



PCD 4:2016 | December 2016

Reservoirs voor drinkwater

Ontwerp, realisatie, bedrijfsvoering en beheer

Reservoirs voor drinkwater

Ontwerp, realisatie, bedrijfsvoering en beheer

KWR | PCD 4:2016 | December 2016

Opdrachtgever

Platform Bedrijfsvoering

Auteur

Ing. M.A. Meerkerk

Jaar van publicatie
2016

Meer informatie

Martin Meerkerk
T (030) 60 69 591
E Martin.Meerkerk@kwrwater.nl

KWR
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

T 030 60 69 511
F 030 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



PCD 4:2016 | December 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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.

Praktijkcode Drinkwater

Status

De Nederlandse drinkwaterbedrijven maken in de dagelijkse bedrijfsvoering gebruik van richtlijnen met als doel het (hoge) kwaliteitsniveau van de bedrijfsvoering te handhaven en waar mogelijk verder te verbeteren, en/of de efficiency van de bedrijfsvoering te verhogen en bij te dragen aan het verder uniformeren van de werkwijzen binnen de drinkwatersector. Deze richtlijnen hebben doorgaans het karakter van een 'aanbeveling van een te volgen gedrag of handelswijze' en niet van een 'bindend voorschrift'¹. Het gaat om privaatrechtelijke richtlijnen voor de ondersteuning in de dagelijkse praktijk van de bedrijfsvoering ('best practices') in het gehele traject van bron tot tap. De richtlijnen (soms ook aangeduid als 'leidraad') worden sinds 2008 opgesteld en hebben in 2015 de aanduiding 'Praktijkcode Drinkwater' (PCD) gekregen.

Verantwoording

Praktijkcodes worden opgesteld in opdracht van het Platform Bedrijfsvoering, waarin vertegenwoordigers van alle Nederlandse drinkwaterbedrijven en het Vlaamse bedrijf Pidpa participeren. Dit Platform heeft het beheer van praktijkcodes gedelegeerd aan de Begeleidingsgroep Praktijkrichtlijnen, die de 'eigenaarsrol' vervult. Ook in die groep participeert in beginsel één vertegenwoordiger per bedrijf. De voorzittersrol wordt vervuld door een van deze vertegenwoordigers, terwijl KWR Watercycle Research Institute dat doet ten aanzien van de rol van secretaris.

Totstandkoming en kwaliteitsborging

Een specifieke praktijkcode of een revisie daarvan (zie onder) komt met inhoudelijke bijdragen van deskundigen van drinkwaterbedrijven en onderzoekers van KWR Watercycle Research Institute interactief tot stand onder begeleiding van een projectgroep bestaande uit deskundigen van de drinkwaterbedrijven en/of -laboratoria. De leden van die projectgroep worden aangezocht vanwege hun specifieke kennis en/of vaardigheden die noodzakelijk is/zijn voor het betreffende onderwerp. Het voorzitterschap wordt in beginsel waargenomen door een vertegenwoordiger van de drinkwaterbedrijven; KWR Watercycle Research Institute vervult het secretariaat en rapporteert de voortgang aan de Begeleidingsgroep Praktijkrichtlijnen. Soms maken drinkwaterbedrijven gebruik van de mogelijkheid om zich als agendalid van een projectgroep te laten registreren.

Na vaststelling van een praktijkcode door de begeleidende projectgroep wordt die ter formele vaststelling voorgelegd aan de Begeleidingsgroep Praktijkrichtlijnen.

Openbaarheid

Praktijkcodes Drinkwater zijn openbaar. Een actueel overzicht van alle praktijkcodes is te vinden op 'Watnet', het KWR-intranet voor de drinkwaterbedrijven.

Periodieke actualisatie

Bestaande praktijkcodes worden periodiek geëvalueerd. In beginsel is er sprake van een 'vijfjaarsrevisie': primair wordt de vraag gesteld en bediscussieerd of actualisatie gewenst dan wel noodzakelijk is en als dat het geval blijkt te zijn, wordt die volgens

¹ Beide omschrijvingen zijn afkomstig uit 'Van Dale'.

een afgesproken procedure projectmatig geactualiseerd. De vorige editie van een praktijkcode is daarbij uitgangspunt. Als actualisatie niet gewenst of noodzakelijk blijkt te zijn, wordt een praktijkcode in principe opnieuw voor een periode van vijf jaar vastgesteld.

Reservoirs voor drinkwater

Ontwerp, realisatie, bedrijfsvoering en beheer

Editie

Het voorliggende document is de tweede editie van deze praktijkcode, die in 2016 is afgerond. Naast een redactionele slag zijn de belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de eerste editie [42]:

- Op diverse onderdelen van het ontwerp, de realisatie en de bedrijfsvoering zijn de huidige inzichten van de drinkwatersector verwerkt;
- Het overzicht met referenties is geactualiseerd en geactualiseerd, en op basis daarvan en indien van toepassing zijn teksten aangepast;
- Waar van toepassing is de vigerende wet- en regelgeving op het gebied van drinkwater verwerkt;
- Een lijst met begrippen en bijbehorende omschrijvingen is toegevoegd;
- Er wordt meer aandacht gegeven aan materialen anders dan beton (staal, RVS, kunststof) en dan met name in hoofdstuk 5;
- Er wordt uitgebreider aandacht gegeven aan het beproeven op de waterdichtheid van betonnen reservoirs;
- Op diverse onderdelen is informatie over de bedrijfsvoering geactualiseerd, bijvoorbeeld voor de desinfectie van reservoirs.

De als KWR-rapport uitgegeven eerste editie [42] is omgezet naar een (gestandaardiseerde) praktijkcode.

Begrippen

De in deze praktijkcode gehanteerde begrippen met hun bijbehorende omschrijving zijn opgenomen in bijlage I. Daarbij wordt in sommige gevallen geciteerd uit de vigerende wet- en regelgeving.

Deze praktijkcode heeft betrekking op 'reservoirs voor drinkwater'. Het gaat in dit document om alle reservoirs die vallen onder de verantwoordelijkheid van een drinkwaterbedrijf en die zijn bedoeld voor de opslag van water van drinkwaterkwaliteit. Om die reden is gekozen voor het algemene begrip 'drinkwaterreservoir', soms afgekort tot 'reservoir'.

Scope

Voor reservoirs ten behoeve van de opslag van drinkwater blijkt een diversiteit aan begrippen te worden gehanteerd, soms afhankelijk van de toepassing. De reservoirs vormen de schakel tussen de productie en de distributie van drinkwater, maar de plaats daarvan is echter afhankelijk van het gekozen transport- en distributiesysteem: de reservoirs kunnen zijn gesitueerd bij de productie ('productiereservoirs'² of 'reinwaterreservoirs'), aan het eind van een transportsysteem ('distributiereservoirs') of in het distributienet ('suppletiereservoirs'). De reservoirs kunnen als 'hoogreservoir' of als 'laagreservoir' zijn

² Met name gaat het om reservoirs aan het einde van de productie (opslag reinwater). In de drinkwaterbereiding worden ook andere reservoirs toegetast, bijvoorbeeld ten behoeve van voor- en nafiltraat.

uitgevoerd³. Laagreservoirs worden (deels) onder- of bovengronds gebouwd. Voor alle opslagsystemen geldt in beginsel echter dezelfde benadering.

Er bestaan ook 'waterslagketels' (ook aangeduid als 'windketels' of 'hydrofoorinstallaties'). Deze zijn opgesteld bij reinwater- en distributiereservoirs, en zijn bedoeld voor het opvangen van waterslag [17, 29, 31]. In tegenstelling tot reservoirs voor drinkwater werden waterslagketels in het verleden niet (continu) doorstroomd. Nieuwe waterslagketels worden doorgaans wel doorstromend ontworpen en gebouwd, met het doel voortdurend te verversen en de stilstand van water te voorkomen. Omdat het bij waterslagketels gaat om een 'voorraad' drinkwater met een andere doelstelling dan die van reservoirs, zijn die in dit document niet meegenomen. Waterslagketels zijn onderdeel van de 'Hygiëncode Drinkwater; *Opslag, Transport en Distributie*' [7]. Voor de bouw, de bedrijfsvoering en het beheer van waterslagketels wordt in die Hygiëncode wel verwezen naar relevante onderdelen van de hoofdstukken 5 en 6 van de onderhavige praktijkcode.

Drinkwaterreservoirs worden normaliter vervaardigd van beton of staal. Tegenwoordig worden bestaande (betonnen) reservoirs tijdens een renovatie soms bekleed met aan elkaar gelaste kunststof panelen, zodat er in dat geval sprake is van een kunststof reservoir. Ook worden er reservoirs van roestvaststaal gemaakt. In deze praktijkcode komen alle verschillende materialen aan de orde, waarbij de nadruk ligt op beton.

De praktijkcode is primair bedoeld voor de nieuwbouw van drinkwaterreservoirs. In het geval van renovatie wordt geadviseerd zoveel mogelijk aspecten toe te passen. Dat geldt dan vooral voor hoofdstuk 6 'Operationele aspecten'.

Samenstelling projectgroep

De samenstelling van de projectgroep die de totstandkoming van deze praktijkcode heeft begeleid, is hieronder weergegeven. De deelnemers zijn per bedrijf in alfabetische volgorde vermeld.

Drinkwaterbedrijf of -laboratorium

Brabant Water
Dunea
Evides
KWR Watercycle Research Institute
Pidpa
PWN
Vitens
Waterbedrijf Groningen
Waternet
WMD
WML

Vertegenwoordiger(s)

Harm Kampen;
Jeroen Wesselink;
Patrick de Braber;
Martin Meerkerk (secretaris);
Bart Wils;
Bernadette Lohmann;
Geo Bakker (voorzitter);
Tom van Schaick;
William de Goei;
Jan de Vries;
Paul Beckers.

Vaststelling praktijkcode

Deze praktijkcode is vastgesteld door de Begeleidingsgroep Praktijkrichtlijnen in de vergadering van 15 december 2016.

³ N.B. Strikt formeel gezien, moeten deze reservoirs niet worden verward met hoog- of hogergelegen en laag- of lagergelegen hoog- en laagreservoirs. In de literatuur [6] wordt echter de volgende omschrijving gegeven: '*In heuvelachtige gebieden worden soms hoogreservoirs toegepast. Dit zijn reservoirs voor productieafvlakking, die vanwege hun hoogteligging functioneren als een zeer grote watertoren. De reservoirs zijn gebouwd op een heuvel, en kunnen daardoor op goedkope wijze toch een grote inhoud hebben. De voeding van het reservoir vindt plaats via het distributienet.*'

Beheer van de praktijkcode

Commentaar of opmerkingen betreffende de opzet en/of de inhoud van deze praktijkcode kunnen per e-mail worden verzonden aan KWR Watercycle Research Institute:

Martin.Meerkkerk@kwrwater.nl. Indien van toepassing zal een en ander worden gebruikt als input voor een volgende editie van het document.

Inhoud

1	Inleiding	9
1.1	Bronnenmateriaal, korte toelichting	9
1.2	‘DVGW Arbeitsblätter’	10
1.3	Leeswijzer	10
2	Dimensionering van productiereservoirs	11
2.1	Inleiding	11
2.2	Uitgangspunten berekening reservoirvolume	11
2.3	Voorraadvorming bijzondere omstandigheden	16
2.4	Samenvatting	17
3	Algemene aspecten van de bedrijfsvoering	18
3.1	Leveringszekerheid	18
3.2	Bedrijfszekerheid	18
4	Programma van eisen voor het ontwerp	22
4.1	Inleiding	22
4.2	Maatregelen tegen invloeden van buitenaf	22
4.3	Maatregelen gericht op handhaving hygiënische toestand	30
4.4	Monsterneming	31
4.5	Afvoer reinigingswater	31
4.6	Overige aspecten	32
5	Realisatie van reservoirs	35
5.1	Inleiding	35
5.2	Publiekrechtelijke regelgeving: gezondheidskundige aspecten	35
5.3	Beton	35
5.4	Staal	37
5.5	Roestvaststaal (RVS)	38
5.6	Kunststof	38
5.7	Overige opmerkingen	38
6	Operationele aspecten	39
6.1	Inleiding	39
6.2	Ingebruikneming nieuwe reservoirs	39
6.3	(Dagelijkse) bedrijfsvoering	39
6.4	Inspectie, eventueel onderhoud en reiniging/desinfectie	42
7	Vastleggen van gegevens	46
8	Literatuur	48
	Bijlage I Begrippen en definities	52

Bijlage II Spreadsheet voor het ontwerp van het effectieve reservoirvolume	54
Bijlage III Desinfectie van drinkwaterreservoirs	55
Bijlage IV Voorbeelden van alarmeringen	58
Bijlage V Voorbeeld van een schematische weergave van reservoirs	66
Bijlage VI Voorbeeld van de realisatie van het dak van een reservoir zonder gronddek	68

1 Inleiding

1.1 Bronnenmateriaal, korte toelichting

Een overzicht van de voor het opstellen van deze praktijkcode geraadpleegde bronnen is opgenomen in hoofdstuk 8 'Literatuur'. Daarover wordt voor de beeldvorming het volgende opgemerkt.

Europese norm

Eisen voor systemen voor de opslag van drinkwater zijn op Europees niveau vastgelegd in de NEN-EN 1508 [16]. In deze Europese norm worden richtlijnen gegeven voor:

- het ontwerp en de constructie bij nieuwbouw;
- de uitbreiding en modificatie van bestaande bouw;
- de renovatie van bestaande bouw.

Nationale documenten

Op nationaal niveau zijn bepaalde aspecten van drinkwaterreservoirs in het verleden vastgelegd, te weten in:

- Kiwa-Mededeling 36 [8] (1975);
- De 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterreservoirs' [27] (2000);
- De 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies' [12] (2005);
- De 'Hygiëncode Drinkwater; *Opslag, transport en distributie*' [18] (2002), die in 2010 en 2016 [7] is geactualiseerd.

Verder is er nog gebruik gemaakt van door drinkwaterbedrijven aangereikte documenten van diverse aard (soms gedateerd).

Dit document heeft betrekking op reservoirs voor drinkwater. Reservoirs voor drinkwater kunnen in beton worden uitgevoerd en voor die reservoirs zijn ook de documenten 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9] en 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies' [36] van Kiwa Nederland van toepassing. Die twee documenten en deze praktijkcode dienen daarom voor betonnen drinkwaterreservoirs naast elkaar te worden gebruikt.

De NEN 1006 [5] heeft betrekking op leidingwaterinstallaties (waarvan de Waterwerkbladen [4] als nadere uitwerking worden gezien) en wordt expliciet genoemd in het Drinkwaterbesluit [3], waarmee deze norm een wettelijk kader en 'rechtskracht' heeft en als 'verbindend' wordt beschouwd [21]. Ondanks het feit dat de norm en de Waterwerkbladen betrekking hebben op onder meer drinkwaterinstallaties blijken de Waterwerkbladen (ook) informatie te bevatten die van toepassing is voor de openbare drinkwatervoorziening. Om die reden zijn de NEN 1006 en de Waterwerkbladen bij de ontwikkeling van de onderhavige praktijkcode betrokken.

Met het onderhavige document is beoogd op nationaal niveau een compleet beeld samen te stellen van alle voor drinkwaterreservoirs relevante aspecten. Een overlap tussen de verschillende vigerende documenten is zoveel mogelijk beperkt. De 'Hygiëncode

Drinkwater; *Opslag, transport en distributie*⁴ [7] heeft (zoals uit de ondertitel blijkt) onder andere betrekking op 'opslag'. Voor de bouw, de bedrijfsvoering en het beheer van drinkwaterreservoirs verwijst die Hygiëncode echter naar de hoofdstukken 5 'Realisatie van reservoirs', 6 'Operationele aspecten' en 7 'Vastleggen van gegevens' van deze praktijkcode.

Met name voor hoofdstuk 2 'Dimensionering van reservoirs' is gebruik gemaakt van het WML-rapport 'Definities en ontwerprichtlijnen reinwaterberging' [25].

Bij de totstandkoming van dit document is ook het boek 'Drinkwater – principes en praktijk' [6] gebruikt als informatiebron. Het ging daarbij vooral om de onderdelen 'Drinkwater in Nederland' en 'Technische facetten drinkwater'.

1.2 'DVGW Arbeitsblätter'

Doorgaans is de Duitse regelgeving op het gebied van de drinkwatervoorziening van een gedegen kwaliteitsniveau, mede omdat daarin van de laatste stand der techniek wordt uitgegaan. Daarom zijn die werkbladen of een of meer onderdelen daarvan ter informatie bij specifieke onderdelen van deze PCD genoemd, zodat die desgewenst door drinkwaterbedrijven kunnen worden geëvalueerd op bruikbaarheid voor de Nederlandse situatie.

Reeds hier wordt het DVGW-werkblad W 316 [48] genoemd. Daarin zijn kwaliteitscriteria en -eisen vastgelegd waaraan bouwondernemingen en ontwerpbureaus die betrokken zijn bij drinkwaterreservoirs moeten voldoen. Iets dergelijks is voor de Nederlandse situatie niet bekend.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de dimensionering van drinkwaterreservoirs beschreven. Algemene aspecten van de bedrijfsvoering van die reservoirs komen aan de orde in hoofdstuk 3. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 de aan een ontwerp te stellen eisen breedvoerig geëvalueerd. De realisatie van drinkwaterreservoirs is het onderwerp van hoofdstuk 5. Voor de operationele aspecten (gebruik, beheer en onderhoud) en het vastleggen van gegevens van de reservoirs gebeurt dat in hoofdstuk 6 respectievelijk hoofdstuk 7.

⁴ Ook deze Hygiëncode wordt expliciet genoemd in het Drinkwaterbesluit [3], zie hierboven bij NEN 1006.

2 Dimensionering van productiereservoirs

2.1 Inleiding

De functie van een reservoir in de drinkwaterproductie is in principe tweeledig:

- Bufferen van de schommelingen in de vraag naar drinkwater teneinde de productiecapaciteit optimaal te kunnen benutten;
- Voorraadvorming voor bijzondere omstandigheden (passage uit [6]: ‘*een minimale berginginhoud voor onverwachte omstandigheden*’) om een periode van lagere of zelfs geen productie te kunnen opvangen, of een situatie met verhoogde vraag als gevolg van bijvoorbeeld een leidingbreuk.

Van oudsher bestaan deze functies naast elkaar, waarbij de nadruk vooral heeft gelegen op de voorraadvorming om calamiteiten te kunnen opvangen. Het bufferen van de schommelingen in de vraag krijgt echter steeds meer aandacht vanwege de mogelijkheden om het productieproces zoveel mogelijk constant te kunnen bedrijven. Inmiddels is gebleken dat schakelingen in het productievolume een negatieve invloed kunnen hebben op de kwaliteit van het geproduceerde drinkwater.

In dit hoofdstuk zal op beide aspecten nader worden ingegaan, waarbij voor ieder geval een definitie zal worden gegeven voor een ontwerpcriterium. Volumestromen worden hierbij zoveel mogelijk uitgedrukt in een dimensieloze grootte, namelijk de vermenigvuldigingsfactor ten opzichte van een uurgemiddelde over langere tijd.

Opmerking

Een berekeningsmethode voor reservoirs is onderdeel van de Waterwerkbladen [4] (WB 2.1 D ‘Berekeningsmethode voor waterreservoirs’). Die methode heeft betrekking op reservoirs in drinkwaterinstallaties en is een betrekkelijk eenvoudige berekening waarbij het doel is om de leveringscapaciteit van een aanvoerleiding maximaal te benutten als deze capaciteit lager is dan de maximale momentane vraag.

2.2 Uitgangspunten berekening reservoirvolume

Het totale reservoirvolume bestaat uit het effectieve reservoirvolume en een bedrijfsmatige marge. Het effectieve reservoirvolume is het volume dat noodzakelijk is om de verschillende functies van een reservoir te kunnen vervullen. Dat is de voorraadvorming voor de gewone bedrijfsvoering plus de voorraadvorming voor de beide bijzondere omstandigheden casu quo productie- of distributicalamiteit.

De bedrijfsmatige marge bestaat uit een veiligheidsmarge die gehanteerd wordt om de bedrijfsvoering mogelijk te maken. Dit zijn de zogenaamde laagwater- en hoogwater-waarschuwingen. Als het reservoirniveau beneden of boven dat niveau komt, moet er worden ingegrepen, omdat in de normale bedrijfsvoering deze niveaus niet zullen worden bereikt. Als het niveau op een van tevoren voorspeld moment optreedt (bijvoorbeeld als het reservoir maximaal moet worden gevuld of aan het einde van een calamiteit als het reservoir bijna leeg is) is er geen directe reden om in te grijpen. Is het een onverwacht moment, dan moet er worden gekeken wat er aan de hand is. Een volgend alarm kan zijn een niveau waaronder pompen lucht kunnen gaan aanzuigen en er dus ingegrepen moet gaan worden. In deze paragraaf worden beide reservoirvolumina nader bekeken.

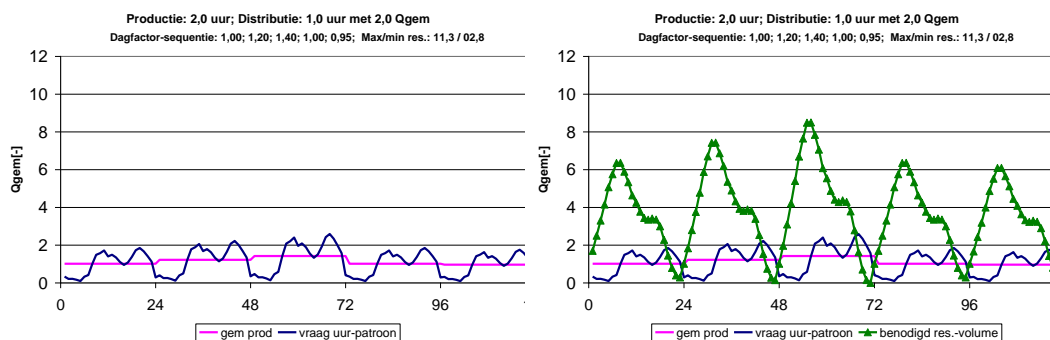
2.2.1 Effectief reservoirvolume

Het effectieve reservoirvolume kan worden beschouwd als het 'adem-volume'. Het adem-volume is per dag verschillend en hangt af van het voorspelde vraagpatroon, zowel voor wat betreft het totaalvolume als de verdeling over de tijd. Voor het ontwerp van het effectieve reservoirvolume wordt uitgegaan van een maximale representatieve vraagsituatie. De overige eisen zijn:

- het productievolume is constant over 24 uur;
- de productiecalamiteit duurt X uur (in het voorbeeld dat wordt uitgewerkt, is dit 2 uur); De calamiteit houdt in dat de productie geheel uitvalt en na X uur is er weer een zekere productiecapaciteit beschikbaar;
- de distributicalamiteit vraagt Y maal de gemiddelde uurvraag gedurende Z uur, waarbij Y en Z willekeurige getallen zijn (in het voorbeeld dat wordt uitgewerkt, 'vraagt' de distributicalamiteit gedurende 1,0 (Z) uur een volumestroom van 2,0 (Y) maal de gemiddelde vraag);
- De productie- en distributicalamiteit treden niet tegelijkertijd op.

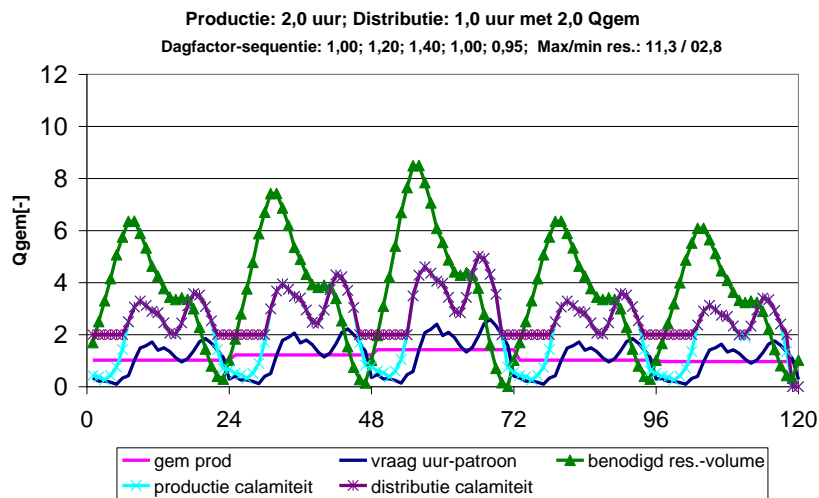
Om de effecten van deze uitgangspunten voor het ontwerp van het effectieve reservoirvolume te demonstreren, is een spreadsheet gemaakt (zie bijlage II). De berekening die hierin wordt gemaakt, vindt plaats voor een periode van vijf dagen met verschillend dagpatroon. Alle volume-eenheden worden uitgedrukt in een gemiddelde uurvraag in een jaar.

In figuur 1 wordt in de linker grafiek een 'klassiek' vraagpatroon weergegeven over vijf dagen met een gelijkvormig patroon, maar met verschillende dagfactor (1,0; 1,2; 1,4; 1,0; 0,95) en daarbij de gemiddelde productie die voldoende is om deze vraag te 'dekken'. Op de verticale as staan de factoren die de volumestroom aangeven ten opzicht van het 'jaar-ur-gemiddelde' (= totale jaarproductie/(365 * 24) m³/h). De horizontale as geeft de uren aan gedurende vijf opeenvolgende dagen. De volumestroom wordt dus uitgedrukt in de eenheid de gemiddelde uurvraag op jaarbasis. In de rechtergrafiek is het reservoirvolume weergegeven dat het gevolg hiervan is. Dit is de reguliere voorraadvorming die noodzakelijk is om het vraagpatroon met een constante productie over 24 uur te kunnen dekken. Het maximale reservoirvolume is 8,2 maal de gemiddelde uur-jaar-vraag.



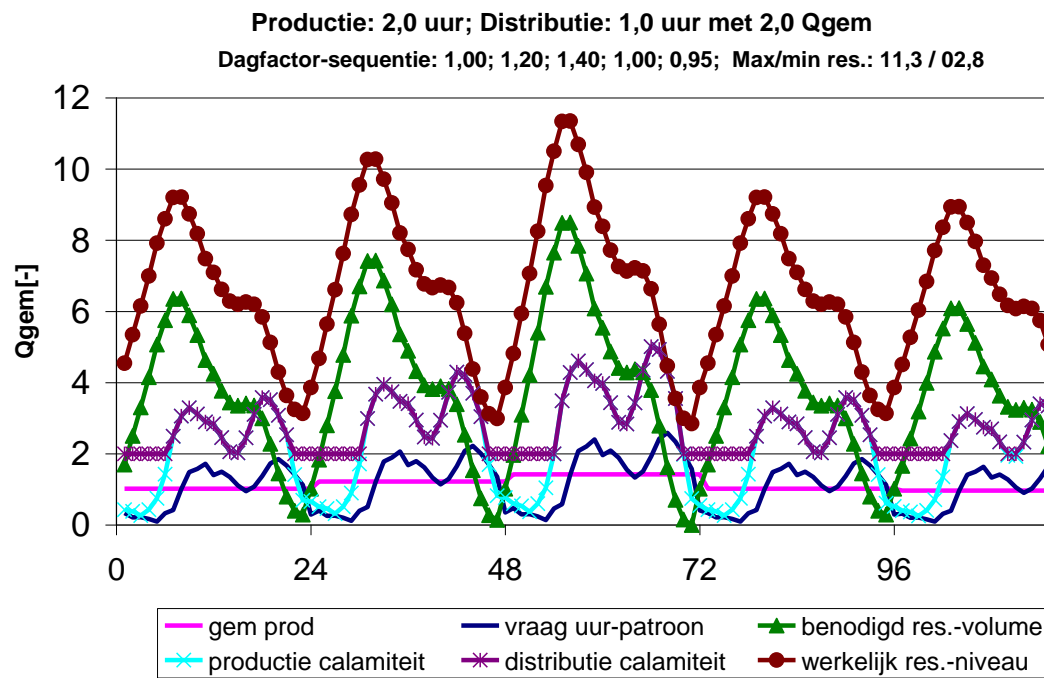
Figuur 1 Links het vraagpatroon over vijf dagen; grafiek rechts geeft het reservoirvolume behorende bij een dekking van het vraagpatroon met de gemiddelde dagproductie.

In figuur 2 is vervolgens de bijzondere voorraadvorming voor de dekking van de calamiteiten weergegeven. De benodigde voorraad voor de productiecalamiteit (twee productie-uren vallen uit) is flexibel. De voorraadvorming voor de distributicalamiteit is constant en in dit geval gelijk aan twee maal de gemiddelde uur-jaar-vraag.



Figuur 2 De voorraadvorming voor productie- en distributiecalamiteiten toegevoegd.

In de nachturen is voor de voorraadvorming de distributiecalamiteit maatgevend; in de daguren is de productiecalamiteit maatgevend. Beide calamiteiten vinden per definitie niet tegelijkertijd plaats. Het blijkt dat met name in de middaguren en in de vroege avonden de benodigde voorraad voor de bijzondere calamiteiten hoger is dan de reguliere voorraadvorming. Om te blijven voldoen aan de eis dat er niet geschakeld wordt met het productievolume, moet de curve voor de reguliere voorraadvorming als het ware 'opgetild' worden, zodanig dat die juist raakt aan de noodzakelijke voorraadvorming voor calamiteiten. In figuur 3 wordt het resultaat van die berekening weergegeven.



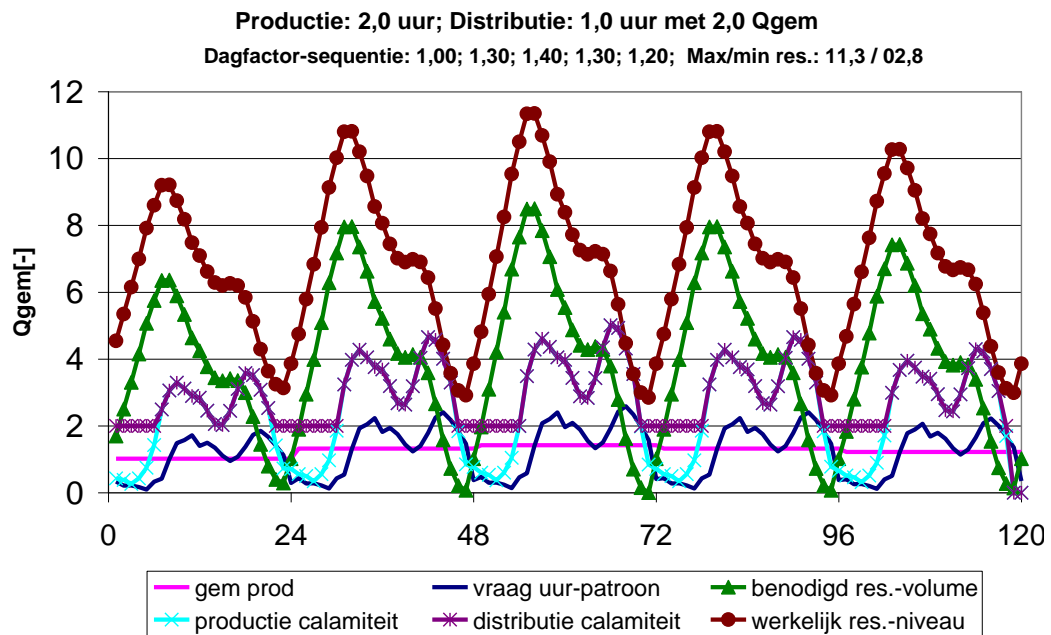
Figuur 3 Resultaten berekening effectief reservoirvolume.

De vergelijking tussen de ideale 'buffering' (niveau in het reservoir) om de productie vlak te laten draaien (groene lijn) en de minimaal benodigde hoeveelheid om de maatgevende calamiteit op te vangen (paarse lijn), laat zien dat het noodzakelijk is om een combinatie te maken. In de nachtelijke uren is namelijk niet voldoende voorraad aanwezig om een calamiteit op te vangen.

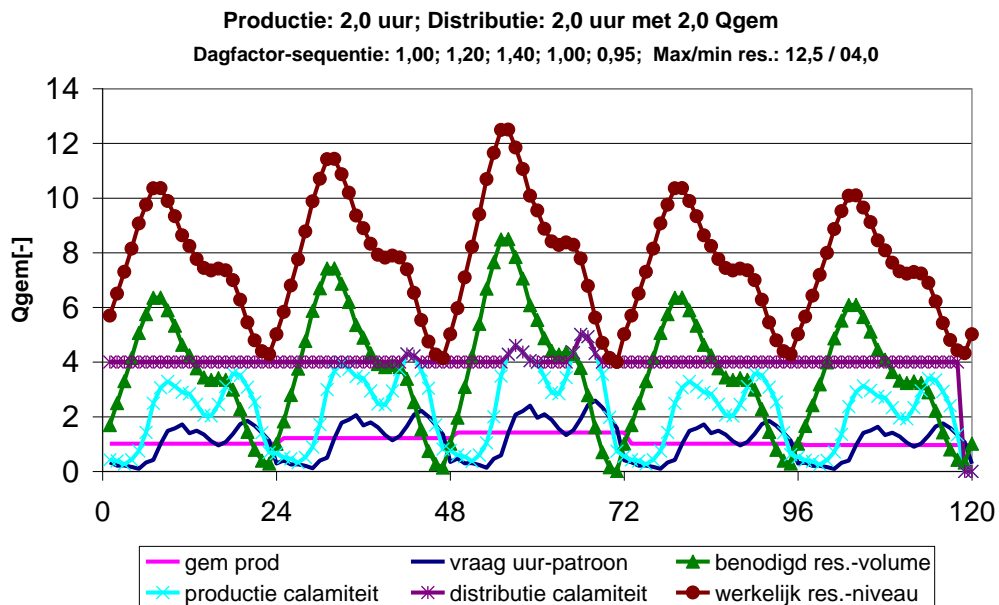
Het uiteindelijke reservoirniveau wordt bepaald door de buffering voor de afvlakking van de productie zodanig 'op te tillen' dat die zich altijd boven de minimaal benodigde voorraad voor de calamiteit bevindt. De vorm van de lijn in de tijd blijft gelijk om aan de randvoorwaarde te blijven voldoen dat de productie over de dag constant blijft. Het maximale reservoirniveau bedraagt dan 11,3 maal het jaar-uur-gemiddelde en het minimale niveau is 2,8 maal dat gemiddelde.

2.2.2 Diverse benaderingen om het reservoirniveau te berekenen

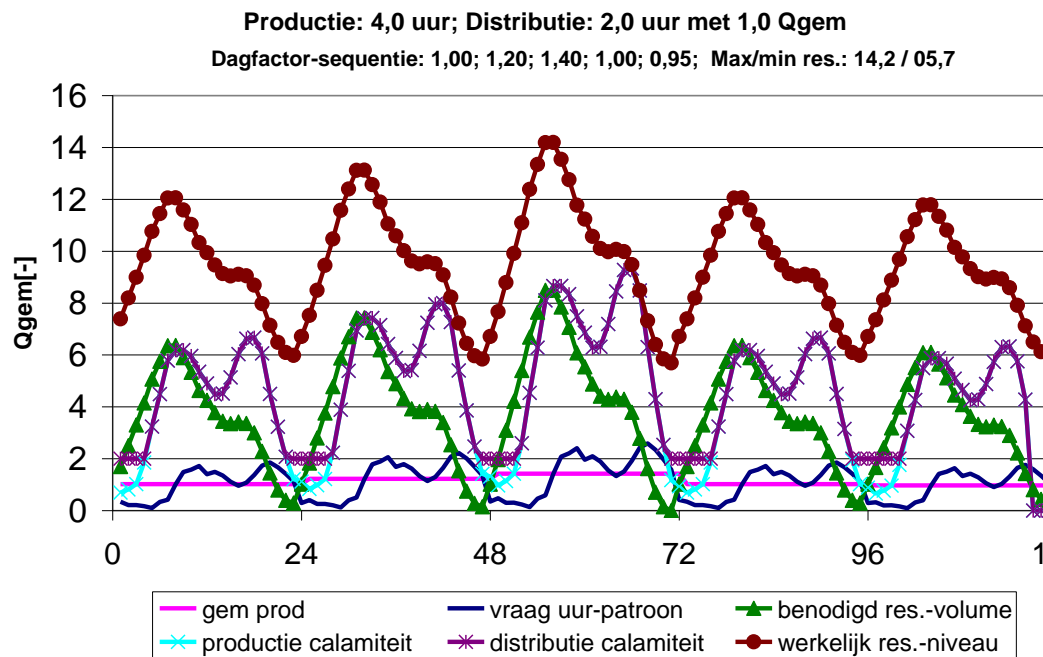
In de figuren 4 tot en met 6 zijn verschillende strategieën of scenario's geëvalueerd om het reservoirniveau te bepalen.



Figuur 4 Scenario met meerdere opeenvolgende dagen met hoog verbruik. Dit blijkt weinig uit te maken voor het maximale en minimale reservoirniveau.



Figuur 5 Scenario met een grotere distributiecalamiteit (2 uur met 2 maal Qgem). Dit heeft een effect op de reservoirniveaus. Het blijkt dat een dergelijke distributiecalamiteit (en niet productiecalamiteit) nagenoeg altijd maatgevend is.



Figuur 6 Effect van een langere uitval van de productie. Hierdoor wordt een productiecalamiteit maatgevend en wordt ook de maximale en minimale reservoirvulling sterk beïnvloed.

2.3 Voorraadvorming bijzondere omstandigheden

Het doel van voorraadvorming is om een periode van verminderde productie of uitvallen van productie te kunnen overbruggen. Er is ook voorraadvorming nodig om ten tijde van een hogere vraag te kunnen leveren.

2.3.1 Verlaagde of ontbrekende productie

Verlaagde productie kan in de reguliere bedrijfsvoering optreden als bijvoorbeeld een filter wordt teruggespoeld of omdat een gedeelte van de productiecapaciteit (kortstondig) in onderhoud wordt genomen. In dit soort gevallen gaat het om een geplande actie en dat kan worden meegenomen in de planning van de productie.

De maatgevende calamiteit is in het geval de productie in het geheel uitvalt. Voor de voorraadvorming kan dit worden vertaald in een aantal uren vraag, die in voorraad moet worden gehouden. Het aantal uur is dan gelijk aan de tijd die nodig is om de productie weer op gang te krijgen dan wel een alternatief voor de uitgevallen productiecapaciteit te kunnen regelen. Een alternatief kan bijvoorbeeld een steunlevering zijn aan het drinkwaterreservoir of direct aan het leidingnet in het betreffende voorzieningsgebied. De benodigde voorraadvorming of buffering is niet constant, maar afhankelijk van het tijdstip waarop de calamiteit optreedt. Dit betekent bijvoorbeeld dat als een productie-uitval in de nacht optreedt er minder voorraad hoeft te zijn dan als de storing gedurende de dag optreedt.

Er wordt van uitgegaan dat de maatgevende tijd die het duurt om de productie (of een steunlevering) weer op gang te brengen een X aantal uur bedraagt. Voor de berekening van het reservoirvolume wordt als criterium een aantal uren uitval gesteld.

2.3.2 Reguliere voorraadvorming

Naast de bijzondere situaties dient er ook voldoende voorraad te zijn om de basisfunctie te vervullen, namelijk het gelijkmatig laten functioneren van de zuivering. Als uitgangspunt wordt hiervoor genomen dat er maximaal één maal per 24 uur wordt geschakeld met het productievolume. De schatting voor het productievolume is uiteraard afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee het totale verbruik voor de komende 24 uur kan worden voorspeld. Hiervoor kunnen verschillende statistische methoden worden toegepast.

2.3.3 Verhoogde vraag

De meest ingrijpende verhoogde vraag wordt veroorzaakt door een grote leidingbreuk. Door de breuk stroomt veel water weg. Er wordt als het ware een hele grote vraag gecreëerd. Door het hogere verbruik zal 'bovenstrooms' van het lek een grotere weerstand optreden, waardoor de druk daalt. 'Benedenstrooms' van het lek zal door de lage druk bij het lek zelf (slechts enkele meters boven maaiveld, afhankelijk van de uitstroomweerstand van het lek) een nog lagere druk heersen. De automatische bedrijfsvoering is zodanig ingesteld dat zal worden getracht om zoveel mogelijk druk te blijven leveren (zo nodig wordt overgegaan op handbediening) met het doel te voorkomen dat het leidingnet over grotere gebieden volledig drukloos wordt, met alle kans op microbiologische of andere verontreiniging. Dit hogere verbruik kan worden uitgedrukt in een extra volumestroom gedurende een bepaalde tijd. De extra volumestroom kan bijvoorbeeld worden uitgedrukt in een factor maal het gemiddelde uurverbruik, bijvoorbeeld een volumestroom die twee maal zo groot is als de vraag op een gemiddeld uur. Deze extra vraag treedt gedurende een bepaalde tijd op, namelijk de tijd die nodig is tot het isoleren van het lek door middel van het dichtdraaien van afsluiters. Een breuk kan op ieder willekeurig moment optreden, dus de extra voorraad moet op ieder willekeurig moment beschikbaar zijn.

2.4 Samenvatting

Het benodigde reservoirvolume is in principe dynamisch en wordt bepaald door de combinatie van eisen aan de constante productie en de verschillende op te vangen calamiteiten. De dagelijkse minimale en maximale reservoirvolumina zijn afhankelijk van de voorspelde dagvraag en daarmee ook dynamisch. Op basis van de voorspelde dagvraag in combinatie met de maatgevende (productie- of distributie)calamiteit is de niveauregeling van het reservoir te bepalen.

3 Algemene aspecten van de bedrijfsvoering

3.1 Leveringszekerheid

Het begrip 'Leveringszekerheid' wordt in de VEWIN-publicatie 'Aanbevelingen voor de leveringszekerheid van drinkwatersystemen' [26] nader omschreven. Hoofdstuk 5 'Leveringszekerheid en continuïteit' van het Drinkwaterbesluit [3] omvat de artikelen 45 tot en met 54. Volgens hoofdstuk 6 'Algemene toelichting per hoofdstuk' van de 'Nota van toelichting' bij dat Drinkwaterbesluit, heeft dit hoofdstuk 5 als doel de levering van drinkwater in kwantitatieve zin in alle omstandigheden zoveel mogelijk te waarborgen. Het begrip 'opslag' komt in de artikelen 45 tot en met 54 niet expliciet voor; er wordt uitsluitend gesproken van het bredere begrip 'watervoorzieningswerk'.

In de leveringszekerheidsanalyse spelen reservoirs op twee manieren een rol.

Een reservoir is een element dat kan uitvallen, bijvoorbeeld door een ernstige verontreiniging of een ander falen. Als een reservoir als een geheel is uitgevoerd, zal de bergingsfunctie in zijn geheel wegvallen. In het geval van een uitvoering in meerdere elementen, zal uitsluitend het maatgevende (grootste) element uitvallen.

Volgens de definitie van leveringszekerheid wordt geen rekening gehouden met het optreden van meerdere calamiteiten tegelijkertijd. Tijdens de uitval van een reservoir dient het gehele systeem te voldoen aan de eisen die worden gesteld aan de leveringszekerheid. In de leveringszekerheidsanalyse speelt een reservoir verder geen bijzondere rol, omdat de analyse plaatsvindt over 24 uur (zie lid 1 van artikel 52 'Voortzetting levering' uit hoofdstuk 4 'Leveringszekerheid en continuïteit' van het Drinkwaterbesluit [3]). De 'calamiteitenvoorraad' (in dit verband is dat eigenlijk een verkeerde term, formeel is het binnen het definitiekader van de publicatie over leveringszekerheid een 'storingenvoorraad') om uitval van productie op te vangen of om aan de extra vraag bij leidingbreuk te voldoen, vindt binnen die 24 uur plaats.

3.2 Bedrijfszekerheid

De integriteit van drinkwaterreservoirs is kritisch. Dat is gebleken uit een aantal incidenten in het verleden waarbij het binnendringen van verontreinigd regenwater een probleem was, bijvoorbeeld [55].

Compartimentering

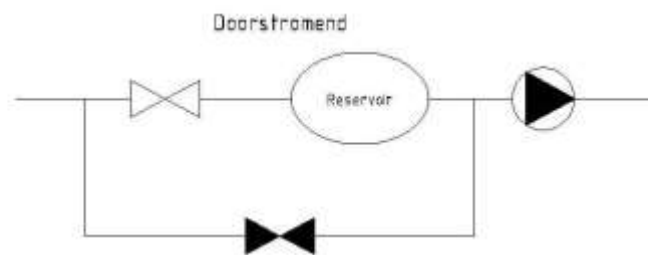
In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met beheer en onderhoud van onderdelen van het systeem om aan de vereiste bedrijfszekerheid te voldoen. Daarbij wordt de aanbeveling gedaan om opslagcapaciteit in de vorm van meerdere afzonderlijke reservoirs (ten minste twee) of compartimenten te realiseren, in verband met onderhoudswerk en eventuele calamiteiten. Hierbij kan worden gedacht aan dubbele afsluiters⁵ (of steekflenzen plaatsen in verband met veilig werken in een reservoir) en ook aan de mogelijkheid van het volledig kunnen scheiden van het be- en ontluchtingsstelsel.

Bypass

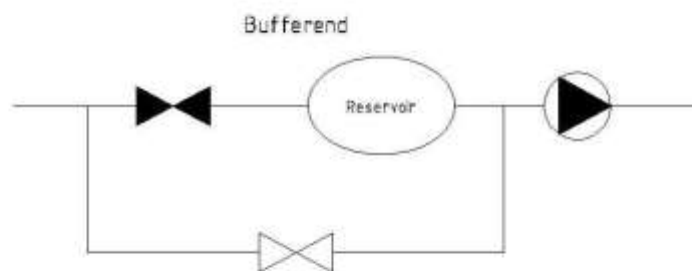
Ook een bypass over een reservoir verhoogt de bedrijfszekerheid (zie figuur 7a en 7b). In bijzondere situaties kan hiervan gebruik worden gemaakt: normaliter wordt een reservoir

⁵ Dit is noodzakelijk in verband met hygiënisch werken en Arbo.

'doorstromend' gebruikt in verband met de waterkwaliteit, maar zo nodig kan dat 'bufferend' gebeuren.



Figuur 7a Het 'doorstromend' gebruik van een reservoir.



Figuur 7b Het 'bufferend' gebruik van een reservoir.

Pompen

Laaggeplaatste pompen (bijvoorbeeld in een kelder) vormen bij wateroverlast een risico voor de bedrijfszekerheid.

Locatie/NAP-hoogte

Door op een zo groot mogelijke hoogte te bouwen, wordt de bedrijfszekerheid verhoogd, omdat de kans op hinder van eventuele overstromingen wordt beperkt/voorkomen. Het op een zo groot mogelijke hoogte bouwen geldt bij de keuze van de locatie voor een reservoir in een voorzieningsgebied.

De realisatie van een reservoir boven de hoogste grondwaterstand verhoogt de bedrijfszekerheid, als preventieve maatregel tegen instromend grondwater. Zie ook § 3.3 'Aanlegniveau' van de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9].

Hoger bouwen heeft ook voordelen bij het afvoeren van spuiwater.

Opdrijven

§ 3.3 'Aanlegniveau' van de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9] schrijft voor dat een betonnen drinkwaterconstructie boven de hoogst voorkomende grondwaterstand moet worden aangelegd en dat daar uitsluitend met expliciete toestemming van de opdrachtgever van mag worden afgeweken. Voor in de bodem gebouwde betonnen reservoirs⁶ bestaat de kans op opdrijven bij een laag niveau drinkwater in het reservoir in combinatie met een relatief hoge grondwaterstand. In het geval een reservoir in het grondwater wordt gebouwd, wordt daarom de aanbeveling gedaan het reservoir te verankeren (zie ook § 3.6.3 'Opdrijving' van de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9]).

In gebieden waar sprake is van ligging onder NAP is bij overstroming ook de kans op opdrijven aanwezig. In dat geval is er sprake van een calamiteit. In het kader van het Rijksbeleid wordt voor dergelijke situaties nagedacht over aanvullende maatregelen. Het betreft dan reservoirs die voor een bepaald gebied onmisbaar zijn.

Energieverbruik

Het realiseren van meerdere geschakelde reservoirs in een voorzieningsgebied op ongeveer gelijke NAP-hoogte impliceert een beperking van de exploitatiekosten als gevolg van energiebesparing.

Omgeving

Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) brengen aerosolen met micro-organismen in de lucht, vooral als de beluchting niet is overdekt. Voor nabijgelegen drinkwaterinstallaties vormt dat een potentieel besmettingsrisico [32], zodat die situatie vanuit het oogpunt van bedrijfszekerheid ongewenst is. Het is echter mogelijk dat in de omgeving van een bestaand drinkwaterreservoir een RWZI wordt gevestigd. Gezien de ontwikkelingen op het gebied van de waterketen moet er rekening mee worden gehouden dat dergelijke combinaties in de toekomst steeds meer werkelijkheid gaan worden. Voor het tegenhouden van bacteriën en virussen wordt aanbevolen 'absoluutfilters' (ook aangeduid als 'zweefstoffilters' of 'HEPA-filters') van het type H13 toe te passen [33].

⁶ De kans hierop bestaat voor reservoirs die vóór het jaar 2000 zijn gerealiseerd. Hierna zijn reservoirs niet onder de hoogste grondwaterstand gebouwd.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-3](#) [45], de hoofdstukken:

- 5 'Instandsetzungsziel';
- 6 'Grundlagenermittlung';
- 7 'Zustandsanalyse';
- 8 'Auskleidungsprinzipien für wasserberührte Oberflächen, Systementscheidung';
- 9 'Fugen';
- 10 'Qualitätsanforderungen'.

Merkblatt [W 300-6](#) [47], de hoofdstukken:

- 4 'Grundsätze';
- 5 'Planung und Vergabe'.

4 Programma van eisen voor het ontwerp

4.1 Inleiding

Het gaat in dit hoofdstuk over voor de bedrijfsvoering relevante aspecten die reeds in de ontwerpfase van een reservoir van belang zijn, zodat de opslag van drinkwater (de eigenlijke opslag en alles wat daarmee samenhangt) onder hygiënische omstandigheden kan plaatsvinden en wordt voorkomen dat de samenstelling van het water in ongunstige zin wordt gewijzigd. Deels komen die aspecten voor in bestaande documenten die in meer of mindere mate 'bindend' zijn [4, 7, 9, 12]. In dit hoofdstuk is beschikbare literatuur met betrekking tot reservoirs samengevat.

Aanbevelingen ten behoeve van de bouw en inrichting van reservoirs kunnen globaal in twee categorieën worden ingedeeld. Tot de eerste categorie behoren de maatregelen ter voorkoming van het binnendringen van verontreinigingen van buitenaf, dat wil zeggen maatregelen ten opzichte van dichtheid en afsluiting (zie § 4.2). De tweede categorie wordt gevormd door overige maatregelen, gericht op het handhaven van een in hygiënisch opzicht optimale toestand van het opgeslagen water (zie § 4.3). In § 4.4 wordt ingegaan op voorzieningen voor monsterneming. De afvoer van afvalwater voor reiniging (verder aan te duiden als 'reinigingswater') komt in § 4.5 aan de orde.

Gezien de analogie met zuiveringsinstallaties wordt hierbij voor het ontwerpen nadrukkelijk verwezen naar de praktijkcode 'Hygiënerichtlijnen ontwerp, bouw en renovatie van installaties voor de drinkwaterbereiding' [38] en dan met name hoofdstuk 2 'Algemene richtlijnen en functionele aspecten bij het ontwerp' en hoofdstuk 3 'Richtlijnen specifiek voor zuiveringsonderdelen'.

Daarnaast is er nog het minder goed te kwantificeren aspect 'hydraulisch vormgeven'. Daarmee wordt bedoeld dat ieder uitvoeringsdetail zou moeten worden gecontroleerd op het volgen van hydraulische stroomlijnen. In principe is iedere scherpe hoek in een watervoerende constructie een potentiële verzamelplaats van sediment met daaraan gekoppelde mogelijke nagroeiproblemen. Het vóórkomen van deze hydraulisch 'dode' punten dient te worden voorkómen ('hygiënisch ontwerpen').

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-2](#) [44], hoofdstuk 4 'Grundsätze und Ziele'

4.2 Maatregelen tegen invloeden van buitenaf

4.2.1 Afsluitbaarheid

Reservoirs dienen goed te zijn afgesloten in verband met:

- Weersinvloeden (vooral licht en neerslag);
- Het binnendringen van verontreinigingen door water van buitenaf (hemel-, grond- en/of oppervlaktewater): de dichtheid of maximum scheurbreedte in het beton moet worden beperkt);
- Het binnendringen van verontreinigde lucht;
- Het binnendringen van verontreinigingen door plaatselijke fauna zoals kleine zoogdieren (muizen, ratten), vogels, insecten en ander ongedierte;
- Mensen (vandalisme en terrorisme).

Voor de laatste drie punten is het afsluiten van de voor de bedrijfsvoering noodzakelijke openingen als overstorten, be- en ontluchtungskanalen, leegloopriolen, overstorten en toegangen van belang.

Het terrein waar zich het reservoir bevindt, moet op een effectieve wijze worden omheind. De poort en toegangshekken van het terrein, en alle toegangsdeuren (van de gebouwen) en – luiken moeten worden voorzien van deugdelijk hang- en sluitwerk. Er kan voor worden gekozen het terrein en de verschillende ruimten van de gebouwen elektronisch te bewaken, waardoor de gevolgen van vandalisme en wellicht ook terrorisme zo veel mogelijk kunnen worden beperkt. Ieder drinkwaterbedrijf heeft een eigen beveiligingsbeleid, dat kan zijn gebaseerd op het VEWIN-rapport 'Aanbevelingen "Goed Huisvaderschap" [10] naar aanleiding van het project 'Benewater'. Maatregelen in verband met terrorisme zijn niet bedoeld om een mogelijke aanslag te voorkomen, maar om het effect ervan te beperken (tijdige signalering, automatische afschakeling pompen en dergelijke).

Op de voor de bedrijfsvoering noodzakelijke openingen wordt in het onderstaande (§ 4.2.2 tot en met § 4.2.6) nog nader ingegaan.

4.2.2 Toegankelijkheid

Een reservoir moet adequaat en eenvoudig toegankelijk zijn ten behoeve van inspectie en reiniging (zie § 6.4). In verband met microbiologische veiligheid dient de toegang niet boven de zuigmond en/of vulleiding te worden gesitueerd.

Inspectie- en mangaten dienen zo te zijn uitgevoerd dat bij het openen of sluiten geen vuil in het reservoir terecht kan komen. Dit is mogelijk door middel van een opstaande rand om een dergelijke opening (voor een principeschets wordt verwezen naar Waterwerkblad [4] WB 4.1 'Reservoirs voor de voeding van een drinkwaterinstallatie', onderdeel 10.4).

De kleinste afmeting van mangaten bedraagt 600 mm (eis vanuit Arbo [19]). Dat kan zijn in ronde vorm (minimale diameter is dan 600 mm) of in vierkante vorm (afmetingen dan ten minste 600 x 600 mm). Voor inspectiegaten gelden geen minimale maatvoeringen. Een klein luik ten behoeve van visuele controle kan voldoende zijn.

De positionering van toegangsdeuren kan punt van aandacht zijn in verband met bedrijfsvoering en/of onderhoud, bijvoorbeeld op vloerniveau of juist boven het waterniveau. Elke toegang tot een reservoir wordt bij voorkeur in een schone ruimte geplaatst, bijvoorbeeld een voorruimte. Er wordt gebruik gemaakt van waterdichte deuren van chroomnikkelmolybdeenstaal (bijvoorbeeld AISI 316/DIN 1.4401, zie bijlage I en [21]), die tegen de waterdruk in worden geopend (figuur 9).

Ten behoeve van onderhoudsvoorzieningen (bijvoorbeeld slangen, kabels en leidingen) kan een doorvoerstuk worden ingebouwd, dat is voorzien van een blindflens.



Figuur 9 Waterdichte deur in een drinkwaterreservoir.

In het geval een vaste trap met bordes in het reservoir nodig is, dient die trap eveneens van chroomnikkelmolybdeenstaal te zijn (figuur 10).



Figuur 10 Roestvaststalen trap in een drinkwaterreservoir.

4.2.3 Ont- en beluchting

Een reservoir moet 'ademen': bij het vullen zal lucht moeten kunnen verdwijnen en bij het onttrekken van water zal lucht moeten kunnen toetreden. In het laatste geval mag dat niet rechtstreeks maar moet deze lucht worden gefiltreerd. Stofdeeltjes kunnen namelijk bij gebruik van het reservoir voor microbiologische verontreiniging van het drinkwater zorgen. Drinkwaterreservoirs moeten daarom zijn voorzien van be- en ontluchtingen in de vorm van filters die zo zijn geconstrueerd dat onder alle omstandigheden de atmosferische druk in het reservoir wordt gehandhaafd. Voor die (veelal speciale) luchtfilters gelden de volgende randvoorwaarden:

- De filters moeten bestand zijn tegen voortdurend contact met vochtige lucht;
- Een filter moet van voldoende capaciteit zijn, zodat voldoende lucht kan toestromen en kan worden afgevoerd, en er nagenoeg geen over- of onderdruk in het reservoir kan optreden. Bij wateronttrekking uit het reservoir of bij vulling hiervan met de maximale volumestroom mag het drukverschil tussen reservoir en buitenlucht niet meer dan 400 Pa (4 cm waterkolom) bedragen (zie ook § 3.6.4 'Onder- en overdruk' van [9]);
- Het verdient aanbeveling om een signalering aan te brengen bij een te grote filterweerstand, omdat rekening moet worden gehouden met de mogelijkheid dat filters in winterse periodes dicht kunnen vriezen;

- In verband met de mogelijkheid tot vervanging bevinden de filters zich niet direct boven het drinkwater, maar boven de overstort of in de voorruimte. De voorruimte heeft de voorkeur, zodat er geen rechtstreeks contact is met de buitenlucht;
- Filters zijn voorzien van een breekplaat met een 'vacuum relief valve' (onderdrukklep)⁷;
- Eventuele leidingen in het reservoir ten behoeve van de ont- en beluchting moeten worden uitgevoerd in chroomnikkelmolybdeenstaal (bijvoorbeeld AISI 316/DIN 1.4401);
- Voor wat betreft het filtertype geeft het Ministerie van VROM aan [33] dat het onvoldoende is om lucht te filteren met vliegengaas of met 'grofstoffilters'. De lucht moet worden gefilterd met ten minste 'fijnstoffilters', die effectief zijn voor deeltjes van 1 µm en groter. De volgende typen fijnstoffilter worden onderscheiden (met voorbeeld(en) van verwijderde deeltjes):
 - F5 (sporen, fijn cementstof);
 - F6 (grotere bacteriën, ziektekiemen op PM10);
 - F7 (roet in agglomeraten);
 - F9 (ruwe fractie tabaksrook, bacteriën).

Bij de precieze keuze moet rekening worden gehouden met lokale omstandigheden zoals emissies vanaf snelwegen (fijnstof), de aanwezigheid van industrieterreinen inclusief de aard van de industrieën en het uitrijden van mest (hierbij wordt ook verwezen naar hoofdstuk 3 van deze PCD, het gedeelte over RWZI's).

In verband met calamiteiten of terroristische aanslagen wordt de aanbeveling gedaan 'absoluutfilters' van het type H13 toe te passen of (bij de toepassing van andere filters) in ieder geval in voorraad te houden.

De ont- en beluchtingsopeningen in het reservoir moeten hoger dan de vulleiding zijn aangebracht.

4.2.4 Vul- of toevoerleiding

De uitstroomopening van de toevoerleiding voor het vullen van het reservoir moet boven het hoogst mogelijke waterniveau in het reservoir zijn gelegen, zodanig dat geen water uit het reservoir in de toevoerleiding kan komen.

De plaats van de vul- of toevoerleiding kan op twee manieren worden benaderd:

- De toevoerleiding wordt niet door het in het reservoir aanwezige water gevoerd (zie figuur 11). In het geval die leiding wel door het reservoir zou gaan, zouden plaatsen ontstaan die bij schoonmaken moeilijker bereikbaar zijn.
- In verband met het voorkomen van eventuele terugstroming is de aanwezigheid van een onderbreking in de vorm van een stijgbuis gewenst.

⁷ Een dergelijke klep is beter dan een alarmcontact, omdat de standaarddeviatie op breekplaten te groot is (informatie van leveranciers).



Figuur 11 Voorbeeld van een toevoerleiding (bovenste).

Vooraf voor ondergrondse reservoirs kan het eerste punt een probleem zijn in verband met ontbrekende fysieke ruimte buiten het reservoir. Bij hoogwaterreservoirs is het niet door het reservoir voeren van de toevoerleiding betrekkelijk eenvoudig te realiseren. In het geval er om bepaalde reden(en) wel wordt gekozen voor obstakels (bijvoorbeeld de toevoerleiding) door een reservoir, dan moet een en ander 'hydraulisch vloeiend' worden afgewerkt (bijvoorbeeld met ronde kanten).

De vulinrichting en de uitstroomopening van de toevoerleiding in het reservoir moeten voor inspectie en reparatie gemakkelijk bereikbaar zijn. De toevoerleiding mag niet uitmonden in de nabijheid van de zuigmond van de zuigleiding naar de pompinstallatie. Dit om te voorkomen dat tijdens het vullen lucht wordt meegevoerd met de pompen waardoor die onbruikbaar kunnen worden. Bij de constructie en plaats van de uitloop van de toevoerleiding en die van de zuigmond van de zuigleiding moet ervoor worden gezorgd, dat een 'goede' doorstroming van het water in het reservoir wordt verkregen (zie § 6.3.1).

4.2.5 Zuigkuil en -leiding

De toepassing van een zuigkuil (figuur 12) wordt aanbevolen. De afmetingen daarvan (lengte en breedte) zijn afhankelijk van de watersnelheid, maar moeten praktisch zijn in verband met de realisatie van de kuil. Voor wat betreft de diepte moet de zuigleiding in de zuigkuil kunnen worden geplaatst.



Figuur 12 Zuigkuil met niveaumetingen.

4.2.6 Overloop of overstort

Drinkwaterreservoirs zijn voorzien van een overloop of overstort die te allen tijde moet voorkomen dat het water tegen het dak van het reservoir komt (figuur 13), zodat kwaliteitsverslechtering wordt voorkomen en wordt vermeden dat de constructie kapot gaat door onder- of overdruk. Het niveau van de overstort moet zich daarom juist beneden de uitstroomopening van de toevoerleiding bevinden.

Als een reservoir is voorzien van draagbalken onder het dak en het waterniveau tot de onderzijde van die balken kan stijgen, dienen de draagbalken te zijn voorzien van sparingen van voldoende grootte om compartimentering te voorkomen.



Figuur 13 Overloop van een drinkwaterreservoir met hoogniveaumeting.

De overloop of overstort moet een zodanige afvoermogelijkheid bezitten, dat als het reservoir met de maximale volumestroom met water wordt gevuld en het water uitsluitend door de overloop of overstort wordt afgevoerd, het waterniveau in het reservoir beneden de uitstroomopening van de toevoerleiding blijft. Een reservoir moet dus zijn voorzien van een zodanige afvoer, dat de afvoervolumestroom groter is dan de grootst mogelijke toevoer.

De overstortleiding moet onder vrij verval uitkomen op een lager punt, bijvoorbeeld in een lager gelegen overstortput of op open water (boven het hoogste oppervlaktewaterpeil). Hierbij is onderscheid te maken tussen productie- en distributiereservoirs: productiereservoirs zijn doorgaans reinwaterreservoirs en dus laaggelegen, terwijl distributiereservoirs doorgaans hoger/hoog zijn geplaatst. Distributiereservoirs kunnen dus overstorten op het oppervlaktewater. Productiereservoirs storten (via de zuivering) over naar een lagergelegen gedeelte van het omliggende terrein.

De overstortleiding mag niet rechtstreeks met een afvoersysteem zijn verbonden. De leiding zou zonder bijzondere voorzieningen een rechtstreekse verbinding vormen met de buitenlucht direct boven het open water waarop wordt geloosd. Daarom is er een dubbele beveiliging nodig, namelijk een waterslot (gevuld met drinkwater) aan het begin en een rattenrooster en een scharnierende klep aan het eind. Het gebruik van een inspecteerbaar waterslot wordt aanbevolen en het dient periodiek te kunnen worden verversd of permanent met behulp van een waterstroom te worden doorstroomd. Een overstortput moet zijn voorzien van een deksel met een slot en eventueel een elektronische signalering.

De overstortleiding moet zelfontluchtend zijn.

Het via de overloop of overstort wegstromende water moet visueel kunnen worden waargenomen en/of elektronisch worden gesignaleerd.

4.2.7 Temperatuur

De uitvoering van een reservoir moet zodanig zijn dat de temperatuur van het water tijdens de opslag niet te veel toeneemt, dat wil zeggen in ieder geval niet hoger wordt dan 25 °C (maximum waarde volgens het Drinkwaterbesluit [3]). Verhoogde temperaturen van de lucht

boven het wateroppervlak in combinatie met een stoflaagje op het water vormen ideale omstandigheden voor een explosieve bacteriegroei, met vermindering van de waterkwaliteit als gevolg.

Vooral bij bovengrondse stalen reservoirs met oppervlaktewater als grondstof moet hieraan aandacht worden geschonken⁸. Isolatie van een reservoir is een mogelijke oplossing. Ook het zo veel mogelijk beperken van de verblijftijd is een optie (zie hoofdstuk 6). Er zijn geen kleurvoorschriften voor (stalen) reservoirs, maar de toepassing van een lichte kleur wordt aanbevolen (wat overigens wel weer leidt tot hogere onderhoudskosten in verband met regelmatige reiniging).

Het reservoir moet zijn gevrijwaard van bevrozing; watertemperaturen lager dan 2 °C moeten worden voorkomen. Betonnen reservoirs kunnen worden geïsoleerd door middel van 'aanaarden', zie ook [9].

4.2.8 Licht

In verband met het effect op de microbiologie in het drinkwater moet een reservoir gevrijwaard zijn van lichtinval.

4.2.9 Bewuste verontreiniging

Er moeten maatregelen worden genomen ter voorkoming van het binnendringen van verontreinigingen van buitenaf als gevolg van vandalisme, terrorisme, inbraak, oorlogshandelingen en van nucleaire en chemische rampen. Afsluitbaarheid en beveiliging van het reservoirterrein, toegangsdeuren, luiken, etc. in verband met inbraak, vandalisme en terrorisme zijn in § 4.2.1 al genoemd.

In verband met mogelijke handelingen tot bewuste verontreiniging en rampen is het goed dat er bypasses worden aangelegd, zodat reservoirs zo nodig buiten bedrijf kunnen worden gesteld (zie figuur 7b).

Maatregelen tegen terrorisme zijn vastgelegd in het niet-openbare rapport [10].

4.3 Maatregelen gericht op handhaving hygiënische toestand

4.3.1 Uitvoeringsvorm

Om een reservoir hygiënisch te kunnen onderhouden, moet de toepassing van scherpe inwendige hoeken worden voorkomen.

4.3.2 Verversing

De tijdsduur dat drinkwater in een reservoir verblijft, moet zo veel mogelijk worden beperkt, omdat de kwaliteit in de tijd achteruit kan gaan door microbiologische groei⁹. De gemiddelde en ook de maximale verblijftijd van het water in een reservoir kan worden geminimaliseerd door een uitvoeringsvorm te kiezen waarbij een goede doorstroming en daarmee verversing optreedt of door middel van bouwkundige voorzieningen. Een goede doorstroming wil zeggen dat er geen plaatsen zijn, waarin het water onvoldoende deelneemt aan die doorstroming. Om een zo goed mogelijke verversing van het drinkwater in het reservoir te verkrijgen, moet de zuigleiding:

- op een zo laag mogelijk punt in het reservoir zijn aangesloten;
- op een zo groot mogelijke afstand tegenover de toevoerleiding worden aangebracht.

⁸ In deze gevallen blijken drinkwatertemperaturen van meer dan 25 °C (wettelijke grenswaarde) bij extreem warm weer niet altijd te voorkomen.

⁹ Er is soms discussie over de vraag hoe lang drinkwater in een reservoir kan blijven staan in verband met de achteruitgang van de waterkwaliteit (met name microbiologisch). Het antwoord op die vraag blijkt in de drinkwatersector niet bekend te zijn, maar wordt wel verondersteld afhankelijk te zijn van de aard van het drinkwater.

Een goede doorstroming begint bij een turbulente vulling. Het voordeel van die wijze van vulling is een betere verdeling van het water en als nevenopbrengst extra beluchting. Soms wordt er zelfs voor gekozen het water op een plaat te laten vallen of te vullen via een goot. Ook kunnen er keerschotten worden toegepast voor het bewerkstelligen van een goede doorstroming en daardoor het zoveel mogelijk beperken van de maximale verblijftijd (zie hoofdstuk 4). Dode hoeken dienen te allen tijde te worden voorkomen. Om extra verblijftijd uit te sluiten, dient het reservoir zo te zijn ontworpen dat er sprake is van propstroming (dit is afhankelijk van het vloeroppervlak en de hoogte).

4.3.3 Waterniveaus

Reservoirs moeten zijn voorzien van apparatuur voor het meten en regelen van waterstanden zonder de toetreding van licht (zie § 4.2.8). Deze apparatuur moet buiten een reservoir worden aangebracht, bij voorkeur in een afsluitbare niveukolom. Als de apparatuur in een niveukolom wordt ondergebracht, moet deze kolom afsluitbaar en aftapbaar zijn. Alle op het reservoir zelf aangesloten meet- en regelapparatuur moet afzonderlijk afsluitbaar en aftapbaar zijn. Een te hoge en te lage waterstand moeten worden gesignaleerd. Voor een te lage stand moet een beveiliging worden aangebracht die de transport- of distributiepomp automatisch uitschakelt (laagreservoir). Een hoogreservoir (zonder pompen) wordt in dat geval niet afgesloten, zodat geen onderdruk kan ontstaan in de toevoerleiding, waardoor via mofverbindingen of lekkages verontreinigingen kunnen worden aangezogen.

Drinkwaterreservoirs mogen tijdens de bedrijfsperiode nooit volledig leeglopen, omdat anders eventueel bezinksel vanaf de bodem kan opwoelen. In de praktijk wordt een minimale waterstand van circa 0,5 m aangehouden, in het geval een zuigkuil wordt toegepast.

Voorbeelden van de verschillende niveaus en alarmeringen zijn opgenomen in bijlage IV van dit document.

4.3.4 Dilatatievoegen

[9] raadt in § 3.6.1 de toepassing van dilatatievoegen af in verband met de microbiologische risico's, die aan voegmassa's zijn verbonden.

4.4 Monsterneming

Reservoirs moeten zijn voorzien van monsterpunten. Via deze monsterpunten dienen representatieve monsternemingen mogelijk te zijn. In NEN-ISO 5667-5 [54] wordt ingegaan op monsterkranen en dan met name in § 5.2 'Service reservoirs (including water towers'. Ook wordt gewezen op § 2.5 'Maatregelen in verband met monsterneming' en bijlage II 'Eisen ten aanzien van het monsterpunt' van PCD 1-8 [38], die op deze mondiale norm zijn gebaseerd. Monsterpunten op het reservoir kunnen worden gerealiseerd via een muurdoorvoer, maar die dienen zo veel mogelijk in aantal te worden beperkt. In het geval van ondergrondse reservoirs zijn de kranen van monsterpunten in de voorruimte dringend gewenst; in de andere gevallen wordt dat aanbevolen.

Bij voorkeur zijn in ieder geval de vul- of toevoerleiding en de zuig- of persleiding van een reservoir voorzien van een monsterpunt. Vooral in verband met keuring (na inspectie, zie hoofdstuk 6) en calamiteiten is het handig om een reservoir op meerdere punten te kunnen bemonsteren.

4.5 Afvoer reinigingswater

In verband met een snelle en volledige afvoer van reinigingswater van een reservoir in het kader van het normale schoonmaakprogramma of na onderhoudswerkzaamheden moet de vloer onder voldoende afschot worden gelegd in de richting van een zuigkuil. Eventueel kunnen verzamelgootjes worden toegepast. Volgens [9] dient het afschot van bodems van reservoirs minimaal 15 mm per strekkende meter te bedragen (zie § 3.5.2 van [9]). In de praktijk blijkt 20 mm per strekkende meter te worden gehanteerd. De combinatie van

afschot en afwerkingskwaliteit is van belang. Bij de afwerking van het monolitische beton (door middel van vlindersen of een cementdekvloer) is nooit een zuiver vlakke vloer te realiseren. Door het aanbrengen van laatstgenoemd afschot in combinatie met een dergelijk afwerking van de betonvloer blijft er geen slib en reinigingswater staan bij de periodieke schoonmaak van het reservoir.

De voor afvoer van het reinigingswater bestemde leiding die is aangesloten op de zuigkuil mag niet rechtstreeks met een afvoersysteem zijn verbonden. In het geval deze spui- of leegloopleiding op een riolering wordt aangesloten, moet er een zichtbare onderbreking aanwezig zijn. Als het gaat om een leiding onder vrij verval dan dient het lozingspunt zich boven het hoogste oppervlaktewaterpeil te bevinden.

De middellijn van de spui- of leegloopleiding moet voldoende groot zijn en bij voorkeur een gelijke middellijn hebben als de overloopleiding.

4.6 Overige aspecten

Dakconstructie en -inrichting

Aanbevolen wordt de dakconstructie beperkt gevoelig te maken voor de vorming van plassen en het eventueel binnendringen van (verontreinigd) regenwater. Omdat beton kan doorzakken, is het noodzakelijk om voor het dak afschot te vereisen zodat overtollig hemelwater kan worden afgevoerd ('zelfafwaterend'). Mangaten kunnen daarbij een aandachtspunt zijn.

Afwatering kan ook door middel van drainage op het dak (dit is met name bij oude reservoirs toegepast).

In § 3.5.5 'Dek' van de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9] wordt grond als '*uitermate geschikt als afdek materiaal*' genoemd voor afdekconstructies, '*mits deze geen diepwortelende planten en/of bomen bevat*'. Daarbij wordt cellulair glas als geschikt materiaal tegen wortelgroei genoemd. Er blijken ook goede ervaringen te zijn met de combinatie van kunststof dakbedekking met daarop worteldoek en een laag zand (zie figuur 8) met vegetatie (bijvoorbeeld sedum, kruiden of gras). Dergelijke daken hebben enerzijds een isolerende werking en beschermen de dakbedekking tegen UV. Anderzijds is het bij dergelijke daken lastiger om eventuele lekkages op te sporen, waarmee het een bedreiging is voor de bedrijfszekerheid.

Een andere benadering voor de inrichting van daken van reservoirs is dat daarop juist geen gronddek wordt aangebracht, zodat het dak te allen tijde inspecteerbaar is. In bijlage VI is een beschrijving opgenomen van een dak zonder dek, waarmee positieve ervaringen zijn. Beide benaderingen hebben voor- en nadelen. De keuze voor een van de twee benaderingen kan situatie- of omgevingsafhankelijk zijn. In het geval van bijvoorbeeld de aanwezigheid van een vogelkolonie in de directe nabijheid met als gevolg daarvan de royale aanwezigheid van feces heeft 'aanaarding' van een reservoir niet de voorkeur. Als juist wel wordt gekozen voor een gronddek voor een reservoir is 'wortelgroei bestendigheid' heel belangrijk.



Figuur 8 Dak van een drinkwaterreservoir bestaande uit dakbedekking, zand en grond.

De dakconstructie van een reservoir moet zodanig zijn dat onderhoudswerkzaamheden op of vanaf het dakvlak machinaal kunnen plaatsvinden (zie ook § 3.5.5 van [9]).

Voor het naar binnen brengen van onderhoudsmateriaal zoals compressoren en beluchtingsapparatuur is een (hijs)dakluik in de voorruimte erg praktisch. Het toepassen van dergelijke luiken in de eigenlijke reservoirs wordt afgeraden, tenzij er speciale luiken worden toegepast die volledig afsluitbaar (100% luchtdicht) zijn.

De toepassing van inpandige hemelwaterafvoeren is verboden.

Dicht bij een reservoir moeten voorzieningen worden getroffen ten behoeve van het reinigen en het verrichten van onderhoudswerkzaamheden, zoals voldoende aansluitmogelijkheden voor reinigingsgereedschappen waaronder een hoge-druk-reinigingssysteem en/of bedrijfswater.

Stalen reservoirs kunnen worden beschermd door middel van kathodische bescherming (KB). Dit leidt tot beperking van het onderhoud van de coating aan de binnenzijde. Het ontwerp, de realisatie en het beheer van de KB wordt uitbesteed aan gespecialiseerde bedrijven.

In bijlage V is een voorbeeld opgenomen van de schematische weergave van een reservoir. Voor andere voorbeelden wordt verwezen naar onderdeel 10.2 van Waterwerkblad WB 4.1 'Reservoirs voor de voeding van een drinkwaterinstallatie' [4] en naar de figuren 1 en 2 van de Europese norm NEN-EN 1508:1998: 'Drinkwatervoorziening; Eisen voor systemen en onderdelen voor de opslag van water' [16].

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-1](#) [43], de hoofdstukken:

- 1 'Anwendungsbereich';
- 2 'Normative Verweisungen';
- 3 'Begriffe';
- 4 'Qualifikationsanforderungen';
- 5 'Grundlagenermittlung';
- 6 'Vorplanung';
- 7 'Planung';
- 8 'Tragwerksplanung und konstruktive Anforderungen'.

5 Realisatie van reservoirs

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de publiekrechtelijke regelgeving voor producten in contact met drinkwater in verband met gezondheidkundige aspecten. Vervolgens wordt in enkele paragrafen ingegaan op de diverse materialen waaruit drinkwaterreservoirs worden uitgevoerd. Doorgaans gaat het om beton of staal (traditioneel), maar inmiddels zijn roestvaststalen en kunststof reservoirs mogelijk. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een paragraaf met overige aspecten bij de realisatie van reservoirs.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-4](#) [46], de hoofdstukken:

- 5 'Hygienische Eignung';
- 10 'Qualifikationsanforderungen'.

5.2 Publiekrechtelijke regelgeving: gezondheidkundige aspecten

Producten (materialen, chemicaliën en middelen) die in contact (kunnen) komen met drinkwater of het daarvoor bestemde water mogen geen stoffen afgeven in hoeveelheden die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid van de consument of anderszins de drinkwaterkwaliteit aantasten. Daartoe dienen die producten te voldoen aan de voorwaarden voor toxicologische, microbiologische en organoleptische aspecten, die zijn vastgelegd in de van kracht zijnde Ministeriële 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening' [24]. Dit betekent dat de procedure voor het verkrijgen van een erkende kwaliteitsverklaring volgens die Regeling met positief resultaat dient te zijn afgerond.

Producten die zijn voorzien van een kwaliteitsverklaring¹⁰ die is afgegeven door bijvoorbeeld een buitenlandse certificatie-instelling, mogen ook in Nederland worden toegepast, mits deze kwaliteitsverklaring door de Minister gelijkwaardig is verklaard aan de kwaliteitsverklaring zoals die wordt bedoeld in de Regeling.

In § 3.3 'Publiekrechtelijke regelgeving' van de 'Hygiëncode Drinkwater; *Algemeen*' [2] wordt nader ingegaan op de van toepassing zijnde publiekrechtelijke regelgeving voor producten in contact met drinkwater. Het rapport [KWR 2013.064](#) [41] is een toelichting op de Regeling voor uitsluitend 'leidingmaterialen'.

Bedrijven en producten met een erkende kwaliteitsverklaring volgens de Regeling zijn te vinden op www.kiwa.nl.

In de onderstaande paragrafen wordt in eerste instantie ingegaan op materiaalspecifieke aspecten van de regelgeving voor contact met drinkwater.

5.3 Beton

Regelgeving

In onderdeel 2.9 'Cementproducten' van bijlage A 'Productomschrijving en beoordeling' van de Regeling [24] komen onder meer betonnen 'voorraadssystemen' of 'opslagsystemen' aan de orde. Daarbij wordt aangegeven dat voor cementproducten in contact met drinkwater

¹⁰ Een kwaliteitsverklaring afgegeven door een onafhankelijke certificatie-instelling in een andere lidstaat van de Europese Unie dan Nederland of in een andere staat die partij is bij de Overeenkomst betreffende de Europese Economische Ruimte, is gelijkwaardig aan een erkende kwaliteitsverklaring, voor zover naar het oordeel van de Minister uit de eerstgenoemde kwaliteitsverklaring blijkt dat wordt voldaan aan ten minste gelijkwaardige eisen als bedoeld in de 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening'.

uitsluitend portlandcement (CEM I) en hoogovencement (CEM III) mogen worden toegepast en dat voor drinkwaterreservoirs om bouwtechnische redenen uitsluitend hoogovencement (CEM III) mag worden gebruikt. Voor de overige materialen en middelen ten behoeve daarvan wordt verwezen naar hoofdstuk 4 'Bouwstoffen' van de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9].

Ontwikkeling regelgeving in situ beton

Het is de bedoeling om binnen de Contactgroep ATA Drinkwaterbedrijven (CAD) de praktische invulling van de 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening' op het gebied van in situ beton voor reservoirs en andere betonnen drinkwaterconstructies af te ronden, te beschrijven en aansluitend in deze praktijkcode te integreren (2017). Daarbij wordt onder meer een 'positieve lijst' voor (technologische) hulpstoffen betrokken.

Voor bouwtechnische zaken van betonnen reservoirs wordt verwezen naar de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9]. Die richtlijn is volledig daarop gericht en is bedoeld om te worden opgenomen in bestekvoorwaarden. Het document kan mede als basis dienen voor het programma van eisen voor het ontwerp door aannemers en adviesbureaus. Bij een aanbesteding moet dus naar dat document worden verwezen. Naast het hierboven reeds genoemde hoofdstuk 4 worden vooral de volgende hoofdstukken onder de aandacht gebracht:

- Hoofdstuk 5 'Berekening van de betonnen drinkwaterconstructies';
- Hoofdstuk 6 'Uitvoering van de betonnen drinkwaterconstructies';
- Hoofdstuk 7 'Afnamekeuring van de betonnen drinkwaterconstructies'.

In aanvulling daarop wordt nog op het volgende gewezen:

- Voor de realisatie van betonnen reservoirs mogen geen 'kanaalplaten' (platen met luchtkanalen) worden toegepast. Er moet uitsluitend monolithisch (in het werk gestort beton) worden gebouwd, zodat er geen open delen in de betonconstructie aanwezig zijn. In het geval van een eventuele verontreiniging tijdens de bedrijfsvoering zijn die delen ongewenst.
- Betonnen reservoirs dienen inwendig glad en vlak te worden ontworpen en gebouwd. Vanuit het oogpunt van beheer heeft het de voorkeur dat zonder beschermende laag te doen, maar soms is bescherming van het beton noodzakelijk in verband met aantasting als gevolg van de drinkwaterkwaliteit. Als toch voor een bescherming (coating) wordt gekozen, dient die bij voorkeur te beschikken over een productcertificaat op basis van de Kiwa-beoordelingsrichtlijn [BRL-K19002](#) [34], naast de vereiste erkende kwaliteitsverklaring (zie boven). Via de link [gecertificeerde bedrijven en producten](#)¹¹ is een actueel overzicht beschikbaar. Verder wordt sterk aanbevolen dat de applicateur van de beschermende laag beschikt over een procescertificaat op basis van Kiwa-beoordelingsrichtlijn [BRL-K19004](#) [35]. In verband met minimalisering van de negatieve beïnvloeding van de drinkwaterkwaliteit tijdens de bedrijfsvoering als gevolg van migratie van in een coating aanwezige en niet in de polymere structuur opgenomen stoffen, is het van essentieel belang dat de beide componenten daarvan in de juiste verhouding en onder de door de leverancier voorgeschreven condities (bijvoorbeeld de toepassing van een eventuele primer, temperatuur, luchtvochtigheid en uithardingstijden) worden aangebracht.

¹¹ Dit is een hyperlink naar de website van certificatie-instelling Kiwa Nederland, die ook op meerdere plaatsen verderop in deze PCD voorkomt.

Via de link [gecertificeerde bedrijven en producten](#) is een actueel overzicht van gecertificeerde bedrijven beschikbaar.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-1](#) [43], hoofdstuk 9 'Bauausführung'.

Arbeitsblatt [W 300-3](#) [45], de hoofdstukken:

- 8 'Auskleidungsprinzipien für wasserberührte Oberflächen, Systementscheidung';
- 9 'Fugen';
- 10 'Qualitätsanforderungen'.

Arbeitsblatt [W 300-4](#) [46], hoofdstuk 6 'Zementgebundene Werkstoffe'.

Arbeitsblatt [W 347](#) [49]

Merkblatt [W 398](#) [50]

Hoofdstuk 6 'Betonfertigteilbehälter' van Merkblatt [W 300-6](#) [47] heeft betrekking op prefab betonnen reservoirs, maar die zijn bij Nederlandse drinkwaterbedrijven niet bekend.

5.4 Staal

Regelgeving

In onderdeel 2.8 'Metalen' van bijlage A 'Productomschrijving en beoordeling' van de Regeling [24] worden diverse metalen in contact met drinkwater genoemd. Het laatste gedeelte van onderdeel 2.8.1.3 'Gietijzer, staal en koolstofstaal' luidt als volgt (integraal): *'Koolstofstalen buizen en tanks mogen uitsluitend worden toegepast indien het inwendige oppervlak van de betreffende producten voorzien is van een toelaatbare beschermende laag (koolstofstaal zonder beschermende laag mag alleen gebruikt worden voor producten waarvoor een conversiefactor < 0,01 d/dm kan worden berekend, zoals pompen en kleppen).'* (met de dimensie 'd/dm' wordt 'dag/dm' bedoeld) 'Koolstofstaal' is de titel van onderdeel 3.4 van 3 'Compositielijst metalen' van bijlage B 'Positieve lijsten' van de Regeling. De tekst van onderdeel 3.4.1 'Koolstofstaal voor buizen en tanks' luidt: *'Koolstofstaal zonder permanente beschermende laag is niet geschikt voor gebruik in contact met drinkwater.'* Koolstofstalen reservoirs dienen aan de binnenkant dus te zijn voorzien van een beschermende laag.

Onderdeel 2.8.1.4 van genoemde bijlage A en onderdeel 3.3 van bijlage B gaan in op 'Gegalvaniseerd staal', dat voor bepaalde samenstellingen van de beschermende zinklaag en onder bepaalde condities voor de watersamenstelling toelaatbaar wordt geacht. Gezien de beschikbaarheid van voldoende alternatieven zijn gegalvaniseerde stalen drinkwaterreservoirs geen voorkeursoptie.

Doorgaans worden coatings toegepast als beschermende laag van stalen reservoirs. De aanbeveling wordt gedaan om een op basis van Kiwa-beoordelingsrichtlijn [BRL-K759](#) [22] gecertificeerd product toe te passen: [gecertificeerde bedrijven en producten](#). Daarnaast wordt voor het aanbrengen ervan een op basis van Kiwa-beoordelingsrichtlijn [BRL-K746](#) [23] gecertificeerde applicateur aanbevolen (zie vorige paragraaf): [gecertificeerde bedrijven en producten](#).

Net als het ontwerp wordt de realisatie van kathodische bescherming in het geval van stalen reservoirs uitbesteed aan gespecialiseerde bedrijven.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-4](#) [46], hoofdstuk 7 'Polymerwerkstoffe'

Arbeitsblatt [W 628](#) [52]

5.5 Roestvaststaal (RVS)

Regelgeving

Volgens de Regeling [24] dienen roestvaststalen producten te worden beoordeeld door de Commissie van Deskundigen (zie onderdeel 2.8.1.2 'Uitsluitingen' van 2.8.1 'Omschrijving' van 2.8 'Metalen' van bijlage A 'Productomschrijving en beoordeling'): *'In het derde deel van bijlage B zijn nog geen compositielijsten voor roestvaststaal en aluminiumlegeringen opgenomen; deze lijsten zijn nog onderwerp van discussie. De toelaatbaarheid van roestvaststalen of aluminium producten dient te worden beoordeeld door de commissie.'* In 2014 is door de Commissie van Deskundigen een uitspraak gedaan voor producten uit RVS materialen. Materialen die voldoen aan Europese norm [NEN-EN 10088-1](#) 'Roestvaste staalsoorten - Deel 1: Lijst van roestvaste staalsoorten' ([preview](#)) zijn toxicologisch onverdacht en komen (voorlopig) voor certificatie op het gebied van gezondheidskundige aspecten in aanmerking. Het '(voorlopig)' hierbij heeft betrekking op het feit dat dit beoordelingsbeleid pas formeel schriftelijk zal worden vastgesteld, nadat het advies van de Commissie van Deskundigen door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu is opgenomen in de ministeriële Regeling en door 'Brussel' is genotificeerd. Een en ander impliceert dat producten uit RVS volgens [NEN-EN 10088-1](#) zonder meer kunnen en mogen worden toegepast.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-4](#) [46], hoofdstuk 8 'Auskleidungen aus nichtrostendem Stahl'
Bovendien wordt in dit verband gewezen op hoofdstuk 7 'Eingehauste freistehende Behälter aus nichtrostendem Stahl' van Merkblatt [W 300-6](#) [47].

5.6 Kunststof

Regelgeving

Kunststof materialen ten behoeve van reservoirs dienen conform de Regeling [24] qua receptuur te worden geëvalueerd, beoordeeld en toegelaten.

In hoofdstuk 1 van deze praktijkcode zijn reservoirs van kunststof panelen genoemd. Vooralnog is er op dat gebied één product met een erkende kwaliteitsverklaring.

Coatings op beton en staal betreffen ook kunststof materialen. Coatings op beton en staal zijn in § 5.3 respectievelijk § 5.4 reeds genoemd, inclusief het appliceren ervan.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-4](#) [46], hoofdstuk 7 'Polymerwerkstoffe'

5.7 Overige opmerkingen

Hout mag onder geen beding in reservoirs worden toegepast in verband met microbiologische nagroei.

In § 5.2 is aangegeven dat alle producten die in contact met drinkwater (kunnen) komen dienen te beschikken over een erkende kwaliteitsverklaring volgens de Regeling. Dat geldt dus ook voor alle bij een reservoir behorende onderdelen zoals het leidingwerk, pompen en sensoren.

Bij een nieuwbouwproject wordt een geheel nieuw reservoir gebouwd op een nieuwe locatie of naast bestaande voorzieningen. Bij die projecten zijn er meestal geen activiteiten die de bedrijfsvoering belemmeren. Als er nieuwbouw plaatsvindt naast een bestaand reservoir (uitbreiding of renovatie) is daarvan pas in de laatste fase sprake. Deze activiteiten dienen zorgvuldig en hygiënisch plaats te vinden, in ieder geval zodanig dat de kwaliteit van het te leveren drinkwater niet in gevaar kan komen.

6 Operationele aspecten

6.1 Inleiding

De in dit hoofdstuk uitgewerkte operationele aspecten zijn uitgewerkt in achtereenvolgens:

- De (dagelijkse) bedrijfsvoering (§ 6.3);
- De inspectie waarbij het reservoir buiten bedrijf is gesteld met het eventuele onderhoud daarvan, gevolgd door reiniging (en desinfectie) en het weer in gebruik nemen (§ 6.4).

Eerst (§ 6.2) wordt kort ingegaan op de ingebruikneming van volledig nieuw gebouwde reservoirs.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-1](#) [43], hoofdstuk 10 'Kontrollen, Prüfen und Erst-Inbetriebnahme'

Arbeitsblatt [W 300-2](#) [44], hoofdstuk 5 'Personal'

6.2 Ingebruikneming nieuwe reservoirs

Er vindt controle op de waterdichtheid plaats volgens § 7.2 van de 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies' [9]. Daarin wordt uitsluitend een controle op waterdichtheid van binnenuit beschreven en wordt afgesloten met de zin '*Een betondek dient eveneens van buitenaf op waterdichtheid gecontroleerd te worden.*' De wijze waarop dat zou moeten gebeuren, wordt echter niet beschreven. Er bestaan hiervoor gespecialiseerde bedrijven.

Als is vastgesteld dat een nieuw reservoir volledig waterdicht is, kunnen de paragrafen 6.4.4 tot en met 6.4.6 (die betrekking hebben op inspectie van bestaande reservoirs) worden gevolgd in verband met respectievelijk reiniging, desinfectie en in bedrijf nemen.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-1](#) [43], § 10.2 'Wasserdichtheitsprüfung'

Arbeitsblatt [W 300-2](#) [44], hoofdstuk 8 'Inbetriebnahme und Ausserbetriebnahme des Trinkwasserbehälters'

6.3 (Dagelijkse) bedrijfsvoering

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-2](#) [44], hoofdstuk 7 'Betrieb'

6.3.1 Verblijftijd in verband met waterkwaliteit

Er is vastgesteld [13] dat de verblijftijdspreiding in reservoirs onafhankelijk is van het ontwerp en dat de verkorting van de verblijftijd moet worden gezocht in de bedrijfsvoering. De beste doorstroming van reservoirs wordt daarom bereikt via de bedrijfsvoering en niet door de vorm.

De opgeslagen hoeveelheid drinkwater moet steeds zijn afgestemd op het verbruik op enig moment (zie hoofdstuk 2), zodat een reservoir regelmatig (gedeeltelijk) wordt geleegd. Deze randvoorwaarde moet zorgvuldig worden ingebouwd in het productiealgoritme met voorspellingen van het dag- en uurverbruik. In dat verband wordt de toepassing van de automatische 'distributiesturingprogramma's' genoemd, die de mogelijkheid hebben voor het gebruik van historische gegevens en seizoensafhankelijkheid.

Het beperken van de verblijftijd beperkt tevens de opwarming van het drinkwater (zie hoofdstuk 4).

6.3.2 Calamiteitenberging

In hoofdstuk 2 is toegelicht hoe de voorraadvorming in een reservoir zich moet ontwikkelen om zowel de productieafvlakking te realiseren als de voorraad die noodzakelijk is om vooraf vastgestelde calamiteiten te overbruggen. Het werkelijke reservoirniveau moet nauwkeurig worden gemeten om vast te stellen in hoeverre dit het voorspelde niveau volgt. Bij grote afwijkingen dient zo snel mogelijk een analyse te worden gedaan om de oorzaak vast te stellen en eventueel het productievolume aan te passen. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als een distributiecalamiteit langer lijkt te duren dan de aanname of dat de calamiteit meer water vraagt dan was ingeschat.

6.3.3 Periodieke waterkwaliteitsbeoordeling

Onder waterkwaliteitsbeoordeling wordt verstaan het traject van monsterneming, bepaling van een of meer parameters in het genomen watermonster en het vergelijken van de uitkomst(en) daarvan met van toepassing zijnde grenswaarde(n) dat leidt tot 'goedkeuring' of 'afkeuring' (zie 'Hygiëncode Drinkwater; *Algemeen*' [2] en 'Hygiëncode Drinkwater; *Opslag, transport en distributie*' [7]).

Wettelijk vereist

In het Drinkwaterbesluit [3] is slechts op één plek iets vastgelegd over de frequentie en de inhoud van de waterkwaliteitsbeoordeling 'af pompstation' (dus op de zuig- en persleiding van een productiereservoir) in het kader van het periodieke wettelijke meetprogramma. Dat is het geval in 'Tabel IIIb: Indicatoren – Organoleptische/esthetische parameters': voor de parameter 'troebelingsgraad'¹² is daarvoor een 'maximum waarde' van 1 FTE (Formazine TroebelingsEenheden) opgenomen, met daarbij de volgende noot. '*In aanvulling op de kwantitatieve eis geldt dat de troebelingsgraad aanvaardbaar voor de gebruikers dient te zijn en geen abnormale veranderingen mag vertonen.*' Het tweede deel van deze noot impliceert een regelmatige en frequente bepaling van het uitgaande drinkwater van een 'reinwaterreservoir'. Met de op dit moment beschikbare meetmiddelen wordt continue of periodieke monitoring van de troebelheid in het reinwater ('af pompstation') aanbevolen.

Aanvullend

Afhankelijk van de functie van het betreffende reservoir (productie- of distributiereservoir) wordt aanbevolen om het drinkwater aan extra waterkwaliteitsbeoordeling te onderwerpen. Dit onderzoek zou zich minimaal moeten richten op microbiologische parameters, om vast te stellen of er indicatoren voor fecale verontreiniging en nagroei aanwezig zijn.

Als productiereservoirs onderdeel zijn van de keten tussen de zuiveringsstappen en de pompen van het uitgaande water kan de waterkwaliteitsbeoordeling op het monsterpunt van het uitgaande water plaatsvinden. Aanvullend onderzoek van het productiereservoir is optioneel. Zo veel mogelijk kunnen hierbij de adviezen volgens de 'Hygiëncode Drinkwaterbereiding' [37] worden gevolgd.

Vanwege de kwetsbaarheid worden distributiereservoirs frequenter aan waterkwaliteitsbeoordeling onderworpen. Dat varieert van enkele keren per jaar tot eens in de twee weken. De Waterwerkbladen [4] (Waterwerkblad WB 1.4 G 'Beheer van leidingwaterinstallaties') stellen dat water in drinkwaterreservoirs (distributiereservoirs bij de gebruiker) afhankelijk van het gebruik ten minste één keer per jaar moet worden beoordeeld op microbiologische indicatoren voor fecale verontreiniging en nagroei.

¹² Dit is het begrip volgens de regelgeving. In dit rapport wordt verder 'troebelheid' gehanteerd.

In het geval er afwijkingen in de waterkwaliteit worden gevonden, kan dit aanleiding zijn om aanvullende waterkwaliteitsbeoordeling uit te voeren op de vulleiding en extra monsterpunten van het reservoir.

6.3.4 Desinfectie na een verontreiniging

In het geval er sprake blijkt te zijn van een microbiologische verontreiniging van het drinkwater in een reservoir (als gevolg van fecale parameters en bacteriën van de coligroep; een verhoogd koloniegetal bij 22 °C wordt niet als verontreiniging beschouwd) worden vijf methoden voor de desinfectie daarvan gehanteerd, die zijn beschreven in bijlage III.

Na het gedeeltelijk¹³ vullen van het reservoir met drinkwater wordt een waterkwaliteitsbeoordeling uitgevoerd. In het geval van 'goedkeuring' (dat wil zeggen dat de uitkomsten van de bepalingen van de verschillende parameters ten hoogste gelijk zijn aan de grenswaarden) wordt het reservoir in gebruik genomen; bij 'afkeuring' worden er situationeel aanvullende correctieve maatregelen getroffen.

Opmerking

In 2010 is door de projectgroep voor de actualisering van de 'Hygiëncode Drinkwater; *Opslag, transport en distributie*' [18] gediscussieerd over de vraag of twee waterkwaliteitsbeoordelingen noodzakelijk zijn voor de vrijgave van een reservoir. Omdat er (i) bij de drinkwaterbedrijven goede ervaringen blijken te zijn met één waterkwaliteitsbeoordeling en (ii) het wachten op de uitkomsten van een tweede beoordeling extra stilstandtijd van het drinkwater inhoudt (met afnemende waterkwaliteit als gevolg), is er geen aanbeveling voor een tweede waterkwaliteitsbeoordeling.

6.3.5 Periodieke activiteiten

Preventieve maatregelen

In § 4.2.2 'Toegankelijkheid' is de voorkeur voor een schone voorruimte voor de toegang tot een reservoir aangegeven. Als er werkzaamheden worden verricht aan een reservoir waarbij er geen contact is met drinkwater, behoeven er geen strikte eisen ten aanzien van de hygiëne te worden gesteld. Om een zware verontreiniging van de ruimten grenzend aan het reservoir te voorkomen, dient een bepaalde basishygiëne in acht te worden genomen als het reservoir in gebruik is. Het betreden van die ruimten met schone schoenen via een ontsmettingsmat of een bak met een desinfectiemiddel (doorgaans een natriumhypochloriet-oplossing) zorgt ervoor dat in elk geval de zwaarste bron van verontreiniging (de schoenzolen) wordt weggenomen.

Eigenlijke activiteiten

De periodieke controle van reservoirs (bijvoorbeeld maandelijks) omvat onder meer:

- Uitwendige controle van de overstortleiding met de ingebouwde klep en het rattenrooster, en het waterslot;
- Het functioneren van het luchtfilter.

Door het reservoir regelmatig te laten overstorten (1 keer per maand tot 1 keer per jaar), wordt de eventuele drijflaag van stof en vuil (het zogeheten drijvende vlies) verwijderd (door middel van 'afromen')¹⁴. Tevens wordt dan het water in het waterslot van de overstortleiding verversd en wordt de afvoerleiding getest, zo mogelijk op maximale capaciteit. Bij dit laatste worden ook de 'omgevingsfactoren' meegenomen, dat wil zeggen de afvoer van water in het geval van een lozing.

¹³ In het geval een reservoir volledig wordt gevuld en de waterkwaliteitsbeoordeling vervolgens niet leidt tot 'goedkeuring', moet er veel water worden geloosd. Bij het gedeeltelijk vullen is dat minder.

¹⁴ Voor zover dit mogelijk is: veel reservoirs beschikken niet over een inspectieluik.

Omdat de kans op verontreiniging sterk toeneemt bij het openen, wordt een reservoir zo min mogelijk geopend.

6.3.6 Uit bedrijf nemen

Elk reservoir dient periodiek uit bedrijf te worden genomen in verband met inspectie (zie onder).

Frequentie

Aanbevolen wordt bij een nieuw reservoir de eerste inspectie na 1 jaar uit te voeren, om vervolgens periodiek inspecties uit te voeren met een frequentie van ten minste één keer per vijf jaar in het geval een coating is toegepast (op staal en soms ook op beton) en ten minste één keer per tien jaar als dat niet het geval is (beton). In het geval de zuiveringstechniek tussentijds wordt aangepast, dient tevens een tussentijdse inspectie plaats te vinden. Dat kan eveneens als de uitkomsten van waterkwaliteitsbeoordeling daartoe aanleiding geven en/of als het reservoir door omstandigheden inspecteerbaar is.

Ook het (uitsluitend) schoonmaken van een reservoir kan reden zijn tot het uit bedrijf nemen. Reservoirs moeten tussen twee inspecties worden schoongemaakt als dat noodzakelijk blijkt te zijn, bijvoorbeeld naar aanleiding van de gemonitorde troebelheid. De frequentie zal afhankelijk zijn van het watertype en de aard van een zuiveringsproces.

Tijdstip

Voor wat betreft het tijdstip in het jaar waarop een reservoir uit bedrijf wordt genomen, dient bedrijfsbeleid te worden ontwikkeld, zodanig dat er geen moeilijkheden zijn te verwachten met de reservoircapaciteit en een reservoir in het proces kan worden gemist. Een periode in het jaar met een lager verbruik (bij lagere buitentemperaturen) kan de voorkeur hebben.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-2](#) [44], hoofdstuk 8 'Inbetriebnahme und Ausserbetriebnahme des Trinkwasserbehälters'

6.4 Inspectie, eventueel onderhoud en reiniging/desinfectie

Behalve de reeds genoemde richtlijn voor de realisatie van reservoirs [9] is er een richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies [36]. De onderdelen inspectie, onderzoek, onderhoud, het nemen van preventieve maatregelen, reparatie, registratie en nazorg zijn daarin verder uitgewerkt. Ook wordt kort ingegaan op de kwaliteitscontrole door middel van het voorafgaand aan de reparatiewerkzaamheden op te stellen keuringsplan. De richtlijn voor technisch beheer dient als handleiding voor de eenduidige wijze van inspecteren en rapporteren, en behandelt de voorwaarden voor de verschillende reparatiemethoden.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-2](#) [44], de hoofdstukken:

- 6 'Hygiene'
- 9 'Wartung und Inspektion von Trinkwasserbehältern'

6.4.1 Preventieve maatregelen

Bij werkzaamheden in een reservoir kan er sprake zijn van werken in een 'besloten ruimte' of in een 'bijzondere ruimte', zodat de bijbehorende wet- en regelgeving van toepassing is (zie bijlage I) [40]. Bij een besloten ruimte dient het Arbo-Informatieblad AI-5 [19] in acht te worden genomen. Dit impliceert onder meer dat een 'veiligwerkvergunning' of 'werkopdracht' is vereist. Verder moeten de betrokken medewerkers zich strikt houden aan

de veiligheidsvoorschriften, die gelden voor het werken met chemische stoffen (reinigings- en desinfectiemiddelen), zie Arbo-Informatieblad AI-31 [20].

Bij werkzaamheden in een drinkwaterreservoir dient altijd door het drinkwaterbedrijf toezicht te worden gehouden. Met het oog op de veiligheid dienen vooraf de te treffen veiligheidsmaatregelen met de locatieverantwoordelijke persoon te worden doorgenomen. Iemand buiten het reservoir wordt verantwoordelijk gesteld voor het welzijn van de medewerker(s) in het reservoir (veiligheidswacht).

De daartoe aangewezen medewerkers moeten bij het betreden van reservoirs schone geplastificeerde kleding en schone uitsluitend voor het reinigen van reservoirs bedoelde laarzen dragen. Uitsluitend deze kleding of wegwerpkleding mag worden gebruikt voor werkzaamheden. Laarzen, handschoenen, gereedschap en hulpmiddelen worden iedere keer bij het betreden van respectievelijk inbrengen in het reservoir gedesinfecteerd. Bij de ingang van het reservoir behoort daarom een plastic bak met een desinfecterende oplossing (75 mg Cl_2/l , sterkte van de oplossing regelmatig controleren) te staan. Deze bak moet bij voorkeur op een gedesinfecteerd zeil staan waarmee de vloer rond de bak is afgedekt. De medewerkers dienen ook daadwerkelijk in een dergelijke bak te gaan staan bij het betreden van de ruimten.

Er moet in het reservoir worden gezorgd voor een goede ventilatie. Eten, drinken en roken in het reservoir is te allen tijde verboden.

6.4.2 Inspectie, reservoir buiten bedrijf

Inspecties kunnen door het drinkwaterbedrijf in eigen beheer worden uitgevoerd of door een daarin gespecialiseerd (en daarvoor gecertificeerd) bedrijf.

Betonnen reservoirs

De 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies' [36] beschrijft de inhoud van inspecties aan betonnen reservoirs uitvoerig. Vooral wordt gewezen op de hoofdstukken 2 'Technisch beheer' en 3 'Beschrijving schadebeelden'. Er wordt van uitgegaan dat een en ander daarin uitputtend is vastgelegd.

Stalen reservoirs

De inspectie heeft tot doel een indruk te verkrijgen van de staat van de coating op de bodem, wanden en het dak van het reservoir. In de conclusies naar aanleiding van de inspectie moet iets zijn opgenomen over de levensduur van de coating.

RVS onderdelen van reservoirs die in contact komen met drinkwater en/of condens (bijvoorbeeld mangaten) moeten worden gecontroleerd op de aanwezigheid van putcorrosie.

6.4.3 Onderhoud

De aanbeveling wordt gedaan om de periode van buiten bedrijf zijn en onderhoud te benutten voor het kalibreren en zo nodig justeren van de niveaumetingen in een reservoir.

Bij voorkeur wordt voor het onderhoud van reservoirs uitsluitend gebruikgemaakt van speciaal daarvoor bestemd materiaal, materieel en gereedschap. Voordat die in het reservoir worden gebracht, dienen deze in ieder geval met een desinfectiemiddel te zijn behandeld.

Betonnen reservoirs

Hiervoor wordt verwezen naar de hoofdstukken 4 'Onderhoud' en 5 'Reparatie' van de 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies' [36].

Het dak van een betonnen reservoir wordt tijdens de onderhoudsperiode gecontroleerd op waterdichtheid.

Stalen reservoirs

Zonder kathodische bescherming moet de coating aan de binnenzijde regelmatig worden bijgewerkt. De gemiddelde levensduur van die coating bedraagt 20 jaar; voor een coating op de buitenzijde van een stalen reservoir is dat 15 jaar.

Net als het ontwerp en de realisatie wordt het onderhoud van kathodische bescherming in het geval van stalen reservoirs uitbesteed aan gespecialiseerde bedrijven.

6.4.4 Reiniging na inspectie (en onderhoud)

Over het algemeen (maar niet altijd) zal er na de inspectie (en het onderhoud) van een reservoir een combinatie van mechanisch en chemisch reinigen, en desinfecteren worden toegepast om een reservoir schoon en hygiënisch betrouwbaar te maken.

De volgende reinigingsmethoden worden toegepast:

- Mechanisch reinigen:
 - Mechanische reiniging bestaat uit het onder hoge druk schoonspuiten van de binnenwanden en de overige inwendige onderdelen met drinkwater. Het reinigingswater wordt afgevoerd, waarna de vloer van het reservoir wordt nagespoeld met drinkwater onder verhoogde druk. Waar nodig kunnen (kunststof) borstels worden gebruikt voor onderdelen en plaatsen die niet mogen worden behandeld met of onbereikbaar zijn voor een hogedrukspuit. Deze procedure wordt gevolgd door chemische reiniging (zie onder) of door desinfectie (zie volgende paragraaf).
 - Het reservoir wordt mechanisch gereinigd met behulp van een hogedrukspuit in de volgorde plafond, wanden en vloer. Hierbij wordt geen chemische reiniging en/of desinfectie toegepast.
- Chemisch reinigen
Ter verwijdering van eventuele minerale afzettingen (ijzer, mangaan en calcium) kan een reinigingsmiddel¹⁵ op basis van een zuur worden aangebracht op de binnenwanden en alle andere onderdelen van het reservoir, die met drinkwater in contact komen. Hierbij wordt een contacttijd van circa 15 min aangehouden om het reinigingsmiddel op de afzettingen te laten inwerken.
Deze procedure wordt gevolgd door desinfectie (zie § 6.4.5).

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-1](#) [43], de paragrafen:

- 10.4 'Reinigung und Desinfektion'
- 10.5 'Freigabe'

Arbeitsblatt [W 300-2](#) [44], hoofdstuk 10 'Reinigung von Trinkwasserbehältern'

Merkblatt [W 319](#) [53]

Arbeitsblatt [W 291](#) [51] hoofdstuk 7 'Behältern'

¹⁵ Reinigingsmiddelen dienen over een erkende kwaliteitsverklaring volgens de Regeling te beschikken, zie § 5.2 van deze PCD.

6.4.5 Desinfectie na inspectie/onderhoud

Desinfectie van drinkwaterreservoirs wordt altijd voorafgegaan door mechanische (en chemische) reiniging (zie vorige paragraaf). Na desinfectie wordt nagespoeld met drinkwater, waarbij het reinigingswater zo veel mogelijk wordt afgevoerd.

Met beperkte desinfectie

Na reiniging wordt de vloer gedesinfecteerd met een natriumhypochloriet-oplossing of een oplossing van waterstofperoxide¹⁶. De concentratie hiervan moet regelmatig worden gecontroleerd door middel van meten.

Met volledige desinfectie

Na reiniging wordt het reservoir gedesinfecteerd volgens een van de vijf in bijlage III beschreven methoden. Daarbij wordt aangetekend dat de desinfectie van reservoirs situationeel gebeurt en bedrijfsafhankelijk kan zijn.

Vooraf moet worden geverifieerd of het juiste middel wordt gebruikt.

Aanbevolen wordt uitsluitend nieuwe en gesloten jerrycans te gebruiken. Bij gebruik van eerder geopende vaten kan het zinvol zijn de aard en het gehalte werkzame stof vooraf te controleren.

6.4.6 In bedrijf nemen

Na het vullen van het reservoir met drinkwater wordt een waterkwaliteitsbeoordeling uitgevoerd. Voor de daarbij betrokken parameters (criteria) en grenswaarden (eisen) wordt verwezen naar § 6.3.3 van het onderhavige document. In het geval van goedkeuring wordt het reservoir in gebruik genomen; bij afkeuring worden er situationeel aanvullende correctieve maatregelen getroffen.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-1](#) [43], § 10.6 'Inbetriebnahme des Behälters und Anbindung ans Versorgungsnetz'

Arbeitsblatt [W 300-3](#) [45], hoofdstuk 11 'Kontrollen, Prüfen und Wieder- Inbetriebnahme'

¹⁶ Desinfectiemiddelen dienen over een Ctgb-toelating en een erkende kwaliteitsverklaring volgens de Regeling te beschikken, zie § 5.2 van deze PCD en de 'Hygiëncode Drinkwater; *Algemeen*' [2].

7 Vastleggen van gegevens

Gegevens van reservoirs dienen te worden vastgelegd in een daarvoor bedoeld boekwerk ('logboek') of systeem, waarbij vooral wordt verwezen naar de 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies' [36].

- Gegevens over de nieuwbouw: de vastlegging van de vorm en afmetingen van een reservoir zoals dat is ontworpen en gebouwd
 - De tekeningen;
 - een situatietekening met de opstellingsplaats van het reservoir met toebehoren;
 - bouwjaar (de periode waarin de bouw heeft plaatsgevonden);
 - maatvoering van het reservoir met de daarbij behorende onderdelen, zo nodig aangevuld met details, doorsneden of beschrijvingen;
 - de toegepaste materialen en eventuele beschermingsmethoden;
 - plaats en afmetingen van de voorzieningen, zoals inspectieluik en overige doorvoeringen;
 - een gedetailleerde opgave en de constructie en/of werking van de volgende onderdelen: de toegang tot het reservoir, de be- en ontluchting(en), de vulleiding met vulafsluiter, de overloop, de wijze van niveaumeting en signalering, de muurdoorvoerstukken, de zuigleiding(en) met eventuele zuigkuil en de leegloopleiding;
 - de wijze van creëren van propstroming: een labyrint door middel van muren of 'lamellengordijnen';
 - situering van het reservoir (boven- of ondergronds of combinatie);
 - gegevens met betrekking tot de eventueel aanwezige dakbedekking;
 - gegevens met betrekking tot de gebruikte bouwstoffen (technische specificaties);
 - uitgangspunten van het ontwerp;
 - wapeningstekeningen en betonkwaliteit.
- Gegevens van schoonmaken, inspectie en onderhoud
Iedere uitgevoerde inspectie- en onderzoeksfase moet worden afgesloten met registratie van de verkregen informatie. De registratie moet minimaal bestaan uit een schriftelijke verslaglegging van de geïnspecteerde en eventueel onderzochte constructie, met inbegrip van de in beschouwing genomen aspecten waarop is onderzocht. Per aspect moeten de toegepaste inspectie- en onderzoeksmiddelen, en methoden worden vermeld. De resultaten van inspectie en onderzoek moeten op een dusdanige wijze zijn beschreven, dat eventueel toekomstig(e) inspectie en onderzoek kunnen worden vergeleken met eerder uitgevoerd onderzoek.
- Aanvullende registratie: de registratie van maatregelen of werkzaamheden die voortvloeien uit inspectie, onderzoek naar de oorzaak van schade, onderzoek naar aanwezige niet-zichtbare schade en onderzoek naar mogelijke toekomstige schade
 - de aanwezige schade; de plaats van de schade dient hierbij op ondubbelzinnig wijze te zijn bepaald en vastgelegd;
 - de eventueel aanwezige niet-zichtbare schade; de schade dient hierbij op ondubbelzinnig wijze te zijn bepaald en vastgelegd;
 - de eventuele toekomstige schade; de verwachte toekomstige schade dient hierbij zo goed mogelijk te worden ingeschat in combinatie met de verwachte plaats van de toekomstige schade;
 - resultaten van eventueel uitgevoerde metingen;
 - eventueel uitgevoerde reparaties, inclusief periode van uitvoering en toegepaste materialen en methoden.

Het vastleggen van de gegevens kan door middel van foto- en/of videomateriaal (op CD of DVD) in combinatie met tekeningen en geschreven tekst. Bij het vastleggen van de bevindingen kan gebruik worden gemaakt van een testrapport waarvan in bijlage A.6 van de Europese norm NEN-EN 1508 [16] voor (onderdelen van) opslagsystemen voor drinkwater een voorbeeld is opgenomen.

DVGW-werkbladen

Arbeitsblatt [W 300-1](#) [43], hoofdstuk 7 'Dokumentation'

8 Literatuur

[1] Drinkwaterwet van 18 juli 2009, Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 2009, nummer 370, 3 september 2009

[2] Meerkerk, M.A. (2015): 'Hygiëncode Drinkwater; *Algemeen*', Praktijkcode Drinkwater PCD 1-1:2015, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein

[3] Drinkwaterbesluit, Staatsblad 2011, nummer 293, 23 mei 2011

[4] www.infodwi.nl: Waterwerkbladen:

- [WB 1.4 G](#), 'Beheer van leidingwaterinstallaties', december 2015;
- [WB 2.1 D](#), 'Berekeningsgrondslagen; Berekeningsmethode voor waterreservoirs', december 2015;
- [WB 2.4](#), 'Doorspoelen (spuien) en desinfecteren van leidingwaterinstallaties', oktober 2011;
- [WB 4.1](#), 'Reservoirs voor de voeding van een drinkwaterinstallatie', juni 2004.

[5] [NEN 1006:2015](#): 'Algemene voorschriften voor leidingwaterinstallaties', Nederlands Normalisatie-instituut, 1 september 2015, Delft

[6] Moel, P.J. de, Verberk, J.Q.J.C., en Dijk, J.C. van (2004): 'Drinkwater – principes en praktijk', Sdu Uitgevers bv, Den Haag

[7] Meerkerk, M.A. (red., 2016): 'Hygiëncode Drinkwater; *Opslag, transport en distributie*', Praktijkcode Drinkwater PCD 1-4:2016, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein

[8] Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen KIWA N.V. (1975): 'Plaats en capaciteit reinwaterkelders', Kiwa-Mededeling 36, Rijswijk

[9] Meijnhardt, R. e.a. (2011): 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterconstructies', 3^e editie, Kiwa Nederland B.V., Rijswijk

[10] VEWIN, projectgroep Benewater: 'Aanbevelingen "Goed Huisvaderschap"', 16 januari 2003

[11] Masmeijer, W., en Velde, P. van de (2008): 'Ontwerprichtlijnen – criteria en componenten PvE', Vitens Watertechnologie

[12] Dijk, A. van, (2005): 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies', versie 1, rapportnummer 2005/59/4252, VEWIN, Rijswijk

[13] Timmer, H. e.a. (2009): 'CFD-modellering: spreiding verblijftijd in reservoir ongevoelig voor ontwerp', H₂O', nummer 20

[14] Urbanus, J.F.X., en Biemans, R.A.G. (1992): 'DWL Rotterdam optimaliseert bedrijfsvoering productiebedrijven', H₂O, 25^e jaargang, nummer 3

- [15] Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland: 'Reinwaterberging', syllabus van de voormalige HWT- en MWT-cursus
- [16] [NEN-EN 1508:1998](#): 'Drinkwatervoorziening; Eisen voor systemen en onderdelen voor de opslag van water', Nederlands Normalisatie-instituut, november 1998, Delft
- [17] Ens, F.J. (2010): 'Onderzoek waterkwaliteit in waterslagketels', rapportnummer 201015, Het Waterlaboratorium/N.V. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, Haarlem
- [18] Lieverloo, J.H.M. van, Mesman, G.A.M., Nobel, P.J., en Kroesbergen, J. (2002): 'Hygiëncode Drinkwater; *Opslag, transport en distributie*', rapport BTO 2001.175, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [19] SGS Nederland B.V. (2011): 'AI-05: Veilig werken in besloten ruimten', 5^e druk, Sdu Uitgevers
- [20] Visser, R. (2014): 'AI-31: Gezondheidsrisico's van gevaarlijke stoffen', 5^e druk, Sdu Uitgevers
- [21] Meerkerk, M.A., en Slaats, P.G.G. (2004): 'Beoordeling van toxicologische, organoleptische en hygiënische aspecten van metalen producten in contact met leidingwater; OAS 2004 Grondslagen en criteria beoordeling; activiteiten 6 en 17', rapport OAS 04-019, Kiwa Certificatie en Keuringen, Rijswijk
- [22] Kiwa Certificatie en Keuringen (2012): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor coatingsystemen ten behoeve van drinkwatertoepassingen', Kiwa-beoordelingsrichtlijn BRL-K759/02, Rijswijk
- [23] Kiwa Certificatie en Keuringen (2012): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor het appliceren van coatingsystemen ten behoeve van drinkwatertoepassingen', Kiwa-beoordelingsrichtlijn BRL-K746/02, Rijswijk
- [24] Staatscourant 2011: 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening' van 29 juni 2011, nr. 11911, 18 juli 2011
- [25] Bakker, M. (2007): 'Definities en ontwerprichtlijnen reinwaterberging', versie 5, WML-rapport met kenmerk 07-01-MBA, Waterleiding Maatschappij Limburg, Maastricht
- [26] Poortema, K.H., en Vreeburg, J.H.G. (1994): 'Aanbevelingen voor de leveringszekerheid van drinkwatersystemen; Gereviseerd eindrapport van de Commissie Leveringszekerheid', VEWIN, Rijswijk/Nieuwegein
- [27] Anoniem (2000): 'Richtlijn voor de realisatie van betonnen drinkwaterreservoirs', 2^e editie, Kiwa in opdracht van VEWIN, Rijswijk
- [28] Wassink, G., en Kraaijvanger, H. (2008): 'Waterkwaliteit hydrofoorinstallaties', Vitens
- [29] Wit, S. de, en Kint, J. (2010): 'Onderzoek luchtkwaliteit ten behoeve van waterslagvoorziening', N.V. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, Haarlem
- [30] Projectteam standaardisatie Bouwkunde (2010): 'Ontwerprichtlijnen en standaard eisen Bouwkunde/Civiel', versie 1.1, Vitens Watertechnologie

- [31] Jong, R., Pol, E. van der, Rietman, B., Sjoerdsma, P., en Wuestman, R. (2015): 'Functionele standaard waterslagketel', versie 1, 13 augustus 2015, kenmerk AM-ST-TC17, archiefcode AM-ST-TC17 v1, Vitens, Zwolle
- [32] Woerdt, D. van der, Heijden, B. van der, Medema, G., en Sterkenburg, R. (1999): 'Reinwaterbergingen en RWZI's: (g)een goede combinatie?!', H₂O', nummer 14/15
- [33] Leerdam, R. van (2011): 'Risico's luchtgebruik in de drinkwaterzuivering', BTO-rapport in voorbereiding, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [34] Kiwa Nederland B.V. (2012): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor beschermingsystemen op minerale ondergrond ten behoeve van drinkwatertoepassingen', Kiwa-beoordelingsrichtlijn BRL-K19002, Rijswijk
- [35] Kiwa Nederland B.V. (2012): 'Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor het appliceren van beschermingsystemen op minerale ondergrond ten behoeve van drink- en afvalwatertoepassingen', Kiwa-beoordelingsrichtlijn BRL-K19004, Rijswijk
- [36] Kiwa Nederland B.V. (2012): 'Richtlijn voor het technisch beheer van betonnen drinkwaterconstructies', 2^e editie, 1 juli 2012, Rijswijk
- [37] Oesterholt, F.I.M.H., en Meerkerk, M.A. (2013): 'Hygiënecode Drinkwaterbereiding', rapport KWR 2012.083, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [38] Oesterholt, F.I.M.H., en Meerkerk, M.A. (2015): 'Hygiënerichtlijnen ontwerp, bouw en renovatie van installaties voor de drinkwaterbereiding', Praktijkcode Drinkwater PCD 1-8:2015, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [39] NEN-EN 10088:2014: 'Roestvaste staalsoorten – Deel 1: Lijst van roestvaste staalsoorten', Nederlands Normalisatie-instituut, november 2014, Delft
- [40] Arbouw (2009): Arbocatalogus Bouw en Infra: <http://www.arbocatalogus-bouweninfra.nl/index.htm>
- [41] Meerkerk, M.A. (2013): 'Wet- en regelgeving in Nederland voor leidingmaterialen in contact met drinkwater; Een toelichting op de 'Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening'', rapport KWR 2013.064, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [42] Meerkerk, M.A., en Vreeburg, J.H.G. (2011): 'Richtlijnen ten behoeve van reservoirs voor drinkwater; *Ontwerp, realisatie, bedrijfsvoering en beheer*', rapport KWR 2011.046, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
- [43] Arbeitsblatt [DVGW W 300-1](#) (2014): 'Trinkwasserbehälter; Teil 1: Planung und Bau', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
- [44] Arbeitsblatt [DVGW W 300-2](#) (2014): 'Trinkwasserbehälter; Teil 2: Betrieb und Instandhaltung', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
- [45] Arbeitsblatt [DVGW 300-3](#) (2014): 'Trinkwasserbehälter; Teil 3: Instandsetzung und Verbesserung', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn

- [46] Arbeitsblatt [DVGW W 300-4](#) (2014): 'Trinkwasserbehälter; Teil 4: Werkstoffe, Auskleidungs- und Beschichtungssysteme - Grundsätze und Qualitätssicherung auf der Baustelle', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
- [47] Merkblatt [DVGW W 300-6](#) (2016): 'Trinkwasserbehälter; Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von System- und Fertigteilbehältern', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
- [48] Arbeitsblatt [DVGW W 316](#) (2014): 'Qualifikationsanforderungen an Fachunternehmen für Planung, Bau, Instandsetzung und Verbesserung von Trinkwasserbehältern; Fachinhalte', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
- [49] Arbeitsblatt [DVGW W 347](#) (2006): 'Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
- [50] Merkblatt [DVGW W 398](#) (2013): 'Praxishinweise zur hygienischen Eignung von Ort beton und vor Ort hergestellten zementgebundenen Werkstoffen zur Trinkwasserspeicherung', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
- [51] Arbeitsblatt [DVGW W 291](#) (2000): 'Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
- [52] Arbeitsblatt [DVGW W 628](#) (2009): 'Innenbeschichtung und Auskleidung von Stahlbehältern in Wasserwerken', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
- [53] Merkblatt [DVGW W 319](#) (1990): 'Reinigungsmittel für Trinkwasserbehälter; Einsatz, Prüfung und Beurteilung', Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
- [54] NEN-ISO 5667-5:2007: 'Water – Monsterneming – Deel 5: Richtlijn voor monsterneming van drinkwater van waterproductiebedrijven en pijpleiding-distributiesystemen', 1 mei 2007, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft
- [55] Smeets, P.W.M.H., Vreeburg, J.H.M., en Hofman, J.A.M.H. (2007): 'Evaluatie E. coli besmettingen PWN mei 2007', rapport KWR 07.099, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [56] NEN 3654:2014: 'Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen', Nederlands Normalisatie-instituut, februari 2014, Delft

Bijlage I Begrippen en definities

Volgens lid 1 van artikel 1 van de [Drinkwaterwet](#) [1]:

- Drinkwater: *'water bestemd of mede bestemd om te drinken, te koken of voedsel te bereiden dan wel voor andere huishoudelijke doeleinden, met uitzondering van warm tapwater, dat door middel van leidingen ter beschikking wordt gesteld aan consumenten of andere afnemers'*
- Opslag: *'opslag van water in reservoirs of bekkens in verband met de productie of distributie van drinkwater'*;
- Productie: *'winning, bereiding en daarmee verband houdende opslag van drinkwater'*;
- Watervoorzieningswerken: *'werken ten behoeve van de productie en distributie van drinkwater en daarmee rechtstreeks verband houdende werken en beschermingsvoorzieningen ten dienste van drinkwaterbedrijven'*;

In hoofdstuk 3 'Definitions' van [NEN-EN 1508](#) [16] is een aantal begrippen gedefinieerd:

- § 3.1 capacity (capaciteit): *'The total volume of the compartment(s) which can be used for the operation of a reservoir.'*
- § 3.2 compartment (compartiment): *'Self-contained part of a reservoir which has separate inlet, outlet, overflow and washout arrangements, and can be operated independently from other compartments of the same reservoir (see figures 1 and 2).'*
- § 3.3 control building (controlegebouw): *'Self-contained part of a reservoir used to accommodate the main valves, pumps, controls and monitoring equipment and which can provide the means of access to the water compartment(s).'*
- § 3.4 designer (ontwerper): *'The person responsible for establishing, with the purchaser or water company, the basic criteria to be used for the design, construction, commissioning and operation of the reservoir.'*
- § 3.5 elevated reservoir (hoogreservoir): *'A reservoir constructed with the compartment(s) at ground level, but at an elevation sufficient to provide water by gravity to the supply area.'*
- § 3.6 rehabilitation (revalidatie): *'Work necessary to upgrade or improve a reservoir to comply with this standard.'*
- § 3.7 repair (herstel): *'Work necessary to remedy a defect and restore a reservoir to satisfactory operation.'*
- § 3.8 reservoir (reservoir): *'storage facility for water.'*
- § 3.9 service reservoir (productiereservoir): *'Covered storage facility for potable water which includes water compartment(s), control building, operation equipment and access arrangements, providing reserve supplies and pressure stability, and balancing demand fluctuations (see figure 1).'*
- § 3.10 water demand (watervraag): *'Estimated quantity of water required per unit of time.'*
- § 3.11 watertightness (waterdichtheid): *'The characteristic quality of the structure that prevents the passage of water through the structure in excess of any permitted quantity.'*

Roestvaststaal

Chemische samenstelling van enkele gangbare RVS soorten [39, 21]:

Materiaal		Gehalte (% (m/m))								
DIN	AISI	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Overige
1.4301	304	≤ 0,07	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 0,045	≤ 0,030	17,00-19,50	-	8,00-10,50	N ≤ 0,11
1.4401	316	≤ 0,08	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 0,045	≤ 0,030	16,50-18,50	2,00-2,50	10,00-13,00	N ≤ 0,11
1.4404	316L ¹⁷	≤ 0,030	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 0,045	≤ 0,030	16,50-18,50	2,00-2,50	10,00-13,00	N ≤ 0,11
1.4571	316Ti	≤ 0,08	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 0,045	≤ 0,030	16,50-18,50	2,00-2,50	10,50-13,50	Ti: 5 * C tot 0,70

Besloten [40] en bijzondere ruimten

'Onder besloten ruimten worden ruimten verstaan die onder normale omstandigheden van de omgeving zijn afgesloten. Veel besloten ruimten moeten regelmatig worden betreden, bijvoorbeeld voor inspecties, reparaties, of schoonmaak- en onderhoudswerkzaamheden (onder andere lassen, snijden).

Besloten ruimten worden vaak gekenmerkt door: beperkte bewegingsruimte, geen of weinig daglicht en slechte verlichting, geen of weinig ventilatie, kans op zuurstoftekort, mogelijke aanwezigheid gevaarlijke stoffen, beperkte toegankelijkheid en weinig vluchtmogelijkheden. In besloten ruimten kan een gevaarlijke atmosfeer aanwezig zijn of door werkzaamheden ontstaan. De gevaren die daarbij optreden zijn verstikking, bedwelmings, vergiftiging en brand- en explosiegevaar.

Voorbeelden van besloten ruimten zijn: kelders, installatieruimten, kruipruimten onder vloeren, ketels en opslagreservoirs, rioolstelsels en pipleidingen.'

Met betrekking tot een bijzondere ruimte is de volgende omschrijving op internet gevonden:

'Ruimte, niet zijnde een besloten ruimte, die bij betreden gevaarlijk kan zijn door de kans op verstikking, bedwelmings, vergiftiging, brand, explosie of elektrocutie als geen maatregelen worden genomen. Voorbeelden zijn pompputten voorzien van een vaste trap (geen kooiladder), Eruimtes, ruimten met een automatisch gasblussysteem en omkastingen van turbines en biogasmotoren.'

Kathodische bescherming (KB) volgens onderdeel 3.16 van [56]

'methode om externe corrosie van ingegraven of in water ondergedompelde buizen, leidingen, tanks en staalconstructies tegen te gaan door een gelijkstroom door het omringende medium van het te beschermen object te laten lopen

OPMERKING De gelijkstroom wordt verkregen met behulp van de galvanische werking van opofferingsanoden (passief) of door een opgedrukte stroom (actief).'

¹⁷ De 'L' staat niet voor 'lasbaar', maar voor 'low carbon' (laag koolstofgehalte). Daardoor is 316L een zachter en gemakkelijker lasbaar materiaal dan 316 en is het materiaal na lassen minder corrosiegevoelig.

Bijlage II Spreadsheet voor het ontwerp van het effectieve reservoirvolume

Zie § 2.3.1

Het spreadsheet is niet bedoeld als rekentool, maar uitsluitend als hulpmiddel voor het samenstellen van figuren zoals die in hoofdstuk 2 zijn opgenomen. Hieronder is het tabblad 'Samenvatting' van de spreadsheet weergegeven. Het spreadsheet kan worden gedownload via 'Watnet'.

Samenvatting

productie [Mm ³ /jaar]	5,0		20,0		5,0		20,0	
productie calam [uur]	5		5		3		3	
Dist calam [m ³ /uur]	2 Q, 3 uur	1142	2 Q, 3 uur	13699	1,5 Q, 2 uur	856	1,5 Q, 2 uur	3425
Kelder volume [m ³]	11276		45103		9050		36198	
adem volume [m ³]	4852		19408		4852		19408	

Bijlage III Desinfectie van drinkwaterreservoirs

Methode A

- De wanden, het plafond en de inwendige onderdelen van het reservoir worden besproeid met een natriumhypochloriet-oplossing met 20 mg/l aan vrij beschikbaar chloor.
- Na een contacttijd van een half uur worden de behandelde oppervlakken afgespoten met drinkwater.
- Ter verwijdering van eventuele resten verontreiniging wordt de vloer van het reservoir nagespoeld met drinkwater. Het chloorhoudende water wordt afgevoerd. Indien nodig wordt vóór het lozen een neutralisatie met natriumthiosulfaat toegepast (zie onder).
- Vervolgens wordt het reservoir met drinkwater opgevuld tot ten minste 10 cm boven het hoogste punt van de vloer met een natriumhypochloriet-oplossing met 20 mg/l aan vrij beschikbaar chloor.
- Na een contacttijd van 24 uur wordt het chloorhoudende water afgevoerd en zo nodig geneutraliseerd met natriumthiosulfaat (zie onder).
- Het reservoir wordt nagespoeld met drinkwater, totdat in het afgevoerde water een concentratie van minder dan 0,4 mg/l aan vrij beschikbaar chloor aantoonbaar is.
- Het reservoir wordt geleidelijk geheel met drinkwater gevuld via de toevoerleiding.

Methode B

- In het reservoir worden de oppervlakken met een desinfectiemiddel op basis van waterstofperoxide behandeld door middel van vernevelen volgens de voorschriften van de leverancier (sterktes en contacttijden).
- Na de behandeling wordt de vernevelapparatuur uit het reservoir getrokken zonder dat een werknemer in het reservoir hoeft te zijn.
- Na ongeveer één uur wordt de bodem schoongespoeld via de leegloop. Daarna wordt het reservoir gevuld tot circa 30 cm boven het monsterpunt.
- Zowel na 12 - 24 uur als na 36 - 48 uur wordt een waterkwaliteitsbeoordeling uitgevoerd. Dat gebeurt ook voor de aanvoer. Bij de monsterneming wordt de afwezigheid van waterstofperoxide vastgesteld.
- Bij 'goedkeuring' wordt het reservoir verder gevuld; bij 'afkeur' worden er correctieve maatregelen getroffen. In het geval van een hardnekkige verontreiniging wordt overgegaan op het gebruik van een natriumhypochloriet-oplossing (dit ter beoordeling van de aannemer).

Methode C

- Het reservoir wordt gevuld met water tot minimaal 50 cm boven het hoogste punt van de vloer.
- Er wordt natriumhypochloriet toegevoegd totdat het water 0,25 mg/l aan vrij beschikbaar chloor bevat (berekende hoeveelheid).
- Aansluitend wordt een waterkwaliteitsbeoordeling uitgevoerd.
- Bij 'goedkeuring' wordt het reservoir in gebruik genomen.

Methode D

- De wanden, het plafond en de inwendige onderdelen van het reservoir worden besproeid met een met een natriumhypochloriet-oplossing. De concentratie en de hoeveelheid van die oplossing dienen zodanig te zijn dat de concentratie aan vrij beschikbaar chloor na volledig vullen van het reservoir < 0,2 mg/l bedraagt en er voldoende oplossing is om het gehele vloer- en wandoppervlak te behandelen.
- Het reservoir wordt met water gevuld tot minimaal 10 cm boven het hoogste punt van de vloer.
- Na een stilstandperiode van 16 – 24 uur (sommige drinkwaterbedrijven 2 uur) wordt het reservoir maximaal gevuld. Er wordt gecontroleerd of de concentratie aan vrij beschikbaar chloor daadwerkelijk circa 0,2 mg/l bedraagt. Bij grote afwijkingen wordt van de natriumhypochloriet-oplossing toegevoegd, totdat de gewenste concentratie aan vrij beschikbaar chloor is bereikt.
- Na een stilstandperiode van 12 – 24 uur wordt gecontroleerd of de concentratie aan vrij beschikbaar chloor in het drinkwater < 0,2 mg/l is.
- Er wordt een waterkwaliteitsbeoordeling uitgevoerd.
- Bij 'goedkeuring' wordt een reservoir direct in bedrijf genomen, bij 'afkeur' worden er correctieve maatregelen getroffen.
- Het chloorhoudende water wordt (in overleg met het bevoegd gezag) geloosd op het riool of op het oppervlaktewater, of direct gedistribueerd (in sommige situaties is er geen mogelijkheid een grote hoeveelheid water te lozen). In het geval van directe distributie is de concentratie aan vrij beschikbaar chloor bij voorkeur < 0,1 mg/l.

Methode E

- In het reservoir worden de oppervlakken met een natriumhypochloriet-oplossing met 1 mg/l aan vrij beschikbaar chloor of 75 mg/l waterstofperoxide behandeld door middel van vernevelen.
- Na de behandeling wordt de daarbij gebruikte apparatuur uit het reservoir verwijderd zonder aanwezigheid van een medewerker in het reservoir.
- Na een contacttijd van 3 uur wordt het reservoir tot een hoogte van minimaal 50 cm boven de bodem gevuld met drinkwater.
- Na een stilstandperiode van 24 uur met het deels gevulde reservoir wordt een waterkwaliteitsbeoordeling uitgevoerd. Na weer 24 uur volgt een tweede waterkwaliteitsbeoordeling (optioneel). Restconcentraties chloor of waterstofperoxide blijken verwaarloosbaar te zijn; eventuele sporen aan chloor worden direct geneutraliseerd bij de monsterneming met in de monsterflessen aanwezig natriumthiosulfaat.
- Bij 'goedkeuring' wordt een reservoir volledig gevuld en direct in bedrijf genomen, bij 'afkeur' worden er correctieve maatregelen getroffen.

Opmerking

Bij de desinfectie van drinkwaterreservoirs met natriumhypochloriet waarbij het drinkwater niet wordt geloosd maar direct gedistribueerd, zal de concentratie chloor doorgaans heel laag en soms zelfs beneden de aantoonbaarheidsgrens zijn. Een en ander impliceert dat de er voor die situaties geen sprake is van waterkwaliteitsbeoordeling van chloorhoudend water.

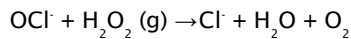
Neutralisatie van reinigingswater met desinfectiemiddel

Reinigingswater kan zoveel desinfectiemiddel bevatten dat het moet worden geneutraliseerd voordat het op het riool of oppervlaktewater wordt geloosd. Waterstofperoxide ontleedt in water en zuurstof, en hoeft daarom niet te worden geneutraliseerd. Waterstofperoxide kan

wel zilver of andere stabilisatoren bevatten. Het is daarom verstandig afspraken te maken met de rioolbeheerder of oppervlaktewaterbeheerder over de lozing van dit water. Zie ook onderdeel 6 'Neutralisatie van desinfectiemiddelen en lozing' van Waterwerkblad [4] WB 2.4 'Doorspoelen (spuien) en desinfecteren van leidingwaterinstallaties'¹⁸.

Chloorhoudend reinigingswater moet worden geneutraliseerd voordat het wordt geloosd. Neutraliseren kan met natriumthiosulfaat of waterstofperoxide. Voor neutralisatie van chloor is 3,5 kg technisch natriumthiosulfaat nodig per kg vrij beschikbaar chloor in het reinigingswater.

Bij neutralisatie van chloor met waterstofperoxide reageert waterstofperoxide met hypochloriet:



De reactie tussen waterstofperoxide en hypochloriet vindt zo snel plaats, dat geen andere organische of anorganische stof(fen) met hypochloriet kunnen reageren. Na de reactie vervalt het resterende waterstofperoxide tot water en zuurstof.

¹⁸ Er is een concept Waterwerkblad WB 2.4 'Ingebruikstelling, reiniging en desinfectie' van juni 2016. De integrale tekst van onderdeel 4.1.4 'Neutralisatie van desinfectans en de lozing ervan' luidt: 'Voordat de desinfecteeroplossing wordt geloosd, kan het nodig zijn de desinfectans te neutraliseren. De daarvoor geschikte stof aangegeven in het gebruiksvoorschrift van de fabrikant moet overeenkomstig worden toegepast. Bij lozing van grote hoeveelheden wordt aanbevolen contact op te nemen met de gemeente, de beheerder van de rioolwaterzuivering en/of het waterschap. De algemene regels met betrekking tot lozingen zijn geregeld in het Besluit Lozen buiten inrichtingen van 1 juli 2011.'

Bijlage IV Voorbeelden van alarmeringen

De inhoud van een productiereservoir met alarmeringen kan op meerder manieren worden geformuleerd (zie ook de figuur hieronder). Hieronder is een aantal van drinkwaterbedrijven afkomstige voorbeelden uitgewerkt met daarin de belangrijkste aspecten.

Drinkwaterbedrijf Vitens

Bouwkundige inhoud

De bouwkundige inhoud is het aantal m³ dat daadwerkelijk gebouwd wordt echter ieder reservoir heeft een overloop. Het bovenste deel kan dus niet gevuld worden.

Hydraulische inhoud

De hydraulische inhoud is de maximale waterinhoud van een reservoir. Deze inhoud staat echter niet volledig ter beschikking omdat i.v.m. aanzuigen van slib of lucht het onderste gedeelte niet kan worden gebruikt.

Maximaal beschikbare inhoud

Deze hoeveelheid kan volledig gebruikt worden.

Dit is dan ook de inhoud die gepresenteerd moet worden als de inhoud van een reservoir binnen RtPM (Real time Process Monitoring). Deze inhoud wordt gepresenteerd in m³.

De maximaal beschikbare inhoud kan voor meerdere doelen worden gebruikt:

- Inhoud voor spoelen
Deze hoeveelheid is noodzakelijk voor het spoelen van filters.
- Inhoud voor schakelen
Delen van de zuivering kunnen op niveau van het reservoir geschakeld worden.
- Ijzeren voorraad
Dit is vooral een ontwerpparameter. Tijdens het ontwerpen wordt een bepaalde inhoud extra berekend bij het bepalen van de inhoud van een reservoir. Dit om in de praktijk tijd te hebben om in te kunnen spelen op onverwachte gebeurtenissen. Voor het bepalen van de ijzeren voorraad is geen algemeen Vitens-beleid. In de praktijk kan deze hoeveelheid voor diverse doeleinden worden ingezet.
- Effectieve inhoud
Dit is de inhoud die gebruikt kan worden voor afvlakking en buffering in de waterverdeling.

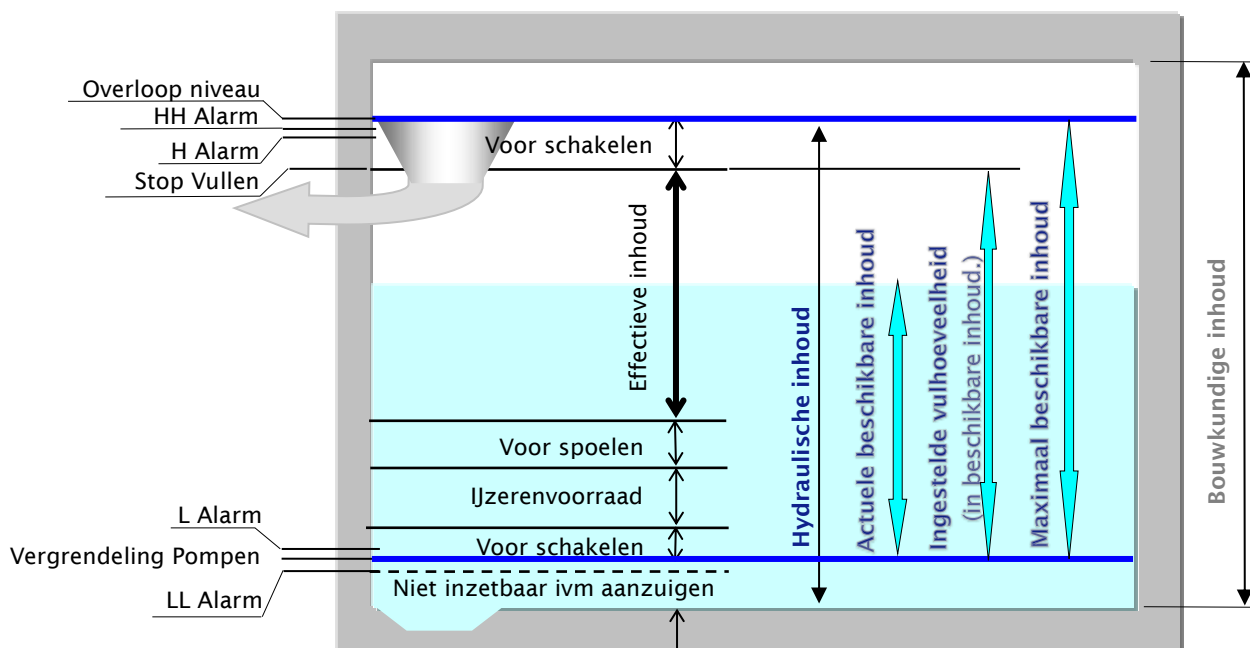
Ingestelde vulhoeveelheid

Dit is een instelbare waarde. Het reservoir wordt maximaal tot deze inhoud gevuld. De getoonde waarde is de beschikbare inhoud in m³. Deze waarde kan in bepaalde situatie kleiner zijn dan de maximale waarde, bijvoorbeeld om de verversing van het reservoir te verbeteren.

Actuele beschikbare inhoud

Dit is actuele inhoud waarbij de niet-beschikbare hoeveelheid in verband met vergrendelen van de pompen in mindering wordt gebracht. Dit is de waarde die binnen RtPM en SCADA

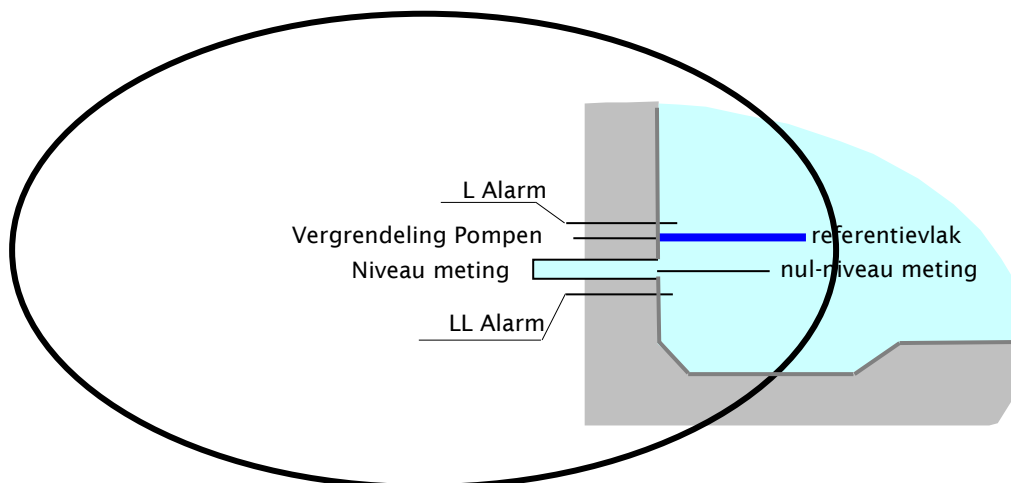
gepresenteerd moet worden als actuele inhoud. De actuele inhoud wordt gepresenteerd in m^3 .



Niveaus

- Vergrendeling pompen
Dit is het niveau waarop de pompen vergrendeld worden en daarmee het minimum beschikbare niveau. Dit is dan ook het referentievlak voor de inhoudsberekeningen:
 - actuele beschikbare inhoud;
 - ingestelde vulhoeveelheid;
 - maximaal beschikbare inhoud.

Dit hoeft niet hetzelfde niveau te zijn als het nulniveau van de meting.



- **LL Alarm Niveau**
Dit is het laag-laag niveau, waarbij een alarm wordt gegenereerd als het waterniveau tot beneden deze grens daalt. Dit alarm dient als beveiliging om de pompen alsnog uit te schakelen, als deze, om welke reden dan ook nog niet uitgeschakeld zijn. De detectie van het LL Alarm is separaat van de niveaumeting (hardwarematig) uitgevoerd.
- **L Alarm Niveau**
Dit is het niveau, waarbij laag alarm wordt gegenereerd. Dit alarm dient als reactietijd voordat de pompen vergrendeld worden. De detectie van het L Alarm wordt afgeleid van de niveaumeting.
- **H Alarm Niveau**
Dit is het niveau waarbij een hoog alarm wordt gegenereerd. Het dient als beveiliging om de pompen alsnog uit te schakelen. De detectie van het H Alarm is afgeleid van de niveaumeting.
- **HH Alarm Niveau**
Dit is het hoog-hoog niveau. Dit dient als beveiliging om de pompen alsnog uit te schakelen. De detectie van het HH Alarm is separaat van de niveaumeting (hardwarematig) uitgevoerd.
- **Overloop niveau**
Dit is het niveau waarbij het reservoir overloopt.

Drinkwaterbedrijf WML [25]

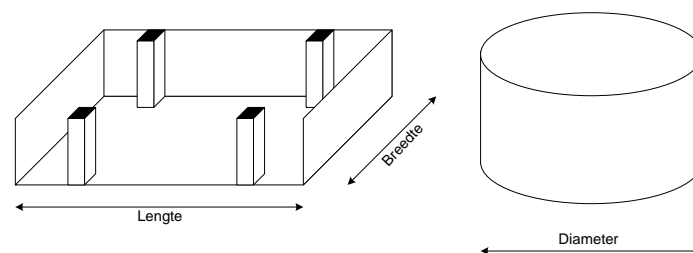
Bepalende eenheden

De reinwaterbergingen van WML hebben altijd een “balk” of een “cilinder” vorm. De inhoud is daardoor gelijk aan Oppervlak [m²] x Hoogte [m].

Oppervlak

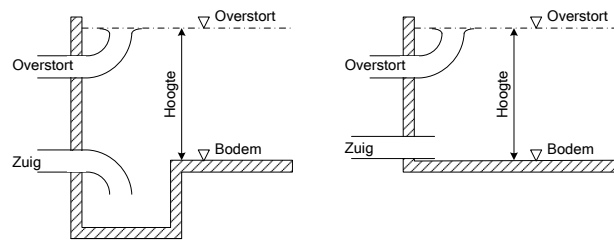
Ten aanzien van het oppervlak geldt de volgende definitie:

- **Bruto oppervlak [m²]**: Inwendige bruto oppervlak van de berging (bijvoorbeeld Lengte x Breedte bij een “balk” vorm, of $\frac{1}{4}\pi D^2$ bij een “cilinder” vorm);
- **Netto oppervlak [m²]**: Bruto oppervlak minus de oppervlak van aanwezige obstakels, zoals constructieve kolommen.



Hoogte

De **Hoogte [m]** wordt gedefinieerd als het niveauverschil tussen het bodemniveau en het niveau van de overstort. Dit wordt altijd aangehouden, ook wanneer geen zuigkelder aanwezig is.



Let op

- Een zuigkelder (kleine plaatselijke verdieping in de vloer waarin de zuigleiding hangt) wordt genegeerd bij de bepaling van het bodemniveau;
- Wanneer de bodem een (klein) afschot heeft wordt het bodemniveau gedefinieerd als het hoogste bodemniveau;
- Wanneer het bodemniveau bepaald wordt van meerdere gekoppelde reservoirs, dan moet het hoogste bodemniveau voor alle reservoirs aangehouden worden.

Te onderscheiden niveaus

De belangrijkste niveaus die bij (vrijwel) elk reservoir onderscheiden worden zijn de volgende:

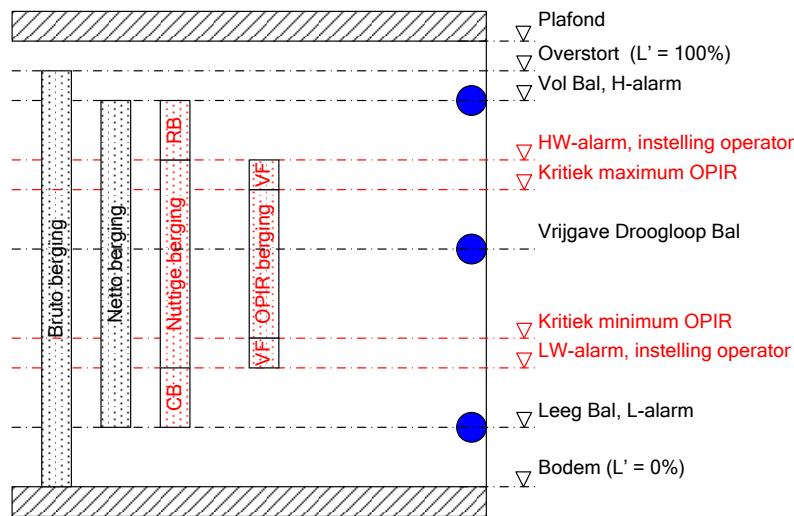
- Bodem niveau
Per definitie komt het bodemniveau overeen met 0%.
- Leeg Bal niveau (L-alarm)
Dit is het niveau waarop de Leeg Bal schakelt en actief wordt.
- LaagWater alarm (LW-alarm)
Dit is een instelbaar niveau. Het alarm wordt actief als het niveau lager komt dan de ingestelde waarde.
- HoogWater alarm (HW-alarm)
Dit is een instelbaar niveau. Het alarm wordt actief als het niveau hoger komt dan de ingestelde waarde.
- Vol Bal niveau (H-alarm)
Dit is het niveau waarop de Vol Bal schakelt en actief wordt;
- Overstort. Als het niveau in het reservoir hoger wordt dan dit niveau, dan stort het over. De niveaumeting moet zodanig geïjkt worden dat deze 100% aangeeft bij dit niveau.
- Plafond.

Bij bergingen waarvan het niveau gestuurd wordt door OPIR worden ook de volgende niveaus onderscheiden¹⁹:

- Kritiek maximum
Dit is een instelbaar niveau binnen OPIR. OPIR stuurt erop om (in de voorspelling) onder dit niveau te blijven. Let op: bij een afwijking van de voorspelling kan dit niveau wel worden overschreden.
- Kritiek minimum
Dit is een instelbaar niveau binnen OPIR. OPIR stuurt erop om (in de voorspelling) boven dit niveau te blijven. Let op: bij een afwijking van de voorspelling kan dit niveau wel worden overschreden.

¹⁹ Het extreem maximum en extreem minimum niveau van OPIR worden hier voor het overzicht even buiten beschouwing gelaten. Het extreme niveau ligt tussen het kritieke niveau en het alarmniveau.

In onderstaande afbeelding worden deze niveaus weergegeven.



Drinkwaterbedrijf PWN

Functie en werking

Een drinkwaterreservoir is een buffer tussen de drinkwaterproductie/drinkwaterinname en de drinkwaterlevering.

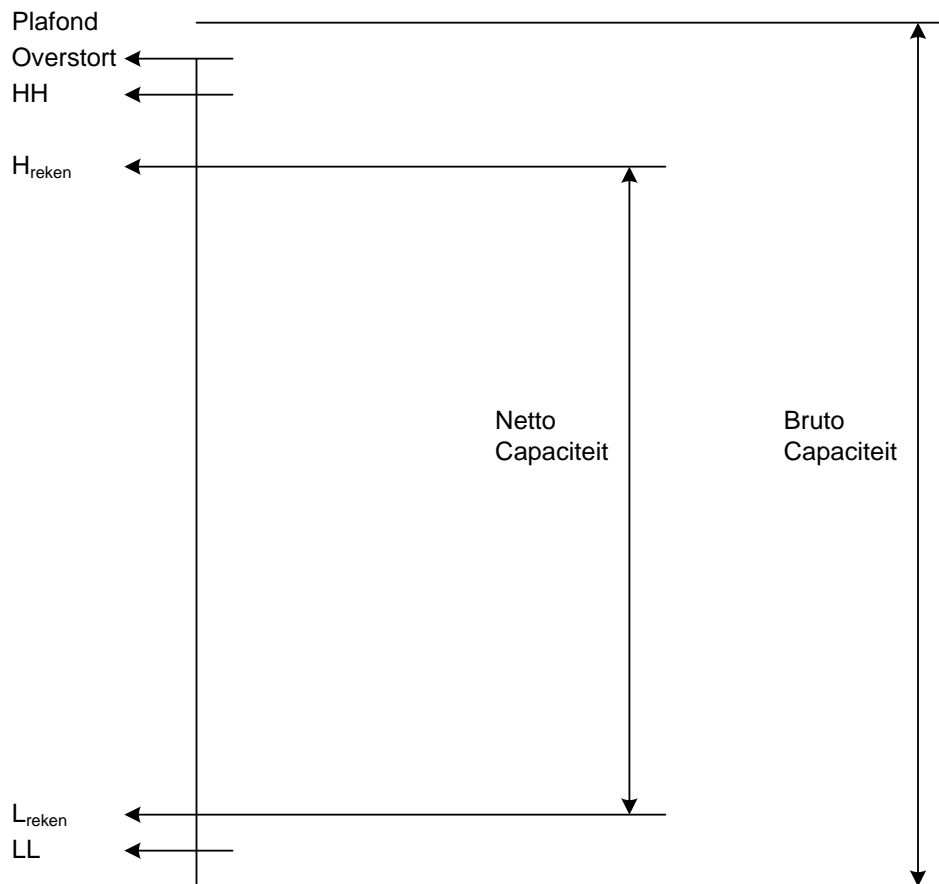
De functie van een drinkwaterreservoir is tweeledig:

- Het mogelijk maken van een zo constant mogelijke productie van drinkwater bij een over de dag variërende levering naar onze klanten, om zo een constante kwaliteit van het gezuiverde/ingenomen drinkwater te verkrijgen.
- Voorraadvorming om een calamiteit of een periode van lagere productie op te kunnen vangen.

Het gevolg hiervan is dat het niveau van een drinkwaterreservoir over de dag genomen moduleert (overdag dalend en 's nachts stijgend).

Niveau en volume

In onderstaande figuur is schematisch het verschil tussen bruto- en nettocapaciteit weergegeven. De in de figuur weergegeven H_{reken} en L_{reken} zijn instellingen per drinkwaterreservoir om de netto capaciteit te berekenen. De bruto capaciteit is de bouwkundig bepaalde maximale capaciteit.



Een drinkwaterreservoir kent de volgende niveaus en opbouw:

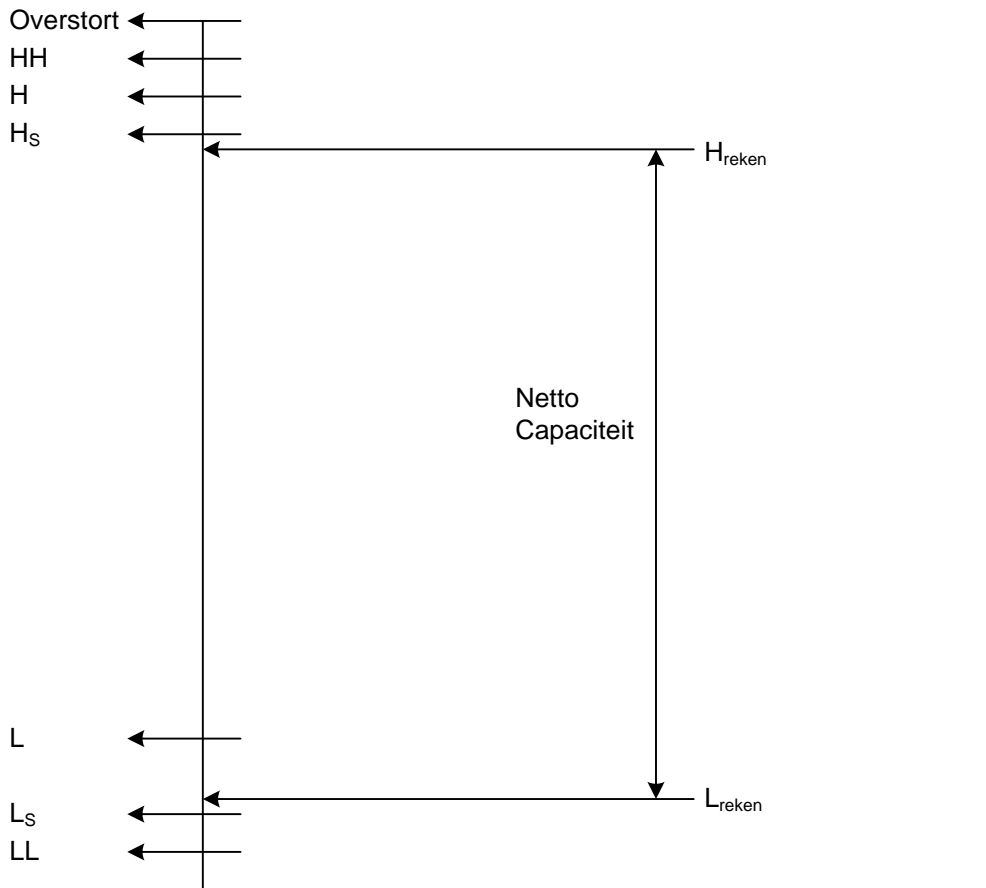
- Gebied onder LL om aanzuiging van vuil en lucht in de pompen te voorkomen.
- LL niveau welke hardwarematig is uitgevoerd t.b.v. de beveiliging van de pompen. Dit signaal gaat naar de zogenaamde beveiligings-PLC, die de eventuele uitschakeling van de pompen verzorgt.
- L_{reken} en H_{reken} bepalen, in combinatie met de vormfactor van de DWK, het werkelijke volume [m^3] en de netto capaciteit [m^3] van de drinkwaterreservoir.
- HH niveau welke softwarematig wordt bepaald t.b.v. van eventuele beperking van de inname.
- Gebied tussen HH niveau en de bovenkant van de noodoverstort. In de praktijk is dit circa 10 cm.
- De noodzakelijke luchtlaag tussen het niveau van overstorten en de onderzijde van de dakconstructie.

Bij meerdere drinkwaterreservoirs wordt ervan uitgegaan dat de aanvoer gelijkmatig wordt verdeeld over de beschikbare reservoirs. Alle drinkwaterreservoirs worden communicerend bedreven en gezamenlijk gezien als 1 totale drinkwaterberging van een locatie. Regulier wordt een nieuwe drinkwaterreservoir communicerend gebouwd met een bestaande drinkwaterkelder en moeten de niveaus gelijk zijn (zoals de overstort, vulschacht en de zuigput) vanwege het hydraulische verhang.

Elke drinkwaterreservoir draagt regulier bij aan het totale volume en netto capaciteit van de drinkwaterberging. Derhalve wordt hierbij gesproken over het resulterend niveau. Op basis

van het resulterend niveau ontstaat het volgende beeld van de totale drinkwaterberging van een locatie:

[Y-as] Resultierend niveau (Som van alle beschikbare drinkwaterkelders)



De totale drinkwaterberging kent de volgende niveaus en opbouw:

- Gebied onder LL om aanzuiging van vuil en lucht in de pompen te voorkomen.
- LL niveau: Wanneer 2 of meer beschikbare drinkwaterreservoirs een LL-niveau hebben bereikt worden de achterliggende pompen door de beveiligings-PLC uitgeschakeld.
- Afstand tussen LL en L_s (Laag schakelniveau) is het gebied waarbinnen op basis van L_s geregeld wordt, zodat het LL niveau niet wordt bereikt. Als de L_s overrideregeling goed functioneert, zal dit gebied zelden of nooit bereikt worden.
- Afstand tussen L_s en L is het gebied waarbinnen op basis van L_s gereageerd wordt bij het naderen van L_s. Middels een Q_{uit} = Q_{in} regeling wordt bereikt dat het niveau niet lager dan L_s kan worden.
- L-niveau waarbij de bedrijfsvoerder wordt gealarmeerd. Als deze er niet in slaagt om het niveau omhoog te krijgen, zal de Q_{uit} = Q_{in} regeling op basis van L_s langzaam actiever worden.
- Afstand tussen L en H_s is het reguliere werkgebied.
- H_s-niveau is het Hoog schakelniveau. Bij het naderen van dit niveau kunnen diverse acties plaatsvinden.
 - Niet reageren
 - De inname sluiten

- Qin = Quit regeling bij het naderen van H_s . Bij het bereiken van H_s is de inname van water geheel gestopt. Dit kan via het sluiten van een innameafsluiter, maar ook door terugtoeren van pompen aan de leverende kant gerealiseerd zijn.
- HH niveau waarbij de inname direct gestopt wordt.
- Overstort

Bijlage V Voorbeeld van een schematische weergave van reservoirs

Zie volgende pagina.

Bijlage VI Voorbeeld van de realisatie van het dak van een reservoir zonder gronddek

Zie § 4.6, onderdeel '*Dakconstructie en -inrichting*'.

Ten aanzien van de afwerking van het dak van een reservoir met foamglas en dakbedekking wordt gesuggereerd dat die constructie minder goed is, omdat niet kan worden vastgesteld waar een lekkage vandaan komt. Er kan echter juist bewust voor zo'n oplossing worden gekozen vanwege de betrouwbaarheid van de constructie.

Het type foamglas dat moet worden toegepast, wordt na het aanbrengen van een primerlaag vol en zit volledig verkleefd met vloeibare bitumen op het beton. De naden worden vervolgens helemaal volgegoten en de bovenzijde van het isolatiepakket afgesmeerd met vloeibare bitumen. Op zich is er dan al een constructie ontstaan die volledig waterdicht is. Voor de bescherming en drukverdeling wordt op het foamglas nog een tweelaagse bedekking aangebracht van SBS of APP gemodificeerde bitumineuze dakrollen.

Mocht er een beschadiging in de dakbedekking optreden en zelfs door het foamglas heen geprikt worden, dan zal er uitsluitend water in het beschadigde deel komen. Het kan alleen maar in het reservoir komen als er vervolgens op dezelfde plek ook een gat of scheur in het beton aanwezig is (een heel kleine kans). Mocht dat het geval zijn dan is met 100% zekerheid bekend dat de beschadiging van het pakket van isolatie en dakbedekking recht boven het beschadigde beton zitten. Bij dit type dak is het onmogelijk dat er vocht of watertransport plaats vindt in horizontale of verticale zin anders dan door een beschadiging.

Er is tevens ervaring opgedaan met een gespoten dakbedekking. Het resultaat van een dergelijke bedekking is nagenoeg hetzelfde als bij het foamglasdak. Ook hier zijn lekkages uitsluitend te vinden rechtstreeks onder een beschadiging in het vlak. Nadeel van de gespoten bedekking is dat de oplossing iets kwetsbaarder is. Als voordeel staat daar een gunstig kostenplaatje tegenover.