



**HOGERE ZEEVAARTSCHOOL ANTWERPEN**

**NAUTISCHE FACULTEIT**

# **Het gebruik en de drinkbaarheid van zoet water aan boord van koopvaardij schepen**

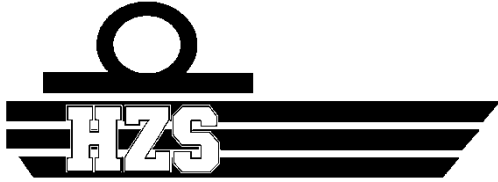
Bart De Vos

Thesis voorgedragen tot het behalen  
van de graad van  
Master in de Nautische Wetenschappen

Promotor: Helen Verstraelen

academiejaar: 2019 - 2020





**HOGERE ZEEVAARTSCHOOL ANTWERPEN**

**NAUTISCHE FACULTEIT**

# **Het gebruik en de drinkbaarheid van zoet water aan boord van koopvaardij schepen**

Bart De Vos

Thesis voorgedragen tot het behalen  
van de graad van  
Master in de Nautische Wetenschappen

Promotor: Helen Verstraelen

academiejaar: 2019 – 2020

## **Woord vooraf**

Deze masterproef kwam tot stand in het kader van het vierde jaar nautische wetenschappen aan de Hogere Zeevaartschool te Antwerpen. In deze masterproef worden de gezondheidsparameters rond drinkbaar water besproken alsook de manieren waarop het water aan boord geproduceerd kan worden. Daarnaast wordt besproken hoe de systemen ervoor zorgen dat het geproduceerde water voldoet aan de vooropgestelde eisen.

In het bijzonder wil ik mijn promotor Helen Verstraelen bedanken voor haar raad en steun tijdens het schrijven van deze masterproef.

Graag wil ik ook mijn vriendin, familie en vrienden bedanken voor hun steun doorheen deze periode.

## **Samenvatting in het Nederlands**

Het doel van deze masterproef is om een beeld te scheppen van de kwaliteit van het drinkwater aan boord, hoe het geproduceerd wordt en of dit water al dan niet kan voldoen aan de strenge eisen die ook aan land gelden voor leidingwater.

Er wordt ook ingegaan op de verschillende eisen die opgelegd worden door diverse instanties en op de technieken die aan boord gebruikt worden om zeewater drinkbaar te maken. Daarnaast wordt gekeken naar alternatieven die gebruikt kunnen worden om drinkbaar water te voorzien aan boord.

Ook worden de gezondheidsrisico's die aan boord een gevaar kunnen vormen worden uitvoerig besproken.

Het werk geeft ook de resultaten van een enquête die werd afgenomen om na te gaan hoe bemanningsleden staan tegenover het drinken van leidingwater aan boord.

## **Abstract in English**

The scope of this work is to take a look at the quality of the drinking water that is produced on board merchant vessels and if this water also meets the strict requirements like those of the municipal water supply ashore.

The different rules and regulations that are enforced by different organisations as well as the different techniques that are used to create drinking water from seawater are discussed. In addition I'll also take a look at the alternatives that can be used to provide the crew with fresh drinking water.

Also the health regulations and health risks that occur when drinking water that is produced out of seawater are discussed.

Finally a survey was conducted to take a closer look at the mentality of the seafarers and how they stand against drinking tap water on board their vessel.

## Inhoudsopgave

Woord vooraf.....	i
Samenvatting in het Nederlands .....	ii
Abstract in English.....	iii
Inleiding.....	1
1 Drinkbaar water .....	2
1.1 Definitie .....	2
1.2 Mineraalwater, leidingwater en flessenwater .....	2
1.3 Drinkwater standaarden .....	2
1.3.1 Water Safety Plan .....	5
1.4 Parameterwaarden .....	10
1.4.1 Chemische parameters .....	12
1.4.2 Microbiologische parameters .....	18
1.4.1 Fysische parameters .....	20
1.5 International Health Regulations .....	24
2 Zoet water- en drinkwater aan boord .....	25
2.1 De productie aan boord .....	25
2.1.1 Voorbehandeling.....	25
2.1.2 Ontziltten.....	26
2.1.3 Nabehandeling.....	37
2.2 Bunkeren van drinkwater.....	43
2.2.1 Risico's beperken .....	43
2.2.2 Bunkeren met een verhoogd risico.....	44
2.3 Opslag in zoetwatertank(s) .....	45
2.4 Verpakt water aan boord .....	47
2.5 Alternatieven aan boord .....	49
2.5.1 Waterdispenser.....	49
2.5.2 Drinkwaterfonteinen .....	50
2.5.3 Gerecycleerd water.....	51

3	Testprocedures aan boord.....	53
3.1	pH test .....	53
3.2	Chloortest.....	54
3.3	Hardheidstest.....	54
4	Gezondheidsrisico's .....	56
4.1	Risico's vervuild water geleverd door de haven .....	56
4.2	Risico's door water dat al aan boord is (kruisbesmetting) .....	57
4.3	Risico's door slecht onderhoud van de tanks en reparaties.....	57
4.4	Risico's door slechte nabehandeling.....	57
4.5	Risico's door de afwezigheid van mineralen.....	59
4.6	Case study .....	59
5	Enquête rond de mentaliteit aan boord .....	62
5.1	Methode.....	62
5.2	Resultaten .....	62
5.3	Conclusie .....	66
6	Conclusie.....	68



## Lijst van tabellen, figuren en diagrammen

### Figuren

Figuur 1	Checklist opgesteld door de International Maritime Health Association .....	9
Figuur 2	Osmose, omgekeerde osmose .....	27
Figuur 3	Opbouw semi-permeabel membraan .....	28
Figuur 4	Overzicht omgekeerde osmose .....	29
Figuur 5	MSF diagram .....	31
Figuur 6	FWG van Alfa Laval .....	33
Figuur 7	Fresh water generator aan boord Ile de Sein .....	35
Figuur 8	Geoxideerde en verstopte platen uit een warmtewisselaar .....	37
Figuur 9	“Mineraliser” aan boord van containerschip Violetta.....	39
Figuur 10	Calciumcarbonaat.....	39
Figuur 11	Chloorvat met pomp.....	40
Figuur 12	UV ontsmetting.....	42
Figuur 13	pH kleuren pallet .....	54

### Tabellen

Tabel 1	Maximale parameterwaarden opgelegd door verschillende instanties vergeleken met zeewater .....	11
---------	---	----

### Diagrammen

Diagram 1	Klachten ervaren door zeevarenden die leidingwater dronken .....	58
Diagram 2	Redenen waarom de bemanning aan boord geen leidingwater drinkt .....	63
Diagram 3	Waarom zeevarenden zich niet comfortabel voelen bij het drinken van leidingwater als het de enige bron van water aan boord is.....	63
Diagram 4	Waarom zeevarenden zich wel comfortabel voelen bij het drinken van leidingwater als het de enige bron van water aan boord is.....	64
Diagram 5	Waarom zeevarenden flessenwater verkiezen boven leidingwater .....	65
Diagram 6	Waarom zeevarenden leidingwater verkiezen boven flessenwater.....	65

## **Lijst van afkortingen**

FWG	Freshwater Generator
GDWQ	Guidelines for Drinking Water Quality
IHR	International Health Regulations
IMHA	International Maritime Health Association
MED	Multiple Effect Distillation
MLC	Maritime Labour Convention
MSF	Multi Stage Flash
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
PMS	Planned Maintenance System
TDS	Total Dissolved Solids
TTC	Taste Threshold Concentration
WHO	World Health Organisation
WSP	Water Safety Plan

## **Inleiding**

Water zuiveren om het drinkbaar te maken is geen recente ontwikkeling. De eerste waterfilters dateren van de 15<sup>de</sup> eeuw voor Christus en in de 18<sup>de</sup> eeuw werd voor het eerst water gezuiverd aan boord van schepen [25,40]. Vandaag de dag wordt steeds vaker zeewater omgezet in drinkbaar water. Bijvoorbeeld in de Verenigde Arabische Emiraten is 42% van al het gebruikte water afkomstig van ontziltingsinstallaties [87]. Ook aan boord van koopvaardij schepen wordt zeewater nog steeds omgezet in drinkbaar water om de overtochten over de oceaan te kunnen overbruggen zonder op voorhand grote hoeveelheden water in te moeten slaan. Voor de productie van drinkwater kunnen verschillende installaties gebruikt worden. Deze moderne installaties doen hetzelfde als de allereerste installaties, namelijk het verwijderen van onzuiverheden in het water [25,39]. Technologische vooruitgang in de gebruikte materialen zorgen voor een grotere opbrengst en betere zuivering maar het onderliggende principe blijft hetzelfde.

Water moet vandaag de dag voldoen aan allerlei parameterwaarden alvorens het als drinkbaar beschouwd kan worden, hieronder valt ook het aan boord geproduceerde water. Deze voorwaarden zijn afhankelijk van land tot land maar moeten steeds voldoen aan de minimale standaarden die opgesteld werden door de Wereldgezondheidsorganisatie [100]. Controles aan boord, door zowel bemanning als labo's aan de wal, zorgen ervoor dat aan de vooropgestelde eisen voldaan wordt [97].

Drinkwater in grote hoeveelheden stockeren brengt risico's met zich mee, onder andere bacteriologische verontreiniging kan grote gevolgen hebben voor de gezondheid van de bemanning [71]. Om deze reden moet het water aan boord na de productie ervan behandeld om de gezondheidsrisico's te beperken.

Ondanks uitvoerige maatregelen en controles die worden uitgevoerd blijkt uit eigen ervaring dat de meeste bemanningsleden niet overtuigd zijn dat het geproduceerde water veilig is om te drinken.

---

## **1 Drinkbaar water**

### **1.1 Definitie**

Drinkbaar water is water dat geschikt is voor menselijke consumptie en bruikbaar is voor de bereiding van voedsel [20].

### **1.2 Mineraalwater, leidingwater en flessenwater**

Een onderscheid dient gemaakt te worden tussen mineraalwater, leidingwater en flessenwater. In België wordt onder natuurlijk mineraalwater hetzelfde verstaan als bronwater [12]. Bronwater is rechtstreeks afkomstig uit een bron die gevormd wordt door een of meerdere waterbekkens en mag niet worden bewerkt, met uitzondering van toegestane behandelingen zoals desinfectiebehandelingen. Het is niet toegestaan om extra mineralen toe te voegen door de fabrikant. Bronwater is niet het zuiverste water zoals vaak beweerd wordt, doordat het net een groot aantal mineralen bevat die eigen zijn aan de bron waaruit het afkomstig is. Vaak voldoet het bronwater niet aan de strikte drinkwaterstandaarden (zie 1.3 Drinkwater standaarden) waaraan leidingwater wel aan moet voldoen. De standaarden voor bronwater zijn beperkt tot een aantal waarvan een overschrijding een risico voor de volksgezondheid zou kunnen betekenen [12].

Naast bronwater bestaat er flessenwater, in België zijn deze minder gekend maar bijvoorbeeld in de Verenigde Staten komt dit vaker voor. Flessenwater is water dat verschillende oorsprongen kan hebben, zo kan het gezuiverd en behandeld rivierwater zijn maar ook gewoon leidingwater waaraan al dan niet extra mineralen toegevoegd zijn [7]. Waarschijnlijk is door het grote aantal bronnen in België en buurlanden het gewone flessenwater minder relevant voor de Belgische consument.

Als laatste is er nog het leidingwater, dit is water dat volledig voldoet aan de drinkwaterstandaarden (zie 1.3 Drinkwater standaarden) en geschikt is voor consumptie voor elke inwoner van elke leeftijdsgroep [83].

### **1.3 Drinkwater standaarden**

De drinkwater standaarden zijn door de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) vastgelegd in de Guidelines for drinking water quality (GDWQ) [100]. Deze richtlijnen werden voor het

---

---

eerst in het leven geroepen in 1958 met als primaire doel om de instanties verantwoordelijk voor de volksgezondheid te assisteren in het opstellen van een drinkwaterbeleid. Vandaag de dag zijn de richtlijnen minder gericht op het opstellen van een beleid maar meer op het beperken van verschillende parameterwaarden die de drinkwaterkwaliteit negatief kunnen beïnvloeden.

Drinkbaar water, zoals gedefinieerd door de GDWQ, vormt geen aantoonbaar risico voor de gezondheid na de levenslange consumptie ervan, ook niet gedurende de periodes waarin de persoon een minder ontwikkeld of verzwakt immuunsysteem heeft. Onder deze laatste groep vallen voornamelijk jonge kinderen, ouderen en zieken [100].

De GDWQ bestaan grotendeels uit parameterwaarden (Tabel 1) en hoe deze parameterwaarden een invloed uitoefenen op de kwaliteit van het drinkwater. De richtlijnen worden niet opgelegd door de WHO maar vormen eerder een leidraad die landen in staat stelt om een beleidsplan uit te schrijven of aan te passen om hun drinkwatervoorziening veiliger te maken voor hun bevolking. Het is dus aan het land zelf om studies uit te voeren en zelf te beslissen welke van de parameters relevant zijn voor hun grondgebied. Aangezien de richtlijnen niet bindend zijn is elk land vrij om extra maatregelen op te leggen of parameterwaarden te verstrengen. De hoofdreden waarom de WHO niet pleit voor één internationale standaard is dan ook dat elk land in staat moet zijn haar eigen risico-batenanalyse te maken en uit deze analyse een beleidsplan moet opstellen dat afgestemd is op het land in kwestie [100]. Een risico-batenanalyse neemt de parameters die natuurlijk voorkomen in het drinkwater mee in rekening. Op deze manier is een land in staat om voor zichzelf te beslissen hoe noodzakelijk het is om maatregelen te nemen om specifieke stoffen uit het water te filteren en vervolgens ook testen uit te voeren die aantonen dat de filter het gewenste resultaat levert. Wanneer landen ervoor kiezen om zelf geen beleidsplan uit te schrijven wordt beroep gedaan op de standaarden zoals deze in de GDWQ worden voorgeschreven [100].

De scheepvaart is een internationaal gebeuren, schepen kunnen overal ter wereld aanmeren maar kunnen nooit voldoen aan al de verschillende standaarden die door de verschillende landen worden opgelegd. Daarom nemen de schepen de drinkwaterstandaarden over zoals deze zijn uitgeschreven door de vlaggenstaat van het schip. Wanneer de vlaggenstaat zelf geen standaarden heeft uitgeschreven is het schip verplicht om de standaarden zoals

---

---

uitgewerkt door de WHO in de GDWQ over te nemen [97]. Dit is om de veiligheid van de bemanning en van de internationale havens waar de meeste schepen in aanmeren te garanderen. Aan boord van schepen is het grootste gevaar een bacteriële verontreiniging (zie 1.4.2 Microbiologische parameters) [97]. Verontreiniging door chemicaliën kan ook een gevaar vormen voor de gezondheid. Deze verontreinigingen zijn aan land doorgaans afkomstig van langbouwpesticiden of accidentele lozingen in meren of rivieren. Het gaat dan om een grote concentratie die een klein gebied raakt. Op open zee zijn deze verontreinigingen niet of amper waarneembaar en hebben ze geen waarneembare impact op de productie aan boord [97]. Om de veiligheid aan boord te garanderen eist de Maritime Labour Convention (MLC) dat de vlaggenstaat aan boord controles uit voert en erop toe ziet dat het water aan boord voldoet aan de voorgeschreven standaarden [56].

De GDWQ zijn door de WHO opgesteld met als doel dat elk land een kader opstelt dat gebaseerd is op hun GDWQ. Dit kader helpt het land in kwestie om op een preventieve manier het drinkwater te beheren en wordt opgebouwd uit drie grote onderdelen [100]:

1. Gezondheid gerelateerde standaarden en doelen voor de waterkwaliteit. Deze doelen worden per land of per regio opgesteld door de lokale autoriteiten en zijn, zoals hierboven reeds vermeld, steeds gebaseerd op de standaarden uit de GDWQ.
2. Een Water Safety Plan (WSP), dit is een tool die ontworpen is door de WHO om de risico's van een watersysteem te analyseren en te managen. (zie 1.3.1 Water Safety Plan)
3. Toezicht op het correct implementeren van het WSP.

Uit bovenstaande onderdelen is enkel het tweede (WSP) terug te vinden aan boord van koopvaardij schepen. Het eerste en laatste onderdeel, vallen onder de verantwoordelijkheid van de vlaggenstaat. Dit blijkt uit de Maritime Labour Convention die schrijft dat elke lidstaat wetten, regels of andere maatregelen moet nemen om minimale standaarden vast te leggen voor drinkwater aan boord [45]. Enkel de implementatie van een Water Safety Plan valt onder de verantwoordelijkheid van de reder.

Niet alleen de schepen moeten voldoen aan de minimale standaarden zoals voorgeschreven in de GDWQ maar ook elke haven die drinkwater levert moet voldoen aan deze standaarden, ook wanneer het land zelf deze richtlijnen niet volgt. Ook hier geldt dat als de lokale

---

wetgeving strengere eisen oplegt dan deze voorgeschreven door de WHO, de haven verplicht is deze te volgen [97]. Het naleven van de richtlijnen zorgt ervoor dat water uit de haven betrouwbaar en veilig is voor zowel de passagiers als de bemanning.

### **1.3.1 Water Safety Plan**

Het doel van het WSP is het kunnen garanderen van een correct functionerend drinkwatersysteem. De WHO omschrijft het als de meest effectieve manier om de veiligheid van het drinkwater te garanderen en is gebaseerd op verschillende risico management principes, voornamelijk op het “multiple-barrier” [97].

Een WSP bestaat uit drie onderverdelingen:

1. Een overzicht en risicoanalyse van het drinkwatersysteem.
2. Operationele controle van het drinkwatersysteem
3. Controle en verificatie

De WHO raadt elke producent van drinkwater aan om een WSP op te stellen, hieronder vallen ook de koopvaardij schepen.

#### **a) Overzicht en risicoanalyse van het drinkwater systeem**

De risicoanalyse heeft als doel na te gaan of het gehele systeem de gewenste kwaliteit kan leveren en dus kan voldoen aan de standaarden die opgelegd zijn door de vlaggenstaat. Tijdens de risicoanalyse wordt gekeken naar alle kritische punten van het systeem. Op deze kritische punten kan het drinkwater op verschillende manieren vervuild geraken: tijdens het bunkeren van drinkwater (zie 2.2 Bunkeren van drinkwater), tijdens de productie ervan (zie 2 Zoet water- en drinkwater aan boord) of zelfs tijdens distributie van het water aan boord (zie 2.3 Opslag in zoetwatertank(s)). Elk kritisch punt moet worden opgenomen in de risicoanalyse en later in het WSP. De vervuiling kan telkens zowel chemisch, biologisch of fysisch (bv. zand) zijn. Hoewel het gezondheidsrisico bij een afwijkende chemische parameter eerder gering is, wordt deze toch in rekening gebracht omdat de zeevarenden gedurende lange periodes blootgesteld kunnen worden aan deze vervuiling. In alle gevallen moet het water wanneer het de eindgebruiker bereikt voldoen aan de standaarden meegegeven door de WHO, of indien strenger, aan de standaarden opgelegd door de

---

---

vlaggenstaat. Hoe het water aan boord komt bepaalt mee de gevaren waaraan het water wordt blootgesteld (zie 4 Gezondheidsrisico's). Ook de gebruikte materialen zoals pompen en hydroforen<sup>1</sup>, het onderhoud van de tanks en de gebruikte armaturen kunnen een rol spelen in het beperken van het risico op verontreiniging aan boord [97].

### **b) Operationele controle van het drinkwatersysteem**

Dagelijkse controles van het drinkwatersysteem moeten worden uitgevoerd om aan te tonen dat het water nog steeds voldoet aan de standaarden. Parameters zoals pH, chloorgehalte en hardheid worden dagelijks getest (zie 3 Testprocedures aan boord) en geven weer of het desinfecteren van het drinkwater optimaal verloopt. Andere controles omvatten het vervangen en terugspoelen van filters, doorspoelen van leidingen die niet vaak gebruikt worden etc. Deze controles worden steeds aangegeven door het "Planned Maintenance System" (PMS) en zijn afhankelijk van de gebruikte filterinstallatie. Het is belangrijk dat elke operationele controle zo snel mogelijk een resultaat geeft zodat er bij afwijkende waarde direct maatregelen kunnen genomen worden om het probleem te verhelpen [97]. Dit is hoogstwaarschijnlijk een van de redenen waarom aan boord geen bacteriologisch onderzoek wordt uitgevoerd. Naast de complexiteit van zo'n onderzoek levert het ook pas resultaat na ten vroegste 24u waardoor het water waarschijnlijk reeds geconsumeerd werd voordat de test uitsluitsel kan geven [90]. Naast vaste controles is er ook steeds de 'sociale controle' van andere bemanningsleden aan boord. Het gaat hier om de kleur, geur en smaak van het water (zie 1.4.3 Fysische parameters). Dit zijn subjectieve parameters en kunnen aan boord moeilijk gemeten worden maar een verandering in een van deze parameters kan wel opgemerkt worden. Het belangrijkste is hier dat ze aanvaardbaar zijn voor de bemanning [97]. Sommige schepen kunnen door de vlaggenstaat verplicht worden om extra controles uit te voeren, indien dit het geval is moet dit ook opgenomen worden in het WSP [97].

Wanneer er zich verontreiniging van het drinkwater voordoet moeten de personen die daar hinder van kunnen ondervinden (doorgaans heel de bemanning) op de hoogte gebracht worden. Op dat moment moeten er maatregelen genomen worden om het drinkwater terug

---

1 Toestel dat gebruikt wordt om de waterleidingen onder druk te houden

---



---

te laten voldoen aan de normen of moet er een andere bron van drinkwater voorzien worden, deze laatste oplossing lijkt in vele gevallen ook de meest praktische oplossing. Er kan tijdelijk overgeschakeld worden op flessenwater tot het probleem met de waterinstallatie verholpen is. De extra voorraad aan flessenwater die daarvoor nodig is, moet verplicht aan boord zijn onder de MLC [45] (zie 2.4 Verpakt water aan boord). De maatregelen die aan boord genomen worden kunnen variëren van een extra ontsmetting van het water bijvoorbeeld door meer chloor toe te voegen tot de gehele watertank leeg pompen en ontsmetten. Soms kan enkel het vervangen van een filter of klep al voldoende zijn om het systeem opnieuw correct te doen functioneren. Welke maatregel het best geschikt is voor de situatie aan boord zal afgeleid kunnen worden uit het WSP [97].

### **c) Controle en verificatie van het systeem**

Het grootste risico op besmetting van het drinkwater is wanneer het water in contact komt met bacteriën. In het bijzonder wordt er gekeken naar de bacteriën die voorkomen in uitwerpselen (bv. E. Coli, zie 1.4.2 Microbiologische parameters). Om deze bacteriën op te sporen is een bacteriologisch onderzoek nodig. Dit onderzoek kan niet uitgevoerd worden aan boord en zal steeds door een externe firma gebeuren. Het bacteriologisch onderzoek gaat doorgaans samen met een volledig chemisch onderzoek waarin getest wordt op een groot aantal parameters (zie 1.4 Parameterwaarden). Het onderzoek is verplicht door de vlaggenstaat en wordt doorgaans jaarlijks uitgevoerd, de frequentie hiervan wordt ook bepaald door de vlaggenstaat en staat neergeschreven in het WSP. Uit dit onderzoek zal blijken of de tanks en het gehele watersysteem aan boord nog voldoen aan alle normen zoals deze opgesteld zijn door de vlaggenstaat [97,100]. Naast de verplichte controles wordt hier vastgelegd hoe lang de resultaten van alle controles, zowel deze aan boord als deze uitgevoerd door een externe firma, bijgehouden moeten worden [97]. Het is belangrijk dat de firma die de testen uitvoert aan boord daarvoor gecertificeerd is en de internationale sampling procedures volgt zoals beschreven in ISO 19458. Dit is van groot belang omdat men op deze manier in staat is om resultaten van verschillende labo's te vergelijken [97]. Het is tijdens een onafhankelijke analyse niet verplicht om telkens op elke parameter te testen. Als voorbeeld kan de Franse overheid genomen worden, zij hebben als vlaggenstaat één grote analyse opgesplitst in twee kleinere analyses. De frequentie waarmee deze analyses moeten

---

uitgevoerd worden is afhankelijk van de hoeveelheid water die aan boord gebruikt wordt [70].

Onder controle en verificatie van het systeem valt ook het bijwerken van het WSP. Door een periodieke controle uit te voeren, blijft het WSP accuraat en raakt het niet verouderd. De frequentie waarmee het WSP moet geactualiseerd worden staat neergeschreven in het WSP zelf. Deze controle kan in principe worden uitgevoerd door de bemanning zelf.

Om zeevarenden hierin bij te staan werd een checklist (Figuur 1) opgemaakt door de International Maritime Health Association (IMHA). Deze checklist geeft de officier in eerste instantie een overzicht van de maatregelen die genomen dienen te worden bij het bunkeren van drinkwater. Ook stelt het de officier op een later tijdstip in staat om de oorsprong van een eventuele vervuiling die opgetreden is te identificeren [31].

---

Ship's name \_\_\_\_\_ IMO/Official number \_\_\_\_\_

Port's of water loading name \_\_\_\_\_ Country \_\_\_\_\_

Date of water sampling \_\_\_\_\_

Sampling via:  Hose  Water barge  Hose/Hydrant

Potable water document issued by Port authority  Yes  No  
(if yes, please attach a copy)

Are hoses/couplings owned by the ship?  Yes  No

Are hoses/couplings labeled "for potable water only"?  Yes  No

Are hoses/couplings stored in dedicated lockers?  Yes  No

Is the piping of the potable water system indicated by a colour?  
(should be blue, or striped with blue bands, or a light blue stripe at fittings)  Yes  No

Are hoses/couplings disinfected before use?  Yes  No  
(if yes, please specify the disinfectant used and its concentration)

disinfectant \_\_\_\_\_ concentration \_\_\_\_\_ [mg/L]

Please fill in the following table on the characteristics of the tanks on board:

	Tank 1	Tank 2	Tank 3	Tank 4	Tank 5
Type of water	_____	_____	_____	_____	_____
Capacity of water contained	_____	_____	_____	_____	_____
Material of tank	_____	_____	_____	_____	_____
Is the tank insulated?	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
Location close to chemicals, fuel, bilge well, etc.	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
Average days of storage in the tank	_____	_____	_____	_____	_____
When was the tank last cleaned and disinfected	Date _____ <input type="checkbox"/> Not known	Date _____ <input type="checkbox"/> Not known	Date _____ <input type="checkbox"/> Not known	Date _____ <input type="checkbox"/> Not known	Date _____ <input type="checkbox"/> Not known

(if there are other tanks on board, please provide information also about them)

Is water produced on board?  Yes  No

If yes, it is by:  
 Reverse osmosis  Evaporation techniques  Distillation  
 UV  Other (specify) \_\_\_\_\_

Is the free chlorine residual routinely checked?  Yes  No

If yes, how frequently?  
 Weekly  Fortnightly  Monthly  
 Other (specify) \_\_\_\_\_

Is there a designed crew member to analyse free chlorine residual?  Yes  No

Is the free chlorine residual value registered?  Yes  No

If the free chlorine residual value is less than 0.2 mg/L, what are the remedial actions applied?  
(please indicate) \_\_\_\_\_

Is bottled mineral water used on board?  Yes  No  Sometimes

If yes, where is it stored? \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_ Signature \_\_\_\_\_  
Rank of the signing person \_\_\_\_\_

Figuur 1 Checklist opgesteld door de International Maritime Health Association

Bron: International Maritime Health (2013) [29]

---

## 1.4 Parameterwaarden

Tabel 1 toont de parametervoorwaarden waarop getest wordt tijdens een analyse door een gespecialiseerd labo. De lijst in tabel 1 is een selectie uit de volledige lijst van de WHO, en is gebaseerd op de parameters waarop getest wordt aan boord van de Ile De Sein<sup>2</sup>. De volledige lijst met parameterwaarden, zoals gepubliceerd door de WHO is bijgevoegd in bijlage 1. In tabel 1 is niet voor elke parameter een waarde meegegeven door de WHO. De uitgebreide lijst in bijlage 1 bevat telkens de reden van de WHO waarom besloten werd een bepaalde parameter niet op te nemen. Doorgaans wordt er geen waarde meegegeven wanneer de chemische stof niet in gevaarlijke hoeveelheden in drinkwater wordt teruggevonden of wanneer er niet genoeg gegevens beschikbaar zijn om een richtlijn mee te geven [89,100]. In tabel 1 wordt naast de opsomming ook de vergelijking gemaakt met de waarden zoals deze voorgeschreven zijn in de Belgische wetgeving. Het is belangrijk om een duidelijk onderscheid te maken tussen de richtlijnen meegegeven door de WHO en de richtlijnen vastgelegd in bijvoorbeeld de Belgische wetgeving. De GDWQ zoals uitgegeven door de WHO richten zich voornamelijk op het gezondheidsaspect. Maar enkel het gezondheidsaspect is niet voldoende om water aanvaardbaar te maken voor consumptie. Naast gezondheid is ook smaak en kleur van belang (zie 1.4.3 Fysische parameters) en afwijkende waarden hiervan hangen niet noodzakelijk samen met een gezondheidsrisico maar leiden wel tot het afkeuren van het water voor consumptie. Een voorbeeld hiervan is natrium. De WHO geeft hiervoor geen richtlijn mee, toch schrijft de Belgische wetgeving een maximum van 200 mg/l voor omdat vanaf deze waarde de smaak beïnvloed wordt door het natrium in het water [100]. Naast de GDWQ en de Belgische norm staat een analyse van zeewater. Deze kolom wordt meegegeven om het duidelijk verschil in onzuiverheden aan te tonen.

---

2 In het kader van dit werk werd een bezoek gebracht aan de kabellegger Ile De Sein. Het schip beschikt over een volledig waterzuiveringssysteem gekoppeld aan zeven drinkwaterfonteinen die verspreid staan over het gehele schip. Deze fonteinen dienen als primaire waterbron voor de bemanning. Er wordt gebruik gemaakt van herbruikbare drinkwaterflessen in plaats van plastic flessen.

---

Tabel 1 Maximale parameterwaarden opgelegd door verschillende instanties vergeleken met zeewater  
Bron: samengesteld uit Guidelines for drinking water quality, Belgisch staatsblad en Nutrients in drinking water [9,89,100]

Chemische parameters	WHO standaard [100]	Wettelijke norm (België) [9]	Zeewater analyse [89]	Eenheid
pH	-	>6,5 en <9,2	7,8 – 8,2	pH-eenheid
Vrije chloor	5	0,25	18980	mg/l
Nitriet	3	0,1	-	mg/l
Nitraat	50	50	-	mg/l
Ammonium	-		-	mg/l
Ijzer	-	0,2	0,01	mg/l
Lood	0,01		0,00005	mg/l
Aluminium	0,9		0,01	mg/l
Hardheid	-	675	6630	mg/l
<b>Fysische parameters</b>				
Temperatuur	-	25°C	-	°C
Kleur	Geen	20mg/l	-	Pt/Co schaal2
Geleidbaarheid	-	2,1	50	mS/cm
Geur	Aanvaardbaar voor de gebruiker	Aanvaardbaar voor de verbruikers en geen veranderingen	-	
Troebelingsgraad	-	1,0	-	NTU3
Smaak	Aanvaardbaar voor de gebruiker	Aanvaardbaar voor de verbruikers en geen veranderingen	-	

1. Naast deze maximumwaarden moet de  $[\text{nitraat}]/50 + [\text{nitriet}]/0,5 \leq 1$  waarbij de rechte haken staan voor de concentratie van de stof in mg/l
2. De platina - kobalt schaal is de standaard kleurenschaal die gebruikt wordt voor het testen van vloeistoffen. De schaal gaat van 0 – 500 en geeft het aantal mg/l platina kobalt in het water weer.
3. “Nephelometric Turbidity Unit” is een maat voor de troebelheid van een vloeistof. 1mg/l opgeloste deeltjes komt overeen met 3 NTU.

Tabel 1 (vervolg)

Bacteriologische parameters	WHO standaard [100]	Wettelijke norm (België) [9]	Zeewater analyse [55]	Eenheid
Totale coliformen	0	0	-	#/100ml
Escherichia coli	0	0	-	#/100ml
Enterococcen	0	0	-	#/100ml
Pathogene micro-organismen en parasieten	0	0	-	#/100ml

### 1.4.1 Chemische parameters

#### pH

De pH waarde van het drinkwater is een belangrijke operationele parameter. Een correcte pH waarde is essentieel voor een goede waterbehandeling. Zo moet het water idealiter een pH hebben die lager ligt dan 8 om chloor als desinfectiemiddel optimaal te kunnen gebruiken. Wanneer de pH dan weer te laag ligt ( $<7$ ), is er een verhoogd risico dat het water een agressief gedrag zal tonen naar de leidingen met corrosie tot gevolg. Dit kan leiden tot een verhoogde concentratie van ongewenste mineralen die onttrokken worden aan de leidingen. Deze mineralen kunnen op hun beurt zorgen voor een verandering in smaak en kleur van het water, zo is er de okerkleurige afzetting die vaak te zien is oudere huizen. Deze is afkomstig van ijzer dat door een te lage pH gecorrodeerd wordt en nadien afgezet wordt op de sanitaire toestellen.

De optimale pH tijdens de behandeling van drinkwater zal afhankelijk zijn van hoe de installatie is opgebouwd. De uiteindelijke waarde die gemeten wordt aan de kraan zal afhankelijk zijn van het distributienet en de materialen die daarin gebruikt zijn, doorgaans liggen deze waarden tussen 6,5 en 9,5 [97]. Waarden die buiten deze marge liggen komen in de natuur niet voor in drinkwater. De WHO geeft dan ook geen richtlijn mee omdat de pH schommelingen in drinkwater geen invloed hebben op de gezondheid van de gebruiker [100]. Wanneer aan boord toch extreme waarden of grote afwijkingen worden waargenomen dan wijst dit op een defect in het waterzuiveringssysteem. Hier wordt het belang van een dagelijkse controle duidelijk, een plotse verandering van bijvoorbeeld 8 naar

7 heeft nagenoeg geen invloed op de bemanning maar duidt wel op een probleem in het systeem aan boord. Het meten van de pH waarde is dan ook één van de testen die dagelijks aan boord moeten uitgevoerd worden (zie 3 Testprocedures aan boord) [11,97,100].

### **Vrije chloor**

Chloor wordt zowel in drinkwater als in het dagelijkse leven gebruikt als een manier om te ontsmetten. Naast het gekende gebruik in zwembaden is het gebruik in drinkwater minstens even belangrijk. Met water zal chloor reageren en kan het twee vormen aannemen, waterstofhypochloriet (HClO) of hypochloriet (ClO<sup>-</sup>). Beide zijn in staat om micro-organismen te doden door cellen van de bacteriën te vernietigen. De vernietiging van deze cellen zorgt ervoor dat de bacterie sterft en onschadelijk gemaakt wordt. Het verschil tussen HClO en ClO<sup>-</sup> is de tijd die het duurt om de bacteriën onschadelijk te maken, HClO is zeer effectief en doodt de organismen in het water in enkele seconden, ClO<sup>-</sup> daarentegen doet er ongeveer 30 minuten over om hetzelfde organisme te doden [42,100]. Hoeveel er van elk gevormd wordt is afhankelijk van een aantal factoren zoals temperatuur en de pH van het water. Idealiter ligt deze tussen 7 en 8. Chloor is een actief ontsmettingsmiddel, dit wil zeggen dat wanneer er chloor toegevoegd wordt aan water, de concentratie doorheen de tijd zal veranderen. Tijdens een chloor meting wordt daarom ook niet de hoeveelheid chloor gemeten in het water maar de hoeveelheid vrije chloor. Vrije chloor kan beschreven worden als de concentratie van de combinatie van HOCl en ClO<sup>-</sup> in het water [104]. Deze concentratie moet volgens de WHO steeds lager zijn dan 5mg/l. Deze waarde is de NOAEL (no observed adverse effect level) waarde. Tot aan deze waarde worden er geen effecten op het lichaam waargenomen. De norm, wanneer vergeleken met de Belgische wetgeving, is in de GDWQ twintig keer zo groot. De verklaring hiervoor is terug te leiden tot de sterke kenmerkende geur die zich voordoet wanneer water een concentratie van meer dan 0,25mg/l aan vrije chloor bevat [100]. De Belgische norm heeft hier dus niets te maken met de gezondheidsrisico's.

Om aan te kunnen tonen dat het water weldegelijk ontsmet is moet er steeds tussen de 0,2 en 0,5mg/l vrije chloor aanwezig zijn in het water (zie 2.1.3(b) Ontsmetting met chloor). De

---

chloorwaarden in het drinkwater testen is een van de tests die aan boord dagelijks gebeuren (zie 3 Testprocedures aan boord).

### **Nitriet en nitraat**

Nitraat is een van de bouwstenen die planten gebruiken om te groeien, het komt van nature voor in de bodem. Voornamelijk de ontwikkeling van bladeren vraagt veel nitraten [100].

Nitriet komt in minder grote concentraties voor. Wanneer nitriet terug te vinden is in de grond of in waterleidingen dan duidt dit doorgaans op een zuurstofarm milieu. Kunstmest bevat vaak grote hoeveelheden aan nitraat om planten te voorzien van de nodige voedingsstoffen. Niet onverwacht komt de mens het meest in aanraking met nitraten door het consumeren van vlees en groenten. Toch draagt drinkwater in sommige gevallen sterk bij tot de dagelijkse inname van nitraat en nitriet. De laatste jaren is er veel onderzoek gedaan naar de invloed van zowel nitraten als nitriet in voeding maar dit zonder een sluitend resultaat. Er zijn studies die aantonen dat nitrieten in verwerkt vlees een verhoogd risico op kanker kunnen teweegbrengen [102]. Maar andere studies komen tot de conclusie dat ze een positieve invloed hebben op het cardiovasculair systeem [19]. Omdat de resultaten nogal uiteenlopend zijn kan geen dagelijks aangeraden hoeveelheid worden vastgelegd [13]. Ondanks de onzekerheid die heerst rond beide ionen zijn door de WHO toch richtlijnen vastgelegd voor de hoeveelheid nitraat en nitriet (50mg/l en 3mg/l) er mag voorkomen in het drinkwater. Deze richtlijnen zijn tot stand gekomen omdat, er zich toxische effecten kunnen voordoen bij het deel van de bevolking waar het immuunsysteem verzwakt is (ouderen en jonge kinderen die met de fles gevoed worden) [100].

Nitraat en nitriet worden beiden getest in een gespecialiseerd labo aan de wal.

### **Ammonium**

Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) is het geconjugeerde zuur van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en ontstaat uit de reactie tussen ammoniak en water. De hoeveelheid ammoniak die wordt omgezet in ammonium is afhankelijk van de pH en de temperatuur van het water. Zo zal er bij water met een pH van 7 en een temperatuur van  $10^\circ\text{C}$  ongeveer 99,8% van de ammoniak omgezet worden in ammonium [6]. Omdat de reactie zoveel naar één kant ligt wordt er tijdens onderzoek

---



---

steeds gezocht naar de hoeveelheid ammonium in plaats van de hoeveelheid ammoniak. Toxische effecten van ammoniak zijn pas waar te nemen vanaf 200mg/kg lichaamsgewicht en vormt geen gevaar voor de gezondheid in drinkwater omdat het natuurlijk in verwaarloosbare hoeveelheden voorkomt (< 0,2mg/l) [100]. Toxische effecten die waargenomen worden liggen sterk uiteen en kunnen variëren van vermoeidheid tot een coma en uiteindelijk overlijden. Gebieden waar wel verhoogde waarden ammoniak waargenomen worden zijn voornamelijk landbouwgebieden. Daar wordt ammoniak gebruikt als meststof, ook is ammoniak terug te vinden in de uitwerpselen van dieren die doorgaans leven in landbouwgebieden. Om deze laatste reden kan de concentratie ammonium gebruikt worden als een indicatorparameter die weer geeft of het water al dan niet in aanraking is gekomen met uitwerpselen van dieren [37]. De hoeveelheid gemeten ammonium moet lager liggen dan 0,1mg/l [70]. Ammonium is hier een indicatorparameter en is dus niet gezondheid gerelateerd. Net om deze reden geeft de WHO geen richtlijn mee in de GDWQ [100]. Op de hoeveelheid ammonium wordt aan boord niet getest, deze tests worden uitgevoerd door een gespecialiseerd labo. De tijd tussen twee labo controles staat neergeschreven in het WSP (zie 1.3.1 Water Safety Plan).

## IJzer

IJzer en/of verbindingen die ijzer bevatten zijn noodzakelijk in het menselijk lichaam voor bijvoorbeeld het transport van zuurstof doorheen het lichaam (hemoglobine) [38]. Een van de meest gekende gevolgen van een tekort aan ijzer (< 12g/dl voor vrouwen en < 13g/dl voor mannen) in het bloed is bloedarmoede maar het kan ook leiden tot een verminderde mentale en motorische ontwikkeling [89,94]. IJzertekort is de meest voorkomende voedingsstoornis ter wereld en is vooral toe te wijzen aan een niet gevarieerd dieet [46]. Een dieet moet een persoon in staat stellen om de dagelijks aangeraden hoeveelheid van 9mg op te nemen. Dit komt niet enkel overeen met de hoeveelheid die binnenkomt via voeding maar hangt af van de biologische beschikbaarheid<sup>3</sup>. Welk percentage dit is hangt dan weer af van het type voeding en de manier waarop het bereid is [10,103]. IJzer komt ook voor in de

---

<sup>3</sup> De biologische beschikbaarheid is een term die aangeeft hoeveel procent van de werkzame stof (in dit geval ijzer) wordt opgenomen door het lichaam.

---

grondwater, daar kan de hoeveelheid ijzer die teruggevonden wordt variëren van 0,5 tot 50mg/l [100]. Tijdens de productie van drinkwater aan boord kunnen zulke waarden nooit voorkomen aangezien de hoeveelheid ijzer in de oceanen veel lager ligt dan de gemeten waarde in natuurlijke waterbronnen. Bijvoorbeeld in de Atlantische oceaan is slechts 0,007mg/l ijzer terug te vinden [5]. De typische okerkleurige afscheiding die kenmerkend is voor een grote hoeveelheid ijzer in het water kan optreden vanaf 0,3 mg/l [100]. Dit is een van de redenen waarom de Belgische staat de limiet op 0,2 mg/l geplaatst heeft. Het valt op dat deze grens lager is dan hoe het water teruggevonden wordt in de natuur. Dit toont aan dat het leidingwater dat door het waternet stroomt in België sowieso enige vorm van filtering heeft ondergaan om deze waarden te verlagen.

## **Lood**

Lood wordt zelden terug gevonden in natuurlijke waterwegen. Wanneer dit toch het geval is, liggen de waargenomen waarden doorgaans onder de 0,005mg/l. Toch vormt lood in het drinkwater een gevaar voor de gezondheid. De aanwezigheid van lood in drinkwater is voornamelijk afkomstig van systeem waardoor het water stroomt, het gaat hier om de leidingen, fittingen en soldeersel [100]. Blootstelling aan lood heeft grote gevolgen voor de gezondheid. Neurologische aandoeningen, hypertensie, cardiovasculaire aandoeningen en verminderde vruchtbaarheid zijn er slechts een paar van. Elk contact met drinkwater moet met andere woorden vermeden worden. Het is ook daarom dat de WHO een parameterwaarde heeft vastgelegd op 0,01mg/l. De meest efficiënte manier om lood te weren uit drinkwater is door het simpelweg niet bloot te stellen aan lood. Dit houdt in dat elke fitting of leiding die lood bevat (ook lood in een legering) moet verwijderd worden uit het systeem. De testen op lood moeten gebeuren met gespecialiseerde apparatuur die niet aan boord aanwezig is. Een extern labo zal deze tests uitvoeren met een frequentie zoals neergeschreven is in het WSP (zie 1.3.1 Water Safety Plan).

---

---

## Aluminium

Aluminium zouten worden regelmatig gebruikt in een proces dat coagulatie<sup>4</sup> heet. Dit proces is in sommige installaties een onderdeel van de waterzuivering en is bedoelt om de hoeveelheid organisch materiaal, afwijkende kleur en troebelheid te verminderen. Door het gebruik van zulke zouten zal de hoeveelheid aluminium in het water toenemen. Dit hoeft, wanneer de installatie correct functioneert, geen probleem te vormen voor de gezondheid aangezien de resterende hoeveelheid aluminium slechts 0,1mg/l bedraagt [100]. Aluminium heeft op zichzelf geen directe gevolgen voor de gezondheid, toch concluderen sommige studies dat een grote hoeveelheid aluminium in het menselijk lichaam (>1mg/kg lichaamsgewicht) aanleiding kan geven tot een verhoogd risico op Alzheimer [100]. Een volwassen persoon krijgt dagelijks tussen de 1-10 mg aluminium binnen door de voeding, doorgaans door de manier waarop voeding verpakt, bereid en geconsumeerd wordt [30]. De bijdrage van drinkwater is daar slechts een klein deel van ( $\pm 5\%$ ) [100]. Er wordt in de GDWQ aangehaald dat er in principe niet meer dan 0,9mg/l aanwezig mag zijn in het drinkwater maar deze waarden zijn eerder onwaarschijnlijk [100].

## Hardheid

De hardheid van water wordt bepaald door de hoeveelheid opgeloste calcium en magnesium in het water.

De hoeveelheid calciumcarbonaat aanwezig in het water is een indicatie voor de hardheid van het water. In tabel 1 wordt het aantal mg calciumcarbonaat per liter gegeven maar in de praktijk wordt hardheid meestal uitgedrukt in Franse graden [86]. Daarbij is één Franse graad gelijk aan 10mg calciumcarbonaat per liter water. Calcium en magnesium zijn beide essentieel voor het lichaam. Calcium is niet alleen belangrijk omdat het de bouwsteen is van onze botten en tanden maar ook de samentrekking van onze spieren, ook de hartspier, en het stollen van bloed maken gebruik van calcium. De meest voorkomende ziekte die gelinkt kan worden aan een tekort aan calcium is osteoporose. Ook zijn er reeds verbanden

---

4 Coagulatie kan omschreven worden als het doen samenklitten van bepaalde deeltjes zodat deze toenemen in diameter en op deze manier gemakkelijker gefilterd kunnen worden uit een oplossing [17].

---

gevonden tussen een tekort aan calcium en hypertensie [8]. Magnesium speelt dan weer een belangrijke rol in de glycolyse, het transport van kalium, natrium en calcium, en ook de samentrekking van de spieren, etc. Een tekort aan magnesium verhoogt het risico op hart- en vaatziekten, overgevoeligheid, diabetes, osteoporose en zwangerschapsstoornissen [25]. Een onderzoek uit 1991 heeft aangetoond dat een langdurig tekort aan magnesium en calcium ook kan leiden tot een verhoogd risico op bepaalde types van kanker [26]. Naast de gezondheidsaspecten smaakt gedemineraliseerd water ook gewoonweg slecht. Een probleem dat ook verholpen wordt door de toevoeging van deze mineralen [17]. De WHO schrijft geen richtlijn voor de hoeveelheid magnesium of calcium in het water aanwezig moet zijn [93,100]. Dit komt omdat de bijdrage die drinkwater levert aan de dagelijkse aangeraden hoeveelheid calcium (500mg) amper 10% bedraagt [69,100]. De normen die vastgelegd zijn door de Belgische overheid zijn hier smaak gerelateerd. De grens waarop calcium gesmaakt kan worden ligt tussen de 100 en 300mg/l [100]. Deze grote marge is te verklaren doordat smaak een zeer subjectieve parameter is (zie 1.4.3 Fysische parameters) en verschillend is voor elk individueel persoon [53].

## **1.4.2 Microbiologische parameters**

### **Coliformen**

Coliformen zijn een groep bacteriën binnen de groep van de Enterobacteriaceae. Het aantal coliformen dat terug te vinden is in een waterstaal wordt gehanteerd als een maatstaf voor de kwaliteit van het water. Het aantal dat terug te vinden is na een kweek, wordt steeds uitgedrukt in aantal per 100ml water. Een kweek kan op verschillende methodes uitgevoerd worden. Deze methodes verschillen in de manier waarop de te kweken bacterie onttrokken wordt uit het staal. De onttrokken bacterie wordt op een voedingsbodem geplaatst en vervolgens gekweekt in een kweekkast voor een periode die verschillend is per bacterie (24u voor coliformen) [18,33,90,100]. Coliformen mogen na het desinfecteren niet meer aanwezig zijn in het water, een positieve test op coliformen geeft aan dat het water niet genoeg gedesinfecteerd werd [97]. Een van de meest gekende coliform bacteriën is de *Escherichia coli* (E. Coli). Tijdens het microbiologisch onderzoek wordt specifiek op zoek gegaan naar de E. Coli omdat deze voorkomt in het darmstelsel van de meeste zoogdieren

---

(ook de mens) de bacterie wordt gebruikt als indicator om te controleren of het water al dan niet in aanraking is gekomen met uitwerpselen. De bacterie zelf is niet direct schadelijk voor de gezondheid maar geeft aan dat er andere wél gevaarlijke bacteriën zouden kunnen voorkomen. De grens ligt daarom ook op 0 bacteriën per 100ml water. Wanneer er wel E-Coli aanwezig zijn moet het water verder gedesinfecteerd. Het desinfecteren wordt in dat geval gedaan door gebruik te maken van chloor aangezien de bacterie daar zeer gevoelig voor is [97,100]. Wanneer een chloorrest van meer dan 0,5mg/l wordt gemeten in het water kan met er doorgaans van uit gaan dat de bacterie niet levend zal voorkomen in het water [100].

### **Enterokokken**

De enterokokken zijn een subgroep van streptokokken. Deze bacteriën zijn beter bestand tegen chloor dan de coliformen en komen net zoals de coliformen voor in het darmstelsel van de meeste zoogdieren. Ook deze bacteriën worden gebruikt als indicator dat het water vervuild is met bacteriën afkomstig uit uitwerpselen. Ze zijn in grote getalen aanwezig in bijvoorbeeld rioleringsstelsels. Enterokokken worden net als de coliformen gekweekt in een kweekkast. De limiet die opgelegd wordt voor deze bacterie is ook 0 bacteriën per 100ml water [100].

### **Pathogene micro-organismen en parasieten**

De pathogene micro-organismen en parasieten zijn deze bacteriën of virussen die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid van de bemanning aan boord. Het gaat dan om bacteriën als legionella en salmonella, parasieten als de guineaworm of virussen als het picornavirus en norovirus. Laatstgenoemde ziekteverwekkers zijn erg schadelijk voor de gezondheid van de bemanning en kunnen van darmklachten tot in extreme gevallen leiden tot het overlijden van een van de bemanningsleden [82]. Voornamelijk de bacteriën zijn bijzonder gevaarlijk omdat deze vaak in staat zijn zich voort te planten in het water. Virussen en parasieten zijn vaak in staat te overleven maar niet in staat zichzelf voort te planten [100]. De voornaamste manier om deze ziekteverwekkers te weren is door een goed werkende nabehandeling te implementeren aan boord (zie 2.1.3 Nabehandeling). Niet alle bacteriën, zoals legionella, zijn

---

gevoelig aan deze nabehandeling en kunnen dit overleven. Zij kunnen enkel bestreden worden door de temperatuur van het water buiten de grenzen te houden waarin de bacterie kan overleven en voortplanten (zie 1.4.3 Fysische parameters).

### **1.4.3 Fysische parameters**

#### **Geleidbaarheid**

De geleidbaarheid van water is een maat voor hoe goed water een elektrische stroom kan laten passeren en wordt doorgaans uitgedrukt in microsiemens per centimeter ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). De geleidbaarheid geeft een indicatie over hoe zuiver het water is omdat het rechtstreeks samenhangt met het aantal ionen in het water. Deze geleidende ionen komen uit opgeloste zouten, anorganisch materiaal en carbonaatverbindingen. Als regel geldt dat hoe meer ionen er in het water aanwezig zijn, hoe hoger de geleidbaarheid van het water is [3]. De geleidbaarheid wordt gebruikt om de "Total dissolved solids" (TDS) waarde te bepalen. Dit is een som van alle ionen aanwezig die kleiner zijn dan  $2\mu$  en wordt gebruikt als indicatie voor hoe zuiver het water is [2]. De TDS waarde kan ook bekomen worden door een staal volledig te laten verdampen en het achtergebleven materiaal te wegen maar dit is meer tijdrovend en daardoor niet altijd ideaal [21,54].

De geleidbaarheid is een parameter die niet besproken wordt in de GDWQ omdat deze geen enkele indicatie geeft over de gezondheidstoestand van het water.

#### **Temperatuur**

Aan de temperatuur van het water wordt geen rechtstreekse richtlijn gekoppeld. De Belgische wetgeving schrijft voor dat het water onder de  $25^{\circ}\text{C}$  moet zijn aan elk aftappunt maar internationaal is hier door de WHO geen richtlijn voor opgesteld. Deze Belgische richtlijn is waarschijnlijk bedoeld als maatregel tegen legionella. Wel stelt de WHO richtlijnen op om de groei van bacteriën tegen te gaan en om de werking van de desinfectie optimaal te laten werken. De bacterie waartegen voornamelijk gestreden wordt met temperatuur is de legionella bacterie. Dit is een van de gevaarlijkste bacteriën die kunnen voorkomen in het watersysteem [62]. Om te voorkomen dat de bacterie in het watersysteem terecht kan komen moeten maatregelen genomen worden. Een van de belangrijkste maatregelen die genomen kunnen worden is de temperatuur buiten de zone van  $20\text{-}50^{\circ}\text{C}$  houden. Buiten

---

deze zone wordt de bacterie inactief en dus niet schadelijk (<20°C) of zal ze gedood worden (>50°C). Het is belangrijk dat deze temperatuurmarges nergens in het gehele watersysteem worden bereikt. Daarom wordt ook voorgeschreven dat het water dat de verwarming verlaat minstens 60°C moet zijn om zo de minimale temperatuur van 50°C te kunnen behouden [100].

Watertemperaturen hebben naast het doden van bacteriën ook een invloed op de werking van het chloor in het water. Chloor zal veel sneller reageren aan hogere temperaturen. Op deze manier is de snelheid waarmee chloor zal werken veel hoger maar dit houdt ook in dat er meer chloor toegevoegd moet worden om aan de minimale waarde van 0,5mg/l te blijven [100].

Daarnaast hebben studies aangetoond dat de mens zich beter voelt bij het drinken van water dat een temperatuur heeft lager dan 19°C [91,92].

## **Geur**

De geur van het water is een parameter die vaak vermeld wordt in de GDWQ maar kan niet echt gekoppeld worden aan een bepaalde waarde. Er wordt gesteld dat de geur altijd aanvaardbaar moet zijn voor de gebruiker. Daarmee doelt de WHO op het feit dat water geurloos moet zijn. De frequente vermelding van de geurparameter gaat gepaard met verschillende limieten die worden opgelegd bij bepaalde stoffen zoals bijvoorbeeld ammoniak. De geur van water heeft geen invloed op hoe gezond het water is maar geeft wel een indicatie van een ongewenste stof die al dan niet aanwezig kan zijn in het water [100].

## **Kleur**

Drinkwater heeft idealiter geen kleur. De kleur is sterk afhankelijk van de aanwezigheid van ijzer en andere metalen die of natuurlijk, of door corrosie van leidingen in het water terecht zijn gekomen. Wanneer een kleurverandering optreedt, moet altijd op zoek gegaan worden naar de bron van de verkleuring om te achterhalen of dit al dan niet schadelijk is voor de gezondheid. Omdat de oorzaken van de verkleuring breed zijn geeft de WHO geen vaste richtlijn omtrent de kleur van het water maar schrijft deze gewoon dat deze aanvaardbaar moet zijn voor de gebruiker [100]. Het testen op kleur gebeurt visueel aan de hand van een

---

platina-kobalt schaal. Dit is een gestandaardiseerde schaal waartegen een waterstaal vergeleken wordt. Een eenheid op de schaal komt overeen met de oplossing van 1mg platina-kobalt in een liter water.

## **Troebelheid**

Troebelheid is de vermindering in helderheid van water door de aanwezigheid van zwevende deeltjes. Deze deeltjes absorberen of verstrooien het licht waardoor het water troebel wordt [32]. De troebelheid wordt gemeten met een nephelometer, deze gaat specifiek kijken naar de reflectie en refractie van een uitgezonden lichtstraal en op basis daarvan bepalen hoeveel zwevende deeltjes er aanwezig zijn in het teststaal [32]. De gevonden waarde wordt uitgedrukt in "Nephelometric Turbidity Unit" (NTU). Elke waarde lager dan 4 NTU kan niet met het blote oog waargenomen worden. Een correcte waterbehandeling moet leiden tot een troebelheid van <0,2 NTU [100]. Het valt op dat deze waarde veel lager ligt dan de met het blote oog waar te nemen waarde. Dit heeft alles te maken met hoe het water gedesinfecteerd wordt. Voornamelijk UV desinfectie heeft nood aan een NTU waarde < 1 om efficiënt te kunnen werken (zie 2.1.3(b) Ontsmetting met UV licht). Naast de noodzaak voor desinfectie, zorgt de lage NTU waarde ervoor dat het water visueel aantrekkelijk blijft. Troebel water wordt zo goed als altijd geassocieerd met niet drinkbaar water. Troebelheid aan de kraan wijst op een grote fout in het productie-/behandelingsproces. De deeltjes die het water troebel maken zijn geen gevaar voor de gezondheid [100].

## **Smaak**

De smaak van het water is een van de belangrijkste parameters om het water aanvaardbaar te maken voor de consument. Ook wanneer er kan aangetoond worden dat het water op geen enkele manier schade kan toebrengen aan de gezondheid zal het pas gedronken worden wanneer de smaak goed zit. Slechts een klein percentage van het zoet water dat geproduceerd wordt, zowel aan de wal als aan boord, wordt gebruikt voor het effectief drinken ervan en ook al is er, gezondheidswijs, geen verband tussen de drinkbaarheid en de smaak, toch is het belangrijk voor het gevoel van veiligheid dat het water goed smaakt [14]. Smaak is in de meeste gevallen iets subjectief en zeer persoonlijk maar niet altijd. Zo vindt

---



niet iedereen het water van merk X beter dan het water van merk Y maar toch zal iedereen zeggen dat zure melk slecht smaakt.

Het lijkt voor de hand liggend dat het water met de beste smaak gewoon zuiver H<sub>2</sub>O zou zijn maar dit blijkt niet zo te zijn. Water heeft mineralen nodig om lekker te smaken. Deze worden doorgaans na het zuiveringsproces door de fabrikant toegevoegd. Dit geldt in België voor zowel het leidingwater als voor het mineraalwater dat te koop is in de winkel.

Hoe water gesmaakt wordt door een persoon gaat verder dan alleen de vijf smaken (zuur, zout, bitter, zoet en umami). Ook de reukzin heeft een grote invloed op de manier waarop iets ervaren wordt. Wanneer er bijvoorbeeld chloor geroken wordt, kan het water anders gesmaakt worden dan wanneer die geur niet aanwezig is. Naast de reukzin is ook de tastzin van belang voor het smaken van water, de manier waarop het in de mond aanvoelt [14]. Zo wordt er soms gesproken over dik water. Een laatste element dat een grote invloed heeft op hoe smaak ervaren wordt is de samenstelling van het speeksel. Speeksel bestaat voor 99% uit zuiver water, de laatste 1% bestaat uit proteïnen en zouten. De smaakpapillen bij de mens zijn dag in dag uit doordrenkt met deze samenstelling en wat een persoon smaakt is gebaseerd op hetgeen reeds aanwezig is als referentiepunt. Op deze manier kan een andere speekselsamenstelling bij een individu zorgen voor een andere smaakwaarneming. De samenstelling zelf wordt voornamelijk beïnvloed worden door het dieet [14]. Toch komt het voor dat mensen die in hetzelfde huis leven, hetzelfde eten en drinken toch een andere voorkeur hebben. De oorzaak hiervan is dat verschillende personen een verschillende “taste threshold concentration” (TTC) kunnen hebben. TTC is de concentratie die nodig is alvorens een bepaalde smaak kan waargenomen worden. Dit is hoofdzakelijk genetisch bepaald. Dit kan verklaren waarom mensen over de hele wereld een bepaalde voorkeur hebben voor een welbepaald merk water [53].

Omdat smaak zo persoonlijk en niet te meten is definieert de WHO ook geen richtlijn omtrent de smaak van water. Wel wordt vermeld dat deze, net zoals de geur, aanvaardbaar moet zijn voor de gebruiker [100].

---

## **1.5 International Health Regulations (IHR)**

De IHR uitgegeven door de WHO schrijven voor dat de elke lidstaat van de WHO erop zal toezien dat elke internationale haven voorzien is van de faciliteiten om drinkbaar water te leveren aan boord. De beslissing of er al dan niet water aan boord genomen wordt in een bepaalde haven valt bij de kapitein. Hij is verantwoordelijk en dient al het mogelijke te doen om een vervuiling aan boord te vermijden (zie 2.2 Bunkeren van drinkwater). Om de veiligheid aan beide kanten te kunnen garanderen is het belangrijk dat de regels en standaarden die opgelegd worden door de autoriteiten steeds toegepast worden [99]. De waterleverancier van de haven is verder verplicht om haar klanten (de schepen) kennis te geven van enige problemen die zouden kunnen leiden tot een verontreiniging van het te leveren drinkwater [99].

De IHR schrijven voor dat elk schip ervoor moet zorgen dat het vrij is van ziekten en er geen infecties het land kunnen binnen komen door het schip. Hieronder valt ook het gehele watersysteem aan boord. Wanneer het schip voldoet aan alle inspecties kan het een 'Ship Sanitation Certificate' bekomen, dit er gekomen ter vervanging van het vroegere 'Deratting Certificate' [98].

---

## **2 Zoet water- en drinkwater aan boord**

Zoet water wordt aan boord voor verschillende zaken gebruikt. Daaronder valt niet alleen het drinken ervan maar ook de bereiding van voedsel, sanitaire voorzieningen etc. [97]. Afhankelijk van het type schip kan een onderscheid gemaakt worden tussen zoet water en drinkwater. Zo hoeft het water dat gebruikt wordt voor ‘tank cleaning’ niet drinkbaar te zijn. Wanneer dat het geval is, kunnen er twee verschillende circuits aanwezig die elk hun specifieke doel hebben. Het water dat bestemd is voor drinkwater zal extra behandeld worden in de nabehandeling (zie 2.1.3 Nabehandeling). Dit drinkwater zal dan doorgaans gebruikt worden voor sanitaire doeleinden, zoals douche en lavabo, waar de zeevarende het water ook kan consumeren, al dan niet met opzet. Op sommige nieuwere schepen zijn er nog extra behandelingen terug te vinden die specifiek bedoeld zijn voor het drinken van het water. Deze behandelingen zijn dan verwerkt in een drinkwaterfontein (zie 2.5.2 Drinkwaterfonteinen).

### **2.1 De productie aan boord**

De productie van drinkbaar water aan boord doorloopt 3 verschillende stappen:

- een voorbehandeling waar de grotere onzuiverheden gefilterd worden
- het effectief zuiveren en ontzilten van het water
- een nabehandeling om het geschikt te maken voor gebruik

#### **2.1.1 Voorbehandeling**

Zeewater bevat allerlei soorten onzuiverheden: zand, klei, anorganische en organische stoffen, bacteriën, oliën... De meeste van deze onzuiverheden kunnen voor problemen zorgen tijdens de volgende stap van het proces. Vooral het membraan bij omgekeerde osmose ondervindt grote hinder van deze onzuiverheden (zie 2.1.2(a) Omgekeerde osmose) [4]. Om deze problemen te vermijden zal het water eerst door een zandfilter passeren. Een zandfilter kan het best omschreven worden als een grote kuip met fijn zand waardoor water stroomt door middel van zwaartekracht. Tijdens het doorstromen worden de opgeloste deeltjes die aanwezig zijn in het zeewater tegengehouden door het zand. De zandfilter werkt zo goed dat het zoutgehalte ook verminderd wordt. De vermindering in zoutgehalte wordt gemeten aan de hand van de geleidbaarheid van het water (zie 1.4.3 Fysische parameters).

---

Dit is een directe indicator voor hoe goed de zandfilter nog functioneert. Na verloop van tijd raakt de zandfilter verzadigd. Het zand is niet meer in staat om voldoende deeltjes tegen te houden waardoor dit verder in het systeem voor problemen kan zorgen. Om te voorkomen dat dit scenario zich voordoet moet de bemanning tijdig de zandfilter terugspoelen.

Terugspoelen is het moment waarop gezuiverd water in de omgekeerde richting door de zandfilter gestuurd wordt. Dit proces zal gemiddeld om de twee weken uitgevoerd worden, afhankelijk van hoe vervuild het te zuiveren water is, om zeker te zijn dat de zandfilter correct blijft functioneren [11]. Het terugspoelen van de zandfilter is geen geautomatiseerd proces, de bemanning moet dus handmatig verschillende valven open en toe draaien om de flow door de zandfilter om te draaien. Wanneer het zeewater aan boord gepompt wordt in gebieden dichtbij de kust zal de zandfilter sneller vervuild zijn dan wanneer dit gebeurt op open zee. Om deze reden kan de duur van het terugspoelen sterk variëren. De effectieve duur wordt bepaald door de machinist aan de hand van de zuiverheid (voornamelijk visueel) van het water [11].

### **2.1.2 Ontzilten**

Ontzilten is het proces waarbij de mineralen uit het zoute water verwijderd worden om op die manier zoet water te verkrijgen. Dit kan op verschillende manieren gebeuren. Volgende zijn terug te vinden aan boord en worden hieronder verder besproken:

- Omgekeerde osmose
- Verdamping
- Destillatie

Naast bovenstaande methodes zijn er nog andere manieren om het zout uit water te filteren, zoals bevriezen , maar deze technieken zijn niet haalbaar aan boord.

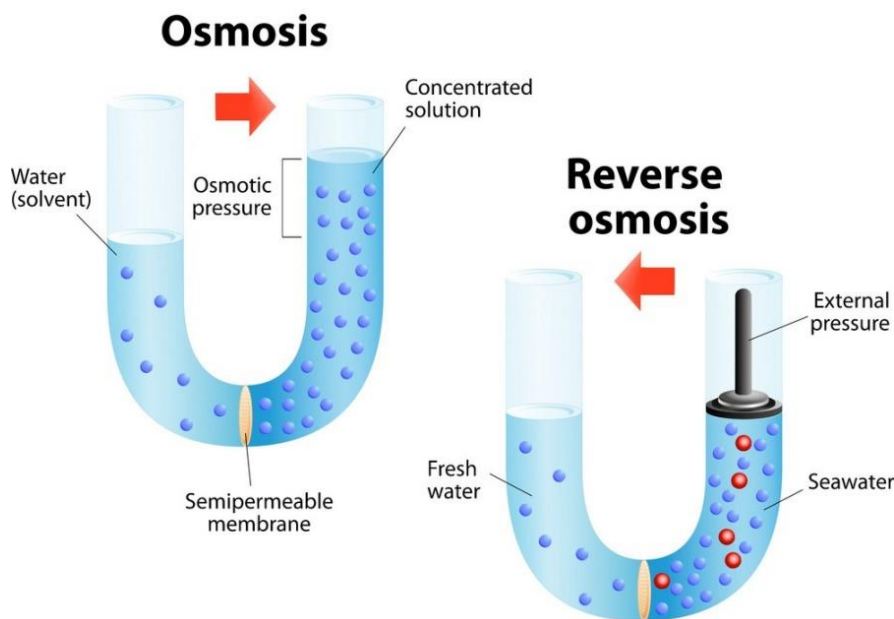
#### **a) Omgekeerde osmose**

Omgekeerde is zoals de naam zegt, het omgekeerde van het natuurlijk voorkomend effect osmose. Osmose treedt op wanneer twee hoeveelheden water met een verschillende concentratie aan bijvoorbeeld zout zich naast elkaar bevinden in een vat met tussen de twee concentraties een semipermeabel membraan. Het water met de laagste concentratie zout zal op natuurlijke wijze door het membraan trekken naar waar de concentratie zout hoger

---

ligt. Het membraan laat enkel de watermoleculen door en niet de grotere zout moleculen. Dit proces zal blijven doorgaan tot de osmotische druk bereikt is [64].

Omgekeerde osmose is net het tegenovergestelde. Daar zal een vloeistof, in dit geval water, onder een druk die hoger is dan de osmotische druk tegen een semipermeabel membraan geduwd worden om zo aan de andere kant van het membraan zuiver gefilterd water te verkrijgen. De osmotische druk voor zeewater ligt rond de 28 bar [67].

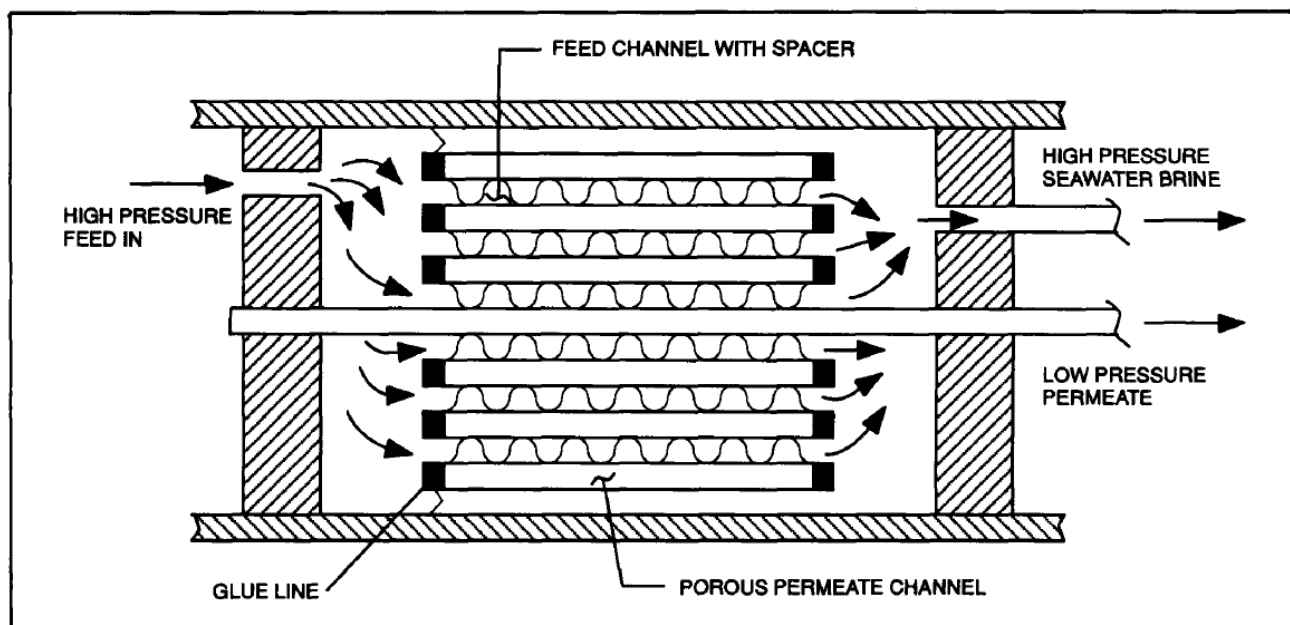


Figuur 2 Osmose, omgekeerde osmose

Bron: <https://www.vectorstock.com> [65]

### Opbouw van het semipermeabel membraan

Het gehele zuiveringsproces rust op het correct functioneren van het semipermeabel membraan. Er bestaan verschillende manieren waarop een membraan opgebouwd kan worden. De eerste manier is door een grote hoeveelheid holle vezels, bestaande uit een semipermeabel membraan en de tweede manier is door van een groot membraanvel op te rollen [67].

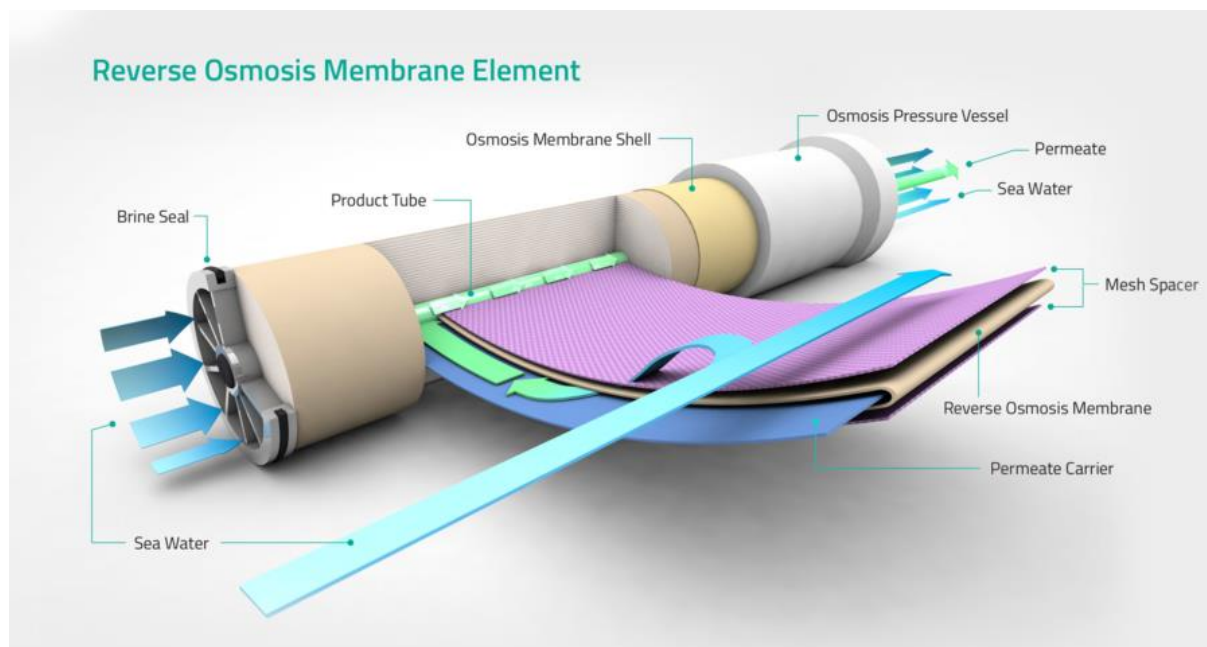


Figuur 3 Opbouw semi-permeabel membraan

Bron: Naval Engineers Journal (1991) [67]

Bij de eerste methode is het holle vezel membraan opgebouwd uit lange vezels met elk een diameter die kleiner is dan die van een haar. Het zijn deze vezels die dienen als semipermeabel membraan. De vezels worden vervolgens dubbel geplooid en samen gebundeld in een cilinder [16]. De uiteinden van de lange vezels zijn open en worden waterdicht afgesloten van de rest van de cilinder. Water wordt vervolgens tegen hoge druk in het cilindervat gepompt. De druk moet hoog genoeg zijn om de osmotische druk te overschrijden. Op het moment dat dat het geval is, zal er zuiver water door de vezels kunnen stromen. Het water dat uit de cilinder stroomt, aan de kant waar de vezels open zijn, is water dat voor 99% vrij is van alle opgeloste zouten en 90% van alle organische stoffen die oorspronkelijk aanwezig waren in het water [16]. Het water dat zich nog in de buis bevindt, en op dat moment ook een veel grotere concentratie aan zout en andere opgeloste stoffen bevat, wordt via een andere leiding in het cilindervat afgevoerd en opnieuw aan hetzelfde proces onderworpen. Dit proces gaat niet door in hetzelfde membraan omdat dit te snel zou leiden tot verstoppingen van dat membraan. Het aantal stappen dat het restwater ondergaat is afhankelijk van de installatie. Het uiteindelijke restwater kan gewoon overboord gepompt worden aanzien dit eigenlijk enkel zeewater is waarvan de concentraties opgeloste zouten hoger liggen. Het ontwerp van dit soort membraan is sterk

te vergelijken met dat van een warmtewisselaar, maar waar in een warmtewisselaar alle buisjes binnenin gemaakt zijn uit metaal, worden de buisjes in het membraan gemaakt uit een stof als celluloseacetaat of polyamide [67,81].



**Figuur 4** Overzicht omgekeerde osmose

Bron: <http://www.colourandre.com> [1]

De tweede optie is een membraan dat bestaat uit één of meerdere grote membraanvellen en wordt opgebouwd door een membraan, doorgaans gemaakt uit polyamide, dubbel te plooiën en vervolgens op te rollen (Figuur 4). Het open einde van het membraan wordt verbonden aan een holle buis ("product tube"), rond deze buis wordt het membraan opgerold en later ook het gezuiverde water afgevoerd.

Het dubbel geplooiëde membraan wordt verder verstevigd door gebruik te maken van een gaas ("mesh spacer"). Langs deze gaas zal het onzuivere water stromen. De gaas zorgt niet enkel voor versteviging van het membraan maar zal er ook voor zorgen dat er voldoende plaats is voor het water om te stromen. Tegelijkertijd doet de gaas turbulentie ontstaan waardoor de weerstand die het water ondervindt groter wordt, wat vervolgens leidt tot het toenemen van de druk. Druk die nodig is om de osmotische druk te overwinnen. Door de druk op het membraan zal enkel zuiver water doorgelaten en vervolgens afgevoerd worden via de buis die zich aan het open einde van het membraan bevindt. Tussen de twee

membraanhelften wordt een zogeheten 'permeate carrier' membraan vastgelijmd. Dit membraan zal het gezuiverde water begeleiden tot in het centrum, waar het afgevoerd wordt. Een volledige laag, bestaande uit 2 membranen, de gas en de permeate carrier heeft een dikte van ongeveer 1,3mm. Het opgerolde membraan wordt vervolgens, net zoals dit het geval was bij de holle vezels, in een cilindervorming vat geplaatst. Het onzuivere water wordt aan hoge druk in het cilindervormig vat gestuwd. Het water dat door de membranen gefilterd wordt volgt hierna een spiraalvormige weg tot in het centrum waar het verbonden is aan de buis die het gezuiverde water afvoert [67,77,81].

### **Probleem met omgekeerde osmose**

Een groot probleem bij omgekeerde osmose is dat de membranen waardoor gefilterd wordt makkelijk verstopt kunnen geraken. Deze verstoppingen worden veroorzaakt door de aangroei van micro-organismen maar ook door andere onzuiverheden die toch door de zandfilter geraakt zijn. Deze verstoppingen hebben als gevolg dat de druk die vereist is voor het proces verhoogd moet worden en dat een reiniging van het membraan vaker moet gebeuren. Een reiniging van het membraan is te vergelijken met de methode waarop de zandfilter gereinigd wordt. Ook hier zal water in de omgekeerde richting doorheen het membraan gestuwd worden om zo de verstoppingen vrij te maken. De frequentie waarmee dit dient te gebeuren hangt net zoals bij de zandfilter af van hoe zuiver het water dat in het systeem toekomt is. Een membraan dat vaak verstopt zit is onderhevig aan meer slijtage, dit vermindert dan ook de levensduur van het membraan [58]. Naast het terugspoelen bestaan er nog andere manieren (chemische) methodes om de verstoppingen van het membraan te verwijderen. Een chemische reiniging wordt gedaan volgens de instructie van de fabrikant en zal altijd voorafgegaan en gevolgd worden door een terugspoeling. Op deze manier komt het reeds gezuiverde water op geen enkel ogenblik in contact met de chemicaliën die gebruikt worden [16]. De chemicaliën die gebruikt worden zijn afkomstig van de fabrikant en bestaan uit een zuur dat zo ontworpen is om het membraan niet aan te tasten. Na de eerste terugspoeling wordt de membraancilinder gevuld met de oplossing. Afhankelijk van wat de fabrikant voorschrijft wordt het membraan geweekt in de oplossing of wordt de oplossing rondgepompt. Dit kan één uur tot een volledige nacht in beslag nemen [16]. Het weekproces

---



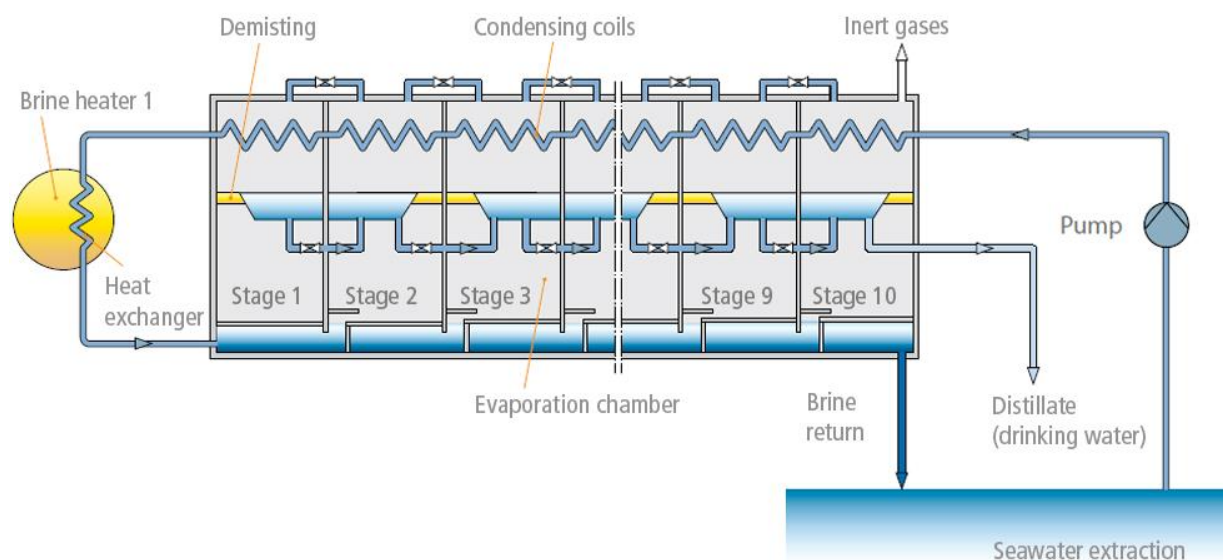
is te vergelijken met het verwijderen van kalk op bijvoorbeeld een douchekop door gebruik te maken van azijn.

Een gedeeltelijke verstopping van het membraan kan nooit volledig voorkomen worden. Er zullen altijd organismen of opgeloste deeltjes zijn die voorbij de zandfilter geraken en later voor problemen kunnen zorgen. Een goed onderhoud van de zandfilter zal het aantal problemen verder in het systeem verminderen. Een membraan van een omgekeerde osmose installatie zal gemiddeld om de drie jaar vervangen worden [11]. Het is afhankelijk van de productie en op welke locatie in de wereld het water geproduceerd werd. Zo zal een membraan aan boord van schip dat vaak in de buurt van de kust is meer beschadigd worden dan dat van een schip die regelmatig de Atlantische oceaan oversteekt. Dit komt doordat er dichtbij de kust meer onzuiverheden in het water aanwezig zijn [11]. De belangrijkste factor blijft echter een goed onderhoud.

## b) Verdamping

### Multi-Stage Flash (MSF)

Multi-stage flash is een van de meest gebruikte processen om zout water om te zetten in zoet water door middel van verdamping.



Figuur 5 MSF diagram

Bron: <https://www.ksb.com> [28]

De MSF installatie bestaat uit verschillende vaten die met elkaar in verbinding staan. In elk vat is een onderdruk aanwezig, deze neemt stapsgewijs af. Binnenin de vaten bevinden zich “condensing coils”, door deze leidingen wordt het zeewater initieel gepompt. Deze “condensing coils” zullen warmte onttrekken van de dampen die aanwezig zijn in de vaten. Het zeewater wordt vervolgens verwarmt door een “heat exchanger” en komt het in het eerste vat terecht. In het eerste vat gaat het zeewater door de verlaagde druk en de temperatuur verdampen. De waterdamp die ontstaat stijgt op en passeert vervolgens door een demister<sup>5</sup>. De demister is noodzakelijk omdat de waterdamp nog druppels kan bezitten, deze druppels kunnen nog onzuiverheden bevatten die in het zeewater aanwezig waren. De waterdamp die uiteindelijk uit de demister komt komt boven in het vat in aanraking met de koude “condensing coils”. Deze “coils” zorgen ervoor dat de waterdamp condenseert. Het condenswater wordt vervolgens opgevangen en afgevoerd als zuiver water. Een deel van het water zal niet verdampen en wordt onderaan opnieuw verzameld, dit niet verdampte water wordt pekkel (“brine”) genoemd. Pekkel is een geconcentreerde vorm van zeewater. De pekkel passeert verder doorheen het systeem naar het volgende vat, waar hetzelfde proces plaats vindt. Dit proces kan herhaalt worden zolang de temperatuur van het zeewater koud genoeg is om condensatie te doen ontstaan.

### **c) Destillatie**

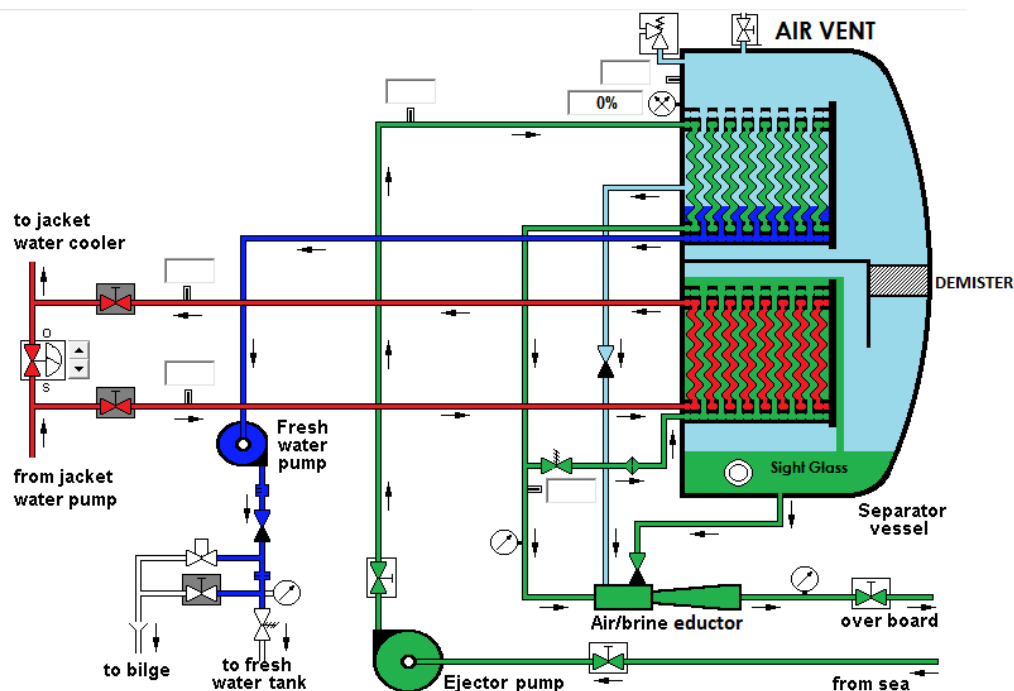
#### **Multiple Effect Distillation (MED)**

Multiple-effect distillation is een van de oudste destillatieprocessen [74]. Het is gebaseerd op het verdampen van water door de warmte uitwisseling die plaatsvindt bij het condensereren van waterdamp [81]. Het verschil met ontzilten door verdamping (zie b)) is dat bij destillatie het water tot op het kookpunt gebracht zal worden terwijl dat niet het geval hoeft te zijn bij verdamping.

---

<sup>5</sup> Een demister wordt gebruikt om vloeistofdruppels uit een gasstroom te verwijderen. De vloeistofdruppels botsen tegen de maas van de demister, klitten samen en vallen, wanneer ze zwaar genoeg zijn, naar beneden.

---



Figuur 6 FWG van Alfa Laval

Bron: Aangepast van <https://marinersgalaxy.com> [24]

Een MED installatie bestaat uit verschillende warmtewisselaars. Deze warmtewisselaars bestaan uit een reeks opeengestapelde platen. Deze platen zoals getoond op Figuur 8 worden onderling gescheiden door een rubberen pakking.

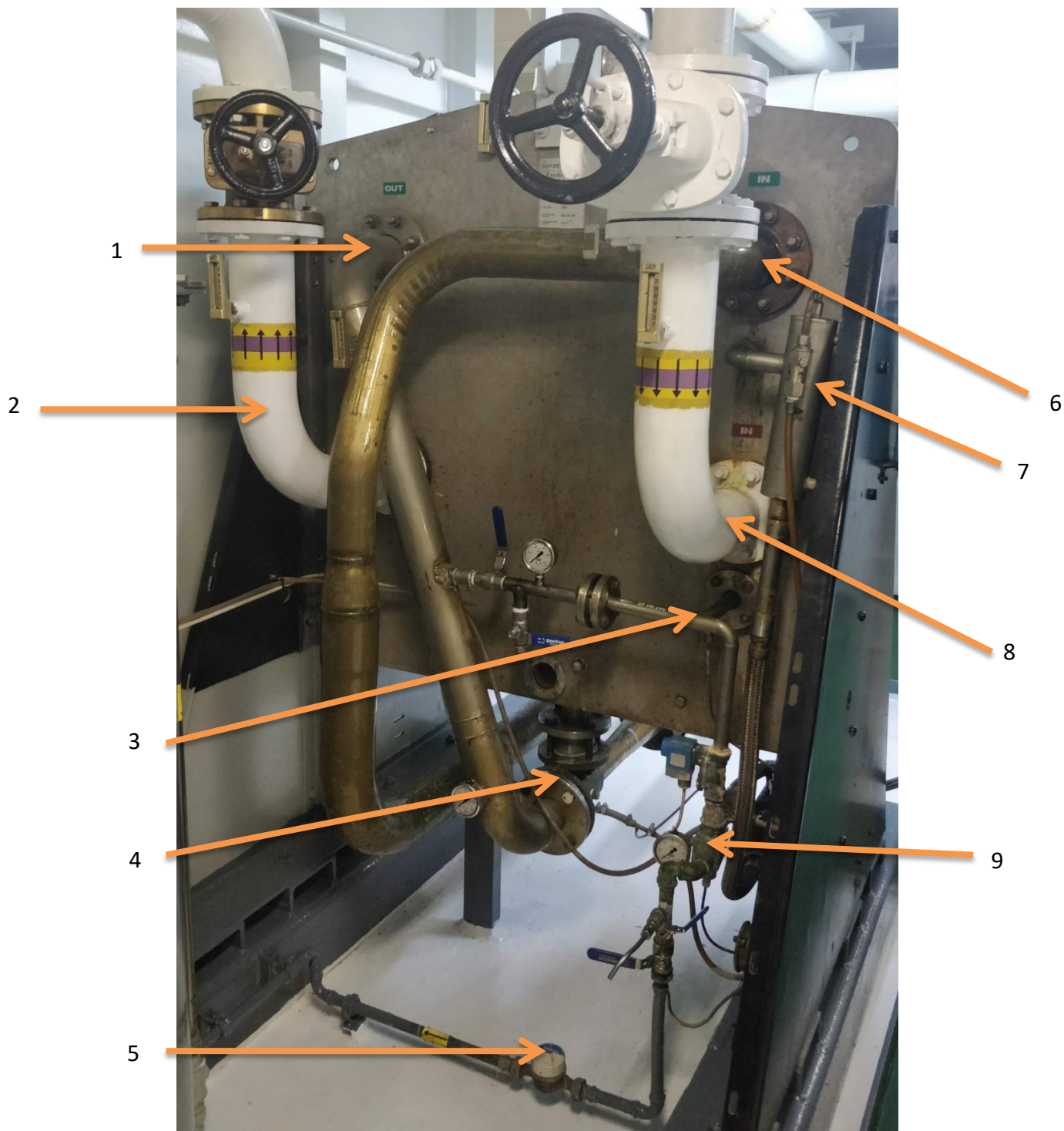
De meest eenvoudige systemen zijn opgebouwd uit twee warmtewisselaars die boven elkaar bevestigd worden in de “freshwater generator” (FWG). Beide zijn van elkaar gescheiden door een stalen plaat die voorzien is van een demister. Koud zeewater (groene lijn) wordt via een open circuit gepompt naar de bovenste warmtewisselaar, de condensor en vervolgens naar de onderste warmtewisselaar, de verdamper. Vanuit de verdamper wordt het water via een eductor opnieuw overboord gepompt.

De verdamper wordt verwarmt door een warmtebron, afhankelijk van schip tot schip wordt hiervoor stoom of het hete koelwater van de motor gebruikt. Het is ook mogelijk dat schepen gebruik maken van elektrische boilers om warm water te voorzien naar de FWG. Deze elektrische boilers maken deel uit van het warmwatersysteem aan boord en zijn dus niet uitsluitend bedoeld voor de FWG.

De eductor heeft twee verschillende functies in de FWG, afvoeren van het zeewater dat niet verdampt is en een hogere concentratie zout bevat (pekkel(brine)) en het creëren van een vacuüm in de FWG. Dit vacuüm wordt gecreëerd door middel van het Venturi-effect en is noodzakelijk voor een goede werking van de FWG. Het kookpunt zal door het gecreëerde vacuüm verlagen waardoor de onderste warmtewisselaar het water niet tot haar kookpunt dient te brengen.

De waterdamp die vrijkomt uit de verdamper kan nog steeds vloeistofdruppels bevatten. Om te vermijden dat er waterdruppels, die eventueel nog zouten kunnen bevatten, in het zoet water terecht zouden komen, moet het water eerst door een demister passeren alvorens het in de condensor terecht kan komen. In de condensor koelt het koude zeewater de warme waterdampen af tot op het punt waarop het condenseert. Dit condenswater is in een ideale wereld 100% zuiver water en zal vervolgens via een zoetwaterpomp afgevoerd worden naar de volgende stap in het proces (zie 2.1.3 nabehandeling). De demister kan echter niet altijd voorkomen dat er toch nog zouten passeren. In een normaal scenario is de snelheid waarmee de gassen doorheen de demister opstijgen constant. Op dat moment is de snelheid van de gassen niet hoog genoeg om het gewicht van de waterdruppels die gevormd worden in de demister te overwinnen. Het is pas op het moment dat de gassen de snelheid overschrijden, dan deze waarvoor de demister ontworpen is, dat er ook onzuiverheden kunnen meegetrokken worden door de demister. Om hier rekening mee te houden is er na de zoetwaterpomp een saliniteitsmeter voorzien. Deze staat in verbinding met een elektroventiel die, wanneer het zoutgehalte te hoog is wordt, het water, afhankelijk van hoe het systeem opgebouwd is, opnieuw in de FWG stuurt of rechtstreeks overboord pompt. Er bestaan ook systemen die gebruik maken van meer dan twee warmtewisselaars in de FWG. In deze systemen wordt de waterdamp die niet onmiddellijk gecondenseerd wordt in de condensor opnieuw gebruikt om water in een derde warmtewisselaar te verwarmen. Dit heeft als gevolg dat de zoetwaterproductie met meer warmtewisselaars een pak hoger ligt.

---



Figuur 7 Fresh water generator aan boord Ile de Sein

Bron: eigen werk

- |                                |                              |                       |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 1. zeewater (koeling) uitgang  | 4. eductor                   | 7. zoet water uitgang |
| 2. warm water uitgang          | 5. watermeter                | 8. warm water ingang  |
| 3. zeewater (productie) ingang | 6. zeewater (koeling) ingang | 9. saliniteitsmeter   |

## **Problemen met verdamping en destillatie aan boord**

### **1. Verstopping van de warmtewisselaar**

Om zoet water aan boord te creëren door middel van destillatie wordt in de “freshwater generator” gebruik gemaakt van warmtewisselaars. Zoals reeds vermeld bestaat zo een warmtewisselaar uit verschillende platen waardoor het water stroomt om zo een zeer groot contact oppervlak te krijgen waar warmte uitwisseling mogelijk is. Het probleem met deze platen is dat de kleine groeven, waarlangs het water loop, verstopt geraken door de onzuiverheden die aanwezig zijn in het zeewater zoals zouten. Hierdoor is het noodzakelijk deze platen na verloop van tijd te schoon te maken en de rubbers die de verschillende platen van elkaar scheiden te vervangen om zo de productie van zoet water hoog genoeg te houden. Een eerste signaal dat aantoont dat de warmtewisselaar een minder vlotte doorstroom heeft is het verminderen van de zoetwater productie. Door dagelijks de productie aan boord te controleren kan een probleem snel vastgesteld worden [73]. Indien de dagelijkse productie na een bepaalde periode, wordt aangegeven door het “planned maintenance system” aan boord (4 maand aan boord van Ile De Sein<sup>2</sup>), nog steeds niet verminderd is, zal de warmtewisselaar toch aan een onderhoud onderworpen worden [11]. De voornaamste reden dat een warmtewisselaar verstopt geraakt is door water te willen zuiveren te dicht in de buurt van de kust. Er wordt aangeraden om minstens 20 nautisch mijl van de kust te zijn alvorens de zoetwaterproductie op te starten. Het produceren van drinkwater op bijvoorbeeld rivieren of in de haven is dan ook uit den boze. Rivieren of wateren dicht tegen de kust bevatten te veel onzuiverheden die de gehele filterinstallatie in een mum van tijd zouden doen verstoppen [49].

---



Figuur 8 Geoxideerde en verstopte platen uit een warmtewisselaar

Bron: <https://www.merusonline.com> [73]

## 2. Contaminatie

Destillatie en verdamping geven geen garantie op het doden van ziekteverwekkers in het water. Doordat het water steeds zal koken aan een temperatuur die lager is dan haar kookpunt ( $\pm 66^{\circ}\text{C}$ ), kan er geen garantie gegeven worden dat deze techniek alle ziekteverwekkers zoals bacteriën en virussen zal doden tijdens het proces, een nabehandeling met UV-licht of chloor is dus zeker noodzakelijk om drinkbaar water te verkrijgen [97]. Toch proberen de mecaniciens een minimale temperatuur van  $60^{\circ}\text{C}$  aan te houden in de FWG, dit heeft als voordeel dat de legionella en de salmonella bacterie niet langer dan 2 minuten kan overleven [82]. Dit heeft mede als voordeel dat het vacuüm dat nodig is om het water aan de kook te brengen slechts 0,2 bar dient te zijn [47].

### 2.1.3 Nabehandeling

Na het ontzilten bevat het water nog slechts heel kleine hoeveelheden opgeloste zouten en mineralen. Zuiver water met een pH van 7 is niet stabiel en komt niet voor in de natuur. Het neemt koolstofdioxide op uit de omgeving [72]. Door de opname van de koolstofdioxide verlaagd de pH en wordt het water meer zuur. De pH kan in bepaalde gevallen zakken naar 5,5 [72]. Dit heeft als gevolg dat het water agressief en corrosief is voor opslagtanks en waterleidingen [8]. Het water wordt agressief genoemd omdat het op zoek gaat naar



---

mineralen. Het valt leidingen of materialen die bijvoorbeeld calcium bevatten aan om zo verrijkt te worden met mineralen. Het drinken van gedestilleerd water heeft verschillende nadelen (zie 4 Gezondheidsaspect) en moet zo veel mogelijk vermeden worden [44]. Om deze problemen te vermeden moet het water na de ontziltling verder behandeld worden. Niet enkel water dat aan boord geproduceerd wordt kan behandeld worden. Ook het water dat in een haven aan boord gepompt werd kan aan onderstaande stappen onderworpen worden.

### **a) Hermineralisatie**

Een probleem van het ontzilten door gebruik te maken van omgekeerde osmose of destillatie is dat beide systemen te goed werken. Ze onttrekken meer mineralen uit het water dan eigenlijk nodig is, niet alleen het zout maar zo worden ook onder andere de mineralen die invloed hebben op de smaak (zie 1.4.3 Fysische parameters) en mineralen die bevorderlijk zijn voor de werking van het lichaam (zie 1.4.1 Chemische parameters) worden onttrokken. Hierdoor is men zo goed als zeker dat het eindproduct geen bacteriën of virussen bevat. Omgekeerde osmose filtert 97 – 99% van alle zouten, bacteriën, virussen en andere opgeloste stoffen uit het water [16]. Een gelijkaardig resultaat wordt verkregen via de destillatie methode [8]. Dit heeft als gevolg dat de noodzakelijke mineralen die in drinkwater aanwezig moeten zijn, na het ontziltingsproces, niet meer aanwezig zijn. Het toevoegen van mineralen gebeurt door het water na het ontziltingsproces door een vat (Figuur 9) te sturen gevuld met kalksteen (Figuur 10) en met magnesiet. De kalksteen, die voornamelijk bestaat uit calciumcarbonaat, zal door het licht zure karakter van gedestilleerd water oplossen in het water en op deze manier mineralen vrij geven aan het water. De opname van magnesium gebeurt op dezelfde manier via de magnesiet. Het is mogelijk dat er niet voldoende mineralen oplossen in het water en de “taste threshold concentration” (TTC) niet bereikt wordt (zie 1.4.3 Fysische parameters). Op dat moment kan er CO<sub>2</sub> toegevoegd worden aan het water om de zuurtegraad te verhogen en zo de opname van de mineralen te doen stijgen.

Magnesium en calcium zijn allebei een belangrijke indicator voor de hardheid van het water (zie 1.4.1 Chemische parameters). Dit is een van de parameters die aan boord dagelijks gecontroleerd wordt (zie 3 Testprocedures aan boord).

---



Een groot voordeel van het opnieuw toevoegen van mineralen aan het water is, naast het gezondheidsaspect, dat de smaak ook beter wordt. In 1.4.3 (Fysische parameters) worden de smaakgrenzen meegegeven. Deze grenzen geven weer wanneer de mineralen waarneembaar worden. Omgekeerd geldt ook dat water met een tekort aan mineralen een andere smaak zal hebben, zo is gedemineraliseerd water eerder bitter van smaak. Om de neutrale smaak van water te verkrijgen moet er 25-50mg/l aan mineralen worden toegevoegd [48].

Het gehele hermineralisatie proces kan vergeleken worden met wat in de natuur gebeurt. Daar zal regenwater, dat zo goed als geen opgeloste deeltjes bevat, zich een weg banen door de steenlagen die aanwezig zijn in de bodem om vervolgens terecht te komen in een grondwaterbekken waar het opnieuw kan opgepompt worden en na ontsmetting opnieuw gebruikt kan worden als leidingwater.



**Figuur 9** "Mineraliser" aan boord van containerschip Violetta

Bron: eigen werk



**Figuur 10** Calciumcarbonaat

Bron: eigen werk

## b) Ontsmetting met chloor

Om het water te ontsmetten en te voorkomen dat er zich nieuwe bacteriën zouden nestelen in het water of te voorkomen dat reeds aanwezige bacteriën, die toch door de filter geraakt zijn, zouden kunnen overleven, wordt er chloor aan het water toegevoegd. Een vat gevuld met chloor Figuur 11 is voorzien van een pomp met debietregelaar. Wanneer de zoetwaterproductie op gang gebracht wordt zal het debiet van het chloor aangepast worden aan de hoeveelheid water die op dat moment geproduceerd wordt. Aan boord van nieuwe schepen is dit vaak een geautomatiseerd systeem. Op Figuur 11 is het nog steeds de taak van de machinist om de productie regelmatig te controleren en vervolgens het debiet van de pomp aan te passen. De constante toevoeging van chloor zorgt ervoor dat de chloor direct gelijkmatig verspreid wordt in het water.



Figuur 11 Chloorvat met pomp

Bron: eigen werk

Een meer gebruikte, en veel eenvoudigere, methode is het toevoegen van de chloor nadat het water reeds in de tank aanwezig is. Er wordt gekeken naar hoeveel zoet water er op een bepaalde dag geproduceerd wordt en vervolgens wordt aan de hand van een tabel gekeken hoeveel chloor daaraan moet toegevoegd worden om de juiste waarden te bereiken. Deze hoeveelheid wordt dan rechtstreeks in de tank gepompt of gegoten. Op deze manier moet niemand zich bezig houden met de constant correcte dosering van de chloor. De kans op het maken van fouten is hierdoor kleiner. De WHO schrijft voor dat de concentratie vrije chloor

---

die gemeten wordt in de tank, dus na het gehele ontziltings- en ontsmettingsproces, een minimale waarde moet hebben van 0,5mg/l. Wanneer het de gebruiker bereikt moet de waarde nog minimaal 0,2mg/l zijn [100]. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen in de tank en op het moment dat het de gebruiker bereikt omdat chloor een actieve stof is. Chloor zal met andere woorden actief reageren om organismen te doden. Hierdoor vermindert de hoeveelheid vrije chloor in het water tijdens het ontsmettingsproces [42,95]. (zie 1.4.1 Chemische parameters)

Chloor is een uitstekend ontsmettingsmiddel dat de grootste hoeveelheid bacteriën kan doden maar is zeker geen wondermiddel. Wanneer de zuiveringsinstallatie niet goed werkt en er te grote hoeveelheden bacteriën of virussen door de mazen van het net glippen dan zal een normale dosering van chloor niet in staat zijn om het vervuilde water te zuiveren. In zulke situaties is “superchlorering” aan te raden (zie 2.2.2 Bunkeren met een verhoogd risico).

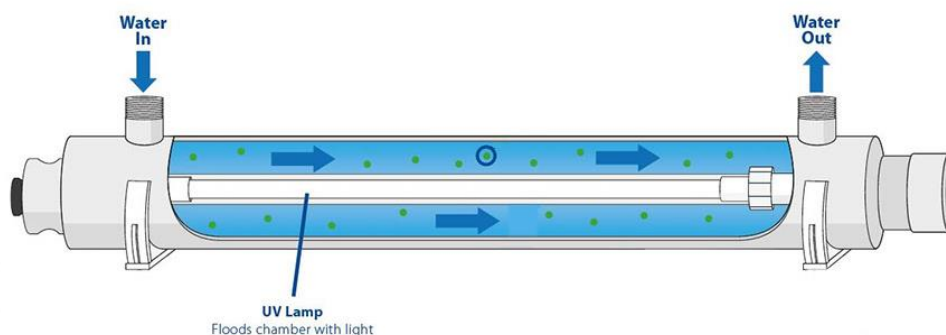
### **c) Ontsmetting met UV licht**

Elektromagnetische straling, voornamelijk UV licht is een effectieve manier om micro-organismen in een oplossing te doden. UV licht heeft een golflengte van tussen de 10nm en 400nm en kan opgedeeld worden in vier categorieën. UVA, UVB, UVC en EUV [78].

Bij het gebruik in waterzuivering wordt uitsluitend UVC gebruikt (100nm – 280nm). Dit komt omdat binnen het spectrum van 240nm en 280nm het licht wordt geabsorbeerd door het DNA. Het geabsorbeerde licht zal het DNA beschadigen en de organismen vervolgens doden of niet meer in staat stellen om zich voort te planten. De hoeveelheid licht die nodig is om een organisme onschadelijk verschilt per organisme. Het is daarom noodzakelijk dat het water lang genoeg blootgesteld wordt aan het UV licht. Hoe lang een organisme precies moet blootgesteld worden aan UV licht om gedood te worden hangt in de eerste plaats af van het organisme zelf. Zo duurt het bijna twee keer zo lang om een E. Coli bacterie te doden dan om een legionella bacterie te doden (0,2 seconden tegenover 0,38 seconden) [88]. De duur van de blootstelling is ook afhankelijk van een aantal andere factoren zoals debiet, troebelheid (zie 1.4.3 Fysische parameters) en het ontwerp van de lamp zelf [96]. Het ontwerp van de UV lamp en haar behuizing is afhankelijk van de fabrikant en vervolgens niet aan te passen aan boord. Maar hier geldt de regel, hoe krachtiger hoe effectiever. De lamp

---

wordt dan ook gekozen in functie van de installatie. Ook de troebelheid van het water is niet direct te regelen aan de UV installatie. Troebel water bij de UV-lamp duidt op een fout in een van de voorgaande processen en moet dus te allen tijde vermeden worden. De laatste parameter, het debiet, kan wel aan boord beïnvloed worden. Het is de taak van de scheepswerktuigkundige om het debiet van het zoet water uit de zoetwatergenerator te controleren. Het aanpassen van het debiet gebeurt doorgaans automatisch maar controles dienen steeds uitgevoerd te worden.



Figuur 12 UV ontsmetting

Bron: Aangepast van <https://www.alfaauv.com> [79]

De hoofdreden om naast chloor ook UV licht te gebruiken is omdat bepaalde groepen micro-organismen (Bijlage 1 Tabel 7.1) minder gevoelig zijn aan chloor [100]. Hoewel UV licht effectief is tegen zo goed als elk organisme, zijn er twee grote nadelen aan verbonden. Het eerste nadeel is dat voor een totale ontsmetting met UV licht het water zo zuiver mogelijk moet zijn ( $NTU < 1$ ) (zie 1.4.3 Fysische parameters). Met andere woorden zo weinig mogelijk opgeloste mineralen meer bevatten [15]. Het tweede nadeel is dat een UV behandeling achteraf niet meetbaar is. Er blijft geen restant achter in het water waardoor duidelijk wordt dat het water effectief ontsmet geweest is. Dit tweede nadeel is dan ook de hoofdreden waarom chloor nog steeds zo vaak gebruikt wordt als ontsmetting (zie 1.4.1 Chemische parameters) [95].

#### d) Gebruik van een waterverzachter

Waterverzachters hebben als doel de magnesium en vooral de calcium uit het water te halen. Ze doen dit door de calcium te vervangen door natrium. De calcium die aanwezig is in het water na de mineralisatie is gezond voor ons lichaam maar niet zo gezond voor de apparaten die gebruik maken van dat water zoals wasmachines, waterkokers etc. Deze

apparaten kunnen samen met de leidingen verkalkt geraken waardoor deze ofwel schade oplopen of vaker moeten gereinigd worden. Aan boord vinden we dit slechts zelden terug omdat de hoeveelheden calcium die door de mineralisatie worden toegevoegd doorgaans niet voor problemen zorgen.

## **2.2 Bunkeren van drinkwater**

Het bunkeren van drinkwater kan in de haven op twee manieren gebeuren: via een aansluiting aan de wal of via een daarvoor voorziene bunkerschip die langs zij komt en water levert aan het schip. In beide gevallen moet het water dat geleverd wordt door de leverancier, doorgaans de haven zelf, drinkbaar zijn en voldoen aan de standaarden die opgelegd zijn door de Wereldgezondheidsorganisatie [100].

### **2.2.1 Risico's beperken**

Het leveren van het drinkwater gebeurt met behulp van slangen. Elke slang of koppeling die gebruikt wordt tijdens het bunkeren van het water moet eigendom zijn van het schip en uitsluitend bestemd zijn voor dit specifieke gebruik. Op deze manier kan het schip voor zich zelf garanderen dat de gebruikte slangen onder hygiënische omstandigheden gestockeerd en behandeld zijn. Elke slang en koppeling moet daarom gestockeerd worden in een speciaal daarvoor voorziene kast. Deze kast moet volledig afgesloten worden zodat er geen vuil op het materiaal terecht kan komen. Daarnaast is het noodzakelijk dat het materiaal dat gebruikt wordt regelmatig en minstens voor elk gebruik doorgespoeld wordt gedurende 3 minuten en minstens elke 6 maand doorgespoeld wordt met een chlooroplossing van minstens 100mg/l. Ook de gebruikte koppelingen dienen voor elk gebruik gedesinfecteerd te worden [97]. Natuurlijk spreekt het voor zich zal als het water geleverd door de haven niet drinkbaar is, een hygiënische slang geen effect zal hebben op het drinkwater dat uiteindelijk in de tank terecht komt. Om die reden moet het geleverde drinkwater steeds gepaard gaan met een document van de havenautoriteiten waarin verklaard wordt dat het geleverde water voldoet aan de normen zoals deze opgesteld zijn door de WHO.

---

---

## 2.2.2 Bunkeren met een verhoogd risico

De Wereldgezondheidsorganisatie heeft richtlijnen opgesteld voor het bunkeren van zoet water in havens die niet voldoen aan de opgelegde standaarden. Schepen zijn op dat moment verplicht verschillende testen uit te voeren (troebelheid, pH, chloor waarden en op de aanwezigheid van specifieke bacteriën die een indicatie geven of het water al dan niet in aanraking is gekomen met uitwerpselen). Indien er een sterk vermoeden is dat het water geleverd door de haven niet veilig is voor gebruik aan boord, kan het aan boord verder behandeld worden [29]. Zo'n vermoeden van vervuiling kan gebaseerd zijn op verschillende factoren zoals het uitzicht van de haven, toestand van de koppeling en/of slangen die aan de wal liggen. Het vermoeden kan ook gebaseerd zijn op basis van het land waar water aan boord genomen moet worden [11]. Ondanks de richtlijnen van het WHO is de behandeling van vervuild water aan boord niet aan te raden omdat dit ondanks extra maatregelen toch de gezondheid van de bemanning in gevaar kan brengen. Wanneer er twijfel is over de veiligheid van het drinkwater, is het veiliger om rechtstreeks over te schakelen naar flessenwater dat aangekocht is van een betrouwbare bron (zie 2.4 Verpakt water aan boord). Bij twijfel over de kwaliteit van het water en wanneer het schip geen andere opties heeft, moet een staal genomen worden waarop aan boord tests moeten uitgevoerd worden (zie 3 Testprocedures aan boord). De voornaamste parameter die gecontroleerd dient te worden is het chloorgehalte. Deze moet hoger liggen dan 0,2mg/l op de plaats waar het staal genomen wordt (zie 1.4.1 Chemische parameters) [100]. Om het water aan boord verder te behandelen kan superchlorering toegepast worden. Bij deze techniek wordt een relatief grote hoeveelheid chloor toegevoegd aan het water zodat het chloorgehalte gedurende een periode van minstens 24u boven meer is dan 50mg/l [29,97]. De techniek is vooral terug te vinden in het reinigen van zwembaden [75]. Verder is het altijd mogelijk om het water dat aan boord komt opnieuw door de FWG te sturen. Deze methode is uiteraard enkel effectief indien er één van de zoetwatertanks (indien er meerdere aanwezig zijn) nog niet vervuild is. Ondanks de maatregelen die men kan nemen aan boord blijft het te allen tijde af te raden om water aan boord te nemen waar men niet zeker van is dat het veilig is. In de praktijk is een test op ziekteverwekkers (bacteriën) niet uit te voeren in enkele minuten. De tijd die nodig is voor een bacteriologisch onderzoek is afhankelijk van de gekozen methode maar kan variëren van 18u tot 48u per kweek [90]. Hierdoor zal de uitslag

---

van het onderzoek waarschijnlijk pas volgen op het moment dat het schip de haven alweer verlaten heeft en het op dat moment reeds te laat is. De beslissing of water al dan niet gebunkerd wordt in een haven ligt bij de kapitein, deze zal door ervaring en met eventuele extra informatie die verkregen is door rederij of een contactpersoon ter plaatse, een keuze moeten maken.

Wanneer de kapitein weinig ervaring heeft met het land waarin hij zich bevindt of geen informatie van externe partijen ontvangen heeft kan hij steeds beroep doen op de website van de Belgische overheid ([diplomatie.belgium.be](http://diplomatie.belgium.be)). Het ministerie van buitenlandse zaken geeft daar steeds een reisadvies mee, dit omvat onder andere de drinkbaarheid van het leidingwater.

### **2.3 Opslag in zoetwatertank(s)**

Drinkbaar water, zelf geproduceerd of gebunkerd, moet gestockeerd in tanks die ontworpen zijn zodat er geen vervuiling kan optreden van buiten naar binnen maar ook zodat de tank zelf geen vervuiling kan veroorzaken door bijvoorbeeld een coating die aangebracht is in de tank [29,97]. De tanks moeten ook ontworpen worden zodat er op geen enkel moment andere vloeistof dan drinkbaar water in de tank kan stromen. Idealiter wordt de tank aan boord gemaakt op een plaats waar geen bron van vuil of hitte aanwezig is maar dit ligt niet altijd voor de hand doordat de ruimte aan boord beperkt is [97]. De tanks moeten gesegregeerd worden van andere tanks die eventueel gevuld kunnen zijn met niet drinkbare vloeistoffen. Ook moet het ontwerp ervoor zorgen dat geen enkele leiding van een andere tank (brandstof-, lading-, afvalwater- of zeewaterleiding), die een niet-drinkbare vloeistof bevat, door de zoet watertank gaat. Mocht dit tijdens het ontwerpen van het schip onvermijdelijk blijken, dan dient deze leiding in een tunnel geplaatst te worden die “self-draining” is, dit kan door deze bijvoorbeeld onder een kleine helling te plaatsen [97]. Niet alleen de constructie van de tank maar ook de manier waarop de ventilatie naar deze tank voorzien is wordt sterk gereguleerd. Zo moet de ventilatie naar de zoetwater tank steeds voorzien zijn van een filter die schoongemaakt dient te worden volgens het “planned maintenance system”. De ventilatie moet ook uitsluitend bedoeld zijn voor de zoetwater tank en mag niet samen komen met een andere tank omdat op die manier er toch vervuiling zou kunnen optreden [97]. Moest dit niet het geval zijn dan zou tijdens het wegpompen van

---

water een onderdruk kunnen ontstaan die vervolgens het water kan vervuilen. Elke vorm van vervuiling moet geweerd worden uit de tank. De tank moet ook steeds voorzien zijn van een niveau indicatie aan de buitenkant van de tank zodat het niveau steeds gecontroleerd kan worden zonder de tank zelf te betreden.

De zoetwatertanks worden periodiek (doorgaans jaarlijks) leeg gepomp waarna ze met hoge druk worden gereinigd en geïnspecteerd. Eventuele schade aan de coating van de tanks dient dan hersteld te worden [11].

Het is belangrijk dat het water dat aanwezig is in de tank steeds voldoet aan de minimale eisen die gesteld worden door de vlaggenstaat. Hieronder valt onder andere de hoeveelheid chloor in het water. Deze wordt dagelijks gecontroleerd maar zal naar verloop van tijd afnemen (zie 1.4.1 Chemische parameters). Om dit niveau op peil te houden wordt er chloor toegevoegd aan de zoetwatertank wanneer het percentage onder de 0,5mg/l zou terecht komen.

Een studie uit 2007, gepubliceerd in de International Journal of Environmental Health Research , toont aan dit niet altijd even goed werkt [60]. De studie vond plaats aan boord van een containerschip nadat de bemanning een vreemde geur en smaak opmerkte aan het drinkwater aan boord. Na analyse door een gespecialiseerd labo werd vastgesteld dat het water aan boord een hoge concentratie xyleen bevatte. Xyleen is ene ontvlambare vloeistof die aanleiding kan geven tot hoofdpijn, misselijkheid en bewusteloosheid, het wordt voornamelijk gebruikt als oplosmiddel in verven [101]. Na meerdere staalnamen op verschillende plaatsen in het waternet werd vastgesteld dat de oorsprong van de verontreiniging terug te brengen was naar de opslagtank. Verder onderzoek heeft aangetoond dat de coating, die hoogstwaarschijnlijk tijdens de constructie van het schip niet voldoende tijd heeft gekregen om te drogen, de bron was van de hoge concentraties xyleen in het drinkwater [60].

De hoeveelheid water die moet opgeslagen worden aan boord is afhankelijk van het schip en het aantal bemanningsleden. De MLC schrijft voor dat er op elk moment van de reis minstens voor 2 dagen aan reserve water aanwezig moet zijn [56]. Dit laat toe om op elk eventuele onverwachte kleine herstellingswerken uit te voeren zonder in de loop van de reis met een tekort aan drinkwater te komen [97].

---



## 2.4 Verpakt water aan boord

Verpakt water komt aan boord in de vorm van flessenwater of mineraalwater (zie 1.2 Mineraalwater, leidingwater en flessenwater). Voor eenvoud worden beiden hieronder aan elkaar gelijkgesteld en als flessenwater beschouwd.

De keuze voor flessenwater aan boord wordt al snel gemaakt wanneer er zich een probleem voordoet met de installatie aan boord. De problemen met de FWG kunnen het gevolg zijn van vervuild zeewater, kapotte of verstopte filters, slechte tankcoating, foute dosering van chloor, te hoge temperaturen, etc. Deze problemen kunnen vermeden worden maar zijn soms onoverkomelijk, aan boord gaan dingen nu eenmaal kapot. Om de periode waarin reparaties gebeuren te kunnen overbruggen moet steeds, zoals verplicht door de MLC, voor minimaal 2 dagen reserve water aanwezig zijn aan boord. Ook hebben er in het verleden verschillende incidenten plaatsgevonden, zoals het voorbeeld met xyleen. Deze zetten meer en meer rederijen aan tot het gebruik van flessenwater [60]. Maar ook flessenwater kan, wanneer het niet correct gestockeerd wordt, vervuild geraken. Flessenwater wordt door de algemene bevolking als een veilig alternatief gezien voor leidingwater. Uit een enquête die in het kader van dit werk werd afgenomen (zie 5 Enquête rond de mentaliteit aan boord) bleek ook dat veiligheid de belangrijkste reden is om flessenwater te gebruiken. Toch blijkt dat flessenwater zeker niet altijd het veilige alternatief is. Onderzoek uit de Verenigde Staten toont aan dat ook flessenwater vervuild kan zijn: een studie in 1999 toonde aan dat een derde van het flessenwater in de VS bacteriën en/of chemicaliën bevatte die boven de wettelijke limiet lagen [63]. Ook zijn sommige chemicaliën, bijvoorbeeld brandstof en solventen, in staat om door het plastic het water te verontreinigen [29]. Dit geeft aan dat het niet correct stockeren van flessenwater grote gevolgen kan hebben voor de kwaliteit van het water.

Flessenwater valt, in tegenstelling tot water in een tank, onder de categorie voedsel aan boord. Dit zorgt ervoor dat flessenwater aan boord niet aan dezelfde voorwaarden moet voldoen als het drinkwater dat aan boord geproduceerd wordt en de GDWQ op deze manier niet strikt gevolgd moeten worden. Ook gaat de categorie voedsel gepaard met andere regels omtrent het stockeren ervan [97,100].

Naast alle mogelijke problemen die zich kunnen voordoen met flessenwater is er nog het economische aspect. Hoewel de initiële kost van een volledige zuiverinstallatie met

---

voorziening van drinkwaterkraantjes verspreid over het gehele schip groot is, kan deze kost voornamelijk verantwoord worden door de uiteindelijke lage kost van het geproduceerde water (zie 2.5 Alternatieven aan boord). Flessenwater moet in elk geval nog steeds voorzien worden om in noodgevallen een minimale hoeveelheid drinkwater te kunnen garanderen dit in veel beperktere mate dan het normaal aanwezig moet zijn wanneer het de primaire bron van drinkwater aan boord is.

Naast de directe besparing op de aankoop van het water kan een vermindering van flessenwater aan boord een drastische vermindering van al het plastic afval aan boord teweeg brengen. Over de hele wereld zijn in 2016 meer dan 480 miljard plastic flessen verkocht en er wordt geschat dat tegen 2021 het aantal tot 580 miljard kan toenemen als de huidige trend zich verder zet. Van alle flessen die in 2016 verkocht werd minder dan de helft terug opgehaald en gerecycleerd, al de rest is terecht gekomen op vuilnisbelten of in de oceaan. Van de gerecycleerde flessen werd slechts 7% effectief gebruikt om nieuwe flessen van te maken. De huidige berekeningen schatten dat er jaarlijks tussen de 5 en 13 miljoen ton plastic afval in de oceaan verdwijnt en dat er aan het huidige tempo tegen 2050 meer gewicht aan plastic afval dan vis in de oceaan zal zitten. Dit plastic afval wordt opgenomen door de dieren die leven in de oceaan en zo komt het uiteindelijk terecht in onze voedselketen [23]. Een onderzoek aan de universiteit van Gent heeft in 2014 aangetoond dat mensen die regelmatig zeedieren eten tot 11000 stukjes plastic per jaar kunnen binnenkrijgen [80]. Dit toont aan hoe vervuild de oceanen momenteel al zijn. Elke vermindering in plastic afval kan dus bijdragen aan een beter leefmilieu voor de zeedieren en uiteindelijk ook voor de mens. In 2018 voeren er ongeveer 120 duizend schepen rond in de koopvaardij, als op deze schepen dagelijks door een bemanning 2 liter water gedronken wordt uit plastic flessen dan vormt dit na een jaar tijd een aanzienlijke berg afval die verwerkt moet worden [22]. Het verwerken of aan de wal geven van afval is komt ook met een prijskaartje. Zo rekent de haven van Rotterdam €200 als vaste kost + €25 voor elke m<sup>3</sup> aan afval die aan de wal gegeven wordt [85]. Een vermindering van flessenwater kan zo leiden tot een verlaging van de kosten tijdens de aankoop ervan en tijdens het verwerken van het afval. Zowel de ecologische als economische argumenten kunnen de rederijen een reden geven om hun beleid aan te passen. Daarnaast is er nog het sociale aspect waarbij een

---

rederij zichzelf kan profileren als een milieubewuster bedrijf om op deze manier nieuwe investeerders aan te trekken.

Het ecologische aspect gaat verder dan hierboven uiteengezet wordt en valt buiten de reikwijdte van dit werk. Meerdere studies en artikels hebben het probleem van wegwerpflessen en plastic vervuiling reeds in detail behandeld [50].

## **2.5 Alternatieven aan boord**

Naast het bunkeren en zelf produceren van drinkwater zijn er nog een aantal alternatieven, deze hebben elk hun voor- en nadelen wanneer ze vergeleken worden met de meer traditionele methodes.

### **2.5.1 Waterdispenser**

De waterdispensers zijn verkrijgbaar bij verschillende fabrikanten, waarvan de meest bekende waarschijnlijk SIPWELL is. Daarbij wordt water in grote plastic flessen aangekocht. De grootte is afhankelijk van de fabrikant maar schommelt tussen de 10 en 20 liter. Het grote en zo goed als enige voordeel van een waterdispensers is dat deze overal aan boord geplaatst kan worden waar er elektriciteit voorzien is en men dus niet vast hangt aan een vaste leiding die geplaatst moet zijn tijdens de bouw van het schip. De elektriciteit is nodig omdat waterdispensers ook gebruikt worden om water te koelen. Zo kan een waterdispenser bijvoorbeeld geplaatst worden in de machinekamer en nog steeds fris water leveren. Ook kan zijn de meeste waterdispensers in staat om naast fris water ook warm water ( $\pm 95^{\circ}\text{C}$ ) te leveren om zo snel thee of soep te kunnen maken.

De plastic flessen die geleverd worden zijn doorgaans eigen aan het type toestel dat geïnstalleerd wordt. Hierdoor is het schip afhankelijk van eenzelfde fabrikant en diens mogelijkheid om overal waar het schip aanmeert te kunnen leveren. Verder neemt de opslag van zulke flessen een enorme hoeveelheid plaats in beslag. Dit komt omdat in tegenstelling tot het standaard flessenwater het afval van de waterdispenser (de lege flessen) niet zomaar bij het vuil gegooid mogen worden. De fabrikant neem deze terug mee om deze later te hergebruiken. Op deze manier beperkt het gebruik van een waterdispenser de totale berg van plastic afval. Het hergebruiken van deze flessen houdt wel in dat aan boord het afval gestockeerd moet worden en dus niet platgedrukt kan worden zoals dat het geval is bij de traditionele plastic fles.

---

Naast al dit is er nog de prijs, verschillende websites en fora tonen aan dat je als particulier makkelijk €0,7 per liter kan betalen wanneer een SIPWELL gebruikt wordt. Dit is een veelvoud van het water dat aangekocht kan worden als het gewone flessenwater en tot 200 keer zo duur als het drinken van het aan boord geproduceerde water (zonder drinkfontein) [41,76].

### **2.5.2 Drinkwaterfonteinen**

Vroeger waren drinkwaterfonteinen aan boord meer koelers die rechtstreeks aangesloten waren op het waternet en zo de bemanning van fris water konden voorzien. Vandaag de dag is een drinkwaterfontein meer dan een mooi kraantje om het water koel te houden. De fonteinen bevatten tegenwoordig een extra nabehandeling. Deze werken aanvullend op de behandelingen die zijn uitgevoerd tijdens het initiële productieproces en zijn op zichzelf niet voldoende om grote onzuiverheden uit het water te filteren. Afhankelijk van de constructeur van de fonteinen en van de wensen van de rederij worden een aantal extra filters toegevoegd. In het geval van de fonteinen aan boord van de Ile De Sein, gaat het om 2 extra filters en 1 extra UV lamp [11]. De eerste filter is een membraanfilter die bestaat uit twee membranen. Het eerste membraan is ontworpen om deeltjes groter dan 20µm op te vangen. Het tweede membraan vangt deeltjes op tot 0,22µm. Deze filter heeft als doel om kleine deeltjes die in het water zouden kunnen voorkomen (bijvoorbeeld roest) op te vangen. De membraanfilter wordt opgevolgd door een filter met actieve kool. Deze heeft als hoofddoel om de smaak van het water te verbeteren. In het bijzonder het verwijderen van de typische chloorsmaak. Als derde barrière in de fontein wordt een UV lamp geplaatst. Deze UV lamp is er om eventuele bacteriën die toch door het gehele productieproces geraakt zouden zijn te doden [27].

Drinkwaterfontein kunnen over zo goed als het gehele schip geplaatst worden om de bemanning op de plaatsen waar zij zich het meest bevinden, zoals brug, machine kamer, mess room en werkplaats, steeds toegang te geven tot proper drinkbaar water.

Wanneer dit systeem vergeleken wordt met de waterdispenser valt op dat de drinkwaterfontein twee grote voordelen heeft tegenover de dispenser. Zo heeft de fontein

---

---

na gebruik geen afval en is de kost per liter water een pak lager (€0,28/liter)<sup>6</sup> dan deze van de dispenser (€0,7/liter)<sup>4</sup> [51].

### 2.5.3 Gerecycleerd water

Aan boord van schepen zijn er twee soorten afvalwater: grijs en zwart water. Het grijs water is afkomstig van plaatsen zoals douches, keuken en wasmachines. Het is doorgaans niet sterk vervuild en kan in de meeste gevallen zonder extra behandeling overboord gepompt worden. Het zwart water daarentegen is afkomstig van onder andere de toiletten [57,84]. Dit water wordt opgevangen in de afvalwatertank en valt onder de regels van MARPOL bijlage IV [57].

Het recycleren van afvalwater is vandaag de dag vooral gebruikelijk aan boord van cruiseschepen. Een gemiddeld cruiseschip verbruikt bijna 1000m<sup>3</sup> aan zoet water per dag waarvan het meeste bestemd is voor de wasmachines [36]. Om aan het enorme verbruik van 1000m<sup>3</sup> te kunnen voldoen moet het schip beschikken over een gigantische installatie, ter vergelijking: de Ile de Sein, een kabellegger van 140m met ± 50 bemanningsleden aan boord, kan in het beste geval 25m<sup>3</sup> per dag produceren [11].

Ongeveer 80% van het grijs water aan boord kan gerecycleerd worden.. Het recycleren zelf gebeurt aan de hand van een apart systeem dat onafhankelijk is van het ontziltingsstelsel en maakt gebruik van nanofilters [34]. Deze kunnen deeltjes tot 1 nanometer groot uit het water filteren [61]. Dit maakt het water niet drinkbaar maar wel voldoende zuiver om het opnieuw te gebruiken in bijvoorbeeld de wasserij [34]. Nu is het zo dat het grijs water en het zwart water dat uit de sewage treatment plant komt relatief proper is. Het is alles behalve drinkbaar maar kan na een gelijkaardig proces als het ontziltingsproces toch omgezet worden in drinkbaar water. Maar de vraag is in deze situatie niet of het kan maar eerder of de mensen het willen. Het drinken van bijvoorbeeld gerecycleerd toilet water komt met een bepaalde “yuck factor” [53]. Onderzoek bij 203 studenten van de universiteit van Singapore toont aan dat mensen het water pas willen drinken indien ze goed geïnformeerd zijn over de

---

<sup>6</sup> Deze prijzen dienen enkel ter illustratie om het duidelijk verschil aan te tonen. Beide prijzen zijn afkomstig van één observatie en dus geen berekend gemiddelde. Ook wordt in deze prijs geen initiële installatiekost gerekend omdat deze afhankelijk van de gebruikte periode een grotere of minder grote impact heeft op de totale kostprijs.

---

werking van de installatie en duidelijk bewijs hebben dat het verkregen resultaat ook te betrouwen is. Ook valt op dat de personen uit het onderzoek zich veel comfortabeler voelden indien het door andere mensen rond hun ook geaccepteerd werd [53].

Ondanks de beschikbare technologieën zal in de koopvaardij, zeker in de lange omvaart, de omschakeling niet snel gemaakt worden. De kostprijs voor het recycleren van water ligt namelijk nog altijd hoger dan het zelf produceren ervan ( $\text{€}4,2/\text{m}^3$  tegenover  $\text{€}2\text{-}3/\text{m}^3$ ) [35]. Schepen die dicht bij de kust varen en minder lange afstanden over zee afleggen zullen waarschijnlijk sneller geneigd zijn om de omschakeling te maken omdat zij niet altijd gebruik kunnen maken van hun zuiveringsinstallatie (zie 2.1 De productie aan boord). De schepen die hier het meeste van kunnen profiteren zijn de cruiseschepen omdat zij een gigantisch hoog verbruik hebben en het voor hen een manier kan zijn om extra kosten, zoals het aan de wal pompen van de afvalwatertank, te verminderen.

Het recycleren van drinkwater is een duurzame manier om met water om te gaan. Vooral in gebieden of op plaatsen waar de beschikbare hoeveelheid drinkwater beperkt is. Het is een techniek die we vaker aan de wal zullen tegenkomen omdat aan boord het slechts voor bepaalde types schepen een voordeel oplevert.

---

### 3 Testprocedures aan boord

Elke dag worden aan boord verschillende aftappunten geteste op drie parameters: pH, chloor en hardheid. De aftappunten die getest dienen te worden liggen verspreid over het gehele schip en zijn vastgelegd in het WSP (zie 1.3.1 Water Safety Plan).

De dagelijkse testen worden uitgevoerd om de waterkwaliteit zo goed mogelijk te kunnen garanderen en na te gaan of het systeem correct functioneert. Door de dagelijkse controle kan een afwijking snel opgespoord worden en kunnen de nodige stappen ondernomen worden om het water terug binnen de gewenste parameterwaarden te krijgen. Aangezien de nodige apparatuur voor een volledige analyse niet aanwezig is, valt men terug op enkele basis testen die een beeld geven van de situatie aan boord. Als de geteste waarden doorheen de tijd niet variëren dan kan ervan uitgegaan worden dat de waterkwaliteit nog altijd voldoet aan de normen. Afwijkingen in bijvoorbeeld het chloorgehalte zoals een te lage hoeveelheid chloor kunnen een risico vormen voor een bacteriële verontreiniging (zie 1.4.2 Microbiologische parameters). De testen zijn zo gekozen zodat wanneer er geen afwijkingen zijn er zo goed als geen kans is op een bacteriële verontreiniging. Een chemische verontreiniging kan aan boord niet vastgesteld worden, vandaar de vaste testperiodes zoals opgesteld in het WSP. Er wordt waarschijnlijk vanuit gegaan dat een chemische verontreiniging zich niet zomaar voordoet op enkele dagen/weken waardoor een langere interval tussen de labo analyses mogelijk is. Wanneer zich een afwijking voordoet wordt beroep gedaan op de handleiding van de waterinstallatie of het WSP om zo de juiste handeling uit te voeren om het water terug binnen de gewenste parameterswaarden te krijgen.

Testkits voor pH, chloor en hardheid zijn verkrijgbaar bij verschillende fabrikanten. De testprocedure die hieronder beschreven wordt is afkomstig van de Ile De Sein<sup>2</sup> en is dus niet noodzakelijk dezelfde als op een ander schip.

#### 3.1 pH test

Deze kan op verschillende manieren uitgevoerd worden. De gemakkelijkste methode is door gebruik te maken van een pH strip. Een waterstaal wordt afgenomen op de te testen plaats, vervolgens wordt de strip in het water gebracht. Deze strip zal verkleuren en aan de hand

---

van die kleur kan, door gebruik te maken van een kleurenschijf, gekeken worden wat de pH van het water is. Deze methode is echter de minst accurate, vaak maar tot op een eenheid (6/7/8). Een tweede methode is door gebruik te maken van chemische indicatoren. Een vastgelegde hoeveelheid, deze staat steeds beschreven in de procedure van de gebruikte kit, wordt toegevoegd aan het waterstaal. Dit waterstaal wordt vervolgens tegen een kleurenpallet gehouden waar vervolgens de juiste pH op kan afgelezen worden (Figuur 13). Deze manier van testen is nauwkeurig tot op 2 tienden, wat volstaat voor aan boord [11]. Een derde en laatste methode is door gebruik te maken van een digitale pH meter. Deze zijn veruit het accuraatst maar duurder in aankoop en gaan volgens de bemanning minder lang mee [11].



**Figuur 13** pH kleurenpallet  
Bron: eigen werk

### 3.2 Chloortest

De chloortest werkt vrij gelijkaardig aan het testen van de pH. In plaats van een vloeistof toe te voegen wordt er in dit geval een tablet toegevoegd. Deze tablet zal reageren met het water en leiden tot een verkleuring van het water. Deze kleur kan opnieuw vergeleken worden met het daarvoor bestemde kleurenpallet, welke dan een indicatie geeft van de hoeveelheid aanwezige chloor.

Afhankelijk van het type test moet de verkregen waarde nogmaals vermenigvuldigd worden met een vast getal om zo op de correcte hoeveelheid milligram chloor per liter te komen.

### 3.3 Hardheidstest

De hardheidstest is de uitgebreidste test van de drie. In deze test worden twee verschillende stoffen toegevoegd aan het waterstaal. De hoeveelheden die dienen toegevoegd te worden



staan vastgelegd in de meegeleverde procedure en kunnen verschillen van fabrikant tot fabrikant. Na toevoeging van beide stoffen zal het water verkleuren. Als het water blauw kleurt is dit een indicatie dat het water 0 Franse graden bevat of m.a.w. 0 mg calciumcarbonaat per liter. Indien het water een rode kleur krijgt toont dit reeds aan dat de hardheid van het water groter is dan 0. Om te weten te komen wat nu precies de hardheid van het water is moet op dat moment een derde stof toegevoegd worden aan het water. Deze stof moet zorgvuldig gepipetteerd worden in het rode water tot op het moment dat het water blauw kleurt. Op het moment dat het water een blauwe kleur heeft, wordt afgelezen hoeveel vloeistof er toegevoegd is aan het rode water. Door de hoeveelheid (in mm) te vermenigvuldigen met 2, wordt de hardheid verkregen in Franse graden.

Bovenstaande methodes, zoals uitgevoerd op de Ile De Sein, zijn ambachtelijk, tijdrovend en een menselijke fout kan leiden tot een foute waarde. De pH en chloortest kunnen bijvoorbeeld door simpele digitale meettoestellen uitgevoerd worden, deze meettoestellen geven vaak een correctere en precieze meting dan wat mogelijk is met bovenstaande beschreven methodes. De enige verklaring hiervoor is dat deze toestellen wekelijks tot soms zelfs dagelijks, afhankelijk van de fabrikant, dienen gekalibreerd te worden met een speciaal daarvoor voorziene vloeistof [43]. Dit brengt enige extra complexiteit met zich mee maar zou in principe nog steeds geen reden mogen vormen om niet over te schakelen op deze moderne technologie.

Naast de dagelijkse analyse van het water aan boord is het verplicht een extra gespecialiseerde analyse te laten uitvoeren door een labo aan de wal. Deze analyse gebeurt met de frequentie zoals voorgeschreven in het WSP (zie 1.3.1 Water Safety Plan) [11,97]. Deze analyse wordt opgelegd door de vlaggenstaat. De analyse in het labo gaat verder dan de analyses die gedaan worden aan boord. Ze controleren naast de pH, chloorgehalte en de hardheid ook het aantal bacteriën die zich al dan niet in het water bevinden. Naast het bacteriologisch onderzoek wordt ook een chemisch onderzoek gedaan om een beeld te krijgen van de mineralen en metalen die zich in het water bevinden. Sommige rederijen proberen de omschakeling te maken om zelf het bacteriologisch onderzoek uit te voeren. Maar zelf indien dit succesvol zou zijn, blijft een onafhankelijk onderzoek verplicht [11].

---

## 4 Gezondheidsrisico's

Drinkwater bunkeren en opslaan aan boord brengt, ongeacht hoe het aan boord gekomen is, risico's met zich mee. De ruimte die beschikbaar is aan boord is vaak zeer beperkt. De complexe infrastructuur maakt het dan ook moeilijker om een overal op het schip eenzelfde kwaliteit te kunnen garanderen. Door de kilometers leidingen die overal doorheen het schip lopen, is de kans dat het drinkwater zich naast een stof bevindt die niet drinkbaar is of voor vervuiling kan zorgen een pak groter dan aan de wal. Dit verhoogt het risico op vervuiling door een stof die al aan boord aanwezig is, brandstof, lading, afvalwater of zeewater. Niet alleen de aanwezigheid van andere stoffen maar ook de aanwezigheid van warmte kan voor gevaar zorgen. Warm water vergroot de kans op de aanwezigheid van bacteriën of geeft hun de mogelijkheid om te groeien. Een belangrijke bacterie waar in waterleidingen rekening gehouden moet worden is legionella, het risico op een legionella besmetting aan boord is zeer reëel maar ook gemakkelijk te vermijden door een aantal procedures op te volgen [82]. Zo wordt er tijdens de productie van het water reeds voor gezorgd dat het water een temperatuur heeft van boven de 66°C (zie 1.4.3 Fysische parameters). Naast deze maatregel wordt het warmwaternet aan boord te allen tijde boven de 60°C gehouden worden en wordt het gehele leidingnet om de twee maanden met water van +70°C gespoeld voor een periode van minstens 30 minuten [11,52]. Op deze manier kan de bemanning ervan uit gaan dat het schip vrij is van legionella.

De bron van vervuiling aan boord kan doorgaans terug gebracht worden naar een van deze vier oorzaken:

- Vervuild water geleverd door de haven
- Vervuiling door vervuild water dat al aan boord is (kruisbesmetting)
- Slecht onderhoud van de tanks en reparaties
- Slechte nabehandeling

### 4.1 Risico's vervuild water geleverd door de haven

Deze risico's werden aangekaart in 2.2 (Bunkeren van drinkwater). Een onderzoek uitgevoerd door de WHO over de door water overgedragen ziekten dat werd gepubliceerd in

---

2004 toont aan dat de oorzaak van vervuiling aan boord in ongeveer 33% van de gevallen terug te linken is naar vervuild water dat gebunkerd werd uit de haven [71].

#### **4.2 Risico's door water dat al aan boord is (kruisbesmetting)**

Zo goed als elke vorm van kruisbesmetting is terug te koppelen aan een slecht ontwerp van het watersysteem aan boord [31]. Elk schip dient een volledig afgesloten zoetwatersysteem te hebben dat op geen enkele manier in contact kan komen met een ander systeem (zie 2.3 Opslag in zoetwatertank(s)). Toch blijkt het vaak mogelijk om zoetwater aan te sluiten op leidingen die uitsluitend bedoeld zijn voor zeewater via een tussenstuk. Wanneer dit het geval is en dit tussenstuk niet voorzien is van een non-return klep dan kan vervuild zoet water terugvloeien naar de tank en op deze manier het gehele schip besmetten. Dit is voorgevallen op een passagiersschip in 1975 waarbij 90% van de passagiers besmet waren met de shigella bacterie [59]. Het niet aanwezig zijn van een non-return klep of niet functioneren ervan blijkt het grootste probleem te zijn [71].

#### **4.3 Risico's door slecht onderhoud van de tanks en reparaties**

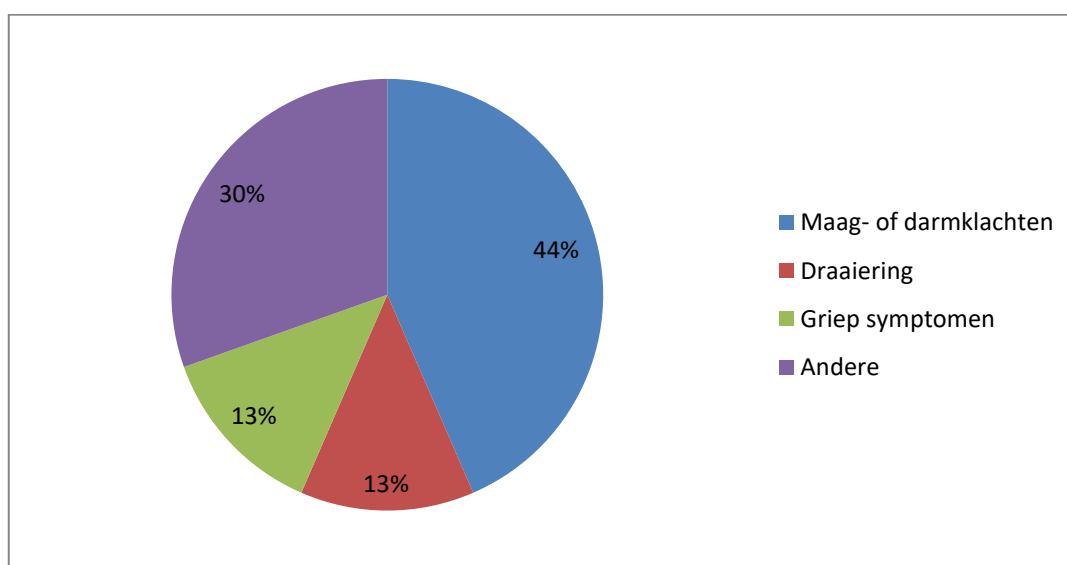
Het regelmatig legen en compleet reinigen van de tanks moet gebeuren volgens het PMS systeem dat gebaseerd is op het WSP (zie 1.3.1 Water Safety Plan). Wanneer dit niet tijdig gebeurt en uitgesteld wordt kan dit risico's met zich meebrengen. Ook het uitvoeren van herstellingen of onderhoud aan de waterzuiveringsinstallatie kan een risico inhouden. Het uitvoeren van zulke werken dient altijd te gebeuren zoals het is voorgeschreven volgens de fabrikant om te vermijden dat de installatie vervuild zou worden met bijvoorbeeld bacteriën of andere stoffen die niet thuis horen in drinkwater [71,97].

#### **4.4 Risico's door slechte nabehandeling**

Zoals in (zie 2.1.3 Nabehandeling) reeds werd verduidelijkt is de nabehandeling essentieel om het uiteindelijke zoet water te laten voldoen aan de standaarden. Het is belangrijk aan te kaarten dat nabehandeling een constant proces is. Het water moet constant gemonitord worden om de kwaliteit te kunnen blijven garanderen. Wanneer dit niet het geval is kunnen bacteriën zich ontwikkelen en op deze manier een risico vormen voor alle personen aan boord [71].

---

Het drinken van vervuild water kan gevolgen hebben voor de gezondheid van de persoon die het consumeert. Diagram 1 geeft de klachten weer die bemanningsleden aan boord ervaren hebben na het drinken van leidingwater. Deze klachten werden meegedeeld in een enquête die werd afgenomen bij 291 zeevarenden in het kader van dit werk rond de mentaliteit van de bemanningsleden (zie 5 Enquête rond de mentaliteit aan boord). In totaal geeft 13% van de ondervraagden (23 bemanningsleden) aan dat zij ziek geworden zijn van het drinken van water aan boord. Wanneer hen gevraagd werd hun ziekte/klachten te beschrijven gaf het grootste deel van hen 44% aan dat het ging om maag- of darmklachten. De anderen beschreven klachten die hoogstwaarschijnlijk niet toe te wijzen zijn aan het drinken van het water aan boord maar door de bemanning wel daarmee geassocieerd worden. Het is niet uit te sluiten dat de klachten ervaren door de bemanning afkomstig zijn van een andere bron van vervuiling maar dit kon aangezien het om een anonieme enquête ging niet verder onderzocht worden.



**Diagram 1** Klachten ervaren door zeevarenden die leidingwater dronken  
Bron: eigen werk

---

## 4.5 Risico's door de afwezigheid van mineralen

Niet alleen vervuild water maar water dat 'te proper' is kan op lange termijn gevaarlijk zijn voor de gezondheid [72]. Door het wegnemen van de mineralen uit het drinkwater, verdwijnt er een bron van mineralen die noodzakelijk is voor ons lichaam. Daarbovenop zal gedemineraliseerd water mineralen aantrekken uit ons lichaam, waardoor er een tekort aan mineralen kan ontstaan [44]. In het verleden is dit fenomeen reeds opgedoken bij bergbeklimmers die enkel gesmolten sneeuw dronken [66].

Dierenproeven hebben aangetoond dat de verminderde inname van mineralen via drinkwater niet altijd kan gecompenseerd worden met een gevarieerd dieet, al gaat het wel steeds over periode van weken tot maanden [72]. Dit bleek voornamelijk het geval wanneer het water dat ter beschikking gesteld wordt uitsluitend gedestilleerd water is. Wanneer dit water ook gebruikt wordt om voedsel te bereiden, is er een echt gevaar voor de gezondheid. Zo treden er grote verliezen op bij het bereiden van voedsel doordat het gedestilleerd water de mineralen uit de voeding onttrekt. Zo werden in een studie verliezen van 60% waargenomen voor magnesium en tot 86% voor kobalt [72].

## 4.6 Case study

Hoe groot het risico aan boord is wordt duidelijk in een onderzoek dat werd uitgevoerd in 2008 in het Verenigd Koninkrijk. Daar heeft de Association of Port Health Authorities samen met de Health Protection Agency 950 verschillende stalen drinkbaar water getest. De stalen waren afkomstig van 342 verschillende schepen uit 43 verschillende havens verspreid over het Verenigd Koninkrijk en de Kanaaleilanden. 72% van de stalen was afkomstig van drinkwater dat in de haven gebunkerd werd. 57% waren schepen met bulkclading (tankers en droge bulk) en 24% passagiersschepen. De overgebleven 19% waren auto-, container-, sleep- en onderzoeksschepen etc. De gemiddelde leeftijd van de schepen was 13 jaar. Voor elk drinkwater staal werd gekeken naar de chloorwaarden en vervolgens werd een bacteriologisch onderzoek uitgevoerd. Het onderzoek ging op zoek naar de ACC<sup>7</sup> waarde en testte specifiek op drie verschillende groepen bacteriën: E. coli en enterococci en

---

<sup>7</sup> ACC of Aerobic Colony Count geeft het totaal aantal bacteriën dat kan groeien in een aerobe omgeving weer. Het is een maatstaf voor de kwaliteit van voeding, niet de veiligheid ervan [26]. Daarom wordt deze parameter ook niet gebruikt door WHO (zie 1.3 Drinkwater standaarden.)

---

---

coliformen. Zoals reeds gezegd zijn E. coli en enterococci een duidelijke indicatie dat het water in aanraking is gekomen met uitwerpselen. De coliformen worden meer gehanteerd als een maatstaf voor hygiëne. Een positieve test op coliformen geeft aan dat het water niet genoeg gedesinfecteerd werd. De ACC waarden vertellen geen zwart-wit verhaal, de waarden worden opgedeeld in drie categorieën: aanvaardbaar, op de rand, actie vereist, respectievelijk werden de volgende waarden gehanteerd: <math><100/\text{ml}</math>, <math>100-1000/\text{ml}</math>, <math>\geq 1000/\text{ml}</math>. In tegenstelling tot de ACC, is het onderzoek naar E. coli, enterococci en coliformen wel zwart-wit: is alles wat  $\geq 1/100\text{ml}$  boven te toegestane limiet en voldoet niet aan de standaarden om als drinkwater te dienen.

Tijdens het onderzoek vergeleken de onderzoekers verschillende variabelen die een invloed zouden kunnen hebben op de drinkwaterkwaliteit. Hier werd gekeken naar:

- Scheepskarakteristieken (type, leeftijd en laatst gevaren routes)

Er werd geen link gevonden tussen het type schip en vervuild drinkwater aan boord. De cruiseschepen (2%) scoorden iets beter dan de vrachtschepen (9%) maar dit ligt in de lijn der verwachtingen door de strengere controles. Ook was er geen merkbaar verschil tussen schepen die internationale reizen gemaakt hadden of schepen die uitsluitend in West-Europa gebleven waren. Wel werd vastgesteld dat een ouder schip meer risico loopt om vervuild water aan boord te hebben. Dit gaat volgens het onderzoek gepaard met een minder goed onderhoud en het ontbreken of niet uitvoeren van grondige testen aan boord.

- Het bunkeren van drinkwater (locatie, welke veiligheidsmaatregelen)

De laatste plaats waar water gebunkerd werd kon, samen met de gebruikte veiligheidsmaatregelen, gelinkt worden aan de microbiologische kwaliteit van het drinkwater. Het vaste land van Europa scoort hier beduidend beter dan andere landen, ook beter dan het Verenigd Koninkrijk (7,5% tegenover 12,4% in de UK). De reden hiervoor is terug te koppelen naar een slechte en onhygiënische behandeling van het leidingen die gebruikt werden om het water aan boord te pompen. Naast het land wordt het belang van hygiëne aan boord sterk benadrukt (1.3.1 Water Safety Plan).

---

- Hoe wordt het water opgeslagen aan boord (tank types, laatst gereinigd)

Het aantal tanks, het type en de temperatuur ervan zijn niet gelinkt aan het microbiologische kwaliteit van het water. Ook de laatste reiniging van de tanks kon niet gelinkt worden aan de kwaliteit van het water. Wel werd geconstateerd dat in tanks met een capaciteit van 1.000 - 10.000 liter hogere ACC waarden werden waargenomen dan in kleinere tanks. De onderzoekers hebben hiervoor geen specifieke verklaring gevonden.

- Waterkwaliteit doorheen het systeem (einde of begin van de waterleiding)

Uit de studie blijkt dat stalen die genomen werden dichtbij de zoetwatertank een grotere kans hadden om besmet te zijn dan stalen die genomen werden aan het einde van het waternet. Het gaat hier om klein procentueel verschil (9% vs. 5%) en kan mee toe te wijzen zijn aan het feit dat er meer stalen genomen werden in cabines dan in de tank zelf (293 vs. 143). Door de onderzoekers werd hiervoor geen verklaring gevonden.

- Behandeling aan boord

De toevoeging van chloor komt uit de studie als een van de meest belangrijke parameters om het water aan boord drinkbaar te houden. Op schepen waar de gewenste waarde (>0,2mg/l) niet gehaald werd, kon een duidelijke toename van microbiologische activiteit vastgesteld worden. Verder bleek uit de studie dat een behandeling aan boord de waterkwaliteit ten goede komt. Dit houdt onder ander het op peil houden van het chloorgehalte in. De manier van produceren en het type behandeling na de productie blijken van weinig belang. Ook is er geen duidelijk voordeel terug te vinden voor het gebruik van meerdere behandelingen na elkaar al wordt dit zeker niet afgeraden. Een regelmatige test van het drinkwater draagt statistisch gezien niet bij tot een betere kwaliteit ervan maar wordt wel aangeraden [31].

---

## **5 Enquête rond de mentaliteit aan boord**

Ondanks alle regels die opgelegd worden en standaarden waaraan voldaan moet worden blijkt toch vaak dat mensen aan boord het water niet drinken. Korte ervaring aan boord leert dat de bemanning steeds meer geneigd is om naar flessenwater te grijpen. Om te onderzoeken hoe dit precies komt en waar de oorzaak ligt werd in het kader van dit werk een enquête opgesteld die een beter beeld moet scheppen over de mentaliteit en gedachtegang van de bemanning aan boord.

### **5.1 Methode**

De enquête werd gelanceerd via een Instagram account genaamd “CoolMariners”. Dit is een profiel dat zich uitsluitend richt op zeevarenden en probeert weer te geven hoe mooi de job van een zeevaarder kan zijn door gebruik te maken van ingezonden foto’s van mensen aan boord. De vragen die gesteld werden in de enquête samen met een link naar de enquête is toegevoegd aan dit werk in Bijlage 2.

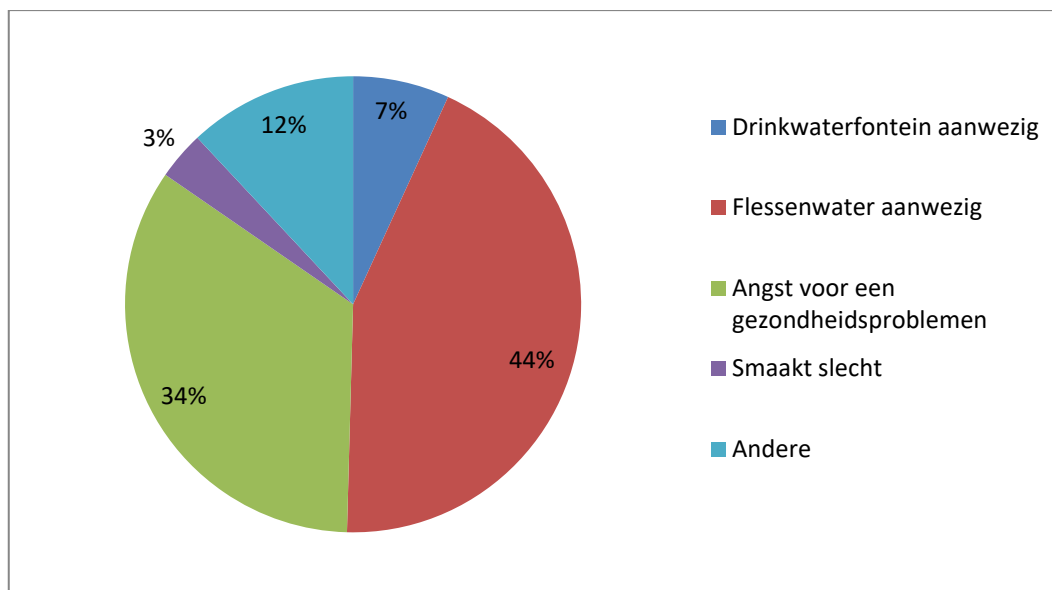
De enquête zelf bereikte over een periode van 24 uur tijd een totaal van 437 personen. Daarvan bleven slechts 291 nuttige kandidaten over, de overige groep had op het moment van de enquête nog nooit gewerkt aan boord en kon zo geen bijdrage leveren aan dit werk.

### **5.2 Resultaten**

Van de 291 ondervraagden geeft 60% aan dat zij reeds leidingwater geconsumeerd hebben aan boord. Met leidingwater werd bedoeld: het water uit de kraan op bijvoorbeeld de brug of in de cabine. Diagram 2 toont dat de grote meerderheid van hun aan geeft dat ze dit niet drinken uit angst dat het water niet veilig is en op lange termijn een probleem zou kunnen vormen voor hun gezondheid (34%). 44% geeft aan dat ze het niet drinken net omdat er flessenwater aanwezig is. Opmerkelijk is dat 7% aangeeft dat ze geen leidingwater drinken uit bijvoorbeeld de cabine maar enkel water dat afkomstig is uit de drinkwaterfontein. De drinkwaterfontein is doorgaans voorzien van een extra filter en UV lamp in de fontein zelf en zorgt daarom voor een groter gevoel van veiligheid bij de bemanning (zie 2.5.2 Drinkwaterfonteinen).

---

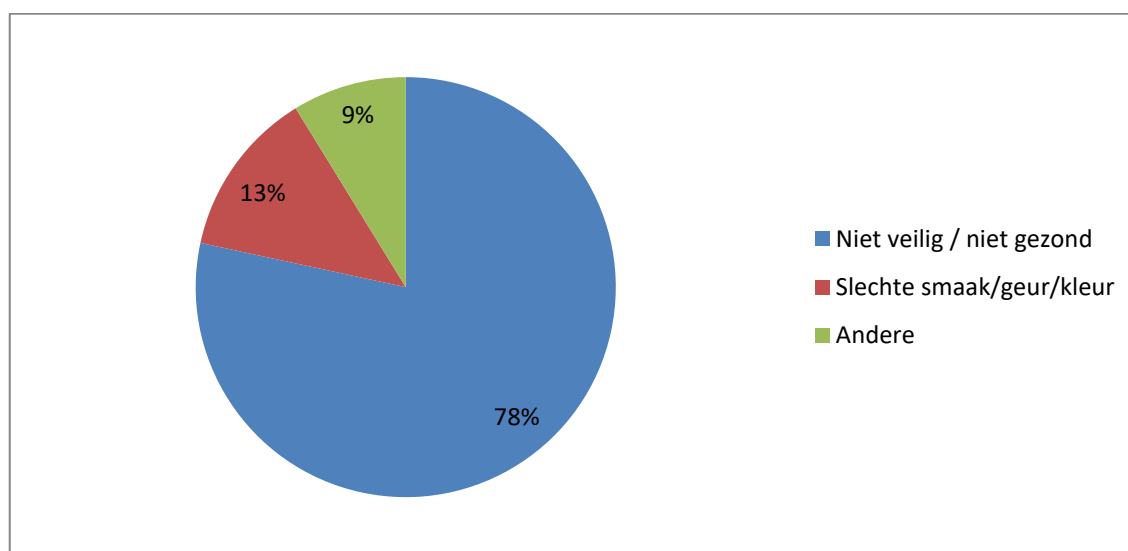




**Diagram 2** Redenen waarom de bemanning aan boord geen leidingwater drinkt

Bron: eigen werk

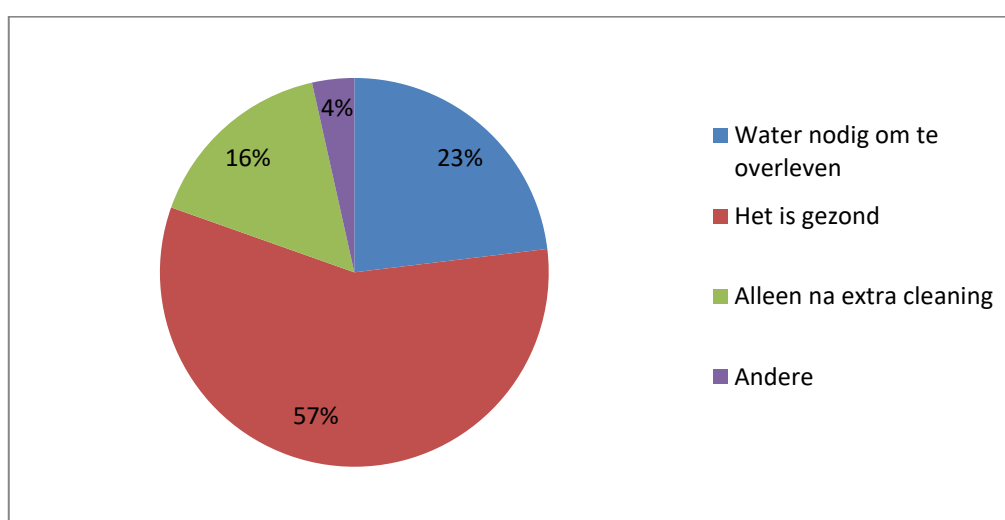
Verder uit de enquête bleek dat meer dan de helft van de ondervraagden (53,6%) zich niet comfortabel voelt om leidingwater te consumeren, zelfs niet wanneer dit de enige bron van water aan boord is. 78% van de personen die zich niet comfortabel voelen met het drinken van leidingwater geven aan dat het voor hen uit angst voor hun eigen veiligheid of gezondheid is (Diagram 3).



**Diagram 3** Waarom zeevarenden zich niet comfortabel voelen bij het drinken van leidingwater als het de enige bron van water aan boord is

Bron: eigen werk

De minderheid die zich wel comfortabel voelt om het water te drinken geeft aan dat zij dit water zouden drinken uit noodzaak om te overleven (23%) of dat ze het enkel zouden overwegen na een grondige schoonmaak van het gehele systeem (16%). Dit zou aan boord standaardprocedure moeten zijn. De kans is groot dat een groot deel van de bemanning nog nooit betrokken is geweest bij een reiniging ervan of er nooit van op de hoogte is gesteld. Eén persoon gaf in de enquête aan dat hij het leidingwater niet meer drinkt sinds hij de toestand van de tank gezien heeft toen deze gereinigd werd. Slechts een kleine meerderheid van hen (52%, in totaal 75 bemanningsleden) geven aan dat ze zeker zijn dat het water drinkbaar is en dit dus ook zonder problemen zouden drinken (Diagram 4).



**Diagram 4**      **Waarom zeevarenden zich wel comfortabel voelen bij het drinken van leidingwater als het de enige bron van water aan boord is**  
Bron: eigen werk

Wanneer de ondervraagden de vraag gesteld werd wat ze zouden verkiezen op het moment dat beide aanwezig zijn werd door 85,2% gezegd dat zij flessenwater verkiezen boven het leidingwater aan boord. Ook daar gaat het voor de meerderheid (80%) om de idee dat flessenwater gezonder is en op lange termijn geen negatieve effecten zal hebben op de gezondheid. Wat op valt aan de deze resultaten is dat van de personen die aangaven dat ze zich comfortabel voelen om het leidingwater te drinken er slechts 52% van hen aangeeft dat, wanneer ze de keuze hebben uit beide, ook gaan effectief gaan opteren voor het leidingwater. Hier is het opnieuw de veiligheid die voor de bemanning primeert (Diagram 5).

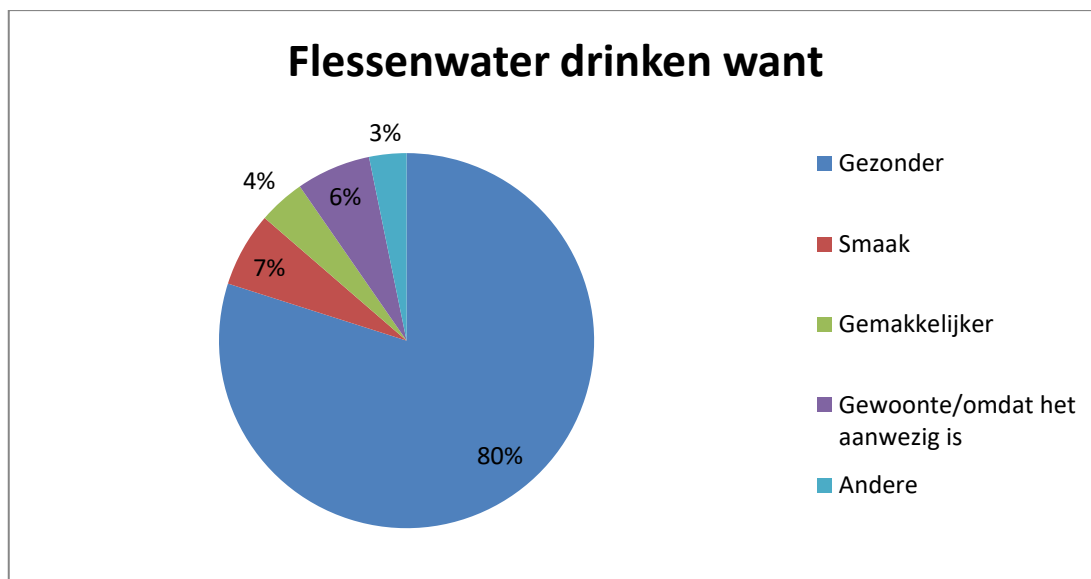


Diagram 5      Waarom zeevarenden flessenwater verkiezen boven leidingwater

Bron: eigen werk

Uit de enquête werd duidelijk dat een kleine minderheid leidingwater verkiest boven het flessenwater aan boord. Wanneer hen gevraagd werd waarom ze dit verkiezen lagen de meningen verspreid. De meerderheid van hen (29%) heeft het over een beter smaak van het leidingwater. Dit zijn niet onverwacht vaak dezelfde personen die aan boord beschikken over een drinkwaterfontein. Als tweede grote argument werd gewezen op de afvalvermindering die het omschakelen op leidingwater teweeg kon brengen (28%). Het derde argument was een economisch argument, 19% van de ondervraagden gaf aan dat een gratis voorziening van water niet aangevuld dient te worden met aangekochte flessen (Diagram 6).

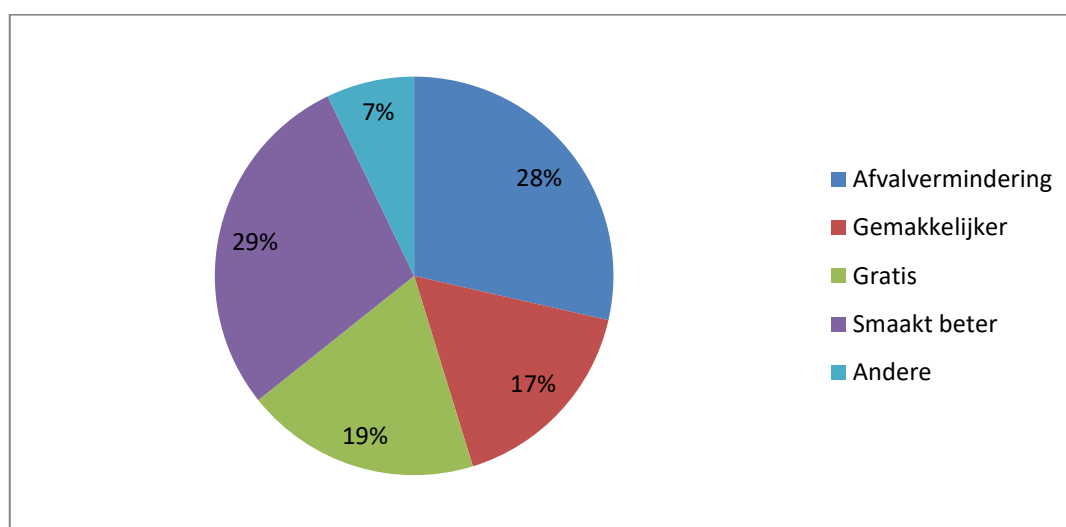


Diagram 6      Waarom zeevarenden leidingwater verkiezen boven flessenwater

Bron: eigen werk

### 5.3 Conclusie

Wat opvalt bij de standpunten die worden aangehaald door de laatst besproken groep is dat zij samen de drie criteria geven om te voldoen aan duurzame ontwikkeling [68].

- Het sociale aspect, lekker water voor iedereen.
- Het ecologische aspect, het verminderen van de plastic vervuiling.
- Het economische aspect, het kan op lange termijn goedkoper zijn om de omschakeling te maken naar een schip zonder flessenwater.

Toch blijft het drinken van leidingwater een taboe aan boord van veel schepen. Veel zeevarenden hebben schrik voor hun gezondheid wanneer ze langdurig het leidingwater moeten drinken. Dit blijkt naast uit deze enquête ook uit gesprekken die gevoerd zijn met bemanningsleden aan boord van verschillende types schepen. De bemanning is vaak niet genoeg op de hoogte van wat er zich precies in het water bevindt en of alles wel correct gebeurt door de mecaniciens. Deze hebben vaak zelf hun twijfels over de kwaliteit van het drinkwater. Ze noemen zichzelf te onervaren om correct testen uit te voeren of daar conclusies uit te trekken. Het gaat ook verder dan de testen die de mecaniciens kan uitvoeren. Wanneer bij het bunkeren van drinkwater door een van de dek officieren een hygiënische fout gemaakt wordt, zal deze fout nooit door de testen aan boord worden opgespoord, net omdat er niet getest wordt op bacteriën. Er is bij de bemanning aan boord een grote vraag naar een meer dan jaarlijkse analyse door een onafhankelijk labo aan wal, maandelijks werd aangegeven door meerdere bemanningsleden van de Ile De Sein als de periode die voor hun gemoedsrust zou brengen.

Het is opmerkelijk dat deze trend zich ontwikkeld heeft want wanneer er gesproken wordt met zeevarenden die al reeds enkele jaren uit het vak zijn, dan trekken zij grote ogen wanneer er vermeld wordt dat het geproduceerde water minder en minder gedronken wordt. De verandering in mentaliteit lijkt gevoed te worden door de huidige bemanningsleden. De meeste kapiteins en stuurmannen die ik gedurende stageperiodes en bezoeken aan boord ontmoet heb zijn het er over eens dat het water niet geschikt is om te drinken. Ondanks de dagelijkse controles die worden uitgevoerd hebben ze geen vertrouwen in de systemen aan boord. Deze angst geven zij door aan de jongeren die hun carrière starten aan boord en op deze manier ontwikkeld zich een nieuwe trend. Een trend

---

die, wanneer gekeken wordt naar de systemen aan boord en de controles die uitgevoerd worden, geen duidelijke oorsprong kent.

Uit de enquête blijkt dat er de laatste jaren aan boord een mentaliteitsprobleem ontwikkeld is. De schrik om ziek te worden is waarschijnlijk in de meeste gevallen ongegrond aangezien een goedwerkende installatie en de periodieke controles effectief leiden tot een gezond eindproduct dat gezond en goedkoper is en veel minder afval geeft dan het flessenwater.

Een manier om de huidige generatie te overtuigen om het drinkwater aan boord ook echt te drinken is door de bemanning te confronteren met feiten. Sensibilisering vanuit de rederij die voornamelijk gericht is op de officieren. Wanneer zij op de hoogte zijn van de strenge gezondheidscriteria en kan aangetoond worden aan de hand van frequente testresultaten dat het water dezelfde of zelfs een betere kwaliteit heeft dan het aangekochte flessenwater dan kunnen zij dit doorgeven aan de mensen onder hun en aan de nieuwe generatie zeevarenden die na hen komt. Veel onderzoek is reeds gedaan naar het principe van “lead by example” en ook in deze situatie zou dit een positieve invloed kunnen hebben op de mentaliteit aan boord. Ook het uithangen van de testresultaten aan de plaatsen waar drinkwater ter beschikking gesteld wordt stelt de bemanning in staat zelf een oordeel te vellen over de situatie en op deze manier zelf in te zien dat er geen gezondheidsrisico is wanneer het leidingwater aan boord gedronken wordt.

Het argument smaak bleek uit de enquête een kleinere invloed te hebben maar dit kan heel eenvoudig opgelost worden door gebruik te maken van drinkwaterfontein die uitgerust zijn met extra filters.

---

## 6 Conclusie

Uit dit werk blijkt dat een complete zuiveringsinstallatie, zoals deze aan boord aanwezig is, in staat is om drinkbaar water te creëren dat voldoet aan de standaarden zoals deze voorgeschreven worden door de vlaggenstaat van het schip. Samen met nabehandelingmethoden zoals UV en chloor vormt het geproduceerde water aan boord op geen enkel moment een gevaar voor de gezondheid van de bemanning. Ook gebunkerd water hoeft geen gevaar te vormen voor de gezondheid indien het aan boord gekomen is onder hygiënische omstandigheden zoals voorgeschreven in het water safety plan.

De dagelijkse controles die worden uitgevoerd door de bemanning zijn van groot belang om de correcte werking van de waterzuiveringsinstallatie te garanderen. Deze controles schetsen een beeld van de werking van de installatie over een langere periode waardoor afwijkingen in parameterwaarden snel zichtbaar worden. Indien de geteste parameterwaarden constant blijven kan de bemanning ervan uitgaan dat het geproduceerde water drinkbaar is en geen gevaar vormt voor hun gezondheid.

Uit een enquête die in het kader van dit werk werd afgenomen blijkt dat het grootste deel (53,6%) van de bemanning zich niet comfortabel voelt bij het drinken van het water dat aan boord geproduceerd wordt en dat dit voornamelijk omdat zij schrik hebben voor de langdurige effecten op hun gezondheid. Drinkwaterfontein blijken voor sommige bemanningsleden meer gemoedsrust te brengen ondanks dat er reeds aangetoond is dat het gebruik van drinkwaterfonteinen geen kwalitatief beter water levert.

Uit angst voor effecten op hun gezondheid stappen bemanningsleden over op alternatieven zoals flessenwater. Deze alternatieven zijn steeds aan boord zodat wanneer een installatie beschadigd geraakt in het midden van een reis de bemanning nog steeds toegang moet hebben tot drinkbaar water. Naast flessenwater kunnen ook andere alternatieven als waterdispensers ter beschikking gesteld worden.

Om bemanningsleden te overtuigen om meer gebruik te maken van het aangemaakte drinkwater kunnen extra controles door gespecialiseerde labo's uitgevoerd worden.

Verschillende bemanningsleden gaven reeds aan dat dit voor hun meer gemoedsrust brengt. Of dit zal leiden tot een hogere waterkwaliteit of tot een grote consumptie van het leidingwater is te betwijfelen en valt buiten de reikwijdte van dit werk.

---

Belangrijk is te concluderen dat angst die hangt rond het drinken van leidingwater duidelijk een mentaliteitsprobleem is. Mits het water op de correcte manier gezuiverd werd of in betrouwbare havens gebunkerd werd kon tijdens dit werk op geen enkel moment vastgesteld worden dat het leidingwater minder veilig of gevaarlijker is dan mineraalwater of het leidingwater in Vlaanderen. Ook kan geconcludeerd worden dat het overschakelen van flessenwater naar leidingwater een duurzame ontwikkeling zou zijn binnen de scheepvaart en kan leiden tot een vermindering in de plasticberg waar de wereld nu al mee zit.

---

---

## Bibliografie

- [1] “3D illustration of reverse osmosis membrane” (z.d.) *Colour Andre*.  
<http://www.colourandre.com/portfolio/3d-illustration-reverse-osmosis-membrane/>  
(Geraadpleegd 30 juli 2019).
  - [2] “5.8 Total Solids | Monitoring & Assessment | US EPA” (z.d.)  
<https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms58.html> (Geraadpleegd 18 november 2019).
  - [3] “5.9 Conductivity | Monitoring & Assessment | US EPA” (z.d.)  
<https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms59.html> (Geraadpleegd 18 november 2019).
  - [4] “7 Steps of Sea Water Desalination Plant Process” (2015) *Kangyang seawater desalination equipment Co.,Ltd.* <https://www.kysearo.com/7-steps-of-sea-water-desalination-plant-process/> (Geraadpleegd 2 juli 2019).
  - [5] Achterberg, E. P., Holland, T. W., Bowie, A. R., Mantoura, R. F. C. en Worsfold, P. J. (2001) “Determination of iron in seawater”. *Analytica Chimica Acta*, 442(1), pp. 1–14.  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003267001010911> (Geraadpleegd 15 augustus 2019).
  - [6] “Ammonia vs. Ammonium – what is the difference between these forms of nitrogen?” (z.d.)  
[https://support.hach.com/app/answers/answer\\_view/a\\_id/1011356/~ammonia-vs.-ammonium-%E2%80%93-what-is-the-difference-between-these-forms-of-nitrogen%3F-](https://support.hach.com/app/answers/answer_view/a_id/1011356/~ammonia-vs.-ammonium-%E2%80%93-what-is-the-difference-between-these-forms-of-nitrogen%3F-) (Geraadpleegd 7 november 2019).
  - [7] “Andere types van water” (2016) *FOD Volksgezondheid*.  
<https://www.health.belgium.be/nl/voeding/specifieke-voedingsmiddelen/gebotteld-drinkwater/andere-types-van-water> (Geraadpleegd 21 november 2019).
  - [8] Bajahlan, A. S. en Wie, J.-M. (2013) “Post-treatment of desalinated water and water quality characteristics in Yanbu Industrial City”. *Desalination and Water Treatment*, 51(7–9), pp. 1790–1803.  
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19443994.2012.714450>  
(Geraadpleegd 2 juli 2019).
  - [9] “Belgisch staatsblad (2003) Bijlage 1: parameters en parameterwaarden” (z.d.)  
<https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/legislation/migrated/sb280103-4-a.pdf>  
(Geraadpleegd 21 maart 2019).
  - [10] “Biologische beschikbaarheid” (2018) *Wikipedia*.  
[https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Biologische\\_beschikbaarheid&oldid=52657333](https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Biologische_beschikbaarheid&oldid=52657333) (Geraadpleegd 15 augustus 2019).
-



- 
- [11] Boudy, G. (z.d.) "Interview with the chief engineer of the cable laying vessel Ile De Sein".
- [12] "Bronwater" (2016) *FOD Volksgezondheid*.  
<https://www.health.belgium.be/nl/voeding/specifieke-voedingsmiddelen/gebotteld-drinkwater/bronwater> (Geraadpleegd 21 november 2019).
- [13] Bryan, N. S. en Ivy, J. L. (2015) "Inorganic nitrite and nitrate: evidence to support consideration as dietary nutrients". *Nutrition Research*, 35(8), pp. 643–654.  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0271531715001359> (Geraadpleegd 12 november 2019).
- [14] Burlingame, G. A., Dietrich, A. M. en Whelton, A. J. (2007) "Understanding the basics of tap water taste". *Journal - American Water Works Association*, 99(5), pp. 100–111.  
<http://doi.wiley.com/10.1002/j.1551-8833.2007.tb07930.x> (Geraadpleegd 21 november 2019).
- [15] Chang, J. C., Ossoff, S. F., Lobe, D. C., Dorfman, M. H., Dumais, C. M., Qualls, R. G. en Johnson, J. D. (1985) "UV inactivation of pathogenic and indicator microorganisms". *Applied and Environmental Microbiology*, 49(6), pp. 1361–1365.
- [16] Chian, E. S. K., Chen, J. P., Sheng, P.-X., Ting, Y.-P. en Wang, L. K. (2007) "Reverse Osmosis Technology for Desalination", in Wang, L. K., Hung, Y.-T., en Shammas, N. K. (red.), *Advanced Physicochemical Treatment Technologies*, Totowa, NJ: Humana Press, pp. 329–366. [http://link.springer.com/10.1007/978-1-59745-173-4\\_6](http://link.springer.com/10.1007/978-1-59745-173-4_6) (Geraadpleegd 16 mei 2019).
- [17] "Coagulatie (waterzuivering)" (2019) *Wikipedia*.  
[https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Coagulatie\\_\(waterzuivering\)&oldid=53574372](https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Coagulatie_(waterzuivering)&oldid=53574372) (Geraadpleegd 30 november 2019).
- [18] "Coliform bacteria" (2019) *Wikipedia*.  
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Coliform\\_bacteria&oldid=881879188](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Coliform_bacteria&oldid=881879188) (Geraadpleegd 29 maart 2019).
- [19] Dowden, A. (z.d.) "The truth about the nitrates in your food".  
<https://www.bbc.com/future/article/20190311-what-are-nitrates-in-food-side-effects> (Geraadpleegd 12 november 2019).
- [20] "Drinking water" (2019) *Wikipedia*.  
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Drinking\\_water&oldid=918948029](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Drinking_water&oldid=918948029) (Geraadpleegd 11 oktober 2019).
- [21] Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., Franson, M. A. H., American Public Health Association., American Water Works Association. en Water Environment Federation. (1998) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC: American Public Health Association.
-

- 
- [22] Electronic Quality Shipping en Information System (z.d.) “The World Merchant Fleet in 2018”. <http://www.emsa.europa.eu/equasis-statistics/items.html?cid=95&id=472>
- [23] “EllenMacArthurFoundation\_TheNewPlasticsEconomy\_15-3-16.pdf” (z.d.) [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EllenMacArthurFoundation\\_TheNewPlasticsEconomy\\_15-3-16.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EllenMacArthurFoundation_TheNewPlasticsEconomy_15-3-16.pdf) (Geraadpleegd 30 november 2019).
- [24] Ericsson, M. (2013) “Fresh Water Generator Working and Overhauling”. *marinersgalaxy*. <https://marinersgalaxy.com/what-is-fresh-water-generator-and-how/> (Geraadpleegd 30 juli 2019).
- [25] “Evaporator (marine)” (2019) *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Evaporator\\_\(marine\)&oldid=930421916](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Evaporator_(marine)&oldid=930421916) (Geraadpleegd 16 december 2019).
- [26] “FoodQualityMicroRecommendations2012\_16Dec2011.pdf” (z.d.) [http://lmlabs.phsa.ca/Documents/FoodQualityMicroRecommendations2012\\_16Dec2011.pdf](http://lmlabs.phsa.ca/Documents/FoodQualityMicroRecommendations2012_16Dec2011.pdf) (Geraadpleegd 28 juli 2019).
- [27] GEO CELTIC (z.d.) “Clarifications about Water Fountains”.
- [28] Germany, K. A., Frankenthal (z.d.) “Seawater desalination system”. <https://www.ksb.com/centrifugal-pump-lexicon/> (Geraadpleegd 30 juli 2019).
- [29] Grappasonni, I., Cocchioni, M., Angioli, R. D., Saturnino, A., Sibilio, F., Scuri, S. en Amenta, F. (2013) “Recommendations for assessing water quality and safety on board merchant ships”. *International Maritime Health*, 64(3), pp. 154–159. [https://journals.viamedica.pl/international\\_maritime\\_health/article/view/35803](https://journals.viamedica.pl/international_maritime_health/article/view/35803)
- [30] Greger, J. L. (2007) “Dietary and Other Sources of Aluminium Intake”, in Chadwick, D. J. en Whelan, J. (red.), *Novartis Foundation Symposia*, Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd., pp. 26–49. <http://doi.wiley.com/10.1002/9780470514306.ch3> (Geraadpleegd 8 november 2019).
- [31] Grenfell, P., Little, C., Lee, S., Greenwood, M., Averbs, J., Westacott, S. en Nichols, G. (2009) *Association of Port Health Authorities/Health Protection Agency Collaborative Study: The Microbiological Quality of Water on Board Ships*.
- [32] Grobbelaar, J. U. (2009) “Turbidity”, in *Encyclopedia of Inland Waters*, Elsevier, pp. 699–704. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123706263000752> (Geraadpleegd 18 november 2019).
- [33] “Growth medium | biology” (z.d.) *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/growth-medium> (Geraadpleegd 29 maart 2019).
-

- 
- [34] Guilbaud, J., Massé, A., Andrès, Y., Combe, F. en Jaouen, P. (2010) "Laundry water recycling in ship by direct nanofiltration with tubular membranes". *Resources, Conservation and Recycling*, 55(2), pp. 148–154. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344910002016> (Geraadpleegd 25 november 2019).
- [35] Guilbaud, J., Massé, A., Andrès, Y., Combe, F. en Jaouen, P. (2012) "Influence of operating conditions on direct nanofiltration of greywaters: Application to laundry water recycling aboard ships". *Resources, Conservation and Recycling*, 62, pp. 64–70. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344912000262> (Geraadpleegd 25 november 2019).
- [36] Gupta, V. K., Ali, I., Saleh, T. A., Nayak, A. en Agarwal, S. (2012) "Chemical treatment technologies for waste-water recycling—an overview". *RSC Advances*, 2(16), p. 6380. <http://xlink.rsc.org/?DOI=c2ra20340e> (Geraadpleegd 25 november 2019).
- [37] "Health risk of ammonium released from water filters" (2012) *EFSA Journal*, 10(10), p. 2918. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2012.2918> (Geraadpleegd 7 november 2019).
- [38] "Hemoglobin - Wikipedia" (z.d.) <https://en.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin> (Geraadpleegd 13 december 2019).
- [39] "History of Reverse Osmosis Water Filtration Process" (z.d.) <http://www.reverse-osmosis-water-filter-guide.com/history-of-reverse-osmosis.html> (Geraadpleegd 16 december 2019).
- [40] "History of water filters" (2019) *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=History\\_of\\_water\\_filters&oldid=910809924](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=History_of_water_filters&oldid=910809924) (Geraadpleegd 16 december 2019).
- [41] "Home" (z.d.) *Watercooler Gigant*. <https://www.watercoolergigant.be/> (Geraadpleegd 28 november 2019).
- [42] "How does chlorine work to clean swimming pools?" (2001) *HowStuffWorks*. <https://science.howstuffworks.com/innovation/science-questions/question652.htm> (Geraadpleegd 27 oktober 2019).
- [43] "How to calibrate a pH meter" (z.d.) *Sciencing*. <https://sciencing.com/calibrate-ph-meter-4796148.html> (Geraadpleegd 30 november 2019).
- [44] Ingram, C. (1991) *The drinking water book: a complete guide to safe drinking water*. Berkeley, Calif: Ten Speed Press.
- [45] International Labour Organization (2006) "Maritime Labour Convention".
-

- 
- [46] Khatib, L. A., Obeid, O., Sibai, A.-M., Batal, M., Adra, N. en Hwalla, N. (2006) "Folate deficiency is associated with nutritional anaemia in Lebanese women of childbearing age". *Public Health Nutrition*, 9(7), pp. 921–927.  
[https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1368980006001509/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1368980006001509/type/journal_article) (Geraadpleegd 15 augustus 2019).
- [47] "Kookpunt" (2019) *Wikipedia*.  
<https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Kookpunt&oldid=53121919> (Geraadpleegd 30 juli 2019).
- [48] Kozisek, F. (2004) *Health Risk from Drinking Demineralized Water*.
- [49] Krile, S. (2016) "Fresh Water Supply from Different Sources in the Shipping". *Procedia Engineering*, 149, pp. 190–196.  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705816311638> (Geraadpleegd 25 november 2019).
- [50] Laville, S. en Taylor, M. (2017) "A million bottles a minute: world's plastic binge 'as dangerous as climate change'". *The Guardian*, 28ste juni.  
<https://www.theguardian.com/environment/2017/jun/28/a-million-a-minute-worlds-plastic-bottle-binge-as-dangerous-as-climate-change> (Geraadpleegd 18 december 2019).
- [51] Le Gros Philippe (2019) "Information on water purification + cost analysis".
- [52] "Legionella bacteria" (2017)
- [53] Leong, C. en Lebel, L. (2020) "Can conformity overcome the yuck factor? Explaining the choice for recycled drinking water". *Journal of Cleaner Production*, 242, p. 118196. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652619330665> (Geraadpleegd 24 november 2019).
- [54] "Log93TipConductivityTDS.pdf" (z.d.)  
<http://fscimage.fishersci.com/cmsassets/downloads/segment/Scientific/pdf/WaterAnalysis/Log93TipConductivityTDS.pdf> (Geraadpleegd 18 november 2019).
- [55] "Major ion composition of seawater - Lenntech" (z.d.)  
<https://www.lenntech.com/composition-seawater.htm> (Geraadpleegd 15 augustus 2019).
- [56] "Maritime Labour Convention" (2006)  
[https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:91:0:::P91\\_SECTION:MLCA\\_AMEND\\_A3](https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:91:0:::P91_SECTION:MLCA_AMEND_A3)
- [57] "MARPOL ANNEX 4 Explained: How to Prevent Pollution from Sewage at Sea" (2019) *Marine Insight*. <https://www.marineinsight.com/maritime-law/marpol-annex-4-explained-how-to-prevent-pollution-from-sewage-at-sea/> (Geraadpleegd 24 november 2019).
-

- 
- [58] Matin, A., Khan, Z., Zaidi, S. M. J. en Boyce, M. C. (2011) "Biofouling in reverse osmosis membranes for seawater desalination: Phenomena and prevention". *Desalination*, 281, pp. 1–16.  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011916411005911> (Geraadpleegd 14 mei 2019).
- [59] Merson, M. H., Tenney, J. H., Meyers, J. D., Wood, B. T., Wells, J. G., Rymzo, W., Cline, B., e.a. (1975) "SHIGELLOSIS AT SEA: AN OUTBREAK ABOARD A PASSENGER CRUISE SHIP1". *American Journal of Epidemiology*, 101(2), pp. 165–175.  
<https://academic.oup.com/aje/article-lookup/doi/10.1093/oxfordjournals.aje.a112081> (Geraadpleegd 23 november 2019).
- [60] Meyer, G., Neubauer, B. en Schepers, B.-F. (2007) "Contamination of tap water on an ocean-going vessel". *International Journal of Environmental Health Research*, 17(2), pp. 157–159. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09603120701219360> (Geraadpleegd 5 juli 2019).
- [61] "Nanofiltration" (2019) *Wikipedia*.  
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nanofiltration&oldid=908062701> (Geraadpleegd 25 november 2019).
- [62] NWS, V. (13:12+02:00) "Na de tweede dode door legionella: wat is legionella precies en moet u er bang voor zijn?" *vrtnws.be*.  
<https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2019/05/14/wat-is-legionella-precies-en-moet-u-er-bang-voor-zijn/> (Geraadpleegd 29 november 2019).
- [63] Olson, E. D., Poling, D. en Solomon, G. (z.d.) "Bottled Water: Pure Drink or Pure Hype?" , p. 133.
- [64] "Osmosis" (2019) *Wikipedia*.  
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Osmosis&oldid=894381010> (Geraadpleegd 15 mei 2019).
- [65] "Osmosis and reverse osmosis vector image on VectorStock" (z.d.) *VectorStock*.  
<https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/osmosis-and-reverse-osmosis-vector-1917041> (Geraadpleegd 30 juli 2019).
- [66] Payment, P., Franco, E., Richardson, L. en Siemiatycki, J. (1991) "Gastrointestinal health effects associated with the consumption of drinking water produced by point-of-use domestic reverse-osmosis filtration units". *Applied and Environmental Microbiology*, 57(4), pp. 945–948.
- [67] Pizzino, J. F., Adamson, W. L. en Smith, W. L. (1991) "Reverse Osmosis for Surface Ship Desalination - An Overview". *Naval Engineers Journal*, 103(3), pp. 126–135.  
<http://www.ingentaconnect.com/content/asne/nej/1991/00000103/00000003/art00016> (Geraadpleegd 13 mei 2019).
- [68] Potters, G. (z.d.) "Advanced Maritime Ecology: Sustainable development".
-

- 
- [69] Publishing, H. H. (z.d.) “How much calcium do you really need?” *Harvard Health*. <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/how-much-calcium-do-you-really-need> (Geraadpleegd 22 november 2019).
- [70] République Française, code de la santé publique (z.d.) “Tableau des paramètres + seuils par type d’analyse d’eau”.
- [71] Rooney, R. M., Bartram, J. K., Cramer, E. H., Mantha, S., Nichols, G., Suraj, R. en Todd, E. C. D. (2004) “A Review of Outbreaks of Waterborne Disease Associated with Ships: Evidence for Risk Management”. *Public Health Reports*, 119(4), pp. 435–442. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1016/j.phr.2004.05.008> (Geraadpleegd 23 november 2019).
- [72] Saini, R. D. (2017) “Health Risks from Long Term Consumption of Reverse Osmosis Water”. *International Journal of Applied Chemistry*, 13(2), pp. 293–301.
- [73] “Self cleaning fresh water generator on your vessel using a Merus Ring” (z.d.) *MERUSONLINE*. <https://www.merusonline.com/fwg-tokyo/> (Geraadpleegd 3 juli 2019).
- [74] Semiat, R. (2000) “Present and Future”. *Water International*, 25(1), pp. 54–65. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02508060008686797> (Geraadpleegd 15 mei 2019).
- [75] “Shock chlorination” (2018) *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Shock\\_chlorination&oldid=834071047](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Shock_chlorination&oldid=834071047) (Geraadpleegd 5 juli 2019).
- [76] “Sipwell” (z.d.) <https://forum.belgiumdigital.com/f59/sipwell-559320.html> (Geraadpleegd 28 november 2019).
- [77] SydneyWaterTV (z.d.) *How does reverse osmosis work?* [https://www.youtube.com/watch?v=aVdWqpbv\\_Y&t=85s](https://www.youtube.com/watch?v=aVdWqpbv_Y&t=85s) (Geraadpleegd 15 mei 2019).
- [78] “Ultraviolet” (2019) *Wikipedia*. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ultraviolet&oldid=925596733> (Geraadpleegd 18 november 2019).
- [79] “UV Disinfection Technology for Water Treatment” (2019) *Alfaa UV*. <https://www.alfaauv.com/blog/uv-disinfection-technology-for-water-treatment/> (Geraadpleegd 26 juli 2019).
- [80] Van Cauwenberghe, L. en Janssen, C. R. (2014) “Microplastics in bivalves cultured for human consumption”. *Environmental Pollution*, 193, pp. 65–70. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749114002425> (Geraadpleegd 30 november 2019).
-

- 
- [81] Van der Bruggen, B. (2003) "Desalination by distillation and by reverse osmosis — trends towards the future". *Membrane Technology*, 2003(2), pp. 6–9. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958211803020184> (Geraadpleegd 13 mei 2019).
- [82] Verbist, R. (2015) "Respiratoire aandoeningen - Veteranenziekte - legionellose".
- [83] Vlaamse Milieumaatschappij (z.d.) "Kwaliteit van het drinkwater 2017". <https://www.vmm.be/publicaties/kwaliteit-van-het-drinkwater-2013-2017> (Geraadpleegd 7 november 2018).
- [84] "Waste water from ships (black and grey water)" (z.d.) *ShipInsight*. <https://shipinsight.com/articles/waste-water-from-ships-black-and-grey-water> (Geraadpleegd 17 december 2019).
- [85] "waste-disposal-in-the-ports-of-rotterdam-rijnmond.pdf" (z.d.) [https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/waste-disposal-in-the-ports-of-rotterdam-rijnmond.pdf?token=uCU26\\_ZJ](https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/waste-disposal-in-the-ports-of-rotterdam-rijnmond.pdf?token=uCU26_ZJ) (Geraadpleegd 30 november 2019).
- [86] "Wat is Franse hardheid?" (z.d.) <https://www.minimax.be/waterontharder/minimax-waterontharder/vraag-en-antwoord/wat-is-franse-hardheid> (Geraadpleegd 15 augustus 2019).
- [87] "Water - The Official Portal of the UAE Government" (z.d.) <https://government.ae/en/information-and-services/environment-and-energy/water-and-energy/water-> (Geraadpleegd 16 december 2019).
- [88] "Water Research Center - UV Disinfection" (z.d.) <https://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-disinfection/uv-disinfection> (Geraadpleegd 18 november 2019).
- [89] Water, S., and Health Programme (World Health Organization) (2005) *Nutrients in drinking water*. World Health Organization.
- [90] "Water Sampling Analysis" (z.d.) [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/2edvol3d.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol3d.pdf) (Geraadpleegd 19 april 2019).
- [91] "Water Temperature" (z.d.) *Safe Drinking Water Foundation*. <https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2018/8/15/water-temperature-fact-sheet> (Geraadpleegd 29 november 2019).
- [92] "water-temperature-eau-eng.pdf" (z.d.) <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-temperature-eau/alt/water-temperature-eau-eng.pdf> (Geraadpleegd 29 november 2019).
-

- 
- [93] Weltgesundheitsorganisation (red.) (2009) *Calcium and magnesium in drinking-water: public health significance*. Geneva: World Health Organization.
- [94] wetenschap, G. en (z.d.) “Bloedarmoede door ijzertekort · Gezondheid en wetenschap”. *gezondheidenwetenschap.be*.  
<https://www.gezondheidenwetenschap.be/richtlijnen/ijzertekort-en-bloedarmoede> (Geraadpleegd 30 november 2019).
- [95] WHO en UNICEF (2012) *Rapid Assessment of Drinking-water Quality A Handbook for Implementation*.
- [96] Wolfe, R. L. (1990) “Ultraviolet disinfection of potable water”. *Environmental Science & Technology*, 24(6), pp. 768–773.  
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es00076a001> (Geraadpleegd 2 juli 2019).
- [97] World Health Organization (red.) (2011) *Guide to ship sanitation*. World Health Organization.
- [98] World Health Organization (red.) (2011) *Handbook for inspection of ships and issuance of ship sanitation certificates*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- [99] World Health Organization (red.) (2016) *International health regulations (2005) Third edition*. World Health Organization.
- [100] World Health Organization (2017) *Guidelines for drinking-water quality*. World Health Organization.
- [101] “Xyleen” (2018) *Wikipedia*.  
<https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Xyleen&oldid=52280311> (Geraadpleegd 5 juli 2019).
- [102] “Yes, bacon really is killing us | News | The Guardian” (z.d.)  
<https://www.theguardian.com/news/2018/mar/01/bacon-cancer-processed-meats-nitrates-nitrites-sausages> (Geraadpleegd 13 december 2019).
- [103] “Zoëlho” (z.d.)  
[https://www.zoelho.com/ZoelhoNL/Publish/index.htm#t=Nutritherapie%2FNutri%C3%ABnten\\_aanbevelen.htm](https://www.zoelho.com/ZoelhoNL/Publish/index.htm#t=Nutritherapie%2FNutri%C3%ABnten_aanbevelen.htm) (Geraadpleegd 15 augustus 2019).
- [104] (Z.d.) [http://www.hydroinstruments.com/page.aspx?page\\_id=104](http://www.hydroinstruments.com/page.aspx?page_id=104) (Geraadpleegd 27 oktober 2019).
-



## Bijlagen

### Bijlage 1

Table 7.1 Pathogens transmitted through drinking-water<sup>a</sup>

Pathogen	Type species/ genus/group <sup>b</sup>	Health significance <sup>c</sup>	Persistence in water supplies <sup>d</sup>	Resistance to chlorine <sup>e</sup>	Relative infectivity <sup>f</sup>	Important animal source
<b>Bacteria</b>						
<i>Burkholderia</i>	<i>B. pseudomallei</i>	High	May multiply	Low	Low	No
<i>Campylobacter</i>	<i>C. coli</i> <i>C. jejuni</i>	High	Moderate	Low	Moderate	Yes
<i>Escherichia coli</i> – Diarrhoeagenic <sup>g</sup>		High	Moderate	Low	Low	Yes
<i>E. coli</i> – Enterohaemorrhagic	<i>E. coli</i> O157	High	Moderate	Low	High	Yes
<i>Francisella</i>	<i>F. tularensis</i>	High	Long	Moderate	High	Yes
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>	High	May multiply	Low	Moderate	No
Mycobacteria (non- tuberculous)	<i>Mycobacterium avium</i> complex	Low	May multiply	High	Low	No
<i>Salmonella typhi</i>		High	Moderate	Low	Low	No
Other salmonellae	<i>S. enterica</i> <i>S. bongori</i>	High	May multiply	Low	Low	Yes
<i>Shigella</i>	<i>S. dysenteriae</i>	High	Short	Low	High	No
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i> O1 and O139	High	Short to long <sup>h</sup>	Low	Low	No
<b>Viruses</b>						
Adenoviridae	Adenoviruses	Moderate	Long	Moderate	High	No
Astroviridae	Astroviruses	Moderate	Long	Moderate	High	No
Caliciviridae	Noroviruses, Sapoviruses	High	Long	Moderate	High	Potentially
Hepeviridae	Hepatitis E virus	High	Long	Moderate	High	Potentially
Picornaviridae	Enteroviruses, Parechoviruses, Hepatitis A virus	High	Long	Moderate	High	No
Reoviridae	Rotaviruses	High	Long	Moderate	High	No

Table 7.1 (continued)

Pathogen	Type species/ genus/group <sup>b</sup>	Health significance <sup>c</sup>	Persistence in water supplies <sup>d</sup>	Resistance to chlorine <sup>e</sup>	Relative infectivity <sup>f</sup>	Important animal source
<b>Protozoa</b>						
<i>Acanthamoeba</i>	<i>A. culbertsoni</i>	High	May multiply	High	High	No
<i>Cryptosporidium</i>	<i>C. hominis/parvum</i>	High	Long	High	High	Yes
<i>Cyclospora</i>	<i>C. cayetanensis</i>	High	Long	High	High	No
<i>Entamoeba</i>	<i>E. histolytica</i>	High	Moderate	High	High	No
<i>Giardia</i>	<i>G. intestinalis</i>	High	Moderate	High	High	Yes
<i>Naegleria</i>	<i>N. fowleri</i>	High	May multiply	Low	Moderate	No
<b>Helminths</b>						
<i>Dracunculus</i>	<i>D. medinensis</i>	High	Moderate	Moderate	High	No

<sup>a</sup> This table contains pathogens for which there is some evidence of health significance related to their occurrence in drinking-water supplies. More information on these and other pathogens is presented in chapter 11.

<sup>b</sup> The type species listed (e.g. *L. pneumophila*) are those most commonly linked to waterborne transmission but other species may also cause disease.

<sup>c</sup> Health significance relates to the incidence and severity of disease, including association with outbreaks.

<sup>d</sup> Detection period for infective stage in water at 20 °C: short, up to 1 week; moderate, 1 week to 1 month; long, over 1 month.

<sup>e</sup> Within pathogen species and groups, there are likely to be variations in resistance, which could be further impacted by characteristics of the water supply and operating conditions. Resistance is based on 99% inactivation at 20 °C where, generally, low represents a Ct<sub>99</sub> of < 1 min.mg/L, moderate 1–30 min.mg/L and high > 30 min.mg/L (where C = the concentration of free chlorine in mg/L and t = contact time in minutes) under the following conditions: the infective stage is freely suspended in water treated at conventional doses and contact times, and the pH is between 7 and 8. It should be noted that organisms that survive and grow in biofilms, such as *Legionella* and mycobacteria, will be protected from chlorination.

<sup>f</sup> From experiments with human volunteers, from epidemiological evidence and from experimental animal studies. High means infective doses can be 1–10<sup>2</sup> organisms or particles, moderate 10<sup>2</sup>–10<sup>4</sup> and low > 10<sup>4</sup>.

<sup>g</sup> Includes enteropathogenic, enterotoxigenic, enteroinvasive, diffusely adherent and enteroaggregative.

<sup>h</sup> *Vibrio cholerae* may persist for long periods in association with copepods and other aquatic organisms.

**Table 7.10** Guideline values for verification of microbial quality<sup>a</sup> (see also [Table 5.2](#))

Organisms	Guideline value
<b>All water directly intended for drinking</b>	
<i>E. coli</i> or thermotolerant coliform bacteria <sup>b,c</sup>	Must not be detectable in any 100 ml sample
<b>Treated water entering the distribution system</b>	
<i>E. coli</i> or thermotolerant coliform bacteria <sup>b</sup>	Must not be detectable in any 100 ml sample
<b>Treated water in the distribution system</b>	
<i>E. coli</i> or thermotolerant coliform bacteria <sup>b</sup>	Must not be detectable in any 100 ml sample

<sup>a</sup> Immediate investigative action must be taken if *E. coli* are detected.

<sup>b</sup> Although *E. coli* is the more precise indicator of faecal pollution, the count of thermotolerant coliform bacteria is an acceptable alternative. If necessary, proper confirmatory tests must be carried out. Total coliform bacteria are not acceptable as an indicator of the sanitary quality of water supplies, particularly in tropical areas, where many bacteria of no sanitary significance occur in almost all untreated supplies.

<sup>c</sup> It is recognized that in the great majority of rural water supplies, especially in developing countries, faecal contamination is widespread. Especially under these conditions, medium-term targets for the progressive improvement of water supplies should be set.

**Table 8.7 Naturally occurring chemicals for which guideline values have not been established**

<b>Chemical</b>	<b>Reason for not establishing a guideline value</b>	<b>Remarks</b>
Bromide	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern	
Chloride	Not of health concern at levels found in drinking-water	May affect acceptability of drinking-water (see chapter 10)
Hardness	Not of health concern at levels found in drinking-water	May affect acceptability of drinking-water (see chapter 10)
Hydrogen sulfide	Not of health concern at levels found in drinking-water	May affect acceptability of drinking-water (see chapter 10)
Iron	Not of health concern at levels causing acceptability problems in drinking-water	May affect acceptability of drinking-water (see chapter 10)
Manganese	Not of health concern at levels normally causing acceptability problems in drinking-water. However, there are circumstances where manganese may remain in solution at higher concentrations in some acidic or anaerobic waters, particularly groundwater	May affect acceptability of drinking-water (see chapter 10)
Molybdenum	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern	
pH	Not of health concern at levels found in drinking-water	An important operational water quality parameter
Potassium	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern	
Sodium	Not of health concern at levels found in drinking-water	May affect acceptability of drinking-water (see chapter 10)
Sulfate	Not of health concern at levels found in drinking-water	May affect acceptability of drinking-water (see chapter 10)
Total dissolved solids	Not of health concern at levels found in drinking-water	May affect acceptability of drinking-water (see chapter 10)

**Table 8.8** Guideline values for naturally occurring chemicals that are of health significance in drinking-water

Chemical	Guideline value		Remarks
	µg/l	mg/l	
<b>Inorganic</b>			
Arsenic	10 (A, T)	0.01 (A, T)	
Barium	1300	1.3	
Boron	2400	2.4	
Chromium	50 (P)	0.05 (P)	For total chromium
Fluoride	1500	1.5	Volume of water consumed and intake from other sources should be considered when setting national standards
Selenium	40 (P)	0.04 (P)	
Uranium	30 (P)	0.03 (P)	Only chemical aspects of uranium addressed
<b>Organic</b>			
Microcystin-LR	1 (P)	0.001 (P)	For total microcystin-LR (free plus cell-bound)

A, provisional guideline value because calculated guideline value is below the achievable quantification level; P, provisional guideline value because of uncertainties in the health database; T, provisional guideline value because calculated guideline value is below the level that can be achieved through practical treatment methods, source protection, etc.

**Table 8.9 Chemicals from industrial sources and human dwellings for which guideline values have not been established**

<b>Chemical</b>	<b>Reason for not establishing a guideline value</b>
Beryllium	Rarely found in drinking-water at concentrations of health concern
Cyanide	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern, except in emergency situations following a spill to a water source
1,3-Dichlorobenzene	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
1,1-Dichloroethane	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
1,1-Dichloroethene	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Di(2-ethylhexyl)adipate	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Hexachlorobenzene	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Methyl tertiary-butyl ether	Any guideline that would be derived would be significantly higher than concentrations at which methyl tertiary-butyl ether would be detected by odour
Monochlorobenzene	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern, and health-based value would far exceed lowest reported taste and odour threshold
Nitrobenzene	Rarely found in drinking-water at concentrations of health concern
Petroleum products	Taste and odour will in most cases be detectable at concentrations below those of health concern, particularly with short-term exposure
Trichlorobenzenes (total)	Occur in drinking-water at concentrations well below those of health concern, and health-based value would exceed lowest reported odour threshold
1,1,1-Trichloroethane	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern

**Table 8.10** Guideline values for chemicals from industrial sources and human dwellings that are of health significance in drinking-water

Chemicals	Guideline value		Remarks
	µg/l	mg/l	
<b>Inorganic</b>			
Cadmium	3	0.003	
Mercury	6	0.006	For inorganic mercury
<b>Organic</b>			
Benzene	10 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	
Carbon tetrachloride	4	0.004	
1,2-Dichlorobenzene	1000 (C)	1 (C)	
1,4-Dichlorobenzene	300 (C)	0.3 (C)	
1,2-Dichloroethane	30 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	
1,2-Dichloroethene	50	0.05	
Dichloromethane	20	0.02	
Di(2-ethylhexyl)phthalate	8	0.008	
1,4-Dioxane	50 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	Derived using TDI approach as well as linear multistage modelling
Edetic acid	600	0.6	Applies to the free acid
Ethylbenzene	300 (C)	0.3 (C)	
Hexachlorobutadiene	0.6	0.0006	
Nitrilotriacetic acid	200	0.2	
Pentachlorophenol	9 <sup>a</sup> (P)	0.009 <sup>a</sup> (P)	
Styrene	20 (C)	0.02 (C)	
Tetrachloroethene	40	0.04	
Toluene	700 (C)	0.7 (C)	
Trichloroethene	20 (P)	0.02 (P)	
Xylenes	500 (C)	0.5 (C)	

C, concentrations of the substance at or below the health-based guideline value may affect the appearance, taste or odour of the water, leading to consumer complaints; P, provisional guideline value because of uncertainties in the health database

<sup>a</sup> For non-threshold substances, the guideline value is the concentration in drinking-water associated with an upper-bound excess lifetime cancer risk of 10<sup>-5</sup> (one additional case of cancer per 100 000 of the population ingesting drinking-water containing the substance at the guideline value for 70 years). Concentrations associated with estimated upper-bound excess lifetime cancer risks of 10<sup>-4</sup> and 10<sup>-6</sup> can be calculated by multiplying and dividing, respectively, the guideline value by 10.

**Table 8.14 Disinfection by-products present in disinfected waters (based on IPCS, 2000)**

<b>Disinfectant</b>	<b>Significant organohalogen products</b>	<b>Significant inorganic products</b>	<b>Significant non-halogenated products</b>
Chlorine/ hypochlorous acid (hypochlorite)	THMs, HAAs, haloacetonitriles, chloral hydrate, chloropicrin, chlorophenols, <i>N</i> -chloramines, halo-furanones, bromohydrins	Chlorate (mostly from hypochlorite use)	Aldehydes, cyanoalkanoic acids, alkanolic acids, benzene, carboxylic acids, <i>N</i> -nitrosodimethylamine
Chlorine dioxide		Reduced primarily to chlorite, chlorate and chloride in drinking-water, and to chlorite and chloride upon ingestion; the provisional guideline values for chlorite and chlorate are protective for potential toxicity from chlorine dioxide	Unknown
Chloramine	Haloacetonitriles, cyanogen chloride, organic chloramines, chloramino acids, chloral hydrate, haloketones	Nitrate, nitrite, chlorate, hydrazine	Aldehydes, ketones, <i>N</i> -nitrosodimethylamine
Ozone	Bromoform, monobromoacetic acid, dibromoacetic acid, dibromoacetone, cyanogen bromide	Chlorate, iodate, bromate, hydrogen peroxide, hypobromous acid, epoxides, ozonates	Aldehydes, ketoacids, ketones, carboxylic acids
Sodium dichloroisocyanurate	As for chlorine/ hypochlorous acid (hypochlorite)		Cyanuric acid



**Table 8.15 Chemicals used in water treatment or materials in contact with drinking-water for which guideline values have not been established**

<b>Chemical</b>	<b>Reason for not establishing a guideline value</b>
<b>Disinfectants</b>	
Chlorine dioxide	Reduced primarily to chlorite, chlorate and chloride in drinking-water, and to chlorite and chloride upon ingestion; the provisional guideline values for chlorite and chlorate are protective for potential toxicity from chlorine dioxide
Dichloramine	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Iodine	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value, and lifetime exposure to iodine through water disinfection is unlikely
Silver	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Trichloramine	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
<b>Disinfection by-products</b>	
Bromochloroacetate	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Bromochloroacetonitrile	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Chloral hydrate	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Chloroacetones	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline values for any of the chloroacetones
2-Chlorophenol	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Chloropicrin	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Cyanogen chloride	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Dibromoacetate	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
2,4-Dichlorophenol	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
Formaldehyde	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Monobromoacetate	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
MX <sup>a</sup>	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Trichloroacetonitrile	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline value
<b>Contaminants from treatment chemicals</b>	
Aluminium	A health-based value of 0.9 mg/l could be derived, but this value exceeds practicable levels based on optimization of the coagulation process in drinking-water plants using aluminium-based coagulants: 0.1 mg/l or less in large water treatment facilities and 0.2 mg/l or less in small facilities



**Table 8.15 (continued)**

Chemical	Reason for not establishing a guideline value
<b>Contaminants from pipes and fittings</b>	
Asbestos	No consistent evidence that ingested asbestos is hazardous to health
Dialkyltins	Available data inadequate to permit derivation of health-based guideline values for any of the dialkyltins
Fluoranthene <sup>b</sup>	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Inorganic tin	Occurs in drinking-water at concentrations well below those of health concern
Zinc	Not of health concern at levels found in drinking-water <sup>c</sup>

<sup>a</sup> 3-Chloro-4-dichloromethyl-5-hydroxy-2(5H)-furanone.

<sup>b</sup> See fact sheet on polynuclear aromatic hydrocarbons.

<sup>c</sup> May affect acceptability of drinking-water (see chapter 10).

**Table 8.16 Guideline values for chemicals used in water treatment or materials in contact with drinking-water that are of health significance in drinking-water**

Chemical	Guideline value <sup>a</sup>		Remarks
	µg/l	mg/l	
<b>Disinfectants</b>			
Chlorine	5 000 (C)	5 (C)	For effective disinfection, there should be a residual concentration of free chlorine of $\geq 0.5$ mg/l after at least 30 min contact time at pH < 8.0. A chlorine residual should be maintained throughout the distribution system. At the point of delivery, the minimum residual concentration of free chlorine should be 0.2 mg/l.
Monochloramine	3 000	3	
Sodium dichloroisocyanurate	50 000	50	As sodium dichloroisocyanurate
	40 000	40	As cyanuric acid
<b>Disinfection by-products</b>			
Bromate	10 <sup>3</sup> (A, T)	0.01 <sup>3</sup> (A, T)	
Bromodichloromethane	60 <sup>3</sup>	0.06 <sup>3</sup>	
Bromoform	100	0.1	
Chlorate	700 (D)	0.7 (D)	
Chlorite	700 (D)	0.7 (D)	
Chloroform	300	0.3	
Dibromoacetonitrile	70	0.07	
Dibromochloromethane	100	0.1	
Dichloroacetate	50 <sup>3</sup> (D)	0.05 <sup>3</sup> (D)	
Dichloroacetonitrile	20 (P)	0.02 (P)	

Table 8.16 (continued)

Chemical	Guideline value <sup>a</sup>		Remarks
	µg/l	mg/l	
Monochloroacetate	20	0.02	
N-Nitrosodimethylamine	0.1	0.0001	
Trichloroacetate	200	0.2	
2,4,6-Trichlorophenol	200 <sup>a</sup> (C)	0.2 <sup>a</sup> (C)	
Trihalomethanes			The sum of the ratio of the concentration of each to its respective guideline value should not exceed 1
<b>Contaminants from treatment chemicals</b>			
Acrylamide	0.5 <sup>a</sup>	0.0005 <sup>a</sup>	
Epichlorohydrin	0.4 (P)	0.0004 (P)	
<b>Contaminants from pipes and fittings</b>			
Antimony	20	0.02	
Benzo[a]pyrene	0.7 <sup>a</sup>	0.0007 <sup>a</sup>	
Copper	2000	2	Staining of laundry and sanitary ware may occur below guideline value
Lead	10 (A, T)	0.01 (A, T)	
Nickel	70	0.07	
Vinyl chloride	0.3 <sup>a</sup>	0.0003 <sup>a</sup>	

A, provisional guideline value because calculated guideline value is below the achievable quantification level; C, concentrations of the substance at or below the health-based guideline value may affect the appearance, taste or odour of the water, leading to consumer complaints; D, provisional guideline value because disinfection is likely to result in the guideline value being exceeded; P, provisional guideline value because of uncertainties in the health database; T, provisional guideline value because calculated guideline value is below the level that can be achieved through practical treatment methods, source control, etc.

<sup>a</sup> For substances that are considered to be carcinogenic, the guideline value is the concentration in drinking-water associated with an upper-bound excess lifetime cancer risk of  $10^{-5}$  (one additional case of cancer per 100 000 of the population ingesting drinking-water containing the substance at the guideline value for 70 years). Concentrations associated with estimated upper-bound excess lifetime cancer risks of  $10^{-4}$  and  $10^{-6}$  can be calculated by multiplying and dividing, respectively, the guideline value by 10.

---

## Bijlage 2

### Survey on drinking water on board merchant vessels

I'm a last-year student at the Antwerp Maritime Academy and I'm writing a thesis on the drinkability of fresh water that is produced on board merchant vessels. This survey will only take 2 minutes of your time.

\*Vereist

1. Are you currently employed or have you ever been employed on board a merchant vessel?

\*

Markeer slechts één ovaal.

Yes    Ga naar vraag 2.

No    Ga naar "Thanks for taking part in this survey, unfortunately your profile doesn't fit the needs for our study. Have a great day!"

Ga naar vraag 2.

**Thanks for taking part in this survey, unfortunately your profile doesn't fit the needs for our study. Have a great day!**

Please, don't forget to SUBMIT your answer!

Stop met het invullen van dit formulier.

### Drinking tap water on board

Your experience on board

2. During your time on board, did you ever drink tap water (eg. on the bridge, inside the cabin...)? \*

Markeer slechts één ovaal.

Yes    Ga naar vraag 4.

No    Ga naar vraag 3.

### Drinking tap water on board

3. If you didn't drink tap water, why didn't you? \*

---

---

---

---

---

Ga naar vraag 6.

### Drinking tap water on board

---

---

4. Have you ever been sick from drinking tap water on board? \*

*Markeer slechts één ovaal.*

- Yes *Ga naar vraag 5.*
- No *Ga naar vraag 6.*

### Drinking tap water on board

Please give a short description of the symptoms

5. What kind of illness did you experience? \*

---

---

---

---

---

### Drinking tap water on board

6. If only tap water was available, would you feel comfortable drinking it? \*

*Markeer slechts één ovaal.*

- Yes
- No

7. Explain why or why not? \*

---

---

---

---

---

### Drinking tap water on board

8. If both options (tap water and bottled water) are available, which water would you be more likely to drink? \*

*Markeer slechts één ovaal.*

- Tap water
- Bottled water

9. Explain why? \*

---

---

---

---

---