieudeskundige in de discipline grondwater.

Een drainering is vrijgesteld van de heffing als ze noodzakelijk is om het gebruik of de exploitatie van bouw- en weiland mogelijk te maken of houden. Om te kunnen controleren welke debieten worden opgepompt en geloosd, is het verplicht dat elke bemaling die gemeld is of waarvoor een vergunning is verleend, voorzien is van een debietmeter. Voor niet-ingedeelde inrichtingen en voor draineringen geldt deze verplichting niet. Het is niet enkel voldoende dat een debietmeting gebeurt maar de meterstanden moeten periodiek worden geregistreerd. Wanneer een debietmeter ontbreekt, kan een boete opgelegd worden door de Vlaamse Milieumaatschappij. Hoeveel de boete bedraagt die betaald moet worden, is afhankelijk van het vergunde debiet en wordt weergegeven in Tabel 5 [19].

Boete	Vergund debiet (m³/jaar)	Pompvermogen (m³/uur)
€ 150	≤ 2500	$\leq 1,25$
€ 300	$2500 \leq x \leq 5000$	$1,25 \leq x \leq 2,5$
€ 600	$5000 \leq x \leq 10\ 000$	$2,5 \leq x \leq 5$
€ 1250	$> 10\ 000$	> 5

Tabel 5

Deze debietmeters moeten eveneens verzegeld zijn. Meters, gebruikt van 1 januari 2004, moeten verzegeld vanuit de fabriek komen. Meters gebruikt vanaf deze datum worden door de Vlaamse Milieumaatschappij verzegeld. Wanneer een verzegeling wordt verbroken zonder het gemeld te hebben of wanneer een verzegeling wordt geweigerd, wordt een boete opgedragen. De bemalingsinstallatie moet geplaatst worden volgens de code van goede praktijk. Dit betekent dat de uitvoerder alles doet wat binnen zijn mogelijkheden ligt om de installatie zo te plaatsen dat de kans op een vervuiling van het grondwater miniem is. Ook zorgt hij ervoor dat weinig tot helemaal geen schade optreedt aan de gebouwen in de omgeving. Vooraleer de installatie wordt geplaatst en opgestart, is het mogelijk via modellen om de invloed van de bemaling te controleren. Tijdens de werking van de installatie kunnen de eventuele zettingen van gebouwen gemonitord worden met behulp van bakens. Om aan te kunnen tonen dat de schade effectief een gevolg is van de bemaling, moet op voorhand een plaatsbeschrijving uitgevoerd worden van alle gebouwen die zich in de invloedszone van de bemaling bevinden [17].

Zoals eerder vermeld moet voorkomen worden dat grondwaterlagen verontreinigd worden. Ook mogen verschillende watervoerende lagen niet met elkaar in contact gebracht worden. Om dit te voorkomen, worden kleistoppen aangebracht. Het is mogelijk dat voor installaties van klasse 1 of 2 peilputten nodig zijn. Deze moeten eveneens worden geplaatst volgens de code van goede praktijk.

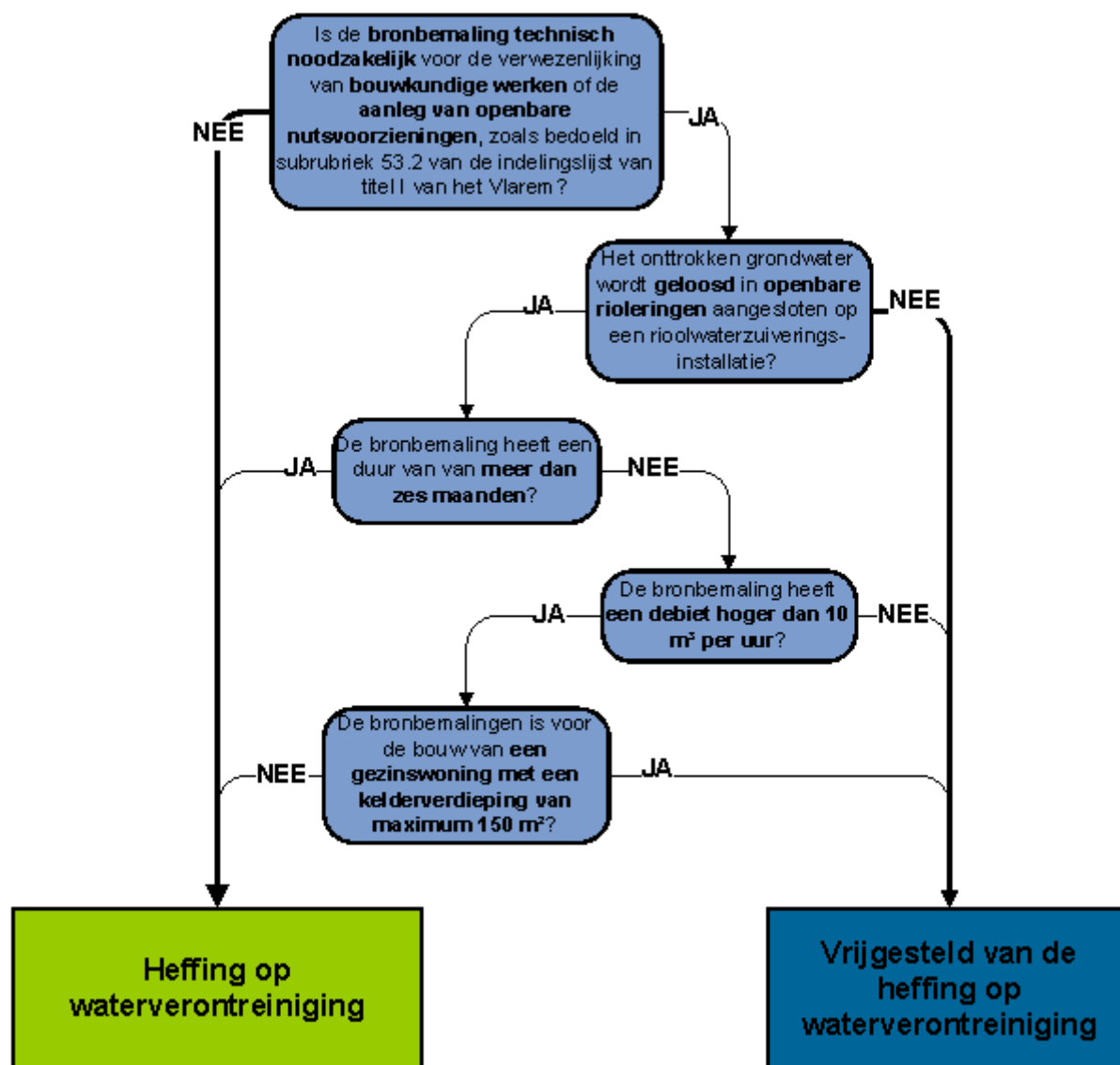
Grondwaterwinning uit freatische watervoerende lagen:

- 30 000 m³ - 1 000 000 m³ vergund debiet per jaar => 1 peilput per 200 000 m³
- Meer dan 1 000 000 m³ vergund debiet per jaar => 1 peilput per 500 000 m³

Grondwaterwinning uit afgesloten watervoerende lagen:

- 30 000 m³ - 500 000 m³ vergund debiet per jaar => 1 peilput
- Meer dan 500 000 m³ vergund debiet per jaar => 1 peilput per 500 000 m³ met een maximum van 3 peilputten

In artikel 5.53.6.1.1.§2 wordt uitgelegd wat met het opgepompte water moet gebeuren. Het water moet zoveel mogelijk terug in de grond worden gebracht. Dit is nodig om de schade aan de grondwaterhuishouding zoveel mogelijk te beperken en kan gedaan worden via verschillende infiltratiemethodes. In gevallen waarbij infiltratie niet mogelijk is, wordt aangeraden het water naar een oppervlaktewater of regenwaterafvoer in de buurt te leiden. Als ook dit niet haalbaar is, bestaat nog één mogelijkheid namelijk lozing op de gemengde riolering. Dit is toegestaan zolang het debiet kleiner is dan 10 m³ per uur, is het debiet groter dan 10 m³ per uur dan is een schriftelijke toestemming nodig [20] [21] [22]. Deze toestemming is enkel nodig wanneer de riolering is aangesloten op een zuiveringsinstallatie en het is van de beheerder van die installatie dat toestemming moet worden verkregen. Voor dergelijke lozingen van meer dan 10 m³ per uur en lozingen die langer dan 6 maanden duren, moet een heffing betaald worden voor de verontreiniging van het water. Aan de hand van onderstaande flowchart van de Vlaamse Milieumaatschappij kan uitgemaakt worden wanneer een heffing voor waterverontreiniging betaald moet worden en in welke gevallen niet [23].



Figuur 18: Flowchart VMM

7.2 Afvoermogelijkheden

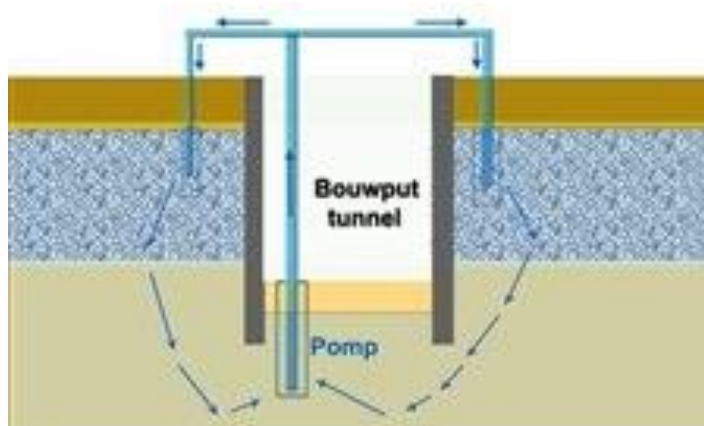
Bemalingswater moet zoveel mogelijk terug in de grond worden. Wanneer dit niet het geval is, is het ideale scenario voor de afvoer van bemalingswater in stedelijke gebieden de aanwezigheid van een gescheiden riolering. Het water kan dan geloosd worden zonder dat grote constructies aangelegd moeten worden. In dergelijke gevallen is het enkel nodig het water van aan de bemalingsbron tot de regenwaterafvoer te leiden. Bij afwezigheid van een gescheiden riolering moet de mogelijkheid van een nabijgelegen gescheiden riolering of een oppervlaktewater onderzocht worden. Indien dit het geval is, moet overwogen worden een constructie te plaatsen om het water tot daar te voeren. Wanneer ook deze optie niet haalbaar is, kan het water geloosd worden op de gemengde riolering.

7.2.1 Retourbemaling

Een mogelijke oplossing voor de problemen rond de afvoer van bemalingswater, is retourbemaling. Volgens het VLAREM is retourbemaling de methode die als eerste overwogen moet worden. Bij deze methode wordt het opgepompte water terug in de grond gebracht. Omdat bij wet is bepaald dat het opgepompte water zoveel mogelijk terug in de grond moet worden gebracht, is retourbemaling een optie die in principe het vaakst wordt overwogen. De retourbemaling wordt steeds geplaatst in de nabijheid van de bouwput, op 50m tot 100m afstand, waardoor het grondwaterniveau rondom de bouwput minder wordt beïnvloed dan gevallen waarin zonder retourbemaling wordt gewerkt. Dit verkleint de kans op zettingen en dus ook de kans op schade en schadeclaims. Er wordt per situatie bekeken of een retourbemaling mogelijk is. De retourbemaling wordt bij voorkeur zo ver mogelijk van de bouwput geplaatst. Hoe dichter de retourbemaling bij de bouwput staat, hoe hoger de waterdruk op de wanden zal zijn. In sommige gevallen kan het ook voorkomen dat de retourputten net langs de waterkerende wanden moeten staan. Dit is dan meer dan waarschijnlijk om de verlaging rondom de bouwput te beperken wegens mogelijke zettingen. Tegenwoordig wordt de gehele bemalingsinstallatie gesimuleerd vooraleer ze wordt uitgevoerd. Op deze manier kunnen de gevolgen van de bemaling op de omgeving bekeken worden en aanpassingen doorgevoerd worden. Retourbemaling toepassen betekent ook dat geen extra kosten gemaakt hoeven te worden in verband met het afvoeren van het water, alsook dat mogelijke heffingen niet betaald moeten worden omwille van het lozen op een gemengde riolering die aangesloten is op een waterzuiveringsinstallatie. Ook wordt het toegepast in de buurt van waterwinningsgebieden en beschermde natuurgebieden [2] [24].

7.2.2 Principe van retourbemaling

Retourbemaling lijkt een simpel iets. Gewoon het water oppompen en een stuk verder het terug in de grond brengen. Niets is minder waar. Het water moet onbelucht opgepompt worden waardoor pistonpompen niet gebruikt kunnen worden. Bij dit type pompen valt het water in de filter waardoor het belucht wordt. Hierdoor kan oxidatie optreden wat uiteindelijk



Figuur 19: Schema retourbemaling

zorgt voor een verstopping van de retourfilters. Om dit te voorkomen worden dieptebronnen gebruikt. Door deze techniek toe te passen, kan het water onbelucht worden gehouden en dus zullen opgeloste gassen, die in alluviale gronden kunnen voorkomen, opgelost blijven. Om het aantal benodigde retourputten te bepalen, gebruikt men een vuistregel: 1 bemalingsbron = 5 retourputten. Het water wordt niet terug in de grond gepompt maar het moet door de overhoogte in de put in het terrein vloeien. Deze overhoogte wordt bepaald door het verschil in hoogte van de bovenkant van de retourput en het grondwaterniveau [2] [24].

7.2.3 Plaatsen van leidingen

Voordelen

- Geen extra constructies nodig
- Makkelijk aan te leggen

Nadelen

- Hinder
- Bereikbaar voor vandalen

Het plaatsen van een leidingenstelsel om het water af te voeren, vraagt niet zoveel tijd. De buizen kunnen achter elkaar worden gelegd en in een mum van tijd aan mekaar gekoppeld worden. Wanneer de bemalingsinstallatie verbonden is met de leidingen, kan de bemaling opgestart worden.

De kosten worden gedrukt omdat extra kosten voor zaken als stellingen of het inslijpen van buizen niet nodig zijn. Deze oplossing kan in een stedelijk gebied in de meeste gevallen niet worden toegepast omdat de leidingen de toegang tot deuren en garagepoorten hindert.

In principe zou dit probleem aangepakt kunnen worden door de leiding in een drempel te plaatsen zodat voertuigen in en uit een garage kunnen worden gereden en zodat mensen in een rolstoel hun huis kunnen bereiken en verlaten. Deze drempel zou dan waarschijnlijk geplaatst worden op het voet- of fietspad en daar zullen de drempels voor veel hinder zorgen met klachten tot gevolg.

Omdat de leidingen op de grond liggen, zijn ze makkelijk bereikbaar voor iedereen, dus ook voor vandalen die eventueel de buizen willen beschadigen of de koppelingen kunnen vernielen. Het uitsluitend plaatsen van leidingen is mogelijk in situaties waar wegen niet gekruist moeten worden.

7.2.4 Stellingen

Voordelen

- Minder hinder voor fietsers en voetgangers
- Geen schade aan wegen
- Moeilijker bereikbaar voor vandalen

Nadelen

- Prijs
- Langere plaatsingstijd

Het gebruik van stellingen om de leidingen op te leggen, brengt het voordeel met zich mee dat de leidingen niet meer op de begane grond liggen en dus geen obstakel vormen voor fietsers en voetgangers. Deze constructies kunnen bijvoorbeeld op het voetpad geplaatst worden en op dergelijke wijze uitgevoerd worden dat het voetpad begaanbaar blijft en er voldoende vrije hoogte voor de voetgangers is. Deze methode om het water af te voeren, kan gebruikt worden wanneer wegen gekruist moeten worden. Via een constructie wordt de leiding over de rijbaan geplaatst zonder hinderlijk te zijn voor auto's en vrachtwagens. Op deze manier is het niet nodig schade aan het wegdek toe te brengen, om de leidingen erin te verwerken of de leiding in te werken in een drempel. Beide gevallen kunnen zorgen voor schade aan voertuigen en/of woningen.



Figuur 20: Afvoer via stellingen/steigers

7.2.5 Inslijpen van buizen

Voordelen

- Buizen liggen ondergronds
- Minder hinder voor verkeer

Nadelen

- Prijs
- Herstellingen zijn moeilijk
- Schade aan het wegdek

Inslijpen van wegen om daar een leiding in te leggen, wordt voornamelijk enkel gedaan wanneer een weg gekruist moet worden. Op plaatsen waar de leiding vrij op de grond of op stellingen gelegd kan worden, zal eerder voor zo een oplossing gekozen worden dan voor inslijpen. De leidingen inslijpen in het voetpad of tijdelijk onder het voetpad leggen, is een delicate zaak omdat verschillende nutsleidingen onder het voetpad worden gelegd. Het is vanzelfsprekend dat bij inslijpen het wegdek wordt beschadigd. Nadat de leiding in de weg is verwerkt, wordt het wegdek zo goed mogelijk in zijn oorspronkelijke staat hersteld. In de meeste gevallen kan het wegdek niet terug perfect vlak worden gemaakt en blijft na de herstelling nog een kleine verhoging of een klein putje over. Wanneer hier zwaar verkeer over rijdt, zullen trillingen ontstaan. Deze trillingen kunnen voor hinder en schade aan omwonenden zorgen. Dit kan zorgen voor klachten met stillegging van het werk tot gevolg.

7.2.6 Overrijdbare drempels

Voordelen

- Geen schade aan het wegdek
- Sneller aangelegd

Nadelen

- Veel hinder
- Schade aan fietsen en auto's

Door drempels te gebruiken om de leidingen weg te werken, wordt grote schade aan het wegdek voorkomen al zullen steeds enkele gaten geboord moeten worden voor de verankering. Deze drempels kunnen sneller aangelegd worden in vergelijking met het inslijpen in de weg. De drempel moet over de leiding worden geplaatst en vervolgens moeten de drempels vast gemaakt worden in het wegdek zodat ze niet verplaatsen wanneer er verkeer over rijdt. De hoogte van de drempel is afhankelijk van de buis die erin verwerkt moet worden. Het nadeel aan deze drempels is dat het verkeer moet afremmen om over de drempels te kunnen rijden. Wanneer de tijdelijke situatie niet goed staat aangegeven of wanneer een bestuurder de drempel te laat opmerkt en er met een te hoge snelheid over rijdt, kan dit schade als gevolg hebben. In de meest ernstige gevallen kan zelfs een ongeluk veroorzaakt worden doordat de bestuurder de controle over zijn voertuig verliest nadat hij over de drempel rijdt. Hetzelfde geldt voor fietsers. Zij kunnen vallen en naast schade aan hun fiets ook lichamelijke letsels oplopen. Een mogelijke oplossing om het te voorkomen dat bestuurders te snel over de drempels rijden, is ze strategisch te plaatsen. Wanneer de drempel met daarin de leiding om het water af te voeren net na een verkeersdrempel wordt geplaatst, zal de bestuurder sowieso met een lager snelheid over de tijdelijke drempel gaan omdat hij al moest afremmen voor de eerste drempel. Dit is een veiligere situatie voor zowel bestuurders die de streek goed kennen als bestuurders die er voor de eerste keer komen.



Figuur 22: afvoer via drempels geplaatst op de weg



Figuur 21: Afvoer via drempels geplaatst op het fietspad

7.2.7 Debietmeter

Volgens het Programmadecreet (BS 30/12/2009) moet elke grondwaterwinning uitgerust worden met een debietmeter. Het decreet stelt dat "elke conform het decreet betreffende de milieuvergunning dd. 28 juni 1985 vergunningsplichtige of meldingsplichtige grondwaterwinning moet uitgerust zijn met een debietmeting en registratie van de opgepompte hoeveelheid grondwater." Toch bestaan een paar gevallen waarin een verzegelde debietmeter niet verplicht is. Tot deze gevallen behoren [23]:

- De installaties met een handpomp
- De winningen voor huishoudelijk gebruik met een maximaal debiet van 500 m³ per jaar
- Draineringen die noodzakelijk zijn om bouw- en weilanden te kunnen gebruiken

Hoewel in het decreet staat dat sinds 1 januari 2010 een debietmeter verplicht is voor elke installatie, was deze verplichting al reeds sinds 1 juli 1997 van kracht voor installaties waarvoor verplicht een heffing betaald moest worden. Ook grondwaterwinningen met een debiet van 500 m³ of meer per jaar zijn sinds 1 januari 2002 verplicht een debietmeter op de installatie te hebben aangesloten. De verplichtingen, die gelden vanaf 1 januari 2010, zijn dus van toepassing op installaties die niet tot de vernoemde categorieën behoren. Dit betekent dat er geen installaties meer zouden mogen zijn, op de uitzonderingen na, zonder een verzegelde debietmeter. Deze verzegeling is verplicht voor meetsystemen sinds 1 januari 2004 maar wordt niet uitgevoerd door de Vlaamse Milieumaatschappij. Hiervoor worden de bedrijven zelf verantwoordelijk geacht. Wanneer een debietmeter toch ontbreekt, kan de Vlaamse Milieumaatschappij een boete van €150 tot €1250 opleggen en als de verzegeling verbroken is zonder het te melden, kan een boete van €150 door de VMM worden opgelegd. Het weigeren van een controle, heeft een boete van €500 tot gevolg [19] [23].

Na met bedrijven te hebben gesproken, blijkt dat de wetgeving bekend is, maar dat deze niet zo strikt wordt gevolgd. Een oorzaak hiervoor is de slijtage en het stuk gaan van de debietmeters. Ze zijn ontwikkeld om metingen uit te voeren op proper water. Het probleem is dat het opgepompte grondwater niet zo zuiver is. Het bevat ijzer en organische stoffen waardoor oxidatie op kan treden met een afzetting op de debietmeter tot gevolg. Deze afzetting zal er vervolgens voor zorgen dat het radarwerk binnen de mechanische debietmeter verstopt raakt en dus stil zal vallen. Wanneer deze verstopping niet wordt opgemerkt en de debietmeter niet meer werkt, wordt het debiet niet meer gemeten en zal het logboek niet meer correct zijn als dit al werd ingevuld. In principe zou dit de dag na het ontstaan van het probleem, opgemerkt moeten worden maar omdat het logboek vaak niet dagelijks wordt ingevuld, bestaat de kans dat het probleem gedurende langere tijd onopgemerkt zal blijven.

Het komt ook voor dat de meters wel aanwezig zijn maar niet worden gebruikt of dat de dagelijkse debieten niet worden geregistreerd. Zo bleek dat bemalingsbedrijven soms gecontacteerd worden door aannemers dat bij hun een controle zal worden uitgevoerd maar dat de debieten niet zijn genoteerd in het logboek. Deze aannemers vragen dan of het niet mogelijk is om aan gegevens te komen die overeen kunnen stemmen met de verwachte debieten die opgepompt zouden worden.

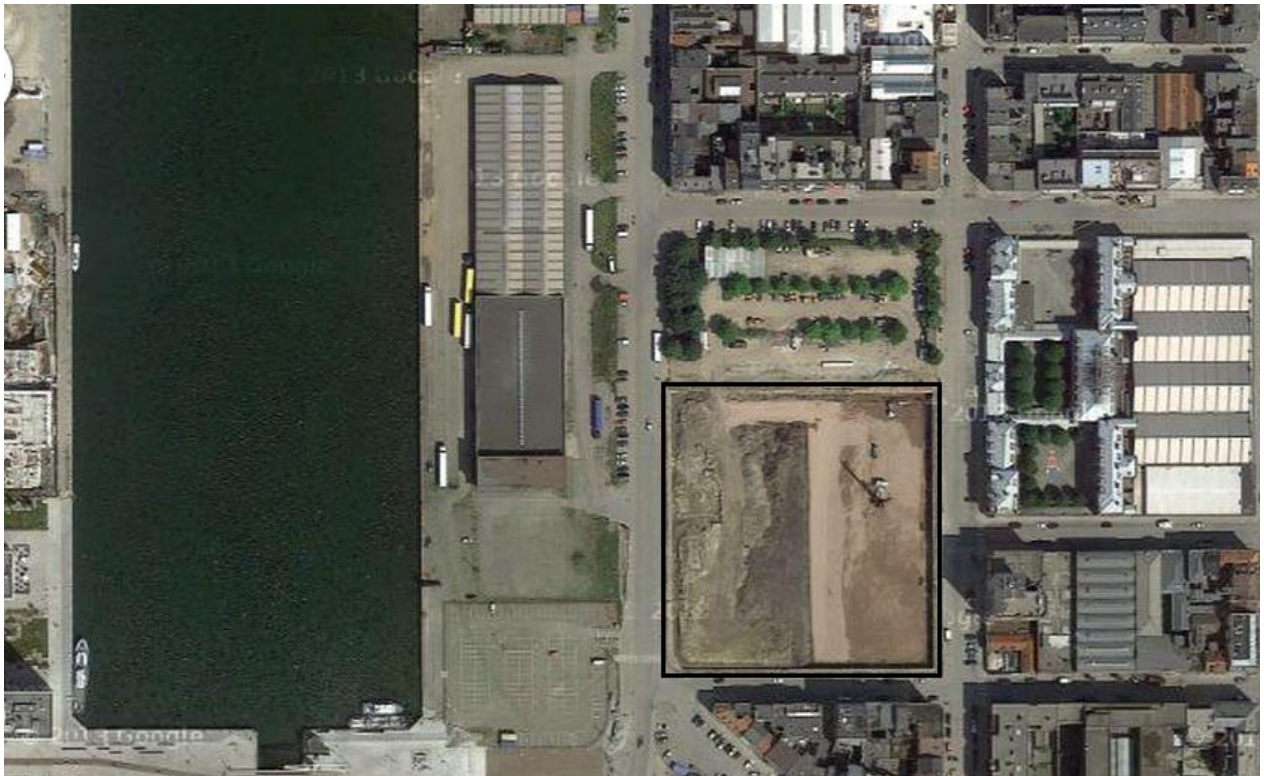
Uit een gesprek met een groot bemalingsbedrijf uit België blijkt dat het efficiënter is om te werken met de debieten die gebruikt zijn in de rekennota's. Deze debieten zijn berekend op basis van de beschikbare gegevens en zullen dus minder ver naast de

werkelijkheid zitten dan een schatting op basis van debietmeters die niet werken. Dit is een betere methode dan de huidige. Wanneer aannemers gecontroleerd worden en er zijn geen debietmeters, worden ze getaxeerd op het maximum debiet van de pomp [25] [26].

7.3 Case Studies

7.3.1 Kattendijkdok Oostkaai

Deze casestudy handelt over het bouwproject Kattendijkdok Oostkaai. Voor dit project moet een ondergrondse parking gerealiseerd worden en om droog te kunnen werken moet een bemaling toegepast worden. Rondom de bouwput ligt aan de westkant een bedrijventerrein en woningen langs de andere zijden. Met behulp van deze studie wordt de dimensionering van de retourbemaling bepaald zodat ontoelaatbare zettingen niet zullen optreden.

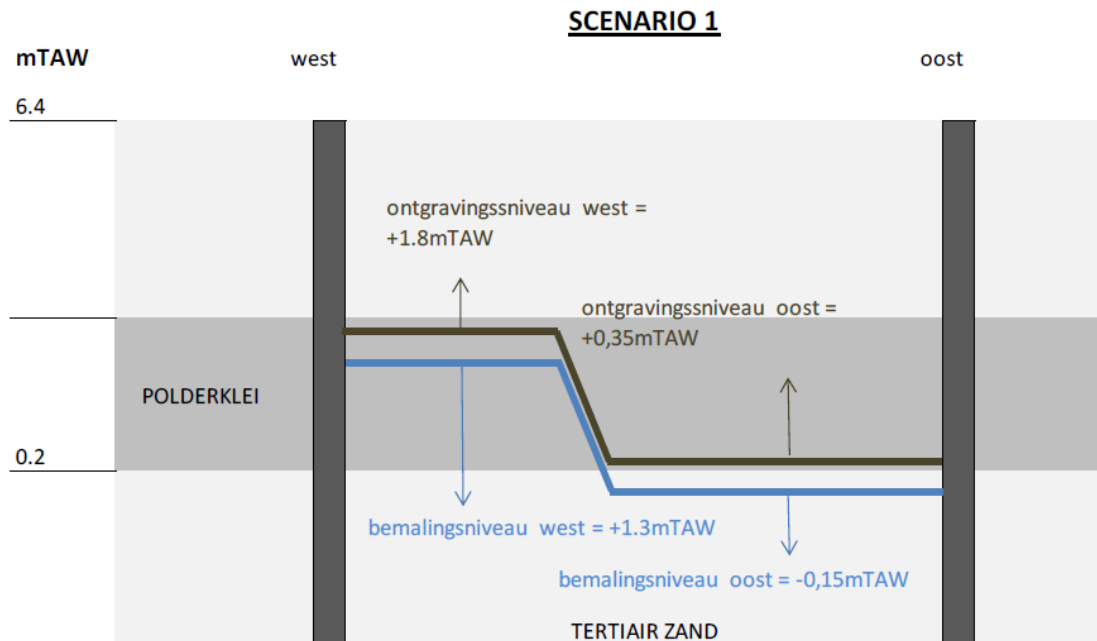


Figuur 23: Aanduiding werkgebied Kattendijkdok Oostkaai

In de aangereikte casestudy zijn 2 scenario's uitgewerkt. Het eerste scenario bestaat uit een ondergrondse parking met één kelderverdieping aan de westkant en twee aan de oostkant. Via numerieke modellen werd het aantal bemalings- en retourbronnen, hun plaatsing en de diepte van de waterkerende wanden bepaald. De totale verlaging rondom de bouwput wordt eveneens bepaald omdat deze niet lager mag zijn dan 0,7 meter om het risico op ontoelaatbare zettingen te vermijden. Het 0-peil werd voor beide scenario's op +6,4 mTAW vastgelegd [25].

Scenario 1

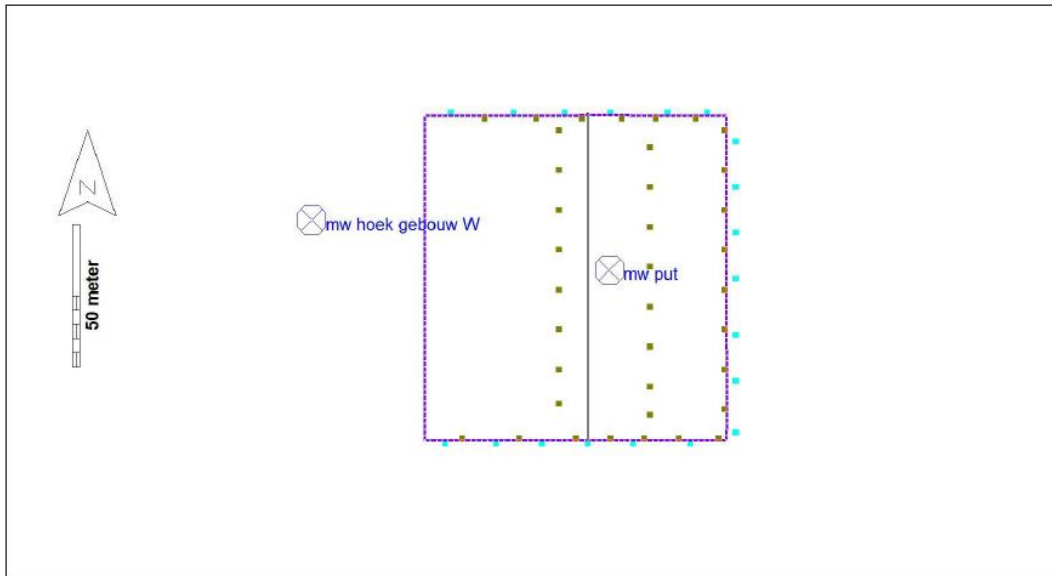
Het eerste scenario bestaat uit één kelderverdieping aan de westkant terwijl er twee worden gemaakt aan de oostkant. Hieruit volgt dat de vloerplaat aan de oostkant zijn laagste punt op +0,85 mTAW heeft liggen en +2,3 mTAW aan de westkant. Door de aanwezigheid van paalkoppen moet tot 0,5 meter onder deze punten worden uitgegraven. Dit resulteert in respectievelijke dieptes van +0,35 mTAW en +1,8 mTAW. Het bemalingsniveau dat gehaald moet worden, ligt vervolgens nog 0,5 meter dieper. Deze peilen bedragen -0,15 mTAW in het oosten en +1,3 mTAW in het westen [25].



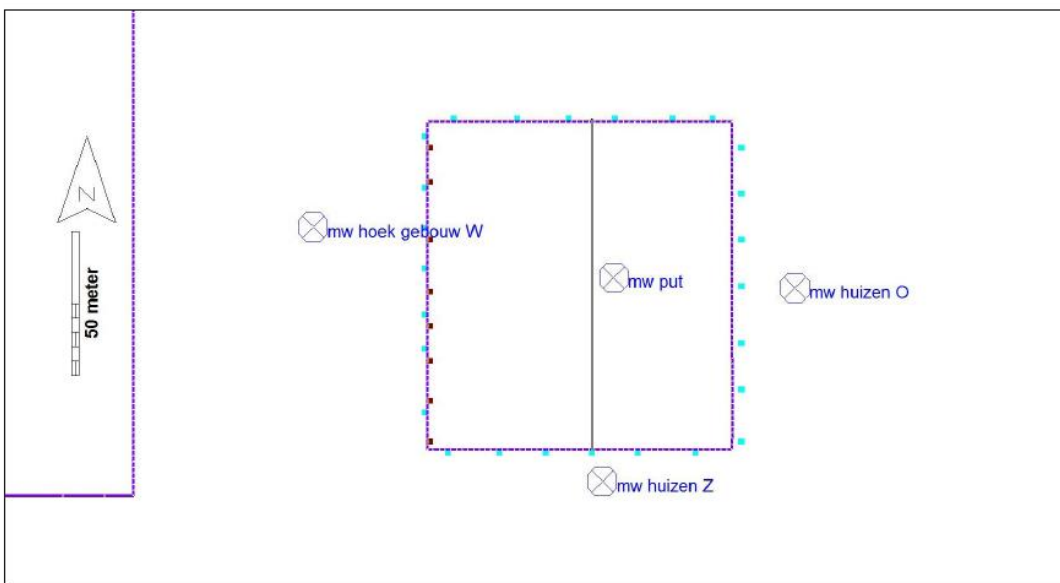
Figuur 24: Bemalingsniveau scenario 1

Doordat gewerkt wordt met twee verschillende bemalingsdieptes, worden twee velden onttrekkingsbronnen geplaatst. De bronnen aan de westkant hoeven niet even diep geplaatst te worden als deze aan de oostkant. Deze ondiepe bronnen hebben een filterlengte van 2 meter en ze worden geplaatst tussen -0,8 mTAW en -2,8 mTAW. Hun tussenafstand bedraagt 15 meter in de lengterichting van de bouwput. De oostelijke gelegen bronnen hebben een filterlengte van 4 meter en worden opgesteld tussen -3,8 mTAW en -7,8 mTAW. Deze worden in de lengterichting eveneens 15 meter uit elkaar geplaatst en 25 meter in de breedterichting van de bouwput [25].

Om ontoelaatbare zettingen te vermijden, mag de verlaging rondom om de bouwput niet meer dan 0,7 meter bedragen. Hiervoor mogen de retourbronnen niet te ver weg van de bouwput geïnstalleerd worden. Door de retourbronnen rondom de rand van de bouwput te plaatsen, kan het grondwaterniveau in de omgeving van de bouwput voldoende hoog gehouden worden. De conductantie van de retourfilters wordt ingewerkt in het model om rekening te houden met het geleidelijk aan verstopping van de filters. Aangenomen wordt dat deze conductantie de helft van deze van de bemalingsbronnen bedraagt [25].



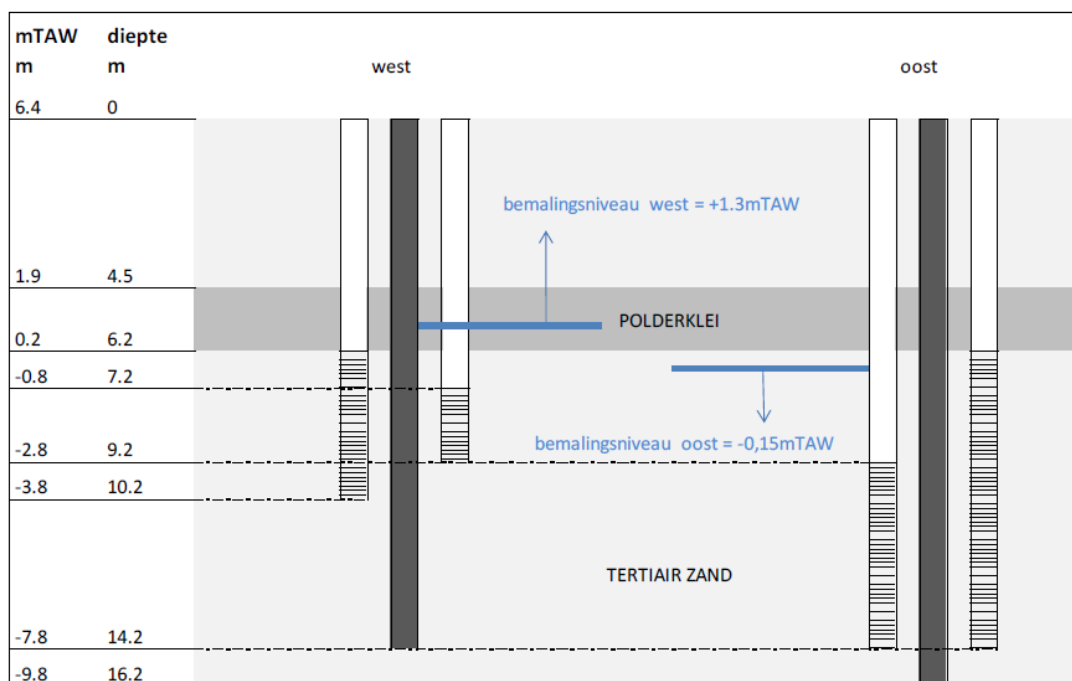
Figuur 25: Plaatsing oostelijke bemalingsputten (bruin) en retourputten (blauw)



Figuur 26: Plaatsing westelijke bemalingsputten (bruin) en retourputten (blauw)

Net zoals de filterlengtes van de onttrekkingsbronnen, zijn de filters van de retourputten aan de westkant korter dan deze aan de noord-, oost- en zuidkant. De filterlengte van de retourfilters in het westen bedraagt 4 meter en deze bevinden zich tussen +0,2 mTAW en -3,8 mTAW. De filters aan de overige drie zijden hebben een lengte van 8 meter en worden gepositioneerd tussen +0,2 mTAW en -7,8 mTAW [25].

Nadelig aan het plaatsen van de retourfilters kort rondom de bouwput, is de terugstroom van het water. Om dit tegen te gaan, worden waterkerende wanden met een lengte 16, 2 meter gebruikt welke tussen +6,4 mTAW en -9,8 mTAW worden geplaatst [25].



Figuur 27: Filterdieptes scenario 1

Resultaten scenario 1

De resultaten, bekomen via de modellering, voor scenario 1 voldoen allen aan de voorwaarde om de verlaging aan de omliggende omgeving te beperken tot maximaal 0,70 meter. In het oostelijk gedeelte bedraagt de stijghoogte -0,15 mTAW en in het westelijk gedeelte +1,3 mTAW [25].

Uit het model kan ook begrepen worden dat het grondwaterniveau na ongeveer 3 dagen niet meer verandert.

onttrekken	Totaal debiet (m ³ /u)	Debiet per put (m ³ /u)
westen	5,4	0,7
oosten	97	2,6

Tabel 6

retourneren	Totaal debiet (m ³ /u)	Debiet per put (m ³ /u)
westen	16	2,2
overig	78	4,1

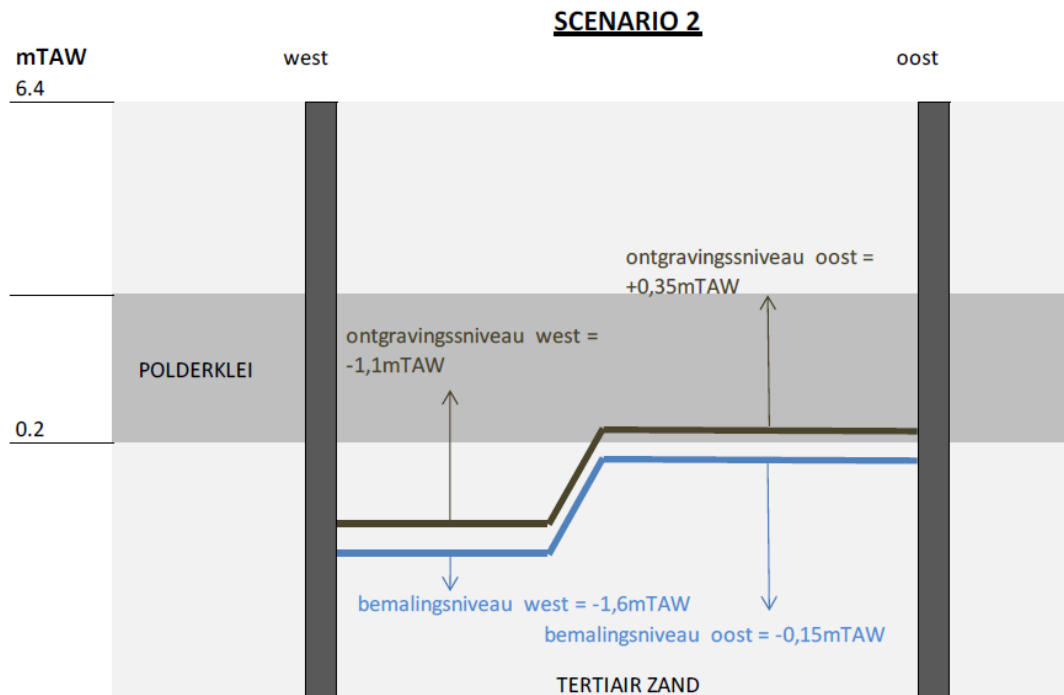
Tabel 7



Figuur 28: Verlaging scenario 1

Scenario 2

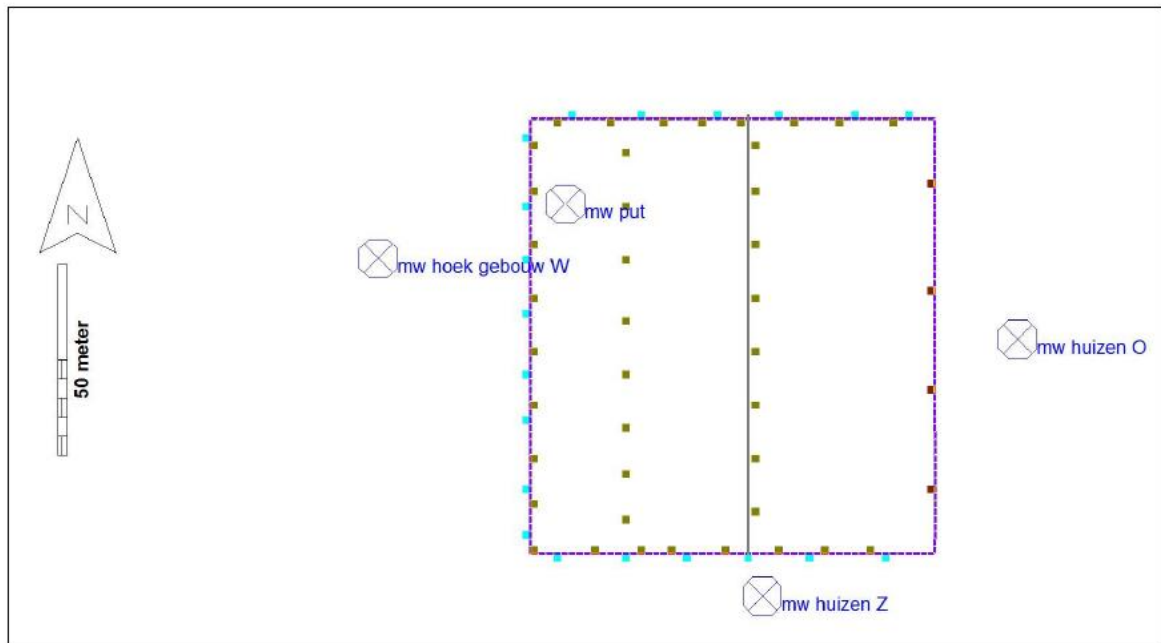
Het tweede scenario heeft in zowel het westen als het oosten twee kelderverdiepingen maar deze in het westen ligt 1,5 meter dieper dan deze in het oosten. De onderkant van de oostelijk gelegen vloerplaat ligt op +0,85 mTAW en in het westen op -0,6 mTAW. De benodigde bemalingsdieptes liggen respectievelijk op -0,15 mTAW en -1,6 mTAW. Voor dit scenario moet eveneens worden voldaan aan de voorwaarde van een maximale verlaging van 0,7 meter rondom de bouwput. [25].



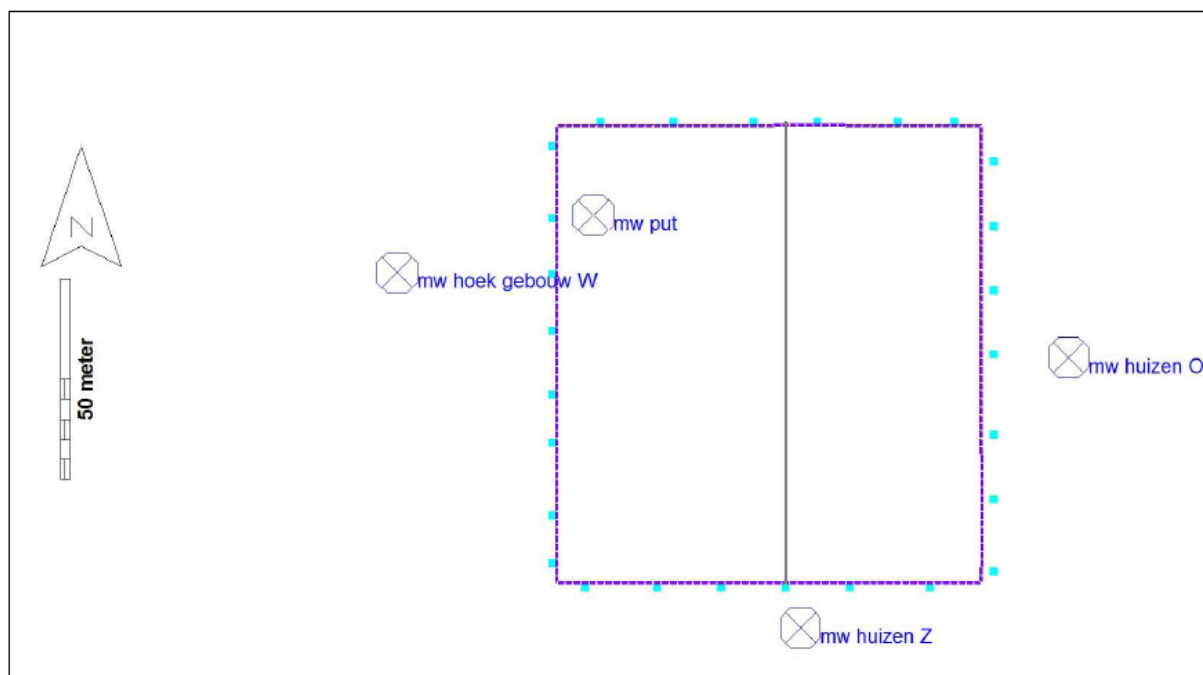
Figuur 29: Bemalingsniveau scenario 2

Omdat ook hier wordt gewerkt met twee verschillende bemalingsdieptes, wordt gebruik gemaakt van twee velden onttrekkingsbronnen. Het eerste veld, aan de oostkant, bestaat uit een rij van 4 bronnen met een tussenafstand van 25 meter. Het tweede veld wordt gevormd door 40 bronnen met een tussenafstand van 13 meter en worden in twee lijnen geplaatst. Op de horizontale as (oost-west) liggen de westelijke lijn bronnen en de middelste lijn bronnen 25 meter uit elkaar. De middelste lijn en de oostelijke lijn hebben een tussenafstand van 35 meter. In tegenstelling tot het eerste scenario hebben de bemalingsbronnen in scenario 2 allen een filterlengte van 4 meter en worden ze allen even diep geplaatst namelijk tussen -5,3 mTAW en -9,3 mTAW [25].

De retourputten voor dit scenario worden eveneens voorzien aan de buitenrand van de bouwput. De retourputten in het oosten hoeven niet zo diep te zijn als de putten aan de overige zijden omdat in het oosten een minder diep bemalingspeil nodig is [25].



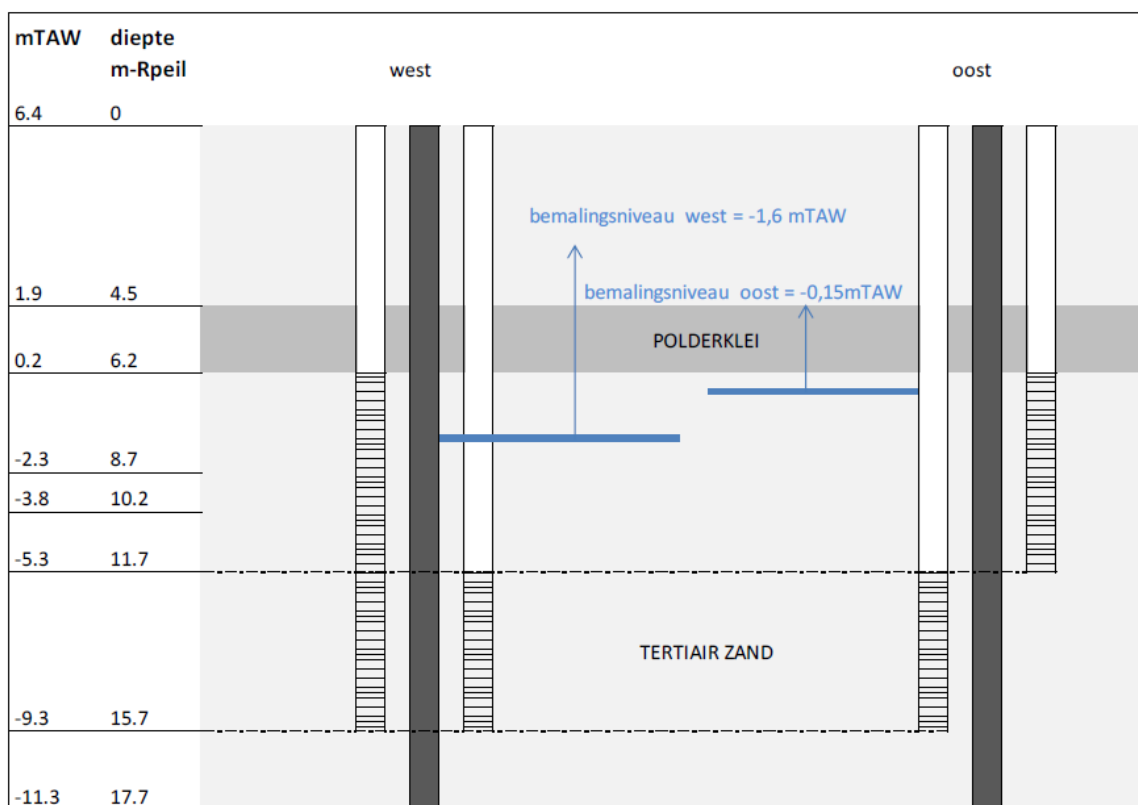
Figuur 30: Plaatsing bemalingsputten (bruin) en retourputten (blauw)



Figuur 31: Plaatsing retourputten

De filterlengte van de retourputten aan de oostkant bedraagt 5,5 m en worden tussen 0,2 mTAW en -5,3 mTAW geplaatst. De overige retourbronnen hebben een filterlengte van 8 m en worden tussen 0,2 mTAW en -9,3 mTAW geplaatst [25].

Om te vermijden dat het water van de retourputten onmiddellijk terug in de bouwput stroomt, worden waterkerende wanden met een lengte van 17,7 meter gebruikt. Deze worden geplaatst vanaf het maaiveld, +6,4 mTAW, tot -11,3 mTAW diep [25].



Figuur 32: Filterdieptes scenario 2

Resultaten scenario 2

De resultaten, bekomen via de modellering, voor scenario 2 voldoen allen aan de voorwaarde om de verlaging aan de omliggende omgeving te beperken tot maximaal 0,70 meter. In het oostelijk gedeelte bedraagt de stijghoogte -0,15 mTAW en in het westelijk gedeelte -1,6 mTAW [25].

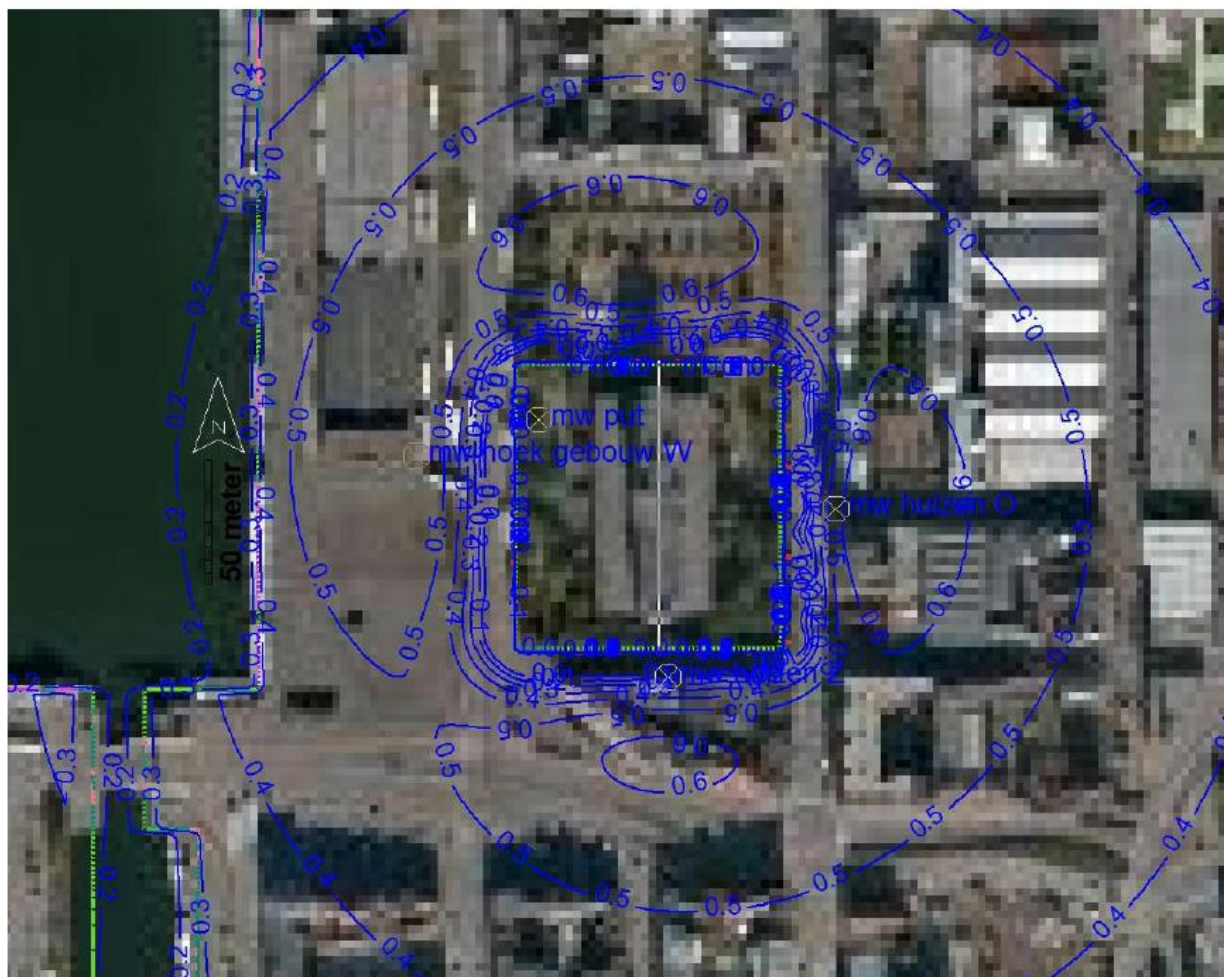
Uit het model kan ook begrepen worden dat het grondwaterniveau na ongeveer 3 dagen niet meer verandert.

onttrekken	Totaal debiet (m ³ /u)	Debiet per put (m ³ /u)
westen	123	3,1
oosten	9,7	2,4

Tabel 8

retourneren	Totaal debiet (m ³ /u)	Debiet per put (m ³ /u)
oosten	24	3,4
overig	101	5,0

Tabel 9



Figuur 33: Verlaging scenario 2

Om de grondwaterverlaging te controleren worden peilbuizen geplaatst aan iedere zijde van de bouwput. Deze worden geplaatst met filter in het freatisch pakket als in de zandige laag onder de polderklei [25].

Rondom de bouwput moeten de zettingen eveneens worden gecontroleerd. Een goede methode hiervoor is het gebruik van zettingsbouten. Deze worden op de zettingsgevoelige gebouwen geplaatst en ingemeten. Nadat de bemaling is opgestart, moeten deze op regelmatige basis worden opgemeten [25].

In deze studie wordt een bemaling uitgevoerd in combinatie met waterkerende wanden. Dit is noodzakelijk omdat de verlaging rondom de bouwput beperkt moet worden tot maximaal 0,70 meter. indien de retourputten op dezelfde locaties worden geplaatst zoals in de studie, zonder gebruik te maken van waterkerende wanden, zal het onmogelijk zijn de bouwput droog te houden. In het gebied van de bouwput, bevindt zich op een diepte van ongeveer +1,5 mTAW een laag polderklei met een dikte van 1,3 meter. In beide scenario's wordt aan de oostkant uitgegraven tot +0,35 mTAW en in het tweede scenario wordt in het westen tot onder de kleilaag gegraven dus kan het overblijvende dunne laagje klei niet als waterkerend worden beschouwd. Het water kan in zo een geval nog steeds onder de waterkerende wand terug in de put stromen. Deze stroming kan worden beperkt door de afstand die het water vanuit de retourfilters moet afleggen, zo groot mogelijk te houden. Om dit te realiseren moet de steek van de waterkerende wanden

voldoende groot zijn. De aangewezen lengte hiervoor is 2 meter net zoals in de casestudy waar de wanden 2 meter dieper in de grond zijn geplaatst dan de langste retourfilter. Deze 2 meter grond dient als rem voor het water. Er wordt gebruik gemaakt van de verticale doorlatendheid van de grond die kleiner is dan de horizontale doorlatendheid. Het meest ideale scenario om deze wanden te gebruiken, is wanneer op de juiste diepte een laag grond aanwezig is, van voldoende dikte, om als waterkerend beschouwd te kunnen worden. De wanden worden tot in deze laag geplaatst en zo wordt de instroom langs onderen erg verminderd.

Dit systeem is aan te raden wanneer gewerkt wordt in een stedelijk gebied. Werken met retourbemaling zonder waterkerende wanden is in een stedelijk gebied zelden een optie. Er is geen enkele barrière waardoor het water wordt tegen gehouden en het schiet als het ware van de retourfilter naar de onttrekking. Het is mogelijk zonder waterkerende wanden te werken wanneer de retourfilters ver genoeg van de bouwput geplaatst kunnen worden, zodat het water voldoende kan infiltreren alvorens de bouwput te bereiken. Natuurlijk verkiest men om zonder deze wanden te werken omdat het een kostelijk karwei is deze wanden te plaatsen.

7.3.2 Project Artesis

Een bemaling was noodzakelijk om het project Artesis Campus Noord uit te kunnen voeren. Om het water af te voeren, werden drie verschillende opties bekeken [26]:

1. Retourbemaling
2. Lozen op een oppervlaktewater
3. Lozen op gemengde riolering



Figuur 34: Aanduiding project Artesis

Volgens Vlerem I moet bemalingswater zoveel mogelijk terug in de grond gebracht worden. Voor dit project werd nagegaan of een retourbemaling mogelijk was maar het bleek niet mogelijk te zijn. De derde optie, lozen op een gemengde riolering, bleek in vergelijking met optie twee, lozen op een oppervlaktewater, veel duurder te zijn. Het probleem met de derde optie was niet zozeer het verkrijgen van de toelating van Aquafin maar wel de kostprijs die veel hoger lag dan deze van lozen op een oppervlaktewater. Een heffing moet betaald worden voor bemalingswater dat geloosd wordt op een gemengde riolering die aangesloten is op een zuiveringsinstallatie indien de bemaling langer duurt dan 6 maanden. Voor dit project werd de bemaling voorzien voor een periode van een jaar en bovendien zou deze 100 m³/u oppompen. De vrijstelling van de heffing voor verontreiniging kan enkel verkregen worden als het debiet niet meer dan 10 m³/u bedraagt. Uit deze gegevens kan worden opgemaakt dat een heffing betaald moet worden als het water geloosd wordt via optie 3. Deze heffing wordt mee bepaald door de locatie en het debiet dat geloosd moet worden. Voor dit project zou de heffingen € 0,15/m³ bedragen. Reken dit uit voor 100 m³/u en dit 1 jaar lang, dan wordt een bedrag van € 131 400 bekomen [26].

Mocht deze methode worden toegepast, dan zou erg veel aan heffingen betaald moeten worden. Er werd gekozen voor lozen op een oppervlaktewater. In de omgeving van het project zijn voldoende oppervlaktewateren aanwezig in de vorm van dokken met het Kempisch Dok als dichtstbijzijnde. Als op bovenstaande kaart wordt gekeken, is duidelijk dat afstand recht naar het dok niet zo groot is maar dat de leidingen door een gebied met veel begroeiing moeten en bovendien ligt dat gebied enkele meters lager. Daarom is gekozen het water af te voeren naar het Asiadok. Hiervoor moet een iets grotere afstand afgelegd maar de prijs zal nog steeds ver onder € 131 400 liggen. Het eerste gedeelte van het traject wordt het water afgevoerd via leidingen die op voetpad naast de Noorderlaan liggen. Zo gaat het tot aan de brug over Hardenvoort/Asiadok Zuidkaai waar het water onder door wordt gevoerd tot aan een nabijgelegen grasveld. Van daar wordt de leiding met behulp van een steiger over Asiadok Oostkaai geleid. Het laatste gedeelte wordt de leiding onder de kasseiverharding gelegd zodat deze in het Asiadok kan uitmonden. De totale kostprijs voor de steiger, het inwerken in de kasseien en het leggen van de leiding bedraagt ongeveer € 20 000, ofwel iets meer als 15% van het bedrag voor de retourbemaling [26].

Bij de afvoer van bemalingswater worden vaak meerder methodes gecombineerd. Zo kunnen obstakels overwonnen worden zonder al te veel hinder te veroorzaken. In voorgaande casestudy werd niet gekozen voor de gemakkelijkste oplossing omdat bleek dat een combinatie van de verschillende methodes veel minder duur was. Hieruit blijkt dat de makkelijke oplossing niet altijd de juiste oplossing is. In dit geval was het financieel niet haalbaar maar de makkelijkste weg kan evenwel technisch niet uitvoerbaar zijn. Het is dus van belang dat aannemers op voorhand onderzoek doen naar de mogelijke oplossingen in plaats van de meest voor de hand liggende optie te nemen. De keuze voor een andere afvoermethode betekent dat soms grotere afstanden moeten worden overbrugd om het water te kunnen lozen. Deze afstand kan voor problemen zorgen maar of dat zo is, wordt mede bepaald door de omgeving en de prijs. De aannemer kan de leidingen best aankopen in plaats van ze te huren. Zo hoeft hij deze kost maar eenmalig te maken en nadat de bemalingswerken zijn afgelopen, heeft hij deze leidingen op stock om ze te gebruiken bij andere projecten. Het leggen van deze leidingen is snel gebeurd maar er moet ook opgelet worden dat deze niet voor veel hinder zorgen ook al is het niet nodig een weg te kruisen. In bovenstaande casestudy leende het voetpad van de Noorderlaan zich perfect om de leiding er op te plaatsen. Een muurtje is over de gehele lengte van het traject langs het voetpad gebouwd. Hier kan de leiding aan worden bevestigd zodat ze zeker niet in het midden van het voetpad komt te liggen. Het voetpad aan de Noorderlaan is voldoende breed zodat de geplaatste leiding de ruimte voor de voetgangers niet beperkt [26].

7.4 Alternatieve afvoermogelijkheden

7.4.1 Gebruik van tankwagens

In de buurt van zowat elke werf ligt ofwel een oppervlaktewater of een gescheiden riolering. Van deze opties wordt vaak niet gebruik gemaakt omdat ze te ver van de bouwput verwijderd zijn. Dit kon duidelijk opgemaakt worden uit de enquête waarin naar voren kwam dat de meeste aannemers 100m de maximale afstand vinden. Wanneer op zo een werf retourbemaling niet wordt toegepast, blijft lozen op gemengde riolering de enige optie. Uit de enquête blijkt dat debieten tussen 2 m³/u en 10 m³/u het vaakst voorkomen. Ervan uitgaande dat niet op elke werf 10 m³/u wordt opgepompt maar een kleinere hoeveelheid, wordt een gemiddelde aangenomen van 7 m³/u. Een mogelijke manier om water van bemaling rond deze debieten, is via tankwagens. Als een bulkwagen met een inhoud van 60 m³ wordt gebruikt, betekent dit dat de wagen elke 8,5u vol zal zijn. Deze moet vervolgens geleegd worden waardoor de bemaling stilgezet zou moeten worden omdat er geen bulkwagen aanwezig om het water op te vangen. Dit probleem kan opgelost worden door twee bulkwagens op de werf te plaatsen en deze met elkaar te koppelen zodat als één wagen vol zit, het water overloopt naar de andere. De wagens kunnen dan worden losgekoppeld en de volle wagen kan worden geledigd zonder dat de bemaling moet stoppen. Op voorwaarde dat ingespeeld wordt op timing van het lozen, is het overbodig om 's nachts een vrachtwagenbestuurder beschikbaar te hebben.

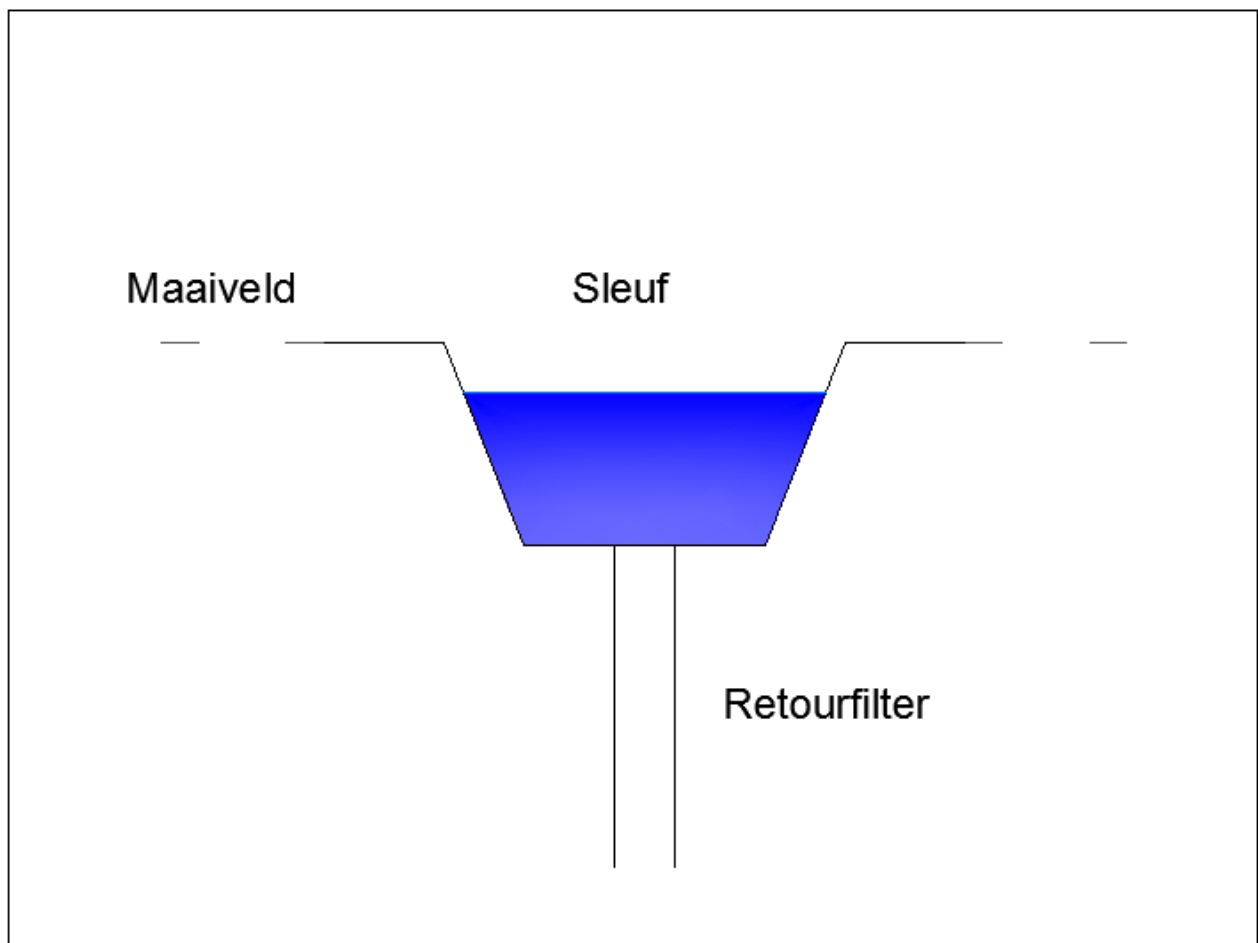
- Voordelen
 - Geen constructies op voet- en fietspad
 - Geen heffing
 - Grotere bereikbaarheid
- Nadelen
 - Plaats op de werf nodig
 - Prijs
 - Bulkwagens onbeschermd

Als de voor- en nadelen van deze methode worden bekeken, is duidelijk dat constructies, zoals stellingen en leidingen op voet- en fietspad, overbodig zijn. Dit zal vooral voor omwonenden en passanten een groot verschil maken. Ongelukken of schade door leidingen die de weg kruisen, komen niet voor. Een groot voordeel is dat een verder gelegen oppervlaktewater geen enkel probleem meer vormt. De lozingen gebeuren het best op een oppervlaktewater ook al ligt een gescheiden riolering misschien dichterbij. Als op deze gescheiden riolering geloosd wil worden, moet de bulkwagen al voldoende plaats hebben om zich te parkeren. Indien dit niet het geval, zal hij tijdelijk voor hinder op de weg zorgen. Een tweede probleem met de lozing op de gescheiden riolering is dat er dan plots een erg grote hoeveelheid water door de riolering moet. De riolering kan hier niet op gedimensioneerd zijn waardoor het debiet waarmee geloosd wordt, verkleind moet worden en dus tijd verloren gaat. Deze methode is enkel toepasbaar op voorwaarde dat voldoende plaats aanwezig is op werf. Dit kan in stedelijke gebieden een probleem zijn. Het huren van de bulkwagens zal een redelijk dure zaak zijn en daarbovenop komt

nog dat dagelijks minimaal twee keer iemand moet komen om één van de twee wagens te lozen. Wanneer met deze bulkwagens wordt gewerkt, moet de bouwwerf steeds goed afgesloten zijn om te voorkomen dat schade wordt aangebracht. Eveneens kunnen vandalen een koppeling los maken of een klep open zetten waardoor al het water in de bouwput stroomt.

7.4.2 Retourbemaling via open sleuven

Het kan voorkomen dat niet al het bemalingswater via retourbemaling in de grond kan worden gebracht en dus een gedeelte geloosd moet worden. Dit kan op werven waar de grond het niet toelaat dat het benodigde infiltratiedebiet wordt gehaald of dat er te weinig plaats is om voldoende retourputten te zetten. Het overblijvende water kan in het beste geval geloosd worden op een gescheiden riolering. Als dit niet het geval is, moeten wederom constructies aangelegd worden om verder gelegen oppervlaktewater of gescheiden riolering te bereiken. Is dit ook niet mogelijk, dan moet het water geloosd worden in een gemengde riolering waarvoor mogelijk een heffing betaald moet worden. Voor de aannemer betekent dit dat hij kosten moet maken voor de retourbemaling als voor de afvoerconstructies of heffing. Deze extra kosten kunnen vermeden worden door het toepassen van een retourbemaling met open sleuven. Het water dat niet onmiddellijk geïnfiltreerd kan worden, wordt opgevangen in de sleuven en kan vervolgens de grond in worden gebracht.



Figuur 35: Retourbemaling via open sleuf

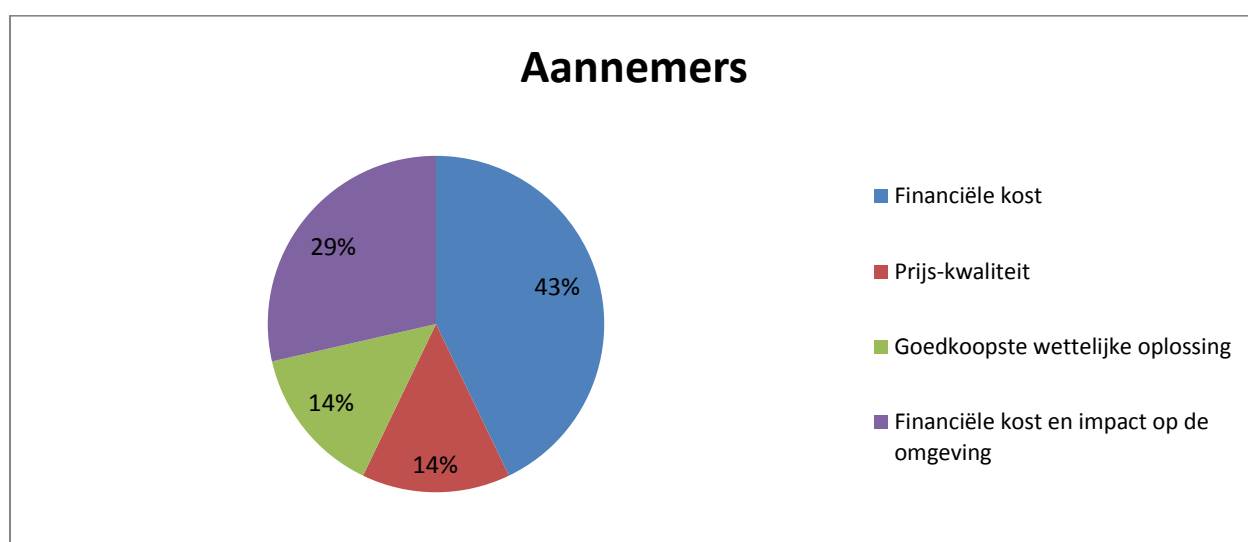
Het is belangrijk dat de onttrekkings- en infiltratiedebieten op voorhand gekend zijn zodat berekend kan worden hoeveel water te allen tijde moet kunnen worden opgevangen. Er moet een bepaalde reservecapaciteit voorzien zijn zodat ze niet overstromen bij regen.

Wanneer gewerkt wordt met waterkerende wanden, kunnen de sleuven dicht bij deze wanden worden uitgegraven. Is dit niet het geval dan moeten de sleuven op voldoende afstand geplaatst zodat het geïnfiltreerde water niet rechtstreeks terug in de bouwput stroomt.

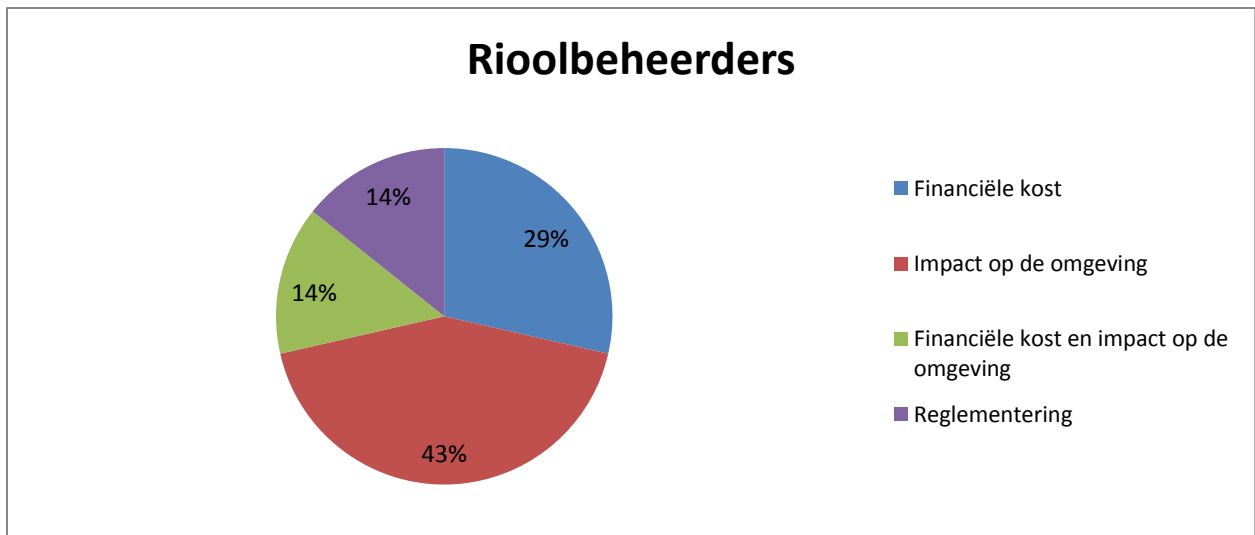
7.5 Resultaten enquête

Om een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling, werd een enquête opgesteld. Deze werd verstuurd naar aannemers, rioolbeheerder en bestuursleden van gemeentes. 14 reacties werden ontvangen en deze zijn gelijk verdeeld over de aannemers en rioolbeheerders. Beide groepen worden vertegenwoordigd via 7 deelnemers. De gecontacteerde bestuursleden van gemeentes gaven allen aan dat zij de werken uit handen geven. De verkregen antwoorden worden per groep geanalyseerd zodat een duidelijk beeld wordt gevormd over elke groep. De resultaten van de enquête zijn terug te vinden in Bijlage 2: Enquête.

7.5.1 Waarmee wordt het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater?



Figuur 36: Zaken waarmee aannemers rekening houden bij de keuze van de bemaling



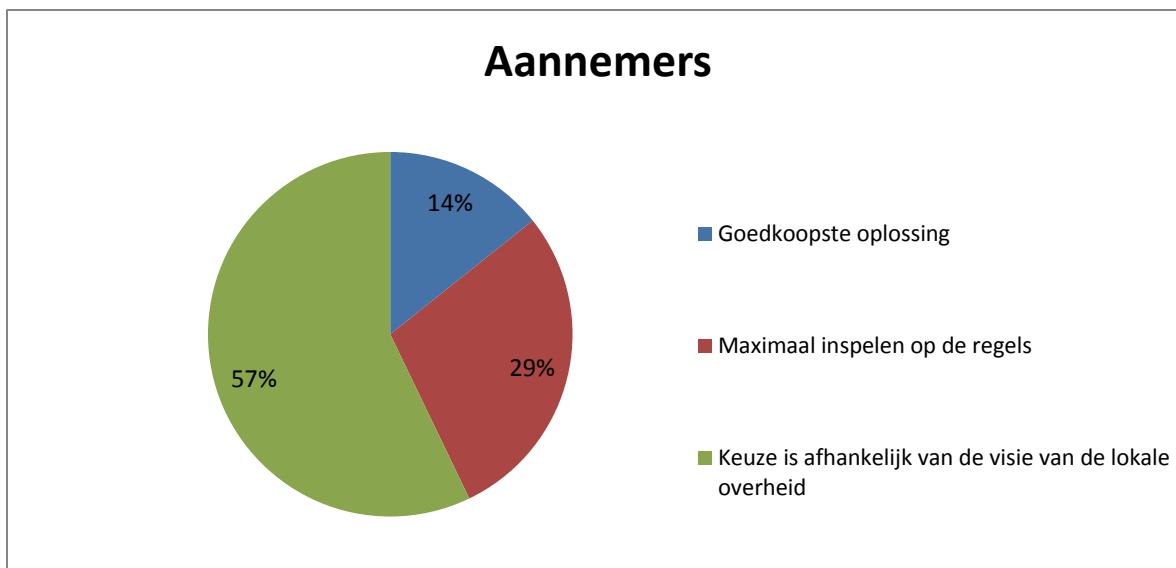
Figuur 37: Zaken waarmee rioolbeheerders rekening houden bij de keuze van de bemaling

Het is geen verrassing dat de financiële kost als belangrijkst wordt ervaren bij de aannemers. Het doel van een bedrijf blijft nog steeds winst maken en dus zullen aannemers al hun werken zo goedkoop mogelijk proberen uit te voeren en dus ook de minst dure oplossing voor de afvoer van het bemalingswater zullen toepassen.

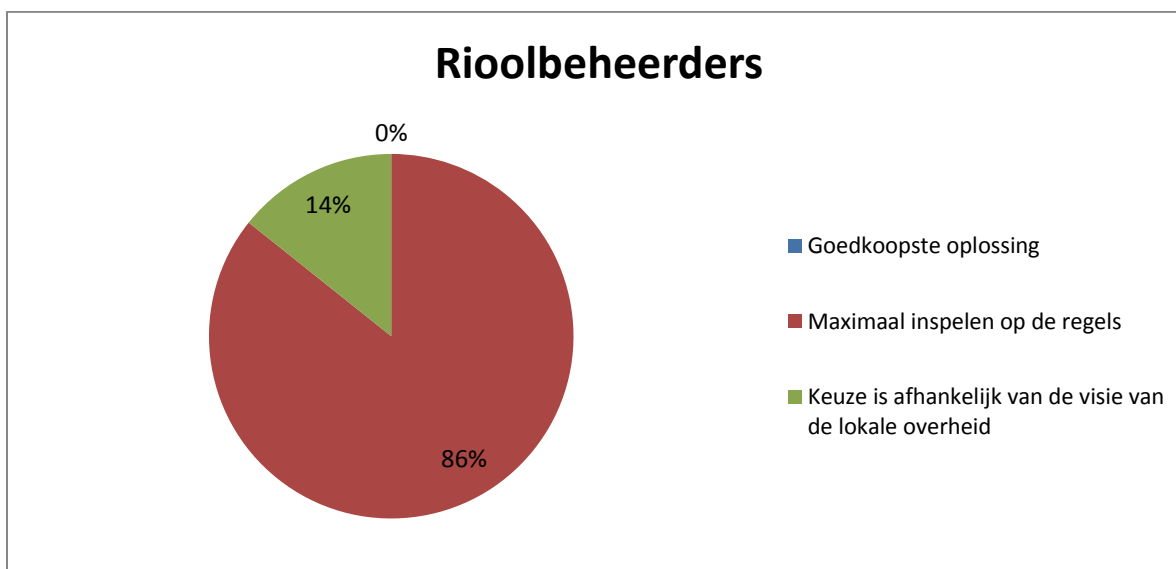
14 % van de ondervraagde aannemers geeft te kennen dat hoewel de kostprijs belangrijk is, ze alles volgens de wet willen doen en 29 % let op dat de omgeving niet te zeer nadelig wordt beïnvloed.

De kostprijs is ook bij de rioolbeheerders een belangrijke factor maar het merendeel van de rioolbeheerders kiest het afvoersysteem op basis van de impact op de omgeving. Enkelen onder hun kiezen op basis van de financiële kost en de impact op de omgeving.

7.5.2 In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken?



Figuur 38: Hoe gaan de aannemers om met de reglementering



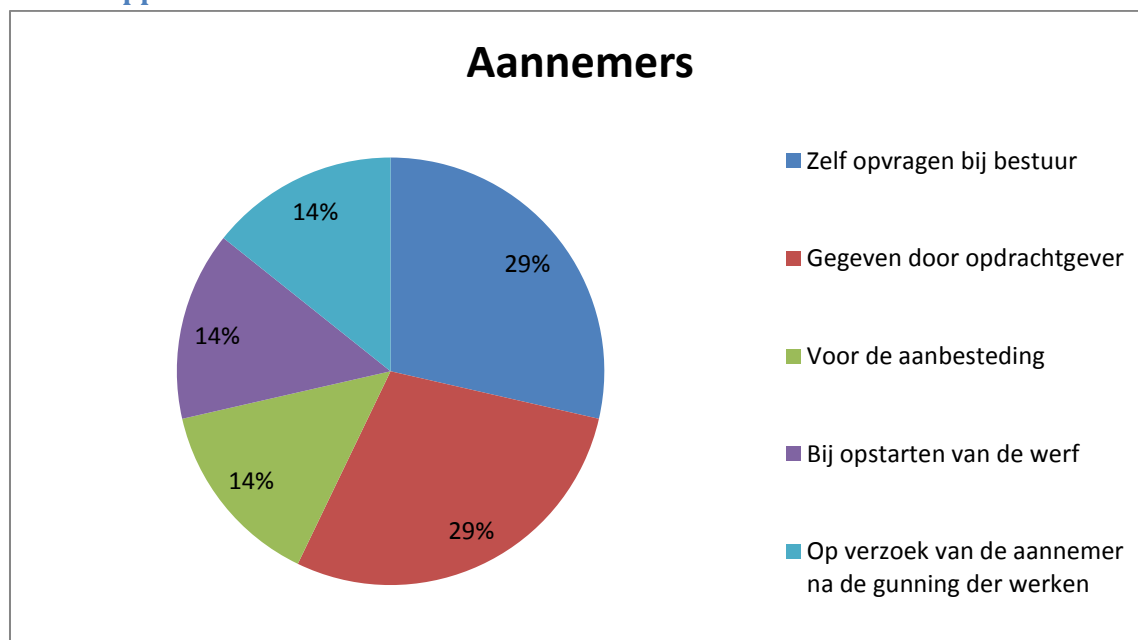
Figuur 39: Hoe gaan de rioolbeheerders om met de reglementering

De minderheid van de aannemers kiest altijd voor de goedkoopste oplossing, zelfs als deze niet wordt uitgevoerd volgens de geldende reglementering. Deze reglementering is opgesteld zodat duurzaam en correct wordt omgegaan met water en moet dus in principe worden toegepast. Wanneer aannemers van deze regels afwijken, lopen ze het risico een boete op te lopen maar ze zijn vermoedelijk bereidt dit risico te nemen wegens een gebrek aan controles. De meerderheid baseert hun keuze op basis van de visie van de lokale overheid. Wanneer dan toch een controle zou worden gedaan, kunnen ze, in geval van onregelmatigheden, de verantwoordelijkheid doorschuiven naar deze lokale overheid.

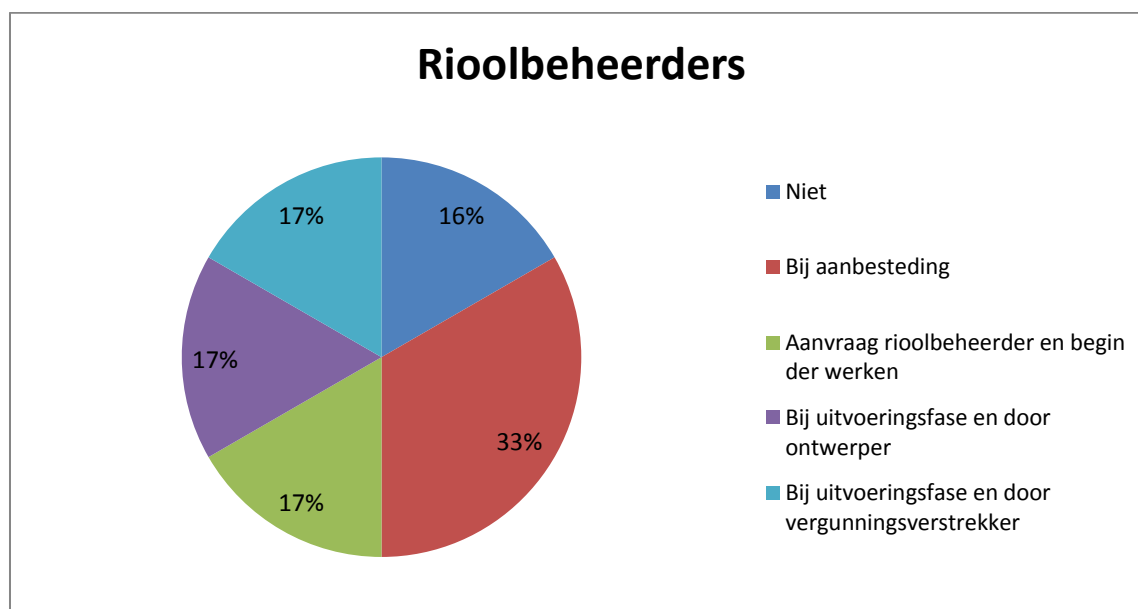
De rioolbeheerders denken duidelijk anders over deze kwestie. Hier laat slechts een kleine groep de keuze bepalen door de visie van de lokale overheid. De overgrote meerderheid zal altijd in de mate van het mogelijke de geldende reglementering volgen.

Dit is geen verrassing omdat de richtlijnen waarschijnlijk opgesteld zijn in samenwerking met rioolbeheerders en beheerders van zuiveringsinstallaties.

7.5.3 In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI?



Figuur 40: Wanneer en van wie verkrijgen aannemers de nodige informatie



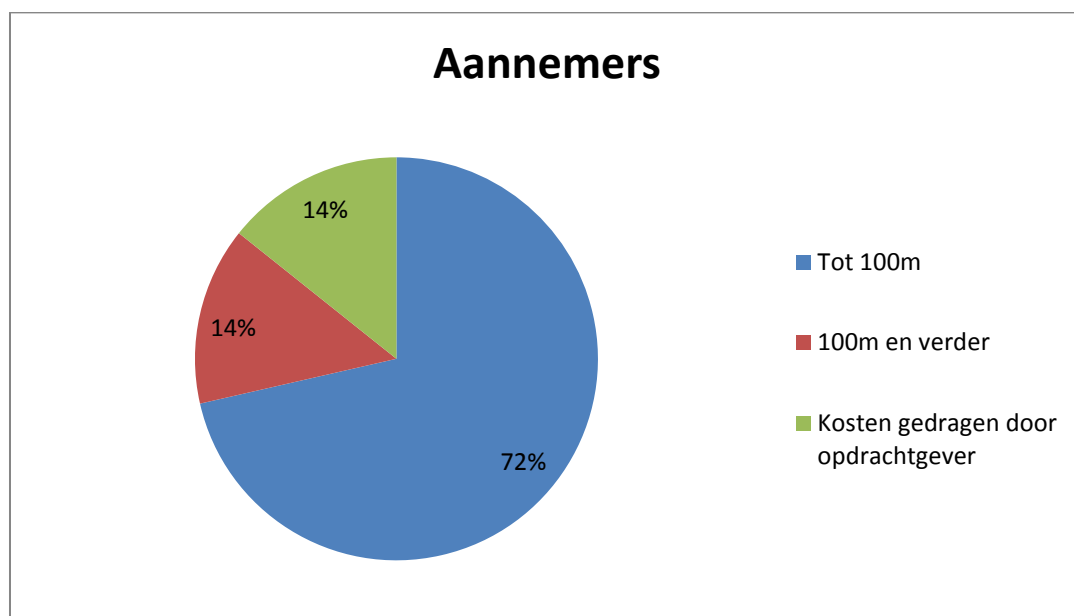
Figuur 41: Wanneer en van wie verkrijgen rioolbeheerders de nodige informatie

Slechts een aantal aannemers krijgen de noodzakelijke informatie in verband met de aanwezige infrastructuur voor de aanbesteding. Soms moeten ze de informatie zelf

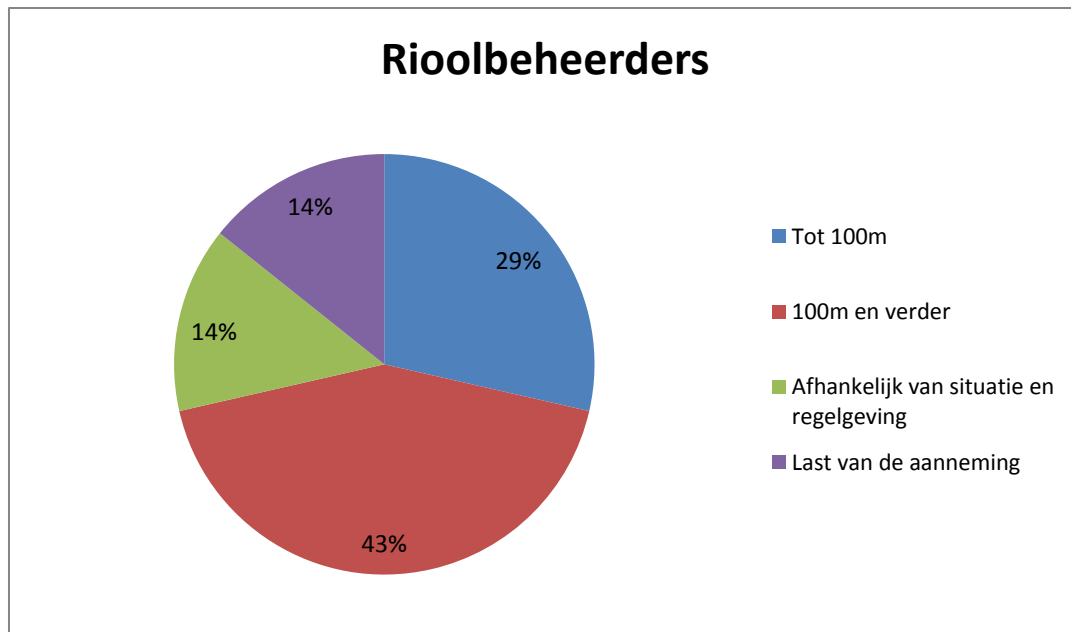
opvragen of krijgen ze deze pas bij de aanvang der werken terwijl het beter zou als de informatie bij de aanbesteding wordt gegeven. Zo weten aannemers waar ze aan toe zijn en kunnen ze reeds voorbereidingen treffen om de afvoer van het water zo correct mogelijk uit te voeren.

Bij de rioolbeheerders krijgt een grotere groep deze informatie al bij de aanbesteding. Dit vergemakkelijkt het werk het aanzienlijk. 34% van de ondervraagden verkrijgt de informatie in de uitvoeringsfase en kan dan pas de keuze maken op welke wijze het bemalingswater zal worden afgevoerd. Er is ook nog een kleine rioolbeheerders die de aannemers geen enkele informatie geven. Dit is uiteraard geen goede zaak voor de aannemers omdat zij hierdoor tijd en geld kunnen verliezen. Het zou dus voor alle partijen beter zijn, mocht deze informatie tijdig worden doorgespeeld.

7.5.4 Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren?



Figuur 42: Maximale afstand aannemers

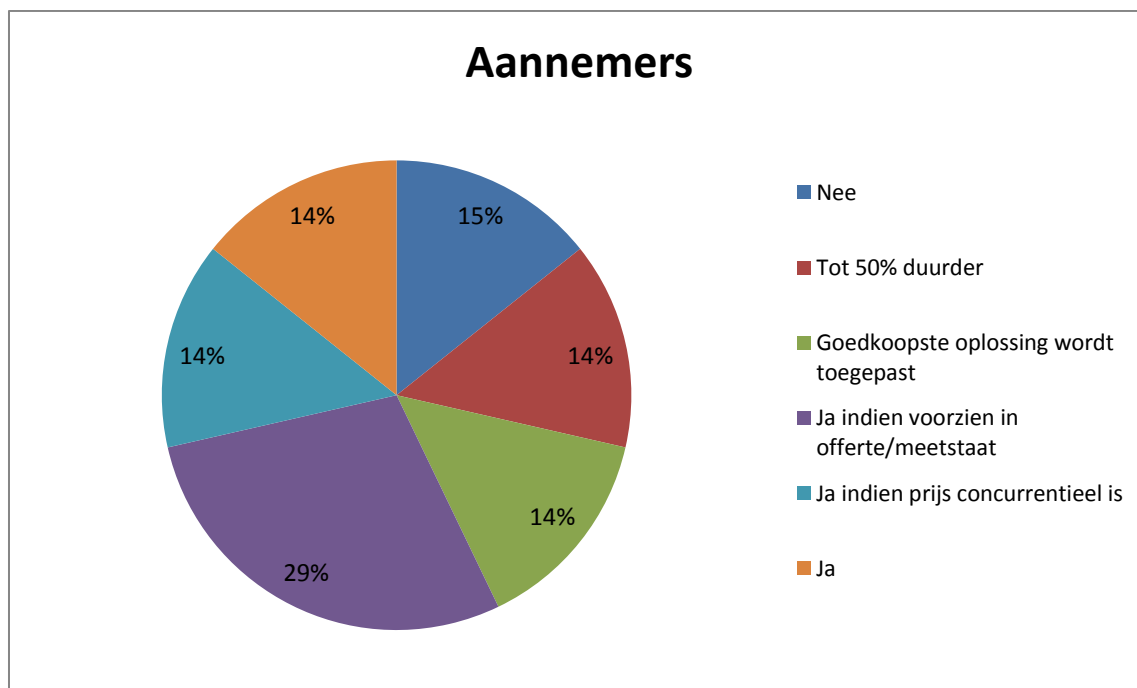


Figuur 43: Maximale afstand rioolbeheerders

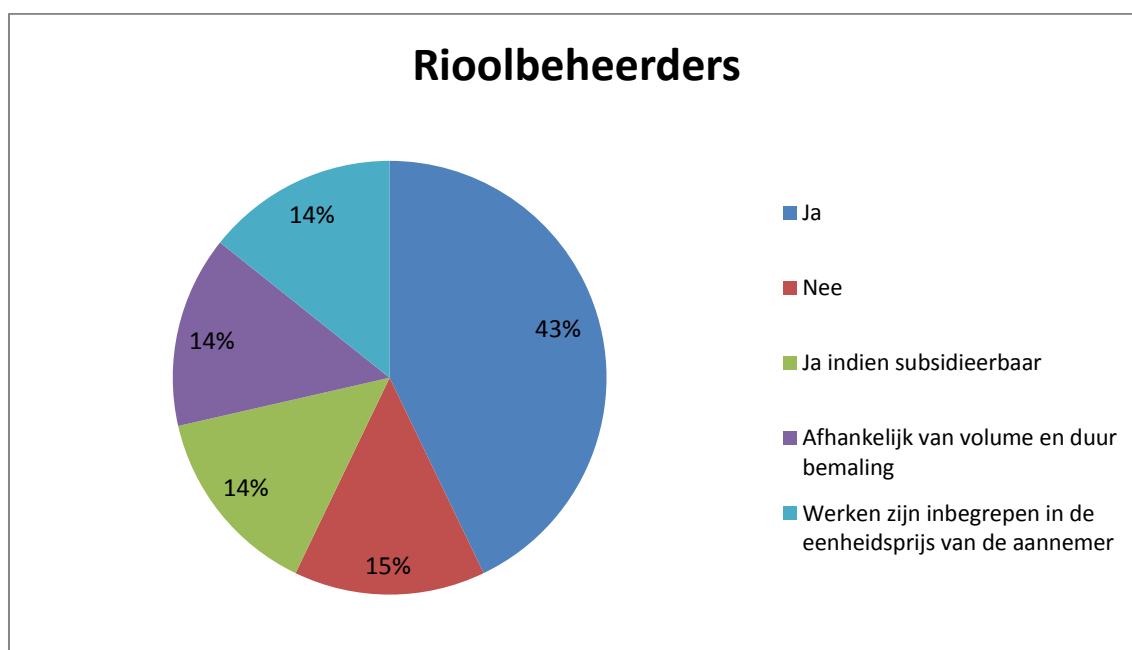
Bijna driekwart van ondervraagde aannemers is bereid tot een afstand van maar 100m een constructie op te stellen om het bemalingswater correct af te voeren. Ze kiezen om het water naar de riolering af te voeren wat in geval van een gescheiden riolering een goede keuze kan zijn. In geval van gemengde riolering betekent dit dat toestemming nodig is en een mogelijk heffing moet worden betaald. Als nadien blijkt dat een wat verder gelegen oppervlaktewater mits enige inspanning bereikt zou kunnen worden, heeft de aannemer er waarschijnlijk niet goed aan gedaan deze optie niet te bekijken. De kleinere groep die 100m en verder constructies of leidingen willen plaatsen, heeft het voordeel dat ze minder vaak een heffing zullen moeten betalen. Het overige gedeelte van de aannemers wil zo ver als toegelaten door de opdrachtgever lozen en deze zal eerder naar de kostprijs kijken dan naar het correct afvoeren.

Iets minder dan de helft van de rioolbeheerders beslist om verder dan 100m iets op te stellen om het water te lozen. Zij willen uiteraard zo weinig mogelijk bemalingswater in hun rioleringsstelsel als dit is aangesloten op een zuiveringsinstallatie. Toch valt op dat 29% van de rioolbeheerders 100m als limiet opgeeft. Een kleine groep laat het afvoeren over aan de aannemer, wiens keuze bovenstaand is besproken.

7.5.5 Als een correcte maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen?



Figuur 44: Voorwaarden van de aannemers voor de keuze van een nieuwe oplossing



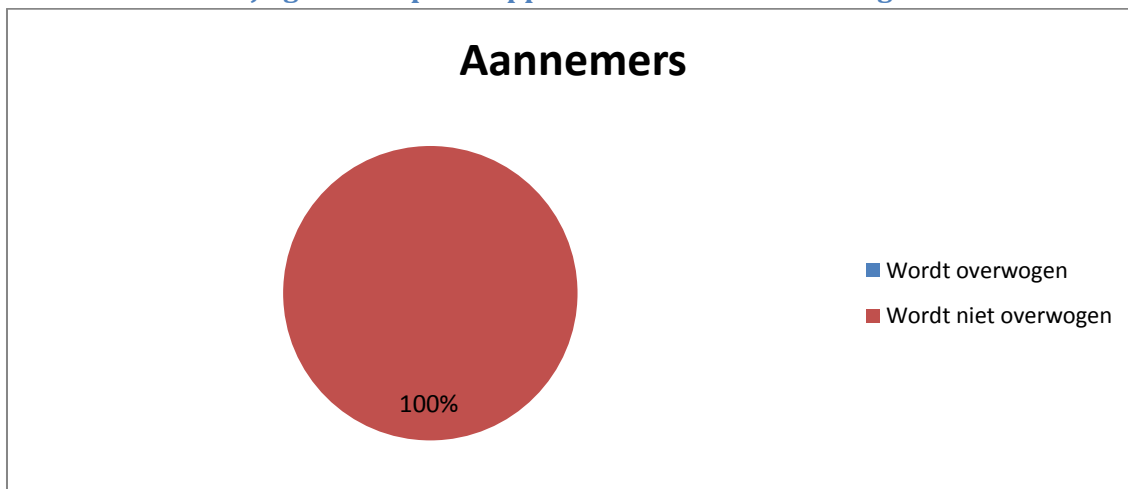
Figuur 45: Voorwaarden van de rioolbeheerders voor de keuze van een nieuwe oplossing

Op de vraag wat gedaan zou worden als een correcte, maar duurdere oplossing bestond, hebben de aannemers voornamelijk positief geantwoord, mits een aantal voorwaarden. Zo wil 29% de oplossing wel toepassen maar enkel als ze voorzien is in de offerte of meetstaat. Anderen willen het gebruiken zolang de prijs concurrentieel is terwijl een derde groep het wil gebruiken tot een meerprijs van 50%. Een kleine groep zou het

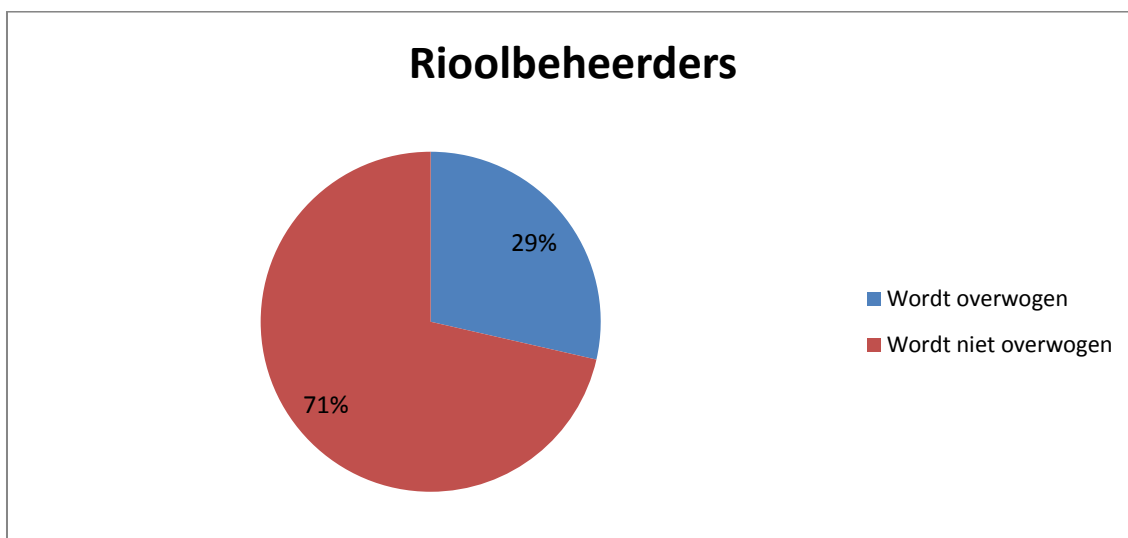
helemaal niet toepassen. De laatste groep past de goedkoopste oplossing toe waarmee het werk gedaan kan worden. De meeste antwoorden hebben dus te maken met de prijs. Dit is normaal aangezien het duurder zijn van de oplossing een nefaste invloed heeft op de omzet van de aannemers.

Het merendeel van de rioolbeheerders wil de oplossing gebruiken terwijl het voor een kleine groep een aanvaardbaar voorstel is als de oplossing subsidieerbaar is. Omdat de rioolbeheerders het water liever de terug de grond in zien gaan of afgevoerd zien worden naar een oppervlaktewater, willen ze deze financiële inspanning leveren.

7.5.6 In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering?



Figuur 46: Overweging van retourbemaling door aannemers



Figuur 47: Overweging van retourbemaling door rioolbeheerders

Het is opvallend dat geen enkele van de ondervraagde aannemers retourbemaling overweegt. In gebieden waar enkel gemengde riolering aanwezig, zou het toepassen van retourbemaling betekenen dat de aannemers de mogelijke heffingen niet moeten

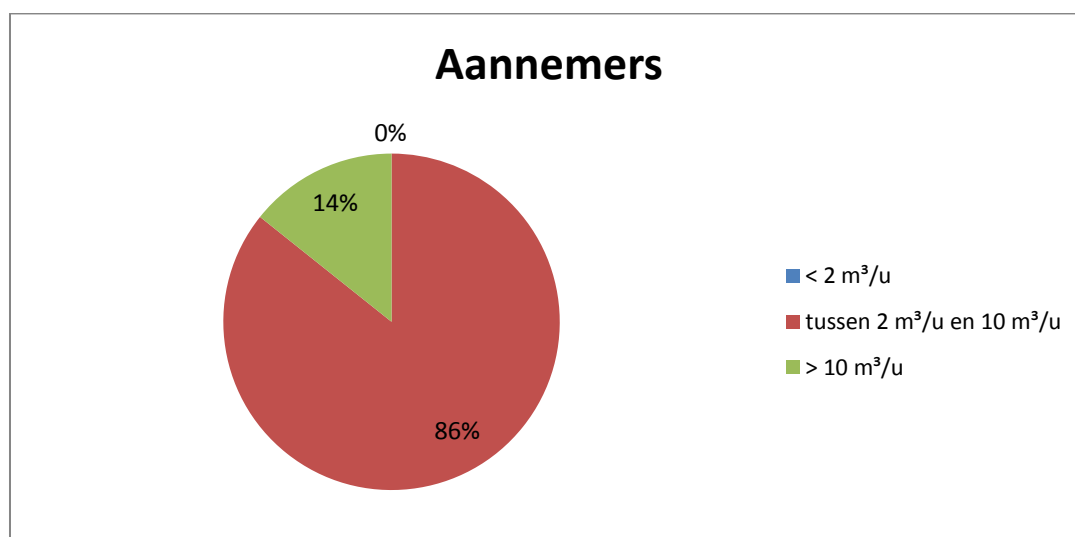
betalen. Ook om boetes te vermijden wanneer illegaal wordt geloosd, kan retourbemaling een oplossing zijn. Via retourbemaling wordt de verlaging van het grondwaterniveau beperkt wat niet alleen zorgt voor een verminderde kans op zettingen, ook groengebieden zijn gevoelig voor grondwaterverlagingen.

De rioolbeheerders delen de mening van de aannemers grotendeels. Dit is ietwat onverwacht aangezien toch gedacht zou worden dat de rioolbeheerders contact hebben met de beheerders van de waterzuiveringsstations die lozingen op de gemengde riolering proberen te beperken om de goede werking van het zuiveringsstation te kunnen garanderen. Anderzijds bekijkt toch een derde van de ondervraagden of een retourbemaling de oplossing kan zijn voor de afvoer. De gedachtegang van deze kleinere groep kan enkel toegejuicht worden in het kader van duurzaam waterbeheer.

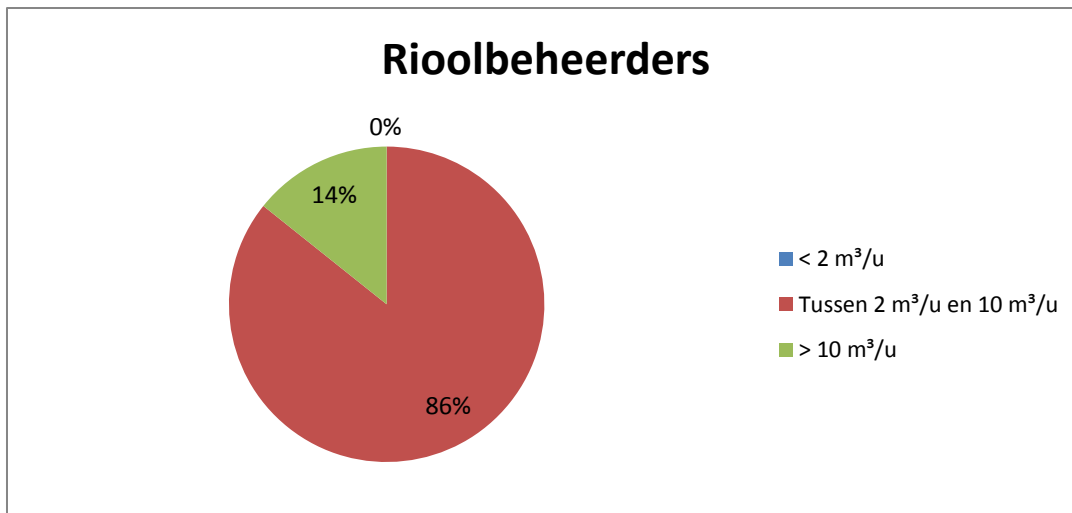
7.5.7 Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid?

Hoewel uit gesprekken vernomen werd dat het soms voorkomt dat een bemaling wordt geplaatst zonder onderzoek of deze noodzakelijk is, wordt door zowel alle aannemers als alle rioolbeheerders onderzocht of bemaling nodig is. Het is uiteraard een voordeel voor alle partijen als een bemaling overbodig blijkt. Enerzijds wordt op deze manier de kostprijs van de werken gedrukt en kunnen de werken onmiddellijk starten zonder dat gewacht moet worden tot men droog kan werken. Anderzijds betekent dit dat waarschijnlijk grondonderzoeken worden uitgevoerd waarvan de gegevens voor volgende bouwprojecten nog van pas kunnen komen.

7.5.8 Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing?



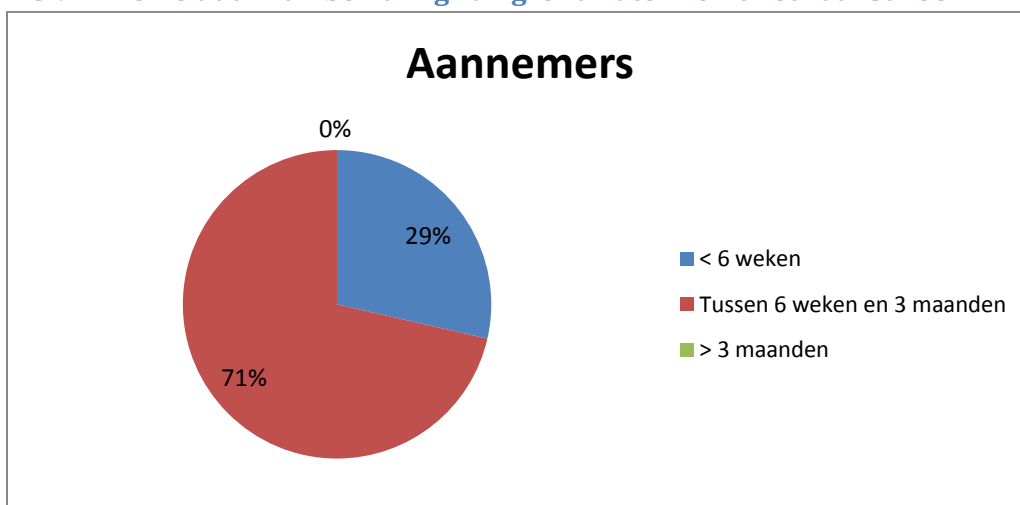
Figuur 48: Meest voorkomende debietklasse bij aannemers



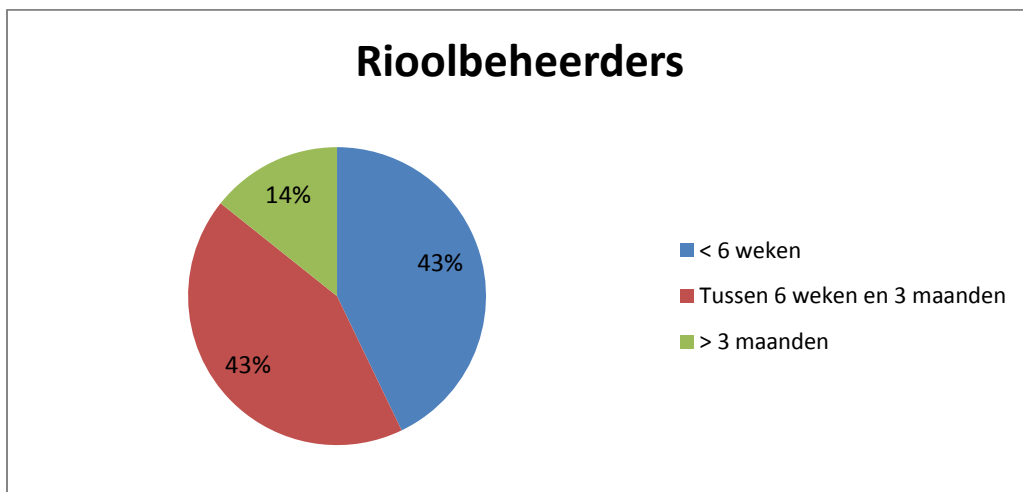
Figuur 49: Meest voorkomende debietklasse bij rioolbeheerders

Debieten kleiner dan 2 m³/u komen bij niemand van de ondervraagden voor. Hieruit kunnen we stellen dat debieten van deze ordegrootte zelden of nooit voorkomen. Bij beide groepen heeft amper 14% projecten gehad waarbij met debieten groter dan 10 m³/u wordt gewerkt. Het grootste deel van de bevroagden komt vaak debieten gelegen tussen 2 m³/u en 10 m³/u tegen. Dit kan erop wijzen dat zowel aannemers als rioolbeheerders nog niet aan grotere projecten heeft mee gewerkt. Hierbij kan verwezen worden naar de besproken case-study waar gewerkt werd met debieten groten dan 100 m³/u. Het hoeft evenwel niet te betekenen dat de aannemers, die gereageerd hebben op de enquête, enkel werkzaam zijn in de woningbouw. Bronbemalingen van woningbouw, met een maximale kelderoppervlakte van 150 m², zijn immers vrijgesteld van de heffing voor verontreiniging van het water. Dit is ook het geval voor projecten anders dan de woningbouw, op voorwaarde dat de bemaling niet langer duurt dan 6 maanden en niet meer dan 10 m³/u wordt onttrokken.

7.5.9 Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor?



Figuur 50: Bemalingsduur bij aannemers

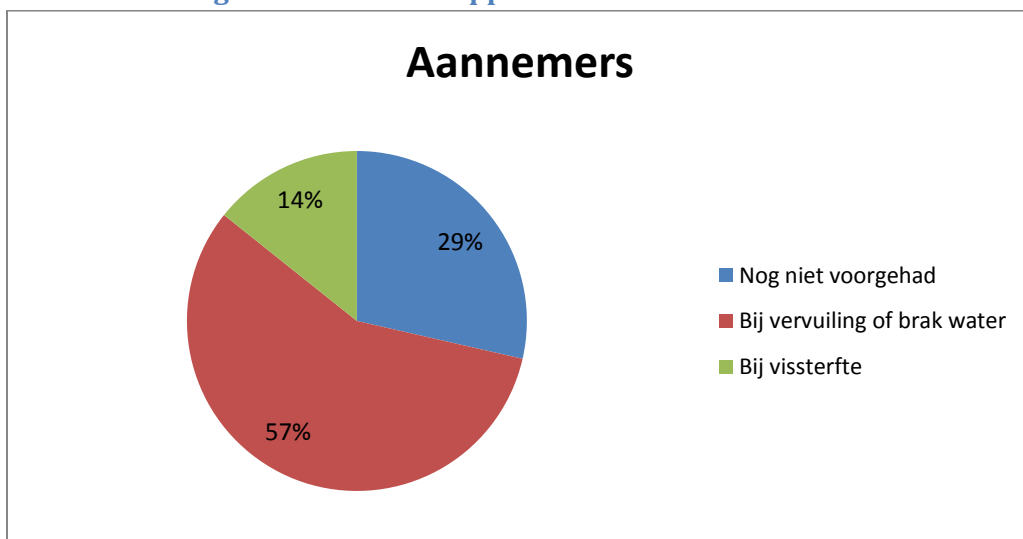


Figuur 51: Bemalingsduur bij rioolbeheerders

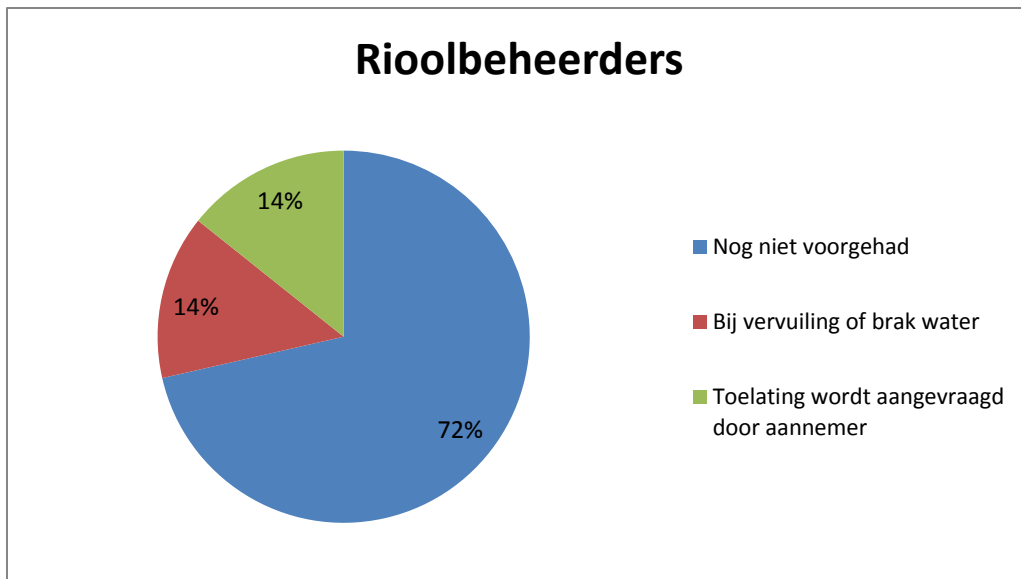
Bemalingen langer dan 3 maanden hebben de bevroagde aannemers tot nu toe nog niet moeten doen. Dit is goed mogelijk aangezien op de meeste werven de kelders binnen die periode opgetrokken zullen zijn. Uiteraard moet ook aan andere voorwaarden zoals het voorkomen van opdrijven, voldaan zijn.

Enkele rioolbeheerders hebben wel te maken gehad met bemalingen die langer duren dan 3 maanden. Dit is vermoedelijk geweest bij erg grote projecten. Het merendeel van de rioolbeheerders heeft, net zoals bij de aannemers, het meeste te maken gehad met een bemalingsduur van 6 weken tot 3 maanden.

7.5.10 Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater?



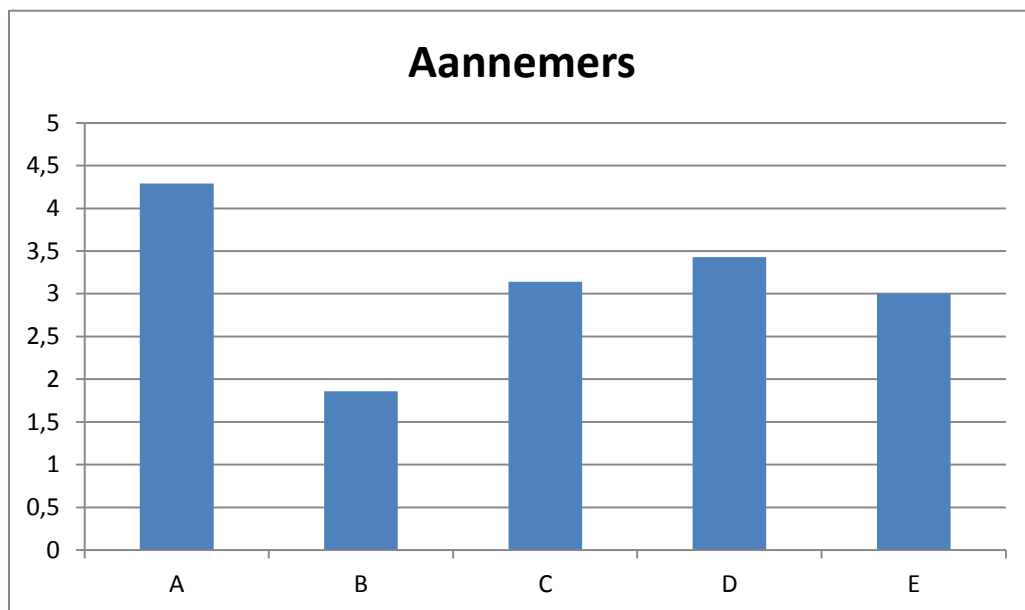
Figuur 52: Weigering om te bemalen bij aannemers



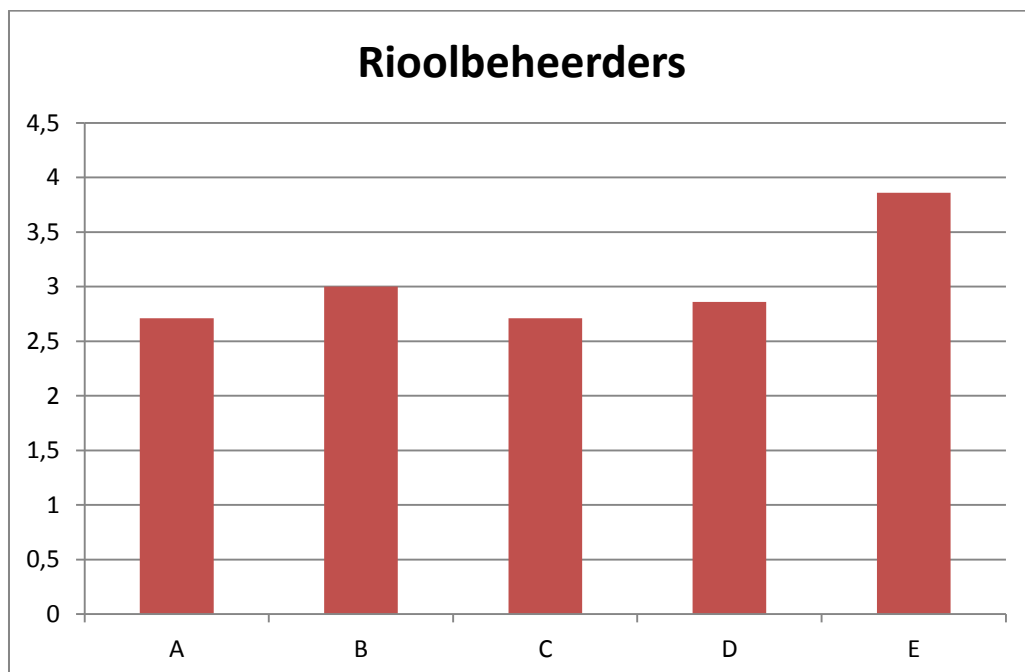
Figuur 53: Weigering om te bemalen bij rioolbeheerders

Een klein percentage aannemers heeft nog nooit een weigering gekregen om te lozen op een oppervlaktewater. Deze aannemers hebben waarschijnlijk het geluk om in hun werkzone te beschikken over onvervuild grondwater en hebben toevallig nog nooit buiten die zone gewerkt. Dit valt te besluiten uit het percentage aannemers dat het al ooit heeft mee gemaakt. Meer dan de helft van de aannemers is wel al eens vervuild water tegen gekomen of heeft werken uit moeten voeren in gebieden met brak water waardoor ze niet mochten lozen op een oppervlaktewater. De reden dat de laatste groep een weigering heeft gehad, was vissterfte. Dit was waarschijnlijk het gevolg van vervuild water.

7.5.11 Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5.



Figuur 54: Toegekende scores aan evacuatiemethodes door aannemers



Figuur 55: Toegekende scores aan evacuatiemethodes door rioolbeheerders

Voor de vraag werd nagegaan welke evacuatiemethodes van bemalingswater door de verschillende groepen worden gebruikt. Vijf verschillende mogelijkheden werden voorgesteld:

- A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is
- B. Retourbemaling indien mogelijk
- C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater
- D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering
- E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken

Per deelgroep werd het gemiddelde berekend. Hier wordt bij de aannemers bevestigd dat, zoals in een voorgaande vraag duidelijk werd, bijna iedereen onderzoek doet of een bemaling nodig is. Dat retourbemaling de minst overwogen optie is, wordt hier eveneens bevestigd. De scores van de opties C, D en E liggen dicht bij elkaar maar de aannemers verkiezen optie E, lozen op een gemengde riolering, toch als laatste mogelijkheid.

Opvallend bij de rioolbeheerders is de meest gekozen optie E. Hoewel zij bereid zijn om meer inspanningen te leveren om het water naar verder weg gelegen oppervlaktewater of gemengde riolering te leiden, blijken ze lozing op de gemengde riolering toch het vaakst toe te passen. Dat retourbemaling op de tweede plaats komt bij de rioolbeheerders, is eveneens opmerkelijk als dit vergeleken wordt met hun antwoord dat retourbemaling niet vaak wordt overwogen.

7.5.12 Conclusie enquête

Uit de enquête blijkt dat geld een belangrijke rol speelt op vlak van bemaling. Veel aannemers vinden de kostprijs van de afvoermethode van groter belang dan de reglementering of de impact ervan. Op deze wijze redeneren de aannemers eveneens wanneer een nieuwe methode wordt voorgesteld. Deze toepassen is een mogelijkheid voor hun, op voorwaarde dat het niet te duur is en nog steeds concurrentieel of het moet voorzien zijn in de offerte. Veel aannemers zien het niet zitten om constructies langer dan 100m op te stellen om het bemalingswater af te voeren. De oorzaak hiervoor kan de kostprijs van het extra materiaal dat gehuurd of aangekocht moet worden.

Bij de rioolbeheerders is een duidelijk verschil merkbaar. Geld blijft een grote rol spelen maar de impact en de reglementering zijn zeker zo belangrijk. Waar de aannemers een nieuwe methode onder bepaalde voorwaarden wel zouden toepassen, willen de rioolbeheerders een nieuwe methode toepassen ongeacht de kosten. Afstanden langer dan 100m overbruggen om het water correct te lozen, vormt voor rioolbeheerders een minder groot probleem dan voor de aannemers.

Opvallend is het bijna niet overwegen van retourbemaling door beide groepen. Het water terug in de grond brengen, heeft tot gevolg dat het water niet meer afgevoerd moet worden en dat de mogelijke heffing voor het eventueel lozen op een gemengde riolering, betaald moet worden.

Aannemers moeten in veel gevallen zelf zorgen dat ze aan de benodigde informatie komen of verkrijgen deze pas bij de start der werken. Het zou voor de aannemers gemakkelijker werken zijn, mochten zij eerder over deze informatie beschikken. Op die manier kunnen ze bekijken of ze de nodige materialen hebben en kunnen verschillende afvoermogelijkheden geëvalueerd worden. Indien nodig kunnen ze dan al contact opnemen met de betrokken rioolbeheerders om toestemming te krijgen voor het lozen op gemengde riolering. Een grotere groep rioolbeheerders zorgt dat de informatie al bij de aanbesteding bij de aannemers is toegekomen maar ook hier wordt de informatie vaak pas verworven tijdens de uitvoeringsfase.

7.6 Conclusie

Bemalingswater afvoeren in een stedelijk gebied kan voor moeilijkheden zorgen. Het project kan gesitueerd zijn in een gebied waar oppervlaktewateren amper aanwezig zijn, retourbemaling geen optie is en nog geen gescheiden riolering is gelegd. Het is weinig waarschijnlijk dat er veel stedelijke gebieden zijn waar deze drie zaken gelijktijdig voorkomen. Er is dan nog steeds een vierde mogelijkheid, lozen in een gemengde riolering. Afhankelijk van de eigenschappen van het project moet al dan niet een heffing voor waterverontreiniging betaald worden. Deze kan, zoals besproken, oplopen tot een serieus bedrag dat niet binnen het vooropgestelde budget valt. Indien een lozingsplaats, zoals een oppervlaktewater of een gescheiden riolering, toch in de buurt ligt, loont het voor de aannemers de moeite deze optie te bekijken. Door het water op deze manier af te voeren, kan een serieuze besparing door het vermijden van de mogelijke heffing. Het bereiken van het oppervlaktewater of de gescheiden riolering is, afhankelijk van de omgeving, een heikel punt. Loopt de afvoerweg geheel langs wegen waarop geen straten of opritten van woningen uitkomen, kan een leiding gelegd worden tot aan de lozingsplaats op voorwaarde dat de beschikbare ruimte voor voetgangers en fietsers niet volledig wordt ingepalmd. Is dit niet het geval dan zal de leiding waarschijnlijk voor hinder zorgen. Deze hinder moet te allen tijden beperkt worden. Hiervoor kunnen de verschillende technieken zoals steigers, drempels en inwerken in de weg gebruikt worden.

De voorgestelde nieuwe methodes zijn theoretisch werkbaar, vooral de retourbemaling via open sleuven. Wanneer retourbemaling niet kan worden toegepast, is deze methode uiteraard geen optie. Kan retourbemaling wel worden gebruikt, biedt deze methode het voordeel dat het niet nodig is een aansluiting te voorzien voor elke retourfilter. Het water kan in de sleuf worden gepompt waarna het in de filters loopt.

De tweede methode is moeilijk toepasbaar dan de eerste. Eerst en vooral is voldoende plaats nodig op de werf om de wagens gezet te krijgen. Het grote probleem zal, zoals in veel gevallen, de kostprijs zijn. De huur van de wagens gedurende de bemaling zal waarschijnlijk een bedrag zijn dat niet veel aannemers willen betalen. Toch kan met deze methode het water veel verder worden afgevoerd dan met een constructie van steigers en leidingen. Dus zou deze oplossing geschikt zijn voor gebieden waar een oppervlaktewater niet nabijgelegen is en nog geen gescheiden riolering aanwezig is.

Belangrijk is dat bemaling niet zomaar geplaatst worden om zeker te zijn dat de bouwput droogt blijft, maar dat 100% van de ondervraagden aangeeft dat onderzoek wordt gedaan naar de noodzakelijkheid van de bemaling.

Retourbemaling blijkt in de praktijk niet vaak te worden toegepast. Deze methode laat nochtans toe dat het bemalingswater terug de grond in wordt gebracht, zoals voorgeschreven in Vlare I, en het water hoeft dus niet afgevoerd te worden via hinderende constructies. Ook hoeft geen heffing betaald te worden voor de lozing op een gemengde riolering die aansluit op een waterzuiveringsinstallatie. Omdat retourbemaling in veel gevallen niet eens als mogelijkheid wordt bekeken, moet gedacht worden aan een campagne om retourbemaling populairder te maken. Het liefst van al wordt geloosd op de gemengde riolering, wat onder de juiste voorwaarden kan worden gerechtvaardigd, maar dit is geen duurzame omgang met water. De prijs en de plaatsingstijd van de retourbemaling spelen waarschijnlijk een grote rol in het niet overwegen van de retourbemaling. Lozen op de gemengd riolering kan al vanaf de onttrekkingsputten en de

pompen zijn geïnstalleerd. Er hoeft nog enkel een leiding naar de dichtstbijzijnde afvoer naar de riolering gelegd te worden en het pompen kan beginnen.

De regelgeving omtrent debietmeters wordt niet strikt gevolgd. Deze meters zijn tegenwoordig verplicht op alle installaties, met uitzondering van een paar gevallen. De meters zijn in sommige gevallen niet aangesloten of blijken defect te zijn en het periodiek bijhouden van de debieten, gebeurt ook niet. Als duurzaam met water wilt worden omgegaan, is het van belang dat dit wel gebeurt zodat de opgepompte hoeveelheden gekend zijn. Op deze manier kunnen eventuele maatregelen genomen worden voor meer en strengere controles want water wordt een schaars product.

Uit de enquête kan besloten worden dat geld een vaak aangehaalde factor is. Inspanningen en dus meer kosten, om het water verder af te voeren of om nieuwe methodes te gebruiken, worden gedaan op voorwaarde dat de kosten zijn ingecalculeerd of dat subsidies worden ontvangen. Dit laatste is, indien er een budget voor kan worden opgemaakt, een manier om aannemers erop te wijzen dat lozen op de gemengde riolering de laatste keuze moet zijn, zeker in het kader van duurzaam waterbeheer. Uiteindelijk mag het geld niet de drijfveer zijn voor het toepassen van een betere methode, maar zo zit de bedrijfswereld in elkaar.

8 Bibliografie

- [1] F. D. Smedt, Grondmechanica, Vrije Universiteit Brussel, 2005.
- [2] P. Meireman, *Cursus Geotechniek 2*.
- [3] i. Y. Meyus, „Stoftransportmodel invloed bemaling spaarbekken Vorst,” AGT nv, Aartselaar, November 2011.
- [4] A. v. Es, „Krimpgedrag van klei,” Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, maart 1990.
- [5] A. Molenaar, „Hoofdstuk 1: Classificatie van grond, vocht en vorst in de bodem,” in *Geometrisch en constructief ontwerp van wegen en spoorwegen*, Technische Universiteit Delft, Augustus 2003, p. 31.
- [6] C.-S. T. e. al., „Experimental characterization of shrinkage and desiccation cracking in thin clay layer,” 4 februari 2011. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com.bib-proxy.uhasselt.be/science/article/pii/S0169131711000536>.
- [7] M. K. e. al., „In situ characterization of land reclaimed using big clay lumps,” Canada, 2004.
- [8] A. J. P. e. al., „Swell and shrinkage characterizations of unsaturated expansive clays from Texas,” 2013.
- [9] W. Bemalingen, „Richtlijn Bemalingen,” WTCB, September 2009.
- [10] A. Verruijt, Grondmechanica, Technische Universiteit Delft, 2001.
- [11] J. A. Charles, Geotechnics for Building professionals, Ihs Bre Press, januari 2005.
- [12] M. A. e. al., „Caracterisation au laboratoire de la sensibilité au retrait-gonflement des sols argileux,” 2007.
- [13] S. L. R. M. Vincent, „Suivi expérimental des profils hydriques et des déplacements verticaux dans des sols argileux sujets au phénomène de retrait-gonflement,” 2007.
- [14] M. Woestenberg, Waarheen met het veen, Landwerk, 2009.
- [15] A. Richard, „Gemeentelijk bestrijdingsplan tegen overstromingen,” Augustus 2012.
- [16] Titel I van het VLAREM, 2013.
- [17] Titel II van het VLAREM, 2013.
- [18] „Wettelijk kader voor waterwinning,” [Online]. Available: <http://www.pbv.be/waterwinning-waterputboring/wetgeving-waterwinning/>.

- [19] „Celis putboringen,” [Online]. Available: <http://www.celis-watertech.be/putboringen/wetgeving>. [Geopend 2014].
- [20] „Aquafin,” [Online]. Available: <http://www.aquafin.be>.
- [21] G. Kerkhofs, „Bronbemaling of oppompen grondwater verplicht melden,” februari 2012.
- [22] W. F. e. al, „Waterwegwijzer bouwen en verbouwen,” Vlaamse Milieumaatschappij, 2014.
- [23] V. Milieumaatschappij, „Heffingen,” [Online]. Available: <http://www.heffingen.be>.
- [24] SIKB, „Bronbemalingen,” [Online]. Available: <http://www.bronbemalen.nl>. [Geopend 2014].
- [25] i. Y. Meyus, „Kattendijkdok Oostkaai,” ATG, Aartselaar, 2012.
- [26] R. Geens, „Artesis campus noord,” Willemen, Mechelen, 2013.

9 Bijlage 1: Voorbeeld zettingsberekening

Uitgaande van de grondopbouw in Figuur 56. Kunnen we een zettingsberekening toepassen. In het eerste geval staat het water tot aan het maaiveld, in het tweede geval is het grondwater verlaagd tot 20m onder het maaiveld. Dit zorgt voor een zetting die we met behulp van Vergelijking 6 kunnen berekenen.

De waarden voor de spanningen zijn berekend op basis van de volumegewichten gegeven in Figuur 56. De waarden voor α in Tabel 10 komen uit bijlage D van de richtlijn bemalingen van het WTCB [9].

diepte (m)	
0	Klei $\gamma_d = 17 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_u = 17 \text{ kN/m}^3$
5	
10	Leem $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_u = 18 \text{ kN/m}^3$
15	Zand $\gamma_d = 17 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_u = 19 \text{ kN/m}^3$
20	Veen $\gamma_d = 12 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_u = 12 \text{ kN/m}^3$

Figuur 56: Grondopbouw

Laag	Type grond	Dikte laag (m)	Diepte middelpunt (m)	$\sigma'1$ (kPa)	$\sigma'2$ (kPa)	q_c (MPa)	α	C_i	Δz (mm)
1	Klei	5	2,5	17,5	42,5	1	3,0	0,171	25,88
2	Leem	5	7,5	55	130	2	2,0	0,073	59,14
3	Zand	5	12,5	97,5	217,5	10	5,0	0,513	7,82
4	Veen	5	17,5	125	290	1	1,5	0,012	350,65

Som: 443,49

Tabel 10

Zoals blijkt uit Tabel 10 zet de veenlaag het meeste omdat in deze laag het meeste water zit. Bij een bronbemaling van 20m diep zal de veenlaag inklinken en zal er een grote verticale volumevermindering plaatsvinden. Deze volumevermindering houdt meer dan 75% van de totale zetting in! Daarnaast kan opgemerkt worden dat de leem- en kleilaag ook een grotere zetting vertonen in vergelijking met de zandlaag.

10 Bijlage 2: Enquête

1/2

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling.
Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
- ☒ Rioolbeheerder
- ☐ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☒ Financiële kost
- ☐ Impact op de omgeving
- ☐ Anders:

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
- ☒ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
- ☐ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

UITVOERINGSFASE - ONTWERPER LEVERT
DEZE INFO AAN IKV VAN ZIJN OPDRACHT
ALS LEIDEND AMBTENAAR

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A5 B2 C4 D3 E1

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☐ Tussen 2 en 10 m³/u
☒ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☐ < 6 weken
☒ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☐ 100m
☐ Verder

☒ Anders: VOLLEDIG AFHANKELIJK VAN SITUATIE EN TOEGEPASSELIJKE REGELGEVING

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☐ Ja
☐ Nee

☒ Anders: SB250 - RIOLERINGSWERKEN IS DE BEMALING BEGREPEN IN DE DOOR DE AANNEMER OPgegeven EENHEIDSPRIJS VOOR HET REALISEREN EN INSTANDHOUDEN VAN DE RIOLERINGSSLEUF.

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☒ Retourbemaling wordt overwogen
☐ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

TOT HIERTOE NIET MEEGEMAANT

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling.
Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
☒ Rioolbeheerder
☐ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☐ Financiële kost
☒ Impact op de omgeving

☐ Anders:

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
☒ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
☐ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Aanbesteding

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A5 B1 C3 D2 E4

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☒ < 6 weken
☐ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☐ 100m
☒ Verder
☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☒ Ja
☐ Nee
☐ Anders:

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

Ja indien bemalingswater verontreinigd is.

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling.
Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
☒ Rioolbeheerder
☐ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☐ Financiële kost
☒ Impact op de omgeving
☐ Anders:

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
☒ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
☐ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Bezoek

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A5
 B1
 C3
 D5
 E3

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☒ < 6 weken
☐ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☒ 100m
☐ Verder
☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☐ Ja
☒ Nee
☐ Anders:

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

nee geen weigering meegemaakt

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling. Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
- ☐ Rioolbeheerder
- ☒ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☐ Financiële kost
- ☐ Impact op de omgeving
- ☒ Anders: Resultaat met prijskwaliteit

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
- ☒ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
- ☐ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Voor aanbesteding

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A5 B1 C4 D5 E1

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☐ Tussen 2 en 10 m³/u
☒ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☐ < 6 weken
☒ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☒ 100m
☐ Verder
☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☐ Ja
☐ Nee
☒ Anders: Concurrentie prijs

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een wervt wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

Nee door een verbod t.g.v. eventuele mogelijkheid tot
verstoring

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling.
Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
☒ Rioolbeheerder
☐ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☒ Financiële kost
☐ Impact op de omgeving
☐ Anders:

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
☐ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
☒ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Op vraag van rioolbeheerder, meestal by begin der werken.

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A1
 B4
 C2
 D2
 E5

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☐ < 6 weken
☒ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☐ 100m
☒ Verder

☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

☒ Ja

☐ Nee

☐ Anders:

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

☒ Er wordt onderzoek gedaan

☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

GEEN ERVARING

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling. Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
☒ Rioolbeheerder
☐ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☐ Financiële kost
☒ Impact op de omgeving
☐ Anders:

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
☒ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
☐ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Bij AANBESTEDING VIA BESTEK DER
WERKEN

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A1 - B4 - C2 - D3 - E5

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☒ < 6 weken
☐ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☐ 100m
☒ Verder

☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☐ Ja
☐ Nee

☒ Anders: AFHANKELIJK VAN DE DUUR EN HET TOTAAL OPGEPOMPT WATER

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

TOELATING W AANGEVRAAGD DE AANNEMER.
 VIA STEDENBOUWKUNDIGE VERGUNNING
 W ER IN ONTWERPFASE SOMS WEL AL
 BIJZONDERE VOORWAARDEN OPGELEGD VOR DE
 EVENTUEEL NOODZAKELIJKE BRONBEMALING.

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling.
Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
- ☒ Rioolbeheerder
- ☐ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☒ Financiële kost
- ☒ Impact op de omgeving

☐ Anders:

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
- ☒ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
- ☐ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Uitvoering/Vergunningverstrekker

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A.1 B.4 C.3 D.2 E.5

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☐ < 6 weken
☒ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☒ 100m
☐ Verder

☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☐ Ja
☐ Nee
☒ Anders: Indien subsidieerbaar

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☒ Retourbemaling wordt overwogen
☐ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

Nee

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling. Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
☒ Rioolbeheerder
☐ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☐ Financiële kost
☐ Impact op de omgeving

☒ Anders: reglementering

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
☒ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
☐ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

niet

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A 1
 C 2
 D 3
 E 4
 B 5

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☐ < 6 weken
☐ Tussen 6 weken en 3 maanden
☒ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☐ 100m
☐ Verder

☒ Anders: Is last van darning

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

☒ Ja

☐ Nee

☐ Anders:

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werv wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

Nog niet voorgehad op mijn projecten.

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling. Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
- ☐ Rioolbeheerder
- ☒ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☒ Financiële kost
- ☒ Impact op de omgeving
- ☒ Anders: *technische haalbaarheid / impact op omringende woningen*

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
- ☐ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
- ☒ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Na gunning werken - tijdens (coördinatievergadering) en op uitdrukkelijk verzoek van de aannemer (indien hij hierom verzoekt).

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A.4 B.1 C.3 D.3 E.3

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☐ < 6 weken
☒ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☒ 100m
☐ Verder
☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☐ Ja
☒ Nee
☐ Anders:

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riotering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werv wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

Nee, nog geen weigering meegemaakt.

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling.
Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
- ☐ Rioolbeheerder
- ☒ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☒ Financiële kost
- ☐ Impact op de omgeving
- ☐ Anders:

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☒ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
- ☐ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
- ☐ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Opdrachtgever

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A1, B2, C3, D4, E5

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☒ < 6 weken
☐ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☒ 100m
☐ Verder
☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☒ Ja
☐ Nee
☐ Anders:

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

Ja

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling. Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
- ☐ Rioolbeheerder
- ☒ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☐ Financiële kost
- ☐ Impact op de omgeving
- ☒ Anders: *De goedkoopste oplossing die wettelijk aanvaardbaar is*

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
- ☐ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
- ☒ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Bij gunning dienen we zelf op te vragen bij bestuurs

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A5, B2, C3, D3, E3

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ $< 2 \text{ m}^3/\text{u}$
☒ Tussen 2 en $10 \text{ m}^3/\text{u}$
☐ $> 10 \text{ m}^3/\text{u}$

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☐ < 6 weken
☒ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☒ 100m
☐ Verder

☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☐ Ja
☐ Nee

☒ Anders: De goedkoopste correcte oplossing is de oplossing

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

Zelden weigering.
 Reeds voorgehad toen bemalingswater
 brak = zout was

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling.
Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
- ☐ Rioolbeheerder
- ☒ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☒ Financiële kost
- ☐ Impact op de omgeving
- ☐ Anders:

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
- ☐ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
- ☒ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Opdrachtgever

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A5 B4 C3 D2 E4

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☒ < 6 weken
☐ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☐ 100m
☐ Verder

☒ Anders: *Kosten gedragen door opdrachtgever*

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☐ Ja
☐ Nee

☒ Anders: *Voorzien in offerte*

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werv wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

Ja als het grondwater niet zuiver is

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling.
Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
☐ Rioolbeheerder
☒ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☒ Financiële kost
☐ Impact op de omgeving
☐ Anders:

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
☐ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
☒ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

Bij opstarten van de werf

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A 5
 B 2
 C 3
 D 4
 E 1

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☐ < 6 weken
☒ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☒ 100m
☐ Verder

☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☐ Ja
☐ Nee

☒ Anders: Tot 50% duurder

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werv wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

Zelden enkel probleem als er vervuiling aanwezig is, of zout aan de kust.

Enquête bronbemaling

Deze enquête bestaat er in een beter inzicht te verkrijgen van het bewustzijn in de preventie van financiële en ecologische kostprijs in verband met bronbemaling.
Deze enquête wordt volledig anoniem behandeld.

*Vereist

Welke functie oefent u uit? *

- ☐ Bestuurslid
- ☐ Rioolbeheerder
- ☒ Aannemer

Waarmee wordt er het meeste rekening gehouden bij de keuze van de afvoer van bemalingswater? *

- ☒ Financiële kost
- ☐ Impact op de omgeving
- ☒ Anders: BESCHIKBARE MOGELIJKHEDEN

In welke mate bent u zich bewust van de geldende reglementering aangaande tijdelijke grondwaterbemalingen in het kader van bouwwerken? *

- ☐ U gaat uit van de goedkoopste oplossing, zonder meer
- ☒ U speelt maximaal in op de regels, inclusief de eventuele heffing aan VMM en vergoeding aan Aquafin
- ☐ Uw keuze hangt af van de visie van de lokale overheid

In welk stadium en van welke partij verkrijgt de aannemer de noodzakelijke informatie over de aanwezige infrastructuur voor eventuele afvoer naar oppervlaktewater dan wel RWZI? *

AANNEMER ZOEKT, DIENT DIT ZELF UIT
TE ZOEKEN EN OVERLEG TE PLEGEN
MET BESTUUR INDIEN AFVOER NAAR
RWZI

Welke methode van evacuatie van bemalingswater wordt door u doorgaans toegepast? Ken van A tot E een score toe, oplopend van 1 tot 5. (Bijvoorbeeld A.3 B.2 etc.) *

A. Er wordt nagegaan of bemaling wel degelijk noodzakelijk is. B. Retourbemaling indien mogelijk. C. Lozen op verder gelegen oppervlaktewater. D. Lozen op verder gelegen gescheiden riolering E. Lozen op gemengde riolering via straatkolken.

A 5
B 1
C 3
D 3
E 4

Welke debietklasse van afvoer van bemalingswater is in uw ervaring het meest van toepassing? *

- ☐ < 2 m³/u
☒ Tussen 2 en 10 m³/u
☐ > 10 m³/u

Welke duur van bemaling van grondwater komt het vaakst voor? *

- ☐ < 6 weken
☒ Tussen 6 weken en 3 maanden
☐ > 3 maanden

Tot welke afstand bent u bereid stellingen/buizen aan te leggen om het water naar een oppervlaktewater af te voeren? *

- ☐ 50m
☒ 100m
☒ Verder

☐ Anders:

Als een correcte, maar duurdere oplossing bestond voor de omgang met bemalingswater, zou u deze dan toepassen? *

Indien u een maximumbudget vooropstelt, mag u dit in het antwoord 'anders' opgeven.

- ☐ Ja
☐ Nee

☒ Anders: ALS HET BESTOOR DIT OPNEEMT IN DE MEETSTAAT.

OPDRACHTGEVER DIENT HIER OOK ZIJN VERANTWOORDELIJKHEID TE NEMEN

In geval van een bemaling, wordt de optie van retourbemalen overwogen of wordt onmiddellijk geloosd op een oppervlaktewater of riolering? *

- ☐ Retourbemaling wordt overwogen
☒ Onmiddellijke lozing zonder retourbemaling te overwegen

Wanneer een werf wordt opgestart, onderzoekt u dan eerst of bronbemaling noodzakelijk is of plaatst u deze voor de zekerheid? *

- ☒ Er wordt onderzoek gedaan
☐ De bemaling wordt sowieso geplaatst

Komt het voor dat u de toelating wordt geweigerd voor de lozing van bemalingswater naar een oppervlaktewater? *

Antwoord met Ja of Nee met eventuele reden.

NEEN

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Problematiek rond bronbemaling: kelderinsijpeling en afvoermogelijkheden

Richting: **master in de industriële wetenschappen: bouwkunde**

Jaar: **2014**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Mathijs, Jeroen

Lenskens, Tom

Datum: **6/06/2014**