

Duurzame drinkwaterproductie van de toekomst

Prof. Dr. Ir. A. (Bert) van der Wal

*Hoofd R&D Watertechnologie
Evides Waterbedrijf*



Leerstoel
Electrochemische Watertechnologie



NIBI 13 januari 2018

Overzicht Lezing

Waarom water - mijn motivatie

Een beetje geschiedenis

Grote uitdagingen

- Groeiende wereldbevolking
- Waterschaarste

Drinkwater productie

- Belang van desinfectie
- Demonstraties

Nieuwe uitdagingen

Weg vooruit

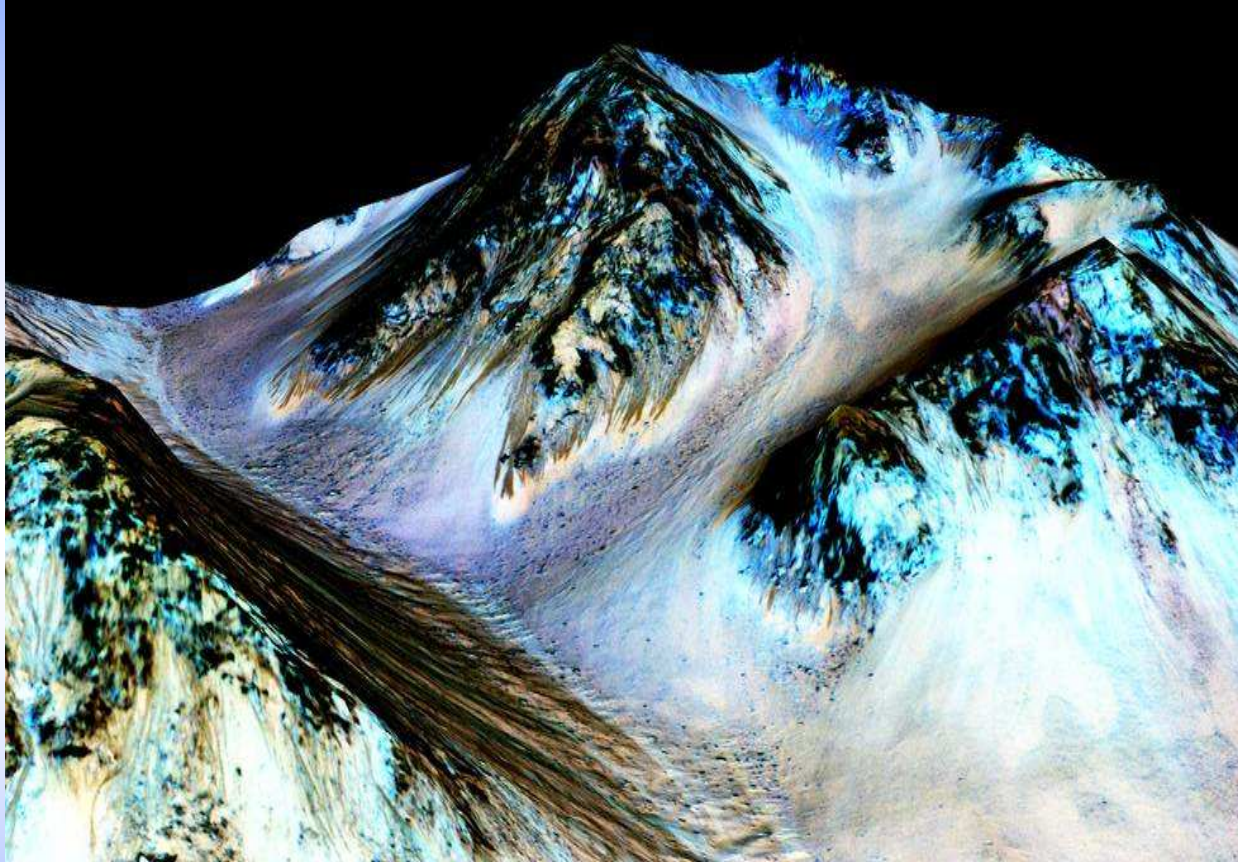
Water en Energie

Belangrijke thema's van de toekomst



- Zonder water is er geen leven
- Zonder energie geen moderne economie

Water op Mars



Vloeibaar water stroomt op Mars (seizoensafhankelijk)

Bron: NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona, sept 2015

Water in het Romeinse rijk



Aquaduct, Segovia, Spain



Badhuis, Bath, England

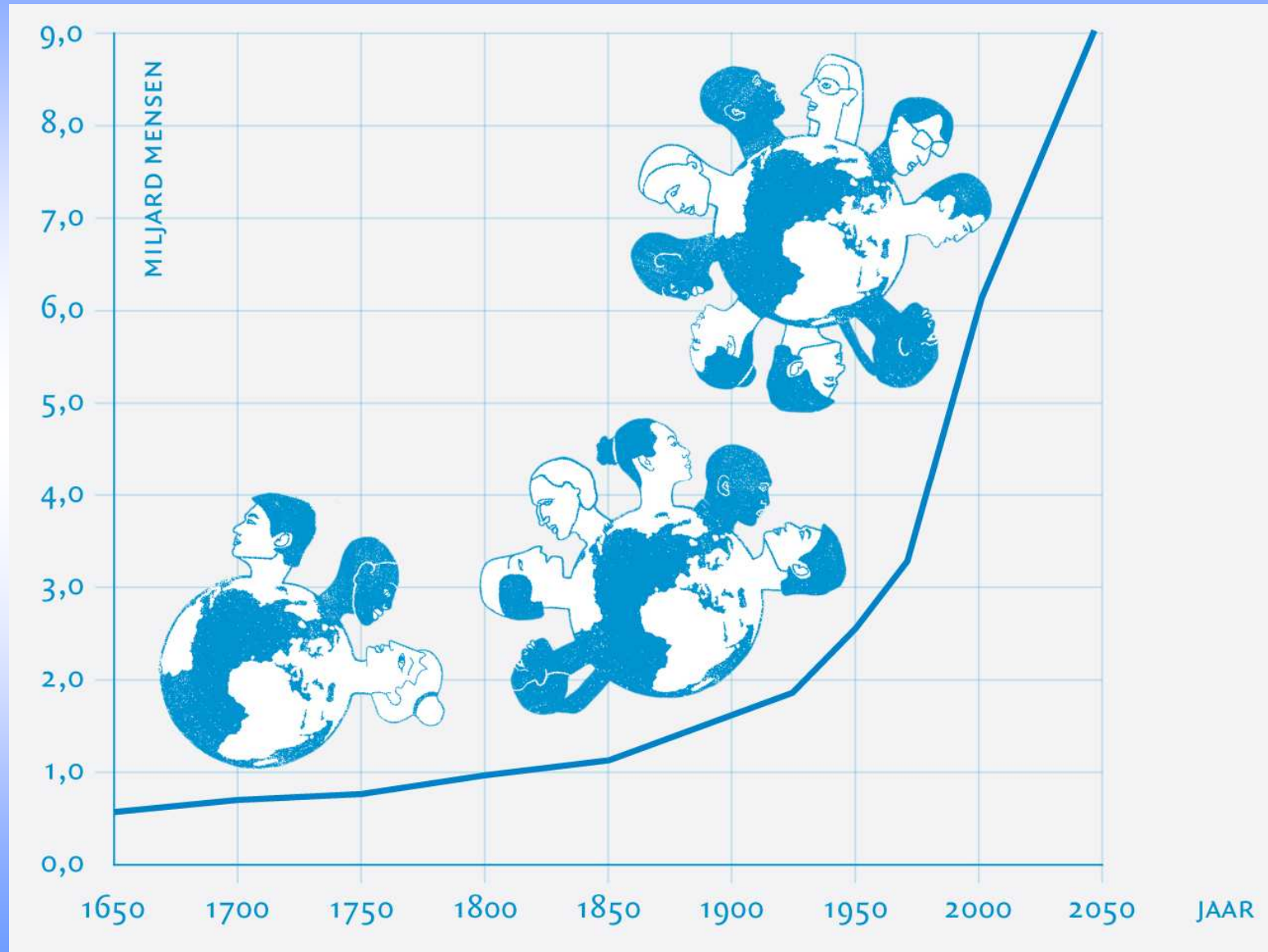
Maya Stad Tikal

(Centraal Amerika, ca 700/800 nC)



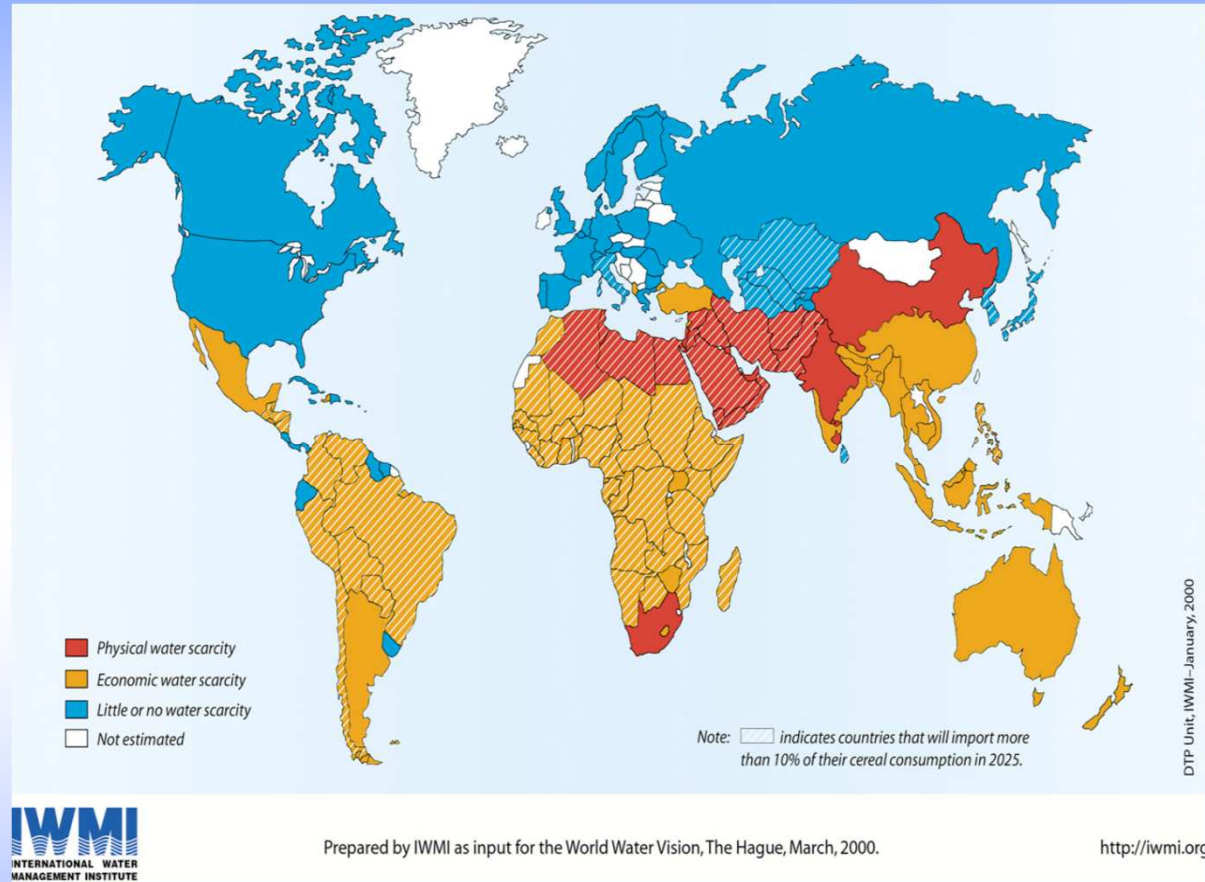
- Tikal tempel(Guatemala)
- Door Maya's aangelegd kanaal
- Uitgraving van de dam en quartz zand kristallen om water te filteren

Groei wereldbevolking



From: Allerd Stikker En de mens speelt met de tijd', Illustration Rosa Vitalie - Graphic design & Illustration, 2012

Voorspelde waterschaarste in 2025



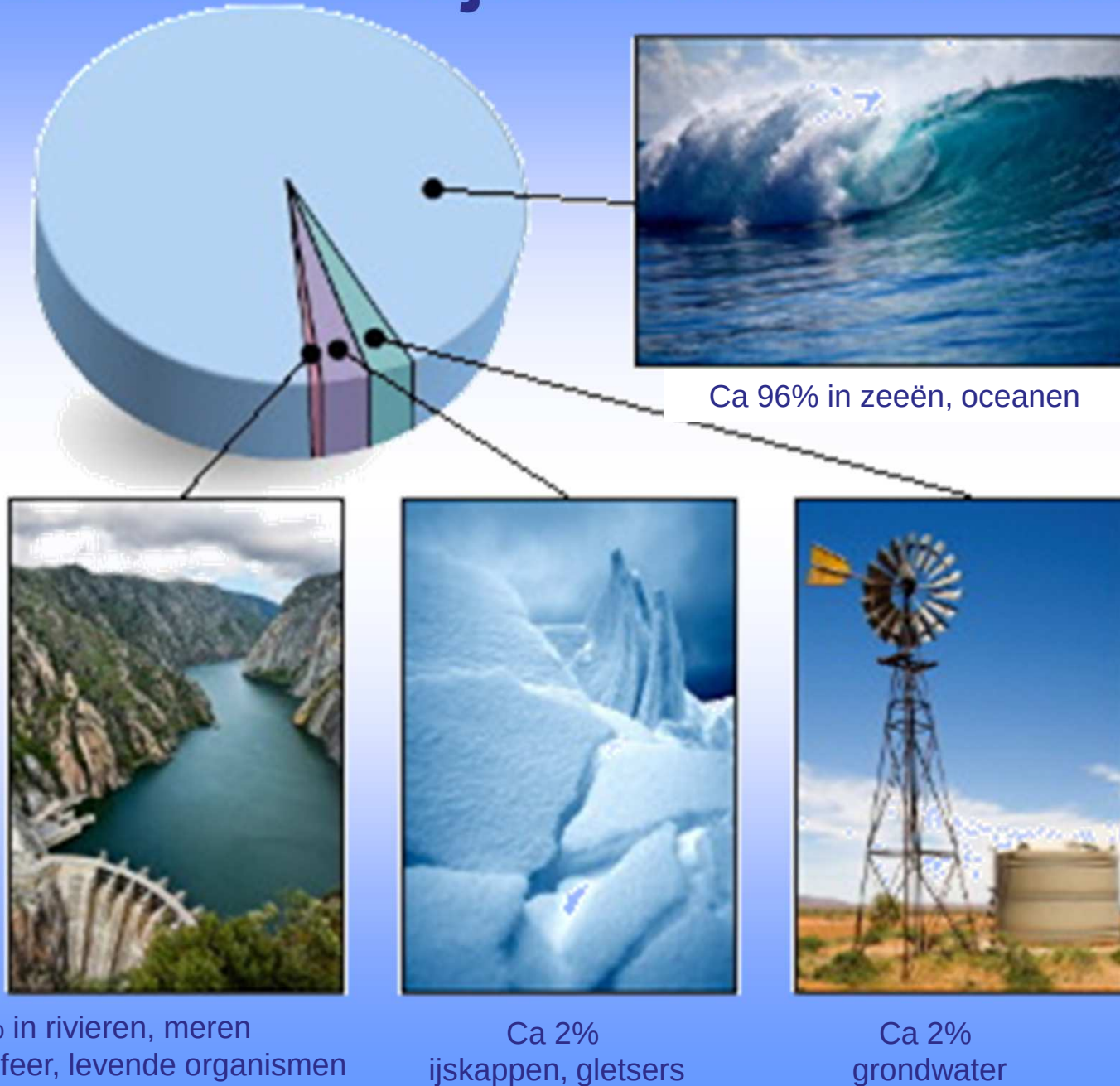
- In 2025: 2.5 miljard mensen krijgen te maken met ernstige watertekorten.
- Nog eens 2.5 miljard mensen leven in gebieden waar het moeilijk zal zijn om voldoende water te vinden voor hun behoeften

Water in ontwikkelingslanden (India)

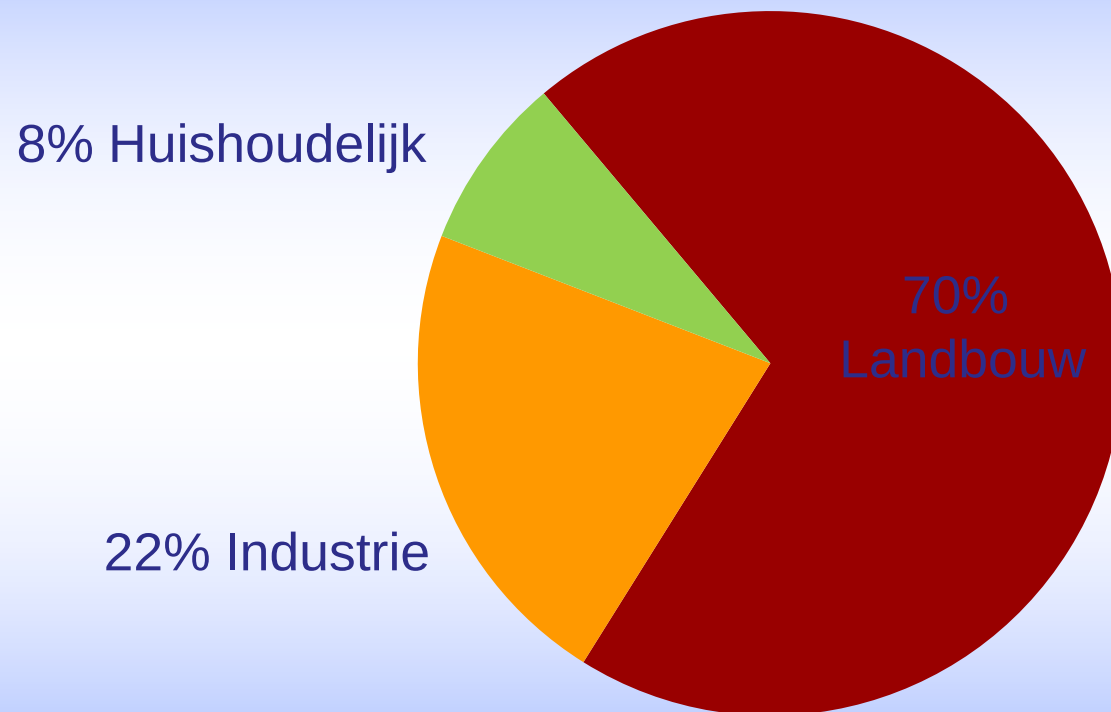


- Grote water tekorten
- Water is van slechte kwaliteit

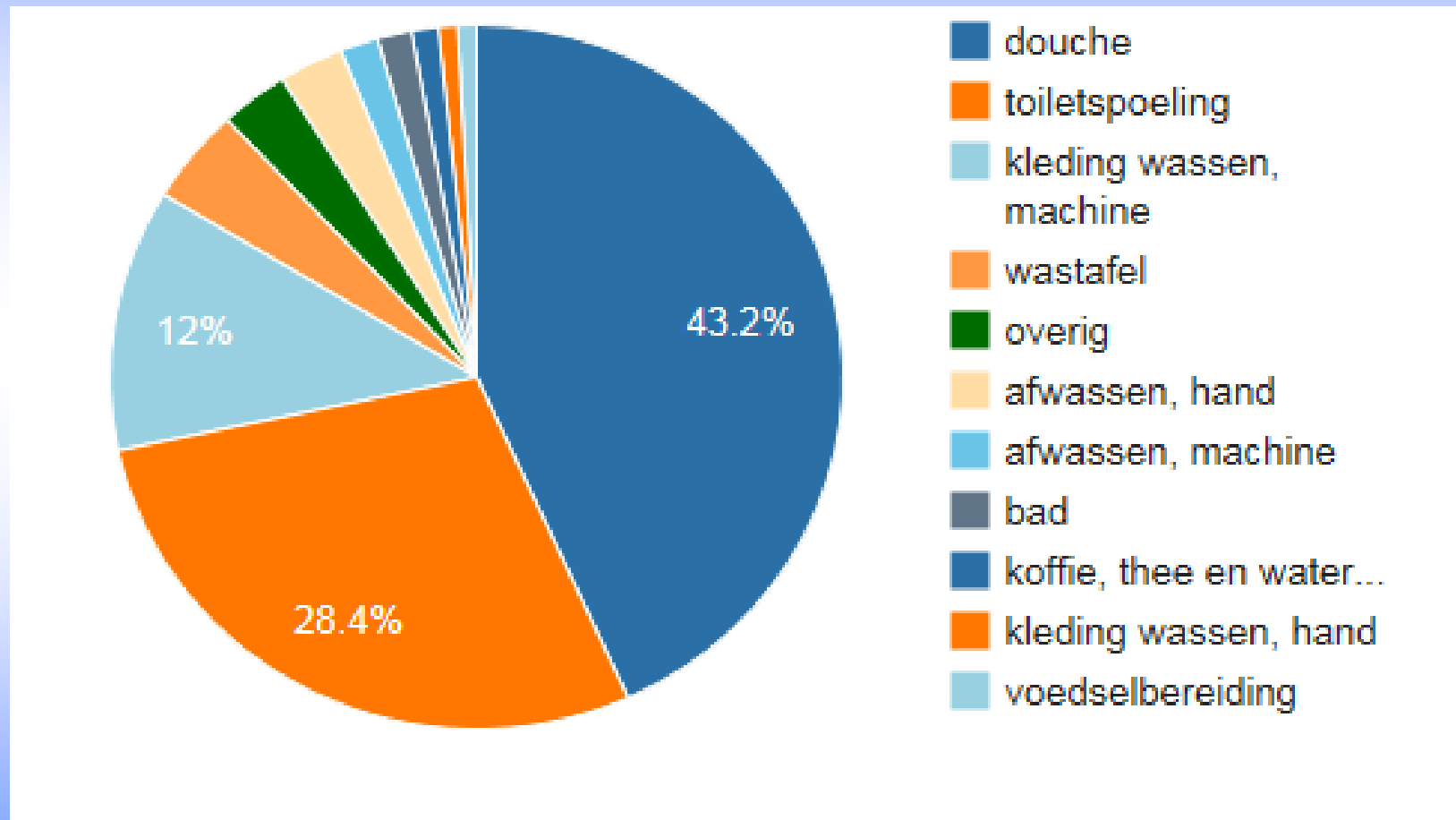
De wereldwijde watervoorraden



Gebruik van zoetwatervoorraden



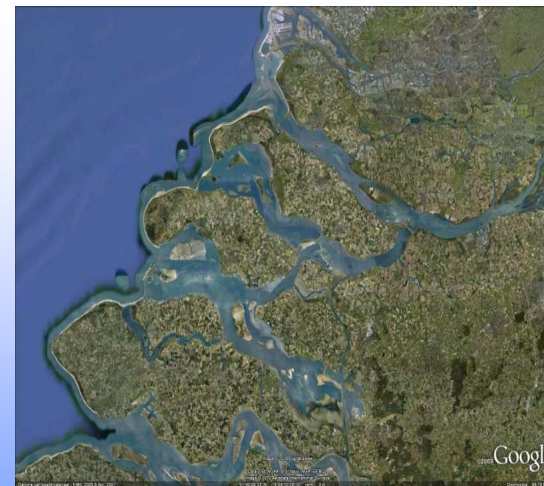
Watergebruik in huishoudens



Drink- en industrieel water in de Delta van Europe



Evides Waterbedrijf



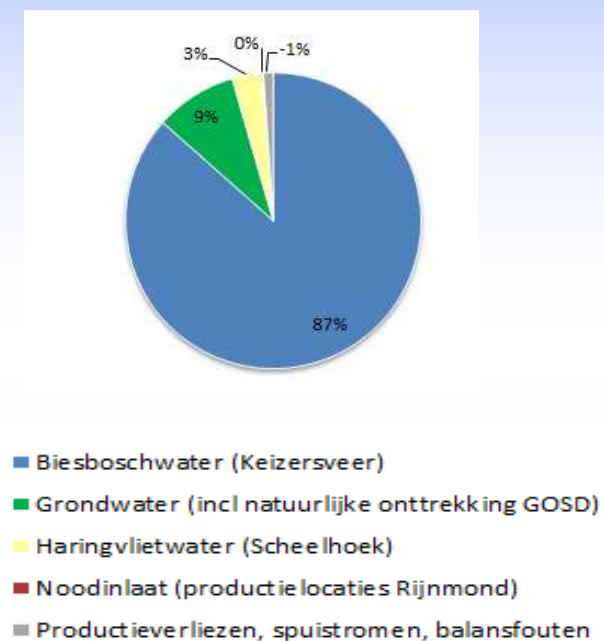
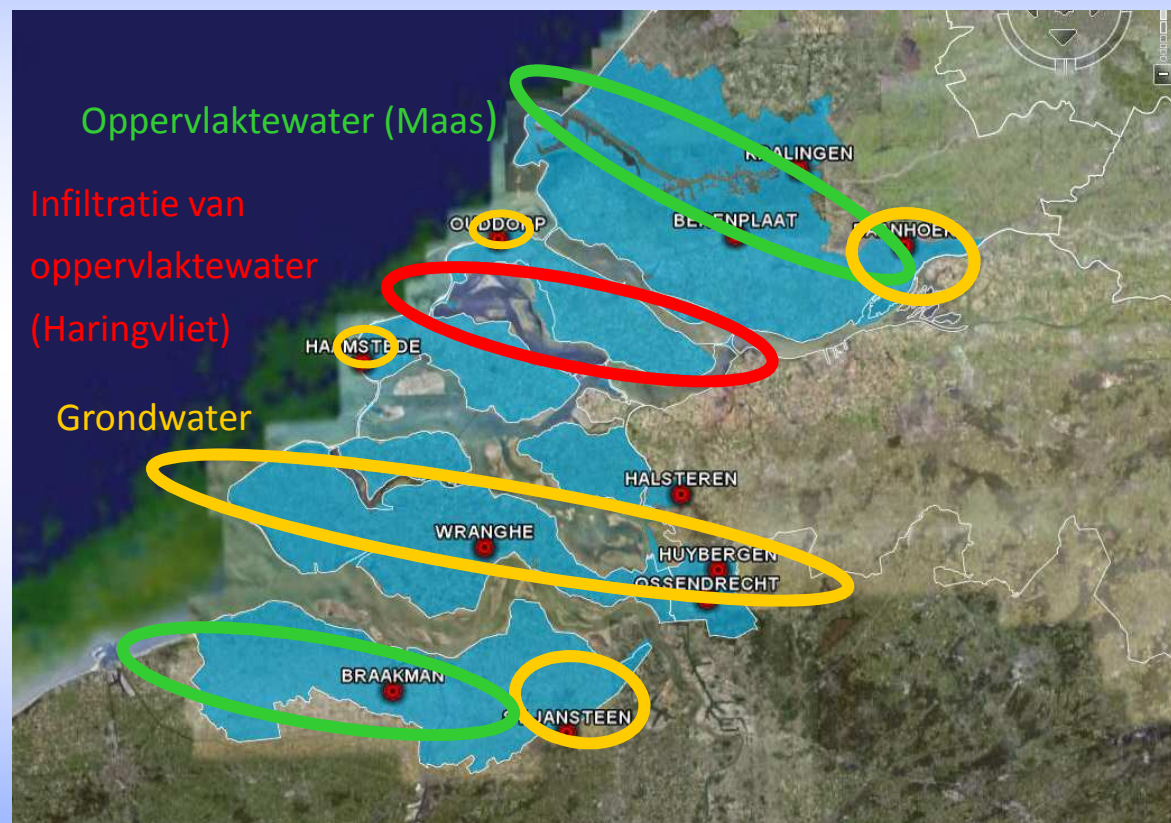
De Biesboschbekkens



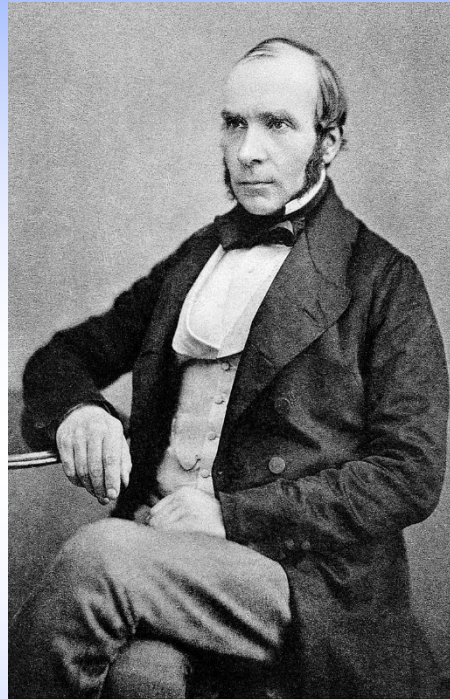
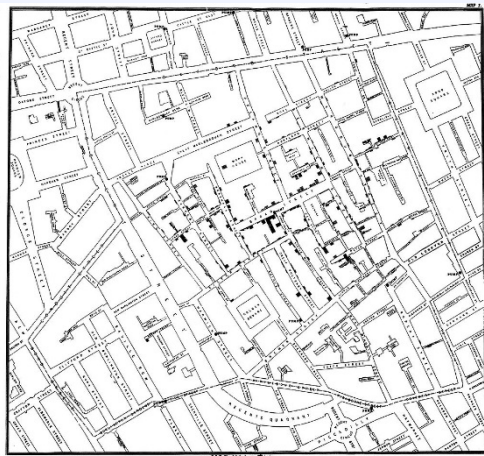
Spaarbekken	De Gijster	Honderd en Dertig	Petrus-plaat
Oppervlakte (hectares)	305	210	100
Volume (Mm ³)	40	33	13
Diepte (m) (gem-max)	13-27	15-27	13-15
Retentietijd (weken)	11	9	4



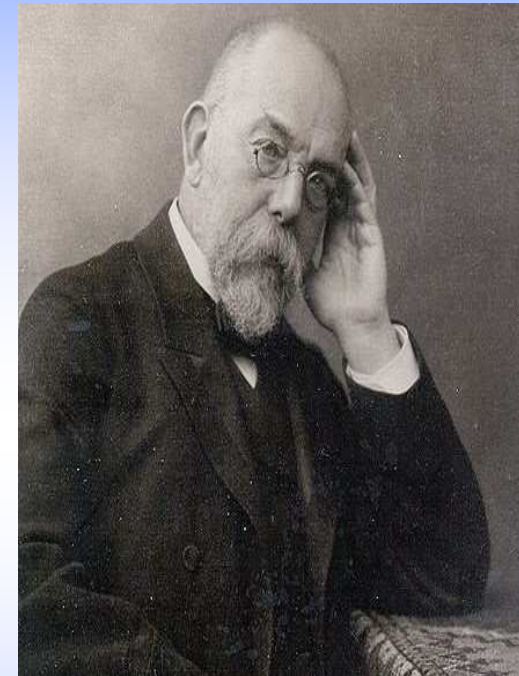
Bronnen voor drinkwaterproductie



Cholera, begin van de drinkwatervoorziening



John Snow



Robert Koch

1854: John Snow ontdekt dat cholera wordt veroorzaakt door besmet water.

1883: Robert Koch ontdekt *Vibrio Cholerae* (1883)

Drinkwaterkwaliteit, wat verwachten onze klanten?

- Geen nare reuk en smaak
- Geen kleur en troebeling
- Geen hogere organismen

Geen besmetting
Gezond blijven



Zuiveringsstappen voor behandeling oppervlaktewater



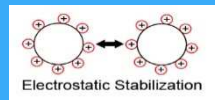
Microzeven

Grote deeltjes



Coagulatie/filtratie

Kleine deeltjes



Voorzuivering



UV

Desinfectie



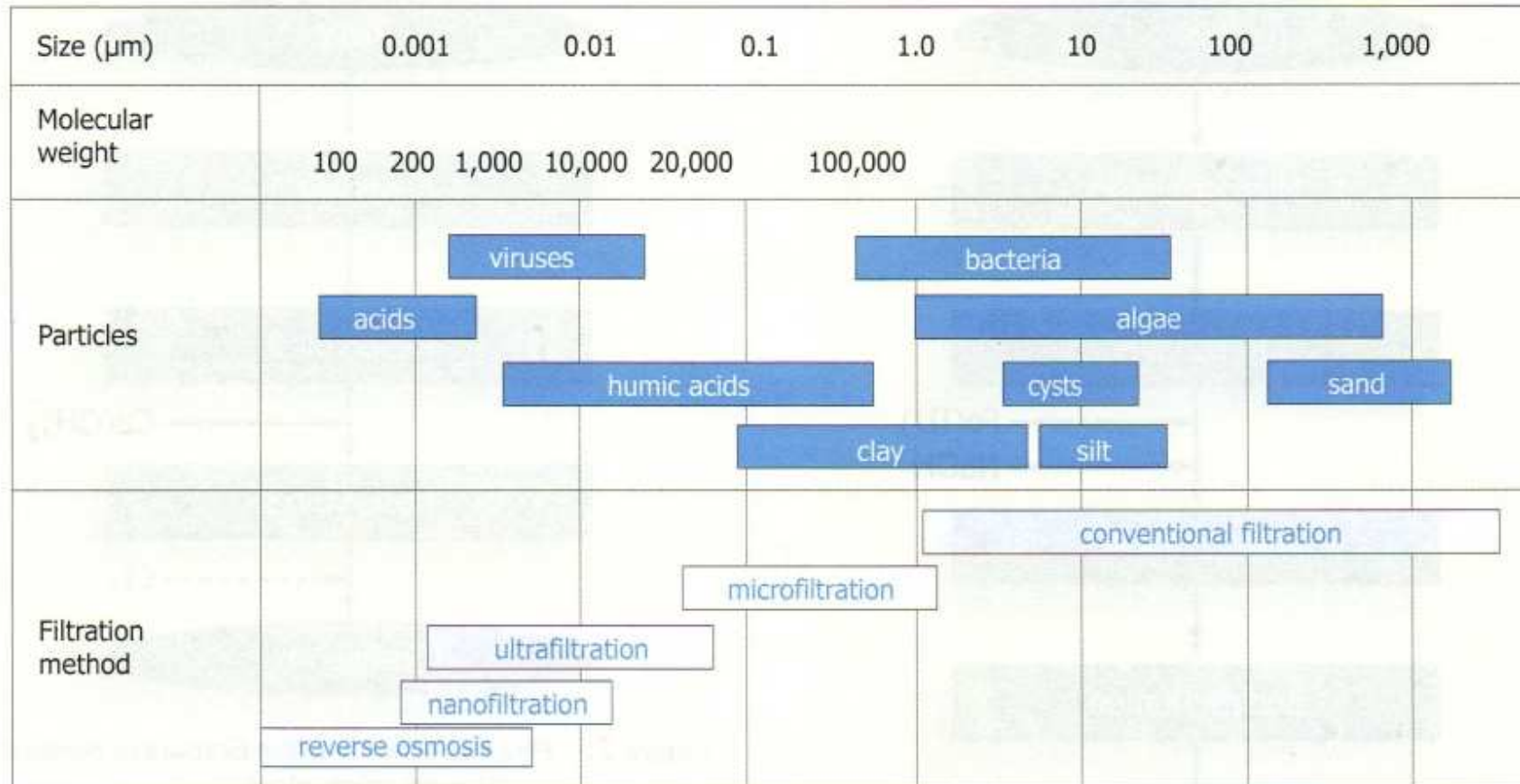
ActiefKool Filtratie

Adsorptie

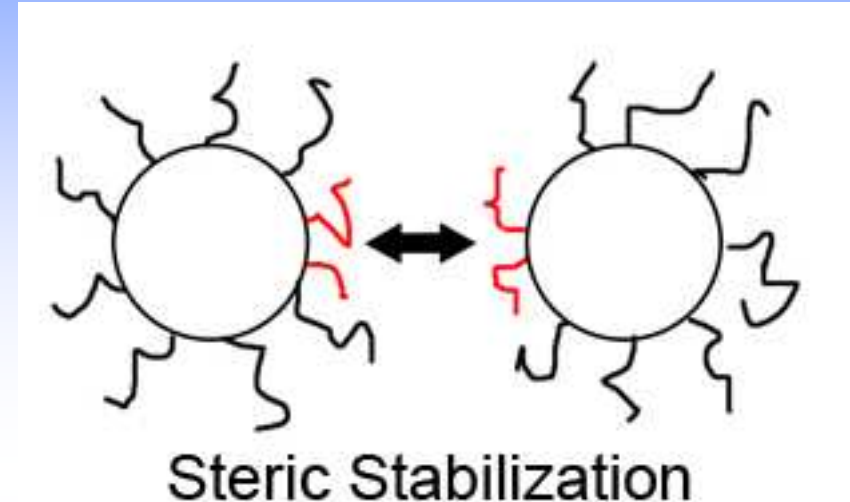
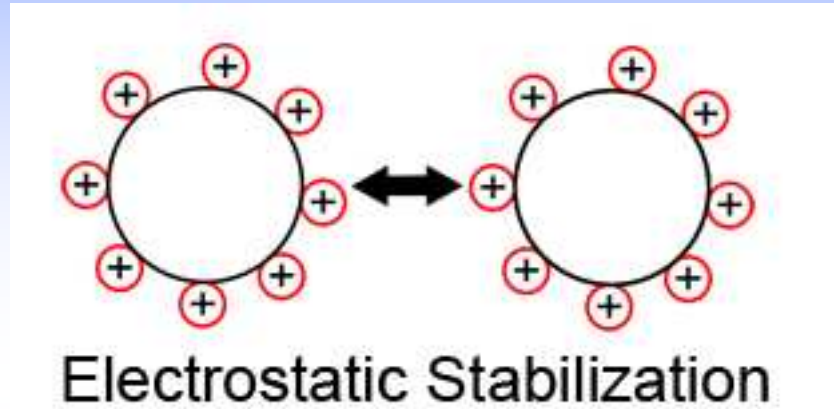
Nazuivering

Inbouwen van meerdere barrières in de zuivering

Colloidal particles



Stabilized colloidal particles

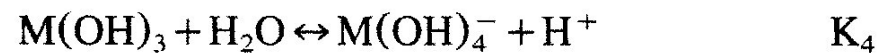
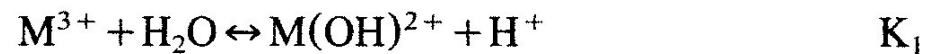
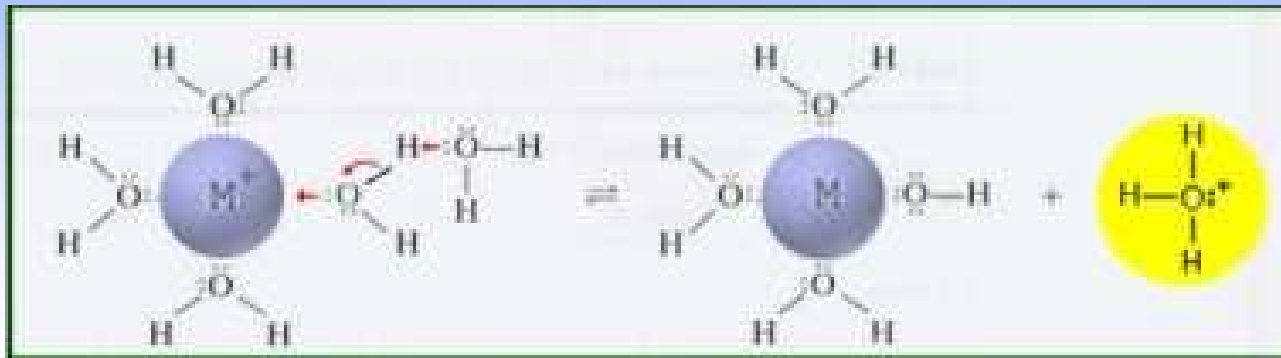


In practice – heteroflocculation

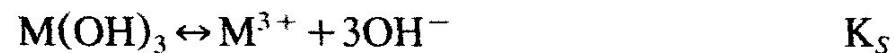
- Charge neutralization
- Sweep flocculation

But not all particles can flocculate

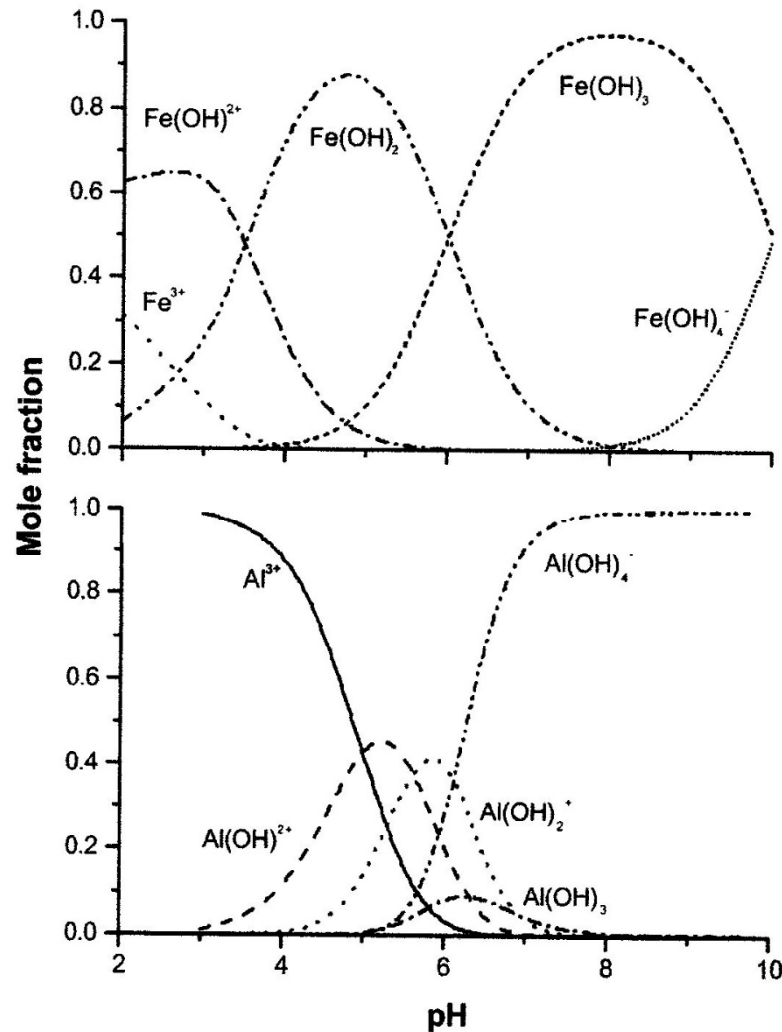
Coagulation by Hydrolysing metal salts



A solubility constant for the metal hydroxide is also needed:



Proportions of dissolved hydrolysis products in equilibrium with amorphous hydroxides



Verschillende mogelijkheden om te desinfecteren

- Chloring
- Ozon
- UV
- UV + H₂O₂

Nadelen van chlooring

- Bijproducten potentieel kankerverwekkende
- Corrosie
- Smaak

Desinfectie (chemisch)

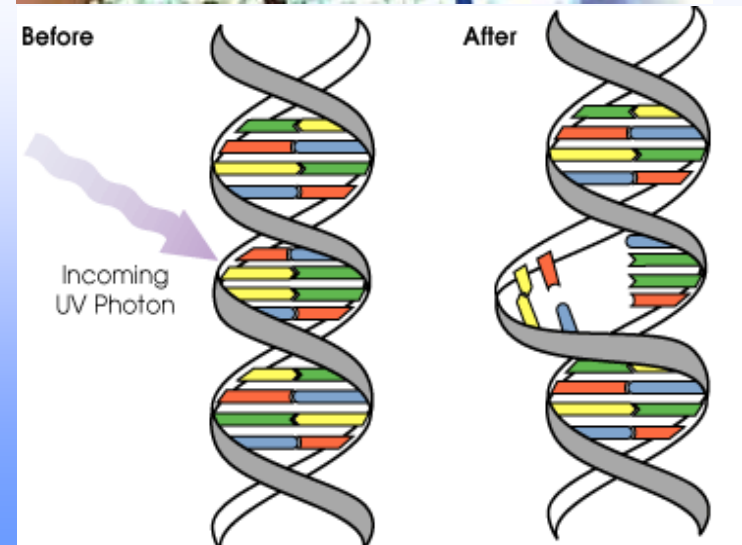
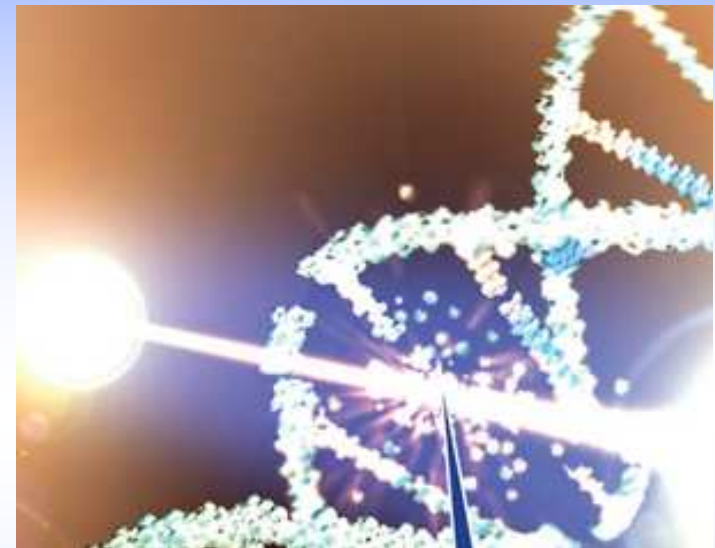
- Chick-Watson Model:

$$\ln(N/N_0) = -K_{cw} \cdot C \cdot t$$

- Belangrijke parameters
 - pH: evenwicht HClO and OCl^-
 - waarde(mg.min/l)
 - K_{cw} Chick-Watson coefficient voor specifieke afdoding
 - Temperatuur: evenwicht HClO and OCl^-

UV desinfectie- Theorie

- Maakt DNA/RNA kapot
- Reproductie van micro-organismen kan niet meer plaatsvinden
- Golflengte 205-315 nm
 - (optimaal 265 nm)



UV photolyse - Desinfectie

UV Dosis

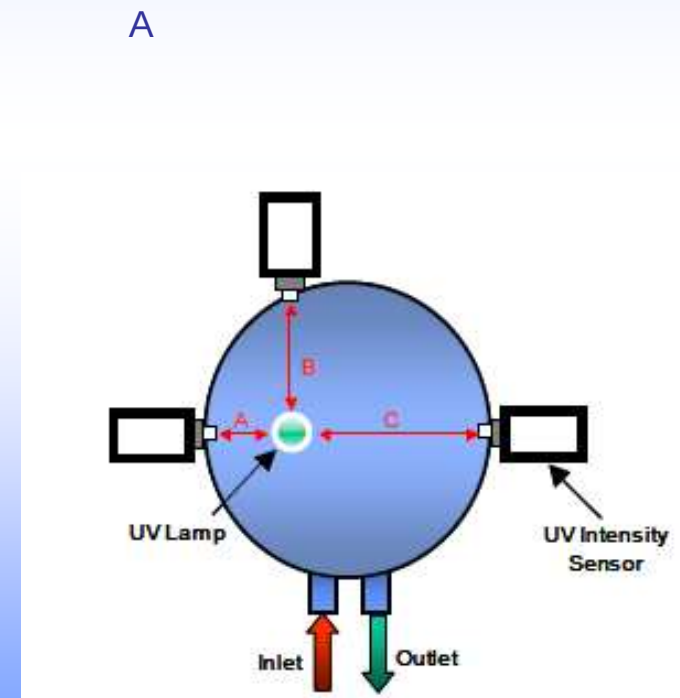
Hoeveelheid gedoseerde stralingsenergie

$$D = I * t$$

D=UV dose (mJ/cm²)

I=Intensiteit (mW/cm²)

t=stralingstijd (s)



UV desinfectie vs chemische desinfectie

- **Chloor** → trihalomethanen, halo-acetonitrils, haloketonen,
- **Ozon** → bromate, NDMA, aliphatic Bromides and Iodides ...

Voordelen UV

- Geen bijproducten
- Geen opslag of transport van chemicaliën
- Je kan niet overdoseren
- Korte contacttijden(3-5 seconden)

Nadelen UV

- Bacteriële DNA kan herstellen
- Geen desinfectie tijdens distributie



Internationale aandacht voor chloorvrij drinkwater



Getting a drink. Countries around the world differ in their approach to delivering safe drinking water to their citizens. The photo shows a young boy drinking from a waterfront tap in Guam, USA.

Downloaded from

WATER INFRASTRUCTURE

How do you like your tap water?

Safe drinking water may not need to contain a residual disinfectant

By Fernando Rosario-Ortiz,^{1,2} Joan Rose,³
Vanessa Speight,⁴ Urs von Gunten,^{2,5}
Jerald Schnoor^{2,6}

The expectation that tap water is safe has been sorely tested by the recent events in Flint, Michigan, where lead contamination has caused a public health emergency (1). Apart from contamination with heavy metals and other harmful substances, a key concern is the control of microbial contamination. To prevent microbial growth and protect con-

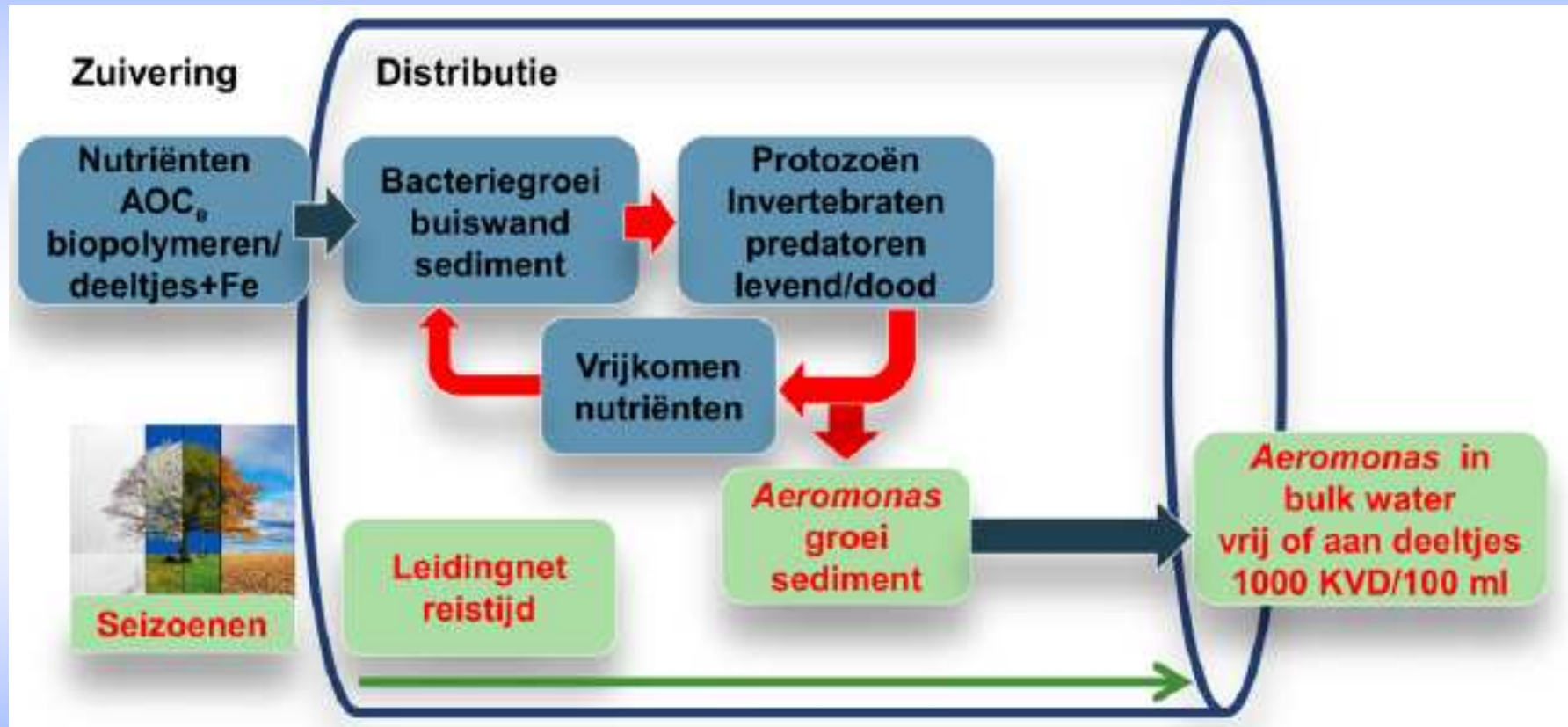
sumers from pathogens from other sources, some countries, such as the United States, require the presence of residual disinfectant in drinking water. However, the presence of a disinfectant can lead to the formation of potentially carcinogenic disinfection by-products, issues with corrosion, and complaints based on the fact that people dislike the taste of disinfectants in their water (2). The experience of several European countries shows that such residual disinfectants are not necessary as long as other appropriate safeguards are in place.

From the early 1900s, the control of microbial waterborne pathogens, including *Salmonella typhi* and *Vibrio cholera*, led to a major reduction of waterborne diseases in the industrialized world. Filtration and chlorine disinfection reduced mortality in the United States substantially. But in 1974, chloroform, a probable human carcinogen formed by the reaction of chlorine with naturally occurring organic matter, was discovered in chlorinated drinking water. This discovery led to a debate about microbiological safety versus exposure to harm-

PHOTO: © ANTHONY ASAEI/ART IN ALL OF US/CORBIS

Uitdaging: stabiel biologisch water

Geen nagroei



Begrijpen 'ecologie van de pijp'

2015



Vervuilende stof door lek Chemelot niet in Limburgs drinkwater

Gepubliceerd: 04 augustus 2015 21:02

Laatste update: 04 augustus 2015 21:26

Chemische stoffen van industrieterrein Chemelot bij Geleen in de Maas terechtkwamen, zijn niet in het drinkwater terechtgekomen.

De zogenoemde pyrazolen werden op 9 juli in het water ontdekt. Drinkwaterinname uit de Maas direct is stopgezet, zei een woordvoerder van de waterleidingmaatschappij Limburg (WML) dinsdagavond.

De vervuiling is veroorzaakt door een slecht werkende afvalwaterzuiveringsinstallatie op industrieterrein Chemelot in Geleen. Naar verwachting voldoet het Maaswater aan de normen voor drinkwater.

Maaswater te vies voor drinkwater

Het water in de Maas, dat na zuivering gebruikt wordt voor het drinkwater in de regio's Dordrecht en Rotterdam, raakt steeds meer vervuild.

André Oerlemans 21-09-17, 09:30



176



2017

Drinkwaterbedrijf Evides zet steeds vaker de inname van rivierwater bij de spaarbekkens in de Biesbosch stop. Volgens de Vereniging van Rivierwaterbedrijven (RIWA), waar drinkwaterbedrijf Evides toe behoort, loopt de drinkwaterproductie voor miljoenen huishoudens in de Biesbosch op. Volgens de RIWA, waar drinkwaterbedrijf Evides toe behoort, loopt de drinkwaterproductie voor miljoenen huishoudens in de Biesbosch op. Volgens de RIWA, waar drinkwaterbedrijf Evides toe behoort, loopt de drinkwaterproductie voor miljoenen huishoudens in de Biesbosch op.

Ook RIVM vindt GenX in drinkwater

De omstreden stof GenX zit in het leidingwater van drie Nederlandse waterbedrijven. In het drinkwater van zeven andere waterbedrijven is de stof niet gevonden. Dat blijkt uit groot onderzoek van het RIVM, naar aanleiding van onderzoek door het AD. Dat toonde al aan dat de chemische stof op diverse plekken in Zuid-Holland in het drinkwater blijkt te zitten.

Ingrid de Groot & Peter Groenendijk 20-11-17, 14:29



278



De hoogste concentraties werden gevonden in het drinkwater van Oasen, in het gebied van de Beneden-Merwede. Daar trof het RIVM concentraties tot 30 nanogram per liter. Daarmee is het drinkwater nog altijd veilig: vanaf 150 nanogram per liter lopen consumenten volgens het RIVM gezondheidsrisico's. In het drinkwater van Dunea en Evides zijn concentraties tot 11 nanogram per liter gevonden. „Het RIVM concludeert hiermee dat bij deze concentraties GenX het kraanwater overal in Nederland veilig kan worden gedronken”, schrijft de nieuwe minister van Infrastructuur en Waterstaat, in een brief aan de Tweede Kamer.

Chemelot loost opnieuw omstreden stof in de Maas

2016

NOS

Nieuws

Sport

Uitzendingen

Chemelot ANP

Het Limburgse waterbedrijf WML wil dat er snel normen komen voor het lozen van stoffen op de Maas. Aanleiding is de lozing van melamine door afvalbedrijf Sitech vanaf het chemisch industrieterrein Chemelot.



Chemelot ANP

WML is de onverwachte lozingen in de Maas beu. Vorig jaar waren er veel problemen met de stof pyrazool. "Je schrikt je weer rot als er weer een stof opduikt waarvan je moet zien te achterhalen wat het is en waar die vandaan komt", aldus een woordvoerder van WML tegen [1Limburg](#).

Door de pyrazool-lozing was Maaswater tijdelijk ongeschikt om drinkwater te maken. Met de recente lozing van melamine bleek dat na onderzoek wel nog te kunnen. De melamine werd voor de zomer gevonden. Het wordt onder meer gebruikt in het maken van kunststoffen.

Niets fout gedaan

Het bedrijf Sitech vindt dat het niets fout heeft gedaan, omdat in de vergunning wel staat dat melamine geloosd mag worden, maar niet hoeveel. WML eist nu

Aanpak nieuwe verontreinigingen in drinkwater kan transparanter

Publicatiedatum: 06 juli 2017

Wijzigingsdatum: 06 juli 2017

Het RIVM heeft geëvalueerd hoe in Nederland nieuwe verontreinigende stoffen in de bronnen van drinkwater worden aangepakt. De huidige 'signaleringsparameter' blijkt voor de meeste nieuwe stoffen goed te werken.

Vaak is over deze stoffen nog weinig informatie beschikbaar om te beoordelen welke concentratie in drinkwater veilig is. Daarom wordt uit voorzorg voor al deze stoffen een lage concentratie van 1 microgram per liter aangehouden als signaleringsparameter. Boven deze concentratie moet worden onderzocht wat de effecten ervan op de kwaliteit van het drinkwater zijn.

Voor een beperkt aantal zeer schadelijke stoffen is een strengere waarde nodig. Om tijdig maatregelen te kunnen nemen is het daarom belangrijk om de concentraties van mogelijke risicostoffen in de hele drinkwaterketen (van bron tot tap) nauwgezet te volgen. De Nederlandse drinkwaterbedrijven doen dit ook. Ze meten de kwaliteit van de drinkwaterbronnen en het drinkwater zeer uitgebreid en werken continu aan mogelijke verbeteringen.

Hoewel de huidige aanpak in principe voldoet, reikt het RIVM in het rapport twee andere mogelijkheden aan, met enkele voor- en nadelen ervan. Het RIVM beveelt aan om de maatschappelijke haalbaarheid van de verschillende opties in beeld te brengen (betaalbaarheid en uitvoerbaarheid). Ook wordt aanbevolen om de informatie over de schadelijke effecten van stoffen in drinkwater beter toegankelijk te maken voor waterbeheerders. Bij alle opties blijft het belangrijk om de concentraties van nieuwe risicostoffen van bron tot tap nauwgezet te monitoren.

Dit onderzoek is onderdeel van de structurele aanpak die het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) aan het opzetten is om beter met nieuwe stoffen om te kunnen gaan

Nieuwe verontreinigingen

Vervuiling van de bron – lozingen

Maar ook...

- We kunnen steeds meer stoffen meten
- We kunnen steeds nauwkeuriger meten

Stoffen in drinkwater

Drinkwater bevat allerlei mineralen, zouten, stoffen en bacteriën. In de Drinkwaterwet en het Drinkwaterbesluit staan alle [waterkwaliteitseisen voor veilig drinkwater](#). Zoals welke stoffen juist in drinkwater moeten voorkomen, en welke juist niet of beneden een maximale norm of richtwaarde.

De bron

Als Evides maken wij drinkwater van grond- en rivierwater: drinkwater is een natuurproduct. In de lucht, het water en de bodem en dus ook in de bronnen voor drinkwater, komen stoffen terecht afkomstig uit afvalstromen van consument en industrie. Denk bijvoorbeeld ook aan medicijngebruik en bestrijdingsmiddelen. Veel zuiveren wij eruit met onze drinkwaterzuiveringstechnieken, zodat het voldoet aan alle strenge eisen die in Nederland voor kraanwater gelden. Van sommige stoffen treffen wij wel sporen aan in drinkwater. Het gaat om minieme hoeveelheden: de aangetroffen concentraties zijn ver onder de normen en richtwaarden die zijn vastgelegd in de wet. Dit betekent dat het veilig is om te drinken, door jong en oud. Dankzij nieuwe technieken kunnen wij dit ook steeds beter meten en weten en kunnen we steeds meer. We doen continu onderzoek naar de [waterkwaliteit](#).

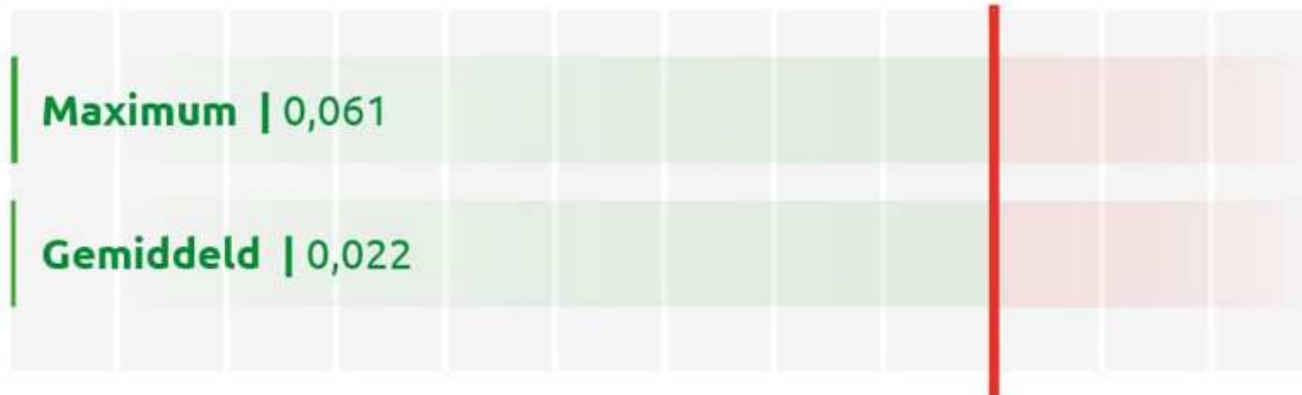
Vijf stofgroepen

Op deze pagina leest u meer over vijf soorten stofgroepen. Per stofgroep staan er voorbeelden, die in zeer lage concentraties in ons drinkwater kunnen voorkomen. In de grafieken is de maximale en gemiddelde concentratie in

- Geneesmiddelen
- Röntgencontrastmiddelen
- Bestrijdingsmiddelen
- Industriële stoffen
- Complexvormers

Glyfosaat, microgram/liter

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200

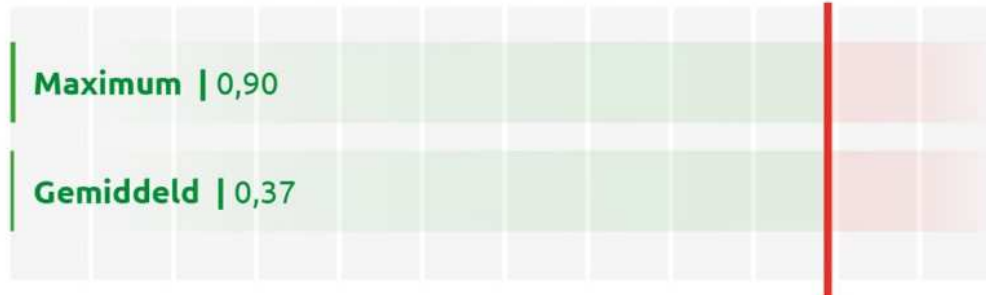


*Concentraties in
microgram/liter in drinkwater
in 2016 van de 4
drinkwaterlocaties, die
Maaswater als bron hebben.*

**Gezondheidskundige
richtwaarde,
900 microgram/liter**

Metformine, microgram/liter

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240



*Concentraties in
microgram/liter in drinkwater
in 2016 van de 4
drinkwaterlocaties, die
Maaswater als bron hebben.*

**Gezondheidskundige
richtwaarde,
196 microgram/liter**

Nieuwe uitdagingen voor de drinkwaterzuivering

Antropogene stoffen

- Pesticiden
- Medicijnen
- Industriële stoffen



Nieuwe uitdagingen voor de drinkwaterzuivering

Opgelost organisch koolstof

- Biopolymeren
- Humus zuren
- Kleine organische stoffen



Algen



Driehoeksmosselen



Humuszuren

Nieuwe uitdagingen voor de drinkwaterzuivering

Nanodeeltjes

- Cosmetische producten, verven/coatings, kleding, voeding



Nieuwe Uitdagingen voor de drinkwaterzuivering

De plastic soep

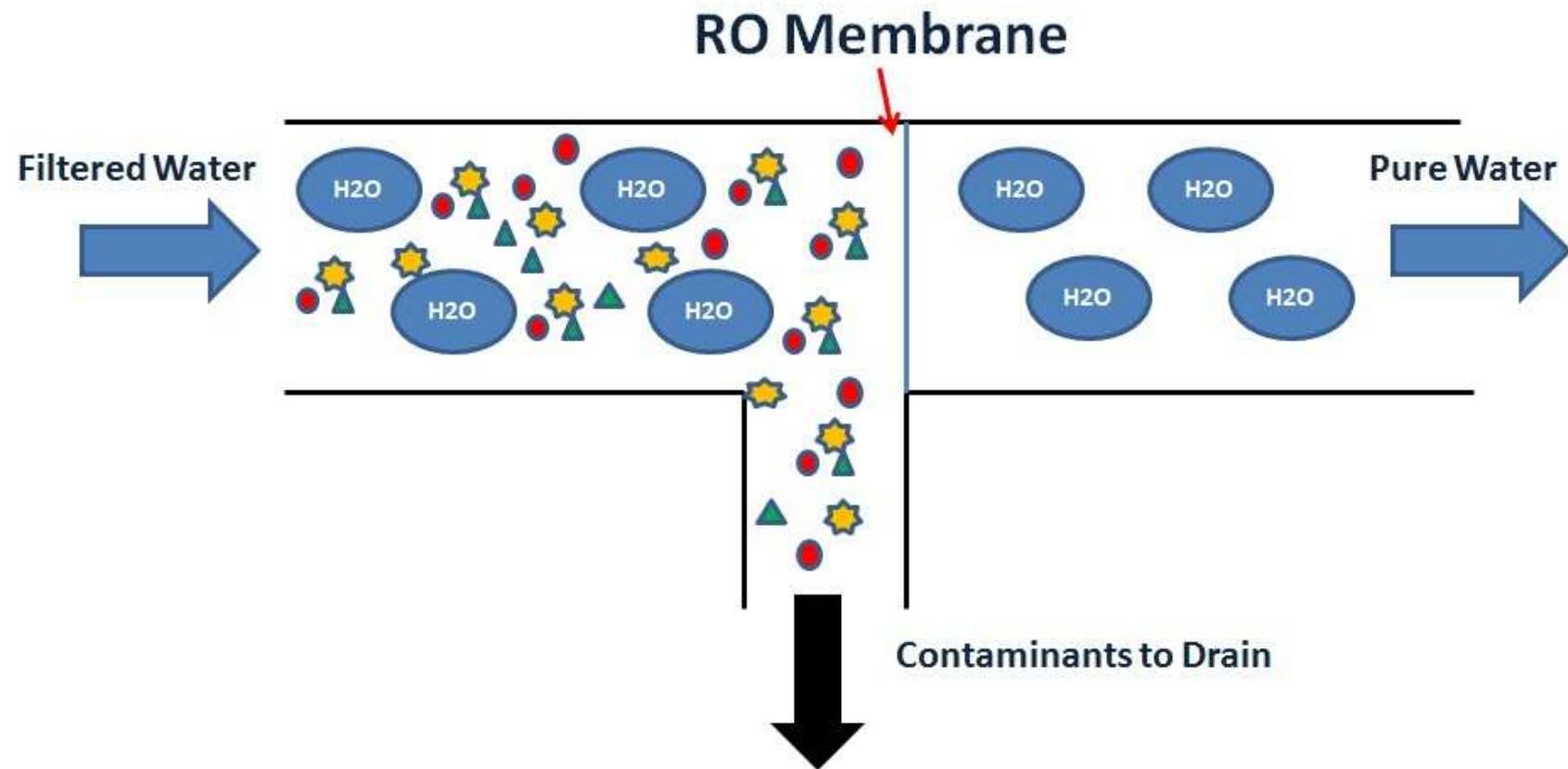


Onderzoek: Membraanfiltratie

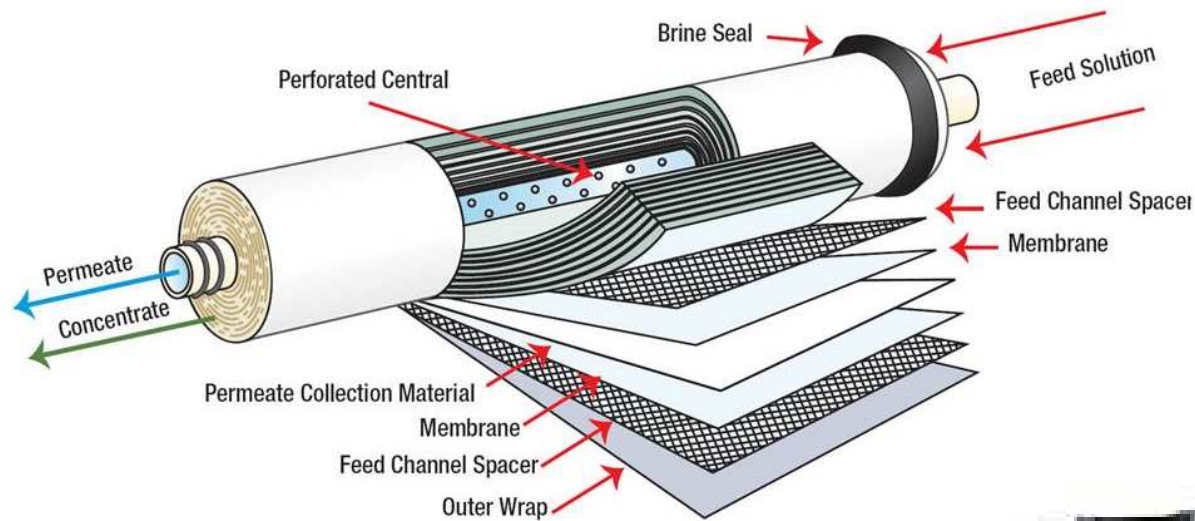
- Filtratie van water door een laag met poriën
- Fysisch principe: “zeefwerking”
- micro > ultra > nano > Omgekeerde Osmose
- → verdergaande verwijdering van opgeloste stoffen



Omgekeerde Osmose



RO modules en systemen



Omgekeerde osmose voor behandeling oppervlaktewater (Heemskerk)



Onderzoek: actiefkoolfiltratie

- Betere adsorptie en omzetting van organische stoffen
 - Antropogene stoffen
- Begrijpen van de biologische activiteit in de filters
- Verbeteren van geur en smaak van het water



Dank U

