



VRIJ TECHNISCH INSTITUUT
SINT - ALOYSIUS
PAPEBRUGSTRAAT 8A
8820 TORHOUT

WATERBEHANDELING

Mentor : VERHAEGHE Dirk

Naam leerling : SNOECK Robin

Nummer : 7

Klas : 614

Richting : Industriële Wetenschappen

DOSSIER GEINTEGREERDE PROEF 2002 - 2003

Inhoudstafel

1 Inleiding

- 1.1 De geschiedenis van waterbedeling
- 1.2 De kringloop van het water
- 1.3 Soorten water
 - 1.3.1 Regenwater
 - 1.3.2 Oppervlaktewater
 - 1.3.2.1 Gebruik van oppervlaktewater voor drinkwater
 - 1.3.3 Stilstaand water
 - 1.3.4 Zoutwater
 - 1.3.5 Grondwater

2 Hardheid van water

- 2.1 Koolzuur in water
- 2.2 Alkaliteit van water
- 2.3 Waterstabiliteit
- 2.4 De Langelier index
 - 2.4.1 Hoe is het Langelier getal te bepalen
 - 2.4.1.1 TDS
 - 2.4.1.2 Temperatuur
 - 2.4.1.3 Alkaliteit en calciumhardheid
 - 2.4.1.3.1 Alkaliteitsbepaling
 - 2.4.1.4 De pH of de zuurtegraad
- 2.5 Kalk - koolzuurevenwicht
 - 2.5.1 Grafiek van Tillmans
- 2.6 Kalk – roest beschermlaag
- 2.7 Invloed van de temperatuur

3 Coagulatie en flocculatie

- 3.1 Inleiding
- 3.2 Principschema's van coagulatie en flocculatie
- 3.3 Principe- en installatiebeschrijving
- 3.4 Specifieke voor- en nadelen
- 3.5 Toepassing
- 3.6 Randvoorwaarden
- 3.7 Werkingsgraad
- 3.8 Hulpstoffen
- 3.9 Milieu-aspecten
- 3.10 Kosten
- 3.11 Opmerkingen

4 Zuivering van afscheidbare of filtreerbare stoffen

4.1 Inleiding

4.2 Roosters en zeven

4.3 Uitvlokking

4.4 Bezinking

4.4.1 Bezinking van korrelige deeltjes

4.4.2 Bezinking van vlokkige deeltjes

4.4.3 Continue bezinking

4.5 Filtratie

4.5.1 Filtratie van korrelvormig materiaal

4.5.1.1 Algemeen

4.5.2 Invloed van diverse factoren op het filtratieproces

4.5.3 Soorten filters

4.5.3.1 Langzame filter

4.5.3.2 Snelfiltratie

4.5.3.2.1 Het spoelen van een snelfilter

5 Ontsmetting

5.1 Inleiding

5.2 Warmte

5.3 UV- stralen

5.4 Ozon

5.5 Chloor

5.5.1 Desinfectie door middel van chloordioxide

5.5.2 Wat is chloordioxide

5.5.3 Hoe werkt chloordioxide

5.5.3.1 Hoe effectief is chloordioxide en wat zijn de voordelen

5.5.3.2 Wat zijn de toepassingsgebieden

5.5.3.2.1 Legionella en bestrijding

5.5.3.2.1.1 Legionella in biofilm

5.5.3.2.2 Desinfectie van koeltorens

5.5.3.2.3 Gaswassers

5.5.3.2.4 Drinkwater desinfectie

5.6 Vergelijking van de verschillende ontsmettingmethodes

5.7 Verwijdering van de smaak en geurstoffen

5.7.1 Beluchting

5.7.2 Adsorptie

5.7.3 Oxidatie

6 Ontzuring

6.1 Ontzuringsmethodes

6.1.1 Beluchting

6.1.2 Toevoeging van chemicaliën

6.1.3 Ontzuring door contact met een ontzuringsmassa

6.1.3.1 Marmer

6.1.3.2 Magnestiet

6.1.3.3 Halfgebrande dolomiet

7 Ontgassing

8 Besluit

9 Bronnen

10 Bijlagen

Woord vooraf.

Het was niet gemakkelijk om een gepast ontwerp te vinden om een GIP over te maken, ik kon aan geen enkel interessant onderwerp denken. Mijn eerste voorstel was milieuvervuiling maar dat was te algemeen, te ruim. Ik had niet eens gedacht aan de zuivering van water of zo. Pas wanneer dhr. Verhaeghe mij dit onderwerp voorstelde, vond ik het geschikt om er een GIP over te maken.

Veel mensen schrikken wanneer ze horen dat het onderwerp van mijn eindwerk over de chemie van water gaat. Maar eigenlijk heb ik chemie altijd wel tof gevonden, het is toch interessant te weten waaruit dingen die je bijna elke dag gebruikt, bestaan. Door samenvoeging van bepaalde stoffen kan men volledig nieuwe stoffen creëren of juist een andere stof verwijderen.

Het was niet makkelijk om eraan te beginnen, maar eenmaal begonnen viel het wel goed mee en begon ik me ermee te amuseren. Ik vond het ook goed dat we veel vrijheid kregen, en onze mentors alleen moesten raadplegen indien er problemen waren. Ik vond het ook goed dat ik alleen gewerkt heb. Op die manier heb ik zelfstandiger leren werken. Ik heb misschien wel meer werk gehad dan de anderen, maar ik heb er dan ook veel aan gehad en veel uit geleerd. Ik heb ook leren initiatief nemen en zelf contact opnemen met firma's. Ik vind dat een eindwerk iets tof moet zijn en geen verplichting; dat men z'n eigen accent hierin moet kunnen leggen, dus zelfstandig werken. Ik begrijp wel dat dit niet voor alle richtingen even gemakkelijk gaat, maar dit is nog steeds de beste methode. Ik hoop dat de directie dit de volgende jaren zo zal laten. Verder wil ik ook alle mensen bedanken die mij meegeholpen hebben om deze GIP te maken. Vooral mijn mentor dhr. Verhaeghe, maar ook alle andere mensen die mij geholpen hebben, rechtstreeks of onrechtstreeks. En ook mensen van de Vlaamse Waterzuiveringsmaatschappij, die hun bibliotheek opengesteld hebben voor mij. Ik beschouwde het niet als een verplichting, aan dit eindwerk te werken, maar als een uitdaging. Zelf een cursus maken, het is eens iets anders en ik hoop dat de mensen die het lezen er ook iets van opsteken.

1 Inleiding

Water is de basis van het leven, het protoplasma van een levende cel bevat ongeveer 80% water. Bij de reacties die zich in een cel afspelen, vervult water een belangrijke rol, als reagens of als reactiemedium. Een mens bestaat voor 70% uit water. Leven zonder water is ondenkbaar. Water is een uitzonderlijk goed oplosmiddel en dus ook een ideaal transportmiddel om voedingsstoffen te leveren aan een organisme of om afvalstoffen af te voeren. Water is vloeibaar, geurloos en smaakloos onder standaard condities en bestaat uit twee atomen waterstof (H) en één atoom zuurstof (O). Enkele cijfers: 70 % van het

aardoppervlak is bedekt met water. 97 % van het 1,4 miljoen kubieke kilometer aanwezige water is zeewater, en meer dan 2 % is ijs. Wat overblijft, bevindt zich ofwel op grote diepte, of is sterk vervuild. Dit betekent dat slechts 0,003 % onmiddellijk geschikt is om te worden gebruikt voor de drinkwatervoorziening.

Duizenden jaren lang hebben de mensen het water vereerd. Het woord "bron" was gelijk aan leven. Overal ter wereld werden bronnen tot heilige plaatsen verheven. De Joden spreken noch steeds van het "levende water". De Mohammedanen van het "stromend water", terwijl Sint-Franciscus sprak van "zuster water". In verschillende ontwikkelingslanden bestaan nog altijd verschillende rituelen die de regengod moeten stemmen, zodat het vruchtbare water uit de hemel zou nederdalen. De Hindoes spreken van "Moeder Ganges", de heilige rivier, en de Russen van "Moeder Wolga".

Alhoewel het water sedert eeuwen vereerd is, en bovendien levensnoodzakelijk is, werd het pas de laatste decennia "ontdekt" als onderwerp voor wetenschappelijke studie en researchwerk. Deze belangstelling is vooral levendig geworden door de gevolgen van onze huidige moderne samenleving.

"Water" de magische vloeistof waaruit alle leven is ontstaan, de eerste behoefte van alle leven op aarde, wordt nu zelf bedreigd door de eigen menselijke cultuur en industriële behoefte.

Slechts sedert enkele decennia vindt men gehoor bij de openbare instanties, wanneer men het probleem van waterverontreiniging en het daarmee gepaard gaande probleem van watertekort naar voor brengt. De oorzaak van al dat vervuilde water is het voor iedereen vaststaande feit dat men met water mocht doen wat men wou.

Momenteel zijn er normen omtrent milieubescherming en -verontreiniging vastgelegd door de Europese Unie. Het levende water moet gered worden. Op internationaal vlak deed België reeds zijn aandeel door zich op 6 mei 1968, solidair te verklaren met het "Europees handvest voor water". Er werden daarbij 12 beginselen opgesteld die aan de basis van de latere wetgevingen omtrent watervervuiling lagen.

1.1 De geschiedenis van waterbedeling.

Oorspronkelijk waren de mensen aangewezen op het gebruik van oppervlaktewater (rivieren, meren). Gezien de beperkte en verspreide bevolking leverde dit weinig gevaar op voor besmetting. De groei van de bevolking met de vorming van agglomeraties, ver van rivieren en meren, verplichtte hen een

toevlucht te nemen tot het water van bronnen en zelfs kunstmatig het nodige water te winnen.

In Egypte kan men nu nog putten zien met een diepte van meer dan 100 meter, die de bevolking al 3000 jaar V.C. toeliet het water aan onderaardse lagen te onttrekken.

Langzamerhand ontwikkelde zich de hygiënische uitrusting van de steden. Baden, fontein, enz... vereisten een grote hoeveelheid water. Om aan deze verhoging van het verbruik te kunnen voldoen, werden grote transportleidingen aangelegd, die het water over een grote afstand naar de steden moesten leiden.

De Romeinse installaties van waterbedeling zijn wellicht het best gekend. Tijdens de eerste eeuw van onze jaartelling, werd de stad Rome voorzien van water, via elf transportleidingen met een gezamenlijke lengte van ca. 400km. Onder eigen verval kwam het water in grote reservoirs terecht. Van daaruit vertrokken leidingen die het water naar secundaire reservoirs, fontein, wasplaatsen, of particuliere woningen bracht.

De primaire transportleidingen waren gemetselde kanalen, die bij het overbruggen van valleien aanleiding gaven tot de bekende aquaducten. De secundaire distributienetten bestonden uit loden buizen en soms ook wel uit gebakken aarde. Iedere aansluiting vertrok vanuit het reservoir en het debiet werd geregeld door de diameter van de leiding.

Na de val van het Romeinse keizerrijk, begon het verval van deze voor Rome zo belangrijke installaties.

Later, namelijk tijdens de zeventiende eeuw, werden terug belangrijke waterleidingswerken uitgevoerd in de vele grote steden van die tijd.

Tengevolge van de verdere toename van de bevolking in de grote steden, de ontwikkeling van de industrie en de hogere eisen die men aan het drinkwater ging stellen, namen de waterbedelingen tijdens de 19^{de} en vooral 20^{ste} eeuw een geweldige uitbreiding.

In de 21^{ste} eeuw vinden wij het vanzelfsprekend dat er, als we aan de kraan draaien, zomaar zuiver, helder water uitvloeit.

1.2 De kringloop van het water

Water is een hoogst merkwaardige stof. We kennen het niet alleen als vloeistof, maar ook als waterdamp en als ijs (het heeft dus 3 aggregatietoestanden). Het is

de enige stof die in de natuur zowel in vaste, vloeibare en dampvorm voorkomt. Hierbij is ook het belang verklaard over de kennis van de kringloop van het water.

Figuur kringloop van het water

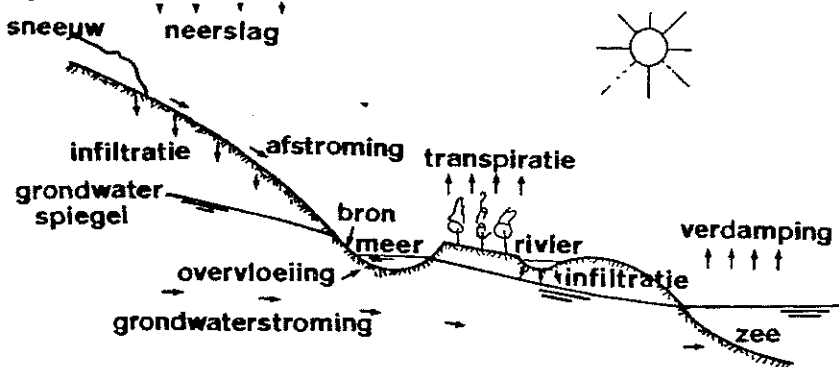


Fig. 0.1. Hydrologische kringloop.

De zon verwarmt de bovenlaag van de oceanen, zodat het water verdampt en in de atmosfeer opstijgt. De wind verspreidt de vochtige lucht over onze planeet. Deze verdicht zich in hogere luchtlagen tot wolken, waaruit het water als regen, sneeuw of hagel terug op onze aardbol terechtkomt. Sneeuw pakt zich op de bergen tot gletsjers samen, die de rivieren en stromen voeden, terwijl de regen gedeeltelijk bovengronds terugvloeit naar deze rivieren en stromen en naar de zee teruggebracht wordt. Dit regenwater dringt ook gedeeltelijk in de bodem en voedt er onze grondwatervoorraad. Via een langzame onderaardse waterstroom voedt die op zijn beurt rivieren en zeeën. Dit wordt de "rustloze" kringloop van het water genoemd. In deze grote kringloop spelen er zich natuurlijk nog kleinere kringlopen af. Zo brengen ook de rivieren, meren, vijvers en zelfs de vochtigheid van de bodem weer waterdamp in de lucht, terwijl ook de planten bijdragen tot de verdamping. Ook deze waterdamp komt terug op onze planeet. Het is duidelijk dat al het zoet water van de neerslag afkomstig is.

Het water op aarde heeft dus een kringloop, een vicieuze cirkel, zonder begin of einde, die men de hydrologische kringloop noemt.

1.3 Soorten water

Men kan de verschillende soorten water indelen in: zout water (o.a. zeewater), en zoetwater (o.a. oppervlaktewater, grondwater en regenwater). Minder dan 3% van al het water bevindt zich boven het vasteland. (Het overige water is zeewater)

Deze hoeveelheid (water boven het vaste land) kan als volgt worden verdeeld:

Grondwater op grotere diepte	8 300 000 km ³
Waterlopen	67 000 km ³
Brakke en zoutwatermeren	1 200 km ³
zoetwatermeren	105 000 km ³
Poolijs en gletsjers	29 000 000 km ³
Atmosferisch water (biosfeer)	13 000 km ³

1.3.1 Regenwater

Regenwater is normaal gezien het zuiverste water. Het ontstaat door de verdamping van water, dat uiteindelijk onder de vorm van neerslag terug op de aarde terecht komt. Het komt daarbij in contact met gassen en stofdeeltjes in de lucht. Hoe meer de lucht vervuild is, hoe meer er van deze stoffen in het water opgenomen worden. Bijvoorbeeld: door de grote aanwezigheid van verbrandingsgassen in de lucht, verzuurd het water. Daarom spreekt men van zure regen.

Dit regenwater is in de meeste gevallen zeer zuiver, maar toch kan dit water niet als drinkbaar aanzien worden. Niet chemisch en ook niet bacteriologisch.

1.3.2 Oppervlaktewater

1.3.2.1 Rivieren

Wanneer het water in contact komt met de bodem stroomt een deel over de oppervlakte en verenigt zich tot rivieren en beken, die dan uiteindelijk terug in de zee uitmonden.

Omdat water een groot oplossingsvermogen bezit ten opzichte van stoffen in de bodem zal dit water zeker minerale zouten bevatten. De rivieren worden daarnaast nog vervuild door het verbruikte water of afvalwater afkomstig van de bevolking (huishoudelijk), landbouw en nijverheid (industrieel afvalwater). Hierdoor kan het zodanig vervuild raken dat het niet meer geschikt is voor de bereiding tot drinkwater.

Sommige steden zijn aangewezen op het gebruik van rivier –of kanaalwater. Zoals: Londen, Amsterdam, Antwerpen en New York.

Het zuiveren van rivierwater vergt wel een ingewikkelde en dure behandeling om een redelijke waterkwaliteit te bekomen. De industriële bedrijvigheid en de aard van de bedrijven langs rivieren of kanalen waaruit het water wordt onttrokken spelen daarbij een grote rol. Bepaalde stoffen zijn moeilijk te verwijderen, zodat het gevaar om minder goed drinkwater te produceren groot is.

1.3.2.2 Stilstaand water

Steden zoals Genève, Chicago, Zürich en nog vele andere steden, pompen het water uit nabijgelegen, natuurlijke meren.

Een groot en diep meer heeft het voordeel, door zijn belangrijke inhoud, gevoelige wijzigingen in afname toe te laten. Het kan bovendien vrij zuiver water leveren. Door de geringe stroming bezinken de zwevende bestanddelen die zijn aangevoerd. De lange verblijftijd in het meer laat bacteriën toe verontreinigingen af te breken en onschadelijk te maken.

Naast natuurlijke meren hebben we ook nog kunstmatige meren, waarbij we twee soorten kunnen onderscheiden.

Stuwmeren; die aanvankelijk gebouwd zijn voor de productie van elektriciteit (hydro-elektrische centrales), worden nu ook ingeschakeld voor de productie van belangrijke hoeveelheden drinkwater.

Sedert enkele decennia realiseert men ook meer watervoorraadvorming in vlakke gebieden: de spaarbekkens. Bijvoorbeeld Biesbosch, Kluizen en de Blankaart te Diksmuide.

1.3.4 Zoutwater

Een dure methode voor de bereiding van drinkwater is zoutwater ontzilten. Onder ontzilten verstaat men dus de bereiding van zoet water uit zeewater of brak water.

Aan boord van schepen wordt het ontzilten al lang toegepast door middel van destillatie. Landinstallaties worden toegepast in gebieden waar geen of zeer weinig zoet water aanwezig is en het transport te duur wordt. Bijvoorbeeld in Israël en Koeweit.

De belangrijkste methoden die ook in de praktijk toegepast worden, berusten zeker op een van de volgende processen:

- destillatie, waarbij het water verdampt en vervolgens wordt gecondenseerd.

- menbraamscheiding, waarbij de zouten uit het water worden verwijderd, door gebruik te maken van semi-permeabele membranen.

1.3.5 Grondwater

Van regenwater dringt 10 tot 15% in de bodem, en vult er de grondwatervoorraad aan. Het grondwater zal, gezien zijn nauwer contact met de bodem, in het algemeen rijker zijn aan opgeloste bestanddelen dan het oppervlaktewater. Daarentegen zal, gezien de filtrerende werking van de bodem, het gehalte aan gesuspendeerde deeltjes en micro – organismen in het grondwater zeker geringer zijn, maar door de toenemende vervuiling van ons milieu wordt de kwaliteit van ons grondwater steeds meer bedreigd.

2 Hardheid van water

De hardheid van water wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van de oplosbare zouten van aardalkalimetalen, vooral calcium en magnesium zijn van belang. Water mag niet te hard maar ook niet te zacht zijn. Heel zacht water vreet veel materialen aan, het materiaal zal in principe gewoon opgelost worden door het water.

De waterhardheid wordt aangeduid op twee verschillende manieren. In ‘franse graad’ (°FH), dit was eigenlijk altijd de meest gebruikte methode. In Duitsland en Nederland gebruikt men echter de ‘Duitse graad’ (°DH) . Soms gebruikt men ook het begrip milli-equivalent per liter (=meq/l)

Het verband tussen deze uitdrukkingwijzen van waterhardheid is:

$$1^{\circ}\text{FH} = 0.56^{\circ}\text{DH} = 0.2 \text{ meq/l} = 10\text{mg CaCo}_3/\text{l}.$$

De hardheid (symbool TH = totale hardheid) moet gezien worden als de totale hoeveelheid calcium – en magnesiumionen (Ca^{2+} en Mg^{2+}).

Er bestaan verschillende klassen van hardheid:

Zeer zacht	0-7.5	°FH
Zacht	7.5-15	°FH
Middelhard	15-30	°FH
Hard	30-45	°FH
Zeer hard	45 en meer	°FH

2.1 Koolzuur in water

Het koolzuurgehalte is bepalend voor de agressiviteit van water ten opzichte van cement, beton en andere materialen. Het water bevat wisselende hoeveelheden koolzuur in verschillende hoeveelheden.

Het gebonden koolzuur komt in natuurlijke omstandigheden vooral voor als bicarbonaat (HCO_3^-). Bij aanwezigheid van carbonaat ($\text{pH} > 8.0$) kan vrij koolzuur (CO_2) theoretisch niet voorkomen.

2.2 Alkaliteit van water

De alkaliteit van water is eigenlijk het zuurbindend vermogen van het water. Dit wordt bepaald door titratie van een sterk zuur tot kleuromslag van een indicator. Men onderscheidt twee getallen:

1. TAP of TA (p-getal): kleuromslag bij $\text{pH} = 8.2$ bij gebruik van fenolftaleïne als indicator.
2. TAM of TAC (of m-getal): kleuromslag bij $\text{pH} = 4.3$ bij gebruik van methylooranje als indicator.

Men drukt de alkaliteit uit in meq/l of in franse graden uit. Alkaliteit zorgt er in feite voor dat het water minder corrosief wordt, maar als de alkaliteit te hoog oploopt dan zal calcium uit het water neerslaan. Alkaliteit zijn alle stoffen in het water die kleine hoeveelheden zuur kunnen neutraliseren. Is de alkaliteit te laag dan zal het water corrosief worden, het zal bijvoorbeeld metalen buizen aanvreten en sneller doen roesten.

2.3 Waterstabiliteit

Water is stabiel wanneer het verzadigd is met calciumcarbonaat. Dit betekent eigenlijk dat het calciumcarbonaat noch zal oplossen noch zal neerslaan, dus het calciumcarbonaat in het water is in evenwicht ('stabiel'). Het product van de concentraties van Ca^{2+} en Mg^{2+} is gelijk aan het oplosbaarheidsproduct K_s .

Als dit product groter is dan het oplosbaarheidsproduct dan is het water oververzadigd met calciumcarbonaat, dus dat zal dan neerslaan en een beschermende wand vormen

Als dit product kleiner is dan het oplosbaarheidsproduct dan zal deze oplossing onderverzadigd zijn en zal de gevormde beschermende wand terug oplossen. Als dit bijvoorbeeld gebeurt in een metalen leiding (die dus water vervoert) dan zal deze buis onderhevig worden aan corrosie. Men noemt het water bijgevolg agressief.

2.4 De Langelier index

De Langelier index geeft de corrosiviteit van het water aan. Als de LSI (Langelier Saturation Index; Langeliers verzadigings index) onder de -0.5 ligt, dan is het water corrosief en als de index boven de $+0.5$ ligt dan heeft het water scalingspotentie: dan is het water in staat afzettingen in het leidingnet te vormen.

2.4.1 Hoe is het Langelier getal te bepalen?

De Langelier index wordt bepaald door de volgende variabelen:

- TDS = Total Dissolved Solids: totaal opgeloste stoffen (mg/l)
- T = Temperatuur in graden Kelvin (K)
- C = Calcium hardheid (meeteenheid CaCO_3 mg/l)
- A = Alkaliteit (meeteenheid CaCO_3 mg/l)
- pH = pH van het water, zuurtegraad van het water

De Langelier formule

$$\text{pH}_s = (9.3 + a + b) - (c + d)$$

$$\text{met: } a = (\log(\text{TDS}) - 1) / 10$$

$$b = -13.12 * \log(T) + 34.55$$

$$c = \log(C) - 0.4$$

$$d = \log(A)$$

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

$$\text{SI} = 2 * \text{pH}_s - \text{pH}$$

SI staat voor Stability Index, dit is een manier om te bepalen of het water stabiel is, is de SI lager dan 6 dan is er scaling potentie, boven de 8 is het water corrosief. Tussen 6 en 8 is het water dus in balans. Voor veel units is het dus belangrijk de juiste verhouding te hebben tussen de verschillende variabelen.

De theorie achter de Langelier Index:

de bovengenoemde variabelen hebben invloed op de corrosiviteit en/of scaling (neerslag), hieronder volgt een uitgebreide uitleg per variabele:

2.4.1.1 TDS

Als de TDS toeneemt, dan wordt het water corrosiever. Je kunt dit bijvoorbeeld bekijken als je zoetwater en zeewater met elkaar vergelijkt: (Zout)zeewater geeft veel sneller roestaanslag dan zoetwater. Dit heeft te maken met de geleiding van elektriciteit door water, als zouten in water oplossen splitsen ze in positieve en negatieve ionen. Hoe meer zout er in het water zit des te gemakkelijker het is om elektronen door het water te transporteren. Bij het corrosieproces worden er elektronen uitgewisseld.

TDS bepaling

Mocht de TDS niet bekend zijn dan is deze op te zoeken in een tabel, hiervoor moet de geleiding van het water bekend zijn.

Omreken tabel van geleiding naar TDS:

<u>Geleiding (micro-ohm/cm)</u>	<u>TDS (mg/l)</u>
1.0	0.42
103.0	42.5
212.0	85.0
812.0	340.0
1008.0	425.0

2.4.1.2 Temperatuur

De tweede variabele is de temperatuur: als de temperatuur toeneemt, neemt de oplosbaarheid van $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ en CaCO_3 af. Deze stoffen zullen dan neerslaan en afzettingen vormen.

2.4.1.3 Alkaliteit en calciumhardheid

De calciumhardheid en de alkaliteit zorgen ervoor dat het water minder corrosief wordt, maar als er teveel is, zorgt het voor afzettingen. Calcium kan neerslag vormen als de temperatuur hoger wordt. Alkaliteit zijn alle stoffen in het water die kleine hoeveelheden zuur kunnen neutraliseren. Dit soort stoffen kunnen een scaling tot gevolg hebben. Is er te weinig calcium en alkaliteit in het water dan is het water juist weer corrosief.

2.4.1.3.1 Alkaliteitsbepaling

Er zijn veel stoffen in het water die bijdragen aan de alkaliteit maar de belangrijkste zijn: hydroxide, carbonaat en bicarbonaat. Om de hoeveelheid te bepalen wordt gebruik gemaakt van titratie met H_2SO_4 en als indicator wordt gebruik gemaakt van “broomkresolgroen”. Met een formule wordt de hoeveelheid gebruikte H_2SO_4 omgerekend naar de alkaliteit in mg/l $CaCO_3$

2.4.1.4 De pH of de zuurtegraad

De pH geeft de verhouding weer tussen H_3O^+ en OH^- , Als je een hoge pH hebt (boven 7) is er in verhouding meer OH^- aanwezig; het je een lage pH (onder 7) dan is er meer H_3O^+ aanwezig. De oplosbaarheid van krijt is afhankelijk van de pH, bij een lage pH is krijt beter oplosbaar dan bij een hoge pH. Een lage pH heeft tot gevolg dat het water corrosiever is en een hoge pH leidt tot meer scaling.

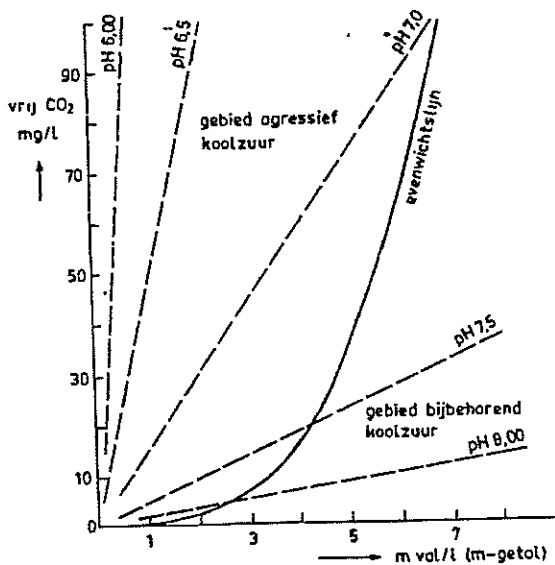
2.5 Kalk - koolzuur evenwicht

Bevat het water meer koolzuur, dan verplaatst het evenwicht zich naar rechts, dus wordt er meer calciumcarbonaat aangetast en calciumbicarbonaat gevormd. Vermindert daarentegen de hoeveelheid vrij koolzuur in de oplossing (bv. door verwarming) dan ontstaat er weer meer calciumcarbonaat, en zal de reactie terug naar links verlopen.

In de evenwichtstoestand behoort bij een hoeveelheid opgelost calciumbicarbonaat een hoeveelheid vrij koolzuur. Daarom spreekt men van kalk – koolzuur - evenwicht. De hoeveelheid vrij koolzuur in evenwicht met het calciumbicarbonaat noemt men het bijhorende vrij koolzuur.

2.5.1 Grafiek van Tillmans.

Onderstaande grafiek is bekend als de grafiek van Tillmans, die het kalk-koolzuur-evenwicht weergeeft.

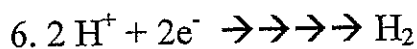
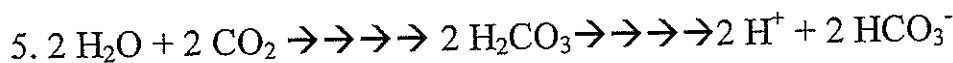
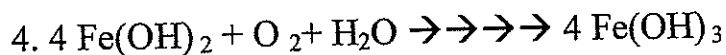
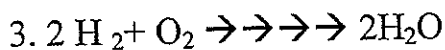
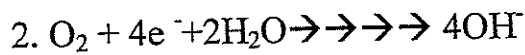
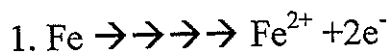


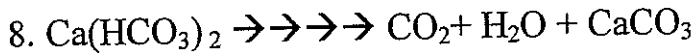
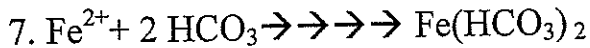
2.6 Kalk – roest bescherm laag

Onder bepaalde omstandigheden krijgt men de vorming van een beschermend kalk-roestlaagje op staal of gietijzer (=staal met hoger koolstofgehalte). Deze laag vormt zich, mits voldaan wordt aan een aantal voorwaarden, wanneer het water kalkhoudend is en tevens verzadigd is aan CaCO₃. Dit laatste geheel wordt uitgedrukt in de saturatie index (S.I.)

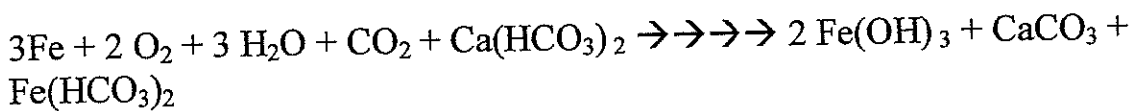
De Saturatie-index is het verschil tussen de werkelijke (gemeten pH-waarde, en de pH die het water zal aannemen bij verzadiging, met CaCO₃, genaamd pH_s of pH_{ev}(= evenwichts-pH).

De reacties die hierbij een rol spelen zijn:





De reacties vinden in meerdere fasen plaats en de totale reactievergelijking kan uiteindelijk als volgt geschreven worden:

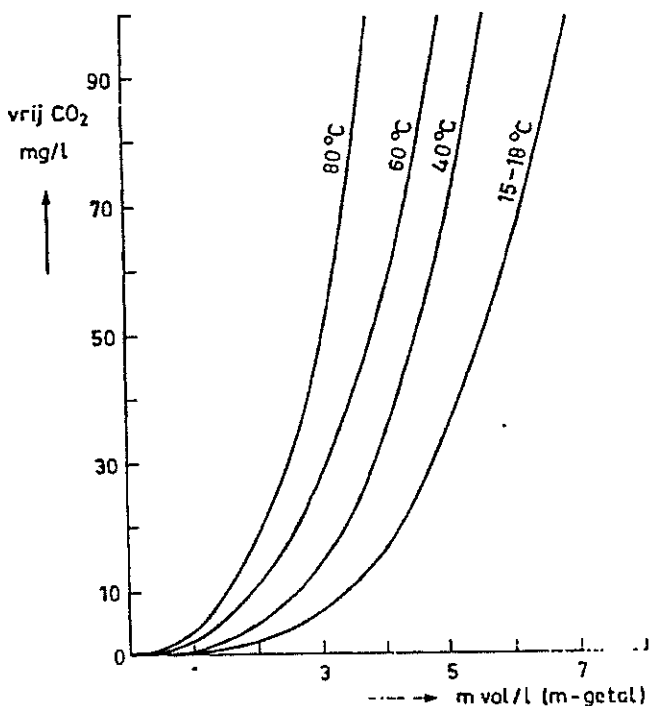


Wanneer daarbij de twee stoffen $\text{Fe}(\text{OH})_3$ en CaCO_3 vergroeien, wordt de beschermende “kalk-roestlaag” gevormd.

2.7 Invloed van de temperatuur.

Als de temperatuur verhoogt, zal het evenwicht naar links verschuiven.

Grafiek van Tillmans (in functie van de temperatuur)



Uit deze figuur blijkt duidelijk deze temperatuursinvloed. Bij een stijgende temperatuur vermeerderd, bij een gegeven bicarbonaatgehalte, het evenwichtskoolzuur. Water dat in koude toestand in evenwicht is, zal dus bij

verwarming korstvormig worden. Omgekeerd zal afkoeling van water in evenwicht, corrosie veroorzaken.

We zouden aan de grafiek van Tillmans een goeie steun hebben, om na te gaan of aantasting of afzetting bij een bepaalde watersamenstelling plaats vinden. Maar deze grafiek is gebaseerd op water dat calciumcarbonaat en vrij koolzuur bevat. Er is echter meestal nog magnesium in het water aanwezig, gebonden aan bicarbonaat, chloride of sulfaat.

Je kunt deze grafiek wel gebruiken, zolang het bicarbonaatgehalte gelijk is aan het calcium-en magnesiumgehalte.

3 Coagulatie en flocculatie

3.1 Inleiding

Coagulatie en flocculatie zijn zuiveringsmethoden die worden toegepast bij water dat vervuild is met deeltjes die niet uit het water kunnen genomen worden door bezinking of filtratie. De colloïden zijn zo klein van omvang en licht dat ze niet bezinkbaar en ook niet filtreerbaar zijn. Eigenlijk zal flocculatie en coagulatie ervoor zorgen dat die kleine deeltjes die niet kunnen bezinken of te filteren zijn, allemaal te samen zullen komen en een 'bol' vormen, die dan wel filtreerbaar of bezinkbaar is. Het is niet gemakkelijk om op een eenvoudige manier uit te leggen wat coagulatie en flocculatie is. Zeer eenvoudig beschreven is coagulatie eigenlijk het ontladen van bepaalde ionen (positief of negatief geladen deeltjes) in het water, want zolang de deeltjes een te grote gelijknamige lading bezitten, overheerst de daaruit voortvloeiende afstotende kracht die dan groter is dan de aantrekkingskracht en kan er dus geen samenballing plaatsvinden.

Door de toevoeging van chemische stoffen zullen die kleinere stoffen samenballen tot een grotere en wel filtreerbare stof.

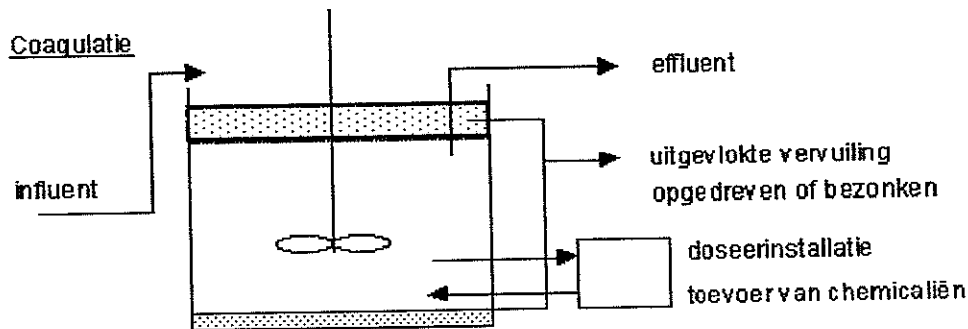
Het essentiële verschil tussen coagulatie en flocculatie is in feite dat coagulatie hele kleine deeltjes(colloïden) zal omzetten in microvlokken. En flocculatie, wat ook gebeurt door toevoeging van chemicaliën, zal die microvlokken omzetten in grotere zogenaamde 'volconglomeraten'.

Er zijn ook een bepaald aantal factoren die een rol spelen namelijk: de pH, de temperatuur en de watersamenstelling.

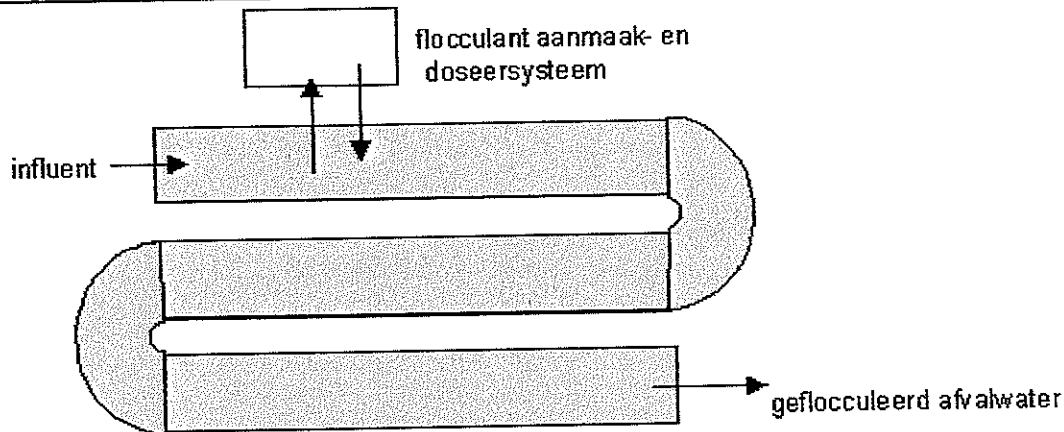
De uitvlokking is meestal slechts mogelijk binnen een bepaald pH gebied, dat afhankelijk is van de watersamenstelling en van het gebruikte coagulatiemiddel. Bij een bepaalde optimale pH is er bijna geen vlokmiddel nodig.

Naarmate de temperatuur hoger is zal de vlokvorming beter verlopen. Beneden de 5°C is er meestal geen goede flocculatie meer mogelijk.

3.2 Principeschema's van coagulatie en flocculatie.



Flocculatie (buizenflocculator)



3.3 Principe- en installatiebeschrijving

Het doel van coagulatie is het destabiliseren van een stabiele oplossing van opgeloste en onopgeloste deeltjes in water, zodat een begin gemaakt kan worden om deze onopgeloste en opgeloste delen uit de oplossing te halen. Coaguleren vindt plaats door het toevoegen van een coagulant, bijvoorbeeld Fe(III)Cl_3 en PAC (polyaluminiumchloride), of kort gezegd moleculaire polymeren. Een coagulant is in het algemeen een stof met een zeer sterke positieve lading. De gestabiliseerde deeltjes in het water zijn in het bezit van een ladingsdubbellaag. Om een negatief geladen deeltje circuleren bijvoorbeeld een aantal positief geladen deeltjes die weer omgeven zijn door een diffuse laag van negatief geladen deeltjes. Door deze verdeling van lading stoten de deeltjes elkaar af en blijven zij in oplossing. Door het inbrengen van sterk geladen deeltjes (de coagulant) wordt deze ladingsdubbellaag sterk verstoord en worden gestabiliseerde deeltjes gedestabiliseerd.

Coagulant wordt toegevoegd in een volledige gemengde tank, met korte verblijftijd (enkele minuten) en hoge turbulentie. Flocculanten worden toegevoegd in een volledig gemengde tank bij langere verblijftijd (15-30 min)

en lage turbulentie (om vlokken niet kapot te maken). In sommige gevallen is het toevoegen van coagulant voldoende om in een flocculatieruimte bij lage turbulentie en lange verblijftijd (15-30 minuten) de vorming van goed bezinkbare of flotteerbare vlokken te bewerkstelligen. In plaats van een volledig gemengde tank kan ook een buizenflocculator gebruikt worden.

In sommige gevallen moet in het begin van de flocculatieruimte een flocculant, een langmoleculaire stof (polymeer) die diverse ladingsgroepen op zijn structuur heeft, worden toegevoegd. De geladen deeltjes en/of kleine vlokjes worden aangetrokken tot de ladingsgroepen van het polymeer, waardoor een grotere vlok ontstaat, die gemakkelijker door flotatie of bezinking kan worden verwijderd. Omdat de deeltjes niet allemaal dezelfde lading bezitten zijn er diverse ladingsgroepen noodzakelijk op de polymeerstructuur. Er bestaan zowel anionische, kathionische als nonionische polymeren. Zeer belangrijk voor een goede flocculatie is een juiste binding tussen het polymeer en de deeltjes. Dit betekent dat naast de aard van de lading ook de spreiding van de lading over het molecuul van belang is, maar ook de lengte van het polymeer kan van belang zijn. Daarnaast is de mate van crosslinking van het polymeer, het vormen van bindingen met zichzelf, van belang. Door de werking van deze elementen bestaan er enkele honderden verschillende polymeren met elk hun specifieke werkingsgebied.

In een aantal gevallen is het toevoegen van flocculant voldoende; meestal zal eerst coagulant toegevoegd worden.

3.4 Specifieke voor- en nadelen

Door coagulatie/flocculatie kunnen vele stoffen door middel van flotatie en/of bezinking worden verwijderd uit afvalwater, wat zonder het toevoegen van deze stoffen niet mogelijk zou zijn geweest. Het gaat hier om licht zwevende stoffen, colloïden en een deel van de opgeloste stoffen.

Een belangrijk nadeel van het gebruik van coagulanten en flocculanten is het oplopen van de operationele kosten. In sommige situaties zijn aanzienlijke hoeveelheden coagulant en flocculant nodig om het uitvlokken voldoende op gang te brengen. Zeker bij afvalwaterstromen met grote debieten kunnen deze kosten hoog oplopen. Bij flocculatie is een juiste dosering van belang voor de goede werking van het proces.

<u>Kenmerk</u>	<u>Hoog</u>	<u>gemiddeld</u>	<u>Laag</u>
Benodigde ruimte		X	
Energieverbruik			X
Storingsgevoeligheid		X	
Selectiviteit		X	

3.5 Toepassing

Met coagulatie/flocculatie bestaat een ruime ervaring in uiteenlopende sectoren. De bewerking is hoofdzakelijk gericht op de verwijdering van zwevende stoffen, oliën en vetten of op de breking van emulsies. Het coagulatie/flocculatie-proces dient gevolgd te worden door een techniek voor verwijdering van het gevormde slib of de drijfslag. Zonder volledigheid na te streven, worden enkele typische toepassingen aangehaald.

Behandeling van afvalwater in de textielsector. Coagulatie/flocculatie wordt toegepast voor de zuivering van het totale bedrijfsafvalwater, maar heeft een hogere efficiëntie bij zuivering van meer geconcentreerde stromen, bijvoorbeeld van verfprocessen, bedrukken of het aanbrenge van backinglagen.

Voorzuivering van afvalwater in de voedingssector, onder andere in de vleesverwerking, slachthuizen, suikerraffinage.

Behandeling van ontvettingsbaden of zuivering van het spoelwater in de sector van de oppervlaktebehandeling. Het coagulatie/flocculatie-proces kan hier samengaan met fosfaatverwijdering en metaalprecipitatie.

Voorzuivering van het afvalwater dat vrijkomt bij vatenreiniging of tankcleaning.

Verwijdering van paraffine uit afvalwater dat vrijkomt bij de dekconservering van auto's.

3.6 Randvoorwaarden

Bij het toepassen van chemische producten in een waterstroom is het afstemmen op de aanwezige deeltjes van essentieel belang. Dat betekent dat op laboratoriumschaal, op pilotschaal of in de praktijk, de werking van verschillende coagulanten en flocculanten dient te worden onderzocht, waarbij factoren als deeltjesgrootte, aard van het water, snelheid van coaguleren/flocculeren en kostprijs van de verschillende chemicaliën zeer

belangrijk zijn. Pas na zo'n onderzoek is duidelijk welke keuze er gemaakt dient te worden en wat de financiële consequenties hiervan zijn.

3.7 Werkingsgraad

Zoals reeds bij de randvoorwaarden omschreven, is de werking sterk afhankelijk van een groot aantal factoren in het water. In de praktijk kan dan ook niet bij voorbaat een verwijderingsrendement worden genoemd omdat dit sterk afhankelijk is van de andere technieken die in het systeem worden toegepast (zoals flotatie-unit of ontwateringsunit).

3.8 Hulpstoffen

Er zijn een groot aantal coagulanten en flocculanten commercieel verkrijgbaar. Enkele voorbeelden van coagulant zijn ijzerchloride, ijzerchloridesulfaat, polyaluminiumchloride, polyamiden en polytanninen. Flocculanten zijn in de vormen kationisch, anionisch en non-ionisch verkrijgbaar.

3.9 Milieu-aspecten

Als reststof komt gecoaguleerde en/of geflocculeerde vervuiling vrij. Vaak dient deze in een vervolgstap verwerkt te worden.

3.10 Kosten

De kosten van het toepassen van een coagulant en/of flocculant zijn afhankelijk van het doseerniveau en de kostprijs per kilogram. Kengetallen zijn 0.4 tot 5 € per kilogram; doseerniveau is afhankelijk van de hoeveelheid te precipiteren materiaal, dit is meestal in de range van 0,5 tot 100 gram per kubieke meter water.

3.11 Opmerkingen

Er is veel theorie beschikbaar omtrent de werking van coagulanten en flocculanten. Toch stuit de wetenschap steeds weer op nieuwe mogelijke chemicaliën enerzijds en toepassingsmogelijkheden anderzijds. Ook komt de praktijk in een behoorlijk aantal gevallen niet overeen met de theorie. Laboratoriumonderzoek en/of pilootonderzoek wordt dan ook altijd aangeraden.

Het proces is redelijk complex vanwege de vereiste nauwkeurigheid bij het doseren van de chemicaliën.

4 Zuivering van afscheidbare of filtreerbare stoffen.

4.1 Inleiding

Afhankelijk van hun afmetingen kunnen niet-opgeloste stoffen worden verwijderd met behulp van roosters en/ of zeven (meestal gebruikt voor het tegenhouden van grof materiaal uit vb. oppervlaktewater). Door bezinking, flotatie of filtratie, kunnen andere materialen worden verwijderd. Indien nodig zullen er combinaties van verschillende zuiveringsmethodes gebruikt worden. Bijvoorbeeld: slecht bezinkbare deeltjes (kleiner dan 100 μm) kunnen door een voorafgaande uitvlokking in een betere bezinkbare of filtreerbare vorm worden omgezet.

In deze processen worden niet enkel de gesuspendeerde stoffen verwijderd, maar door een uitvlokking ook de hieraan geabsorbeerde verontreinigingen (organische stoffen, metaalionen, bacteriën), en in combinatie met neerslagprocessen, ook diverse opgeloste anorganische componenten. Dit uitvlokken van opgeloste stoffen gebeurt door coagulatie en flocculatie en dit werd in het vorige hoofdstuk uitvoerig behandeld.

De keuze van het verwijderingsproces of van de combinatie van bepaalde processen wordt meestal bepaald door de concentratie en de aard van de colloïdale en gesuspendeerde stoffen. Bijvoorbeeld: bij het zuiveren van water van een stuwdam of een spaarbekken kan het vaak volstaan met enkel een filtratie met of zonder voorafgaande uitvlokking. Bij hogere gehalten aan gesuspendeerde stoffen wordt meestal een bezinkingsstap als voorzuivering voorzien. Flotatie komt ook in aanmerking, vooral in het geval dat de gesuspendeerde stoffen relatief licht zijn (algen, humusstoffen).

4.2 Roosters en zeven

Roosters dienen om grof materiaal uit het water te verwijderen. Dergelijke stoffen zouden mechanische onderdelen kunnen beschadigen of leidingen doen verstopen. Afhankelijk van de vrije afstand tussen de roosterstaven onderscheidt men grove en fijne roosters.

Bij grove roosters is de vrije afstand tussen de staven 4 tot 6 cm, bij fijne roosters maximaal 2 cm. Soms worden beide roosters achter elkaar opgesteld. De snelheid van het water mag niet groter zijn dan 1 m/s, anders bestaat het gevaar dat het roostervuil door het rooster wordt gedrukt. Bij grote installaties gebeurt de reiniging machinaal door middel van een automatisch werkende roosterhark, die het roostervuil boven water brengt en in een verzamelgoot stort.

Zeven worden soms toegepast om zwevende stoffen met afmetingen groter dan 1.5mm tegen te houden (dit zijn vrijwel alle zichtbare deeltjes). Zij zijn relatief goedkoop en nemen weinig plaats in.

4.3 Uitvlokking

Uitvlokking is een methode die gebruikt wordt bij colloïdale deeltjes die te klein en te licht zijn om door een andere zuiveringsmethode uit het water verwijderd te worden. Om colloïdale bestanddelen uit te vlokken, gebruikt men coagulatie en flocculatie, dit werd in het vorige hoofdstuk besproken.

4.4 Bezinking

Bij de zuivering van water wordt bezinking het meest toegepast. Bezinking is een heel goedkope toepassing die de verwijdering van een vaak belangrijk deel verontreinigde bestanddelen mogelijk maakt. Met bezinking bedoelt men niet alleen het laten zinken van de vervuilende bestanddelen (sedimentatie), maar ook het laten drijven (flotatie) van die deeltjes.

De in een vloeistof gesuspendeerde deeltjes kunnen voor een groot stuk verwijderd worden door de vloeistof gedurende een bepaalde tijd in een bekken te laten staan, of de vloeistof langzaam door dit bekken te laten lopen. Door de vloeistof een bepaalde tijd in een bekken te laten staan, zullen de deeltjes waarvan de soortelijke massa groter is dan deze van het water, zinken (sedimentatie); is hun dichtheid daarentegen kleiner (bv. olie of vet deeltjes), dan zullen deze deeltjes drijven op het wateroppervlak (flotatie).

4.4.1 Bezinking van korrelige deeltjes.

Onder invloed van de zwaartekracht zal een korrelig deeltje met een steeds groter wordende snelheid gaan bezinken. Het ondervindt hierbij een steeds groter wordende wrijvingsweerstand van de vloeistof. De snelheid zal constant zijn als deze twee krachten even groot worden.

De berekeningen worden uitgevoerd voor bolvormige, vrij bezinkende deeltjes. Voor onregelmatige deeltjes zal de wrijvingsweerstand groter zijn, zodat de bezinkingsnelheid vermindert. Als de deeltjes in grote hoeveelheden voorkomen, met verschillende dichtheid en diameter, zullen ze elkaar gaan hinderen en neemt hun bezinkingsnelheid nog meer af.

Daarom zullen betrouwbare gegevens over de bezinkingsnelheid het eenvoudigst via experimentele weg bekomen worden.

4.4.2 Bezinking van vlokkige deeltjes.

Vlokkige deeltjes worden tijdens de bezinking groter, doordat ze aaneengroeien en uitvlokken. Op die wijze ontstaan geleidelijk aan grotere vlokken, die steeds sneller gaan bezinken. Hierbij zal dan ook de tankdiepte van belang zijn.

4.4.3 Continue bezinking

Meestal laat men de bezinking continu verlopen in bekkens die horizontaal of verticaal worden doorstroomd, terwijl het afgezette of bezonken slib continu of discontinu wordt verwijderd. Voor overwegend zandaardige verontreinigingen kan men als eerste stap een zandvangter gebruiken. In de meeste gevallen gaat het hier echter wel over de verwijdering van fijne verdeelde verontreinigingen. Om de bezinking vlugger te doen verlopen, worden er meestal scheikundige producten aan het te zuiveren water toegevoegd (coagulatie en flocculatie).

4.5 Filtratie

4.5.1 Filtratie van korrelvormig materiaal.

4.5.1.1 Algemeen

Zand en fijn grint zijn de meest toegepaste filtermaterialen. In de praktijk is het filtermateriaal meestal grof zand, d.w.z. korrels met een diameter van 0,2 tot 2 mm. Het korrelvormig filtermateriaal, waardoor het te behandelen water stroomt, bevindt zich in een horizontaal of verticaal opgestelde tank (voor kleinere eenheden) of ligt in een betonnen bak (grotere eenheden).

Wordt het water onder druk door het filtermateriaal gevoerd, dan moet dit gebeuren in een gesloten filter; in een open filter stroomt het water onder eigen verval door het filtermateriaal. Bij de open filters kan nog een onderscheid worden gemaakt tussen langzame filters en snelfilters.

Een filterinstallatie bestaat uit één of meer parallelgeschakelde filters. Is de gewenste kwaliteit na deze filtratie niet bereikt, dan kunnen filters in serie geplaatst worden, en dan spreekt men van tweefiltersysteem of dubbele filtratie. Is het filterbed opgebouwd uit filtermaterialen van verschillend soortelijk gewicht en korrelgrootte dan hebben we te maken met meervoudig, gelaagde filters (vb. dubbellaags - of dubbelbedfilter).

Filtratie wordt zowel voor het zuiveren, als voor het ontmanganen en ontijzeren gebruikt. De verwijdering van de verontreinigingen kan steunen op een

zeefwerking, een afzetting of sedimentatie, een adsorptie en bij geringe filtratiesnelheden, op een biologische werking.

Filtratie van korrelvormig materiaal is een intermitterend proces, waarbij drie fasen te onderscheiden zijn, nl.: de filtratie van het te behandelen water, het spoelen van het filterbed ter verwijdering van de afgefilterde deeltjes en het terug in dienst nemen van de gereinigde filter. Waarbij het eerste filtraat wordt afgevoerd, totdat het water terug aan de gestelde eisen voldoet.

4.5.2 Invloed van diverse factoren op het filtratieproces.

Bij het filtratieproces zijn een aantal factoren van belang, zoals de korrelgrootte van het filtermedium, de filtratiesnelheid, het filterbed en ook de aard van de verontreinigingen in het water.

De korrelgrootte van het filtermateriaal is van zeer groot belang, want het bepaalt vooral het reinigingseffect. Bij een stijgende korrelgrootte zal de filtratiewerking minder effectief zijn.

Van groot belang is dat gedurende het filtratieproces de **filtratiesnelheid** constant gehouden wordt. Tevens moet deze zo gekozen worden dat men geen turbulente stroming in het filterbed bekomt, want dan zullen de afgezette verontreinigingen opnieuw zouden loskomen. Bij langzame filters (geringe snelheden) bekomt men ook nog een biologische werking in het filterbed. Daarbij zijn bacteriën, in de bovenlaag van het filterbed, verantwoordelijk voor de omzetting van organische stoffen in koolzuur en water. Bij een snelfilter is de hier aangehaalde afbraak van organisch materiaal veel geringer of onbestaande.

Het grootste deel van de verontreinigingen wordt in de bovenste lagen van het filterbed tegengehouden, terwijl de diepere lagen slechts een gering deel ervan opnemen. Wanneer een filtratieproces niet alleen mechanische verwijdering van deeltjes behelst, maar ook steunt op adsorptie, dan is de **filterbedhoogte** eveneens van belang.

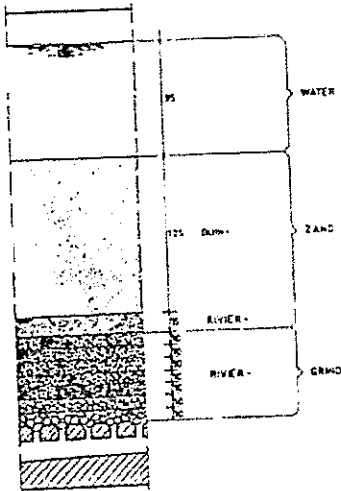
Bij dit alles speelt de **aard van de verontreinigingen** van het te filtreren water uiteraard een grote rol. Teneinde enige zekerheid te krijgen omtrent de te gebruiken filtratieprocessen, dient men voorafgaandelijk proeven op labo-schaal uit te voeren.

4.5.3 Soorten filters.

Hierbij worden twee filtratieprocessen behandeld, nl. snelfiltratie en langzame filter.

4.5.3.1 Langzame filter.

Het filterproces steunt hier, naast mechanische verwijdering van in water aanwezige deeltjes, voornamelijk op de biologische werking. Meestal wordt het te behandelen water zonder chemische voorbehandeling naar de langzame filter geleid.



Doorsnede van een langzame zandfilter.

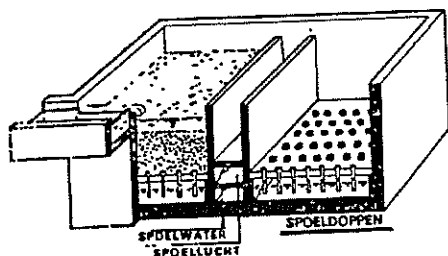
Bij een te hoog oplopende filterweerstand, die reeds na enkele weken bereikt wordt (afhankelijk van de vervuiling van het aangevoerde water), moet de vervuilde bovenlaag (1 á 2 cm) worden verwijderd. Dit kan herhaald worden, tot het werkzame filterbed nog 50 cm bedraagt: daarna moet men opnieuw tot de oorspronkelijke hoogte van 125 cm aanvullen.

Deze arbeidsintensieve reiniging is momenteel één van de grote nadelen voor het gebruik van de langzame zandfilter. Daarnaast is ook nog de grote plaatsruimte en de daardoor hoge bouwkosten als nadeel te vermelden. De eigenlijke taak en tevens het voordeel, van de langzame filtratie is de verbetering van de hygiënische kwaliteit van het behandelde water.

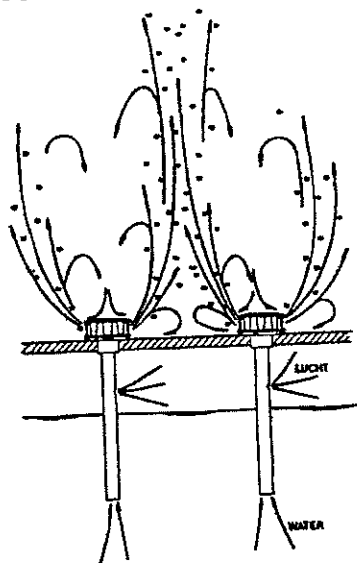
4.5.3.2 Snelfiltratie.

Het water stroomt door het aanwezige filtermateriaal. Bij open filters gebeurt dit onder eigen verval (zwaartekracht). Men kan: ofwel een constant waterniveau boven het filterbed aanhouden, waarbij de doorstroomsnelheid geleidelijk zal afnemen met de vervuiling, ofwel het waterniveau geleidelijk laten stijgen, waarbij de stroomsnelheid bijna constant blijft.

Het te filteren water wordt gelijkmatig boven het filterbed verdeeld en wordt na het passeren van het filtermateriaal en de spoelkoppen onder de filterbodem afgevoerd.

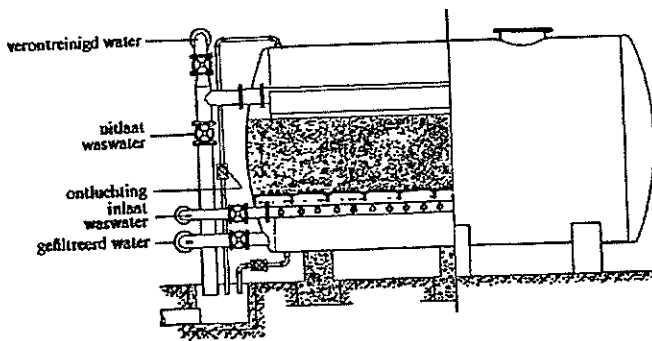


constructie snelfilter



Werking van spoelkop.

De verdeling van de af te filteren deeltjes over de filterbed- hoogte is van belang. Vindt de filtratie alleen plaats in de bovenste 5 á 10 cm van het filterbed, dan zal de weerstand in het filterbed zeer vlug oplopen (oppervlakte-filtratie). Worden ook nog deeltjes tegen gehouden op 50 á 75 % van de diepte van de laaghoogte, dan heeft men een goede werking bereikt, waardoor lange filtratieperioden mogelijk zijn. Men spreekt hier van dieptefiltratie.



Horizontale cilindrische filter.

Bij gesloten filters zal men meestal doorgaan tot het bereiken van een bepaald drukverschil, waarna de spoelfase volgt. De hoeveelheid water, die per m^2 filteroppervlak kan gereinigd worden, is afhankelijk van het filtratiepatroon, de aard en de hoeveelheid van de af te filteren stoffen.

De filtratiesnelheid ligt voor gesloten filters tussen 5 en 20 m/h. De snelheid voor open filters bedraagt meestal 4 tot 8 m/h.

4.5.3.2.1 Het spoelen van een snelfilter

Het verwijderen van de afgefilterde stof, gebeurt in tegenstroom t.o.v. de filtratie. Als spoelwater wordt gezuiverd water aangewend. Het spoelwater wordt onder de filterbodem via de spoelkoppen ingebracht en boven het filterbed, via spoelgoten verwijderd. Om het vastgehechte vuil van het filtermateriaal los te maken, wordt met lucht gespoeld. De sterke bewegingen in het filterbed doen de korrels langs elkaar schuren. Door de erop volgende waterverplaatsing zal het vuil via de afvoergoten worden verwijderd. De luchtspoeling duurt normaal 3 á 6 minuten, bij een debiet van $0,5 m^3/min$ tot 1 soms 2 per m^2 filteroppervlakte.

Na de luchtspoeling wordt met water gespoeld. De watersnelheid moet zo groot zijn, dat de korrels van elkaar loskomen. Het filterbed expandeert hierbij. Een bedexpansie van 2 tot 20 % wordt daarbij aangehouden. De spoeling duurt zolang tot het afgevoerde water helder is. Er kan gerekend worden op 5 tot 15 minuten.

Deze gegevens zijn voor een gemiddelde snelfilter, maar ze zullen voor elke filter anders zijn en ze worden het gemakkelijkst bekomen op experimentele manier (men mag deze cijfers dus niet veralgemenen).

5 Ontsmetting

5.1 Inleiding

Door ontsmetting wil men ervoor zorgen dat bepaalde bestanddelen (meestal ziektekiemen of zo) uit het water verwijderd worden. Dit is geen sterilisatie want bij sterilisatie worden alle levende organismen vernietigd. Er bestaan verschillende ontsmettingsmethoden.

5.2 Warmte

Door het koken van het water worden de ziektekiemen vernietigd. Dit proces duurt wel een kwartier tot 20 minuten. Deze methode is heel betrouwbaar en zal toegepast worden op plaatsen waar er geen waterzuiveringstation aanwezig is.

5.3 UV-stralen (licht)

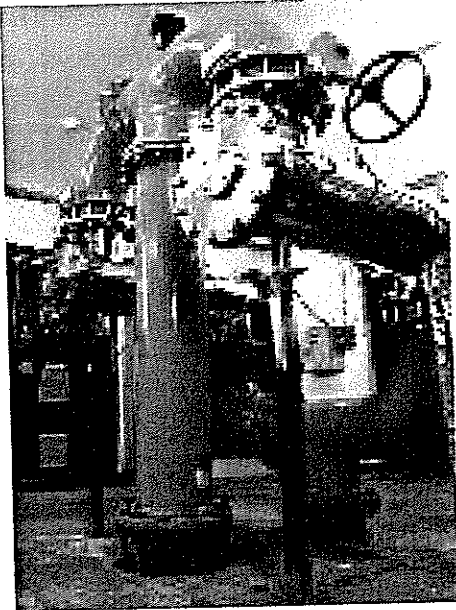
UV-stralen bezitten een bacteriedodende werking door hun golflengte. Stralen met een golflengte tussen 200 en 300nm zijn perfect voor het doden van bacteriën. In de praktijk zal men een UV-lamp plaatsen en op een welbepaalde afstand van die lamp water laten stromen. De ontsmettingstijd bedraagt een paar seconden tot enkele minuten, afhankelijk van de sterkte van de lamp. Deze toepassing bevat een paar voordelen, nl.:

- UV tast de smaak, geur, kleur en pH van het water niet aan
- UV behoeft geen toevoeging van chemicaliën
- UV voegt geen (giftige) bijproducten aan het water toe
- UV systemen zijn compact en eenvoudig te installeren
- UV systemen hebben weinig onderhoud nodig

Enkele nadelen zijn:

- Alleen toepasbaar bij (zeer) helder water, dat ijzer -en mangaanvrij is.
- Voor bepaalde toepassingen kan de kostprijs te hoog zijn.

Dit is een voorbeeld van een UV-systeem:



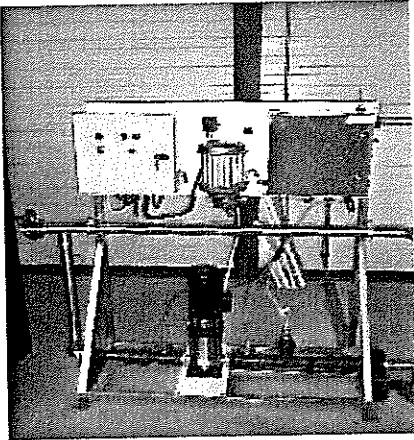
5.4 Ozon

Ozon wordt al meer dan 100 jaar gebruikt voor de desinfectie van drinkwater in afvalwaterzuiveringsinstallaties in Europa. Gedurende deze periode van gebruik van ozon (soms grote hoeveelheden) is er nog nooit een rapportage geweest van een sterfgeval door ozon, in tegenstelling tot andere ontsmettingsmethodes (vb. chloor). Ozon moet echter wel met voorzichtigheid gebruikt worden.

Zaken als 'het gat in de ozonlaag' en 'ozonniveaus in steden' geven de indruk dat het gebruik van ozon slecht voor het milieu zou zijn. Dit is het geval niet, omdat ozon gemaakt wordt van pure zuurstof (O_3) en verdwijnt zonder sporen na te laten. Als ozon schadelijke bacteriën of vervuilingen desinfecteert of afbreekt, ontstaan meestal geen bijproducten, in tegenstelling tot andere desinfectiemiddelen.

Het grote voordeel van ozon is zijn oxidatievermogen. Daardoor worden bepaalde bindingen afgebroken. Ozon maakt het water kleur-, geur- en smaakloos, en het is ook een sterker bacteriedodend middel dan chloor.

Dit is een voorbeeld van een ozon systeem:



5.5 Chloor

De voordelen van het gebruik van chloor als ontsmettingsmiddel zijn: de lage kostprijs, de lage dosering nodig voor desinfectie en zijn goede oplosbaarheid in water.

Chloor kan in verschillende oxidatietoestanden bestaan:

Verbinding	Chloorvalentie
ClO_2	4+
NaClO_2	3+
HOCl	1+
Cl_2	0
NaCl	-1

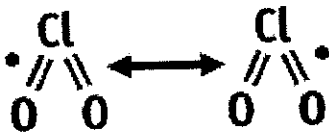
In de praktijk wordt voor de meeste toepassingen chloordioxide (ClO_2) gebruikt, want, hoe groter het oxidatieniveau, hoe hoger het bacteriedodend rendement is. Chloordioxide (ClO_2) is een gas met een krachtige, oxiderende werking en krijgt dus de voorkeur op alle andere als het op ontsmetting, smaak- en reukverbetering aankomt.

5.5.1 Desinfectie door middel van chloordioxide

Chloordioxide kan worden gebruikt als desinfectiemiddel in de waterzuivering. Sinds 1944 wordt het al op grote schaal in Engelse en Amerikaanse waterzuiveringsinstallaties gebruikt voor de ontsmetting van drinkwater

bijvoorbeeld bij het ontsmetten van water uit drinkwateropslagtanks op daken van flats.

5.5.2 Wat is chloordioxide



Chloordioxide is een desinfectie middel dat gebruikt wordt in verschillende bedrijfstakken. Chloordioxide is een oxidator, terwijl chloor desinfecteerd d.m.v. substitutie. Chloordioxide heeft betere eigenschappen dan Chloor. Chloor maakt het water corrosief maar pakt de biofilm niet aan. Chloordioxide kan gebruikt worden tussen pH 4 en pH 10, terwijl Chloor slecht werkt bij een pH boven de 8,5.

De belangrijkste voordelen van chloordioxide ten opzichte van chloor zijn dus:

- De effectiviteit is veel minder pH afhankelijk; pH mag liggen tussen de 4 en 10.
- Het is in staat de biofilm te verwijderen.
- Chloordioxide is wel in staat chloorresistente ziekteverwekkers te doden.
- De corrosiviteit is minimaal.

5.5.3 Hoe werkt Chloordioxide

In tegenstelling tot vele chloorproducten berust de ontsmettende werking van chloordioxide hoofdzakelijk op oxidatie. Het ClO_2 molecuul is in staat vijf elektronen te binden. Mede hierdoor vindt er weinig substitutie door chloor radicalen plaats, wat de vorming van schadelijke bijproducten zoals THM's (trihalomethanen) sterk verminderd.

5.5.3.1 Hoe effectief is chloordioxide en wat zijn de voordelen?

De effectiviteit van chloordioxide is minstens net zo groot als die van chloor en bij lagere concentraties. Hierbij komen echter nog de vele andere voordelen die chloordioxide biedt:

1. De bacteriele afdodingseffectiviteit is veel minder pH afhankelijk, de effectiviteit neemt zelfs toe met een toenemende pH.

2. De hoeveelheid chloordioxide die nodig is om een bepaalde doding te behalen (van bacteriën) is veel lager dan de hoeveelheid die nodig is om met chloor dezelfde doding te halen
3. Door een hogere effectiviteit is de benodigde contacttijd veel lager.
4. ClO₂ is beter oplosbaar in water.
5. De toevoeging van chloordioxide levert geen verhoging van de corrosiviteit op.
6. Chloordioxide blijkt veel effectiever te zijn dan chloor in het doden van sporen en virussen.
7. Het is beter in het doden van chloor resistente ziekteverwekkers zoals cystische parasieten (cryptosporidium en giardia).
8. Chloordioxide reageert niet met amonia.
9. Het vernietigt de THM voorlopers en vergroot de coagulatie.
10. Het vernietigt Phenolen, die geur en smaak problemen veroorzaken.
11. Het verwijdert ijzer en magnesium beter dan chloor, zeker als het gaat om complexe verbindingen.
12. Er is geen risicovol transport nodig, zoals bij het transport van chloorgas, omdat het chloordioxide in een waterige oplossing aangeleverd wordt
13. De werking van ClO₂ is veel minder afhankelijk van de temperatuur.

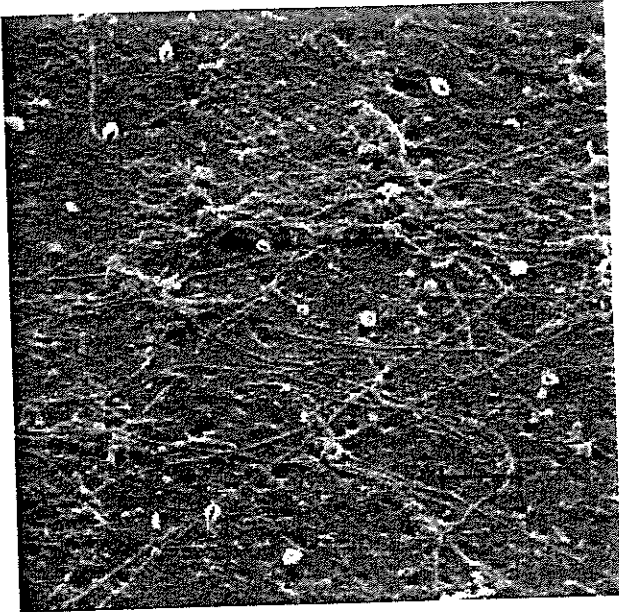
5.5.3.2 Wat zijn de toepassingsgebieden

- Warm en koud watersystemen
- Groentewas processen
- Gaswassers
- Drinkwater desinfectie

5.5.3.2.1 Legionella preventie en bestrijding.

In de preventie en bestrijding van Legionella organismen heeft chloordioxide een voorname rol ingenomen. De specifieke eigenschappen van deze stof zorgen voor een toepasbaarheid waar andere middelen te kort schieten. Biofilmvorming is in het leidingsysteem vaak een besmettingsbron die moeilijk aan te pakken is. De biofilm vormt een beschermende laag over de pathogene organismen waardoor deze niet bereikt worden door de meeste desinfectiemiddelen. In het verleden bleken producten als hypochloriet hierdoor tekort te schieten als legionella-bestrijder Chloordioxide doodt niet alleen de bacteriën maar is ook effectief in het verwijderen en voorkomen van biofilmvorming door zijn residuale werking.

Foto biofilm



5.5.3.2.1.1 Legionella in biofilm

Zoals eerder vermeld is biofilm een ideale beschermingsmantel voor bacteriën en potentiële ziektes te kunnen broeien. De voorkoming van biofilmvorming heeft, afgezien van het verwijderen van een mogelijke besmettingsbron, nog andere voordelen, nl.: pompen worden ontlast, het leidingwerk wordt gespaard van hogere drukken en de onderhoudsfrequentie kan verlaagd worden. Daarom zal men in veel toepassingen chloordioxide gebruiken.

5.5.3.2.2 Desinfectie van Koeltorens

Het reinigen en desinfecteren van koeltorens is noodzakelijk om een aantal redenen. Het is algemeen bekend dat het warmtewisselingsrendement hoger is bij schone leidingen, maar dat koeltorens ook een mogelijke besmettingsbron zijn door legionellabacteriën, is een betrekkelijk nieuw inzicht

Het gebruik van chloordioxide, bij de desinfectie, reiniging en onderhoud van koeltorens, levert de volgende voordelen op:

- Chloordioxide is een zeer effectief desinfectant, ook tegen de legionella bacterie.
- Het verwijderd biofilmvorming waardoor het thermisch rendement verhoogd wordt.

- Het voorkomt door biofilm gevormde corrosie en verbetert daardoor de pomp-efficiëntie.
- In tegenstelling tot chloor is chloordioxide effectief bij een pH tussen de 4 en 10 en is er dus geen extra zuur nodig om het systeem PH op peil te brengen. Het is bovendien niet nodig om het koelwater te verversen bij de schoonmaak.
- Chloordioxide veroorzaakt geen extra corrosie aan apparatuur en verminderd de corrosie aan plastic onderdelen t.o.v. chloor.
- Chloordioxide kan ook als spray gebruikt worden, waardoor alle onderdelen gereinigd kunnen worden.
- De dosering kan ook proportioneel of aan tijd gekoppeld of onder redoxcontrole gebeuren.

5.5.3.2.3 Gaswassers

Het ontwerp van gaswassers komt overeen met dat van koeltorens. Het grootste verschil tussen de twee is het feit dat gaswassers druksystemen zijn en koeltorens vacuum systemen. In gaswassers wordt het water gecirculeerd en tegen de luchtstroom in geïnjecteerd. Dit heeft tot doel de geurproducerende deeltjes uit de gasstroom te adsorberen. Chloordioxide kan aan het circulatie water toegevoegd worden. Het reageert snel met de in het water aanwezig geurdeeltjes, maar ook met de deeltjes welke nog in de lucht aanwezig zijn.

5.5.3.2.4 Drinkwater desinfectie

Chloordioxide wordt al jaren gebruikt in de drinkwaterdesinfectie (US sinds 1944). Er was een sterke behoefte aan een alternatief voor chloorproducten. ClO_2 bleek een uitstekende vervanger. De belangrijkste reden hiervan is dat chloordioxide, in tegenstelling tot bv. hypochloriet nauwelijks schadelijke bijproducten vormt. Sinds 1944 zijn vele drinkwaterbedrijven in de VS en in het UK overgestapt op chloordioxide.

5.6 Vergelijking van de verschillende ontsmettingsmethodes.

Elke techniek heeft zo zijn specifieke voor- en nadelen en dus zijn eigen toepassingsgebied. In de onderstaande tabel staan voor de verschillende ontsmettingsmethode de voor- en nadelen aangegeven:

Techniek	Milieu vriendelijkheid	Bijprodukten	Effectiviteit	Investing	Operationele kosten
Ozon	+	+	++	-	+
UV	++	++	+	+/-	++
Chloordioxide	+/-	+/-	++	++	+

In de onderstaande tabel staan enkele toepassingen voor de verschillende ontsmettingstechnieken.

Techniek	Toepassingen
Ozon	Farmaceutische industrie, drinkwater, proceswater, ultra puur water, oppervlakte ontsmetting
UV	Proceswater, drinkwater, ozon afbraak, ultra puur water, oppervlaktereiniging, waterdesinfectie.
Chloordioxide	Drinkwater, ontsmetten leidingen, waterontsmetting.

5.7 Verwijdering van de smaak en geurstoffen.

Er bestaan veel verschillende oorzaken van een slechte geur of smaak. De smaak wordt zeer snel beïnvloed door metaalzouten; een kleine hoeveelheid van deze metaalzouten kan de smaak in grote mate beïnvloeden.

Er bestaan verschillende soorten vervuilingen: industriële, huishoudelijke en natuurlijke. De natuurlijke zijn het minst slecht voor het milieu. Meestal komt er een combinatie van deze 3 vervuilingen voor. De behandelingsmethode is dan ook meestal een combinatie van verschillende methoden.

5.7.1 Beluchting

Geur- en smaakstoffen die als gassen opgelost zijn in het water, kunnen door beluchting verwijderd worden. Dit proces wordt verder besproken bij ontzuring.

5.7.2 Adsorptie

Er zijn veel stoffen die door middel van adsorptie kunnen verwijderd worden. Men laat het water doorheen een filter met deze adsorptiemiddelen stromen of men stelt het water op een andere manier in contact met de adsorptiestoffen. Als adsorptiemiddelen gebruikt men vooral actieve kool en soms ook synthetische adsorptieharsen.

5.7.3 Oxidatie

Geur- en smaakstoffen kunnen door oxidatie verwijderd worden. Hoe groter de oxidatiekracht van het oxidatiemiddel is, hoe vollediger de verwijdering zal zijn. Zoals reeds eerder bij ontsmetting vermeld wordt er gebruik gemaakt van chloor, UV-stralen of ozon. Door het ontsmetten van het water verdwijnt voor een groot stuk de slechte geur en smaak.

6 Ontzuring

Zuren in water hebben de eigenschap bijtend te zijn; denk maar aan zure regen, zure regen kan verschillende materialen aantasten. Ontzuring heeft dus het doel de agressiviteit op te heffen, dus het zuur (dat voor de agressiviteit zorgt) uit het water halen. Het zuurstofgehalte in het water is ook een belangrijke factor als het over aantasting van metalen gaat. In gewoon water komen er eigenlijk geen vrije minerale zuren voor. Het zuur dat verwijderd moet worden is dus het koolzuur.

6.1 Ontzuringsmethodes

6.1.1 Beluchting

Als er contact is tussen water en lucht dan zal er een evenwicht ontstaan tussen de in het water opgeloste gassen en de partiële druk van het gas in de lucht. Als het water dus meer koolzuur bevat dan wat met dit evenwichtsgelalte overeenkomt, dan zal het koolzuur uit het water gedreven worden. Hoe meer koolzuur het water bezit ten opzichte van de lucht, hoe sneller de reactie zal verlopen. Er zijn natuurlijk een paar logische voorwaarden van belang voor het verwijderen van koolzuur met beluchting. Een zo groot mogelijk contactoppervlak is van groot belang, maar dat contactoppervlak moet regelmatig vernieuwd worden (het water moet dus in beweging zijn). Een goede luchtverversing is eveneens gewenst.

6.1.2 Toevoeging van chemicaliën

Bij ontzuring door toevoeging van chemicaliën wordt vooral kalk gebruikt. Kalk was één van de eerste middelen die men gebruikte om water te ontzuren. Een goede dosering is de boodschap; daarom moet de pH van het water voortdurend gecontroleerd worden. Het ontzuren van water met kalk is gebaseerd op het principe van het kalk – koolzuurevenwicht.

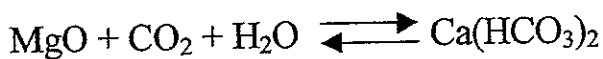
6.1.3 Ontzuring door contact met een ontzuringsmassa

Het voordeel om het te ontzuren water in contact te brengen met een ontzuringsmassa, is dat de bediening en de dosering heel gemakkelijk is. Het gebruikte materiaal moet soms wel gespoeld en bijgevuld worden. Enkele materialen die hiervoor gebruikt worden zijn: marmer, magnesiet en halfgebrande dolomiet.

6.1.3.1 Marmer

Marmer is het oudst gebruikte product voor ontzuring met ontzuringsmassa's. Bij filtering met marmer wordt een korrelgrootte van 0.4 tot 4mm gebruikt.

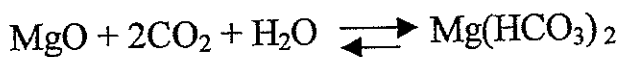
De volgende reactie gebeurt:



Deze reactie verloopt wel zeer traag en daarom mag de filtratiesnelheid niet meer dan 1 à 2m/h bedragen.

6.1.3.2 Magnesiet (MgO)

Magnesiet is eigenlijk gebrand magnesiumcarbonaat en zijn reactie met koolzuur verloopt 5 à 10 keer sneller dan die van marmer. Dit is de reactie:

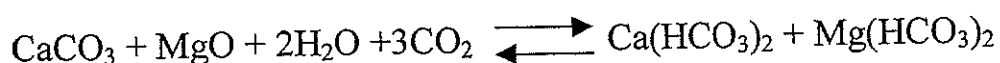


Magnesiet wordt echter niet veel als ontzuringsmassa gebruikt omdat het na een bepaalde tijd in het water, week wordt en een te hoge pH aan het water geeft; de smaak wordt daardoor ook beïnvloed.

6.1.3.3 Halfgebrande dolomiet

Het ontzuren met halfgebrande dolomiet is eigenlijk een combinatie van marmer - en magnesietontzuring. Het uitgangproduct is dolomiet.

Indien men aanneemt dat beide componenten (CaCO_3 en MgO) evenveel aan de ontzuring deelnemen, hetgeen in de praktijk niet altijd zo gebeurt, verloopt de reactie als volgt:



De bedrijfskosten zijn hoger dan bij marmer en er zijn extra maatregelen nodig.

7 Ontgassing

De levensduur van vele machines (die werken met water) is afhankelijk van de kwaliteit van het water. Ook de aanwezigheid van verschillende gassen, met als belangrijkste zuurstof en kooldioxide, is schadelijk voor deze machines, doordat ze corrosie veroorzaken. Kooldioxide bindt met het water tot koolzuur en (zoals bestudeert in het vorige hoofdstuk) zal het materiaal aantasten.

Water wordt meestal thermisch ontgast; men gaat dus het water laten koken, want als het water kookt, is de oplosbaarheid van de gassen immers nul. De vrijgekomen gassen (door het koken) moeten dan nog worden verwijderd.

De ontgassing kan ook onder overdruk gebeuren of in het vacuüm. De eerste methode krijgt de voorkeur als men de volledige verwijdering van zuurstof wil.

8 Besluit.

Er komt veel kijken bij het zuiveren van water. Het is eigenlijk niet zo vanzelfsprekend dat er gewoon zuiver water uit onze kraan vloeit. Men zou er veel voorzichtiger moeten mee omspringen want zoals de cijfers in het eerste hoofdstuk aantonen is slechts 0,003% van al het aanwezige water op aarde echt zuiver (drinkbaar). Het zuiveren van water wordt dus steeds belangrijker.

Water is een van de eenvoudigste stoffen die de mensen kennen, maar eigenlijk zit er meestal veel meer in dan je denkt.

Voor alle bestaande vervuilingen zijn er zuiveringsmethodes, het moeilijke is natuurlijk de juiste zuiveringsmethode toe te passen bij de juiste vervuiling. Niet elk soort water kan gezuiverd en behandeld worden door één zuiveringstechniek. De waterbehandeling dient afgestemd te worden op de soort vervuiling en de gewenste waterkwaliteit.

Ik denk dat in mijn GIP de meeste belangrijke zuiveringsmethodes wel besproken zijn geweest en dat men na het lezen een duidelijk beeld heeft van wat de behandeling van water nu juist inhoudt. Natuurlijk heb ik niet alles kunnen bespreken en zijn er nog andere stoffen in water die men, indien men zuiver water wil bereiden, moet verwijderen. Maar de bedoeling was gewoon eens te proeven van wat waterbehandeling betekent en de belangrijkste zuiveringsmethodes te leren kennen.

9 Bronnen

Het boek 'Waterbehandeling' door dhr. Van Haute A.
De boeken 'Primaire, Secundaire en Tertiaire zuivering van water' van dhr. Van Haute A.
De cursus: 'Zuivering van water' van de K.U. Leuven (richting bio-ingenieur).
De cursus: 'Drinkwaterbereiding' van de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening.

10 Bijlagen

- Logboek

Datum	Tijd besteed	Wat gedaan
19/11/2002	3u	Doornemen cursus waterbehandeling en aanduiden interessante delen
23/11/2002	2u	Copiëren cursus waterbehandeling
27/11/2002	2u	Zoeken van informatie op internet
29/11/2002	2u	Zoeken van informatie op internet
8/12/2002	3u	Zoeken van informatie op internet en verwerken
27/12/2002	3u	Instuderen boek waterbehandeling en maken van korte samenvattingen
28/12/2002	4u	Instuderen boek waterbehandeling en maken van korte samenvattingen
3/01/2003	4u	Instuderen boek waterbehandeling en maken van korte samenvattingen
10/01/2003	2u	Instuderen boek waterbehandeling en maken van korte samenvattingen
20/01/2003	2u30	Doornemen informatie gevonden in bib. Te Oostende
23/01/2003	2u	Uitzoeken van nuttige dingen uit boeken
25/01/2003	2u	Copiëren van nuttige informatie
27/01/2003	2u	Informatie zoeken in bib. Oostende
29/01/2003	2u	Opzoeken informatie in bibliotheek van KHBO
29/01/2003	2u	Instuderen en kopiëren van nuttige informatie
1/02/2003	3u	Uittypen van korte samenvatting
2/02/2003		Contact opnemen met Vlaamse Maatschappij voor watervoorziening
5/02/2003	3u	Typen eertse stuk
6/02/2003	2u	Typen stuk over hardheid van water
9/02/2003	3u	Verder typen eerste stuk over hardheid van water
11/02/2003		Ontvangen van geschikte boeken en cursussen van VMVW
12/02/2003	3u	Doorlezen van ontvangen informatie
15/02/2003	3u	Copiëren van nuttige informatie
18/02/2003	3u	Intypen van eerste stuk van waterhardheid
22/02/2003	6u	Verder typen eerste stuk over hardheid van water
26/02/2003	2u	Verder typen eerste stuk over hardheid van water
1/02/2003	3u	Verder typen eerste stuk over hardheid van water
3/02/2003	2u	Verder typen eerste stuk over hardheid van water
4/02/2003	3u	Informatie instuderen over coagulatie en flocculatie
6/02/2003	3u	Verder typen eerste stuk over hardheid van water
8/02/2003	1u	Typen van hoofdstuk over coagulatie en flocculatie
12/02/2003	3u	Typen van hoofdstuk over coagulatie en flocculatie
15/02/2003	3u	verbeteren van hoofdstuk over waterhardheid
8/03/2003	4u	Typen van hoofdstuk over coagulatie en flocculatie
10/03/2003	3u	Typen van hoofdstuk over coagulatie en flocculatie
15/03/2003	2u	Typen van inleiding
16/03/2003	3u	Verder typen inleiding
19/03/2003	5u	Verder werken aan inleiding en verbeteren van hoofdstuk over coag. en floc.
26/03/2003	2u	Beginnen aan nieuw hoofdstuk over zuiveringsmethodes
1/03/2003	3u	Verder werken aan hoofdstuk over zuivering
3/03/2003	4u	Verder werken aan hoofdstuk over zuivering
6/03/2003	3u	Verder werken aan hoofdstuk over zuivering
8/03/2003	3u	Verder werken aan hoofdstuk over zuivering
10/03/2003	2u	Verbeteren van inleiding
11/03/2003	1u	Verder werken aan hoofdstuk over zuivering
13/03/2003	3u	Verder werken aan hoofdstuk over zuivering
14/03/2003	2u	Zoeken van informatie over ontsmetting
17/03/2003	4u	Typen van hoofdstuk over ontsmetting
18/03/2003	3u	Typen van hoofdstuk over ontsmetting
19/03/2003	2u	Typen van hoofdstuk over ontsmetting
21/03/2003	3u	Typen van hoofdstuk over ontsmetting
23/03/2003	2u	Beginnen aan hoofdstuk ontzuring
24/03/2003	3u	Verder werken aan hoofdstuk over ontzuring

25/03/2003	4u	Verder werken aan hoofdstuk over ontzuring
27/03/2003	3u	Verder werken aan hoofdstuk over ontzuring
29/03/2003	7u	Typen van stuk over ontgassing en besluit + verbeteren van andere stukken
30/03/2003	2u	Typen van besluit en woord vooraf
31/03/2003	5u	Verbeteren van GIP
1/04/2003	4u	Verbeteren en inbundelen van GIP

