

Ins en outs van omgekeerde osmose

Algemene informatie:

Enkele factoren achter de explosieve groei van waterbehandeling en zuiveringsindustrie zijn:

- Toegenomen publieke bewustzijn door wijdverbreide publiciteit.
- Slechter wordende waterkwaliteit.
- Volwassen en toegenomen markt behoeften.
- De overheid stimuleert de betrokkenheid van de burger bij het milieu.
- Normen van toegelaten hoeveelheden schadelijke stoffen in drinkwater worden steeds verder verhoogd, waarbij schijnbaar de economische belangen zwaarder wegen dan de volksgezondheid.

Bronnen van verontreinigingen en de gevolgen:

- Natuurlijke verontreiniging: Water in pure samenstelling heeft een uitstekend oplosbaar vermogen, het lost stoffen op waarvan de aarde gemaakt is. Dit is meestal in de vorm van gesteente, planten en micro- organismen en transporteert het verder. Niet elke verontreiniging is schadelijk voor de gezondheid, sommigen zijn slechts esthetisch ongewenst.
- Door mensen veroorzaakte verontreiniging: Lozingen van een steeds toenemend aantal chemische stoffen door industrieën op het oppervlaktewater. Vuilstortplaatsen, het gebruik van landbouwgiften en vooral de overbemesting noodzaken de waterleidingbedrijven om steeds meer putten te sluiten, te mengen of de normen te verhogen.
- Zure regen: een gevolg van de milieuverontreiniging lost metalen zoals aluminium op in de bodem die een ernstige bedreiging vormen voor onze gezondheid.
- De formatie van kankerverwekkende Trihalomethanen (THM'S) als gevolg van het chloreren van drinkwater.
- Losgelaten deeltjes van het leidingnet zoals lood, asbest, cadmium, koper etc, en bij (moderne) kunststof leidingen, het doorlaten van gechloreerde koolwaterstoffen via de buiswand.
- De meeste stoffen en verbindingen in het water (enkele duizenden) worden niet ontdekt, bovendien weet men nauwelijks iets van de mogelijke invloeden op het menselijk organisme van de bekende stoffen.

Soorten verontreinigen in leidingwater:

De onderstaande verontreinigingen gelden zowel voor leidingwater als water uit eigen bron:

Anorganische verontreinigingen:

- Vuil, sediment, zout, roest, schubben (onopgeloste stoffen)
- Minerale zouten of TDS (wordt op pagina 8 uitgelegd)
- Giftige organisch -chemische verbindingen

Organische verontreiniging:

- Smaak en geur
- Pesticiden en herbiciden
- Giftige organische verbindingen

Biologische gevaren:

- Bacteriën, virussen, Giardia, Amoebische dysenterie

Waterbehandeling classificaties:

POU, Point of Use (plaats van gebruik),

POE, Point of Entry (plaats waar de waterleiding binnenkomt).

Manieren van waterbehandeling- en zuivering:

- **Water ontharding** – Meestal POE; verwijderd de 'harde' mineralen calcium en magnesium uit het leidingwater door middel van het uitwisselen van ionen, meestal via natrium. Pure Water heeft ook waterontharders in haar assortiment.
- **Water conditioner** – Meestal POE; kan dezelfde betekenis hebben als waterontharder, maar heeft meestal meer behandelingsmethoden, zoals actieve kool. Deze systemen zijn meestal erg duur.
- **Actieve kool** – Kan zowel POE als POU zijn; indien dit systeem gebruikt wordt als POE, dan is dit voor het verwijderen van chlorine en andere smaakjes en geurtjes. Gezien de publiciteit omtrent het binnenkrijgen van chemicaliën en de gezondheid is er de laatste tijd veel interesse in meer effectieve POE actieve kool waterbehandelingssystemen. Wanneer actieve kool wordt gebruikt als POU, is er een grote hoeveelheid aan soorten met verschillende niveaus van zuivering. De goedkope filters verwijderen alleen chloor, smaak en geur voor een korte tijd. Duurdere filters verwijderen ook een enorme hoeveelheid giftige organische chemicaliën.

Er zijn verschillende typen actieve koolfilters:

- **Gegranuleerd kool** – De meest gebruikte vorm in de vandaag de dag gebruikte filters. Deze zijn opgebouwd uit verschillende koolstofverbindingen zoals kool, petroleum, noten schilfers enz.
- **Zilver geïmpregneerd kool** – Sommige fabrikanten bedekken de laag van de kooldeeltjes met een laag zilver. Dit voorkomt dan dat er bacterie groei ontstaat. Aangezien zilver wordt beschouwd als een toxisch materiaal, moeten deze filters worden geregistreerd.
- **Gecomprimeerd kool of koolblokfilters** – Dit is de nieuwste vorm van koolfilters en heeft enkele voordelen. Zeer fijn verpulverd kool wordt samengeperst en samengevoegd met een bindend materiaal. De nu zeer kleine 'kanaaltjes' verzekeren dat organische materialen worden 'vastgehouden'. Sommige actieve koolfilters zijn zo gecomprimeerd dat er een poriegrootte ontstaat welke zo klein is dat de ze bacteriën (>.4 micron) en Giardia (>2 micron) tegenhoud.
- **Omgekeerde osmose (RO)** – Meestal POU, maar sommigen gebieden met vervuilde bronnen (o.a. nitraten) vereisen POE systemen. RO wordt altijd gebruikt in combinatie met actieve koolfilters. Een combinatie van deze twee systemen heeft tot gevolg dat een zeer breed spectrum van verontreinigingen wordt verwijderd.
- **Destillatie** – Meestal POU; verwijdert in combinatie met actieve koolfilters een zeer breed spectrum van verontreinigingen. De energiekosten, het schoonmaken en het ongemak van plaatsing van de meeste van deze systemen hebben voorkomen dat dit een veel gebruikte methode is geworden. Hoge kwaliteit destillators zijn vooral goed wanneer de onzuiverheden onbekend zijn en wanneer microbiologische vervuiling aanwezig is.
- **De-ionisatie** – Wordt zeer weinig gebruikt omwille van de kosten en beperkingen. Het de-ionisatieproces kan alleen opgeloste mineralen en zouten verwijderen. Bij Pure Water
-

- is het mogelijk om een systeem op basis van omgekeerde osmose te voorzien van een de-ionisatiefilter zodat het water een nóg hogere graad van zuiverheid bereikt.
- **Ozoneren** – Normaal POE; speciaal voor het verwijderen van ijzer, waterstofsulfide en bacteriologische verontreinigingen. Sinds kort zijn er ook POU producten op de markt welke in staat zijn om organische materialen met behulp van ozon af te breken in onschuldige moleculen.
- **Ultraviolet desinfecteren** – Zowel POU als POE en wordt gebruikt voor het vernietigen van biologische verontreinigingen. Anorganische en andere organische moleculen worden niet aangetast. Dit systeem wordt meestal toegepast in combinatie met actieve koolfilters.

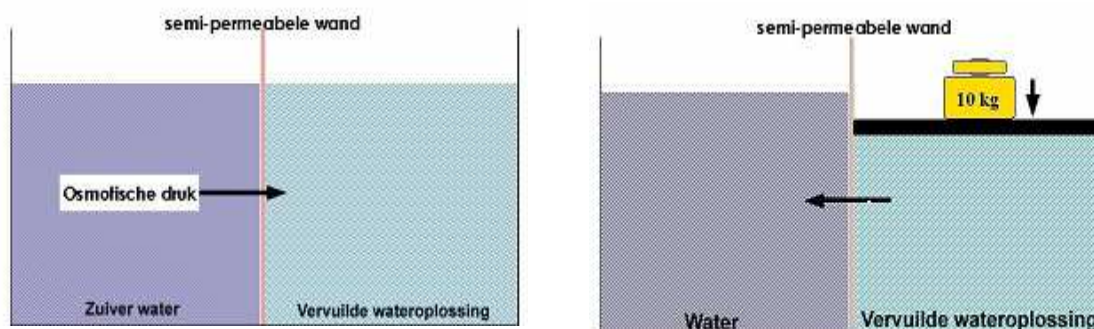
Wat is osmose?

Osmose komt van het Griekse woord 'oosmos', hetgeen 'duw' betekent. Osmose is een éézijdige vloeistofstroom door een semi-permeabele (half doorlaatbare) wand, die twee verschillende vloeistoffen scheidt. Meestal is de ene vloeistof water, terwijl de andere een vaste stof is welke is opgelost in water.

Sommige vliezen (membranen) hebben de eigenschap zuiver water wel door te laten, maar deeltjes van opgeloste stoffen niet; zij heten halfdoorlaatbaar of semi-permeabel. Cellofaan, perkamentpapier, een varkensblaas en wanden van levende cellen zijn permeabel of doorlaatbaar voor water en andere kleine moleculen. Deze moleculen zijn door hun elektrische lading omgeven door een aantal watermoleculen, waardoor het 'totaal' toch groot wordt en zij het membraan niet kunnen passeren .

Bevindt zich aan de ene kant van zo'n wand (zuiver) water en aan de ander kant b.v. een suikeroplossing, dan zijn aan de kant van het (zuivere) water meer watermoleculen met de wand in aanraking dan aan de andere kant. Omdat deze watermoleculen voortdurend in beweging zijn (diffusie), hebben zij een zekere kans de wand te passeren. Het is duidelijk dat per tijdseenheid meer watermoleculen de kans hebben zich van de kant van het (zuivere) water naar de kant van de suikeroplossing te bewegen dan omgekeerd. Hieruit resulteert een netto waterverplaatsing naar de kant van de suikeroplossing toe.

Dit proces kan omgekeerd worden door druk uit te oefenen op het verontreinigde water, dit proces heet omgekeerde osmose.



De geschiedenis van omgekeerde osmose

Het proces 'omgekeerde osmose' werd voor het eerst waargenomen door Nollet in 1748. Hij gebruikte een mengsel van water en alcohol in een varkensblaas. Hij ontdekte dat het water de mogelijkheid had door de varkensblaas heen te gaan, maar de alcohol niet.

Traube en Pfeffer vervaardigde het eerste synthetische membraan tussen 1867 en 1877. Dit membraan bestond uit koperferrocyanide. In 1920 werd een derde soort membraan ontwikkeld dat bestond uit polymeren. In het begin van de jaren '50 werd dit proces verder onderzocht door de Indische wetenschapper Sourirajan. Het proces werd beschouwd als een enorme doorbraak met betrekking tot het ontzouten van zeewater. De Amerikaanse regering stelde meer dan 30 miljoen dollar beschikbaar. Membraanonderzoek valt onder de hoogste prioriteiten van onderzoek van geïndustrialiseerde landen.

Vandaag de dag wordt membraan technologie overal gebruikt waar het nodig is opgeloste stoffen uit het water efficiënt en economisch te verwijderen. Enkele voorbeelden zijn:

- Ontzouten van zeewater
- Bron- en drinkwater bereiding
- Nierdialyse
- Concentreren van etenswaren bijvoorbeeld: Vruchtensappen
- Koffie en thee
- Suiker
- Vervuiling beperking – verwijderen van stoffen uit industrieel afval
- Verwijderen van opgeloste stoffen voor hergebruik
- Verwijderen van specifieke metalen
- Voorbehandeling van boilerwater
- Productie van micro elektronica
- Basismateriaal voor het bereiden van medicijnen
- Oplosmiddel voor laboratorium onderzoek
- Kleinschalige drinkwaterzuiveraars

Fundamentele begrippen van omgekeerde osmose gedefinieerd

Omgekeerde osmose is een proces dat plaats vindt wanneer een oplossing van water en onzuiverheden tegen een synthetisch plastic materiaal, een semi-permeabel membraan, wordt gedrukt. Watermoleculen hebben zo'n enorme aantrekkingskracht op het membraan dat zich een laag van watermoleculen vormt op het membraanoppervlak. Wordt de druk nu groot genoeg dan zullen deze watermoleculen zich door de poriën van het membraan een weg banen naar de ander kant. Geladen zout ionen hebben zo'n complexe structuur dat zij niet door de poriën van het membraan heen kunnen. Deze ionen zullen in het onzuivere water aanwezig blijven en worden afgevoerd door de stroming van het water.

Semi-permeabele membranen

Een semi-permeabel membraan heeft twee manieren voor het verwijderen van onzuiverheden. Als eerste laat het membraan minerale zout ionen niet door. Dit proces heeft de naam omgekeerde osmose. Daarnaast worden bepaalde stoffen, micro-organismen en organische moleculen (koolstofverbindingen) uit het water gezeefd. Dit proces wordt ultrafiltratie genoemd. Dit proces heeft veel weg van normale filtratie, maar heeft veel kleiner poriën (ongeveer 5 micron). Kleine organische verbindingen en gas moleculen kunnen hierbij wel door de poriën.

Met zijn twee mechanismen van scheiding, omgekeerde osmose en ultrafiltratie, kan een RO semi-permeabel membraan onder optimale omstandigheden de volgende stoffen verwijderen:

Door omgekeerde osmose:

- De meeste opgeloste vaste stoffen (minerale zouten), zoals barium, calcium, chloor, chroom, koper, ijzer fluor, magnesium, mangaan, nitraten, zout, sulfaten, zink, etc.
- Medicijnresten en hormonen.
- De meeste zware metalen zoals arsenicum, cadmium, lood, kwik en zilver.
- De meeste radioactieve elementen en hun isotopen zoals radium en strontium.

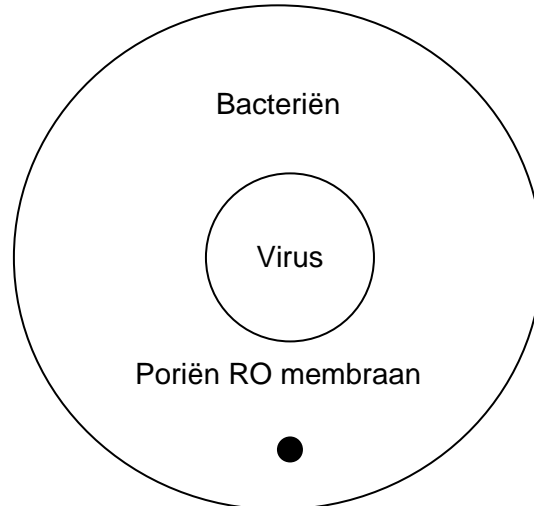
Door ultrafiltratie:

- Stoffen zoals sediment, asbest en verdachte organische stoffen.
- Bijna alle micro-organismen zoals bacteriën en virussen.
- Bijna alle koolstofverbindingen.
- De meeste zware metalen zoals arsenicum, cadmium, lood, kwik en zilver.
- Bijna alle moleculen met een groter moleculair gewicht dan 300u zoals pesticiden.

RO semi-permeabele membranen verwijderen niet:

- Koolstofverbindingen met zeer laag moleculair gewicht zoals TCE, THM en de meeste organische stoffen die gemakkelijk in gas veranderen.
- Opgeloste gassen zoals waterstofsulfide (H_2S), Chlorine (Cl_2), koolstofdioxide (CO_2), zuurstof (O_2) en Radon (RN).
- Chlooraminen, NH_2Cl , $NHCl_2$, NCl_3 .
- Sommigen opgeloste stoffen zoals Boron (B).

Grootte van bacteriën en virussen ten opzichte van RO membraanporiën

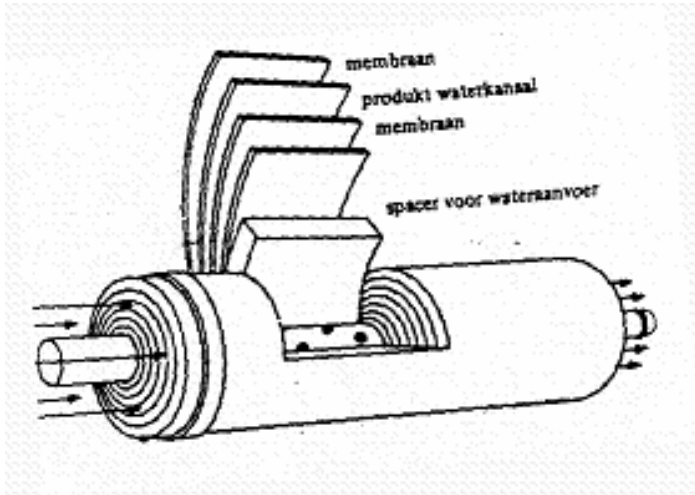


Sommigen bacteriën en virussen lukt het toch om door het membraan heen te komen, ondanks dat zij vele malen groter zijn. Dit kan de volgende oorzaken hebben:

- Zij gaan door het membraan op plaatsen waar het membraan niet volledig in orde is of op plekken dat er abnormaal grote poriën bestaan.
- Zij zich door hoeken en plaatsen waar het membraan verlijmd is werken.
- Zij zich door (keer)ringen werken.

Daarom zou een omgekeerd osmose drinkwatersysteem alleen gebruikt moeten worden op een microbiologische veilige watervoorziening of in combinatie met andere zuiveringstechnieken.

Soorten en karakteristieken van membranen



Er zijn vijf soorten RO membranen:

Cellulose Acetate (CA): Het 'originele' membraan

Cellulose Acetate / Cellulose Triacetate Blend (CA/CTA Blend)

Pure Cellulose Triacetate (Pure CTA)

Thin Film Compositie Polyamide (TFC (PA))

Het 'ideale membraan' bestaat (nog) niet, maar zal zeker beschikbaar worden in de toekomst.

In onderstaande tabel staat een overzicht van de verschillende membranen met hun specifieke eigenschappen.

	CA	CA/CTA BLEND	PURE CTA	TFC (PA)	IDEALE MMBRN
PH	8.0	8.5	9.0	11.0	11.0
Temp.	29 °C	29 °C	29 °C	37 °C	37 °C
Bacterie bestendigheid	slecht bestendig	zwak bestendig	goed bestendig	bacterie vast	bacterie vast
Chloor bestendigheid	zeer bestendig	zeer bestendig	zeer bestendig	slecht bestendig	zeer bestendig
Flux Dag	1.5 gal/sq.ft/ dag	1.5 gal/sq.ft/ dag	1.5 gal/sq.ft/ dag	3 gal/sq.ft/ dag	3.0 gal/sq.ft/ dag
% zuivering	90%	92%	94%	97%	97%
Nitraat zuivering	35 – 40%	40 – 45%	45 – 50%	85 – 90%	85 – 90%

RO Drinkwatersysteem ontwerp

Waarom actieve koolfilters worden gebruikt in combinatie met omgekeerde osmose. De RO membranen hebben vandaag de dag een enorm vermogen om een breed spectrum van onzuiverheden te verwijderen. Er zijn echter een aantal beperkingen die niet over het hoofd mogen worden gezien. Al eerder is genoemd dat RO membranen niet effectief zijn met het verwijderen van bepaalde stoffen. De reden hiervan is dat deze stoffen te klein zijn om gescheiden te worden door middel van het ultrafiltratie proces of hebben een dusdanige structuur dat deze niet worden verwijderd door het omgekeerde osmose proces.

Bij deze verontreinigingen moet gedacht worden aan:

- Koolstofverbindingen met een zeer laag gewicht zoals THM's, TCE en vele andere chloorverbindingen. Aangezien deze tot de meest giftige stoffen behoren, moeten deze verwijderd worden.
- Chlorine en chlooraminen beïnvloeden de gezondheid niet, maar kunnen het water een vieze smaak geven of vies laten ruiken.
- Behalve voorgaande verontreinigingen zijn er de verontreinigingen van het RO apparaat zelf. Stoffen kunnen immers worden afgescheiden van materialen gebruikt in het RO systeem.

Door een actief koolfilter te gebruiken als nafilter kunnen deze stoffen moeiteloos worden verwijderd. Het is natuurlijk logisch dat het actieve koolfilter nu beter zuivert en langer meegaat, omdat het membraan een aantal stoffen al reeds heeft verwijderd, welke de werking van het actieve koolfilter zouden kunnen bemoeilijken. Let op: we zullen vanaf nu de term RO/AC systeem gebruiken i.p.v. Reverse Osmosis / Activated Carbon drinkwater systeem.

Basiscomponenten voor een RO/AC systeem.

Een RO/AC systeem kan zijn opgebouwd uit de volgende componenten:

- **Sedimenten voorfilter** – Verwijdert grote deeltjes. Dit voorkomt dat het membraan verstopt. Sommige systemen zonder dit filter gebruiken meer water, zodat neerslag op het membraan wordt voorkomen.
- **Actief Koolstof voorfilter** – Verwijdert chloor en een andere kleine delen die in het water voorkomen. Denk hierbij aan giftige organische chemicaliën.
- **'Chloorfilter' (optioneel)** – Verwijdert chloor dat vrij in het water voorkomt. Dit voorkomt dat het TFC membraan wordt aangetast. Het is vanwege de kosten en grootte niet gebruikelijk dat dit in een opbouwmodel wordt toegepast.
- **RO Module (membraan en drukvezel)** – Dit is het hart van het systeem. Het verwijdert of reduceert een hoog percentage van de meeste verontreinigingen, behalve moleculen met zeer laag moleculair gewicht.
- **Een terugslagklep** – Dit voorkomt dat als de druk van het systeem wegvalt, het water dat onder druk is opgeslagen in de tank, terug het systeem in stroomt.
- **Lang contact koolfilter (optioneel)** – Sommige RO/AC systemen hebben een koolfilter tussen het membraan en de opslagtank. Hierdoor is het mogelijk om het relatief langzaam stromende water tussen het membraan en de opslagtank grondig te zuiveren.
- **Opslagtank** – Deze is door een 'ballon' reeds op druk gebracht waardoor het water snel kan worden geleverd. Deze opslagtanks kunnen afhankelijk van de druk 5 tot 12 liter bevatten.
- **Actief kool-nafilter** – Omdat het membraan de organische stoffen met een zeer laag moleculair gewicht (THM, TCM, etc.) en bepaalde stoffen als chloor en chlooraminen niet verwijdert, moet er nog een actief kool-nafilter worden ingebouwd. Deze verwijdert eventuele resten en stoffen afgescheiden door de opslagtanks.
- **RO Aftapkraan** – Dit is een aparte kraan die bevestigd is op het aanrecht voor het zuivere water.
- **Afvoer controle** – De controle van het afvoersysteem is een belangrijk element in het RO/AC systeem. Afhankelijk van de fabrikant wordt 3 tot 5 keer zoveel water afgevoerd dan dat er zuiver water wordt aangemaakt.

- **Flush kraantje (optioneel)** – Sommige RO/AC systemen hebben de mogelijkheid om het membraan te 'flushen', dat wil zeggen schoonspoelen. Hierbij wordt een korte tijd (15 seconden tot 3 minuten) een enorme hoeveelheid water door het membraan gespoeld. Het gevolg hiervan is dat sediment (neerslag) en stoffen als ijzer worden weggespoeld.
- **Tankdruk controle (optioneel)** – Sommige fabrikanten plaatsen een apparaatje (meestal in combinatie met de terugslagklep) dat ervoor zorgt dat de druk in de opslagtank altijd lager blijft dan de druk van het voedingswater. De verhouding is meestal $\frac{1}{2}$ of $\frac{3}{4}$ van de begindruk.
- **Automatische afslag (optioneel)** – Dit moet ervoor zorgen dat zodra een bepaalde druk in de tank is bereikt de watertoevoer wordt onderbroken. Dit is om het waterverbruik te beperken.

RO terminologie

'Membraan vervuiling' ontstaat doordat stoffen zich gaan afzetten op het membraanoppervlak. Deze vervuiling kan de kwaliteit van het membraan dramatisch (negatief) beïnvloeden.

De meest voorkomende redenen van 'membraan vervuiling' zijn:

- Sediment en zand
- Minerale zouten
- IJzer- en mangaanafzettingen
- Organische afzettingen
- Bacteriologische groei

Sommige vormen van vervuiling kunnen worden voorkomen door genoeg afval te produceren, terwijl andere vervuilingen alleen voorkomen kunnen worden door het goed voorbehandelen van het te zuiveren water.

Percentage zuivering

Het percentage zuivering is het totaal aantal opgeloste stoffen, total dissolved solids (TDS), die verwijderd worden. Voorbeeld: Het voedingswater heeft een TDS van 500 ppm (TDS1) en het zuivere water een TDS van 50 ppm (TDS2):

Percentage doorlaat = zuivere water : voedingswater = TDS2 : TDS1 = 50 ppm : 500 ppm = 10%

Flux

De 'flux' geeft aan hoe snel een membraan water kan zuiveren onder bepaalde omstandigheden.

Rendement

Het rendement is het percentage van het voedingswater dat door het membraan heen gaat als zuiver water (het productwater). Dit vertelt in werkelijkheid hoe efficiënt het water wordt gebruikt.

Bijvoorbeeld: Het membraan maakt 10 liter zuiver water per dag, terwijl er 40 liter water wordt afgevoerd.

*Voedingswater = zuiver water + afvalwater = 10 + 40 = 50 liter
Rendement = zuiver water : voedingswater = 10 : 50 = 20%*

Let op: Bij een rendement van 50% heeft het afvalwater twee keer de hoeveelheid TDS als het voedingswater.

Het rendement kan worden beïnvloed door het verminderen of vermeerderen van de voedingsdruk. Als er geen afvalwater gemaakt wordt, wordt het rendement groter, maar de hoeveelheid verontreinigingen nemen toe. Als meer afvalwater gemaakt wordt, wordt het rendement en de hoeveelheid verontreinigingen kleiner. Als het rendement te laag wordt, verspillen we onnodig veel water. De soorten en hoeveelheid verontreinigen van het voedingswater bepalen wat het maximum rendement zou moeten zijn. De truc is om het beste rendement te vinden zonder dat het membraan gevaar loopt. In het algemeen kan gesteld worden dat de beste resultaten behaalt worden bij een rendement van 20 tot 25%. (Dit geldt voor hardheden tot 20 DH.) De aanwezigheid van ijzer, mangaan en bacteriën kunnen dit getal beïnvloeden. De dealers van de RO drinkwaterinstallaties zouden moeten beslissen wat voor systeem zij willen hebben. Er zijn systemen in de handel welke een rendement hebben van 8% (niet efficiënt) en 30% (efficiënt).

Factoren welke het RO proces beïnvloeden

De druk:

Wanneer gesproken wordt van druk bij RO systemen, is dit altijd de netto druk.

$$\text{Netto druk} = \text{voedingsdruk} - \text{tegendruk} - \text{osmotische druk}$$

Hier is:

Voedingsdruk: de druk die heerst waar het verontreinigde water is.

Tegendruk: de druk die ontstaat door de opslagtank, ed.

Osmotische druk: een maat voor de krachten die aanwezig zijn om de watermoleculen te 'binden' met opgeloste ionen. Willen de watermoleculen nu door het membraan, dan moeten deze ionen loslaten. Dit kan alleen plaatsvinden wanneer er genoeg druk aanwezig is. Hoe meer TDS (ionen), hoe groter de druk moet zijn.

Voor iedere 100 ppm TDS is er 1 PSI druk nodig om deze osmotische krachten te overwinnen. Bij 2000 ppm is dus 20 PSI nodig om het RO proces te starten. De hoeveelheid druk is recht evenredig met de hoeveelheid aangemaakt zuiver water.

Dus: dubbele druk → dubbele flux

halve druk → halve flux

Het percentage zuivering is afhankelijk van de voedingsdruk. Wanneer deze druk kleiner wordt dan 15 tot 20 PSI, dan neemt het percentage zuivering enorm af.

De temperatuur:

Wanneer we spreken over de temperatuur, spreken we net als bij de druk, over de temperatuur van het voedingswater. Temperatuur is een maat voor het trillen van moleculen. Hoe hoger de temperatuur, hoe harder moleculen trillen. Hieruit volgt dat het RO proces met een hoger tempo zal gaan verlopen.

Dus: hogere temperatuur → grotere capaciteit

lagere temperatuur → lagere capaciteit

Het effect van temperatuur op flux varieert bij de verschillende typen membranen. Als regel kan genomen worden dat de capaciteit 3% toeneemt bij 1 graad Celsius temperatuurstijging.

Dit ligt iets hoger voor TFC membranen en iets lager voor cellulose membranen. De industrie gebruikt een standaard van 25 graden Celsius voor het testen van membranen. Bijvoorbeeld: de fabrikant zegt dat het TFC membraan ongeveer 10 liter per dag maakt bij de standaard temperatuur. Wat zal deze dan maken bij een temperatuur van 9 graden Celsius?

$$25 \text{ graden Celsius} - 9 \text{ graden Celsius} = 16 \text{ graden Celsius}$$

$$16 \text{ graden Celsius} \times 3\% = 48\%$$

Het membraan maakt dus 48% minder water (ongeveer 5 liter) per dag. Maar wat gebeurt er als de temperatuur hoger wordt dan 25 graden? Het membraan zal dan in staat zijn om meer water te zuiveren.

LET OP: Ieder membraan heeft een maximum temperatuur. Deze mag niet worden overschreden. Daarbij komt dat naarmate de temperatuur stijgt, de 'membraan vervuiling' door opgeloste mineralen toeneemt. Voor een overzicht van temperatuur- correctie factoren zie de tabel hieronder.

<u>Temperatuur (oC)</u>	<u>TFC</u>	<u>CA & CTA</u>		<u>Temperatuur (oC)</u>	<u>TFC</u>	<u>CA & CTA</u>
1	0,30	0,48		19	0,81	0,84
2	0,32	0,50		20	0,84	0,87
3	0,34	0,52		21	0,88	0,90
4	0,36	0,53		22	0,91	0,92
5	0,39	0,55		23	0,94	0,94
6	0,42	0,57		24	0,97	0,97
7	0,44	0,58		25	1,00	1,00
8	0,47	0,60		26	1,04	1,03
9	0,50	0,62		27	1,08	1,06
10	0,53	0,64		28	1,11	1,08
11	0,56	0,66		29	1,15	1,11
12	0,59	0,68		30	1,18	1,14
13	0,62	0,71		31	1,22	1,17
14	0,65	0,73		32	1,25	1,21
15	0,68	0,75		33	1,29	1,24
16	0,71	0,78		34	1,32	1,27
17	0,75	0,80		35	1,36	1,30
18	0,78	0,82				