

*Het terugdringen van het spoelwaterverbruik op het
productiestation WK-plein van de
N.V. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij*



**Afstudeerverslag ter verkrijging van de graad van
Bachelor of Applied Technology (BTech.) in de studierichting
Werktuigbouwkunde**

Clifton Lienga

Paramaribo, 21 augustus 2013

*Het terugdringen van het spoelwaterverbruik op het
productiestation WK-plein van de
N.V. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij*



Student + studentenreg.nr:

Docent-begeleider:

Bedrijfsbegeleider:

Clifton Lienga 10950

dhr. ir. J. Narain

dhr. M. Pocornie MSc

Paramaribo, 21 augustus 2013

Samenvatting

De N.V. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij (SWM) is het eerste waterleidingbedrijf in Suriname. Het verzorgingsgebied van de SWM voor de drinkwatervoorziening omvat: Groot-Paramaribo, delen van de districten Para, Wanica, Saramacca (uitkijk), Nickerie en Marowijne in het bijzonder Moengo en Albina. Bij de SWM wordt merendeels grondwater gezuiverd tot drinkwater met uitzondering van Moengo. Het water wordt gezuiverd d.m.v. een zuiveringsinstallatie.

Dit onderzoek is gericht op het drinkwater productiestation WK-plein waar het grondwater dat wordt gewonnen uit de A-zandlaag tot drinkwater wordt gezuiverd. Het grondwater bevat geen zuurstof en heeft een hoge hardheid en een hoge concentratie aan mangaan, methaan, zwavelstof, stikstof en ijzer. Door beluchting van het grondwater vindt er ontgassing en zuurstofopname plaats en wordt het opgeloste kooldioxide gehalte verlaagd. De vlokdeeltjes (ijzervlokken) die ontstaan worden opgevangen door een zandfilter. Het filter heeft een maximale periode (de looptijd) waarin het normaal functioneert. Bij het bereiken van het einde van deze looptijd neemt de filtratie af, doordat het filterbed bedekt wordt met vlokdeeltjes. Om het filter weer goed te laten functioneren is men genoodzaakt het terug te spoelen (backwash). Het terugspoelproces (backwash-proces) is het proces waarbij het filter wordt schoongewassen d.m.v. drinkwater. Het water stroomt met een bepaalde druk en snelheid in de tegenovergestelde richting aan wanneer het filter normaal zou functioneren. De hoeveelheid water die gebruikt wordt om het filter terug te spoelen (backwash) per spoelbeurt is 896 m^3 . Deze hoeveelheid aan water, welke ook “spoelwaterverbruik” wordt genoemd, komt op een percentage van 8,29%, dat “spoelwaterverlies” wordt genoemd, van de brutoproductie.

De probleemstelling die hieruit is geformuleerd luidt: Het spoelwaterverlies op het productiestation WK-plein bedraagt 8,29 % van de brutoproductie, terwijl volgens het spoelwaterverlies die is opgenomen in de treatment of backwash water het spoelwaterverlies 4 % van de brutoproductie mag zijn.

De informatie betreffende het spoelwaterverlies zijn gehaald uit de boeken; ‘*Drinking Water*’: ‘*Principles and Practices*’, (Moel, van Dijk & Verbek 2006) ; ‘*Water Practice and*

Technology', (Teichgräber & Ambulkar 2006) en *'Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment'* (Droste 1996)

Het doel van dit project is het terugdringen van het spoelwaterverlies tot een maximum van 4% van de brutoproductie.

In de eerste fase van dit onderzoek is er een literatuurstudie (ter ondersteuning van het onderzoek) gedaan. De onderzoeken die zijn uitgevoerd, zijn:

1. Bepaling van de looptijd door:
 - het debiet van de voorfilters naar de nabeluchtingstoren af te lezen waarbij de toegestane druk in de ketel 3,4 bar niet mag overschrijden (de druk is berekend), *'Pressure vessels, the ASME code simplified (7th Edition)* (2005)
 - het berekenen van de maximale ijzerbelasting die het filterbed kan dragen door het vangen van de ijzervlokken.
2. Onderzoek t.b.v. optimalisatie van het spoelproces door troebelheidsbepaling in het spoelwater, welke wordt aangegeven in FTU,
3. Aanzet onderzoek t.b.v. het hergebruik van spoelwater.

Het plan van aanpak hield in: literatuurstudie over drinkwaterzuivering, vraaggesprekken met werknemers van het productiestation WK-plein, drinkwaterdeskundigen van Waterleidingbedrijf Vitens uit Nederland en Idutech uit Suriname, oriëntatieonderzoeken op het productiestation WK-plein en het uitvoeren van verschillende metingen

Uit de resultaten van de onderzoeken, zijn er enkele conclusies getrokken. De looptijd van 24 uren is één (1) van de oorzaken geweest voor een hoog spoelwaterverlies daar het percentage is gedaald van 8,29 % naar 6,23 % na het bepalen van de looptijd. Bij het optimaliseren van het spoelprogramma is het spoelwaterverbruik van 896 m³ teruggebracht naar 516,64 m³, dat ook gelijk is aan een spoelwaterverlies van 3,6 %. Het hergebruik van het spoelwater is echter niet rendabel omdat de kosten voor het hergebruik hoger liggen dan de verdiensten. De kosten voor het hergebruik komen op SRD 8.020.040,41 en de verdiensten op SRD 2.967.159,83. Het spoelwaterverlies van het productie station WK-plein is teruggebracht van 8,29% naar 3,6% , hierdoor wordt geconcludeerd dat er antwoord is gegeven op de onderzoeksvraag.

De aanbevelingen die worden meegegeven zijn de volgende; De looptijd van de filters moet steeds weer opnieuw worden berekend als de ruwwatercapaciteit verhoogd of verlaagd wordt. Om een zo klein mogelijk afwijking te krijgen tijdens het spoelen kan men een stopwatch gebruiken tijdens het terugspoelen van de filters en de productiemedewerker moet kritisch zijn met de spoeltijd qua duur van elke stap van het spoelproces. Om toch het vuile spoelwater te kunnen hergebruiken moet de SWM één (1) m³ water voor bijna SRD 4,00 verkopen in plaats van voor SRD 1,40.

Summary

The N.V. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij (SWM) is the first water Supply company in Suriname. The service area of the SWM for drinking water supply is; Groot-Paramaribo, parts of the Districts Para, Wanica, Saramacca (uitkijk), Nickerie and Marowijne particularly Moengo and Albina. At the SWM is mostly groundwater purified to drinking water with the exception of Moengo. The water is purified by means of a treatment plant.

The research is aimed at production station WK-plein where the groundwater that is extracted from the A-sand layer to drinking water is purified. Groundwater has no oxygen and has a high hardness and a high concentration of manganese, methane, sulfur dust, nitrogen, and iron. Aeration of the groundwater reduces the levels of dissolved carbon dioxide and removes dissolved gases and the amount of oxygen increases. The Flake particles (iron flakes) emitted by the aeration, are captured by a sand filter. The filter has a maximum period of time in order to function properly. Upon reaching, the maturity takes off because the filter bed is covered with filtration flake particles. For the filter to function properly, one is compelled to backwash.

The backwash process is the process by which the filter is washed clean by drinking water. The water flows with a certain pressure and speed in the opposite direction than when the filter would function normally (Backwash). The amount of water used to backwash the filter per is 896 m^3 . This amount of water, "which is also called rinse water consumption ", comes at a rate of 8.29 %, "that is called waste water ", of the gross production.

The problem statement that is formulated is: The waste water on the production station WK-plein amounts to 8.29 % of the gross production while according to the treatment of backwash water, the waste water may be 4 % of the gross production.

The information of the waste water has been taken out of several studies: *'Drinking Water': 'Principles and Practices'*, (Moel, van Dijk & Verbrek 2006) ; *'Water Practice and Technology'* (Teichgräber & Ambulkar 2006) & *'Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment'*, (Droste 1996)

The objective of this project is to reducing the waste water up to a maximum of 4 % of the gross production.

In the first phase of this study is a literature study (to support research) done. The researches that have been conducted are:

1. Determination of the period by:
 - The flow rate of the filters to the after-aeration tower to read the pressure in the boiler (the permissible operating pressure) up to 3.4 bar is not to be exceeded (*'Pressure vessels, the ASME code simplified (7th Edition)*' (2005))
 - Calculating the maximum iron load that the biomass can endure by catching the iron flakes.
2. Research for process optimization by turbidity provision in rinse water rinse, which is shown in FTU.
3. Research for the re-use of rinse water.

The plan of action consisted from: Literature Study on drinking water purification, Interviews with employees of the production station WK-plein, with experts of drinking water company Vitens from the Netherlands and Idutech from Suriname, Orientation studies at the production station WK-plein and Conducting various measurements.

By the results that have been rolled out from the researches, there are some conclusions: The period of 24 hours has been one of the reason for a high percentage loss since the rinse water has fallen from 8.29 % to 6.23 % by determination of the period. When optimizing the rinse program the rinse water of 896 m³ is brought back to 516,64 m³, which is also equal to a waste water of 3.6 %. The re-use of the rinse water is, however, not profitable because the cost for re-used water are higher than the merits. The cost for the re-use comes to SRD 8.020.040,41 and merits on SRD 2.967.159,83. The rinse water loss from the production station WK-plein is reduced from 8.29% to 3.6%, thus it is concluded that the research question has been answered.

The recommendations that are provided are: The period of the filters must always be recalculated if the raw water capacity is increased or decreased. To get the smallest possible deviation during rinsing one must use a stopwatch during the backwashing of the filters and the production assistant must be critical with the rinse time and the dure of each step of rinsing. In order to be able to re-use the dirt rinse water, the SWM should sell one cubic of water for almost SRD 4,00 instead of SRD 1,40).

Voorwoord

Ter afronding van de studie aan het Polytechnic College (PTC) dient elke student een afstudeerproject uit te voeren om aan te tonen dat er voldoende kennis is opgedaan om in de praktijk technische problemen te herkennen, kritisch te analyseren en de mogelijke oplossingen aan te dragen.

Om te kunnen voldoen aan deze eis van het PTC heb ik een afstudeeronderzoek verricht bij de N.V. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij (SWM). Het doel van het onderzoek betreft het terugdringen van het spoelwaterverbruik op het productiestation WK-plein tot een maximum van 4 % van de brutoproductie. (Die 4% is gehaald uit de boeken: *Drinking Water Principles and Practices* (2006) ; *Water Practice and Technology* (2006) & *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment* (1996))

Het uitvoeren van dit onderzoek was niet te makkelijk ondanks ik al ca. vijf (5) jaren werkzaam ben op het gebied van waterzuivering en het bewaken daarvan. De ervaring en kennis die ik heb opgedaan tijdens het onderzoek ga ik zeker gebruiken om mijn werkgever te adviseren op het gebied van spoelwaterverbruik en -verlies.

Ik bedank eenieder die een wezenlijke bijdrage heeft geleverd bij het tot stand komen van dit afstudeerproject. Een bijzonder woord van dank aan de richtingscoördinator Werktuigbouwkunde, dhr. S. Bissesar MSc, mevr. G. Long Him Nam (docent Nederlands), de scriptiebegeleider, dhr. ir. J. Narain, dhr. M. Pocornie MSc, directielid SWM en dhr. R. Oldenstam BSc (PTC- docent), voor hun volle ondersteuning om ondanks hun drukke werkschema toch hun kostbare tijd en kennis te hebben gegeven gedurende de periode van mijn afstudeeronderzoek en - project.

Clifton Lienga

Paramaribo, 21 augustus 2013

Inhoudsopgave

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

Lijst van afkortingen

Lijst van symbolen

1 Inleiding	14
2 Algemene informatie over de SWM	17
3 Evaluatie van het zuiveringsproces op het productiestation Wk-plein.....	20
<i>3.1 Zuiveringsproces van het productiestation WK-plein.....</i>	<i>20</i>
3.1.1 De winning (bronnen of pompputten).....	22
3.1.2 Voorbeluchting (voorbeluchtingstoren)	24
3.1.3 Filtratie (zandfilter).....	25
3.1.4 Nabeluchting (nabeluchtingstoren).....	27
3.1.5 Reinwateropslag en distributie.....	28
<i>3.2 Spoelproces</i>	<i>29</i>
3.2.1 Het spoelwaterverbruik.....	31
<i>3.3 Mogelijke oorzaken van hoog spoelwaterverlies</i>	<i>33</i>
4 Opties voor het terugdringen van het spoelwaterverlies.....	34
<i>4.1 Factoren die de looptijd van het filtratieproces bepalen.....</i>	<i>35</i>
4.1.1 Debietmeting.....	35
4.1.2 IJzerbelasting	36
<i>4.2 Optimalisatie spoelproces door troebelheidsbepaling in spoelwater</i>	<i>37</i>
<i>4.3 Hergebruik van spoelwater door het toepassen van maatregelen</i>	<i>37</i>
5 Resultaten van het onderzoek ter reductie van het spoelwaterverlies	38
<i>5.1 Bepaling van de looptijd voor het filtratieproces</i>	<i>38</i>
5.1.1 Bepaling van de looptijd van het filtratieproces door debietmeting	38
5.1.2 Bepaling van de looptijd van het filtratieproces door ijzerbelasting	39

5.2 Optimalisatie spoelproces door troebelheidsbepaling in spoelwater	40
5.2.1 Aanpassing van stap 1 van het spoelprogramma	41
5.2.2 Aanpassing van stap 2 van het spoelprogramma	42
5.2.3 Aanpassing van stap 3 van het spoelprogramma	42
5.2.4 Aanpassing stap 4 van het spoelprogramma	43
5.2.5 Het aangepaste spoelprogramma	44
5.3 Hergebruik van spoelwater	45
5.3.1 Voorwaarde voor het gebruik van vlokmiddel	46
5.3.2 Vloeibaar maken van aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	47
5.3.3 De eerste maatregel voor het hergebruik van het vuile spoelwater	47
5.3.4 De tweede maatregel voor het hergebruik van het vuile spoelwater	47
5.3.5 Resultaten van de getroffen maatregelen	48
5.3.5 De financiële schatting voor het hergebruiken van het vuil spoelwater	49
6 Conclusies en aanbevelingen	50
Literatuurlijst	52
Bijlagen	54

Lijst van tabellen

Tabel 1: Overzicht van productie stations	19
Tabel 2: Metingen spoelwaterverbruik.....	31
Tabel 3: IJzergehalten	39
Tabel 4: Metingen stap 1	41
Tabel 5: Metingen stap 2	42
Tabel 6: Metingen stap 3	42
Tabel 7: Troebelheidsmeting.....	43
Tabel 8: Resultaten neerslagsnelheid vuildeeltjes in het vuile spoelwater	48

Lijst van figuren

Figuur 1: Schematische weergave van het proces in het voorfilter.....	21
Figuur 2: De stappen van het zuiveringsproces.....	22
Figuur 3: Schets van een bron (pompput)	23
Figuur 4: Foto van een bron (pompput)	23
Figuur 5: Foto van een vullichaam.....	24
Figuur 6: Schematisch weergave van het proces in de voorbeluchtingstoren.....	25
Figuur 7: Foto voorbeluchtingstoren op het productiestation WK-plein	25
Figuur 8: Foto voorfilters op het productiestation WK-plein.....	26
Figuur 9: Filter- of spoeldoppen.....	27
Figuur 10: Schematisch proces in de nabeluchtingstoren	27
Figuur 11: Foto nabeluchtingstoren op het productiestation WK-plein.....	28
Figuur 12: Foto reinwateropslag op het productiestation WK-plein.....	29
Figuur 13: Foto pompenkelder zuidelijke en noordelijke zijde	29
Figuur 14: Schematische weergave van het spoelproces	30
Figuur 15: Foto van de debiet- of flowmeter die het spoelwater registreert	32
Figuur 16: Debietmeters voorfilters	34
Figuur 17: Schematische weergave van het zuiveringsproces	36
Figuur 18: Schets van een voorfilter met filterbedspecificatie.....	36
Figuur 19: De debietmeter die het gefiltreerde water meet.....	38
Figuur 20: Monsters genomen bij de eerste stap	41
Figuur 21: Monsters genomen bij de tweede stap	42
Figuur 22: Monsters genomen bij stap 3	43
Figuur 23: Monsters genomen bij de 4 ^{de} stap.....	43
Figuur 24: PH spoelwater.....	46
Figuur 25: Aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).....	47
Figuur 26: Foto van het behandelde vuilspoelwater	48

Lijst van afkortingen

Afkortingen	Betekenis
FTU	Formazin Turbidity Units
mwk	Meterwaterkolom
P&ID	Process and Intrumentation Diagram
Ps.	Productiestation
psi	Pounds per square inch
RvC	Raad van Commissarissen
SRD	Surinaamse dollar
SWM	N.V. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij
WHO	World Health Organization
WK	William Kraan

Lijst van symbolen

Symbol	Omschrijving	Eenheid
$(Al_2(SO_4)_3)$	Aluminiumsulfaat	---
A_{fb}	Filterbedoppervlakte	m^2
$CaCO_3$	Calcium Carbonate	---
D	Binnen diameter	inch
E	Elasticiteitsmodulus	psi
Fe	Ijzer	---
h	Hoogte bodem of top	inch
K	Waarde voor $D/2h$	---
m_{Fe-tot}	Totale ijzermassa	kg
Mg	Magnesium	---
Mn	Mangaan	---
N	Stikstof	---
NH_4^+	Ammonium	---
NO_2^-	Nitriet	---
NO_3^-	Nitraat	---
p	Druk	mwk - bar- psi
p_{Fe}	Ijzerbelasting	kg/m^2
Q	Capaciteit debiet	m^3/u
ρ_{Fe}	Ijzergehalte	$mg/l - gr/m^3$
Q_{Fe}	Gevangen ijzer	gr/u
Ro	Buitenstraal	inch
S	Spanning	psi
t	tijd	minuten - uren
t	Wanddikte	inch
t_l	Looptijd	uren
V	Volume	m^3
V_{bp}	Brutoproductie	m^3
V_{sp}	Spoelwaterverbruik	m^3

1 Inleiding

De N.V. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij (SWM) is een parastataal bedrijf dat verantwoordelijk is voor de drinkwatervoorziening in grote delen van het kustgebied van Suriname (zie bijlage 1). Water is een basisbehoefte van de mens en iedere onderbreking in de voorziening betekent dan ook een groot ongerief. De SWM stelt zich daarom in dienst van de gemeenschap met als taak ervoor te zorgen en erover te waken dat de drinkwatervoorziening te allen tijden zo optimaal mogelijk geschiedt binnen haar mogelijkheden.

Daarom heeft de SWM als missie: Een betrouwbaar waterleidingbedrijf dat met inzet van gespecialiseerde en gemotiveerde medewerkers zijn klanten op economisch en maatschappelijk verantwoorde wijze van gezond drinkwater voorziet, volgens de hoogste standaarden.

Volgens de statuten van de N.V. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij heeft de vennootschap ten doel:

- Het aanleggen en het exploiteren van waterleidingbedrijven in Suriname.
- Het aanleggen en onderhouden van installaties voor de distributie van water.
- Het bevorderen en het doen van onderzoeken ter verzekering van de drinkwatervoorziening in Suriname.
- Het verrichten van alle handelingen welke met het voorgaande in de ruimste zin geacht kunnen worden in verband te staan, daaruit voortvloeien of daaraan bevordelijk zijn.
- Voorts het deelnemen aan of het samenwerken met of het uitvoeren van de directie over andere ondernemingen of instellingen met een gelijk of aanverwant doel.

Probleem beschrijving

Het spoelwaterverbruik van het drinkwater productiestation WK-plein bedraagt 896 m³. Door de hoeveelheid water dat wordt gebruikt om terug te spoelen, is er een behoefte ontstaan om een onderzoek te doen om na te gaan wat het acceptabel spoelwaterverlies mag zijn. Door literatuuronderzoek is gebleken dat het acceptabel spoelwaterverlies 4 % ¹ van de bruto productie

¹ De informatie is gehaald uit de boeken: Drinking Water Principles and Practices (2006) ;Water Practice and Technology (2006) en Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment (1996)

mag zijn. De N.V. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij streeft zelf naar een spoelwaterverlies van 5 % ². Één van de rede waarom de SWM 5 % aan spoelwaterverlies nastreeft, is dat de zuiveringsinstallaties van de meeste productie station zijn verouderd. Bij het terugspoelen van de filter bij deze stations men meer water nodig heeft om het filterbed schoon te krijgen.

Het productiestation WK-plein heeft een spoelwaterverlies van 8,29 % van de bruto productie. De ruwwatercapaciteit is 450 m³/u en de looptijd van de filters is gesteld op 24 uren. De bruto productie (V_{bp}) van dit productiestation gedurende een (1) etmaal (24 uur) is 10800 m³. Het spoelwater dat gebruikt wordt per spoelbeurt om de filters terug te spoelen (backwash) is 896 m³, dat ook gelijk is aan SRD 1.254,40 (zie bijlage 10). De eenheid prijs die gehanteerd is voor het berekenen van het verlies is een gemiddelde prijs van de tariefgroepen 20 en 30 omdat deze groepen het meeste water gebruikt.

Probleemstelling:

Het spoelwaterverlies van 8,29 % van de bruto productie is onacceptabel volgens de treatment of backwash water. Deze geven aan dat het spoelwaterverlies 4 % (zie footnote 1 blz 14) van de bruto productie mag zijn.

Doel

Het doel welke beoogd wordt met dit onderzoek is het terugdringen van het spoelwaterverlies tot een maximum van 4 % (zie footnote 1 blz 14) van de bruto productie.

De hoofdstukkenopbouw

Dit verslag bevat drie (3) kernhoofdstukken. In het eerste kernhoofdstuk wordt een evaluatie gegeven van het zuiveringsproces op het productie station te WK-plein waarbij zuiveringsproces, het spoelproces en de mogelijke oorzaken van het probleem worden besproken. De opties voor het terugdringen van het spoelwater worden beschreven in het tweede kernhoofdstuk, gevolgd door de onderzoeksresultaten van terugdringen van het spoelwater in het derde kernhoofdstuk.

² Dit is vastgelegd in de targets ter realisatie van SWM doelstellingen

De belangrijkste bronnen van informatie zijn: - *'Flocs in Water Treatment'*, Bache D.H. & Gregory R. (2007), - *'Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies'*, Cheremisinoff N.P. (1994 & 2001), - *'Pressure vessels, the ASME code simplified (7th Edition)'*, Chuse R. & Carson B. (2005), - *'Water Treatment Handbook'*, Degremont G. (1973), - *'Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment'*, Droste R. L. (1996), - *'Journal of Water Supply': Research & Technology – Aqua'*, Gimbel R. (IWW University of Duisburg-essen, Germany), Stanford B. (Hazen and Sawyer, P.C., USA) & Watanabe Y. (Hokkaido University, Japan) (2011), - *'Water & Wastewater Technology (6th Edition)'*, Hammer Sr. M.J. & Hammer Jr. M.J. (2007), - *'Hogere Water Technologie HWT'*, samengesteld door een groep docenten en deskundigen (n.d.), - *'Introduction to Water Treatment'*: door American Water Works Association (1984), - *'Water Science & Technology'*, Kroiss H. (2011), (Vienna University of Technology, Austria), - *'Wastewater Treatment'*, Lui D.H.F. & Liptak B.G. (1999), - *'Drinking water: principles and practices'* Moel P.J., de Verberk J.Q.J. & van Dijk J.C (2006) , (TU Delft), - *'Groundwater Treatment Technology'*, Nyer E.K. (1992), - *'Practical Principles of Ion Exchange Water Treatment'*, Owens D.L. (1985), - *'Practical Wastewater Treatment'*, Russell D.L. (2006), - *'Water and Wastewater Treatment'*, Schroeder E.D. (1977), & *'Water Practice and Technology'*, Teichgräber B. & Ambulkar A. (2006). Een belangrijke bron van informatie zijn de vraaggesprekken met drinkwaterdeskundigen van Waterleidingbedrijf Vitens (Nederland) en Idutech Suriname; dit bedrijf houdt zich bezig met vuilwaterzuivering en -processen.

2 Algemene informatie over de SWM

De N.V. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij (SWM) is het eerste waterleidingbedrijf in Suriname en is verdeeld in drie vestigingen m.n.:

- Vestiging Centraal, die zorgt voor de drinkwatervoorziening in Groot-Paramaribo en delen van de districten Wanica, Para en Saramacca (uitkijk),
- Vestiging Oost, is belast met de drinkwatervoorziening in Moengo en Albina in het district Marowijne,
- Vestiging West, die zorgt voor de voorziening van drinkwater in delen van het district Nickerie.

Met uitzondering van Moengo zuivert de SWM in alle verzorgingsgebieden het grondwater tot drinkwater. Het water wordt gewonnen uit waterhoudende zandlagen (aquifers) en de diepte van deze zandlagen verschilt van plaats tot plaats. Bijvoorbeeld, te Republiek 25 à 30 meters diep en te Lelydorp 60 á 80 m diep, terwijl in Paramaribo de diepte varieert van 160 tot 200 meters. De verschillende zandlagen waaruit water wordt gewonnen, zijn:

- De Zanderij zandlaag met een diepte die varieert tussen 20 m en 30 m
- De Coesewijne zandlaag (60 m – 80 m) en,
- De A-zandlaag (160 – 200 m)

Door pompputten aan te leggen wordt het water door een onderwaterpomp gevoerd naar de zuiveringsinstallatie waar het water wordt gezuiverd tot drinkwater (zie bijlage 11). Het water wordt gezuiverd d.m.v. een zuiveringsinstallatie. De zuiveringsinstallatie bestaat uit beluchtingstorens en filters. De beluchting zorgt ervoor dat in het water opgeloste gassen zoals zwavelstof, stikstof, methaan en organische verbindingen ontsnappen en de andere stoffen worden uitgevlokt. De stoffen die uitgevlokt zijn zoals ijzer (Fe), mangaan (Mn) en magnesiuim (Mg) worden gevangen door de filters. In de filters vindt ook de omzetting van ammonium (NH_4^+) naar nitriet (NO_2^-) en daarna van nitriet (NO_2^-) naar nitraat (NO_3^-) plaatst. Het filter-medium is van zand (baanzand of scherp zand) en/of schelpen. De filters hebben een maximale periode (de looptijd) waarin ze goed functioneren. Bij het beëindigen van de looptijd neemt de filtratie af en de weerstand toe, doordat het filterbed wordt bedekt met vlokdeeltjes z.a.: ijzer- en mangaanvlokken die afkomstig zijn van het ruwwater. Men is genoodzaakt het filter terug te

spoelen, zodat de productie weer op gang kan worden gebracht (Dit proces wordt ook wel back-wash genoemd). Het terugspoelen van de filters gebeurt met drinkwater (<http://www.swm.sr>).

Afhankelijk van de waterkwaliteit wordt een zuiveringsinstallatie ontworpen. Het zuiveringsproces van de zuiveringsinstallatie (zie bijlage 11) kan bestaan uit:

- beluchting,
- zandfiltratie,
- schelpenfiltratie ,
- opslag.

Na de zuivering van ruwwater, wordt het verkregen drinkwater dat voldoet aan de eisen die zijn opgenomen in de WHO- drinkwaternormen³, via een gesloten leidingnet naar de gebruikers getransporteerd of gedistribueerd. Om te bepalen of het drinkwater voldoet aan de eisen die zijn opgenomen in de WHO- drinkwaternormen (footnote 3 blz 18) wordt het water dagelijks gemonitord door het laboratorium van de SWM. De streefwaarden van de SWM zijn opgenomen in “de target ter realisatie van SWM doelstellingen 2011”(zie bijlage 22).

De SWM beschikt thans over 20 productiestations en één (1) station dat slechts dient als pompstation in beheer. In 2002 is het station Helena christina overgenomen. De stations Koewarasan en Leiding 9A zijn in 2009 overgenomen, terwijl de stations Uitkijk (Saramacca) en La Vigilantia in 2012 zijn overgenomen (zie overzicht productiestation in tabel1)

Het studiegebied van dit onderzoek zal gericht zijn op het productiestation WK-plein dat valt onder de “Vestiging Centraal” die ca. veertien productiestations telt. De hoeveelheid water die op maandbasis wordt gebruikt om de filters terug te spoelen op de verschillende productiestations in Vestiging Centraal bedraagt ca. 177500 m³(zie bijlage 11). Deze productiestations (Ps.) zijn:

- Ps. Blauwgrond
- Ps. Flora
- Ps. Helena Christina
- Ps. Koewarasan

³De informatie is gehaald uit de richtlijnen van de WHO voor drinkwaterkwaliteit, die opgesteld zijn in Geneve en dateren uit 1993

- Ps. Leiding 9A
- Ps. Lelydorp
- Ps. Leysweg
- Ps. Livorno
- Ps. Republiek
- Ps. Van Hattemweg
- Ps. WK-plein filtergebouw
- Ps. Tourtonne
- Ps. La Vigilantia
- Ps. Uitskijk

Tabel 1: Overzicht van productie stations

	Productie stations	Jaar ingebruikname	Gem. productie in m ³ /u	Opslagcapaciteit in m ³
Vestiging Centraal	Republiek	1933	260	400/4000
	WK-plein	1958	620	2500/5750
	Leysweg	1972	275	5000
	Livorno	1981	500	1200
	Lelydorp	1982	310	1000
	Flora	1989	170	2000
	Benie	1990	Slecht verpomping	2000
	Tourtonne	1990	110	2000
	Blauwgrond	1992	160	4000/10.000
	Van Hattemweg	1997	1080	2400/2800
	Helena Christina	Overname 2002	370	2400
	Koewarasan	Overname 2009	240	1200
	Leidong 9A	Overname 2009	300	1400
	La Vigilantia	Overname 2012	240	450
	Uitskijk	Overname 2012	120	
Vestiging Oost	Moengo	Overname 1999	200	50
	Wonoredjo	2007	---	
	Albina	1960	10	2000
Vestiging west	Nw. Nickerie	1958	150	1000
	Sidoredjo	Overname 2002	150	600/650

3 Evaluatie van het zuiveringsproces op het productiestation Wk-plein

In dit hoofdstuk wordt het zuiveringsproces op het productiestation WK-plein belicht. In paragraaf 3.1 wordt het zuiveringsproces beschreven waarna in paragraaf 3.2 het spoelproces wordt beschreven. De mogelijke oorzaken van het probleem worden in paragraaf 3.3 beschreven. De bronnen voor dit hoofdstuk zijn documenten van het ps. WK-plein, *Hoger Water Technologie* samengesteld door een groep docenten en deskundigen, vraaggesprekken met werknemers op het ps. WK-plein en oriëntatieonderzoeken.

3.1 Zuiveringsproces van het productiestation WK-plein

Het zuiveringsproces is het proces, waarbij het ruwwater gezuiverd wordt van organische en anorganische stoffen die een gevaar vormen voor de gezondheid. Afhankelijk van de waterkwaliteit die wordt bepaald door de SWM, wordt het zuiveringsproces bepaald. Het zuiveringsproces heeft filters die voor de filtratie zorgen. Er bestaan snelle zandfiltratie en langzame zandfiltratie. Het verschil tussen deze twee is dat het water sneller door de snelfilter stroomt dan bij de langzame filter (zo'n 10 à 20 maal sneller).

Zandfiltratie wordt ook weer onderscheiden in natfiltratie en droogfiltratie:

Natfiltratie

Wordt toegepast wanneer er weinig ammonium in het water zit. Het water bevat genoeg zuurstof om het ammonium(NH_4^+) om te zetten. Een natfilter is geheel gevuld met water en er staat zelfs een laagje water boven het filter. Het water stroomt door het zand heen naar beneden en vuil wordt opgevangen door het zand. Ook worden ijzer en mangaan gevangen door het filter.

Droogfiltratie

Deze filtratie wordt toegepast wanneer er veel ammonium in het water zit. Er is dus veel zuurstof nodig om het ammonium(NH_4^+) om te zetten. Bij droogfiltratie sijpelt het water langzaam door het zandfilter heen, terwijl er ook lucht door het filter wordt geblazen. Hierdoor komt het water in contact met extra zuurstof en wordt het ammonium(NH_4^+) omgezet. Ook ijzer en mangaan worden in het filter afgevangen.

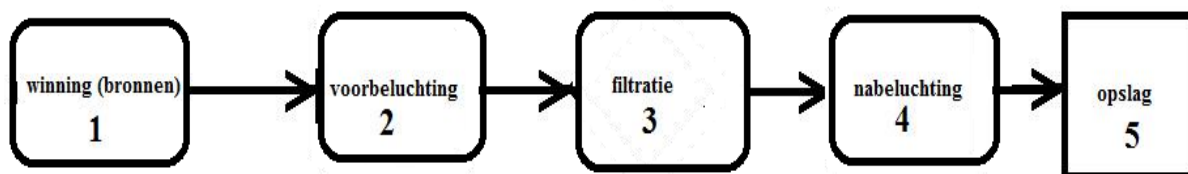
- ruwwatertoevoer, deze voert het ruwwater naar het zuiveringsinstallatie.
- filtraatafvoer, deze voeren het gefiltreerd water naar de volgende stap de nabeluchtingstoren
- spoelwater- en spoelluchttoevoer, deze voeren het spoellucht en - water naar het filter.
- spoelwaterafvoer (vuilwaterafvoer), deze voert het vuilspoelwater naar het riool.

- [illegible]

In het waterzuiveringssysteem komen onder andere afsluiters voor, voor het regelen van het filtratie- en spoelproces. Deze afsluiters bepalen ook de richting en de stroming van het water en/of de lucht in het zuiveringssysteem. De regeling van het filter- en spoelproces vindt thans op eenvoudige wijze plaats door middel van het manueel bedienen van deze afsluiters.

Het zuiveringsproces bestaat uit een aantal stappen, waarvan de volgorde schematisch is weergegeven in figuur 2. Deze stappen die in de volgende paragrafen afzonderlijk zullen worden beschreven zijn:

1. winning (bronnen of pompputten)
2. voorbeluchting (voorbeluchtingstoren)
3. filtratie (zandfilters)
4. nabeluchting (nabeluchtingstoren)
5. reinwateropslag en distributie

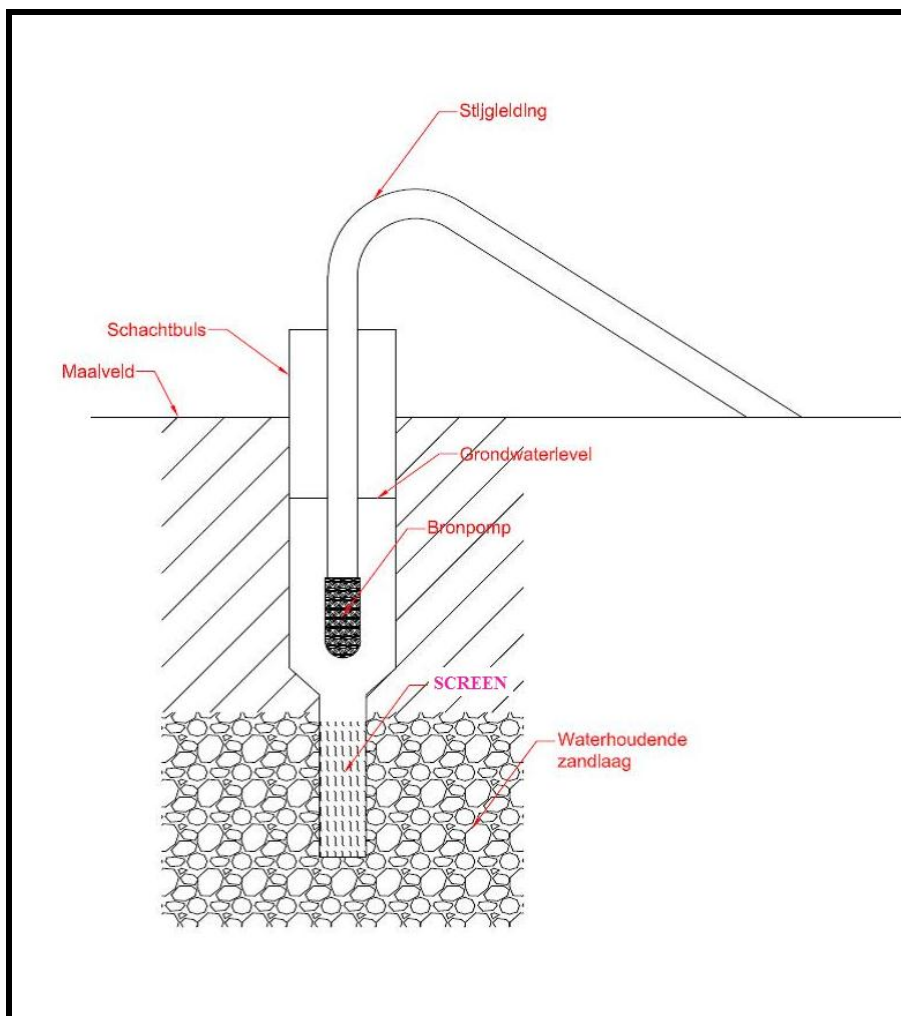


Figuur 2: De stappen van het zuiveringsproces

3.1.1 De winning (bronnen of pompputten)

Het water wordt gewonnen uit de A-zandlaag die ca. 160 m onder maaiveld ligt. Het grondwater wordt uit de bronnen naar de zuiveringsinstallatie gepompt d.m.v. elektrisch aangedreven bronpompen (onderwaterpompen). Het water dat aan de bronnen wordt onttrokken heeft een hoge hardheid waarvan de waarde 101,7 mg/l CaCO_3 ⁴ terwijl de stoffen, mangaan, methaan, zwavelstof, stikstof en ijzer in relatief hoge concentraties voorkomen. Het water bevat echter niet de nodige concentratie zuurstof volgens de WHO-drinkwaternormen (zie footnote 3 blz 18). In figuur 3 is schematisch weergegeven hoe de winning van het grond-water plaatsvindt. Via het screen aan de onderkant van de schacht van de bron stroomt het grondwater van de waterhoudende zandlagen in de bron en dit water wordt door de bronpomp gepompt via de stijgleiding naar de voorbeluchtingstoren. In figuur 4 is een foto te zien van een bronpomp.

⁴ Volgens de drinkwater kwaliteit gegevens op de website: [www. Vitens.nl](http://www.Vitens.nl) , (mag de hardheid variëren tussen 40-60 mg/l CaCO_3).



Figuur 3: Schets van een bron (pompput)



Figuur 4: Foto van een bron (pompput)

3.1.2 Voorbeluchting (voorbeluchtingstoren)

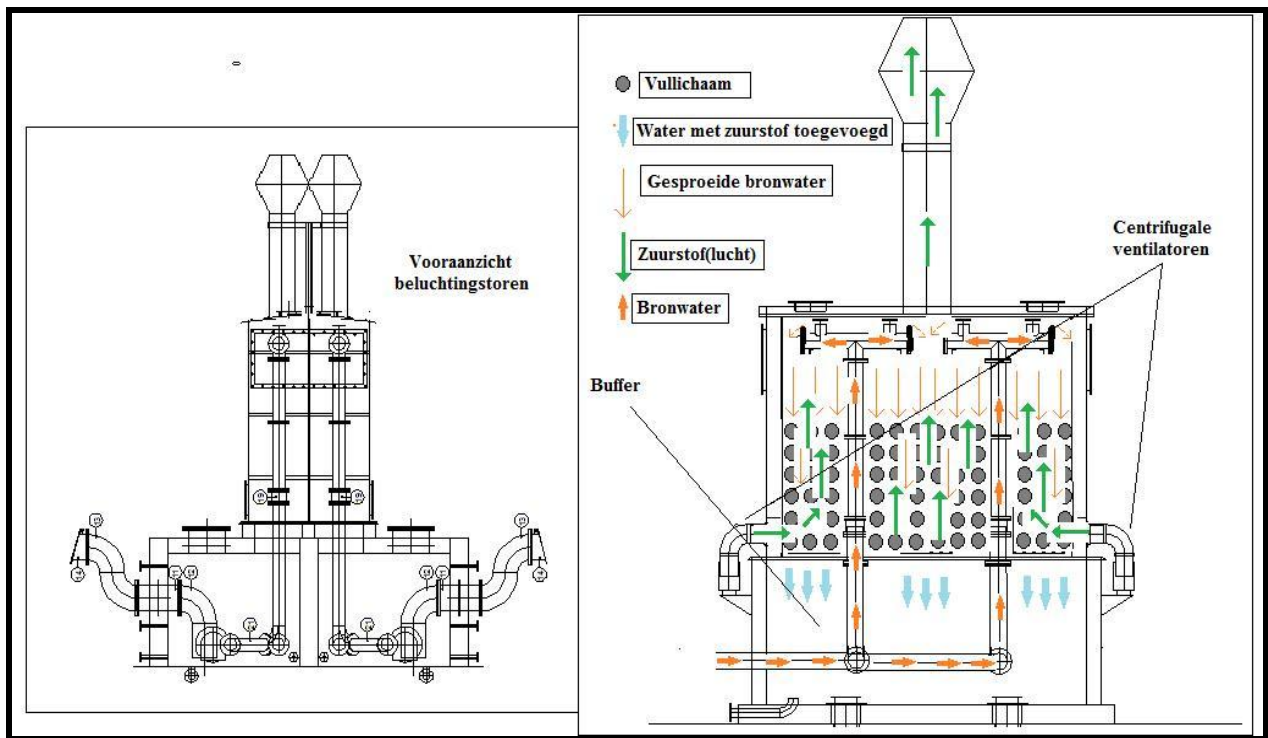
Het doel van de beluchting van grondwater is het verlagen van de concentraties aan opgeloste kooldioxide en gassen z.a:(zwavelwaterstof, stikstof, methaan) en het toevoegen van zuurstof aan het water. De beluchting gebeurt door het te behandelen water met lucht in contact te brengen, de zogenaamde beluchting of aeratie. De beoogde verandering kan tweeledig zijn, namelijk:

1. verhoging van het zuurstofgehalte in het water door zuurstofopname;
2. verlaging van het gehalte aan opgelost kooldioxide en/of verwijdering van opgeloste gas-
sen als zwavelwaterstof, stikstof, methaan en vluchtige organische verbindingen door
ontgassen of desorptie.

Het proces dat zich voltrekt in de beluchtingstoren is geïllustreerd in figuur 6. Het water wordt naar boven gepompt en vervolgens gespreid op vullichamen (zie figuur 5) die ervoor zorgen dat het water zodanig in fijne druppels wordt verdeeld zodat het goed wordt belucht. Er wordt lucht toegevoerd in de tegengestelde richting d.m.v. centrifugale ventilatoren, zodat het water in contact komt met zuurstof en deze dan opneemt (zie figuren 6 en 7). Hierna wordt het water opgeslagen in een buffer en vervolgens d.m.v. centrifugale pompen naar het voorfilter (zandfilter) gepompt.



Figuur 5: Foto van een vullichaam



Figuur 6: Schematisch weergave van het proces in de voorbeluchtingstoren



Figuur 7: Foto voorbeluchtingstoren op het productiestation WK-plein

3.1.3 Filtratie (zandfilter)

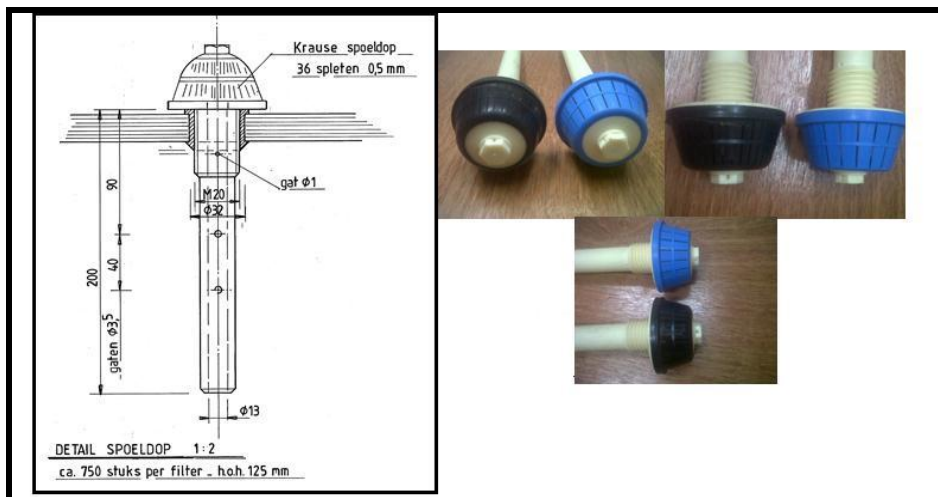
In figuur 1 en 8 wordt geïllustreerd hoe het filtratieproces plaatsvindt. In het voorfilter wordt het water via een leiding gevoerd naar boven het filterbed, met aan de bovenzijde een soort trechter, zodat het water zich over het gehele filterbed verspreidt. Doordat de chemische reacties al

hebben plaatsgevonden in de voorbeluchtingstoren worden o.a de kleine ijzervlokken opgevangen door het filter, waardoor alleen het water met een laag ijzergehalte door het filterbed stroomt. De ijzervlokken blijven aan de oppervlakte van het zandbed achter (zie figuur 1). Door filterdoppen (zie figuur 9) aan de onderzijde van het filterbed, stroomt het water door naar de bodem waar het weer wordt opgevangen, waarna het vervolgens stroomt naar de volgende stap, namelijk de nabeluchting. In het voorfilter vindt het nitrificatieproces plaats. Nitrificatie is de biologische oxidatie van ammonium tot nitriet gevolgd door de oxidatie van dit nitriet tot nitraat (zie footnote 1). De chemische vergelijking hiervan is:

- **Van ammoniak naar nitriet**
$$\text{NH}_3 + 1\frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{energie}$$
- **Van nitriet naar nitraat**
$$\text{NO}_2^- + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{energie}$$



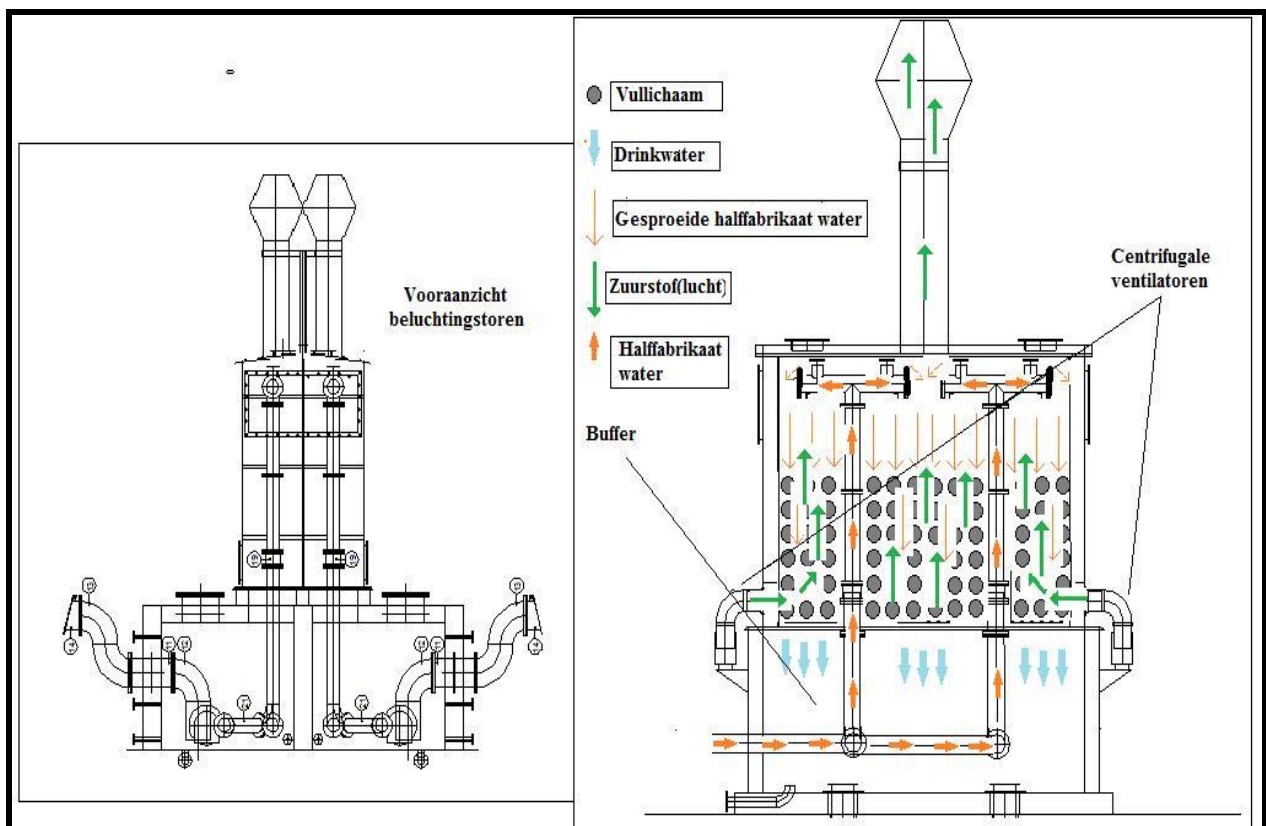
Figuur 8: Foto voorfilters op het productiestation WK-plein



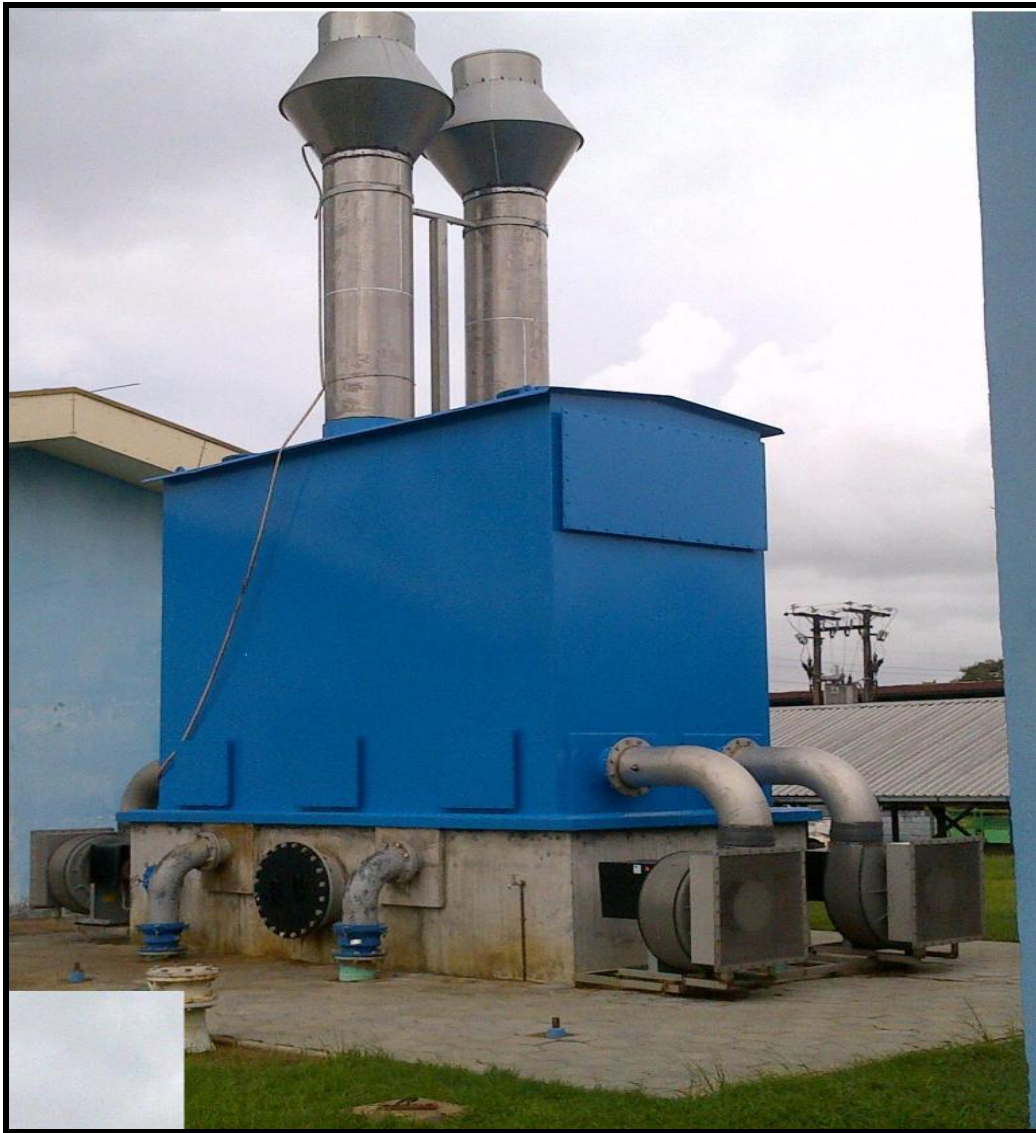
Figuur 9: Filter- of spoeldoppen

3.1.4 Nabeluchting (nabeluchtingstoren)

Het doel van de nabeluchting is om extra zuurstof aan het water toe te voegen. De reden waarom er extra zuurstof wordt toegevoegd is om het water te reconditioneren (om de pH-waarde van het water op te krikken) en wat smaak toe te voegen aan het water. Het water stroomt op dezelfde wijze, als bij de voorbeluchtingstoren (zie figuren 10 en 11).



Figuur 10: Schematisch proces in de nabeluchtingstoren



Figuur 11: Foto nabeluchtingstoren op het productiestation WK-plein

3.1.5 Reinwateropslag en distributie

De laatste stap is de reinwateropslag. Hierbij dient het water onder bepaalde omstandigheden te worden opgeslagen zodat er niet snel algengroei plaatsvindt. Hiervoor moet er een koele temperatuur in de kelder heersen. De temperatuur wordt gemaakt doordat er zand om de kelder wordt geplaatst met daarop gegroeide gras. Het laboratorium controleert dagelijks of het water voldoet aan de eisen die zijn opgenomen in de WHO-normen voor drinkwater (zie footnote 3 blz 18), alvorens het door middel van centrifugale pompen wordt gedistribueerd naar de gebruikers (zie figuren 12 en 13 en bijlage 17).



Figuur 12: Foto reinwateropslag op het productiestation WK-plein



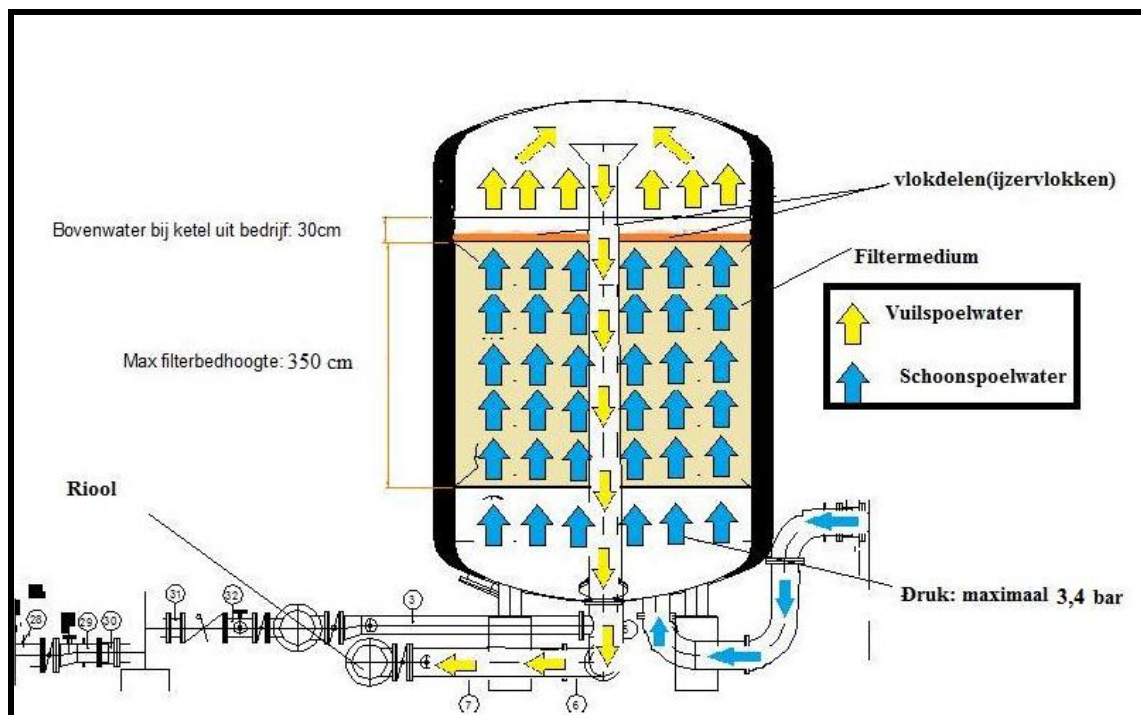
Figuur 13: Foto pompenkelder zuidelijke en noordelijke zijde

3.2 Spoelproces

In de inleiding is reeds aangegeven wat de aanleiding is geweest om dit onderzoek te doen. Het onderzoeksgebied beperkt zich echter tot het productiestation WK-plein. Dit productiestation heeft nu een capaciteit (Q_w) van ca. $450 \text{ m}^3/\text{u}$ ruwwater. De looptijd (t_f) van de filters is gesteld op 24 uren. Na deze 24 uren hebben de filters ca. 10800 m^3 water gezuiverd. Doordat het filterbed bedekt wordt met de vlokdelen (zie uitleg paragraaf 2.1.3) afkomstig van het ruwwater door de dag heen, neemt de filtratie af. De filters worden teruggespoeld (backwash) om zo de

optimale productie weer te bereiken. Tijdens dit proces, dat het spoelproces wordt genoemd, stroomt het water slechts gedurende bepaalde tijd in de tegenovergestelde richting (zie fig. 14). Het terugspoelen van de filters geschiedt met reinwater (drinkwater). De reden waarom er drinkwater wordt gebruikt voor het terugspoelen, is om te voorkomen dat er bacteriën in het systeem terechtkomen en om de kwaliteit van het drinkwater te behouden.

Tijdens het spoelproces, wordt dus het filter schoongewassen. De blauwe pijlen in figuur 14 geven het schone spoelwater (drinkwater) aan, terwijl de gele pijlen het vuile spoelwater aangeven. Om het filter schoon te krijgen stroomt het water van onder het filtermedium, door het filtermedium naar boven, waarna het vervolgens naar het riool stroomt. De vlokken die het filterbed bedekken worden mee gevoerd door het (schone) spoelwater dat door het filtermedium stroomt, die tijdens en na het spoelen, naar het riool wordt gevoerd. Na dit proces is het filter weer schoon en kan weer normaal functioneren. De regeling van het spoelproces gebeurt semi-automatisch. De spoeltijd is vooraf bepaald door de SWM. Bij het bereiken van die tijd neemt de boven druk toe in de ketel. Deze druk mag de toegestane werkdruk van 3,4 bar niet overschreiden (zie footnote 2). De afsluiters voor de ruwatertoevoer en vuilwaterafvoer worden met de hand bediend, terwijl de afsluiters die de spoelwater- en spoelluchttoevoer regelen met een druk op de knop worden bediend. Het toerental van de spoelpomp en de snelheid waarmee het water en de lucht door het filtermedium moeten stromen, worden automatisch geregeld.



Figuur 14: Schematische weergave van het spoelproces

3.2.1 Het spoelwaterverbruik

De hoeveelheid water die wordt gebruikt voor het terugspoelen is per spoelbeurt 896 m³. Deze hoeveelheid aan spoelwater komt overeen met een spoelwaterverlies van 8,29 % van de bruto-productie van 10800 m³. Uitgedrukt in geld, komt het verlies dat gepaard gaat met het spoelwaterverbruik, neer op SRD 1254,40, een gemiddelde waterprijs⁵ van SRD 1,40 per m³ voor tarief groepen 20 & 30 omdat deze groepen het meeste water gebruikt (zie bijlage 10). Hierna wordt het spoelwaterverbruik aangegeven, evenals de bepaling ervan door berekeningen.

Spoelwaterverbruik door aflezing

Het spoelwaterverbruik (V_{sp}) per spoelbeurt bedraagt 896 m³. Hoe men komt aan deze hoeveelheid, is door het registreren van het spoelwaterverbruik na elke spoelbeurt gedurende een periode van één (1) maand, waarna het gemiddelde daarvan wordt berekend (zie tabel 2). De hoeveelheid spoelwater kan ook worden berekend, waarbij er uitgegaan wordt van het gemeten debiet en de duur van het spoelproces (zie figuur 15).

Tabel 2: Metingen spoelwaterverbruik

Datum	Spoelwater	Eerste filtraat	Totaal verbruik	Datum	Spoelwater	Eerste filtraat	Totaal verbruik
1-7-12	966	30	996	17-7-12	862	31	893
2-7-12	861	32	893	18-7-12	828	30	858
3-7-12	898	29	927	19-7-12	864	31	895
4-7-12	899	32	931	20-7-12	911	31	942
5-7-12	812	28	840	21-7-12	860	30	890
6-7-12	865	29	894	22-7-12	906	32	938
7-7-12	832	31	863	23-7-12	881	29	910
8-7-12	831	27	858	24-7-12	855	32	887
9-7-12	819	28	847	25-7-12	890	31	921
10-7-12	897	27	924	26-7-12	901	30	931
11-7-12	884	30	914	27-7-12	858	30	888
12-7-12	860	31	891	28-7-12	838	32	870
13-7-12	816	31	847	29-7-12	825	31	856
14-7-12	825	29	854	30-7-12	1003	30	1033
15-7-12	828	33	861	31-7-12	845	30	875
16-7-12	821	31	852				
Het gemiddelde van het spoelwaterverbruik (V_{sp}) over die periode is 896,09 m ³ .							

⁵ Een gemiddelde prijs in de tarief groepen 20 en 30

Het berekende spoelwaterverbruik

Het terugspoelen van het filter geschiedt volgens een bepaald spoelprogramma waarvan de volgorde als volgt is:

- Stap 1: Voor vijf minuten terugspoelen met een debiet van $750 \text{ m}^3/\text{u}$,
- Stap 2: Voor vijf minuten terugspoelen met lucht en water met een debiet van $350 \text{ m}^3/\text{u}$,
- Stap 3: Voor tien minuten terugspoelen met een debiet van $750 \text{ m}^3/\text{u}$,
- Stap 4: het eerste filtraat waarbij het debiet van het water $150 \text{ m}^3/\text{u}$ is, voor drie minuten.

Bij deze stap stroomt het water in normale richting als wanneer het filter normaal zou functioneren.



Figuur 15: Foto van de debiet- of flowmeter die het spoelwater registreert

Voor de berekening van het spoelwaterverbruik, wordt gebruikgemaakt van de formule:

$$V = Q * t \quad (1)$$

Stap 1: duurt 5 minuten waarbij het waterdebiet $750 \text{ m}^3/\text{u}$ is, (hier wordt teruggespoeld met water),

$$V_{SP} = \frac{750 \text{ m}^3 / \text{u}}{60} * 5 \text{ min} = 12,5 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * 5 \text{ min} = 62,5 \text{ m}^3$$

Stap 2: duurt 5 minuten waarbij het waterdebiet $350 \text{ m}^3/\text{u}$ is, (hier wordt teruggespoeld met lucht en water),

$$V_{SP} = \frac{350 \text{ m}^3 / \text{u}}{60} * 5 \text{ min} = 5,83 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * 5 \text{ min} = 29,16 \text{ m}^3$$

Stap 3: duurt 10 minuten waarbij het waterdebiet $750 \text{ m}^3/\text{u}$ is (hier wordt teruggespoeld met water),

$$V_{SP} = \frac{750 \text{ m}^3 / \text{u}}{60} * 10 \text{ min} = 12,5 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * 10 \text{ min} = 125 \text{ m}^3$$

Stap 4: duurt 3 minuten waarbij het waterdebiet $150 \text{ m}^3/\text{u}$ is, (het eerste filtraat),

$$V_{SP} = \frac{150 \text{ m}^3 / \text{u}}{60} * 3 \text{ min} = 2,5 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * 3 \text{ min} = 7,5 \text{ m}^3$$

Het totale spoelwaterverbruik (V_{sp}) voor het terugspoelen van de vier (4) zandfilters wordt:

$$V_{sp} = 4 * (V_{fase1} + V_{fase2} + V_{fase3} + V_{fase4}) = 4 * (62,5 \text{ m}^3 + 29,16 \text{ m}^3 + 125 \text{ m}^3 + 7,5 \text{ m}^3) = 896,64 \text{ m}^3$$

3.3 Mogelijke oorzaken van hoog spoelwaterverlies

Door een analyse van bestaande informatie van het productiestation WK-plein is geconstateerd wat de mogelijke oorzaken kunnen zijn voor een te hoog spoelwaterverlies. Deze oorzaken zijn:

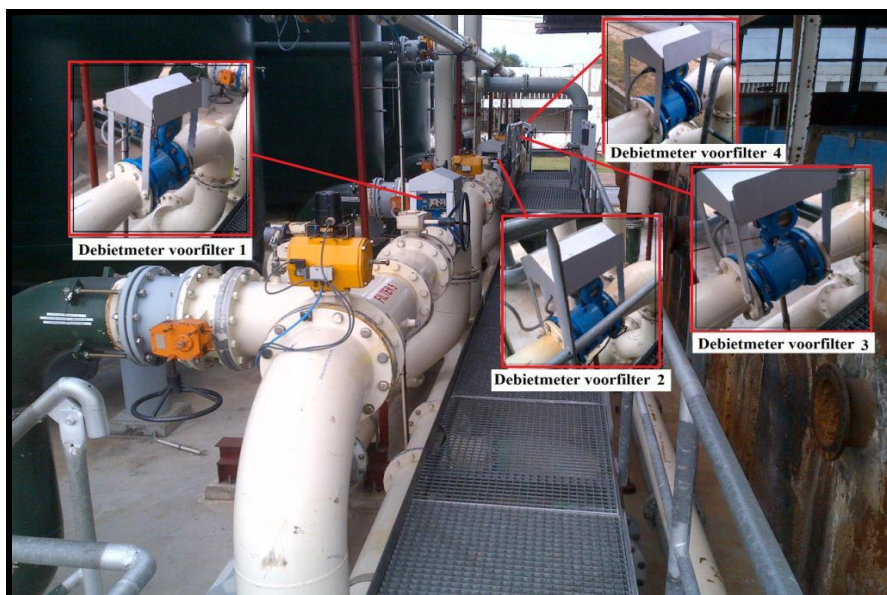
- De installatie is gebouwd voor een capaciteit van ca. $600 \text{ m}^3/\text{u}$ en vanaf de ingebruikname wordt er slechts $450 \text{ m}^3/\text{u}$ water gezuiverd. De reden daartoe is dat er enkele bronnen uit bedrijf zijn genomen vanwege verontreiniging en enkele bronnen zijn uitgevallen vanwege veroudering. De looptijd is dan bepaald op basis van die $600 \text{ m}^3/\text{u}$ waarbij de bruto-productie (V_{bp}) 12000 m^3 in 24 uren moet zijn, terwijl er nu maar 10800 m^3 in 24 uren wordt gezuiverd.
- Het spoelprogramma voor het terugspoelen (backwash) van de filters bestaat uit verschillende stappen, waarbij de stappen herzien moeten worden qua duur van elke stap. De stappen worden herzien om na te gaan of er te veel of te weinig water wordt gebruikt om de filters schoon te krijgen bij het terugspoelen. Deze stappen zijn:
 - Stap 1: voor vijf minuten spoelen met water met een debiet van $750 \text{ m}^3/\text{u}$
 - Stap 2: voor vijf minuten spoelen met lucht en water waarbij het spoelwater-debiet $350 \text{ m}^3/\text{u}$ is
 - Stap 3: voor tien minuten spoelen met water met een debiet van $750 \text{ m}^3/\text{u}$
 - Stap 4: eerste filtraat met een debiet van $150 \text{ m}^3/\text{u}$ voor drie minuten. Tijdens deze stap stroomt het water in de normale richting als wanneer het filter in bedrijf is. Het water stroomt dan voor drie minuten lang naar het riool.

4 Opties voor het terugdringen van het spoelwaterverlies

In dit hoofdstuk worden de opties beschreven voor het terugdringen van het spoelwaterverbruik. Deze opties die in de volgende paragrafen afzonderlijk zullen worden besproken zijn als volgt:

1. De factoren die de looptijd van het filtratieproces bepalen (3.1):
 - het debiet van voorfilters naar nabeluchtingstoren af te lezen waarbij de toegestane werkdruk in de ketel 3,4 bar (zie bijlage 21) niet mag overschrijden (zie fig.16 en fig.18), (*Pressure vessels, the ASME code simplified (7th Edition)*’,(2005)).
 - het berekenen van de maximale ijzerbelasting die het filterbed kan dragen door het vangen van de ijzervlokken(zie fig. 18),
2. Optimalisatie van het spoelproces door troebelheidsbepaling in spoelwater, welke wordt aangegeven in FTU (3.2),
3. Het hergebruik van spoelwater door het beschrijven van een mogelijke methode (3.3).

De bronnen voor dit hoofdstuk zijn het boek *‘Drinking Water’ : Principles and Practices* (TU Delft) van P.J. de Moel Verberk J.Q.J & van Dijk J C, Eindrapporten van Hartman J.B. over spoelwaterhergebruik, batchgewijze spoelwaterverwerking en continue spoelwaterverwerking van ‘Waterleidingbedrijf Vitens’, Handleiding Water Treatment, de website van Lenntech en uit gesprekken met de procestechnoloog van Vitens, dhr. D. Brummel en directeur Edutech Suriname, ing. C. Wong.



Figuur 16: Debietmeters voorfilters

4.1 Factoren die de looptijd van het filtratieproces bepalen

De looptijd van het filtratieproces wordt op twee manieren bepaald. De eerste manier is door debietmeting welke in paragraaf 3.1.1 wordt besproken, gevolgd door het bepalen van de looptijd door ijzerbelasting in paragraaf 3.1.2.

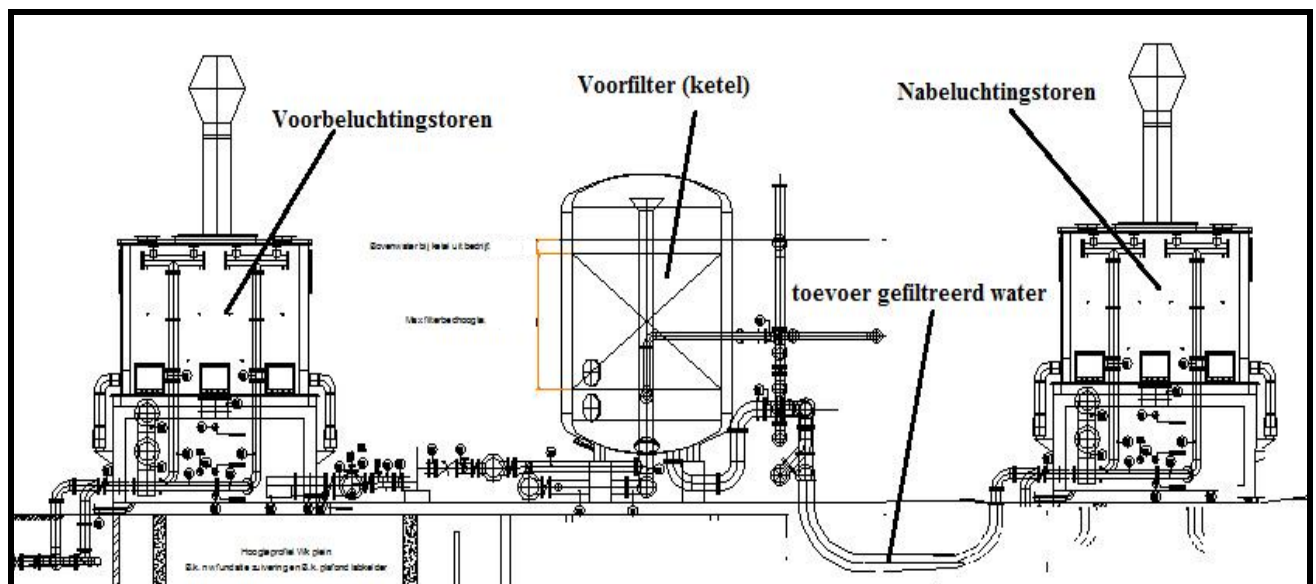
De bronnen voor dit hoofdstuk zijn het boek *'Drinking Water' : Principles and Practices* (TU Delft) van P.J. de Moel Verberk J.Q.J & van Dijk J.C.(2006), *'Water Practice and Technology'*, Teichgräber B. & Ambulkar A. (2006), *Introduction to Water Treatment*: *'Principles and Practices of Water Supply Operations'*, door American Water Works Association (1984) *Water and Wastewater Treatment*, Schroeder E.D. (1977). *'Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies'*, Cheremisinoff N.P. (1994 & 2001) & *'Groundwater Treatment Technology'*, Nyer E.K. (1992) en uit gesprekken met de procestechnoloog van Vitens, dhr. D. Brummel en directeur Edutech Suriname, ing. C. Wong en de website: <http://www.lenntech.nl/waterdesinfectie/drinkwaterbehandeling-nederland.htm>.

4.1.1 Debietmeting

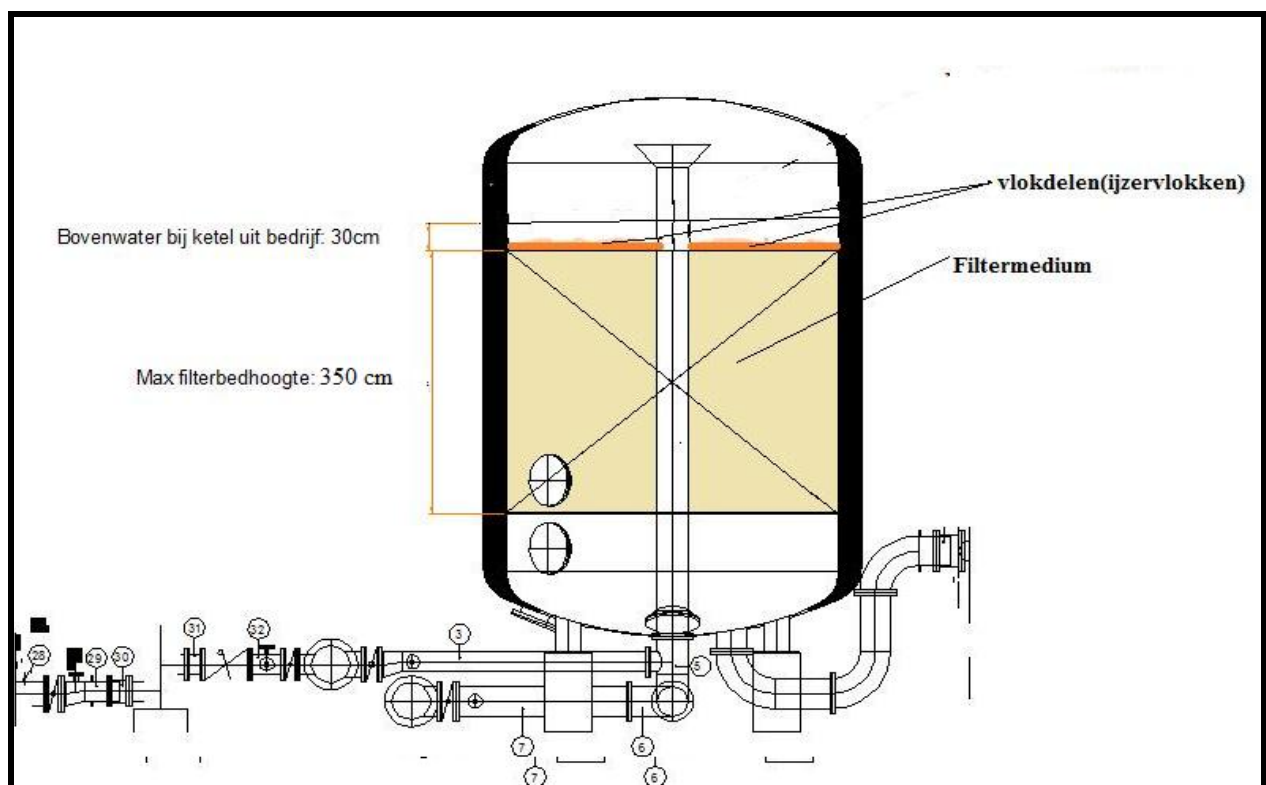
Tijdens deze meting wordt elk uur het gefiltreerd water, dat stroomt van de voorfilters naar de nabeluchtingstoren afgelezen en geregistreerd (zie fig. 17). De meting begint direct nadat de filters zijn teruggespoeld. Bij het uitvoeren van de meting mag de druk aan de bovenzijde van het filtermedium de maximale werkdruk die gelijk is aan 3,4 bar (zie bijlage 21) niet overschrijden (zie fig. 18). Het debiet dat afgelezen wordt mag niet veel afwijken van de ruwwatercapaciteit van 450 m³/u. De tolerantie van deze meting is plus of min 5 m³/u⁶. Bij het overschrijden van de tolerantie wordt de meting van dat uur beëindigd. De (loop)tijd wordt dan bepaald door het aantal uren dat men de meting heeft gedaan totdat de afname van het debiet plaatsvindt. De looptijd die is verkregen wordt met twee uren⁷ ingekort vanwege veiligheidsredenen. Deze veiligheidsredenen hebben te maken met de druk in de ketel die 3,4 bar niet mag overschrijden (zie bijlage 21).

⁶ *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*, Cheremisinoff N.P. (1994 & 2001)

⁷ Vraaggesprek met procestechnoloog van Vitens Brummel D.



Figuur 17: Schematische weergave van het zuiveringsproces



Figuur 18: Schets van een voorfilter met filterbedspecificatie

4.1.2 IJzerbelasting

Voor het bepalen van de maximale ijzerbelasting die het filter kan verdragen worden eerst monsters genomen van het ruwwater. Deze monsters worden op ijzer geanalyseerd. De hoogste waarde aan ijzergehalte dat is geanalyseerd, wordt gehanteerd om de maximale ijzerbelasting te bepalen. De maximale ijzerbelasting is het belangrijkste gegeven voor het berekenen van de looptijd van het filtratieproces. De rede waarom de maximale ijzerbelasting wordt gekozen is om

de looptijd zodanig te bepalen dat het filter niet belast wordt dan wat het maximaal kan verdragen.

De looptijden die worden bepaald door de debietmeting en de ijzerbelasting worden naast elkaar gezet en er wordt daaruit de kortste looptijd gekozen.

4.2 Optimalisatie spoelproces door troebelheidsbepaling in spoelwater

Het onderzoek van het terugspoelproces wordt uitgevoerd om na te gaan hoeveel water er maximaal nodig is om het filterbed schoon te krijgen. Bij dit onderzoek wordt er monster afname gedaan tijdens het terugspoelen van de filters. Bij elke stap van het spoelprogramma wordt er elke minuut een monster genomen om na te gaan of er niet te veel of te weinig water wordt gebruikt voor het schoon krijgen van de filters. De monsters worden geanalyseerd op troebelheid en als de waarde in Formazin Turbidity Units (FTU) constant blijft, dan wordt het spoelprogramma ingekort vanaf waar de waarde constant blijft. De troebelheid mag volgens de WHO-drinkwaternormen niet groter zijn dan 1 FTU (zie footnote 3 blz 18). Met de gegevens van de analyse wordt het spoelprogramma herzien. Het huidige spoelprogramma is het programma waarmee deze metingen worden uitgevoerd.

4.3 Hergebruik van spoelwater door het toepassen van maatregelen

Voor het hergebruik van het (vuile) spoelwater worden er maatregelen getroffen die van invloed zullen zijn. De maatregelen die worden getroffen zijn:

1. Dat er wordt nagegaan hoeveel ijzer er voorkomt in het spoelwater. Dit wordt gedaan om precies te weten hoeveel ijzer verwijderd moet worden uit het water en waarmee er rekening gehouden moet worden bij het ontwerpen van de opslagbuffer, waar het water opgeslagen alvorens het wordt behandeld.
2. Er wordt een hoeveelheid (vuil) spoelwater gezet in vijf (5) bakken van dezelfde hoogte, die vooraf is bepaald. In elk van deze bakken wordt een andere hoeveelheid aan opgelost aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) gedoseerd. De bak waar de (vlok)deeltjes sneller neerslaan wordt gekozen om de meting te doen. De troebelheid van het water dat overblijft in de gekozen bak, wordt gecontroleerd om na te gaan of die voldoet aan de WHO-drinkwater-normen (zie footnote 3 blz 18).

5 Resultaten van het onderzoek ter reductie van het spoelwaterverlies

De resultaten van de opties voor het terugdringen van het spoelwaterverlies worden in dit hoofdstuk beschreven. In paragraaf 4.1 worden de resultaten voor het bepalen van de looptijd van het filtratieproces beschreven, gevolgd door de optimalisatie van het spoelprogramma door troebelheidsbepaling in paragraaf 4.2. Het onderzoek voor het hergebruik van het (vuile) spoelwater wordt beschreven in paragraaf 4.3 en in paragraaf 4.4 worden de resultaten voor het hergebruik van het vuilspoelwater beschreven.

5.1 Bepaling van de looptijd voor het filtratieproces

De looptijd is op twee manieren onderzocht, namelijk:

- bepaling van de looptijd van het filtratieproces door debietmeting, die wordt belicht in para-graaf 4.1.1,
- bepaling van de looptijd van het filtratieproces door ijzerbelasting, die wordt belicht in para-graaf 4.1.2,

5.1.1 Bepaling van de looptijd van het filtratieproces door debietmeting

Bij deze meting werd het debiet van de filters naar de nabeluchtingstoren vanaf het eerste uur na dat de filters waren teruggespoeld afgelezen van de debietmeter en werd elk uur genoteerd (zie fig 19). Het debiet dat elk uur werd afgelezen mocht afwijken van de ruwwatercapaciteit van 450 m³/u. Dit debiet nam af na 36 uren (zie bijlage 13), waardoor de looptijd die is bepaald op 36 uren kwam. Deze looptijd is vanwege veiligheidsredenen ingekort met twee uren waardoor de gekozen looptijd gesteld is op 34 uren.



Figuur 19: De debietmeter die het gefiltreerde water meet

5.1.2 Bepaling van de looptijd van het filtratieproces door ijzerbelasting

Bij deze meting zijn er drie (3) monsters afgenomen uit het ruwwater van de verzamelleiding van de bronnen (zie tabel 3). De monsters zijn geanalyseerd op ijzer om zo het ijzergehalte te bepalen. De hoogste waarde aan ijzergehalte die is gemeten is 3,9 mg/l. Om de maximale ijzerbelasting te berekenen is er gekozen voor 1,5 kg/m²⁸. De looptijd wordt bepaald door deze ijzerbelasting te vermenigvuldigen met de filterbed-oppervlakte en daarna die waarde te delen door de hoeveelheid ijzer dat wordt gevangen per u door één (1) filter.

Tabel 3: IJzergehalten

Monster	IJzergehalte in mg/l
1 ^{ste}	3,77
2 ^{de}	3,9
3 ^{de}	3,86

Het ruwwaterdebiet (Q) is 450 m³/u en dit wordt evenredig verdeeld over de vier (4) filters. Van die vier (4) filters hebben twee (2) een filterbedoppervlakte van 9,6 m² en de resterende twee (2) een filterbedoppervlakte van 12,4 m².

Om de looptijd te bepalen wordt het kleinste filterbedoppervlakte gehanteerd om de berekeningen uit te voeren. De gegevens die nodig zijn om de berekening uit te voeren zijn:

- IJzerbelasting(p_{Fe}) in kg/m²
- Filterbedoppervlakte(A_{fb}) in m²,
- Totale ijzermassa(m_{Fe-tot}) in kg
- IJzergehalte (ρ_{Fe}) g/m³,
- Gevangen ijzer(Q_{Fe}) per uur in g/u
- Looptijd(t_l) in uren

IJzerbelasting x filterbedoppervlakte = totale ijzermassa

$$p_{Fe} \times A_{fb} = m_{Fe-tot} \quad (2)^9$$

$$1,5 \text{ kg/m}^2 \times 9,6 \text{ m}^2 = 14,4 \text{ kg.}$$

⁸ Deze info is gehaald van de website: www.vitens.nl, en uit 'Practical Wastewater Treatment', Russell D.L. (2006), 'Water & Wastewater Technology (6th Edition)', Hammer Sr. M.J. & Hammer Jr. M.J. (2007),

⁹ Deze formule is gehaald uit de Technische informatieve voor werktuigbouwkundigen

Er zijn vier (4) filters en die 450 m³/u verdeelt zich evenredig over alle vier (4) filters. Er stroomt ca. 112,5 m³/u water door elk filter. De hoeveelheid ijzer die er wordt gevangen door één (1) filter per uur is:

IJzergehalte x debiet per filter = gevangen ijzer per uur

$$\rho_{\text{Fe}} \times V_{\text{fb}} = Q_{\text{Fe}} \quad (3)^{10}$$

$$\text{IJzergehalte}(\rho_{\text{Fe}}) = 3.9 \text{ mg/l} = 3.9 \text{ g/m}^3$$

$$3.9 \text{ g/m}^3 \times 112,5 \text{ m}^3/\text{u} = 439 \text{ g/u}$$

$$\text{Looptijd} = \frac{\text{totale ijzermassa}}{\text{gevangen ijzer per uur}} \Rightarrow$$

$$t_l = \frac{m_{\text{Fe-tot}}}{Q_{\text{Fe}}} \Rightarrow \frac{14400 \text{ g}}{439 \text{ g/u}} = 32 \text{ uren}$$

Bepaling looptijd

De looptijd die bepaald is door de debietmeting is 34 uren, terwijl de looptijd die bepaald is door ijzerbelasting 32 uren is. De kleinste waarde wordt gekozen waardoor de looptijd is gesteld op 32 uren. De brutoproductie wordt dan:

looptijd (t_l) x ruwwater debiet (Q)

$$\text{Brutoproductie (V}_{\text{bp}}) = 32 \text{ u} \times 450 \text{ m}^3/\text{u} = 14400 \text{ m}^3$$

Het spoelwaterverbruik (V_{sp}) is hetzelfde gebleven en dat is 896 m³. De looptijd is wel aangepast waardoor de brutoproductie is gestegen van 10800 m³ naar 14400 m³.

Het spoelwaterverlies wordt:

$$\frac{\text{Spoelwaterverbruik (V}_{\text{sp}})}{\text{Bruto productie (V}_{\text{bp}})} \times 100 \% = \frac{896 \cdot \text{m}^3}{14400 \cdot \text{m}^3} \times 100 \% = 6,22 \%$$

Door het onderzoek voor bepaling van de looptijd is het spoelwaterverlies gedaald naar 6,22 %.

De bepaling van het spoelwaterverlies van 8,29 % is te zien in paragraaf 3.2.1

5.2 Optimalisatie spoelproces door troebelheidsbepaling in spoelwater

Tijdens deze meting is er gekeken naar de duur van het spoelproces waarbij elke stap van het spoelprogramma is geanalyseerd. Hierdoor weet men precies of met te veel of te weinig spoelwater wordt teruggespoeld. Het spoelprogramma welke wordt gehanteerd is te zien in

¹⁰ Deze formule is gehaald uit de Technische informatieve voor werktuigbouwkundigen

paragraaf 2.2.1. Bij het uitvoeren van de meting is gelet op factoren welke een rol kunnen spelen. Deze zijn:

- Dat het debiet van het spoelwater bij elke stap niet veel mag afwijken (tolerantie van $\pm 3 \text{ m}^3/\text{u}$) (footnote 7 blz 35);
- Dat de druk aan de onderkant van het filterbed maximaal 3.4 bar (zie bijlage 21) mag zijn (zie fig. 14)

De metingen zijn twee (2) keren gedaan, om na te gaan of er significante verschillen zijn tussen de meetwaarden.

De voorgestelde aanpassingen van stap 1,2,3 en 4 worden in de hiernavolgende paragrafen belicht, terwijl in paragraaf 4.2.5 het aangepaste spoelprogramma wordt beschreven met het bijbehorende percentage aan spoelwaterverlies.

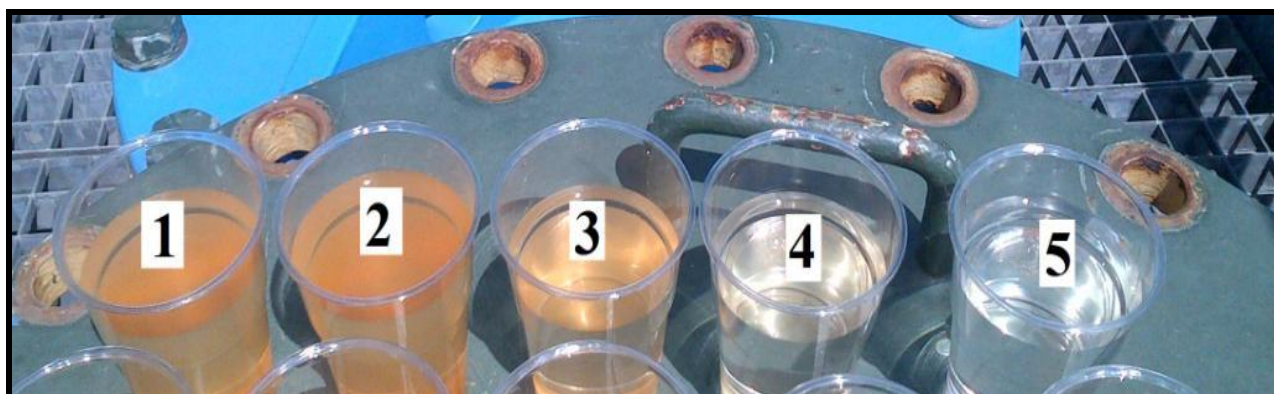
5.2.1 Aanpassing van stap 1 van het spoelprogramma

Bij deze stap wordt het filter teruggespoeld met $750 \text{ m}^3/\text{u}$ water gedurende vijf minuten. De gemeten waarden van de druk en het debiet tijdens deze terugspoeling, zijn aangegeven in tabel 4.

Tabel 4: Metingen stap 1

Meting	Debiet (Q)	Onder Druk (p)ketel	
	[m^3]	[mwk]	[Bar]
1	752.6	3	0,3
2	750.7	3	0,3

Er is elke minuut een monster genomen en het bleek dat de troebelheidswaarde in FTU vanaf het 4^{de} monster constant bleef (zie fig. 20). De duur van deze stap is veranderd van vijf minuten naar drie minuten na de test.



Figuur 20: Monsters genomen bij de eerste stap

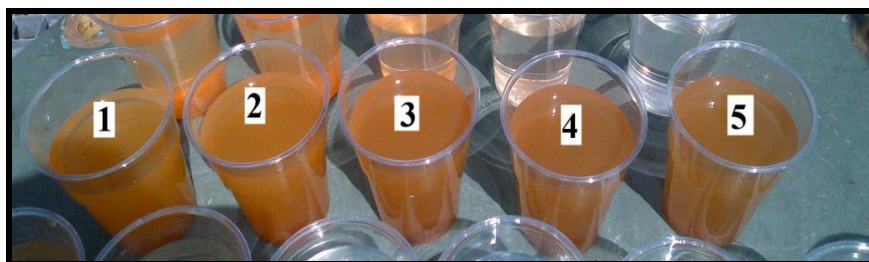
5.2.2 Aanpassing van stap 2 van het spoelprogramma

Het terugspoelen van het filter duurt vijf minuten lang en wel met lucht en water, waarbij het debiet is gesteld op $350 \text{ m}^3/\text{u}$. De gemeten waarden tijdens dit terugspoelproces zijn te zien in tabel 5.

Tabel 5: Metingen stap 2

Meting	Debiet (Q)	Onder Druk (p)ketel	
	[m^3]	[mwk]	[Bar]
1	349.3	7	0,7
2	350.1	7	0,7

De duur van deze stap is gebleven op de vijf minuten. Bij deze test waren de waarden van de monsters vanaf de eerste minuut constant (zie fig. 21). Er werd echter niet verwacht dat het spoelwater schoon zou worden. Deze stap is meer bedoeld voor het laten schuren van de zandkorrels in het filtermedium tegen elkaar. De ijzeraanslag op de korrels raakt los zodat deze bij de volgende stap kan worden mee gespoeld door het spoelwater.



Figuur 21: Monsters genomen bij de tweede stap

5.2.3 Aanpassing van stap 3 van het spoelprogramma

Bij stap 3 wordt het filter voor tien minuten lang teruggespoeld met $750 \text{ m}^3/\text{u}$ water. De gemeten waarden tijdens deze terugspoeling zijn (zie tabel 6):

Tabel 6: Metingen stap 3

Meting	Debiet (Q)	Onder Druk (p)ketel	
	[m^3]	[Mwk]	[Bar]
1	751.9	3	0,3
2	751.7	3	0,3

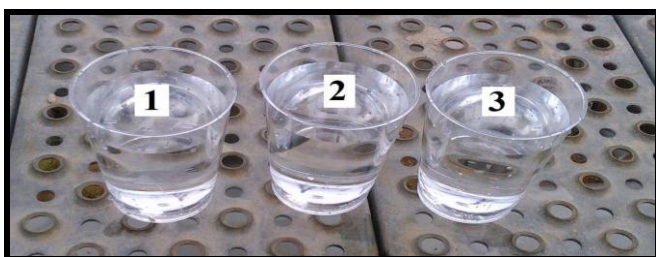
Tijdens de meting bleef de troebelheidswaarde in FTU constant vanaf de 4^{de} monsterafname (zie figuur 22). Door de aanname van het resultaat van de test is de duur van dit proces wordt gebracht van tien minuten naar vijf minuten.



Figuur 22: Monsters genomen bij stap 3

5.2.4 Aanpassing stap 4 van het spoelprogramma

Het water stroomt bij deze stap van boven het filterbed naar beneden terwijl bij de drie vorige stappen het water van beneden het filterbed naar boven stroom. Deze stap wordt het eerste filtraat genoemd. Het water stroomt gedurende drie minuten met een debiet van $150 \text{ m}^3/\text{u}$ naar het riool. De troebelheidswaarde bleef vanaf de eerste tot en met de derde minuut constant (zie figuur 23), dus het water is reeds heel schoon na de filtratie. Gebaseerd op het resultaat van deze meting, is het in feite dus niet nodig om deze stap uit te voeren. Deze stap werd gedaan om het resterende ijzervlokken die nog in het filtermedium zitten mee te voeren naar het riool.



Figuur 23: Monsters genomen bij de 4^{de} stap

De waarden die gevonden zijn tijdens de metingen zijn weergegeven in tabel 7. De troebelheidswaarde van stap 1 bleef constant bij het 4^{de} en het 5^{de} monster. De troebelheidswaarde bij de monsters die zijn genomen in stap 2 waren allemaal constant, terwijl het 4^{de} t/m het 10^{de} monster van stap 3 een constante troebelheidswaarde hebben. Stap 4 is echter komen te vervallen omdat de troebelheidswaarde vanaf het eerste monster constant was.

Tabel 7: Troebelheidsmeting

Stappen	Monsters	Troebelheid in FTU	
		Meting 1	Meting 2
1	4 en 5	0.66	0.65
2	1 t/m 5	7.41	7.38
3	4 t/m 10	0.62	0.59
4	1 t/m 3	0.33	0.32

5.2.5 Het aangepaste spoelprogramma

Nadat het spoelprogramma is herzien, is de duur van de volgende stappen veranderd. De eerste stap duurde 5 minuten en na de meting geeft het resultaat aan dat er twee minuten te lang wordt gespoeld (zie tabel 7). De tweede stap is op die vijf minuten gebleven omdat bij deze stap niet verwacht wordt dat het water schoon wordt. De functie van deze stap is om de zandkorrels tegen elkaar te laten schuren zodat de ijzervlok die nog vast kleeft aan de zandkorrels los komen. De derde stap duurde 10 minuten en de meting wees uit dat al vanaf de vierde minuut dat water al schoon was (zie tabel 7). Deze stap is van 10 minuten teruggebracht naar 5 minuten. De reden waarom er is gekozen voor 5 minuten is dat wanneer er een fout mocht optreden tijdens het terugspoelen, de ene minuut die fout kan opvangen doordat ervoor wordt gezorgd dat er geen vuilwater terecht komt in de nabeluchting, die vervolgens kan stromen naar de reinwater opslag, doordat de vierde stap (1^{ste} filtraat) is komen te vervallen. De vierde stap welke 3 minuten duurde is komen te vervallen omdat het resultaat van de meting uit wees dat vanaf de eerste minuut het water al schoon was (zie tabel 7). (*Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*, Cheremisinoff N.P. (1994 & 2001), & de website: www.vitens.nl).

Het aangepaste spoelprogramma ziet er als volgt uit:

1. voor drie minuten terugspoelen met water met een debiet (Q) van 750 m³/u,
2. voor vijf minuten terugspoelen met lucht en water met een debiet (Q) van 350 m³/u,
3. voor vijf minuten terugspoelen met water met een debiet (Q) van 750 m³/u,

Na toepassing van de aangepaste tijden van de hiervoor beschreven stappen wordt het (nieuwe) spoelwaterverbruik en -verlies met formule 1 uit paragraaf 2.2.1 berekend.

De berekening ziet er als volgt uit:

Stap 1: duurt 3 minuten waarbij het waterdebiet 750 m³/u is, (hier wordt teruggespoeld met water),

$$V_{SP} = \frac{750 \text{ m}^3 / \text{u}}{60} * 3 \text{ min} = 12,5 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * 3 \text{ min} = 37,5 \text{ m}^3$$

Stap 2: duurt 5 minuten het waarbij waterdebiet 350 m³/u is, (hier wordt teruggespoeld met lucht en water),

$$V_{SP} = \frac{350 \text{ m}^3 / \text{u}}{60} * 5 \text{ min} = 5,83 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * 5 \text{ min} = 29,16 \text{ m}^3$$

Stap 3: duurt 5 minuten waarbij het waterdebiet 750 m³/u is, (hier wordt teruggespoeld met water),

$$V_{SP} = \frac{750 \text{ m}^3 / \text{u}}{60} * 5 \text{ min} = 12,5 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * 5 \text{ min} = 62,5 \text{ m}^3$$

Het totale debiet voor het terugspoelen van de vier zandfilters wordt:

$$V_{sp} = 4 * (V_{fase1} + V_{fase2} + V_{fase3}) = 4 * (37,5 \text{ m}^3 + 29,16 \text{ m}^3 + 62,5 \text{ m}^3) = 516,64 \text{ m}^3$$

Door het aangepaste spoelprogramma is het spoelwaterverbruik (V_{sp}) van 896 m^3 gedaald naar $516,64 \text{ m}^3$. Het spoelwaterverlies wordt:

$$\frac{\text{Spoelwaterverbruik } (V_{sp})}{\text{Bruto productie } (V_{bp})} \times 100 \% = \frac{516,64 \text{ m}^3}{14400 \text{ m}^3} \times 100 \% = 3,59 \%$$

Door het onderzoek voor de optimalisatie van het spoelproces is het spoelwaterverlies gedaald naar 3,59 %.

5.3 Hergebruik van spoelwater

Tijdens de huidige operatie wordt het vuile spoelwater afgevoerd naar het riool. Het hergebruiken van spoelwater dient als besparing en als tweede doel om ervoor zorg te dragen dat er geen milieuvervuiling plaatsvindt. Er zijn echter in Suriname geen wetten die het milieu beschermen, hierdoor wordt de waarde die aan het milieu gehecht wordt minder. In dit paragraaf wordt er een aanzet gemaakt voor het hergebruik van spoelwater. Er wordt alleen gekeken naar de troebelheid van het water.

Het hergebruiken van spoelwater kan op twee manieren gebeuren, namelijk door:

1. het zuiveren van het spoelwater tot drinkwater;
2. het zuiveren van het spoelwater tot halffabricaat water;

Er is gekozen voor het zuiveren van het vuile spoelwater tot drinkwater, omdat er voor het terugspoelen (backwash) van de filters drinkwater wordt gebruikt. Voordat men overgaat tot het ontwerpen van het spoelwaterzuiveringssysteem zijn er maatregelen getroffen die van invloed zijn bij het hergebruik van het vuile spoelwater. In paragraaf 4.3.1 wordt beschreven wat de voorwaarde zijn voor het gebruik van vlokmiddel. In paragraaf 4.3.2 wordt beschreven hoe het aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) vloeibaar wordt gemaakt. Het bepalen van de hoeveelheid opgeloste ijzervlokken in het vuile spoelwater wordt belicht in paragraaf 4.3.3, waarna de dosering van het vlokmiddel (aluminiumsulfaat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), de neerslagsnelheid van de vlokdeeltjes en de troebelheid die bepaald is van het behandelde water in paragraaf 4.3.4 worden belicht. De resultaten die voortvloeien uit de maatregelen die zijn getroffen worden in paragraaf

4.3.5 belicht. In paragraaf 4.3.6 wordt een schatting gemaakt van kosten die gemaakt zijn en ze worden ook nog vergeleken met de besparingen die optreden door het hergebruik.

De bronnen voor de volgende paragrafen zijn: 'Water Science & Technology' (Vienna University of Technology, Austria), Kroiss H.(2011), 'Journal of Water Supply': 'Research & Technology – Aqua', Gimbel R.(IWW University of Duisburg-essen, Germany), Stanford B.(Hazen and Sawyer, P.C., USA) & Watanabe Y. (Hokkaido University, Japan) (2011), 'Water Treatment Handbook', Degremont G. (1973), 'Flocs in Water Treatment', Bache D.H. & Gregory R. (2007), 'Practical Principles of Ion Exchange Water Treatment', Owens D.L. (1985), & 'Wastewater Treatment', Lui D.H.F. & Liptak B.G. (1999),

5.3.1 Voorwaarde voor het gebruik van vlokmiddel

Voor het gebruiken van vlokmiddel voor het laten neerslaan van de vuildeeltjes in het water is er een voorwaarde. Om de vuildeeltjes effectief te laten neerslaan moet de pH- waarde (zuurgraad) van het water tussen 7.2 en 7.8 liggen. Als het water een pH- waarde heeft die lager is dan 7.2 is dat water zuur waardoor de neerslag van de vuildeeltjes bij gebruik van het vlokmiddel niet effectief gaat zijn. Om de pH-waarde van het water te brengen tussen die 7.2 en 7.8 gaat men soda moeten toevoegen aan het water. Is de pH-waarde van het water boven de 7.8 is dat water base waardoor de neerslag van de vuildeeltjes ook niet effectief gaat gebeuren. Om de pH-waarde van het water te brengen naar een pH-waarde die tussen de 7.2 en 7.8 ligt moet men zuur toevoegen aan het water. Het spoelwater van het productie station WK-plein is getest en de pH-waarde van het water was ca. 7.6 (zie fig 24) en deze lag wel tussen 7.2 en 7.8, waardoor men geen zuur of soda hoeft te gebruiken bij het doseren van het vlokmiddel. De meest gebruikte vlokmiddel bij drinkwaterzuivering is aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).



Figuur 24: PH spoelwater

5.3.2 Vloeibaar maken van aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) is een vaste stof en heeft een witte kleur (zie fig 25). De dichtheid van deze stof is $2,672 \text{ g/cm}^3$ en het smeltpunt ligt bij 770°C . Om aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) te kunnen gebruiken, moet het eerst worden opgelost in water alvorens men overgaat tot de dosering ervan. De oplosbaarheid ervan in water is 870 g/l .



Figuur 25: Aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

5.3.3 De eerste maatregel voor het hergebruik van het vuile spoelwater

Zoals de eerste maatregel die getroffen is in paragraaf 3.3, wordt er nagegaan hoeveel ijzer ongeveer in het spoelwater voorkomt. Bij de meting voor de optimalisatie van het spoelproces was al aangegeven hoeveel ijzer het filter kan vangen. uit de berekeningen die werden uitgevoerd, bleek dat één filter $14,4 \text{ kg}$ ijzer ving. De zuiveringsinstallatie is opgebouwd uit vier (4) zand-filters en het totaal aan ijzer dat gevangen wordt is $57,6 \text{ kg}$.

5.3.4 De tweede maatregel voor het hergebruik van het vuile spoelwater

Bij deze maatregel wordt een hoeveelheid spoelwater gezet in vijf bakken (van $1,5 \text{ liter}$) met dezelfde hoogte die vooraf is bepaald (zie paragraaf 3.3). Deze hoeveelheid aan spoelwater is één (1) liter, met een hoogte van 16 cm . De dosering van het opgeloste aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) en de neerslagsnelheden die daaruit voortvloeien worden aangegeven in tabel 8. De juiste dosering van het opgeloste aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) is 150 mg ; deze geeft ook de snelste neerslagtijd aan. De neerslagsnelheid bij deze dosering is $3,20 \text{ cm/u}$. De troebelheid van het behandelde water dat overbleef is $0,9 \text{ FTU}$ en de WHO- normen (zie footnote 3 blz 18) geeft een FTU aan van ≤ 1 .

5.3.5 Resultaten van de getroffen maatregelen

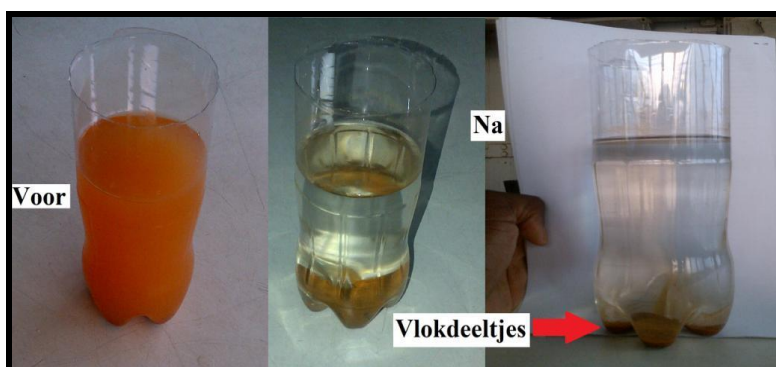
De resultaten die zijn voortgevloeid uit de getroffen maatregelen zijn:

- De hoeveelheid vlokdelen die totaal voorkomen in het spoelwater volgens de aanname bedragen ca 64 kg, dit omdat er 10% meer wordt gerekend op de ijzervlokken, omdat er van tijd tot tijd ook filterzand wordt meegespoeld in het spoelwater;
- De zuivere dosering met de neerslagsnelheid die is bepaald bij het doseren op 1 liter vuil spoelwater in een vat met een hoogte van 16 cm is (zie fig 26),

Tabel 8: Resultaten neerslagsnelheid vuildeeltjes in het vuile spoelwater

Dosering vloeibaar aluminiumsulfaat($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	Neerslag snelheid
[mg]	[cm/u]
50	1.33
100	2.00
150	3.20
200	2.66
250	2.51

- De troebelheid van het spoelwater dat overblijft na het neerslaan van de vlokdelen bedraagt 0,9 FTU en de troebelheidswaarde volgens de WHO-normen is ≤ 1 FTU (zie fig. 26 en bijlage 20).



Figuur 26: Foto van het behandelde vuilspoelwater

Het spoelwater wordt schoon bij het doseren van 150 mg/l vloeibaar aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), maar de neerslagtijd is te lang. Doordat de neerslagtijd zo lang is wordt er gekozen voor een spoelwaterhergebruikssysteem. De systemen die kunnen worden gebruikt, zijn:

1. spoelwaterzuiveringsinstallatie
2. reactivatortank

Bij het gebruiken van een spoelwaterzuiveringsinstallatie zal men de filters die voorkomen in het systeem moeten terugspoelen (backwash). Wordt dit systeem gebruikt, dan komt men weer in de oude situatie waar de filters van de drinkwaterzuiveringsinstallatie worden teruggespoeld (backwash). Om deze reden is er gekozen voor de reactivatortank, omdat men zo weinig mogelijk water wil verliezen. De kwaliteit van het water na behandeling door een spoelwaterzuiveringsinstallatie of door een reactivatortank is nagenoeg hetzelfde. Bij het aan schaffen van een reactivatortank wordt een schatting gemaakt van hoeveel het de SWM gaat kosten voor het zuiveren van het vuile spoelwater en hoeveel het bedrijf met het gezuiverde water gaat verdienen.

De werking van de reactivatortank

1. Er wordt 150 mg/l vloeibaar aluminiumsulfaat gedoseerd bij punt A (zie van bijlage 14)
2. Het water stroomt van de onderkant naar punt B (zie bijlage 14) en omdat het water met alle vuildeeltjes aan de onderkant stroomt, worden deze deeltjes door de zwaartekracht aan de onderkant gehouden en is er aan de bovenkant van punt B schoon water,
3. Via kleine openingen met een diameter van 1 inch stroomt het schoon water naar punt C,
4. Het schoon water wordt na punt C opgevangen in punt D waar het vervolgens wordt verpompt naar de reinwateropslag.

5.3.5 De financiële schatting voor het hergebruiken van het vuil spoelwater

Om een reactivatortank te laten halen in het buitenland kost het de SWM ca. €200.000,- met installatie en twee jaren garantie. De levensduur van deze tank is gesteld op vijftien jaren. Het aluminiumsulfaat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) kost ca. € 5,-/kg. De totale kosten voor het hergebruiken van het spoelwater komen op SRD 8.020.040,41, ca. 8 miljoen SRD (zie bijlage 15) en de verdiensten uit het hergebruikte spoelwater over de levensduur van vijftien jaren komen op SRD 2.967.159,83 ca 3 miljoen SRD (zie bijlage 16 en 17).

Vergelijkt men de kosten voor het hergebruiken van het vuilspoelwater en de verdiensten daar uit, dan is het niet rendabel voor de SWM om het vuile spoelwater te hergebruiken. Om het vuile spoelwater toch te kunnen hergebruiken moet één (1) m³ water bijna SRD 4,00 kosten om de kosten te kunnen dekken. Daarbij mag er niet op winsten worden gerekend. De arbeids- en onderhoudskosten zijn bij deze niet meegerekend, (zie berekening op bijlage 18).

6 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

- De looptijd die is bepaald aan de hand van het onderzoek is 32 uren. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de looptijd van 24 uren één (1) van de redenen is geweest voor een hoog spoelwaterverlies daar het percentage is gedaald van 8,29 % naar 6,22 %.
- Bij het onderzoek van het spoelprogramma is het spoelwaterverbruik van 896,64 m³ teruggebracht naar 516,64 m³, dat ook gelijk is aan een spoelwaterverlies van 3,59 %. Hieruit kan dus worden geconcludeerd dat het spoelprogramma ook een reden is geweest voor een hoog spoelwaterverbruik.
- Het onderzoek voor het hergebruik van het vuile spoelwater heeft enkele resultaten opgeleverd, namelijk:
 - Bij het doseren van 150 mg vloeibaar aluminiumsulfaat op één (1) liter vuil spoelwater, worden de vlokdeeltjes neergeslagen met een snelheid van 3.20 cm/u,
 - De troebelheid van het spoelwater na behandeling is 0,9 FTU.

Ondanks dat het behandelde spoelwater voldoet aan de WHO normen is de neerslagtijd te lang (zie bijlage 19).

- De kosten voor de aanschaf van de reactivatortank, opslagtank, werktuigen en chemicaliën is gecalculeerd op SRD 8.020.040,41. De prijs voor het behandelde water binnen een periode van 15 jaren welke ook de levensduur is van de reactivatortank is SRD 2.967.159,83. Door dit gegeven kan worden geconcludeerd dat het hergebruik van het vuil spoelwater niet rendabel is (zie bijlage 16 en 17).
- Het spoelwaterverlies van het productiestation WK-plein bedroeg 8,29 % van de bruto productie, volgens de treatment of backwash water is het acceptable verlies 4% (zie footnote 1 blz 14). Door het onderzoek voor het bepalen van de looptijd van het filtratieproces en het onderzoek t.b.v optimalisatie spoelprogramma is het het verlies teruggebracht van 8,29% naar 3,59 % van de bruto productie. Hierdoor wordt geconcludeerd dat er antwoord is gegeven op de onderzoeksvraag daar die 3,59 % onder de 4% ligt welke is opgenomen in de treatment of backwash water (zie footnote 1 blz 14). Hierdoor is het onderzoek positief beantwoord omdat het doel welke men wilde bereiken met het onderzoek is gerealiseerd.

Aanbevelingen

- De looptijd van de filters moet steeds opnieuw worden berekend als de ruwwatercapaciteit wordt verhoogd of verlaagd, waarbij de looptijd van 32 uren en ruwwatercapaciteit van $450 \text{ m}^3/\text{u}$ als basis worden gebruikt voor de berekening,
- Om een zo klein mogelijk afwijking te krijgen moet men een stopwatch gebruiken tijdens het terugspoelen van de filters en de productie medewerker moet kritisch zijn met de spoeltijd qua duur van elke stap van het spoelproces,
- Om toch het vuile spoelwater te kunnen hergebruiken moet de SWM één (1 m^3) water voor bijna SRD 4,00 verkopen in plaats van SRD 1,40. Het watertarief zal dus moeten worden aangepast (zie bijlage 10 en 18).
- Het spoelwaterverlies kan minder worden door de looptijd van de filters met een grotere diameter opnieuw te bepalen waardoor de spoeltijden gaan verschillen van de filters met een kleinere diameter of het instellen van de ruwwater toevoer, waarbij de ruwwaterdebiet per filter berekend kan worden op basis van de diameter van de filters.

Literatuurlijst

Boeken

- Bache D.H. & Gregory R. (2007), *Flocs in Water Treatment*.
- Cheremisinoff N.P. (1994 & 2001), *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*
- Chuse R. & Carson B. (2005), *Pressure vessels, the ASME code simplified (7th Edition)*.
- Degremont G. (1973), *Water Treatment Handbook*.
- Droste R. L. (1996), *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*.
- Gemerden J. van, *Technische informatie voor werktuigbouwkundigen*.
- Gimbel R.(IWW University of Duisburg-essen, Germany), Stanford B.(Hazen and Sawyer, P.C., USA) & Watanabe Y. (Hokkaido University, Japan) (2011), *‘Journal of Water Supply’: Research & Technology – Aqua*.
- Hammer Sr. M.J. & Hammer Jr. M.J. (2007), *‘Water & Wastewater Technology (6th Edition)*.
- Hogere Water Technologie HWT* samengesteld door een groep docenten en deskundigen
- Introduction to Water Treatment*: door American Water Works Association (1984).
- Kroiss H.(2011), (Vienna University of Technology, Austria), *‘Water Science & Technology*.
- Lui D.H.F. & Liptak B.G. (1999), *‘Wastewater Treatment*.
- Moel P.J., de Verberk J.Q.J. & van Dijk J.C (2006) , *Drinking water:principles and practices* (TU Delft)
- Nyer E.K. (1992) *Groundwater Treatment Technology*.
- Owens D.L. (1985), *Practical Principles of Ion Exchange Water Treatment*.
- Russell D.L. (2006), *‘Practical Wastewater Treatment*.
- Schroeder E.D. (1977), *Water and Wastewater Treatment*.
- Teichgräber B. & Ambulkar A. (2006), *Water Practice and Technology*.

Documenten

- Hartman, J.B.(2010). *Eindrapportage spoelwaterhergebruik*. Vitens
- Hartman, J.B.(2010). *Eindrapportage batchgewijze spoelwaterverwerking*, Vitens
- Hartman J.B.(2010). *Eindrapportage continue spoelwaterverwerking*. Vitens

Digitale documenten

- (NV. Surinaamsche Waterleiding Maatschappij, 2012). *Werk instructive drinkwater productiestation WK-plein*
- (Poly Technic College, 2011) *Handleiding Bachelor Asfstudeerverslag*
- (PolyTechnicCollege, 2011). *Reader Poly Technic College voor bachelorafstudeerverslag*
- (Water treatment schemes, n.d.). *Handleiding Watertreatment: Aeration and gas stripping*
- (Water treatment schemes, n.d.). *Handleiding Watertreatment: Granular filtration*
- (Water treatment schemes, n.d.). *Handleiding Watertreatment: Micro- and ultrafiltration*
- (Water treatment schemes, n.d.). *Handleiding Watertreatment: Sedimentation*
- (Water treatment schemes, n.d.). *Handleiding Watertreatment: Water treatment schemes*

Online document

<http://www.lenntech.nl/waterdesinfectie/drinkwaterbehandeling-nederland.htm>

<http://www.lenntech.nl/filtratie/drinkwaterrichtlijn-who.htm>

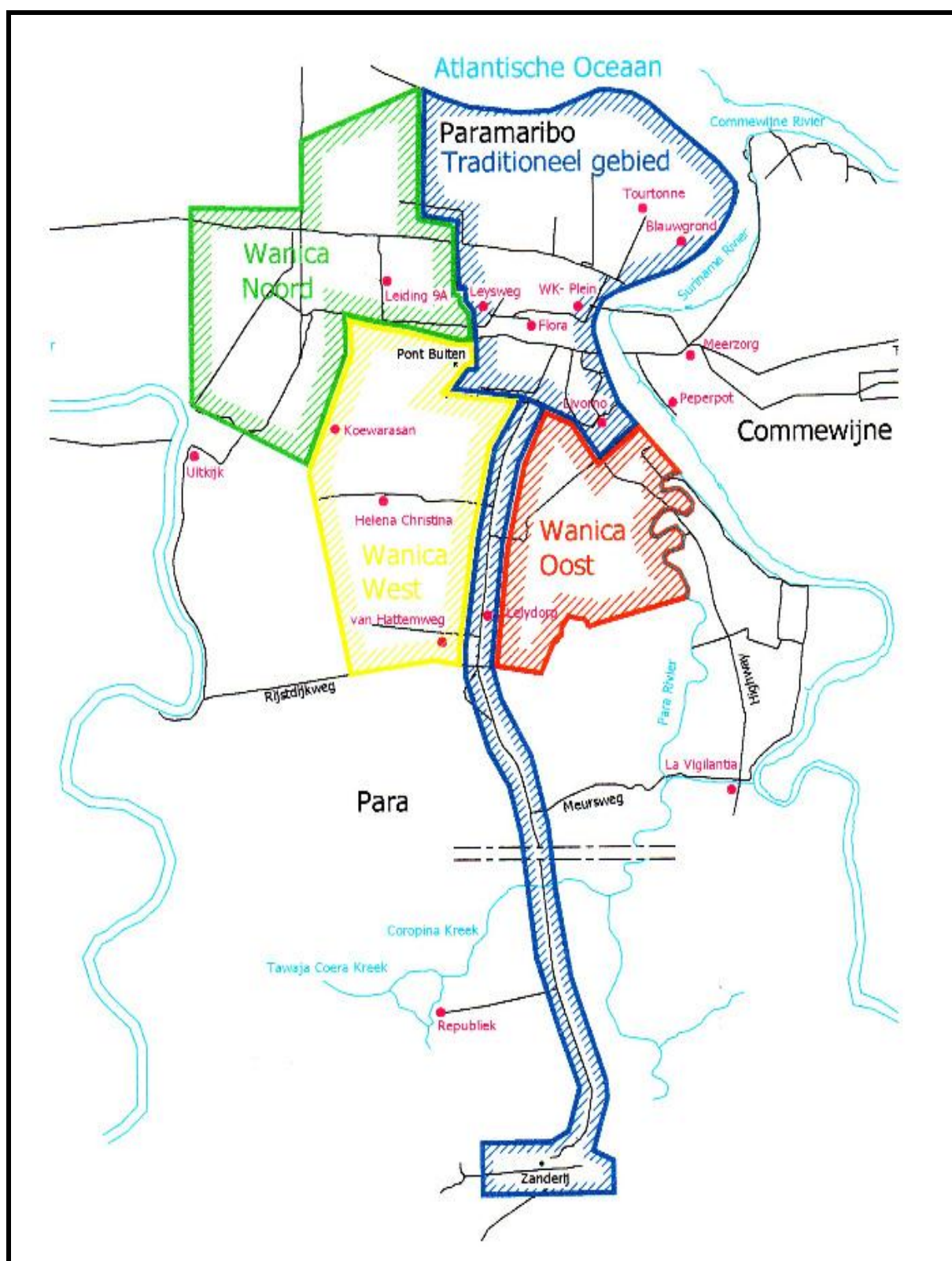
Interviews

- C. Wong, directeur Edutech Suriname, persoonlijke communicatie, 17 april, 2012
- D. Brummel, procestechnoloog van Vitens, persoonlijke communicatie, 16 februari, 2012

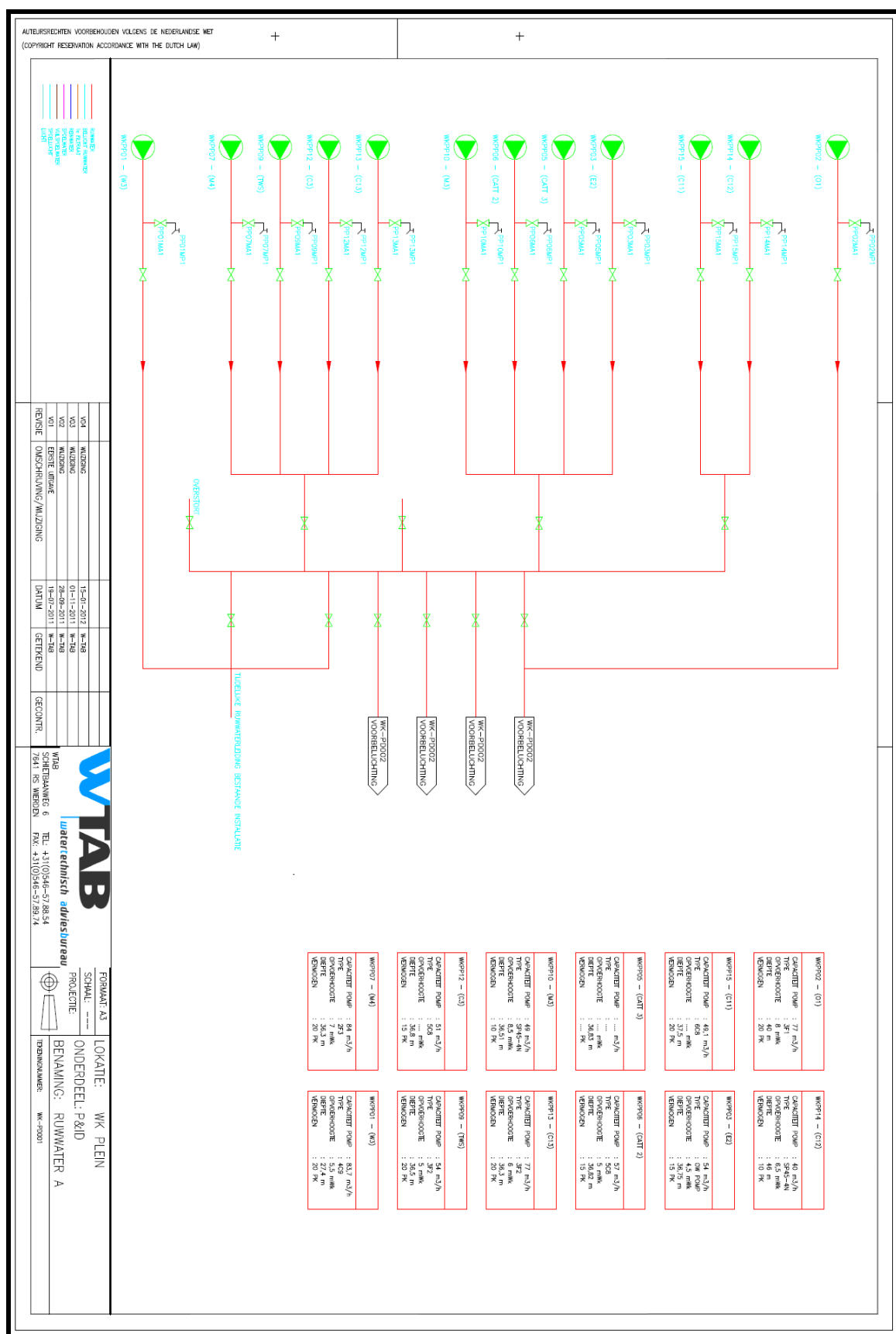
Bijlagen

Bijlage I: Verzorgingsgebieden van de SWM.....	55
Bijlage II: P & ID schema ruwwater A	56
Bijlage III: P&ID schema voorbeluchting.....	57
Bijlage IV: P&ID schema tussenfiltraat	58
Bijlage V: P&ID schema voorfilters 1 t/m 4.....	59
Bijlage VI: P&ID schema nabeluchting	60
Bijlage VII: P&ID schema reinwater	61
Bijlage VIII: P&ID schema utilities.....	62
Bijlage IX: Centrifugaalpomp van 1,2 ph	63
Bijlage X: Tarieven SWM.....	64
Bijlage XI: Spoelwater verbruik op maandbasis	65
Bijlage XII: Schematische weergave van een zuiveringsproces	66
Bijlage XIII: Debietmetingen voor het bepalen van de looptijd	67
Bijlage XIV: Specificatie digitale meter	68
Bijlage XV: Schematische weergave van een reactivatortank met doseerapparaat	69
Bijlage XVI: Kostencalculatiekaart.....	70
Bijlage XVII: Inkomenkaart.....	71
Bijlage XVIII: Berekening prijs water per m ³	72
Bijlage XIX: Schematische weergave reinwaterkelder WK-plein(bovenaanzicht)	73
Bijlage XX: WHO-drinkwaterrichtlijnen en SWM-drinkwaterkwaliteitsrichtlijnen	74
Bijlage XXI: Berekening toegestane druk in ketel.....	75
Bijlage XXII: Target SWM 2011	76

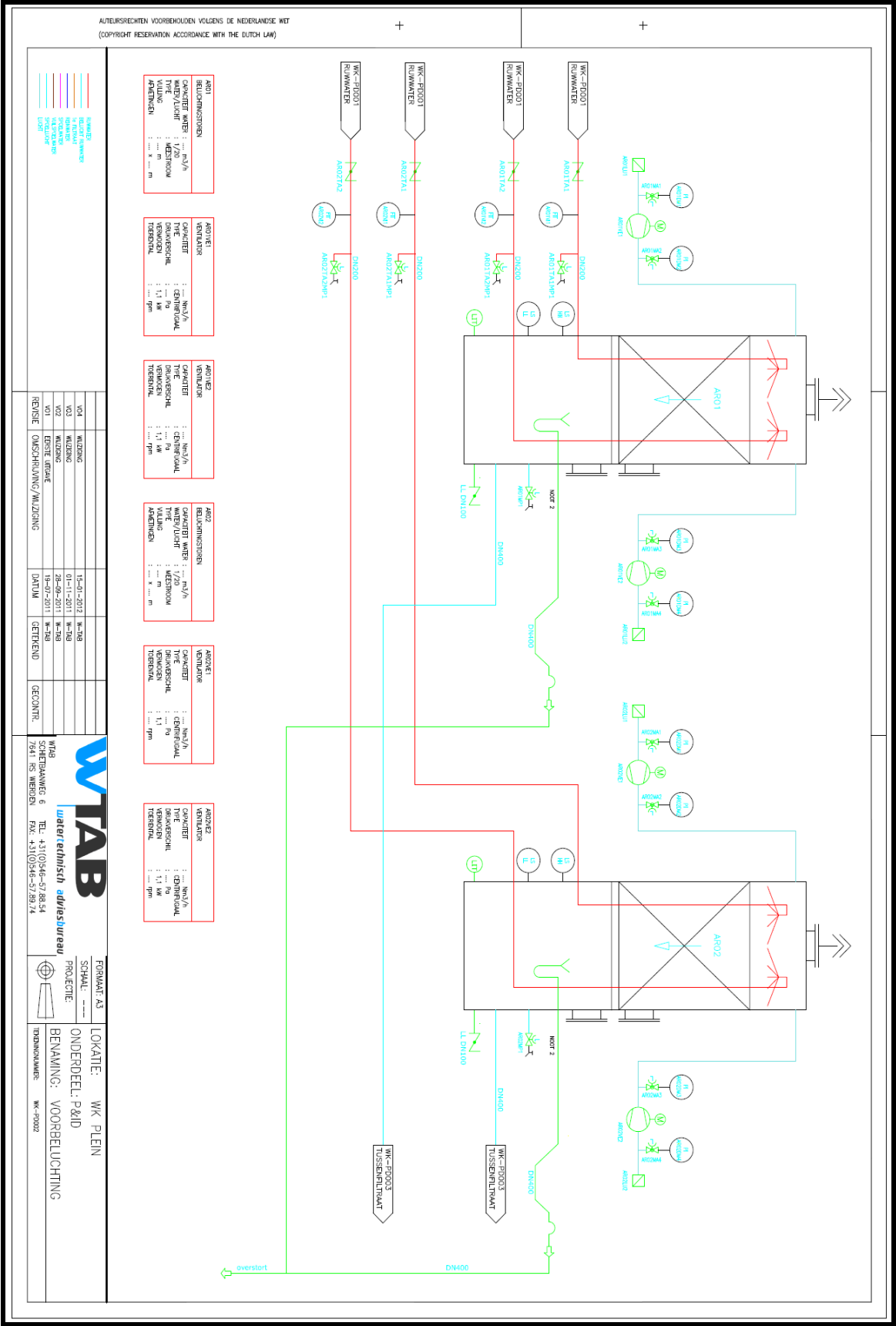
Bijlage I: Verzorgingsgebieden van de SWM



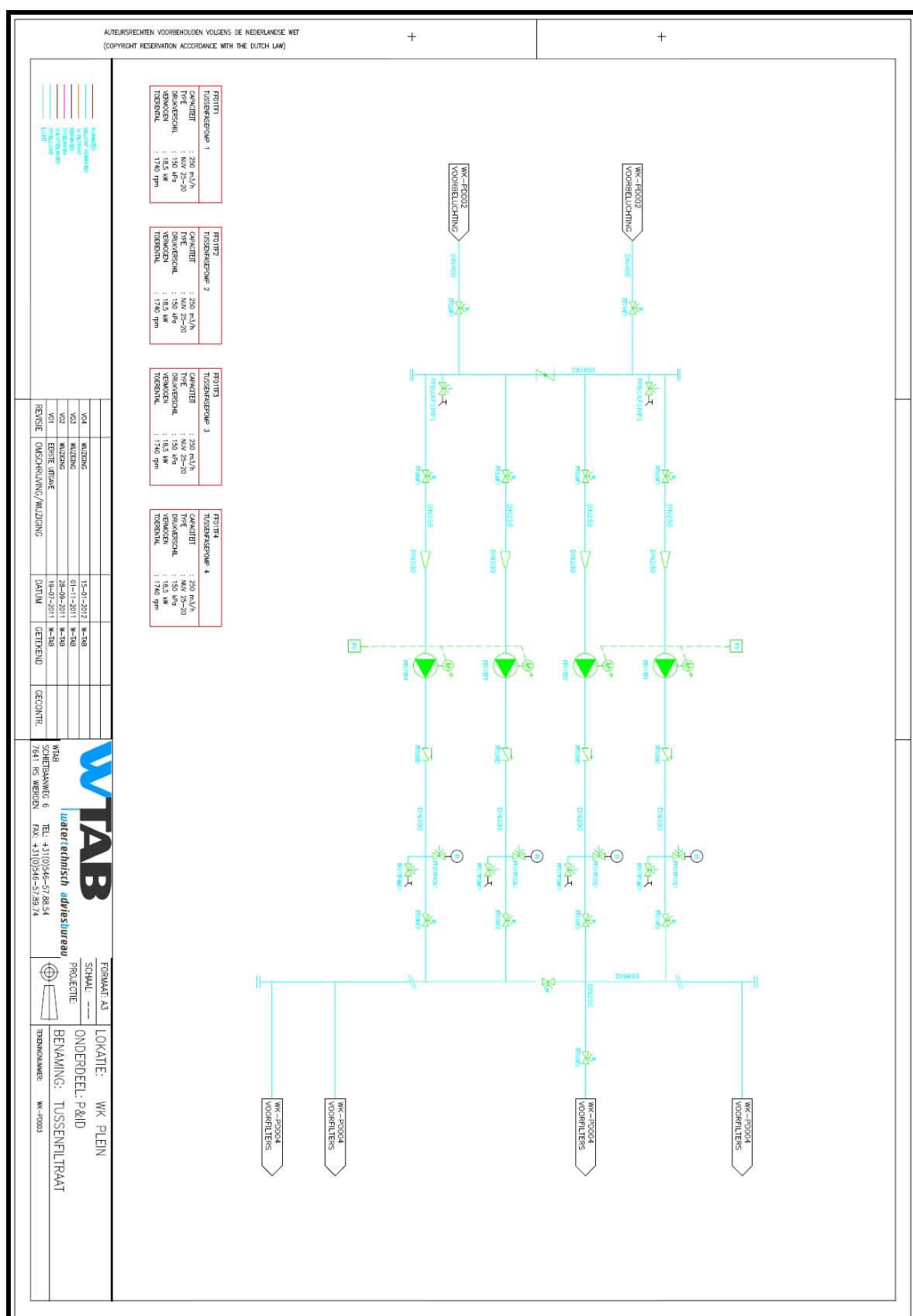
Bijlage II: P & ID schema ruwwater A



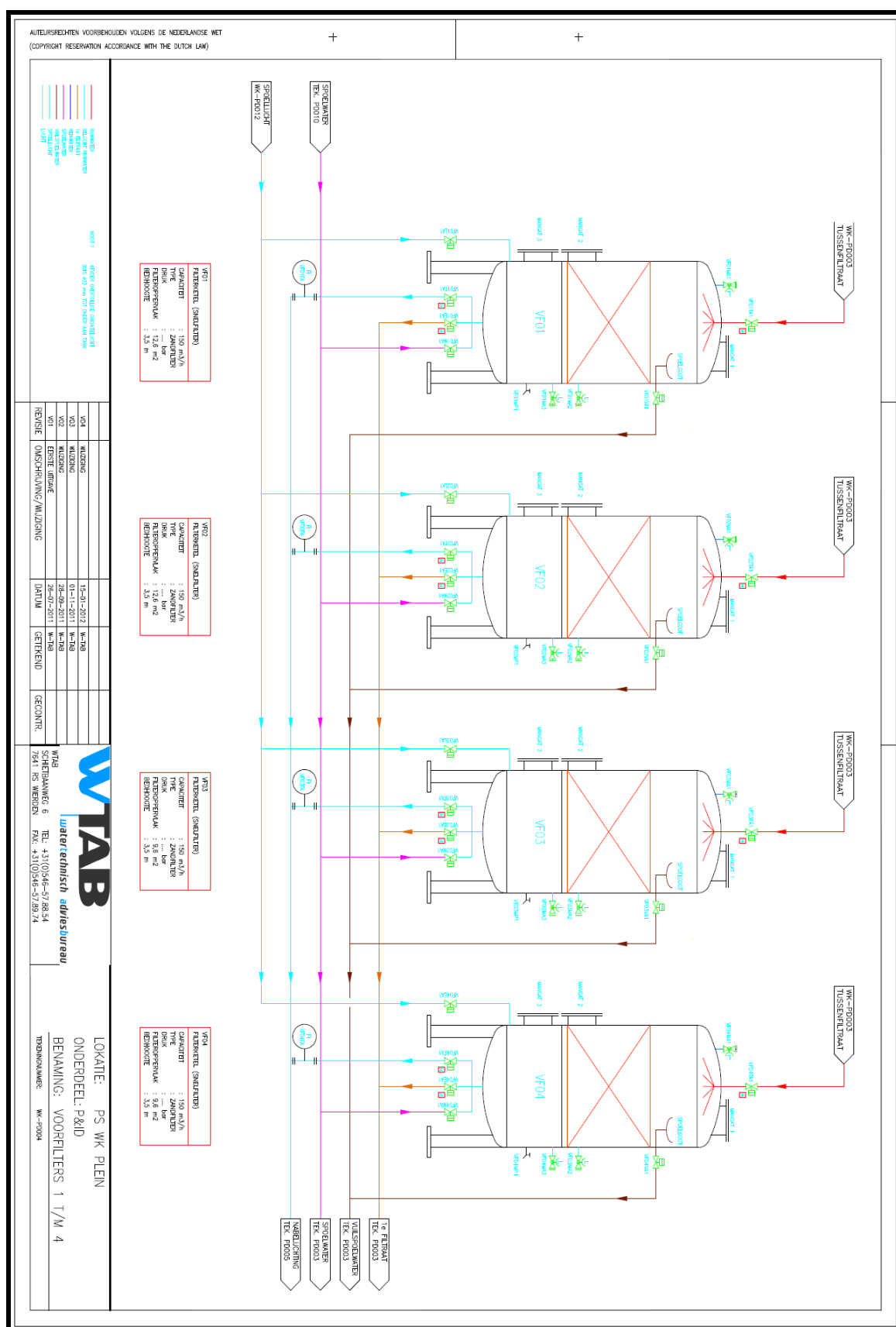
Bijlage III: P&ID schema voorbeluchting



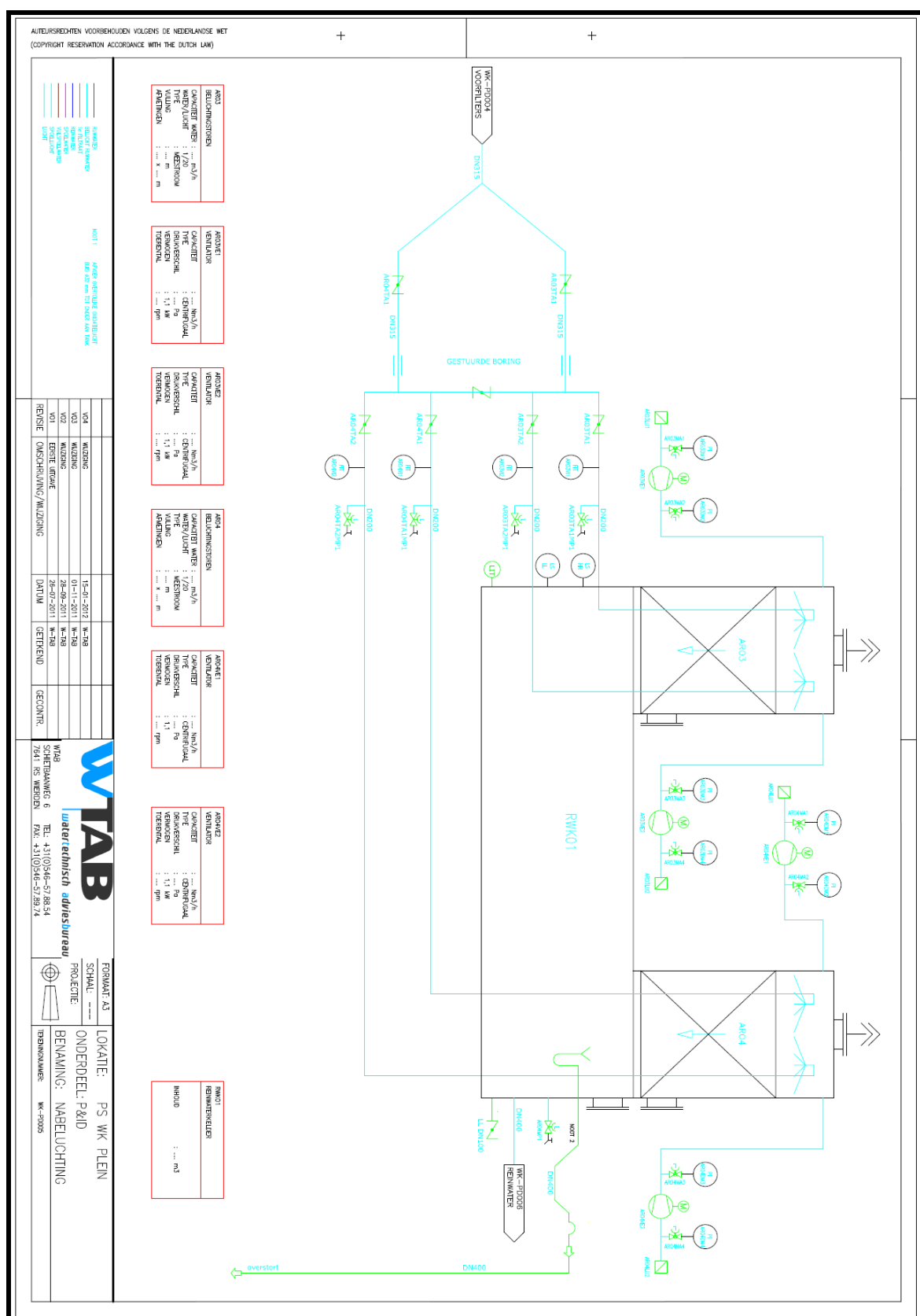
Bijlage IV: P&ID schema tussenfiltraat



Bijlage V: P&ID schema voorfilters 1 t/m 4



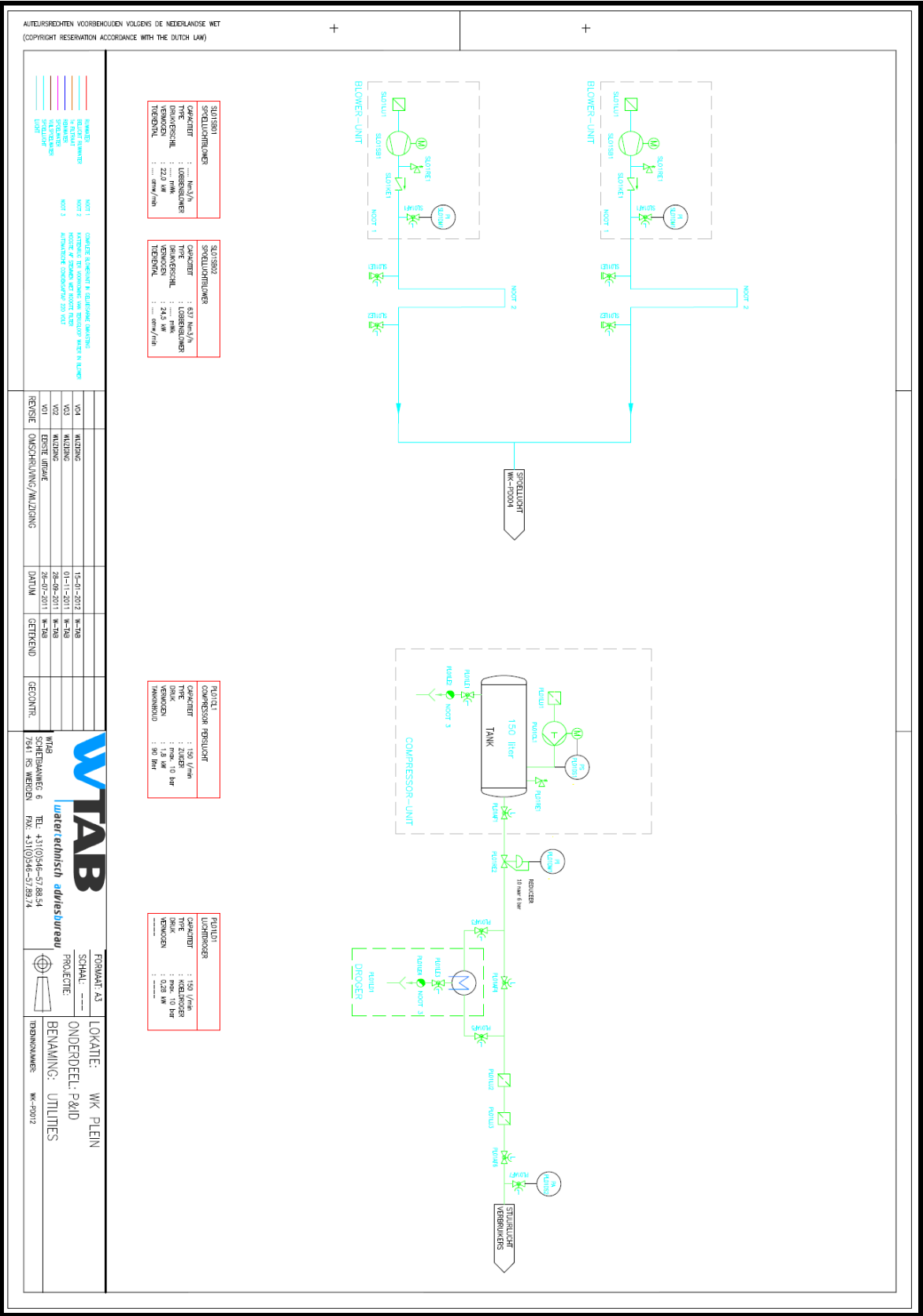
Bijlage VI: P&ID schema nabeluchting



Bijlage VII: P&ID schema reinwater

AUTORECHTEN VOORBEHOUDEN VOLGENS DE NEDERLANDSE WET (COPYRIGHT RESERVATION ACCORDANCE WITH THE DUTCH LAW)		+	+																									
WK-PROOS NABELUCHTING																												
WATER NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET WET 1 AFGEVOERDE DEELNEMER 100% DEELNEMER VAN 100%																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">V04</td> <td style="width: 20%;">MIDZING</td> <td style="width: 20%;">10-01-2012</td> <td style="width: 20%;">W-100</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>V03</td> <td>MIDZING</td> <td>01-01-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V02</td> <td>MIDZING</td> <td>26-07-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V01</td> <td>EERSTE AFDELING</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>REVISIE</td> <td>OMSCHRIJVING/MIDZING</td> <td>DATA</td> <td>GETIEND</td> <td>GECONTR.</td> </tr> </table>		V04	MIDZING	10-01-2012	W-100		V03	MIDZING	01-01-2011	W-100		V02	MIDZING	26-07-2011	W-100		V01	EERSTE AFDELING				REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.		
V04	MIDZING	10-01-2012	W-100																									
V03	MIDZING	01-01-2011	W-100																									
V02	MIDZING	26-07-2011	W-100																									
V01	EERSTE AFDELING																											
REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.																								
WATER NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET WET 1 AFGEVOERDE DEELNEMER 100% DEELNEMER VAN 100%																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">V04</td> <td style="width: 20%;">MIDZING</td> <td style="width: 20%;">10-01-2012</td> <td style="width: 20%;">W-100</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>V03</td> <td>MIDZING</td> <td>01-01-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V02</td> <td>MIDZING</td> <td>26-07-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V01</td> <td>EERSTE AFDELING</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>REVISIE</td> <td>OMSCHRIJVING/MIDZING</td> <td>DATA</td> <td>GETIEND</td> <td>GECONTR.</td> </tr> </table>		V04	MIDZING	10-01-2012	W-100		V03	MIDZING	01-01-2011	W-100		V02	MIDZING	26-07-2011	W-100		V01	EERSTE AFDELING				REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.		
V04	MIDZING	10-01-2012	W-100																									
V03	MIDZING	01-01-2011	W-100																									
V02	MIDZING	26-07-2011	W-100																									
V01	EERSTE AFDELING																											
REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.																								
WATER NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET WET 1 AFGEVOERDE DEELNEMER 100% DEELNEMER VAN 100%																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">V04</td> <td style="width: 20%;">MIDZING</td> <td style="width: 20%;">10-01-2012</td> <td style="width: 20%;">W-100</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>V03</td> <td>MIDZING</td> <td>01-01-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V02</td> <td>MIDZING</td> <td>26-07-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V01</td> <td>EERSTE AFDELING</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>REVISIE</td> <td>OMSCHRIJVING/MIDZING</td> <td>DATA</td> <td>GETIEND</td> <td>GECONTR.</td> </tr> </table>		V04	MIDZING	10-01-2012	W-100		V03	MIDZING	01-01-2011	W-100		V02	MIDZING	26-07-2011	W-100		V01	EERSTE AFDELING				REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.		
V04	MIDZING	10-01-2012	W-100																									
V03	MIDZING	01-01-2011	W-100																									
V02	MIDZING	26-07-2011	W-100																									
V01	EERSTE AFDELING																											
REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.																								
WATER NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET WET 1 AFGEVOERDE DEELNEMER 100% DEELNEMER VAN 100%																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">V04</td> <td style="width: 20%;">MIDZING</td> <td style="width: 20%;">10-01-2012</td> <td style="width: 20%;">W-100</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>V03</td> <td>MIDZING</td> <td>01-01-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V02</td> <td>MIDZING</td> <td>26-07-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V01</td> <td>EERSTE AFDELING</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>REVISIE</td> <td>OMSCHRIJVING/MIDZING</td> <td>DATA</td> <td>GETIEND</td> <td>GECONTR.</td> </tr> </table>		V04	MIDZING	10-01-2012	W-100		V03	MIDZING	01-01-2011	W-100		V02	MIDZING	26-07-2011	W-100		V01	EERSTE AFDELING				REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.		
V04	MIDZING	10-01-2012	W-100																									
V03	MIDZING	01-01-2011	W-100																									
V02	MIDZING	26-07-2011	W-100																									
V01	EERSTE AFDELING																											
REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.																								
WATER NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET WET 1 AFGEVOERDE DEELNEMER 100% DEELNEMER VAN 100%																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">V04</td> <td style="width: 20%;">MIDZING</td> <td style="width: 20%;">10-01-2012</td> <td style="width: 20%;">W-100</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>V03</td> <td>MIDZING</td> <td>01-01-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V02</td> <td>MIDZING</td> <td>26-07-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V01</td> <td>EERSTE AFDELING</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>REVISIE</td> <td>OMSCHRIJVING/MIDZING</td> <td>DATA</td> <td>GETIEND</td> <td>GECONTR.</td> </tr> </table>		V04	MIDZING	10-01-2012	W-100		V03	MIDZING	01-01-2011	W-100		V02	MIDZING	26-07-2011	W-100		V01	EERSTE AFDELING				REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.		
V04	MIDZING	10-01-2012	W-100																									
V03	MIDZING	01-01-2011	W-100																									
V02	MIDZING	26-07-2011	W-100																									
V01	EERSTE AFDELING																											
REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.																								
WATER NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET WET 1 AFGEVOERDE DEELNEMER 100% DEELNEMER VAN 100%																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">V04</td> <td style="width: 20%;">MIDZING</td> <td style="width: 20%;">10-01-2012</td> <td style="width: 20%;">W-100</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>V03</td> <td>MIDZING</td> <td>01-01-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V02</td> <td>MIDZING</td> <td>26-07-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V01</td> <td>EERSTE AFDELING</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>REVISIE</td> <td>OMSCHRIJVING/MIDZING</td> <td>DATA</td> <td>GETIEND</td> <td>GECONTR.</td> </tr> </table>		V04	MIDZING	10-01-2012	W-100		V03	MIDZING	01-01-2011	W-100		V02	MIDZING	26-07-2011	W-100		V01	EERSTE AFDELING				REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.		
V04	MIDZING	10-01-2012	W-100																									
V03	MIDZING	01-01-2011	W-100																									
V02	MIDZING	26-07-2011	W-100																									
V01	EERSTE AFDELING																											
REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.																								
WATER NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET NEDERLANDSE WET WET 1 AFGEVOERDE DEELNEMER 100% DEELNEMER VAN 100%																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">V04</td> <td style="width: 20%;">MIDZING</td> <td style="width: 20%;">10-01-2012</td> <td style="width: 20%;">W-100</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>V03</td> <td>MIDZING</td> <td>01-01-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V02</td> <td>MIDZING</td> <td>26-07-2011</td> <td>W-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V01</td> <td>EERSTE AFDELING</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>REVISIE</td> <td>OMSCHRIJVING/MIDZING</td> <td>DATA</td> <td>GETIEND</td> <td>GECONTR.</td> </tr> </table>		V04	MIDZING	10-01-2012	W-100		V03	MIDZING	01-01-2011	W-100		V02	MIDZING	26-07-2011	W-100		V01	EERSTE AFDELING				REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.		
V04	MIDZING	10-01-2012	W-100																									
V03	MIDZING	01-01-2011	W-100																									
V02	MIDZING	26-07-2011	W-100																									
V01	EERSTE AFDELING																											
REVISIE	OMSCHRIJVING/MIDZING	DATA	GETIEND	GECONTR.																								

Bijlage VIII: P&ID schema utilities



Bijlage IX: Centrifugaalpomp van 1,2 ph



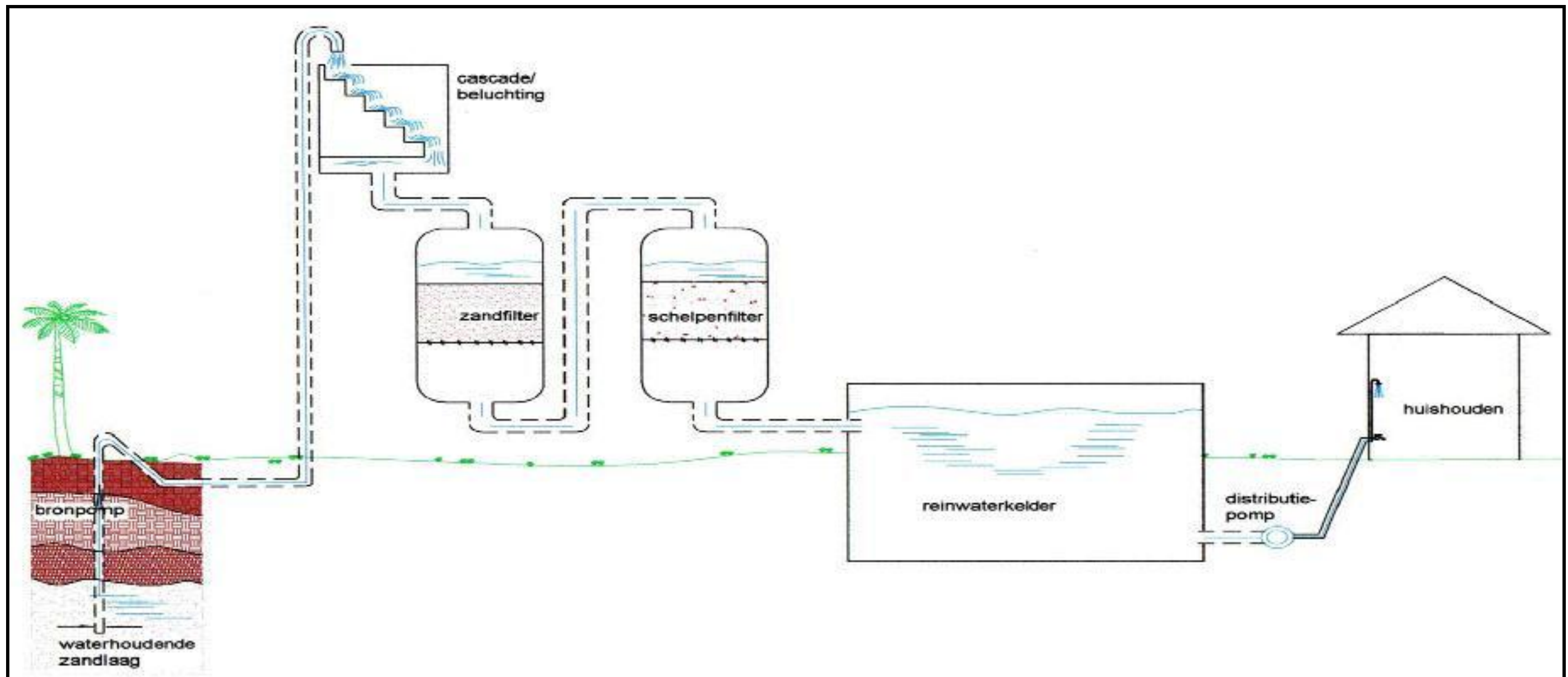
Bijlage X: Tarieven SWM

TARIEVEN NV SWM				
	Prijs per m3 Srd.		Prijs per m3 Srd.	
TARIEFGROEP 20				
<i>(erfkraan)</i>				
t/m 8m3	0.95			
9 t/m 15 m3	1.30			
16 t/m 50 m3	1.50			
> 50m3	1.85		1.40	
TARIEFGROEP 30				
<i>(Huishoudens)</i>				
t/m 8m3	0.95			
9 t/m 15 m3	1.30			
16 t/m 50 m3	1.50			
> 50m3	1.85		1.40	
TARIEFGROEP 31				
<i>(Huish. Met zwembad)</i>				
t/m 8m3	0.95			
9 t/m 15 m3	1.30			
16 t/m 50 m3	1.70			
> 50m3	2.60		1.64	
TARIEFGROEP 41				
<i>(Industriële/Comm. Aansl.)</i>				
t/m 10 m3	3.10			
11 t/m 25 m3	3.60			
> 25 m3	4.00		3.57	
TARIEFGROEP 42				
<i>(Openbare Aansl.)</i>				
t/m 10 m3	1.85			
11 t/m 25 m3	2.45			
26 t/m 300 m3	2.75			
> 300 m3	3.25		2.58	

Bijlage XI: Spoelwater verbruik op maandbasis

Productie station		
Aantal	Drinkwater productiestation	Spoelwater op maand basis in m3
1	Blauwgrond	1900
2	Flora	3000
3	Helena Christina	9000
4	Koewarasan	9900
5	La Vigilantia	2700
6	Leiding 9a	23500
7	Lelydorp	6600
8	Leysweg	18500
9	Livorno	13000
10	Republiek	9000
11	Tourtonne	600
12	Van hattemweg	53000
13	WK-plein	26800
	Totaal	177500

Bijlage XII: Schematische weergave van een zuiveringsproces



Bijlage XIII: Debietmetingen voor het bepalen van de looptijd

Eerste meting

Aantal	Debiet in	Druk in		Aantal	Debiet in	Druk in	
uren	m³/u	mwk	bar	uren	m³/u	mwk	bar
1	452	2	0.02	20	450	10	0.1
2	452	2	0.02	21	452	15	0.15
3	451	2	0.02	22	451	15	0.15
4	453	2	0.02	23	451	15	0.15
5	454	2	0.02	24	451	15	0.15
6	453	2	0.02	25	453	20	0.2
7	451	5	0.05	26	450	20	0.2
8	450	5	0.05	27	450	20	0.2
9	450	5	0.05	28	448	25	0.25
10	451	5	0.05	29	452	25	0.25
11	452	5	0.05	30	449	25	0.25
12	444	5	0.05	31	450	25	0.25
13	455	5	0.05	32	451	25	0.25
14	453	5	0.05	33	451	30	0.3
15	452	5	0.05	34	453	30	0.3
16	452	10	0.1	35	453	30	0.3
17	451	10	0.1	36	450	30	0.3
18	451	10	0.1	37	420	35	0.35
19	450	10	0.1	38	405	35	0.35

Tweede meting

Aantal	Debiet in	Druk in		Aantal	Debiet in	Druk in	
uren	m³/u	mwk	bar	uren	m³/u	mwk	bar
1	450	2	0.02	20	452	10	0.1
2	453	2	0.02	21	453	10	0.1
3	453	2	0.02	22	452	15	0.15
4	453	2	0.02	23	452	15	0.15
5	453	5	0.05	24	452	15	0.15
6	454	5	0.05	25	452	15	0.15
7	451	5	0.05	26	450	20	0.2
8	452	5	0.05	27	451	20	0.2
9	452	5	0.05	28	452	20	0.2
10	452	5	0.05	29	453	25	0.25
11	454	5	0.05	30	452	25	0.25
12	452	5	0.05	31	453	25	0.25
13	453	5	0.05	32	452	25	0.25
14	451	5	0.05	33	453	25	0.25
15	451	5	0.05	34	452	30	0.3
16	453	10	0.1	35	453	30	0.3
17	453	10	0.1	36	451	30	0.3
18	453	10	0.1	37	412	35	0.35
19	453	10	0.1	38	407	35	0.35

Derde meting

Aantal	Debiet in	Druk in		Aantal	Debiet in	Druk in	
uren	m³/u	mwk	bar	uren	m³/u	mwk	bar
1	453	2	0.02	20	450	15	0.15
2	452	2	0.02	21	453	15	0.15
3	453	2	0.02	22	452	15	0.15
4	451	2	0.02	23	450	15	0.15
5	450	2	0.02	24	451	15	0.15
6	452	2	0.02	25	452	20	0.2
7	450	5	0.05	26	449	20	0.2
8	449	5	0.05	27	448	20	0.2
9	452	5	0.05	28	450	20	0.2
10	452	5	0.05	29	451	25	0.25
11	453	5	0.05	30	453	25	0.25
12	445	5	0.05	31	453	25	0.25
13	450	5	0.05	32	452	25	0.25
14	452	5	0.05	33	453	30	0.3
15	450	10	0.1	34	452	30	0.3
16	451	10	0.1	35	452	30	0.3
17	453	10	0.1	36	453	30	0.3
18	452	10	0.1	37	419	35	0.35
19	451	10	0.1	38	403	35	0.35

Sensor set

Selecting Sensor set gives the choice of using different sensors. The choices that are listed are A,B,C and D.

TRANSDUCERS	SENSOR FREQUENCY	VELOCITY RANGE
Set "A" 13mm pipe	2 MHz sensors	0.2 m/sec to 7 m/sec
Set "A" 89mm pipe	2 MHz sensors	0.03 m/sec to 3.75 m/sec
Set "B" 90mm pipe	1 MHz sensors	0.06 m/sec to 6.75 m/sec
Set "B" 1000mm pipe	1 MHz sensors	0.02 m/sec to 1.25 m/sec
Set "C" 300mm pipe	1 MHz high velocity	0.06 m/sec to 6 m/sec
Set "C" 2000mm pipe	1 MHz high velocity	0.02 m/sec to 1.7 m/sec
Set "D" 1000mm pipe	0.5 MHz sensors	0.04 m/sec to 3.45 m/sec
Set "D" 5000mm pipe	0.5 MHz sensors	0.014 m/sec to 1.36 m/sec

There are limits to the range of flow that any transducer set can measure (See 6.8 - Flow Range) and if a sensor set has been selected that is out of the instruments sensor range and capabilities, an error message will be displayed.

EXAMPLE
The display may also read, Sensor mode is invalid for this pipe size.

SITE SENSOR ERROR yy-mm-dd hh:mm:ss
Cannot READ FLOW because pipe is too large/small for sensor set
Press ENTER to continue

Sensor mode

Selecting Sensor mode allows the user to choose which method of clamping the sensors to the pipe is required. The default would have been displayed on the previous screen, but Sensor mode can be selected to give the user a choice between Reflex and Diagonal. Double reflex can only be used on pipes between 20mm and 30mm.

Triples reflex mode can only be used on pipes less than 20mm. Both of these modes of operation are designed to increase the low flow performance of the instrument. Triple and double reflex are selectable in the software but the set up of the transducers will not be any different to normal reflex mode.

Read flow

Moving the cursor to Read flow and pressing ENTER, takes the instrument to the display which informs the user of the sensor set that has been selected, in which mode of operation the sensors have to be attached to the pipe and also the maximum flow capable.

Exit and select default sensor

If at this point the maximum flow is too low or high in relation to the application, then another sensor set may be selected by pressing scroll and getting back to the main menu.

Selecting EXIT will take you back to MAIN MENU.

Data logger (see also KEYPAD OPTIONS-data logger)

The data logger can be accessed when in flow mode via the keypad or from the main menu. Accessing the logger via the keypad when in flow mode allows the user to set up the logger, e.g. start time, interval time etc. and view the stored data.

Accessing the logger from the main menu only allows the user to view the data that has already been stored. If there is no data stored in the memory the instrument will display the following.

Data is stored in 224 blocks, each block having 240 data points. Every time the logger is started a new block of memory is used. If one application was to take up all the memory it would use all 224 blocks.

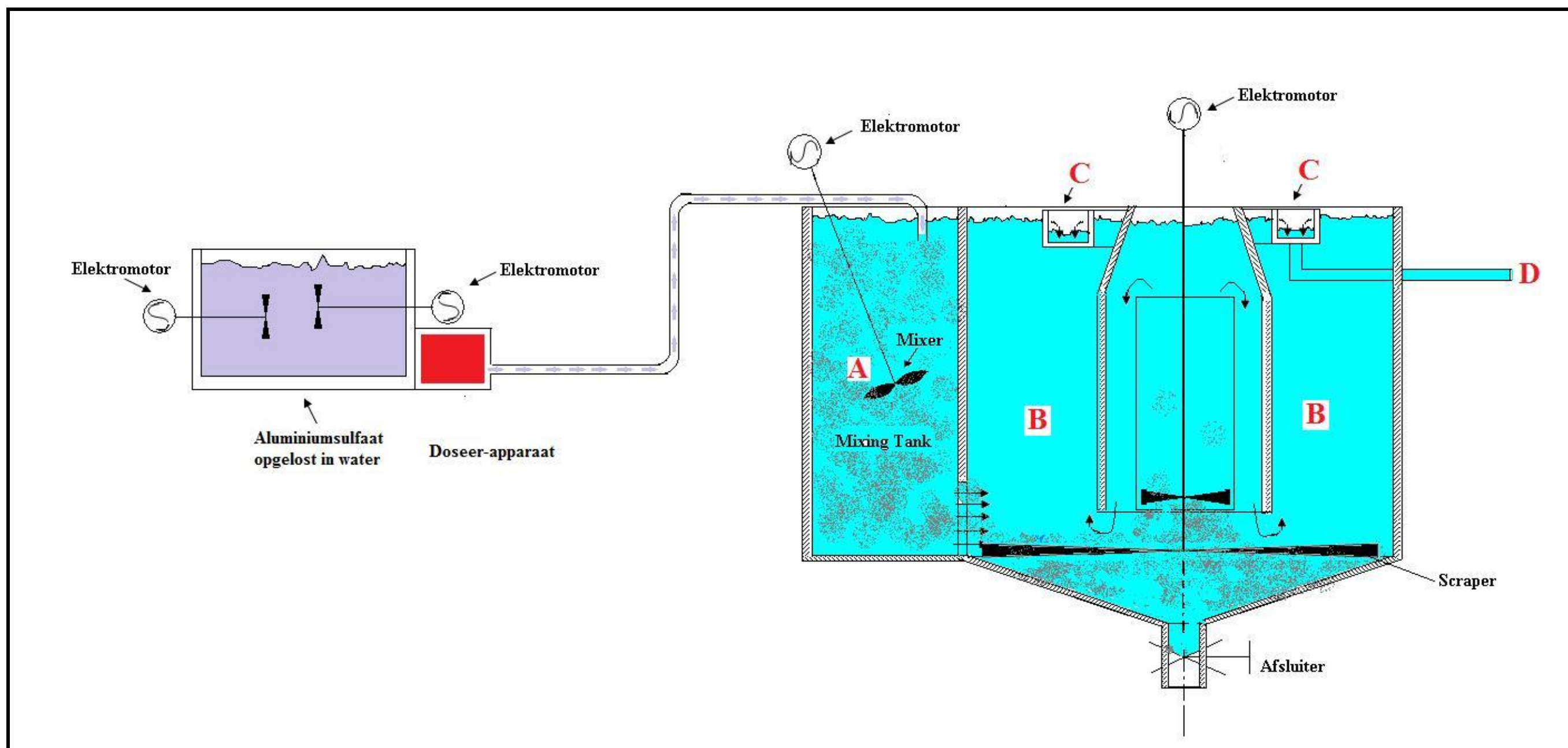
Use scroll to move the cursor to the required option then press ENTER to select.

Liquid sound speed

Liquid Sound Speeds at 25°C

Substance	Form Index	Specific Gravity	Sound Speed	m/°C -m/m°C
Acetic anhydride	(CH ₃ CO) ₂ O	1.082 (20°C)	1180	2.5
Acetic acid, anhydride	(CH ₃ CO) ₂ O	1.082 (20°C)	1180	2.5
Acetic acid, nitrile	CH ₃ CN	0.783	1290	4.1
Acetic acid, ethyl ester	CH ₃ CO ₂ CH ₂ CH ₃	0.901	1261	4.4
Acetic acid, methyl ester	CH ₃ CO ₂ CH ₃	0.934	1211	4.5
Aceone	CH ₃ CHO	0.791	1174	4.5
Acetonitrile	CH ₃ CN	0.783	1290	4.1
Acetylacetone	CH ₃ COCH=CHCOCH ₃	0.779	1299	3.8
Acetylene dichloride	CH ₂ ClCHCl ₂	1.26	1062	3.8
Acetylene tetrabromide	CBr ₄	2.966	1027	4.0
Acetylene tetraiodide	CHI ₄	4.595	1027	4.0
Alcohol	CH ₃ OH	0.789	1207	3.7
Alkane-13	C ₁₃ H ₂₈	0.66	1317	3.4
Alkane-25	C ₂₅ H ₅₂	0.781	1274	3.4
2-Aminoethanol	CH ₃ CH ₂ NH ₂	0.959 (20°C)	1618	6.68
2-Aminodiolamine	CH ₃ CH ₂ NHCH ₂ CH ₂ NH ₂	0.986 (40°C)	1480	
Ammonia	NH ₃	0.771	1229	3.7
Anisole	CH ₃ OCH ₃	0.81	1204	4.0
Antipyrine Polystyrene	CH ₃ NO ₂	1.022	1839	4.0
Arabinose	CH ₃ NO ₂	1.022	1839	4.0
Aniline	CH ₃ NO ₂	1.022	1839	4.0
Argon	Ar	1.400 (-180°C)	853	4.1
Asene	CH ₃	0.982	1415	4.1
Benzene	C ₆ H ₆	0.879	1306	4.85
Benzol	C ₆ H ₆	0.879	1306	4.85
Bio-methane	CH ₃ Br	1.276 (20°C)	1019	3.1
Bromo-benzene	CH ₃ Br	1.460 (20°C)	900	3.1
Bromo-ethane	CH ₃ Br	2.98 (20°C)	918	3.1
Bromoforn	CH ₃ Br	2.98 (20°C)	918	3.1
n-Butane	CH ₃ NO ₂	0.81	1240	3.3
n-Butanol	CH ₃ NO ₂	0.81	1240	3.3
sec-Butylalcohol	CH ₃ NO ₂	0.81	1240	3.3
n-Butyl bromide	CH ₃ NO ₂	1.276 (20°C)	1019	4.57
n-Butyl chloride	CH ₃ NO ₂	0.887	1211	4.0
tert-Butyl chloride	CH ₃ NO ₂	0.84	984	4.2
Butyl oleate	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0.887	1424	3.0
2-Butylene glycol	C ₈ H ₁₈ O ₃	1.019	1484	1.51
Cadmium	CH ₃ NO ₂	0.791 (20°C)	1076	2.92
Carbon	CH ₃ NO ₂	0.988	1438	2.78
Carbol	CH ₃ NO ₂	1.101 (37°C)	839	4.0
Carbon dioxide	CS ₂	1.261 (20°C)	1149	3.6
Carbon disulfide	CS ₂	1.261 (20°C)	839	2.78
Carbon tetrachloride	CCl ₄	1.595 (20°C)	926	6.61
Carbon tetrachloride	CCl ₄	1.595 (20°C)	926	6.61
Cetane	C ₁₈ H ₃₈	0.773 (150°C)	875.2	3.71
Chloro benzene	CH ₃ NO ₂	1.106	1410	4.57
1-Chloro-butane	CH ₃ NO ₂	0.887	1211	4.0
Chloro-Difluoromethane (Freon 22)	CH ₃ NO ₂	1.491 (49°C)	893.9	3

Bijlage XV: Schematische weergave van een reactivatortank met doseerapparaat



Bijlage XVI: Kostencomputatiekaart

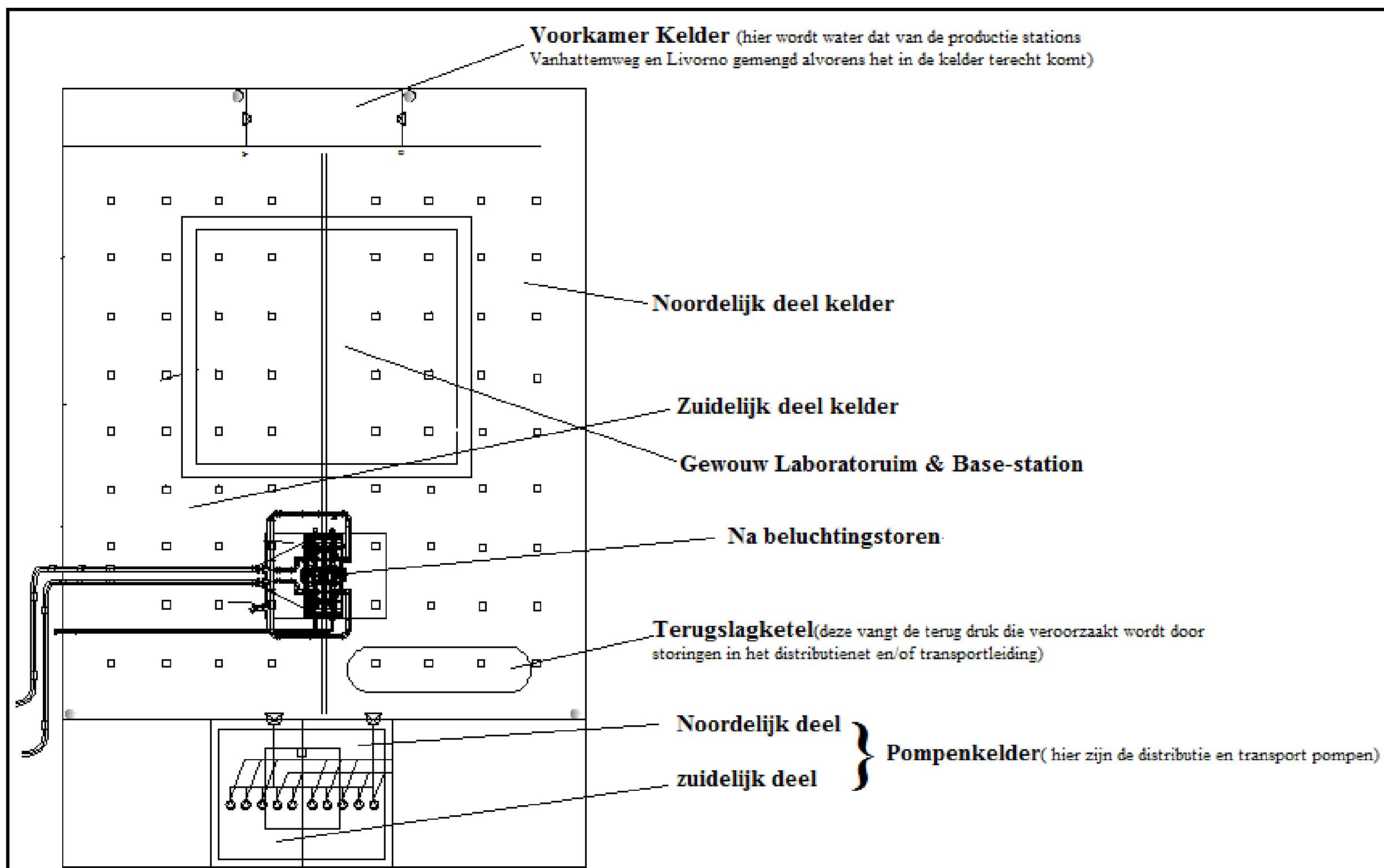
KOSTENCALCULATIEKAART																	
Opgemaakt door: Lienga C.											Blad	1	Datum: 14-dec-2012				
											Koers USD	3.35	Type: Begroting				
											Koers EURO	4.4	Gewijzigd:				
ITEM	OMSCHRIJVING	HOEV./dg		HOEV./jr		HOEV./15jrn		CAPACITEIT		AANTAL	SPECIFICATIE	INHOUD m³	PRIJS/ST	PRIJS/ST	PRIJS/ST	TOT. KSTN.	
		m³	kg	m³	kg	m³	kg	l/u	m³/u				[USD]	[EURO]	[SRD]	[SRD]	
1	Werktuigen																
2	Centrifugaalpomp									2				1,500.00	6,600.00	13,200.00	
3	Opslag tank									1		600.00			80,000.00	80,000.00	
4	Re-activator tank (incl. inst. & 2 jaren gar.)									1		600.00		200,000.00	880,000.00	880,000.00	
5										1							
6																	
7																	
8	Chemicaliën/stoffen																
9	Aluminiumsulfaat		78		21353		320288							5.00	22.00	7,046,325.00	
10	Water (voor de oplossing: 870g/l)	0.09		24.54		368.15									1.40	515.41	
11																	
12	Totaal															8,020,040.41	

Bijlage XVII: Inkomenkaart

INKOMEN KAART							
Opgemaakt door: Lienga C		Datum: 14-dec-2012					
		Type: Begroting					
		Gewijzege :					
Item	Omschrijving						
1	Hergebruikte spoelwater per spoelbeurt in m ³	Prijs/m ³ water in SRD	Totale prijs/spoelbeurt in SRD	Spoelwater/jr. in m ³	Spoelwater/15 jr. in m ³	Prijs spoelwater/jr. in SRD	Prijs spoelwater/15 jr. in SRD
2	516.14	1.40	722.60	141293.33	2119399.88	197,810.66	2,967,159.83
3							
4							
5	Totaal						2,967,159.83

BEREKENING PRIJS PER M³ WATER		
<i>Prijs/m³ = $\frac{\text{Totale kosten aanschaf werktuigen \& chemicaliën}}{\text{Spoelwater per 15 jr}}$</i>		
Item	m³	SRD
Tot. kosten aanschaf werktuigen en chemicaliën		8,020,040.41
Spoelwater per 15 jr	2119399.88	
prijs per m³		3.78

Bijlage XIX: Schematische weergave reinwaterkelder WK-plein(bovenaanzicht)



Bijlage XX: WHO-drinkwaterrichtlijnen en SWM-drinkwaterkwaliteitsrichtlijnen

WHO drinkwaterrichtlijnen			
De richtlijnen van de WHO voor drinkwaterkwaliteit, die opgesteld zijn in Geneve en dateren uit 1993, zijn het internationale referentiepunt voor de standaard opzet en de veiligheid van drinkwater.			
Element/ substantie	Symbol/ formule	Normaal gevonden in vers water/oppervlakte water/grondwater	Gezondheidsrichtlijn opgesteld door het WHO
Aluminium	Al		0,2 mg/l
Ammonia	NH ₄	< 0,2 mg/l (tot max 0,3 mg/l in anaeroob water)	geen richtlijn
Antimonium	Sb	< 4 µg/l	0.005 mg/l
Arseen	As		0,01 mg/l
Asbest			geen richtlijn
Barium	Ba		0,3 mg/l
Berillium	Be	< 1 µg/l	geen richtlijn
Bor	B	< 1 mg/l	0,3 mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chloor	Cl		250 mg/l
Chroom	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	0,05 mg/l
Kleur			niet genoemd
Koper	Cu		2 mg/l
Cyanide	CN ⁻		0,07 mg/l
Opgelostzuurstof	O ₂		geen richtlijn
Fluor	F	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Hardheid	mg/l CaCO ₃		geen richtlijn
waterstofsulfide	H ₂ S		geen richtlijn
Ijzer	Fe	0,5 - 50 mg/l	geen richtlijn
Lood	Pb		0,01 mg/l
Mangaan	Mn		0,5 mg/l
Kwik	Hg	< 0,5 µg/l	0,001 mg/l
Molybdenium(geen hyperlink)	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nikk el	Ni	< 0,02 mg/l	0,02 mg/l
Nitraat en nitriet	NO ₃ , NO ₂		50 mg/l totaal stikstof
Troebelheid			niet genoemd
pH			geen richtlijn
Selenium	Se	< < 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Zilver	Ag	5 – 50 µg/l	geen richtlijn
Natrium	Na	< 20 mg/l	200 mg/l
Sulfaat	SO ₄		500 mg/l
Anorganisch tin	Sn		geen richtlijn
TDS Totale hoeveelheid opgeloste stoffen			geen richtlijn
Uranium	U		1,4 mg/l
Zink	Zn		3 mg/l

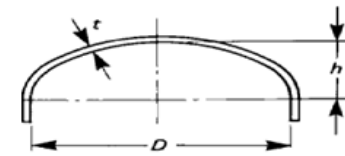
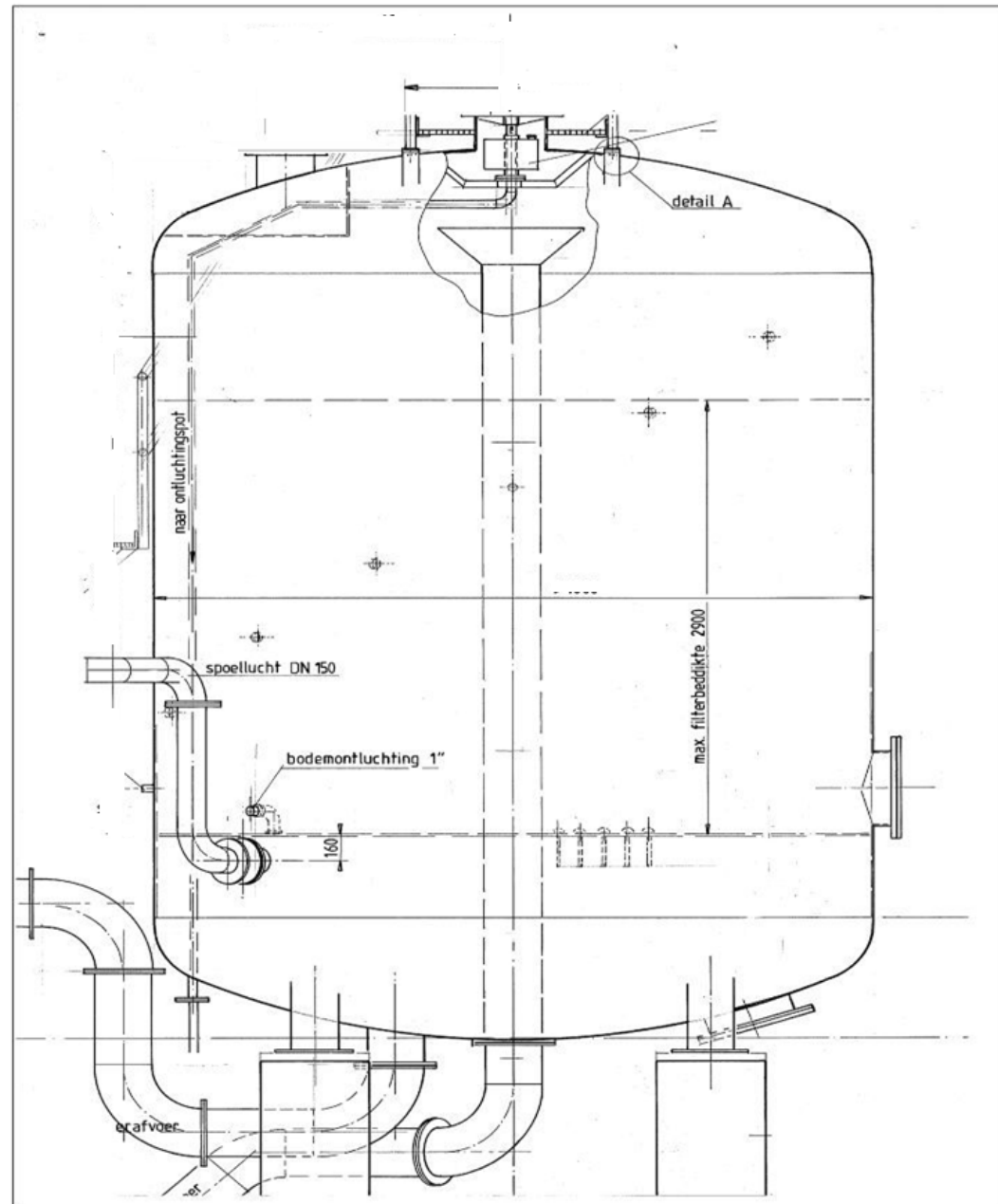
Organische componenten				
Groep	Substantie	Formule	Health based guideline by the WHO	
gechloreerde alkanen	koolstof tetrachloride	C Cl ₄	2 µg/l	
	Dichloormethaan	C H ₂ Cl ₂	20 µg/l	
	1,1-Dichloorethaan	C ₂ H ₄ Cl ₂	geen richtlijn	
	1,2-Dichloorethaan	Cl CH ₂ CH ₂ Cl	30 µg/l	
gechloreerde ethenen	1,1,1-Trichloorethaan	CH ₃ C Cl ₃	2000 µg/l	
	1,1-Dichlooretheen	C ₂ H ₂ Cl ₂	30 µg/l	
	1,2-Dichlooretheen	C ₂ H ₂ Cl ₂	50 µg/l	
	Trichlooretheen	C ₂ H Cl ₃	70 µg/l	
aromatische koolwaterstoffen	Tetrachlooretheen	C ₂ Cl ₄	40 µg/l	
	Benzeen	C ₆ H ₆	10 µg/l	
	Tolueen	C ₇ H ₈	700 µg/l	
	Xylenes	C ₈ H ₁₀	500 µg/l	
gechloreerde benzenen	Ethylbenzeen	C ₈ H ₁₀	300 µg/l	
	Styreen	C ₈ H ₈	20 µg/l	
	Polynuclear Aromatische Koolwaterstoffen (PAHs)	C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P ₁ S ₃	0.7 µg/l	
	Monochloorbenzeen (MCB)	C ₆ H ₅ Cl	300 µg/l	
gemengde organische stoffen	Dichloorbenzeen (DCBs)	C ₆ H ₄ Cl ₂	1000 µg/l	
	1,2-Dichloorbenzeen (1,2-DCB)			
	1,3-Dichloorbenzeen (1,3-DCB)	C ₆ H ₄ Cl ₂	geen richtlijn	
	1,4-Dichloorbenzeen (1,4-DCB)	C ₆ H ₄ Cl ₂	300 µg/l	
gemengde organische stoffen	Trichloorbenzeen (TCBs)	C ₆ H ₃ Cl ₃	20 µg/l	
	Di(2-ethylhexyl)adipate (DEHA)	C ₂₂ H ₄₂ O ₄	80 µg/l	
	Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	8 µg/l	
	Acrylamide	C ₃ H ₅ N O	0.5 µg/l	
gemengde organische stoffen	Epichlorohydrin (ECH)	C ₃ H ₅ Cl O	0.4 µg/l	
	Hexachlootbutadine (HCBd)	C ₄ Cl ₆	0.6 µg/l	
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	C ₁₀ H ₁₂ N ₄ O ₈	200 µg/l	
	Nitrioltriacetic acid (NTA)	N(CH ₂ COOH) ₃	200 µg/l	
gemengde organische stoffen	Organotins	Dialkyltins	R ₂ Sn X ₂	geen richtlijn
		Tributyl oxide (TBO)	C ₂₄ H ₅₄ O Sn ₂	2 µg/l

Pesticiden			
Substantie	Formule	Gezondheidsrichtlijn, opgesteld door de WHO	
Alachlor	C ₁₄ H ₂₀ Cl N O ₂	20 µg/l	
Aldicarb	C ₇ H ₁₄ N ₂ O ₄ S	10 µg/l	
Aldrin en dieldrin		0.03 µg/l	
Atrazine	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O		
Bentazone	C ₈ H ₁₄ Cl N ₅	2 µg/l	
Carbofuran	C ₁₀ H ₁₂ N ₂ O ₃ S	30 µg/l	
Chlordane	C ₁₂ H ₁₂ N O ₃	5 µg/l	
Chloortoluron	C ₁₀ H ₆ Cl ₆	0.2 µg/l	
DDT	C ₁₀ H ₁₃ Cl N ₂ O	30 µg/l	
1,2-Dibroom-3-chloorpropan	C ₃ H ₅ Br ₂ Cl	2 µg/l	
2,4-Dichloorphenoxyacetic zuur (2,4-D)	C ₈ H ₅ Cl ₃ O ₃	1 µg/l	
1,2-Dichloorpropaan	C ₃ H ₆ Cl ₂	30 µg/l	
1,3-Dichloorpropaan	C ₃ H ₆ Cl ₂	geen richtlijn	
1,3-Dichloorpropeen	CH ₂ CHClCH ₂ Cl	20 µg/l	
Ethyleen dibromide (EDB)	Br CH ₂ CH ₂ Br	geen richtlijn	
Heptachloor and heptachloor epoxide	C ₁₀ H ₅ Cl ₇	0.03 µg/l	
Hexachloorbenzeen (HCB)	C ₁₀ H ₅ Cl ₇ O	1 µg/l	
Isoproturon	C ₁₂ H ₁₈ N ₂ O	9 µg/l	
Lindane	C ₆ H ₆ Cl ₆	2 µg/l	
MCPA	C ₉ H ₅ Cl O ₃	2 µg/l	
Methoxychloor	(C ₈ H ₄ OCH ₃) ₂ CHClCl ₃	20 µg/l	
Metolachloor	C ₁₅ H ₂₂ Cl N O ₂	10 µg/l	
Molinate	C ₉ H ₁₇ N O S	6 µg/l	
Pendimethalin	C ₁₃ H ₁₉ O ₄ N ₃	20 µg/l	
Pentachloorphenol (PCP)	C ₆ H Cl ₅ O	9 µg/l	
Permethrin	C ₂₁ H ₂₀ Cl ₂ O ₃	20 µg/l	
Propanil	C ₉ H ₉ Cl ₂ N O	20 µg/l	
Pyridate	C ₁₉ H ₂₂ ClN ₂ O ₂ S	100 µg/l	
Simazine	C ₇ H ₁₂ Cl N ₅	2 µg/l	
Trifluralin	C ₁₃ H ₁₆ F ₃ N ₃ O ₄	20 µg/l	
Chloorphenoxy herbicides (met uitzondering van 2,4-D en MCPA)	2,4-DB	C ₁₀ H ₁₀ Cl ₂ O ₃	90 µg/l
	Dichloorprop	C ₈ H ₈ Cl ₂ O ₃	100 µg/l
	Fenoprop	C ₈ H ₇ Cl ₃ O ₃	9 µg/l
	MCPB	C ₁₁ H ₁₃ Cl O ₃	geen richtlijn
Mecoprop	C ₁₀ H ₁₁ ClO ₃	10 µg/l	
2,4,5-T	C ₈ H ₅ Cl ₃ O ₃	9 µg/l	

Desinfectiemiddelen en desinfectie bijproducten				
Groep	Substantie	Formule	Gezondheidsrichtlijn opgesteld door de WHO	
Disinfectie middelen	Chloramines	NH ₂ Cl ⁽³⁻ⁿ⁾ , where n = 0, 1 or 2	3 mg/l	
	Chloor	Cl ₂	5 mg/l	
	Chloordioxide	ClO ₂	geen richtlijn	
	Jodium	I ₂	geen richtlijn	
Disinfectie bijproducten	Bromate	Br O ₃ ⁻	25 µg/l	
	Chlorate	Cl O ₃ ⁻	geen richtlijn	
	Chloride	Cl O ₂ ⁻	200 µg/l	
	Chloorphenols	2-Chloorphenol (2-CP) 2,4-Dichloorphenol (2,4-DCP) 2,4,6-Trichloorphenol (2,4,6-TCP)	C ₆ H ₅ Cl O C ₆ H ₄ Cl ₂ O C ₆ H ₃ Cl ₃ O	geen richtlijn geen richtlijn 200 µg/l
Disinfectie bijproducten	Formaldehyde	HCHO	900 µg/l	
	MX (3-Chloro-4-dichloormethyl-5-hydroxy-2(5H)-furanone)	C ₅ H ₃ Cl ₃ O ₃	geen richtlijn	
	Trihalomethanes	Broomform Dibrommchloormethaan Broomdichloromethaan Chloorform	C H Br ₃ CH Br ₂ Cl CH Br Cl ₂ CH Cl ₃	100 µg/l 100 µg/l 60 µg/l 200 µg/l
	Chlorinated acetic acids	Monochloroacetic zuur Dichlooracetic zuur Trichloroacetic zuru	C ₂ H ₃ Cl O ₂ C ₂ H ₂ Cl ₂ O ₂ C ₂ H Cl ₃ O ₂	geen richtlijn 50 µg/l 100 µg/l
Disinfectie bijproducten	Chloral hydrate (trichlooracetaldehyde)	C Cl ₃ CH(OH) ₂	10 µg/l	
	Chlooracetones	C ₃ H ₅ O Cl	geen richtlijn	
	Halogenated acetonitriles	Dichlooracetonitrile Dibroomacetonitrile Broomchlooracetonitrile Trichlooracetonitrile	C ₂ H Cl ₂ N C ₂ H Br ₂ N CH Cl ₂ CN C ₂ Cl ₃ N	90 µg/l 100 µg/l geen richtlijn 1 µg/l
	Cyanogen chloride Chloropicrin	Cl CN C Cl ₃ NO ₂	70 µg/l geen richtlijn	

kwaliteit	locatie	parameter (+ targets)
chemische kwaliteit	reinwater produktiestations:	af- - ijzer: ≤ 0.1 mg/l - chloorrest: ≥ 0.5 mg/l en ≤ 5 mg/l bij het toepassen van continue desinfectie - troebelheid: ≤ 1 FTU - opgelost zuurstof: ≥ 2 mg/l - total dissolved solids: ≤ 1.000 mg/l - pH: ≥ 6.5 en ≤ 8.5
	distributienetwerken	- chloorrest: ≥ 0.2 mg/l en ≤ 1 mg/l bij het toepassen van continue desinfectie
bacteriologische kwaliteit	reinwater produktiestations	af- - troebelheid: ≤ 1 FTU - opgelost zuurstof: : ≥ 2 mg/l - pH: ≥ 6.5 en ≤ 8.5
	distributienetwerken ³ :	- totale coliformen: 0 per 100 ml
		- thermotolerante coliformen: 0 per 100 ml
		- max 10 % van monsters positief op thermotolerante coliformen (max 15 % voor Vestiging West)

Bijlage XXI: Berekening toegestane druk in ketel



t = Wanddikte in inch

P = Druk in psi

E = Elasticiteitsmodulus in psi (E van staal A36 = 200 GPa = $2,9 \times 10^7$ psi)

S = Spanning waarde van staal A36 = 24000 psi

D = Binnen diameter in inch

K = Waarde voor D/2h

h = Hoogte bodem of top

Ro = Buitenstraal in inch

Formule voor het berekenen van de maximale toegestane druk in de ketel

$$p = \frac{SEt}{Ro - 0,4t}$$

$$p_{\max} \varnothing 3500 = 142,98 \text{ psi} = 9,85 \text{ bar}$$

$$p_{\max} \varnothing 4000 = 125,07 \text{ psi} = 8,62 \text{ bar}$$

Gegevens Voorfilter met diameter van $\varnothing 3500$

$$Ro = \frac{3500 \text{ mm}}{2} = 1750 \text{ mm} = 68,89 \text{ inch}$$

$$t = 10 \text{ mm} = 0,39 \text{ inch}$$

$$SE = 36000 \text{ psi} \times 0,7$$

$$D = 3500 \text{ mm} - 2(10 \text{ mm}) = 3480 \text{ mm} = 137 \text{ inch}$$

$$K = \frac{D}{2h} = \frac{3480 \text{ mm}}{2 \times 709 \text{ mm}} = 2,45$$

$$h_{\text{top}} = 719 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 709 \text{ mm} = 27,91 \text{ inch}$$

$$h_{\text{bodem}} = 719 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 709 \text{ mm} = 27,91 \text{ inch}$$

Formule voor het berekenen van de druk:

$$p = \frac{2 SEt}{KD + 0,2t}$$

$$p_{\text{top}} = p_{\text{bodem}} = 58,54 \text{ psi} = 4,03 \text{ bar}$$

Gegevens Voorfilter met diameter van $\varnothing 4000$

$$Ro = \frac{4000 \text{ mm}}{2} = 2000 \text{ mm} = 78,73 \text{ inch}$$

$$t = 10 \text{ mm} = 0,39 \text{ inch}$$

$$SE = 36000 \text{ psi} \times 0,7$$

$$D = 4000 \text{ mm} - 2(10 \text{ mm}) = 3980 \text{ mm} = 156,69 \text{ inch}$$

$$K = \frac{D}{2h} = \frac{3980 \text{ mm}}{2 \times 790 \text{ mm}} = 2,51$$

$$h_{\text{top}} = 800 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 790 \text{ mm} = 31,1 \text{ inch}$$

$$h_{\text{bodem}} = 800 \text{ mm} - 10 \text{ mm} = 790 \text{ mm} = 31,1 \text{ inch}$$

Formule voor het berekenen van de druk:

$$p = \frac{2 SEt}{KD + 0,2t}$$

$$p_{\text{top}} = p_{\text{bodem}} = 49,96 \text{ psi} = 3,44 \text{ bar}$$

Bijlage XXII: Target SWM 2011

PRODUKTIE

1. Vestiging Centraal: verhogen bruto productie tot 5.000 m³/uur (incl. uitbreidingen i.h.k.v. Crashprogramma te Blauwgrond, Helena Christina, Leiding 9A, Lelydorp en uitbreiding/overname La Vigilantia)
2. Vestiging Oost (Moengo): in stand houden bruto productie op 100 m³/uur, op basis van oppervlaktewater
3. Vestiging Oost (Wonoredjo): in stand houden bruto productie op maximaal 30 m³/uur
4. Vestiging Oost (Albina): in stand houden bruto productie op 30 m³/uur
5. Vestiging West: in stand houden bruto productie op 300 m³/uur
6. Alle vestigingen: in stand houden produktieverlies (= spoelwaterverbruik) op maximaal 5% van de bruto productie
7. Vestiging Centraal en vestiging Oost: garanderen productie en levering gedurende 24 uur per dag, afhankelijk van de energievoorziening
8. Vestiging West: garanderen productie en levering gedurende 24 uur per dag

DISTRIBUTIE

1. Alle vestigingen: verminderen NRW met 5%
2. Vestiging Centraal: in stand houden gemiddelde eindwaterdruk op > 4 mwk, m.u.v. wijken 1,2,7,14, 15,16,18, 29
3. Vestiging Oost (Moengo/Wonoredjo): in stand houden minimum eindwaterdruk op > 6 mwk
4. Vestiging Oost (Albina): in stand houden minimum eindwaterdruk op > 6 mwk
5. Vestiging West: in stand houden minimum eindwaterdruk op > 6 mwk
6. Alle vestigingen: afhandelen van storingen in maximaal 1 week

KWALITEIT

1. Chemische kwaliteit reinwater af-productiestations:

Alle vestigingen:

- Chloride: ≤ 250 mg/l, m.u.v. Leysweg (vestiging Centraal), Nieuw Nickerie en Sidoredjo (beiden vestiging West)
- Ijzer: ≤ 0,1 mg/l
- Chloorrest: ≥ 0,5 mg/l en ≤ 5 mg/l, bij het toepassen van continue desinfectie
- Troebelheid: ≤ 1 FTU
- Opgelost zuurstof: ≥ 2 mg/l
- Total dissolved solids: ≤ 1.000 mg/l
- pH range: ≥ 6,5 en ≤ 8,5

2. Chemische kwaliteit reinwater in distributienetwerken:

Alle vestigingen:

- Chloorrest: > 0,2 mg/l en ≤ 1 mg/l, bij het toepassen van continue desinfectie
- Troebelheid: ≤ 1 FTU
- Opgelost zuurstof: ≥ 2 mg/l
- pH range: ≥ 6,5 en ≤ 8,5

3. Bacteriologische kwaliteit reinwater af-productiestations:

Alle vestigingen:

- Totale coliformen: 0/100 ml
- Thermotolerante coliformen: 0/100 ml

4. Bacteriologische kwaliteit reinwater in distributienetwerken

Vestiging Centraal:

- Thermotolerante coliformen: ≥ 90% van monsters negatief (= redelijk)

Vestiging Oost (Moengo/Wonoredjo):

- Thermotolerante coliformen: ≥ 90% van monsters negatief (= goed)

Vestiging Oost (Albina):

- Thermotolerante coliformen: ≥ 90% van monsters negatief (= uitmuntend)

Vestiging West:

- Thermotolerante coliformen: ≥ 85% van monsters negatief (= redelijk)

FINANCIEEL BELEID

1. Vestiging Centraal: verhogen inningspercentage binnen 3 maanden naar minimaal 90%
2. Vestiging Oost: verhogen inningspercentage binnen 3 maanden naar 80%, zowel voor Moengo/Wonoredjo als Albina
3. Vestiging West: verhogen inningspercentage binnen 3 maanden naar minimaal 90%
4. Alle vestigingen: verminderen debiteurenbestand met 5%
5. Alle vestigingen: factureren uiterlijk de 28^{ste} van de maand
6. Vestiging Centraal: verhogen ontvangsten waterrekeningen per kas naar minimaal SRD 95.000,- per dag
7. Vestiging Oost: verhogen ontvangsten waterrekeningen per kas naar minimaal SRD 3.500,- per dag
8. Vestiging West: verhogen ontvangsten waterrekeningen per kas naar minimaal SRD 13.000,- per dag
9. Alle vestigingen:
 - uitvoeren controle op jaarrekeningen 2009 en 2010 door accountant en uitbrengen respectieve verklaringen
10. Alle vestigingen: realiseren minimaal break-even (fiscaal) bedrijfsresultaat
11. Inlopen achterstand RC-verhouding t.o.v. vestiging Centraal:
 - vestiging Oost: SRD 5.000,-/maand
 - vestiging West: SRD 75.000,-/maand

DIENSTVERLENING

1. Vestiging Centraal: afhandelen van klachten in maximaal 2 weken
2. Vestiging Oost: afhandelen van klachten in maximaal 2 weken
3. Vestiging West: afhandelen van klachten in maximaal 1 week
4. Vestiging Centraal: opnemen 125 meterstanden per dag per opnemer
5. Vestiging Oost: opnemen 150 meterstanden per dag per opnemer
6. Vestiging West: opnemen 150 meterstanden per dag per opnemer
7. Vestiging Centraal: decentraliseren en uitbreiden klantenservice:
 - decentralisatie klantenservice in Paramaribo (1 st.)
 - uitbreiding incassokantoren in Paramaribo (1 st.) en Wanica West (1 st.)
8. Alle vestigingen: uitvoeren intern klanttevredenheidsonderzoek
9. Vestigingen Centraal en Oost: behalen klanttevredenheidscijfer van minimaal 6 (zes)
10. Vestiging West: in stand houden klanttevredenheidscijfer op minimaal 8 (acht)

PERSENEELSBELEID

1. Alle vestigingen: jaarlijks actualiseren personeelsplan, afhankelijk van de afdelingsbehoefte
2. Alle vestigingen: handhaven aantal losse arbeiders op < 15% van het totaal personeelsbestand
3. Alle vestigingen: handhaven overwerkvergoeding op < 9 % van de totale loonsom
4. Alle vestigingen: handhaven ziekteverzuim op < 7 % van totaal aantal werkbare werkdagen
5. Alle vestigingen:
 - afhandelen externe sollicitatieprocedure (1^e gesprek t/m indiensttreding) binnen maximaal 3 maanden
 - afhandelen interne sollicitatieprocedure binnen maximaal 4 maanden
6. Alle vestigingen: houden klantvriendelijkheidstraining voor alle relevante personeelsleden die in aanraking komen met klanten
7. Alle vestigingen: verlagen aantal bedrijfsongevallen tot 0 (geen)
8. Alle vestigingen: afhandelen jaarlijkse beoordelingen binnen 3 maanden (incl. administratieve afhandeling)
9. Alle vestigingen: verlagen saldo verlofdagen tot 0

HSEQ BELEID

1. Alle vestigingen: opstellen HSEQ beleid
2. Alle vestigingen: continueren opstellen Job Safety Analyses t.b.v. Distributie