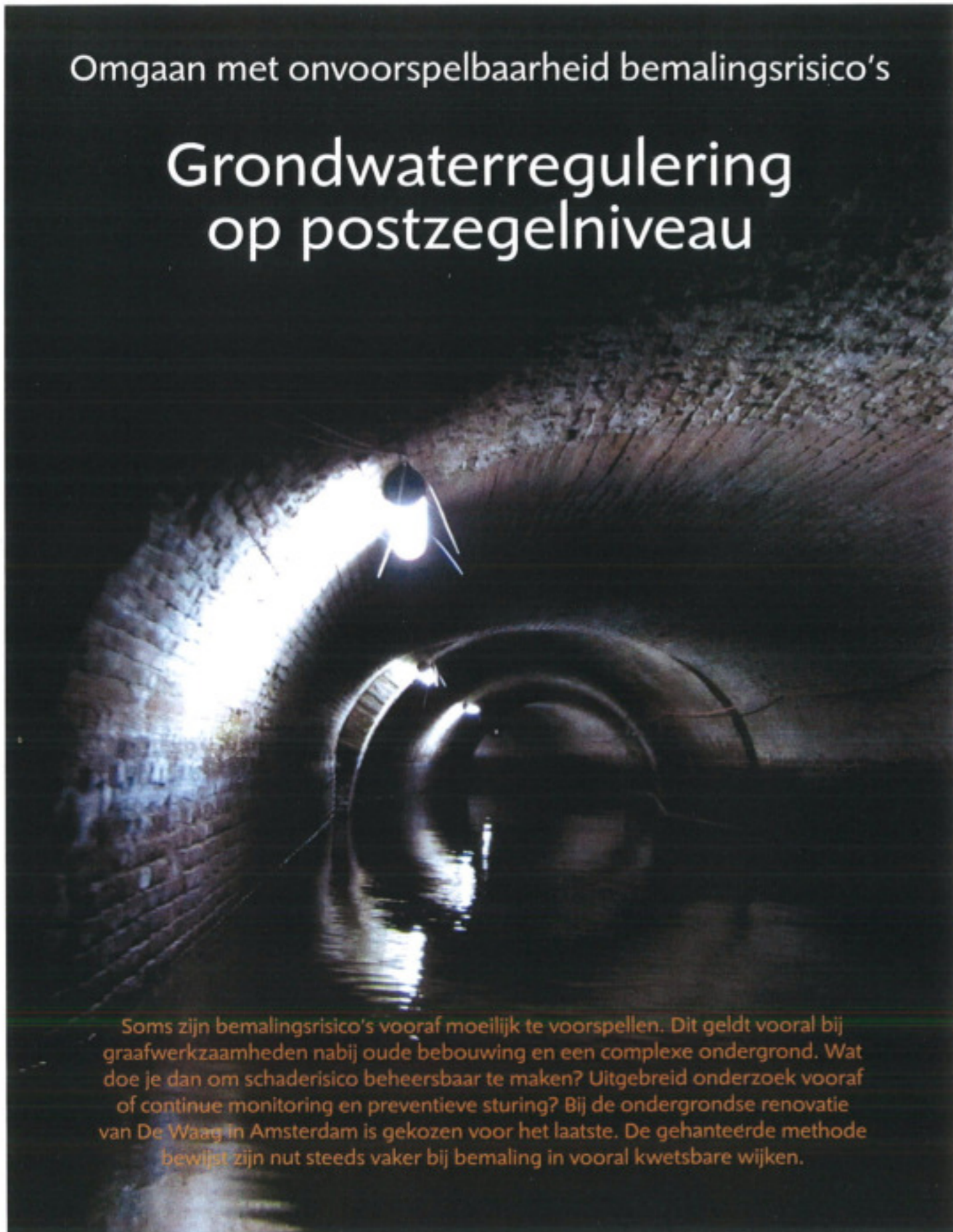


Omgaan met onvoorspelbaarheid bemalingsrisico's

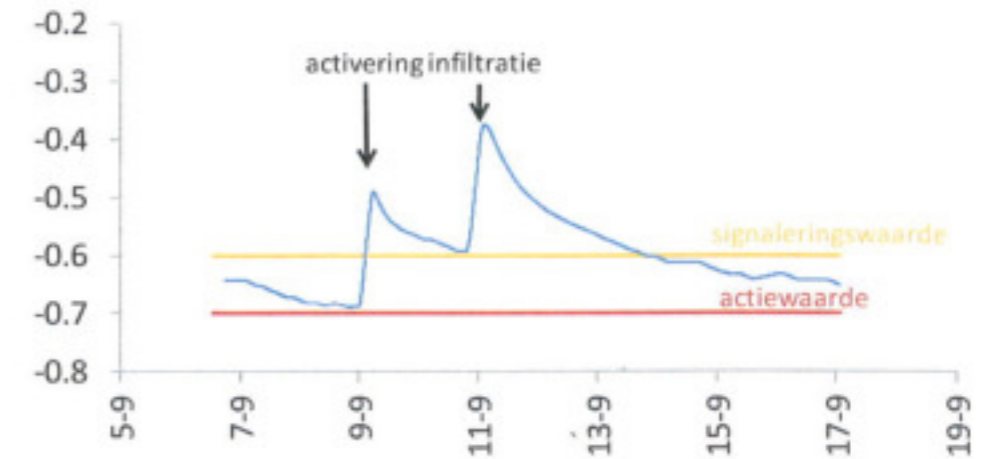
## Grondwaterregulering op postzegelniveau



Soms zijn bemalingsrisico's vooraf moeilijk te voorspellen. Dit geldt vooral bij graafwerkzaamheden nabij oude bebouwing en een complexe ondergrond. Wat doe je dan om schaderisico beheersbaar te maken? Uitgebreid onderzoek vooraf of continue monitoring en preventieve sturing? Bij de ondergrondse renovatie van De Waag in Amsterdam is gekozen voor het laatste. De gehanteerde methode bewijst zijn nut steeds vaker bij bemaling in vooral kwetsbare wijken.

De overkluisde gracht die onder De Waag en het plein Nieuwmarkt door loopt (foto: Strackee)

Talrijke graaf- en bemalingswerkzaamheden gaan gepaard met serieuze omgevingsrisico's. Vooral in (binnen) stedelijk gebied en oude wijken. Er is bemaling nodig om graafwerkzaamheden uit te voeren, maar de omgeving kan zich nauwelijks een grondwaterstandverlaging permitteren. Een dergelijke situatie deed zich voor bij De Waag in Amsterdam. De fundering van het oudste bewaard gebleven verdedigingswerk van Amsterdam moest worden vervangen. Er was een tijdelijke grondwaterstandverlaging van 1 meter nodig, zonder dat schade aan het kwetsbare gebouw zou ontstaan. De omgeving was niet minder kwetsbaar. Op slechts 15 meter staat oude bebouwing met duidelijk aanwezige scheefstand, waarvan het actuele restdraagvermogen van funderingen onbekend is. Ook is op korte afstand een primaire waterkering aanwezig en onder De Waag door loopt ook nog een oude overkluisde gracht. Duidelijk was dat ook de omgeving weinig tot geen verlaging van de grondwaterstand zonder schade zou doorstaan.



Het verloop van de grondwaterstand (in meter NAP) bij bebouwing tijdens het periodiek activeren van het infiltratiesysteem

### Pragmatische methode

Er zou een zo klein mogelijke verlaging bij De Waag gerealiseerd moeten worden, zonder dat de grondwaterstand bij aangrenzende belendingen wordt verlaagd. Een afsluitende damwand bleek niet haalbaar, er werd een Berlinerwand toegepast. Dit type wand betreft geen grondwaterkering. De bemaling bij De Waag zou dus zonder aanvullende

maatregelen zonder meer uitstralen naar de kwetsbare omgeving.

Het risico van de bemaling voor de bebouwde omgeving was op voorhand volstrekt onbekend. De invloedssfeer van de bemaling was nauwelijks met zekerheid te berekenen, vanwege voorkeursstromen in de sterk geroerde ondergrond die vol ligt met kabels en leidingen. Ook was de kwetsbaarheid van de bebouwing







Ontgraving met Berliner wand langs de gevels (foto: Strackee)

in de omgeving nauwelijks vast te stellen. Daarvoor zou een vergaand onderzoek nodig zijn geweest, inclusief een kostbare bemalingsproef. Maar zelfs dan zou het werkelijke risico onduidelijk blijven. Wareco stelde daarom een meer pragmatische methode voor. Hierbij is geantici-

peerd op het onvoorspelbare risicoprofiel, gericht op het voorkomen van verrassingen tijdens de bouw.

#### Strengere randvoorwaarden

De basis van de methode is het hanteren van strenge randvoorwaarden voor

omgevingsbeïnvloeding. Dit betekent: geen verstoring van het huidige geotechnisch evenwicht ter plaatse van kwetsbare belendingen. Er mag dan geen verlaging onder de 'van nature' laagst voorkomende grondwaterstand optreden. Voor De Waag zelf was het onvermijdelijke uitgangspunt om niet meer en niet langer te verlagen dan strikt noodzakelijk. Bij deze aanpak was geen uitgebreid onderzoek naar de gevoeligheid van de omgeving nodig, want deze zou geotechnisch gezien niet verstoord worden. Voor de uitvoering betekende dit meer aandacht voor actieve grondwatersturing en monitoring. Voor het bevoegd gezag en aannemer leverde dit duidelijkheid over randvoorwaarden en verwachtingen op.

#### Grondwaterreguleringsplan

De strenge randvoorwaarden vroegen om actieve sturing van de grondwaterstand. Betrouwbare sturing is alleen mogelijk als vooraf de juiste maatregelen worden getroffen. De grondwatersturing vond plaats door middel van bronbemaling langs De Waag in combinatie met een regelbare, horizontale infiltratieleiding bij belendingen. Dit systeem werd aangestuurd door informatie van real-time monitoring van de grondwaterstanden. De maatregelen waren al in de planfase voorbereid en opgenomen in een bemalingsplan met infiltratieplan; een grondwaterreguleringsplan. Met een grondwatermodel zijn de maatregelen gedimensioneerd, waarna deze zijn uitgewerkt in een bestek en tekeningen. Ook is een technisch en organisatorisch handelingsplan voor de monitoring opgesteld. Dit geheel is opgenomen in het bestek, zodat het handelingsperspectief per partij voor iedereen vooraf duidelijk werd. Partijen konden elkaar hierop tijdens de uitvoering aanspreken.

#### Sturen op postzegelniveau

Het was noodzakelijk om een bijzonder steil grondwaterverhang in stand te houden. Over enkele meters afstand diende een hoogteverschil van circa 2 m te worden gerealiseerd, in een overwegend goed doorlatende en volstrekt heterogeen stedelijke bodemlaag. De afstelling van de onttrekkingfilters in het bodemprofiel en een passende pompcapaciteit zijn nauwkeurig bepaald. De infiltratieleiding ligt horizontaal, zodat preventieve stroombanen in de geroerde bodem worden doorkruist. De leiding is in

overleg met de rioolbeheerder boven het riool geplaatst, omdat dit tracé vaak vrij is van andere obstakels. De infiltratieleiding is gevoed vanuit een reservoir op maaiveld, met een regelbare toevoer zodat het debiet kan worden ingesteld. Het systeem is aangestuurd door real-time monitoring van grondwaterstanden. Een meetnet met peilbuizen is voorzien van drukopnemers, die de gegevens op afstand via telemetrie verstuurden. Via een online viewer kon op de bouwplaats en op kantoor worden meegekeken door de aannemer, toezichthouder, bevoegd gezag en adviseurs. Ook vond automatische alarmering plaats via e-mail, zodat direct kon worden gehandeld.

#### De praktijk

Al snel na de start van de bemaling bewees de infiltratiedrain met real-time aansturing zijn nut. De grondwaterstand bij belendingen daalde te snel, waarna het systeem in werking werd gesteld. Er werd een evenwichtig grondwaterver-

hang gerealiseerd: niet te hoog of te laag bij belendingen, terwijl de ontgraving rond De Waag precies droog genoeg was. Met de metingen op het scherm van een tablet werd geanticipeerd op droogte en neerslag. Het benodigde steile verhang bleek goed haalbaar bij een gering infiltratiedebiet. Het actuele inzicht in de grondwaterstanden werkte ook geruststellend voor omwonenden (die eerder te hoge grondwaterstanden vreesden).

#### Monitoringoverleg en samenwerking

Om bij het ondergronds bouwen schade-risico's te beheersen, is afstemming tussen verschillende disciplines nodig. Bij De Waag zijn de constructieve, geotechnische en geohydrologische risico's samenhangend bewaakt door een team met de gemeente Amsterdam (PMB, bouw & woningtoezicht), Strackee, BAM/Schakel&Schrale, Crux en Wareco. Ook heeft afstemming over milieutechnische en archeologische risico's plaatsgevonden.

#### Vooraf maatregelen voorzien

De risico's van de bemaling zijn in een complexe omgeving vaak op voorhand niet goed te voorspellen. Zelfs niet met een grote onderzoeksinspanning vooraf. Een oplossing kan dan zijn om geen geohydrologisch en geotechnische beïnvloeding van de omgeving te laten plaatsvinden, door vooraf maatregelen te voorzien. De grondwaterstand kan op postzegelniveau worden ingeregeld, aangestuurd door real-time monitoring. Mede door deze zorgvuldig voorbereide aanpak is het project De Waag zonder schade uitgevoerd en naar tevredenheid van aannemer, opdrachtgever, verzekeraar, bevoegd gezag en niet op de laatste plaats, omwonenden. ■

*Drs. ing. Maarten Kuiper, senior adviseur, Wareco, ing. Rick Oosterhoff, adviseur, Wareco*

## BIJL BRUGGEN

### COMPOSITE BRIDGES



Bijl produceert complete composiet bruggen. Daarnaast biedt Bijl voor renovaties van brugdekken diverse gecertificeerde GVK brugdekplanken. Bezoek onze vernieuwde website [www.bijlbruggen.com](http://www.bijlbruggen.com) voor meer informatie.

#### De Bijl Brug is een duurzame oplossing, omdat:

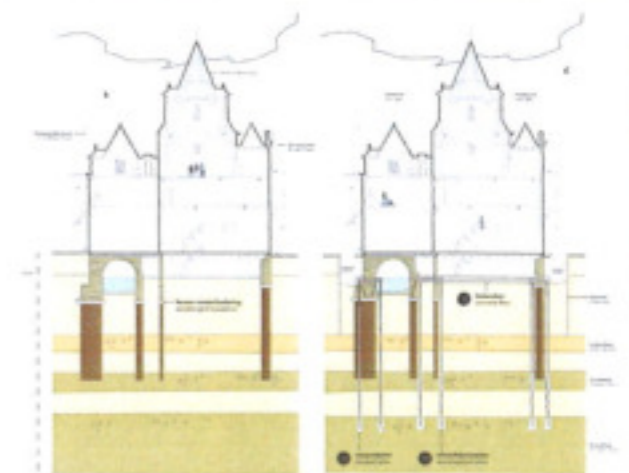
- Praktisch onderhoudsvrij
- Inzichtelijke constructie
- Ongevoelig voor schimmels
- Geen corrosie
- Kleurvast middels door-en-door kleuring
- Helderproof
- Volledig inspecteerbaar
- Het materiaal kan niet rotten
- UV-bestendig
- Geen verroesting
- Geheel vlamdovend
- Lange levensduur van meer dan 100 jaar
- Licht van gewicht en eenvoudige plaatsing
- Geschikt voor hergebruik

Bijl Bruggen B.V.  
Markweg Zuid 34  
Heijningen

Tel.: 0167 521 717  
[www.bijlbruggen.com](http://www.bijlbruggen.com)  
[info@bijlbruggen.nl](mailto:info@bijlbruggen.nl)

## STRACKEE BV BOUWADVIESBUREAU

Hoofdconstructeur van het behoud en herstel van de Waag op de Amsterdamse Nieuwmarkt.



Construeren met oog voor het historisch detail.

Keizersgracht 101 1015 CH AMSTERDAM