

BTO 2019.014| Maart 2019

BTO rapport

Achtergrond
chloridenormering en
analyse effecten van
overschrijding van de
norm

BTO

Achtergrond chloridenormering en analyse effecten van overschrijding van de norm

BTO 2019.014 | Maart 2019

Opdrachtnummer

402045/105/002

Projectmanager

Ir. J.A.G. (Jos) Frijns

Opdrachtgever

BTO - Beleidsonderbouwend onderzoek

Kwaliteitsborger(s)

Prof. dr. C.J. (Kees) van Leeuwen, drs. P.G.G. (Nellie)
Slaats, dr. M.M.L. (Milou) Dingemans

Auteur(s)

dr. J. (Joanneke) van Vossen- van den Berg, dr. ir.
D.G. (Gijsbert) Cirkel, drs. N.J. (Nicole) Nijhuis, ing.
G.A.M. (George) Mesman en ing. H. (Hans) Huiting

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en
is openbaar.

Jaar van publicatie
2019

Meer informatie

dr. J. (Joanneke) van Vossen
T 030-6069598
E Joanneke.van.Vossen@kwrwater.nl

Keywords

chloride, norm, gezondheid, corrosie,
natuur

Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



BTO 2019.014 | Maart 2019 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

BTO Managementsamenvatting

Hogere chlorideconcentraties dan de huidige norm grijpen in op veel aspecten van de drinkwaterlevering

Auteur(s) dr. J. (Jozanneke) van Vossen- van den Berg, dr. ir. D.G. (Gijsbert) Cirkel, drs. N.J. (Nicole) Nijhuis, ing. G.A.M. (George) Mesman en ing. H. (Hans) Huiting

Tijdens de zomer van 2018 zijn een aantal drinkwaterproductielocaties geconfronteerd met hogere chlorideconcentraties dan gebruikelijk, tot zelfs boven de drinkwaternorm (Andijk). Chlorideconcentraties hoger dan de huidige drinkwaternorm hebben potentieel invloed op een groot aantal aspecten van de drinkwatervoorziening, zoals de gezondheid van kwetsbare gebruikers, corrosie van ongecoate metalen die met drinkwater in aanraking komen, kwetsbare natuur rond infiltratiesystemen en landbouw- en industrieproducten. Met uitzondering van het IJsselmeer is de kans op langdurige en substantiële overschrijdingen van de drinkwaternorm in de huidige bronnen niet groot of zijn mitigerende maatregelen voorhanden. Voor het overgrote deel van Nederland blijven de gevolgen van tijdelijk hogere chlorideconcentraties dan ook beperkt. Bij onverhoopt toch langdurige overschrijding van de norm in het drinkwater, vragen een aantal punten om extra aandacht en nader onderzoek. Het gaat hierbij om de zoutinname van zuigelingen via flesvoeding en de gevolgen hiervan, de gevolgen voor dialyse patiënten en dialyse apparatuur, de effecten op natuur in infiltratiegebieden en het afwijken van afspraken met externe stakeholders, in bijvoorbeeld de industrie en landbouw over de waterkwaliteit voor hun installaties en producten.

Belang: borging van de hoge drinkwaterkwaliteit

Eén van de meest in het oog springende gevolgen van de droogte in de zomer van 2018 was dat in het IJsselmeer bij het inlaatpunt bij Andijk chlorideconcentraties voorkwamen die ruim boven de wettelijke norm voor oppervlaktewater ten behoeve van drinkwaterproductie lagen. Door direct maatregelen te treffen is de levering van drinkwater gewaarborgd. De situatie gaf aanleiding om te onderzoeken wat de achtergrond is van de norm voor chloride in drinkwater (150 mg/l, jaargemiddeld) en welke effecten (tijdelijke) overschrijdingen van deze norm kunnen hebben.

Aanpak: Risicoanalyse geeft totaaloverzicht

Via een risicoanalyse van de gehele drinkwatervoorziening van bron tot eindgebruiker is onderzocht waar en op welke manier een overschrijding van de huidige chloridenorm potentieel effect heeft. Deze effecten zijn waar mogelijk gekwantificeerd.

Resultaten: kwaliteit goed geborgd, kortdurende overschrijdingen hebben beperkt invloed

In warme en/of droge periodes kunnen chlorideconcentraties in oppervlaktewater tijdelijk oplopen, omdat lage rivierafvoeren minder tegendruk geven tegen verzilting uit zee en omdat belastingen dan minder verdund worden. De chlorideconcentraties in het oppervlaktewater zijn het grootste deel van het jaar aanzienlijk lager dan de norm. Daarom zijn in deze studie de gevolgen van een verhoogde chlorideconcentratie op een tijdschaal van maximaal enkele maanden achter elkaar bekeken. De verhoogde chlorideconcentratie in het ruwe water hoeft overigens lang niet altijd de klant te bereiken door mitigerende maatregelen van de drinkwaterbedrijven (zoals tijdelijke innamestops of bijmenging met drinkwater uit andere bronnen).

Gezien de meestal beperkte mogelijkheden voor verwijdering in de zuivering, is de chlorideconcentratie in drinkwater direct

verbonden met die in grond- en oppervlaktewater. De huidige drinkwaternorm voor chlorideconcentratie is daarom verankerd in een uitgebreid net van nationale en internationale wetgeving. Eventuele aanpassing van de norm betekent ook aanpassing van alle relevante wetgeving.

In het algemeen zal een beperkte overschrijding van de norm gedurende maximaal enkele weken beperkte effecten hebben. Als overschrijdingen groter zijn en langer duren, is aandacht en mogelijk nader onderzoek nodig:

- Een overschrijding van de chloridenorm tot maximaal 250 mg/l blijft binnen de WHO norm en zal de gemiddelde consument geen gezondheidsschade opleveren. Dit kan anders zijn voor kwetsbare gebruikers zoals fles gevoede zuigelingen en nierpatiënten.
- Hogere chlorideconcentraties in water dat voor drinkwaterproductie wordt gebruikt kunnen leiden tot hogere corrosiesnelheden, hoger energieverbruik en meer inzet van chemicaliën in de zuivering, zowel bij drinkwaterbedrijven als bij externe stakeholders met eigen installaties (zoals industrie en landbouw). Hogere chlorideconcentraties kunnen ook effect hebben op productieafspraken in de industrie.
- De drinkwaterbedrijven beheren een aantal kwetsbare natuurgebieden, waarvan de gevoeligheid van flora en fauna voor hogere chlorideconcentraties bij infiltratie aanzienlijk kan zijn. Het is aan te bevelen om dit per infiltratiegebied te inventariseren.

Toepassing: controleer de lokale situatie!

De resultaten van dit onderzoek zijn samengevat in onderstaande overzichtstabel waarmee drinkwaterbedrijven kunnen bepalen of risico's moeten worden gereduceerd, bijvoorbeeld door het uitvoeren van lokale inventarisaties naar ecosystemen, materiaalgebruik in de zuivering en het leidingnet en afspraken met industrie en landbouw.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Achtergrond chloridenormering en analyse effecten overschrijding van de norm* (BTO 2019.014).

Meer informatie

dr. J. (Joanneke) van Vossen

T 030-6069598

E Joanneke.van.Vossen@kwrwater.nl

KWR

PO Box 1072

3430 BB Nieuwegein

The Netherlands



Type	Beschrijving	<1 maand	1-2 maanden	>2 maanden
Volksgezondheid*	Effecten gezondheid nierpatiënten	Beperkt	Effect	Effect
	Gevolgen natrium beperkt dieet	Beperkt	(Mogelijk) Effect	(Mogelijk) Effect
	Gevolgen voor dieet zuigelingen	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Bedrijfstechnisch (intern en extern)	Toename corrosie metalen	Beperkt	Beperkt	Effect
	Hoger chemicaliënverbruik	Effect	Effect	Effect
	Hoger energieverbruik	Effect	Effect	Effect
	Aanpassingen installaties	Geen	Beperkt	Effect
	Bruinwater klachten	Onbekend	Onbekend	Onbekend
	Verkorte levensduur materialen	Geen	Geen	Beperkt
Organoleptisch Wettelijk kader	Smaakklachten	Beperkt	Beperkt	Beperkt
	Overschrijding normen Drinkwaterbesluit	Effect	Effect	Effect
	Overschrijding normen infiltratiebesluit	Effect	Effect	Effect
	Overschrijding normen KRW	Effect	Effect	Effect
	Overschrijding normen Besluit Kwaliteit en monitoring water	Effect	Effect	Effect
Overig	Verziltning bekkens	Geen/ Beperkt**	Effect	Effect
	Natuurschade duingebieden	Beperkt	Effect***	Effect
	Productieverlies vee	Beperkt	Effect	Effect
	Productieverlies gewassen	Effect****	Effect****	Effect****
	Productsamenstelling industrie	Effect	Effect	Effect

*afgestemd met RIVM, **Afhankelijk van omvang bekkens en mogelijkheid om inname water te ontwijken, ***Afhankelijk van lokale ecosystemen, ****gewasafhankelijk, aanwezigheid van ontzilting en groeifase afhankelijk

Inhoud

Inhoud	1
1 Inleiding	2
1.1 Aanleiding	2
1.2 Doel	2
1.3 Leeswijzer	2
2 Achtergrond huidige normering	3
2.1 Wettelijk kader	3
2.2 Bronnen van chloride	5
3 Identificatie en analyse van risico's van tijdelijke of permanente versoepeling van de chloridenorm	13
3.1 Aanpak	13
3.2 Verzilting van bekkens en reservoirs (2 en 6)	13
3.3 Corrosie (3, 5, 6, 7, 8 en 9)	14
3.4 Effectiviteit zuiveringsprocessen (3 en 5)	16
3.5 Kwaliteit oppervlaktewater en natuurschade (4)	17
3.6 Klant (9)	18
4 Totaaloverzicht en discussie	23
4.1 Discussie en aanbevelingen	23
4.2 Totaaloverzicht	25
5 Referenties	27
Bijlage I Overzicht potentiële risico's chloride en bekkens	30
Bijlage II Overzicht potentiële risico's chloride in het distributienet	31
Bijlage III Overzicht potentiële risico's effectiviteit zuiveringsprocessen	34
Bijlage IV Overzicht potentiële risico's oppervlaktewaterkwaliteit en natuurschade	36

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Eén van de problemen tijdens de droogteperiode in 2018 betrof verzilting, o.a. van het IJsselmeer. Vooral de dreiging van levering van drinkwater met een hoger chloride gehalte dan de wettelijke drinkwaternorm (ook jaargemiddeld hoger) heeft geleid tot vragen over de hoogte van deze norm en de mogelijke effecten van een versoepeling. Het gaat hierbij zowel om effecten onder gangbare omstandigheden alsook als tijdens noodsituaties. Het eventueel versoepelen van de norm vraagt een zorgvuldige afweging, waarbij in ieder geval wordt ingegaan op de achtergrond van de normering, effecten op de volksgezondheid, het risico van corrosie, de smaak van drinkwater en mogelijk ontwikkelingen ten aanzien van zoutlozingen in het buitenland op naar Nederland stromend oppervlaktewater.

Om te bepalen of een norm kan worden versoepeld, is een risicoanalyse nodig. Een risicoanalyse bestaat in het algemeen uit een cyclus van de volgende stappen:

1. Identificatie van de effecten: welke effecten treden er op bij toenemende concentraties?
2. Analyse van de bronnen en de blootstelling. Hiermee kan in combinatie met de effecten een inschatting gemaakt worden van de risico's: wat is de kans dat een gebeurtenis zich voordoet en welke effecten treden op?
3. Mitigatie: kunnen de risico's worden gereduceerd en hoe? Voorafgaand aan deze stap worden de risico's door de sector gewaardeerd.
4. Monitoring: hoe verandert het risico in de tijd na het al of niet nemen van risicobeperkende maatregelen?

Het voorliggende project betreft de eerste twee vragen van de risicoanalyse.

1.2 Doel

In dit project is gevraagd om de eerste twee stappen van de risicoanalyse voor eventuele versoepeling van de chloridenorm in drinkwater uit te voeren met een brede focus van bron tot en met consument. Deze risicoanalyse wordt uitgevoerd door het effect en kans te beschouwen van chlorideconcentraties boven de huidige drinkwaternorm van 150 mg/l (jaargemiddeld). Dit levert:

- Een matrix met een overzicht van risico's van bron tot en met consument inclusief inschatting van kans en effect;
- Inzicht in de bronnen van chloride.

1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de achtergrond van de normering voor chloride met een beschrijving van het wettelijk kader en van de bronnen van chloride in drinkwater. In hoofdstuk 3 wordt voor de gehele drinkwatervoorziening van bron tot levering een analyse gepresenteerd van mogelijke risico's. In hoofdstuk 4 worden deze risico's samengevat en bediscussieerd met aanbevelingen.

2 Achtergrond huidige normering

2.1 Wettelijk kader

2.1.1 Relevante wetgeving

Om de kwaliteit van drinkwater, oppervlaktewater en grondwater te waarborgen, is een vangnet aan wettelijke eisen vastgelegd. De belangrijkste in relatie tot chloride in drinkwater zijn hieronder samengevat:

- De Drinkwaterwet (2009): deze wet heeft als doel om de openbare drinkwatervoorziening te garanderen, zodat alle stakeholders toegang hebben tot drinkwater van goede kwaliteit tegen een redelijke prijs.
 - Drinkwaterbesluit (2011): in dit besluit wordt de regelgeving nader uitgewerkt met o.a. eisen aan meetprogramma's, monsternamen en analyse. Daarnaast worden hierin de monitoringsparameters benoemd met de bijbehorende normering.
 - Drinkwaterregeling (2011): in deze regeling worden een aantal onderwerpen van uitvoeringstechnische aard uitgewerkt.
- Waterwet (2009): deze wet regelt het beheer van oppervlakte- en grondwater (vanaf 2021 zal deze wet worden vervangen door de Omgevingswet).
 - Waterbesluit (2009): in dit besluit is de landelijke verdringingsreeks vastgelegd en de toedeling van het beheer van oppervlaktewaterlichamen. Ook regelt het Waterbesluit inhoudelijke elementen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR).
 - Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (2009): dit besluit regelt samen met de onderliggende Regeling monitoring kaderrichtlijn water de opname in het Nederlands recht van de waterkwaliteitsdoelstellingen van de kaderrichtlijn water (KRW) inclusief doelstellingen van de grondwaterrichtlijn en de richtlijn prioritair stoffen. Het besluit is gegrond in de wet milieubeheer en gekoppeld aan de Waterwet (2009). In dit besluit en de regeling worden de eisen aan het monitoringsprogramma vastgesteld. Vanaf 2021 zullen de normen voor chloride ongewijzigd worden opgenomen in het Besluit Kwaliteit Leefomgeving.
- Wet bodembescherming (1987): deze wet geeft een kader voor de bescherming tegen verontreiniging van de bodem, procedures voor bodemsanering, het omgaan met verontreinigde grond en gebiedsgericht grondwaterbeheer. De wet richt zich op landbodems, waterbodems vallen onder de Waterwet (2009).
 - Infiltratiebesluit bodembescherming: dit besluit bevat toetsingswaarden voor het infiltreren van water in de bodem en heeft als doel het beschermen van de grondwaterkwaliteit.

De wetten zijn gericht op verschillende "watertypen" en taken (drinkwatervoorziening, oppervlaktewaterbeheer etc.). Een overzicht van de verschillende normen en op welk water ze betrekking hebben staat in onderstaande tabel:

Tabel 2-1 Overzicht normen chlorideconcentratie water.

Norm chloride	Wet/besluit/Regeling	Watertype
150 mg/l (jaargemiddeld)	Drinkwaterbesluit, bijlage A, tabel III	Drinkwater
150 mg/l (jaargemiddeld)	Drinkwaterregeling, Bijlage 5	Inname oppervlaktewater bestemd voor de bereiding van drinkwater
150 mg/l	Besluit Kwaliteitseisen en monitoring water, Bijlage III	Oppervlaktewater gebruikt voor de bereiding van voor menselijke consumptie bestemd water
200 mg/l , gedurende 70 dagen per jaar maximaal 300 mg/l	Infiltratiebesluit, Bijlage 1	Te infiltreren water, afkomstig uit een oppervlaktewaterlichaam

2.1.2 Achtergrond normering

In het Drinkwaterbesluit (2011) is een lijst met indicatorparameters opgenomen met een normering voor maximale waarden in het drinkwater in Bijlage A. Deze parameters zijn onderverdeeld in vier categorieën (Dijk-Looijaard, 1993):

- Volksgezondheid: parameters met een directe relatie met de volksgezondheid. De normstelling wordt bepaald op basis van de WHO richtlijn of een normbepaling door het RIVM.
- Bedrijfstechnisch: deze parameters zijn belangrijk voor de bedrijfsvoering en de waterkwaliteit, zoals bruin water door corrosie. Indirect kunnen ze wel van invloed zijn op de andere categorieën.
- Esthetisch/organoleptisch: de normwaarde voor deze parameters is gerelateerd aan comfort (bv. smaak of geur) voor de gebruikers.
- Voorzorg/ethisch: dit zijn signaleringsparameters die vanuit allerlei verschillende overwegingen een normwaarde krijgen.

In het Drinkwaterbesluit (2011) zijn in artikel 25 de gevolgen gesteld van niet voldoen aan de normen voor bovenstaande parameters in het drinkwater:

- Het direct en volledig informeren van de toezichthouder en onderzoeker naar oorzaak en gevolgen voor volksgezondheid;
- Het nemen van passende herstelmaatregelen, tenzij de toezichthouder concludeert dat de overschrijding geen nadelige gevolgen heeft voor gezondheid van consumenten en aan hen toebehorende goederen;
- Informeren van afnemers en consumenten, tenzij er geen nadelige gevolgen zijn voor de gezondheid van consumenten en aan hen toebehorend goederen.

Dijk-Looijaard (1993) heeft een herziening van de normering uitgevoerd voor het toenmalige vigerende Waterleidingbesluit. Samen met de Wegwijzer Waterkwaliteit (Hovenier et al., 2001) vormt dit de meest recente onderbouwing van de huidige normering en indeling van de indicatorparameters in het Drinkwaterbesluit (2011). Tussentijdse herzieningen sinds 2001 hebben niet geleid tot herzieningen. Wel zijn er

ontwikkelingen geweest ten aanzien van signaleringswaarden en risicogestuurde monitoring (zie ook (Aa et al., 2018)).

Wat betreft saliniteit van drinkwater is de grootste bron natriumchloride (NaCl, ook wel keukenzout genoemd). De chlorideconcentraties in water kunnen ook variëren door belasting met andere zouten, maar deze bronnen zijn minder van belang voor de chlorideconcentratie in het water, zie paragraaf 2.2. In voorliggende rapportage ligt de nadruk dan ook op natriumchloride als voornaamste bron van chloride in het drinkwater. De grootste variaties in chloride concentratie treden op als gevolg van verzilting vanuit zee of variatie in rivierafvoeren (in de winter kan strooizout nog een bron zijn, ook deze bestaat vooral uit NaCl). De molaire gewichten van natrium en chloride verhouden zich als 4:6. Dat betekent dat (als wordt uitgegaan van enkel natrium als kation) als de chlorideconcentratie toeneemt van 100 naar 250 mg/l, de natriumconcentratie toeneemt van 67 naar 167 mg/l. De drinkwaternormen voor natrium en chloride zijn beide 150 mg/l (jaargemiddeld).

- Chloride: Chloride is in het Drinkwaterbesluit opgenomen als bedrijfstechnische parameter. Dijk-Looijaard (1993) geeft als onderbouwing dat de bedrijfstechnische norm op basis van corrosie (150 mg/l) lager ligt dan de organoleptische norm op basis van smaak (250 mg/l, WHO norm). Er is geen volksgezondheidskundige norm. De norm is daarom vastgelegd op 150 mg/l jaargemiddeld.
- Natrium: Natrium is in het Drinkwaterbesluit opgenomen als organoleptische parameter. In de herziening van 1993 (Dijk-Looijaard, 1993) is een normering opgenomen op basis van volksgezondheid van 120 mg/l, de normwaarde vanuit organoleptisch oogpunt is 200 mg/l. Echter, de normstelling van 120 mg/l stond internationaal onder druk vanwege discussie over de directe relatie tussen normoverschrijdingen in drinkwater en de volksgezondheid (Hovenier et al., 2001), waarna de normwaarde in het toenmalige vigerende Waterleidingbesluit is veranderd in 150 mg/ jaargemiddeld met een maximum van 200 mg/l.

2.2 Bronnen van chloride

Door de positionering van Nederland als delta bevinden we ons altijd in het grensvlak tussen zoet en zout water, zowel in het oppervlaktewater als in het grondwater, nu en in de toekomst. Verzilting kan komen door brakke kwel van fossiel zeewater, verzilting vanuit zee en aanvoer vanuit grensoverschrijdende rivieren. Er zijn ook andere oorzaken van verzilting zoals verdamping, uitspoeling vanuit landbouwactiviteiten, lokale bodemverontreiniging en oplossen van steenzout (Boer and Radersma, 2011). Als we ons beperken tot de belangrijkste manieren waardoor de chlorideconcentratie in het drinkwater kan fluctueren in de tijd, dan leidt dit tot de factoren¹:

- Aanvoer via de rivieren;
- Aanvoer uit zee;
- Verzilting van grondwater;
- Verdamping;
- Zuiveringsprocessen.

We gaan er hierbij van uit dat ook in de toekomst zorg wordt gedragen voor het beperken van belasting vanuit bijvoorbeeld industrie en landbouw, zowel in Nederland

¹ Voor meer informatie over ontwikkelingen van chlorideconcentraties in oppervlaktewater, zie lopend BTO Beleidsonderbouwend onderzoek 2019 naar buffercapaciteit.

als bovenstrooms in de stroomgebieden van de Rijn en Maas. In onderstaande paragrafen worden de belangrijkste mechanismen beschreven.

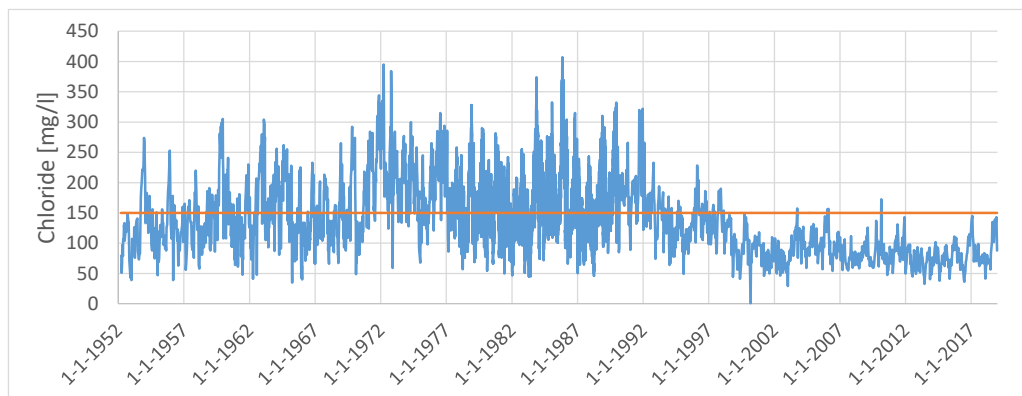
De conclusie is dat de belangrijkste fluctuaties en kans op overschrijdingen van de norm worden bepaald door de combinatie van verzilting uit zee en aanvoer van chloride uit de rivieren. Voor beide bronnen geldt dat overschrijdingen kortdurend kunnen zijn, maar afhankelijk van de omstandigheden bovenstrooms maanden kunnen duren. Voor de ontwikkelingen in de toekomst geldt dat zowel de kans op hoge zoutconcentraties zal toenemen door zowel verzilting uit zee door hogere zeewaterstanden alsmede door lagere rivierafvoeren.

2.2.1 Chlorideconcentratie rivieren

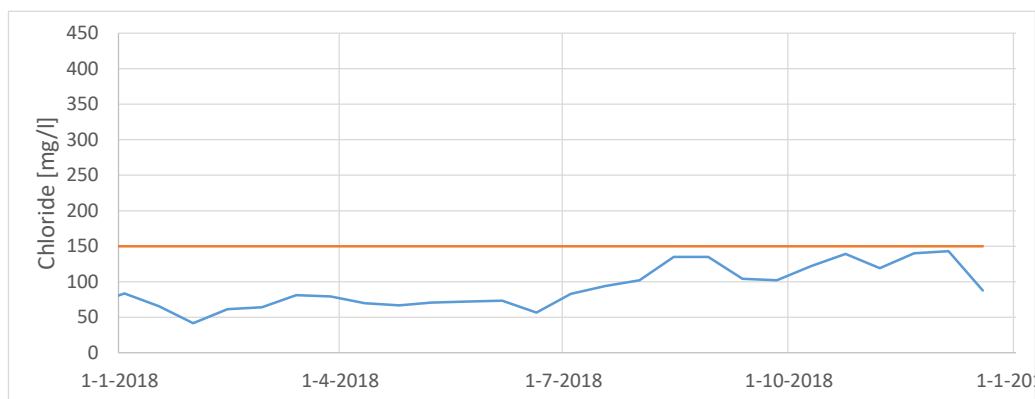
Figuur 2-1 geeft de meetserie van chloride weer bij Lobith tussen 1952 en 2018. Te zien is dat in de jaren '60-'90 de chlorideniveaus structureel hoger waren dan in de afgelopen 20 jaar. Tot aan het einde van de jaren '90 lagen de chlorideniveaus regelmatig boven de drinkwaternorm van 150 mg/l. Vooral in de jaren '70 en '80 waren de chlorideniveaus zeer hoog. Aan het eind van de 19^{de} eeuw lagen de chlorideconcentraties veel lager rond 20 en 30 mg/l en de natuurlijke achtergrondconcentratie is zelfs zo laag als 12 mg/l (Bonte and Zwolsman, 2009). De toename werd veroorzaakt door o.a. bemesting, industrialisatie en lozing van afvalwater. De hoge concentraties in de jaren '70 en '80 worden toegeschreven aan lozingen vanuit de bruinkoolindustrie en de kalizoutmijnen in de Elzas. In 1976 werd het Rijnverdrag getekend (deel I (1976), in 1991 aangevuld met een aanvullend protocol (1991)), waarin afspraken werden gemaakt over beperking van de zoutlozingen op de Rijn en de tegenprestatie van de Nederlandse overheid om de belasting van zoute kwel op het IJsselmeer te verminderen door de Wieringermeerpolder af te koppelen naar de Waddenzee (1997). Pas begin jaren '90 werd de zoutbelasting echt minder, zoals terug te zien in de chlorideconcentraties in Figuur 2-1.

De chlorideconcentraties in de Rijn bij Lobith benaderen en overschrijden nog altijd met enige regelmaat de drinkwaternorm van 150 mg/l. Bij gelijk blijvende belasting is de chlorideconcentratie afhankelijk van het debiet en de achtergrondconcentratie (Zwolsman, 2008). In 2018 lagen de chlorideconcentraties gedurende meerdere periodes tegen de norm voor chlorideconcentratie (Besluit Kwaliteitseisen Monitoring Water) aan, in de tweede helft van augustus (135 mg/l), eind oktober (139 mg/l) en eind november tot begin december (143 mg/l), zie ook Figuur 2-2.

Chlorideconcentraties worden bij Lobith eens per twee weken gemeten. Sinds 1998 is de chlorideconcentratie in 15 periodes hoger dan 135 mg/l (binnen 10% van de norm voor chlorideconcentratie van 150 mg/l) gemeten met in totaal 25 metingen, dat is gemiddeld een periode van ruim drie weken per periode. De langste periode duurde 4 metingen, oftewel 8 weken. Tussen de metingen door kan de chlorideconcentratie lager zijn geweest, maar dat is niet na te gaan.

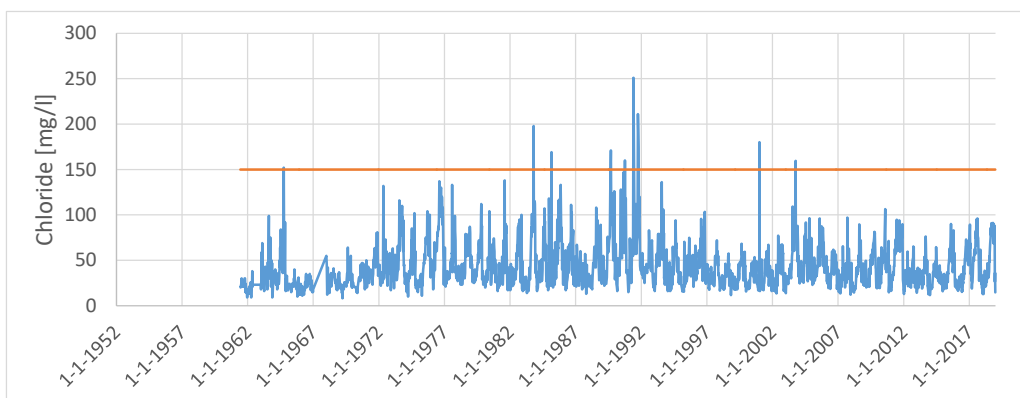


Figuur 2-1 Gemeten chlorideconcentraties bij Lobith (Rijn). De rode lijn geeft de drinkwaternorm van 150 mg/l weer, bron Waterinfo.nl.



Figuur 2-2 Gemeten chlorideniveaus bij Lobith (Rijn) in 2018. De rode lijn geeft de drinkwaternorm van 150 mg/l weer (figuur is een uitvergroting van Figuur 2-1).

Figuur 2-3 geeft de gemeten chlorideconcentraties weer gemeten bij Eijsden in de Maas. Duidelijk is dat de gemiddelde chlorideconcentratie van de Maas lager ligt dan de Rijn. Desondanks komen ook hier perioden voor met chlorideconcentraties boven de drinkwaternorm.



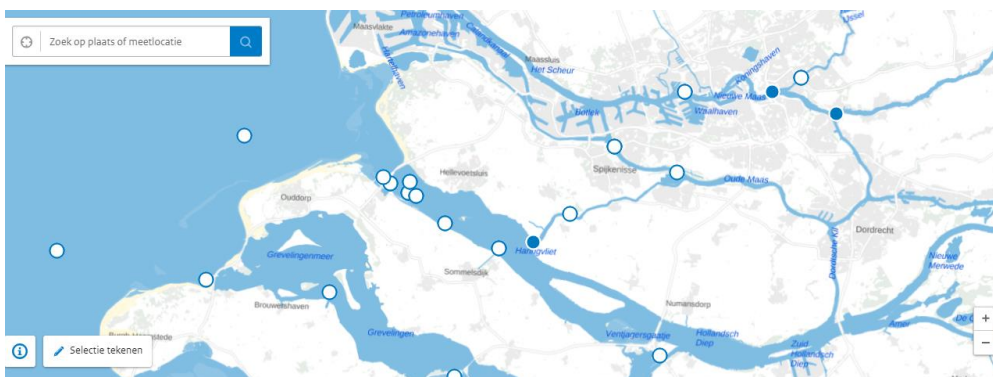
Figuur 2-3 Gemeten chlorideniveaus bij Eijsden (Maas). De rode lijn geeft de drinkwaternorm van 150 mg/l weer, bron Waterinfo.nl.

2.2.2 Zee

Verzilting van de rivieren vanuit zee ontstaat door een combinatie van hoge zeewaterstanden en lage rivierafvoer. Door het dichtheidsverschil tussen zoet en zout water heeft zout water de neiging om op de bodem een zouttong te vormen. Indringing landinwaarts ontstaat als de druk van de rivierafvoer richting zee niet hoog genoeg is. Het waterbeheer in Nederland is er grotendeels op ingericht om dit proces van zoutindringing tegen te gaan. Dit wordt uitgevoerd door een combinatie van het zo hoog mogelijk houden van de afvoer in de Nieuwe Waterweg en het Amsterdam-Rijnkanaal. Daarnaast zijn er zoutblokkerende maatregelen genomen, zoals bellenschermen, aanleg van trappen op de rivierbodem en schutbeperkende maatregelen bij sluizen. De laatstgenoemde zorgen ervoor dat bij het openen van sluisdeuren zo min mogelijk zout water meekomt naar de zoete kant van de sluis.

Ter illustratie het verloop van de chlorideconcentratie op drie locaties, Figuur 2-4:

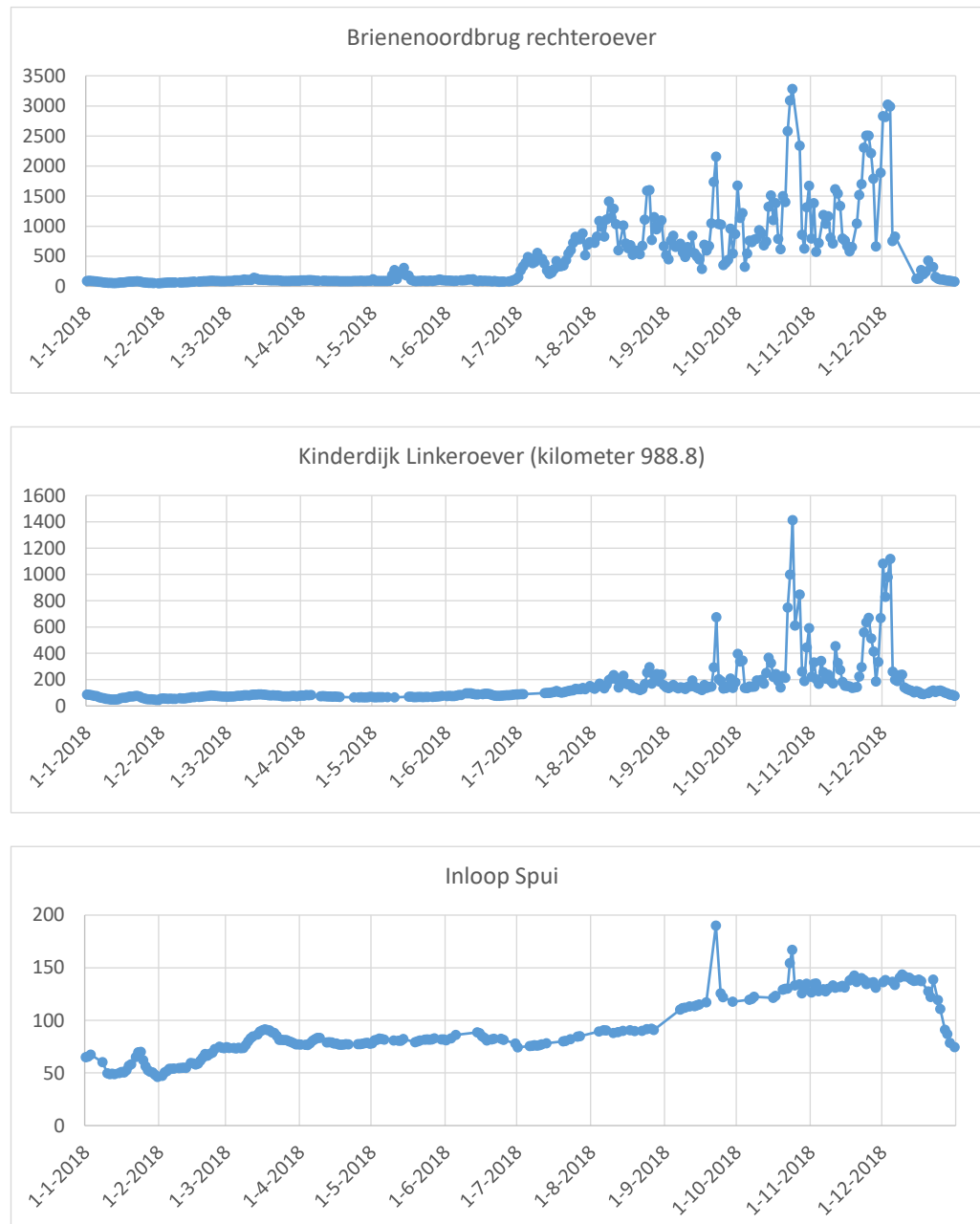
- Inloop Spui halverwege het Haringvliet;
- Brienenoordbrug in de Nieuwe Maas;
- Kinderdijk in de Lek.



Figuur 2-4 De bolletjes representeren monitoringslocaties, de blauw gekleurde bolletjes representeren de locaties Brienenoordbrug (Nieuwe Maas), Kinderdijk (Lek) en Inloop Spui (Haringvliet) (Bron: waterinfo.nl).

De chlorideconcentraties staan weergegeven in Figuur 2-5. Duidelijk is dat ondanks de maatregelen in de Nieuwe Waterweg (trapsysteem op de bodem om het zoute water

tegen te houden), chlorideconcentraties landinwaarts toch aanzienlijk op kunnen lopen. Ook in het Haringvliet loopt de chlorideconcentratie in de tweede helft van het jaar 2018 op tot waarden boven de drinkwaternorm.



Figuur 2-5 Verloop chlorideconcentratie in 2018 op locaties Brienenoordbrug (top), Kinderdijk (midden) en Inloop Spui (onder) (bron: Waterinfo.nl). Let op dat de schaal van de y-as verschilt.

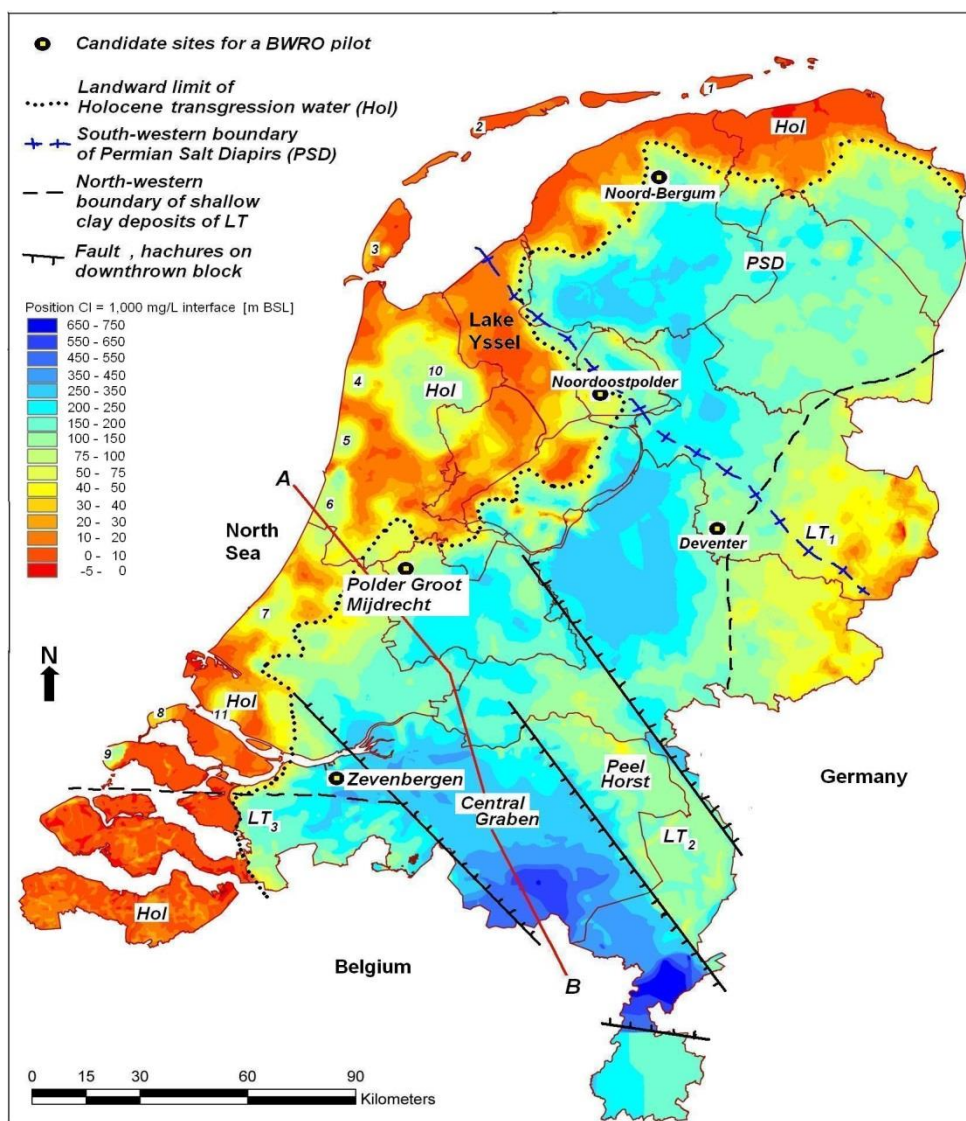
2.2.3 Brak grondwater

Verzilting van grondwater is internationaal een toenemend probleem in deltagebieden door de stijgende zeespiegel, bodemdaling en vergaande onttrekking van grondwater. Ook in Nederland is verzilting van grondwater op meerdere plekken een risico voor de productie van drinkwater. In het recente verleden (jaren 1980 en 1990) zijn diverse grondwaterwinningen in Nederland daadwerkelijk gesloten vanwege verzilting. Bekende

voorbeelden zijn voormalige winningen in het noordelijk deel van het voorzieningsgebied van Oasen en het noordelijk puttenveld van winning Noardburgum van Vitens.

Stuyfzand (2002) benoemt in totaal 41 winningen die kwetsbaar zijn voor verzilting door brakwateropkegeling, i.e. het toestromen van brakgrondwater bij te veel onttrekking van zoet grondwater. Het gaat hierbij zowel om locaties in het noorden en westen van Nederland, waar brak grondwater reeds op geringe diepte (van nature) voorkomt, als om locaties in het binnenland, waar mariene geologische afzettingen zich relatief dicht onder het oppervlak bevinden (Twente). Ook winningen in de IJsselvallei (Diepenveen, Ceintuurbaan en Zutphenseweg (Zaadnoordijk et al., 2013) en langs de Maas (Nuland (Raat and de la Loma González, 2013)) zijn kwetsbaar gebleken voor toestromen van (dieper) brak grondwater. Figuur 2-6 geeft een indicatie van de (on)diepte van voorkomen van brak grondwater aan de hand van de diepte tot de 1,000 mg/l chloride isolijn.

In principe is in winningsvergunningen het maximum te onttrekken debiet beperkt om verzilting tegen te gaan, maar het evenwicht luistert nauw, getuige de sluitingen van winvelden in het verleden. Dit precaire evenwicht is momenteel ook een van de uitdagingen voor Vitens in haar zoektocht naar nieuwe winmogelijkheden in Friesland. Een remedie tegen verzilting van winningen is het zogenaamde zoethouder-concept ("Freshkeeper"). Door gerichte onttrekking (interceptie) van toestromend brak grondwater kan verzilting van bestaande 'zoete' winvelden worden tegengegaan. Het brakke grondwater kan vervolgens worden afgevoerd (naar zee of door injectie in de diepere ondergrond) of aanvullend worden gebruikt voor de productie van drinkwater, na ontzilting (Raat and Kooiman, 2012). Het Freshkeeper-concept is vanuit de drinkwatersector in de afgelopen circa 15 jaar ontwikkeld van idee (Grakist et al., 2002 .) tot daadwerkelijke toepassing (Oosterhof et al., 2018; Raat et al., 2015). In april 2018 is het noordelijk puttenveld van winning Noardburgum (Vitens) heropend door toepassing van het Freshkeeper-concept en Vitens bestudeert momenteel ook toepassingsmogelijkheden in de IJsselvallei. Dunea onderzoekt momenteel of door winning van brak grondwater de zoetwaterbel onder de duinen vergroot kan worden (Stofberg et al., 2018); Oasen en Waternet verkennen mogelijkheden om de kwelstroom van brak grondwater naar diepe polders (Groot Mijdrecht; MT polder) te onderscheppen en dit brakke grondwater te gebruiken voor de productie van drinkwater.



Figuur 2-6 Diepte tot de eerste 1,000 mg Cl/L isolijn (m-NAP), maximale intrusie van Holocene transgressie water (Hol), ondiepe voorkomens van laat-Tertiaire tot vroeg-Pleistocene mariene afzettingen, en ondiepe zout diapieren uit het Perm (PSD). Figuur uit (Stuyfzand and Stuurman, 2008).

2.2.4 Verdamping

Verdamping zorgt voor een hogere chlorideconcentratie in het resterende oppervlaktewater. Een typische verdamping voor open water in de zomer is 5 mm per dag. Voor een droge periode, zoals in de zomer als 2018, kan dit afhankelijk van de meteorologische omstandigheden oplopen tot zo'n 500 mm, oftewel 0,5 meter. Voor een bekken van 10 meter diepte betekent dit een toename in chlorideconcentratie van 5% (aangenomen dat het water niet wordt aangevuld). Dit is marginaal t.o.v. de variaties in aangevoerd water, maar relevant als er gedurende langere perioden geen water kan worden ingenomen en de concentratie in het water al hoge concentraties heeft.

Het IJsselmeer is gemiddeld 3,5 tot 4 meter diep met een maximum van 7 meter. Voor een bekken van 4 meter diepte, betekent 0,5 meter verdamping (zonder verversing of

aanvulling) een toename in chlorideconcentratie van zo'n 14%, wat een relevante bijdrage aan verzilting betekent.

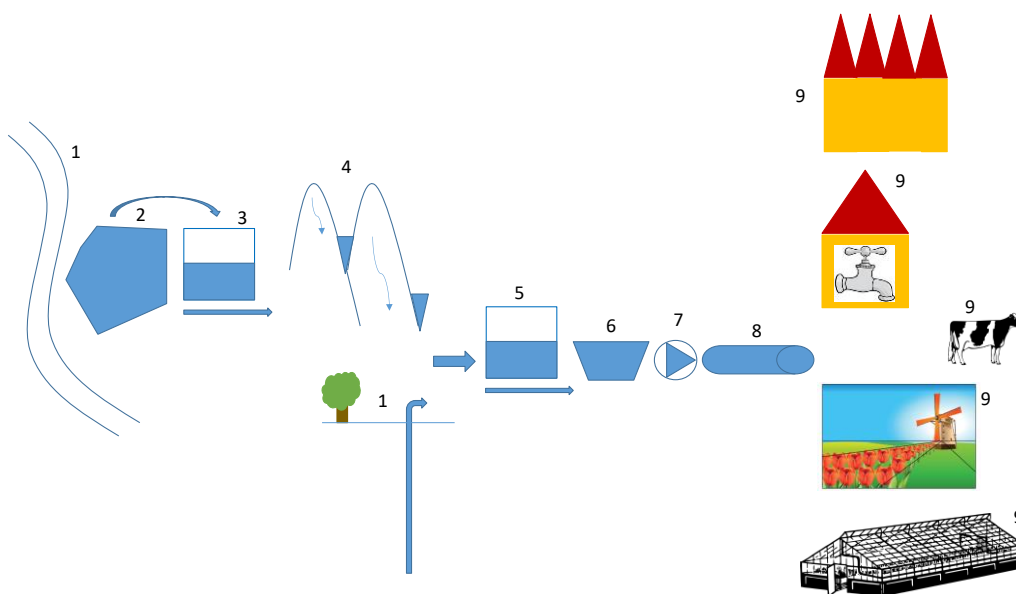
2.2.5 Zuiveringsprocessen

Bij een aantal zuiveringsprocessen worden zouten toegevoegd aan het water. Daarbij gaat het met name om vlokmiddelen als ijzerchloride of poly aluminiumchloride bij coagulatie/flocculatie en ultrafiltratie. De toename van de chloride concentratie bedraagt maximaal enkele tientallen mg/l.

3 Identificatie en analyse van risico's van tijdelijke of permanente versoepeling van de chloridenorm

3.1 Aanpak

Zodra water is gewonnen voor de drinkwatervoorziening, kan chloride op verschillende aspecten effect hebben. Figuur 3-1 geeft een overzicht van de belangrijkste elementen



Figuur 3-1 Overzicht van de elementen in de drinkwatervoorziening: de bron (1), voorraad- en procesbekkens (2), voorzuivering (3), infiltratie in de duinen (4), nazuivering (5), berging (6) en distributie middels pompen (7) en leidingen (8) naar de klant (9).

Om alle risico's bij tijdelijke dan wel permanente overschrijding van de huidige drinkwaternorm in beeld te brengen, worden al deze elementen beschouwd. Bij de analyse wordt zowel naar de kans van optreden van gebeurtenissen gekeken als naar het effect van de gebeurtenissen. Omdat bepaalde processen relevant zijn voor meerdere elementen uit de drinkwatervoorziening (bv. corrosie) wordt in onderstaande paragrafen per proces de relevante kansen en effecten beschreven.

3.2 Verzilting van bekkens en reservoirs (2 en 6)

Voorraad- en procesbekkens hebben de volgende functies:

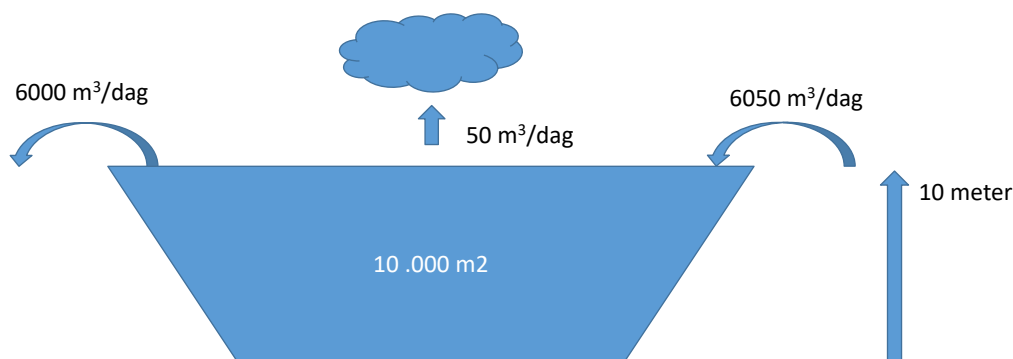
- Natuurlijke zuivering, zoals bezinking van deeltjes en afbraak van (organische) stoffen en eventueel gedeeltelijke voorzuivering, zoals ontharding;

- Afvlakking van (seizoensafhankelijke) concentratieverschillen;
- Overbrugging van lange perioden van onderbreking van inname van oppervlaktewater. Dit kan komen door te weinig oppervlaktewater, maar ook door een gebrek aan kwalitatief goed oppervlaktewater.

De omvang van de buffer verschilt sterk per bekken en kan variëren van enkele dagen tot meerdere maanden.

Bij inname van oppervlaktewater met een hogere chlorideconcentratie, kunnen de volgende effecten optreden:

- Verzilting van het bekken: hoe langer de situatie duurt met verhoogde chlorideconcentraties, hoe sterker de chlorideconcentratie van het bekken de concentratie van het inlaatwater zal aannemen. Ter illustratie een rekenvoorbeeld: een fictief bekken met een inhoud van 100,000 m³ dat water levert aan 50,000 klanten met een gemiddeld verbruik van 120 l/dag en een verdamping van 5 mm per dag zal in een droge zomer bij niet doormengen in zo'n 2,5 week volledig verversst zijn. Bij volledige en instantane doormenging zal het bekken in 86 dagen van 100 mg/l naar 200 mg/l zijn gemengd, en in 38 dagen van 100 mg/l naar 190 mg/l (waarbij we aannemen dat de originele chlorideconcentratie 100 mg/l is en dat het bekken dagelijks tot 100% wordt aangevuld met water met een chlorideconcentratie van 200 mg/l. Dit betekent dat verzilting van bekkens alleen bij langdurige perioden van meerdere maanden (afhankelijk van de grootte van de bekkens en de watervraag) zal optreden.



Figuur 3-2 Rekenvoorbeeld voor een fictief bekken van 1 ha en een diepte van 10 meter voor levering aan 50,000 klanten met een gemiddeld verbruik van 120 l/dag in een droge zomer zonder neerslag met een verdamping van 5 mm/dag.

- Ontstaan van zaklagen met verhoogde chlorideconcentraties. Dit is alleen een risico als er beperkte menging in het bekken optreedt.

Voor een totaaloverzicht, zie ook Bijlage I.

3.3 Corrosie (3, 5, 6, 7, 8 en 9)

Corrosie is (zoals aangegeven in de titel van de paragraaf) niet alleen belangrijk voor de drinkwaterzuivering en -distributie, maar voor alle installaties die worden gevoed door drinkwater (dus ook installaties in bijvoorbeeld de industrie, landbouw en ziekenhuizen). De installatiebranche gaat uit van een norm voor chlorideconcentraties in drinkwater van 150 mg/l. De processen die hieronder staan beschreven voor

drinkwaterinstallaties zijn geldig voor alle installaties waar vergelijkbare materialen in contact komen met drinkwater, inclusief de installaties van eindgebruikers.

Corrosie is de aantasting van materialen met name door elektrochemische reacties. Corrosie kan leiden tot waterkwaliteitsproblemen, zoals bruin water, en een kortere levensduur van materialen. De voorkomende vorm van corrosie waar chloride een rol speelt, vindt plaats wanneer (onbeschermde) metalen worden blootgesteld aan zuurstof en water of vocht, waarbij zuurstof de oxidator is en water het geleidende medium. Een toename van chlorideconcentraties in drinkwater leidt tot:

- Bevordering van de oplosbaarheid van metaalionen door de vorming van complexe ionen zoals bij koper CuCl_3^- ;
- Katalytische werking op de anodische reactie;
- Verhoging van de geleidbaarheid van het milieu.

Vooraf op zich passief gedragende legeringen hebben chloriden een negatieve invloed. Roestvast staal is berucht voor de gevoeligheid voor corrosie, vaak wordt bij toepassing van rvs-legeringen een maximaal chloridegehalte gegeven. Deze waarde kan niet zonder meer worden toegepast omdat corrosie niet alleen afhankelijk is van het chloridegehalte. Ook de pH-waarde, het zuurstofgehalte, de stroomsnelheid, de temperatuur en de aanwezigheid van inhibiterende ionen hebben invloed op de corrosie.

Voor de drinkwaterzuivering is met name de corrosie van RVS van belang. Uitgaande van een goede oppervlakteafwerking met een goede passieve oxidelaag, een verder neutrale wateroplossing en afwezigheid van neerslag of van vaste deeltjes op het oppervlak, kan worden gesteld dat het maximale chloridegehalte voor toepassing van RVS AISI 304 (DIN 1.4301) ongeveer 300 mg/l is en voor toepassing van AISI 316 (DIN 1.4401) ongeveer 1000 mg/l is. Een slechte kwaliteit RVS oppervlak (bv. na lassen zonder schermgas en niet beitsen en passiveren) zal al bij een chloridegehalte van enkele mg/l corroderen. Een optimaal afgewerkt AISI 316 oppervlak kan onder bepaalde omstandigheden zonder problemen voor toepassingen in zeewater worden gebruikt.

In de distributie van drinkwater (vanaf zuivering tot en met de drinkwaterinstallatie) zijn veel meer materialen dan RVS van belang. Gevolgen van corrosie verschillen per materiaal en vorm van corrosie:

- Sterkteverlies door afname van de originele wanddikte;
- Sterkteverlies, omdat gecorrodeerde producten veel minder sterk zijn dan het originele materiaal;
- Sterkteverlies en lekkage door putvorming;
- Dichtgroei met corrosieproducten, omdat deze meer volume innemen dan het oorspronkelijke materiaal (bv. 1 mm gietijzer geeft in leidingen met een diameter van 100 mm zo'n 15 mm dichtgroei met corrosieproducten).

De effecten hiervan kunnen zijn een kortere levensduur met daarbij gepaard gaande versnelde sanering (kosten en overlast) en waterkwaliteitsproblemen, zoals bruin water (kans op klachten van drinkwaterklanten, noodzaak tot spuien).

In bestaande systemen kunnen deklagen gevormd zijn, die het oorspronkelijke leidingmateriaal afschermen van directe blootstelling aan het drinkwater. Het is niet duidelijk hoe deze deklagen reageren op een verandering in chlorideconcentratie.

In het distributienet is corrosie relevant voor (zie Bijlage II voor een meer gedetailleerde beschrijving):

- Leidingen: gietijzer, staal en koper (dit laatste materiaal geldt vooral voor oudere aansluitleidingen);
- Afsluiters: gietijzer. Afsluiters zonder coating zijn vatbaar voor corrosie. Gevolg is dat ze vast gaan zitten. Dit speelt het meest bij oude schuifafsluiters;
- Brandkranen: gietijzer. Brandkranen worden meestal gecoat en het deel dat in aanraking komt met water is heel klein;
- Pompen: van oudsher brons, tegenwoordig RVS. Het assetmanagement van pompen is echter op andere principes gebaseerd dan de aantasting van metalen (bv. de afschrijving van elektrische componenten).
- Drinkwaterinstallaties van eindgebruikers: koper, messing (alle verbindingen, kranen en afsluiters) en RVS (vooral (proces-)industrie);

Van de snelheid van corrosieprocessen en de relatie met chlorideconcentraties kan geen kwantitatieve schatting worden gegeven.

3.4 Effectiviteit zuiveringsprocessen (3 en 5)

De belangrijkste zuiveringsprocessen waar chloride relevant is zijn:

- Coagulatie of flocculatie en ultrafiltratie: hierbij wordt ijzerchloride of poly aluminiumchloride gedoseerd aan het water om deeltjes te laten vlokken of coaguleren, zodat ze kunnen bezinken en verwijderd worden. Hierbij neemt het chloridegehalte in de zuivering toe. Hierdoor vinden innamestops al plaats bij lagere chlorideconcentraties in het ruwe water dan de drinkwaternorm.
- Omgekeerde osmose of nanofiltratie: hierbij wordt water onder druk door membranen geperst. Deze membranen werken hierdoor als filters. De chlorideconcentraties hebben invloed op de benodigde druk waarmee het water door de filters wordt geperst. Om bij hogere zoutvracht (niet alleen chloride) de gewenste hoeveelheid gezuiverd water te halen is meer druk nodig, met als gevolg een hoger energieverbruik. Dat is al merkbaar vanaf een beperkte verhoging van de zoutvracht, gebruikelijke variaties laten een toename in energieverbruik zien van 10-20%. Hogere chlorideconcentraties kunnen niet meer door optoeren van de pomp worden gecompenseerd, maar de grens is onbekend en hangt van de installatie af. Als de grens van compensatie middels het toerental van de pomp is bereikt, kan de gewenste hoeveelheid gezuiverd water alleen worden bereikt door aanpassing van de installatie. Of dit nodig is, hangt af van de mate en frequentie van overschrijding van de acceptabele zoutvracht.
- Ionenwisseling: het water stroomt door ionenwisselaars gevuld met hars, bestaande uit kunststofbolletjes met actieve plaatsen waaraan H^+ of OH^- ionen zitten. In de ionenwisselaars worden de in het water aanwezige kationen (o.a. Na, K, Ca en Mg) uitgewisseld tegen de H^+ ionen en de anionen (o.a. Cl, SO_4 en NO_3) uitgewisseld tegen OH^- ionen. Als de harsen zijn uitgeput wordt deze geregenereerd met respectievelijk een zuur en een base waarbij de actieve plaatsen weer worden voorzien van respectievelijk H^+ en OH^- ionen. De zoutvracht in het water heeft direct invloed op de ionenwisseling. Bij een beperkte verhoging van de zoutvracht zal de looptijd van de filters korter worden

wat leidt tot een hoger verbruik van chemicaliën. Als bij hogere zoutvrachten het verschil in benodigde tijd tussen regeneraties te kort wordt, kan dit invloed hebben op de regeneratiecyclus van een installatie met meerdere filters. Dan is aanpassing van de installatie nodig. Bij hogere zoutvrachten kan ook een aanpassing van de verhouding tussen zwakke en sterke IX-harsen nodig zijn.

De zuiveringsprocessen zijn relevant voor drinkwater, maar ook voor industriewater: het ontharden van proceswater (omgekeerde osmose) en demiwaterproductie (omgekeerde osmose of ionenwisseling).

Voor een totaaloverzicht van de potentiële risico's, zie Bijlage III.

3.5 Kwaliteit oppervlaktewater en natuurschade (4)

Voor infiltratie in de duinen zijn de volgende aspecten relevant:

- Natuurwaarden van zowel de infiltratieplassen als de omringende natte natuur;
- De kwaliteit van het lokale grondwater.

De effecten op natuurwaarden worden uitgedrukt middels de doelstellingen voor ecologische kwaliteit vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW) en Natura 2000. Hieronder volgt een toelichting, voor een overzicht van de potentiële risico's, zie Bijlage IV.

Kaderrichtlijn Water (KRW)

De Kaderrichtlijn Water (KRW) is in 2000 van kracht geworden en is in Nederland verankerd in nationale wetgeving (Waterwet en Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water). De KRW heeft als doel de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen en te verbeteren. Dit is vertaald in chemische en ecologische doelstellingen voor wateren. Chemische doelstellingen zijn opgesteld in normen (Molen et al., 2012). Worden deze normen gehaald, dan is er sprake van een goede chemische kwaliteit. Deze KRW normen hebben een resultaatverplichting (in 2027).

Infiltratieplassen in de duinen hebben KRW doelen, zoals Solleveld/Meijndel en Berkheide/Leiduin en Westerduinen. Ook het IJsselmeer en de rivieren hebben KRW doelstellingen (Ministerie van Infrastructuur en Milieu and Rijkswaterstaat, 2018; Molen et al., 2012). De KRW doelstelling voor chlorideconcentraties is afhankelijk van het watertype en de functie en een toename van de chlorideconcentraties in het oppervlaktewater kan dus leiden tot het niet voldoen aan de KRW doelstellingen.

Natura 2000

Natura 2000 is een Europees initiatief voor een samenhangend netwerk van beschermde natuurgebieden en is gericht op behoud en herstel van biodiversiteit. Voor Natura 2000 gebieden worden instandhoudingsplannen opgesteld met doelen en maatregelen. In principe moeten Natura 2000-gebieden in 2015 aan alle KRW-doelen voldoen. Daarnaast zijn er aanvullende waterkwaliteitseisen die met bijbehorende maatregelen opgenomen worden in de KRW stroomgebiedsbeheerplannen. Natura2000 heeft wettelijke status via de Vogel- en Habitatrichtlijnen en via opname in de KRW.

De drinkwaterbedrijven zijn beheerder van verschillende Natura 2000 gebieden in de duinen. De duinvalleien kennen een successie van habitats van brak naar zeer zoet. Afstroom van water met hogere chlorideconcentraties vanuit de infiltratieplassen naar de natte duinvalleien kan negatieve gevolgen hebben voor de bestaande soortensamenstelling daar. Sommige soorten zijn gevoelig en reageren zeer snel,

andere zijn veel beter aangepast aan zoutere omstandigheden. Er is echter nog veel onbekend over het aanpassings- en herstelvermogen van zowel aquatische als terrestrische natuur in relatie tot blootstelling aan lichtbrak water (300 mg/l-1000 mg/l) (Paulissen et al., 2007). Het is daarom niet mogelijk een harde kwantificering van schadedrempels te geven. Wel wordt aanbevolen om voor relevante plekken in beeld te brengen welke vegetaties mogelijk gevoelig zijn en welke verschuivingen te verwachten zijn.

3.6 Klant (9)

Bij klanten is het belangrijk om onderscheid te maken tussen:

- Huishoudelijk verbruik;
- Agrarisch verbruik;
- Industrieel verbruik.

In deze paragraaf wordt de focus gelegd op gezondheid, smaak en productie. Corrosie is ook relevant, maar dit is besproken in paragraaf 3.3.

3.6.1 Huishoudelijk verbruik

In het Drinkwaterbesluit (2011) is een normwaarde voor chloride opgenomen van 150 mg/l (jaargemiddeld) vanuit bedrijfstechnische overwegingen. In de WHO richtlijn (2003, 2011) en Europese Drinkwaterrichtlijn (1998) is een maximum waarde opgenomen voor chloride van 250 mg/l en voor natrium 200 mg/l, gebaseerd op smaakeffecten die boven deze concentraties kunnen optreden. Bij deze concentraties treden geen negatieve gezondheidseffecten op. De WHO heeft geen grenswaarden afgeleid waarboven gezondheidseffecten op kunnen treden. In deze paragraaf wordt met name ingegaan op de consequenties van verhoogde natrium concentraties, omdat natrium vanuit gezondheidsperspectief relevanter is dan chloride.

Effecten op gezondheid en smaak

Chlorideconcentraties tussen de 200 en 300 mg/liter hebben invloed op de smaak van water. De laagste concentratie waarbij dit optreedt is afhankelijk van het ion dat aan chloride gebonden is (natrium, kalium of calcium) (WHO, 2003, 2011; Zoeteman, 1980). Men kan gewend raken aan de smaak van water met concentraties chloride boven de 250 mg/l. De exacte concentratie waarboven chloride effect kan hebben op de gezondheid is onbekend, ook dit hangt samen met het ion dat aan chloride gebonden is. Excessieve inname van drinkwater dat natriumchloride bevat van concentraties boven de 2,5 gram/l kan leiden tot hypertensie. Dit effect wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de natrium ion concentratie (WHO, 2003). Het RIVM heeft in 2018 ingeschat of kortdurende verhoging van de concentraties natrium en chloride in drinkwater een relevante bijdrage geeft aan de inname van zout (Aa et al., 2018).

Reguliere klanten

Om effecten van chloride en natrium op gezondheid te kunnen inschatten is het belangrijk te weten hoeveel mensen hiervan dagelijks binnenkrijgen. Naast water is voeding een belangrijke bron van chloride en natrium. Uit de Voedselconsumptiepeiling 2012-2018 van het RIVM² blijkt dat jongens/mannen gemiddeld 8,3 gram zout per dag eten en meisjes/vrouwen 6,3 gram per dag. Voor volwassenen adviseert het Voedingscentrum (2019) om niet meer dan 6 gram keukenzout (NaCl) per dag binnen te krijgen, voor kinderen is dat minder. Als de concentratie chloride in drinkwater 250

² <https://www.wateetnederland.nl/>

mg/l is en de concentratie natrium 200 mg/l is, dan levert dat een relevante bijdrage aan de totale inname zoals blijkt uit het volgende rekenvoorbeeld.

Bij consumptie van 2 liter water per dag met bovengenoemde maximale chloride- en natriumconcentraties, krijgen consumenten 500 mg chloride en 400 mg natrium binnen. De maximaal aanbevolen inname van 6 gram keukenzout per persoon, komt overeen met 2,4 gram natrium en 3,6 gram chloride. Bij deze maximaal toegestane concentraties is de bijdrage van water aan de totale hoeveelheid chloride per dag voor een volwassene 14% (500/3600). Voor natrium is deze bijdrage 17% (400/2400) van de totale hoeveelheid per dag. Dit is een relevante bijdrage, hoewel op de korte termijn geen nadelige effecten op de gezondheid worden verwacht (Aa et al., 2018).

Kwetsbare klanten

Nierpatiënten

Voor mensen met een verminderde nierfunctie wordt door artsen meestal een natriumbeperking geadviseerd. Bij patiënten die een zoutbeperkt (lees: natrium beperkt) dieet volgen is de aanbevolen dagelijkse inname 2 tot 2,4 mg natrium (=5 tot 6 gram zout) per dag (Antonius Ziekenhuis, 2019). De bijdrage van drinkwater met een concentratie van 250 mg/l chloride en 200 mg/l natrium aan de totale zoutconcentratie per dag is aanzienlijk. Uitgaande van 5 gram zout per dag is de bijdrage van drinkwater aan de totale hoeveelheid chloride per dag voor een volwassene 17% (500/3000). Voor natrium is deze bijdrage 20% (400/2000) van de totale dagelijkse dosis. Dit is een relevante bijdrage aan de totale inname. Bij een relatief kortdurende blootstelling van enkele weken worden hiervan geen negatieve gezondheidseffecten verwacht (Aa et al., 2018).

Bij verwachte langdurige verhoging van de natriumconcentratie in drinkwater, is het aan te bevelen te onderzoeken of en hoe nierpatiënten kunnen worden geïnformeerd. Ook zal moeten worden onderzocht of naast informatieverstrekking mitigerende maatregelen nodig zijn, bijvoorbeeld of het noodzakelijk is om langer of vaker te dialyseren. Om de effecten op de gezondheid van nierpatiënten goed in kaart te kunnen brengen is het aan te bevelen nauw samen te werken met nefrologen, patiëntenorganisaties en het RIVM.

Nierpatiënten die dialyseren via een dialyseapparaat gebruiken spoelvloeistof om hun nieren te spoelen. Voor het maken van spoelvloeistof wordt leidingwater als basis gebruikt. Leidingwater wordt daarvoor eerst gezuiverd met behulp van een zuiveringsinstallatie. Deze techniek kan kalk, bacteriën en zouten zoals natrium en chloride verwijderen (Nieren.nl, 2019). De dialysemachine voegt na zuivering de juiste zouten en andere stoffen aan het water toe. Bij deze techniek wordt er vanuit gegaan dat leidingwater voldoet aan de eisen die zijn gesteld in het Nederlandse drinkwaterbesluit (Jaarsveld, 2016). Het drinkwaterbesluit gaat uit van een maximaal jaargemiddelde voor zowel chloride als natrium van 150 mg/l.

Bij de leverancier dient te worden nagegaan of de prestatie en de levensduur³ van dergelijke zuiveringsinstallaties voor dialyse bij een verhoogd chloride en natrium gehalte gelijk blijft. Daarnaast kan worden geïnventariseerd welke zuiveringsinstallaties worden gebruikt in landen waar een hoger zout gehalte in het leidingwater aanwezig is.

³ Door mogelijke versnelde corrosie van materiaal, zie ook paragraaf 3.3.

Fles gevoede zuigelingen

Zuigelingen zijn een specifieke risicogroep. Ze zijn kwetsbaar door o.a. de relatief hoge blootstelling via o.a. flesvoeding. Ook worden stoffen op een andere manier door het lichaam verwerkt en opgenomen dan bij volwassenen. Zuigelingenvoeding is daarom op maat gemaakt voor jonge baby's van 0-6 maanden. Een permanente verhoging van de natrium concentratie in leidingwater zal leiden tot een hogere natrium concentratie in deze specifieke voeding, omdat hiervoor leidingwater wordt gebruikt. Het kan zijn dat inname van meer zout via flesvoeding invloed heeft op de gezondheid van een zuigeling.

De effecten daarvan kunnen nader worden onderzocht door de hoeveelheid natrium in de verschillende merken flesvoeding aangemaakt met leidingwater te vergelijken met het natriumgehalte in moedermelk. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gerekend met leidingwater dat 200 mg/l natrium bevat.

Er zijn minimaal twee literatuurstudies bekend waarbij concentraties natrium in borstvoeding zijn gemeten met verschillende uitkomsten. Koo & Gupta (1982) deden een studie naar de concentratie natrium in borstvoeding. Zij zagen dat de concentratie natrium in borstvoeding na de eerste 3 dagen fors afnam en daarna geleidelijk. Vanaf 14-28 dagen na de geboorte is de concentratie natrium het laagst in deze studie. Verder heeft Manganaro (2007) natriumconcentraties in borstvoeding onderzocht. Hierbij zijn er alleen gegevens van de eerste dagen na de geboorte. Dit leidt tot verschillen tussen beide studies in gerapporteerd concentraties natrium. Afhankelijk van welke studie wordt gebruikt in het bepalen van het effect op fles gevoede zuigelingen van hogere natriumconcentraties in drinkwater dan de huidige norm, kan de conclusie variëren tussen 'geen effect' en 'effect'. Hierover is afstemming geweest met het RIVM en er wordt gemeenschappelijk aanbevolen verder te onderzoeken welke studies geschikt zijn om te bepalen of een verhoogde natrium concentratie in drinkwater kan leiden tot gezondheidseffecten bij zuigelingen.

Verder dient goed in beeld te worden gebracht hoe de wettelijke eisen m.b.t. de natriumconcentratie in zuigelingenvoeding zich verhoudt tot de daadwerkelijke concentraties natrium in deze voeding. Immers, als wettelijk meer natrium is toegestaan dan gemiddeld in zuigelingenvoeding aanwezig is, dan kan dit in de toekomst invloed hebben op de totale hoeveelheid natrium die een zuigeling binnenkrijgt.

3.6.2 Agrarisch verbruik

Voor agrarische gebruikers zijn er een aantal relevante aspecten:

- **Veedrenking:** De Gezondheidsdienst voor Dieren hanteert voor een vijftal diergroepen een systeem van referentiewaarden voor o.a. chloride en natriumconcentraties in veedrinkwater (Tabel 3-1). Hierbij worden waarden gegeven voor een 'goede' en een 'slechte' waterkwaliteit. Water van een 'goede' kwaliteit is veilig en smakelijk voor het vee, water van een 'slechte' kwaliteit kan ernstig risicovol zijn voor het vee.
Voor melkvee, vleesrundvee en schapen zijn mogelijk hogere waarden mogelijk. NRC (National Research Council) (2001) hanteert bijvoorbeeld voor melkkoeien een schadedrempel bij een totale zoutconcentratie van 1000 mg/l (ca. 540 mg Cl/l) en een totale zoutconcentratie van 7000 mg/l (ca. 3780 mg Cl /l) als uiterste grens.

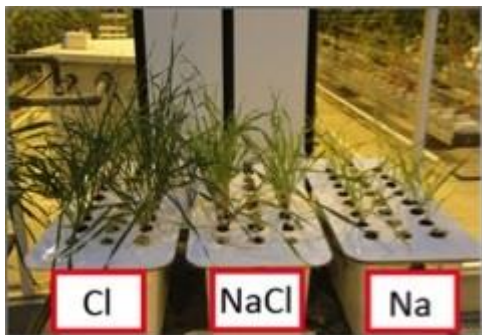
Een verhoging naar waarden boven 200 mg/l is dan ook vooral kritisch voor pluimvee en daarnaast is ook de norm voor natrium erg krap. Voor legpluimvee jonger dan 20 weken en jong vleespluimvee is 200 mg/l al ernstig risicovol. Verhoging naar 250 mg/l is voor alle huisdieren ongewenst.

Tabel 3-1 Referentiewaarden grenswaarden voor dieren

<https://www.gddiergezondheid.nl/diergezondheid/management/drinkwater/referentiewaarden%20Oveedrinkwaterkwaliteit, geraadpleegd 21-2-2019.>

Type:	Chloride [mg/l]		Natrium [mg/l]	
	Goed	Slecht	Goed	Slecht
Rund	<250	>2000	<800	>1500
Kalf	<250	>2000	<400	>800
Paard	<250	>2000	<400	>800
Varken	<250	>2000	<400	>800
Pluimvee	<200	>300	<100	>200 (j) >400

- Gewassenteelt: het effect van blootstelling aan chlorideconcentraties is zeer variabel per gewas (Stuyt et al., 2016). Gevoelige teelten zijn vooral snijbloemen en bloembollen (Dam et al., 2007; Roest et al., 2003). Tuinders met gevoelige teelten regelen hun eigen waterkwaliteit met omgekeerde osmose. Dat betekent dat de tuinders dezelfde effecten van een verhoging van chlorideconcentratie kunnen ervaren als beschreven in paragraaf 3.3 en 3.4. Belangrijk is dat natrium vaak een groter probleem voor gewassen vormt dan chloride (Figuur 3-3). In de gebieden in Nederland die van oudsher gevoelig zijn voor verzilting is de gewassenteelt hier in het algemeen op aangepast (Boer and Radersma, 2011).



Figuur 3-3 Momentopname van de gewasontwikkeling bij drie behandelingen met eenzelfde zoutniveau maar afwezigheid van natrium (behandeling Cl) of chloride (behandeling Na), of als het zout bijna volledig bepaald wordt door keukenzout (NaCl). Foto: Van der Zee, 2013; Meer informatie over het onderzoek, zie Katerji et al. (2006).

3.6.3 Industrieel verbruik

Voor industriële klanten zijn de volgende aspecten relevant:

- Productwater in voedingsmiddelen: verhoging van chlorideconcentraties kan invloed hebben op de smaak van het eindproduct. Daarnaast kunnen er overschrijdingen optreden van de kwaliteitsnormen van de klant, wat kan betekenen dat kwaliteitsafspraken met afnemers niet kunnen worden gehaald.

- Koelwater (op basis van verdamping): koelwater wordt bij veel koelwatersystemen verversd op basis van geleidbaarheid. Een hogere chlorideconcentratie leidt dan tot het vaker moeten verversen van koelwater en daarmee tot een hoger verbruik van water en van koelwaterconditioneringschemicaliën (hoge kosten en meer chemicaliën in het oppervlaktewater).

4 Totaaloverzicht en discussie

4.1 Discussie en aanbevelingen

Perioden met hoge chlorideconcentraties (> 135 mg/l, oftewel 90% van de huidige norm) van het rivierwater komen sinds 1998 gemiddeld iedere 1-2 jaar voor, duren meestal niet langer dan een paar weken, maar kunnen ook langer duren tot meerdere maanden. Verzilting vanuit zee bouwt langzaam op bij perioden met lage rivierafvoer, maar kan door een periode met hoge afvoeren in de rivieren weer snel verdwijnen. Als deze hoge afvoer lang op zich laat wachten (zoals in 2018), dan kan verzilting uit zee maanden aanhouden. Voor het IJsselmeer is de situatie complexer, daar hangt de verversing door hoge afvoeren ook af van de menging in het meer zelf. Dit heeft o.a. te maken met heersende windrichtingen, windkracht, regenaanvoer en de spui frequentie richting de Waddenzee. We beschouwen dan ook de gevolgen van een verhoogde concentratie op een tijdschaal van maximaal enkele maanden achter elkaar. Deze verhoogde concentratie hoeft niet altijd bij de klant terecht te komen, een voorbeeld daarvan is het mengen van water uit Andijk in de zomer van 2018 met water uit het Amsterdam-Rijnkanaal voor infiltratie in de duinen, waardoor de concentratie bleef voldoen aan het infiltratiebesluit.

De huidige drinkwaternorm voor de chlorideconcentratie is vastgelegd in een uitgebreid net van zowel nationale als internationale wetgeving. Dit komt door de winning van drinkwater uit grondwater en oppervlaktewater, waardoor de chlorideconcentratie direct verbonden is met de kwaliteit van deze bronnen. Aanpassing van de norm betekent ook aanpassing van alle relevante wetgeving.

Veel effecten van een (tijdelijk) hogere chlorideconcentratie zijn moeizaam te kwantificeren doordat:

1. de snelheid en gevoeligheid van processen op alle elementen in de drinkwatervoorziening niet exact bekend zijn als functie van chlorideconcentratie, zoals corrosie;
2. de exacte lokale omstandigheden onbekend zijn, dit is het geval bij potentiële natuurschade (hangt af van lokale ecosystemen), corrosie en de afstelling van installaties;
3. effecten afhangen van afspraken met of uitgangspunten van externe stakeholders, zoals installaties van externe stakeholders (industrie, maar ook nierpatiënten), productieafspraken in de industrie en materiaalgebruik in de zuivering en het distributienet.

In de huidige studie was het niet mogelijk om dit alles in detail per drinkwaterbedrijf te analyseren.

Als de categorieën uit Bijlage A, tabel III uit het Drinkwaterbesluit wordt aangehouden, leidt dit tot het volgende beeld, uitgaande van een overschrijding van de huidige norm van 150 mg/l tot maximaal 250 mg/l gedurende enkele maanden:

- Volksgezondheid: een overschrijding tot maximaal 250 mg/l voldoet aan de WHO norm en zal voor de gemiddelde consument geen schade voor de gezondheid

geven. Echter, voor kwetsbare gebruikers (o.a. zuigelingen) is dit mogelijk anders en het is dan ook goed om de volgende zaken extra na te gaan:

- Mogelijke gezondheidseffecten nierpatiënten
 - Effectiviteit en levensduur apparatuur voor dialyse;
 - Effect op de gezondheid van zuigelingen via flesvoeding;
 - Bedrijfstechnisch: voor deze categorie is het goed om onderscheid te maken in de interne bedrijfsvoering van drinkwaterbedrijven en die van externe stakeholders. Voor beide geldt dat een hogere chlorideconcentratie kan leiden tot hogere corrosiesnelheden, hoger energieverbruik en gebruik van chemicaliën. Voor de genoemde overschrijding is het effect hiervan voor de drinkwaterbedrijven waarschijnlijk beperkt, maar het is goed om dit te onderzoeken. Verder gelden de volgende aanbevelingen:
 - Controle materialen in zuiveringen en installaties (met name bij permanente verhoging);
 - Bij hogere chlorideconcentraties: monitoring storingsfrequenties gietijzeren en stalen leidingen, extra monitoring bij risicovolle leidingen totdat duidelijk is of corrosie een probleem vormt (vooral bij langere periodes met verhoogde chlorideconcentraties);
 - Onderzoek de snelheid waarmee corrosie zich voordoet als functie van chlorideconcentraties bij bestaande leidingen.
 - Organoleptisch: de genoemde overschrijding kan leiden tot merkbare effecten op smaak voor gebruikers.
 - Voorzorg/ethisch: het is goed om te benadrukken dat levering niet uitsluitend aan huishoudens plaatsvindt, maar ook aan industrie en agrariërs. Deze stakeholders gaan uit van drinkwater met een kwaliteit volgens de huidige wettelijke norm. Daarom is goed om het volgende na te gaan:
 - Leveringen aan industrie: controle afspraken en gevolgen van aanpassingen;
 - Leveringen aan agrariërs: welke kwaliteit hebben ze nodig?
- Daarnaast behoren de drinkwaterbedrijven in de duinen vaak kwetsbare natuurgebieden, waarvan de gevoeligheid voor variaties in chlorideconcentratie aanzienlijk kan zijn. Daarom is het volgende aan te bevelen:
- Inventarisatie kwetsbare natuurgebieden in infiltratiegebieden

Verruiming van de chloridenorm voor drinkwater betekent niet dat de kwetsbaarheid van diverse winningen voor verzilting afneemt. Als brak grondwater doorbreekt, kunnen chlorideconcentraties in putten gemakkelijk oplopen tot ver boven de drinkwaternorm. Dit hebben we in het verleden ook gezien in Noardburgum, in de IJsselvallei (Zaadnoordijk et al., 2013) en in Nuland (Raat en Loma Gonzalez, 2013). Op niveau van een puttenveld kan verruiming wel verlichting geven. Brak winwater wordt nu vaak vermengd met zoet winwater; hiervoor komt meer speelruimte.

4.2 Totaaloverzicht

In onderstaande tabel staan de belangrijkste potentiële risico's van tijdelijke risico's van een overschrijding van de huidige norm weergegeven. In onderstaande tabel gaan we uit van een overschrijding van de chlorideconcentratie norm in geleverd drinkwater tot maximaal 250 mg/l voor een periode van korter dan 1 maand, tussen 1 en 2 maanden en langer dan 2 maanden. De kolommen met als titel <1 maand, 1-2 maanden en >2 maanden beschrijven de effecten van een dergelijke overschrijding en periode met de categorisering:

- Geen effect: het is niet te verwachten dat een overschrijding van de norm voor chlorideconcentratie tot maximaal 250 mg/l gedurende deze periode het beschreven potentiële risico laat zien.
- Beperkt effect: een overschrijding van de norm voor chlorideconcentratie tot maximaal 250 mg/l gedurende deze periode zal in beperkte mate het beschreven potentiële risico laten zien. Het effect is daarmee wel aanwezig, maar heeft geen grote gevolgen voor het beschreven type (Volksgezondheid, bedrijfstechnisch, organoleptisch, wettelijk kader of overig).
- Effect: een overschrijding van de norm voor chlorideconcentratie tot maximaal 250 mg/l gedurende deze periode zal in beperkte mate het beschreven potentiële risico laten zien. Het effect is daarmee wel aanwezig en kan aanzienlijke gevolgen hebben.
- Onbekend

Type	Beschrijving	<1 maand	1-2 maanden	>2 maanden
Volksgezondheid*	Effecten gezondheid nierpatiënten	Beperkt	Effect	Effect
	Gevolgen natrium beperkt dieet	Beperkt	(Mogelijk) Effect	(Mogelijk) Effect
	Gevolgen voor dieet zuigelingen	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Bedrijfstechnisch (zowel intern als extern)	Toename corrosie metalen	Beperkt	Beperkt	Effect
	Hoger chemicaliënverbruik	Effect	Effect	Effect
	Hoger energieverbruik	Effect	Effect	Effect
	Aanpassingen installaties	Geen	Beperkt	Effect
	Bruinwater klachten	Onbekend	Onbekend	Onbekend
	Verkorte levensduur materialen	Geen	Geen	Beperkt
Organoleptisch Wettelijk kader	Smaakklachten	Beperkt	Beperkt	Beperkt
	Overschrijding normen	Effect	Effect	Effect
	Drinkwaterbesluit Overschrijding normen infiltratiebesluit	Effect	Effect	Effect

Overig	Overschrijding normen KRW	Effect	Effect	Effect
	Overschrijding normen Besluit Kwaliteit en monitoring water	Effect	Effect	Effect
	Verziltiging bekkens	Geen/Beperkt**	Effect	Effect
	Natuurschade duingebieden	Beperkt	Effect***	Effect
	Productieverlies vee	Beperkt	Effect	Effect
	Productieverlies gewassen	Effect****	Effect****	Effect****
	Productsamenstelling industrie	Effect	Effect	Effect

afgestemd met RIVM, **Afhankelijk van omvang bekkens en mogelijkheid om inname water te ontwijken, *Afhankelijk van lokale ecosystemen, ****gewasafhankelijk, aanwezigheid van ontzilting en groeifase afhankelijk*

5 Referenties

- Aa, M. v. d., Driezum, I. v., and Leerdam, R. v., 2018, RIVM advies verhoogde zoutgehaltes in drinkwater als gevolg van droogte.
- Aanvullend protocol bij de overeenkomst inzake de bescherming van de Rijn tegen verontreiniging door chloriden, 1991, Brussel, 25-9-1991.
- Abrahamse, 2013, Notitie Effect van zout Volkerak-Zoommeer op bedrijfsvoering en kosten bij het gebruik van Brielse Meer water. Evides Industriewater, Oktober 2013.
- Antonius Ziekenhuis, 2019, Informatiefolder Natrium beperkt dieet (https://www.antoniusziekenhuis.nl/sites/default/files/pdf/natriumbeperkt_diet.pdf?cb=1519660757, ed.).
- Benson, A. S., Dietrich, A. M., and Gallagher, D. L., 2012, Evaluation of iron release models for water distribution systems, *Critical reviews in Environmental Science and Technology* 42:44-97.
- Boer, H. d., and Radersma, S., 2011, Verziltiging in Nederland: oorzaken en perspectieven, Wageningen UR Livestock Research, rapport 531.
- Bonte, M., and Zwolsman, G., 2009, Klimaatverandering en verzoeting van de Rijn, *H2O* 20:29-31.
- Bruchem, H. v., 1984, De invloed van waterkwaliteit op de ontzinking van duplex messing, KIWA Mededeling 83.
- Dam, A. M. v., Clevering, O. A., Voogt, W., Aendekerk, T. G. L., and Maas, M. P. v. d., 2007, Zouttolerantie van landbouwgewassen, Deelrapport 'Leven met zout water'. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad.
- Dijk-Looijaard, A. M. v., 1993, Herziening normen waterleidingbesluit, SWO 93.340, KIWA, Nieuwegein.
- Europese Drinkwater richtlijn, 1998, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=OJ:L:1998:330:FULL&from=NL>.
- Grakist, G., Maas, C., Rosbergen, W., and Kappelhof, J. W. N. M., 2002, Keeping our wells fresh, in: *Proceedings of SWIM-17, Delft University of Technology, R.H. Boekelman (ed), Delft*, pp. 337-340.
- Hovenier, C., Veerdonk, C. v. d., and Mons, M., 2001, Wegwijzer Waterkwaliteit: achtergrondinformatie stoffen.
- Huizing, H., 2014, Kosten industriesector als gevolg van verziltiging Brielse meer, KWR 2014.017, Februari 2014.
- Huizing, H., 2019, Projectieberekeringen voor omgekeerde osmose met DOW ROSA versie 9.1
- Huizing, H., 2019, Projectieberekeringen voor ionenwisseling met Dow Cadix versie 6.2
- Jaarsveld, 2016, Waterbehandeling voor hemodialyse en online hemo(dia)filtratie. Richtlijn Nederlandse Federatie voor Nefrologie, https://www.nefro.nl/sites/www.nefro.nl/files/richtlijnen/RichtlijnWaterbehandeling%20voor%20HD%20en%20onlineHDF%202013%2C%20update%202016_0.pdf.
- Katerji, N., Hoorn, J. W. v., Hamdy, A., Mastrorilli, M., Fares, C., Ceccarelli, S., Grando, S., and Oweis, T., 2006, Classification and salt tolerance of barley varieties, *Agricultural Water Management* 85(1-2):184-192.
- Koo, W.W. en Gupta, J.M., 1982, Breast milk sodium, *Arch Dis Child*. Jul; 57(7): 500-2.
- Lytle, D. A., and Schock, M. R., 2008, pitting corrosion of copper in waters with high pH and low alkalinity, *Journal AWWA* 100(3):115-129.

- Manganaro et. al., 2007, Breast milk sodium concentration, sodium intake and weight loss in breast-feeding newborn infants, *Br J Nutr.* 2007 Feb;97(2):344-8.
- McNeill, L. S., and Edwards, M., 2001, Iron pipe corrosion in distribution systems, *Journal AWWA* 93:88-100.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, and Rijkswaterstaat, 2018, Factsheet_OW_80.
- Molen, D. I. v. d., bla, bla, and bla, 2012, Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021, STOWA.
- Nieren.nl, 2019, Meer uitleg over de dialyse-machine:
<https://www.nieren.nl/bibliotheek/17-hemodialyse/203-meer-uitleg-over-de-dialyse-machine>.
- NRC (National Research Council), 2001, Nutrient Requirements of Dairy Cattle, National Academy of Science, Washington, VS.
- Oosterhof, A. T., Raat, K., and ., T. C. G. W. v. D., 2018, Technological and economical guide for full-scale freshkeeper application, Vitens N.V., KWR Watercycle Research Institute, the Netherlands.
- Overeenkomst inzake de bescherming van de Rijn tegen verontreiniging door chloriden, 1976.
- Paulissen, M. P. C. P., Schouwenberg, E. P. A. G., and Wamelink, G. W. W., 2007, Zouttolerantie van zoetwatergevoede natuurdoeltypen: verkenning en kennislacunes, Alterra
- Raat, K. J., and de la Loma González, B., 2013, Verzilting van winning Nuland: informatie uit de geologie en hydrochemie, KWR, Nieuwegein, BTO 2013.241(s), pp. 88.
- Raat, K. J., and Kooiman, J. W., 2012, Brak grondwater: niet mijden, maar gebruiken!, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, the Netherlands. BTO 2011.048.
- Raat, K. J., Oosterhof, A. T., Heinis, F., and Ross, P. S., 2015, Dutch Freshkeeper broadly applicable., *Water Matters, Knowledge section for water professionals. Edition 1/2015, p.34-37.*
- Roest, C. J., Bakel, P. J. T. v., and Smit, A. A. M. F. R., 2003, Actualisering van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de berekening van de zoutschade in Nederland met het RIZA-instrumentarium, Memo Alterra, Wageningen, 16 p.
- Sjerps, R. and H. huijting, 2017, Gevolgen van zoetwatertekorten voor industrie en drinkwaterproductie, KWR 2017.099, December 2017.
- Slaats, P. G. S., Meerkerk, M. A., and Hofman-Caris, C. H. M., 2013, Conditionering: de optimale samenstelling van drinkwater, in: *Kiwa Mededeling 100 - Update 2013.*
- Stofberg, S. F., bla, bla, and bla, 2018, COASTAR Verkenning strategische brakwaterwinning, KWR Watercycle Research Institute. KWR 2018.028.
- Stuyfzand, P. J., 2002, Verziltingsrisico van de Nederlandse puttenvelden voor de drinkwatervoorziening door brakwateropkegeling, Kiwa Water Research. BTO 2002.153.
- Stuyfzand, P. J., and Stuurman, R. J., 2008, Origin, distribution and chemical mass balances for brackish and saline groundwaters in the Netherlands, in: *G. Barrocu (ed) Proceedings 1st SWIM-swica Joint Saltwater Intrusion Conference, Cagliari-Baia de Chia, Sept. 24-29 2006, pp 151-164.*
- Stuyt, L. C. P. M., Blom-Zandstra, M., and Kselik, R. A. L., 2016, Inventarisatie en analyse zouttolerantie van landbouwgewassen op basis van bestaande gegevens, Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Voedingscentrum, 2019, Hoeveel zout mag ik eten:
<https://www.voedingscentrum.nl/nl/service/vraag-en-antwoord/gezonde-voeding-en-voedingsstoffen/hoeveel-zout-mag-ik-eten.aspx>
- WHO, 2003, Chloride in drinking water - background document for development, Geneva.

- WHO, 2011, Guidelines for drinking water quality, Geneva.
- Zaadnoordijk, W. J., Raat, K. J., and Sjerps, R. M. A., 2013, Alternatieve winopties voor verziltende winningen in de IJsselvallei, KWR, Nieuwegein, BTO 2013.021, pp. 37.
- Zoeteman, B. C. J., 1980, Sensory assessment of water quality, Pergamon Press, New York.
- Zwolsman, G. J., 2008, Klimaatbestendigheid van de drinkwatervoorziening in Nedeland gebaseerd op oppervlaktewater, KWR, Nieuwegein, KWR 08.070, pp. 61.

Bijlage I Overzicht potentiële risico's chloride en bekkens

Risico	Historie en waarschijnlijkheid	Effect	Gevolg
Tijdelijke verzilting bekkens	Bijvoorbeeld het bekken bij Andijk (interview P. Wesselius (PWN)) Bij inname zouter water dan in het bekken aanwezig zal verzilting optreden.	De mate van verzilting is afhankelijk van het verschil tussen de concentratie in het bekken en het innamewater, de duur van de overschrijding, de inhoud van het bekken en het verbruik. Het kan maanden duren voor een bekken geheel is verzilt en het kan ook weer maanden duren voordat dit is hersteld	Indien versoepeling van de norm: geen
Permanente verzilting bekkens	Zelfs bij permanente versoepeling van de norm is niet de verwachting dat het zoutgehalte van het ingenomen water altijd boven 150 mg/l zal liggen	De mate van verzilting is afhankelijk van de variaties van de concentratie in het innamewater, de inhoud van het bekken en het verbruik. Kleine en kortdurende variaties in het innamewater zullen in de meeste gevallen worden uitgemiddeld, waardoor in praktijk hoogstens tijdelijke verzilting zal optreden.	Indien versoepeling van de norm: geen

Bijlage II Overzicht potentiële risico's chloride in het distributienet

Potentieel risico	Ervaring met het risico (historie)	Effect van voordoen van deze situatie	Gevolgen van de situatie
Corrosie grijs gietijzeren leidingen	In de jaren 60 - 70 - 80 van de vorige eeuw is de relatie gelegd tussen troebelheid en ijzer in het leidingnet. De gedachte was dat de hoeveelheid ijzer in het water (bruin water) een maat was voor de corrosie van het gietijzeren leidingnet. De lozingen in de Rijn door de kalimijnen in Frankrijk veroorzaakten een stijging van het chloride in de grondstof voor het drinkwater in Amsterdam en een verkorting van de levensduur van gietijzeren leidingen. De aanwezigheid van chloride in drinkwater wordt ook in verband gebracht met deklaagvorming in gietijzeren leidingen. De deklagen die gevormd worden bij hogere chloridegehalten zijn waarschijnlijk harder. (Benson et	Gezien de onduidelijkheid van chloride in de vorming van deklagen, is niet duidelijk of chloride een effect heeft op het ontstaan van bruin water. Corrosie van onbeschermd gietijzer zal wel toenemen met het toenemen van de chlorideconcentratie.	Corrosie van onbeschermd gietijzeren leidingen neemt toe, maar het is onduidelijk of hierdoor versnelde sanering van dit type leidingen nodig is. Het huidige saneringstempo bedraagt ongeveer 150 km per jaar. Bij toenemende problemen van bruin water in gietijzerwijken kan mogelijk besloten worden tot een verhoogde inspanning in het saneren van gietijzer of een verhoogde inspanning in het schoonmaken van leidingen.

Hogere kans putcorrosie in koperen binneninstallatie	al., 2012; McNeill and Edwards, 2001) Er is een relatie tussen putcorrosie en hogere chloridegehalten, maar er spelen meer parameters een rol, zoals waterstofcarbonaat en hardheid. (Lytle and Schock, 2008; Slaats et al., 2013)	De relatie tussen putcorrosie en chloride gehalte is niet zo duidelijk dat een kwantitatieve uitspraak mogelijk is.	Nieuwe installaties worden voor een groot deel uitgevoerd in kunststof leidingssystemen, hierbij zal het probleem zich niet voordoen. In hoeverre de bestaande koperen leidingen gevoelig zijn voor putcorrosie bij een verhoogde chlorideconcentratie is niet duidelijk. Indien putcorrosie in koperen leidingen optreedt, kan dit leiden tot aanzienlijke schade door lekkages. Lekkages door putcorrosie zijn sluipend indien het ontstaat op plaatsen buiten het zicht zoals meterkasten, kruipruimten, in muren, etc.
Hogere kans op ontzinking van messing	De kans op ontzinking van messing neemt toe met hogere chloridegehalten (Bruchem, 1984). Omdat er veel typen messing zijn is de relatie tussen ontzinking en hoge chloridegehalten niet altijd duidelijk.	De relatie tussen ontzinking en chloride gehalte is niet zo duidelijk dat een kwantitatieve uitspraak mogelijk is. Kwalitatief geldt dat ontzinking zal toenemen.	Bij toename van de ontzinking van messing zullen messing onderdelen sneller stuk gaan. Dit kan lekkage leiden of het onbruikbaar worden van appendages door volumineuze zinkafzettingen. Bij lekkage betreft het meestal breuken die tot veel waterverlies kunnen leiden. Volumineuze afzettingen kunnen leiden tot vastzittende kranen en verstoppingen in

Hogere kans corrosie RVS onderdelen in de het totale systeem	De aanwezigheid van chloride kan voor de lagere kwaliteiten RVS (304) funest zijn. Spleetcorrosie en spanningscorrosie wordt beïnvloed door de aanwezigheid van Chloride	Dit gaat voorkomen in installaties waar lagere kwaliteiten RVS aanwezig zijn.	de drinkwaterinstallatie.
--	--	---	---------------------------

Bijlage III Overzicht potentiële risico's effectiviteit zuiveringsprocessen

Potentieel risico	Ervaring met het risico (historie)	Effect van voordoen van deze situatie	Gevolgen van de situatie
Coagulatie/flocculatie met ijzerchloride	Meerdere drinkwaterbedrijven gebruiken de techniek, Door ijzerchloride dosering neemt chloride gehalte in de zuivering verder toe inname stop reeds bij lager chloride gehalte dan de (nieuwe) norm	Groot	Beperkt
Omgekeerde Osmose/Nanofiltratie	Met name PWN Heemskerk, Vitens Zwolle, Oasen (Sjerps en Huiting, 2017, Huiting, 2019) 1 - reeds vanaf een beperkte verhoging in zoutvracht 2 - bij een grote verhoging	1 - groot 2 - beperkt	1 - beperkt (10-20% hoger energie verbruik) 2 - groot (aanpassing pomp/motor combinaties naar hogere voedingsdruk + hoger energieverbruik)
Ontharding (proceswater) met - omgekeerde osmose	Evides Industriewater (Sjerps en Huiting, 2017; Huiting, 2014, 2019; 2019b Abrahamse, 2013) 1 - reeds vanaf een beperkte verhoging in zoutvracht 2 - bij een grote verhoging	1 - groot 2 - beperkt	1 - beperkt (10-20% hoger energie verbruik) 2 - groot (aanpassing pomp/motor)

Demiwaterproductie met omgekeerde osmose	Evides Industriewater (Sjerps en Huiting, 2017; Huiting, 2014, 2019;2019b Abrahamse, 2013) 1 - reeds vanaf een beperkte verhoging in zoutvracht 2 - bij een grote verhoging	1 - groot 2 - beperkt	combinaties naar hogere voedingsdruk + hoger energieverbruik) 1 - beperkt (10-20% hoger energie verbruik) 2 - groot (aanpassing pomp/motor combinaties naar hogere voedingsdruk + hoger energieverbruik)
Demiwaterproductie met ionenwisseling	Evides Industriewater (Sjerps en Huiting, 2017; Huiting, 2014, 2019;2019b Abrahamse, 2013) 1 - reeds vanaf een beperkte verhoging in zoutvracht 2 - bij een grote verhoging	1 - groot 2 - beperkt	1 - beperkt (hoger verbruik chemicaliën voor regeneraties) 2 - groot (aanpassing installatie (verhouding zwakke en sterke IX-harsen en hoger chemieverbruik)

Bijlage IV Overzicht potentiële risico's oppervlaktewaterkwaliteit en natuurschade

Potentieel risico	Ervaring met het risico (historie)	Effect van voordoen van deze situatie	Gevolgen van de situatie
Niet halen KRW doelen infiltratieplassen	Geen	Infiltratieplannen zijn aangewezen als KRW type M23. Voor een goede ecologische toestand geldt een chloride gehalte <200 mg/l. Anders matig (200-250 mg/l) of ontoereikend (250-300 mg/l). Onder normale omstandigheden is rivierwater, dan wel IJsselmeerwater dusdanig laag dat 200 mg/l niet overschreden wordt.	Het halen van KRW doelen is een verplichting waaraan economische sancties zijn verbonden.
Verzilting natte duinvalleien met toestroom uit infiltratiepannen	Geen	De effecten zijn niet geheel duidelijk. Afstroom naar natte duinvalleien kan een probleem zijn bij een structureel hoger chloridegehalte. Normen zijn er echter niet. Natte duinvalleien kennen een successie van brak naar zeer zoete systemen. De gemiddelde chlorideconcentratie in natte duinvalleien is 150 mg/l. Of er een probleem optreedt, is afhankelijk van de locatie in de successie van brak naar zoet.	Niet halen Natura 2000 doelen, deze doelen hebben wettelijke status binnen de Natuurbescherming swet. De Europese commissie kan naleving afdwingen binnen de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn

Overschrijding infiltratiebesluit bodembescherming	Geen	De soortengevoeligheid van zout is niet goed bekend, sommige soorten zijn heel gevoelig en reageren snel. De chloride-norm is nu 200 mg/l met een ontheffing tot 300 mg/l voor maximaal 70 dagen per jaar. De norm voor natrium is 120 mg/l met ontheffing tot 180 mg/l voor maximaal 70 dagen. Vooral de natriumnorm is dan kritisch: uitgaande van een 1:1 verhouding NaCl is een maximum chlorideconcentratie van 277 mg/l mogelijk Bij structurele verhoging van water met ene hoger chloridegehalte kan verzilting relatief snel gaan, afhankelijk van de ligging van valleien t.o.v. de infiltratielocaties. Echter in de meeste gevallen zal het om redelijk kortdurende overschrijdingen gaan, wat er dan gebeurt, is niet bekend	Het infiltratiebesluit is vastgelegd in de Wet bodembescherming en heeft daarmee dus wettelijke status
--	------	--	---