

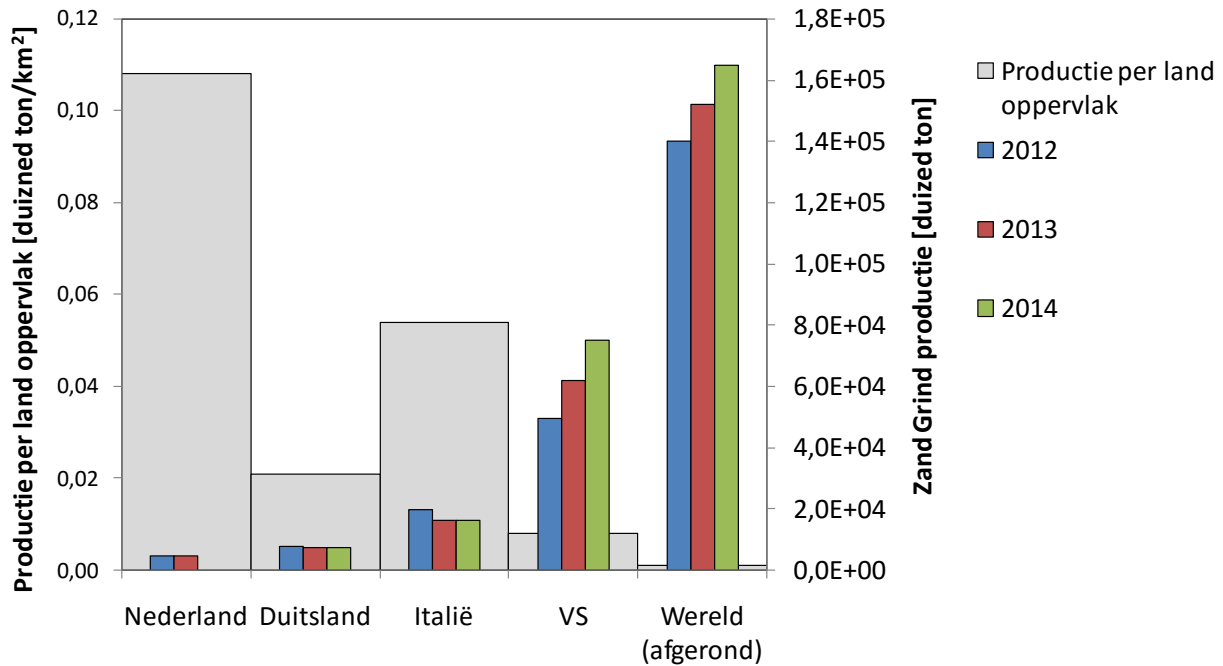
Zand- en grindwinputten: meer dan een groot gat in de grond

Pauline Mollema (Universiteit van Bologna)

Er zijn meer dan 500 zand- en grindwinplassen in Nederland. Het winnen van grind heeft veel nieuw oppervlaktewater gecreëerd. Dat beïnvloedt de waterkringlopen, de chemische kringlopen en de ecologie zowel in positieve als negatieve zin. Vergeleken met natuurlijke meren en plassen zijn zandwinputten een relatief jong fenomeen. In de toekomst zouden de Nederlandse zand- en grindplassen mogelijk intensiever gebruikt kunnen worden als toeristisch alternatief voor het té warme zuiden van Europa.

Nederland heeft door zijn gunstige geologie van uitgebreide fluviatiele terrassen en glaciële afzettingen veel afzettingen van grind en grof zand die zijn uitgegraven voor grondstoffen ten behoeve van de bouw [1, 2]. Nederland heeft, in vergelijking met andere landen, in absolute hoeveelheden geen grote productie van grof zand en grind. Maar gedeeld door het landoppervlak heeft Nederland de grootste productie per vierkante kilometer ter wereld (zie afbeelding 1). Zand- en grindwinplassen, ook wel zandputten, grindputten of diepe plassen genoemd, ontstaan door het uitgraven van grind in gebieden met een relatief hoge grondwaterspiegel. De zandwinplassen worden na beëindiging van de exploitatie gebruikt voor de recreatie, zoals pleziervaart, zwemmen, kanoën of duiken [2,3]. In Engeland zijn uitgegraven zand- en grindwinputten verheven tot natuurpark (Attenborough Nature Reserve in Nottinghamshire en Derbyshire [4]) en tot locatie voor woonprojecten aan het water (Cotswold Waterpark, Gloucestershire). Zandwinputten kunnen ook, onder bepaalde voorwaarden, dienen voor het dumpen van afvalwater of bagger, voor kunstmatige infiltratie en productie van drinkwater [2] of als retentiebekkens [4].

Dit artikel is een beknopt overzicht van hydro- en biochemische processen die optreden in en rond zandwinputten. Ook komen de fysische en chemische eigenschappen die gemeten moeten worden om de waterkwaliteit te waarborgen aan bod. Een en ander is gebaseerd op recente studies over zandwinputten [2,3,5,6].

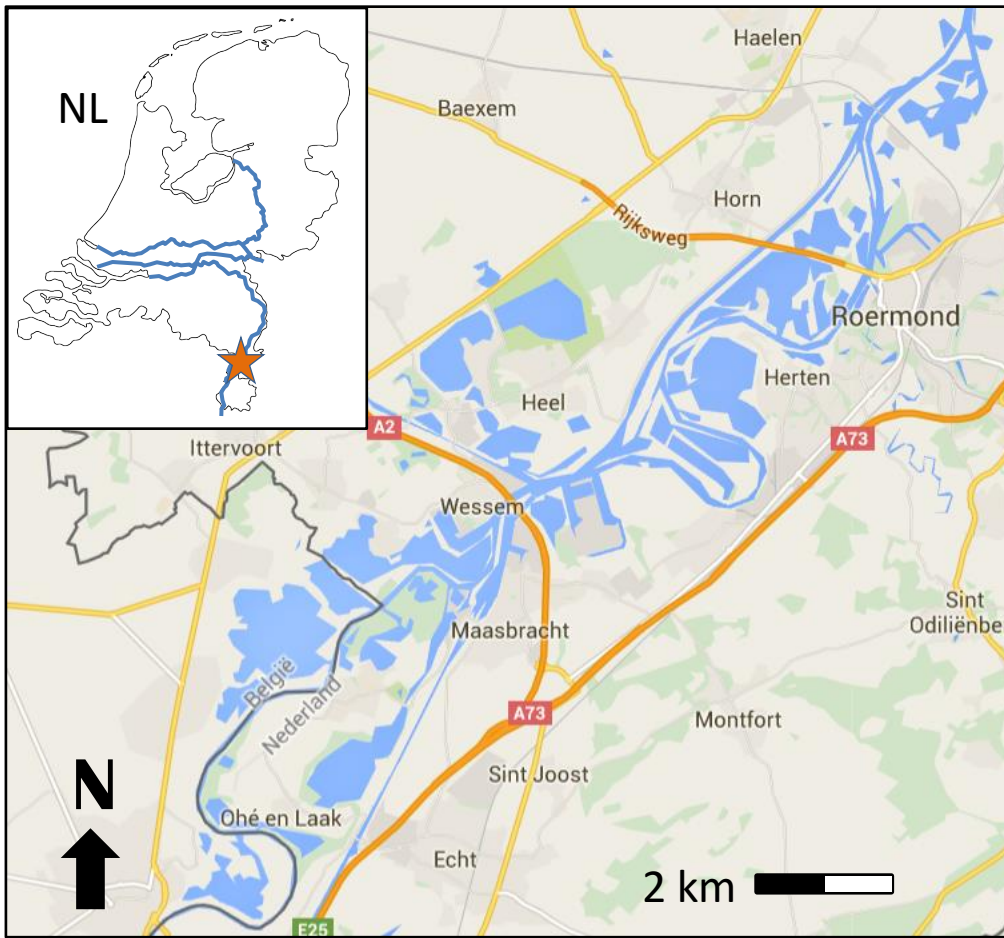


Afbeelding 1. Grindproductie van vier landen en de hele wereld. Hoewel in Nederland de productie in absolute waarden niet groot is (gekleurd staafdiagram), voor een land met zo'n klein oppervlak is de productie per km² wel hoog (grijs staafdiagram [7, 8])

Verdamping

Het uitgraven van veel zandwinputten dicht bij elkaar zorgt voor een toevoeging van oppervlaktewater. In het dal van de Maas zorgen 71 uitgegraven plassen tussen Maastricht en Asselt voor 20 km² extra oppervlaktewater [1, 5, 9]. Dit extra oppervlaktewater zorgt voor een verlies aan zoetwater omdat oppervlaktewaterverdamping in een gematigd klimaat doorgaans groter is dan evapotranspiratie van grasland of bos [5, 9]. In zandwinputten die gevoed worden door grondwater of rivierwater, wordt het verdampte water meteen vervangen, waardoor in totaal een grotere verdamping mogelijk is. Wereldwijd neemt de evaporatie van kunstmatige meren en reservoirs toe: van 1900 tot 2010 nam de verdamping toe van 0 tot 333 km³ per jaar en dat is nu al 8% van de globale wateronttrekking [10]. Het toenemende aantal zand- en grindwinputten draagt hieraan bij.

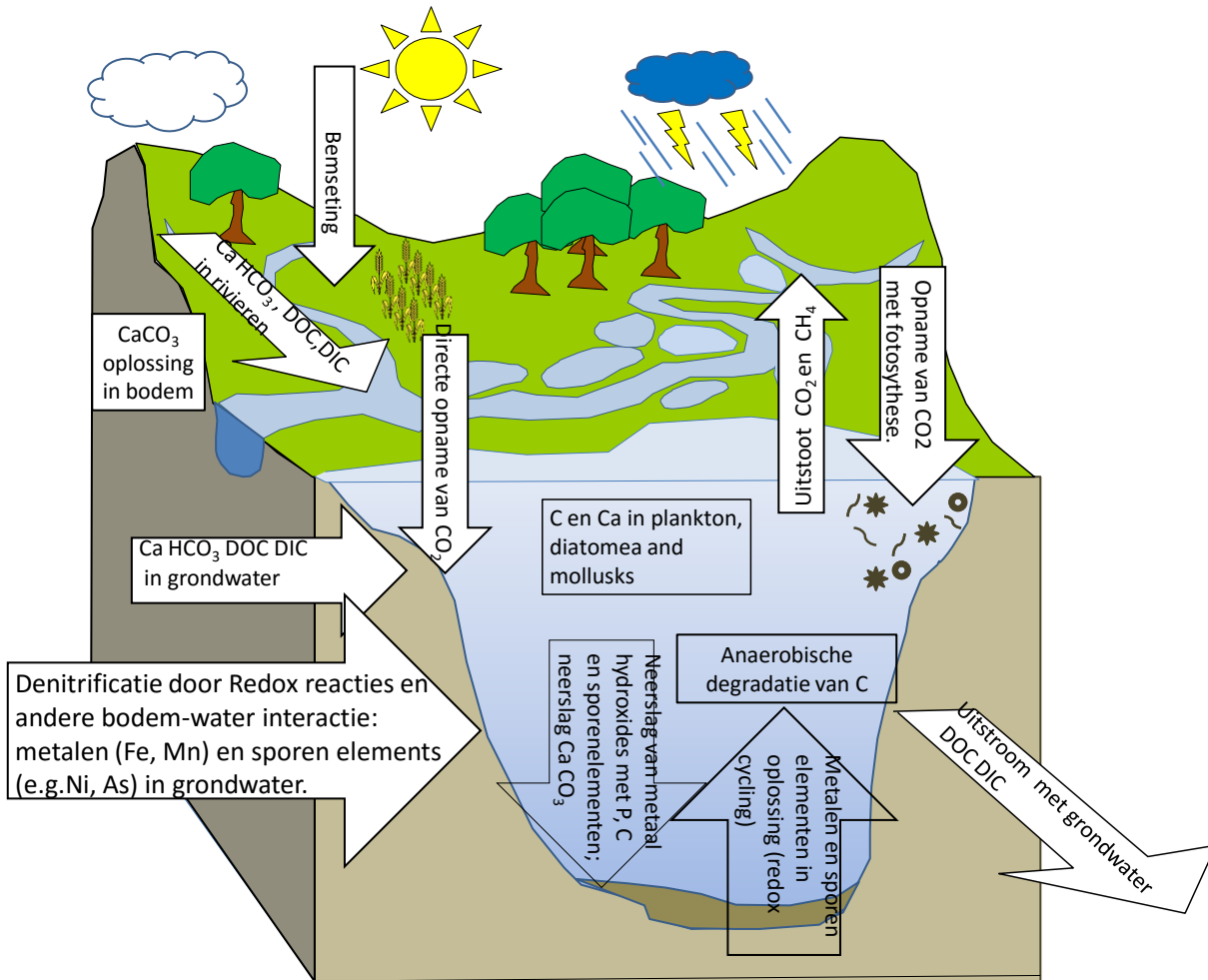
Ook het afwateringspatroon van een rivierbekken verandert door zandwinputten omdat deze zorgen voor fluctuaties in de waterspiegel over een grote afstand. In laaggelegen kustgebieden versterken de plassen die een equipotentiaalvlak onder zeeniveau vormen, de verzilting van het grondwater [3, 6]. Als grondwater aan de ene kant de zandinput instroomt en aan de andere kant er weer uit dan noemt men het 'doorstroom'- of 'flow-through'-plassen. Zandwinputten kunnen ook in open verbinding staan met een rivier.



Afbeelding 2. Google-kaart van een deel van de Maasvallei dat ongeveer 70 grindwinputten bevat (lat. 31 U 703349 m long. E 5672291). Het kleine kaartje toont de plaats van de locatie in Nederland

Zandwinputten: een trefpunt van grondwater en oppervlaktewater

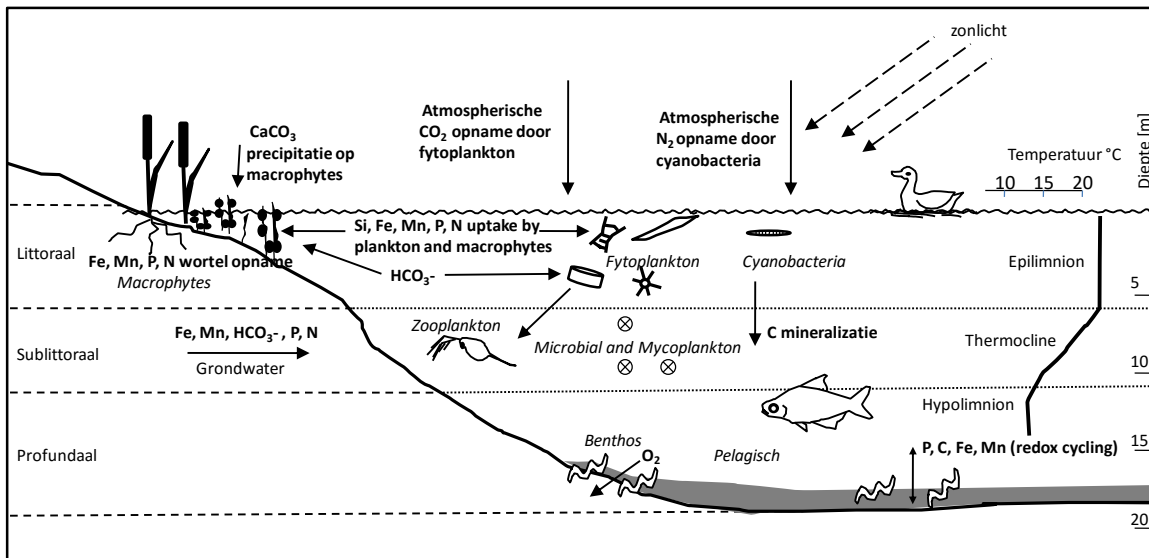
In zandwinputten ontmoeten grondwater en oppervlaktewater elkaar (zie afbeelding 2). Grondwater bovenstrooms van zandwinputten kan rijk zijn aan opgeloste metalen zoals ijzer (Fe), aluminium (Al) en mangaan (Mn), aan kalk (Ca), bicarbonaat (HCO_3), sporenelementen (Cu, Ni, As), nutriënten (nitraat NO_3 en fosfaat PO_4) en nog meer [9]. Wat er precies in het instromende grondwater zit hangt mede af van de bodemsamenstelling, het al of niet optreden van redoxreacties, de zuurgraad van het grondwater, de aanwezigheid van nutriënten als nitraten en de blootstelling van de bodem aan zuurstof door bijvoorbeeld fluctuaties van de grondwaterspiegel. Het water in zandwinputten is over het algemeen meer alkalisch dan grondwater [9]. De Maasplassen in de buurt van het Limburgse Heel bijvoorbeeld hebben een pH van 7,5 tot 8,6 [2]. Het water in zandwinputten bevat in het algemeen ook meer opgelost zuurstof dan grondwater. Als er grondwater in de zandwinputten stroomt ontmoeten de twee verschillende soorten water elkaar, met als resultaat dat er bepaalde stoffen op de bodem neerslaan. De stoffen die neerslaan zijn bijvoorbeeld metaalhydroxiden waaraan ook C, P en sporenelementen als As zijn gebonden [2,3]. Dit proces kan zo intensief zijn dat metaalconcentraties in het sediment op de bodem van de zandwinputten de wettelijke normen kunnen overschrijden [2].



Afbeelding 3. Schematische weergave van een aantal hydrochemische processen die optreden in grindplassen [9]

Concentratie of verwijdering van nutriënten: eutrofiering

Zandwinputten bevinden zich meestal in stedelijke of landbouwgebieden waar het grondwater en rivierwater rijk is aan nutriënten. Mede hierdoor doet de aanwezigheid van zandwinputten het aantal aquatische leefmilieus in deze gebieden toenemen (afbeelding 4, [11]). De interactie van oppervlaktewater met de atmosfeer maakt het mogelijk voor fytoplankton om anorganisch koolstof uit de lucht door middel van fotosynthese om te zetten in organisch koolstof. Dit proces zet een groot voedselweb in gang. De ecologische gemeenschappen die voorkomen in zandwinputten bestaan uit fytoplankton met onder andere groene en blauwe algen, zoöplankton, macrofyten (waterplanten), benthos (het leven op de bodem), vissen en vogels (zie afbeelding 3 en [9] voor een overzicht met bibliografie van de ecologie in zandwinputten). De chemie van het water in de zandwinputten bepaalt voor een deel de samenstelling van de ecologische gemeenschappen. Denk aan zoutgehalte [3]. Aan de andere kant beïnvloeden de flora en fauna op hun beurt de waterkwaliteit. Zo wordt in zandwinputten een groot deel van de nutriënten geconsumeerd of afgebroken [12, 13]. Of het bezinkt op de bodem als organisch materiaal dat dan weer metalen en fosfor aan zich bindt [2].



Afbeelding 4. Voorbeeld van interactie tussen ecologische gemeenschappen en de chemische kringlopen in een zandwinput (aangepast uit [9])

Monitoringstrategie

Zandwinputten, een relatief jong fenomeen, zijn zeer gevoelig voor veranderingen in klimaat en het gebruik van land en (grond)water bovenstrooms. Om eventuele veranderingen op te kunnen merken en de waterkwaliteit voor gebruik als toeristische bestemming of anderszins te kunnen waarborgen moet er veel gemeten worden. Er dient zowel in de plassen zelf als in het gebied bovenstrooms gemeten te worden. In de tabel hieronder zijn de belangrijkste parameters samengevat.

Tabel 1. Richtlijnen voor het bemonsteren en analyseren van grond- en watermonsters in rivierbekkens of polders met zand- en grindwinputten die (intensief) worden gebruikt

Groep	Parameter	Frequentie van monitoring	Motivatie
Grondwater en grindwinplaswater			
Veldgegevens	pH, temperatuur met diepte, opgelost zuurstof, elektrische geleidbaarheid grondwaterspiegelstand.	Elk seizoen	Veranderingen in pH en beïnvloeden alle chemische kringlopen, bijvoorbeeld metaaloplossing en -neerslag, calcietneerslag zowel in watervoerende pakketten als in de plassen. grondwaterstromingspatroon.
Belangrijkste ionen chemie	Cl, NO ₃ , SO ₄ , HCO ₃ Ca, Mg, Na, K	Jaarlijks	Dit geeft het soort water en het redoxmilieu aan.
Metalen en sporenelementen.	Fe, Mn, Al, As, Ba, Ni, Zn	Jaarlijks	Ook een meer uitgebreide suite van veel elementen is af en toe nodig om te begrijpen welke specifieke chemische stoffen mobiel zijn in het rivierbekken of de polder. Zij zijn specifiek voor de bodemsamenstelling.
Nutriënten	NO ₃ , NH ₄ , PO ₄ , SiO ₂		Deze stoffen hebben invloed op (cyano-) bacteriën en fytoplankton maar ook op redoxreacties in de bodem. Eutrofiëring Belangrijk voor de waterbalans.
Evaporatie/Grondwaterinstroom			
Stabiele waterisotopen.	$\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$	Elk seizoen	Belangrijk voor de waterbalans als die niet direct gemeten kan worden (met name verdamping en instroom grondwater).
Sulfide-isotopen	³⁴ S	Eenmaal	Om te begrijpen of de zwavel S in SO ₄ in grondwater komt van pyriet in de bodem, van zeewater of iets anders.
Pathogenen/organische verontreinigingen/ pharmaceuticals,		Jaarlijks bij verdenking	Vooral belangrijk als het water uit de zandwinplas gebruikt wordt voor speciale doelen zoals drinkwaterproductie of

Total Suspended Solids, microverontreinigen.

aquacultuur.

Alleen zandwinputwater			
Veldgegevens	Temperatuur en zuurstofgehalte met diepte	Elk seizoen	Temperatuurmetingen kunnen laten zien of er watercirculatie in de plas plaatsvindt, waardoor de kans op vlokvorming van metalen die met grondwater instromen toeneemt.
Transparantie chlorofyl.		Elk seizoen	Chlorofyl, een deel van de cellen van de meeste planten, geeft de concentratie van kleine planten in het water aan, zoals algen.
Fytoplankton		Elk seizoen	Om de mate van eutrofiëring te bepalen.
Sedimenten in bovenstrooms watervoerend pakket			
Metalen en sporenelementen	b.v. Fe, Al, Mn, As, Ni, Zn	Eenmaal	Bron van potentiële giftige elementen zoals arseen (As).
Litologie en verdeling van de korrelgrootte.		Eenmaal	Kans op redoxreacties, doorlaatbaarheid van bodem en ondoorlaatbare lagen.
Droog gewicht organisch gehalte, S en CaCO ₃		Eenmaal	Kans op redoxreacties en uitloggen van calciumcarbonaat.
Sedimenten op bodem van zandwinputten			
Metalen en sporenelementen	e.g. Fe, Al, Mn, As, Ni, Zn	Elke 2 tot 4 jaar.	Bron van giftige sporenelementen zoals As.
Litologie en verdeling van de korrelgrootte.	Zand/leem/klei fractie	Elke 2 tot 4 jaar	Kans op redoxreacties en het fixeren van metalen en sporenelementen in bodemsedimenten.

Droog gewicht organisch gehalte, P en CaCO ₃		Elke 2 tot 4 jaar	Kans op redoxreacties en het fixeren van metalen en sporenelementen in bodemsedimenten. Sedimentatie-snelheid van organisch materiaal.
Nutriënten	P, N	Elke 2 tot 4 jaar	Kans op redoxreacties en het fixeren van metalen en sporenelementen in bodemsedimenten.
Sedimenten op de oever			
Redoxparameters, kleifractie, organisch aandeel.	Color, S	Jaarlijks bij verdenking	Het verstopt raken van de oevers (cloggen) kan de in-en uitstroom van grondwater in de zandwinputten belemmeren.

Toekomstperspectief

De waterkwaliteit in de zandwinputten wordt sterk beïnvloed door het gebruik van het land en door het klimaat van het rivierbekken of de polder. Als er in de toekomst minder zuurstof beschikbaar zou zijn, als opgelost zuurstof of als NO₃ in het water van zandwinputten [5], of als de pH van het water in de zandwinput lager zou worden, dan zouden de reacties die eerst zorgden voor het neerslaan van metalen en sporenelementen op de bodem van de plassen, omgedraaid kunnen worden [2]. Metalen en sporenelementen zouden weer kunnen oplossen en daarbij zouden ze een giftige omgeving kunnen creëren voor planten, dieren en mensen.

Deze veranderingen zouden kunnen worden veroorzaakt door bijvoorbeeld een afname in bemesting of door een verandering in het klimaat waarbij minder infiltratie van water in de bodem optreedt. Maar het zou bijvoorbeeld ook kunnen door langzame uitlogingsprocessen, hetgeen kan leiden tot verzuring van de bodem. Aan de andere kant zou een grotere eutrofiëring en primaire productie gestimuleerd door hogere temperatuur of minder circulatie in het water, een grotere afzetting van organisch materiaal tot gevolg kunnen hebben. Dit zou dan juist helpen om de concentratie van metalen in bodemsedimenten te verdunnen en de metalen en sporenelementen vast te leggen.

Met de groeiende bevolking en klimaatveranderingen wordt Noord-Europa meer en Zuid-Europa minder favoriet als toeristische bestemming [14]. Het zou dus kunnen dat Nederlandse zandwinputten, zoals de Maasplassen, in de toekomst meer bezocht gaan worden. Om het veilig gebruik van zandwinputten te kunnen garanderen moeten niet alleen het water en sedimenten van de zandwinput zelf, maar ook het grondwater, de waterbalans en de evolutie van hydrochemische processen, van het klimaat en van de ruimtelijke inrichting permanent in de gaten gehouden worden.

Dankwoord

De auteur is zeer erkentelijk voor de bijdragen aan de voorgaande studies die aan de basis liggen van dit artikel. Speciale dank gaat uit naar Ruud Mollema voor het corrigeren van de conceptversie.

Referenties

1. Juhasz-Holterman, M. (2012). Ontgrondingsgeschiedenis en wijziging geohydrologie Midden-Limburg. WML rapportr. 6884.
2. Mollema, P.N., Stuyfzand, P.J., Juhasz-Holterman, M.H.A., Diepenbeek, P.M.J.A. van & Antonellini, M. (2015a). *Metal accumulation in an artificially recharged gravel pit lake used for drinking water supply*. Journal of Geochemical Exploration, 150: 35–51. DOI:10.1016/j.gexplo.2014.12.004.
3. Mollema, P.N., Antonellini, M., Dinelli, E., Greggio, N., & Stuyfzand, P.J. (2015b). *The influence of flow-through saline gravel pit lakes on the hydrologic budget and hydrochemistry of a Mediterranean drainage basin*. Limnology and Oceanography, 60 (6): 2009–2025, DOI: 10.1002/lno.10147
4. Cross, I. D., McGowan, S., Needham, T., & Pointer, C. M. (2014). *The effects of hydrological extremes on former gravel pit lake ecology: management implications*. Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie, 185(1), 71-90. DOI: 10.1127/fal/2014/0573
5. Mollema, P.N., Antonellini, M., Hubeek, A. & Diepenbeek, P.M.J.A. van (2016). *The effect of artificial recharge and air blowers on temperature, pH, NO₃, PO₄ and SO₄: A Comparison of time series data of two Dutch fluvial gravel pit lakes and Meuse River*. In review by 'Lake Restoration and Management in a Climate Change Perspective', a special issue of 'Water'.
6. Mollema, P.N. et al. (2013). *Hydrochemical and physical processes influencing salinization and freshening in Mediterranean low-lying coastal environments on-line*. Applied Geochemistry, 34: 207-221. DOI:10.1016/j.apgeochem.2013.03.017
7. USGS(2015). Mineral commodity summaries 2015: U.S. Geological Survey, 196 p. ISBN 978–1–4113–3877–7
8. CBS, PBL, Wageningen UR (2016). Winning en verbruik van oppervlaktedelfstoffen, 2000-2013 (indicator 0067, versie 15, 21 april 2016). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
9. Mollema P.N. & Antonellini M. (2016) *Water and (bio)chemical cycling in gravel pit lakes: a review and outlook*. Earth-Science Reviews, 159, 247-270. DOI 10.1016/j.earscirev.2016.05.006
10. FAO (2015). AQUASTAT website. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Website geraadpleegd 30 september 2015.
11. Santoul, F., Gaujard, A., Angélibert, S., Mastrorillo, S., & Céréghino, R. (2009). *Gravel pits support waterbird diversity in an urban landscape*. Hydrobiologia, 634: 107–114 DOI 10.1007/s10750-009-9886-6.
12. Weilhartner, A. et al. (2012). *Gravel pit lake ecosystems reduce nitrate and phosphate concentrations in the outflowing groundwater*. Science of the Total Environment 420: 222–8. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.01.032
13. Muellegger, C., Weilhartner, A., Battin, T.J., & Hofmann, T. (2013). *Positive and negative impacts of five Austrian gravel pit lakes on groundwater quality*. Science of the Total Environment 443: 14–23. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.10.097
14. Barrios, S. & Rivas, J.N.I. (2013). Tourism demand, climatic conditions and transport costs: An integrated analysis for EU regions. JRC Scientific and Policy Reports. Report for the PESETA II study on the impact of climate change in Europe.

