



Rimbaud Lapperre, Landslide milieu-adviesbureau  
 Mark Kerkhoff, Waterschap Aa en Maas  
 Leo van Wee, Witteveen+Bos

# Bakelse Plassen geschikt voor waterconservering?

Het klimaat in Nederland verandert. De zomer van 2011, de natste sinds 1906, past in dit beeld. Deze klimatologische veranderingen hebben gevolgen voor het hydrologische systeem en de wijze waarop het watersysteem in de toekomst ingericht, beheerd en onderhouden gaat worden. Vooral het watersysteem van de hoge, droge zandgronden is kwetsbaar en gevoelig voor veranderingen. Daarom vragen waterschappen en provincies op de hoge zandgronden aandacht voor deze problemen middels het Deltaplan Hoge Zandgronden<sup>1)</sup>. In dit artikel wordt ingegaan op de geohydrologische en ecologische (on)mogelijkheden om water te conserveren in de Bakelse Plassen. Wanneer tijdens een periode van wateroverschot tijdelijk water op deze plassen 'geparkeerd' kan worden, om gedurende droogte weer in te zetten, dan kan het watersysteem beter klimaatbestendig worden ingericht. Zijn de Bakelse Plassen hiervoor geschikt? Om op deze vraag antwoord te krijgen, is een unieke test uitgevoerd, de stratificatie bepaald en zijn berekeningen met een driedimensionaal grondwatermodel uitgevoerd.

De Bakelse Plassen liggen even ten noorden van Bakel (gemeente Gemert-Bakel). In 2009 ontwikkelde de agrarische sector (ZLTO) een visie waarbij ze de Bakelse Plassen inzet voor de conservering van water. In natte perioden zou water ingelaten moeten worden uit een nabijgelegen waterloop (Snelle Loop), die primair water ontvangt uit het Peelkanaal. Dat water kan dan in droge perioden weer gebruikt worden, bijvoorbeeld door

voeding (nalevering) naar het grondwater. Waterschap Aa en Maas liet de haalbaarheid van waterconservering in de Bakelse Plassen door een onafhankelijk consortium onderzoeken<sup>2),3)</sup>. Achtereenvolgens is een test uitgevoerd om de (on)mogelijkheden van peilopzet te bestuderen, een veldonderzoek naar de stratificatie van de plas en zijn modelmatig berekeningen uitgevoerd om de hydrologische en ecologische effecten te voorspellen.

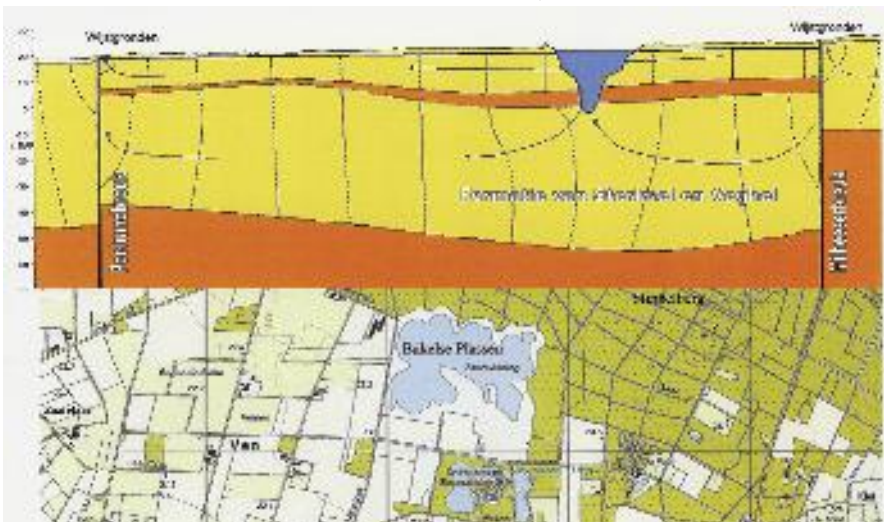
## Geohydrologisch systeem

De Bakelse Plassen liggen op de Peelhorst ingeklemd tussen de Milheezebreuk (oostzijde) en de Peelrandbreuk (westzijde) en hebben een diepte van circa 30 meter (zie afbeelding 1). De hoger gelegen horst kenmerkt zich ter plaatse door overwegend zeer goed doorlatende zand- en grindafzettingen van Pleistocene ouderdom (Formatie van Sterksel en Veghel). De grondwaterstroming is westelijk gericht en wordt ter plaatse van de breuken naar het maaiveld afgebogen. Als gevolg daarvan treedt aan de oostzijde van beide breuken ijzerrijk grondwater uit (wijnstgronden). De plassen worden aan de oostzijde met grondwater gevoed en verliezen dat weer aan de westzijde. In droge(re) perioden stroomt het grondwater van alle kanten naar de plassen toe en tijdens een periode van hoge(re) plaspeilen ontwateren de plassen in alle richtingen.

## Test

In het voorjaar van 2009 vond een unieke proef plaats. Gedurende ruim negen dagen is eerst 66.000 kubieke meter water overgepompt van plas 3 (peilverlaging) naar plas 1 + 2 (peilverhoging). Daarna is dagelijks gemeten met welke snelheid het peil in plas 1 + 2 zich herstelde tot het oorspronkelijke peil. De hoeveelheid overgepompt water en de omvang van beide plassen maken de proef uniek. De snelheid van het peilherstel (een eerste indicatie voor het

Afb. 1: De onderzoekslocatie en een dwarsdoorsnede van de (geo)hydrologische situatie.



uitzakken van het geconserveerde water naar de omgeving) na beëindiging van het overpompen vormt een eerste aanwijzing of en in welke mate waterconservering mogelijk is en wat de effecten op de omgeving zijn. Tijdens de praktijkproef is tevens het grondwaterpeil gemeten in elf strategisch gesitueerde peilbuizen.

**Stratificatieonderzoek**

In het najaar van 2009 werd vanuit een boot de temperatuurvariatie van het water in plas 1 + 2 gemeten. De temperatuur van het wateroppervlak neemt af van 13,5 naar 6°C op een diepte van 30 meter. Deze afname verloopt niet geleidelijk, maar sprongsgewijs. De eerste, kleine temperatuursprong treedt op op een diepte van 2,5 meter. De watertemperatuur daalt daarbij van 13,5 naar 12,5°C. De tweede, grote en scherpe temperatuursprong treedt op op een diepte van 15 meter. Daarbij daalt de watertemperatuur uiteindelijk naar een constante temperatuur van circa 6°C. De betekenis van deze in-situ gemeten stratificatie blijkt in het vervolg van dit artikel. Het gemeten temperatuurverloop wordt in afbeelding 6 weergegeven.

**Modellering (geohydrologie en ecologie)**

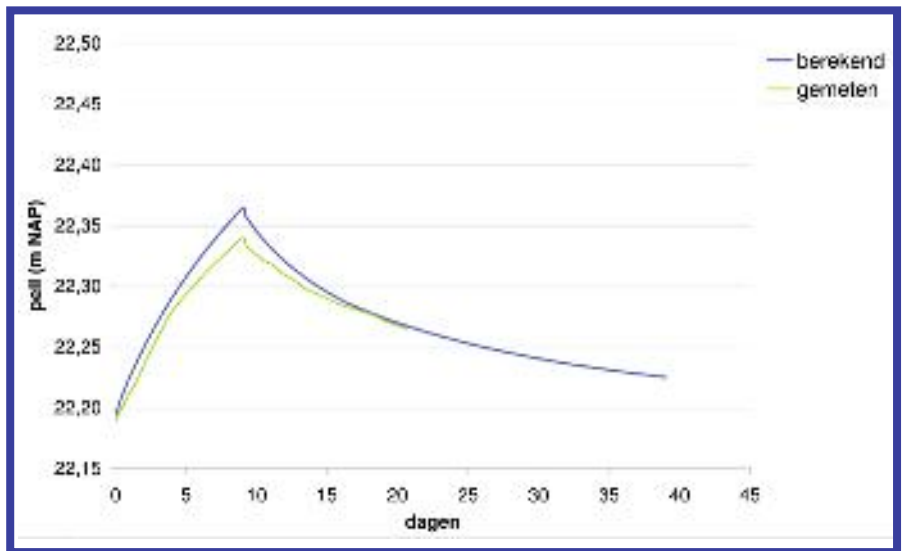
Witteveen+Bos heeft van 2005 tot en met 2008 een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd naar effecten van uitbreiding van de Bakelse Plassen<sup>4)</sup>. Hiervoor gebruikte het een gedetailleerd niet-stationair grondwatermodel. Dit model is gekalibreerd op afvoer in waterlopen en op grondwaterstanden, waarbij de afwijkingen tussen berekende en gemeten waarden in het IGP-plangebied minder dan 0,10 meter bedroegen. In het onderzoek is destijds bijzondere aandacht besteed aan de modellering van de zandwinplassen, taludbekleding van de plas, de wijstgebieden en breuken in de ondergrond. Dit door de provincie Noord-Brabant goedgekeurde grondwatermodel is gebruikt voor het geohydrologisch en ecologisch onderzoek naar de haalbaarheid van waterconservering in de Bakelse Plassen.

Het bestaande grondwatermodel is gevalideerd aan de hand van de resultaten van de beschreven test om zo in een later stadium betrouwbare voorspellingen met het model te kunnen doen. Daarvoor is het belangrijk om te weten of de modelresultaten en de praktijkmetingen voldoende overeenkomen. In het model is daarom water onttrokken aan plas 3 en ingelaten in plas 1 + 2 (zie afbeelding 2). De peilstijging in plas 1 + 2 is daarbij berekend als gevolg van een inlaat van ruim 66.000 kubieke meter. Het berekeningsresultaat voor plas 1 + 2 staat in afbeelding 3. Uit deze figuur blijkt dat het waterpeil als gevolg van de wateraanvoer met 16 cm stijgt. Elf dagen na het stoppen van de watertoevoer is het waterpeil met acht centimeter (de helft van de gerealiseerde peilstijging) gedaald, voornamelijk door wegzijging uit de plas.

Dit resultaat komt goed overeen met de veldresultaten van de test en bevestigt daarmee de nauwkeurigheid en meerwaarde van het model.

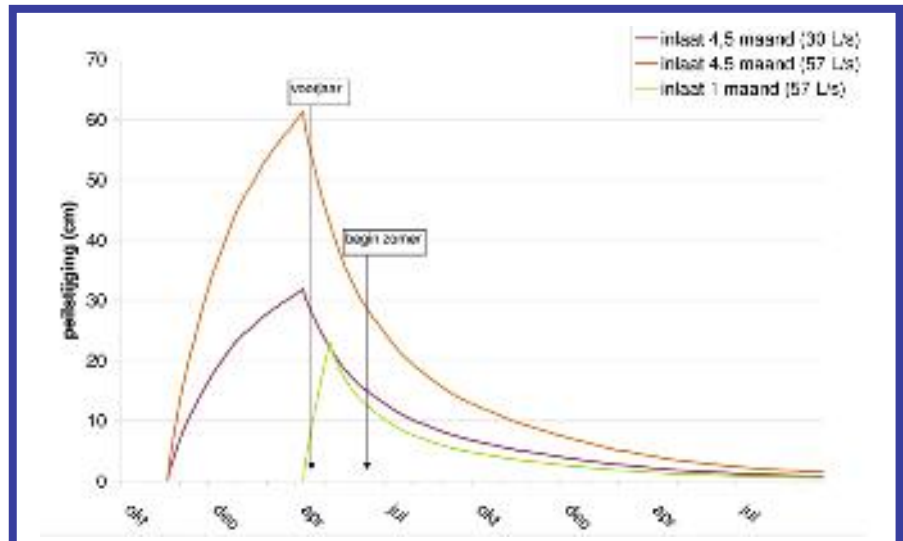


Afb. 2: Overzicht onttrekking uit plas 3 (peilverlaging) en conservering in plas 1 + 2 (peilverhoging).



Afb. 3: Modelmatig berekende en in-situ gemeten peilveranderingen in plas 1 + 2 gedurende de praktijkproef.

Afb. 4: Modelmatig berekende peilstijging voor de verschillende scenario's.





Met het model zijn vervolgens drie inlaatscenario's doorgerekend. Daarbij is gevarieerd met de duur en met de omvang van de waterinlaat:

- inlaat van 57 l/s gedurende 1 maand (scenario 1: maximale inlaat gedurende korte periode);
- inlaat van 57 l/s gedurende 4,5 maand (scenario 2: maximaal hydrologisch effect);
- inlaat van 30 l/s gedurende 4,5 maand (scenario 3: kleine inlaat gedurende langere periode).

In de modelberekening is ervan uitgegaan dat water kan worden ingelaten vanuit de Snelle Loop. In werkelijkheid is er tussen de plassen en de waterloop geen verbinding. Een inlaat van 57 l/s staat gelijk aan de volledige, gemiddelde afvoer van de Snelle Loop. Deze hoeveelheid is niet altijd beschikbaar. Daarom is ook met een gehalveerde inlaat (30 l/s) gerekend. Afbeelding 4 geeft de effecten op het plaspeil weer en het verschil in plaspeil tussen de uitgangssituatie en de drie scenario's.

Uit afbeelding 4 valt tevens af te leiden dat een groot deel van het ingelaten water de plas aan het begin van de zomer weer heeft verlaten (als gevolg van lekverliezen). Op dat moment is nog maar circa de helft van de peilstijging over. Dat geldt voor alle doorgerekende scenario's. Tabel 1 geeft voor elk scenario aan voor hoeveel dagen water in de plas beschikbaar is als aan het begin van de zomer weer 57 l/s aan 'geparkeerd' water benut wordt.

Voor scenario 1 geldt dat aan het begin van de zomerperiode meer dan de helft van het geparkeerde water reeds is verdwenen en dat voor een periode van ongeveer 14 dagen water aanwezig is (bij een onttrekking van 57 l/s). Voor scenario 3 is maximaal 19 dagen water beschikbaar. De berekeningsresultaten laten voor alle scenario's grote lekverliezen naar de omgeving zien en een beperkte periode waarin water beschikbaar is. De beschreven geohydrologische situatie is hier debet aan. Bij deze tabel moet verder nog worden opgemerkt dat de werkelijke beschikbaarheid van water korter is dan berekend, omdat ook tijdens de beschikbare periode nog lekverliezen naar de omgeving optreden. Daardoor zal het plaspeil sneller zakken en is de werkelijke beschikbaarheid korter dan berekend.

De peilstijging als gevolg van de inlaat van water in de Bakelse Plassen heeft effect op de freatische grondwaterstand in de omgeving. Afbeelding 5 geeft dat effect weer ten tijde van de maximale peilstijging als gevolg van inlaatscenario 3. De stijging van de freatische grondwaterstand in de omgeving van de plassen kan, afhankelijk van het actuele grondwaterpeil, leiden tot natschade voor de landbouw. In het noordelijk gelegen natuurgebied de Stippelberg kan een positief effect optreden als gevolg van de verhoogde grondwaterstand, die de verdroging van het gebied tegengaat. Beide effecten zijn het gevolg van een toename van de lekverliezen uit de plassen als gevolg van de

scenario	maximale peilstijging in het voorjaar door inlaat (m)	resterende peilstijging begin zomer als gevolg inlaat winter (m)	aantal dagen water beschikbaar volgens model (gebruik 57 l/s) (dagen)
1	0,23	0,12	14,5
2	0,60	0,28	34,0
3	0,31	0,16	19,0

Tabel 1. Aantal dagen dat water beschikbaar is voor onttrekking uit de Bakelse Plassen.

kunstmatig gerealiseerde peilverhoging en een overwegend zandige en grindhoudende bodemopbouw.

Aansluitend op de kwantitatieve effecten van het conserveren van water in de Bakelse Plassen zijn de effecten op de waterkwaliteit en ecologie onderzocht. Dit is inzichtelijk gemaakt door te bepalen wat de extra nutriëntenaanvoer is als gevolg van de waterconservering. Het eventueel in te laten water bevat een (veel) hogere nutriëntenconcentratie dan de hydrologisch geïsoleerd gelegen diepe zandwinplassen met een overwegend voedselarm en zuur karakter. Eerst is een water- en stoffenbalans opgesteld waaruit de nutriëntenbelasting is berekend. Hierbij is op jaarbasis uitgegaan van een volledig gemengd systeem. Dat is gerechtvaardigd vanwege de najaarsdestratificatie. Uit de stoffenbalans (zie tabel 2) blijkt dat in de huidige situatie de plas laag belast is; namelijk 0,07 gram fosfaat per vierkante meter per jaar. Dat komt overeen met een totale vracht van 42,1 kg fosfaat per jaar. In scenario 1, 2 en 3 is de fosfaatbelasting respectievelijk ongeveer een factor 2, 5 en 3 hoger dan in de huidige situatie. Verder volgt uit de stoffenbalans dat de verhoudingen van de belastingen



Afb. 5: Effect inlaatscenario 3 (30 l/s gedurende een periode van 4,5 maanden) op het grondwaterpeil in de directe omgeving van de plassen.

Tabel 2. Stoffenbalans.

		scenario 1	scenario 2	scenario 3
	huidige situatie	1 maand inlaat	4,5 maand inlaat	4,5 maand inlaat gereduceerd
<b>fosfaat (g/m<sup>2</sup>/j)</b>				
inlaat	0,00	0,06	0,28	0,14
instroom GW	0,06	0,06	0,04	0,05
neerslag	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>totaal</b>	<b>0,07</b>	<b>0,13</b>	<b>0,33</b>	<b>0,21</b>
<b>stikstof (g/m<sup>2</sup>/j)</b>				
inlaat	0,00	1,76	7,67	3,98
instroom GW	3,75	3,75	2,75	3,27
neerslag	1,67	1,67	1,67	1,67
<b>totaal</b>	<b>5,43</b>	<b>7,18</b>	<b>12,10</b>	<b>8,92</b>
<b>N/P-ratio</b>				
	<b>79</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>43</b>

van stikstof en fosfaat dusdanig groot zijn (N/P-ratio  $\gg 10$ ), dat er vanuit gegaan mag worden dat fosfaat de limiterende factor is voor het ecologisch functioneren van het systeem.

Vervolgens is de berekende nutriëntenbelasting getoetst aan de toelaatbare belasting. Hiervoor is een nieuwe methode voor diepe, stratificerende plassen gebruikt<sup>5)</sup>. Deze methode is door Witteveen+Bos in een samenwerkingsverband uitgewerkt in opdracht van de STOWA. In Noord-Amerika, Duitsland en Groot-Brittannië wordt deze methode al geruime tijd toegepast op diepe, stratificerende meren. Diepe plassen functioneren immers door het voorkomen van stratificatie anders dan ondiepe plassen. Ook de Bakelse Plassen kennen een duidelijke stratificatie. In-situ werd op 21 oktober 2009 het verloop in watertemperatuur gemeten tot op een diepte van circa 30 meter. Het temperatuurverloop is weergegeven in afbeelding 6.

In afbeelding 7 is de verhouding diepte/verblijftijd uitgezet tegen de fosfaatbelasting van het systeem voor de drie scenario's. Tevens is de toelaatbare belasting

weergegeven, waaruit blijkt dat in de huidige situatie de belasting ruim onder de grens ligt. Hierdoor wordt een goede ecologische kwaliteit verwacht. Dit komt ook overeen met praktijkwaarnemingen van de fosfaatgehalten in de plas. Deze zijn overwegend laag (vaak  $< 0,01$  mg P/l).

De huidige lage fosfaatbelasting is vanuit waterkwaliteitsoogpunt gunstig. De ecologische waarde van de plas wordt echter vooral bepaald door de zuurgraad (lage pH). In scenario 2 zal de fosfaatbelasting de toelaatbare en bovenmatige belasting overschrijden, waardoor de kans op waterkwaliteitsproblemen, zoals overmatige algengroei en normoverschrijdingen, sterk toeneemt. Eén en ander is ook afhankelijk van de zuurgraad. Toevoer van oppervlaktewater kan bufferend werken, waardoor de pH stijgt. Blijft de plas zuur, dan zal dit de algengroei mogelijk weer remmen. In scenario 1 en 3 neemt de belasting ook toe tot net boven de toelaatbare belasting, maar blijft onder de bovenmatige belasting. Ook in dat geval neemt de kans op waterkwaliteitsproblemen toe.

### Conclusies en aanbevelingen

Zowel beleidsmatig als hydrologisch

beschouwd is onderzoek naar de inzet van grote waterlichamen (zoals voormalige zandwinplassen) zinvol. Wanneer dergelijke plassen ingezet kunnen worden voor het structureel conserveren van water in perioden van overschot en het opvangen van piekbuien om het 'geparkeerde' water vervolgens later weer te gebruiken in perioden van droogte, ontstaat een klimaatbestendiger watersysteem. Wanneer specifiek naar de Bakelse Plassen gekeken wordt, blijkt aan de inzet daarvan een aantal nadelen en potentiële hydrologische en ecologische risico's verbonden. Ten eerste zorgt de hoge doorlatendheid van de ondergrond ervoor dat het in de winterperiode geconserveerde water in de zomer al voor een belangrijk deel is weggestroomd naar de omgeving. Het geconserveerde water kan daarom slechts beperkt direct worden benut. Bovendien leidt het 'wegstromen' rondom de plassen tot hogere grondwaterpeilen. Voor verdroogde natuurgebieden kan dit een positief effect hebben, maar voor aangrenzende landbouwgebieden kan het grondwaterpeil in delen van het jaar te veel stijgen, waardoor natschade kan ontstaan. Tenslotte kleven aan het inlaten van nutriëntenrijk(er) water vanuit de Snelle Loop in de geïsoleerd gelegen nutriëntenarme Bakelse Plassen ook nog ecologische risico's. Uit onderzoek, waarvan het vaststellen van de stratificatie van de plassen onderdeel uitmaakte, blijkt dat het risico op het ontstaan van waterkwaliteitsproblemen reëel is.

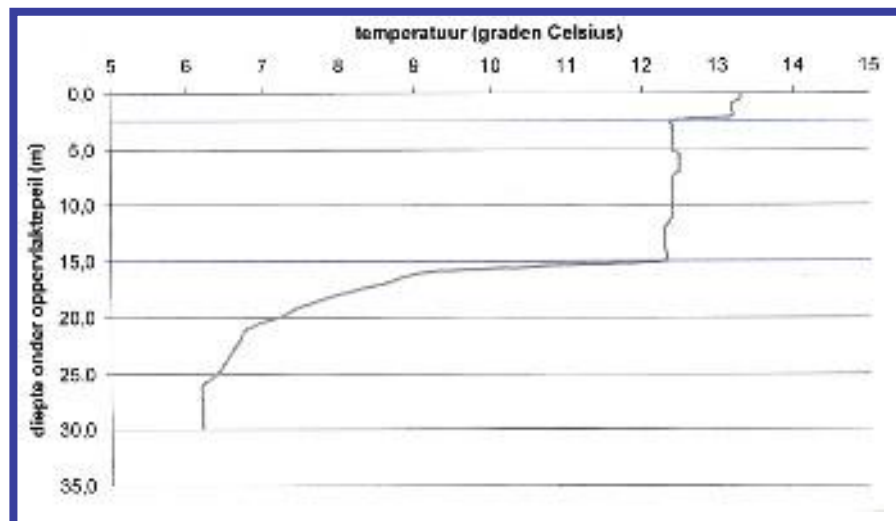
Voor de Bakelse Plassen geldt dat tenminste het idee om water te conserveren alleszins de moeite van het onderzoeken waard was. De uitkomsten leiden echter voor deze locatie niet tot de gezochte oplossing. Mogelijk biedt het aan de Bakelse Plassen grenzende natuurgebied Stippelberg betere mogelijkheden voor waterconservering.

De gehanteerde werkwijze, waarbij gekozen is voor een combinatie van veldonderzoek (test en stratificatiebepaling) en modelmatige berekeningen (effecten op de grondwaterpeilen in de omgeving en de nutriëntensamenstelling van het plaswater), geeft echter een goed beeld van relevante aspecten van een dergelijk haalbaarheids-onderzoek en eventuele alternatieven. Deze werkwijze, eventueel uit te breiden met specifieke aandachtspunten voor zoeklocaties elders, kan bijdragen aan het verkrijgen van beter inzicht in de inzet van (voormalige) zandwinplassen voor waterconservering. Zo kunnen hydrologische en beleidsmatige keuzes beter onderbouwd worden. Wat bij de Bakelse Plassen niet mogelijk bleek, kan elders misschien wel.

### LITERATUUR

- 1) Deltaplan Hoge Zandgronden: Naar een klimaatbestendige watervoorziening voor hoog Nederland (2009).
- 2) Aequator Groen & Ruimte (2010). Waterconservering/buffering op de Bakelse Plassen?
- 3) Witteveen+Bos (2010). Hydrologisch onderzoek inzake waterconservering Bakelse Plassen.
- 4) Witteveen+Bos (2008). Geohydrologisch onderzoek inzake waterconservering Bakelse Plassen.
- 5) STOWA (2010). Kennisdocument diepe meren en plassen.

Afb. 6: Temperatuurverloop (stratificatie van plas 1 + 2) op 21 oktober 2009.



Afb. 7: Fosfaatbelasting in de huidige situatie en drie scenario's vergeleken met de grenzen voor toelaatbare en bovenmatige belastingen.

