



Kees van Immerzeel, IDO-Doesburg
JanSiem Rus, Hunzebreed

Verdroging door grondwaterwinning boven ondiepe leemlagen

Door grondwaterwinning kan verdroging ontstaan. Als in de bodem ondiepe leemlagen voorkomen, lijkt de verdroging mee te vallen. In dit artikel wordt met een waterbalansmodel aannemelijk gemaakt dat dit inderdaad het geval is. Niet de leemlagen zelf zijn echter verantwoordelijk voor de relatief beperkte verdroging, maar de bestaande ondiepe ontwateringsmiddelen (bijvoorbeeld greppels). Hierdoor is sprake van een negatieve terugkoppeling en daalt door de grondwaterwinning de grondwaterstand relatief weinig. De kwel door de leemlagen vermindert of de infiltratie neemt toe. Deze verandering van de kwel c.q. infiltratie is gelijk aan de afname van de afvoer naar de ondiepe ontwateringsmiddelen.

Vorig jaar ontstond discussie over het effect van grondwaterwinning op de grondwaterstand en de stijghoogte onder ondiepe leemlagen^{1),2),3)}. Daarmee worden leemlagen bedoeld in de bovenste twee meter beneden maaiveld. Dan wordt ook wel gesproken van anisotropie in het bodemprofiel. Bij anisotropie is sprake van een relatief hoge weerstand tegen verticale grondwaterstroming in vergelijking met de horizontale weerstand.

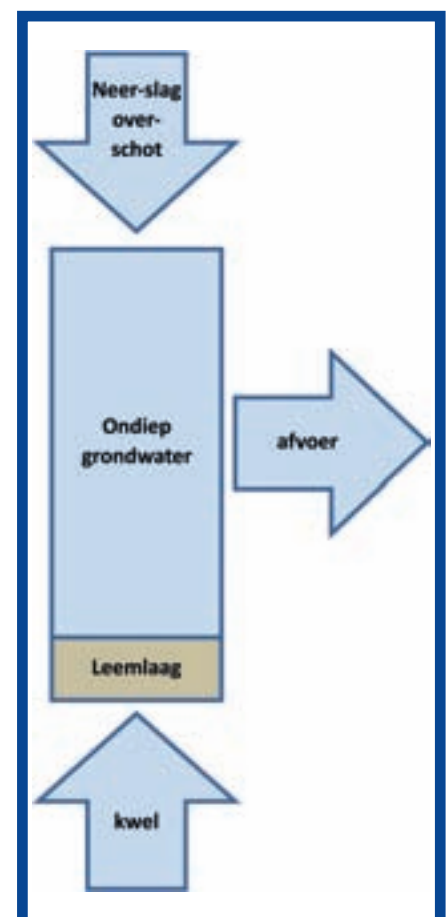
Dit onderwerp is niet nieuw. Ernst geeft bijvoorbeeld een analytische beschrijving van het probleem, waarbij ook de relatie tussen de grondwaterstand en de verdamping wordt betrokken⁴⁾. Van der Gaast e.a. stellen dat grondwaterwinning ertoe zal leiden dat de grondwaterstand minder wordt verlaagd dan de stijghoogte onder de leemlagen¹⁾. Zij geven geen inzicht in veldgegevens die deze bewering kunnen onderbouwen. Ook geven zij geen theoretische (wiskundige) onderbouwing van deze uitspraak. Maas meent dat de grondwaterstand onder invloed van de winning evenveel zal dalen als de stijghoogte onder de leemlagen^{2),3)}. Hij onderbouwt dit standpunt met een wiskundige uitwerking⁵⁾. Om meer duidelijkheid te krijgen over het effect dat grondwaterwinning heeft op de grondwaterstand en de stijghoogte onder de ondiepe leemlagen, roepen Gaast e.a. de Nederlandse hydrologen op een door hen gepresenteerde casus te modelleren^{6),7)}.

In dit artikel wordt geprobeerd helderheid te verschaffen in de discussie. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een sterk vereenvoudigde beschrijving van de processen in de ondiepe ondergrond, namelijk een waterbalansmodel (afbeelding 1). Dit model is oorspronkelijk gemaakt voor de modellering van de dynamiek van neerslaglenzen⁸⁾.

Het waterbalansmodel

In het waterbalansmodel worden de ondiepe leemlagen geschematiseerd tot één leemlaag (afbeelding 1). Het model heeft betrekking op het verzadigde deel van de ondiepe ondergrond boven deze leemlaag. De geborgen hoeveelheid verzadigd grondwater boven de leemlaag wordt aan de bovenzijde aangevuld met het neerslagoverschot (= neerslag minus verdamping). Als de grondwaterstand lager is dan de stijghoogte onder de ondiepe leemlaag (= diepe stijghoogte), dan is sprake van een opwaartse stroming door de leemlaag ('kwel' in afbeelding 1). Is de grondwaterstand hoger dan de stijghoogte onder de ondiepe leemlaag, dan is sprake van een neerwaartse stroming door deze laag (infiltratie). Als de grondwaterstand hoger is dan het sloop- c.q. greppelpeil, vindt afvoer plaats naar de sloten c.q. greppels. Als de berekende grondwaterstand boven maaiveld uitkomt, leidt dit tot oppervlakkige afvoer. Het neerslagoverschot, de diepe stijghoogte en het sloop- c.q. greppelpeil vormen de basis voor het model. Per tijdstap berekent het de hoeveelheid ondiep grondwater, de grondwaterstand en de afvoer.

Afb. 1: Het waterbalansmodel.



Werkwijze

Met het waterbalansmodel is eerst de genoemde casus gemodelleerd. Dit wordt de huidige situatie genoemd. Het betreft een eenvoudige situatie waarin geen sprake is van afvoer van ondiep grondwater naar sloten c.q. greppels. Bij de modellering is de op dagbasis gemeten stijghoogte onder de leemlaag als 'diepe stijghoogte' ingebracht. Uitgaande van de huidige situatie is met het waterbalansmodel berekend wat het effect is van een verlaging van de diepe stijghoogte (bijvoorbeeld door grondwaterwinning) op de grondwaterstand.

Met het model is vervolgens het effect berekend dat sloten c.q. greppels op de grondwaterstand zouden hebben. Ook het gecombineerde effect van de maatregelen (dus het aanbrengen van sloten c.q. greppels en grondwaterwinning) zal worden getoond. Op deze wijze wordt inzichtelijk gemaakt welk effect van grondwaterwinning op de grondwaterstand verwacht mag worden, uitgaande van verschillende omstandigheden: zonder- en met sloten/greppels.

Effect grondwaterwinning op locatie zonder sloten/greppels

Afbeelding 2 toont het verloop van de berekende grondwaterstand en de gemeten grondwaterstanden in de huidige situatie. Uit deze grafiek blijkt dat het mogelijk is om met het relatief eenvoudige waterbalansmodel de gemeten grondwaterstanden redelijk te benaderen. Het resultaat is bereikt zonder de invloed van sloten of greppels in te brengen en met toepassing van een bergingscoëfficiënt van vier procent en een hydraulische weerstand van de leemlaag van 200 dagen.

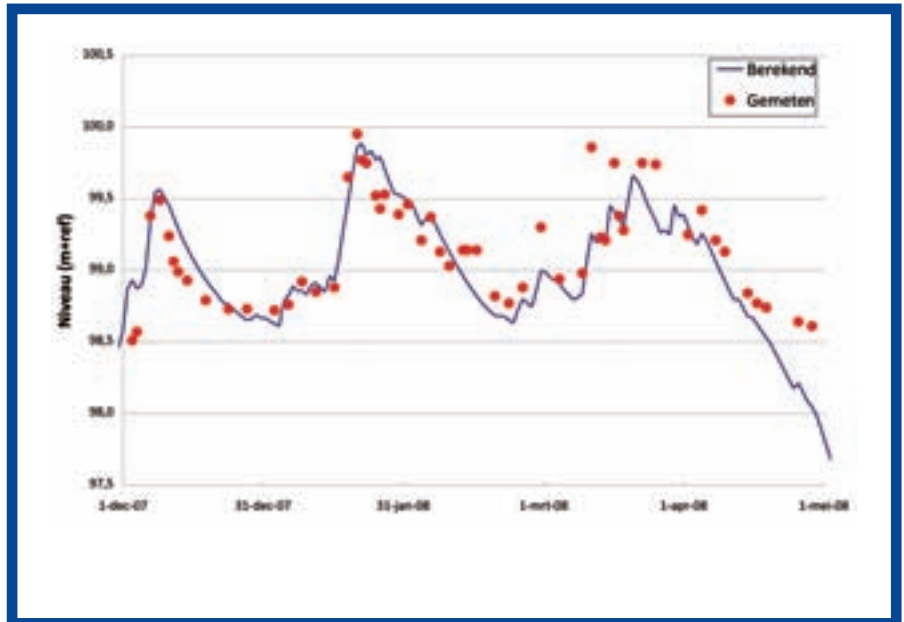
Het effect van grondwaterwinning is berekend door de stijghoogte onder de leemlaag 50 cm te verlagen. Afbeelding 3 toont het resultaat: het berekende verloop van de grondwaterstand met- en zonder grondwaterwinning.

Uit afbeelding 3 blijkt dat de verlaging van de grondwaterstand hetzelfde is als de verlaging van de diepe stijghoogte (50 cm). Dit resultaat is dus in overeenstemming met het standpunt hierover van Maas^{2),3),5)}. In de in de grafiek getoonde periode berekent het waterbalansmodel een infiltratie van gemiddeld 1,4 millimeter per dag. Dat geldt voor zowel de huidige situatie als de situatie met grondwaterwinning.

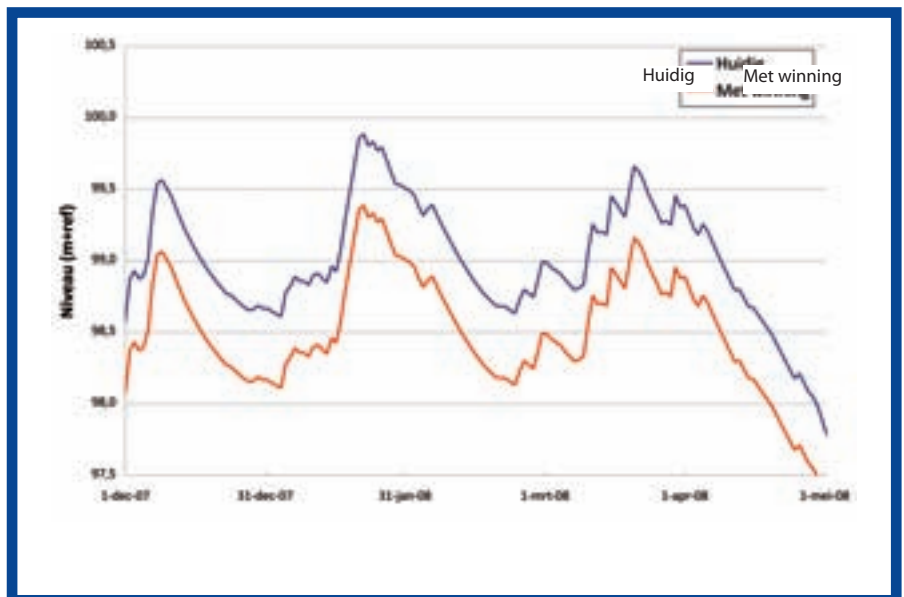
Effect grondwaterwinning op locatie met sloten/greppels

Zoals gezegd is in de huidige situatie geen sprake van afvoer van ondiep grondwater naar sloten c.q. greppels. Dan zouden uiteraard lagere grondwaterstanden zijn gemeten. Afbeelding 4 toont het effect van één meter diepe sloten c.q. greppels op het verloop van de grondwaterstand (drainageweerstand 100 dagen).

Uit afbeelding 4 blijkt dat vooral de hoge grondwaterstanden door de sloten/greppels worden verlaagd: het 90 procent grondwaterstands niveau daalt 33 centimeter; het 10 procent niveau daalt slechts drie centimeter. Het verschil tussen de hoogste en de laagste grondwaterstanden wordt dus kleiner. Sloten en greppels voeren bij hoge grondwater-



Afb. 2: Verloop van de berekende grondwaterstand en de gemeten grondwaterstanden (huidige situatie).



Afb. 3: Het berekende verloop van de grondwaterstand met- en zonder (= huidige situatie) grondwaterwinning in een situatie zonder sloten/greppels.

standen meer water af (en hebben dus meer invloed op de grondwaterstand) dan bij lage standen. Beneden één meter beneden maaiveld (99.0 meter + ref. in afbeelding 4) staan de sloten en greppels droog en voeren ze zelfs helemaal niet af.

Door de sloten en greppels vermindert de infiltratie in de in afbeelding 4 getoonde periode van 1,4 millimeter (zonder sloten/greppels) tot 0,6 millimeter per dag (met sloten/greppels).

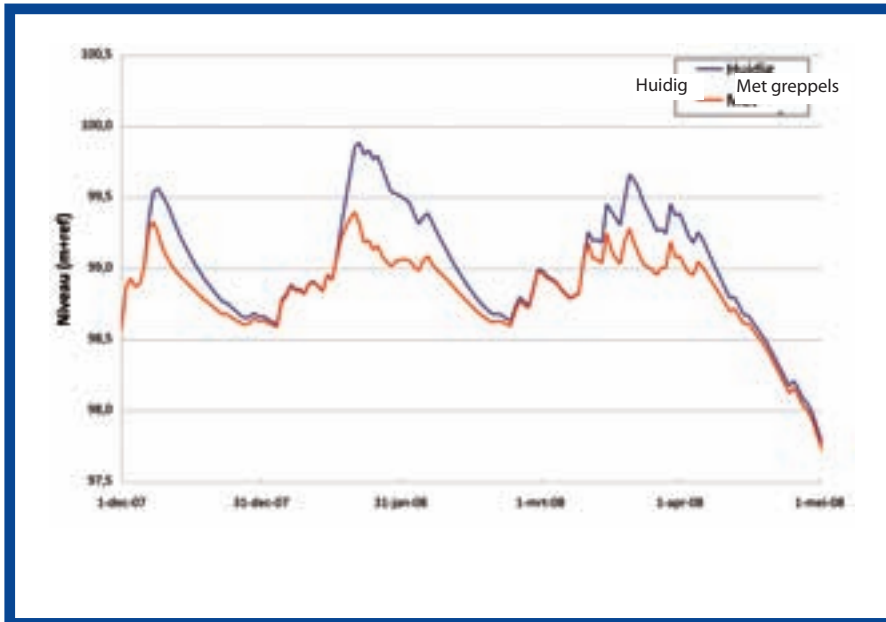
Als door grondwaterwinning in de situatie met sloten c.q. greppels de diepe stijghoogte met 50 centimeter wordt verlaagd, dan leidt dit tot nog lagere grondwaterstanden (zie afbeelding 5).

Uit afbeelding 5 blijkt dat grondwaterwinning ertoe leidt dat de grondwaterstand minder daalt dan de stijghoogte onder de leemlaag. Dit is dus in overeenstemming met het standpunt van Van der Gaast e.a.¹⁾. Grondwaterwinning heeft in deze omstandigheden

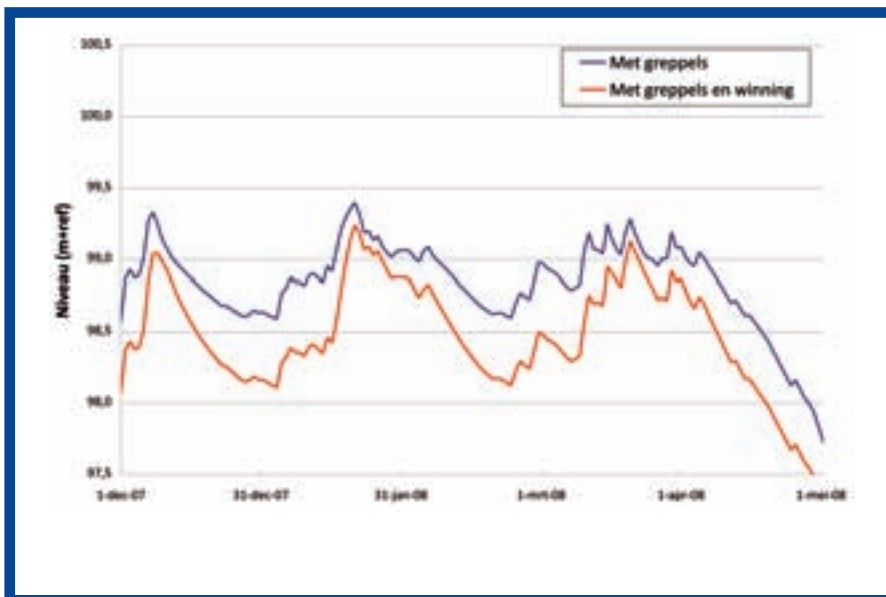
een relatief groot verlagend effect op de lage grondwaterstanden: het 10 procent grondwaterstands niveau daalt 47 centimeter; het 90 procent grondwaterstands niveau 21 centimeter. Uitgaande van een situatie met sloten/greppels wordt het verschil tussen de hoogste en de laagste grondwaterstanden door grondwaterwinning dus groter. Door de verlaging van de grondwaterstanden vermindert de afvoer naar de sloten/greppels. Hierdoor 'herstelt' de berekende infiltratie zich van 0,6 millimeter per dag tot 1,2 millimeter per dag.

Evaluatie

Met behulp van een eenvoudig waterbalansmodel is aangetoond dat het effect van grondwaterwinning op de grondwaterstand boven ondiepe leemlagen niet gelijk hoeft te zijn aan het effect op de stijghoogte onder deze lagen. Bij reeds aanwezige functionerende ontwateringsmiddelen boven de leemlagen is de verlaging van de grond-



Afb. 4: Berekend verloop van de grondwaterstand in de huidige situatie en de situatie met sloten/greppels.



Afb. 5 : Berekend verloop van de grondwaterstand met sloten/greppels (zwarte lijn) en met sloten/greppels plus winning (verlaging van de diepe stijghoogte van 50 centimeter, rode lijn).

waterstand kleiner dan de verlaging van de stijghoogte onder leemlagen. In deze situatie heeft Van der Gaast gelijk. Bij afwezigheid van reeds functionerende ontwateringsmiddelen boven de leemlagen is de verlaging van de grondwaterstand echter hetzelfde als de verlaging van de stijghoogte onder leemlagen. In deze situatie heeft Maas gelijk.

Van belang is te realiseren dat het niet de leemlagen zelf zijn die dit verschil veroorzaken. Het gaat om de bestaande 'ontwateringsmiddelen' boven de leemlaagjes. Hierdoor is sprake van een negatieve terugkoppeling en daalt de grondwaterstand door de grondwaterwinning relatief weinig. De kwel door de leemlaagjes vermindert of de infiltratie neemt toe. Deze verandering van de kwel c.q. infiltratie is gelijk aan de afname van de afvoer naar de ondiepe sloten en greppels.

Verder moet de term 'ontwateringsmiddelen'

in deze context breed worden opgevat. Het gaat feitelijk om alle processen die leiden tot afvoer van water boven de leemlaag en die worden beïnvloed door de grondwaterstand. Als voorbeeld kan oppervlakkige afstroming worden genoemd⁹⁾, maar ook verdamping⁴⁾.

Van der Gaast e.a. stellen dat in effectberekeningen meestal de invloed van anisotropie in het bodemprofiel niet of nauwelijks wordt meegenomen¹⁾. In aanvulling hierop kan op basis van het bovenstaande worden gesteld dat het van belang is in modelleringen aandacht te besteden aan de genoemde ondiepe 'ontwateringsmiddelen': oppervlakkige afstroming, greppels en (grondwaterstand afhankelijke) verdamping.

Verder kan uit het voorgaande worden afgeleid dat het van belang is de grondwaterstand op de juiste wijze te meten als het effect van grondwaterwinning op de grondwaterstand moet worden vastgesteld.

De waarnemingsfilters moeten boven eventuele ondiepe leemlagen geplaatst worden. Anders kan het effect van grondwaterwinning op de grondwaterstand worden overschat. Deze conclusie sluit aan bij het pleidooi van Van der Gaast e.a. voor de normering van het meten van de freatische grondwaterstand¹⁰⁾.

Opgemerkt wordt dat de bovenstaande conclusies zijn gebaseerd op berekeningen en niet op waarnemingen. Het is aan te bevelen de bovenstaande conclusies met meetgegevens te verifiëren.

LITERATUUR

- 1) Van der Gaast J., H. Vroon en H. Massop (2008). Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging. H₂O nr. 5, pag. 51-56.
- 2) Maas K., J. von Asmuth en H. Runhaar (2008). Kanttekeningen bij 'Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging'. H₂O nr. 9, pag. 22-24.
- 3) Van der Gaast J., H. Vroon en H. Massop (2008). Omgekeerde hydrologie. H₂O nr. 20, pag. 33-35.
- 4) Ernst L. (1971). Analysis of groundwater flow to deep Wells in area's with a non-linear function for the subsurface drainage. Technical Bulletin 75. Institute for Land and Water Management Research.
- 5) Maas K. (2008). Drainageweerstand en voedingsweerstand van een freatische aquifer. Stromingen nr. 2, pag. 3-17.
- 6) Van der Gaast J., H. Vroon en H. Massop (2009). Virtuele hydrologie. H₂O nr. 3, pag. 16-17.
- 7) Maas K. (2008). Omgekeerde hydrologie? H₂O nr. 22, pag. 36.
- 8) Van Immerzeel C. en U. Vegter (1996). Toepassing van een neerslaglenzenmodel. H₂O, nr. 10, pag. 293-296.
- 9) Rozemeijer J. en Y. van der Velde (2008). Oppervlakkige afstroming ook van belang in het vlakke Nederland. H₂O nr. 19, pag. 92-94.
- 10) Van der Gaast J., H. Vroon en H. Massop (2006). Verdroging veelal systematisch overschat. H₂O nr. 21, pag. 39-43.