



# Theoriebundel Water

Onderzoeker Natuur & Milieu  
Milieu-inspecteur

IBS 1 – Je Natuurlijke Leefomgeving

## **Inhoud**

- Hoofdstuk 1 De waterhuishouding
  - 1.1 De waterhuishouding
  - 1.2 Water in balans
  
- Hoofdstuk 2 Indicatieve bepalingen en veldmetingen
  - 2.1 Zintuiglijke waarnemingen
  - 2.2 Sneltesten
  - 2.3 Chemische en fysische veldmetingen
  - 2.4 Afsluiting
  
- Hoofdstuk 3 Waterkwaliteitsnormen
  - 3.1 Functies van oppervlaktewateren

Auteur: Piet de Jongh  
Aanpassingen: Wiet van Bragt  
Versie: augustus 2019

# Hoofdstuk 1 Waterhuishouding

## Oriëntatie

Water, het onderwerp van dit moduul, lijkt voor iedereen een vanzelfsprekendheid. Je weet dat het nat is, sommigen weten dat het de scheikundige symbolen  $H_2O$  draagt, maar niet veel mensen weten hoe water zich in onze omgeving gedraagt. Je hebt in je vorige opleiding vast kennis gemaakt met de waterkringloop. Overal rondom ons vinden tegenwoordig processen plaats die op de natuurlijke loop van water inwerken. Versnelde afvoer van water, vervuiling van water, wateroverlast en zelfs tekorten aan water bepalen vaak het nieuws in binnen- en buitenland. Wil je hier over mee kunnen praten, moet je inzicht in de water aan- en afvoerprocessen hebben. In dit eerste hoofdstuk zetten we enkele processen uit de waterkringloop eens achter elkaar.

## Leerdoelen

Na bestudering van dit hoofdstuk kun je:

- aangeven wat we onder de waterhuishouding van een gebied verstaan
- de belangrijkste processen die in een waterbalans van een gebied een rol spelen benoemen

### 1.1 De waterhuishouding

De hoeveelheid water op aarde is constant. Er kan geen water van onze planeet af en er komt ook niets bij. Toch is deze redenering wat te simpel. In de aardbodem liggen miljarden kubieke kilometers water opgeslagen die voor ons echter onbereikbaar zijn. Daarnaast ligt er onvoorstelbaar veel water opgeslagen als gebonden deeltjes aan gesteenten en mineralen. Al dit water komt slechts in geringe mate en zeer langzaam in de waterkringloop terecht. Voor ons mensen is er ten aanzien van de hoeveelheid bruikbaar water nog een handicap. Zeewater is dermate zout dat het voor ons bij inwendig gebruik als een schadelijk stof moet worden aangezien. De hoeveelheid water waar wij dagelijks mee te maken hebben is dus slechts een zeer beperkt deel van al het water op aarde. Het is dus zaak er zorgvuldig mee om te gaan en zoveel mogelijk van de waterkringloop te weten te komen. We moeten voldoende over de waterhuishouding van een gebied weten, willen we met water duurzaam kunnen omgaan.

Het water dat aan de kringloop op aarde deelneemt, kan zich in de lucht bevinden in de vorm van waterdamp, nevel, regen, sneeuw of hagel. Je kunt water vinden in rivieren en gletsjers als vloeistof of ijs. Daarnaast zijn er grote hoeveelheden water in de bodem opgeslagen als grondwater.

De betekenis van het water wordt bepaald door:

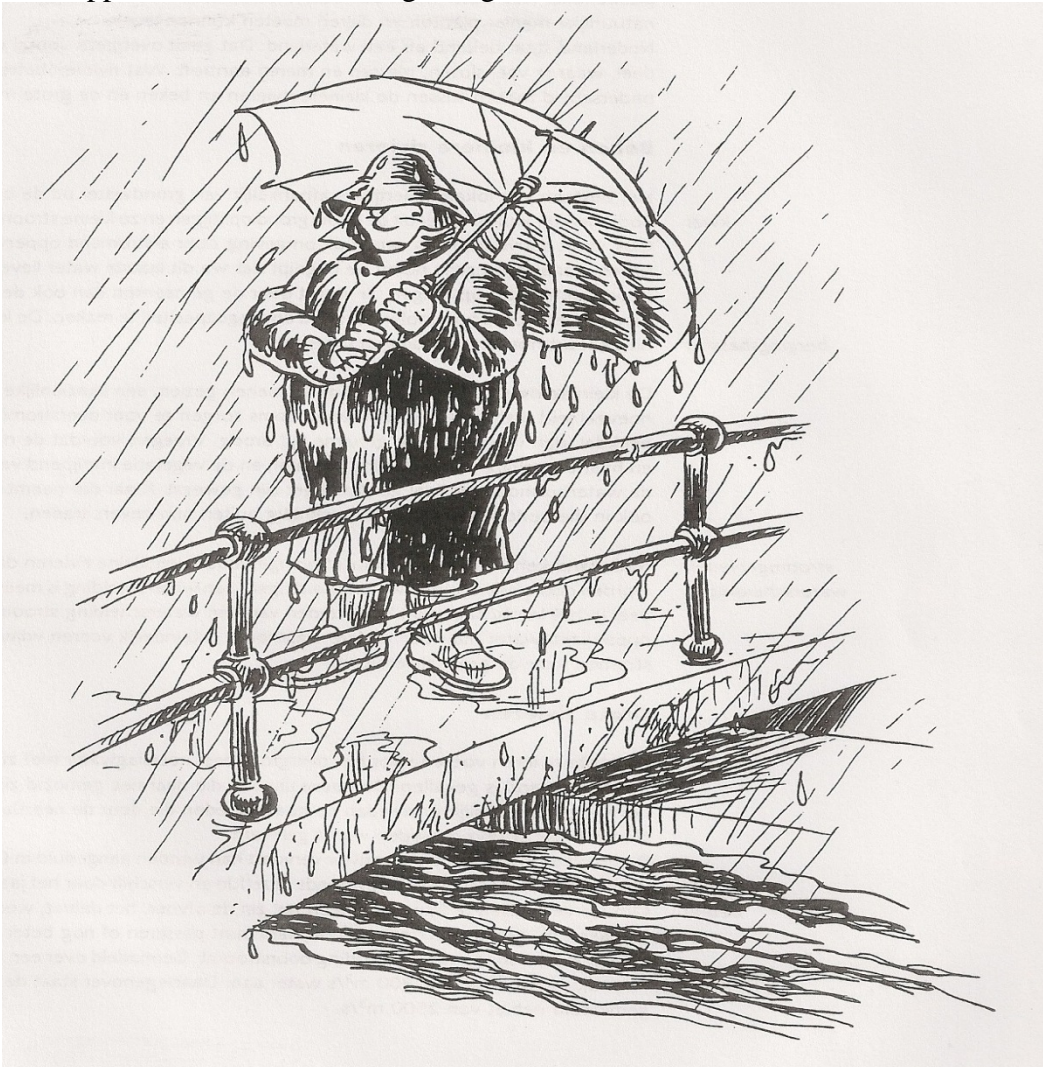
- de mate waarin het beschikbaar (bereikbaar) is voor plant, dier en mens;
- de samenstelling, d.w.z. het aanwezig zijn van in water opgeloste stoffen,
- de gehalten en verhoudingen waarin deze stoffen voorkomen.

De beschikbaarheid van het water hangt samen met de waterhuishouding, de mate waarin water wordt aangevoerd, gebruikt en afgevoerd. Belangrijk hierbij is het klimaat waarin neerslag een rol speelt. Ook zaken als reliëf van het aardoppervlak en het bergend vermogen van de bodem bepalen mee of ergens water beschikbaar en ook bereikbaar is.

### **Waterhuishouding of hydrologie**

In Nederland wordt verreweg het meeste water aangevoerd door de rivieren de Rijn en de Maas. Toch is de neerslag over de gehele oppervlakte gerekend de grootste waterleverancier. Gemiddeld valt er per jaar 750 mm, wat neerkomt op ca. 30 miljard m<sup>3</sup> water. De verdamping voert hier echter tweederde snel weer af.

Water dat op het aardoppervlak valt zal, wanneer het niet direct verdampt of gedurende enige tijd in plassen of meren blijft staan, in de grond wegzakken (infiltratie) of langs het oppervlak wegstromen (afvloeiing). De verhouding tussen de hoeveelheid water die via beken en rivierstelsel wegstroomt en de hoeveelheid die als neerslag valt wordt de afvoercoëfficiënt genoemd. De hoogste afvoercoëfficiënten treden op in de gebieden waar door aanleg van wegen, pleinen, woningen en industriecomplexen het regenwater wordt opgevangen voor het gelegenheid heeft met de eigenlijke ondergrond in contact te komen. Grote hoeveelheden regenwater verdwijnen in dicht bebouwde gebieden op die manier via daken en dakgoten, asfaltoppervlakken en bestratingen regelrecht in het riool.



Figuur 1.1 Water, het wordt me soms wel eens te veel!

Oppervlaktewater is een term die je niet zomaar mag gebruiken. Voor een goede definitie kunnen we bijvoorbeeld te rade gaan in de wetgeving. De wetgever spreekt in de Waterwet over oppervlaktewater indien dit water contact heeft met de buitenlucht en de aardbodem. Een zwembassin met een betonnen bodem is dus geen oppervlaktewater evenmin als een tuinvijver in plastic folie. Het water moet een ecosysteem bezitten. Dit wil zeggen dat er op een natuurlijke manier planten en dieren moeten kunnen leven.

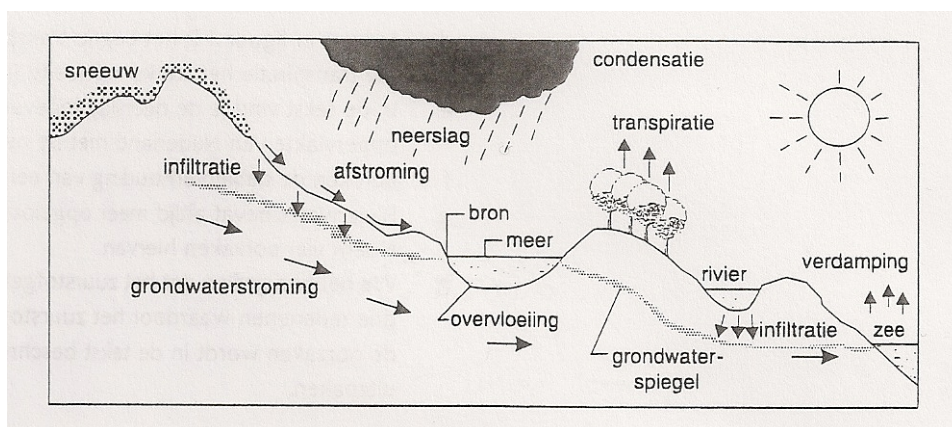
Nederland staat bekend als een 'waterland'. Dat geldt overigens vooral voor het lage deel, waar je veel sloten, plassen en meren aantreft. Wat rivieren betreft moet je onderscheid maken tussen de kleinere rivieren en beken en de grote rivieren.

### Beken en kleinere rivieren

Het bestaan van lokale riviertjes is afhankelijk van grondwater uit de buurt. Bodemwater kan als kwel uit de ondergrond opstijgen en zo kleine stroompjes voeden. Ook vindt aanvoer plaats vanuit de omgeving door afstromend oppervlaktewater, sloten, kanalen en zelfs riolen. Je begrijpt dat we dit laatste water liever niet in het oppervlaktewater opvangen. Er wordt door de gemeenten dan ook de laatste jaren hard gewerkt om voor rioolwater extra opvangcapaciteit te maken. De kelders waarin dit gebeurt noemen we bergingsbassins.

De kleinere rivieren hebben, over de seizoenen gezien, een aanzienlijke variatie in de hoeveelheid water dat ze meevoeren. Soms zorgen ze voor overstromingen in het beekdal, dan weer staan ze geruime tijd droog. Voeger, voordat de mens de beek en haar omgeving opnieuw ging inrichten en de vegetatie ingrijpend veranderde, zal de waterhuishouding veel gelijkmatiger zijn geweest. Maar dat neemt niet weg dat ook in die periode de riviertjes regelmatig buiten hun oevers traden.

Nederland kent een groot aantal stroomgebieden van kleine rivieren die gescheiden worden door zogenaamde waterscheidingen. Een waterscheiding is meestal een hoger deel in het landschap. Aan beide zijden van een waterscheiding stroomt al het oppervlaktewater naar een andere waterloop. Uiteindelijk voeren vrijwel alle kleine stromen naar de grote rivieren.



Figuur 1.2 De kringloop van water

## **Grote rivieren**

De grote rivieren voeren voor het overgrote deel neerslagwater met zich mee dat buiten ons land is gevallen. De hoeveelheden die daarmee gemoeid zijn, zijn bovendien aanzienlijk groter dan die welke door de neerslag binnen de Nederlandse stroomgebieden wordt geleverd. De hoeveelheid water die een rivier vervoert kan worden aangeduid in (miljarden)  $m^3$  per jaar. De afvoer is echter niet steeds dezelfde en verschilt door het jaar heen nogal. Om die verschillen te laten zien heeft het zin de afvoer, het debiet, weer te geven in aantallen  $m^3$  die per seconde een bepaald punt passeren of beter nog gezegd: een bepaalde doorsnede van de bedding doorstroomt. Gemiddeld over een jaar gerekend voert de Maas ongeveer  $300 m^3/s$  water aan. Daartegenover staat de Rijn met een gemiddelde debiet van  $2500 m^3/s$ .

## **De samenstelling van het rivierwater**

De samenstelling van het water dat door de rivieren en riviertjes stroomt is afhankelijk van de aard van het terrein maar vooral van de aard van de doorstroomde gesteenten. Een groot deel van het water is, voordat het in de rivier terecht komt, grondwater. Het heeft daarbij gelegenheid stoffen uit de ondergrond op te nemen. Hierdoor zal het rivierwater aanzienlijk meer chemische bestanddelen bevatten dan het regenwater of de sneeuw. Bovendien bevat de rivier als regel ook nog enig fijn slib dat van levensbelang kan zijn voor de organismen (o.a. planten) die met het water te maken krijgen. De laatste decennia is dit slib meer een bron van zorg doordat het veel verontreinigingen met zich meevoert.

Oppervlaktewater heeft een zelfreinigend vermogen. Aërobe bacteriën zijn in staat met behulp van de zuurstof in het water de aanwezige organische stof om te zetten in koolzuurgas ( $CO_2$ ) en ander, vrijwel geheel oplosbaar materiaal. De daarbij vrijkomende energie gebruiken zij voor hun levensfuncties.

De zuurstof is grotendeels afkomstig uit de dampkring. Het (turbulent) stromende water heeft gelegenheid uit de lucht zuurstof op te nemen. In gezond water heerst er een evenwicht waarbij het zuurstofgehalte rond  $8 mg/l$  bedraagt. Maar wanneer er veel organische stof door bacteriewerking moet worden afgebroken is er meer zuurstof nodig dan er via het wateroppervlak wordt aangevoerd. Er gaat dan een zuurstoftekort optreden. Als het zuurstofgehalte beneden  $3 mg/l$  komt kunnen de vissen niet meer leven en stikken. Als het tot nul nadert kunnen ook de aërobe bacteriën hun werk niet meer doen. Het water is dan 'dood', in elk geval ten aanzien van de hogere organismen. Anaërobe bacteriën die hun energie niet putten uit verbranding met behulp van zuurstof, nemen de taak van de 'reinigende' bacteriële opruimers over. Maar zij produceren geen  $CO_2$ , doch 'rottingsgassen' als methaan ( $CH_4$ ) en zwavelwaterstof ( $H_2S$ ).

## **Vragen 1.1**

- a. Het is in het kader van verdrogingsbestrijding belangrijk zoveel mogelijk regenwater in de bodem te laten infiltreren. Noem 2 voorzieningen die je in je eigen omgeving in de stad kunt aanbrengen zodat de afvoercoëfficiënt van regenwater wordt verkleind.
- b. Een moeras wordt als een waterbuffer aangeduid. Wat zouden we daar mee bedoelen?
- c. De grenzen van waterschappen liggen vaak op waterscheidingen. Kun je hiervoor een verklaring geven?

- d. Je kunt in figuur 1.2 het begrip transpiratie vinden. Leg eens uit waar volgens jou dit het sterkst optreedt, in een bosgebied of op akkerland.
- e. In de tekst vind je de neerslaggegevens van Nederland. Bereken globaal de oppervlakte van Nederland met de neerslaggegevens per jaar.
- f. Bereken de debietverhouding van een beek (200 l/s) en de Rijn.
- g. Rivierwater bevat altijd meer opgeloste chemische stoffen dan regenwater. Noem vier oorzaken hiervan.
- h. We hebben gezien dat het zuurstofgehalte in water wisselend kan zijn. Beschrijf drie redenen waardoor het zuurstofgehalte in een rivier kan dalen. Een van de oorzaken wordt in de tekst beschreven. De andere twee moet je zelf uitzoeken.

## 1.2 Water in balans

Sinds 1980 is vooral in de natte natuurgebieden in Nederland een opmerkelijke verdroging van de vegetatie en de bodem waargenomen. Uit het neerslagpatroon in de periode van na 1959 blijkt dat dergelijke verdrogingsverschijnselen geen natuurlijke achtergrond hebben. Het zijn de activiteiten van de mens die als de hoofdoorzaak van verdroging kunnen worden aangewezen.

We zetten deze menselijke activiteiten en hun effecten voor de waterhuishouding eens op een rijtje:

- het uitvoeren van ontwateringmaatregelen en drainage;
- toename van grondwaterwinning voor drinkwater, industrie en landbouw;
- toename van gewasproductie en bebossing, vooral met naaldhout, waardoor de verdamping stijgt;
- verstedelijking waardoor er een afname ontstaat van inzijging van water;
- (ab)normalisering van beken, waardoor het water versneld wordt afgevoerd.

In deze paragraaf gaan we verder in op deze oorzaken van verdroging. Daarvoor zul je echter eerst moeten weten wat verdroging nu precies inhoudt.

### Wat is verdroging?

In eerste instantie klinkt het je misschien vreemd in de oren als je iemand hoort spreken over verdroging in Nederland. Ons land beschikt immers over ruim voldoende water. Soms is er zelfs teveel. Regelmatig hebben te kampen met dreigende overstromingen. Gemiddeld komt er 2800 m<sup>3</sup> water per seconde via de rivieren ons land binnen en de neerslag is ongeveer 750 mm per m<sup>2</sup> per jaar.

Toch wordt er in Nederland gesproken over verdroging. Dit komt omdat niet alleen de waterkwantiteit oorzaak is van verdroging, ook de waterkwaliteit speelt daarin een rol. Zowel de waterkwantiteit als -kwaliteit bepaalt namelijk in belangrijke mate hoe de natuur zich ontwikkelt en welke planten en dieren zich op een bepaalde plaats handhaven. Er wordt dan ook van verdroging gesproken als de waterstromen in de bodem zodanig veranderen dat daarmee ook de vegetatie verandert.

Een meer uitgebreide definitie van verdroging, luidt als volgt:

“Een gebied wordt als verdroogd aangemerkt als dat gebied een natuurfunctie heeft en de grondwaterstand in het gebied onvoldoende is dan wel de kwel onvoldoende sterk is om

bescherming van de karakteristieke grondwaterafhankelijke ecologische waarden waarop de functietoekenning is gebaseerd, in dat gebied te garanderen”

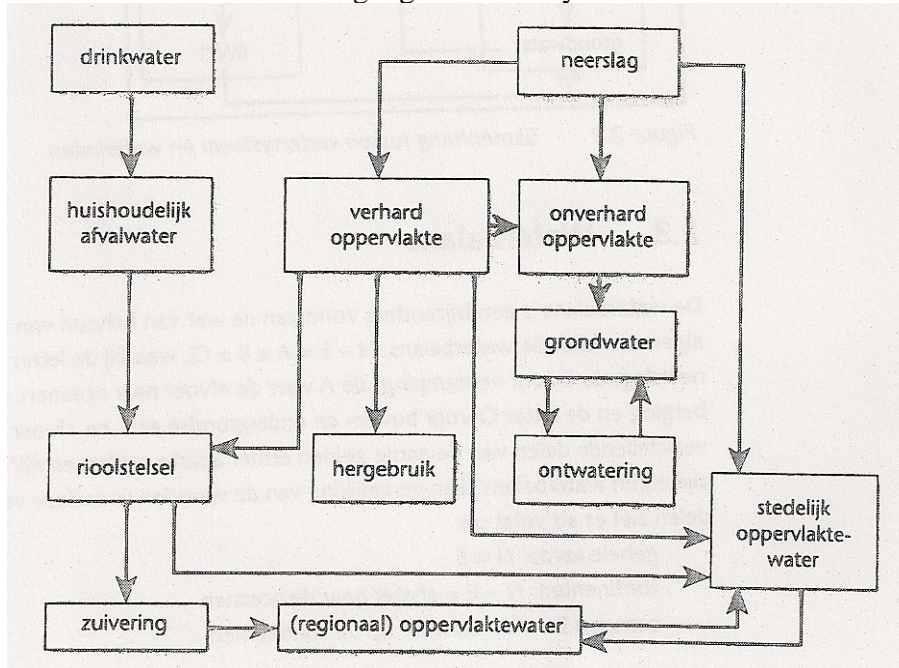
Wanneer er water met een onvoldoende kwaliteit wordt aangevoerd ter compensatie van de lage grondwaterstand in dat gebied wordt dat ook als verdroging beschouwd.'

Verdroging in Nederland is dus niet het gevolg van waterschaarste, maar eerder van veranderingen in natuurwaarden, grondwaterstanden en grondwaterstroming. Wanneer men spreekt over 'de verdroging van Nederland' wordt dus eigenlijk gesproken over de manier waarop wij omgaan met het beschikbare water. Met andere woorden: Wij moeten het water anders gaan beheren.

### Invloed van verstedelijking op verdroging

Eerder al zagen we dat verstedelijking een van de oorzaken is voor de verdroging in Nederland. De manier waarop we omgaan met water in deze stedelijke gebieden is de afgelopen jaren sterk veranderd. Zo was bijvoorbeeld de riolering oorspronkelijk niet bedoeld voor inzameling en transport van hemelwater, zoals nu wel het geval is, maar alleen voor het afvoeren van afvalwater. Riolering diende primair de verspreiding van ziekteverwekkers tegen te gaan.

Door een toename van de bevolking, industrialisatie en verstedelijking kan hemelwater steeds moeilijker via een natuurlijke weg afvloeien. Om te voorkomen dat straten onder water komen te staan, werd het hemelwater tot voor kort naar het riool geleid. In figuur 2.1 is schematisch het tot dusver gangbare watersysteem in de bebouwde omgeving weergegeven.



Figuur 2.1 Watersysteem in de bebouwde kom

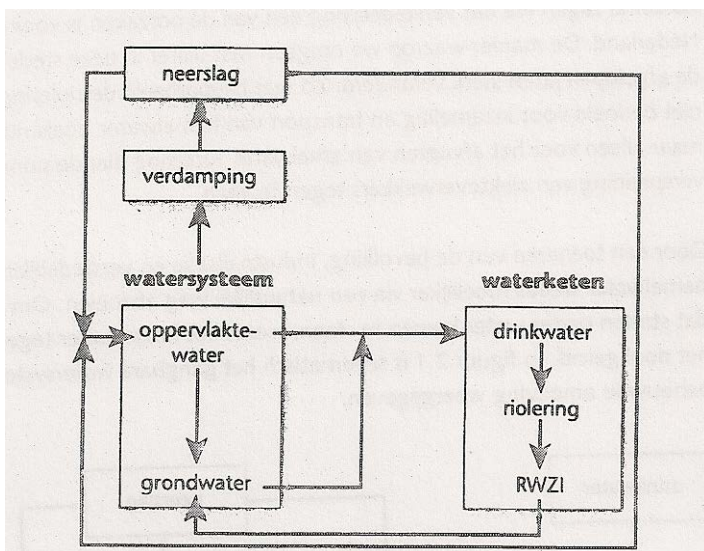
Een van de grootste verschillen tussen het landelijk en stedelijk gebied is het percentage verhard oppervlak. In het landelijk gebied infiltreert het grootste deel (80%) van het



neerslagoverschot in de bodem. In het stedelijk gebied is ongeveer 40% van het oppervlak verhard en wordt het water afgevoerd via een rioolstelsel of het wordt hergebruikt.

Bij het water in de stad wordt onderscheid gemaakt tussen het watersysteem en de waterketen. Met het watersysteem worden grondwater en oppervlaktewater bedoeld. Dit zijn min of meer natuurlijke systemen. De waterketen is het geheel van drinkwaterleidingen en de afvoer en zuivering daarvan. De waterketen en het watersysteem zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden in een kringloop.

In figuur 2.2 wordt deze kringloop schematisch voorgesteld. Drinkwaterbedrijven winnen grond- en/of oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater. Huishoudens gebruiken dat water en vervuilen het. Het vervuilde water wordt via het rioleringsysteem naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) gebracht en daar gezuiverd. Het gezuiverde water wordt weer naar het oppervlaktewater getransporteerd.



Figuur 2.2 Watersysteem en waterketen

### Waterbalans

De waterbalans is een bijzondere vorm van de wet van behoud van massa. In het algemeen luidt de waterbalans:  $N - E = A \pm B \pm Q$ , waarbij de letter N staat voor neerslag, de E voor verdamping, de A voor de afvoer naar oceanen, de B voor berging en de letter Q voor boven- en ondergrondse aan- en afvoer van water.

Voor verschillende delen van de aarde gelden echter aparte wetten en elk deel heeft dus zijn eigen waterbalans. Een vergelijking van de waarden voor deze verschillende delen ziet er als volgt uit.

- gehele aarde:  $N = E$
- continenten:  $N - E = \text{afvoer naar de oceanen}$
- oceanen  $E - N = \text{aanvoer op de continenten}$

De waterbalans van een gebied verandert aanzienlijk als dit gebied verstedelijkt. We zetten deze veranderingen hierna op een rijtje en werken ze vervolgens eens verder uit.

- de verdamping neemt af;

- de percolatie en de capillaire opstijging nemen af;
- de netto grondwateraanvulling neemt af en de afvoer naar het oppervlaktewater neemt toe door de verharding van een deel van het gebied en de intensievere ontwatering;
- er komt een balanspost bij, namelijk de afvoer naar de RWZI.

Per saldo hebben de genoemde veranderingen tot gevolg dat de grondwaterstand daalt. Het zal je inmiddels duidelijk zijn dat verstedelijking een grote invloed heeft op de waterbalans van een gebied. Meerdere schakels in de waterbalans worden door verstedelijking beïnvloed.

#### Rioolstelsels

Hemelwater hoort van nature het grondwater aan te vullen maar is in het verleden steeds vaker in een (vuilwater) riool terecht gekomen. Daar moet het dus uit! Hiervoor hebben we in de stedelijke omgeving verschillende technieken ontwikkeld.

#### **Methoden voor waterinrichting**

Bij elke nieuwbouwwijk of herinrichting van bestaand bebouwd stedelijk gebied kan op verschillende manieren met hemelwater en afvalwater worden omgegaan. In de planning rond nieuw of bestaand gebied spelen ook verschillende keuzes en afwegingen zoals duurzaam waterbeheer een rol van betekenis. water is in de stad of de omgeving niet meer weg te denken. In de ene stad loopt de beek als een fraai lint door de bebouwing (Tilburg) op andere plaatsen wordt al het hemelwater naar de bodem geleid (Waalwijk). Deze laatste vorm van waterbeheer noemen we “de lekkende stad”. Je bouwt hier als het ware “waterneutraal”.

Als je de waterhuishouding van een gebied goed hebt onderzocht heeft men de keuze uit een vijftal manieren van behandeling van het hemelwater.

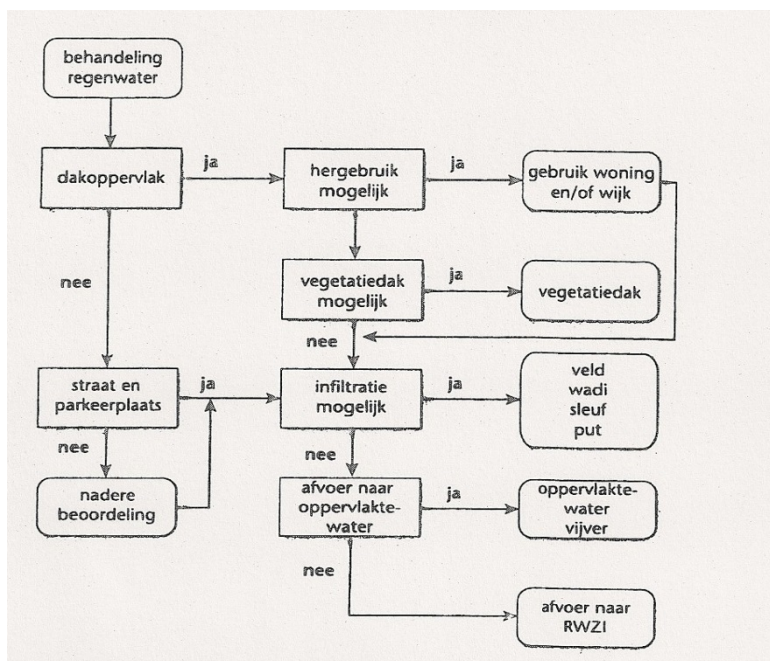
- Hergebruik: Als spoelwater voor bijvoorbeeld toilet of wasmachine en als gietwater voor gewassen kan hemelwater doeltreffend worden hergebruikt.
- Infiltreren: Hierbij wordt hemelwater direct aan het grondwater toegevoegd.
- Bergen: hemelwater wordt tijdelijk geborgen en geleidelijk aan het oppervlaktewater of grondwater afgegeven.
- Afvoeren: via leidingen en goten wordt het hemelwater afgevoerd tot buiten het gebied.
- Scheiden: Vuil wordt door filters uit het hemelwater gehaald. Denk hierbij ook aan rietmoerassen die als filters voor organische stoffen en meststoffen werken.

Om het maken van keuzes voor een systeem en de behandeling van het hemel- en afvalwater te vereenvoudigen, zijn er beslisbomen opgesteld. De beslisboom geeft een voorkeursvolgorde aan voor de verwerking van hemel- en afvalwater en toont de hoofdlijnen van de afweging die gemaakt wordt bij de inrichting van de plaatselijke waterhuishouding

niveau	techniek	benutten	infiltreren	bergen	scheiden	afvoeren
woning	<i>regenton</i>	ja	nee	ja	weinig	oppervlaktewater
	<i>vegetatiedak</i>	nee	nee	ja	ja	oppervlaktewater
straat	<i>greppel</i>	nee	ja	ja	ja	oppervlaktewater
	<i>smart drain</i>	nee	nee	ja	ja	oppervlaktewater en rwzi
wijk	<i>wadi</i>	nee	ja	ja	weinig	oppervlaktewater
	<i>verbeterd</i>	nee	nee	ja	ja	oppervlaktewater
	<i>gescheiden</i>					en rwzi
	<i>rioolstelsel</i>					

Figuur 2.5 Verwerking hemelwater in het bebouwd gebied

In de beslisboom wordt de mogelijkheid van het benutten van hemelwater via een vegetatiedak gegeven. Het hemelwater wordt dan vertraagd afgevoerd naar het oppervlaktewater. Infiltratie in de bodem is pas mogelijk als het dak het water weer afstaat. Op deze wijzen proberen we het water in een gebied zo lang mogelijk vast te houden. Dit voorkomt verdroging en heeft tevens het positieve effect dat er geen schoon hemelwater in het vieze riool terechtkomt.



Figuur 2.6 Beslisboom hemelwater

### Vragen 1.2

- Verklaar dat het begrip “verdroging” in Nederland anders wordt omschreven dan in gebieden rondom de Sahara.
- Waar komt al het water uit figuur 2.1 uiteindelijk terecht en wat voor problemen levert dit op?

## Hoofdstuk 2 Indicatieve bepalingen en veldmetingen

### Oriëntatie

Als je als handhaver, monsternemer of onderzoeker in het veld met water bezig bent, heb je natuurlijk altijd je zintuigen op scherp staan. Onwillekeurig merk je of er met de omgeving iets aan de hand is. Een verdachte kleur of geur van het water maakt dat je hiermee iets gaat doen. Dat kan variëren van rapporteren tot monsters nemen of het instellen van een veldonderzoek naar de oorzaak. Het is dus erg belangrijk dat je weet wat normaal is in het water dat je aantreft en wat een eventuele onaangename bijzonderheid is. Je hoeft daarbij niet altijd voor honderd procent op je zintuigen af te gaan. Er zijn gelukkig veel eenvoudige testen en meetinstrumenten die je snel en betrouwbaar een beeld van de waterkwaliteit kunnen geven.

### Leerdoelen

Na bestudering van dit hoofdstuk kun je:

- de belangrijkste geuren en kleuren van oppervlaktewater herkennen;
- sneltesten met strookjes en titraties op watermonsters uitvoeren;
- de belangrijkste chemische en fysische veldtesten op locatie aan een water uitvoeren.

### 2.1 Zintuiglijke waarnemingen

Bij organoleptisch onderzoek gaan we uit van zintuiglijke waarnemingen; in het bijzonder kijken en ruiken. Welke zijn nu de belangrijkste zaken die je in het veld door zintuiglijke waarneming kunt registreren? Lang niet alle chemische verbindingen hebben een kleur, laat staan een geur. Ook natuurkundige processen laten zich maar moeilijk door de twee genoemde waarnemingen beschrijven. Het is niet nodig je allerlei onmogelijkheden op de hals te halen als die met eenvoudige meetapparatuur te bepalen zijn. Hiervoor zijn diverse sneltesten ontworpen die we later nog zullen zien. We beperken ons hier eerst tot onze eigen mogelijkheden met ogen en neus.

In combinatie met monsternamen in het veld worden meestal enige eenvoudige indicatieve bepalingen uitgevoerd. De redenen hier van zijn een overzicht te krijgen in:

- a kwalitatieve aspecten (welke stoffen)
- b kwantitatieve aspecten (concentratie stoffen)
- c veiligheidsaspecten
- d de mogelijke analyseparameters voor laboratoriumonderzoek

### Geur

Een geur bestaat uit één of meer chemische verbindingen die het reukorgaan prikkelen. Het is dus een waarneming die zich in het medium lucht verplaatst. We zullen dan ook uitgebreid stilstaan bij dit onderwerp als we luchtmetingen aan de orde stellen. Toch is ook in organoleptisch wateronderzoek, geurmeting belangrijk. De basiskwaliteit van water laat geen geuren toe, schoon water moet reukloos zijn. Dat dit niet altijd het geval is lichten we met twee voorbeelden toe.

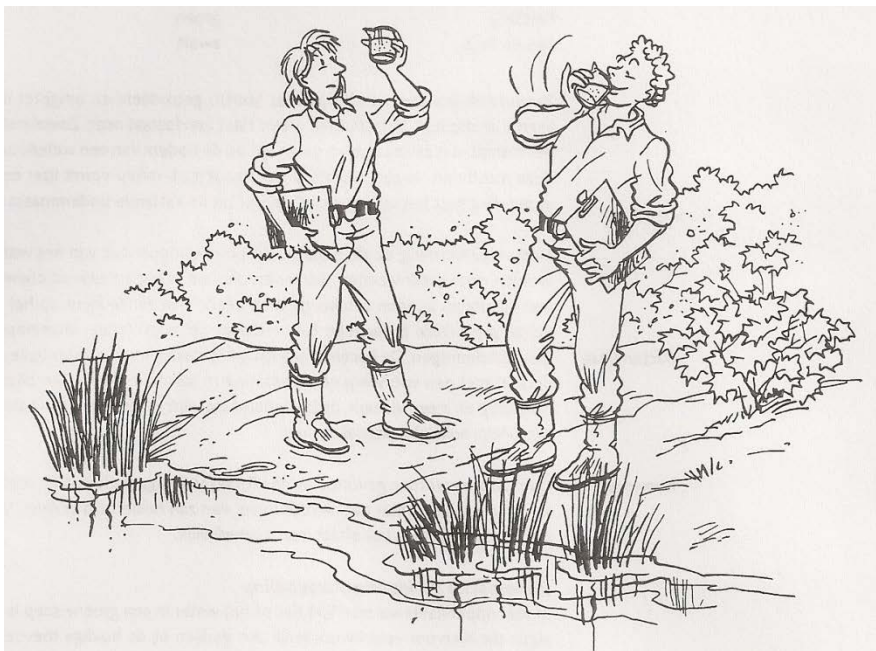
### *Ammoniak*

Ammoniak is een sterk geurende stof, zeer karakteristiek, zodat iedereen die dit gas waarneemt het herkent. Het komt vrij bij de afbraak van eiwitten. Hierin is de stikstof gebonden in aminozuren die worden omgezet in ammoniak of in zuur milieu in ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Dit vormt voor de organoleptische waarneming een probleem. Ammonium is niet door geur of kleur te herkennen. Nu is het meeste oppervlaktewater zwak zuur zodat, wil je ammoniak ruiken, de concentratie erg hoog moet zijn en de situatie ter plekke dus goed fout is. Ammoniak wordt vaak in relatie gebracht met mestlozingen in water. Organische verbindingen die in een opzicht familie van ammoniak zijn, kennen we als aminen. Ook deze stoffen stinken en je merkt ze op als de geur van rottende vis.

### *Zwavelverbindingen*

Zwavelverbindingen zijn in het algemeen in water niet waarneembaar voor zintuiglijke beoordeling. Dit komt door de geringe concentraties waarin ze voorkomen en doordat ze vaak geur- en kleurloos zijn in oplossing. Een uitzondering vormen echter de sulfiden. Een berucht voorbeeld is waterstofsulfide (rotte eieren-lucht). Zwavelwaterstof of waterstofsulfide is evenals ammoniak een afbraakproduct van eiwit. In voedingsmiddelen komen ook andere zwavelhoudende stoffen voor. Deze evenzeer stinkende verbindingen tref je onder andere in rottende kool en asperges. We noemen ze mercaptanen. Sulfiden ontstaan in oppervlaktewater uit rottend bodemslib dat door turbulentie in beweging komt. Waterstofsulfide komt ook vaak voor in ondiep grondwater.

Oppervlaktewater moet geurloos zijn en omdat beide genoemde stoffen lage geurdrempels hebben mogen ze niet worden aangetroffen. Elke indicatie van hun aanwezigheid wijst dus op verontreiniging. Je mag eveneens geen spoor aantreffen van andere schadelijke stoffen als oplosmiddelen, en oliën. Daar deze stoffen meestal slecht in water oplossen zullen we ze bij de organoleptische waarnemingen op grondmonsters bespreken.



Figuur 2.1 Naast ruiken en kijken is er nog een zintuiglijke waarneming....

## Veiligheid bij geurmetingen

Met name bij het ruiken van organische stoffen als oplosmiddelen kunnen serieuze veiligheidsproblemen optreden. Ook ammoniak en waterstofsulfide zijn geen onschuldige gasen die toevallig stinken. Vooral bij hoge concentratie kunnen zij aanleiding zijn tot klachten bij de ademhaling, hoofdpijn en misselijkheid. Wees dus altijd voorzichtig met direct aan monsters te ruiken. We komen hier bij het onderdeel geurwaarneming nog op terug.

## Kleuren en troebeling

In ons oppervlaktewater komen nogal wat stoffen voor die een kleur vertonen. Kleuren kunnen door losse moleculen worden gevormd maar ook door combinaties van moleculen met elkaar op met het oplosmiddel. Verfkleurstoffen en pigmenten voor de voedingsmiddelenindustrie hebben in het algemeen een sterk kleurend effect en werken al bij zeer lage concentraties. Het zal duidelijk zijn dat elke onnatuurlijke kleur van water een afwijking van de basiskwaliteit inhoudt.

Maar om dit goed te kunnen beoordelen moet je je wel realiseren wat onnatuurlijke kleuren zijn en de in de natuur voorkomende processen die (opper)vlaktewater kunnen vertroebelen of kleuren kennen.

### *Chemische verkleuring*

De belangrijke chemische stoffen die in het veld kleuring van water veroorzaken zijn ijzerionen. In combinatie met allerlei negatieve deeltjes vormen ze gekleurde verbindingen. IJzerionen komen in redelijke concentraties voor in de natuur. Vooral in grondwater dat aan de oppervlakte komt, kwel, merken we ijzerverbindingen goed op. Enkele voorbeelden van gekleurde ijzerverbindingen uit het oppervlaktewater en de waterbodem zijn:

$\text{Fe}^{2+}$ en $\text{Fe}^{3+}$ (opgelost)	geel/groen
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	bruin
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	groen
$\text{FeS}$ en $\text{Fe}_2\text{S}_3$	zwart

In zuurstofrijk water wordt opgelost ijzer(II) geoxideerd en omgezet in ijzer(III)hydroxide. In fosfaatrijk water slaat ijzerfosfaat neer. Zowel het hydroxide als het fosfaat zout zetten zich na enige tijd op de bodem van een waterloop af en kleuren deze roestbruin. In zuurstofarm of anaëroob milieu vormt ijzer een zwarte verbinding met het waterstofsulfide dat uit de rottende bodemmassa opstijgt.

Naast kleurvorming op de bodem kan ook het oppervlak van het water gekleurd worden door ijzerinvloeden. Bacteriën die hun energie halen uit chemische reacties met ijzerionen kunnen een laagje met steeds wisselende kleur op het water achterlaten. Deze olieachtige film vertoont de meest fraaie, uiteenlopende kleurschakeringen. De bacterielaag is van een olieachtige substantie te onderscheiden door er met een voorwerp een verstoring in aan te brengen. Een oliedeksel zal zich herstellen en ineen vloeien, de bacteriemassa blijft in een gebroken patroon en herstelt zijn oorspronkelijke uitstraling niet.

Humuszuren worden gevormd bij de afbraak van organisch stof. Ze vormen een bruine kleuring van het water dat hierdoor veel van zijn helderheid verliest. Vooral in water op venige bodem is het effect zeer opmerkelijk.

#### *Biologische verkleuring/troebeling*

In veel oppervlaktewateren lijkt het of het water in een groene soep is veranderd. De algen die hiervoor verantwoordelijk zijn gedijen bij de huidige toevoer van voedingsstoffen optimaal. Microscopisch kleine planten zijn het die door middel van het groene chlorofyl kunnen fotosynthetiseren. Het gehalte aan dit pigment wordt als belangrijke factor in de bepaling van de doorzichtigdiepte gemeten. Ook is het chlorofylgehalte samen met het totaal fosfaat- en stikstofgehalte een maat voor de verrijking of eutrofiëring van het oppervlaktewater.

#### *Fysische verkleuring/troebeling*

Door afspoeling kunnen waterlopen soms de kleur van de omringende bodem aannemen. Vooral grondsoorten met een hoog lutumgehalte (fijn stof, zoals leem en klei) kunnen veel “afslibbaar” materiaal verliezen aan een waterstroom. Ook troebelingen en wervelingen van de waterbodem veroorzaken meestal tijdelijk een verminderde doorzicht van het water.

We gebruiken de termen doorzicht, kleur en troebeling hier door elkaar. In principe is dit niet juist; een gekleurde oplossing kan glashelder zijn. Een troebel waterbeeld heeft echter altijd een kleur; die van de troebeling veroorzakende deeltjes. Humuszuren, slib en algen verminderen het doorzicht, terwijl opgeloste chemische verbindingen en ionen slechts een kleur aan een overigens heldere oplossing geven.



Figuur 2.2 “Het kwaliteitsbeeld van dit water is nog lichtelijk troebel. Het wachten is op betere tijden”.

#### **Diverse waarnemingen**

Bij een veldcontrole kun je ook stuiten op zaken die je niet direct met een meter of test hoeft te registreren. Vaak zijn dit dingen waarvan je in een oogopslag kunt zeggen dat ze ongebruikelijk zijn of ongewenst. Hieronder vind je drie voorbeelden.

### *Drijflaag*

Een drijflaag doet zich voor wanneer twee niet mengbare vloeistoffen bij elkaar gebracht worden. De dichtheid bepaalt welke vloeistof zich boven en welke zich onder bevindt. In water komen vaak drijflagen voor. Lekkende olietanks die grond- of regenwater binnen hebben gekregen vertonen dit verschijnsel. Ook in grondwaterbemonsteringsbuizen merk je soms een drijflaag op. Organische verbindingen als olie en benzine drijven op water terwijl gechloreerde stoffen als per en tri een hogere dichtheid hebben als  $1 \text{ kg/dm}^3$  en dus zich onder de waterlaag bevinden. Een goed instrument om drijflagen te registreren is de vloeistoflagenmonsternemer maar ook met een steekhevel kun je goede waarnemingen doen.

### *Schuim*

Schuim kan een natuurlijke oorzaak hebben maar duidt in de meeste gevallen op verontreiniging met oppervlakte-actieve stoffen als zepen of detergents (wasmiddelen). In de natuurlijke situatie kan door turbulentie van eiwithoudend water schuim ontstaan. Deze eiwitten komen voort uit afbraakproducten van algen. Met name aan de zee kust kan in stormachtige perioden het strand met een schuimlaag bedekt zijn.

### *Vast afval*

Vaste stoffen die geen natuurlijke oorsprong hebben horen niet in het oppervlaktewater. Door vuilinzwerf of overstortende riolen komt het echter vaak voor dat er duidelijk zichtbare vervuiling van het water geconstateerd wordt. In vaten of tanks mag ook geen vaste materie voorkomen. Behalve een bodemsubstantie die door bezinking gevormd kan zijn is het zaak afvalstoffen zo te scheiden dat vloeibaar en vast afval niet gezamenlijk in een verpakking wordt gebracht en aangeboden.



Figuur 2.3 Het waarnemen en vastleggen van visuele aspecten tijdens de monsterneming.



## Vragen 2.1

- De geurdrempel geeft een indicatie over het waarnemen van een stof door zijn geur. Wat betekent het als een stof een lage geurdrempel heeft?
- Bij helder water denk je meestal aan kleurloos water. Leg uit dat helder water ook een kleur kan hebben.
- Oppervlakte-actieve stoffen als zepen en eiwit verlagen de oppervlaktespanning van water. Hierdoor kan schuimvorming optreden. Wat is schuim eigenlijk?
- Sulfiden zijn afbraakproducten van onder andere eiwit. Onder welke omstandigheden ontstaan deze verbindingen in het water?
- Leg uit dat wanneer in een sloot grondwater in contact komt met rioolwater er ijzerfosfaat neerslaat.

## 2.2 Sneltesten op watermonsters

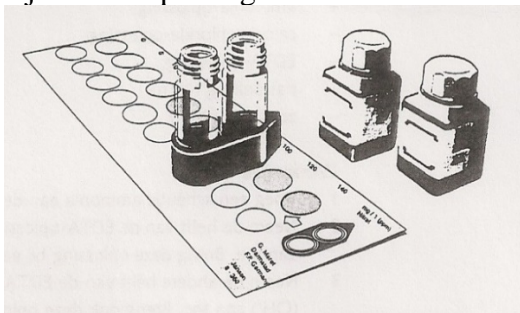
Om snel in het veld een indruk te krijgen van een mogelijke verontreiniging of een algemeen kwaliteitsoordeel van water te verkrijgen, bestaan er verschillende sets met uiteenlopende meetmethodieken. We zullen je met een greep uit het brede scala aan mogelijkheden laten kennismaken.

### Colorimetrische experimenten

De bekendste variëteit van deze eenvoudige proeven is het lakmoespapiertje. Er bestaan tegenwoordig echter zeer gedetailleerde driekleurenstrips om de pH-waarde tot op tienden nauwkeurig te bepalen. Naast pH-strookjes bestaat hetzelfde systeem voor o.a. nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), sulfaat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en vele andere ionen. Het strookje met de erop aangebrachte kleurindicator wordt direct in het watermonster gebracht en kan door vergelijking met een referentiekleurenkaart een globale concentratiewaarde voor de stof geven.

De nieuwste tendens is dat deze strips na reactie met het watermonster in een kleine colorimeter worden geschoven waarna deze na de juiste instelling direct de concentratie op een display weergeeft.

Een ander voorbeeld van kleurentest is de druppeltest. Aan een watermonster worden soms meerdere indicatoren en hulpstoffen in druppelhoeveelheden toegevoegd. Hierdoor komt een kleurvormende herkenningsreactie op gang die niet alleen aangeeft dat een stof aanwezig is (kwalitatief) maar ook een eerste indruk van de concentratie geeft (kwantitatief). Ook hiervan zijn vele toepassingen in de handel zoals een hardheidbepaling op  $\text{Ca}^{2+}$  en een nitraattest.



Figuur 2.4 Sneltest  
**Olie-/watertest**

Op de markt van sneltesten is ook testpapier verkrijgbaar dat je een eerste indicatie van de aanwezigheid van koolwaterstoffen in water geeft.

Het (blauwe) papier kleurt in het bijzonder met benzine, stookolie, smeerolie en andere veel toegepaste apolaire vloeistoffen.

### **Ammonium- ( $\text{NH}_4^+$ ) en nitraatgehalte ( $\text{NO}_3^-$ )**

In veel waterlopen vinden we door inspoeling van o.a. meststoffen verhoging van het ammoniumgehalte. Ammonium is naast nitraat de meest voorkomende stikstofverbinding in oppervlaktewater. Door bacteriën wordt deze van ammoniak afgeleide stof langzaam in salpeterzuur omgezet waarbij nitraationen vrijkomen en natuurlijk waterstofionen die het milieu verzuren. De ammonium indicatie is dus belangrijk voor zowel uitspraken over de eventuele meststoffeninvloeden als de bron van verzuring in het water. Nitraat komt voor als eindproduct van de ammoniumomzetting of als direct geloosde stof in bijvoorbeeld de vorm van kunstmest (kalisalpeter).

### **Totale hardheid**

In het onderzoek van o.a. drinkwater speelt de totale hardheid een belangrijke rol. Het begrip totale hardheid slaat op de som van de gehalten aan vooral calcium- en magnesiumionen. Als grootheid voor de waterhardheid wordt de Duitse hardheidsgraad gehanteerd waarbij geldt:

7,1 mg  $\text{Ca}^{2+}$ /l komt overeen met 1°D

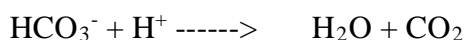
De chemische samenstelling van een water hangt vooral af van de aard van de bodem waaruit het ontspringt. Zo vind je zeer zacht water onder kalkarme bodems en meet je hier waarden tussen 1 en 5°D. In bijvoorbeeld kalkrijke duingebieden of Zuid Limburg tref je daarentegen waarden aan van soms meer dan 20°D.

0 - 5°D	Zeer zacht water
5 - 10°D	Zacht tot matig hard water
10 - 16°D	Hard water
7 - 16°D	Zeer hard water

### **Zuurbindend vermogen (ZBV)**

Onder het zuurbindend vermogen of carbonaathardheid verstaan we het aantal ml van een 0,1 mol/l zoutzuuroplossing die bij het titreren van 100 ml water de pH tot 4,3 terugbrengt. Deze waarde hoort bij de indicator methyl-oranje die bij deze pH omslaat van geel naar oranje. Zo heet dit punt ook wel het m-getal.

Het zuurbindend vermogen hangt samen met het ion bicarbonaat dat in water  $\text{H}^+$ -ionen kan binden.



Het Z.B.V. is in natuurlijk water, vrij van afvalwater, een maat voor het beschikbare koolzuur. De waarde geeft je een indicatie voor de mogelijkheid om het bufferend vermogen t.o.v. zure deeltjes te bepalen. Is deze bufferwerking hoog, dan zullen sterke schommelingen in de pH-waarden van het water uitblijven. Ook geeft de waarde inzicht in welke vorm het koolzuur in water voorkomt en of planten hierop gunstig of ongunstig reageren.

0 - 0,1 mmol $\text{HCO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$ : niet-gebufferde of zure wateren
0,1 - 0,5 mmol $\text{HCO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$ : zeer zwak gebufferde of zachte wateren
0,5 - 1,0 mmol $\text{HCO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$ : zwak gebufferde of zachte wateren
1,0 - 2,0 mmol $\text{HCO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$ : matig gebufferde of matig harde wateren
2,0 - 4,0 mmol $\text{HCO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$ : zeer harde wateren

## Vragen 2.2

- Je bent in de scheikunde vast de termen kwantitatief en kwalitatief tegengekomen. Wat is het verschil tussen een kwalitatieve en een kwantitatieve bepaling? Geef van beide een voorbeeld.
- Benzine en olie zijn a-polaire vloeistoffen. Maak in enkele woorden duidelijk wat een a-polaire vloeistof is. Geef ook een belangrijk kenmerk van een a-polaire vloeistof.
- Ammonium wordt in het milieu omgezet in nitraat. Wat is de belangrijkste stof die je voor dit proces nodig hebt?
- Hard water is natuurlijk niet echt hard. Wat bedoelen we in dit verband eigenlijk met hard?
- Het zuur bindend vermogen (ZBV) geeft een indicatie voor de vorm waarin koolzuur in water voorkomt. Koolzuur kan voorkomen in de vormen carbonaat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonaat ( $\text{HCO}_3^-$ ) of als opgelost  $\text{CO}_2$ . Welke vorm zul je tegenkomen in water met een zeer laag bufferend vermogen?

## 2.3 Chemische en fysische veldmetingen

Als je water gaat bemonsteren is het niet alleen zinvol, maar ook voorgeschreven dat je bepaalde parameters (meetvariabelen) op de plaats van de monsternamen meet en genoteerd. De bemonstering zelf beïnvloedt soms al de meting die je op het monster uitvoert, laat staan dat je er voor het vervoer en de opslag nog andere stoffen aan moet toevoegen. Daarnaast kan het algemene beeld van een waterloop natuurlijk nooit meer op een laboratorium beoordeeld worden. De belangrijkste veldmetingen geven je een snelle, globale indruk van de waterkwaliteit.

Tot de waarnemingen die betrekking hebben op de waterkwaliteit rekenen we:

- de pH;
- het  $\text{O}_2$ -gehalte;
- de temperatuur;
- het elektrisch geleidingsvermogen (E.C.);
- het doorzicht.

Onder dit laatste valt een waardering van o.a. kleur, geur, opmerkelijke aspecten als schuim- en vlokvorming en een interpretatie van de biologische kwaliteit.

Het spreekt vanzelf dat een dosis deskundigheid en routine voor een goede inschatting van deze metingen noodzakelijk is. Voor het bedienen van de meetinstrumenten is niet minder deskundigheid vereist. Je geeft met de waargenomen resultaten een eerste maar niet onbelangrijke indicatie van de waterkwaliteit. Meters dienen geijkt te zijn er volgens de voorschriften bediend te worden. Pas dan zullen de resultaten als representatief en juist mogen worden beoordeeld.

### **Zuurgraad of pH**

In ons oppervlaktewater komen we naast zwakke ook sterke zuren tegen als salpeterzuur ( $\text{HNO}_3$ ), zoutzuur ( $\text{HCl}$ ) en zwavelzuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Gelukkig is hun concentratie vrijwel altijd laag, want ze splitsen volledig, stoten dus al hun waterstofionen in het water af en vormen al snel een zuur milieu. Hoe zuur het dan wordt kun je eenvoudig met een pH-meter meten. Naast de bekende zuren kennen we nog vele andere verbindingen die zuurvormend zijn of tot de zuren behoren.

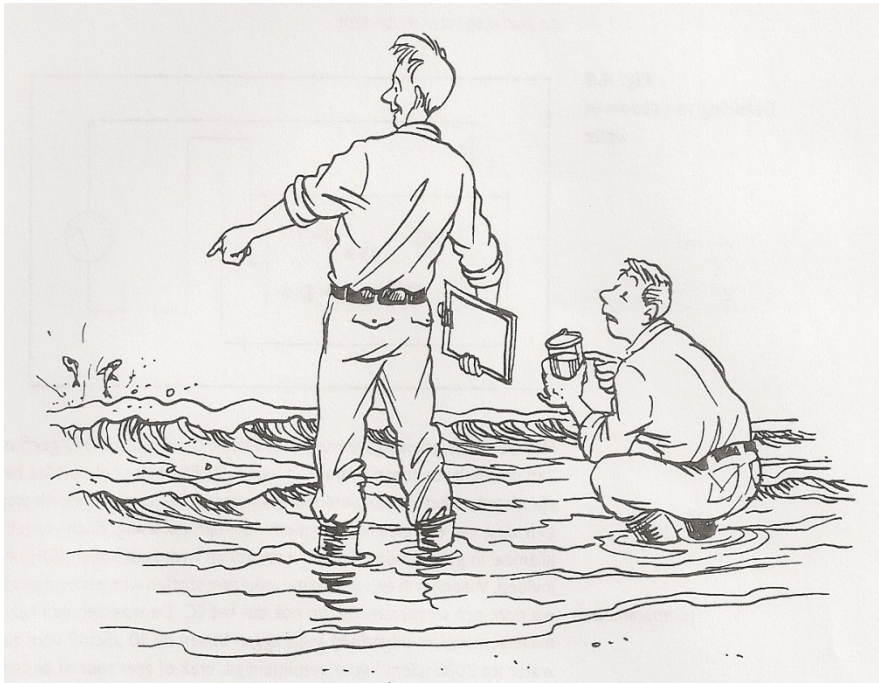
Kooldioxide vormt koolzuur dat in water bijvoorbeeld zorgt voor het kalkoplossend vermogen. Mierenzuur is een product dat tegenwoordig veel in reinigingsmiddelen wordt gebruikt en daar naast ontkalking ook de desinfectie voor zijn rekening neemt. Naast de specifieke zuren kunnen ionen als ijzer(III) zuur werken en dus voor onverwachte effecten zorgen.

Basische stoffen, die dus zuren kunnen neutraliseren en de pH doen stijgen zijn o.a. loog, ammoniak en soda.

Deze mengelmoes van verbindingen moet voor het oppervlaktewater uiteindelijk een pH tussen 6 en 9 opleveren. Buiten deze grenzen treden er allerlei verschijnselen op die de waterkwaliteit ernstig kunnen verstoren. Vooral de biologische kwaliteit van het water ondervindt van extreme pH waarden veel schade. Vissen kunnen bijvoorbeeld in zuur water minder zuurstof opnemen en eitjes van waterdieren beschimmelen. Hoge ammoniakconcentratie in een basisch milieu zijn een regelrechte bedreiging voor het dieren- en plantenleven in water.

Belangrijke processen die de pH-huishouding van oppervlaktewater beïnvloeden zijn:

- lozing van zure of basische stoffen
- zure regen die sterke zuren aanvoert
- verzuring in de bodem die via het grondwater weer tot het oppervlaktewater doordringt.



Figuur 2.7 Verzuring, “die haringen kunnen met een uitje zo geserveerd worden”

### **Saliniteit of totale ionenconcentratie**

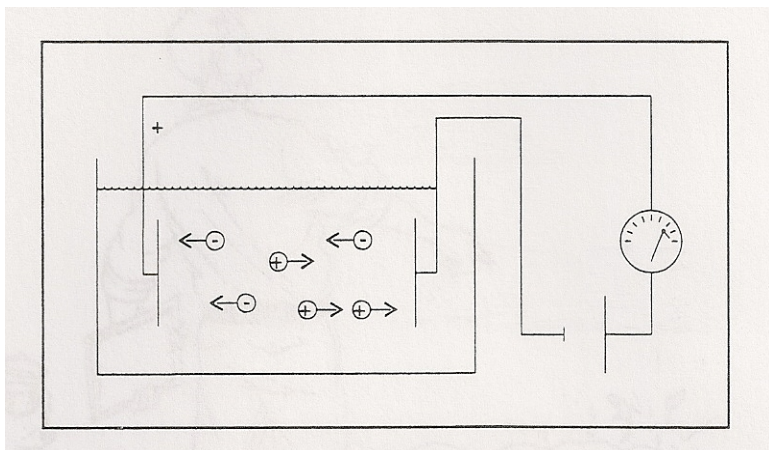
Veel uit geladen deeltjes bestaande stoffen splitsen in water en lossen zo op. Een goed voorbeeld hiervan is keuzenzout. De oplossing van zouten is altijd helder doch kan best een kleur hebben: ijzerionen kleuren het water geel/groen, koperionen blauw en chroomionen groen. De concentratie van een oplossing kan op twee manieren verandering ondergaan.

- Er komen door aanvoer meer ionen bij.
- Er verdwijnt oplosmiddel (water) door verdamping.

In beide gevallen stijgt de concentratie van de opgeloste en gesplitste deeltjes.

Positieve ionen die een bijdrage leveren aan de zoutconcentratie zijn calcium, magnesium, natrium en kalium. Calcium zorgt (samen met magnesium) voor het effect **hardheid** van het water. Vooral in verwarmingsprocessen en waswater kan het voor neerslag van onoplosbare verbindingen zorgen.

Negatieve ionen zijn er in water natuurlijk net zoveel als positieve en ook zij dragen bij aan de saliniteit. De belangrijkste ionen in zoet water zijn de splitsingsproducten van koolzuur: bicarbonaat en carbonaat. Daarnaast zijn sulfaat- en chloride-ionen van belang. Het zal duidelijk zijn dat vooral de laatste deeltjes in zout zeewater verreweg het grootste aandeel hebben in de totale ionensamenstelling. Veel ionen komen niet of nauwelijks vrij in water voor. Niet dat dit persé onmogelijk zou zijn, maar doordat er allerlei onoplosbare verbindingen ontstaan, slaan de meeste combinaties als vaste stoffen neer. Zo binden sulfiden ( $S^{2-}$ ) zich snel aan ijzer, evenals fosfaten en zoeken zo hun weg naar de bodem.



Figuur 2.8 Geleiding van stroom in water

Het elektrisch geleidingsvermogen of Electric Conductivity (E.C.) geeft ons een indruk van de totale ionenconcentratie in water. De E.C.-meter behoort tot het standaardpakket van de watermonsternemer in het veld. Alle ionen dragen bij aan de geleiding van een elektrische stroom door een oplossing, doch vanzelfsprekend niet allemaal in gelijke mate. Vooral waterstof en hydroxide-ionen ( $\text{OH}^-$ ) hebben grote invloed. Wanneer in een parameter meerdere stoffen worden meegenomen, noemen we deze een somparameter, zo ook dus het E.C. De waarden van het in microsiemens/cm uitgedrukt getal liggen tussen de  $50 \mu\text{Scm}^{-1}$  voor zoet en zuiver water tot  $2000 \mu\text{Scm}^{-1}$  voor verontreinigd, brak of zeer zuur of basisch water.

<	100	$\mu\text{Scm}^{-1}$ : elektrolytarme wateren
	100 - 250	$\mu\text{Scm}^{-1}$ : matig elektrolytrijke wateren
	250 - 1000	$\mu\text{Scm}^{-1}$ : elektrolytrijke wateren
>	1000	$\mu\text{Scm}^{-1}$ : zeer elektrolytrijke wateren

Figuur 4.9 Elektrisch geleidingsvermogen in water

### Temperatuur

Dagelijks worden we geconfronteerd met een verschijnsel waar we niet vaak bij stilgestaan hebben. Water heeft naast vele meer bekende eigenschappen een hoge **warmtecapaciteit**. Dit houdt in dat het altijd achter de luchttemperatuur aan ijlt. Daalt de buitentemperatuur in de winter dan zal water nog lang zijn hoge waarden behouden. Omgekeerd zal een watermassa in het voorjaar niet snel bij de eerste zonschijn opwarmen. Dit heeft het gevolg dat temperatuurveranderingen langzaam optreden (dag-, nacht; seizoenen) en dat de aanwezigheid van grote wateroppervlakten een sterk matigende invloed op het klimaat hebben.

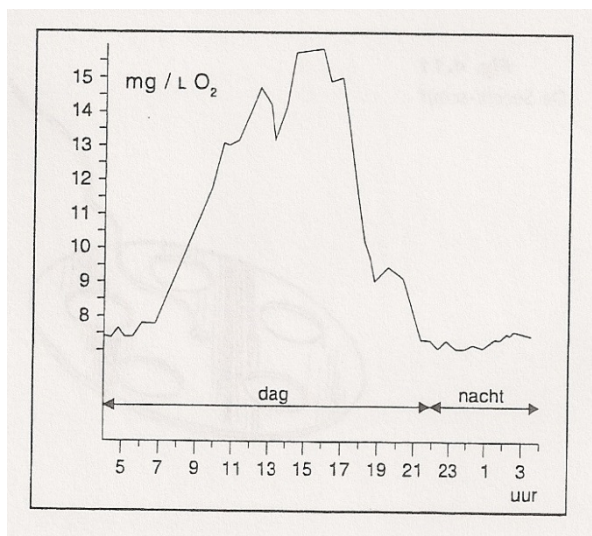
Ook heeft de temperatuur invloed op de dichtheid van water. Rond  $4^\circ\text{C}$  heeft water zijn grootste soortelijke massa en dit geeft aanleiding tot opmerkelijke verschijnselen in o.a. meren, wielen en andere diepe plassen. Het zwaardere water van  $4^\circ\text{C}$  zal zich altijd onder water van een ander temperatuur bevinden. 's Zomers zijn de bovenliggende lagen warmer, 's

winters kouder. Alleen in het voor- en najaar doet zich het verschijnsel voor dat het bodemwater mengt met water in de buurt van het oppervlak. Je kunt deze verschijnselen voelen als je in dit diepe water zwemt. Op sommige plaatsen is het water vanaf een bepaalde diepte een stuk kouder. Er treedt een zogenaamde temperatuur spronglaag op.

Temperatuurmetingen in oppervlaktewater hebben tot doel lozingen van koelwater op te sporen. Normen zeggen ons dat de maximale temperatuur van oppervlaktewater 25°C is. Een lozing van koelwater mag de temperatuur van het water waarop deze plaatsvindt, nooit meer dan 5°C verhogen. Beide bepalingen hebben als doel het ecologische evenwicht in een water niet te verstoren en eventueel aanwezige ziekteverwekkende bacteriën niet tot gevaarlijke concentraties te laten uitgroeien.

### Zuurstofgehalten

Het zal je bekend zijn dat plantaardige organismen uit koolzuur en water met behulp van licht, zuurstof produceren. Daarentegen wordt in planten bij de ademhaling weer zuurstof verbruikt. Ook bacteriën en dierlijke organismen verbruiken bij de afbraak van voedingsstoffen zuurstof. Deze processen spelen zich zowel in de atmosfeer als in het oppervlaktewater af.



Figuur 2.10 Het zuurstofgehalte in water met veel algen over een etmaal.

Waterplanten en algen leven en sterven en vormen een belangrijke schakel in de zuurstofhuishouding van water. Overdag overheerst door deze biologische processen de zuurstofproductie, en 's nachts, wanneer de fotosynthese wegvalt, vormt het zuurstofverbruik de belangrijkste factor.

Ook is het seizoensritme waar te nemen als in het najaar bij het afsterven van plantaardige organismen veel zuurstof voor de afbraak wordt verbruikt

Naast deze biologische aspecten van de zuurstofhuishouding spelen ook enkele natuurkundige variabelen een rol. Een belangrijk gegeven is dat de temperatuur grote invloed heeft op de zuurstofhoeveelheden in water. Bij stijgende temperatuur neemt de oplosbaarheid af. Ook van invloed is het zoutgehalte. De oplosbaarheid van zuurstof in zeewater is ongeveer 20% lager dan in zoet water. Ook de luchtdruk is verder nog van belang.

Het transport van zuurstof over de grenslaag water-lucht en verder door het water zelf, is uiterst gering. Het optreden van golfslag bevordert echter de uitwisseling van zuurstof tussen lucht en water sterk. Menging van water gebeurt o.a door wind en temperatuurverschillen en veroorzaakt een geleidelijke en gelijke zuurstofverdeling in de bovenste waterlagen. Onder in de vooral diepere plassen waar het oppervlakte- en bodemwater slecht gemengd worden, kan zuurstofloosheid optreden door afbraakprocessen van rottend bodemslib.

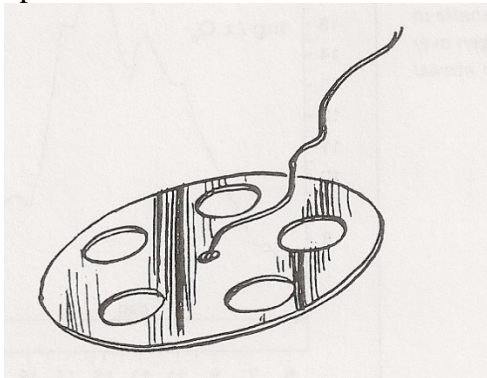
Als Algemene Milieu Kwaliteit (AMK) houden we een zuurstofconcentratie aan van minimaal 5 mgO<sub>2</sub>/l. Hiervan wordt afgeweken voor niet-natuurlijke oppervlaktewateren als sloten, grachten, kanalen en vergraven beeklopen; hierin mag een lagere zuurstofhoeveelheid voorkomen.

### **Doorzicht**

De Algemene Milieu Kwaliteit zegt over de veldmeting dat oppervlaktewater niet zichtbaar of ruikbaar verontreinigd mag zijn. Een objectieve kwaliteitsbeoordeling hiervoor formuleren die bijvoorbeeld in een getal weer te geven is, is niet mogelijk. Toch is er een parameter die enige relatie heeft met een dergelijke kwaliteitsindruk: het doorzicht.

Wanneer we over doorzicht spreken bedoelen we de lichtdoorlaatbaarheid van oppervlaktewater, zonder de directe invloed van hogere planten. Water is als vloeistof in staat licht te absorberen, te reflecteren en te verstrooien. Hierdoor is de doordringbaarheid eindig en treedt op een bepaalde diepte, ongeacht de waterkwaliteit, altijd duisternis in.

We meten het doorzicht met de Secchi-schijf hetgeen eigenlijk een willekeurige parameter oplevert



Figuur 2.11 De Secchi-schijf

Licht valt in het water en dringt door tot op een reflecterende witte schijf. Hierna treedt het weer uit en bereikt ons oog. Als basiskwaliteit houden we een waarde van 40 cm doorzicht voor acceptabel. Het doorzicht wordt verminderd door:

- bovenmatige algengroei en
- bruine pigmenten van humuszuren (veenwater).

Vanzelfsprekend kunnen incidenteel door turbulenties van bodemmateriaal geringere waarden dan gemiddeld voorkomen, doch deze worden in een kwaliteitsbeoordeling niet meegenomen.



### Vragen 2.3

- a. In oppervlaktewater wordt constant zuurstof aan- en afgevoerd. Noem twee toevoer- en twee afvoerprocessen van zuurstof in oppervlaktewater.
- b. Een meting moet niet alleen goed worden uitgevoerd maar ook op een representatieve plaats gedaan worden. Wat versta je onder een representatieve plaats?
- c. Je begrijpt dat een meting een zekere mate van onnauwkeurigheid oplevert. Je moet echter voorkomen dat de manier van bemonsteren voordat je gaat meten, al sterke invloed heeft op de uiteindelijke meetwaarde. Geef twee voorbeelden hoe bemonstering meetwaarden kan beïnvloeden?
- d. Welke van de volgende 10 stoffen kunnen de pH van oppervlaktewater beïnvloeden, en zo ja hoe? Keukenzout, soda, gips, waterstofchloride, caustic soda, ammonia, terpentijn, slaolie, zeep en zand.
- e. Stel dat je gevraagd wordt om van de in deze paragraaf behandelde metingen er een uit te kiezen die het belangrijkste is voor een beoordeling van de waterkwaliteit voor waterdieren, welke zou jij dan kiezen? Zet daartoe eerst alle metingen op een rij en geef daarna aan welke jij het belangrijkste vindt en waarom.
- f. Aan jou wordt gevraagd om een waterkwaliteitsonderzoek voor een waterloop op te zetten. Noem dan eens drie voorwaarden waaraan voldaan moet worden om een goede beoordeling van de waterkwaliteit in de waterloop gedurende één jaar te krijgen.

## Hoofdstuk 3 Waterkwaliteitsnormen

### Oriëntatie

In ons land houden verschillende organisaties zich bezig met de waterkwaliteit en hoe je die in normen zou moeten omschrijven. Je moet je natuurlijk als eerste afvragen over welk type water je het hebt. Het zoutgehalte van slootwater mag bijvoorbeeld niet erg hoog zijn, anders kan een boer het niet als drinkwater voor het vee gebruiken of verbranden zijn gewassen als hij gaat sproeien. Bij een hoog zoutgehalte beschouwen we dit water dus als verontreinigd en niet geschikt voor deze functies. Heb je te maken met zeewater dan is de functie van drinkwater voor vee niet reëel evenmin als sproeiwater en toch beschouwen we dit water, ondanks dat het misschien wel 200 x zo zout als slootwater is, als schoon. Je ziet hoe betrekkelijk normen kunnen zijn.

### Leerdoelen

Na bestudering van dit hoofdstuk kun je:

- enkele functies van oppervlaktewater noemen;
- omschrijven wat waterkwaliteitsdoelstellingen zijn;
- in een diagram toets- en normwaarden voor waterkwaliteit aflezen.

### 3.1 Functies van oppervlaktewateren

Het is erg belangrijk dat we kunnen aangeven welke functie we aan een oppervlaktewater willen toekennen. In hoofdlijnen wordt dit door het Rijk aangegeven. In nota's voor de waterhuishouding geeft de overheid om de vijf à tien jaar aan wat zij met de waterhuishouding in Nederland aan wil. De provincies komen vervolgens aan zet met hun invulling in het Provinciaal waterhuishoudingsplan. Tot slot worden de waterschappen belast worden met de uitvoering van alle wensen en eisen (waterbeheersplan).

### Functies

Oppervlaktewateren kunnen een uiteenlopende rol vervullen. Je kunt een onderscheid maken tussen enerzijds zogenaamde mensgerichte functies of gebruiksfuncties.

Voorbeelden hiervan zijn:

- zwemwater,
- ontvangstmedium voor afvalwater,
- water als scheepvaartroute,
- koelwater en
- water ten behoeve van agrarisch gebruik.

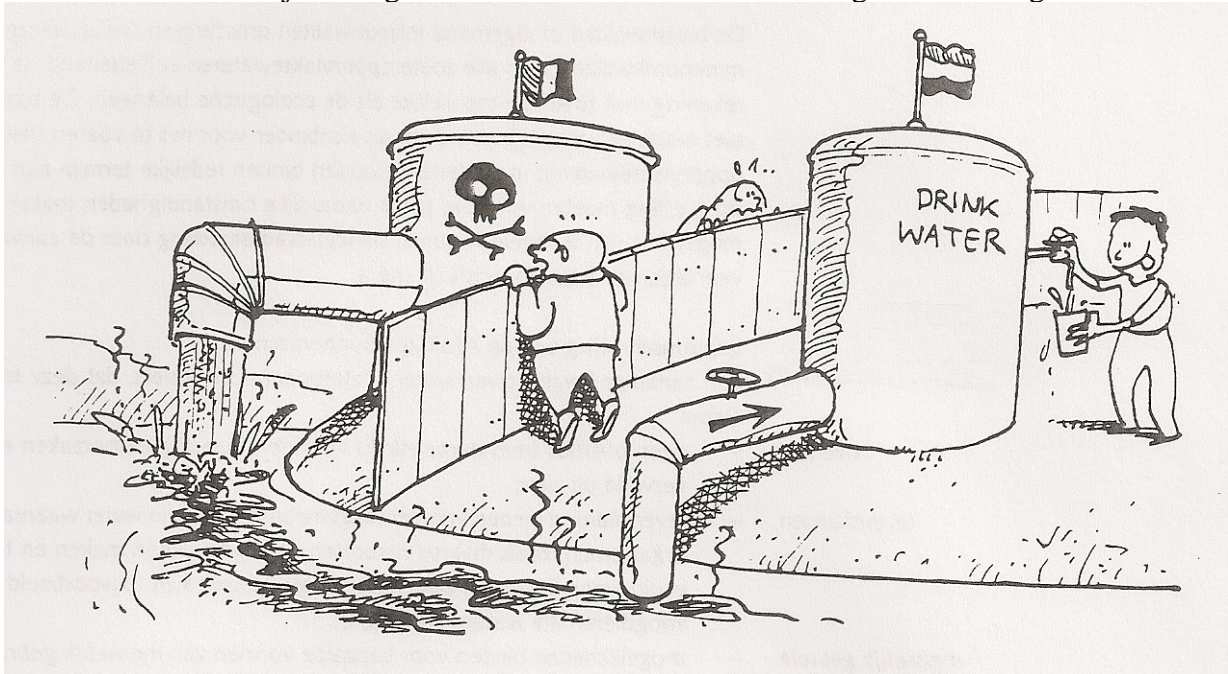
Anderzijds kan oppervlaktewater van belang zijn voor ecosystemen in het water (aquatisch), waarbij niet de mens als gebruiker centraal staat, maar de 'herbergende' rol voor plant en dier belangrijker is.

Soms treedt ook vermenging van mensgerichte en ecologische belangen op, waarbij je kunt denken aan viswater. Met functie of bestemming bedoelen we de maatschappelijke of ecologische rol van het oppervlaktewater. Er zullen andere eisen aan de waterkwaliteit worden

gesteld als het oppervlaktewater betreft waar in gezwommen wordt, dan aan water dat alleen maar een functie als scheepvaartroute vervult. De eisen die je aan het gebruik of bestemming van het water stelt, kunnen bijvoorbeeld betrekking hebben op:

- zuurstofgehalte;
- zuurgraad;
- doorzicht;
- gehalte aan zware metalen of
- het zoutgehalte.

In verband hiermee zijn de zogenaamde waterkwaliteitsdoelstellingen van belang.



Figuur 3.1 Het afvalwater van de een is het drinkwater van de ander.

### **Doelstellingen**

Onder waterkwaliteitsdoelstelling wordt verstaan:

*"het geheel van eisen waaraan een bepaald oppervlaktewater (of gedeelte daarvan) nu of in de toekomst moet voldoen".*

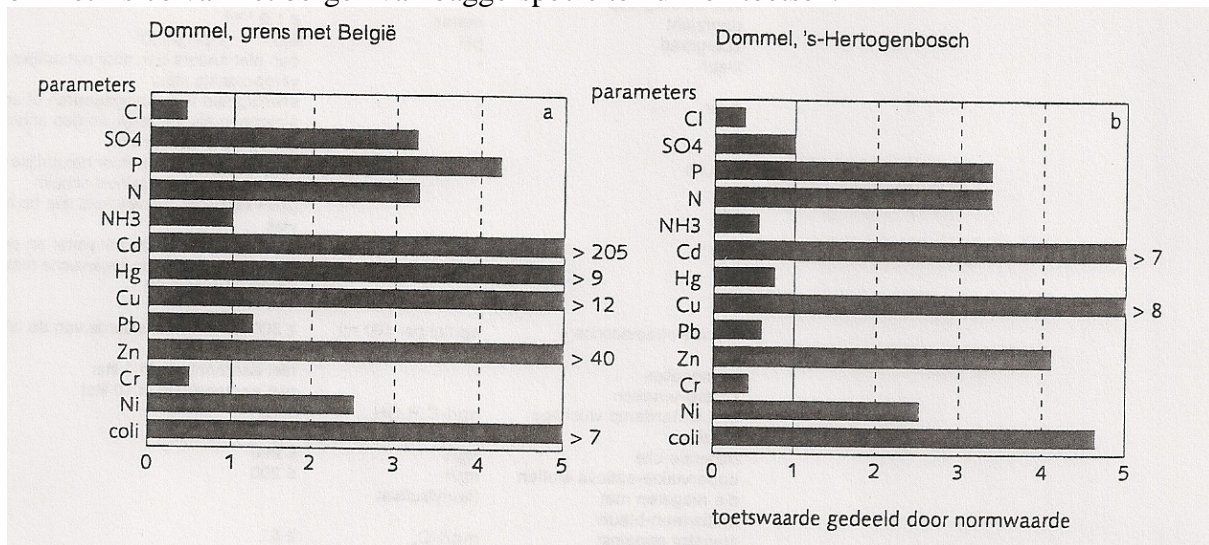
De kwaliteitsdoelstellingen worden meestal omschreven met een aantal normen die we aangeven in getallen voor parameters die van belang zijn voor die doelstelling. Zo is voor water met een functie 'zwemwater' de kwaliteitsdoelstelling zwemwater van belang waarin onder meer parameters als doorzicht, virusgehalte en bacteriegehalte opgenomen zijn.

De basiskwaliteit van oppervlaktewateren is tegenwoordig gekoppeld aan de Europese wetgeving. Je kunt niet meer spreken van dé waterkwaliteit zonder aan te geven over welk type water je het hebt.

Het is niet mogelijk om met getallen een voor alle Nederlandse wateren geldend waterkwaliteitsvoorschrift te maken. Denk maar eens aan parameters als doorzicht, zuurgraad, chloridegehalte en biologische variabelen. Enkele metalen komen van nature op sommige

plaatsen in zo'n hoge concentratie voor, dat de waterkwaliteit daar dus steeds zorgwekkend zou zijn.

Het rijksbeleid is er op gericht om de te hanteren normen maatwerk af te stemmen op de verschillen die in de natuur in het water en de bodem optreden. We hebben in het vorige moduul gezien dat we daarbij gebruik maken van normen op twee niveaus: streefwaarde en grenswaarde. Intussen heeft men voor waterbodems ook normen opgesteld die ze gebruiken om te beoordelen of een waterbodems zodanig is verontreinigd dat sanering noodzakelijk is en om het risico van het berging van baggerspecie te kunnen toetsen.



Figuur 3.2 Parameters en toetsresultaten bij waterkwaliteitsonderzoek.

### Vragen 3.1

- We hebben gezien dat er allerlei functies van oppervlaktewater zijn met de daarbij horende kwaliteitseisen. Welke twee functies van water houden de strengste kwaliteitseisen in?
- Water heeft voor planten en dieren belangrijke levensfuncties. Kun jij er vijf noemen?
- De basis waterkwaliteit zou voor alle wateren moeten gelden. Waarom kan dit niet voor alle Nederlandse wateren in het algemeen?
- Beheer van wateren vindt niet alleen plaats aan het water zelf. Het wordt in een groter verband aangeduid als "integraal waterbeheer". Wat verstaan we onder deze term?
- In figuur 3.2 zie je enkele toetsresultaten van oppervlaktewater.
  - Deel de parameters in volgens 4 categorieën die je zelf mag kiezen.
  - Hoeveel parameters voldoen in 3.2a niet aan de normen en hoeveel in 3.2b?
  - Kun je drie verklaringen geven voor de verbetering van de waterkwaliteit tussen 3.2a (bovenloop) en 3.2b (benedenloop)?