

# Voorraadvorming door vernatten

## De Stippelberg

Door ontginning, ontwatering en bebossing is de sponswerking van de hoge zandgronden aangetast. Het resultaat is een toenemende mismatch tussen watervraag en -aanbod. Onder invloed van klimaatverandering zal de watervoorziening verder verslechteren. Daarom wordt op nationale schaal nagedacht over strategieën om watersystemen robuuster te maken voor variaties in het neerslagoverschot. Het vernatten van droge natuurgebieden kan een onderdeel van dergelijke strategieën zijn.

Klimaatverandering leidt naar verwachting tot een versterking van hydrologische extremen. De winters worden gemiddeld natter, terwijl het aantal zomerse regendagen af- en de potentiële verdamping toeneemt (Tank & Lenderink, 2009). Omdat het Nederlandse waterbeheer van oudsher gericht is op het afvoeren van het winterse neerslagoverschot kunnen deze veranderingen een bedreiging vormen voor de continuïteit van de watervoorziening van agrariërs, industrieën en huishoudens (Klijn et al., 2011). Daarnaast is de verwachting dat klimaatverandering de verdroging van natuurgebieden versterkt, zodat de overlevingskansen van bedreigde plantensoorten verder af zal nemen (Bartholomeus, 2009). Maatregelen zijn nodig om deze bedreigingen het hoofd te bieden.

Een van de strategieën voor het verhogen van de droogtebestendigheid van Nederland is het inrichten van droge natuurgebieden als klimaatbuffer. Een klimaatbuffer is in dit geval gedefinieerd als een gebied dat in tijden van droogte water levert aan zijn omgeving en daarmee bijdraagt aan de watervoorziening van droogtegevoelige functies als landbouw, of waarden zoals natuur. Het achterliggende mechanisme van dergelijke klimaatbuffers zit verscholen in de fysische eigenschappen van bodems. Bodems kunnen, net als sponzen, water tijdelijk vast houden, zodat het aangevoerd regen- of oppervlaktewater geleidelijk aan de omgeving wordt afgegeven. Deze bufferfunctie kan versterkt worden door actief te

sturen in de snelheid waarmee het water wordt afgegeven, of door de bodem te voorzien met extra water. Beide strategieën vereisen dat een stijging van de grondwaterstand in de klimaatbuffer fysisch mogelijk is en past bij de lokale vereisten ten aanzien van de grondwaterstand. Om deze redenen heeft deze vorm van klimaatbuffers vooral in het zuidelijk en oostelijk zandgebied van Nederland potentie, omdat daar uitgestrekte gebieden voorkomen met een diepe grondwaterstand.

In 2012 is een Kennis voor Klimaatproject gestart om De Stippelberg (Noord Brabant) als klimaatbuffer in te richten. Dit studiegebied is geselecteerd, omdat er (1) sprake is van watergebrek tijdens het zomerseizoen, zowel in het natuurgebied als in de omliggende landbouwgronden, en (2) de sponswerking van dit verdroogde natuurgebied naar verwachting beter benut kan worden, onder andere vanwege de aanwezigheid van isolerende geologische breuken. De projectuitvoering is een nauwe samenwerking van Waterschap Aa en Maas, Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, Brabant Water (drinkwaterbedrijf), Provincie Noord-Brabant en KWR. In deze bijdrage worden de eerste contouren van de resultaten geschetst.

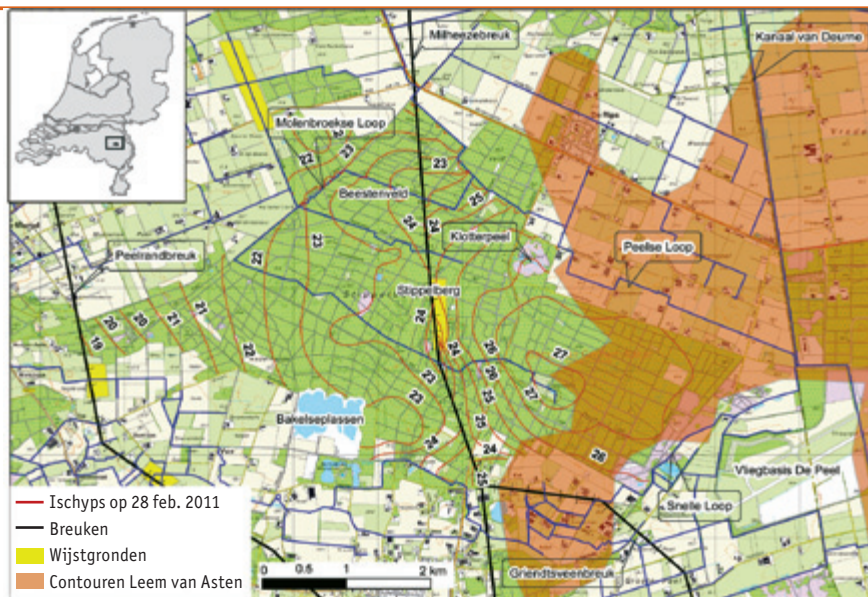
### Twee type maatregelen

Op hoofdlijnen zijn er twee typen maatregelen die de bufferwerking van droge natuurgebieden kunnen versterken: (1) conserveren en (2) aanvoeren en infiltreren.

ARNAUT VAN LOON,  
MARK JALINK &  
MARCEL PAALMAN

**Dr. Ir. A. van Loon**  
KWR Water Cycle Research  
Institute, Postbus 1072,  
3430 BB Nieuwegein  
arnaut.van.loon@kwrwater.nl  
**Drs. M.H. Jalink**  
KWR Water Cycle Research  
Institute  
**Dr. M.A.A. Paalman**  
KWR Water Cycle Research  
Institute

Foto **Marije Louwmsa**  
De Stippelberg



**Figuur 1** topografische ligging van De Stippelberg en de hoofdwaterlopen. De ligging van de wijstgronden is indicatief weergegeven op basis van Meuwissen & Van den Brand (2003). Isohyphen (lijnen van gelijke grondwaterstijghoogte) zijn berekend volgens Bakker et al. (2008). De grondwaterstijghoogte behorend bij elke isolijn is met wit omliggende getallen weergegeven.

**Figure 1** topographic map of The Stippelberg forests, including main surface water elements. The topographic position of wijst regions is indicative and derived after Meuwissen and Van den Brand (2003). Isolines of groundwater heads are calculated using an interpolation technique based on time series analysis of groundwater levels and analogue to Bakker et al. (2008). Numbers refer to the groundwater head of each isoline.

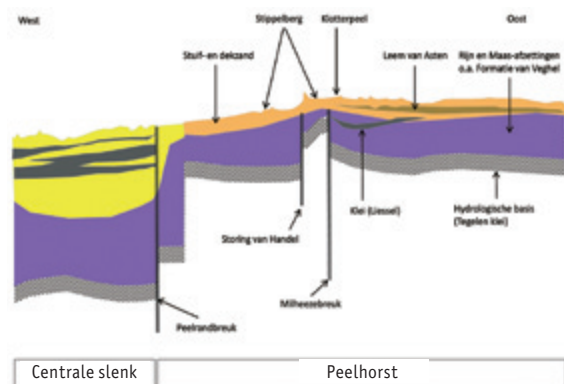
Conserveren is het verminderen van de waterverliezen uit een gebied, zodat gebiedseigen water langer wordt vastgehouden. Een bekend voorbeeld is het dempen of verontdiepen van sloten om drainageverliezen tijdens het winterseizoen te beperken. Hierdoor stijgt de voorjaarsgrondwaterstand in de klimaatbuffer en de voeding van het oppervlaktewatersysteem tijdens het zomerseizoen. Daarnaast is het kappen van bos om verdampingsverliezen te verminderen een waterconserverende maatregel. Een deel van de neerslag blijft dan als grondwater behouden, zodat het later benut kan worden. Genoemde conserveringsmaatregelen zijn succesvol toegepast in onder meer de Chaamse bossen (Tack & Jalink, 2004). Het tweede type maatregel is het actief aanvoeren en infiltreren van water in de bodem. Het aangevoerde water wordt ondergronds opgeslagen en komt als gevolg van de sponswerking van de bodem later in het jaar ten goede aan het oppervlaktewatersysteem. De beschikbaarheid van een kwalitatief geschikte waterbron van

voldoende omvang bepaalt of dit soort maatregelen kan worden toegepast. Het concept wordt al decennia lang op grote schaal toegepast door de drinkwatersector. Het primaire doel van de infiltratie door drinkwaterbedrijven is zuivering van oppervlaktewater, maar ze creëren daarmee tegelijkertijd een voorraad waar ze enkele maanden mee vooruit kunnen (Waternet, 2011).

Als gevolg van de uiteenlopende doelstellingen van actoren bestaan er verschillende visies op de optimale sponswerking van natuurgebieden. De primaire doelstelling van terreinbeheerders is realisatie van de kenmerkende soortensamenstelling van een gebied. Zij profiteren van een versterkte sponswerking van natuurgebieden indien grondwaterstanden worden verhoogd of gestabiliseerd, en kwelstromen worden hersteld. Agrariërs willen leveringszekerheid van voldoende zoetwater en profiteren van de verbeterde sponswerking van natuurgebieden als een grotere hoeveelheid water tijdens het groeiseizoen beschikbaar komt. Voor hen is de waterkwaliteit minder belangrijk dan voor natuurbeheerders en zij stellen dan ook minder eisen aan de kwaliteit van de waterbron.

### Geografie en ontstaansgeschiedenis

De Stippelberg ligt in het oosten van de provincie Noord-Brabant, op de Peelhorst, nabij de overgang naar de Centrale Slenk (figuren 1 en 2). Er is één watervoerend pakket dat bestaat uit goed waterdoorlatende, grove en grindrijke zanden van o.a. de Formatie van Veghel. Daarboven liggen matig waterdoorlatende dekzanden en stuifduinen met een dikte van één tot enkele meters (Geensen & Schouten, 2003, figuur 2). In dit gebied komen een aantal geologische breuken voor, waarvan de Peelrandbreuk de bekendste is (figuur 1). Deze breuken zijn als gevolg van versmering en de afzetting van ijzzeroer (figuur 3) tot op grote diepte slecht waterdoorlatend. Hierdoor wordt horizontale grondwaterstroming



in westelijke richting door de goed waterdoorlatende zandlagen belemmerd, zodat een deel van het grondwater zijn weg omhoog zoekt en over, of door, de breuk wegstroomt. Dit levert het typische ‘wijnstverschijnsel’ op: de topografisch hoog gelegen gebieden ten oosten van de breuken (bovenstreams) zijn nat en ontvangen kwel, terwijl de laag gelegen gebieden ten westen van de breuken droog zijn en water verliezen door infiltratie. Dit uit zich ook in de chemische kwaliteit van het oppervlaktewatersysteem. Op plaatsen waar oppervlaktewater een breuklijn passeert neemt o.a. de ijzerconcentratie sterk toe en kleurt het water roodbruin (Bonte et al., 2007). Vanwege de uniekheid van deze verschijnselen en de daarmee samenhangende aardkundige waarden, water- en natuurkwaliteit, worden deze wijnstverschijnselen op diverse niveaus beschermd (Meuwissen & Van den Brand, 2003).

De Stippelberg wordt doorsneden door de Milheezebreuk, een aftakking van de Peelrandbreuk. Deze breuk is plaatselijk zichtbaar, maar grotendeels bedekt met stuifduintjes, de zogenaamde ‘stippels’ waar het natuurgebied haar naam aan dankt. De wijst ter plekke heeft hierdoor een unieke vorm. De breuk veroorzaakt weliswaar opstuwning van grondwater, maar de kwel die daar-



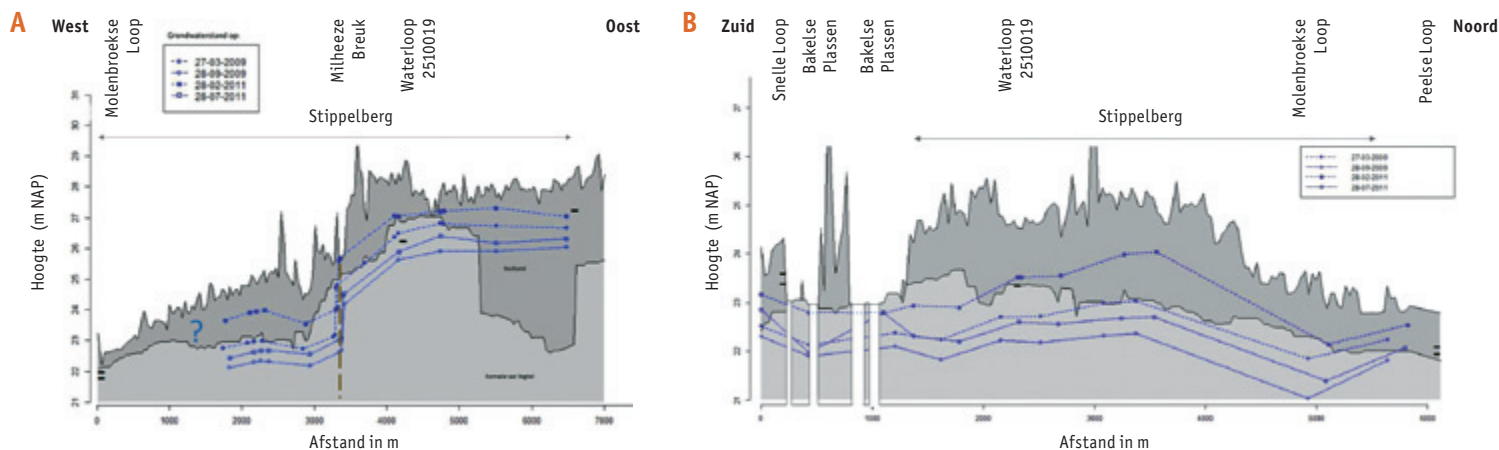
**Figuur 2** geologische dwarsdoornede van De Stippelberg en omgeving, gebaseerd op Bisschops (1973) en Toorn (1967). De Storing van Handel is een aftakking van de Milheezebreuk en alleen in het noordwestelijke deel van De Stippelberg aanwezig.

**Figure 2** geological cross section of The Stippelberg forests and surroundings, derived after Bisschops (1973) and Toorn (1967). The Storing van Handel is a tributary of the Milheeze geological fault and present only in the northwestern part of The Stippelberg forests.

**Figuur 3** ijzeroer wordt lokaal aangetroffen in het centrum van De Stippelberg. Foto: Arnaut van Loon.

**Figure 3** an iron concretion that is associated to the Milheeze geological fault in The Stippelberg forests. Photo: Arnaut van Loon

mee gepaard gaat, bereikt niet het maaiveld en stroomt ondergronds door de breuk af (Van Loon et al., 2013). In vroegere tijden kende een deel van het landgoed extreem natte situaties. Deze werden vooral veroorzaakt door lokale regenwaterstagnatie op een ondiepe leemlaag (figuur 2) en niet door kwel (Hollenberg & Peters, 1980). Anno 2013 worden De Stippelberg en omgeving intensief ontwaterd door een stelsel van drains, sloten en diep uitgegraven lopen. De Bakelse Plassen (figuren 1 en 4b). zijn ontstaan door zand- en grindwinning en worden nog altijd uitgebreid. Door hun omvangrijke oppervlakte en het goede hydrologische contact met de ondergrond van De Stippelberg zijn ze potentieel inzetbaar als waterbergingsreservoir. Echter, met een experiment is aangetoond dat het opstuwten van het plaspeil slechts beperkt bijdraagt aan voorraadvorming van zoetwater en vernatting van De Stippelberg, omdat de opgebouwde extra watervoorraad zeer snel verloren gaat door de nabijgelegen drainagesystemen. Tevens ontstaan risico's op natschade aan agrarische percelen ten zuiden en westen van de plassen. Oppervlaktewaterberging in de Bakelse Plassen wordt mede daarom als een inefficiënte oplossing gezien (Lapperre et al., 2011).



**Figuur 4** oost-west (A) en zuid-noord (B) doorsneden van De Stippelberg met grondwaterstanden op vier typerende momenten. De oost-west doorsnede loopt evenwijdig aan de regionale grondwaterstromingsrichting; die van zuid-noord aan de lokale. In het westelijk deel van De Stippelberg zijn geen grondwaterstandreksen beschikbaar.

**Figure 4** east-west (A) and south-north (B) cross section of The Stippelberg forests with groundwater levels at four time slices. The east-west transect runs parallel to the regional groundwater flow direction; the south-north to the local flow directions. Groundwater level data are not available for the western part of The Stippelberg-forests.

## Gebiedsdoelen

De verschillende instanties die in de projectgroep vertegenwoordigd zijn willen met vernatting van De Stippelberg diverse gebiedsdoelen ondersteunen: (1) lokale natuurdoelen, (2) herstel van de regionale wijstverschijnselen, en (3) watervoorziening van de landbouw. De lokale natuurdoelen richten zich op een natuurlijker soortensamenstelling en leeftijdsopbouw van het bos. In het gebied ten westen van de Milheezebreuk wordt herstel van droge heide nagestreefd. Een stijging van de grondwaterstand is hiervoor geen vereiste, maar is tot op zekere hoogte niet belemmerend. In het gebied ten oosten van de Milheezebreuk worden de ontwikkeling van natte heide (Natuurmonumenten, 2011) en het herstel van de hydrologie en kenmerkende vegetatie van de Klotterpeel beoogd. De Klotterpeel was voorheen een nat heidegebied, maar is rond 1892 ontwaterd en geploegd en bestaat thans uit een ven met veenmosverlanding met daar omheen natte heide en eiken-berkenbos. Voor het duurzaam herstel van deze natte natuur zijn permanent ondiepe grondwaterstanden en nodig en een regenwaterachtige grondwaterkwaliteit (Runhaar

& Hennekens, 2006). Hier wordt momenteel niet aan voldaan.

Het herstel van de wijstverschijnselen is gericht op het vernatzen van wijstgronden met opwellend grondwater en het herstellen van de oppervlaktewaterkwaliteit benedenstrooms (figuur 1). Hiervoor zijn voldoende hoge grondwaterstanden en kwel met een goede waterkwaliteit nodig. De meeste wijstgronden liggen te midden van landbouwgronden en zijn geen onderdeel van de EHS. Mogelijk kunnen deze terreinen meeliften met maatregelen die het watersysteem robuuster maken, zoals uitgewerkt in het plan voor verdrogingsbestrijding (Stam et al., 2004).

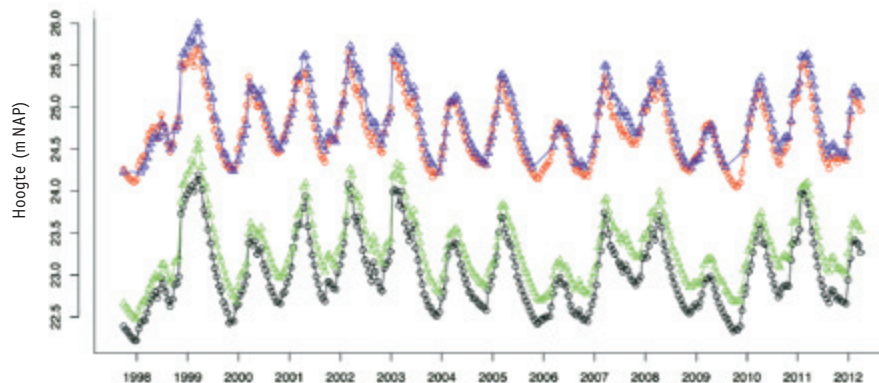
Agrarisch gebruik domineert de omgeving van De Stippelberg en aan de watervraag van deze sector kan niet altijd worden voldaan doordat de Peelse Loop en de Snelle Loop langs enkele tracés onvoldoende gedimensioneerd zijn. De huidige capaciteit bedraagt ongeveer 650 liter per seconde, terwijl minimaal 700 l/s nodig is om aan de watervraag te kunnen voldoen. Omdat de leveringszekerheid van oppervlaktewater onvoldoende is, hebben agrariërs op grote schaal winputten aangelegd

(Provincie Noord Brabant, 2007). Berekening uit grondwater is echter energetisch, en daardoor ook financieel, ongunstig. Daarnaast kunnen tijdens zeer droge zomers beregeningsverboden van kracht zijn. Het vergroten van de grondwatervoorraad in De Stippelberg kan een oplossing voor dit probleem bieden, indien dit extra water in tijden van watervraag via het grond- of oppervlaktewatersysteem beschikbaar komt voor agrarisch gebruik.

## Hydrologie

Hydrologisch gezien bestaat De Stippelberg uit twee deelgebieden die onderling van elkaar gescheiden zijn door de Milheezebreuk. Het eerste, oostelijke deelgebied, bovenstrooms van de Milheezebreuk, is hoog gelegen en van oorsprong nat; het tweede, westelijke deelgebied, benedenstrooms van de breuk, laag en droog. Deze hydrologische verschillen worden veroorzaakt door de hoge weerstand die de Milheezebreuk biedt tegen horizontale grondwaterstroming. Dit uit zich in een continu verschil in de grondwaterstijghoogte aan weerszijden van de breuk (figuren 4a en 5). Het oostelijk deelgebied wordt permanent, maar zeer traag, gedraineerd door het westelijke deel.

Onder invloed van het neerslagoverschot ontwikkelen zich waterbulten in beide deelgebieden gedurende het winterseizoen (figuren 1 en 4). In het centrum van het oostelijke deelgebied ontstaan hierdoor tijdelijk natte omstandigheden. De GVG (gemiddelde voorjaars grondwaterstand) bedraagt hier maximaal 20 centimeter beneden maaiveld. In dit deelgebied komen net ten oosten van de Milheezebreuk, daar waar hoge stuifduinen voorkomen, ook continu droge gebieden voor, met GVGs dieper dan 150 centimeter onder maaiveld. Het westelijk deelgebied is over het geheel genomen droger, met GVGs lager dan 90 centimeter beneden maaiveld. In dit deelgebied komen natte plekken alleen in



het noorden, vlak bij de Molenbroekse Loop, voor (figuur 6a en b).

De waterbult die tijdens het winterseizoen is opgebouwd slinkt vanaf de start van het groeiseizoen onder invloed van verdamping en regionale drainage. Hierdoor zakken de grondwaterstanden gedurende het zomerseizoen ver uit. Dit heeft grote verschillen tussen de grondwaterstand in de winter en in de zomer tot gevolg (figuren 4, 5 en 6). Op veel plaatsen zakt de grondwaterstand meer dan 1,5 meter. Hoewel lokaal permanent lage grondwaterstanden voorkomen, zoals bij de Klotterpeel en de Molenbroekse Loop, zakt de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) op grote schaal tot dieper dan 1,5 meter beneden maaiveld weg (figuur 6b).

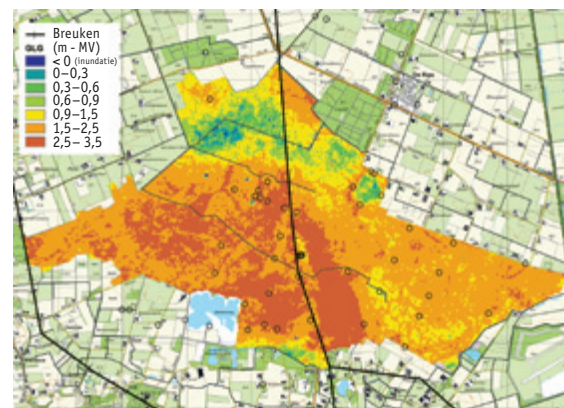
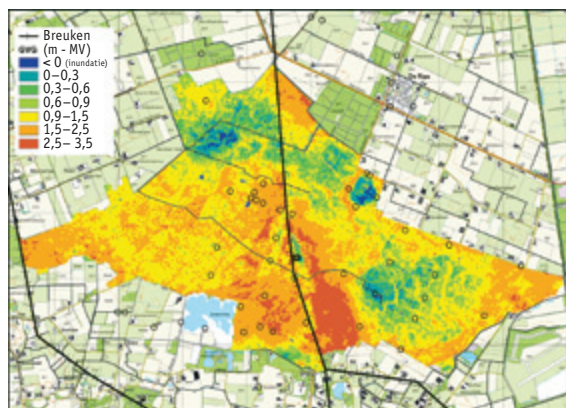
Verschillen in grondwaterstijghoogten tussen peilbuizen geven een genuanceerd beeld van de variaties in grondwaterstromen onder De Stippelberg. Deze verschillen zijn gevisualiseerd met twee dwarsdoorsneden in figuur 4 en met isohypsen in figuur 1. Volgens deze figuren stroomt de waterbult onder De Stippelberg hoofdzakelijk in noordelijke en zuidelijke richting af. Dit geeft aan dat de waterhuishouding van het gebied niet alleen bepaald wordt door de Milheezebreuk, maar ook door

**Figuur 5** stijghoogteverloop in twee ondiepe peilbuizen direct ten oosten van de Milheezebreuk (blauw en rood) en direct ten westen van de breuk (groen en zwart).

**Figure 5** groundwater head time series observed in two piezometers upstream of the Milheeze geological fault (blue and red) and downstream of the fault (green and black).

**Figuur 6** GVG- en GLG-kaarten van De Stippelberg berekend op basis van vlakdekkende tijdreeks-analyse, volgens Bakker et al. (2008).

**Figure 6** average spring and summer groundwater levels calculated through an interpolation method based on time series analysis according to Bakker et al. (2008).



**Tabel 1** waterbalansen van De Stippelberg berekend over de periode 1994-2012 en op basis van neerslag- en verdampingsreeksen en het verloop van de grondwaterstanden (Van Loon et al., 2013). De zomer loopt van 1 april tot 1 oktober en de winter van 1 oktober tot 1 april. Bij verandering van de grondwateraanvoorraad geven negatieve getallen een toename aan en positieve een afname.

**Table 1** seasonal water balances of The Stippelberg forests for the period 1994-2012, derived from time series analysis of groundwater levels (Van Loon et al., 2013). Summers are defined as the period from April 1 to October 1; winters from October 1 to April 1. Negative numbers indicate a growth of groundwater stocks, positive a decline.

drainage buiten De Stippelberg. Waarschijnlijk spelen de flankerende lopen (Peelse Loop, Molenbroekse Loop en Snelle Loop) hier een rol bij, evenals de verder weg gelegen drainagesystemen van landbouwgronden en Vliegbasis De Peel (figuur 1).

### Seizoenswaterbalans

De Stippelberg als geheel vangt gemiddeld 14 miljoen m<sup>3</sup> regenwater per jaar op (periode 1994-2012). Netto gaat daarvan ruim 75%, of 11 miljoen m<sup>3</sup>, verloren door verdamping door het bos. De overige 25% komt tijdelijk ten goede aan de grondwateraanvoorraad in De Stippelberg (tabel 1). Dit grondwater stroomt onder invloed van regionale drainage ondergronds de berg af. In de winter kan het als verloren worden beschouwd, maar grondwater dat tijdens het zomerseizoen afstroomt kan gebruikt

worden voor de watervoorziening van bijvoorbeeld agrariërs. Omdat de periode van aanvulling en afstroming van belang is, is de waterbalans in tabel 1 uitgesplitst naar winter- en zomerseizoen.

De omvang van de winterse neerslag is vergelijkbaar met die van de zomerse. De verdamping door het bos is tijdens de winter echter een factor 5 lager dan tijdens de zomer. Het winterseizoen levert een neerslagoverschot van 5,22 miljoen m<sup>3</sup> op. Hiervan blijft 1,85 miljoen m<sup>3</sup> tot in het groeiseizoen achter als grondwater. De rest, 3,37 miljoen m<sup>3</sup>, is al voor de start van het groeiseizoen ongebruikt afgevoerd. Geologische karteringen laten zien dat deze snelle afvoer samenhangt met de ondiepe ligging van de zeer goed waterdoorlatende grindlagen van de Formatie van Veghel (figuren 2 en 4). Deze grinden worden op grote schaal aangesneden door drainagesystemen van de landbouw en Vliegbasis De Peel en de (open) waterlopen die De Stippelberg flankeren. Hierdoor kunnen drainagemiddelen buiten De Stippelberg tot op grote afstand grondwater onderscheppen en afvoeren.

Gedurende het zomerseizoen verbruikt het bos zoveel water dat er sprake is van een neerslagtekort van 1,87

Balansterm (miljoen m <sup>3</sup> )	gemiddeld	winter	zomer
Neerslag	14,00	7,09	6,91
Verdamping	-10,65	-1,87	-8,78
Neerslagoverschot/tekort	3,37	5,22	-1,87
Verandering in grondwateraanvoorraad	0,04	-1,85	1,90
Verliezen aan de omgeving	-3,40	-3,37	-0,03

miljoen m<sup>3</sup> (tabel 1). Deze hoeveelheid water komt vrijwel overeen met het slinken van de waterbult onder De Stippelberg tijdens het groeiseizoen. Het bos verbruikt dus het lokale regenwater dat tijdens het groeiseizoen valt, én het grondwater dat nog van de natte winter is achtergebleven. Gemiddeld genomen levert De Stippelberg tijdens het groeiseizoen geen water aan de omgeving en de regionale watervoorziening.

### Bergingspotentieel van De Stippelberg

De geohydrologische eigenschappen van De Stippelberg bevestigen het bestaan van twee kranen waar aan gedraaid kan worden om de bufferfunctie te vergroten. De eerste kraan heeft betrekking op de uitstroompunten van De Stippelberg. Door deze dicht te draaien wordt de snelle ondergrondse afvoer van water gedurende het winterseizoen afgeremd. De tweede kraan heeft betrekking op de watervoorziening van De Stippelberg. Door deze verder open te draaien wordt het grondwater in de klimaatbuffer extra aangevuld, zodat er tijdens het groeiseizoen meer water beschikbaar is voor natuur en landbouw.

Het potentieel van bovengenoemde kranen wordt beperkt door de mate waarin een stijging van de voorjaarsgrondwaterstand mogelijk en wenselijk is. Op basis van de GVG-kaart (figuur 6a) is een schatting gemaakt van de hoeveelheid extra grondwater die voor de aanvang van het groeiseizoen in De Stippelberg opgebouwd kan worden. Dit is gedaan door de toelaatbare stijging van de voorjaarsgrondwaterstand op basis van de ecologische vereisten van droge heide te berekenen. Droge heide kan nog net goed ontwikkelen bij een GVG van 60 centimeter beneden maaiveld (Runhaar & Hennekens, 2006). Door de toelaatbare stijging van de GVG over De Stippelberg te sommeren en vervolgens te vermenigvuldigen met een freatische bergingscoëfficiënt van 0,15 volgt het

Bos/vegetatietype	Transpiratie/ bodemverdamping	Interceptie	Totaal	Grondwateraanvulling
Donker naaldhout	400	333	730	104
Licht naaldhout	385 ± 30	245 ± 40	630 ± 35	270 ± 100
Beuk	350	208	558	276
Gemengd loof	320 ± 55	230 ± 45	555 ± 20	225 ± 145
Populier	470 ± 50	150 ± 25	625 ± 30	220 ± 150
Lariks	390 ± 35	195 ± 15	580 ± 35	225 ± 45
Heide			320-500	334 - 514
Vergraste heide			320-500	334 - 500
Grasland			300-425	409 - 534
Stuifzand			156-200	634 - 678

bergingspotentieel: de waterbult onder De Stippelberg kan met maximaal 2,2 miljoen m<sup>3</sup> toenemen, zonder dat dit de ontwikkeling van droge heide belemmert. Dit volume is ongeveer equivalent aan de watervraag van 6 km<sup>2</sup> agrarisch land tijdens het extreem droge jaar van 1976 met een gesommeerd neerslagtekort van 370 mm (Beersma et al., 2004).

Volgens de seizoenswaterbalans (tabel 1) kan het bergingspotentieel van De Stippelberg in theorie volledig benut worden door conserveringsmaatregelen. De grondwaterverliezen gedurende het winterseizoen (3,4 miljoen m<sup>3</sup>) zijn namelijk gemiddeld 1,5 maal groter dan het bergingspotentieel (2 miljoen m<sup>3</sup>). Bijbehorende maatregelen zijn het verontdiepen van agrarische ontwateringssloten en het verhogen van winterpeilen in de wijde omgeving van De Stippelberg. Hoewel de effectiviteit van deze conserveringsmaatregelen nog niet groot is, is het onwaarschijnlijk dat de waterverliezen tijdens het winterseizoen met tweederde kunnen worden terug gebracht. Dit zou namelijk betekenen dat de voorjaarsgrondwaterstand gemiddeld met 80 centimeter verhoogd moet worden. Daarom zijn in de praktijk aanvullende maatregelen nodig om het bergingspotentieel te benutten.

**Tabel 2** transpiratie, interceptie en grondwateraanvulling (neerslagoverschot) voor bosgebieden en een aantal andere vormen van landgebruik in mm per jaar (Dolman et al., 2000).

**Table 2** transpiration, interception and groundwater recharge (precipitation surplus) for forests and a number of other land use functions in The Netherlands (Dolman, 2000). Units are mm/year.

De waterbalans laat zien dat aanpassing van het bosbeheer een effectieve maatregel kan zijn om het grondwater in De Stippelberg extra aan te vullen. Het bos verdampst nu immers ruim 75% van de neerslag (tabel 1). Door het uit te dunnen of door andere vormen van bodembedekking te ontwikkelen kan de verdamping verminderd worden. Volgens tabel 2 neemt de grondwateraanvulling bij het omvormen van bos naar heide al snel met 100 mm/jaar toe. Wordt dit gedaan voor de hele Stippelberg, dan levert dat een volume van 1.8 miljoen m<sup>3</sup> per jaar op. Wordt het bos omgevormd naar kale grond, zoals stuifduinen, dan neemt de grondwateraanvulling nog verder toe.

Een andere mogelijkheid om het grondwater aan te vullen is het aanvoeren en infiltreren van water uit het Kanaal van Deurne (figuur 1). Via dit kanaal kan minimaal 2 miljoen m<sup>3</sup> water per maand uit het Maassysteem afgetapt worden. Vervolgens kan dit water onder vrij verval naar De Stippelberg worden vervoerd. Met deze overvloedige hoeveelheid oppervlaktewater kan het bergingspotentieel in theorie volledig benut worden. Een experimenteel onderzoek is thans in uitvoering om de potentie van deze oplossingsrichting te onderzoeken.

## Conclusie

Indicatieve berekeningen van het bergingspotentieel van De Stippelberg bevestigen dat dit bosgebied een aanzienlijke bijdrage kan leveren aan de watervoorziening van de agrarische sector in de regio. De kunst hierbij is niet zozeer om in tijden van wateroverschot voldoende water in de berg te krijgen, maar om het extra water lang genoeg op de berg te houden, zodat het beschikbaar komt op het moment dat er vraag naar is. Het benutten van het bergingspotentieel van De Stippelberg vereist daarom een samenhangend maatregelenpakket dat zowel gericht is op regionale waterconserve-

ring, als op het extra aanvullen van het grondwater met extern water in de klimaatbuffer. Met deze maatregelen kan De Stippelberg in potentie voorzien in de watervraag van ongeveer 10 km<sup>2</sup> agrarisch land gedurende een extreem droog jaar. Een combinatie van conserveringsmaatregelen en aanvoeren en infiltreren van extern water is ook ondersteunend aan de natuurdoelen. Door het beter benutten van de sponswerking vindt namelijk op grote schaal vernatting plaats, zodat de ontwikkeling van natte natuurtypen in De Stippelberg mogelijk wordt. Tegelijkertijd neemt de kwel in de wijstgebieden door de grotere grondwateraanvoer toe. Om de inzet van droge natuurgebieden als klimaatbuffers toepasbaar te maken is aanvullend onderzoek nodig naar de effectiviteit van verschillende combinaties van maatregelen in relatie tot de gebiedsdoelen.

---

## Summary

Potentials of groundwater storage management in the dry Stippelberg forests

Arnaut van Loon, Mark Jalink & Marcel Paalman  
aquifer storage, rewetting, water availability, climate adaptation, geological faults

Climate change and socioeconomic developments are expected to increase the mismatch between water demand and availability throughout the dry rural areas of the Netherlands. This article provides a first assessment of the potentials of groundwater storage management in a dry forest reserve in order to enhance water supplies of nature and agriculture during droughts.

Hydrological system analysis indicates that majority of the winter precipitation at the forest is lost through regional drainage prior to the growing season. Conserved winter precipitation is entirely lost through evapotran-



spiration during summer seasons. It is demonstrated that loss terms of the water balance are comparable to the storage capacity of the forest and that an excessive amount of external water is available for aquifer recharge.

Groundwater storage management of dry forests can be an appropriate climate adaptation strategy for simultaneously rewetting nature reserves and increasing

water availability for agricultural use. Major challenge is to develop conservation measures that effectively conserve stored groundwater over a sufficient long period to bridge the gap between water availability and demand. Both regional conservation measures and active groundwater recharge with external water is required in order to utilize the full storage capacity of the forests.

---

## Literatuur

- Bakker, M., K. Maas & J.R. von Asmuth, 2008.** Calibration of transient groundwater models using time series analysis and moment matching. *Water Resources Research* 44: 1-11.
- Bartholemeus, R., 2009.** Moisture Matters: climate-proof and proces-based relationships between water, oxygen and vegetation. Dissertatie, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Beersma, J.J., T.A. Buishand & H. Buiteveld, 2004.** Droog, droger, droogst: KNMI/RIZA-bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland. De Bilt. KNMI.
- Bisschops, J.H., 1973.** Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Eindhoven Oost (510). Haarlem, RGD.
- Bonte, M., J. Geris, H. van Dijk & V. Post, 2007.** Brabantse wijst opnieuw in beeld. *H20* 12: 23-26.
- Dolman, H., E. Moors, J. Elbers, W. Snijders & P. Hamaker, 2000.** Het waterverbruik van bossen in Nederland. Wageningen. Alterra.
- Geensen, T. & G. Schouten, 2003.** Advies verdrogingsbestrijding Stippelberg: Hydrologische systeemanalyse De Stippelberg e.o. en aanbevelingen voor aanpak. Tilburg. DLG.
- Hollenberg, P & C.E.H.M. Peters, 1980.** Ontginningen in de Noordbrabantse Peel in de 19e eeuw. Tilburg. Stichting Zuidelijk Historisch Contact.
- Klijn, F., J. ter Maat & E. van Velzen, 2011.** Zoetwatervoorziening in Nederland: landelijke analyse knelpunten in de 21e eeuw. Delft, Deltares.
- Lapperre, R., M. Kerckhoff & L. van Wee, 2011.** Bakelse Plassen geschikt voor waterconservering? *H20*, 25/26: 35-38.
- Loon, A.H. van, M.H. Jalink & M. Paalman, 2013.** Voorraadvorming van water door vernatting: een verkenning van het perspectief voor natuurontwikkeling en regionale watervoorziening in de Stippelbergregio. Nieuwegein, KWR.
- Meuwissen, I.J.M. & L. van den Brand, 2003.** Brabantse wijstgronden in beeld: inventarisatie en verkenning van de aanpak. Boxtel, Waterschap de Aa.
- Natuurmonumenten, 2011.** Natuurvisie De Stippelberg. De Stippelberg, divers en robuust. Eindhoven, Natuurmonumenten.
- Provincie Noord Brabant, 2007.** Brabant Waterland: watersystemen in beeld. Den Bosch, Provincie Noord Brabant.
- Runhaar, H. & S. Hennekens, 2006.** 'Hydrologische Randvoorwaarden Natuur' Versie 2.2, gebruikershandleiding. Wageningen. Alterra..
- Stam, H., J. Jansen, G. Schouten & P. Zweedijk, 2004.** Uitvoeringsplan Stippelberg: Voorstel voor maatregelen ten behoeve van verdrogingsbestrijding Stippelberg. Tilburg. DLG.
- Tack, A. & M.H. Jalink, 2004.** Ecohydrologische systeemverkenning Chaamse Bosschen: basisverkenningen Noord-Brabantse natuur, nr 9. Nieuwegein, KWR.
- Tank, A.M.G. & G. Lenderink, 2009.** Klimaatverandering in Nederland, aanvullingen op de KNMI'06 scenario's. De Bilt, KMMI.
- Toorn, J.C. van den, 1967.** Toelichting bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Blad Venlo West (52W). Haarlem, RGD.
- Waternet, 2011.** Beheervisie Amsterdamse Waterleidingduinen 2011-2022. [www.waternet.nl](http://www.waternet.nl)