

Bijzondere kwaliteiten van water (3) – Beeldvormend onderzoek van levenskwaliteit: fysische en chemische methoden

Hans van Sluis (gepensioneerd watertechnoloog DHV) en Theo Claassen (gepensioneerd aquatisch ecoloog Wetterskip Fryslân)

Standaard waterkwaliteitsonderzoek vindt plaats door analyse van relevante fysisch-chemische parameters en hydrobiologische soorten(groepen). Recent wetenschappelijk onderzoek laat zien dat ook de intrinsieke hoedanigheid van het water zelf er toe doet. Dat is merkbaar en relevant als het water al aan hoge kwaliteitsnormen voldoet. In dit artikel worden vijf fysisch-chemische methoden beschreven om de hier bedoelde bio-energetische waterkwaliteit in beelden zichtbaar te maken. Alle vijf methoden tonen, naar hun aard, andere beelden, die onderling een zelfde trend als uitkomst geven.

In een eerder artikel [1] werd een theoretisch kader geschetst voor de bio-energetische waterkwaliteit als een vierde methode voor waterkwaliteitsbeoordeling. In het tweede artikel over de bio-energetische kwaliteit van water is aandacht besteed aan radiësthesie als methode om deze te bepalen [2]. Dat kan kwantitatief. Het leidt dan tot getalswaarden, die geschaald kunnen worden en waarmee een kwaliteitsoordeel in klassen mogelijk is. De auteurs sloten daarmee aan op de systematiek van de klassenindeling volgens de ecologische kwaliteitsratio's (EKR) zoals die worden gebruikt voor de Kaderrichtlijn Water (KRW). Het onderzochte water wordt daarbij niet behandeld. In dit derde artikel worden enkele fysische en chemische bepalingmethoden van de bio-energetische kwaliteit beschreven, waarbij het te beoordelen water wél wordt behandeld. Dit gebeurt om het gedrag van het water onder specifieke, goed gedefinieerde omstandigheden zichtbaar te maken.

Principe

Deze bepalingmethoden leiden tot karakteristieke beelden van de toestand waarin het watermonster zich bevindt. Toegepaste bewerkingen zijn bijvoorbeeld bevriezen en laten ontdooien, laten stromen, indampen en kristalliseren of gebruik van het water bij papierchromatografie. De met deze handelingen verkregen beelden (patronen, vormen, structuren) weerspiegelen de bio-energetische kwaliteit van het water. Een eventuele classificatie in termen van bijvoorbeeld goed/slecht, gezond/minder gezond, vitaal/niet of minder vitaal, wordt pas bij de interpretatie en duiding van de beelden geformuleerd. Anders dan bij de gebruikelijke (meet)methoden is de onderzoeksuitslag kwalitatief (en niet kwantitatief-numeriek) van aard.

Het streven om juist de intrinsieke eigenschappen en de toestand van water te bepalen, die met analytisch onderzoek en meting niet volledig kunnen worden beschreven, vraagt om beeldvormend onderzoek. Matthijsen [3] stelde voor om daarvoor de term 'morfologische analyse' te gebruiken. De diverse beeldvormende methoden belichten ieder een specifiek aspect. De resulterende afbeeldingen zien er per methode zeer verschillend uit, al blijken ze meestal goed met elkaar te corresponderen en laten ze overeenkomende trends zien. De gekozen behandelingsmethode bepaalt welke kenmerken in de afbeelding tot uitdrukking kunnen komen.

Het hier besproken beeldvormend onderzoek berust op het waarnemen van fysische en chemische verschijnselen, die zich tonen na de betreffende behandelingen van het water. Het levert waardevolle additionele informatie op, die niet op een andere manier kan worden verkregen. Het geeft vooral inzicht in de samenhang tussen de afzonderlijke kenmerken van het onderzochte water. De resultaten van instrumenteel-metend en beeldvormend onderzoek vullen elkaar aan bij de totstandkoming van een integrale beoordeling.

In dit artikel worden vijf beeldvormende onderzoeksmethoden beschreven en worden resultaten getoond van onderzoek daarmee aan water. Bij de gemaakte selectie is gelet op relevantie voor wateronderzoek, bekendheid, onderbouwing, aanwezige informatie en praktische ervaring. De volgende methoden komen aan de orde (zie ook tabel 1). Bij elke methode wordt vermeld wie deze voor het eerst heeft beschreven.

Fysisch

1. Ijsbeeld (Emoto)
2. Druppelbeeld (Schwenk)
3. Infrarood absorptiebeeld (Tsenkova)

Chemisch

4. Koperkristallistatiebeeld (Pfeiffer)
5. Stijgbeeld (Kolisko)

Bij de beschrijvingen wordt ingegaan op het waargenomen fenomeen, de totstandkoming van de beelden en de uitvoering van de waarneming. Ook worden voorbeelden van resultaten getoond. De algemene principes van fenomenologisch onderzoek zijn onder meer beschreven in [4]. Een nauwgezette methodologische onderbouwing van fenomenologisch en in het bijzonder beeldvormend onderzoek is in 2011 gepubliceerd [5]. In een overzichtartikel als dit kan slechts een globale indruk van de afzonderlijke methodieken worden gegeven.

Tabel 1. Beschreven beeldvormende methoden voor wateronderzoek

Domein	Object	Parameter (wat)	Methode (hoe)
Fysisch-anorganisch			
1	Water	Ijsbeeld	Invriezen – ontdooien. Donkerveld-microfoto
2	Water	Druppelbeeld	Fotoreeks van stroming bij druppelinslagen
3	Water	NIR-absorptiebeeld	Infraroodspectroscopie* (Aquaphotomics)
Chemisch-organisch			
4	Water + org.	Kristalbeeld	Kristallisatie met koperchloride
5	Water + org.	Stijgbeeld (Chroma's)	Papierchromatografie met reagentia

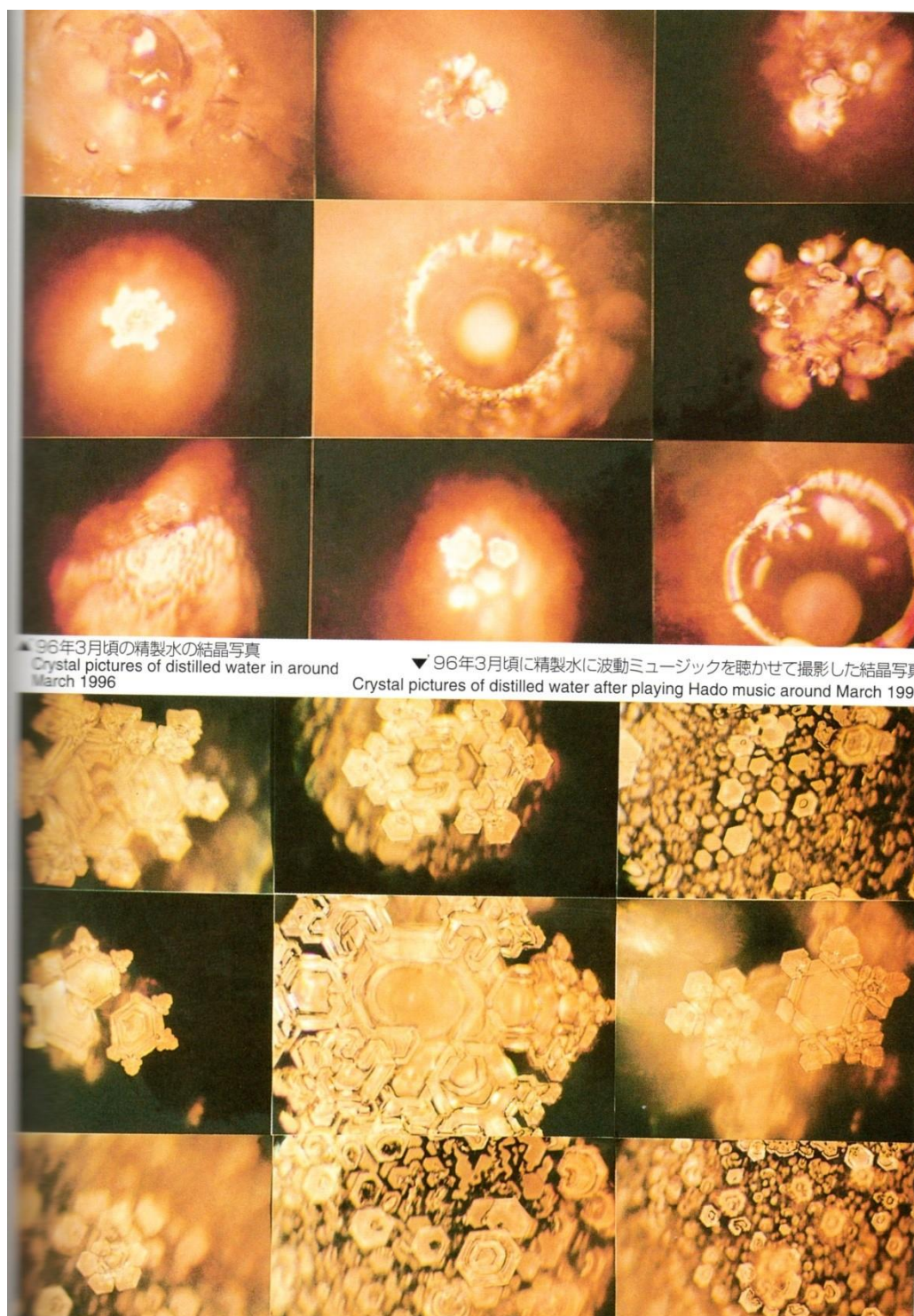
* Zintuiglijke waarneming speelt bij de toepassing van spectroscopische methoden een beperkte rol. Men kan zich daarom afvragen of deze wel tot de beeldvormende methoden moeten worden gerekend. NIR-spectroscopie is toch in dit overzicht opgenomen vanwege de relevantie voor water en de nauwe relatie met andere – beeldvormende – bio-energetische onderzoeks- en bepalingsmethoden.

1. Ijsbeelden (Emoto)

Masaru Emoto (1943-2014) heeft met zijn onderzoek naar smeltende ijskristallen de extreme gevoeligheid van water voor externe invloeden aangetoond. Discussies binnen en buiten vakkringen en publicaties over het vermogen van water om de deze invloeden vast te houden – ook wel ‘het geheugen van water’ genoemd – kregen door zijn bevindingen een nieuwe impuls. Zijn boek *Messages from water* [6] bereikte een groot publiek.

De door Emoto beschreven toepassingen van ijsbeeldonderzoek laten zeer karakteristieke, sterk verschillende beelden zien van drink- en oppervlaktewater van verschillende herkomst. Aan de regelmaat van de kristallen wordt een kwalitatief oordeel verbonden. Mooie, symmetrische kristallen beschouwde hij als indicatief voor een goede, natuurlijke kwaliteit van het water. Warrige, sterk vervloede beelden duiden op water dat er om een of andere reden slecht aan toe is.

De methodiek is eenvoudig. Het monster wordt verdeeld over een flink aantal petrischaaltjes, die vervolgens bij -18 °C worden bevroren. Meestal ontstaat er – doordat het ijs van buiten naar binnen bevriest – in het midden een kleine verhoging. Men laat de schaaltes ontdooien en observeert tijdens het smelten door een microscoop met donkerveldbelichting het oppervlak van het ijs. Karakteristieke details worden daarbij gefotografeerd. Uit alle resultaten wordt het meest voorkomende en meest uitgesproken beeld geselecteerd (zie afbeelding 1).



Afbeelding 1. Twee series ijsbeelden van gedestilleerd water. Links: onbehandeld. Rechts: na het afspelen van rustgevende HADO-muziek (uit [6])

Emoto deed uitgebreid onderzoek aan drink- en oppervlaktewater. In het drinkwater van sommige grote steden bleken nauwelijks kristallen te worden gevormd, wat werd beoordeeld als slechte kwaliteit. In andere monsters verschenen mooie regelmatige – meestal hexagonale – vormen. Dit

betrof meestal water in de ongerepte natuur, waaronder ook geneeskrachtige bronnen (zie Afbeelding 2). Naast fysische en chemische processen stelde Emoto via ijsbeelden ook invloeden van muziek, spraak en rituele handelingen op water vast.



Afbeelding 2. Ijsbeeld van de Lourdes-bron (uit [6])

Voor routinematige toepassing zijn de ijsbeelden niet geschikt. Emoto heeft geen strikt wetenschappelijke onderbouwing voor zijn methode gegeven en deze voldoet niet aan de gangbare, objectiverende criteria voor kwaliteitsonderzoek. Daarmee zijn echter de door hem waargenomen fenomenen niet van tafel. Als semiwetenschappelijk waarnemingsinstrument is de methode op zichzelf zeker van belang. De beelden prikkelen sterk de nieuwsgierigheid en hebben een educatieve en publicitaire waarde [7].

Uit fundamenteel onderzoek is inmiddels meer bekend over de (stromings)processen die bij het invriezen van het monster en bij smelten van het centrale ijskegeltje optreden [8]. Hiermee wordt het fenomeen op zichzelf min of meer verklaard en wordt het beter voorstelbaar dat op deze wijze subtiele invloeden vanuit de omgeving op water kunnen worden vastgelegd.

2. Druppelbeelden (Schwenk)

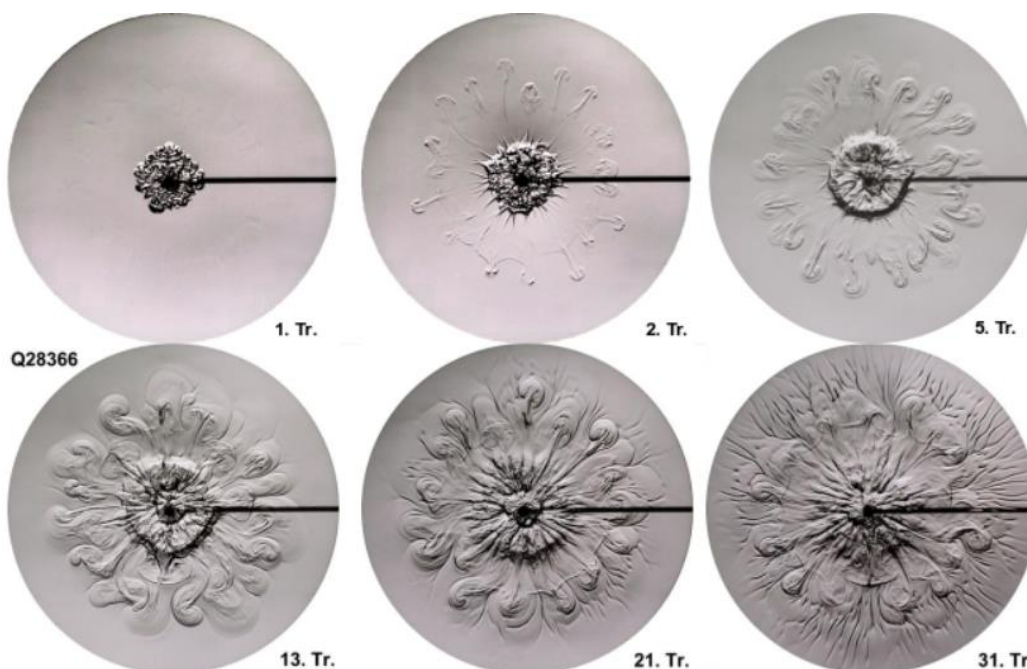
Theodor Schwenk (1910-1986) wijdde zijn leven aan onderzoek naar stroming en het – daarmee samenhangende – ontstaan van de vormenrijkdom in de levende natuur. Zijn bijzondere interesse ging uit naar het vloeistofmechanische gebied tussen laminaire en turbulente stroming, dat zich onttrekt aan de beproefde, in de techniek alom toegepaste stromingswetmatigheden. Dit overgangsgedebied, ook wel aangeduid als ‘harmonische stroming’, wordt gekenmerkt door ritmische stromingsverschijnselen. In zijn boek *Das sensible Chaos* beschrijft Schwenk talrijke parallellen tussen de vormtaal van harmonische stroming en die van organismen en organen uit het planten- en dierenrijk [9].

In de jaren 1960 ontwikkelde Schwenk een op stroming gebaseerde methode om de invloed van zeer subtiele krachten op water te onderzoeken [10]. Deze druppelbeeldmethode (drop picture method) brengt via verschillen in optische dichtheid de stroming van water tijdens de inslag van een druppel

aquadest (gedestilleerd water) in een dun laagje van het met glycerine verdikte monster in beeld. Fotoreeksen van achtereenvolgende druppelinslagen maken dit zeer snel verlopende proces toegankelijk voor nadere bestudering en verslaglegging. Aan de fundamentele wetenschappelijke onderbouwing en protocollering besteedden Schwenk en medewerkers van het door hem opgerichte Institut für Strömungswissenschaften te Herrischried veel aandacht [11], [12], [13], [14].

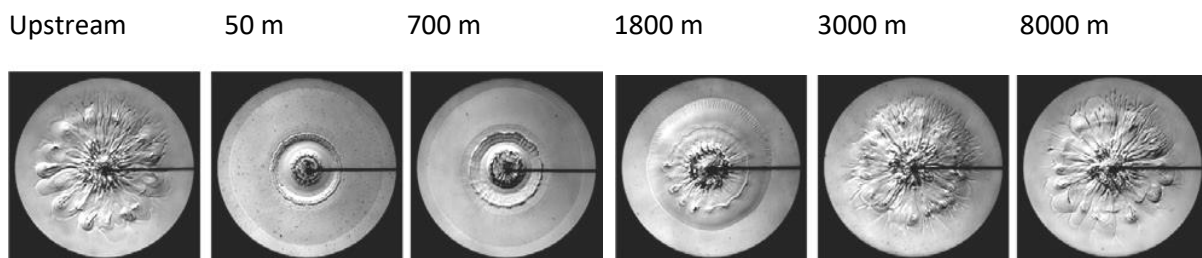
De verkregen resultaten zijn goed reproduceerbaar. De uiterst gevoelige methode stelt zeer hoge eisen aan de reinheid van apparatuur en meetomgeving (experimenten vinden meestal in een clean room plaats). Voor de uitvoering van de proeven en de interpretatie van de beelden zijn ervaring en specifieke achtergrondkennis vereist. Mede als gevolg daarvan is de methode minder aantrekkelijk voor routinematig onderzoek.

Als referentiewater werd aanvankelijk dubbel gedestilleerd water gebruikt (zie Afbeelding 3). Later is overgestapt op water van zeer constante en goede kwaliteit uit een nabijgelegen bron, dat voor deze methode een zeer geschikte 'blanco' bleek te zijn vanwege een constant en vormenrijk druppelbeeld.



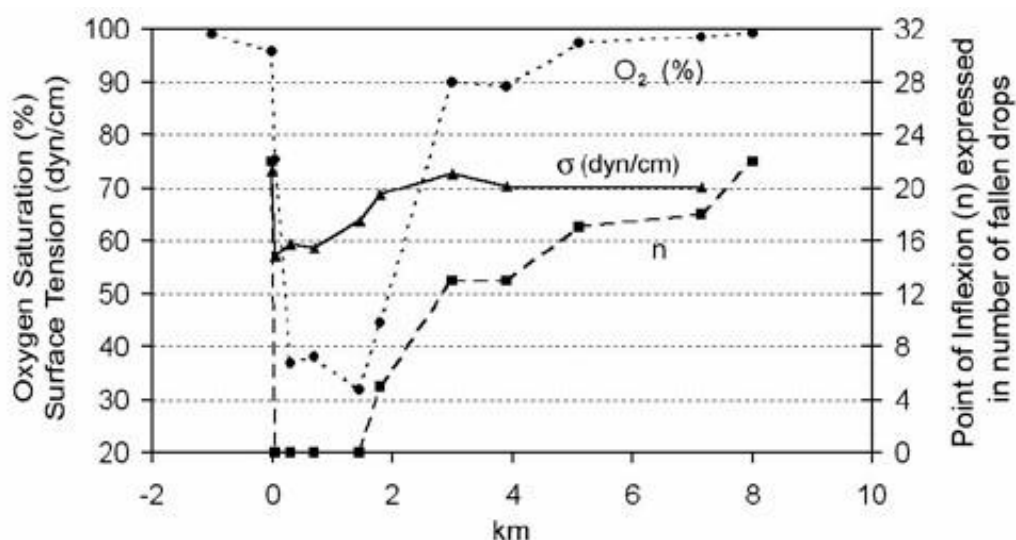
Afbeelding 3. Selectie uit een reeks van druppelbeelden met Aqua bidest [12]

Bij een veldonderzoek naar biologische zelfreiniging in de Zuidoost-Duitse heuvellandbeek de Mettna werden ecologische inventarisaties en druppelbeelden naast elkaar gebruikt [15]. Stroomafwaarts van een industriële vervuilingbron werd het herstelproces gedocumenteerd.



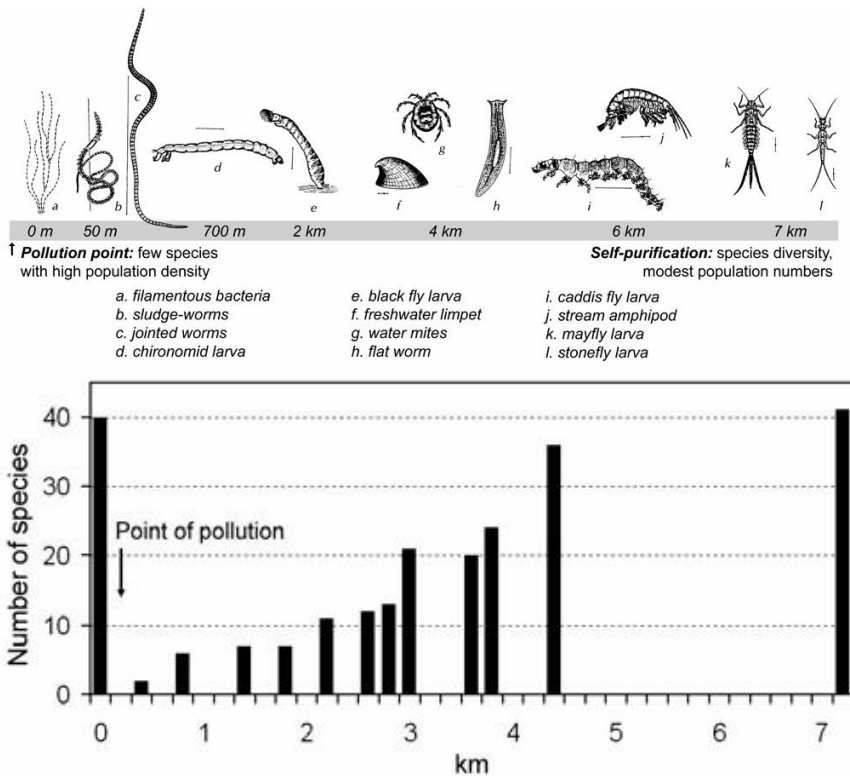
Afbeelding 4. Zelfreiniging na een lozing in de Mettna, weerspiegeld in druppelbeelden. Steeds is het druppelbeeld bij de 20^e druppel weergegeven [15]

De verbetering van de ‘wervelstructuur’ in de beek (afbeelding 4) kan getalsmatig worden uitgedrukt met het volgnummer van de druppel waarbij de slingervorm tussen de wervels verdwijnt en vanuit de kernzone stralende vormen in de druppelbeelden verschijnen. Dit buigpunt verloopt parallel aan de herstelcurve van het zuurstofgehalte in de beek (afbeelding 5).



Afbeelding 5. Verloop van twee klassieke vervuilingsparameters en van het buigpunt in de druppelreeksen [15]

Opvallend was dat de effecten van de lozing bij de druppelbeelden (zie Afbeelding 4) tot op grotere afstand stroomafwaarts werden teruggevonden dan bij de onderzochte hydrobiologische parameters (zie afbeelding 6).

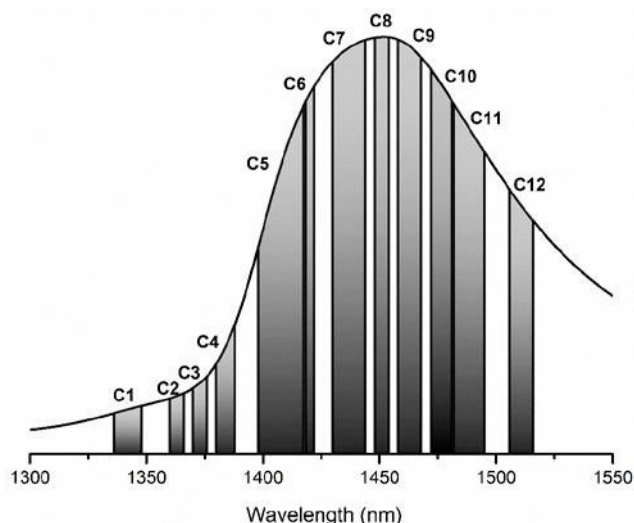


Afbeelding 6. Biologisch beeld van het zelfreinigingsproces stroomafwaarts van het lozingspunt in de Mettna. Over een traject van 7 km vanaf het lozingspunt is het verloop van het zelfreinigend proces uitgebeeld in een veranderende soortensamenstelling [15]

3. Infrarood-absorptiebeeld (Tsenkova)

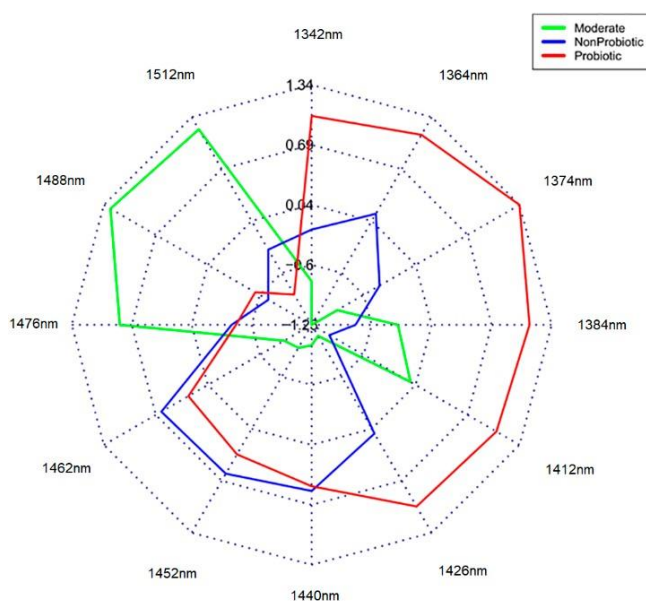
Roumania Tsenkova ontwikkelde uit de infraroodspectroscopie een variant voor onderzoek van water (Aquaphotomics) [16]. Hierbij wordt met speciale apparatuur ingezoomd op een klein deel van het IR-golflengtegebied, waarin subtiele veranderingen in de moleculaire structuur van water kunnen worden onderscheiden. In het gekozen bereik, het nabij-infrarood (NIR), is vooral de toestand van de waterstofbruggen tussen de watermoleculen goed te bepalen. Deze waterstofbruggen spelen een cruciale rol bij alle biochemische processen van celgroei en stofwisseling. Dit gaat zelfs zo ver dat de methode in principe gebruikt kan worden voor het stellen van medische diagnoses.

Bij het wateronderzoek wordt op basis van de lichtabsorptiewaarden bij twaalf vaste golflengtes (afbeelding 7) een zogeheten radarplot (aquagram) gemaakt, waaruit in een oogopslag de toestand van het onderzochte water kan worden afgelezen. De methode is in beginsel een krachtig diagnostisch middel voor wateronderzoek om de levensrelevante effecten van zeer verschillende invloeden in beeld te brengen. Voorsnog is de toepassing van Aquaphotomics vanwege de benodigde specialistische apparatuur en kennis beperkt tot goed uitgeruste onderzoekslaboratoria.



Afbeelding 7. Deel van het infraroodspectrum van water met daarin de lichtabsorptie voor 12 golflengtegebieden die bijzonder relevant zijn voor bio-energetische verschijnselen [17]. De in het watermonster bij elke golflengte gemeten absorptiewaarden worden afgebeeld in het aquagram

NIR-spectroscopie biedt de mogelijkheid om real time informatie te verkrijgen over de gezondheidstoestand van levende organismen. Zo kan de invloed van zeer verschillende stressfactoren zoals virale infectie, koude of droogte, etc. in onderlinge samenhang worden onderzocht (zie Afbeelding 8).



Afbeelding 8. Spectrale patronen in een radarplot (aquagram) van NIR-absorptie van verschillende probiotische bacterieculturen onder invloed van stress [17]

4. Koperkristallisatiebeeld (Pfeiffer)

Ehrenhard Pfeiffer (1899-1961) verrichtte in de jaren 1920 fundamenteel onderzoek naar de invloed van biologische vloeistoffen en preparaten op kristallisatieprocessen. Daarbij bleek dat in het bijzonder bij koperchloride de kristalstructuur zo ingrijpend verandert, dat de uit de anorganische chemie bekende kristalvorm onder bepaalde omstandigheden volledig naar de achtergrond

verdwijnt. Deze verstoring is specifiek en reproduceerbaar. Bij het onderzoek wordt het monster gemengd met een verzadigde oplossing van koper(II)chloride. Het mengsel wordt uitgeschonken in een petrischaal en onder gestandaardiseerde condities ingedampt. De methode is robuust en zeer geschikt gebleken voor het stellen van medische diagnoses en voor kwaliteitsonderzoek bij gewassen en voedingsmiddelen [18]. Naast de gebruikelijke moderne parametrische analysemethoden wordt koperkristallisatie routinematig toegepast bij de kwaliteitscontrole van biologisch-dynamisch gekweekte voedingsmiddelen [19]. Bij de uitwerking van zijn flowform-concept gebruikte John Wilkes de koperkristallisatiemethode om de invloed die passage door pompen op water heeft te onderzoeken (zie afbeelding 9) [20].

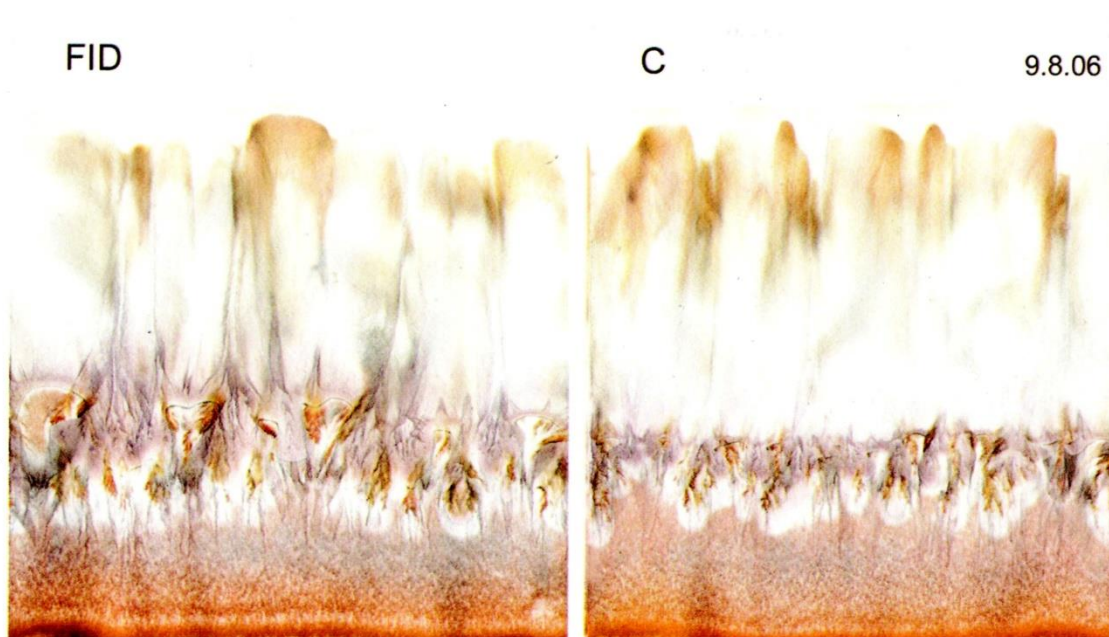


Afbeelding 9. Het effect van verpompen op het koperkristalbeeld van water [20]. Links: water direct uit de bron van Valle Morobbia. Midden: idem na passage door een elektriciteitsturbine. Rechts: het verpompte water na flowformbehandeling. De chemische samenstelling van het water bleef onveranderd

5. Stijgbeeld (Kolisko)

Ook de stijgbeeldmethode is ontwikkeld met het oog op kwaliteitscontrole van biologische en biologisch-dynamische landbouwproducten en van akkerbodems. Het is een belangrijk hulpmiddel bij het bepalen van de kwaliteit en de voedingswaarde van gewassen en producten [21]. De praktische uitvoering is relatief eenvoudig. Men laat het verdunde preparaat door capillaire werking opstijgen in een tot een cilinder gevouwen filterpapier. Om het beeld te ontwikkelen en bewaren laat men in een tweede stap een fixatievloeistof nalopen. De aldus verkregen chromatografiebeelden (chroma's) geven een karakteristieke vingerafdruk van de kwaliteit van het onderzochte preparaat (zie als voorbeeld afbeelding 10). Het is een eenvoudig en goedkoop onderzoek, dat door de teler of producent zelf kan worden uitgevoerd. De beoordeling vindt plaats door vergelijking met een standaardpreparaat en op grond van collegiaal uitgewisselde en zelf opgedane ervaringen.

Een variant op deze methode werd door John Wilkes en medewerkers ingezet voor de evaluatie van verschillende flowform-configuraties [14].



Afbeelding 10. Vergelijking van in een flowform behandeld water met onbehandelde controle [20]

Vervolg

In deze bijdrage zijn de bekendste en meest gebruikte fysische en chemische bepalingsmethoden geduid, waarmee de bio-energetische kwaliteit van een watermonster in een enkel samenhangend beeld kan worden weergegeven. Afhankelijk van de gekozen methode doen zich patronen, vormen en structuren voor, die bijdragen aan (kennis van) subtiele verschillen in waterkwaliteit, maar niet bepaald of veroorzaakt worden door de fysisch-chemische eigenschappen of de samenstelling van het water. Dergelijke verschillen in wat de bio-energetische waterkwaliteit is genoemd zijn ook vast te stellen met biologische en sensorische waarnemingsmethoden. In deze werkwijzen wordt de respons van organismen gebruikt. In een vervolgartikel worden enkele van deze biologische en sensorische bepalingsmethoden beschreven. Daarin worden ook algemene conclusies geformuleerd over alle besproken beeldvormende waarnemingsmethoden van de bio-energetische waterkwaliteit en hun toepassingen.

Referenties

1. Claassen, T.H.L. (2020). Bijzondere kwaliteiten van H₂O – een vierde aspect van waterkwaliteit. *H₂O-Online*, 13 februari 2020 en *H₂O* nr. 4, april 2020.
2. Claassen, T.H.L. & Silvis, F. (2020). Bijzondere kwaliteiten van H₂O - voorbeelden van het vierde aspect van waterkwaliteit. *H₂O-Online*, 23 april 2020.
3. Matthijsen, M.M., Mansvelt, J.D van & Kruijf, H.A.M. de (1994). 'De druppelbeeldmethode als potentiële, integrale somparametrische indicator voor waterkwaliteit, een verkenning in de drinkwaterbereiding'. *H₂O* 27 (22): 644-647 en 660.
4. Bortoft, H. (1996). *The Wholeness of Nature. Goethe's Way of Science*. Edinburgh, Floris Books.
5. Schmidt, D. (2011). *Levenskrachten – vormkrachten. Methodische uitgangspunten voor het onderzoeken van dat wat leeft*. Amsterdam, Cichorei.
6. Emoto, M. (1999). *The message from water*, Hado Kyoikusha

7. Jamieson, V. (2003). 'Freezer teaser - What is Jack Frost playing at?' *New Scientist*: 38-39.
8. Snoeijer, J. H. & Brunet, P. (2011). 'Pointy ice-drops: How water freezes into a singular shape.' *American Journal of Physics* 80 (9): 764-771.
9. Schwenk, T. (1963). *Das sensible Chaos. Strömendes Formenschaffen in Wasser und Luft*. Stuttgart, Verlag Freies Geistesleben.
10. Schwenk, T. (1967). *Bewegungsformen des Wassers. Nachweis feiner Qualitätsunterschiede mit der Tropfenbild-Methode*. Stuttgart, Verlag Freies Geistesleben.
11. Smith, H. J. (1975). *The Hydrodynamic and Physico-Chemical Basis of the Drop Picture Method*. Göttingen, Max-Planck-Institut für Strömungsforschung.
12. Wilkens, A., Jacobi, M. & Schwenk, W. (2000). *Die Versuchstechnik der Tropfbildmethode - Dokumentation und Anleitung*. Herrischried, Institut für Strömungswissenschaften.
13. Picariello, C. (2004). 'Schritte der Auswertung von Tropfbildern'. *Elemente der Naturwissenschaft* (81): 91-94.
14. Wilkens, A. (2004). Strömungsvorgänge beim Tropfbildversuch und Beziehungen zwischen Probe, Strömungsprozess und Bild. *Elemente der Naturwissenschaft* (81): 5-22.
15. Peter, H.-M., Sutter, C. & Schwenk, W. (2019). 'Study of a Section of a Self-Purifying Stream in Specific Relation to its Water Flow Behaviour'. *Substantia* 3 (2): 65-70.
16. Tsenkova, R. (2004). *Aquaphotomics: Water Spectral Pattern as a Biomarker for Diagnosis*.
17. Kraats, E.B. van de, Muncan, J. & Tsenkova, R. (2019). 'Aquaphotomics - Origin, concept, applications and future perspectives'. *Substantia* 3 (2): 13-28.
18. Engquist, M. (1970). *Gestaltkräfte des Lebendigen. Die Kupferkristallisation, eine Methode zur Erfassung biologischer Veränderungen pflanzlicher Substanzen*. Frankfurt am Main, Vittorio Klostermann.
19. Janmaat, L. & Doesburg, P. (2019) 'Beelden van kwaliteit - Monnikenwerk in voormalig klooster Roepaen'. *EKOLAND* september: p. 24-25.
20. Schwuchow, J., Wilkes, A.J. & Trousdell, I. (2010). *Energizing Water - flowform technology and the power of nature*. Forest Row, Sophia Books.
21. Saal, J. J. C. (2006). 'Kwaliteitsonderzoek naar winterwortel en rode biet'. *Dynamisch Perspectief* (4): 6-10.