An aerial photograph showing a vast, excavated area of land. A large, winding road or path cuts through a massive pile of earth and sediment. The terrain is rugged and uneven, with various shades of brown and tan. In the background, there are some green fields and a few buildings, suggesting a rural or semi-rural setting. The overall scene depicts a significant earthmoving project, likely related to infrastructure or mining.

ONVERWACHTE GEBEURTENISSEN IN DE BODEM

Gevolgen van ons
handelen in beeld

OPDRACHTGEVER

Technische commissie bodem
Postbus 30947
2500 GX Den Haag
telefoon: 070 456 6596
internet: www.tcbodem.nl
Contactpersoon Jaap Tuinstra
Email: tuinstra@tcbodem.nl



AUTEURS

Witteveen+Bos
Contactpersoon Jasper Lackin
telefoon: 06 25299373
e-mail: j.lackin@witteveenbos.nl



Deltares
Contactpersoon Roelof Stuurman
telefoon: 06 51594075
e-mail: roelof.stuurman@deltares.nl



Rozemond Advocaten
Contactpersoon Rob Bleeker
telefoon: 020 6227777
e-mail: rgtbleeker@rozemond.nl



BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Prof. dr. ir. ing. A.E.C. van der Stoel
Prof. dr. A.P. van Wezel
Prof. dr. ir. T.J. Heimovaara
Prof. dr. J. Griffioen

VERANTWOORDING

Rapportnummer TCB R23(2014)
Datum: 17 februari 2014
Plaats: Deventer
Opmaak: Witteveen+Bos
Omslag: Kustverbreding Delftlandsekust. Bron: Boskalis/Van Oord.

Alle rechten voorbehouden. Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Technische commissie bodem.

ONVERWACHTE GEBEURTENISSEN IN DE BODEM

Gevolgen van ons
handelen in beeld

INHOUDSOPGAVE

	VOORWOORD	6
--	-----------	---

	SAMENVATTING	8
--	--------------	---

1	DE VERKENNING	10
----------	---------------	----

1.1.	Duurzaam gebruik van de ondergrond	13
1.2.	Verkenning van onverwachte gebeurtenissen in de bodem	13
1.3.	Leeswijzer	14

2	ONVERWACHTE GEBEURTENISSEN IN DE BODEM	16
----------	--	----

2.1.	Onverwachte gebeurtenis: zwarte zwaan	17
2.2.	Wat is dan onverwacht?	18
2.3.	Waarom is het onverwacht?	21
2.4.	Voor wie is het onverwacht?	28
2.5.	Onderverdeling van onverwachte gebeurtenissen	31
2.6.	Fasen in een project: in (w)elke stap worden fouten gemaakt	34

3	GEVOLGEN VAN ONVERWACHTE GEBEURTENISSEN	40
----------	---	----

3.1.	Maatschappelijke gevolgen	41
3.2.	Kosten van onverwachte gebeurtenissen	43
3.3.	Kosten binnen een project	45
3.4.	Verwacht toekomstbeeld	46

4	EVEN MET EEN JURIDISCHE BLIK	50
----------	------------------------------	----

4.1.	Inleiding	51
4.2.	Contractuele verplichtingen op basis van UAV 2012; UAVgc 2005	52
4.3.	Economisch en juridisch kader	54
4.4.	Conclusie	55

5 KAN HET OOK ANDERS? 56

- 5.1. Principes van High Reliability Organizations (HRO) 57
- 5.2. Goed voorbeeld doet goed volgen: principes HRO voor bodem en ondergrond 58

6 LESSONS LEARNED 64

- 6.1. Onderverdeling onverwachte gebeurtenissen, een indeling 65
- 6.2. Aanbevelingen voor onverwachte gebeurtenissen in de bodem 68

7 REFERENTIELIJST 73

BIJLAGEN 74

- Casussen 74



Afb. 0.1 Spoorzone Delft.

VOORWOORD

Dit boek toont een scala aan onverwachte en ongewenste gebeurtenissen in de bodem, veelal als gevolg van menselijk handelen. Veel daarvan had voorkomen kunnen worden door een betere benutting vooraf van de bestaande kennis en ervaring. Vakmanschap is hierbij van grote waarde.

De verkennende studie is uitgevoerd door het adviesbureau Witteveen+Bos en het kennisinstituut Deltares in opdracht van de Technische commissie bodem (TCB). 'Onverwachte gebeurtenissen' verdienen aandacht omdat door de steeds grotere 'drukke' in de ondergrond de kans op verrassingen zal toenemen. Het boek sluit aan op de eerdere TCB-uitgave "Duurzaam gebruik van de ondergrond, gereedschap voor structuur en visie" waarin wordt gewezen op de onzekerheid bij projecten in de ondergrond waardoor er altijd kans bestaat op onverwachte gebeurtenissen en daarmee op schade en vertraging.

Het voorbeeld van de versterking van de Delflandse kust en de daarbij optredende onverwachte grondwaterproblemen laat zien dat het van belang is om aan het begin van een project de goede expertise te betrekken, maar ook dat tijdens een project door een adequate reactie veel bijgestuurd kan worden.

Hoe kan het beter? Belangrijke lessen zijn te trekken uit de ervaring van organisaties die activiteiten uitvoeren in risicovolle situaties zoals in de luchtvaart en in kerncentrales. Het leren van fouten en het weerstand bieden tegen te grote vereenvoudiging in bijvoorbeeld modellen van de ondergrond zijn belangrijke punten van aandacht. Maar ook belangrijk zijn de informatieoverdracht tussen ontwerpers en uitvoerders van een project, veerkracht bij het optreden van onverwachte gebeurtenissen en respect voor de relevante expertise. In veel projecten heeft de overheid als opdrachtgever de regie. Rijk, provincies, gemeenten en waterschappen kunnen in die rol bijdragen aan het verminderen van schade door onverwachte gebeurtenissen. De TCB onderschrijft hierbij in het bijzonder de aanbeveling in het boek om instrumenten te ontwikkelen waarmee in de startfase van een project snel inzicht kan worden verkregen in de expertise die nodig is voor een goede uitvoering. Te denken valt aan een website als portaal om de juiste expertises te bereiken.

Speciale dank gaat uit naar de auteurs van dit boek en de leden van de begeleidingsgroep, die met deze verkenning gezamenlijk het onderwerp handen en voeten hebben gegeven.

Ali Edelenbosch,
voorzitter van de Technische commissie bodem



SAMENVATTING

De dijkdoorbraak bij Wilnis is wellicht het meest herkenbare voorbeeld van een onverwachte gebeurtenis in de bodem. Naast natuurlijke verschijnselen, zoals een dijkdoorbraak of aardbevingen, kunnen ook projectgerelateerde gebeurtenissen tot onverwachte gebeurtenissen in de bodem worden gerekend. De gevolgen van onverwachte gebeurtenissen kunnen naast kosten een verminderd welzijn, een langere doorlooptijd of negatieve gezondheidseffecten zijn. De veronderstelling dat onverwachte gebeurtenissen in de bodem leiden tot onnodige negatieve maatschappelijke gevolgen was de aanleiding voor een verkenning van dit thema.

Onverwachte gebeurtenissen in de bodem raken verschillende vakdisciplines, zoals Geo-techniek, geohydrologie en milieuhygiëne. De verkenning bestond uit een literatuurstudie, bestudering van dertig praktijkcases en een workshop met experts uit verschillende organisaties. De resultaten van de verkenning zijn gebruikt om het begrip "onverwachte gebeurtenis" te verduidelijken. Oorzaken en gevolgen zijn nader gecategoriseerd en er is een voorlopige definitie opgesteld. Kijkend naar de bodem zijn vier oorzaken te herleiden: heterogeniteit van de bodem, ontbreken van eenduidige informatie (fuzziness), incompleetheid en onjuistheid van de informatie. De gevolgen kunnen worden onderverdeeld naar frequentie en aard van de gebeurtenis, gevolgen voor de leefomgeving, de termijn waarop de effecten waarneembaar zijn en de schade aan het bodemwatersysteem.

Deze studie bevat duidelijke aanwijzingen dat 'onverwachte gebeurtenissen in de bodem' een maatschappelijk urgent onderwerp is. Het heeft grote gevolgen voor kosten en welzijn die deels te voorkomen zijn. Een aanbeveling is om de kosten



Afb. 0.2 Ilperveld

en de negatieve effecten op welzijn in een vervolgstudie te kwantificeren om de impact en urgentie beter te bepalen. Hierin kan worden afgewogen of maatregelen ter voorkomen van onverwachte gebeurtenissen in de bodem opwegen tegen de omvang van onverwachte gebeurtenissen. Zowel de ervaringen van experts als de praktijkcases geven aan dat verbetering op projectniveau zeker mogelijk is.

Bij deze eerste verkenning is een doorkijk gemaakt naar oplossingsrichtingen om, in de toekomst, het aantal onverwachte gebeurtenissen tot het minimale te beperken. Hieruit komen vijf aanbevelingen naar voren:

- Ontsluit kennis over onverwachte gebeurtenissen op landelijk niveau en digitaal. Een hulpmiddel in bijvoorbeeld de startfase van een project kan een website zijn waarin de te betrekken specialisten per ingreep zijn benoemd;
- Zorg daarnaast voor een betere kennisuitwisseling tussen vakdisciplines;
- Kies voor een verantwoorde risicoverdeling tussen opdrachtgever en opdrachtnemer. Het eenzijdig neerleggen van verantwoordelijkheden leidt niet tot beperking van onverwachte gebeurtenissen in de bodem. Het uitvoeren van een ontwerpvoets bij complexe projecten of het laten meewegen van risicobeheersing bij aanbestedingen zijn mogelijke verbetermaatregelen;
- Realiseer een cultuuromslag als het gaat om het maken van fouten. Het leer effect van fouten wordt onvoldoende benut. Ook is het belangrijk om tijdens de uitvoer van een project de specialist/uitvoerder de verantwoordelijkheid te geven de gevolgen van een onverwachte gebeurtenis te beperken;
- Een sterkere regierol van de overheid op de ondergrond. Goed opdrachtgeverschap en de rol van deskundig toetser en handhaver zijn hierbij essentieel.



Afb. 1.1 Volgermeerpolder.

VERKENNING

“Aan (werken met) de ondergrond zijn onzekerheden verbonden”. Dit is een belangrijke quote uit het rapport ‘Duurzaam gebruik van de ondergrond’ [ref. 1]. De ondergrond is een intrinsiek complex en dynamisch systeem, dat nog niet volledig is doorgrond. Het werken met de ondergrond is daarom niet zonder risico. Onzekerheden, onwetendheid of verkeerde inschattingen kunnen leiden tot onverwachte gebeurtenissen in de bodem. De veronderstelling is:

‘Onverwachte gebeurtenissen leiden tot onnodige maatschappelijke gevolgen’.

‘Maatschappelijke gevolgen’ is een brede term en omvat onder meer kosten, tijd, welzijn (o.a. hinder, verslechtering van de leefomgeving) en gezondheidseffecten. Meestal hebben wij oog voor de negatieve effecten van onverwachte gebeurtenissen, maar soms helpt de bodem ons in positieve zin. Een voorbeeld daarvan is de onverwachte natuurlijke afbraak van een bodemverontreiniging.

Niettemin blijken er weinig positieve voorbeelden te zijn van onverwachte gebeurtenissen in de bodem. Vermoedelijk omdat we al bewust gebruik maken van de verschillende positieve kwaliteiten van de bodem. Zo gebruiken we de draagkracht van de bodem om te bouwen, wordt het grondwater gewonnen voor drink- en productiewater en weten we meer over onze geschiedenis door de conserverende werking van de bodem op ons erfgoed.

> NATUURLIJKE AFBRAAK VAN EEN BODEMVERONTREINIGING

Dat stoffen als benzenen en andere vluchtige aromatische verbindingen onder zuurstofrijke condities (aëroob) afbreken is algemeen bekend. Sinds de eeuwwisseling weten wij dat deze stoffen ook onder zuurstofloze condities (anaëroob) worden afgebroken [ref. 2]. Dit voorheen onbekende mechanisme is een onverwachte gebeurtenis die de aanpak van bodemsaneringen heeft veranderd. Nu kunnen we bijvoorbeeld gebruik maken van ‘natural attenuation’ om verontreinigingen in het grondwater te beheersen.

Natural attenuation is de verzameling van bodemprocessen in grond en grondwater die de risico’s en het volume van bodemverontreiniging reduceert. Uiteenlopende fysische, chemische en biologische processen spelen daarbij een belangrijke rol. Zo is voor de natural attenuation van vluchtige aromatische verbindingen de biologische afbraak door bacteriën een belangrijk proces.

Afbraak onder zuurstofloze condities draagt bij aan het natuurlijk reinigende vermogen van de bodem. Omdat in Nederland het grondwater overwegend zuurstofloos is, kan de bodemverontreiniging met minder inspanning worden gesaneerd. Dit sluit aan bij het uitgangspunt van het gewijzigde (bodem)saneringsbeleid om de bodemverontreiniging risicogericht aan te pakken en niet actieve maatregelen te treffen als dit niet noodzakelijk is.



Afb. 1.2 Filters ten behoeve van bodemsanering.

We begrijpen het bodemwatersysteem steeds beter. Het gebruik van risicomanagement en het toepassen van de observational method [ref. 3] zorgen ervoor dat we bewuster omgaan met de complexiteit van het systeem. Niettemin leiden intensiever gebruik en ander gebruik, mogelijk gemaakt door technische innovaties, tot extra druk op de ondergrond. Ondanks onze inspanningen om risico's te beperken, resulteert een drukker wordende ondergrond in meer onverwachte gebeurtenissen. De vraag hoe de ondergrond duurzaam te benutten en te beschermen, wordt daarmee steeds urgenter.

1.1. DUURZAAM GEBRUIK VAN DE ONDERGROND

De Technische commissie bodem (TCB) adviseert de overheid op technisch-wetenschappelijke basis over het bodembeleid en ondersteunt met haar adviezen ontwikkelingen op dit gebied. In 2009 heeft de TCB de werkgroep Duurzaam Gebruik Ondergrond opgericht om een visie te geven over het duurzaam benutten en beschermen van de ondergrond. Deze werkgroep heeft in maart 2012 het rapport 'Duurzaam gebruik van de ondergrond; Gereedschap voor structuur en visie' gepresenteerd. Het rapport behandelt de kansen die de ondergrond biedt en manieren om met aspecten als planning, regie en onzekerheden in een steeds drukker wordende ondergrond om te gaan.

De omgang met onzekerheden en het optreden van onverwachte gebeurtenissen zijn actueler wordende thema's. Deze studie borduurt voort op het hiervoor genoemde rapport en werkt het thema 'onverwachte gebeurtenissen' verder uit.

1.2. VERKENNING VAN ONVERWACHTTE GEBEURTENISSEN IN DE BODEM

Bij het gebruik van de ondergrond kunnen onverwachte gebeurtenissen optreden die grote invloed hebben op de diensten die de bodem kan leveren. Aantasting van de kwaliteit van de ondergrond kan huidig en/of toekomstig gebruik in gevaar brengen en tot extra kosten leiden. Onverwachte gebeurtenissen kunnen het directe gevolg zijn van menselijk handelen maar kunnen ook ontstaan door natuurlijke processen na verloop van tijd.

Voor u ligt een verkennende studie naar onverwachte gebeurtenissen in de bodem en de gevolgen hiervan, gebaseerd op informatie uit relevante vakgebieden in de ondergrond als bodemkwaliteit, geohydrologie, geotechniek, archeologie en geologie.

De kern van deze studie is vervat in de volgende vragen:

- Wat is onverwacht?
- Waarom is het onverwacht?
- Voor wie is het een onverwachte gebeurtenis?
- Wat is het gevolg van de onverwachte gebeurtenis?
- Wat is de urgentie van onverwachte gebeurtenissen?
- Wat zijn oplossingsrichtingen en verbetermogelijkheden?

Hoofdstuk 2 geeft een introductie op onverwachte gebeurtenissen in de bodem. We gaan in op een deel van de bovenstaande vragen, geven voorbeelden en onderscheiden verschillende categorieën van onverwachte gebeurtenissen in de bodem. Ingegaan wordt op het verschil tussen onverwachte gebeurtenissen die totaal onverwacht zijn (unknown unknowns) en onverwachte gebeurtenissen die wellicht waren te voorzien (known unknowns).

Hoofdstuk 3 gaat over de gevolgen van onverwachte gebeurtenissen. De overeenkomsten tussen verschillende casussen zijn benoemd. Ook zijn kosten als gevolg van onverwachte gebeurtenissen in beeld gebracht. We beschrijven de veranderingen in projectcontext, zoals het fenomeen dat de opdrachtgever steeds vaker afstand heeft tot het project/de inhoud, en daardoor ook beperkte kennis heeft van de te nemen stappen. Dit roept de vraag op wie dan verantwoordelijkheid neemt als het mis gaat.

In hoofdstuk 4 wordt met een juridische blik naar onverwachte gebeurtenissen gekeken. Hierin wordt beschreven wie verantwoordelijk is voor de gevolgen van onverwachte gebeurtenissen en hoe de risicoverdeling tussen opdrachtgever en opdrachtnemer er uit kan zien.

Hoofdstuk 5 gaat in op hoe het anders kan. We maken een zijstap door te kijken naar hoog betrouwbare organisaties. Dit zijn organisaties die werken in een risicovolle omgeving en gekenmerkt worden door weinig incidenten. Wat kunnen wij daarvan leren als het gaat om onverwachte gebeurtenissen in de bodem.

Hoofdstuk 6 heet 'Lessons Learned'. We blijven innoveren en experimenteren met de bodem/ondergrond met onverwachte gebeurtenissen als onvermijdelijk gevolg. Het is belangrijk om te blijven leren uit (reguliere) projecten en genomen beleidsbeslissingen. De oplossingsrichtingen in dit hoofdstuk zijn aanbevelingen om in de toekomst beter te anticiperen op onverwachte gebeurtenissen.



> COMPLEXE ONDERGRONDSE OPGAVE

Het Sweelinck Conservatorium Amsterdam is sinds 2008 ingrijpend verbouwd tot luxe vastgoedlocatie. Deze verbouwing bracht een aantal ingrijpende veranderingen met zich mee die hebben geleid tot een complexe opgave ten aanzien van het geotechnisch ontwerp. De belangrijkste opgave hiervan was het realiseren van een drielaagse kelder inclusief zwembad op de binnenplaats van het Conservatorium gebouw. Hiervoor moest ruim 11 meter worden ontgraven, direct naast de paalfundering van een bestaand monumentaal gebouw! De combinatie van de grondige risicoanalyse van de omgevingsbeïnvloeding op het gebied door ondergronds bouwen die voorafgaand aan, en in combinatie met de intensieve monitoring is uitgevoerd, heeft geleid tot een proactieve beheersing van de risico's. Niet alleen kon geoptimaliseerd worden ten aanzien van uitvoeringstijd en -kosten. Ook konden allerlei onregelmatigheden tijdens de uitvoering ten gevolge van problemen met de draagkracht van bestaande palen van belendende panden en van verplaatsingen van het gebouw die ontstonden door de relatief zeer diepe bouwkuip naast deze palen heel snel worden opgelost.



Afb. 2.1 Dijkdoorbraak Wilnis.
Bron: ANP.

2 ONVERWACHTE GEBEURTENISSEN IN DE BODEM

Een kabel of een leiding die geraakt wordt bij graafwerkzaamheden, een grondlichaam dat afschuift of een bodemverontreiniging die groter is dan op voorhand werd verwacht. Het zijn allemaal herkenbare voorbeelden voor de professional die op of in de bodem werkt. Krantenkoppen als 'Schade door heien' of 'Grondwater in woningen na vervanging riool' verschijnen met enige regelmaat. Werken met de bodem kan effecten hebben met soms grote gevolgen voor een project of voor de omgeving.

De voorbeelden laten zien dat dergelijke onverwachte gebeurtenissen voorkomen in een breed spectrum aan vakgebieden als geotechniek, bodemkunde en geohydrologie. De omvang van de gebeurtenissen loopt uiteen van de dagelijkse 'huis, tuin en keuken'-gebeurtenissen binnen reguliere projecten tot unieke gebeurtenissen bij innovatieve projecten. Onverwachte gebeurtenissen resulteren niet altijd uit specifieke projecten maar kunnen ook ontstaan door wijzigende (natuurlijke) omstandigheden. Een voorbeeld van dit laatste is het wegspoelen van de veendijk bij Wilnis in 2003.

Het bezwijken van de veendijk bij Wilnis in 2003 kwam als een verrassing. Vermoedelijk is het uitdrogen van het veen de belangrijkste oorzaak, maar helemaal zeker is dit niet. Door uitdroging van het veen werd de dijk instabiel en verschoof hij uiteindelijk. Veendijken zijn relicten omdat het veen rondom is afgegraven en de dijk later is versterkt. Naar schatting ligt er in Nederland circa 3.500 kilometer aan veendijk [ref. 4]. De kosten om deze veendijken te versterken zijn ingeschat op circa 500 à 750 miljoen euro.

2.1. ONVERWACHTE GEBEURTENIS: ZWARTE ZWAAN

Nassim Nicholas Taleb schrijft in zijn boek 'De Zwarte zwaan' [ref. 5] vanuit een filosofisch-logisch perspectief over onverwachte gebeurtenissen.

Citaat: 'Ten eerste is het een totaal onverwachte gebeurtenis, een uitschieter die buiten de normale gang der dingen valt omdat er in de tijd ervoor geen duidelijke aanwijzingen waren dat zoiets kon gebeuren. Ten tweede is het een gebeurtenis met zeer grote gevolgen. En ten derde zit de mens zo in elkaar dat we er naderhand, ondanks dat het een totaal onverwachte gebeurtenis is, een verklaring voor bedenken die de gebeurtenis begrijpelijk en voorspelbaar maakt.'

Voor onverwachte gebeurtenissen in de bodem geldt nagenoeg dezelfde redenering. Een onverwachte gebeurtenis in de bodem is ook een uitschieter die buiten alle persoonlijke verwachtingen valt en waarbij vooraf geen duidelijke aanwijzingen waren dat dit kon gebeuren onder deze omstandigheden.

De onverwachte gebeurtenis heeft grote gevolgen die vooraf niet (goed) konden worden ingeschat. Tevens is er voor een onverwachte gebeurtenis veelal een logische verklaring die ons nader inzicht geeft in het bodemwatersysteem.

De term 'onverwachte gebeurtenis' roept verschillende vragen op. 'Wat was dan onverwacht?' en 'voor wie was het onverwacht?'. Om deze vragen te beantwoorden belicht dit hoofdstuk onverwachte gebeurtenissen vanuit verschillende perspectieven, geïllustreerd met een aantal praktijkvoorbeelden.

2.2. WAT IS DAN ONVERWACHT?

Vaak is de gebeurtenis onverwacht, maar hebben we vooral oog voor de gevolgen van de gebeurtenis. In toenemende mate hebben verschillende vakgebieden oog voor risico's. Dit geldt voor zowel het onderzoek, de uitvoering als het beheer. Risico's laten zich in de klassieke benadering definiëren als het product van kans en effect. Ook voor onverwachte gebeurtenissen kan onderscheid worden gemaakt in kans en effect.

Sommige onverwachte gebeurtenissen in de bodem worden beschouwd als 'huis, tuin en keuken'-gebeurtenissen die behoren tot de grilligheid van een project; ze komen veelvuldig voor. Deze gebeurtenissen beschouwen we vaak als 'known unknowns', ofwel te verwachten onverwachte gebeurtenissen. Daarnaast zijn er projecten en voorvallen waarbij de onverwachte gebeurtenis uniek is en werkelijk onverwacht, de 'unknown unknowns'. Deze laatste categorie speelt vooral bij projecten met een sterk innoverend karakter of gebeurtenissen met een natuurlijke achtergrond.

Het effect van een onverwachte gebeurtenis is onder te verdelen in drie segmenten, te weten, de aard van het effect, de impact van het effect en het tijdstip van optreden.

- De aard van het effect. In hedendaags Nederland sterven weinig mensen als direct gevolg van grondverschuivingen, overstromingen of instortingen door aardbevingen. Wel is er sprake van overlast, vertraging en meerkosten. Soms behoort het aantasten van welzijn of de gezondheid tot de effecten.
- De impact van het effect. De impact kan beperkt zijn tot het project maar kan ook invloed hebben op de directe leefomgeving. Een goed voorbeeld hiervan is het optreden van wateroverlast die ontstaat na het vervangen van de

riolering, omdat de drainerende werking van de kapotte riolering teniet wordt gedaan door vervanging en/of renovatie.

- Het tijdstip van optreden. De impact van een onverwachte gebeurtenis is soms direct zichtbaar zoals de afschuiving van grond in een bouwkuip, maar kan ook pas na verloop van tijd ontstaan (bijvoorbeeld paalrot).

Het komt ook voor dat effecten zich opstapelen binnen een enkel project of door een serie afzonderlijke ingrepen. Voorbeelden daarvan zijn de grondwaterstijging in Den Haag door het baggeren van de Hofvijver en de tramtunnel en de bodem (water) problematiek in Getsewoud. Deze laatste is hier toegelicht.

> ONGELUKKIG GEBRUIK VAN EKO-SLAKKEN ALS BALLAST NA OPBARSTING WATERBODEM

De bouw van de wijk Getsewoud in de Haarlemmermeer

In 2001 werden in de wijk Getsewoud siervijvers aangelegd. Het voormalig gebruik stond in het teken van aardappels en suikerbieten. De bodem bestond uit goed gedraineerde kleigronden door middel van buisdrainage en sloten. Het gebied ligt aan de westzijde van de Haarlemmermeer met dichtbij gelegen hoge duin- en strandwalgronden. Daardoor heeft het ondiepe watervoerende pakket een stijghoogte tot boven het maaiveld. De aquifer wordt in de wijk afgedekt door een dunne kleilaag. De sloten in het aanwezige gebied worden vervangen door bredere en diepere siervijvers.

Wateroverlast door opbarsting van de bodem

Na het uitgraven van de siervijvers, en daarmee het afnemen van het gewicht aan klei, barstte op verschillende plaatsen de waterbodem met als gevolg een ongewenste en sterke toename van de kwel. Om deze kwel te verminderen bleek het noodzakelijk om ballast op de waterbodems aan te brengen. De gemeente Haarlemmermeer paste daarvoor EKO-slakken toe, een restproduct afkomstig van de Hoogovens Sidmar uit Gent [ref. 6]. Voorafgaand daaraan werd laboratoriumonderzoek verricht naar de uitloging, conform de vigerende wetgeving, maar met een andere onderzoeksmethode dan voorgeschreven. Hierdoor was de invloed op de waterkwaliteit onduidelijk; mogelijk zou te veel barium in oplossing komen en de pH ongewenst stijgen. De gemeente, waterschap en RIZA (als externe deskundige) hebben samen besloten om de slakken toe te passen en om aanvullende watermonsters te nemen.

Dat pakte niet goed uit. Het water, in de 2,5 meter dikke laag slakken, werd rondgepompt in het oppervlaktewatersysteem. Het ongebluste kalk in de slakken loogde

hierdoor uit naar het oppervlaktewater. Daardoor ontstond een zuurstofgebrek en een zeer hoge pH (12). Het gevolg hiervan was massale vissterfte. Om de pH te laten dalen is men een proef gestart met ijzersulfaat. Echter na de proef is deze oplossing door de arbeidsinspectie gestopt vanwege veiligheidsoverwegingen. Besloten werd de slakken te verwijderen en nieuw ballast te storten in de vorm van 120.000 m³ Schots graniet. De verwijderde slakken moesten als afval worden afgevoerd en opgewerkt worden tot een bouwstof.

Stapelend onverwacht

In deze casus was het opbarstingsrisico onderschat of niet voorzien. Het leerpunt is dat het traditioneel bouwrijp maken van een gebied hier niet volstaat. Algemeen bekend is dat juist de gebieden aan de randen van diepe polders (droogmakerijen) heel kwetsbaar zijn. Mogelijk zijn de siervijvers 'droog' uitgegraven, terwijl dit, om opbarsting te voorkomen, 'nat' had moet gebeuren. Het bijzondere van deze casus is dat de keuze voor de ballast nieuwe onverwachte gevolgen heeft gehad.

Sterke toename van de kosten

Deze gebeurtenis had grote financiële gevolgen voor de gemeente. Dit betreft kosten voor aanschaf, storten, verwijderen, opslaan en verwerken van de EKO-slakken en de aanschaf en storten van het graniet uit Schotland, onderzoekskosten, juridische kosten etc. Het schikkingsbedrag tussen de aannemerscombinatie en de gemeente bedraagt 469 duizend euro. De extra kosten die de gemeente zelf moest maken zijn onbekend. Op basis van de prijs van Schots graniet lopen de kosten voor de herstelmaatregelen (aankoop en toepassing) op tot in de miljoenen.

Wie waren er betrokken

De primaire betrokkenen waren de Gemeente Haarlemmermeer en de aannemerscombinatie WIG. Ook veel andere partijen speelden een rol: het Hoogheemraadschap Rijnland, RIZA, VROM-inspectie, de Arbeidsinspectie en de GGD. Het openbaar ministerie startte een onderzoek naar de rol van de gemeente.

Had het voorkomen kunnen worden: lessons learned

Een geohydrologisch en geotechnisch vooronderzoek had het risico op opbarsting verkleind, of een inrichtingsvorm kunnen opleveren waarbij dit risico zou zijn verkleind. Daarnaast zijn door opbarsting en de problemen van het kwelwater, omwille van tijdsdruk, andere keuzes gemaakt. Het afwijken van de voorgeschreven analysemethoden leidde tot een onderschatting van risico's met de EKO-slakken voor de waterkwaliteit. Vanuit de gemeente was slechts één medewerker met relevante civieltechnische kennis betrokken bij de aanschaf van de slakken, waarbij het onduidelijk is of hydrologische of geochemische expertise is geraadpleegd.

De gemeente heeft het opbarsten van kwetsbare polders opgenomen in de Plan-Mer Structuurvisie 2030 van de Haarlemmermeer (2010) en het bestemmingsplan Nieuw-Vennep (ontwerp juli 2012). Daarnaast hebben ze geconcludeerd dat minimaal twee personen met relevante vakkennis betrokken moeten zijn bij activiteiten en beslissingen op dit vlak.

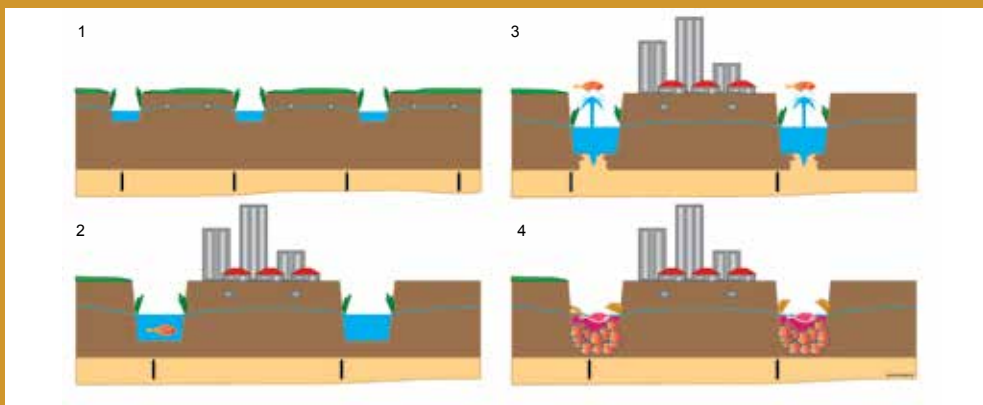


Fig. 2.1 Getsewoud: Schematisatie van de onverwachte gebeurtenis Getsewoud: (1) agrarische uitgangssituatie, (2) verdieping waterbodem bij aanleg van siervijvers in nieuwe woonwijk, (3) opbarsting van de onderliggende kleilaag, (4) aanbrengen ballast met ijzerslakken waarna het oppervlaktewater ernstig verontreinigd raakt.

2.3. WAAROM IS HET ONVERWACHT?

Het is algemeen bekend dat werken met de bodem een bepaalde onzekerheid met zich meebrengt. Het gebruik van modellen, de heterogeniteit van de bodem en subjectieve aannames door de ingenieur leiden allen tot grotere onzekerheid. De bodem is complex en heeft een eigen dynamiek. Prof. dr. ir. F. B. J. Barends schat in, op basis van statistiek en uiteenlopende praktijksituaties, dat de onzekerheid van grondeigenschappen een variatie kent van circa 50 procent, tegen 5-10 procent variatie bij de eigenschappen van staal en beton [ref. 7].

Veel onverwachte gebeurtenissen zijn achteraf te verklaren. Onzekerheid in de modelparameters blijkt een gebruikelijke oorzaak. De resultaten van interpolatie en extrapolatie van gegevens zijn niet altijd representatief voor de heterogeniteit van het bodemwatersysteem. Een voorbeeld is de bemaling voor de aanleg van een ondergrondse particuliere garage in Gendt. Bij het ontwerp werd gebruik gemaakt van in het veld gemeten grondwaterstanden. Daarbij was geen rekening gehouden

met de seizoensvariatie van de grondwaterstand als gevolg van de nabij gelegen rivier. Tijdens de bouw was een forse bemaling noodzakelijk die vooraf niet was voorzien en daarmee onverwacht.

Ook komt het voor dat een onjuist modelconcept wordt gebruikt. Hierdoor worden bij het uitvoeren van de werkzaamheden te verwachten effecten over het hoofd gezien. Een illustratie hiervan is de grondwaterproblematiek bij de kustversterking Kijkduin.

> OVERWACHTE GRONDWATERPROBLEMEN LANGS HET STRAND VAN KIJKDUIN

Versterking Delflandse Kust

In 2011-2012 is de Delflandse kust versterkt door een nieuw, circa 10 meter hoog, duin tegen het bestaande duin op te spuiten en het strand te verbreden. In 2012 is hier ook het experiment met de zandmotor gestart.

Wat is de situatie

Het Westlandse duingebied is erg smal, vaak in de orde van enkele honderden meters. Deze kust moet continu bewaakt en versterkt worden. Hierbij wordt de zeereep versterkt en het strand opgehoogd en verbreed.

Wat was er onverwacht: grondwateroverlast in Kijkduin en Ter Heijde

Vlak na het opspuiten van het nieuwe duin bij Kijkduin en Ter Heijde ontstond wateroverlast in deze plaatsen. In Ter Heijde kwam de begraafplaats onder water te staan, in Kijkduin stond opeens water in verschillende kelders. Uit onderzoek bleek al snel dat dit samenhangt met het nieuwe duin. Om zand op te spuiten werd voor elke kubieke meter zand drie keer zoveel zeewater gebruikt. Na opspuiting bezat de nieuwe duin een (tijdelijke) grondwaterstand rond 6-8 meter +NAP, tegen ca. 1-1,5 meter +NAP in het nabijgelegen oude duin. De wateroverlast werd veroorzaakt door het uitzakken van deze 'waterberg' in het nieuwe duin.

Vervolgens werd duidelijk dat naast dit tijdelijke proces ook een structurele grondwaterstandsverhoging zou optreden. De afstand tussen zee en polder is toegenomen en daarmee de grondwaterstandsopbolling. In de omgeving lagen de waterwinning Sollenveld met het beschermde natuursysteem 'droge duinvallen' en puinduinen. Deze puinduinen zijn ontstaan doordat Den Haag na de oorlog de kust op verschillende plaatsen versterkt heeft met verontreinigd bouwafval. Voor de kustverbreding stroomde het grondwater zeewaarts, dit dreigde na de ingreep

landinwaarts, richting de waterwinning en door de puinduinen, te stromen. De situatie werd nog complexer omdat ter hoogte van de waterwinning de kust verder werd verbreed door de aanleg van de zandmotor die de grondwateropbolling verder deed veranderen. Deze wijzigingen in grondwaterstroming waren ook tijdens de m.e.r. niet voorzien of onderschat.

Wijziging in uitvoering en toename van de kosten

Om de gevolgen van het opspuiten goed te begrijpen zijn, na het inrichten van meetopstellingen, verdere maatregelen ontworpen. Langs de waterwinning werd het zand nu niet tegen het (oude) duin opgespoten, maar op het strand in de depot gelegd. Tussen depot en duin is een tijdelijke gracht van 1 kilometer lengte gegraven om het gedraineerde depotwater af te voeren. Nadat de grondwaterstand in het depot was gezakt werd het zand mechanisch op zijn plaats gebracht. Deze depotgracht maatregel hielp vernatting en verzilting te voorkomen. Om de structurele grondwaterstandsverhoging (t.g.v. verbreding), en de verschuiving van de waterscheiding te neutraliseren werd een bronneringssysteem ontworpen van circa 1,4 kilometer lang. Hierbij zijn putten tot 20 m-NAP diep gerealiseerd met een putafstand van 50 meter. In principe zal deze bronnering de komende 25 jaar functioneren. Door de bronnering blijft de grondwaterstand en grondwaterstroming op hetzelfde niveau als voor start van de werkzaamheden. De extra kosten bedragen enkele miljoenen euro's [ref. 8].

Wie waren er betrokken

De uitvoering stond onder leiding van RWS en het Hoogheemraadschap Delfland. De werkzaamheden werden verricht door Boskalis en Van Oord. Belangrijke stakeholders, naast de uitvoerders, waren of werden: de waterleidingmaatschappij Dunea, de gemeenten Westland, Den Haag en Rotterdam en de Provincie Zuid-Holland.

Had het voorkomen kunnen worden: lessons learned

Waarschijnlijk is bij aanvang van het project niet de juiste kennis aangeboord. Men heeft weinig tot geen aandacht besteed aan geohydrologische en geochemische processen in de bodem. Vermoedelijk lag het accent op het 'zanddenken' en de mogelijke ecologische gevolgen en zijn de gevolgen op de ondergrond en het grondwater onderschat. Toen de problemen zich voordeden is adequaat gereageerd. Er werd direct een team opgesteld, aangevuld met specialisten van buiten (onder andere universiteiten en Deltares) die zeer regelmatig (minimaal wekelijks) bijeen kwamen.

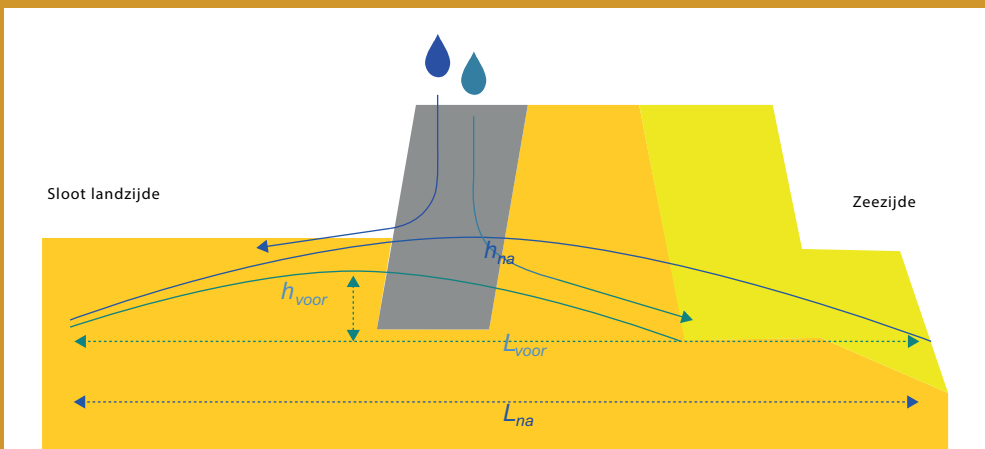


Fig. 2.2 Delflandse Kust: Een profiel tussen zee en de waterwinning met de ligging van het nieuw aangebrachte duin (licht geel), het oude bestaande duin (donker geel) en de ligging van de puinduinen (grijs). De figuur toont ook de structurele grondwaterstijging (h_{na}) als gevolg van de toegenomen drainageafstand (afstand tussen vloedlijn en eerste sloot aan de westzijde van het duin). De figuur laat ook zien hoe de waterscheiding zich voor de drinkwaterwinning ongunstig zou verplaatsen als er geen maatregelen zouden worden genomen. Deze verschuiving is ondervangen door onder het nieuwe duin een bronnering aan te brengen. Deze zorgt ervoor dat de grondwaterstand op het niveau van voor de werkzaamheden blijft.

In de Praktijkgids risicogestuurd werken [ref. 9] worden vier onzekerheden onderscheiden van de bodem. Vaak zijn onzekerheden tot één of meerdere van deze oorzaken te herleiden:

1. Randomness, heterogeniteit van de bodem;
2. Fuzziness, het ontbreken van eenduidige informatie over de bodem;
3. Incompleteheid, te weinig informatie over de bodemeigenschappen;
4. Onjuistheid, feitelijk foutieve informatie over de bodemeigenschappen.

Ad 1 Randomness: Laagscheidingen, verschillen in laagdikten en variaties van grondeigenschappen op korte afstand van elkaar, leveren een heterogene bodem op. Een heterogene bodem gedraagt zich anders dan een homogeen pakket. Zo bemoeilijkt een heterogene bodem de in-situ sanering door het ontstaan van voorkeurstroming van het grondwater [ref. 10]. Omgaan met deze onzekerheden vraagt een voldoende compleet onderzoeks- of meetnet. Bij projecten met veel grondverzet wordt vaak vooraf een grondstromenmodel opgesteld om de vrijkomende en toegepaste hoeveelheden materialen te bepalen. Dit grondstromenmodel maakt gebruik van bestaande gegevens en interpoleert de bodemopbouw tussen twee boringen. Het volgende voorbeeld laat zien wat er mis kan gaan.

> GEVOLGEN VAN RANDOMNESS BIJ DE INTERPRETATIE VAN BOORGEGEVENS

Conform de Nederlandse norm voor verkennend bodemonderzoek (NEN5740), strategie grootschalig onverdacht, zit tussen twee diepe boringen een afstand van circa 50 meter (afbeelding 2.3). Als men niet bedacht is op heterogeniteit van de bodem worden de boorpunten met elkaar verbonden voor het grondstromenmodel (afbeelding 2.4). Met als gevolg dat de kleilenzen niet worden opgemerkt, de afsluitende laag onterecht doorloopt en de grilligheid in dikte binnen een laag onjuist wordt ingeschat. De verkeerde inschatting van de hoeveelheden zand, klei en veen die vrijkomen leidt tot grote financiële tegenvallers bij grondverzet voor de opdrachtgever.

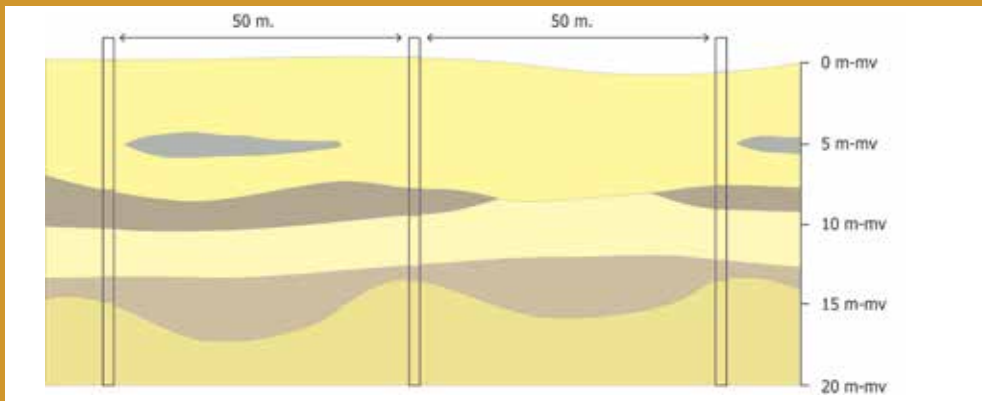


Fig. 2.3 Werkelijke bodemopbouw.

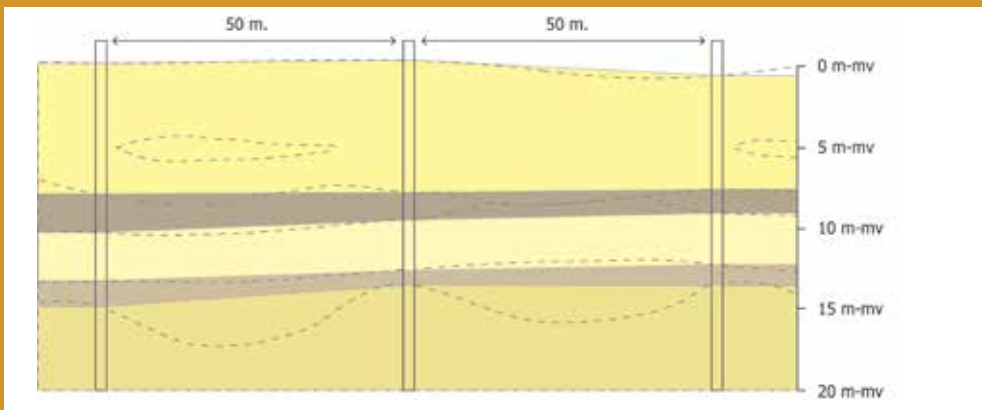


Fig. 2.4 Bodemopbouw op basis van boorprofielen.

Ad 2 Fuzziness: het ontbreken van eenduidige informatie zit vaak verborgen in het taalgebruik. 'Slappe of stevige klei' is voor een geotechnisch adviseur uit Groningen waarschijnlijk stijver dan voor een collega uit Gouda. Ook 'organisch arm' in veenrijk gebied is anders dan organisch arm op hoge zandgronden. Deze vorm van onzekerheid kan worden beperkt door definities te baseren op basis van meetwaarden. Daarnaast ontstaat fuzziness door onvermijdelijke aannames in bijvoorbeeld modelberekeningen of de methode van interpolatie en extrapolatie.

Ad 3 Incompletetheid: gebrek aan informatie ontstaat door steekproefsgewijs analyseren van de bodem. Bodem- en grondwateronderzoek omvat altijd slechts een fractie van het volume ondergrond dat wordt beïnvloed door of gebruikt voor de ingreep. Uit de casussen blijkt dat informatie en kennis soms wel beschikbaar is, maar dat deze niet tijdig wordt geraadpleegd. Een voorbeeld van onvoldoende detailinformatie bij de start is het aantreffen van zwerfkeien onder het Twentekanaal.

Ad 4 Onjuistheid: foute informatie is een vierde bron van onzekerheid in bodeminformatie. Fouten maken is menselijk, ook als het gaat om het doen van aannames. Zo ontstaan tikfouten bij de handmatige invoer in een bodeminformatiesysteem. De bodeminformatiesystemen worden veel gebruikt voor adviezen zonder dat men het papieren dossier nog raadpleegt. Tikfouten leveren dan een potentieel risico op in de toekomst. Onjuistheid kan wel in forse mate worden beperkt door het toepassen van kwaliteitssystemen en controles.

> ZWERFKEIEN ONDER HET TWENTEKANAAL

Aanleg onderdoorgang onder zijtak Twentekanaal met boring

Als onderdeel van het project 'De Doorbraak' moesten twee grote ronde buizen onder de zijtak van het Twentekanaal te Bornerbroek worden aangelegd. 'De Doorbraak' is een nieuwe beek met een lengte van 13 kilometer tussen de oostkant van Almelo tot de Midden-Regge. Het doel is een betere waterafvoer en een bijdrage aan de ecologische ontwikkeling in het gebied.

Het ontwerp voor de onderleider bestond uit 2 plaatstalen kernbuizen met een inwendige diameter van 2,4 meter en uitwendige diameter van 3,5 meter, die met een gesloten frontboortechneik moesten worden aangelegd. Deze buizen, met een totale lengte van 50 meter, zijn parallel en met een tussenafstand van 3 meter aangebracht. Voor de gesloten frontboring werd aan beide zijden van het kanaal een bouwkuip gebouwd; een startkuip (perskuip) voor de tunnelboormachine (TBM) en de ander als ontvangstuip.

Zwerfkeien hinderen boring

Tijdens het ontgraven van bouwkuipen werden zwerfkeien aangetroffen, waarvan een aantal met een diameter tot circa 1 meter. Deze ontdekking leidde tot de vraag of er niet veel meer zwerfkeien in het te boren tracé aanwezig zouden zijn. Daarom is met geofysisch onderzoek (3D-scan) bepaald of en hoeveel zwerfkeien er in het geplande boortracé lagen. De conclusie van het onderzoek was dat er in minimaal twee grote keien en mogelijk meerdere kleine keien in het tracé zouden liggen. In overleg met het waterschap werd besloten om de gedetecteerde stenen voorafgaand aan de boorwerkzaamheden te verwijderen. Hiervoor werd tijdelijk een kleine bouwkuip aangelegd. Bij aanleg van die bouwkuip bleken zoveel grote en kleinere keien aanwezig dat het werk werd opgeschort. Na verkenning van mogelijke oplossingsrichtingen is gekozen voor het in fasen verwijderen van alle keien door zeven en daarna weer terugbrengen van de grond. Om de scheepvaart niet volledig te stremmen werden in fasen kleine bouwkuipen aangebracht in het kanaal.

Meer zwerfkeien dan grondonderzoek aangaf

Zwerfkeien van deze omvang en in deze hoeveelheid waren niet verwacht op basis van het uitgevoerde grondonderzoek. De gekozen boorapparatuur was dan ook niet geschikt om dergelijke grote keien te doorboren. Daarom moest het boortracé eerst opgeschoond worden, voordat de gesloten frontboringen uitgevoerd konden worden.

Vertraging en extra kosten

De werkwijze ten aanzien van het ontwerp is aangepast: andere wijze van boren, specifieke ontgravingen naar zwerfkeien en andere maatregelen. De geplande opleverdatum werd uitgesteld en de realisatiekosten werden overschreden. Uitvoering van de onderdoorgang onder de zijtak van het Twentekanaal heeft circa twee jaar geduurd, 14 maanden langer dan gepland.

Wie was erbij betrokken

Ontwerp en bestek waren opgesteld door Witteveen+Bos. De opdrachtgever was Waterschap Regge en Dinkel. Door Rijkswaterstaat (als beheerder van het Twentekanaal) was de restrictie opgelegd dat de scheepvaart geen hinder mocht onderkennen van de werkzaamheden. Met de aannemer is overlegd over stagnatie en mogelijke technische oplossingen die dicht bij het bestek bleven.

Had het voorkomen kunnen worden: lessons learned

- *Bij boren in slappe ondergrond altijd globaal (historisch) onderzoek uitvoeren naar mogelijke obstakels in de ondergrond, bij verdenking uitgebreid (veld) onderzoek doen.*
- *Overleg voeren met kennisdragers van de bouwlocatie (bewoners, eigenaren, verenigingen).*
- *Boorapparatuur afstemmen op mogelijke obstakels in de ondergrond.*
- *Risico's benoemen en beheermaatregelen (alternatieve uitwijkscenario's) opstellen.*



Afb. 2.2 Twentekanaal.

2.4. VOOR WIE IS HET ONVERWACHT?

Men zegt vaak '... dat is onverwacht' waar bedoeld wordt '... dat had ik niet verwacht'. Een onverwachte gebeurtenis is vaak gerelateerd aan iemands perspectief. Verschil in kennis, referentiekader of belang maakt dat een opdrachtgever, de omgeving, een politicus of een specialist, ieder vanuit zijn/haar eigen perspectief andere zaken ziet als onverwachte gebeurtenis.

Bij sommige projecten worden gebeurtenissen niet voorspeld door het projectteam omdat de oorzaak buiten haar expertise of vakgebied valt. Het baggeren van de Hofvijver in Den Haag is hier een voorbeeld van. Zowel door de gemeente (opdrachtgever) als door de uitvoerder is klaarblijkelijk onvoldoende stilgestaan bij het belang van de afsluitende veenlaag. Het onbedoeld verwijderen van deze laag leidde tot wateroverlast op het Binnenhof.

> HOFVIJVER DEN HAAG

Tijdens baggerwerkzaamheden in de hofvijver ontstond wateroverlast in de kelders van het Binnenhof. Het baggeren in 1998 was nodig om de ecologische kwaliteit in de vijver te verbeteren. Hierbij is de onderliggende veenlaag, die een afdichtende werking heeft, onbedoeld ten dele afgegraven. Door de lagere grondwaterstand onder het naastgelegen Binnenhof, dat op een strandwal ligt, verloor de vijver hieraan zijn water. De extra wateraanvoer die nodig was om het peil in de hofvijver te handhaven, leidde vervolgens tot een snelle stijging van het grondwaterpeil rond de vijver en waterschade aan de naastgelegen parlamentsgebouwen.

Herstelmaatregelen

Vooral in combinatie met hevige regenval ontstond waterschade in de gebouwen. Om de effecten op te heffen is door de Rijksgebouwendienst een structurele bronnering aangelegd, bestaande uit een ringleiding met vier pompen. Daarnaast is in de Hofvijver een bentonieten tapijt aangebracht als waterkerende bescherming die voorkomt dat het water weglekt naar zijn omgeving. De verwerking van de slechte kwaliteit van het slib in de Hofvijver kostte bijna 700 duizend euro. De schade en de kosten voor het aanleggen van de waterafdichtende bescherming bedroegen circa 1 miljoen euro.



Afb. 2.5 Strandwallen: De ligging van strandwallen (geel) en daar tussen gelegen strandvlakten in het centrum van Den Haag. De oudste bebouwing (De Ridderzaal) ligt relatief hoog en droog op een strandwal, de Hofvijver in de lager gelegen strandvlakte. Bron: TNO.

Schadeclaim van de Staat aan de gemeente Den Haag

Mede als gevolg van dit incident stelde de Nederlandse staat de gemeente Den Haag voor 900 duizend euro aansprakelijk voor de geleden waterschade op het Binnenhof. Uit onderzoek bleek dat het incident van de Hofvijver verantwoordelijk was voor 42,5 centimeter grondwaterstijging [ref. 11] op het Binnenhof.

Had het voorkomen kunnen worden: lessons learned

Klaarblijkelijk hebben de uitvoerder en de projectleiding geen rekening gehouden met de aanwezigheid van een afdichtende veenlaag en het belang daarvan. Omdat het gaat om een 'standaard' klus, het baggeren van een vijver, wordt veelal niet gedacht aan onverwachte gebeurtenissen in het bodemwatersysteem. Een brede scan over de benodigde expertise bij de start van het project kan uitsluitel geven of de ingreep effecten heeft op zijn directe omgeving.

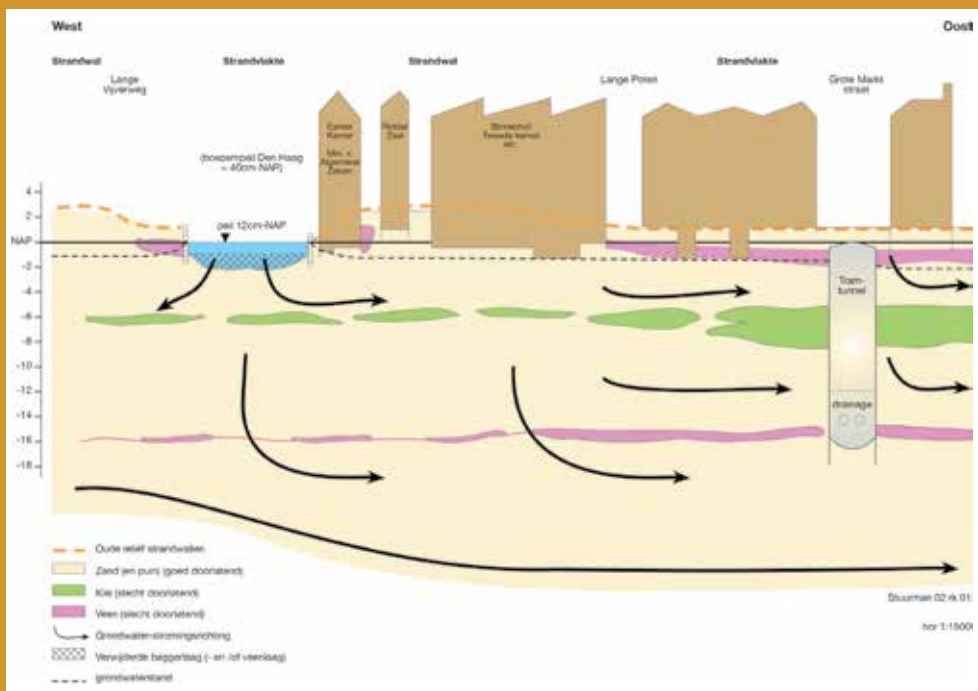


Fig. 2.5 Hofvijver Den Haag: De grondwaterstroming in een oost-west profiel rond het Binnenhof, Den Haag. Tijdens het weggraven van het veen onder de Hofvijver nam de infiltratie sterk toe en steeg het grondwater in de omgeving. Een ander grondwater fenomeen is de blokkerende werking van de tram-tunnel. Na aanleg steeg de grondwaterstand aan de westzijde en verlaagde deze aan de oostzijde. Dit had geen invloed op de grondwaterstand bij het Binnenhof.

2.5. ONDERVERDELING VAN ONVERWACHTE GEBEURTENISSEN

Voorgaande paragrafen illustreren dat 'onverwachte gebeurtenissen in de bodem' een complex begrip is met uiteenlopende facetten. De term 'onverwachte gebeurtenis' roept bij iedere betrokkene een eigen associatie op. De samenhang van 'onverwachte gebeurtenissen in de bodem' is weergegeven in het volgende diagram.

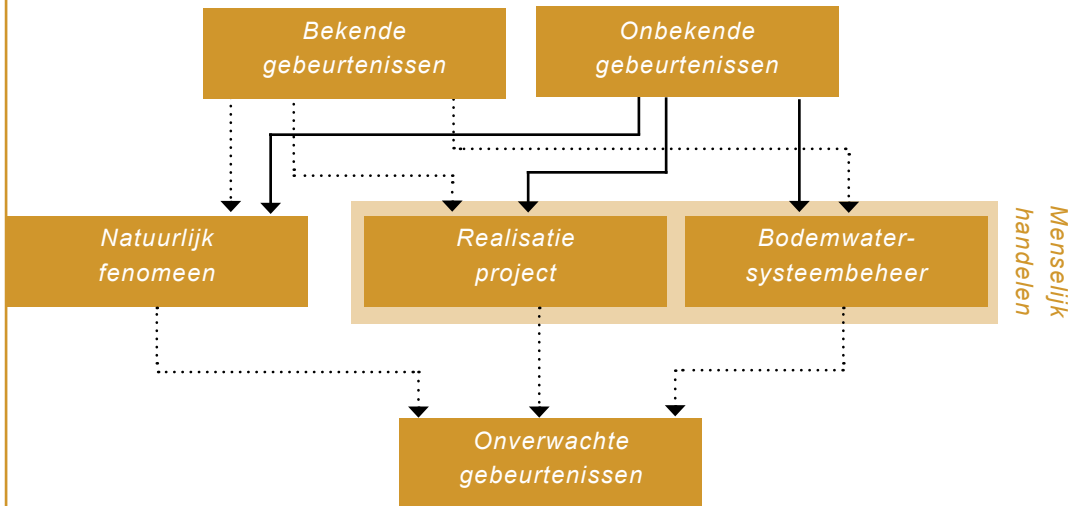


Fig. 2.6 Boomdiagram van onverwachte gebeurtenissen.

Op hoofdlijnen zijn alle onverwachte gebeurtenissen te vatten in de bekende onverwachte gebeurtenissen, de 'known unknowns', en de onbekende onverwachte gebeurtenissen, de 'unknown unknowns'. Het grote verschil tussen deze categorieën zit in de beschikbare kennis en expertise van het bodemwatersysteem. De 'unknown unknowns' zijn unieke en totaal onverwachte gebeurtenissen. Met de beschikbare kennis en expertise is deze gebeurtenis vooraf niet te verklaren. Bij de 'known unknowns' is de uitdrukking '...dat had men kunnen weten' meer van toepassing. Door verschillende oorzaken is beschikbare kennis niet benut of is, al dan niet bewust, een risico genomen.

Overigens heeft ook 'kennis' in de praktijk soms een beperkte houdbaarheid. Wetenschappelijke inzichten kunnen veranderen, met als gevolg dat conclusies uit eerdere studies moeten worden herzien en vervolgens gekozen beleid en maatregelen aanpassing behoeven. Een voorbeeld hiervan is de studie naar klimaat-effecten van de verandering van het grondwaterpeil in de Horstermeer.



> KLIMAATEFFECTEN VAN VERANDERING GRONDWATERPEIL IN DE HORSTERMEER

In het kader van klimaatbeleid en landgebruik zijn vergelijkende studies uitgevoerd, waarbij gekeken is naar de relatie tussen klimaateffecten en grondwaterpeil. In het algemeen geldt dat een hoog grondwaterpeil de oxidatie van veen vermindert en daarmee de emissie van CO₂. Tegelijkertijd neemt door zuurstofloze omstandigheden de vorming van methaan toe, dat een sterker broeikasgas is.

Voor de Horstermeer is het netto klimaateffect van de maatregel 'waterstand verhogen' berekend. In de betreffende studie [ref. 12] is gerekend met de wetenschappelijk bepaalde, en door het IPCC vastgestelde, waarde van 23 kg CO₂-equivalenten voor 1 kg CH₄. Gevolg was dat vernatting een netto vermindering van broeikasgassen zou veroorzaken. Niemand had ten tijde van de studie kunnen voorzien, dat het IPCC in 2013 een nieuwe waarde zou vaststellen. Gebaseerd op voortschrijdend wetenschappelijk inzicht is dit namelijk 28 kg CO₂-equivalenten



voor 1 kg CH_4 . Het berekende positieve klimaateffect voor de Horstermeer is op losse schroeven komen te staan. Vernatting levert op basis van de broeikasgasmismissie, na bijstelling van deze waarden, een negatief klimaateffect op. Aanpassing van dergelijke waarden kunnen grote gevolgen hebben voor beleidsbeslissingen en maatregelen die worden genomen voor het beheer van de Horstermeer.

lessons learned

In veel situaties wordt gewerkt met een gemiddelde waarde zonder hier de spreiding en onzekerheden van te kennen. Door deze spreiding onvoldoende in het resultaat te laten meewegen kan dit leiden tot verkeerde aannames. Het is daarom van belang om de achtergrond goed te kennen van de gehanteerde waarden en modelparameters.

Daarnaast is er het onderscheid tussen onverwachte gebeurtenissen veroorzaakt door een natuurlijk fenomeen (aardbeving, klimaatverandering) en door menselijk handelen. In de categorie 'menselijk handelen' onderscheiden we ingrepen die wij doen in het kader van het beheer van het bodemwatersysteem enerzijds en ingrepen in en op de bodem bij uitvoeringsprojecten anderzijds. Voorbeelden van beheergerelateerde ingrepen zijn paalrot als gevolg van peilbeheer en de toename van verdroging door mestwetgeving. Bouwen op en in de boven- en ondergrond, aanleg en beheer van infrastructuur en Ruimte voor de Rivier zijn allen voorbeelden van de categorie 'realisatie van uitvoeringsprojecten'. Kenmerkend voor deze categorie is dat werkzaamheden binnen een bepaalde periode leiden tot een fysiek eindstadium.

2.6. FASEN IN EEN PROJECT: IN (W)ELKE STAP WORDEN FOUTEN GEMAAKT

Vaak zijn onverwachte gebeurtenissen achteraf te verklaren. Inzet van de juiste deskundigheid of een diepgaander onderzoek had de gebeurtenis kunnen voorkomen. Door foutieve veronderstellingen of door werkzaamheden te onderschatten en te beschouwen als een routinematige activiteit, kunnen blinde vlekken ontstaan waardoor verdieping niet wordt gezocht. Kijkend naar de stappen in een project, van start tot nazorg, blijkt dat in elke stap onverwachte gebeurtenissen kunnen voordoen. Daarvan enkele voorbeelden.



Fig. 2.8 Projectfasering.

Tijdens de opstart van een project, het planinitiatief, kan onvoldoende rekening worden gehouden met het juiste conceptuele model, waardoor niet goed kan worden vastgesteld welke impact de werkzaamheden hebben op het bodemwatersysteem. Foutieve aannames in het conceptueel model leiden tot grote afwijkingen en vergroten daarmee de kans op onverwachte gebeurtenissen. Bij de Hofvijver en de kustversterking Kijkduin zijn niet de juiste deskundigen betrokken geweest waardoor de uiteindelijk opgetreden effecten niet tijdig zijn herkend en erkend. De uitdaging is dan ook om de juiste kennis en expertise te mobiliseren bij de start van het project.

In projecten wordt veel gebruik gemaakt van informatie die eenvoudig en direct ter beschikking is. Extra onderzoeksinspanning wordt soms, omwille van tijd en geld, niet verricht, ondanks dat er potentieel grote risico's mee zijn gemoeid. Het achterhalen van bomkraters in de uiterwaarden is voor Ruimte voor de Rivier projecten relevant. Dit zijn plaatsen waar in het verleden puin en afval is gestort om bomkraters te dempen. Toch is het opsporen van kraters geen onderdeel van standaard historisch vooronderzoek.

Het komt ook voor dat een specialist of projectleider uitspraken doet over het vakgebied van iemand anders. In de uitspraak 'ieder zijn vak' zit een belangrijke kernboodschap. Het vakmanschap op een werkterrein behaal je door jaren ervaring en via lessons learned in projecten. Dit lijkt vaak vervangbaar, maar is soms onbetaalbaar. Vaak gaat het hierbij om de impliciete kennis die niet op papier is terug te vinden.

De commerciële realiteit zorgt bij aanbesteding en prijsvorming voor risicomijdend gedrag. De opdrachtgever verstrekt informatie, maar geen interpretatie, ondanks ervaring en expertise uit eerdere projecten. Dit omdat fouten bij deze interpretatie kunnen leiden tot meerwerkclaims. De opdrachtnemer laat zich verleiden tot een lage prijs, waardoor er geen budget is voor aanvullend onderzoek of technische kwaliteit en diepgang. Onzekerheden en risico's worden in voorwaarden en uitgangspunten bij de aanbieding zoveel mogelijk teruggelegd bij de opdrachtgever. In hoofdstuk 4 wordt dit nader uiteengezet.

Het komt bij de realisatie geregeld voor dat in een project ad hoc maatregelen worden genomen omwille van de doorgang (tijdsdruk en kosten). Als de beoogde methode niet werkt wordt op zeer korte termijn opgeschaald of worden herstelwerkzaamheden uitgevoerd. De resultaten worden vaak niet teruggekoppeld met de specialisten die aan de basis stonden van het ontwerp. Het voorbeeld Getsewoud is een duidelijk voorbeeld van een de herstelmaatregel extra schade teweeg brengt.

> ONVERWACHT AANTREFFEN VAN STORTLOCATIES BIJ RUIMTE VOOR DE RIVIER

Bij verschillende Ruimte voor de Rivier projecten worden voormalige stortlocaties met puin in de ondergrond aangetroffen tijdens de uitvoer. Een deel van deze locaties komt naar voren uit voorafgaand bodemonderzoek. De specialist weet dat het bodemonderzoek een steekproef is op basis van bekende historische informatie. Dat met de gebruikte onderzoeksstrategie locaties worden gemist die tijdens uitvoering naar voren komen, is voor de bodemspecialist niet onverwacht, hooguit onvoorzien. Een opdrachtgever ziet dit soms anders. Hij vertrouwt er op dat het bodemonderzoek volledig is. Voor hem leiden extra stortlocaties tot vertraging en extra kosten bij de uitvoer en daarmee zijn ze veelal onverwacht.



Afb. 2.3a

Onverwacht aantreffen stortplaats.



> GRAAFWERKZAAMHEDEN IN EEN (HISTORISCH) STEDELIJK GEBIED

Tijdens de uitvoering van graafwerkzaamheden komen verschillende onverwachte verrassingen aan het licht. Zeker in historisch binnenstedelijk gebied is dit vaak het geval omdat de juiste documentatie van de historie vaak ontbreekt. Onverwachte bodemverontreiniging, oude funderingen, loze leidingen en archeologische vondsten kunnen ondanks zorgvuldig onderzoek toch onverwacht worden aangetroffen. Vaak werkt dit vertragend voor het project.

Afb. 2.3b

Graafwerkzaamheden in stedelijk gebied.



afb. 2.4 Ruimte voor de Rivier Deventer.

> BRONGASPRODUCTIE HEEFT ONVERWACHT POSITIEVE INVLOED OP FOSFAATGEHALTE POLDERWATER

In de diepe polders in het westen van Nederland bevonden zich na de Tweede Wereldoorlog nog duizenden particuliere gasbronnen. Deze gasbronnen leverden boerderijen gas voor verlichting en keuken. Het brongas werd gewonnen door grondwaterputten te installeren tot op ca. 25-75 meter diepte. Meestal stroomde dit brongaswater spontaan omhoog. Op maaiveld werd dit gasrijke water, onder een in een waterbassin drijvende grote metalen koker door een sproeikop gevoerd. Daarbij ontsnapte het gas en werd het water afgevoerd naar een dichtbij gelegen sloot. Omdat dit grondwater in veel polders brak of zout was, voerden de waterschappen vanaf de zestiger jaren beleid om deze bronnen te sluiten. Dit beleid was succesvol, behalve voor een aantal gasbronbeheerders in De Beemster en omgeving. Deze richtten een vereniging op en begonnen een rechtszaak met als argument dat er in de Beemster geen brak-zout water wordt geloosd. Het waterschap voerde daarop aan dat de lozing ongewenste (natuurlijke) nutriënten (N, P) bevatte.

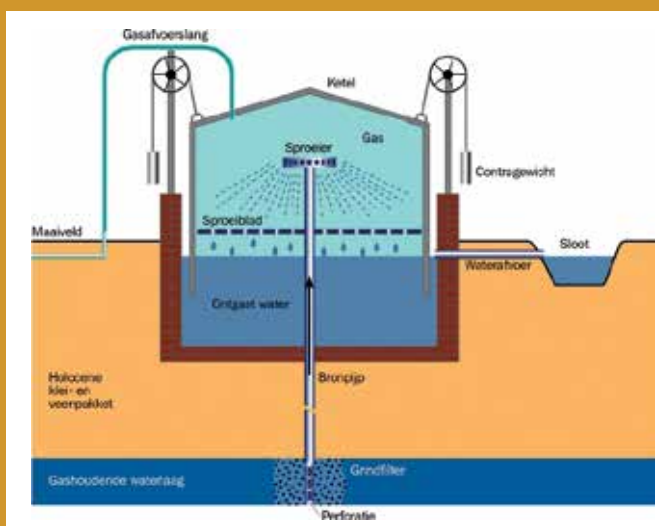


Fig. 2.7 Brongas productie.

De gasbronnen werkten waterkwaliteit verbeterend

Uit onderzoek bleek dat gasbronnen een onverwachte, positieve, invloed hadden op de waterkwaliteit. Sloopwater dat langs de gasbronnen was gestroomd bevatte minder fosfaat dan stroomopwaarts. Ook bleek dat de waterkwaliteit in de Beemster, in de jaren 50, toen er nog heel veel gasbronnen waren, veel beter was dan met slechts enkele gasbronnen [ref. 13]. Doordat het brongaswater rijk is aan ijzer vindt fosfaatvastlegging plaats. Het door ijzer gebonden fosfaat zinkt naar de slootbodem.

Een positieve uitspraak voor de Vereniging

Het Gerechtshof stelde de Vereniging tot Behoud van Gasbronnen in gelijk. Het waterschap heeft zich hierin geschikt.

Wie waren er betrokken

Betrokken partijen waren De Vereniging tot Behoud van Gasbronnen, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Het Gerechtshof, kennisinstituten Alterra (in opdracht Hoogheemraadschap) en TNO (in opdracht Vereniging).

Had het voorkomen kunnen worden: lessons learned

Deze rechtszaak, en de juridische- en onderzoekskosten, had voorkomen kunnen worden door een goed historisch en hydrochemisch onderzoek te verrichten.



Afb. 2.7 Brongas.



Afb. 3.1 Archeologische opgraving.

3 GEVOLGEN VAN ONVERWACHTE GEBEURTENISSEN

3.1. MAATSCHAPPELIJKE GEVOLGEN

Negatieve gevolgen van onverwachte gebeurtenissen uiten zich in extra kosten of tijd, verminderd welzijn (o.a. hinder, verslechtering leefomgeving en beleving) of gezondheidseffecten, en in uitzonderlijke situaties in sterfgevallen. Ook leiden sommige onverwachte gebeurtenissen tot het (onomkeerbaar) beschadigen van de bodem. De kwaliteiten van bodem kunnen daardoor niet of slecht worden benut. Vernietiging van archeologie of het verlies aan veen is niet te herstellen binnen één of enkele generaties.

Voor deze studie zijn de gevolgen van onverwachte gebeurtenissen van verschillende casussen gescreend. Daarbij zijn de volgende geclassificeerde onderdelen meegenomen:

- Frequentie: hoe vaak komt de onverwachte gebeurtenis voor.
- Aard: zoals extra tijd, kosten, negatieve effecten op welzijn of gezondheid.
- Leefomgeving: waar treden de gevolgen op en wat is de invloed.
- Bodemschade: mate van blijvende schade.
- Tijdstip: wanneer treedt de onverwachte gebeurtenis op.

Binnen een onderdeel wordt er een rangorde gehanteerd van 4 stappen. De kleur geeft de impact aan binnen een onderdeel, oplopend zijn dit: groen, geel, oranje en rood. Kijkend naar de aard heeft effecten op welzijn (hinder en overlast) een grotere impact dan effecten op tijd en kosten. Tevens hebben effecten die veel later optreden een grotere impact dan effecten die direct zichtbaar zijn, dit in verband met aansprakelijkheid en herstelmogelijkheden van de onverwachte gebeurtenis. Elke casus is langs deze maatlat gelegd, waardoor een soort DNA profiel ontstaat van onverwachte gebeurtenissen. Hierbij is geen rekening gehouden met de omvang of de grootte van het effect. Een beknopte toelichting van de gebruikte casussen is weergegeven in de bijlage.

Frequentie	--- vaak	--- regelmatig	-- sporadisch	--- nooit eerder
Aard	-- fataal	-- gezondheid	-- welzijn	-- tijd en kosten
Leefomgeving	-- regionaal	-- projectomgeving	-- project	-- activiteit
Bodemschade	-- onomkeerbaar	-- binnen 1 jaar		-- geen effect
Tijdstip	-- na jaren			-- direct

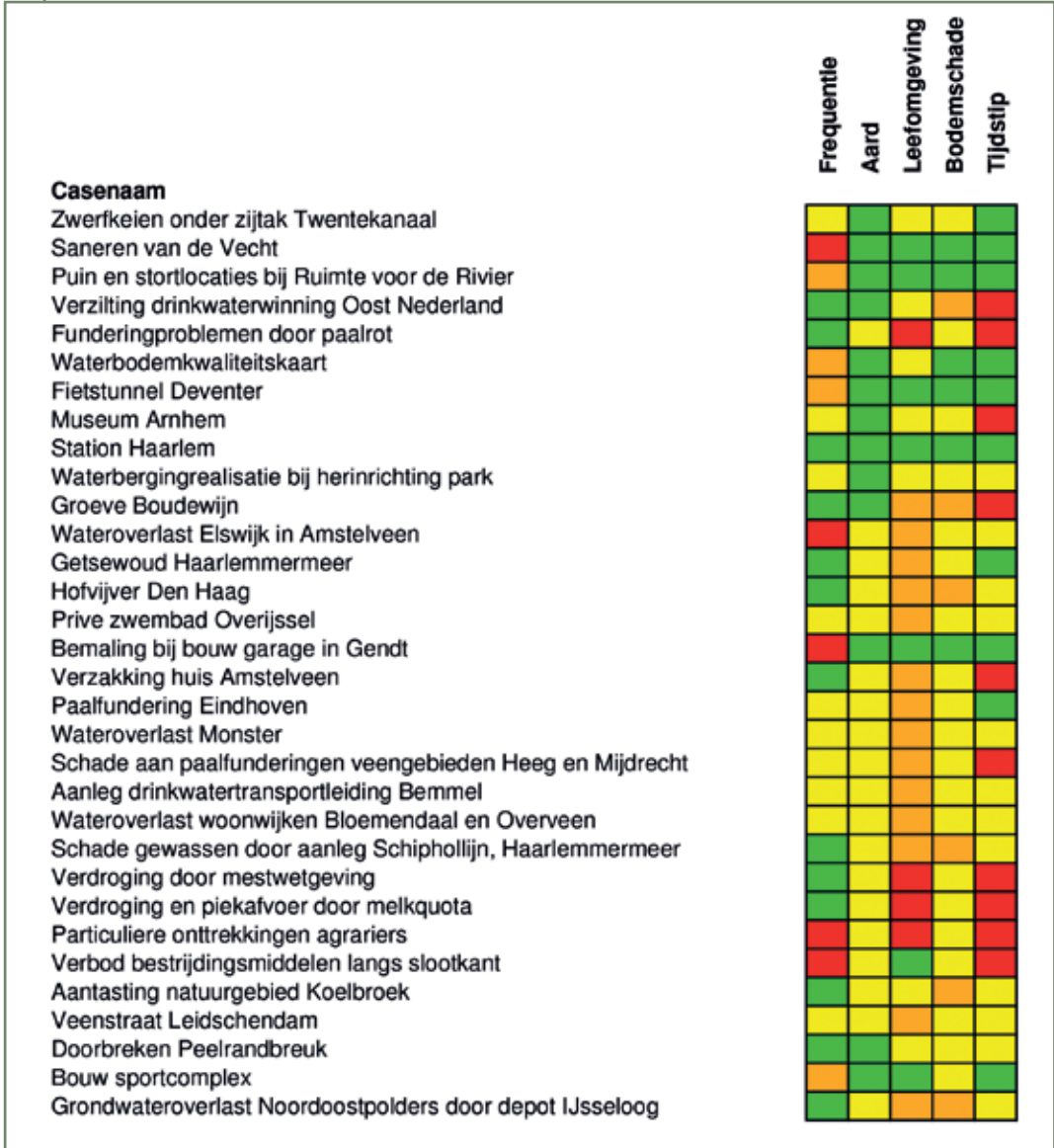


fig. 3.1 en fig. 3.2 Maatlat casussen en DNA profiel.

3.2. KOSTEN VAN ONVERWACHTE GEBEURTENISSEN

Of onverwachte gebeurtenissen maatschappelijk urgent zijn, wordt in het huidige tijdsbeeld afgemeten aan de kosten of baten die er mee gepaard gaan. Tot op heden is niet onderzocht wat de kosten en effecten op welzijn zijn van onverwachte gebeurtenissen in de bodem. Wel zijn er verschillende (landelijke) studies uitgevoerd die een relatie hebben met onverwachte gebeurtenissen. In de studie 'Schade door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied' [ref 16] worden de huidige kosten voor paalrot en maaiveldddaling geschat op 5 miljard euro. Op basis van de omvang betekent dit voor de individuele woningbezitter herstelkosten van circa 50 duizend euro. Paalrot relateert aan een onverwachte gebeurtenis, omdat de aard en omvang van de problematiek op voorhand niet was voorzien.

Er lopen verschillende initiatieven om vermijdbare kosten of faalkosten in projecten te voorkomen of te verminderen. Zo heeft het initiatief Geoimpuls het doel om geotechnisch falen in 2015 met de helft te hebben teruggebracht door verbetering van communicatie, contracten, kennis en techniek. Een deel van het geotechnische falen blijkt namelijk veroorzaakt te worden door onverwachte gebeurtenissen. Wat dit betekent voor de omvang van de kosten is niet vastgelegd in de doelstelling.

Het is lastig om kosten die veroorzaakt worden door onvoorziene gebeurtenissen inzichtelijk te maken. Veel van deze kosten verdwijnen als negatief projectresultaat voor opdrachtgever of opdrachtnemer. Daarnaast worden in de praktijk geschillen geschikt, is het een verzekeringskwestie of belandt het bij een arbitragecommissie. Dit maakt een studie naar de kosten van onverwachte gebeurtenissen complex. Wel is het beeld dat de onverwachte gebeurtenissen die we betitelen als "known unknowns" deels vermeden kunnen worden en dat daarmee ook vermijdbare kosten kunnen worden uitgespaard. Wat de omvang is op nationale schaal is op dit ogenblik moeilijk in te schatten. Om gevoel te krijgen van de ordegrootte, en daarmee de urgentie, zijn enkele voorbeelden van landelijke gegevens inzichtelijk gemaakt. Daarbij wordt opgemerkt dat deze kosten slechts deels het gevolg zijn van onverwachte gebeurtenissen in de bodem.

De studie 'Schade door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied' [ref. 14] doet kwantitatieve uitspraken over optredende financiële schade. Een lage grondwaterstand resulteert in schade aan fundering en gebouwen met als gevolg maai-veldddaling en paalrot. De huidige schade wordt geschat op 5 miljard euro, maar kan naar schatting de komende jaren oplopen tot maximaal 40 miljard euro. Daarnaast ontstaat door watertekort ongelijkmatige verzakking aan stedelijke infrastructuur met een schade van ongeveer 250 miljoen euro per jaar. Dit geldt vooral voor de 'slappe bodem gemeenten' en is gerelateerd aan veengronden. Ook wateroverschot zorgt voor schade aan gebouwen, infrastructuur en groen, die sterk afhankelijk is van de aard en omvang van de incidenten en moeilijk kan worden ingeschat.

Jaarlijks gaat in Nederland circa 400.000 keer de schop in de grond voor graafwerkzaamheden. In een op de 10 keer gaat het mis en wordt een kabel of leiding geraakt. In 2012 bedroeg de graafschade naar schatting 125 tot 130 miljoen euro. Van dit bedrag was 27 miljoen euro gerelateerd aan de directe herstelkosten, het overige betrof de indirecte schade door uitval van nutsvoorzieningen als stroom, water of gas. Grofweg bedraagt de gevolgschade per geval 2.500 euro [ref. 15].

Door gaswinning daalt de bodem in een groot deel van de provincie Groningen. Bij de start van de winning werd hiermee geen rekening gehouden. In het decennium 1970 is gestart met de eerste wiskundige berekeningen rond bodemdaling en werd de daling geschat op 100 centimeter. Vervolgens is op basis van monitoring het model in de jaren '80 verfijnd, de bodemdaling betrof 60-70 cm. Begin '90-er jaren blijkt dat op basis van metingen en de nieuwe modelberekeningen de bodemdaling aanmerkelijk lager zou uitvallen, ongeveer 36 centimeter. Deze daling is met de nieuwste inzichten verder teruggebracht tot 24 centimeter [ref. 16]. Dat bodemdaling en aardbevingen plaatsvinden als gevolg van gaswinning is nu breed bekend.

Op 16 augustus 2012 werd Loppersum getroffen door een aardbeving van 3,6 op de schaal van Richter. Deze duurde langer en was sterker dan voorgaande bevingen. Onderzoek laat zien dat in de toekomst sterkere aardbevingen mogelijk zijn. Bijvoorbeeld met een kracht tussen 4 en 5 op de schaal van Richter. Dit was aanleiding voor het kabinet om onderzoek te doen. Aardbevingen, ook als gevolg van gaswinning, zijn voor bewoners in de getroffen gebieden onverwachte gebeurtenissen omdat de exacte locatie van de beving vaak onbekend is. Kijkend naar de kosten heeft de Commissie Bodemdaling een totaal van circa 7.000 schadeclaims en is in 2012 2,9 miljoen euro uitgekeerd aan claims die het gevolg zijn van gaswinning [ref. 17]. Recentelijk zijn de studies van de gaswinning gepubliceerd. Een belangrijke preventieve maatregel is het verminderen van de winning in de komende 3 jaar. Tevens is 1,2 miljard euro beschikbaar gesteld voor het versterken van gebouwen en infrastructuur in de regio [ref.18].

Over de totale kosten binnen projecten is weinig literatuur beschikbaar. Bedragen die worden genoemd zijn vaak gerelateerd aan faal- of projectkosten in het algemeen en zijn niet specifiek te herleiden naar opgetreden onverwachte gebeurtenissen. Een illustratie hoe hoog extra kosten kunnen oplopen als gevolg van onverwachte gebeurtenissen is het aantreffen van zandpalen bij de A4 tussen Delft en Schiedam.

> ENORME EXTRA KOSTEN DOOR ZANDPALEN

Deze informatie is grotendeels gebaseerd op een artikel in Cobouw (Ingrid Koenen, 18-9-2013).

Verlenging A4 tussen Delft en Schiedam

Na decennia van discussies wordt nu gewerkt aan de verlenging van de A4 in Midden-Delfland. De bouwcombinatie A4all heeft dit contract kunnen verwerven door 170-240 miljoen euro lager aan te bieden dan haar concurrenten. De combinatie durfde dit aan door een innovatieve bouwmethode te gebruiken waarbij een kleilaag als bodem van de tunnel zou worden gebruikt. Daardoor zouden 11.000 heipalen en veel onderwaterbeton worden uitgespaard. Tijdens de uitvoering bleek echter dat de bewuste kleilaag al in de zeventiger jaren, ter voorbereiding van de A4 werkzaamheden, was geperforeerd door zandpalen.

Vergeeten zandpalen verstieren goedkope bouwmethode

Het ontwerp van A4all steunt op de continue aanwezigheid van de kleilaag van Kedichem. Tijdens de aanbesteding was geen informatie beschikbaar over perforatie door eerder aangebrachte zandpalen. Toen deze alsnog werden aangetroffen, werden kostbare aanvullende werkzaamheden noodzakelijk. Maatregelen waaraan werd gedacht zijn:

- het doorzetten van de damwanden tot in een dieper gelegen kleilaag;*
- het dicht zetten van de kleilaag;*
- bij vondst van palen deze te jetgrouten (grondverbetering met cementmengsel).*

De aanwezigheid van zandpalen

Deze onverwachte omstandigheden waren, achteraf gezien, wel te voorzien. Na de ontdekking doken archiefstukken op met de exacte locaties van deze zandpalen. Er zijn 3 risicogebieden van respectievelijk 100, 460 en 120 meter lengte.

Forse toename van de kosten

Deze onverwachte vondst heeft de kosten van het project met miljoenen verhoogd en is afhankelijk van het aantal zandpalen. Het is nog onduidelijk wie hiervoor de verantwoordelijkheid draagt.

Wie waren er betrokken

De bouwcombinatie A4all bestaat uit Heijmans, Volker Wessels en Boskalis. RWS is opdrachtgever voor dit project dat in 2012 van start ging en in 2015 dient te worden opgeleverd. Het project is aanbesteed als een design & construct contract (300 miljoen euro).

Had het voorkomen kunnen worden: lessons learned

Door de looptijd van het project en de beslissing is relevante informatie onvoldoende overgedragen. Of deze informatie was vergeten of als niet belangrijk is bestempeld is voor ons een vraagteken. Wel zijn archivering en ontsluiting van historische informatie hier vermoedelijk de bottleneck geweest. Het is belangrijk om de kennis goed te beheren en te borgen. Dit borgen is niet beperkt tot de resultaten van onderzoeken en het papieren archief. Ook de kennis die de senior medewerker heeft opgedaan in zijn loopbaan en bij het werken in het betreffende project is belangrijk.

Waar onverwachte gebeurtenissen binnen projecten frequent voorkomen, kan worden verwacht dat een extra inspanning eerder in het proces dit kan ondervangen. Dit sluit immers aan bij de beleving '...dat had men kunnen weten' van de bekende onverwachte gebeurtenissen en 'meten is weten'. Als deze stelling hout snijdt, kan worden geconcludeerd dat meer investering bij aanvang van een project de risico's bij de uitvoering verkleint en per saldo resulteert in kostenbeparing.

Dit lijkt ook het geval bij veel voorbeelden in deze verkenning. Toch is dit geen wet van Meden en Perzen. Veel projecten verlopen uitstekend en kennen geen onverwachte gebeurtenissen. Extra inspanningen betekenen ook voor deze projecten hogere kosten. Daarnaast is niet altijd duidelijk waar en hoeveel extra inspanning geleverd moet worden om onverwachte gebeurtenissen te vermijden. Dit neemt niet weg dat goed (voor)onderzoek en betrokken deskundigheid succesfactoren zijn in het tegengaan van onverwachte gebeurtenissen.

3.4. VERWACHT TOEKOMSTBEELD

Ondanks dat het bodemwatersysteem het landschap en ons bestaan heeft gevormd, zijn vakgebieden als bodemsanering en ondergronds bouwen relatief jong.

De laatste decennia zijn we gaan experimenteren met onze bodem. Projecten als Building with Nature (zandmotor) of de Noord-Zuidlijn in Amsterdam (metrolijn in een slappe bodem) brengen inherent risico's met zich mee en daarmee onverwachte gebeurtenissen. Door het uitvoeren van innovatieve projecten wordt kennis ontwikkeld die ons meer inzicht verschaft in het bodemwatersysteem. Kennis die niet alleen gebruikt wordt om het in de toekomst anders te gaan doen, maar die ook als exportproduct te gelde kan worden gemaakt.

Een duidelijke ontwikkeling is dat de ondergrond steeds intensiever wordt ingezet om onze maatschappelijke opgaven bovengronds te realiseren. Hierdoor worden functies en gebruik in de ondergrond op, onder of naast elkaar geplaatst. De ruimtedruk in de ondergrond neemt daardoor toe, samen met de kans dat gebruik, projecten en maatregelen conflicteren. De toenemende ruimtedruk en het uitvoeren van innovatieve projecten betekent dat de kans op onverwachte gebeurtenissen toeneemt.

'Onze verwachting is dat onverwachte gebeurtenissen in de toekomst toenemen'.

Verschralende kennis

Een grote zorg is dat het kennisniveau verschaalt en kennis versnipperd raakt. Dit wordt onder andere ingegeven doordat de klassieke rolverdeling tussen overheid als initiatiefnemer, ingenieursbureau als adviseur en aannemer als uitvoerder is verschoven. Door nieuwe contractvormen is de aannemer steeds meer de rol van het ingenieursbureau gaan overnemen. Naast de realisatie is de aannemer ook verantwoordelijk voor het ontwerp (design en construct). Ingenieursbureaus worden nagenoeg op de stoel geplaatst van opdrachtgever. In 'best value procurement'-procedures bepaalt het ingenieursbureau het benodigde detailniveau en de eisen van het ontwerp. En tot slot stuurt de opdrachtgever vooral het proces, soms zonder kennis en expertise uit eerdere projecten door te geven richting uitvoering. Zonder een gedegen kennisniveau is het niet alleen moeilijk kundige vragen te stellen, maar ook moeilijk om antwoorden te kunnen begrijpen. De toenemende complexiteit van vraagstukken en de noodzaak tot een integrale aanpak versterken dit. Maar weinigen overzien alle aspecten van het bodemwatersysteem in samenhang.





*Afb. 3.3 Bij het natuurontwikkelingsproject Korte Broek te Epe van Geldersch landschap werd bij het afplaggen van de bovengrond een historische beekloop ontdekt, een zandige slinger.
Bron: Dirk Oomen/Geldersch Landschap.*



Afb. 4.1 Overlegsituatie.

EVEN MET EEN JURIDISCHE BLIK

In de afgelopen jaren is er een verschuiving opgetreden van de ontwerpverantwoordelijkheden. De traditionele wijze wordt steeds vaker ingeruild voor innovatieve contractvormen, onder de noemer geïntegreerde contracten. Traditioneel is de opdrachtgever primair verantwoordelijk voor het ontwerp en hij verwerkt dit tot een bestek. Het bestek is het kookboek voor de uit te voeren activiteiten die de opdrachtnemer strikt uitvoert. In de innovatieve contracten als Design en Construct (D&C) of Turnkey, is de opdrachtnemer verantwoordelijk voor ontwerp en realisatie en soms ook voor onderhoud en financiering.

4.1. INLEIDING

Bouwbedrijven die actief zijn in de grond-, weg- en waterbouw moeten uit hun overeenkomst vooral twee bepalingen goed kennen, te weten par. 5 lid 2 en par. 29 lid 3 uit de Uniforme Administratieve Voorwaarden 2012 [ref. 19]. Wanneer de UAVgc 2005 op de overeenkomst van toepassing zijn, geldt dat voor par. 13 lid 1 en 2 en par. 44. Deze bepalingen gaan over de gevolgen van de bodemgesteldheid op het werk. Een van de kenmerken van infrastructurele werkzaamheden is dat we niet (goed) onder water en onder de grond kunnen kijken. Daardoor worden constructies berekend op grond van veronderstellingen die niet altijd juist blijken. Bij baggerwerken, boringen, tunnelbouw, funderingen et cetera, kunnen daardoor onverwachte gebeurtenissen optreden die leiden tot schade of extra werkzaamheden met financiële gevolgen. Met de toenemende omvang van bouwcontracten nemen ook die financiële gevolgen toe. Belangrijke vraag is vervolgens waar de kosten voor deze gevolgen moet worden gelegd. Via het Romeinse antwoord van twee millennia geleden en het Amerikaanse antwoord van heden willen we deze vraag verder beantwoorden.

> CORPUS IURIS CIVILIS

Een belangrijk deel van de wetgeving die is geproduceerd in het Romeinse Keizerrijk is door de Byzantijnse keizer Justinianus in 533 nC bijeengebracht in de Corpus iuris civilis. Die verzameling is de laatste jaren (voor de eerste keer) volledig in het Nederlands vertaald [ref. 20]. Een onderdeel van die verzameling (de digesten) bevat adviezen van rechtsgeleerden, vaak over een concrete casus. Een aantal van die adviezen gaat over de uitvoering van bouwwerken. Marcus Antistius Labeo, een van de bekendste rechtsgeleerden uit de tijd van Augustus, kreeg een casus voorgelegd van een aannemer van infrastructurele werkzaamheden, over een waterbouwkundig werk. Daarin formuleert hij eerst een hoofdregel voor de aansprakelijkheid van de aannemer. De casus blijkt uit het antwoord: "Als een kanaal waarvan u de aanleg op u genomen hebt en dat u inderdaad hebt aangelegd, door een verzakking onbruikbaar is voordat u het hebt laten goedkeuren, is het risico voor u." Deze regel geldt in de UAV 2012 onverkort (par. 6 lid 1 en 12 lid 1): de aannemer is aansprakelijk voor schade en gebreken tot aan oplevering.

Twee eeuwen later nuanceert Julius Paulus deze hoofdregel voor de situatie die in deze rapportage aan de orde is: "Neen, als dit gebeurd is door een gebrek in de grond, dan zal het risico voor de aanbesteder zijn, maar als het risico door een gebrek in het werk gekomen is, zal de schade voor u zijn". Fouten in de uitvoering van het werk zijn dus voor risico van de aannemer, volgens Paulus, maar een gebrek in de grond ('vitium soli') is het probleem van de opdrachtgever. Deze risicoverdeling geldt ook voor gevallen van overmacht zoals natuurgeweld, waarbij de rechtsgeleerde Florentinus als ratio aanvoert: "Jegens de aanbesteder behoort immers niet meer gepresteerd te worden dan wat hij door eigen zorg en arbeid verkregen zou hebben". Een zelfde uitgangspunt ligt ook ten grondslag aan de risicoverdeling in de UAV.

4.2. Contractuele verplichtingen op basis van UAV 2012; UAVgc 2005

De UAV regelen de contractverhoudingen tussen opdrachtgever en opdrachtnemer en zijn in samenwerking met de bouwsector en de overheid opgesteld. Het zijn voorwaarden die gebruikt kunnen worden bij een bestek of overeenkomst. De toevoeging gc staat voor geïntegreerde contracten, de innovatieve contractvorm.

Op grond van par. 5 lid 2 UAV 2012 is de opdrachtgever verantwoordelijk voor fouten in het namens hem opgestelde ontwerp 'daaronder begrepen de invloed

die daarop door de bodemgesteldheid wordt uitgeoefend'. In aansluiting daarop geeft par. 29 lid 3 UAV 2012 aan de aannemer ook een aanspraak op bijbetaling als de 'tijdens de uitvoering blijkende toestand afwijkt van die welke de aannemer redelijkerwijs had mogen verwachten'; derhalve ook wanneer die toestand niet met zoveel woorden in het bestek is verwoord.

De UAV (en haar voorgangers, die teruggaan tot het begin van de 20e eeuw) veronderstellen dat de opdrachtgever het ontwerp maakt. Tegenwoordig werken opdrachtgevers in de infrastructuur ook vaak met de UAVgc 2005, die mede gebaseerd is op de mogelijkheid dat de aannemer (delen van) het ontwerp maakt. In die voorwaarden is de opdrachtgever verantwoordelijk voor de gevolgen van onjuistheid van door hem verstrekte gegevens (par. 3 lid 2), maar is de opdrachtnemer verantwoordelijk voor de afstemming van de werkzaamheden op de bodemgesteldheid (par. 13 lid 1). Ontstaan daardoor schade of gebreken, dan is de opdrachtgever slechts aansprakelijk wanneer opdrachtnemer 'alle voorzorgsmaatregelen heeft genomen die, gegeven de aard en inhoud van de overeenkomst, de aard van het werk (...) en de overige omstandigheden van het geval, van een zorgvuldig opdrachtnemer verwacht mogen worden'.

Tegen de achtergrond van die regel is het van belang dat de opdrachtnemer zijn ontwerp- en bouwwerkzaamheden zoveel mogelijk baseert op algemeen aanvaarde normen of beschikbare gegevens binnen en buiten de contractuele context. In dit verband is de oplossing interessant die in de Verenigde Staten wordt gehanteerd om problemen te voorkomen.

> AMERIKAANSE AANPAK: GEOTECHNICAL BASELINE REPORT

Veel Amerikaanse overeenkomsten voor de uitvoering van infrastructurele werkzaamheden bevatten een bepaling die de aannemer aanspraak geeft op bijbetaling in geval van afwijkende bodemomstandigheden, geheel volgens het Romeinse uitgangspunt. Die situatie wordt vaak aangeduid als een 'differing site condition'. Om beter te kunnen bepalen wanneer sprake is van een afwijkende situatie wordt dan een 'geotechnical baseline report' bij de overeenkomst gevoegd, waarin de beschikbare geotechnische informatie is opgenomen.

Bij deze Amerikaanse aanpak is in Nederland aansluiting gezocht met het opstellen van de Risico Verdeling-Geotechniek (RV-G), een initiatief van het CROW en de CUR uit 2006. Ter voorkoming van geotechnische problemen worden volgens die methode op voorhand risico's geïnventariseerd, zodat die bij de uitvoering beter beheerst kunnen worden. Uit een inventarisatie uit 2011 van Geo-impuls blijkt dat deze opzet weliswaar niet leidt tot minder claims, maar wel tot een betere discussie [ref. 21]. Dat lijkt een conclusie die verbetering van deze methode rechtvaardigt.

Voor het vinden van een werkelijk effectieve oplossing, die zowel technische als juridische problemen vermindert, is het belangrijk het economische kader te onderkennen waarbinnen overeenkomsten over infrastructurele werkzaamheden tot stand komen.

4.3. ECONOMISCH EN JURIDISCH KADER

Verreweg de meeste overeenkomsten in deze sector komen tot stand via een (meestal openbare) aanbesteding. Die aanbesteding heeft ten minste twee eigenaardigheden die beslissend zijn voor inhoud en prijs van het werk.

In de eerste plaats geldt, ingevolge het ARW 2012 (Het Aanbestedingsreglement Werken is een verplicht richtsnoer bij aanbestedingen van werken onder de Europese aanbestedingsdrempel) dat meestal van toepassing is, de regel dat inschrijvende aannemers niet mogen afwijken van de door de opdrachtgever geformuleerde eisen. Zij kunnen dus niet kiezen voor een andere risicoverdeling. Onderhandeling is in het algemeen ook niet toegestaan.

In de tweede plaats wordt de keuze uit de inschrijvingen bepaald op grond van het gunningcriterium van de laagste prijs of dat van de economisch meest voordelige aanbidding. Dat criterium brengt met zich mee, dat de inschrijver die de allerbeste oplossing bedenkt met de allerminste risico's niet de laagste maar vaker de hoogste prijs heeft, of niet de meest voordelige maar de minst voordelige aanbidding doet. Bij het criterium van de economisch meest voordelige aanbidding is het mogelijk om een uitvoerige risicoanalyse te belonen, maar in de praktijk wordt daarvan onvoldoende gebruik gemaakt. Ter verbetering van de kwaliteit van een werk zou daarom een aanbestedingsmodel opgesteld moeten worden waarin deze risico's een veel grotere waarde krijgen.

In de derde plaats is bij deze aanbestedingen een ontwikkeling zichtbaar, waarbij de aanbesteder minder bindende informatie verstrekt over de bodemgesteldheid. Door minder gegevens ter beschikking te stellen, vermindert namelijk de aansprakelijkheid van de aanbesteder. Inschrijvers staan dan voor een dilemma: om een

goede aanbieding te doen hebben zij aanvullende informatie nodig. Zonder die informatie berust de calculatie op veronderstellingen die grote risico's bevatten.

Dat dilemma kan niet worden opgelost door de inschrijvers zelf de nodige onderzoeken te laten verrichten voorafgaand aan de aanbesteding. Daarvoor ontbreekt meestal de tijd en het geld (deze werkzaamheden worden door de aanbesteder niet vergoed). Het is bovendien onwenselijk dat alle inschrijvers dezelfde onderzoeken uitvoeren.

Dat laatste probleem kan wel worden opgelost door het uitgangspunt dat de aanbesteder alle onderzoeken laat uitvoeren die relevant zijn voor alle ontwerpopselingen die aangeboden kunnen worden. Daarbij wordt verondersteld dat het in de praktijk niet moeilijk is om vast te stellen welke grondonderzoeken, zoals boringen en sonderingen, in beginsel voor alle inschrijvers relevant zijn. Bij die onderzoeken (een soort geotechnical baseline report zoals in de VS, zie paragraaf 4.2) kan dan ook al een risico-inventarisatie worden gevoegd.

4.4. CONCLUSIE

In het voorgaande is gepleit voor een aanbestedingsmodel waarin meer belang wordt gehecht aan de wijze waarop de inschrijver risico's wil beperken. Voorts is aangeraden zoveel mogelijk gegevens door de aanbestedende dienst te laten verstrekken, volgens het motto: wat alle inschrijvers moeten doen, moet de aanbestedende dienst doen.

Naarmate de aanbestedende dienst minder gebruik maakt van deze mogelijkheden, zouden daaraan voor de aanbestedende dienst nadelige gevolgen verbonden moeten worden, als bij de uitvoering problemen naar voren komen. De hiervoor aangehaalde bepalingen in de UAV 2012 en UAVgc 2005 bieden daarvoor de mogelijkheid. Daarmee wordt recht gedaan aan het uitgangspunt dat al twee millennia geldt: de vitium soli is het risico van de opdrachtgever.



Afb. 5.1 Uitsparen bom uit gegraven nevengeul randwijk Wageningen. Bron: Dirk Oomen.

KAN HET OOK ANDERS?

De voorgaande hoofdstukken roepen de vraag op of het niet anders kan.

Bij het beantwoorden van die vraag wordt in dit hoofdstuk een zijsprong gemaakt naar hoog betrouwbare organisaties, in het engels: High Reliability Organizations (HRO). HRO zijn organisaties die activiteiten uitvoeren in risicovolle omstandigheden en waarbij zich relatief weinig incidenten voordoen. Voorbeelden zijn onder andere de luchtvaart, kerncentrales en de brandweer. Een fout in het handelen van deze organisaties kan catastrofale gevolgen hebben. HRO lopen voorop als het gaat om systeemveiligheid en het terugdringen van risico's in de organisatie. Om beter om te gaan met onverwachte gebeurtenissen in de bodem kunnen we wellicht leren van HRO.

PRINCIPES VAN HIGH RELIABILITY ORGANIZATIONS (HRO)

HRO onderscheiden zich van andere organisaties via 5 kenmerken die eigenlijk op alle organisaties van toepassing kunnen zijn [ref. 22]:

1. sterke focus op fouten;
2. weerstand bieden tegen vereenvoudiging;
3. gericht zijn op de uitvoering;
4. veerkrachtig zijn voor onverwachte gebeurtenissen;
5. respecteren van expertise.

Ad 1. Fouten voorkomen begint met sensitief zijn voor de aanwijzingen dat fouten kunnen ontstaan. HRO besteden veel tijd aan het analyseren van 'foutsituaties'. Met dit overzicht bezitten zij veel kennis en ervaring om te anticiperen op ongewenste situaties. De cultuur van een HRO is zo ingericht dat het melden van (net niet) fouten wordt gestimuleerd. Van deze focus gaat een preventieve werking uit.

Ad 2. Om complexe taken optimaal te kunnen uitvoeren is het nodig om op de hoogte te zijn van de complexe omgeving. Het simplificeren van de situatie geeft medewerkers de mogelijkheid om informatie en mogelijkheden uit te sluiten, waardoor de kans op ongewone gebeurtenissen toeneemt. De kracht is dat men beseft wat men niet weet.

Ad 3. Situaties zijn niet statisch en lineair. Door alert te zijn op alle signalen krijgt men een goed en volledig beeld van de huidige situatie tijdens de uitvoering. Een hoog betrouwbare organisatie stelt zich tijdens een project continu op de hoogte van nieuwe informatie, gebeurtenissen en ontwikkelingen op een projectlocatie.

Door hiermee bewust om te gaan en adequate maatregelen te treffen, kan een opeenstapeling van kleine fouten worden tegengegaan.

Ad 4. Dit betekent het leren omgaan met onverwachte gebeurtenissen. Vaardigheden trainen die het makkelijker maken om je aan te passen aan de situatie, te improviseren en te multitasken.

Ad 5. Het gaat om een flexibele besluitvormingsstructuur waarbij de besluitvorming wordt gedelegeerd aan de expert bij onverwachte gebeurtenissen. Hierdoor wordt de klassieke hiërarchie ondergeschikt aan de expertise.

5.2. GOED VOORBEELD DOET GOED VOLGEN: PRINCIPES HRO VOOR BODEM EN ONDERGROND

De principes die veel van de HRO hanteren kunnen doorvertaald worden naar strategieën die kunnen worden ingezet bij onverwachte gebeurtenissen in de bodem en ondergrond.

1. sterke focus op fouten

In ondergrondprojecten zijn vaak meerdere partijen aanwezig, en dus meerdere 'fout-eigenaren', maar vaak is er geen partij die zich voor het totaal verantwoordelijk voelt. Om te leren van fouten in ondergrondprojecten moet een opener cultuur ontstaan en het besef dat het ontsluiten van kennis over fouten de maatschappij kosten kan besparen. Onverwachte problemen zouden goed moeten worden beschreven.

Een mogelijke oplossingsrichting is het opzetten van een website, waar per ingreep (baggeren, sloot graven, horizontaal boren, etc.) systematisch wordt beschreven waar (op basis van de huidige stand van kennis) risico's aanwezig zijn en welk type (voor-)onderzoek deze kan verkleinen.

2. weerstand bieden tegen vereenvoudiging

Om kosten te besparen en tijd te winnen wordt door ontwerpers en planmakers de werkelijkheid vaak niet gedetailleerd onderzocht. Te snel wordt uitgegaan van sterk vereenvoudigde ondergrondmodellen en grondwatersituaties. De afstand tussen ontwerpers op kantoor en uitvoerders in het veld is vaak te groot. Een verbeterde documentatie van de ondergrond kan problemen helpen voorkomen. Misschien moeten ingrepen in de bodem, zoals 'zandpalen' maar ook tunnels, beter worden gedocumenteerd, waarbij kan worden gedacht aan het uitbreiden van de Basisregistratie Ondergrond en de database van de Geologische Dienst Nederland (DINO). Belangrijke ondergrondinformatie kan centraal worden opgeslagen, zo-

dat deze in de toekomst te gebruiken blijft, onafhankelijk van reorganisaties en pensionering. Ook moet meer aandacht besteed worden aan schaalaspecten. Ondergrondmodellen zijn vaak voor een veel grovere schaal ontwikkeld, terwijl ze daarna vaak heel lokaal worden gebruikt. Een goed voorbeeld van een complexe situatie is de Amsterdamse buurt in Haarlem. Aantasting van de houtenpaalfundering was niet alleen het gevolg van verrotting door grondwaterstandverlaging maar ook het gevolg van palenpest.

> ONVERWACHTE DEPRESSIES IN HET FREATISCH GRONDWATERVLAK VAN DE AMSTERDAMSE BUURT, HAARLEM

De Amsterdamse buurt, aan de oostzijde van het Spaarne heeft (had) veel last van verzakkende huizen. Uit door TNO uitgevoerd onderzoek bleek dat de schade een onverwachte oorzaak had. De houten paalfundering was niet, zoals meestal voorkomt, veroorzaakt door verrotting van de paalkoppen (schimmels) t.g.v. grondwaterstandsverlaging, maar door een bacterie. De 6-8 meter lange grenen palen waren over de gehele lengte aangetast. Deze aantasting staat bekend als "palenpest".

Tijdens het onderzoek naar het grondwaterstandsverloop kwamen bijzondere patronen naar voren. In de wijk kwamen, vooral in het oostelijke deel, depressies in het grondwatervlak voor, zonder dat daar drainerende sloten of vijvers aanwezig waren. Deze depressies blijken samen te hangen met een complexe geohydrologische situatie. De wijk wordt namelijk in het westen begrensd door het Spaarne en aan de oostzijde door een diepe droogmakerij, de Haarlemmermeer. Ter hoogte van het Spaarne is de stijghoogte ongeveer gelijk aan het Spaarne peil. Als gevolg hiervan, en het voorkomen van een slecht doorlatende deklaag, neemt het stijghoogteverschil (het verschil tussen freatische grondwaterstand en stijghoogte in het ondiepe watervoerende pakket) in oostelijke richting snel toe. In de wijk zijn verschillende diepe cunetten aangelegd bij de aanleg van rioolbuizen. Deze zijn opgevuld met zand waardoor plaatselijk de weerstand van de deklaag sterk is verminderd. Het gevolg hiervan is dat in het oostelijk deel van de wijk ondiep grondwater, als gevolg van het stijghoogteverschil, makkelijk kan wegstromen naar het onderliggende watervoerende pakket en langs de cunetten depressies in het grondwatervlak veroorzaakt, waar naast de palenpest ook paalrot kan ontstaan. Langs de cunetten in het westelijk deel is veel minder sprake van grondwaterstandsverlaging, omdat daar het stijghoogteverschil heel klein is. Overal in de wijk vond (vindt?) ook drainage plaats door beschadigde rioolbuizen, welke ook de grondwaterstand beïnvloedde.

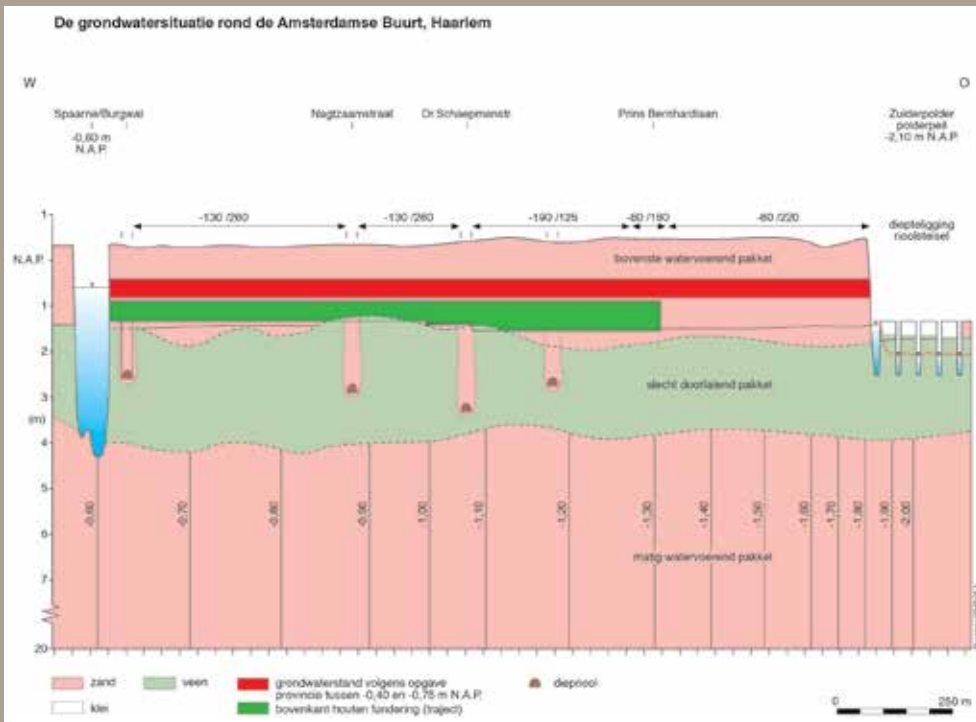


Fig. 5.1 Onverwachte depressies in het freatisch grondwatervlak.

Een west-oost profiel tussen het Spaarne in Haarlem en de Haarlemmermeer. Als gevolg van met zand gevulde cunetten kan ondiep grondwater naar het watervoerende pakket wegstromen. Deze stroming neemt in oostelijke richting toe omdat daar de stijghoogte lager wordt. Lokaal leidt dit tot grondwaterstandsverlaging.

3. aandacht gericht op uitvoering

Nieuwe 3D visualisatietechnieken en mogelijkheden rond informatiebeheer bieden kansen om de werkelijkheid beter te benaderen. Hierdoor is vereenvoudiging minder noodzakelijk en kan de bodem in de volle breedte beter inzichtelijk worden gemaakt. Zo kan een ondergrondtoets aan het begin van een project de kansen en belemmeringen van de bodem tonen. Via een ondergrondtoets kan bepaald worden welke thema's relevant zijn en wanneer ze ingebracht moeten worden in het plan-proces. Tussen ontwerp en uitvoering van ondergrondprojecten zijn meestal meerdere partijen en personen actief. De informatieoverdracht tussen deze partijen en personen is zelden optimaal. Uitvoering en ontwerp kunnen eerder en vaker met elkaar in gesprek over de mogelijkheden en onmogelijkheden bij realisatie. Ook is

het wenselijk om een betere regie te voeren over de verschillende projectfasen, bijvoorbeeld door een generalist die de ondergrondse thema's in samenhang en door het gehele project borgt. Het voorbeeld van de Gordiaanse knoop van kabels en leidingen is illustratief voor inefficiënte coördinatie en suboptimale afstemming.

De Gordiaanse knoop van kabels en leidingen

Olde Scholtenhuis & Dorée (Universiteit Twente) hebben onvoorziene gebeurtenissen bij ondergrondse leidingprojecten onderzocht en stellen dat deze slecht te voorkomen zijn. Zij wijten dit aan inefficiënte coördinatie en suboptimale afstemming van partijen: de gordiaanse knoop van kabels en leidingen (zie figuur 5.2).

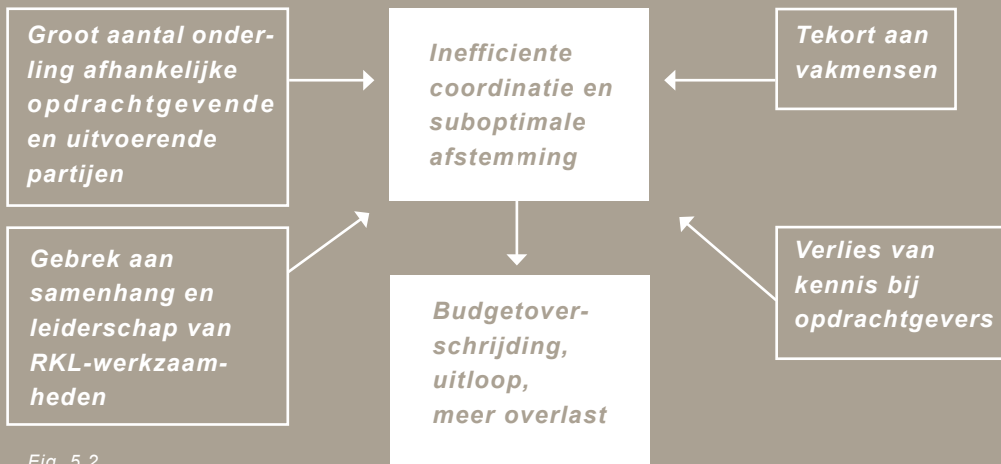


Fig. 5.2

Het toepassen van geleerde lessen uit het verleden zorgen voor verbetering van de situatie van ondergrondse kabel- en leidingenprojecten. Ten eerste moet de informatie- en kennisuitwisseling tussen partijen worden bevorderd om een groter anticiperend vermogen te krijgen. Ten tweede kan gedacht worden aan de inzet van bouwproces-visualisaties om effecten van bouwplannen op kabels en leidingen inzichtelijk te maken. Een derde oplossingsrichting is het gezamenlijk aanbesteden van kabel- en leidingwerkzaamheden waarbij zowel aan opdrachtgevers- als opdrachtnemerskant duidelijk is wie de eindverantwoordelijkheid heeft.

4. veerkrachtig zijn

De negatieve gevolgen van een onverwachte gebeurtenis kunnen deels worden ondervangen door van te voren en tijdens het project veerkracht te creëren. De observational method, afkomstig uit de geotechniek, kijkt naar de meest waarschijnlijke condities van de bodem in plaats van de worst-case benadering. Monitoren tijdens de uitvoering laat zien of de aannames juist zijn. Bij afwijkingen is vooraf nagedacht hoe vervolgens bij te sturen.

5. respecteren van expertise

Bij het oplossen van problemen is vaak snel en effectief kennis nodig van experts die ook beslissingsbevoegd zijn. Bij ondergrond dilemma's in projecten is dit nog niet altijd het geval.

Het komt nog vaak voor dat collega's uit naastgelegen expertisevelden uitspraken doen over andermans vakgebied. Zo zijn de vakgebieden geologie en geohydrologie wel verwant met elkaar en begrijpen experts veel van elkaars vakgebied, maar is het geven van een specialistisch advies toch een vak apart.



Afb. 5.2 Bodemverontreiniging.



Afb. 6.1 Boor met bodemprofiel.

LESSONS LEARNED

Het toekomstbeeld dat onverwachte gebeurtenissen toenemen, zet aan tot het trekken van lessen teneinde duurzamer om te gaan met onze bodem. In het kader van deze studie zijn een 30-tal bodem- en grondwaterprojecten bestudeerd waarin de uitvoering niet verliep zoals vooraf gewenst of voorzien was.

We hebben onszelf de volgende vragen gesteld:

- Wat is onverwacht?
- Waarom is het onverwacht?
- Voor wie is het een onverwachte gebeurtenis?
- Wat is het gevolg van de onverwachte gebeurtenis?
- Wat is de urgentie van onverwachte gebeurtenissen?
- Wat zijn oplossingsrichtingen en verbetermogelijkheden?

Op basis van de voorbeelden, ontwikkelingen en ervaringen uit de verschillende vakdisciplines zijn onverwachte gebeurtenissen uiteengegafeld. In deze verkennende studie is naast literatuuronderzoek ook een workshop met experts gehouden. Uit de betrokkenheid en de verhalen van alle deelnemers aan deze verkennende studie is af te leiden dat het onderwerp onverwachte gebeurtenissen een duidelijke urgentie kent. Deze urgentie is nog niet hard te maken in termen als kosten en baten. Het is daarom nodig om deze kosten en baten beter inzichtelijk te maken. Het gaat hierbij om dat zowel de kosten als de effecten op welzijn beter inzichtelijk worden gemaakt.

ONDERVERDELING ONVERWACHTE GEBEURTENISSEN, EEN INDELING

Onverwachte gebeurtenissen hebben verschillende oorzaken. Het indelen in oorzaken biedt een mogelijkheid om het zoeken naar vroegtijdige ingrepen waarmee risico's en gevolgen kunnen worden beperkt, en geeft een ordening voor het kunnen bespreken van problemen en oplossingen.

tab. 6.1 Onderverdeling onverwachte gebeurtenissen

OORZAAK	TOELICHTING	VOORBEELDEN
1. Natuurlijke oorzaak	Aardbevingen, storm, overstromingen kunnen de oorzaken zijn die ten grondslag liggen aan onverwachte gebeurtenissen. Deze oorzaken ontstaan niet door menselijk handelen. Aardbevingen als gevolg van gaswinning horen hier niet bij.	<ul style="list-style-type: none"> • Dijkdoorbraak in Wilnis • Gebroken leidingen
2. Beleidsbeslissing	Sectorale of niet-ondergrond beleidsbeslissingen kunnen onverwacht een grote invloed krijgen op de ondergrond. Vaak worden deze consequenties voor de ondergrond niet voorzien of meegewogen bij beleidsbeslissingen.	<ul style="list-style-type: none"> • Horstermeer
3. Eigenschappen van de bodem	Onvoldoende kennis en inzicht in de fysische, chemische en biologische eigenschappen van de bodem zorgen voor onverwachte gebeurtenissen. Ook het verstoren van deze eigenschappen, bijvoorbeeld de perforatie van een afsluitende laag, kan leiden tot een onverwachte gebeurtenis. De heterogeniteit van de bodem speelt hierbij een belangrijke rol.	<ul style="list-style-type: none"> • Natuurlijke afbraak van bodemverontreiniging • Zwerfkeien onder het Twentekanaal • Brongas • Hofvijver Den Haag
4. Erfgoed en resten van menselijk handelen	Archeologische resten, niet gesprongen explosieven, kabels & leidingen en rioleringen, bodemverontreiniging maar ook oude funderingen komen veelvuldig voor in de bodem. De aanwezigheid is vooraf bij een project niet altijd bekend en zorgt voor onverwachte tegenvallers.	<ul style="list-style-type: none"> • Stortlocaties bij Ruimte voor de rivier • Zandpalen A4

OORZAAK	TOELICHTING	VOORBEELDEN
<p>5. Grondwater-kringloop</p>	<p>De kwantiteit en kwaliteit van het grondwater is een belangrijke drager van de ondergrond. Onvoldoende inzicht in en rekening houden met: spanningswater-situatie (kweldruk), kwetsbaarheid infiltratiegebieden, grondwaterstroming (richting en snelheid) en problematische natuurlijke grondwaterkwaliteit kan zorgen voor onverwachte gebeurtenissen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hofvijver Den Haag • Kijkduin
<p>6. Menselijk handelen</p>	<p>Door menselijke factoren als stress, tijdsdruk, gebrek aan kennis of communicatie ontstaan fouten of onachtzaamheid. Vooral als de dynamiek bij projecten groot is kunnen dergelijke factoren leiden tot onverwachte gebeurtenissen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gertsewoud
<p>7. Foutieve locatiekeuzes of onjuist ordenen</p>	<p>Het intensiever gebruiken en stapelen van functies in de ondergrond kan ertoe leiden dat functies elkaar op termijn negatief gaan beïnvloeden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gebroken leidingen

Sommige onverwachte gebeurtenissen in de bodem worden nooit voorzien ongeacht welke inspanning vooraf ook wordt geleverd. Deze onbekende onverwachte gebeurtenissen zijn een belangrijke stuwende kracht om te komen tot verdere inzichten van de grond onder onze voeten. Het is daarom ook noodzakelijk deze gebeurtenissen goed te evalueren en hier lering uit te trekken. Maar het vraagt ook vooraf experimenteerruimte om innovaties mogelijk te maken waarbij men zich niet, bij de eerste onverwachte gebeurtenis, uit het veld laat slaan.

De koplopers als het gaat om de beheersing van onverwachte gebeurtenissen zijn "hoog betrouwbare organisaties" (hoofdstuk 5). Zij leren ons dat het mogelijk is om het aantal en de gevolgen van onverwachte gebeurtenissen in de bodem terug te dringen. De casussen en ervaringen die samenkomen in deze verkennende studie geven ons oplossingsrichtingen hoe dit te bewerkstelligen. Hierbij doen wij vijf aanbevelingen die richting geven aan hoe in de toekomst beter om te gaan met onverwachte gebeurtenissen in de bodem.

Kennis als sleutel

Zorg voor betere kennisdeling en -borging in projecten bij alle betrokken actoren (zoals overheid, ingenieur en uitvoerder). Met de juiste kennis aan tafel worden vermijdbare onverwachte gebeurtenissen beter inzichtelijk en mogelijk voorkomen. Maak ook consequenties van wat we niet weten wordt inzichtelijk, dit is wellicht belangrijker dan wat we wel weten. Leg vast hoe moet worden omgegaan met potentiële onzekerheden door goede risicoanalyses uit te voeren. Oefening en aanscherpen van methodieken als het hand-aan-de-kraan-principe [ref. 1] en de observational method kunnen daarbij ondersteunen. Dit zijn methodieken waarbij het ontwerpen risicogestuurd plaatsvindt en in de uitvoering ruimte bestaat tot bijsturing.

Zorg ook voor een betere integratie van bodemgerelateerde vakkennis (bodem, grondwater, geotechniek). Leer van elkaars ervaringen en trek gezamenlijk op, het duurzaam omgaan met de bodem is een gezamenlijke opgave. Verschillende initiatieven kunnen verbreed worden met meerdere vakgebieden waardoor een bredere meerwaarde ontstaat. De lessen uit Geo-impuls zijn op meerdere vakdisciplines van toepassing dan alleen geotechniek. In verschillende vakdisciplines wordt gewerkt aan verbetering van de kwaliteitsborging. Binnen bodembeheer is veel kennis opgedaan over certificering en erkenningen als sturing voor kwaliteitsborging. Deze lessen kunnen worden meegenomen in geohydrologie en geotechniek. Stimuleer voor deze integratie de enthousiasteling die nieuwsgierig is en bewust een aanpalend vakgebied opzoekt. Door ruimte te geven om kennis op te doen maar ook te investeren in het ontwikkelen van T-shaped [ref. 23] vaardigheden

ontwikkel je een professional die de complexiteit van het bodemwatersysteem doorgrondt. Een T-shaped professional beschikt over inhoudelijke expertise op enkele onderwerpen maar ook vaardigheden om deze kennis functioneel toe te passen in veranderende situaties. Een combinatie van specialist en generalist.

Als laatste zou kennis en ervaring landelijk en digitaal beter kunnen worden ontsloten. Nu blijven leertrajecten beperkt tot de betrokkenen bij het project of de eigen organisatie. Ook is het voor professionals buiten het vakgebied niet altijd duidelijk waarom een bepaalde specialist betrokken moet worden en waar projectrisico's zijn. Een mogelijke oplossing is een website of checklist waarin per activiteit of ingreep een systeembeschrijving wordt gegeven met de te verwachte risico's en relevante velden van expertise. Dit kan worden aangevuld met een verzameling voorbeelden van waar het mis is gegaan en hoe dit kan worden voorkomen.

Kies een verantwoorde risicoverdeling

Hoofdstuk 4 pleit voor een verantwoorde risicoverdeling tussen marktpartijen en opdrachtgever. Beheersen van risico's is een gezamenlijke doelstelling en onderdeel van professioneel opdrachtgeverschap en verantwoord ondernemerschap. Opdrachtgevers kunnen geen onbeheersbare risico's bij marktpartijen neerleggen. Opdrachtnemers moeten niet willen concurreren op risico's. Borg risicobeheersing in de aanbestedingen door bijvoorbeeld gezamenlijk een risicosessie uit te voeren voorafgaand aan de aanbesteding. Of laat ervaringen over beheersing van risico's bij eerdere projecten meewegen bij het gunnen aan een marktpartij.

Een alternatief is om, naar Duits model, bij unieke of complexe projecten een verplichte ontwerpbeurt te laten uitvoeren door een onafhankelijk specialistenpanel. Dit zijn veelal topexperts met een ruime staat van dienst. Zij kunnen beoordelen of een ontwerp realiseerbaar is of dat de faalrisico's te groot zijn.

Het primaat ligt bij de inhoudelijke specialist

Het is nooit uit te sluiten dat onverwachte gebeurtenissen optreden. Maar vertrouwen bij het handelen dan op het vakmanschap van de expert. Op basis van haar of zijn kennis en kunde kan het beste worden ingeschat welke maatregelen genomen moeten worden om erger te voorkomen. Bij projecten kan men bijvoorbeeld vooraf afspraken maken wie beslissingsbevoegdheid heeft bij specifieke onverwachte gebeurtenissen. Het adequaat bijsturen voorkomt een opeenstapeling van fouten.

Bewerkstellig een cultuuromslag als het gaat om het maken van fouten

De voorbeelden laten zien dat een deel van de onverwachte gebeurtenissen veelvuldig voorkomt. Het kan de beste overkomen maar het is vooral zonde als we er niets van leren. Creëer een stimulerende omgeving om fouten en bijna fouten te

melden en te evalueren. Het leren moet niet persoons- of projectgebonden zijn maar eerder worden ontsloten voor een breed publiek. Kennisinstellingen zijn hiervoor bij uitstek geschikt omdat zij veelal betrokken worden bij second opinions en geen direct belang hebben in projecten. Ook betekent het een branchebrede cultuuromslag om dit optimaal te laten werken.

Een sterkere rol voor de overheid als regievoerder

Veel projecten worden gerealiseerd door de overheid (Rijk, provincie, gemeente en waterschap). Die voert deze projecten uit met gemeenschapsgeld en wordt, ook bij projecten van derden, als eerste aangesproken door de omgeving als het mis gaat. Overheden worden vaak gezien als het vangnet bij fouten en calamiteiten. De overheid kan als geen ander alle belangen goed afwegen en de regie voeren op de ondergrond. Aandachtspunt is het groeien in deze rol en het ontwikkelen van vaardigheden en instrumenten die samenhangen met deze (nieuwe) rol. Naast zijn rol als regievoerder blijft voor de overheid de rol van deskundige toetser en handhaver van belang. Het investeren in de kennis van de ambtenaar is daarbij essentieel.



Afb. 7.1 Bodem.

REFERENTIELIJST

1. Technische commissie bodem, Duurzaam gebruik van de ondergrond; Gereedschap voor structuur en visie, TCB R22(2012), maart 2012.
2. Bioclear b.v., Sustainability of natural attenuation of aromatics (BETX), july 2007
3. European Committee for Standardisation, CEN Eurocode 7, (2004) prEN 1997-1: 2004(E), sectie 2.7 en 9.4.
4. http://www.rijkswaterstaat.nl/images/Veendijken_tcm174-304163.pdf.
5. Nassim Nicholas Taleb, The Black Swan - Second Edition, Random House New York, oktober 2010.
6. Gemeente Haarlemmermeer, Getsewoud Feitenrapport EKO-slakken, 5 juli 2005.
7. Prof. dr. ir. Frans B.J. Barends, Over onzekerheid en duurzaamheid in de geotechniek, GeoTechniek - Thema-uitgave GeoTechniekdag 2009.
8. R. Stuurman, Beschrijving geohydrologische aspecten in het kader van de vergunningprocedure voor de bronnering Solleveld-Zandmotor Deltares, 2011.
9. M. van Staveren, Geotechniek in beweging - Praktijkgids risicogestuurd werken, 3de druk, Enschede, Ipskamp Drukkers BV, 2011.
10. <http://www.soilpedia.nl/Wikipaginas/ISCO%20in%20de%20praktijk.aspx>.
11. F. Roelofsen en R. Stuurman, Wateroverlast op het Binnenhof. Modelstudie naar de werking en de effecten van het voorgestelde bronneringsysteem, TNO-rapport NITG 01-049-B, 2001.
12. E.G. Hendriks, Integrated observations of greenhouse gas budgets at the ecosystem level, PhD thesis Vrije Universiteit, Amsterdam, 2009
13. R. Stuurman, Brongaswinning op traditionele wijze, TNO-NITG Geo Gebruik sept. 2001.
14. Deltares, Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied, Quick scan van beschikbaarheid schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen, 2012.
15. <http://www.nu.nl/economie/3584311/streng-toezicht-moet-graafschade-terugdringen.html>.
16. <http://www.groninger-bodem-beweging.nl/index.php/historie-tgv-gaswinning>.
17. <http://www.commissiebodemdaling.nl/>.
18. <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/aardbevingen-in-groningen>.
19. Uniforme Administratieve Voorwaarden voor de uitvoering van werken en van technische installatiewerken 2012, Staatscourant, Nr. 2011-2000541953, 19 januari 2012.
20. J.E. Spruit, Corpus iuris civilis complete tekst en Vertaling 12 delen, Amsterdam University Press, 2006-2011
21. Arcadis, DHV, Evaluatie "risico-verdeling geotechniek" Geoimpuls werkgroep 1, 14 oktober 2011.
22. Karl E. Weick (e.a), Organizing for High Reliability: Processes of Collective Mindfulness, Research in Organizational Behavior, 21:81-123, 1999.
23. <http://coevolving.com/blogs/index.php/archive/t-shaped-professionals-t-shaped-skills-hybrid-managers/>.

Casenaam	Beschrijving (inclusief herstel maatregelen)	Werkveld
Zwerfkeien onder zijtak Twentekanaal	Bij het boren van een zijtak onder het Twentekanaal werd geboord in een keileemlaag. Grote keien moesten verwijderd worden. Dit heeft geleid tot veel vertragting en extra kosten	Geologie
Saneren van de Vecht	Tijdens de uitvoering werden verschillende aspecten aangetroffen (kabels en leidingen, Niet Gesprongen Explosieven en asbest) die op basis van het vooronderzoek niet werden verwacht	Bodemsanering
Puin en stortlocaties bij Ruimte voor de Rivier	Stort- en puinlichamen zijn onvoorzien en komen tijdens werkzaamheden aan het licht	Bodemsanering
Verziling drinkwaterwinning Oost Nederland	Sinds enige jaren hebben enkele drinkwaterwinningen te maken met een toenemende verziling als gevolg van omhoog komen van zout water uit diepere grondlagen	Water
Funderingsproblemen door paalrot	Door een te lage grondwaterstand komen de paalkoppen droog te staan, die als gevolg van bacteriën en schimmels gaan rotten	Geotechniek / geohydrologie
Waterbodemkwaliteitskaart	Bij gebruik van de waterbodemkwaliteitskaart bleek dat vooraf niet alle verdachte deellocaties in beeld waren gebracht. Foutief vooronderzoek leidt tot ontgravingen en toepassingen van grond met onjuiste kwaliteit tijdens de uitvoer	Bodemkwaliteit
Fietstunnel Deventer	Tijdens de aanleg van een fietstunnel blijkt een aanwezige bodemverontreiniging (gedempte kolk) veel omvangrijker dan uit het bodemonderzoek bleek. Civieltechnisch werk wordt een bodemsanering. Gevolgen zijn vertragting, kosten en bestuurlijke consequenties	Bodemsanering
Museum Arnhem	Bij het op de stuwval aangelegde museum moet grondwering worden aangebracht om grondschuiving te voorkomen. Mogelijke oorzaak is het architectonisch ontwerp, waarbij het regenwater en de overstort rechtstreeks op de stuwval wordt geloosd waardoor een instabiele bodem ontstaat	Geotechniek
Station Haarlem	Een ondergrondse aansluiting wordt gerealiseerd tussen een nieuwe ondergrondse fietstunnel en het historische stationsgebouw van Haarlem. De uitkraging van de funderingsplaat was onverwacht groot (4,5 meter i.p.v 0,5 meter). Hierdoor konden de damwanden niet tot de gewenste afstand worden ingebracht	Geotechniek
Waterbergingsrealisatie bij herinrichting park	Bij een herinrichting van een park is een bestemmingsplan opgesteld met ruimte voor waterberging. Deze waterberging ligt hydrologisch gezien op de verkeerde plaats, waardoor deze niet kan voorzien in de beoogde waterberging. Oplossing is om de waterberging toch op de natuurlijke plaats te realiseren (laagste plek), maar hiervoor moet wel een nieuwe bestemmingsplanprocedure worden doorlopen	Water
Groeve Boudewijn	Bedreiging drinkwaterkwaliteit met zware metalen door graatwerkzaamheden ten behoeve van zandwinning in de groeve	Water
Wateroverlast Elswijk in Amstelveen	Tijdens rioolvernieuwing ontstond wateroverlast, opgelost door extra drainage te realiseren	Riolering

BIJLAGE

Casenaam	Beschrijving (inclusief herstel maatregelen)	Werkveld
Geïsoleerd Haarlemmermeer	Kleibodem onder waterpartijen opgebarsten, waardoor kwelwater toetstroomde. Als maatregel tegen het opbarsten werden ijzerslakken toegepast. Er ontstond een chemische reactie waardoor zware metalen in het water terecht kwamen en de waterkwaliteit werd bedreigd	Geotechniek / geohydrologie
Hofvijver Den Haag	Door afgraven afzichtende veenlaag van de waterbodem ontstond wateroverlast in de kelders	Geohydrologie
Prive zwembad Overijssel	Door aanleg naastgelegen woonwijk was grondwaterstand gestegen. Zwembad in tuin bij een bestaande woning kwam omhoog en is onherstelbaar beschadigd	Geohydrologie
Bemaling bij bouw garage in Gendt	Voor de bouw van een garage van een particulier was een tijdelijke bemaling nodig. Er moest meer grondwater worden afgevoerd dan voorzien, als gevolg van seizoensfluctuaties. Dit leidde tot hoge kosten vanwege de geheven grondwaterbelasting	Geohydrologie
Verzakking huis Amstelveen	Het huis staat op de grens van twee waterschappen. In verband met wateroverlast op nabijgelegen sportvelden is het peil aan de achterzijde verlaagd. Hierdoor gingen funderingsbalken rotten en verschuiven	Geotechniek
Paalfundering Eindhoven	Moelijkheden bij fundering in verband met hoge kweldruk Dommel	Geotechniek / geohydrologie
Wateroverlast Monster	Na aanleg nieuwe woonwijk kreeg omgeving te maken met wateroverlast. Bij aanleg waren sloten gedicht en bodem opgehoogd, waardoor grondwaterstand steeg en omgeving met meer kwel te maken kreeg	Geohydrologie
Schade aan paalfunderingen veengebieden Heeg en Mijdrecht	Door peil aanpassingen ontstaat schade aan houten paalfunderingen van historische panden	Geotechniek / geohydrologie
Aanleg drinkwatertransportleiding Bemmel	Bij het stillleggen van de werkzaamheden voor aanleg van een watertransportleiding werd een afwateringssloot geblokkeerd. Hierdoor ontstaat wateroverlast bij een particulier bedrijf	Geohydrologie
Wateroverlast woonwijken Bloemendaal en Overveen	Na sluiting waterwinning trad wateroverlast op in woonwijken	Geohydrologie
Schade gewassen door aanleg Schiphollijn, Haarlemmermeer	Bij aanleg spoordijk is drainage verwijderd, waardoor kweldruk toenam. Hierdoor ontstond schade in het dijklichaam, ontstonden wellen in aardappelpercelen en trad verzilting op	Geohydrologie
Verdroging door mestwetgeving	Intensieve drainage om mest te kunnen uitrijden leidt tot verdroging, wat tekort in de zomer en piekatoeren. Bij opstellen wetgeving geen rekening gehouden met deze kwantitatieve aspecten	Geohydrologie
Verdroging en piekafvoer door melkquota	Als gevolg van melkquota stappen melkveehouders over op akkerbouw, bijvoorbeeld maisteelt. Hiervoor is drainage nodig, wat leidt tot onvoorziene gevolgen voor waterkwaliteit	Geohydrologie
Particuliere onttrekkingen agrarisch	Veel agrariërs hebben hun eigen waterbron voor watervoorziening van hun bedrijf. Grondwaterbeheer via waterbedrijven wordt minder beheers- en controleerbaar	Geohydrologie

Casenaam	Beschrijving (inclusief herstel maatregelen)	Werkveld
Aantasting natuurgebied Koelbroek	Om verdroging in het natuurgebied te herstellen is het waterpeil verhoogd. Hierdoor werd kwel weggedrukt, waardoor zuurstofloze condities en sulfiden ontstonden. De aanwezige natuurwaarden raakten beschadigd	Geohydrologie
Veenstraat Leidschendam	Demping van een sloot, waardoor de grondwaterstand is verlaagd en het veenlichaam is gaan bewegen. Huizen zijn beschadigd	Geohydrologie
Doorbreken Peelrandbreuk	De Peelrandbreuk biedt weerstand voor grondwaterstroming. Tijdens wegaanleg, aanleg leidingen en sloten is regelmatig schade ontstaan ("grondwaterval")	Geohydrologie
Bouw sportcomplex	Foutieve inschatting bodempopbouw leidt tot dickere laag grondverbetering en constructieve aanpassingen. Daardoor hogere kosten	Geotechniek
Grondwateroverlast Noorddoostpolders door depot IJsseloo	Onvoldoende onderzoek en onjuiste interpretaties van de bodemeigenschappen en samenstelling hebben geleid tot een combinatie van falen. Zo heeft gebrek aan informatie in de plantfase geleid tot een onjuiste locatiekeuze. Tijdens de uitvoering kon het gewenste talud niet worden gehaald, liep de consolidatie trager dan verwacht en was sprake van grondwateroverlast (inclusief verzilting) in de Noorddoostpolder	Geotechniek, Geohydrologie
Verbod bestrijdingsmiddelen langs slootkanten	Dit beleid kan het vasthouden van water in droge sloten remmen. Structureel droge sloten kennen geen beperking voor bestrijdingsmiddelen langs de oever. Als deze door waterconservering weer watervoerd worden gaat dit verbod wel gelden. Dit werkt averechts op de wens hemelwater te bergen ipv afvoeren	Geohydrologie
Positieve voorbeelden		
DSI infiltratie	DSI (Düsenauginfiltration - Werner Wils System) is een nieuwe techniek voor het inbrengen van water in het watervoerend pakket. Bij traditionele retourbemalingen wordt het water in het watervoerend pakket geperst. Bij DSI wordt het water op het juiste infiltratiepunt met een impuls (grote kracht) in de bodem gebracht. Hierdoor kan er meer en makkelijker geïnfiltreerd worden	Water
Behoud Fort Alphen aan den Rijn	In Alphen aan den Rijn is een oud Romeins fort behouden gebleven als archeologische vondst, omdat het fort dichtbij de rivier is gebouwd. Het hoge, zuurstofarme grondwater zorgde ervoor dat de houten fundering goed bewaard is gebleven	Archeologie
Natuurlijke afbraak bij anaerobe condities	Door verschillende fysische, chemische en biologische processen wordt bodemverontreiniging afgebroken. Aerobe afbraak van veel stoffen is al lang bekend maar uit onderzoek blijkt dat voor verschillende stoffen (o.a. olie-verbindingen en koolwaterstoffen) een verontreiniging ook anaerobe afbreekt. De snelheid waarmee dit gebeurt is wel significant lager bij anaeroob dan bij aeroob	Bodemsanering



Dit boek bevat voorbeelden van onverwachte gebeurtenissen en gaat over de gevolgen van ons handelen in de bodem. Het bevat uitleg van het begrip onverwachte gebeurtenissen en een verkenning van oorzaken en gevolgen. Naar verwachting neemt het aantal onverwachte gebeurtenissen in de bodem in de toekomst toe. Daarom zijn, op basis van de uitkomsten van de verkenning, oplossingsrichtingen aangegeven om deze gebeurtenissen zoveel mogelijk te voorkomen of de veroorzaakte schade te beperken. Deze verkenning is uitgevoerd door Witteveen+Bos en Deltares, in opdracht van de Technische commissie bodem.