



Tim Favier, TNO Bouw en Ondergrond
 Perry de Louw, TNO Bouw en Ondergrond
 Roelof Stuurman, TNO Bouw en Ondergrond

De morfologie en werking van wellen

Veel polders in het westen van Nederland hebben te maken met eutrofiëring en verzilting van het oppervlaktewater. Brakke, nutriëntrijke kwel uit het eerste watervoerend pakket levert de grootste bijdrage aan dit probleem. Een groot deel van de brakke kwel vindt plaats via wellen: plaatsen waar de deklaag doorbroken is en kwelwater zeer geconcentreerd omhoog komt. Tot voor kort was weinig bekend over de morfologie en werking van wellen. Een door TNO uitgevoerd onderzoek in Polder de Noordplas brengt hier meer duidelijkheid in.

Eerder onderzoek toonde aan dat meer dan de helft van de chloridebelasting van het oppervlaktewater in Polder de Noordplas veroorzaakt wordt door wellen¹⁾. Om meer inzicht te krijgen in de werking van wellen voerde TNO in 2005 een onderzoeksproject uit. Analyse van kaarten en andere documenten en een uitgebreide inventarisatie van de ligging leverde een beter inzicht in de verspreiding en ontstaanswijze van wellen in West-Nederland. Detailonderzoek bij een grote wel in Polder de Noordplas gaf vervolgens inzicht in de morfologie en de hydrologische werking.

Verspreiding

Wellen komen voornamelijk voor in de droogmakerijen in West-Nederland. Nauwkeurige inventarisaties van wellen in Polder de Noordplas en de Bovenkerkerpolder (bij Amstelveen) tonen aan dat de dichtheid in de orde van enkele tot ongeveer tien wellen per km² ligt²⁾. Ongeveer 85

procent van de huidige wellen ligt in sloten. De overige wellen liggen op percelen.

Ontstaan

Wellen kunnen ontstaan als gevolg van menselijke activiteiten zoals heien, boren, seismisch onderzoek en het slaan van gasbronputten. Uit inventarisaties van wellen in een aantal droogmakerijen (de Haarlemmermeerpolder, Polder Groot Mijdrecht en Polder de Noordplas) bleek echter dat slechts ongeveer een kwart van de wellen in deze polders een ontstaanswijze heeft die - afgezien van het graven van watergangen - te relateren is aan menselijk handelen. Dit zijn vooral wellen die liggen in de buurt van boerderijen of infrastructuur. Van de andere wellen was de ontstaanswijze meestal niet te achterhalen. Sommige wellen zijn volgens gebiedskenners en boeren 'vanzelf' ontstaan, door plotseling opbarsten van de deklaag. Deze wellen hebben dus een 'natuurlijke' ontstaanswijze.

Wellen blijven vaak decennia lang op min of meer dezelfde locatie. Ze kunnen echter

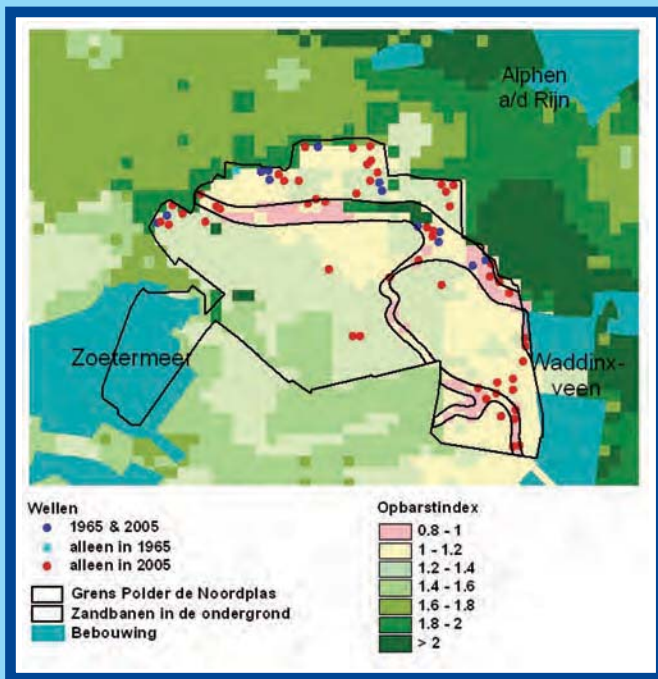
ook na verloop van tijd verdwijnen. Dit blijkt uit inventarisaties van wellen die zijn uitgevoerd in Polder de Noordplas in 1965 en 2005 (afbeelding 1). Van de wellen die in 1965 zijn waargenomen, ligt driekwart in 2005 nog op min of meer dezelfde plaats. Sinds 1965 zijn er wel drie keer zoveel wellen bijgekomen. Dit is mogelijk gerelateerd aan een verlaging van het slootpeil die eind jaren 60 is doorgevoerd.

Relatie met ondergrond en stijghoogte

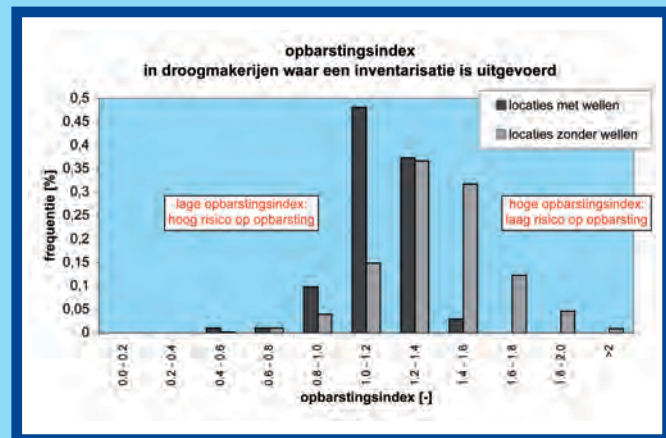
Het voorkomen van wellen is gerelateerd aan de geologische opbouw van de ondergrond en aan de hydrologische situatie. Wellen komen voornamelijk voor in gebieden waar de deklaag dun is en/of de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket aanzienlijk hoger is dan de freatische grondwaterstand. In dergelijke gebieden is het risico groot dat de deklaag opbarst doordat deze de opwaartse druk van het grondwater in het eerste watervoerende pakket niet kan weerstaan.

Foto's van wellen. A: Wel met opborrelend gas, B: Grote zandmeevoerende wel met een zone waar zand in suspensie is (doorsnede is 40 centimeter), C: Zandmeevoerende wel die boven het slootpeil uitkomt en een soort 'puinwaaier' vormt.





Afb. 1: De opbarstindex in Polder de Noordplaspolder en de ligging van wellen volgens inventarisaties uit 1965 (17 wellen) en 2005 (71 wellen). Hoe lager de index, des te hoger het risico dat de deklaag opbarst.



Afb. 2: Frequentie van de opbarstingsindex, opgesplitst voor locaties mét wellen en locaties zónder wellen in een zevental droogmakerijen (Polder Groot Mijdrecht, Middelburg-Tempelpolder, Haarlemmermeerpolder, Polder de Noordplaspolder, de Zoetermeerse Meerpolder en de Bovenkerkpolder).

uitstroomkanaal nr.	grootte	diameter stroomkanaal (m)	debiet (m ³ /dag)	kwelintensiteit (mm/dag)
1A	zeer groot	0,04	3,9	667.000
1B	zeer groot	0,06	7,8	690.000
1C	middelgroot	0,05	2,2	280.000
1D	klein	0,05	0,6	76.000
1E	klein	0,04	1,3	259.000

Tabel 1. Debiet en kwelintensiteit van vijf uitstroomkanalen van een grote wel nabij het ICT-terrein in Polder de Noordplaspolder.

De zogeheten opbarstindex is een maat voor het 'opbarstingsrisico'. De opbarstindex is de verhouding tussen de lithostatische druk (het gewicht van de deklaag) en de waterdruk in het eerste watervoerende pakket. Indien de index lager is dan 1, bestaat een hoog risico dat de deklaag openbarst.

Op basis van boorgegevens, een geologische kaart en kaarten van stijghoogten in het eerste watervoerende pakket is een kaart gemaakt van de opbarstindex. Die voor Polder de Noordplaspolder laat zien dat wellen voornamelijk voorkomen aan de noordrand van de polder (afbeelding 1). Hier wordt de lage opbarstindex (hoog risico) veroorzaakt door de hoge waterdruk als gevolg van het nabijgelegen hoogland. Daarnaast komen wellen ook vaak voor in de gebieden waar gefundeerde Holocene zandbanen voorkomen. Hier is de opbarstindex relatief laag (hoog risico), omdat de deklaag daar dunner is.

Statistische analyse van ongeveer 350 wellen in zeven verschillende droogmakerijen in West-Nederland toont een significant

verband aan tussen het voorkomen van wellen en de opbarstindex (afbeelding 2). De dikte van de deklaag en het stijghoogte verschil zijn van grotere invloed op het voorkomen van wellen dan de samenstelling van de deklaag.

De morfologie

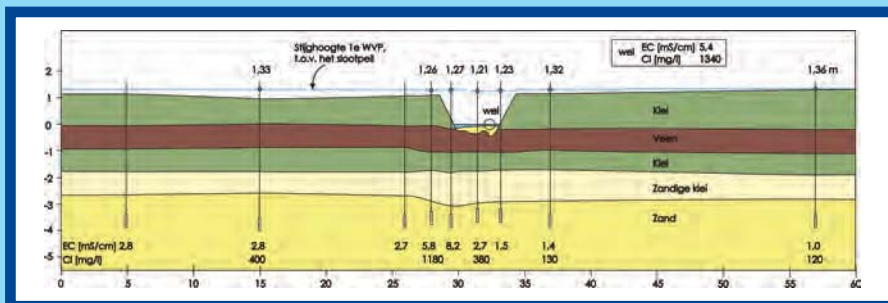
Vaak zijn bij wellen een paar plekken te herkennen waar gas opborrelt en waar water vrij uitstroomt (foto A). Deze plekken zijn het uiteinde van kanalen die een min of meer open verbinding vormen tussen het eerste watervoerende pakket en de sloot. Vink¹⁾ maakt melding van wellen met uitstroomkanalen in de Alblasserwaard: "Bij een eerste bezoek in augustus 1930 zagen we een uitstrooming vlak naast den kant. Er bleek een opening te zijn, waarin hand en arm vrij konden bewegen. Zoo ver ik er in reiken kon waren de wanden zuiver glad gepolijst. Het tentijzer konden we voorzichtig in de pijp laten zakken, tot het er ten slotte geheel los in hing. Het kanaal was dus zeker langer dan 3,50 meter."

Kleine wellen hebben vaak enkele uitstroom-

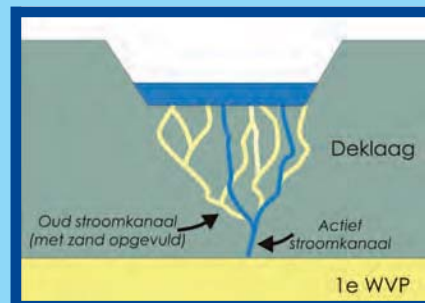
kanalen. Grote wellen hebben er soms meer dan tien. De diameter van de kanalen is in de orde van twee tot tien centimeter. De uitstroomkanalen liggen meestal niet meer dan tien meter van elkaar vandaan. Een groot deel van de wellen voeren zand vanuit de ondergrond naar de slootbodemp. Op de plek waar het water uitstroomt, is het zand in suspensie (foto B). Bij de onderzochte wellen was het zand afkomstig uit het eerste watervoerende pakket. Bij sommige wellen wordt zoveel zand meegevoerd dat het tot boven het slootpeil uitstijgt en er een vulkaanachtige kegel ontstaat (foto C).

Debiet

Om meer inzicht te krijgen in de morfologie en werking van wellen is een detailonderzoek uitgevoerd bij een grote wel nabij het ICT-terrein in Polder de Noordplaspolder. Deze wel bestaat uit vijf verschillende uitstroomkanalen. Met behulp van een brede plastic buis die om een uitstroomkanaal werd geplaatst is het debiet gemeten van de verschillende uitstroomkanalen (tabel 1). Uit de metingen blijkt dat de kwelintensiteit kan oplopen



Afb. 3: Lithologisch profiel over een sloot met een grote wel, nabij het ICT-terrein in Polder de Noordplas. De figuur toont de stijghoogten en EC-waarden van het grondwater in het eerste watervoerende pakket.



Afb. 4: Conceptueel model van een zandmevoerende wel

tot vele honderdduizenden millimeters per dag per uitstroomkanaal. Door de hoge stroomsnelheid wordt zand meegevoerd uit het eerste watervoerende pakket. Door de lage korrelspanning is het zand in suspensie. Wellen onder slootoevers zorgen voor instabiliteit en uitzakken van de slootkanten.

Het debiet van de uitstroomkanalen varieert van 0,25 tot 8 kubieke meter per dag. Hieruit kan geconcludeerd worden dat kleine wellen (met enkele, kleine uitstroomkanalen) een debiet hebben van maximaal enkele kubieke meters per dag, terwijl het debiet van grote wellen (met meerdere, grote uitstroomkanalen) kan oplopen tot vele tientallen kubieke meters per dag. Op basis van de debietmetingen is het totale debiet van alle 71 bekende wellen in Polder de Noordplas bij elkaar geschat op 300.000 kubieke meter per jaar.

Verloop van de stijghoogte

Bij de onderzochte wel zijn peilbuizen geplaatst in een profiel dwars op de sloot. Stijghoogtemetingen laten zien dat de uitstroming van water via wellen een verlaging van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket veroorzaakt (afbeelding 3). In de directe omgeving van de wel is de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket ongeveer 15 centimeter lager. Deze verlaging is zeer lokaal. Op tien meter afstand van de wel is deze al nauwelijks meer waarneembaar.

Bodemopbouw rond een wel

Dwars over de sloot met de onderzochte

Foto van een guts waarin oude, met zand opgevulde stroomkanaaltjes zichtbaar zijn tussen het veen. De diameter van de guts is vier centimeter.



wel is een profiel getrokken waarbij om de 50 centimeter een gutsboring is gezet. Met deze boringen zijn in de bodem onder de sloot een aantal zandbandjes aangetroffen tussen het venige en kleiige materiaal van de deklaag. Dit zijn oude, nu inactieve stroomkanaaltjes (zie foto). Deze zandbandjes zijn enkele centimeters tot tientallen centimeters dik. Het zand is afkomstig uit het eerste watervoerende pakket.

Uit de gutsboringen blijkt dat de oude, met zand opgevulde gangen voornamelijk in de bodem onder de sloot voorkomen (80 tot 90 procent van de boringen in de sloot bevatte zandkanaaltjes). In de bodem onder de slootkant zijn deze meestal afwezig (slechts 10 tot 20 procent van de boringen in de slootkant bevatte zandkanaaltjes). Dit wijst erop dat het voorkomen van een wel een zeer lokaal fenomeen is. Uit de gutsboringen blijkt ook dat het voorkomen van oude, met zand opgevulde stroomkanaaltjes naar beneden toe afneemt. Dit kan gerelateerd zijn aan de lithologie: in veen (de bovenste laag van het profiel) vormen kanaaltjes zich mogelijk makkelijker dan in klei (de onderste laag). Op basis van de gutsboringen is een conceptueel model van een wel gemaakt (afbeelding 4).

Bewijs voor het 'upconingseffect'

Bij de onderzochte wel is de EC- en de chlorideconcentratie aan de top van het eerste watervoerende pakket gemeten. Deze neemt toe naarmate je dichterbij de wel komt (afbeelding 3). De concentratie chloride in het uitwellende water lag meer dan tien keer zo hoog als de concentratie in het eerste watervoerende pakket op 50 meter afstand van de wel.

De verhoogde chlorideconcentratie wordt veroorzaakt door het zogeheten upconingseffect¹⁾. Door de hoge kwelintensiteit wordt bij wellen water van vrij diep uit het eerste watervoerende pakket 'aangezogen'. Aangezien het zoutgehalte in het eerste watervoerende pakket in West-Nederland over het algemeen toeneemt met de diepte, wordt dus relatief zout water aangetrokken. Door een combinatie van een hoge kwelintensiteit en het 'upconingseffect' leveren wellen een aanzienlijke chloridebelasting naar het oppervlaktewater.

Conclusies

Ondoordacht menselijk handelen kan leiden tot de vorming van wellen. Wellen kunnen echter ook een natuurlijke ontstaanswijze hebben. De meesten kunnen vele decennia blijven bestaan, terwijl anderen na verloop van tijd vanzelf kunnen verdwijnen. Uit het besproken onderzoek blijkt dat wellen een zeer lokaal fenomeen zijn. Bij de meeste wellen zijn enkele duidelijke stroomkanalen herkenbaar van rond de vijf centimeter in doorsnede. Uit de stroomkanalen stroomt water met een kwelintensiteit van honderdduizenden millimeters per dag. Hierdoor hebben wellen een debiet van enkele tot tientallen kubieke meters per dag. De kwelintensiteit is zo sterk dat de stroomkanalen vaak zand vanuit het eerste watervoerende pakket meevoeren naar de slootbodembodem. Chloridemetingen tonen aan dat door de hoge kwelintensiteit brak water van diep uit het eerste watervoerende pakket wordt aangezogen. Dit bewijst het bestaan van het zogeheten upconingseffect.

Literatuur

- 1) De Louw P, R. Bakkum, H. van Hardeveld en H. Folkerts (2005). Wellen verzilten het oppervlaktewater in polders rond Zoetermeer. H₂O nr. 14/15, pag. 39.
- 2) Van der Aa T. (2005). Wel- en kwelgegevens der Bovenkerkerpolder anno juni 2005. Provincie Noord Holland.
- 3) Verruijt A. (2001). Grondmechanica TU Delft.
- 4) Vink. (1930). De rivierstreek.