

# BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN (BBT) VOOR ZWEMBADEN



## Auteurs

Ken Meerbergen  
Benjamin Horemans  
Greet Janssens

Studie uitgevoerd door  
het Vlaams Kenniscentrum  
voor Beste Beschikbare Technieken (VITO)  
in opdracht van het Vlaams Gewest

November 2024

Deze uitgave kwam tot stand in het kader van het project ‘Vlaams kenniscentrum voor de Beste Beschikbare Technieken en bijhorend Energie en Milieu Informatie Systeem’ (BBT/EMIS) van het Vlaams Gewest.

BBT/EMIS wordt begeleid door een stuurgroep met vertegenwoordigers van de Vlaamse ministers van het departement Omgeving, het departement Economie, Wetenschap en Innovatie (EWI), het departement Zorg en de agentschappen VLAIO, OVAM, VEKA, VLM en VMM.

Hoewel al het mogelijke gedaan is om de accuraatheid van de studie te waarborgen, kunnen noch de auteurs, noch VITO, noch het Vlaams Gewest aansprakelijk gesteld worden voor eventuele nadelige gevolgen bij het gebruik van deze studie. Specifieke vermeldingen van procédés, merknamen, enz. moeten steeds beschouwd worden als voorbeelden en betekenen geen beoordeling of engagement.

#### VOOR VERDERE INFORMATIE, KAN U TERECHT BIJ:

##### **Vlaams BBT-kenniscentrum**

VITO  
Boeretang 200  
B-2400 MOL  
e-mail: [bbt@vito.be](mailto:bbt@vito.be)  
[emis.vito.be/bbt](http://emis.vito.be/bbt)

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV (“VITO”), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden.

## INLEIDING

Voor u ligt één van de BBT-studies die worden gepubliceerd door het BBT-kenniscentrum. Dit sectorrapport behandelt de Beste Beschikbare Technieken voor zwembaden.

### WAT ZIJN BBT-STUDIES?

De BBT-studies zijn rapporten die per sector de BBT beschrijven. Deze sectorrapporten worden digitaal (<http://www.emis.vito.be>) verspreid, zowel naar de overheid als naar de bedrijven.

### WAT ZIJN BBT?

Milieuvriendelijke technieken hebben als doel de milieu-impact van bedrijven te beperken. Het kunnen technieken zijn om afval te hergebruiken of te recyclen, bodem en grondwater te saneren, of afgassen en afvalwater te zuiveren. Vaker nog zijn het preventieve maatregelen die de emissie van vervuilende stoffen voorkomen en het gebruik van energie, grondstoffen en hulpstoffen verminderen. Wanneer zulke technieken, in vergelijking met alle andere, gelijkaardige technieken, ecologisch gezien het best scoren én ze bovendien betaalbaar zijn, dan wordt gesproken over BBT.

### WAT IS HET BBT-KENNISCENTRUM?

In opdracht van de Vlaamse Regering heeft de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) in 1995 een kenniscentrum voor BBT opgericht. Het BBT-kenniscentrum inventariseert informatie over milieuvriendelijke technieken, evalueert per bedrijfstak de BBT en formuleert aanbevelingen naar de Vlaamse overheid en bedrijven.

Het BBT-kenniscentrum wordt, samen met het zusterproject EMIS (<http://www.emis.vito.be>) gefinancierd door het Vlaamse Gewest. Het kenniscentrum wordt begeleid door een stuurgroep die wordt voorgezeten door het Departement Omgeving, afdeling Gebiedsontwikkeling, Omgevingsplanning en -projecten (GOP). De andere betrokken entiteiten in het beleidsdomein (diverse afdelingen van VMM, OVAM, VEKA en VLM) zetelen eveneens in de stuurgroep.

### WAAROM ZIJN BBT-STUDIES NUTTIG?

De vergunningsvoorwaarden die aan de bedrijven worden opgelegd en de ecologiepremie die in Vlaanderen van kracht is, zijn in belangrijke mate gebaseerd op de BBT. Zo geven de sectorale voorwaarden uit VLAREM II vaak de mate van milieubescherming weer die met de BBT haalbaar is. Het bepalen van BBT is dus niet alleen nuttig voor de bedrijven, maar ook als referentie voor de overheid in het kader van het vergunningenbeleid. In bepaalde gevallen verleent de Vlaamse overheid ook subsidies aan de bedrijven als zij investeren in BBT.

Het BBT-kenniscentrum werkt BBT-studies uit voor een bedrijfstak of voor een groep van gelijkaardige activiteiten. Deze studies beschrijven de BBT en geven bovendien de nodige achtergrondinformatie. Die achtergrondinformatie helpt de vergunningverlenende overheid om de dagelijkse bedrijfspraktijk beter aan te voelen. Bovendien toont ze de bedrijven de wetenschappelijke basis voor de milieuvorwaarden in hun vergunning.

De BBT-studies formuleren ook aanbevelingen om de vergunningsvoorwaarden en de regels inzake ecologiepremie aan te passen. De ervaring leert dat de Vlaamse overheid de aanbevelingen vaak ook werkelijk gebruikt voor nieuwe milieuregelgeving. In afwachting hiervan worden de aanbevelingen echter als niet-bindend beschouwd.

## HOE KWAM DEZE STUDIE TOT STAND?

Elke BBT-studie is het resultaat van een intensieve zoektocht in de literatuur, bezoeken aan bedrijven, samenwerking met experts in de sector, bevestigingen van producenten en leveranciers, uitgebreide contacten met bedrijfs- en milieuverantwoordelijken en ambtenaren enzovoort. De beschreven BBT zijn een momentopname en bovendien niet noodzakelijk volledig: niet alle BBT die vandaag en in de toekomst mogelijk zijn, zijn in de studie opgenomen.

Voor de wetenschappelijke begeleiding van de studie werd een begeleidingscomité samengesteld met vertegenwoordigers van industrie en overheid. Dit comité kwam drie keer samen om de studie inhoudelijk te sturen (op 02/06/2022, 20/09/2023 en 03/07/2024). De namen van de leden van dit comité en van de externe deskundigen die aan deze studie hebben meegewerkt, zijn opgenomen in bijlage 1. Het BBT-kenniscentrum heeft, voor zover mogelijk, rekening gehouden met de opmerkingen van de leden van het begeleidingscomité. Dit rapport is echter geen compromistekst. Het weerspiegelt de technieken die het BBT-kenniscentrum op dit moment als actueel beschouwt en de aanbevelingen die daaraan beantwoorden.

## LEESWIJZER

In **hoofdstuk 1** wordt het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT) en de invulling ervan in Vlaanderen toegelicht en wordt vervolgens het algemene kader van de voorliggende BBT-studie geschetst.

**Hoofdstuk 2** beschrijft de sector zwembaden en de belangrijkste socio-economische aspecten en milieujuridische aspecten.

In **hoofdstuk 3** komen de verschillende processen aan bod die in de sector worden toegepast. Ook de milieu-impact van deze processen wordt beschreven.

**Hoofdstuk 4** geeft een overzicht van de technieken die de sector kan toepassen om milieuhinder te voorkomen of te beperken. Ook worden technieken in opkomst hier beschreven.

In **hoofdstuk 5** worden deze milieuvriendelijke technieken geëvalueerd en worden de BBT geselecteerd. Niet alleen de technische haalbaarheid, maar ook de milieuvoordelen en de economische haalbaarheid (kostenhaalbaarheid en -effectiviteit) worden daarbij in rekening gebracht.

**Hoofdstuk 6** geeft aanbevelingen op basis van de BBT. Dit omvat aanbevelingen voor de milieuregelgeving, ecologiepremie en verder onderzoek.

## SAMENVATTING

Het BBT-kenniscentrum, opgericht in opdracht van de Vlaamse Regering bij VITO, heeft tot taak het inventariseren, verwerken en verspreiden van informatie rond milieuvriendelijke technieken. Tevens moet het kenniscentrum de Vlaamse overheid adviseren bij het concreet maken van het begrip BBT. In dit rapport worden de BBT voor de sector zwembaden in kaart gebracht. Het gaat om een herziening in de reeks van BBT-studies die het BBT-kenniscentrum van VITO opmaakt en publiceert via de EMIS-website.

Zwembaden hebben een hoog waterverbruik, dat men moet desinfecteren om een goede badwaterkwaliteit (zowel chemisch als bacteriologisch) te garanderen. Hiervoor wordt veelal chloor als desinfectiemiddel gebruikt, wat leidt tot desinfectiebijproducten zoals gechloreerde verbindingen (AOX) die op hun beurt milieuschadelijk kunnen zijn. Daarnaast verbruiken overdekte zwembaden heel veel energie om het water en de ruimten te verwarmen. De doelstelling van deze BBT-studie is om na te gaan hoe de hoge water- en energieverbruiken en hoe de emissies van gechloreerde verbindingen in het afvalwater beperkt kunnen worden.

In eerste instantie werd de vermindering van desinfectiebijproducten onderzocht. Hierbij werd gekeken naar zowel preventieve maatregelen (ter vermindering van organische belasting) als alternatieve desinfectiemiddelen. Ook werd gekeken naar bijkomende behandelingstechnieken die voor en na de standaard filtratiestap in het proces kunnen toegepast worden. Vervolgens werden technieken beschreven om water en energie te besparen, dit in combinatie met maatregelen van good housekeeping. Tot slot werd gekeken naar end-of-pipe technieken voor verdere lozing alsook technieken in opkomst die op huidig moment van schrijven nog geen BBT-evaluatie kunnen ondergaan.

Gebaseerd op deze data werden BBT-technieken geselecteerd en afgeleid voor zowel waterbehandeling als water- en energiebesparing (selectiecriteria BBT). Daaruit volgde een stappenplan voor het stapsgewijs implementeren van BBT in nieuwe of bestaande zwembaden. Het stapsgewijs implementeren (of ontwerpen) is erop gericht om milieuproblemen (o.a. water- en energieverbruik) in eerste instantie te vermijden of te beperken. Daarna worden maatregelen opgenomen die remediëren. Deze aanpak leidt niet enkel tot milieuvoordelen, maar ook tot financiële besparingen, omdat technieken die gericht zijn op remediëren overbodig worden of kleiner kunnen gedimensioneerd worden.

Daarop volgend werden aanbevelingen en aandachtspunten opgenomen om de VLAREM regelgeving (sectorale voorwaarden) aan te passen zodat meer water- en energiebesparende technieken toegepast worden in zwembaden. Daarnaast werd de aanbeveling gemaakt tot het opstarten van een AOX-monitoring bij Vlaamse zwembaden. Recente en representatieve meetgegevens waren onvoldoende voorhanden, waardoor het niet mogelijk was om de huidige opgelegde AOX-emissienormen in bijzondere voorwaarden te herevalueren. Deze monitoringsverplichting zal zorgen voor een volledig en correct beeld van de concentratie aan AOX-componenten in lozingswater. Dit wordt vooropgesteld bij alle verschillende VLAREM-plichtige zwembaden (circulatiebaden), waardoor correcte emissienormen afgeleid zullen kunnen worden die op hun beurt eventueel aan technieken gekoppeld kunnen worden. Afsluitend werd aangegeven wat de huidige hiaten zijn binnen de sector en waar verder onderzoek en technologische ontwikkeling noodzakelijk is.

## ABSTRACT

The BAT Knowledge Center, established by the Flemish Government at VITO, is tasked with inventorying, processing, and disseminating information about environmentally friendly techniques. Additionally, the knowledge center must advise the Flemish government on concretizing the concept of BAT. This report maps out the BAT for the swimming pool sector. It is a revision in the series of BAT studies that the BAT Knowledge Center at VITO compiles and publishes via the EMIS website.

Swimming pools have high water consumption and must subsequently disinfect it to ensure good water quality (both chemically and bacteriologically). They often use chlorine as a disinfectant, which leads to disinfection by-products such as chlorinated compounds (AOX) that can be environmentally harmful. Additionally, indoor swimming pools consume a lot of energy to heat the water and the spaces. The objective of this BAT study is to investigate how the high water and energy consumption and the emissions of chlorinated compounds in the wastewater can be reduced.

Initially, the reduction of disinfection by-products was investigated. Both preventive measures (reducing organic load) and alternative disinfectants were considered. Additional treatment techniques that can be applied before and after the standard filtration step in the process were also examined. Subsequently, techniques to save water and energy were described, in combination with good housekeeping measures. Finally, end-of-pipe techniques for further discharge and emerging techniques that cannot yet undergo a BAT evaluation at the time of writing were considered.

Based on these data, BAT techniques were selected and derived for both water treatment and water and energy savings (BAT selection criteria). This resulted in a step-by-step plan for implementing BAT in new or existing swimming pools. The step-by-step implementation (or design) aims to initially avoid or reduce environmental problems (e.g. water and energy consumption). Remedial measures are then included. This approach not only leads to environmental benefits but also financial savings, as techniques aimed at remediation become unnecessary or can be dimensioned smaller.

Subsequently, recommendations and suggestions were included to adjust the VLAREM regulations (sectoral conditions) so that more water and energy saving techniques are applied in swimming pools. A recommendation was also made to start AOX monitoring at Flemish swimming pools. Recent and representative measurement data were insufficient, making it impossible to re-evaluate the currently imposed AOX emission standards in specific environmental conditions. This monitoring obligation will provide a complete and accurate picture of the concentration of AOX components in discharge water across all VLAREM regulated swimming pools (with circulation), allowing for correct emission standards to be derived, which can then be linked to techniques. Finally, current gaps within the sector and areas where further research and technological development are necessary were identified.

## INHOUD

<b>HOOFDSTUK 1. OVER DEZE BBT-STUDIE .....</b>	<b>2</b>
1.1 Beste beschikbare technieken in Vlaanderen.....	2
1.1.1 Definitie .....	2
1.1.2 Beste Beschikbare Technieken als begrip in het Vlaamse milieubeleid.....	2
1.2 BBT-studie voor Zwembaden.....	3
1.2.1 Doelstellingen van studie .....	3
1.2.2 Inhoud van studie .....	4
<b>HOOFDSTUK 2. SOCIO-ECONOMISCHE &amp; MILIEUJURIDISCHE SITUERING VAN DE SECTOR .....</b>	<b>6</b>
2.1 Omschrijving, afbakening en indeling van de sector .....	6
2.1.1 Afbakening en indeling van de sector .....	6
2.1.2 Bedrijfskolom.....	7
2.2 Socio-economische situering van de sector .....	7
2.2.1 Aantal en omvang van bedrijven.....	7
2.2.2 Tewerkstelling .....	8
2.2.3 Productie en prijzen .....	8
2.2.4 Conclusie.....	9
2.3 Milieu-juridische situering van de sector.....	10
2.3.1 Milieuvorwaarden .....	10
2.3.2 Overige Vlaamse regelgeving .....	17
2.3.3 Waalse wetgeving.....	19
2.3.4 Europese wetgeving .....	20
2.3.5 Buitenlandse wetgeving .....	20
<b>HOOFDSTUK 3. PROCESBESCHRIJVING EN MILIEUASPECTEN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Beschrijving van de verschillende processtappen .....	28
3.1.1 Doorstroming van het bad .....	28
3.1.2 Toevoer van water.....	28
3.1.3 Voorfiltratie .....	29
3.1.4 Coagulatie en flocculatie .....	29
3.1.5 Filtratie .....	30
3.1.6 PH-correctie.....	32
3.1.7 Desinfectie en oxidatie (met chemicaliën).....	33
3.1.8 Desinfectie en oxidatie (zonder chemicaliën) .....	40
3.1.9 Additionele toevoeging van chemicaliën .....	42
3.1.10 Lediging van het bad.....	43
3.1.11 Reiniging van zwembad en ruimten .....	43
3.1.12 Klimatisatie zwembaden - verwarming.....	44
3.1.13 Klimatisatie zwembaden - ventilatie .....	45
3.2 Globale milieu-impact.....	45
3.2.1 Energieverbruik .....	45
3.2.2 Waterverbruik .....	46
3.2.3 Materiaalverbruik.....	46
3.2.4 Afvalstoffen .....	47
3.2.5 Geur .....	48
3.2.6 Geluid .....	48
3.2.7 Materiaal- en energiestromen in de keten .....	48



<b>HOOFDSTUK 4. BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIKEN .....</b>	<b>50</b>
4.1 Verminderen desinfectiebijproducten.....	50
4.1.1 Preventie & reiniging .....	50
4.1.2 Alternatieve desinfectiemiddelen ter vervanging van chloor .....	51
4.1.3 Verwijderen van desinfectiebijproducten voor en na klassieke filtratie.....	53
4.2 Beperken waterverbruik .....	59
4.2.1 Keuze van filtertype .....	59
4.2.2 Aansluiten van waadbakken op het waterbehandelingsysteem .....	60
4.2.3 Duurtijd van de filterspoeling verkorten .....	60
4.2.4 Gebruik van membraantechnologie .....	61
4.2.5 Grijswater circuit .....	63
4.3 Beperken energieverbruik .....	63
4.3.1 Afdekken van het zwembad .....	63
4.3.2 Verlengen van de turnover periode voor laagbelaste zwembaden .....	64
4.3.3 Correct dimensioneren en sturen van pompen .....	65
4.3.4 Koppelen van de waterbehandeling van whirlpools en circulatiebaden via timers ..	66
4.3.5 Isoleren, luchtdicht en dampdicht maken van de gebouwschil .....	68
4.3.6 Frequentieregeling op ventilatoren .....	68
4.3.7 Warmterecuperatie ventilatielucht.....	68
4.3.8 Recuperatie van restwarmte ter verwarming van zwembadwater .....	69
4.3.9 Warmtekrachtkoppeling.....	70
4.3.10 Inzetten van groene en/of hernieuwbare energie .....	71
4.4 Good housekeeping .....	72
4.4.1 Invoering van milieumanagementsysteem .....	72
4.4.2 Legionellabeheersing.....	72
4.4.3 Optimalisatie van verlichting ter energiebesparing .....	72
4.4.4 Regelmatig reinigen van verwarmingssystemen.....	73
4.4.5 Minimaliseren van het waterverbruik.....	73
4.5 End-of-pipe technieken.....	74
4.5.1 Verwijderen van chloor bij volledige lediging van het bad .....	74
4.5.2 Verwijderen van chloor bij filterspoelingen .....	76
4.5.3 Verwijderen van AOX .....	76
4.5.4 Volledige lediging van het zwembad in overleg met de beheerder van de ontvangende waterloop of RWZI.....	78
4.6 Technieken in opkomst.....	78
4.6.1 Luchtstripper .....	78
4.6.2 Flow through capacitor – capacitive deionization.....	79
4.6.3 Nanofiltratie .....	80
<b>HOOFDSTUK 5. SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIKEN .....</b>	<b>82</b>
5.1 Evaluatie van de beschikbare milieuvriendelijke technieken .....	82
5.2 Conclusies .....	92
5.2.1 Water- en energiebesparing.....	92
5.2.2 Alternatieven of remediatie van desinfectiebijproducten van chloor .....	93
5.2.3 Stappenplan voor een duurzaam zwembad.....	94
<b>HOOFDSTUK 6. AANBEVELINGEN OP BASIS VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIKEN .....</b>	<b>98</b>
6.1 Aanbevelingen voor milieuvorwaarden.....	98
6.1.1 Inleiding .....	98

6.1.2	Aanbevelingen voor de algemene voorwaarden in VLAREM.....	98
6.1.3	Aanbevelingen voor de sectorale voorwaarden in VLAREM.....	98
6.2	Aanbevelingen voor de bijzondere milieuvorwaarden .....	102
6.3	Algemene aandachtspunten binnen de studie.....	102
6.3.1	Sensibilisering bij preventie & reiniging.....	102
6.3.2	Kwaliteitsvereisten voor het badwater .....	102
6.3.3	Private en/of particuliere baden .....	102
6.3.4	Natuurlijke zwembaden (en zwemvijvers).....	103
6.4	Aanbevelingen voor ecologiepremie .....	103
6.4.1	Inleiding .....	103
6.4.2	Toetsing van milieuvriendelijke technieken aan criteria voor ecologiepremie .....	103
6.4.3	Stand van zaken LTL.....	104
6.4.4	Aanbevelingen voor LTL .....	105
6.5	Aanbevelingen voor verder onderzoek en technologische ontwikkeling.....	106
6.5.1	Aanbevelingen voor verbetering van huidige kennis .....	106
6.5.2	Aanbevelingen voor ontwikkeling van nieuwe milieuvriendelijke technieken.....	106
<b>LITERATUURLIJST.....</b>		<b>107</b>
<b>BIJLAGE 1: MEDEWERKERS VAN DE BBT-STUDIE .....</b>		<b>111</b>
<b>BIJLAGE 2: FINALE OPMERKINGEN .....</b>		<b>112</b>

## LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Beheersvorm van zwembaden (Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest) volgens typologie van zwembaden .....	8
Tabel 2: Gemiddeld aantal bezoekers volgens type zwembad .....	9
Tabel 3: Vergelijking doorheen de tijd van de tarieven voor één zwembeurt voor een 10-, 30- en 65-jarige zwemmer .....	9
Tabel 4: Indeling van rubriek 32.8 in subrubrieken en klassen .....	10
Tabel 5: Milieuvergunningvoorwaarden voor zwembaden (VMM, 2023) .....	16
Tabel 6: Parameters en grenswaarden oude versus nieuwe regeling zwemwater (WLN, 2023) .....	22
Tabel 7: Samenstelling van vergunde zwembadwaters van 2017-2022 opgemeten volgens de verplichte parameters in VLAREM II (DZ, 2023) .....	39
Tabel 8: Totaal waterverbruik bij indoor zwembaden (Kannewischer, 2008) .....	46
Tabel 9: Effluentgegevens van zwembaden (NACE 93.110) in Vlaanderen (VMM, 2023) .....	47
Tabel 10: Evaluatie van beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van BBT .....	87
Tabel 11: Stappenplan voor het introduceren van milieuvriendelijke technieken (BBT en niet-BBT)	95

## LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Schema van een circulatiebad.....	27
Figuur 2: Schema van een doorstroombad .....	27
Figuur 3: Percentages HOCl, OCl <sup>-</sup> en Cl <sub>2</sub> in functie van de pH .....	35
Figuur 4: Verspreiding van de verontreinigingen in zwembadwater (PWTAG, 2009) .....	43
Figuur 5: Golflengte van een lage en middendruk UV-lamp (Kowalski, 2010) .....	56
Figuur 6: Koppeling van de waterbehandeling van de whirlpool aan deze van het circulatiebad via een tijdschakelaar .....	67
Figuur 7: Adsorptie-desorptie mechanisme van capacitive deionization (Lenntech, 2023) .....	79
Figuur 8: Selectie van BBT op basis van scores voor verschillende criteria .....	85
Figuur 9: Stapsgewijs schema ter beperking van desinfectiebijproducten (DBP).....	94

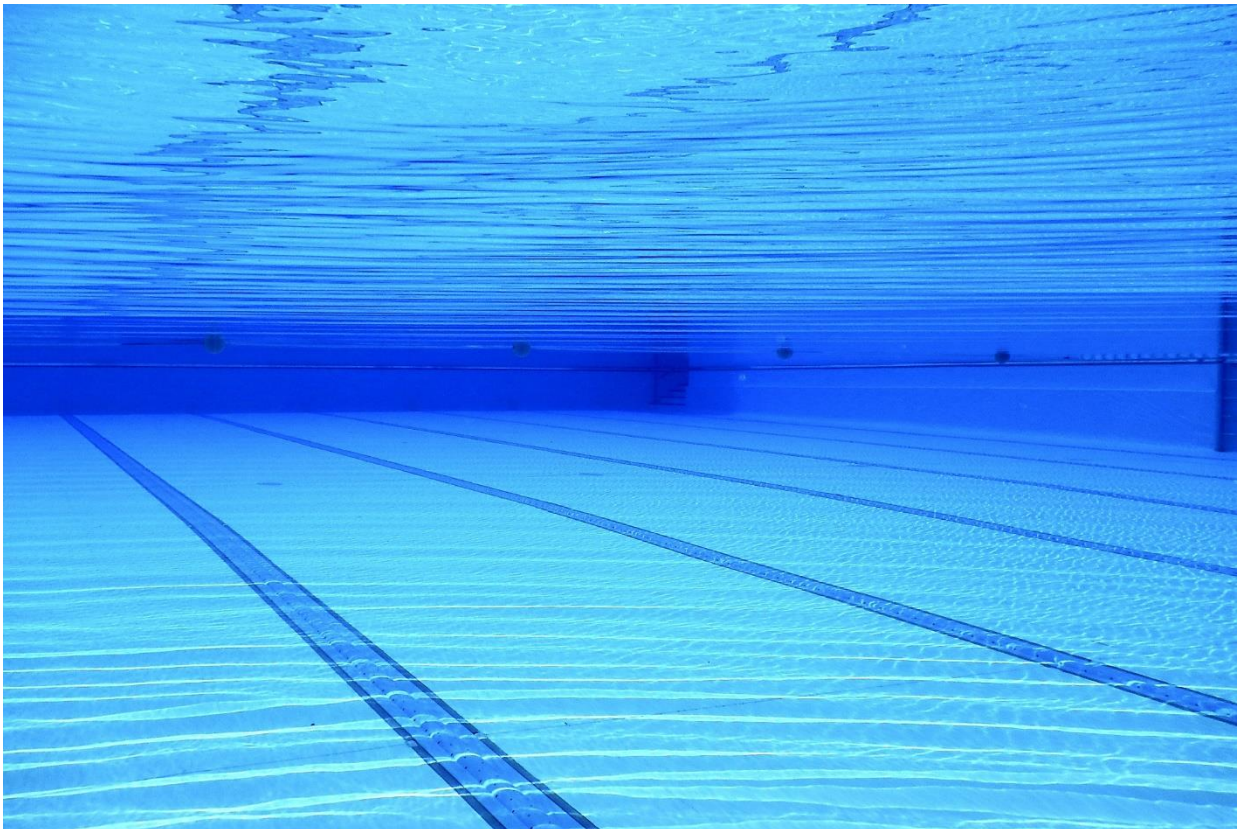
## LIJST VAN AFKORTINGEN

<b>AGB</b>	Autonoom gemeentebedrijf
<b>AOP</b>	Advanced Oxidation Processes
<b>AOX</b>	Absorbable organic halogens (organochloorverbindingen)
<b>BAT</b>	Best Available Techniques
<b>BBT</b>	Beste Beschikbare Technieken
<b>Bs</b>	Bezinkbare stoffen
<b>BS</b>	Belgisch Staatsblad
<b>BZV</b>	Biologisch zuurstofverbruik
<b>CE</b>	Code de l'Environnement
<b>CSP</b>	Code de la Santé Publique
<b>CZV</b>	Chemisch zuurstofverbruik
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung
<b>DZ</b>	Departement Zorg
<b>DBP</b>	Desinfectiebijproducten
<b>EMIS</b>	Energie- en milieu-informatiesysteem voor het Vlaamse Gewest
<b>EU</b>	Europese Unie
<b>FTC</b>	Flow through capacitor
<b>go</b>	Grote onderneming
<b>GOP</b>	Afdeling Gebiedsontwikkeling, Omgevingsplanning en -projecten
<b>GPBV</b>	Geïntegreerde Preventie en Bestrijding van Verontreiniging
<b>IPPC</b>	Integrated Pollution Prevention and Control
<b>IWB</b>	Integraal Waterbeleid
<b>kmo</b>	Kleine/middelgrote onderneming
<b>KRLW</b>	(Europese) kaderrichtlijn Water
<b>LTL</b>	Limitatieve technologieënlijst
<b>NACE</b>	Nomenclature générale des activités économiques dans les Communautés Européennes
<b>OVAM</b>	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
<b>PHMB</b>	Polyhexamethyleen biguanide
<b>PPS</b>	Publiek-private samenwerking
<b>RedFed</b>	Vlaamse reddingsfederatie
<b>RIE</b>	Richtlijn Industriële Emissies
<b>RWZI</b>	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
<b>THM</b>	Trihalomethanen
<b>TOC</b>	Totaal organische koolstof
<b>UF-RO</b>	Ultrafiltratie gecombineerd met omgekeerde osmose
<b>UV</b>	Ultraviolet
<b>vgtg</b>	Van geval tot geval
<b>VEKA</b>	Vlaams Energie- en Klimaatagentschap
<b>VITO</b>	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
<b>VLAIO</b>	Vlaams Agentschap Innoveren & Ondernemen
<b>VLAREA</b>	Vlaams reglement inzake afvalvoorkoming- en beheer
<b>VLAREM II</b>	Besluit van de Vlaamse regering houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne
<b>VLAREM III</b>	Besluit van de Vlaamse regering houdende bijkomende algemene en sectorale voorwaarden voor GPBV-installaties
<b>VLAREMA</b>	Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van het Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen
<b>VLM</b>	Vlaamse Landmaatschappij

<b>VMM</b>	Vlaamse Milieumaatschappij
<b>vzw</b>	Vereniging zonder winst
<b>VOC</b>	Vluchtige organische componenten
<b>WKK</b>	Warmtekrachtkoppeling
<b>Zs</b>	Zwevende stoffen

---

# HOOFDSTUK 1. OVER DEZE BBT-STUDIE



## HOOFDSTUK 1. OVER DEZE BBT-STUDIE

In dit hoofdstuk wordt eerst het begrip BBT toegelicht. Vervolgens wordt het algemene kader van deze Vlaamse BBT-studie geschetst. Onder meer de doelstellingen, de inhoud, de begeleiding en de werkwijze van de BBT-studie worden verduidelijkt.

### 1.1 BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN IN VLAANDEREN

#### 1.1.1 DEFINITIE

Het begrip “Beste Beschikbare Technieken”, afgekort BBT, wordt in VLAREM II, [artikel 1.1.2.](#), gedefinieerd als:

“het meest doeltreffende en geavanceerde ontwikkelingsstadium van de activiteiten en exploitatiemethoden, waarbij de praktische bruikbaarheid van speciale technieken om in beginsel het uitgangspunt voor de emissiegrenswaarden en andere vergunningsvoorwaarden te vormen is aangetoond, met het doel emissies en effecten op het milieu in zijn geheel te voorkomen of, wanneer dat niet mogelijk blijkt algemeen te beperken;

- “technieken”: zowel de toegepaste technieken als de wijze waarop de installatie wordt ontworpen, gebouwd, onderhouden, geëxploiteerd en ontmanteld;
- “beschikbare”: op zodanige schaal ontwikkeld dat de betrokken technieken, kosten en baten in aanmerking genomen, economisch en technisch haalbaar in de industriële context kunnen worden toegepast, onafhankelijk van de vraag of die technieken al dan niet op het grondgebied van het Vlaamse Gewest worden toegepast of geproduceerd, mits ze voor de exploitant op redelijke voorwaarden toegankelijk zijn;
- “beste: het meest doeltreffend voor het bereiken van een hoog algemeen niveau van bescherming van het milieu in zijn geheel.”

Deze definitie vormt het vertrekpunt om het begrip BBT concreet in te vullen voor de sector zwembaden in Vlaanderen.

#### 1.1.2 BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN ALS BEGRIP IN HET VLAAMSE MILIEUBELEID

##### ACHTERGROND BIJ BEGRIP

Bijna elke menselijke activiteit (b.v. woningbouw, industriële activiteit, recreatie, landbouw) beïnvloedt op de één of andere manier het leefmilieu. Vaak is het niet mogelijk in te schatten hoe schadelijk die beïnvloeding is. Vanuit deze onzekerheid wordt geoordeeld dat iedere activiteit met maximale zorg moet uitgevoerd worden om het leefmilieu zo weinig mogelijk te belasten. Dit stemt overeen met het zogenaamde voorzorgsbeginsel.

In haar milieubeleid gericht op het bedrijfsleven heeft de Vlaamse overheid dit voorzorgsbeginsel vertaald naar de vraag om de BBT toe te passen. Deze vraag wordt als zodanig opgenomen in de algemene voorschriften van VLAREM II ([art. 4.1.2.1.](#)). Het toepassen van de BBT betekent in de eerste plaats dat iedere exploitant al wat technisch en economisch mogelijk is, moet doen om milieuschade te vermijden. Daarnaast wordt ook de naleving van de vergunningsvoorwaarden geacht overeen te stemmen met de verplichting om de BBT toe te passen.



Binnen het Vlaamse milieubeleid wordt het begrip BBT in hoofdzaak gehanteerd als basis voor het vastleggen van vergunningsvoorwaarden. Dergelijke voorwaarden die aan inrichtingen in Vlaanderen worden opgelegd steunen op twee pijlers:

- de toepassing van de BBT;
- de resterende milieu-effecten mogen geen afbreuk doen aan de vooropgestelde milieukwaliteitsdoelstellingen.

Ook de Europese Richtlijn Industriële Emissies (RIE) (2010/75/EU) en haar voorganger, de Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Richtlijn (2008/1/EC), schrijven de lidstaten voor op deze twee pijlers te steunen bij het vastleggen van vergunningsvoorwaarden.

### CONCRETISERING VAN BEGRIP

Om concreet inhoud te kunnen geven aan het begrip BBT, dient de algemene definitie van VLAREM II nader verduidelijkt te worden. Het BBT-kenniscentrum hanteert onderstaande invulling van de drie elementen.

- “Beste” betekent “beste voor het milieu als geheel”, waarbij het effect van de beschouwde techniek op de verschillende milieucompartimenten (lucht, water, bodem, afval, ...) wordt afgewogen;
- “Beschikbare” duidt op het feit dat het hier gaat over iets dat op de markt verkrijgbaar en redelijk in kostprijs is. Het zijn dus technieken die niet meer in een experimenteel stadium zijn, maar effectief hun waarde in de bedrijfspraktijk bewezen hebben. De kostprijs wordt redelijk geacht indien deze haalbaar is voor een ‘gemiddeld’ bedrijf uit de beschouwde sector én niet buiten verhouding is tegenover het behaalde milieuresultaat;
- “Technieken” zijn technologieën én organisatorische maatregelen. Ze hebben zowel te maken met procesaanpassingen, het gebruik van minder vervuilende grondstoffen, end-of-pipe maatregelen, als met goede bedrijfspraktijken.

Het is hierbij duidelijk dat wat voor het ene bedrijf een BBT is dat niet voor een ander hoeft te zijn. Toch heeft de ervaring in Vlaanderen en in andere regio’s/landen aangetoond dat het mogelijk is algemene BBT-lijnen te trekken voor groepen van bedrijven die dezelfde processen gebruiken en/of gelijkaardige producten maken. Dergelijke sectorale of bedrijfstak-BBT maken het voor de overheid mogelijk sectorale milieuvorwaarden vast te leggen. Hierbij zal de overheid doorgaans niet de BBT zelf opleggen, maar wel de milieuprestaties die met BBT haalbaar zijn als norm beschouwen.

Het concretiseren van BBT voor sectoren vormt tevens een nuttig referentiepunt bij het toekennen van steun bij milieuvriendelijke investeringen door de Vlaamse overheid. De regeling ecologiepremie bepaalt dat bedrijven die milieu-inspanningen leveren die verdergaan dan de wettelijke vereisten, kunnen genieten van een investeringssubsidie.

## 1.2 BBT-STUDIE VOOR ZWEMBADEN

### 1.2.1 DOELSTELLINGEN VAN STUDIE

Deze BBT-studie is een herziening van de in 2011 gepubliceerde studie ‘Beste Beschikbare Technieken voor zwembaden’ (Van den Abeele et al., 2011). Bij de herziening worden de gegevens uit deze studie waar nodig aangevuld en geactualiseerd. Tevens wordt bekeken in hoeverre de technieken die destijds als BBT werden geselecteerd, inmiddels geïmplementeerd zijn, en of er ondertussen nieuwe technieken beschikbaar zijn. Op basis van deze actualisatie worden de BBT-conclusies aangepast aan de huidige economische toestand van de sector en aan de huidige stand der techniek.

Belangrijke aandachtspunten binnen de scope van deze studie zijn:

- Vastleggen van sectorale lozingsnormen voor zwembaden met focus op AOX in het afvalwater;
- Chloor als desinfectiemiddel en mogelijke alternatieven ter vervanging van chloor;
- Bijkomende water- en luchtkwaliteitseisen (beperkt tot trichlooraminen);
- Water- en energiebesparende maatregelen.

AOX is een vaak gehanteerde monitoringsparameter voor het bepalen van emissies naar water van gehalogeneerde of gechloreerde organische verbindingen (EEA, 2018). AOX omvat een veelheid van gehalogeneerde organische verbindingen en de samenstelling van deze verbindingen wordt sterk bepaald door de manier waarop deze gevormd worden. Gehalogeneerde organische verbindingen zijn vaak weinig afbreekbaar en schadelijk voor het milieu. Zo zijn vele verbindingen al bij lage concentraties zeer toxisch voor aquatische organismen. Bij diepgaandere voorbeeldberekeningen op basis van gegevens zoals gemiddeld waterverbruik per zwembad (8800 m<sup>3</sup>/jaar) (Van Poppel, 2016), aantal overdekte zwembaden (circa 300) en de gemiddelde waarden voor AOX in geloosd afvalwater (1100 µg Cl/l) wordt de emissie van AOX afkomstig van baden naar water indirect geschat op ongeveer 3000 kg/jaar. Dit maakt dat deze sector in vergelijking met andere sectoren een aanzienlijke bijdrage levert wat betreft de indirecte emissies van AOX naar water. Nochtans bij de vergelijking van de sectorale lozingsnormen voor bedrijfsafvalwater bij andere sectoren (tot 15000 µg/l), ziet men dat deze over het algemeen hoger liggen dan de vooropgestelde waarden (600-2000 µg/l) in de huidige zwembadvergunningen. Als kanttekening wordt opgemerkt dat er strengere lozingsnormen in de bijzondere vergunningsvoorwaarden kunnen opgenomen zijn voor individuele bedrijven in de respectievelijke sectoren. Het is duidelijk dat nieuwe technieken voor de verwijdering van deze AOX-componenten en de vastlegging van een duidelijke sectorale norm zich opdringt.

### 1.2.2 INHOUD VAN STUDIE

Vertrekpunt van het onderzoek naar de BBT voor de zwembaden is een socio-economische doorlichting (hoofdstuk 2). Dit laat ons toe de economische gezondheid en de draagkracht van de sector in te schatten, wat van belang is bij het beoordelen van de haalbaarheid van de voorgestelde maatregelen.

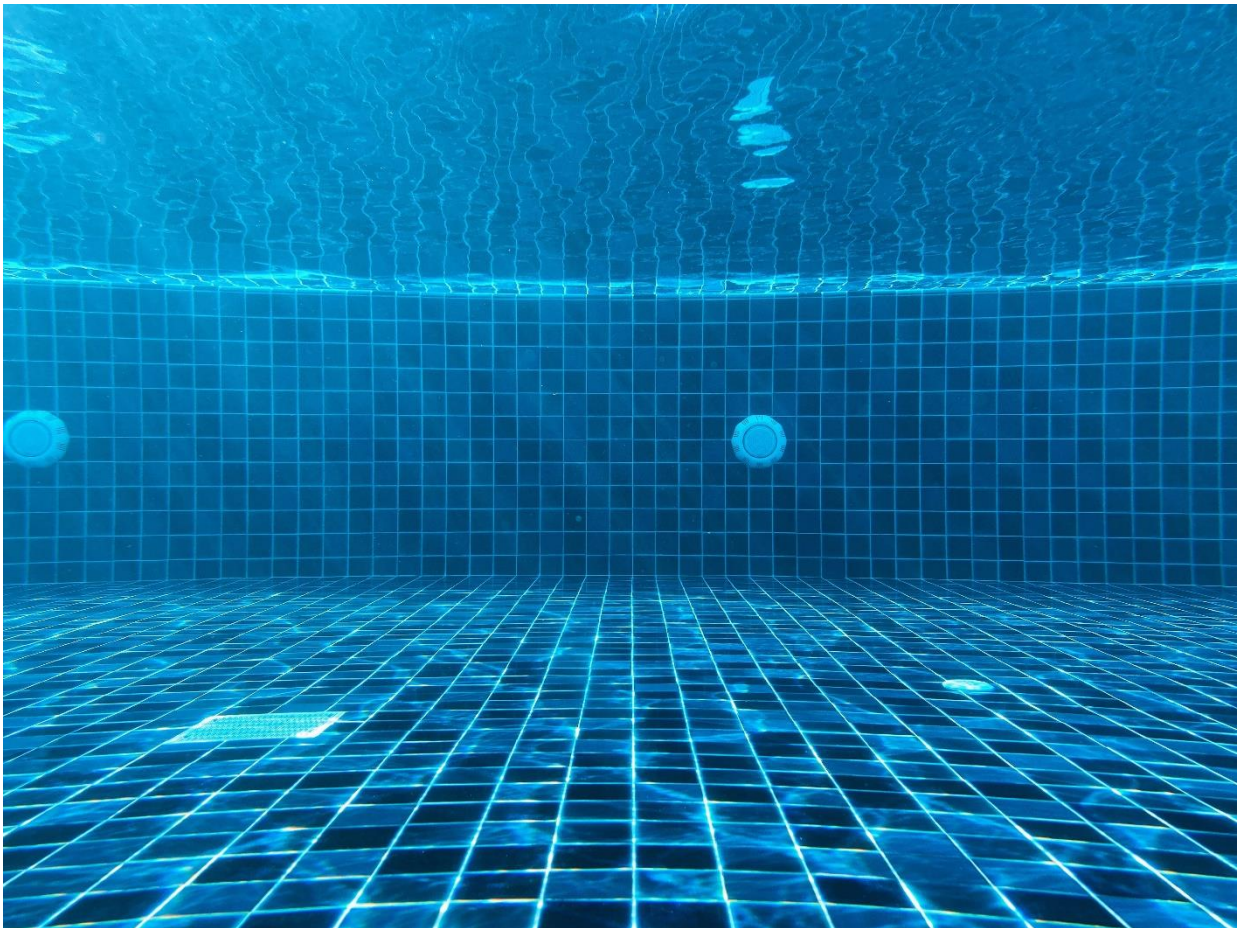
In hoofdstuk 3 wordt de procesvoering in detail beschreven en wordt per processtap nagegaan welke milieu-effecten optreden.

Op basis van een uitgebreide literatuurstudie, aangevuld met gegevens van leveranciers en bedrijfsbezoeken, wordt in hoofdstuk 4 een inventaris opgesteld van milieuvriendelijke technieken voor de sector. Vervolgens, in hoofdstuk 5, vindt voor elk van deze technieken een evaluatie plaats, niet alleen van het globaal milieurendement, maar ook van de technische en economische haalbaarheid. Deze grondige afweging laat ons toe de BBT te selecteren.

De BBT zijn op hun beurt de basis voor een aantal suggesties om de bestaande milieureggeving te evalueren, te concretiseren en aan te vullen (hoofdstuk 6). Tevens wordt in hoofdstuk 6 onderzocht welke van deze technieken in aanmerking komen voor investeringssteun in het kader de ecologiepremie.

---

## HOOFDSTUK 2. SOCIO-ECONOMISCHE & MILIEUJURIDISCHE SITUERING VAN DE SECTOR



## HOOFDSTUK 2. SOCIO-ECONOMISCHE & MILIEUJURIDISCHE SITUERING VAN DE SECTOR

In dit hoofdstuk wordt een situering en doorlichting gegeven van de zwembadsector, zowel socio-economisch als milieu-juridisch.

Vooreerst wordt getracht de bedrijfstak te omschrijven en het onderwerp van de studie zo precies mogelijk af te bakenen. Daarna wordt een soort barometerstand van de sector bepaald, enerzijds aan de hand van een aantal socio-economische kenmerken en anderzijds door middel van een inschatting van de draagkracht van de bedrijfstak. In een derde paragraaf wordt dieper ingegaan op de belangrijkste milieu-juridische aspecten voor de zwembaden.

### 2.1 OMSCHRIJVING, AFBAKENING EN INDELING VAN DE SECTOR

#### 2.1.1 AFBAKENING EN INDELING VAN DE SECTOR

##### AFBAKENING VAN SECTOR

De BBT-studie voor zwembaden is gericht op zwembaden die ingedeeld zijn onder VLAREM II, afdeling 5, rubriek 32.8, vaste baden, open zwemgelegenheden, zones voor waterrecreatie en vrije zwemzones. Deze rubriek omvat volgende subafdelingen:

- 32.8.1 Algemene bepalingen
- 32.8.2 Circulatiebaden
- 32.8.3 Dompelbaden en plonsbaden
- 32.8.4 Open zwemgelegenheden en zones voor waterrecreatie
- 32.8.5 Vrije zwemzones

De BBT-studie omvat zowel de openbare zwembaden als diegene die verbonden zijn aan of die behoren tot privéclubs, campings, scholen en dergelijke, voor zover ze vergunningsplichtig zijn. Plonsbaden zijn niet meer toegelaten sinds oktober 2022.

##### NACE-BEL INDELING VAN DE SECTOR

De NACE-BEL nomenclatuur is een benadering om sectoren volgens economische activiteit in te delen. Officiële statistieken, zoals gegevens van de Rijksdienst voor Sociale Zekerheid of het Nationaal Instituut voor de Statistiek, volgen meestal de indeling van NACE-BEL.

Zwembaden vallen onder de NACE-BEL rubriek 93.110 “exploitatie van sportaccommodatie”. Binnen volgende rubrieken kunnen ook zwembaden aanwezig zijn:

- 55.100 Hotels en dergelijke accommodatie
- 55.201 Jeugdherbergen en jeugdverblijfcentra
- 55.202 Vakantieparken
- 55.203 Gites, vakantiewoningen en –appartementen
- 55.204 Gastenkamers
- 55.209 Vakantieverblijven en andere accommodatie voor kort verblijf

- 55.300 Kampeerterreinen en kampeerauto- en caravanterreinen
- 85.\*\*\* Scholen
- 86.1\*\* Ziekenhuizen
- 87.2\*\* Instellingen met huisvesting personen met een mentale handicap of personen met psychiatrische problemen
- 87.3\*\* Instellingen met huisvesting personen met een lichamelijke handicap
- 93.199 Overige sportactiviteiten
- 93.299 Overige recreatie- en ontspanningsactiviteiten
- 96.040 Sauna's, solaria, baden enz.

Meer informatie over NACE-BEL-2008 is terug te vinden via:

[https://statbel.fgov.be/sites/default/files/Over\\_Statbel\\_FR/Nomenclaturen/NACE-BEL%202008\\_NL.pdf](https://statbel.fgov.be/sites/default/files/Over_Statbel_FR/Nomenclaturen/NACE-BEL%202008_NL.pdf)

## 2.1.2 BEDRIJFSKOLOM

De leveranciers van zwembaden zijn ontwerp- en studiebureaus voor de bouw en inrichting van zwembaden. Daarnaast zijn er de leveranciers van installaties (filters, pompen,...); van nutsvoorzieningen (water, gas en elektriciteit) en van hulpmiddelen (ontsmettingsmiddel, vlokmiddel,...). De klanten zijn de zwemmers (individueel of in groep).

## 2.2 SOCIO-ECONOMISCHE SITUERING VAN DE SECTOR

In deze paragraaf wordt de toestand van de sector geschetst aan de hand van enkele socio-economische indicatoren. Deze geven een algemeen beeld van de structuur van de sector en vormen de basis om in de volgende paragraaf de gezondheid van de sector in te schatten.

### 2.2.1 AANTAL EN OMVANG VAN BEDRIJVEN

In Vlaanderen zijn er bijna 24.000 sportaccommodaties die gebruikt worden door een ruim doelpubliek (clubs, scholen en/of individuele sportbeoefenaars). De beschikbare accommodaties kunnen per gemeente, sporttak of soort geraadpleegd worden via de online databank Sportinfrastructuur Vlaanderen van Sport Vlaanderen, het voormalige BLOSO. Deze databank wordt permanent geactualiseerd, voornamelijk via contacten met lokale sportdiensten. Anno 2023 zijn er in totaal 296 zwemcomplexen (589 zwembaden) in Vlaanderen waarvan 116 openlucht zwembaden en 473 overdekte zwembaden (Kennisplatform Sportinfrastructuur, 2023). Het aantal complexen (zowel openlucht als overdekt) is sinds 2010 met ongeveer 10% gedaald. 64% van bovenvermelde zwembaden is publiek toegankelijk waarvan 59% gemeentelijk beheerd wordt (Kennisplatform sportinfrastructuur, 2022).

Uit cijfers (2022) van het Netwerk Lokaal Sportbeleid blijkt dat er de laatste jaren verschuivingen zijn in de beheersvorm. Naast eigen beheer wordt er meer en meer gekozen voor externe verzelfstandiging. De externe verzelfstandiging kan onderverdeeld worden in autonome gemeentebedrijven (AGB's) en extern verzelfstandigde agentschappen in privaatrechterlijke vorm (vzw, vennootschap, stichting). Verder is er ook nog de publiek private samenwerking of PPS, een samenwerkingsverband waarin de publieke en de private sector, met behoud van hun eigen identiteit en verantwoordelijkheid, gezamenlijk een project met meerwaarde realiseren. Vzw's en andere kleine privaatrechterlijke vormen komen bijna

niet meer voor. Een overzicht van de beheersvormen per type complex zoals gekend in 2022 (voor Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest) wordt weergegeven in Tabel 1.

**Tabel 1: Beheersvorm van zwembaden (Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest) volgens typologie van zwembaden**

Beheersvorm	Typologie zwembad							
	TDB <sup>1</sup>		COM <sup>2</sup>		EGB <sup>3</sup> en INB <sup>4</sup>		OPL <sup>5</sup>	
	#	%	#	%	#	%	#	%
Gemeentelijk/provinciaal	29	28	3	16	15	60	7	78
AGB	32	31	4	21	3	12	1	11
PPS	20	20	10	53	2	8	0	0
Farys	13	13	1	5	4	16	0	0
Vzw	5	5	0	0	1	4	1	11
Intergemeentelijk	3	3	1	5	0	0	0	0
Totaal	102	100	19	100	25	100	9	100

<sup>1</sup> Zwembad met twee, drie of meer (enkel) overdekte baden (deze zwembaden hebben geen openluchtbaden); dit kunnen zowel kleine peuterbaden zijn, als aparte instructiebaden of doelgroepenbaden

<sup>2</sup> Zwembad met één of meerdere overdekte baden en één of meerdere openluchtbaden

<sup>3</sup> Zwembad met één groot overdekt bad van meer dan 300 m<sup>2</sup> wateroppervlakte

<sup>4</sup> Zwembad met één klein overdekt bad van minder dan 300 m<sup>2</sup>

<sup>5</sup> Zwembad met één of meerdere (enkel) openluchtbaden (deze zwembaden hebben geen overdekte baden)

De module “Kwaliteit Zwemwater” op de website van het Departement Zorg (DZ) geeft een overzicht van alle Vlaamse baden die publiek toegankelijk zijn. Dit zijn alle waterpartijen waar een vergunning voor is, inclusief therapiebaden (kinesisten, ziekenhuizen, medische centra, ...), sauna- en wellnesscentra. Bij het DZ zijn anno 2022 in Vlaanderen 409 klasse 2 zwembadinrichtingen gekend en 117 klasse 3 inrichtingen (ingedeeld volgens hinder voor mens en milieu). Dit laatste cijfer is niet representatief omdat niet alle klasse 3 inrichtingen gekend zijn bij DZ. Dit komt omdat deze inrichtingen in plaats van een omgevingsvergunning enkel meldingsplicht hebben (wat niet door iedereen gedaan wordt).

## 2.2.2 TEWERKSTELLING

In Vlaanderen heeft een zwembad gemiddeld 7,08 voltijdse equivalenten aan redders in het permanente personeelsbestand (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022). Tot op heden behoort dit beroep tot de knelpuntberoepen. De Vlaamse Reddingsfederatie (RedFed) stelt dat in 2021 945 nieuwe redders opgeleid werden maar dat zwembaden toch met een structureel tekort blijven kampen waardoor bepaalde openbare zwembaden deeltijds moeten sluiten. Door de coronacrisis kozen heel wat redders voor een andere sector maar ook de verloning en werkomstandigheden blijven minder aantrekkelijk (bv. avond- en weekenduren, lawaaierige en vochtige omgeving). Ook wordt verbale en fysieke agressie steeds meer aangekaart. Tot slot stelt RedFed dat 45% van de kandidaatredders niet slaagt voor de zwemtechnische proef voor hogere redder. Sinds januari 2024 is het mogelijk via een flexijob te integreren in de sector om zo de tekorten op te vangen. Daarnaast werd de zwemtechnische proef aangepast.

## 2.2.3 PRODUCTIE EN PRIJZEN

Het type (en omvang) van de zwembaden is bepalend voor de bezoekersaantallen, waarbij combinatiebaden gemiddeld de meeste bezoekers aantrekken. Onderstaande tabel geeft per type zwembad voor de jaren 2021 en 2022 het gemiddeld aantal bezoekers in Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022). In 2022 was 35% van de bezoekers

schoolgerelateerd en 16% clubgerelateerd. Daarnaast was het publieke zwemmersaantal het grootst met 45% van het totaal aantal bezoekers (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022).

**Tabel 2: Gemiddeld aantal bezoekers volgens type zwembad**

Type zwembad <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>	Gemiddeld aantal bezoekers	
		2021	2022
COM	15	189 945	259 647
EGB	5	70 999	79 299
INB	12	39 872	47 413
OPL	3	19 078	42 609
TDB	65	93 126	121 173
Totaal	100	97 836	128 642

<sup>1</sup> Zie Tabel 1 voor de beschrijving van de verschillende types

<sup>2</sup> Aantal respondenten uit de bevraging voor de Kengetallen Zwembaden, 2021-2022

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde toegangsprijzen van zwembaden zoals bevraagd door het Netwerk Lokaal Sportbeleid (N 2003 = 175, N 2013 = 137, N 2015 = 117, N 2021 = 102, N 2022 = 102, N 2023 = 104). Voor 49% van de complexen wordt een onderscheid gemaakt tussen de prijs voor inwoners en niet-inwoners enerzijds en de prijs voor volwassenen, kinderen, senioren anderzijds. Wat de inkomsten betreft zijn zwembaden in grote mate afhankelijk van de zwembeurten. Er zijn duidelijke verschillen in de toegangsprijs afhankelijk van de gemeente waar het zwembad gevestigd is. De prijzen zijn de laatste jaren gestegen door de stijgende energie-, bouw- en exploitatiekosten. Energieprijzen lijken anno 2023 wel terug te stabiliseren en de tarieven blijven voor een zwembeurt (rekening houdend met de kosten) democratisch.

**Tabel 3: Vergelijking doorheen de tijd van de tarieven voor één zwembeurt voor een 10-, 30- en 65-jarige zwemmer**

Leeftijd	2003	2013	2015	2021	2022	2023
10-jarige	1,40 €	1,87 €	2,03 €	2,81 €	2,95 €	3,22 €
30-jarige	2,00 €	2,63 €	2,78 €	3,79 €	3,98 €	4,34 €
65-jarige	1,53 €	2,06 €	2,25 €	3,12 €	3,20 €	3,55 €

Uit data van 2015 blijkt dat niet geprivatiseerde zwembaden per jaar van de overheid gemiddeld 500.000 à 700.000 € moeten recupereren per zwembad om deze levensvatbaar te houden. Daar tegenover staat de maatschappelijke meerwaarde voor de bevolking, scholen en sportclubs die niet zonder meer in euro's te vatten is. Private zwembaden hebben meestal andere winstgevende activiteiten (cafeteria, hotel, bungalow, ...), zodat de totale activiteit wel winstgevend is. Hetzelfde geldt voor PPS constructies.

## 2.2.4 CONCLUSIE

De huidige socio-economische situering van de zwembadsector maakt duidelijk dat dit geen eenvoudige sector is om rendabel te houden. Toenemende personeelstekorten en stijgende prijzen in het operationeel houden van de baden zorgen hiervoor. Gemeentelijke zwembaden (centraal beheer) gaan meer en meer naar de PPS-vorm of zelfs volledige externe verzelfstandiging als AGB (door de specificiteit van het bouwen en uitbaten van een zwembad in combinatie met het verhogen van de rendabiliteit. De verwachtingen zijn er om zwemmen voor iedereen bereikbaar en betaalbaar te houden, wat geen evidentie is.

## 2.3 MILIEU-JURIDISCHE SITUERING VAN DE SECTOR

In onderstaande paragrafen wordt het milieujuridisch kader van de BBT-studie geschetst. De aandacht gaat hierbij voornamelijk uit naar de regelgeving in Vlaanderen. Daarnaast komen ook de nationale en Europese regelgeving aan bod.

### 2.3.1 MILIEUVOORWAARDEN

VLAREM II (Besluit van de Vlaamse regering houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne) regelt de indeling en milieuvoorwaarden voor de hinderlijke inrichtingen in het Vlaamse Gewest. VLAREM III (Besluit van de Vlaamse regering houdende bijkomende algemene en sectorale bepalingen voor GPBV-installaties) geeft bijkomende milieuvoorwaarden voor GPBV-installaties, dit zijn installaties die moeten voldoen aan de richtlijnen voor geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging (milieubeheer).

#### INDELINGSLIJST

In VLAREM II wordt onderscheid gemaakt tussen drie klassen van hinderlijke inrichtingen. De inrichtingen of activiteiten van de eerste klasse brengen de grootste risico's of hinder mee. De inrichtingen of activiteiten van de derde klasse brengen de minste risico's of hinder mee.

Tot welke klasse een inrichting hoort, hangt af van de voorkomende rubrieken, vermeld in bijlage 1 van VLAREM II 'Indelingslijst'.

In de indelingslijst vallen zwembaden onder Rubriek 32 'Ontspanningsinrichtingen en schietstanden', meer specifiek 32.8. De verdere indeling van deze rubriek in subrubrieken en klassen is aangegeven in Tabel 4.

**Tabel 4: Indeling van rubriek 32.8 in subrubrieken en klassen**

rubriek	omschrijving	klasse	opmerkingen	coördinator
32.8.	vaste baden, open zwemgelegenheden, zones voor waterrecreatie en vrije zwemzones:			
32.8.1.	baden: alle hierna vermelde inrichtingen, met inbegrip van baden die verbonden zijn aan of die behoren tot privéclubs, campings, scholen en dergelijke, voor zover ze bestaan uit een vaste constructie: <i>uitzondering: vallen niet onder deze indelingsrubriek : inrichtingen die verbonden zijn aan privéwoningen die niet voor het publiek worden opengesteld, noch gratis, noch tegen een directe of indirecte vergoeding.</i>			
	1° zwembaden en natuurlijke zwembaden, al dan niet overdekt met een oppervlakte:			
	a) tot 50 m <sup>2</sup>	3		
	b) van 50 tot 300 m <sup>2</sup>	2	G <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>
	c) van ten minste 300 m <sup>2</sup>	2	G <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>
	2° hot whirlpools, dompelbaden, plonsbaden	3		
	3° Therapiebaden	2	G <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>
32.8.2.	open zwemgelegenheden en zones voor waterrecreatie, waarbij een of meer van de volgende activiteiten op regelmatige wijze worden beoefend, met uitzondering van zeebadzones:	3		
	a) windsurfen			



	b) de disciplines van waterski die niet vallen onder subrubriek 32.8.3 c) zwemmen d) duiken			
32.8.3.	zones voor waterrecreatie waarbij waterskiracing en jetski op regelmatige wijze worden beoefend, met uitzondering van zeebadzones	2	G <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>
32.8.4.	Vrije zwemzones	3		

<sup>1</sup>G inrichting of activiteit waarvoor de afdeling van het DZ, bevoegd voor het toezicht op de volksgezondheid, advies verstrekt.

<sup>2</sup>N Inrichting of activiteit waarvoor overeenkomstig titel II van het VLAREM vrijstelling is verleend van de verplichting tot aanstelling van een milieucoördinator.

Daarbij gelden volgende definities (VLAREM II [art. 1.1.2.](#)):

#### 1° vaste baden

- Circulatiebaden: de baden waarbij het water voortdurend wordt afgevoerd en waarbij het afgevoerde water na behandeling door een zuiveringsinstallatie geheel of gedeeltelijk in het bad wordt teruggebracht. Circulatiebaden zijn de zwembaden, natuurlijke zwembaden, hot whirlpools en therapiebaden;
- Zwembaden, al dan niet overdekt: de andere circulatiebaden dan natuurlijke zwembaden, hot whirlpools en therapiebaden;
- Hot whirlpools: de circulatiebaden die voorzien zijn van zitbanken met een maximale diepte van één meter, waarin er vanuit de bodem of wand lucht geïnjecteerd wordt, en die gevuld worden met water van meer dan 32 °C;
- Plonsbaden: de onverwarmde openlucht baden met een diepte van maximaal 35 cm, waar continu vers suppletiewater doorstroomt, met temperaturen beneden de 20° C met als doel een kortstondige, plotse afkoeling van de gebruiker door middel van onderdompeling;
- Dompelbaden: de baden waar continu vers suppletiewater doorstroomt, waarin de gebruiker zich kortstondig kan onderdompelen;
- Therapiebaden: de circulatiebaden die uitsluitend aangewend worden voor medische behandelingsdoeleinden;
- Natuurlijke zwembaden: overdekte circulatiebaden of circulatiebaden in de openlucht die volledig zijn afgescheiden van grond- en oppervlaktewater en die aangesloten zijn op minstens één ecologisch zuiveringssysteem;

2° open zwemgelegenheden en zones voor waterrecreatie: de vijvers, meren en niet-openbare waterlopen, met uitzondering van zeebadzones, waar een of meer van de volgende activiteiten worden beoefend: zwemmen, duiken, windsurfen, waterskiën;

3° vers water: het water dat voldoet aan de microbiologische parameters in onderstaand overzicht. In de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit of de akte van melding kunnen op advies van de afdeling, bevoegd voor het toezicht op de volksgezondheid, bijkomende kwaliteitseisen worden opgelegd.

Parameter	Parameterwaarde
<i>Escherichia coli</i>	0 / 100 ml
Enterokokken	0 / 100 ml

4° toezichthoudend persoon: elke persoon die de exploitant op een bepaald ogenblik aangewezen heeft is voor het toezicht op de veiligheid van de baders (redders en toezichters);

5° toezichter: een toezichthoudend persoon die geen redder is en die, als de veiligheid van de baders in het gedrang komt, de aanwezige redder waarschuwt.

Meestal zullen er in een zweminrichting naast het eigenlijke bad nog andere hinderlijke inrichtingen voorkomen, waardoor ook andere rubrieken van VLAREM II van toepassing kunnen zijn. Het kan (afhankelijk van de situatie) ondermeer gaan om:

- rubriek 3 'Afvalwater en koelwater'
- rubriek 7 'Chemicaliën'
- rubriek 12 'Transformatoren'
- rubriek 15 'Garages, parkeerplaatsen en herstellingswerkplaatsen voor motorvoertuigen'
- rubriek 16 'Inrichtingen voor het fysisch behandelen van gassen'
- rubriek 17 'Gevaarlijke stoffen'
- rubriek 39 'Stoomtoestellen en warm watertoestellen (vastgeplaatste)'
- rubriek 43 'Stookinstallaties'
- rubriek 52 'Lozingen in grondwater'
- rubriek 53 'Winning van grondwater'

#### ALGEMENE MILIEUVOORWAARDEN

VLAREM II beschrijft de milieuvorwaarden waaraan ingedeelde inrichtingen moeten voldoen. Er worden drie soorten milieuvorwaarden onderscheiden: algemene, sectorale en bijzondere. De algemene milieuvorwaarden zijn van toepassing op alle hinderlijke inrichtingen. De sectorale milieuvorwaarden zijn specifiek van toepassing op welbepaalde hinderlijke inrichtingen, en primeren op de algemene voorwaarden. Daarnaast voorziet VLAREM II ook de mogelijkheid om bijzondere milieuvorwaarden op te leggen in de vergunning. Hiervoor wordt verwezen naar volgende paragraaf.

Voor de sector zwembaden zijn ondermeer volgende algemene en sectorale milieuvorwaarden van belang. De algemene voorwaarden beschreven in [hoofdstuk 4 van VLAREM II](#) worden hieronder beschreven, gevolgd door de sectorale voorwaarden ([hoofdstuk 5 van VLAREM II](#)). Door beslissing van de Vlaamse regering (26/05/2023) werden de bestaande voorwaarden voor open zwem- en recreatiegelegenheden versoepeld en kan oppervlaktewater nu ook erkend worden als vrije zwemzone.

De BBT vormen in Vlaanderen de referentie voor de vaststelling van de sectorale en bijzondere vergunningsvoorwaarden. Het VLAREM en de omgevingsvergunning verzekeren de vergunningverlenende overheden dat de milieuvorwaarden van de installaties in Vlaanderen gebaseerd zijn op BBT. Indien lokale omstandigheden dit vereisen is het mogelijk dat strengere voorwaarden worden opgelegd. Indien de milieukwaliteitsnormen strengere voorwaarden vereisen dan die door toepassing van de BBT haalbaar zijn, worden strengere voorwaarden opgelegd in de vergunning. [Art. 4.1.2.1.](#) van VLAREM II beschrijft dat de exploitant als normaal zorgvuldig persoon steeds de beste beschikbare technieken moet toepassen ter bescherming van mens en milieu, en dit zowel bij de keuze van behandelingsmethoden op het niveau van de emissies, als bij de keuze van bronbepenkende maatregelen (aangepaste productietechnieken en -methoden, grondstoffenbeheersing en dergelijke meer). Deze verplichting geldt eveneens voor wijzigingen aan ingedeelde inrichtingen, alsook voor activiteiten die op zichzelf niet vergunnings- of meldingsplichtig zijn. De naleving van de voorwaarden in VLAREM II en/of de milieuvergunning wordt geacht overeen te stemmen met de verplichting om de Beste Beschikbare Technieken toe te passen.

- Algemene voorschriften (hoofdstuk 4.1)

In het bijzonder wordt hier verwezen naar de voorschriften inzake de toepassing van BBT, hinderbeheersing, het beheer van afvalstoffen, de opslag van gevaarlijke stoffen, het milieujaarverslag en de milieucoördinator.

- Beheersing van oppervlaktewaterverontreiniging (hoofdstuk 4.2)

Onderscheid wordt gemaakt tussen 4 categorieën: bedrijfsafvalwater, koelwater, huishoudelijk afvalwater en hemelwater. Voor elke stroom moet op het bedrijfsterrein een aparte afvoer zijn voorzien, indien niet wordt het mengsel integraal beschouwd als bedrijfsafvalwater. Bedrijfsafvalwater van inrichtingen die een maximum hoeveelheid bedrijfsafvalwater van meer dan 2 m<sup>3</sup> per dag of 50 m<sup>3</sup> per maand of 500 m<sup>3</sup> per jaar lozen, moet worden geloosd via een controle-inrichting (meetgoot voor debieten >2 m<sup>3</sup>/h of >20 m<sup>3</sup>/dag; en monstername voor debieten >50 m<sup>3</sup>/h met gevaarlijke stoffen en voor debieten >100 m<sup>3</sup>/h zonder gevaarlijke stoffen). De afvoer van koelwater en hemelwater enerzijds en bedrijfs- en huishoudelijk afvalwater anderzijds mag, behoudens technische moeilijkheden, niet via dezelfde openbare riolering gebeuren. Beide laatste mogen ook niet ongezuiverd in oppervlaktewater worden geloosd.

Algemene lozingsnormen worden opgelegd voor:

- bedrijfsafvalwater dat geen gevaarlijke stoffen bevat (afdeling 4.2.2);
- bedrijfsafvalwater dat één of meer gevaarlijke stoffen bevat (afdeling 4.2.3);
- koelwater (afdeling 4.2.4);
- huishoudelijk afvalwater (afdeling 4.2.7 en 4.2.8).

De VLAREM wetgeving is zo opgebouwd dat gevaarlijke stoffen moeten opgenomen worden in de vergunning wanneer ze voorkomen in het afvalwater in concentraties boven het indelingscriterium:

#### VLAREM II Art 4.2.3.1. 3°

*3° Van de gevaarlijke stoffen als bedoeld in bijlage 2C, mogen in concentraties hoger dan de indelingscriteria, vermeld in de kolom "indelingscriterium GS (gevaarlijke stoffen)" van artikel 3 van bijlage 2.3.1 [...], enkel die stoffen worden geloosd waarvoor in de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit emissiegrenswaarden zijn vastgesteld overeenkomstig het bepaalde in art. 2.3.6.1.*

Aanvullend mogen deze gevaarlijke stoffen (als vermeld in bijlage 2C) ook geloosd worden als de concentratie lager is dan de volgende toetsingswaarden:

1. het indelingscriterium, vermeld in de kolom « indelingscriterium GS (gevaarlijke stoffen) » van artikel 3 van bijlage 2.3.1 bij titel II van het VLAREM;
2. de milieurisicogrens, als die hoger ligt dan de rapportagegrens, of de bepalingsgrens als de rapportagegrens ontbreekt, en als een indelingscriterium, als vermeld in punt 1°, ontbreekt;
3. de rapportagegrens, als een indelingscriterium, als vermeld in punt 1°, ontbreekt, en de milieurisicogrens, als vermeld in punt 2°, niet van toepassing is of ontbreekt;
4. de bepalingsgrens, als de punten 1°, 2° en 3° niet van toepassing zijn of ontbreken.

De milieurisicogrens geeft de concentratie weer waarbij op lange termijn geen rechtstreekse of onrechtstreekse schadelijke effecten op mens of milieu te verwachten zijn.

VLAREM II geeft een aantal uitgangspunten die hierbij gehanteerd moeten worden (zie [art. 4.2.3.1.](#), [2.3.6.1.](#) en [3.3.0.1.](#) van VLAREM II). Voor de beoordeling van de impact van industriële puntlozingen op het ontvangende waterlichaam, beoordeeld in functie van de kaderrichtlijn water en het Wezer arrest, wordt verwezen naar paragraaf 2.4.2.

- Beheersing van bodem- en grondwaterverontreiniging (hoofdstuk 4.3)

Hoofdstuk 4.3 van VLAREM II bevat verschillende bepalingen die van toepassing zijn op lozingen in grondwater, zoals bedoeld in rubriek 52 van bijlage 1 van VLAREM I ([art. 4.3.1.1.](#)). In [art. 4.3.2.2.](#) worden een aantal technische maatregelen (o.a. de aanwezigheid van een waterzuiveringsinstallatie, de plaatsing van meetputten, de uitvoering van metingen en analyses, ...) voorgeschreven. Als emissiegrenswaarden gelden minimaal de milieukwaliteitsnormen die van toepassing zijn op grondwater.

- Beheersing van luchtverontreiniging (hoofdstuk 4.4)

Van specifiek belang voor onderhavige studie is [artikel 4.4.2.1.](#) betreffende de toepassing van de BBT: “De installaties worden ontworpen, gebouwd en geëxploiteerd volgens een code van goede praktijk zodat de luchtverontreiniging die van die installaties afkomstig is, maximaal wordt beperkt en indien mogelijk zelfs wordt voorkomen. De installaties worden daarvoor uitgerust en geëxploiteerd met middelen ter beperking van de emissies die met de beste beschikbare technieken overeenkomen. De emissiebeperkende maatregelen zijn gericht op zowel een vermindering van de massaconcentratie als een vermindering van de massastromen van de installatie uitgaande luchtverontreiniging. Daarbij wordt in het bijzonder rekening gehouden met:

- a) maatregelen ter vermindering van de hoeveelheid afgas, zoals inkapselen van installatiedelen en doelgericht opvangen van stromen afgas;
- b) maatregelen ter optimalisering van de gebruikte stoffen en energie;
- c) maatregelen ter optimalisering van de handelingen voor opstarten en stilleggen en overige bijzondere bedrijfsomstandigheden.

Voor bestaande installaties wordt bij de toepassing van de eis met betrekking tot het gebruik van de beste beschikbare technieken, vermeld in het eerste lid, rekening gehouden met:

- 1° de technische kenmerken van de inrichting;
- 2° de gebruiksgraad en de residuele levensduur van de inrichting;
- 3° de aard en het volume van de verontreinigende emissies van de inrichting;
- 4° de wenselijkheid om geen overmatige hoge kosten te veroorzaken voor de betrokken inrichting, met name rekening houdend met de economische situatie van de ondernemingen die tot de betrokken categorie behoren.”

Voor de evacuatie van de afvalgassen vermeldt [art. 4.4.2.2.](#): “Met behoud van de toepassing van artikel 4.4.2.1 worden dampen, nevels en afgassen op de plaats waar ze ontstaan opgevangen en, na de eventueel noodzakelijke zuivering ter naleving van de emissie- en immissievoorschriften die van toepassing zijn, geëmitteerd.”. Dit kan een zuivering inhouden. Bij lozing via een schoorsteen moet deze aan bepaalde dimensionele voorwaarden voldoen, zoals een minimumhoogte.

[Artikel 4.4.3.1.](#) verwijst naar de in bijlage 4.4.2 bij VLAREM II opgenomen emissiegrenswaarden die van toepassing zijn op de geloosde afvalgassen (geleide emissies) vanaf een bepaalde massastroom (g of kg/uur). Hierbij moet niet enkel rekening gehouden worden met de emissie per emissiepunt, maar met

de totale emissie voor de ganse milieutechnische eenheid (alle emissies van het totale bedrijf). Voor een overzicht van de (algemene) emissiegrenswaarden kan verwezen worden naar bijlage 4.4.2 van VLAREM II. De luchthoeveelheden die naar een onderdeel van een installatie worden toegevoerd om het afvalgas te verdunnen of af te koelen, blijven bij de bepaling van de emissiewaarden buiten beschouwing. Bij toepassing van de BBT kunnen in de milieuvergunning afwijkende emissiegrenswaarden worden opgelegd.

- Beheersing van geluidshinder (hoofdstuk 4.5)

“De exploitant treft ter naleving van de bepalingen van dit hoofdstuk, de nodige maatregelen om de geluidsproductie aan de bron en de geluidsoverdracht naar de omgeving te beperken. Naargelang van de omstandigheden en op basis van de technologisch verantwoorde mogelijkheden volgens de beste beschikbare technieken wordt hierbij gebruik gemaakt van een oordeelkundige (her)schikking van de geluidsbronnen, geluidsarme installaties en toestellen, geluidsisolatie en/of absorptie en/of afscherming” ([art. 4.5.1.1. §1](#)).

In afdelingen 4.5.3, 4.5.4 en 4.5.5 van VLAREM II zijn de algemene geluidsvoorschriften voor klasse 1, 2 en 3 inrichtingen opgenomen. Deze voorschriften vermelden onder andere de normen voor het toegelaten specifiek geluid van bestaande en nieuwe inrichtingen, zowel voor open lucht als binnenshuis toepassingen.

#### SECTORALE VOORWAARDEN VOOR INRICHTINGEN VOOR ZWEMBADEN

De voorwaarden voor inrichtingen voor zwembaden zijn opgenomen in afdeling 5.32.8 van hoofdstuk 5.32. ‘Ontspanningsinrichtingen en schietstanden’. De bepalingen van deze afdeling zijn van toepassing op inrichtingen voor vaste baden, open zwemgelegenheden en zones voor waterrecreatie als vermeld in rubriek 32.8 van de indelingslijst. De volledige wetgeving (subafdelingen 5.32.8.1-5.32.8.4 anno oktober 2022) is consulteerbaar via de emis-website: <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=9666>

In de verschillende subafdelingen wordt er naast de algemene bepalingen (voornamelijk kwaliteitsvereisten water en lucht) regelgeving weergegeven onderverdeeld in circulatiebaden, dompelbaden en open zwemgelegenheden (inclusief zones voor waterrecreatie). In deze subafdelingen staat vervolgens beschreven aan welke bouwvereisten zwembaden moeten voldoen (architectonische normen) en hoe deze moeten geëxploiteerd moeten worden (waterbehandeling, onderhoud, veiligheid, ...).

Daarnaast wordt in verschillende artikels van VLAREM II wordt verwezen naar het Besluit van de Vlaamse Regering van 13 december 2002 houdende reglementering inzake de kwaliteit en levering van water, bestemd voor menselijke consumptie (B.S. 28 januari 2003 en zijn daaropvolgende wijzigingen). Sedert januari 2023 is er een nieuw besluit beschikbaar van de Vlaamse Regering dat deze en alle voorgaande vervangt, namelijk het [Besluit van de Vlaamse Regering over de kwaliteit, kwantiteit en levering van water bestemd voor menselijke consumptie](#). Volgens artikel 12 mogen de waterleveranciers enkel behandelingschemicaliën gebruiken die gecertificeerd zijn voor water bestemd voor menselijke consumptie en filtermaterialen die voldoen aan de NBN-EN-normen of andere relevante Europese normen. Daarbij toont de [Richtlijn \(EU\) 2020/2184 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water](#) aan in artikel 12 dat hiervoor gekeken moet worden naar [Verordening \(EU\) nr. 528/2012](#). Deze verordening handelt o.a. over de biociden die ingezet mogen worden in de openbare drinkwatervoorziening (namelijk [categorie PT5 producten volgens ECHA](#)).

#### BIJZONDERE MILIEUVOORWAARDEN

Overeenkomstig hoofdstuk 3.3 van VLAREM II, kan de bevoegde overheid bijzondere milieuvoorwaarden opleggen. Bijzondere milieuvoorwaarden vullen de algemene en/of sectorale milieuvoorwaarden aan,

of stellen bijkomende eisen. Ze worden opgelegd met het oog op de bescherming van de mens en het leefmilieu, en met het oog op het bereiken van de milieukwaliteitsnormen.

Tabel 5 geeft een overzicht van de lozingsnormen die via de milieuvergunningvoorwaarden opgelegd worden aan Vlaamse zwembaden (alle baden exclusief ziekenhuizen) die onder rubriek 32.8 vallen. De voorwaarden bestaan enerzijds uit algemene lozingsvoorwaarden en anderzijds uit bijzondere lozingsvoorwaarden. Deze laatste zijn afhankelijk van lozingsplaats (oppervlaktewater of riolering) en de lokale situatie (bv. ontvangende water). Iets meer dan 10% van de vergunde voorwaarden zijn toegekend voor lozing op oppervlaktewater, het merendeel van de installaties is dus nog gekoppeld aan een rioolwaterzuiveringinstallatie. Specifiek voor de lozing van afvalwater van rubriek 32.8.1 zijn er geen sectorale voorwaarden in VLAREM opgenomen.

**Tabel 5: Milieuvergunningvoorwaarden voor zwembaden (VMM, 2023)<sup>1</sup>**

Parameter	Eenheid	Vergunde concentraties riool	Vergunde concentraties oppervlaktewater
CZV	mg/l	125-200	125-200
BZV	mg/l	tot 25	Tot 25
N <sub>t</sub>	mg/l	15-100	Tot 15
P <sub>t</sub>	mg/l	1,7-20	2-7
Zs	mg/l	60-1000	35-1000
Bs	ml/l	tot 0,5	tot 0,5
Cl <sup>-</sup>	mg/l	0,73-2000	200-1200
Ag	mg/l	tot 0,04	tot 0,0015
As	mg/l	tot 0,025	tot 0,030
Cd	mg/l	tot 0,004	tot 0,004
Cr	mg/l	0,2-0,5	-
Cu	mg/l	0,1-1,2	tot 0,2
Hg	mg/l	0,005-0,3	tot 0,005
Zn	mg/l	0,25-2	0,8-1
AOX	µg/l	400-910	300-600
AOX	µg Cl/l	0,4-2000	tot 600
vrij chloor	mg/l	0,02-2	-

### VLAREM III

VLAREM III geeft bijkomende milieuvorwaarden voor GPBV-installaties. Het gaat hier om activiteiten die vallen onder het toepassingsgebied van hoofdstuk II van de RIE (2010/75/EU, zie paragraaf 2.4.4). Deze zogenaamde GPBV activiteiten zijn in de indelingslijst (Bijlage I van VLAREM II) aangeduid met een X in de kolom 'Opmerkingen'. Voor de sector van zwembaden (vaste baden, open zwemgelegenheden en zones voor waterrecreatie) zijn geen GPBV-activiteiten van belang.

<sup>1</sup> Zwembaden uit ziekenhuizen zitten niet in deze tabel verrat, metingen en vergunningen zijn hier meestal op het totale effluent bepaald. Andere exploitaties zoals bv. hotels, sauna's en recreatieparken – en domeinen zitten hier wel in verrat.

## 2.3.2 OVERIGE VLAAMSE REGELGEVING

De onderstaande paragraaf geeft een oplistings (niet-limitatieve lijst) van overige Vlaamse milieuregelgeving die relevant is voor de bestudeerde sector.

### DECREET INTEGRAAL WATERBELEID

Het decreet betreffende het Integraal Waterbeleid (decreet IWB) van 18 juli 2003 (BS 14 november 2003) creëert het juridisch en organisatorisch kader waarbinnen het waterbeleid in Vlaanderen moet gevoerd worden. Het decreet IWB biedt de decretale basis voor de omzetting van de Europese kaderrichtlijn Water (KRLW) in Vlaanderen. Het uitgangspunt vormt een integrale benadering van de waterproblematiek op stroomgebiedniveau via stroomgebieddistricten. Vlaanderen gaat met het decreet IWB op een aantal punten verder dan wat de KRLW oplegt. Waar de KRLW voornamelijk op waterkwaliteit is toegespitst, schenkt het decreet ook aandacht aan de kwantiteit en de beheersbaarheid ervan. Meer informatie over het IWB is terug te vinden op de [VMM-website](#).

### HET LEGIONELLABESLUIT

In 2007 werd het [Besluit](#) van de Vlaamse Regering van 9 februari 2007 betreffende de preventie van de veteranenziekte op publiek toegankelijke plaatsen (BS dd. 04.05.2007) uitgevaardigd. Het doel daarbij is de volksgezondheid in Vlaanderen te vrijwaren en is van toepassing op publiek toegankelijke plaatsen (o.a. zwembaden, ziekenhuizen, RVT's, scholen, sportclubs, hotels, exposities, tandartskabinetten, ...) of installaties die een risico voor het publiek kunnen betekenen (koeltorens).

Alle voor het publiek toegankelijke inrichtingen en exposities waar één of meer aerosolvormende installaties aanwezig zijn en die wat de veteranenziekte betreft, een risico kunnen vormen voor de volksgezondheid vallen dus onder het besluit. Ook bedrijven in Vlaanderen die beschikken over een koeltoren worden als publiek toegankelijk beschouwd en vallen onder dit besluit voor hun watervoerende koeltorens. De inrichtingen worden wat hun sanitair betreft ingedeeld in hoogrisico- en matigrisico-inrichtingen. Voor koeltorens geldt een aparte indeling evenals voor tandartskabinetten en exposities. De standaardbeheersmaatregel is temperatuurbeheersing.

Het Besluit legt in grote lijnen 2 verplichtingen op voor inrichtingen die onder de criteria van het Besluit vallen:

- opmaak van een beheersplan voor bestaande en nieuwe installaties door de exploitant van de installatie
  - volledige administratieve (exploitant, instelling, type, ligging, verantwoordelijkheden, waterleverancier,...) en technische beschrijving inclusief schema's en plannen;
  - risicoanalyse op groei en blootstelling op basis van volgende parameters:
    - dode punten en stagnatiezones;
    - gebruiksfrequentie;
    - temperaturen (koud water < 25°C, warm water > 55°C);
    - onderhoud en staat van de leiding;
    - aërosolvomers (douche, badsproeier, luchtbevochtiger,...);
    - watertransport (terugslag).
  - Maatregelen in functie van bekomen risico's (zie verder).
- Verplichte conformiteit met de BBT-studie van VITO (2017) voor nieuwe installaties of voor vernieuwing van onderdelen van een bestaande installatie (conformiteitsattest verplicht). Hierin worden de na te streven opbouw- en exploitatievoorwaarden aangegeven in functie van het type en de omvang van de installatie.

### MATERIALENDECREET EN VLAREMA

Bij de implementatie van de kaderrichtlijn afval (2008/98/EG) in Vlaamse wetgeving, is ervoor gekozen de weg in te slaan van het duurzaam materialenbeheer via een Materialendecreet (goedgekeurd op 14 december 2011). Dit decreet legt een basis voor het beter sluiten van de materialenkringlopen in Vlaanderen. Ter uitvoering van het Materialendecreet werd het Vlaams Reglement voor het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen (VLAREMA) uitgewerkt (goedgekeurd 17 februari 2012). Het VLAREMA bevat meer gedetailleerde voorschriften over (bijzondere) afvalstoffen, grondstoffen, selectieve inzameling, vervoer, de registerplicht en de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid. Met de inwerkingtreding van het materialendecreet en het VLAREMA (op 1 juni 2012) zijn het vroegere afvalstoffendecreet en het bijhorende Vlaams reglement inzake afvalvoorkoming en beheer (VLAREA) komen te vervallen. Meer informatie over het materialendecreet is terug te vinden via de [OVAM-website](#).

### BESLUIT MILIEUKWALITEITSNORMEN

Het besluit Milieukwaliteitsnormen legt de normen vast waaraan de verschillende types oppervlaktewater dienen te voldoen. Hiermee wordt invulling gegeven aan de eisen van de Europese kaderrichtlijn Water. De milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater zijn typespecifiek, d.w.z. dat de normen afhankelijk zijn van het type oppervlaktewater waartoe een waterlichaam behoort. Deze milieukwaliteitsnormen omvatten normen voor algemene fysisch-chemische parameters, biologische parameters en gevaarlijke stoffen. In tegenstelling tot de biologische en fysico-chemische parameters, wordt voor de normen voor gevaarlijke stoffen geen onderscheid gemaakt tussen types oppervlaktewater. Voor sommige paramaters is er wel een onderscheid tussen zoet of zout water. Naast normen voor oppervlaktewater bevat het besluit ook normen voor waterbodems en grondwater. Deze milieukwaliteitsnormen werden opgenomen in bijlage 2.3.1 van VLAREM II via het besluit van de Vlaamse Regering van 16/10/2015. Het meest recente gewijzigd besluit werd definitief goedgekeurd op 28/04/2023 (BS dd. 12/05/2023).

### BESLUIT VAN DE VLAAMSE REGERING HOUDENDE VASTSTELLING VAN DE REGELS INZAKE HET LOZEN VAN BEDRIJFSAFVALWATER OP EEN OPENBARE RIOOLWATERZUIVERINGSINSTALLATIE

Dit besluit van 21 februari 2014 vervangt het eerdere uitvoeringsbesluit van 21 oktober 2005 houdende vaststelling van de regels inzake contractuele sanering van bedrijfsafvalwater op een openbare rioolwaterzuiveringsinstallatie, gewijzigd bij het besluit van de Vlaamse Regering van 29 mei 2009, en de omzendbrief LNW 2005/01 met betrekking tot verwerking van het bedrijfsafvalwater via de openbare zuiveringsinfrastructuur van 23 september 2005.

Volgens het besluit is een grondige evaluatie vereist van de aansluitbaarheid op de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) als het bedrijfsafvalwater aan bepaalde criteria voldoet. Bij de evaluatie moet rekening gehouden worden met:

- 1° de goede werking, namelijk de naleving van de VLAREM-effluentnormen, van de RWZI en de overige saneringsinfrastructuur
- 2° de goede verwerkbaarheid van het bedrijfsafvalwater
- 3° het afkoppelen van vergaand gezuiverd of verdund bedrijfsafvalwater van de riolering en het lozen van dat bedrijfsafvalwater in een geschikt oppervlaktewater
- 4° het transport van het bedrijfsafvalwater naar de openbare rioolwaterzuiveringsinstallatie
- 5° de geloosde gevaarlijke stoffen in het bedrijfsafvalwater
- 6° de specifieke investeringsmaatregelen en de specifieke exploitatiemaatregelen.

Voor verdund afvalwater is grondige evaluatie vereist indien voldaan is aan minstens één van volgende criteria:

- 1° Qverg > 200 m<sup>3</sup>/d;



- 2° Qverg >2,5% van de capaciteit van de biologische straat van de RWZI (maar met een minimum van 20 m<sup>3</sup>/d).

Voor onverdund afvalwater is grondige evaluatie vereist indien voldaan is aan minstens één van volgende criteria:

- 1° Qverg > 2,5% van de capaciteit van de biologische straat van de RWZI (maar met een minimum van 20 m<sup>3</sup>/d);
- 2° een vracht van meer dan 15% van de ontwerp-BZV-vracht van de RWZI;
- 3° een vracht van meer dan 5% van de ontwerp-CZV-vracht van de RWZI;
- 4° een vracht van meer dan 5% van de ontwerp-ZS-vracht van de RWZI;
- 5° een stikstofvracht van meer dan 5% van de ontwerpvracht aan totaal stikstof van de RWZI;
- 6° een fosforvracht van meer dan 5% van de ontwerpvracht aan totaal fosfor van de RWZI.

Bedrijfsafvalwater dat niet aan bovenstaande criteria voldoet, mag in principe op de RWZI geloosd worden, als de werking van de RWZI of het transport naar de RWZI niet wordt verstoord.

Het besluit stelt uitdrukkelijk dat RWZI's niet zijn uitgebouwd voor de sanering van gevaarlijke stoffen, met uitzondering van fosfor. Voor alle gevaarlijke stoffen is sanering aan de bron, progressieve vermindering en het halen van de milieukwaliteitsnormen het uitgangspunt. Voor gevaarlijke stoffen wordt aldus dezelfde aanpak gehanteerd voor oppervlaktewaterlozers als voor rioollozers. De lozing van gevaarlijke stoffen in concentraties boven het indelingscriterium, vermeld in artikel 3 van bijlage 2.3.1 van VLAREM II, is vergunningsplichtig. Meer informatie over dit besluit is terug te vinden via de [VMM-website](#).

#### IMPACTBEOORDELING PUNTLOZINGEN OP ONTVANGEND WATERLICHAAM

Het kader waarbinnen Vlaanderen haar beleid gevaarlijke stoffen situeert, is grotendeels Europees bepaald en vindt reeds zijn oorsprong in 1976 met de uitvaardiging van de richtlijn 76/464/EG 'ter vermindering van de verontreiniging met gevaarlijke stoffen van het aquatische milieu'. Deze richtlijn legde de lidstaten op om Reductieprogramma's op te maken. Deze programma's hoorden de beleidslijnen voor de reductie van gevaarlijke stoffen te bevatten. Na het vaststellen van een Vlaams Reductieprogramma in 2000 en de geactualiseerde versie van 2005, is het Vlaams gewest intussen ontslagen van de opmaak van een nieuw of geactualiseerd Reductieprogramma, zoals bedoeld in richtlijn 76/464/EG. Deze richtlijn uit 1976 werd immers per 22 december 2013 ingetrokken en de principes ervan zijn opgenomen in de Kaderrichtlijn Water met haar dochterrichtlijnen prioritaire stoffen. De beleidslijnen voor de reductie van gevaarlijke stoffen worden nu, in uitvoering van het Decreet Integraal Waterbeleid, opgenomen in de maatregelenprogramma's per stroomgebied die opgemaakt worden in uitvoering van de KRLW. Recentelijk werd dit verder scherp gesteld door Arrest C-461/13 of het Wezerarrest. De goedkeuring van een project moet namelijk geweigerd worden indien dat project een achteruitgang van de toestand van het oppervlaktewater kan teweegbrengen of het bereiken van de goede toestand in gevaar kan brengen. Inhoudelijk gaat het Wezerarrest niet specifiek over een lozing, maar gezien de vragen betrekking hadden op de interpretatie van 'achteruitgang van de toestand' en de al dan niet toepassing op individuele aanvragen, heeft het wel degelijk een weerslag op lozingsdossiers en moet er rekening mee gehouden worden in de vergunningsadvisering, ook voor gevaarlijke stoffen. Meer informatie met betrekking tot de impactbeoordeling kan teruggevonden worden via de [VMM-website](#).

#### 2.3.3 WAALSE WETGEVING

Op 13 juni 2013 heeft de Waalse Regering een [besluit](#) uitgevaardigd waarin de specifieke voorwaarden zijn vastgelegd met betrekking tot zowel overdekte als openluchtzwembaden die worden gebruikt voor doeleinden anders dan strikt privégebruik binnen het gezin, wanneer hun oppervlakte groter is dan 100 m<sup>2</sup> en hun diepte meer dan 40 cm bedraagt (klasse 2 baden). Dit besluit legt de eisen en regels vast voor

de bouw, exploitatie en veiligheid van dergelijke zwembaden in het Waals Gewest. De vereisten naar bouw en exploitatie van deze baden liggen in lijn met deze uit de Vlaamse wetgeving, met twee verschillen in chemische vereisten waar de ondergrens van de toegelaten pH op 6,5 ligt en gebonden chloor op maximaal 0,8 mg/liter (respectievelijk 7,0 en 0,6 mg/liter in Vlaamse regelgeving).

In de Waalse wetgeving zijn nog 2 andere besluiten ingesloten:

- besluit dat de volledige voorwaarden bevat met betrekking tot zowel overdekte als openluchtzwembaden die worden gebruikt voor doeleinden anders dan strikt privégebruik binnen het gezin, wanneer de oppervlakte kleiner is dan of gelijk is aan 100 m<sup>2</sup> of de diepte kleiner is dan of gelijk is aan 40 cm, en uitsluitend chloor gebruikt wordt als desinfectiemethode voor het water - zwembaden van klasse 3;
- besluit dat de sectorale voorwaarden bevat met betrekking tot zowel overdekte als openluchtzwembaden die worden gebruikt voor doeleinden anders dan strikt privégebruik binnen het gezin, wanneer de oppervlakte kleiner is dan of gelijk is aan 100 m<sup>2</sup> of de diepte kleiner is dan of gelijk is aan 40 cm en waarbij een desinfectiemethode anders dan chloor wordt gebruikt, of in combinatie met chloor - zwembaden van klasse 2.

## 2.3.4 EUROPESE WETGEVING

### EUROPESE KADERRICHTLIJN WATER

Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid heeft als doel om de watervoorraden en de kwaliteit van de stroomgebieden in Europa op lange termijn veilig te stellen. De richtlijn is sinds 22 december 2000 van kracht en hanteert concrete doelstellingen voor de kwaliteit van oppervlaktewater en grondwater. Die doelstellingen worden bereikt via [stroomgebiedbeheerplannen](#) en [maatregelenprogramma's](#). Meer informatie over deze richtlijn is terug te vinden op de [VMM-website](#).

### RICHTLIJN INDUSTRIËLE EMISSIES (RICHTLIJN 2024/1785)

De richtlijn 2010/75/EU inzake industriële emissies richt zich op de beperking van vervuiling door industriële activiteiten in de EU. Het doel is om een hoog niveau van milieubescherming te waarborgen door industriële bedrijven te verplichten om gebruik te maken van de beste beschikbare technieken (BBT). De richtlijn stelt normen vast voor de uitstoot van verontreinigende stoffen in lucht, water en bodem, en behandelt ook energie-efficiëntie, afvalbeheer en incidentenbeheer. Bedrijven moeten vergunningsprocedures volgen en regelmatig rapporteren om aan de gestelde milieunormen te voldoen. Sedert april 2024 is deze richtlijn aangepast (nu [Richtlijn 2024/1785](#)). Deze nieuwe richtlijn bevat wijzigingen inzake industriële emissies. Deze omvatten o.a. verduidelijkingen van definities, zoals verontreiniging en installaties, en nieuwe bepalingen rond technieken en emissieniveaus. Er worden ook milieuprestatiegrenswaarden en elektronische vergunningsprocedures ingevoerd. Verder worden regels vastgelegd voor incidenten, niet-naleving van vergunningen, en grensoverschrijdende samenwerking. De wijzigingen beogen het verbeteren van milieubescherming, hulpbronnenefficiëntie, en het bevorderen van de circulaire economie en decarbonisatie.

## 2.3.5 BUITENLANDSE WETGEVING

### NEDERLAND

Sinds januari 2024 valt de regelgeving binnen Nederland onder de Omgevingswet (RIVM, 2024). In deze nieuwe zwemwaterregeling komt er meer ruimte voor innovatie en eigen inzichten, maar worden er wel een risico-inventarisatie, beheersplan en een uitgebreidere monitoring van de waterkwaliteit verplicht (WLN, 2023).

Concreet betekent deze wijziging de volgende zaken:

- De lijst met de maandelijks te meten parameters wordt fors uitgebreid;
- Bepaalde grenswaarden worden aangescherpt;
- Elke zweminrichting moet een risico-inventarisatie en beheersplan opstellen;
- De in het beheersplan vermelde werkzaamheden moeten worden uitgevoerd om de hygiëne en veiligheid te waarborgen.

In de huidige regelgeving staan heel veel verplichtingen/eisen waaraan een zweminrichting moet voldoen. Bij de huidige regelgeving kan de inspecteur van de provincie wijzen op bepaalde tekortkomingen die hier niet mee in overeenstemming zijn. In de nieuwe regelgeving wordt de exploitant van een zweminrichting zelf verantwoordelijk gesteld voor de wijze waarop hij/zij het zwembad exploiteert. Aan de hand van een verplichte risico-inventarisatie (overgangstermijn één jaar) moet de zwembadexploitant aantoonbaar maken dat de wijze waarop het zwembad geëxploiteerd wordt, veilig is. De nieuwe wet biedt dus heel veel ruimte voor nieuwe innovaties. Daartegenover staat dat het door een geaccrediteerd laboratorium uit te voeren maandelijkse onderzoek veel uitgebreider wordt. Tabel 6 geeft weer welke parameters uitgebreid en verstrengd worden. Onder- of overschrijding van een klasse I parameter betekent dat het bad onmiddellijk moet worden gesloten voor publiek. Pas nadat nieuwe metingen hebben aangetoond dat de kwaliteit weer voldoet aan de gestelde eisen, mag het bad weer open voor publiek. Klasse II en III betekenen dat het bad gesloten moet worden na respectievelijk twee of drie opeenvolgende overschrijdingen.

**Tabel 6: Parameters en grenswaarden oude versus nieuwe regeling zwemwater (WLN, 2023)**

Parameter	Oude situatie	Nieuwe situatie	Grenswaarde	Klasse
<b>Analyse pakket bassin maandelijks</b>				
Vrij chloor ondergrens	M	M	≥ 0,5 mg/l	I
Vrij chloor bovengrens	M	M	≤ 1,5 mg/l binnenbad	III
Vrij chloor bovengrens	M	M	≤ 5,0 mg/l buitenbad	III
Gebonden chloor	M	M	≤ 0,6 mg/l	III
Zuurgraad	M	M	7,00 ≤ pH ≤ 7,60	I
Pseudomonas aeruginosa	a	M	≤ 1 kve/100 ml	II
Intestinale Enterococci		M	≤ 1 kve/100 ml	II
Sporen van Sulfietreducerende clostridia		M	≤ 1 kve/100 ml	II
Troebelheid	a	M	≤ 0,5 FTE	II
Doorzicht	M	M	bodem zichtbaar	I
Koloniegetal 37 °C	M			
<b>Analyse pakket hoofdbad maandelijks</b>				
Ureum	M	M	≤ 2,0 mg/l	III
Nitraat		M	≤ 70 mg/l	III
KMnO <sub>4</sub> -verbruik	M	M	≤ 3,5 mg/l O <sub>2</sub>	III
Waterstofcarbonaat	a	M	≥ 40 mg/l	III
Chloride		M	≤ 1000 mg/l	III
<b>Analyse pakket hoofdbad kwartaalijks</b>				
Chloraat		K	≤ 30 mg/l	II
Bromaat		K	≤ 100 µg/l	II
som THM		K	≤ 50 µg/l	II
<b>Analysepakket lucht jaarlijks</b>				
Trichlooramine		J	≤ 500 µg/m <sup>3</sup> lucht	II
<b>Analysepakket lucht kwartaalijks</b>				
Ozon*		K	≤ 120 µg/m <sup>3</sup> lucht	I
<b>Analyse pakket bassin half jaarlijks</b>				
Legionella	H	H	≤ 100 kve/l	I

**Legenda:**

M = Maandelijks

K = Kwartaalijks

H = Halfjaarlijks

J = Jaarlijks

a = in geval van twijfel

\* Alleen van toepassing bij gebruik van ozon in de waterbehandeling

**FRANKRIJK**

De Code de la Santé Publique (CSP) en de Code de l'Environnement (CE) zijn twee van de belangrijkste wetten die de regelgeving van zwemwater in Frankrijk regelen. De CSP regelt voornamelijk de gezondheid en veiligheid van de zwemmers, terwijl de CE voornamelijk de bescherming regelt van het milieu. Er zijn ook andere wetten en voorschriften die van toepassing zijn, afhankelijk van het type zwembad en de locatie. Deze regels zijn bedoeld om de gezondheid en veiligheid van de zwemmers te beschermen. Hieronder een aantal van de belangrijkste regels:

1. Zwemwater moet voldoen aan bepaalde microbiel en chemische normen;
2. Zwemwater moet regelmatig worden geanalyseerd om de aanwezigheid van pathogenen te detecteren en de veiligheid van het water te garanderen;
3. Er moeten voldoende maatregelen zijn genomen om zwemwater te beschermen tegen verontreiniging, zoals afvalwaterbehandeling en afvalwaterbeheer;

4. Er moeten voldoende maatregelen zijn genomen om de hygiëne in het zwembad te garanderen, zoals regelmatig reinigen en desinfecteren van de zwembadranden en het zwembadwater;
5. Er moeten voldoende voorzorgsmaatregelen zijn genomen om de veiligheid van de zwemmers te garanderen, zoals reddingsmiddelen, toezicht en noodprocedures.

De regelgeving met betrekking tot fysische, chemische en microbiologische normen is terug te vinden in hoofdstuk II '[Piscines et baignades](#)' (Titel 3, Boek 3, Deel 1). In sectie 1 'Règles sanitaires applicables aux piscines' bevat artikel D1332-2 volgende informatie:

1. De transparantie stelt in staat om op de bodem van elk zwembad perfect de zwemlijnen te zien of een donkere markering van 0,30 meter op een kant, geplaatst op het diepste punt;
2. Het is niet irriterend voor de ogen, de huid en de slijmvliezen;
3. Het gehalte aan stoffen die oxideerbaar zijn door kaliumpermanganaat in alkalisch milieu, uitgedrukt in zuurstof, mag het gehalte van het water dat de bekens vult niet overschrijden met meer dan 4 mg/l;
4. Het bevat geen stoffen waarvan de hoeveelheid de gezondheid van de zwemmers zou kunnen schaden;
5. De pH ligt tussen 6,9 en 8,2;
6. Het aantal levensvatbare aerobe bacteriën bij 37° C in één milliliter is minder dan 100;
7. Het totale aantal coliformen per 100 milliliter is minder dan 10 bij afwezigheid van faecale coliformen per 100 milliliter;
8. Het bevat geen pathogene kiemen, in het bijzonder geen pathogene stafylokokken in 100 ml voor 90% van de monsters.

Verder zijn er normen die door de Association Française de Normalisation geformuleerd zijn met betrekking tot de kwaliteit van zwembadwater. Er zijn geen specifieke regels voor AOX-verbindingen in Frankrijk, maar er zijn wel [regels](#) die de vorming ervan kunnen beperken of voorkomen. Hieronder een aantal van de belangrijkste normen:

1. NF P 90-308: deze norm beschrijft de werkings- en beheersvereisten voor zwembaden en specifiek welke maatregelen genomen moeten worden om een veilig zwembadwater te garanderen;
2. NF P 90-309: deze norm beschrijft de waterkwaliteitseisen voor zwembaden, zoals pH-waarde, chloor- en algicidenconcentraties;
3. NF P 90-310: deze norm beschrijft de vereisten voor de hygiëne van zwembaden en beschrijft hoe deze hygiëne bewaakt moet worden;
4. NF X 43-110: deze norm beschrijft de methoden voor het analyseren van zwembadwater, zoals het meten van pH, chloor en algicidenconcentraties.

## DUISSLAND

In Duitsland is de waterkwaliteit van publieke zwembaden geregeld via het Infektionsschutzgesetz (wet van bescherming tegen infectieziekten), waarbij het gaat om twee artikelen:

- § 37(2) De waterkwaliteit in zwembaden, niet uitsluitend voor privaat gebruik, moet zodanig zijn dat schadelijke effecten voor de menselijke gezondheid, in het bijzonder door pathogene micro-organismen, niet zullen optreden;
- § 38(2) De federale Minister van Volksgezondheid kan een wet uitvaardigen die nadere regels bevat voor de kwaliteitsparameters in zwembadwater, verplichtingen van de zwembad exploitant en regels voor handhaving. Een lijst van behandelingstechnieken en te gebruiken chemicaliën zal worden gepubliceerd door het Umweltbundesamt (Rijksinstituut voor Milieu).

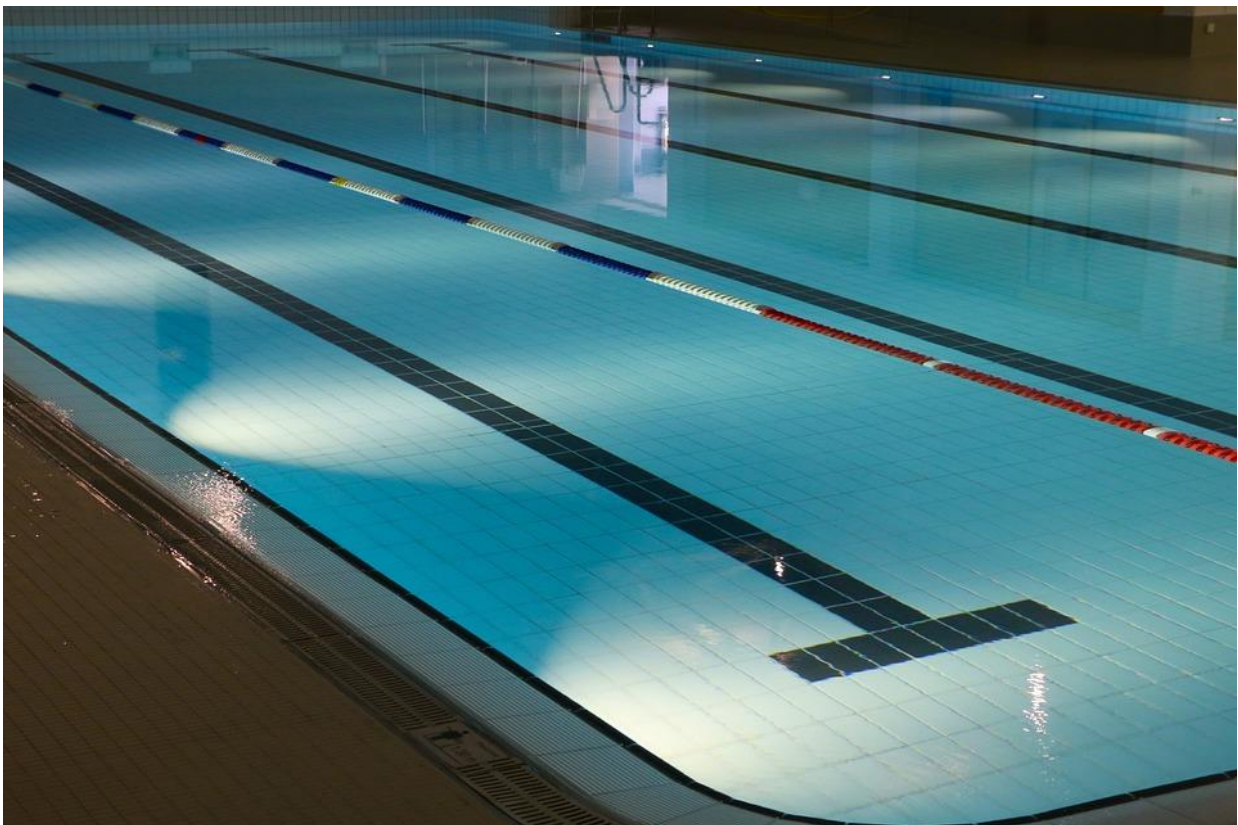
De wet zoals bedoeld in § 38(2) is de Schwimm- und Badebeckenwasserverordnung (Zwembadwaterregeling). Hiervoor wordt de basis gebruikt zoals beschreven in de norm DIN 19643 (behandeling van zwem- en zwembadwater). Nieuwe inzichten op het gebied van de waterhygiëne van zwembaden en de technische vooruitgang van de bijbehorende behandelingsprocessen maakten een herziening van de normreeks DIN 19643 noodzakelijk. Hierdoor zijn nu normen opgesteld door de werkcommissie NA 119-04-13 AA "Zwembadwater":

- DIN 19643-1 Deel 1: Algemene eisen;
- DIN 19643-2 Deel 2: Procescombinaties met vastbed- en precoatfilters;
- DIN 19643-3 Deel 3: Procescombinaties met ozonisatie;
- DIN 19643-4 Deel 4: Procescombinaties met ultrafiltratie.

De norm is van toepassing op de behandeling van water, waaronder zeewater, mineraalwater, geneeskrachtig water, pekkel (ook kunstmatig geproduceerd) en thermaal water, zowel in zwembaden als baden. Het is niet van toepassing op de behandeling van water in eengezinsbadkamers en niet op water in systemen met biologische waterbehandeling. Het doel van dit document is om te zorgen dat een goede, constante kwaliteit van het zwembadwater gewaarborgd wordt op het gebied van hygiëne, veiligheid en esthetiek. Zo bestaat er geen risico op schade aan de menselijke gezondheid, met name door ziekteverwekkers.

---

## HOOFDSTUK 3. PROCESBESCHRIJVING EN MILIEUASPECTEN



## HOOFDSTUK 3. PROCESBESCHRIJVING EN MILIEUASPECTEN

In dit hoofdstuk wordt de typische procesvoering in de sector zwembaden beschreven alsook de bijhorende milieu-impact.

Deze beschrijving heeft tot doel om een globaal beeld te scheppen van de toegepaste processtappen en hun milieu-impact. Dit vormt de achtergrond om in hoofdstuk 4 de milieuvriendelijke technieken te beschrijven die de sector kan toepassen om de milieu-impact te verminderen.

De details van de procesvoering, en de volgorde van de toegepaste processen, kunnen in de praktijk variëren van bedrijf tot bedrijf. Niet alle mogelijke varianten in procesvoering worden in dit hoofdstuk beschreven. Ook kan de procesvoering in de praktijk complexer zijn dan hier beschreven.

Het is in geen geval de bedoeling van dit hoofdstuk om een uitspraak te doen over het al dan niet BBT zijn van bepaalde processtappen. Het feit dat een proces in dit hoofdstuk wel of niet vermeld wordt, betekent dus geenszins dat dit proces wel of niet BBT is.

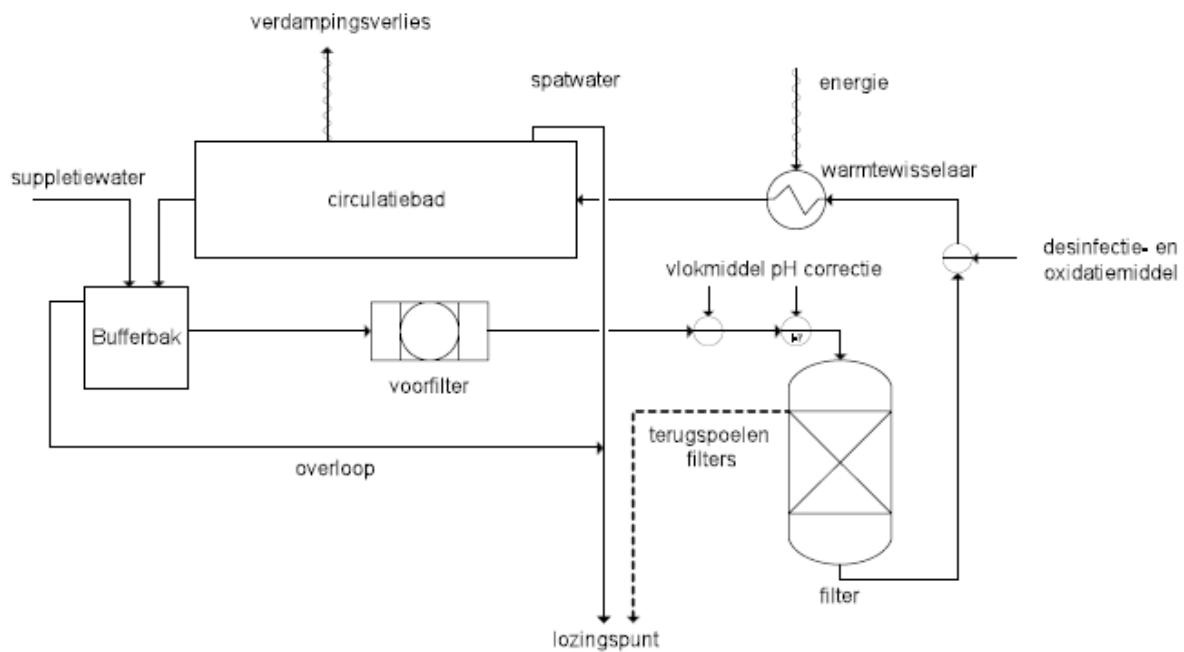
### ALGEMEEN OVERZICHT

Bij baden wordt een onderscheid gemaakt tussen baden met hergebruik en baden met eenmalig gebruik van het water. Bij baden met eenmalig gebruik wordt het water na elke bader ververs. Dit type van baden heeft een heel eenvoudige procesvoering. Deze baden worden in deze studie niet verder bekeken. Bij de baden met hergebruik van water worden twee types onderscheiden:

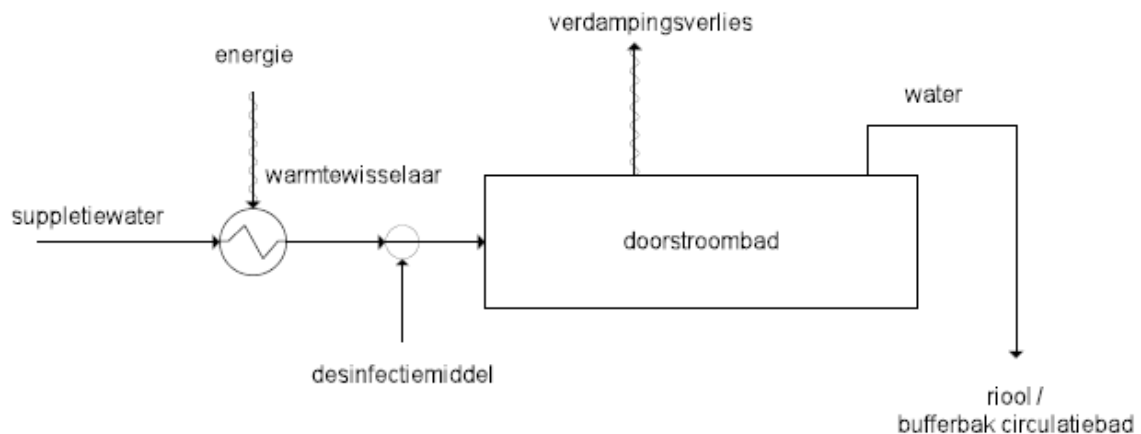
- circulatiebaden: de waterkwaliteit wordt in stand gehouden door het water voortdurend doorheen een waterzuiveringinstallatie te laten circuleren (zie Figuur 1);
- doorstroomde bassins: het bad wordt voortdurend doorstroomd met vers suppletiewater. Het verdrongen water komt niet meer in het bad, het wordt naar het riool gestuurd of het komt in het waterzuiveringstelsel van een circulatiebad terecht (zie Figuur 2).

Tot de eerste groep horen de (natuurlijke) zwembaden, hot whirlpools en therapiebaden zoals vermeld in [artikel 1.1.2.](#) van VLAREM II. Dompelbaden behoren tot het type van doorstroomde bassins. Plonsbaden zijn verboden sinds oktober 2022 en zijn dus ook niet meer verder opgenomen.





**Figuur 1: Schema van een circulatiebad**



**Figuur 2: Schema van een doorstroombad**

Natuurlijke zwembaden zijn anders opgebouwd en bestaan uit twee delen, namelijk een zwemzone en een regeneratiezone. Het water loopt via een overloop uit dit zwembad, waarbij een skimmer zorgt voor de verwijdering van grof materiaal. Hierna belandt het water in de regeneratiezone die zowel een mechanische als een microbacteriële werking heeft. Het filtermedium (zand/grind/lava/...) vangt het fijne materiaal af, waarna dit verder wordt afgebroken door de aanwezige bacteriën tot nutriënten voor de waterplanten. Hierna komt het water terug terecht in de zwemzone. Net als bij circulatiebaden staan ook hier pompen in voor de watercirculatie.

In dit type van zwembad worden geen chemicaliën toegevoegd. Wanneer hulpstoffen (bv. koper- of zilverionisatie) worden gebruikt om de waterkwaliteit op peil te houden, wordt het zwembad niet meer aanzien als een natuurlijk zwembad. Dit type van zwembad kan overwogen worden ter vervanging of bij renovatie van buitenzwembaden. Momenteel zijn er meer dan 20 000 publieke en private natuurlijke zwembaden verspreid over heel Europa waarvan een handvol in Vlaanderen terug te vinden is.

### 3.1 BESCHRIJVING VAN DE VERSCHILLENDE PROCESSTAPPEN

In onderstaande processen wordt de zuivering van circulatiebaden stapsgewijs besproken. Hierbij komt het te zuiveren water via een eventuele bufferbak terecht in de voorfiltratie. Nadien wordt de coagulatie/flocculatie toegepast alvorens het water door de eigenlijke filter te pompen. Hierbij volgt een pH-correctie van het water en zal het nadien na de (chloor)desinfectiestappen opgewarmd en terug in het zwembad gepompt worden (Figuur 1).

#### 3.1.1 DOORSTROMING VAN HET BAD

##### BESCHRIJVING

Het water kan op verschillende manieren doorheen het bad stromen alvorens het naar het waterbehandelingsysteem of het riool stroomt. Afhankelijk van de locatie van de toevoer- en uitstroomopeningen wordt er een onderscheid gemaakt tussen verticale (instroom via bodem of via zijwanden) of horizontale (langs en dwars) doorstroming. Het belangrijkste is dat er geen “dode hoeken” met stagnerend water in het zwembad aanwezig zijn, maar dat het bad overal doorstroomd wordt en het water bijgevolg overal ververscht wordt. In de [VLAREM II](#) regelgeving kan meer duiding gevonden worden met betrekking tot de architectonische normen en exploitatie van circulatiebaden.

##### MILIEUASPECTEN

Om het water te laten circuleren zijn circulatiepompen nodig die het water rondpompen. Afhankelijk van de inhoud van het bad, de belasting van het bad en het type van het bad zijn grotere pompen nodig die meer energie gebruiken. Voor hot whirlpools wordt een maximale turn-over periode van 10 minuten voorzien en een debiet van 3 m<sup>3</sup> per bader per uur. Voor grote circulatiebaden kan turn-over periode oplopen tot 2 à 4 uur afhankelijk van de capaciteit van het bad. Bij natuurlijk zwembaden streeft men naar een maximale turn-over van 12 uur. Als gevolg van deze lage turn-over periode zal het energieverbruik van de pompen voor natuurlijke zwembaden veel lager zijn dan bij een conventioneel zwembad.

#### 3.1.2 TOEVOER VAN WATER

##### BESCHRIJVING

De hoeveelheid toe te voegen water (het suppletiewater) is afhankelijk van het aantal baders, de verontreinigingen ingebracht door de baders, het gebruikte zuiveringssysteem en het waterverlies door o.a. verdamping. De minimaal toe te voegen hoeveelheid water is vastgelegd in [VLAREM II](#), namelijk 30 liter per bader. Volgens studies van SenterNovem (2007) varieert het suppletiewater per bezoeker tussen 43 en 88 liter en is dit afhankelijk van de wateroppervlakte van het zwembad. Het gebruikte water kan enkelvoudig of in combinatie leidingwater, grondwater of gezuiverd regenwater/spoelwater zijn. Indien het suppletiewater geen leidingwater is moet dit voldoen aan de bacteriologische eisen voor drinkwater en dient het ten minste halfjaarlijks gecontroleerd te worden. Andere cijfers tonen aan dat het gemiddelde waterverbruik neerkomt op ongeveer 74 liter per bezoeker (Kengetallen Zwembaden, 2016-2020). In deze studie zal verder bekeken worden in hoeverre hiervoor ook intern gezuiverd (afval)water kan gebruikt worden (zie hoofdstuk 4). De watertoevoer kan automatisch of manueel gebeuren. Bij het gebruik van grondwater moet ijzer verwijderd worden, dit om de vorming van ijzerhydroxide neerslag te voorkomen (door reactie met het desinfectiemiddel). Het toegevoerde water wordt, eventueel samen met het circulatiewater, opgewarmd met behulp van een warmtewisselaar. De hoeveelheid energie die hiervoor nodig is, is afhankelijk van het debiet en de temperatuur van het water.

##### MILIEUASPECTEN

Bij de ingebruikname van het zwembad is er op korte tijd veel water nodig. Eenmaal het zwembad in gebruik genomen wordt, wordt het periodiek bijgevuld met vers water. Dit gebeurt meestal op het

moment van de filterspoeling (zie lager). Per bader wordt er minimaal 30 liter water toegevoegd. Ongeveer 50 tot 60% is nodig om het water dat geloosd wordt bij het spoelen van de filters te compenseren. De overige 40 tot 50% van het water gaat verloren als gevolg van verdamping en spatten of wordt meegenomen door de baders (haren, kleding, lichaam).

### 3.1.3 VOORFILTRATIE

#### BESCHRIJVING

De eerste zuiveringsstap op het zwembadwater is een voorfilter. Deze heeft als doel de circulatiepompen te beschermen en verstopping van de filter te voorkomen. Bij een open zandfilter is het niet strikt noodzakelijk om een voorfilter te plaatsen. Voorfilters verwijderen op mechanische wijze grove verontreinigingen zoals haren, pleisters en vezels. Het zijn grote zeven met een maaswijdte van 1 tot 4 mm. De voorfilter wordt regelmatig gereinigd, de vaste stoffen worden manueel verwijderd.

Trommelfilters zijn een meer recente techniek als voorfilter bij (zand)filters. Hierbij wordt de filter ontlast door 90% van de vervuiling voortijdig af te vangen en bijgevolg kan de zandfilter kleiner gedimensioneerd worden ([VLAREM II](#) voorziet een ondergrens voor de dimensionering dus zou een toelating moeten voorzien worden bij bepaalde constructies). Het weerhouden materiaal wordt nadien als afvalstof afgevoerd. Door de verhoogde verwijdering van organisch materiaal zullen er minder desinfectiebijproducten gevormd worden. Schattingen geven aan dat het spoelwater en het energieverbruik tot respectievelijk 70 en 50% zou kunnen dalen ten opzichte van een traditioneel zandfiltersysteem als gevolg van de gravitaire werking van de trommelfilter en de kleinere zandfilter. Momenteel wordt de techniek al toegepast in verschillende zwembaden in Europa (Nederland, Duitsland, Polen, Litouwen), waaronder 3 zwemcomplexen in Vlaanderen (Clear drum, 2022).

#### MILIEUASPECTEN

De hoeveelheid afvalstoffen uit de voorfiltratie is minimaal. Omwille van de oorsprong gaat het om bedrijfsafval. Bij gebruik van nieuwere technieken zoals trommelfilters kan er een aanzienlijke hoeveelheid spoelwater en energie vermeden worden waardoor de milieuimpact van de waterzuivering aanzienlijk kan inkrimpen. Door kleinere zandfiltercapaciteit en frequentiedaling van het spoelen (herleid tot het minimum) kan er een directe besparing van spoelwater gebeuren. De energiebesparing kan indirect gerealiseerd worden omdat minder geconditioneerd water verloren gaat en doordat het water onder vrij verval door de fijnmazige zeefdoek stroomt.

### 3.1.4 COAGULATIE EN FLOCCULATIE

#### BESCHRIJVING

Zeer kleine verontreinigingen (< 8 µm) worden niet weerhouden door de zand- of hydro-antracietfilters en zullen de troebelheid van het water verhogen. Om dit te voorkomen worden, voorafgaand aan de filtratie, coagulatie- en flocculatiemiddelen toegevoegd zodat kleine verontreinigingen samen klitten tot grotere vlokken (> 100 µm) die beter afgescheiden kunnen worden. Binnen de sector van de zwembaden wordt hiervoor doorgaans aluminiumsulfaat ( $Al_2(SO_4)_3$ ) en polyaluminiumchloride gebruikt<sup>2</sup>. Andere voorbeelden zijn varianten van o.a. ijzerchloride en ijzersulfaat of laag moleculaire polymeren. Wanneer het water gefilterd wordt m.b.v. een diatomeeënaardefilter, worden er geen coagulatie- of flocculatiemiddelen gebruikt. Bij natuurlijke zwembaden is geen coagulatie of flocculatie aanwezig.

---

<sup>2</sup> Deze stoffen zijn toegelaten voor de productie van drinkwater (bijlage 4 van het Besluit van de Vlaamse Regering van 13 december 2002) en bijgevolg toegelaten in de waterbehandeling van zwembaden.

## MILIEUASPECTEN

Door het toedienen van coagulatie- en/of flocculatiemiddelen zal het gehalte aan zouten en metalen in het water toenemen, dewelke uiteindelijk in het afvalwater terecht komen. Ook belangrijk is de correcte opslag van deze stoffen om eventuele bodemverontreiniging te vermijden.

### 3.1.5 FILTRATIE

#### BESCHRIJVING

Zandfilters zijn de traditioneel gebruikte filters in de zwembadwereld. Daarnaast zijn er alternatieven die gebruikt worden, elk met hun eigen voor- en nadelen. Hier spreken we over glasfilters, pre-coatfilters (o.a. diatomeeënaarde), koolfilters en zeoliet. Daarnaast kan de filtratie van het zwembadwater ook gebeuren met behulp van membranen. Bij natuurlijke zwembaden wordt het water eveneens gefilterd in een zandfilterbed. Hier gaan de aanwezige micro-organismen de verontreinigingen afbreken in plaats van terug te spoelen.

Een filter bestaat uit poreus korrelvormig materiaal waardoor het water stroomt. De filtrerende werking is gebaseerd op 5 principes (PWTAG, 2017):

- zeefeffect: Deeltjes groter dan de gebruikte korrelgrootte worden gevangen op het filterbed. De meeste baden gebruiken zand van 0,5 tot 1 mm, waarbij poriën ontstaan van ongeveer 77 µm.
- sedimentatie: sommige deeltjes zullen, als gevolg van hun gewicht, een neerwaartse snelheid hebben die groter is dan deze van het water en zullen sedimenteren op het filteroppervlak. (Dit effect is vergelijkbaar met het bezinken in een sedimentatiebekken). De filtersnelheden mogen niet te groot zijn voor een goede sedimentatie;
- adsorptie: afhankelijk van de aard en lading van sommige deeltjes zullen deze adsorberen aan de filterdeeltjes;
- chemische activiteit: door toevoegen van coagulanten en eventueel flocculanten zullen grotere verontreinigingen gevormd worden welke verwijderd worden door de zeefwerking, sedimentatie of adsorptie;
- biologische activiteit: deze werking is van belang in natuurlijke zwembaden waar micro-organismen de aanwezige verontreinigingen zullen afbreken. Dit kan spontaan optreden in andere filters, waarbij ze de (an)organische verontreinigingen op de filter gebruiken als voedingsmedia. De keerzijde is dat moet opgelet worden dat deze micro-organisme niet de bron worden van een zwemwatercontaminatie.

Voor een goede werking (en zoals bepaald door [VLAREM II](#)) van de filter wordt gestreefd naar snelheden tussen 10 en 30 m/h en een filterbedhoogte van minimum 1 meter. Bij hogere snelheden gaat het sedimenterende en adsorberende vermogen van de filter verloren. Bij lagere filtersnelheden zijn veel grotere filters nodig. Daarnaast worden de filters regelmatig teruggespoeld. Indien dit niet gebeurt zou de filter op termijn zijn werking verliezen doordat alle poriën verzadigd raken. Volgens [VLAREM](#) moet dit minimum tweemaal per week gebeuren volgens een precies omschreven procedure. De terugspoeling van een filter bestaat erin een krachtige opwaartse water- en/of luchtstroom doorheen het filterbed te sturen. Bij een bepaalde water- en/of luchtsnelheid zal het bed gaan zweven (fluidisatie), hierdoor gaan de korrels langs elkaar schuren en komen de aangehechte verontreinigingen los.

#### 3.1.5.1 ZANDFILTRATIE

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen open en gesloten zandfilters. Bij een open zandfilter is de druk van de waterkolom op het filterbed de drijvende kracht voor de stroming van het circulerende water door het filterbed. Bij een gesloten zandfilter wordt de stroming van het circulerende water bepaald door het drukverschil van de waterkolom boven het filterbed en de waterkolom onder het

filterbed. Bij zandfilters zal er zich boven op de filter een koek vormen van verontreinigingen. In deze koek worden grotere verontreinigingen tegengehouden, hierdoor zal de efficiëntie van de filter stijgen maar het debiet afnemen. Bij zandfilters wordt geadviseerd om de filtratiesnelheid te beperken tot 20 m/h<sup>3</sup>. Terugspoelen gebeurt met water en lucht onder druk. De eerste minuten na het terugspoelen van de filters is de filterwerking nog niet optimaal. Het water dat op dat moment doorheen de filters gaat, wordt daarom naar het riool gestuurd of nog enkele keren over de zandfilter gecirculeerd om het te zuiveren en zo lozing te vermijden.

### 3.1.5.2 HYDRO-ANTRACIET (DUBBELLAAGFILTER)

Een hydro-antraciet of dubbellaagfilter is gebaseerd op een diepbedfiltratie, waarbij de bovenste laag filtermateriaal een kleiner soortelijk gewicht heeft dan de onderste laag filtermateriaal. Meestal wordt voor de bovenste laag grof hydro-antraciet en voor de onderste laag fijn zand gebruikt. Dankzij de grof-fijn verdeling kunnen de verontreinigingen dieper in het filterbed binnendringen, waardoor de vuilberging van de filter vergroot wordt. Een bijkomend voordeel is de hogere filtersnelheid (tot 30 m/h), waardoor de filters kleiner gedimensioneerd kunnen worden dan klassieke zandfilters. Voor het terugspoelen wordt enkel water gebruikt en geen lucht daar een water-lucht mengsel leidt tot een snellere beschadiging van het hydro-antraciet. Een hydro-antracietfilter komt sneller in fluidisatie bij omspoeling waardoor het spoelwaterdebiet 30% lager is dan bij een klassieke zandfilter. De reden hiervoor is o.a. dat het eerste water na terugspoelen direct kan ingezet worden, terwijl dit bij een zandfilter richting riool moet gestuurd worden. Bovendien worden ureum en chlooramines in het hydroantracietstelsel opgevangen.

### 3.1.5.3 ACTIEF KOOLFILTER

Bij actief koolfilters wordt een onderscheid gemaakt tussen twee zuiveringsmechanismen. Enerzijds spreekt men over de adsorptie van organische verbindingen aan de actief kool, anderzijds over de bacteriologische werking waarbij ureum wordt verwijderd.

Organische verbindingen adsorberen aan actief kool en worden daardoor uit het water verwijderd. De vervanging van het filtermateriaal is afhankelijk van de grootte van de actief koolfilter en het waterdebiet dat er overheen gestuurd wordt. Uit metingen blijkt dat het verwijderingsrendement voor vrij en gebonden chloor na 10 dagen reeds gehalveerd is (Barbot en Moulin, 2008). Een richtlijn naar vervanging zou rond de twee maanden zitten om een correcte werking te behouden, doch de meeste zwembaden blijken pas na een of meerdere jaren hun actief kool te vervangen<sup>4</sup>.

Doordat het vrij en gebonden chloor verwijderd wordt in een actief koolfilter, is de bacteriologische activiteit veel groter dan in andere filtertypes. Bepaalde van deze bacteriën produceren urease. Dit enzym zal ureum afbreken, wat een gunstige invloed heeft op het gehalte aan trichlooramines (Senten en Calders, 2007). Deze filter wordt voornamelijk geplaatst bij baden die zwaar belast zijn. Het nadeel is dat chloor ook verwijderd wordt, waardoor het verbruik van desinfectiemiddel stijgt en de actief kool niet gedesinfecteerd wordt. Het gevolg hiervan is dat er zich ziektekiemen kunnen ontwikkelen in de filter (Jeppensens et al., 2000). Ook dit type filter moet regelmatig (min. 2 maal per week) teruggespoeld worden. Een actief koolfilter kan op de volledige afvalwaterstroom of op een deelstroom (10 tot 20%) geplaatst worden waarbij de laatste optie meer voorkomt.

<sup>3</sup> Persoonlijke communicatie L. Feyen, Labo Derva

<sup>4</sup> Persoonlijke communicatie R. Calders, PIH en L. Feyen, Labo Derva

### 3.1.5.4 GLASFILTER

Glasfilters bestaan uit verkleind (gerecycleerd) glas. Kleine partikels worden gemakkelijker verwijderd, wat leidt tot helder water. Het gewicht is lager dan dat van zand, waardoor de filters gemakkelijker en sneller terug worden gespoeld (CWC, 1998). Ook zou er minder biofilmvorming optreden in vergelijking met zandfilters (waardoor minder trichlooramines geproduceerd zouden worden), al is deze claim tot op heden niet concreet gestaafd (PWTAG, 2017). Een belangrijk nadeel is de prijs, daar de aankoop van hoger ligt dan deze van zand.

### 3.1.5.5 MEMBRAANFILTRATIE

In zwembaden kunnen membranen ingezet worden als alternatief voor de klassieke filters of als zuivering op het terugspoelwater van de filters, met als doel een deel van het water te recupereren. Deze kunnen onderverdeeld worden in microfiltratie, ultrafiltratie, nanofiltratie en omgekeerde osmose waarbij de eerste twee voornamelijk terug te vinden zijn bij zwembaden. Details van deze technieken zijn terug te vinden in hoofdstuk 4 (zie paragraaf 4.2.4).

#### MILIEUASPECTEN

Het water dat gebruikt wordt voor het terugspoelen van de filters levert de grootste bijdrage aan het waterverbruik. De hoeveelheid water die vrijkomt, is afhankelijk van de grootte van het zwembad en van het gekozen filtersysteem. Het spoelwater, dat heel wat verontreinigingen bevat, wordt meestal ongezuiverd geloosd. In principe is de vuilvracht onafhankelijk van het gekozen filtersysteem. De concentraties hangen samen met het waterverbruik. De verschillende stoffen in het spoelwater zijn:

- door de zwemmers ingebrachte stoffen;
- restproducten van de desinfectie;
- restproducten van de flocculatie;
- restproducten van de oxidatie;
- filterbedmateriaal in het geval van diatomeeënaardefilters.

Algemeen kan gesteld worden dat het spoelwater gekenmerkt wordt door een laag BZV-, CZV-, stikstof en fosforgehalte, een hoog AOX-, chloride- en soms hoog sulfaatgehalte (afhankelijk van het gebruikte pH-correctiemiddel), een sterk variërend zwevende stof gehalte, een neutrale pH en vrij hoge temperatuur. Het filtermateriaal van de actief koolfilter en hydro-antracietfilter wordt regelmatig vervangen. Het afval dat hierbij vrijkomt, wordt beschouwd als bedrijfsafval.

### 3.1.6 PH-CORRECTIE

#### BESCHRIJVING

De pH-waarde van het zwembadwater is afhankelijk van de pH-waarde van het suppletiewater en van de aard en hoeveelheid van producten die in het waterbehandelingssysteem worden toegevoegd. De pH-waarde dient volgens [VLAREM II](#) tussen de 7,0 en 7,6 te blijven voor overdekte zwembaden, openluchtzwembaden, therapiebaden en hot whirlpools (uitzonderingen zijn het dompelbad en de natuurlijke zwembaden met range van respectievelijk 6,8 – 8 en 6 – 8,5). PH-correctie producten worden ingezet om de pH al dan niet te verlagen of te verhogen. De pH-correctie gebeurt automatisch, waarbij de doseerpomp wordt gestuurd op basis van de pH-meting.

Een te lage pH is corrosief voor metaal en cement en bevordert de vorming van oogirriterende chlooramines. Bij een pH lager dan 4 ontstaat chloorgas. Een te hoge pH is ongunstig voor het desinfectieproces (al het actieve chloor zal dan aanwezig zijn als hypochlorietionen, en zodoende niet meer als actief desinfecterende stof) en vlokvorming. Het water wordt irriterend voor de huid en er kan kalksteen afgezet worden in het bad.

Door het gebruik van natriumhypochloriet (NaOCl) als desinfectie- en oxidatiemiddel zal de pH-waarde toenemen. De pH wordt op peil gehouden door een zuur toe te voegen zoals zoutzuur (HCl), zwavelzuur (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) of koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) (zwakker en duurder zuur).

Bij natuurlijke zwembaden moet de pH-waarde tussen 6 en 8,5 liggen, maar in theorie is er geen pH-correctie nodig in een goedwerkende zwembadwater. Het is echter wel raadzaam om de pH nauwgezet op te volgen.

#### MILIEUASPECTEN

Door gebruik te maken van zwavelzuur voor de pH-correctie, komen sulfaten in het water terecht; bij het gebruik van zoutzuur komen chloriden in het zwembadwater. Deze stoffen komen uiteindelijk mee in het afvalwater terecht.

Onoordeelkundige opslag van zuren en basen kan aanleiding geven tot bodemverontreinigingen (lekken) en arbeidsongevallen. Dit laatste kan gebeuren wanneer natriumhypochloriet (het meest gebruikte desinfectiemiddel) in contact komt met zuur waardoor chloorgas gevormd wordt.

### 3.1.7 DESINFECTIE EN OXIDATIE (MET CHEMICALIËN)

#### BESCHRIJVING

Desinfectie en oxidatie zijn twee processen die gelijktijdig gebeuren door toevoegen van hypochloriet of een ander desinfectiemiddel. Door oxidatie worden de meeste opgeloste verontreinigingen zoals ammoniak, eiwitten, koolhydraten, vetten en aminozuren afgebroken. Het doel van de desinfectie is het doden en inactiveren van (ziekteverwekkende) micro-organismen. Volledig kiemvrij kan zwembadwater nooit zijn, maar de desinfectie heeft als doel het aantal kiemen terug te dringen tot op een aanvaardbaar niveau. In deze tekst wordt gesproken over “desinfectiemiddel” zonder altijd expliciet te verwijzen naar het oxiderende effect ervan. Indien een bepaald desinfectiemiddel geen oxidatieve werking zou hebben, wordt dit onder de nadelen beschreven.

Voor de totale kapitale kosten van het gebouw beslaat de waterzuivering ongeveer 3 à 5%. Kijkend naar de totale onderhoudskosten wordt de kost van de chemicaliën geschat op 1 à 2% (PWTAG, 2017). Op dit moment is volgens [VLAREM II](#) chloor het enige toegelaten oxidatie- en desinfectiemiddel, tenzij via de milieuvergunning een afwijking verleend wordt. Doch de enige stoffen die in zwembaden mogen gebruikt worden zijn deze vermeld in het [Besluit van de Vlaamse Regering van januari 2023 dat handelt over de kwaliteit, kwantiteit en levering van water bestemd voor menselijke consumptie](#). Artikel 12 stelt dat de waterleveranciers enkel behandelingschemicaliën mogen gebruiken die gecertificeerd zijn voor water bestemd voor menselijke consumptie en filtermaterialen die voldoen aan de NBN-EN-normen of andere relevante Europese normen. Dit leidt ertoe dat verwezen wordt naar de biocidenregelgeving van de federale overheid voor wat betreft de desinfectiemiddelen. Chemicaliën die gebruikt worden voor de desinfectie van drinkwater dienen over een PT5-erkenning te beschikken. De lijst van toegelaten producten is raadpleegbaar via de website van de [FOD Volksgezondheid](#). Voor desinfectie van drinkwater kunnen dus enkel hiervoor erkende producten gebruikt worden.

Volgende systemen worden hieronder besproken:

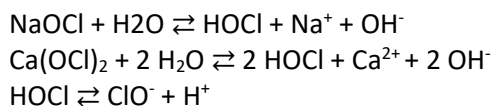
- § 3.1.7.1: chloor (1);
- § 3.1.7.2: zoutelektrolyse (1);
- § 3.1.7.3: anodische oxidatie (2);
- § 3.1.7.4: chloordioxide (1);
- § 3.1.7.5: chloro-isocyanuraat (1);
- § 3.1.7.6: broom (2);
- § 3.1.7.7: koper-zilver ionisatie (1);
- § 3.1.7.8: waterstofperoxide (1);
- § 3.1.7.9: polyhexamethyleen biguanide (2);
- § 3.1.7.10: tetrachlorodecaoxide (2).

1. Deze stoffen (of technieken waaruit de stof gevormd wordt) zijn opgenomen in [Verordening \(EU\) nr. 528/2012](#) betreffende biociden en beschikken over een PT5-erkenning voor de desinfectie van drinkwater.
2. Deze stoffen (of technieken waaruit de stof gevormd wordt) beschikken NIET over een PT5-erkenning.

### 3.1.7.1 CHLOOR

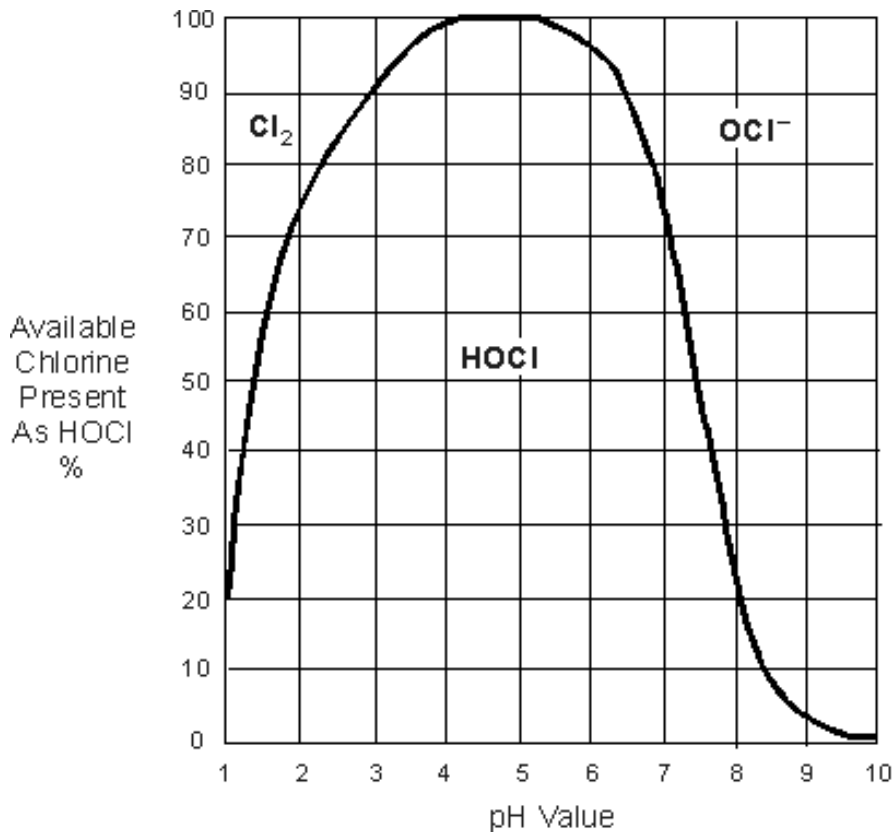
Chloor is het meest gebruikte desinfectie- en oxidatiemiddel. De desinfectie gebeurt meestal met chloor toegevoegd onder de vorm van natriumhypochloriet (NaOCl) of calciumhypochloriet (Ca(OCl)<sub>2</sub>). Chloorgas (Cl<sub>2</sub>) mag niet meer gebruikt worden sinds oktober 2022 en wordt dus verder niet meer besproken. Natriumhypochloriet kan aangeleverd worden in vloeibare vorm, of kan zelf geproduceerd worden door elektrolyse van zout (NaCl). Het natriumhypochloriet wordt gestockeerd in dagtanks, gescheiden van de opslagtanks van het zuur gezien bij vermenging van deze stoffen giftig chloorgas ontstaat (Flier, 1997; Belgochlor, 2007). Ca(OCl)<sub>2</sub> wordt aangereikt in poedervorm en heeft een hogere concentratie actief chloor. Een kostenvergelijking door Sportfondsen Nederland gaf echter aan dat de kostprijs voor dit product het viervoudige kan bedragen van NaOCl.

Het reactiemechanisme van chloor voor bovenstaande producten is als volgt:



HOCl: hypochlorig- of onderchlorigzuur is het actieve desinfectiemiddel (= “vrij actief chloor”). Het hypochloriet-ion (ClO<sup>-</sup>) heeft geen desinfecterende werking. De som van HOCl en ClO<sup>-</sup> wordt “vrij beschikbaar chloor” genoemd. Zoals blijkt uit Figuur 3 is de pH bepalend voor de concentratie van het hypochlorigzuur. Bij zwembaddesinfectie streeft men naar een verhouding van ongeveer 70% HOCl en 30% ClO<sup>-</sup>. De correcte pH (cfr. VLAREM II) van het badwater is belangrijk opdat geen chloorgas gevormd kan worden, het is namelijk een sterk irriterend gas (ademhalingsstelsel, ogen en huid) en zeer toxisch voor aquatische organismen en daarnaast ook fytoxisch (Vankerkom et al., 2004). Bij het gebruik van natriumhypochloriet zal echter de pH stijgen, zodat een zuur nodig is om de pH op peil te houden.





**Figuur 3: Percentages HOCl, OCl<sup>-</sup> en Cl<sub>2</sub> in functie van de pH**

Chloor heeft als voordeel zeer doeltreffend te zijn in zijn (blijvende) werking en is wijdverspreid en gekend. Verder is het zeer makkelijk in gebruik (Burlion et al., 2004). Een nadeel is het ontstaan van desinfectiebijproducten waaronder chlooramines. Anorganische chlooramines worden zeer snel gevormd als chloor toegevoegd wordt aan water dat ammonium bevat (bij zwembaden bijvoorbeeld onder de vorm van ureum). De vluchtigheid (en oplosbaarheid) is afhankelijk van de stof: monochlooramine is weinig vluchtig, dichlooramine en trichlooramine zijn respectievelijk ongeveer 3 en 300 keer meer vluchtig. Monochlooramine bevindt zich voornamelijk in het zwembadwater en is weinig irritant. Trichlooramine is de belangrijkste gechloroerde verontreiniging in de lucht van zwembaden, is sterk irriterend en is verantwoordelijk voor de bekende geur. De eerste klachten bij bezoekers van zwembaden komen bij een concentratie van 0,5 µg/m<sup>3</sup>, een concentratie van 0,7 µg/m<sup>3</sup> wordt als overdreven beschouwd. In 2015 en 2016 werd een grootschalig project opgezet door DZ waarbij trichlooramines op verschillende plaatsen in de zwembadhal opgemeten werd. Daarbij zag men dat in 2015 (metingen in 74 zwembaden) en 2016 (metingen in 70 zwembaden) de grenswaarde overschreden werd in 5,7 en 12,8% van de gevallen respectievelijk.

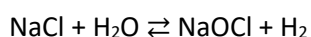
In zwembaden worden gehalogeneerde organische verbindingen gevormd tijdens desinfectie. Het chloor reageert met de constante input van organische verbindingen afkomstig van zwemmers zoals zweet, speeksel, urine en allerlei verzorgingsproducten. Zo werden er in zwembaden in Barcelona meer dan 100 desinfectiebijproducten geïdentificeerd (Richardson et al., 2010). De belangrijkste groepen van desinfectiebijproducten zijn trihalomethanen (THM), haloacetaten, halamines, cyanogene haliden, haloacetonitrilen, N-nitrosamines, haloacetaldehyden, halo ketonen, halonitromethanen en haloacetamides (Carter en Joll, 2017). Doordat AOX uit vele verschillende verbindingen bestaat en er een mogelijke variatie is tussen zwembaden in samenstelling, is het moeilijk om de ecotoxiciteit van AOX voor zwembaden eenduidig te bepalen. Er zijn echter studies beschikbaar waar werd aangetoond dat zwembadwater in nagenoeg alle geteste gevallen mutagene effecten had (Richardson et al., 2010). De THM zijn, kwantitatief gezien, de belangrijkste desinfectie-bijproducten in het water. Het zijn vluchtige producten die terug te vinden zijn in het water en in de lucht van zwembaden.

Chloroform is kwantitatief de belangrijkste van de THM (tenminste in zoetwater). Een studie naar aanwezigheid van enkele THM in zwembadwater (54 zwembaden over de periode van één jaar) gaf aan dat 97% van de gemeten THM als chloroform geïdentificeerd werd (Simard et al., 2013). Chloroform is irriterend voor de huid en de ogen en door het International Agency for Research on Cancer geklasseerd als mogelijk kankerverwekkend. In de zwemomgeving is de opname van THM zoals chloroform via inhalatie veel groter dan ingestie of dermale opname (Lee et al., 2009). Het is door een toename van de watertemperatuur, zwemactiviteit en blazers (zoals bijvoorbeeld in whirlpools) dat de volatiliteit van deze desinfectiebijproducten (DBP) versnelt waardoor inhalatie (zeker bij indoor zwembaden) één van de belangrijkste blootstellingsmechanismen wordt. Chen et al. (2011) rapporteerde ook dat 99% van het risico van blootstelling aan THM verder kwam van inhalatie van chloroform. In de review van Carter en Joll (2017) werden chloroformgehalten (in de aanwezige lucht) beschreven tussen 12 en 320 µg/m<sup>3</sup> met uitschieters tot 853 µg/m<sup>3</sup>. In de VITO studie (2004) werd de drempelwaarde voor levertoxiciteit (100 µg/m<sup>3</sup>) beschreven als het belangrijkste gezondheidseffect ten gevolge van langdurige blootstelling. Deze waarde werd meermaals overschreden maar wanneer men er echter rekening mee houdt dat de blootstelling niet continu is maar beperkt in de tijd (bv. 5 maal zwemmen per week gedurende 60 minuten), ligt de berekende blootstellingdosis (op basis van de maximaal gemeten chloroformconcentraties) onder de drempelwaarde voor toxische effecten ten gevolge van langdurige blootstelling.

### 3.1.7.2 ZOUTELEKTROLYSE

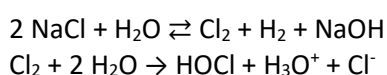
Bij het gebruik van zoutelektrolyse wordt het hypochloriet ter plaatse geproduceerd uit zout (NaCl). Het desinfectiemechanisme is beschreven onder §3.1.7.1. Het elektrolysesysteem kan op twee manieren uitgevoerd worden, namelijk het doorstroomsysteem of de membraancel.

Bij de *doorstroomcel* (Vlaardingerbroek en van Straaten, 2007) zijn anode en kathode in een ruimte ondergebracht. Er zijn verschillende uitvoeringsvormen, de meest gebruikelijke werkwijze is die waarbij de cel gevoed wordt met een verdunde ontharde pekeloplossing. Uit de cel komt een natriumhypochlorietoplossing met een sterkte van 5 à 9 gram chloor per liter en een pH van circa 9.



De chlooroplossing wordt tijdelijk opgeslagen, waarna het toegevoegd wordt aan het te behandelen zwembadwater. Niet al het zout wordt in een doorstroomcel omgezet in hypochloriet, waardoor een deel van de pekeloplossing in het zwembad terecht komt. Als gevolg hiervan neemt het chloridgehalte van het zwembadwater toe (afhankelijk van de efficiëntie van de cel en de hoeveelheid chloor die aangemaakt wordt). Dit effect wordt ook wel “chloridelek” genoemd. Het water dat gebruikt wordt bij zoutelektrolyse wordt vooraf onthard, waardoor de elektroden na verloop van tijd niet omgepoold hoeven te worden. Het waterstofgas dat bij zoutelektrolyse ontstaat, dient direct te worden afgevoerd. Voor de productie van 1 kg chloor geldt dat ± 3,5 kg NaCl nodig is bij een elektrisch verbruik van ± 6 kWh.

Bij de *membraancel* zijn de anode en kathode van elkaar gescheiden door een membraan. Het chloorgas en de loog kunnen nu niet met elkaar in contact komen, waardoor het mogelijk is de cel met een geconcentreerde(re) zoutoplossing te voeden. Het bij de anode vrijgemaakte chloorgas wordt met behulp van onderdruk aan het zwembadwater toegevoegd. Het aan het zwembadwater toegevoegde chloor zal hydrolyseren, waarbij hypochlorigzuur ontstaat.

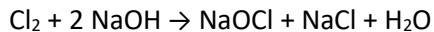


Het bij de kathode gevormde loog kan worden gebruikt voor de pH correctie of wordt al dan niet na verdunnen rechtstreeks of met filterspoelwater naar het riool afgevoerd. Voor de productie van 1 kg chloor is hier  $\pm 2,5$  kg NaCl nodig bij een elektrisch verbruik van  $\pm 3,5$  kWh.

Zoutelektrolyse kan dus gestuurd worden waardoor enkel de hoeveelheid hypochloriet gemaakt wordt die effectief nodig is voor de zuivering. Ook zijn geen additionele bewaringsmiddelen nodig zoals bij traditioneel chloorgebruik, omdat daar het natriumhypochloriet snel zelf geoxideerd kan worden. Dit type systeem heeft een hogere aankoopprijs maar is veiliger in gebruik en onderhoud, waardoor de kosten op lange termijn lager zullen zijn. Over het algemeen worden voor dit systeem dezelfde nadelen geregistreerd als bij het traditioneel chloorgebruik. Toch blijkt uit de studie van Granger en Richardson (2022) op een 60-tal DBP dat bij het elektrolysesysteem er een toename is van 15% in de gemiddelde hoeveelheid aanwezige DBP. Echter, in vergelijking met het traditionele systeem is er een verlaging van respectievelijk 45% en 15% in de berekende cyto- en genotoxiciteit. Dit duidt erop dat een lage residuele concentratie chloor even belangrijk is als bijvoorbeeld het limiteren van de badbezoekers. Daarop geeft de studie aan dat voor beide systemen voldoende ventilatie noodzakelijk is omwille van de blootstelling aan meer volatiele DBP.

### 3.1.7.3 ANODISCHE OXIDATIE

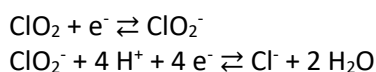
Bij anodische oxidatie wordt NaCl aan het zwembadwater toegevoegd in hoeveelheden tot  $2 \text{ kg/m}^3$ . Het chloridengehalte neemt daarmee toe tot een concentratie van  $\pm 1200 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ . Meestal wordt in een deelstroom van het circulatiesysteem een elektrodepakket geplaatst. In kleinere baden wordt gewerkt met een lager chloridengehalte, namelijk  $300 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$  (Vlaardingerbroek en van Straaten, 2007). Het zoute water stroomt van de anode naar de kathode. Het bij de anode gevormde chloor komt dan in contact met water met een verhoogde pH en gaat daarbij over in natriumhypochloriet volgens:



De elektroden moeten regelmatig worden omgepoold om kalkaanslag te voorkomen. Anodische oxidatie wordt vooral toegepast in kleine zwembaden, omdat bij grote zwembaden het zoutgehalte relatief laag is en de elektroden een groter oppervlakte moet bevatten. Dit leidt tot hogere investeringskosten en bij kleinere baden speelt dit aspect minder. Er zijn geen publiek toegankelijke zwembaden gekend die met deze techniek zijn uitgerust. Verder verlaagt deze techniek de pH en zorgt de hoge zoutconcentratie voor een slechte watersmaak.

### 3.1.7.4 CHLOORDIOXIDE

Chloordioxide ( $\text{ClO}_2$ ) is een sterk desinfectans. Het wordt niet geklasseerd onder de chloor desinfectanten omdat de werking verschillend is van die van chloorgas en hypochloriet. Er wordt geen vrij chloor geproduceerd, maar wel chloriet ( $\text{ClO}_2^-$ ) en chloraat ( $\text{ClO}_3^-$ ) (Verbeeck, 2008). Het chloordioxide valt de elektronrijke kern van organische moleculen aan. Daarbij wordt een elektron overgedragen en ontstaat chloriet:



In tegenstelling tot chloor, reageert chloordioxide niet met ammoniak en nauwelijks met andere stikstofverbindingen. Hierdoor worden er geen trichlooramines gevormd. In zijn optimaal pH-gebied (pH 9) is het efficiënter dan chloor maar bij neutrale pH blijkt chloor efficiënter te zijn. Ook worden er schadelijke chlorieten en chloraten gevormd dewelke nu al genormeerd zijn in o.a. drinkwater. Verder kan chloordioxide bij te hoge concentratie schade veroorzaken aan weefsels en bloedcellen. Tot slot is

het onder druk explosief en dus niet eenvoudig te transporteren. Daarom is plaatselijke productie aangewezen wat voor een hoge kostprijs kan zorgen die tot 10 maal duurder is dan chloor.

### 3.1.7.5 CHLORO-ISOCYANURAAT

Chloro-isocyanuraat wordt in tabletvorm aan het zwembadwater toegevoegd. Eenmaal in contact met water, wordt chloor (inclusief de evenwichtsproducten hypochlorigzuur en hypochloriet) en cyaanuurzuur gevormd. De relatie tussen de residuele chloor en het niveau van cyaanuurzuur is heel kritisch en moeilijk te behouden. Het is het hypochloriet dat hier de desinfecterende werking uitoefent (PWTAG, 2017).

chloro-isocyanuraat in water  $\rightleftharpoons$  hypochloriet + cyaanuurzuur

Chloro-isocyanuraat wordt omwille van de variatie in badbelasting bij grote zwembaden meestal in kleinere private zwembaden gebruikt. Toch blijkt dat sommige zwembaduitbaters het ook in publieke zwembaden gebruiken als bijkomend desinfectiemiddel. Dit laatste wordt echter afgeraden, omdat het cyaanuurzuur in het water aanwezig blijft en de volledige hypochlorietbalans kan verstoren. Bovendien verbiedt [VLAREM II](#) het gebruik van chloorstabilisatoren (waaronder deze stof valt).

### 3.1.7.6 BROOM

De werking van broom is gelijkaardig aan deze van chloor. Broom kan toegediend worden onder de vorm van NaBr (in combinatie met een chloordonor) of BCDMH (1-bromo-3-chloro-5,5-dimethyl-hydantoin) (PWTAG, 2017). Broom werd vroeger vaker als desinfectiemiddel gebruikt, vandaag wordt het nog zelden toegepast in andere landen.

### 3.1.7.7 KOPER-ZILVER IONISATIE

Koper- en zilverionen komen vrij door elektrolyse van koper- en zilverstaven. De zilverelektrode staat daar waar in andere baden de chlorering gebeurt waarbij de gevormde zilverionen dienst doen als desinfectiemiddel. Zilverionen zorgen voor de destructie van het celmembraan en de eiwitstructuren van micro-organismen. Het koper doet dienst als vlokmiddel en moet voor de filters staan (Vlaardingebroek en van Straaten, 2007).

De techniek werd enkele jaren gebruikt voor private zwembaden maar bleken als enige behandeling niet geschikt. Meer recent worden deze wel gebruikt in combinatie met een chloor of broom gebaseerde desinfectie (PWTAG, 2017). Zo is in Vlaanderen koperionisatie geïntroduceerd in negen zwembadcomplexen (en nog vier in aanbouw) als finale stap in een driedelige setup in combinatie met een oxidatie- en UV-eenheid om zo met lagere chloordosering te kunnen werken (Novinato, 2024). De koperionen worden hier ingezet als middel om bacteriën en virussen te verzwakken met uiteindelijk doding tot gevolg. De milieu-impact en voor- en nadelen worden in hoofdstuk 4 besproken (4.1.2.1).

### 3.1.7.8 WATERSTOFFEROXIDE

Waterstofperoxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) is een oxidans dat gestabiliseerd wordt met zilver. Om voldoende effectief te zijn voor de desinfectie van zwembadwater zijn vrij hoge dosissen vereist (Vlaardingebroek en van Straaten, 2007). De milieu-impact en voor- en nadelen worden in hoofdstuk 4 besproken (4.1.2.2).

### 3.1.7.9 POLYHEXAMETHYLEEN BIGUANIDE

Polyhexamethyleen biguanide of PHMB (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>N<sub>5</sub>Cl<sub>n</sub> met n = 12–16) bevat zes biguanide groepen die zich kunnen binden aan de fosfolipiden van de plasmamembranen van micro-organismen. Dit veroorzaakt lekkage van de cel met celdood als gevolg. Het desinfectiemiddel is vooral gekend als contactlensvloeistof (Mailoa, 2005). Het middel is met wisselend succes geprobeerd in 4 Franse

zwembaden (Burilon et al., 2004). PWTAG (2017) geeft aan dat PHMB geen volwaardig alternatief is voor publieke zwembaden en adviseert om het enkel te gebruiken in private zwembaden.

PHMB is op zichzelf een effectief desinfectiemiddel dat geen effect heeft op de pH en makkelijk te manipuleren en stockeren is. Het heeft echter geen zuiver oxidatieve werking (en breekt dus geen vervuiling af) en de dosering is moeilijk te bepalen door interferentie met  $\text{NH}_4^+$ -ionen. Het middel mag ook niet in combinatie met chloor gebruikt worden. Verder verhoogt het product de turbiditeit van het water en leiden te hoge dosissen tot irritatie van de ogen en onaangename smaak. Het is bovendien mogelijk dat bepaalde bacteriesoorten resistent zijn aan dit product en dat het bij verhoogde temperatuur minder efficiënt wordt (Burilon et al., 2004). Ook werd aangetoond dat het product toxische effecten kan vertonen in menselijke cellen met ontsteking, atherogenese en veroudering tot gevolg (Kim et al., 2013).

### 3.1.7.10 TETRACHLORODECAOXIDE

Tetrachlorodecaoxide kan, in combinatie met chloor, een kleine hoeveelheid chloordioxide (0,2 ppm) genereren in zwembadwater (zie 3.1.7.4 voor chloordioxide). Deze vloeistof wordt soms gedoseerd in kleine hoeveelheden in het circulatiesysteem. Vaak worden tegelijkertijd enkele kationische en anionische coagulanten (zoals aluminiumsilicaat) gedoseerd om de flocculatie-filtratie stap te verbeteren voorafgaand aan de chloor of hypochloriet dosering. Het systeem kan zijn voordeel hebben bij zwaar beladen zwembaden en recreatiebaden.

#### MILIEUASPECTEN

Het zijn vooral de chloorhoudende of gebruikende technieken waar de milieu-impact van bekeken wordt doordat deze nog steeds wereldwijd het meest gebruikt worden in desinfectie van zwembaden. Zo zijn vrij chloor, chloriden en AOX op te volgen componenten bij lozing. Hoge chloridengehalten wijzen dikwijls op een laag waterverbruik (zuinige filters e.d.) en omgekeerd komen lage chloridengehalten vaak overeen met hoge watergebruiken. Bijkomend moet de nodige aandacht gegeven worden aan de opslag en gebruik van chemicaliën om contaminatie naar de bodem te voorkomen. In Tabel 7 werd data van vergunde zwembadwaters (2017-2022) vergeleken met de [verplicht op te meten kwaliteitsparameters](#) uit VLAREM II (in geval van chlorering). Daaruit bleek dat de kwaliteit van de zwembadwater over de hele lijn grotendeels voldeed aan de huidige voorwaarden.

In een recente studie werd beschreven in welke hoeveelheid verschillende DBP voorkomen in zwembadwater (en hot whirlpools) die behandeld worden met chloor, broom en/of ozon (Carter en Joll, 2017). Trihalomethanen, samen met nog enkele andere volatiele DBP zoals chlooramines, worden verdacht van verantwoordelijk te zijn voor verschillende gezondheidsproblemen aan het ademhalingsstelsel geassocieerd met indoor zwemmen (Carter en Joll, 2017). Een deel van de beschreven DBP worden gecatalogeerd onder de AOX-componenten.

Bij een recente meetcampagne van 10 zwembaden in Vlaanderen in opdracht van VMM (2021) werd een gemiddeld AOX-gehalte gemeten van  $1263 \pm 1000 \mu\text{g/l}$  (6 staalnametijdstippen; mengstaal van 10 kleinere samples tijdens filterspoeling). Van alle staalnames zat minder dan 25% van de metingen onder de  $600 \mu\text{g/l}$ .

**Tabel 7: Samenstelling van vergunde zwembadwaters van 2017-2022 opgemeten volgens de verplichte parameters in VLAREM II (DZ, 2023)**

Parameter		Niet overdekt circulatiebad	Overdekt circulatiebad	Therapiebad	Hot whirlpool	Dompelbad
pH	<b>VLAREM</b>	<b>7,0 - 7,6</b>				<b>6,8 - 8,0</b>
	gemiddelde	7,26	7,27	7,24	7,28	7,38
	mediaan	7,25	7,27	7,22	7,28	7,34
	# stalen	10114	46316	2549	12655	2686
vrij chloor	<b>VLAREM</b>	<b>0,5 - 3</b>	<b>0,5 - 1,5</b>		<b>1,0 - 3,0</b>	<b>1,0 - 2,0</b>

Parameter		Niet overdekt circulatiebad	Overdekt circulatiebad	Therapiebad	Hot whirlpool	Dompelbad
(mg/l)	gemiddelde	1,48	1,11	1,49	1,72	1,76
	mediaan	1,30	1,04	0,99	1,60	1,60
	# stalen	9968	46257	2551	12459	2618
gebonden chloor (mg/l)	<b>VLAREM</b>	<b>&lt; 0,6</b>				
	gemiddelde	0,19	0,38	0,37	0,38	0,21
	mediaan	0,12	0,35	0,28	0,34	0,16
	# stalen	9966	46253	2551	12457	2618
chloriden (mg/l)	<b>VLAREM</b>	<b>&lt; 800<sup>a</sup></b>				
	gemiddelde	776	593	2377	625	296
	mediaan	593	450	302	450	160
	# stalen	8791	43969	2442	11661	1885
ureum (mg/l)	<b>VLAREM</b>	<b>&lt; 2,0</b>				
	gemiddelde	0,62	0,50	0,25	0,80	0,92
	mediaan	0,21	0,30	0,13	0,61	0,26
	# stalen	8843	43981	2431	11623	1884
oxideerbaarheid (mg O <sub>2</sub> /l)	<b>VLAREM</b>	<b>&lt; 5</b>				
	gemiddelde	1,40	1,62	2,68	2,28	1,56
	mediaan	1,16	1,20	1,23	2,00	1,30
	# stalen	8689	43864	2373	11468	1816
temperatuur (°C)	<b>VLAREM</b>	<b>&lt; 32<sup>b</sup></b>	<b>&lt; 32<sup>b</sup></b>	<b>&lt; 32<sup>b</sup></b>	<b>&lt; 38<sup>b</sup></b>	<b>&lt; 20<sup>b</sup></b>
	gemiddelde	26,5	29,8	31,1	34,9	20,0
	mediaan	27,3	29,8	31,4	35,5	18,7
	# stalen	10113	46340	2548	12706	2687
totaal kiemgetal bij 37 °C (n/ml)	<b>VLAREM</b>	<b>&lt; 100</b>				
	gemiddelde	108	49,0	54,6	101	159
	mediaan	0	0	0	0	0
	# stalen	10054	46024	2521	12570	2661
Coagulase positieve stafylokokken (n/100ml)	<b>VLAREM</b>	<b>0</b>				
	gemiddelde	12,1	15,3	3,99	29,5	45,0
	mediaan	0	0	0	0	0
	# stalen	10079	46090	2538	12589	2662
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (n/100ml)	<b>VLAREM</b>	<b>0</b>				
	gemiddelde	5,32	5,41	0,56	4,87	19,0
	mediaan	0	0	0	0	0
	# stalen	10081	46090	2544	12589	2662

<sup>a</sup> Die norm geldt niet het bij gebruik van zouthoudend water (> 2000 mg Cl/l) of bij het gebruik van zoutelektrolyse.

<sup>b</sup> Tenzij hiervoor een toelating door de afdeling, bevoegd voor het toezicht op de volksgezondheid, is verleend.

### 3.1.8 DESINFECTIE EN OXIDATIE (ZONDER CHEMICALIËN)

#### 3.1.8.1 OZON

Ozon wordt steeds in combinatie met een ander desinfectiemiddel ingezet (meestal samen met chloor). Ozon heeft een sterk oxidatieve werking, waardoor het niet rechtstreeks in contact mag komen met de baders. Het is toxisch en zwaarder dan lucht met nadelige effecten op de gezondheid (WHO, 2006). Restozon moet verwijderd worden met behulp van UV-licht of actief kool. De ozonisator wordt meestal in bypass geplaatst op 25% van het water. Wanneer het toestel voor de filters geplaatst wordt, zou dit een positief effect hebben op de flocculatie (Vlaardingerbroek en van Straaten, 2007). Volgens de Duitse DIN-norm (DIN 19643-4) dient, bij gebruik van ozon, het zwembadwater minimaal 3 minuten in contact

gebracht te worden met een ozonconcentratie van 0,8 tot 1,5 mg/l. Voor de productie van 1 kg ozon is 20 kWh elektrische energie nodig.

Heden wordt ozon niet meer ingezet bij Vlaamse zwembaden en wordt de techniek niet verder meer opgenomen (niet kostenefficiënt en brengt gezondheids- en veiligheidsrisico's met zich mee).

### 3.1.8.2 UV

UV-licht dient vooral als secundair desinfectieproces en wordt daarom vaak in combinatie met een ander desinfectiemiddel ingezet (meestal samen met een middel op basis van chloor). UV-licht heeft een golflengte tussen 180 en 400 nm. Hoe kleiner de golflengte, hoe groter de energie van de golf. UV-C is met een golflengte tussen 200 en 280 nm het meest effectief. Onder invloed van deze hoge energie zullen moleculaire bindingen gebroken worden (= fotolyse), waarbij het DNA, RNA en enzymen van bacteriën aangevallen worden. Ook worden chlooramines direct (openbreken N – Cl binding) en indirect (vorming hydroxylradicalen (OH·) en oxidatie) afgebroken. De effectiviteit van UV is afhankelijk van de contacttijd en de golflengte van het UV-licht. Bij een lage dosis worden enzymen gedegenerereerd maar kunnen zij terug herstellen. Het is dus van belang de juiste dosis te bepalen (Burlion et al., 2004; Vlaardingerbroek en van Straaten, 2007). De milieu-impact en voor- en nadelen worden onder hoofdstuk 4 besproken (4.1.3.4).

### 3.1.8.3 ELEKTRO-OXIDATIE

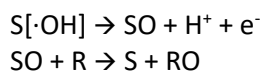
Elektrochemische oxidatie is gebaseerd op de toepassing van een elektrische stroom of een potentiaalverschil tussen twee elektroden (anode en kathode). Hierbij worden hydroxylradicalen of andere oxiderende componenten gevormd, afhankelijk van het anodemateriaal en het eventuele elektrolyt dat als hulpmiddel gebruikt wordt (Martín-Pozo et al., 2022). Op deze manier kan elektro-oxidatie op een direct of indirecte manier plaatsvinden.

Directe elektro-oxidatie zorgt ervoor dat de vervuiling of de doelcomponent gedegereerd wordt aan de anode door een directe ladingsoverdracht tussen beiden. Volgende reactie vindt plaats op het adsorptieoppervlak (S) van de elektrode ter vorming van het hydroxylradicaal (Feng et al., 1994):



Hydroxylradicalen hebben een zeer hoge redoxpotentiaal en gaan zeer snel op twee verschillende reactiemechanismen kunnen reageren (Martínez-Huitle et al., 2008).

Het oppervlak van “actieve” anodes gaat sterk interageren met de hydroxylradicalen wat leidt tot de vorming van superoxides (Simond et al., 1997). Deze zullen op hun beurt als mediator dienst doen in selectieve oxidatie van organische vervuiling. Doordat de radicalen sterk chemisch geadsorbeerd worden op het elektrodeoppervlak, zijn deze reacties gelimiteerd tot in de dichte nabijheid van het anodeoppervlak. R is de organische component die omgezet wordt tot een partieel geoxideerd product (RO) (Ganzenko et al., 2014):



Indien de electrode zwakke interactie vertoont met de radicalen spreken we van een “niet-actieve” anode. Hierbij worden de hydroxylradicalen fysisch geadsorbeerd op het elektrodeoppervlak met behulp van zwakke interactiekrachten en zijn ze dus vrij beschikbaar voor reactie met organische vervuilingen (Gazenko et al., 2014). Deze worden op hun beurt omgezet in volledig geoxideerde producten zoals CO<sub>2</sub> en reageren in een veel minder selectieve manier ten opzichte van “actieve” anodes (Martínez-Huitle et al., 2008):



Het onderscheid tussen “actieve” en “niet-actieve” anodes ligt vooral in hun zuurstof overpotentiaal. Elektroden met lage zuurstof overpotentiaal, zoals bijvoorbeeld platinum, grafiet of gemengde metaaloxiden, hebben een actief gedrag. Daar tegenover staan de “niet-actieve” anodes met hoge zuurstof overpotentiaal zoals looddioxide of boor gedopeerde diamanten elektroden (Ganzenko et al., 2014).

Bij indirecte elektro-oxidatie worden de vervuilende stoffen geëlimineerd door electrochemische generatie van een mediator die in de bulkoplossing kan reageren. Deze kan zowel anodisch of kathodisch ontstaan en is verantwoordelijk voor de oxidatie van pollutanten in het water. Voorbeelden van deze indirecte agentia zijn chloor, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en O<sub>3</sub>. Het is zo dat bijna eender welk zout oxidanten kan produceren die in de bulkoplossing reageren. Daarom kan ook deze set van processen voorkomen in alle elektrolyse reacties (Barrera-Díaz et al., 2014).

Zoals aangegeven in 3.1.7.7 koper-zilver ionisatie wordt vandaag een vorm van electro-oxidatie (gemedieerde electrolyse met hydroxylradicalen gevormd uit water) toegepast in combinatie met UV en koperionisatie in enkele Vlaamse zwembaden ter verlaging van de chloordosering (en dus verminderde vorming van DBP) in deze zwembaden (Novinato, 2022).

### 3.1.8.4 ELEKTRISCH VELD

Naast de gevormde oxidantia bij de electrochemische oxidatie is er ook het effect van de elektroden als rechtstreekse desinfectie, in dit geval het elektrisch veld. Dit elektrisch veld heeft een rechtstreekse impact op de aanwezige micro-organismen door het veroorzaken van onomkeerbare permeabilisatie in het celmembraan (Ghernaout, 2020).

Door het elektrisch veld dat van buitenaf inwerkt wordt het membraan geladen waardoor een transmembraan potentiaal ontstaat (Drees, 2003). Wanneer het membraan volledig is, wordt een kortstondige stabiele stroom door het membraan geïnitieerd waardoor het membraan permeabel wordt voor hydrofiele moleculen. De omkeerbaarheid van deze elektro-permeabilisatie is afhankelijk van het niveau van de gevormde potentiaal alsook de periode (tijdsduur) van het extern veld. Transmembraan potentialen hoger dan 1 V en langere pulstijden leiden daarbij tot permeabilisatie en celdood (Ghernaout, 2020).

### 3.1.9 ADDITIONELE TOEVOEGING VAN CHEMICALIËN

Om de buffercapaciteit van het water te verhogen kan natriumbicarbonaat toegevoegd worden. Hierdoor wordt het water minder onderhevig aan pH-schommelingen en verbetert het de flocculatie. In de huidige [VLAREM II](#) wetgeving wordt geen norm meer gelegd op de minimumhoeveelheid toe te voegen H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/l, maar wordt 60 mg/l nog steeds aangehouden als richtwaarde voor bicarbonaat.

Andere chemicaliën zoals natriumsulfiet, natriumthiosulfaat en waterstofperoxide kunnen in zwembadwater gebruikt worden om een eventuele overmaat van natriumhypochloriet te neutraliseren. In kalkhoudend water wordt bij de afbraak van chloor met natriumsulfiet of natriumthiosulfaat tevens gips (calciumsulfaat) gevormd. Gips is onoplosbaar in water, leidt tot troebel water en zet een harde korst af op het filterbed. Met natriumthiosulfaat zal ook de pH van het behandelde zwembadwater dalen. Dit is een nevenreactie met een gunstig effect omdat een overchlorering met natriumhypochloriet de pH steeds doet stijgen (Belgochlor, 2007). Waterstofperoxide wordt hiervoor in hoge concentraties (35%) gebruikt. Het heeft als voordeel dat het geen neerslag vormt en in vloeibare vorm kan toegevoegd worden.



### 3.1.10 LEDIGING VAN HET BAD

#### BESCHRIJVING

Eenmaal per jaar dient de bufferbak gereinigd te worden. Wanneer de waterkwaliteit onvoldoende is kan de toezichthoudende ambtenaar een volledige lediging van het bad eisen.

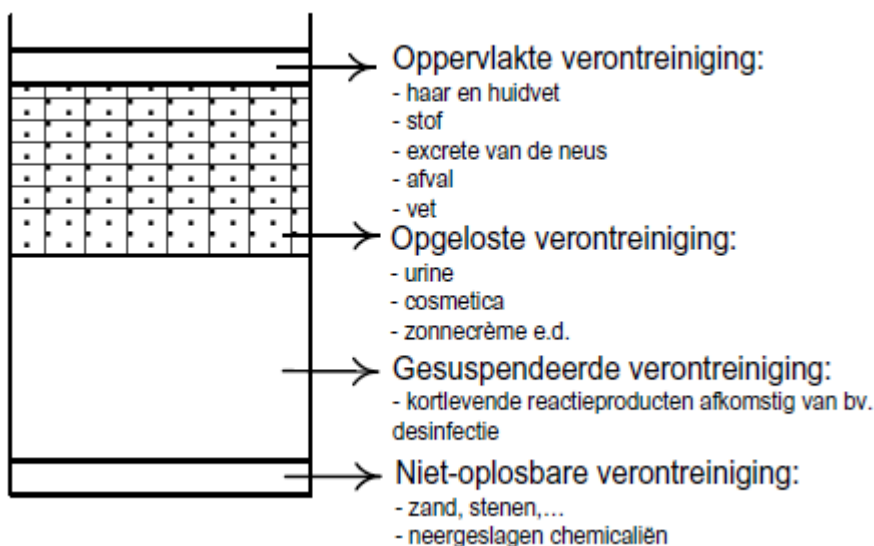
#### MILIEUASPECTEN

Wanneer het volledige zwembad leeg gelaten wordt, kan dit een hydraulische belasting veroorzaken op de RWZI of het ontvangende oppervlaktewater. In het geval van lozing op een RWZI is in de bijzondere milieuvergunningvoorwaarden van sommige zwembaden daarom opgenomen dat indien de volledige inhoud van het zwembad geloosd wordt, dit op voorhand (veertien dagen) dient besproken te worden met de beheerder van de rioolwaterzuiveringsinstallatie zodat de hydraulische belasting op deze RWZI beperkt kan worden. Tevens dienen deze lozingen bij voorkeur 's nachts te gebeuren<sup>5</sup>.

### 3.1.11 REINIGING VAN ZWEMBAD EN RUIMTEN

#### BESCHRIJVING

Figuur 4 beschrijft verschillende verontreinigingen die voorkomen in zwembaden. De fysische en chemische aard van de verontreinigingen in het water bepalen de efficiëntie waarmee ze verwijderd kunnen worden. Op basis van de fysische eigenschappen wordt er een onderscheid gemaakt tussen bezonken, zwevende en drijvende stoffen.



**Figuur 4: Verspreiding van de verontreinigingen in zwembadwater (PWTAG, 2009)**

De *bezonken* verontreinigingen worden periodiek via het afzuigen van de bodem verwijderd. Het gaat voornamelijk om textiel en plastic. Bij kleinere baden, waar het vlokmiddel in het zwembad zelf wordt gedoseerd, ontstaat een sliblaag op de bodem. De slibreiniging op de bodem van het bad gebeurt met behulp van een zuiginstallatie, vergelijkbaar met een stofzuiger. Deze reiniging is ook belangrijk naar de beperking van DBP daar verwijdering van het slib zorgt voor minder nevenreacties met o.a. chloor. Na de sluiting van de zwembadstelling laat men de baden onaangeroerd, zodat de aanwezige vervuiling de

<sup>5</sup> Communicatie VMM, 2010

kans krijgt om te bezinken. Deze verontreinigingen worden tenminste om de twee dagen voor opening van het zwembad verwijderd. Besturing en bediening van de zuiginstallatie gebeuren meestal manueel. De *zwevende* verontreinigen kunnen bij alle doorstroomvarianten zonder extra maatregelen eenvoudig verwijderd worden via de uitstroomopeningen.

*Drijvende* verontreinigen kunnen door overloopgoten en skimmers, aangebracht ter hoogte van het wateroppervlak, uit het bassinwater worden verwijderd. De wanden van het bad worden ten minste een maal per week gereinigd en gestofzuigd.

Zowel om hygiënische als om esthetische redenen dienen (naast het bad) alle ruimten in een zweminrichting zoveel mogelijk vrij te zijn van verontreinigingen. Het gaat hierbij niet alleen om zichtbaar vuil, zoals stof, zand, kalkaanslag, eiwit- en vetresten, maar ook om niet met het blote oog waarneembare verontreinigingen zoals micro-organismen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van detergent en mechanische reiniging. Zwembaden dienen zo ingericht te zijn, dat het reinigingswater niet in het zwembad terechtkomt, maar in het riool.

#### MILIEUASPECTEN

De inhoud van de stofzuiger wordt gefilterd. De grove delen worden manueel verwijderd waarbij de rest in het riool spoelt. Resten van reinigingsproducten komen in het afvalwater terecht.

### 3.1.12 KLIMATISATIE ZWEMBADEN - VERWARMING

#### BESCHRIJVING

De temperatuur van het sportbaden is tussen 25 en 28 °C, recreatie- en instructiebaden hebben doorgaans een hogere temperatuur tussen 30 en 32 °C. In bepaalde gevallen (mits toestemming DZ) kan dit tot 34 °C gaan voor kinder- en ontspanningsbaden. Bij openluchtzwembaden zijn deze temperaturen veel lager en de meeste natuurlijke zwembaden worden enkel opgewarmd door de instralende zon. De [huidige regelgeving](#) ligt echter hoger waarbij overdekte en openlucht zwembaden alsook therapiebaden maximaal 32 °C mogen zijn. Bij hot whirlpools ligt deze grens op 38 °C. Dompelbaden daarentegen hebben een lage maximale grens van 20 °C en natuurlijke zwembaden worden best als richtwaarde op maximaal 23 °C gehouden.

Om deze temperatuur te behouden en inkomend water (temperatuur leidingwater 11 tot 15 °C) te verwarmen is een warmtewisselaar nodig. De meeste zwembaden gebruiken hiervoor een verwarmingsketel op aardgas. Meer dan 25% van de zwembadcomplexen heeft anno 2023 een warmtepomp als energiebesparende maatregel (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022). Ook de luchttemperatuur is een niet te verwaarlozen factor daar deze in grote mate het comfortgevoel van de baders zal bepalen. Wereldwijd zijn gebouwen verantwoordelijk voor 30-40% van het energieverbruik, waarbij sportfaciliteiten (waartoe zwembaden behoren) tot de grootste verbruikers behoren. De hoofdenergieverbruiker bij zwembadfaciliteiten is de verwarming (Li et al., 2021).

#### MILIEUASPECTEN

Om de water- en luchttemperatuur op peil te houden is er veel energie nodig. Inherent aan de opwarming van water en lucht door verbranding van fossiele brandstoffen zijn de luchtmissies van CO<sub>2</sub> (koolstofdioxide), NO<sub>x</sub> (stikstofverbindingen), CO (koolstofmonoxide), SO<sub>x</sub> (zwavelverbindingen) en VOC's. In Vlaanderen (en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest) werd voor 48 zwembadencomplexen het gemiddeld gasverbruik op 1 172 834 en 1 083 516 kWh vastgelegd voor respectievelijk 2021 en 2022 (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022). Bij 44 sportcomplexen (inclusief zwembad) was dit respectievelijk 1 746 911 en 1 629 835 kWh. Deze cijfers liggen van nature hoger door het extra bevatten van andere sportzalen en infrastructuur (grotere domeinen in het algemeen). Het energieverbruik in zwembaden uitgebaat door LAGO wordt geschat op 6 000 à 19 500 kWh per 1000 bezoekers. Bezoekersaantallen hebben maar een minimaal effect op deze cijfers daar het water en gebouw continu op temperatuur moeten blijven. Qua verbruik van aardgas ligt het verbruik bij LAGO hoger dan bij een gemiddeld zwembad, daar zij doorgaans subtropische zwemparadijzen uitbaten. Hierdoor liggen de

verbruikscijfers hoger en tussen 850 000 - 4 500 000 kWh/jaar. Indien groene energie aanwezig is, vermindert dit de impact op het milieu. Enkel bij openlucht baden, die slechts beperkte tijd open zijn per jaar, ligt het aardgasverbruik significant lager.

### 3.1.13 KLIMATISATIE ZWEMBADEN - VENTILATIE

#### BESCHRIJVING

In een zwembad kunnen globaal drie verschillende temperatuur- en vochtigheidszones onderscheiden worden, namelijk de zwemhal, de (om)kleedruimten en de overige ruimten (toegangshal, cafetaria, ...). De luchttemperatuur in de zwemhal hangt vaak samen met de watertemperatuur, waarbij deze gelijk of maximaal 1 °C boven deze van het water ligt met een aangeraden maximum van 30 °C (waarbij de watertemperatuur afhankelijk is van het type bad en de activiteit). Ook dient er voldoende geventileerd te worden om desinfectiebijproducten af te voeren en de vochtigheid onder controle te houden. De relatieve vochtigheid in zwembaden varieert tussen 50 en 70%, waarbij 60% als ideaal beschouwd wordt (PWTAG, 2017). Bij overdekte vaste baden voorziet [VLAREM II](#) een maximale gemiddelde relatieve luchtvochtigheid van 65% (gemeten over de volledige ruimte). Relatieve vochtigheden boven de 70% zullen leiden tot condensatie, relatieve vochtigheden onder 50% vereisen hogere energiegebruiken om deze lage relatieve vochtigheden te bereiken.

In de kleedruimten, welke een ruimtetemperatuur tussen 24 en 26 °C hebben, tracht men te streven naar een lage relatieve vochtigheid (deze is immers onaangenaam tijdens het afdrogen). Daarom wordt de vochtinfiltratie vanuit het bad vermeden. De andere ruimten worden als normale ruimten beschouwd, met een ruimtetemperatuur van ongeveer 22 °C. Om aan deze eisen te voldoen moeten de verschillende ruimten bouwkundig van elkaar gescheiden worden o.a. door middel van warmte- en vochtisolerende constructies. Per type van ruimte worden aparte afzuigsystemen voorzien.

Idealiter zou er 10 l/s verse lucht aangezogen moeten worden per m<sup>2</sup> van de totale zwembadhal (WHO, 2006). Minimaal zou er echter 12 l/s verse lucht moeten toegevoerd worden per zwembadgebruiker (inclusief aanwezig personeel of toeschouwers) (PWTAG, 2017). Om de ruimten te ventileren wordt gewerkt met een mechanische ventilatie. De afgezogen vochtige en warme lucht passeert via een warmtewisselaar de koude droge lucht, waardoor deze laatste voorverwarmd wordt.

#### MILIEUASPECTEN

Het ventileren van zwembaden gaat gepaard met een groot energieverbruik. Enerzijds is er het elektrische energieverbruik van de ventilatoren. Anderzijds zuigen de ventilatoren continue warme, vochtige zwembadlucht uit het zwembad en blazen droge, koele lucht in de zwembadhal. Door gebruik van warmtewisselaars kan zo een deel van de warmte gerecupereerd worden. Wanneer het om oudere gebouwen gaat, die niet luchtdicht gemaakt zijn, zullen ventilatieverliezen nog groter zijn. Gebouwen zijn bij voorkeur dampdicht, om te voorkomen dat de warme vochtige lucht migreert doorheen de gebouwschil en vervolgens condenseert in de schil ter hoogte van een kouder oppervlak of koudebrug. Hierdoor kan er schimmel of rot ontstaan in de gebouwschil. Indien groene energie aanwezig is, vermindert dit de impact op het milieu.

## 3.2 GLOBALE MILIEU-IMPACT

In de onderstaande paragrafen ligt de nadruk op conventionele zwembaden, bij natuurlijke zwembaden is de milieu-impact veel beperkter.

### 3.2.1 ENERGIEVERBRUIK

Bij een bevraging bij 48 zwembadencomplexen bedroeg het gemiddeld jaarlijks elektriciteitsgebruik 438 167 en 453 270 kWh voor respectievelijk 2021 en 2022 (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022). Bij 44 grotere sportcomplexen (inclusief zwembad(en)), werd gemiddeld 661 437 en 789 560 kWh verbruikt in 2021 en 2022. Bij zwembaden van het type subtropisch (LAGO) werden hogere waarden ingeschat

tussen 500 000 à 2 500 000 kWh/jaar. Zo goed als alle zwembadhouders geven aan doorheen de jaren energiebesparende maatregelen te hebben genomen (isolatie, recuperatie, afdekken, sturingen, ...). Indien groene energie aanwezig is, vermindert dit de impact op het milieu. Ongeveer 37% van het elektrische energieverbruik gaat naar de zwembadtechniek (pompen, filters,...), 28% naar verlichting, 24% naar klimatisatie en 11% naar andere (o.a. horeca) (Gommers en Houwers, 2009). Kannewischer (2008) bevestigt dit door te schatten dat 30-40% van het stroomgebruik in indoor zwembaden naar ventilatiesystemen gaat, 30-40% naar de waterbehandeling, een klein percentage van 5% naar de circulatiepompen en de overige 15-25% naar de verlichting.

De grootste hoeveelheid energie wordt gebruikt voor het verwarmen van de ruimten en het zwembad- en douchewater. Ongeveer 35% van de geproduceerde warmte gaat naar de verwarming van de ruimte; 27% naar de verwarming van de baden; 19% gaat verloren door ventilatie en 18% gaat naar de verwarming van douchewater (Gommers en Houwers, 2009).

Bij natuurlijke zwembaden zal het energieverbruik lager liggen dan bij een conventioneel zwembad, omdat de turnover van het bad lager is. Daar dit enkel invloed heeft op het verbruik bij de circulatiepompen, is dit een beperkt aandeel in het totale verbruik.

### 3.2.2 WATERVERBRUIK

Het waterverbruik in zwembaden kan opgesplitst worden in het water voor het zwembad en sanitair water (douches en toiletten). Interne tellers bij LAGO centra schatten het verbruik voor douches op ca. 15 l/persoon. Volgens SenterNovem (2007) zou het aandeel voor beiden even groot zijn (suppletie: 30 tot 75 l/bader; douches 60 tot 80 l/bader). Kannewischer (2008) geeft eveneens aan dat het waterverbruik meer evenredig verdeeld is in de zwembadfaciliteiten (Tabel 8). Ook andere studies bevestigen deze evenredigheid in waterverbruik, al schommelen de geschatte totale hoeveelheden per studie (Maglionico en Stojkov, 2015). In 2021 en 2022 werd een gemiddeld waterverbruik van 8 862 m<sup>3</sup> en 9 861 m<sup>3</sup> geschat per zwembadcomplex en 12 474 en 15 266 m<sup>3</sup> per sportcomplex (inclusief zwembad(en)) (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022).

**Tabel 8: Totaal waterverbruik bij indoor zwembaden (Kannewischer, 2008)**

Waterverbruik target	L/persoon	Aandeel (%)
Vullen van het zwembad	5 - 10	4
Constante watertoevoer naar het zwembad afgestemd op het aantal gebruikers (min 30 L/persoon)	50	28
Douchen voor en na het baden	50 - 80	37
Waterconsumptie voor toiletten, wasbakken, cafetaria, ...	40 - 70	31
Totaal waterverbruik	145 - 210	100

Bij natuurlijke zwembaden wordt het bad eenmalig opgevuld met zuiver water. Hiervoor wordt meestal leidingwater gebruikt. Het bijvullen (compensatie van uitsleep en verdamping) kan met hemelwater, leidingwater of putwater.

### 3.2.3 MATERIAALVERBRUIK

Bij een studie uitgevoerd door Sportfondsen Nederland werd een schatting van het chloorgebruik gemaakt op basis van een zwembad met 200 000 zwemmers per jaar en een chloorverbruik van 11 gram per zwemmer. Via de methode met dosering van natriumhypochloriet kwam men op een benodigde hoeveelheid van 12,2 ton NaOCl per jaar. Voor calciumhypochloriet ligt dit een stuk lager, 3380 kg, door het hogere gehalte actief chloor (65%). De kost is echter veel hoger dan standaard beschikbaar NaOCl. Bij zoutelektrolyse kwam men via schatting op een gebruik van 4840 kg NaCl per jaar in combinatie met 7920 kWh elektriciteit. Dit zou gemiddeld gezien op een lager kostenaantal moeten uitkomen dan de klassieke dosering, maar door de (huidige) energiemarkt ligt de kost (uitzondering indien

zelfvoorzienend) hoger, net als de initiële investering. In enkele chloorarme baden in Vlaanderen wordt gemiddeld 65% minder chloor verbruikt op jaarbasis (Novinato, 2023).

### 3.2.4 AFVALSTOFFEN

Uit onderstaande tabel blijkt dat verschillende lozingsparameters van zwembaden boven de basismilieukwaliteitsnorm of boven de norm voor het lozen van stedelijk afvalwater kunnen zitten. De onderstaande waarden zijn afkomstig van schepstalen en tijdsgebonden stalen. De effluentstalen werden gemeten aan het lozingspunt van het zwembad(complex) en omvatten naast het spoelwater van het zwembad ook het sanitaire afvalwater van douches, toiletten en horeca. In de tabel werd enkel gekeken naar beschikbare meetstalen van de voorbije vijf jaren (2018-2022) op zwembaden die tot NACE 93.110 behoren (acht complexen).

Daaruit blijkt dat de zwembaden niet altijd voldoen aan de normen (BZV, CZV, N en P) voor het lozen van stedelijk afvalwater zoals opgelegd aan RWZI's. Dit geeft niet noodzakelijk een probleem daar de gegevens afkomstig zijn van bedrijven die lozen op riool. Voor chloriden is de VLAREM norm bij zwembaden vastgelegd op 800 mg/l (de metingen voor chloriden en AOX zijn bij onderstaande gegevens afkomstig van één complex dus minder representatief en louter ter informatie). Bij laag watergebruik (door zuinige technieken of hoog hergebruik) zullen de concentraties in het water hier dicht tegen aan leunen; hoog waterverbruik en dus toevoeging van meer suppletiewater zorgt voor een verdunnend effect en dus lagere emissies. De belangrijkste parameter onrechtstreeks gekoppeld aan chloorgebruik is AOX die continu hoger ligt dan de basismilieukwaliteitsnorm.

**Tabel 9: Effluentgegevens van zwembaden (NACE 93.110) in Vlaanderen (VMM, 2023)**

Parameter	Aantal metingen	Gemiddelde	Range	Toetswaarde
BZV (mg/l)	108	7,27	0 - 51	25 <sup>1</sup>
CZV (mg/l)	108	41,46	0 - 490	125 <sup>1</sup>
zwevende stoffen (mg/l)	108	46,93	0 - 380	35 – 60 <sup>1</sup>
N totaal (mg/l)	108	6,27	1,33 - 16,5	10 – 15 <sup>1</sup>
P totaal (mg/l)	108	0,7	0 - 7,6	1 – 2 <sup>1</sup>
chloriden (mg/l)	12	1114,42	842 - 1680	120 <sup>2</sup>
AOX (µg/l)	6	65,33	0-145	40 <sup>2</sup>

<sup>1</sup>VLAREM II bijlage 5.3.1 De lozing van stedelijk afvalwater

<sup>2</sup>indelingscriterium gevaarlijke stoffen uit de bijlagen van het Besluit van de Vlaamse Regering tot wijziging van het Besluit van de Vlaamse regering van 6 februari 1991 houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning en van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, voor wat betreft de milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewateren, waterbodems en grondwater.

Naar vrijgave van DBP in de lucht van indoor zwembaden is geweten dat zeer vluchtige DBP gevormd kunnen worden met gezondheidseffecten op de mens. Europees is hier tot op heden echter niet veel aandacht aan geschonken en ontbreekt het nog aan correcte standaarden en richtlijnen. Hierdoor zijn vooral verschillende richtlijnen gevormd op basis van individuele kennis rond de lokale gezondheidsproblematiek hiervan. Zo is in VLAREM een richtlijn vastgelegd voor THM op 300 µg/m<sup>3</sup> en een grenswaarde op 500 µg/m<sup>3</sup>. Uiteraard zijn er nog andere DBP die vrij kunnen komen maar deze zijn niet specifiek opgenomen in reglementering.

Verder is het procesgerelateerde afval in zwembaden beperkt (inhoud van de voorfilter, filterbedmateriaal bij vervanging, verpakkingsmateriaal van chemicalien). De grootste hoeveelheid afval is afval dat gelijkgesteld kan worden aan huishoudelijk afval (inhoud van vuilbakken en verpakkingsmateriaal van de cafetaria of horeca-infrastructuur).

### 3.2.5 GEUR

Zwembaden kennen een typische geur. Bij de vorming van vluchtige DBP in de zwembadomgeving kan de bezoeker een hinderende geur waarnemen, welke afkomstig is van gevormde trichlooramines (zie paragraaf 3.1.7.1). Trichlooramines kunnen zeer irriterend werken op de ademhaling en ogen, zowel bij baders als bij personeel en dit al bij het overschrijden van 0,5 mg/m<sup>3</sup> van deze stof (Catto et al., 2012; Fantuzzi et al., 2013). Het is daarom dat de WHO (2006) een maximale concentratie aanraadt van 0,5 mg/m<sup>3</sup> in de lucht van binnenzwembaden.

### 3.2.6 GELUID

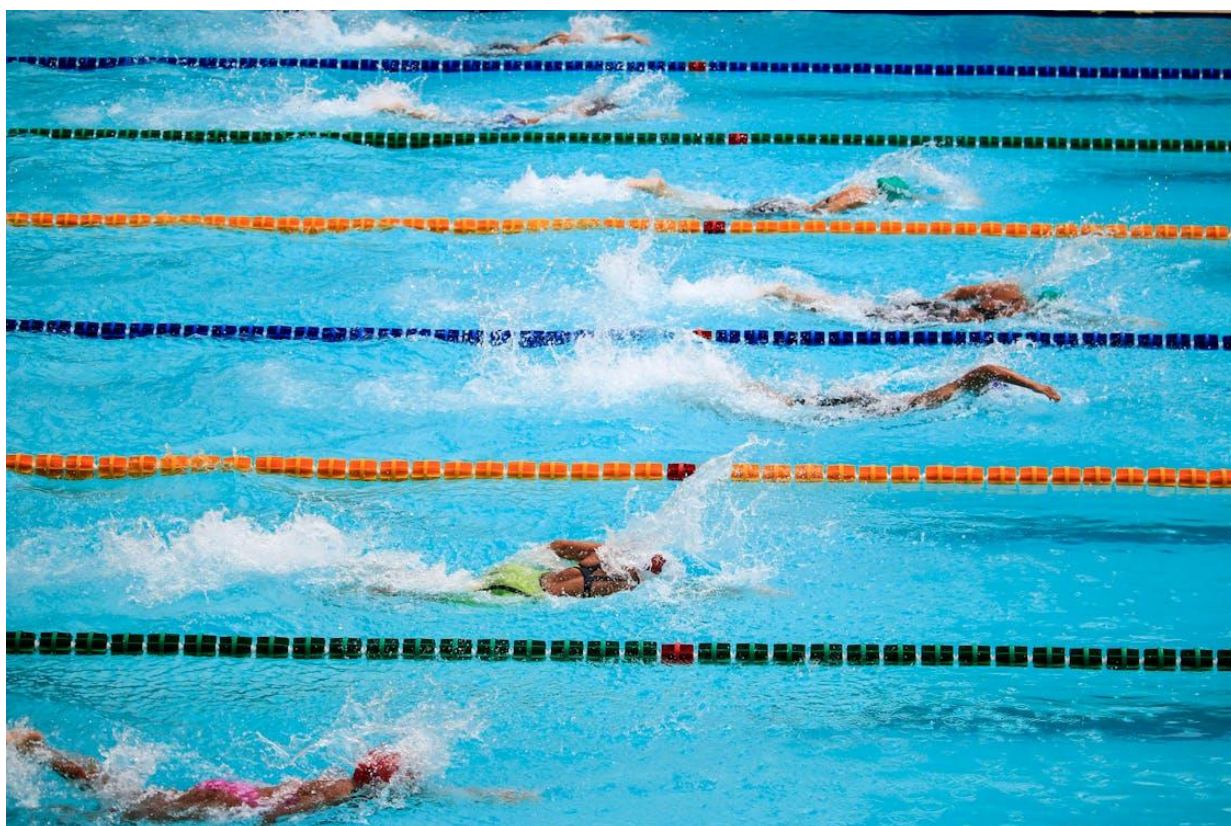
Het geluids- en trillingsniveau van zwembadpompen en toestellen is beperkt tot nihil voor omwonenden. Geluid en lawaai kan worden veroorzaakt door badgasten waarbij dit hinderlijk kan zijn in het geval van openluchtzwembaden. Bij overdekte baden kan dit leiden tot plaatselijke hinder bij personeel en badgasten. Betreffende personeel wordt dit opgenomen bij arbeidsveiligheid en treft ment de nodige voorzieningen. In hoofdstuk 4.5 van VLAREM II zijn de voorwaarden opgenomen waaraan ingedeelde inrichtingen moeten voldoen ter beperking van geluidshinder.

### 3.2.7 MATERIAAL- EN ENERGIESTROMEN IN DE KETEN

De sector zwembaden is niet betrokken bij circulaire recuperatie van materiaal- en energiestromen naar andere sectoren. Uiteraard is er wel de connectie met de afvalwatersector naar lozingen en (additionele) zuivering daar deze afvalwaters onrechtstreeks als input dienen bij de RWZI's. Daarom dat communicatie met deze sector voorzien wordt bij periodieke lozingen of volledige reinigingen van zwembaden.

---

## HOOFDSTUK 4. BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN



## HOOFDSTUK 4. BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN

In dit hoofdstuk worden de verschillende maatregelen toegelicht die in de sector zwembaden geïmplementeerd kunnen worden om milieuhinder te voorkomen of te beperken. De milieuvriendelijke technieken worden besproken per milieudiscipline. Bij de bespreking van de milieuvriendelijke technieken komen telkens volgende punten aan bod:

- beschrijving van de techniek;
- toepasbaarheid van de techniek;
- milieuvoordeel van de techniek;
- financiële aspecten van de techniek.

De informatie in dit hoofdstuk vormt de basis waarop in hoofdstuk 5 de BBT-evaluatie zal gebeuren. Het is dus niet de bedoeling om reeds in dit hoofdstuk (hoofdstuk 4) een uitspraak te doen over het al dan niet BBT zijn van bepaalde technieken. Het feit dat een techniek in dit hoofdstuk besproken wordt, betekent m.a.w. niet per definitie dat deze techniek BBT is.

### 4.1 VERMINDEREN DESINFECTIEBIJPRODUCTEN

Een eerste stap aan maatregelen kan onderverdeeld worden onder het verminderen van desinfectiebijproducten. Dit kan op verschillende manieren, zowel direct als indirect. Bij indirecte vermindering worden zowel preventieve maatregelen als alternatieve desinfectiemiddelen besproken. Onder het direct verminderen wordt de verwijdering van deze producten verondersteld op basis van voorgestelde technieken.

#### 4.1.1 PREVENTIE & REINIGING

##### 4.1.1.1 DOUCHEN VOOR HET BADEN

###### BESCHRIJVING

Zwembaden zijn op dit ogenblik uitgerust met douches, bedoeld voor baders om zich te douchen voor en na het baden. Nog steeds blijkt dat dit niet consequent wordt gedaan en moeilijk af te dwingen is, al zou sensibilisering een mogelijkheid zijn. Daarom worden de douches bij nieuwe zwembaden of grondige renovaties steeds strategisch geplaatst zodat de baders zich meer bewust worden. Idealiter zijn er doucheruimtes voorzien om volledig naakt te douchen.

Bij bestaande zwembaden, waar de douches minder strategisch geplaatst zijn, is het extra belangrijk de baders te sensibiliseren. Het kan helpen om duidelijk aan te geven waarom douchen vooraf zo belangrijk is. Aparte waadbakken of voetsproeiers zijn verplicht in de praktijk door [VLAREM II](#). Hun desinfectienut is discutabel, maar ze zijn wel nuttig om grof vuil af te spoelen.

###### TOEPASBAARHEID

Deze maatregel is toepasbaar in alle zwembaden. Tot op heden douchen baders zich voornamelijk na het zwemmen, in plaats van voor en na het baden. Visueel zou dit duidelijker gemaakt kunnen worden door aparte douches of doorgangen te voorzien bij de in- en uitgang.

###### MILIEUVOORDEEL

Door te douchen voor het baden worden aanzienlijke hoeveelheden vuil (zand, pluizen, zweet) en bacteriën verwijderd die anders in het zwemwater zouden terechtkomen (PWTAG, 2017). Onderzoek via trials door PWTAG toonde aan dat tot 66% van de zweetproducten en tot 33% van de bacteriën



verwijderd kunnen worden door te douchen voor het baden. Zelfs zonder het gebruik van zeep wordt de meeste vervuiling verwijderd.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

De maatregel heeft een beperkte financiële impact. De aanzienlijke verlaging van organische vervuiling in het zwembad heeft een hogere impact dan het waterverbruik door te douchen voor en na het baden.

### 4.1.1.2 REINIGEN IN EN ROND HET ZWEMBAD

#### BESCHRIJVING

Reiniging begint reeds bij de ruimtes rond het zwembad zoals o.a. de omkleedruimten. Door dagelijkse reiniging wordt vermeden dat extra vervuiling mee naar het bad genomen wordt.

Daarnaast zijn de zwembadomranding en eventuele bedekkingsfolie belangrijke zaken om te monitoren en te reinigen. PWTAG (2017) suggereert het gebruik van gechloreerd water (100 mg/l) om de ruimtes rond het zwembad te reinigen, waarbij getracht wordt om dit reinigingswater niet in de transferkanalen van de zwembaden te laten lopen maar gebruik te maken van de afvoeren rondom. Bijkomend kan, bij aanwezigheid van kalkaanslag of vetophoping (afkomstig van het lichaam), gebruik gemaakt worden van een natriumbicarbonaat oplossing of een zwakke zuur gebaseerde reiniger (bv. lage concentratie HCl). Verschillende zwembaden in Vlaanderen gaan additioneel tot vier keer per dag preventief desinfecteren ( $H_2O_2$ , 1%).

De bedekkingsfolie, voornamelijk de onderkant, moet regelmatig gecontroleerd worden op eventuele microbiologische contaminatie (o.a. biofilms, algen, ...) en indien nodig gereinigd worden met gechloreerd water. Daarnaast moet regelmatig het gebruikte zwemmateriaal (zwem- en speelhulp) ondergedompeld worden in gechloreerd water voor 20 minuten.

In het zwembad wordt best gebruik gemaakt van speciale stofzuigers om enige vorm van neerslag en klein afval te verwijderen om zo de organische belasting te minimaliseren. Afzuiging via de bodemtoevoer kan ook gebeuren om daar al het meeste materiaal te verwijderen. Zeker bij eventuele algenvorming aan het oppervlak is een grondige reiniging van de bodem aangewezen (PWTAG, 2017).

#### TOEPASBAARHEID

Deze maatregel is toepasbaar in alle zwembaden. De gebruikte materialen behoren tot de standaarduitrusting voor zwembadreiniging en onderhoud.

#### MILIEUVOORDEEL

Door regelmatige reiniging in en rond het zwembad wordt de organische belasting in het zwembad verminderd waardoor minder desinfectieproduct nodig is en er minder DBP ontstaan.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

De maatregel heeft een beperkte financiële impact. De verlaging van de organische belasting zorgt ook hier dat zowel het reinigingswater als de stofzuiger verwaarloosbaar zijn.

## 4.1.2 ALTERNATIEVE DESINFECTIEMIDDELEN TER VERVANGING VAN CHLOOR

### 4.1.2.1 KOPER-ZILVER IONISATIE

#### BESCHRIJVING

In aanwezigheid van koper- en zilverionen zal een destructie van het celmembraan en de eiwitstructuren van micro-organismen optreden. De koper- en zilverionen komen vrij door elektrolyse van koper- en zilverstaven (Vlaardingebroek en van Straaten, 2007). De koperelektrode moet voor de filters staan,

daar koper ook dienst doet als vlokmiddel. De zilverelektrode staat in de retourleiding van het water richting het zwembad. De techniek werd vroeger vooral gebruikt voor private zwembaden, maar wordt nu soms ook gebruikt als additionele techniek naast chloor- of broomgebaseerde desinfectanten (PWTAG, 2017).

Koperionisatie wordt in vijf Vlaamse zwembaden gebruikt als finale stap in een 3-delige setup, nl. in combinatie met een oxidatie- en UV-eenheid (Novinato, 2022). De koperionen verzwakken de bacteriën en virussen met uiteindelijk afdoding tot gevolg.

#### TOEPASBAARHEID

In twee Waalse zwembaden wordt de techniek ingezet zonder verdere toevoeging van chloor. Volgens Burlion et al. (2004) zou de bacteriologische kwaliteit niet altijd gegarandeerd worden en is het nodig om Cu/Ag te combineren met een ander desinfectiemiddel. Er dient een afweging gemaakt te worden tussen de volksgezondheidkundige voor- en nadelen van deze techniek in functie van de belasting en bedrijfsvoering van het zwembad. In recentere literatuur (Allen et al. 2021) wordt aangekaart dat de techniek vooral gebruikt wordt als secundaire behandeling naast een traditionele chloordesinfectie. Door toepassing van de techniek werd het mogelijk de totale hoeveelheid chloor te verlagen waardoor zowel de DBP concentraties als de cytotoxiciteit sterk afnamen.

#### MILIEUVOORDEEL

Er ontstaan geen schadelijke desinfectiebijproducten of AOX. Het spoelwater zal echter wel zilver en koper bevatten en dit in concentraties die minstens even hoog zijn als deze van het badwater; namelijk 2 tot 10 µg/l voor zilver en 0,6 tot 1,2 mg/l voor koper. Dit is ruim boven het indelingscriterium voor gevaarlijke stoffen van 0,05 mg/l Cu totaal en 0,4 µg/l Ag totaal, waardoor het zwembadwater als een bedrijfsafvalwater met gevaarlijke stoffen dient beschouwd te worden. Volgens PWTAG (2019) blijft de koperconcentratie best onder 1 mg/l in het zwemwater om te vermijden dat er groen-zwarte verkleuring kan optreden rond het bad.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Er zijn geen exacte financiële gegevens van dit type installatie gekend. Ook is er onvoldoende bewijs dat deze techniek een volledige vervanging kan zijn voor chloordosering.

### 4.1.2.2 WATERSTOFPEROXIDE

#### BESCHRIJVING

Waterstofperoxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) is een oxidans met een zwakke desinfecterende werking. Het is in staat om organische contaminatie af te breken en kan de opbouw van organische chlooramines voorkomen (PWTAG, 2017). Om voldoende effectief te zijn voor de desinfectie van zwembadwater zijn vrij hoge dosissen vereist, waardoor de concentratie in het zwemwater te hoog wordt om nog te kunnen zwemmen. Een mengsel van waterstofperoxide en zilver blijkt efficiënter te zijn dan waterstofperoxide alleen. Echter toonde onderzoek aan dat dit mengsel veel actiever is bij hoge temperatuur (40 °C), waardoor de toepassing eerder beperkt is tot whirlpools en afgeleiden.

#### TOEPASBAARHEID

In Vlaanderen is één publiek zwembad uitgerust met H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Daar blijkt dat niet altijd de fysico-chemische en bacteriologische waterkwaliteit volgens de huidige sectorale normen gehaald wordt<sup>6</sup>. Bijkomend werd gezien dat er verhoogd water-en energieverbruik is t.o.v. tradionele chloorbaden. Door zijn snelle decompositie in water is H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> minder gevaarlijk gebleken voor accumulatie. Het zilver dat eventueel mee

<sup>6</sup> Persoonlijke communicatie T. De Winter (Departement Zorg)

gedoseerd wordt zou wel kunnen accumuleren (De Coster en van Larebeke, 2006). Daarom wordt de zilverconcentratie nauwlettend opgevolgd.

#### MILIEUVOORDEEL

Het voordeel van H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> is dat er geen gechloreerde DBP worden gevormd in het zwembadwater. Uit ervaring blijkt echter dat filters een tot tweemaal per maand moeten teruggespoeld worden met hypochloriet, waardoor het spoelwater mogelijk wel belast is met gechloreerde desinfectiebijproducten en AOX<sup>7</sup>. Daarnaast zal het water ook sporen van zilver bevatten, die afkomstig zijn van de stabilisator.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Prijzen voor zwembadenbehandeling met waterstofperoxide zijn duurder dan deze op basis van chloor<sup>8</sup>.

### 4.1.2.3 ADVANCED OXIDATION PROCESSES

Onder paragraaf 4.1.3.4 wordt het gebruik van Advanced Oxidation Processes (AOP) beschreven ter verwijdering van DPB's. Verschillende van deze producten hebben naast een oxidatieve werking ook een desinfecterende werking. Echter geen van deze producten blijkt afdoende te desinfecteren, waardoor vaak te hoge concentraties moeten gebruikt worden. Dit is weinig kostenefficiënt en kan negatieve gezondheidseffecten teweeg brengen. Daarom is het momenteel geen volwaardig alternatief als desinfectiemiddel en moet chloor nog steeds bijgedoseerd worden.

## 4.1.3 VERWIJDEREN VAN DESINFECTIEBIJPRODUCTEN VOOR EN NA KLASSIEKE FILTRATIE

### 4.1.3.1 ACTIEF KOOLFILTERS

#### BESCHRIJVING

Een actief koolfilter kan na een klassieke filterinstallatie (zand, hydro-antraciet) of na ultrafiltratie-installatie geplaatst worden. Hierdoor zullen de aanwezige gechloreerde verbindingen verwijderd worden. Behalve een betere waterkwaliteit, zal het gebruik van actief kool ook leiden tot een betere luchtkwaliteit. De techniek is beschreven onder paragraaf 3.1.5.3. Meer informatie betreffende actief koolfilters als end-of-pipe techniek staat onder paragrafen 4.5.1.2, 4.5.2.2, 4.5.3.1 en 4.5.3.2.

#### TOEPASBAARHEID

De filter is zinvol wanneer chloor als desinfectiemiddel gebruikt wordt. Uit onderzoek (Barbot en Moulin, 2008; Skibinski et al. 2018) blijkt dat het verwijderingsrendement van actief koolfilters snel afneemt en dat het actief kool regelmatig geregeneerd of vervangen moeten worden. PWTAG (2017) duidt dat filter design en flow alsook de terugspoelratio zeer belangrijk zijn bij dit type filters.

#### MILIEUVOORDEEL

Organische stoffen worden verwijderd waardoor, in aanwezigheid van chloor (of broom), minder desinfectiebijproducten gevormd worden. Daarnaast worden AOX- en chloor-stikstofverbindingen effectief verwijderd.

<sup>7</sup> De concentratie tijdens het terugspoelen bleef onder de 45 µg/l. Schriftelijke communicatie L. Feyen (Labo Derva)

<sup>8</sup> Persoonlijke communicatie L. Feyen (Labo Derva)

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Kostprijzen voor actief kool liggen op 8 €/kg<sup>9</sup>.

**4.1.3.2 ACTIEF KOOL ALS POEDER****BESCHRIJVING**

Poederkool is actief kool in poeder vorm. Het wordt voor de filter (zandfilter of membraanfilter) gedoseerd. Het aanwezige organische materiaal, inclusief AOX, wordt door de poederkool geadsorbeerd. De poederkool wordt opgevangen op de zandfilter of de voorfilter van de membraaninstallatie (Vlaardingerbroek en van Straaten, 2007). Behalve een betere waterkwaliteit, zal het gebruik van actief kool ook leiden tot een betere luchtkwaliteit. Hiervoor is een doseerunit nodig die de actief kool bevochtigt en toevoegt aan het water. Het ruimtebeslag is minimaal.

**TOEPASBAARHEID**

De poederkool kan ingezet worden wanneer gechloreerde desinfectiemiddelen gebruikt worden. Het poederkool is niet selectief, naast AOX en chlooramines worden ook andere organische stoffen geadsorbeerd, waardoor een deel van de poederkool niet gebruikt wordt waarvoor het bedoeld is. Het gebruik van poederkool kan leiden tot verstopping van de zandfilter. Dit kan ondervangen worden door cassettes met poederkool in bypass te plaatsen.

**MILIEUVOORDEEL**

Door het gebruik van poederkool zullen minder AOX en chlooramines aanwezig zijn in het zwembadwater. Het gebruik van poederkool leidt echter tot een verhoging van het zwevend stof gehalte in het afvalwater, tenzij hiervoor de nodige filters geplaatst worden. Door het gebruik van actief kool zal de kwaliteit van het zwembadwater verbeteren en zal er minder vers (warm) water nodig zijn.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Zie paragraaf 4.1.3.1.

**4.1.3.3 TROMMELFILTERS****BESCHRIJVING**

Trommelfilters zijn een additionele techniek bruikbaar als voorfilter bij (zand)filters. Water vloeit onder gravitaire kracht door de trommelfilter waarbij de een groot deel van de organische vervuiling vangt. De trommelfilter wordt meestal geplaatst tussen de retour en de buffertank. Door tijdelijke verlaging van het waterniveau kan de trommelfilter automatisch gereinigd worden, dit is het enige moment dat een kleine hoeveelheid water en elektriciteit verbruikt wordt.

**TOEPASBAARHEID**

De trommelfilter kan ingebouwd worden in bestaande en nieuwe installaties en is beschikbaar in verschillende formaten (100 – 600 m<sup>3</sup>) voor inpassing volgens de capaciteit van het bad. Er zijn ook gepatenteerde units ontwikkeld die onder bassinniveau ingepast kunnen worden (Cleardrum, 2022).

**MILIEUVOORDEEL**

Door gebruik van de trommelfilter kan de opvolgende (zand)filter ontlast worden doordat 90% van de vervuiling voortijdig afgevangen wordt en optioneel 50-70% als by-pass rechtstreeks naar desinfectie kan gaan (dit zou net als alle andere hieronder beschreven voordelen een aanpassing vereisen in

<sup>9</sup> Persoonlijke communicatie L. Feyen (Labo Derva)

VLAREM II, daar momenteel het volledige circulatiedebiet door de zandfilter moet passeren binnen welbepaalde turnover periode). Hierdoor kunnen kleinere zandfilters geïnstalleerd worden, wat in combinatie met minder frequente spoeling een totale besparing van 65% op het spoelwaterverbruik kan realiseren. Het weerhouden materiaal wordt nadien als afvalstof afgevoerd (bedrijfsafval). Het energieverbruik (enkel de filterinstallatie) kan dalen met ongeveer 30% door verlaging van het benodigde pompvermogen. Daarnaast moet door verminderd waterverbruik ook minder water verwarmd worden, wat ervoor zorgt dat het totale energieverbruik kan dalen met 50% (Clear drum, 2022).

#### FINANCIËLE ASPECTEN

De techniek zal makkelijker zijn intrede vinden bij nieuwbouw waar onmiddellijk voldoende plaats kan voorzien worden voor de trommelfilter. Bij renovatie is de installatie van dergelijke filters afhankelijk van de situatie. Afhankelijk van de grootte van het bad wordt de meerkost van een systeem met trommelfilter en kleinere zandfilter geschat op 40 000 - 70 000 €. Voor een 25 m wedstrijdabad komt dit neer op ongeveer 54 000 €. Naar schatting zal de meerkost via water- en energiebesparing terugverdiend zijn binnen de 1 à 7 jaren afhankelijk van de grootte van het bad.

#### 4.1.3.4 GEBRUIK VAN ADVANCED OXIDATION PROCESSES

AOP gebruiken (chemische) oxidanten om zowel organische als oxideerbare anorganische componenten te verwijderen. Deze processen oxideren organische materialen tot koolstofdioxide en water. Er zijn veel verschillende geavanceerde oxidatie processen beschikbaar:

- Chemische oxidatieprocessen die waterstofperoxide, ozon, gecombineerd ozon en peroxide, hypochloriet, Fenton's reagens en dergelijke gebruiken;
- Elektro-oxidatie, waarbij twee elektroden onder stroom reactieve species vormen (zowel direct als indirect);
- Verbeterde oxidatie via UV zoals UV/ozon, UV/waterstof, UV/lucht;
- Natte luchtoxidatie en katalytische natte lucht oxidatie (waarbij lucht als de oxidant wordt gebruikt).

Bij zwembaden wordt gebruik gemaakt van UV, ozon en waterstofperoxide of een combinatie hiervan om desinfectiebijproducten van chloor te verwijderen. Recent werd elektro-oxidatie (in combinatie met UV en koperionen) geïmplementeerd om zwembadwater met lagere chloordosering te desinfecteren. Volgende processen worden beschreven:

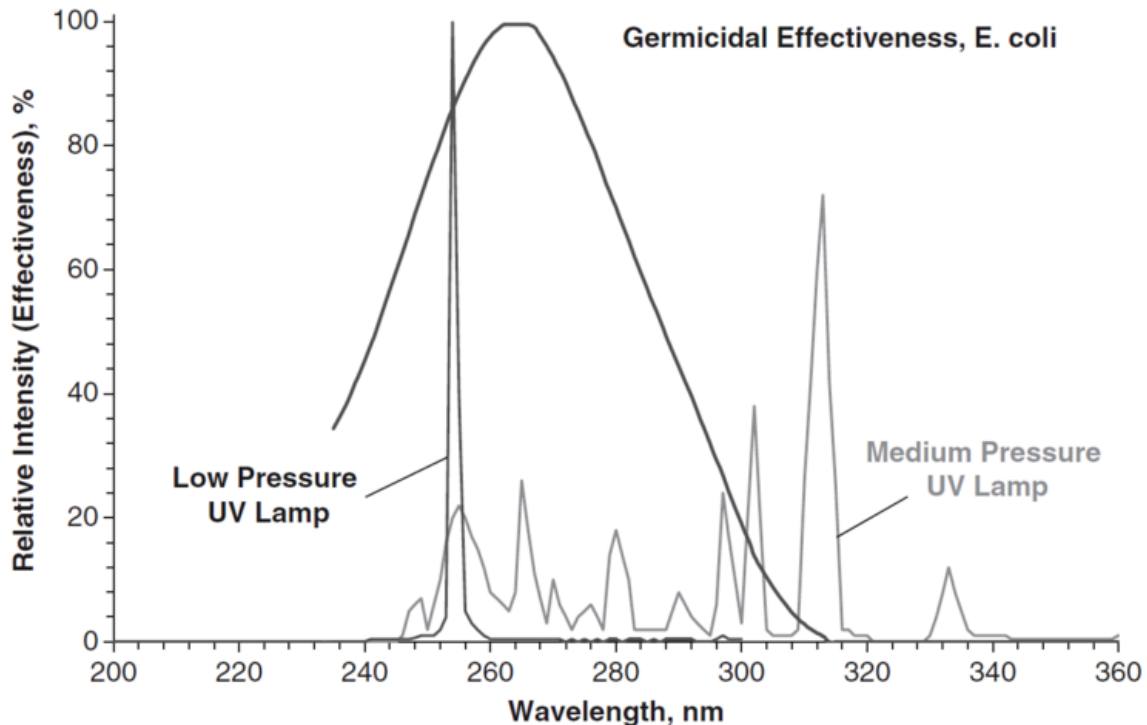
- UV
- Waterstofperoxide
- UV + waterstofperoxide (geavanceerde foto-oxidatie)
- Elektrochemische oxidatie

### UV

#### BESCHRIJVING

UV-licht dient steeds in combinatie met een ander desinfectiemiddel ingezet te worden (meestal samen chloor; zie ook 3.1.8.2). Er worden twee types van UV-lampen onderscheiden: lage druk en midden druk lampen. Lage druklampen stralen vooral licht uit met een golflengte van 254 nm, terwijl middendruk UV-lampen stralen binnen een spectrum van 185 tot 400 nm uitzenden. Het vermogen van de standaard lage druk lampen ligt rond 300 W, het vermogen voor middendruk lampen gaat tot 10 kW (PWTAG, 2017). Op basis van Figuur 5 lijken lage druk UV-lampen een goede keuze, omdat deze hun grootste effectiviteit hebben in het gebied waar DNA de hoogste adsorptie vertoont (en dus ook een hogere

bactericidale activiteit). Doch volgens Zimmer en Slawson (2002) zijn middendruk UV-lampen beter geschikt voor desinfectie, omdat moleculen minder snel regenereren onder invloed van middendruk UV-lampen. Bijkomend hebben middendruk lampen een direct effect op di- en trichlooramines (PWTAG, 2017).



**Figuur 5: Golflengte van een lage en middendruk UV-lamp (Kowalski, 2010)**

Onder invloed van UV-licht zal de N-Cl verbinding in chlooramines gebroken worden, wat een gunstig effect heeft op de zwembadlucht. Afhankelijk van de golflengte zullen andere chlooramines vernietigd worden (Senten en Calders, 2007; Vlaardingebroek en van Straaten, 2007).

Monochlooramine:	254 nm
Dichlooramine:	297 nm
Trichlooramine:	340 nm

De snelheid waarmee gebonden chloor afneemt zal groter zijn bij middendruk lampen dan bij lage druk lampen met hetzelfde vermogen (Kristensen et al., 2009). Daarnaast is UV-licht een zeer efficiënt desinfectiemiddel. *Cryptosporidium* en *Giardia*, die resistent zijn voor hypochloriet, worden onder invloed van UV-licht wel verwijderd. UV-licht heeft, bij hoge contacttijden, een gunstig effect op de AOX-concentratie. Deze contacttijden (> 10 minuten) zijn echter in de praktijk niet realiseerbaar (Glauner et al., 2005b). Middendruk UV lampen leiden tot een verhoogde activiteit van chloor, waardoor het mogelijk is om het verbruik van chloor te beperken (Cassan et al., 2006; PWTAG, 2017). De UV-installatie wordt na de filterinstallatie en voor de doseerunit voor chloor geplaatst.

#### TOEPASBAARHEID

UV-lampen moeten steeds in combinatie met een ander desinfectiemiddel gebruikt worden, omdat de UV-lampen steeds buiten het zwembad geplaatst worden, en geen blijvende desinfecterende werking hebben. Het gebruik van UV-lampen kan leiden tot vorming van THM, voornamelijk chloroform (Cassan et al., 2006) en precursoren van THM (Glauner et al., 2005b). Dit wordt echter weerlegd door andere studies die een lagere concentratie of geen effect zien op THM (Beyer et al., 2004; Kristensen et al.,

2009). Recentere studies rapporteren dat de THM niet gevormd worden bij blootstelling aan UV, maar ontstaan bij de post-chlorinatie (Cimetiere en De Laat, 2014; Spiliotopoulou et al., 2015, Cheema et al., 2017a; Cheema et al., 2017b). Een reden zou de toegenomen activiteit kunnen zijn van organische precursoren in de richting van chloor, waardoor er sneller THM ontstaan. PWTAG (2017) nuanceert dat zolang de dosering van het UV correct ingeregeld is, het effect op THM eerder neutraal blijft.

### MILIEUVOORDEEL

Het gebruik van UV-lampen leidt tot een reductie van het chloorgebruik; de lampen zorgen immers voor de basisdesinfectie waardoor de concentratie aan chloor in het bad kan verminderd worden. Bovendien worden chlooramines verwijderd. Door gebruik te maken van middendruk UV-lampen zou de waterkwaliteit ook verbeteren, zodat het volume toevoerwater lager gehouden kan worden (Cassan et al., 2006). Recent onderzoek met betrekking tot lagedruk UV-lampen zag echter geen toename van de waterkwaliteit (Włodyka-Bergier en Bergier, 2021).

### FINANCIËLE ASPECTEN

Plaatsing van UV-C lagedruk lampen op verschillende circulatiedebieten (80-220 m<sup>3</sup>/h) geeft een kost van 15 000 à 22 000 €<sup>10</sup>.

### WATERSTOFPEROXIDE

Zie paragraaf 4.1.2.2.

### UV + WATERSTOFPEROXIDE

#### BESCHRIJVING

Onder invloed van het UV-licht zal waterstofperoxide splitsen in twee OH-radicalen. Deze radicalen zullen het aanwezige organische materiaal oxideren. De installaties worden in bypass geplaatst op het water dat afkomstig is van de filters. Na de filters wordt het gehalte vrije chloor gemeten. Op basis van deze meting wordt er waterstofperoxide toegevoegd, welke de vrije chloor neutraliseert. Dit laatste voorkomt de vorming van chloorradicalen, waardoor er geen THM kunnen gevormd worden. Daarna stroomt het water, doorheen de middendruk UV-lamp, waar de chlooramine verbindingen afgebroken worden. Door de aanwezigheid van waterstofperoxide neemt de oxidatiekracht toe, waardoor de aanwezige verontreinigingen meer geoxideerd worden. Uit praktijk ervaringen (Pool Water Treatment, 2023) blijkt dat de installatie, AOS PowerUV genoemd, een gunstig effect heeft op de waterkwaliteit zodat de tijdsduur van filterspoelingen kan verminderd worden afhankelijk van het filtertype. Dit leidt tot halveringen in de hoeveelheid suppletiewater. Dit gunstige effect zou te wijten zijn aan het vernietigen van biofilmvormende moleculen in de UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-installatie, waardoor er minder slijmvorming wordt waargenomen in de filters, wat een gunstig effect heeft op de duurtijd van de filterspoelingen (deze laatste komen sneller in fluïdisatie)<sup>11</sup>. Ander onderzoek nuanceert deze resultaten en ondervond geen effecten op de formatie van THM bij UV-bestraalde stalen met en zonder H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Spiliotopoulou et al., 2013).

#### TOEPASBAARHEID

UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-installaties staan al enkele jaren in drie Brusselse zwembaden en in een tiental Nederlandse zwembaden. Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest legt normen op voor chlooramines (in de vorm van trichlooramine) in de lucht (Leefmilieu Brussel, 2022). Dankzij de techniek zou voldaan worden aan de norm van 0,3 mg/m<sup>3</sup> (met maximum van 0,5 mg/m<sup>3</sup>). Voorheen werd in deze zwembaden gewerkt met

<sup>10</sup> Persoonlijke communicatie T. Rombaut (Artabel)

<sup>11</sup> Persoonlijke communicatie P. Appel (PWT) en P. Lazaron (Aquapro)

een actief koolfilter, welke een minder gunstig effect had. Er is geen weet van toepassing van deze techniek bij Vlaamse zwembaden.

#### MILIEUVOORDEEL

De installatie kan leiden tot een beter binnenklimaat met minder chlooramines. Deze techniek wordt ook ingezet om AOX te verwijderen in afvalwater (Derden et al., 2010). Uit eerste metingen in zwembadwater blijkt dat AOX-concentraties gereduceerd werden van 640 µg/l tot minder dan 90 µg/l<sup>12</sup>. Daardoor kon de hoeveelheid suppletiewater gehalveerd worden t.o.v. de oorspronkelijke situatie. Het nadeel van de UV-installatie is het hoog elektriciteitsverbruik voor de lampen. Een groot deel van de warmte die hierbij geproduceerd wordt, wordt echter opgenomen door het zwembadwater, waardoor dit minder dient bijverwarmd te worden via het conventioneel systeem.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

De investeringskosten zijn afhankelijk van de grootte van de installatie. Voor een zwembad wordt de kostprijs geschat op het dubbele van een klassieke UV-installatie. Voor zwembadcomplexen kan de installatie alternerend werken voor de waterbehandeling van twee baden wat leidt tot een verlaging van de kosten per m<sup>3</sup> gerecirculeerd water. Door water- en energiebesparingen kan afhankelijk van het zwembad en de startsituatie 20 000 tot 30 000 €/jaar bespaard worden. Hierdoor kan de installatie op minder dan 5 jaar terug verdiend worden<sup>13</sup>. Voor kleine zwembaden (met één bad) is de installatie financieel minder rendabel. Er zijn geen concrete use cases voorhanden waardoor een correcte beoordeling van bovenstaande informatie niet uitgevoerd kan worden.

### ELEKTROCHEMISCHE OXIDATIE

#### BESCHRIJVING

(In)directe elektrochemische oxidatie is gebaseerd op de toepassing van een elektrische stroom of een potentiaalverschil tussen twee elektroden (anode en kathode), waarbij hydroxylradicalen of andere oxiderende componenten gevormd worden, afhankelijk van het anodemateriaal en het eventuele elektrolyt dat als hulpmiddel gebruikt wordt (Martín-Pozo et al., 2022). Zie paragraaf 3.1.8.3 voor meer informatie.

#### TOEPASBAARHEID

Momenteel wordt elektrochemische oxidatie in combinatie met UV en koperionisatie toegepast (OXY-3-systeem) als voorbehandeling op chloordesinfectie (chloorarme zwembaden). Het systeem werd geïmplementeerd in negen Vlaamse zwembadcomplexen en zal ook worden ingezet bij vier andere zwembadcomplexen die momenteel in aanbouw zijn. Het systeem kan eenvoudig ingebouwd worden bij zowel renovaties als nieuwe installaties.

#### MILIEUVOORDEEL

Het gebruik van elektrochemische oxidatie leidt tot een reductie van het chloorgebruik (tot ongeveer 0,3 mg/l afhankelijk van de situatie; Novinato, 2022). De oxidatie zorgt immers voor verlaging van de microbiële contaminatie en organische belasting. Hierdoor nemen op termijn secundaire effecten (door chloorgebruik) op de zwemmers af. Over het effect van de elektrochemische oxidatie in praktijk zonder

<sup>12</sup> Metingen uitgevoerd door PWT in 2011. Het gaat om metingen in het kader van uitgebreid onderzoek.

<sup>13</sup> Persoonlijke communicatie P. Appel (PWT) en P. Lazaron (Aquadro)



de koppeling met andere technieken (zoals beschreven in de financiële aspecten hieronder) is echter te weinig gekend.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Het large OXY-3-systeem, geschikt voor een 25m-bad, is beschikbaar aan 53 000 € inclusief transport, plaatsing en opstart<sup>14</sup>. Door verlaging van het chloor- en zwavelzuur gebruik wordt ongeveer 65% minder gedoseerd op jaarbasis. Wanneer enkel gekeken wordt naar de elektrochemische desinfectieunit wordt een terugverdientijd geschat van minder dan acht jaar. Bij uitbreiding met de UV- en koperunit zal dit hoger liggen. Het doel blijft echter nog steeds een chloorarm zwembad te installeren voor eenzelfde of lagere kostprijs dan deze van een klassiek zwembad waardoor bij nieuwe inrichtingen de keuze naar dergelijke systemen eenvoudiger gemaakt zal worden. Cijfers hebben aangetoond dat chloorarme zwembaden meer zwimmers aantrekken waardoor extra inkomsten gegenereerd worden<sup>14</sup>.

## 4.2 BEPERKEN WATERVERBRUIK

Het terugspoelen van de filter levert de grootste bijdrage tot het waterverbruik. Hoe beter de vuilberging in de filter, hoe minder er teruggespoeld dient te worden. Een betere filtering leidt tot een betere waterkwaliteit, zodat er minder water moet toegevoegd worden om een zelfde waterkwaliteit te bereiken (minder verdunnen).

### 4.2.1 KEUZE VAN FILTERTYPE

#### BESCHRIJVING

Afhankelijk van het type van filter voor het behandelen van het zwembadwater, is er meer of minder spoelwater nodig. Het water- en grondstofverbruik ligt het laagst bij hydroantraciet filters. Zie ook paragraaf 3.1.5. Ook voorfilters hebben hierop een invloed, zo beperken trommelfilters het waterverbruik door een verlaging van de belasting van de zandfilters (zie 3.1.3). Verder zijn filters met geactiveerde media commercieel beschikbaar. Deze bestaan uit gebroken glas, dat elektrostatisch geladen wordt, waardoor de oppervlakte een negatieve lading krijgt.

#### TOEPASBAARHEID

De voor- en nadelen van de verschillende systemen zijn besproken onder paragraaf 3.1.3 en 3.1.5. Het verminderen van de hoeveelheid spoelwater mag nooit ten koste van de waterkwaliteit gaan. Filters met geactiveerde media worden ingezet in enkele publiek toegankelijke zwembaden in het Verenigd Koninkrijk en de rest van Europa.

#### MILIEUVOORDEEL

Het beperken van het waterverbruik leidt ook tot een verlaging in het energieverbruik dat nodig is om het suppletiewater op te warmen. Daarbij zouden filters met geactiveerde media zich richten op een lagere organische belasting van het zwembadwater (door de vorming van biofilms te vermijden). Hierdoor daalt het chloorverbruik en daalt de vorming van desinfectiebijproducten (tot 50% minder THM).

#### FINANCIËLE ASPECTEN

De verschillende types van filters worden courant gebruikt en als stand der techniek beschouwd. De mogelijke meerprijs in aankoop van een bepaald type filter wordt zeker gecompenseerd in lager water-

<sup>14</sup> Persoonlijke communicatie S. Desmet (Novinato)

en energieverbruik. Filters met geactiveerde media worden niet ingezet in Vlaanderen, de kostprijs blijkt te duur en de filters zouden in de praktijk geen additionele voordelen bieden<sup>15</sup>. Voorfilters zoals trommelfilters werden reeds besproken in paragraaf 4.1.3.3.

## 4.2.2 AANSLUITEN VAN WAADBAKKEN OP HET WATERBEHANDELINGSSYSTEEM

### BESCHRIJVING

Bij overdekte baden is het hebben van een voetwaadbak of voetsproeiers verplicht. Bij openluchtbaden moeten er voetwaadbakken aanwezig zijn voor het betreden van de kaden. Het water van de voetsproeiers vloeit in sommige gevallen rechtstreeks weg naar de riolering. Het waterverbruik kan beperkt worden door één of meerdere voetwaadbakken aan te sluiten op het waterbehandelingsysteem. De turnover van de voetwaadbakken is 10 minuten. Zonder aansluiting stroomt al het water weg naar het riool.

### TOEPASBAARHEID

De voetwaadbakken zijn (quasi) overal toepasbaar, al moet individueel bekeken worden of het benodigde extra leidingwerk mogelijk is.

### MILIEUVOORDEEL

Het beperken van het waterverbruik.

### FINANCIËLE ASPECTEN

In het geval van nieuwbouw is er geen extra kost, enkel een financieel voordeel. In bestaande zwembaden wordt dit individueel bekeken en is de investeringskost afhankelijk van de mogelijkheden van het leidingwerk.

## 4.2.3 DUURTIJD VAN DE FILTERSPOELING VERKORTEN

### BESCHRIJVING

Afhankelijk van de keuze van filter (zie 3.1.5 en 4.2.1) en afhankelijk van het type van waterbehandelingen zal de duurtijd van de filterspoeling beperkt kunnen worden, zonder dat dit een negatief effect heeft op de kwaliteit.

### TOEPASBAARHEID

De toepasbaarheid hangt af van het type van filter en de voorbehandeling. Ook in het geval van een kortere filterspoeltijd, moet het filterbed in fluïdisatie komen, enkel dan kan een goede werking gegarandeerd worden. Momenteel wordt er door de [wetgever](#) opgelegd dat er minimaal 30 l vers water per bader moet toegevoegd worden aan het bad. Door goed beheer (optimalisatie van het filtersysteem en waterbehandelingstechnieken) zou dit verbruik kunnen beperkt worden tot 17 à 20 l/bader. Dit vraagt wel een aanpassing van de huidige wetgeving. Er kan echter door DZ een toelating verleend worden om minder suppletiewater toe te voegen. Sedert 2022 zijn verschillende Vlaamse zwembaden (Sportoase) verlaagd naar 20 l/bader onder voorbehoud van eenzelfde waterkwaliteit. Ook werd een proefproject

<sup>15</sup> Persoonlijke communicatie L. Feyen (Labo Derva)

opgestart van één jaar ter verlaging van de hoeveelheid terugspoelingen van de filters tot één maal per week.

#### MILIEUVOORDEEL

Besparing van het water- en daaraan gekoppelde energieverbruik.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Er zijn enkel positieve financiële aspecten gekoppeld aan deze maatregel, namelijk het besparen van water en energie.

### 4.2.4 GEBRUIK VAN MEMBRAANTECHNOLOGIE

Membranen scheiden deeltjes op basis van hun moleculegrootte. Afhankelijk van de grootte van de membraanporiën spreekt men over microfiltratie, ultrafiltratie, nanofiltratie en omgekeerde osmose.

**Microfiltratie** is een membraanscheidingstechniek waarbij fijne deeltjes of andere gesuspendeerde materie, met een deeltjesgrootte van 0,1 tot 1,5 micron, gescheiden worden van een vloeistof. Met deze methode kunnen gesuspendeerde vaste deeltjes, bacteriën en andere onzuiverheden worden verwijderd. Microfiltratiemembranen hebben een poriegrootte van 0,2 micron.

**Ultrafiltratie** is een membraanscheidingstechniek waarbij hele fijne deeltjes of gesuspendeerde materie, met een deeltjesgrootte van 0,005 tot 0,1 micron, gescheiden worden van een vloeistof. Deze techniek kan gebruikt worden om zouten, eiwitten en andere onzuiverheden te verwijderen. Ultrafiltratie membranen hebben een poriegrootte van 0,0025 tot 0,1 micron.

**Nanofiltratie** is een membraanscheidingstechniek waarbij zeer fijne deeltjes of andere gesuspendeerde materie, met een deeltjesgrootte van ongeveer 0,0001 tot 0,005 micron, gescheiden worden van een vloeistof. Deze methode kan gebruikt worden om virussen, pesticiden en herbiciden te verwijderen.

**Omgekeerde osmose** scheidt zeer fijne deeltjes of andere gesuspendeerde materie met een deeltjesgrootte tot 0,001 micron van een vloeistof. Het kan ingezet worden om metaalionen en waterzouten geheel te verwijderen.

Membraaninstallaties kunnen op verschillende manieren in het waterbehandelingssysteem geïntegreerd worden: in de plaats van de filters, op een deel van het water (na filtratie) of op het spoelwater van de filters. Een speciale installatie is de “Flow through capacitor”, die vergelijkbaar is met dialyse. Een deel van de zwembaden in Vlaanderen maakt nu al gebruik van membraaninstallaties, namelijk de gecombineerde ultrafiltratie – omgekeerde osmose (UF-RO) systemen. De deeltechnieken hiervan worden hieronder verder toegelicht, maar zitten samen vervat in de BBT-tabel (Tabel 10) onder hoofdstuk 4.2.4 Gebruik van membraantechnologie.

### ULTRAFILTRATIE

#### BESCHRIJVING

Druk gedreven membraanprocessen zouden een hoge effectiviteit hebben in het verwijderen van gesuspendeerde deeltjes, micro-organismen, DBP en micropolluenten (Łaskawiec et al., 2018). Bij ultrafiltratie is dit voornamelijk de verwijdering van natuurlijk organisch materiaal en micropolluenten (Rodriguez-Narvaez et al., 2017). Ultrafiltratie kan ingezet worden als alternatief voor klassieke filters maar ook voor de recuperatie van water. Het systeem is opgebouwd uit een voorfilter gevolgd door een ultrafiltratie module bestaande uit keramische of polymeermembranen. Het systeem kan bestaan uit verschillende “straten” van membranen die alternerend werken. De werking van de membranen is volledig computer gestuurd: deze worden automatisch teruggespoeld en gereinigd met de nodige reinigingsvloeistoffen.

**TOEPASBAARHEID**

Onderzoek naar ultrafiltratie bij zwembadwater toont limitaties in het proces. De effectiviteit wordt bepaald door zowel het membraantype en de tijd van filtratie. Polymeermembranen zijn sterker in het verlagen van de absorbantie en concentratie gebonden chloor, terwijl keramische membranen boven de limiet gaan voor gebonden chloor in hun permeaat. Ook kan chloor de membranen beschadigen, voornamelijk bij de polymeermembranen. Om geblokkeerde poriën en oppervlakten van membranen terug vrij te maken, werden de membranen gespoeld met een alkalische oplossing (Dudziak et al., 2019). In Vlaanderen zijn geen zwembaden gekend waar de filterinstallatie vervangen werd door ultrafiltratiemembranen. Wel zijn in Vlaanderen meer dan 20% van de complexen uitgerust met dit type filter(s) in combinatie met een omgekeerde osmose-installatie om spoelwater te zuiveren (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022). In Duitsland en Denemarken zijn er ruim honderd zwembaden met deze techniek uitgerust.

**MILIEUVOORDEEL**

Door gebruik van ultrafiltratie kan er water (en energie) bespaard en hergebruikt worden in het zwembad. Echter, de hydraulische retentie van filtersystemen zoals deze kan snel achteruit gaan door opstapeling van vuil in en op de filters. Daardoor moeten filtersystemen periodisch gereinigd worden (Garcia-Ivars et al., 2013). Uit onderzoek door Glauner et al. (2005a) blijkt dat 14 tot 27% van het totaal aan organische koolstof (TOC) en 6 tot 19% van alle AOX zich bevindt in de fractie groter dan 1 000 g/mol, wat overeenkomt met de fractie die afgescheiden wordt door ultrafiltratie.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Zie 0 voor financiële aspecten met betrekking tot een UF-RO systeem.

**OMGEKEERDE OSMOSE****BESCHRIJVING**

Omgekeerde osmose membranen worden doorgaans ingezet op het spoelwater van de filters, met als doel een deel van het water en de warmteinhoud van het water te recupereren. Het spoelwater wordt hiervoor opgevangen in een bassin en gedurende de volgende filtercyclus in de omgekeerde osmose installatie verwerkt. Vaak wordt dit toegepast in cascade met micro-of ultrafiltratie en actief kool.

**TOEPASBAARHEID**

Omgekeerde osmose membranen zijn zeer gevoelig voor vervuiling (o.a. chloor), hebben hogere werkdrukken dan nanofiltratie en hebben hoge werkingskosten. Daarom dient er voor de membranen een voorfiltratie geplaatst te worden (o.a. actief koolfilter en nanomembranen) en dienen de filters regelmatig gereinigd te worden. De reinigingsproducten voor deze membranen kunnen milieuschadelijk zijn. Een alternatief voor de voorfiltratie is om terugspoelwater voldoende lang te laten bezinken en via een vlottende pomp water op te zuigen. De vlotter dient op zo'n manier gestuurd te worden dat enkel het bovenste deel van het water over de membranen gestuurd wordt. Het overige deel wordt geloosd<sup>16</sup>. Momenteel wordt deze techniek toegepast in meer dan 20% van de Vlaamse zwembaden, vaak in combinatie met ultrafiltratie (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022).

<sup>16</sup> Persoonlijke communicatie L. Feyen (Labo Derva)

**MILIEUVOORDEEL**

Wanneer omgekeerde osmose wordt ingezet op het spoelwater, wordt water (en dus ook energie) gerecupereerd. Aangezien het concentraat niet apart afgevoerd wordt, zullen de aanwezige gechloreerde verbindingen toch nog in de riool of in het oppervlaktewater terecht komen.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Prijzen voor een gecombineerd UF-RO systeem liggen, afhankelijk van het te verwerken debiet, tussen de 70 000 en 80 000 €<sup>17</sup>. Uit vroegere praktijkervaringen blijkt dat de werkingskosten (exclusief investeringskosten) van omgekeerde osmose hoger oplopen dan de water- en energiebesparingen die kunnen gerealiseerd worden. Door toename van energie- en waterprijzen sedert 2020 zou de technologie wel rendabel zijn op voorwaarde dat de vooropgestelde recuperatierendementen worden gehaald en dat de installaties langere duur blijven werken. Meer praktijkevaluaties zijn aangeraden, maar de terugverdientijd wordt momenteel ingeschat op minder dan vijf jaar<sup>18</sup>. Zo werd in 2023 een UF-RO-installatie, met debiet van 1 m<sup>3</sup> per uur, aangesloten op een 25 meter bad (inclusief instructiebad) in Vlaanderen. Een schatting van 2145 m<sup>3</sup> water zal op jaarbasis gerecupereerd worden, waarbij de kost van het recuperatiesysteem zonder additionele leidingen en aansluiten ongeveer 55 000€ bedraagt.

**4.2.5 GRIJSWATER CIRCUIT****BESCHRIJVING**

Voor het spoelen van toiletten is het niet nodig om water van drinkwaterkwaliteit te gebruiken. Door hiervoor water van een lagere kwaliteit (hemelwater, spoelwater van de filters, ondiep grondwater,...) in te zetten, kan bespaard worden op drinkwater.

**TOEPASBAARHEID**

Dit is makkelijk implementeerbaar in nieuw te bouwen zwembaden, maar is minder evident in bestaande complexen, omdat hiervoor leidingen e.d. moeten aangepast worden.

**MILIEUVOORDEEL**

Het gebruik van drinkwater vermindert.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Voor het aanpassen van bestaande inrichtingen kunnen de kosten hoog oplopen (afhankelijk van de uit te voeren grond- en leidingwerken), maar voor nieuw op te richten zwembaden kan de kostprijs beperkt blijven.

**4.3 BEPERKEN ENERGIEVERBRUIK****4.3.1 AFDEKKEN VAN HET ZWEMBAD****BESCHRIJVING**

Er zijn verschillende systemen beschikbaar voor het afdekken van zwembaden. De meesten zijn bedoeld voor het afdekken van buitenbaden, toch kan het zinvol zijn om een binnenbad af te dekken. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen afdekkfolies die als doel hebben verdamping en warmteverlies te voorkomen en systemen (folies, zeilen en lamellen) die als doel hebben bevuiling (bladval, algengroei)

<sup>17</sup> Persoonlijke communicatie T. Rombaut (Artabel)

<sup>18</sup> Persoonlijke communicatie T. Rombaut (Artabel), M. van den Heuvel (Hellebrekers)

van het water te voorkomen. Folies die als doel hebben het warmteverlies te voorkomen zijn dikwijls zo opgebouwd dat het zonlicht doorheen de folie kan schijnen, maar dat de warmte wordt tegengehouden (serre effect). Deze folies worden vooral in privé baden gebruikt om de badtemperatuur te verhogen. Afhankelijk van het gekozen systeem, kan het afdekken van het zwembad geautomatiseerd worden. Ook vloeibare afdekkingen zijn reeds beschikbaar ter voorkoming van warmteverlies door een toplaag te vormen op de zwembadwaters, maar deze zijn tot op heden niet gezondheidskundig goedgekeurd en worden daarom hier verder niet behandeld. De meeste afdekkingen zijn hedendaags gebaseerd op inbouwsystemen onder water in de bodem of de wand, dit ter vermijding van broeihaarden van micro-organismen.

#### TOEPASBAARHEID

Dit systeem is bruikbaar voor openlucht en overdekte zwembaden. Het kan echter niet gebruikt worden voor natuurlijke zwembaden. Het is van belang dat de afdeksystemen correct gebruikt en onderhouden worden, zodat het geen broeihaarden van microbiële activiteit worden (zie ook 4.1.1.2).

#### MILIEUVOORDEEL

Door het zwembad af te dekken zal er minder water verdampen. Bij binnenzwembaden zal de ventilatie en het daaraan gekoppelde energiegebruik tijdens de sluitingsuren afnemen. Door openlucht zwembaden af te dekken zullen minder bladeren e.d. in het bad vallen en zullen er zich ook minder algen ontwikkelen. Dit heeft een gunstig effect op het chemicaliën- en waterverbruik.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Voor binnenbaden met afwerking in de bodem (zonder bouwkundige meerkosten van de uitsparing) worden prijzen geschat van 350-550 €/m<sup>219</sup>. Prijzen zijn vooral in het voordeel bij grotere baden, daar een vaste kost mee een rol speelt in dergelijke opstellingen. Bij buitenbaden wordt dit goedkoper, vaak door de grote oppervlakte, waardoor deze tussen 250-300 €/m<sup>2</sup> liggen. Al deze prijzen zijn voorzien voor eenvoudige structurele vormen (rechthoekig). Deze prijzen komen overeen met schattingen ontvangen van andere uitbaters<sup>20</sup>.

### 4.3.2 VERLENGEN VAN DE TURNOVER PERIODE VOOR LAAGBELASTE ZWEMBADEN

#### BESCHRIJVING

De turnover periode is de tijd waarop de volledige waterinhoud doorheen de filterinstallatie gestuurd wordt. De maximale waarden voor de turnover periodes van de verschillende types van baden is vastgelegd in [VLAREM](#) waarmee de wetgever een gunstige waterkwaliteit wil bereiken in de verschillende types van baden. Hoe groter de belasting van een bad (bv. kinderbaden en whirlpools) en hoe hoger de temperaturen van het water, hoe korter de turnover periode moet zijn. Hoge belastingen en hoge watertemperaturen verhogen namelijk het risico op het snel verspreiden van ziektekiemen. Korte turnover periodes leiden tot relatief grote filter- en pompinstallaties en bijgevolg tot hoge investerings- en werkingskosten. In de huidige wetgeving wordt enkel een onderscheid gemaakt op basis van het watervolume van een bad. Zo hebben de grotere baden een turnover van maximaal 4 uur. Baden gelijk aan of kleiner dan 100 m<sup>3</sup> hebben een turnover van maximum 2 uur, tenzij hiervoor een toelating door de afdeling, bevoegd voor het toezicht op de volksgezondheid, is verleend. Deze toelating kan enkel bij niet-kritische baden en de turnover bedraagt daar maximaal 3 uur. Door het onderscheid te maken op basis van belasting (i.p.v. grootte) kan het energieverbruik voor kleinere types van baden

<sup>19</sup> Persoonlijke communicatie T. Rombaut (Artabel)

<sup>20</sup> Persoonlijke communicatie G.-J. Vermeesch, M. Berckmoes & K. Mergan (Farys)

beperkt worden. Laag belaste baden met lage temperaturen zijn o.a. duikputten en zwembaden in saunacomplexen.

#### TOEPASBAARHEID

Wanneer de turnoverperiode verlengd wordt, mag de waterkwaliteit en veiligheid van de baders hier niet onder lijden. In Nederland mag de turnover periode onder bepaalde voorwaarden oplopen tot 6 u (Bhvbz, 2011).

#### MILIEUVOORDEEL

Door de turnover periode te verhogen, kunnen kleinere filters en pompen geïnstalleerd worden. Dit leidt tot een kleiner ruimtebeslag, beperkter materiaal gebruik en lager energieverbruik.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Kleinere filters en pompen leiden tot besparingen op vlak van energieverbruik. De financiële impact is positief.

### 4.3.3 CORRECT DIMENSIONEREN EN STUREN VAN POMPEN

#### BESCHRIJVING

Het energieverbruik van pompen verloopt disproportioneel. Wanneer het verpompte debiet met 20% verminderd wordt, kan het energieverbruik tot 50% afnemen. Anderzijds hebben overgedimensioneerde pompen een te hoog energieverbruik voor wat nodig is. Ook is het voor de waterkwaliteit niet altijd nodig dat de pompen op het maximaal vermogen werken. Bij een lagere belasting (bv. 's nachts) kan het debiet verminderd worden.

#### TOEPASBAARHEID

Pompen kunnen nooit volledig uitgeschakeld worden, omdat dit een ongunstig effect heeft op de zwemwaterkwaliteit. Wanneer dergelijke dimensionering wordt toegepast, moet de waterkwaliteit goed opgevolgd worden. Bij zwembaden waar de waterzuivering ondergedimensioneerd is, kan een dergelijke techniek niet toegepast worden.

#### MILIEUVOORDEEL

Een lager elektriciteitsverbruik wordt gerealiseerd door een lager vermogen en vermindering van het aantal draaiuren.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

De installatiekosten voor frequentieregeling (en eventuele sturing) zijn afhankelijk van de grootte van de installatie (zowel bij pompen als ventilatie). Afhankelijk van het geïnstalleerd vermogen (4-45 kW) schommelen de prijzen tussen 3500 en 9000 €<sup>21</sup>. De terugverdientijd is niet eenduidig te berekenen daar dit samenhangt met het aantal draaiuren van de motor en de overdimensionering van de pompen/ventilatoren t.o.v. hun werkingpunt waardoor dit van geval tot geval bekeken moet worden.

---

<sup>21</sup> Persoonlijke communicatie T. Rombaut (Artabel)

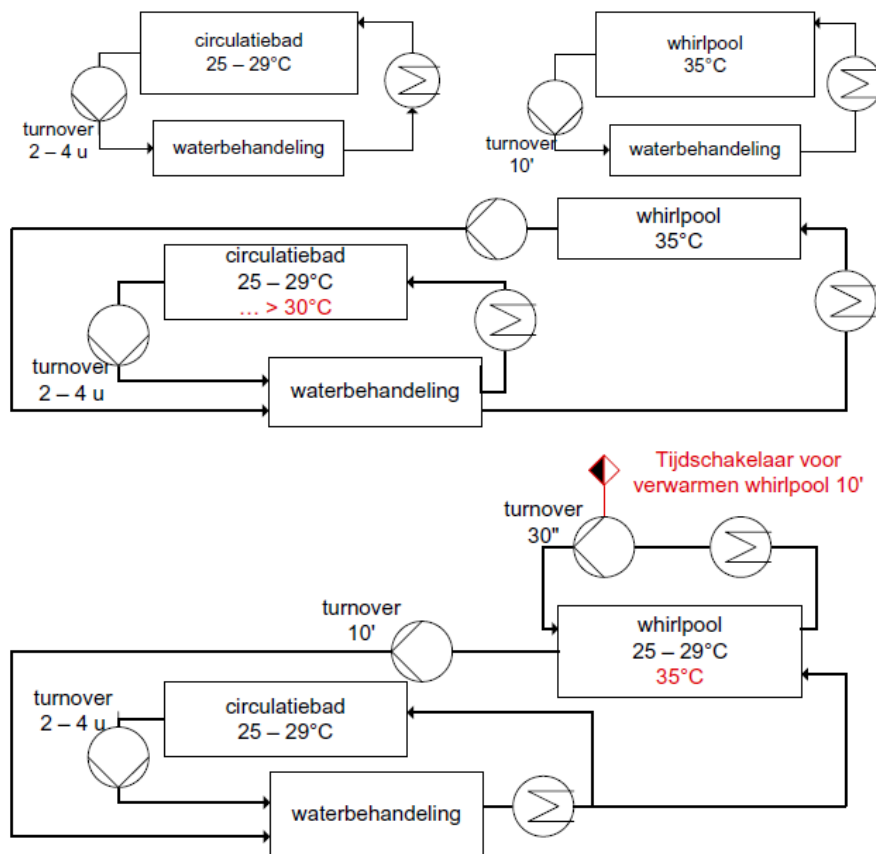
#### 4.3.4 KOPPELEN VAN DE WATERBEHANDELING VAN WHIRLPOOLS EN CIRCULATIEBADEN VIA TIMERS

##### BESCHRIJVING

De temperatuur in een circulatiebad is meestal een stuk lager dan deze van de whirlpool. Beide baden hebben idealiter een aparte waterbehandeling (zie Figuur 6). Wanneer de waterbehandeling van de zwembaden gekoppeld wordt, heeft dit een verlaagde investering, omdat er slechts één waterbehandeling nodig is maar doordat de whirlpool, met hogere watertemperatuur, een kortere turnover heeft dat het circulatiebad, zal de temperatuur van het circulatiebad toenemen (dit hangt ook af van de dimensionering van de baden). Voor de whirlpool zal het water meer bijgewarmd moeten worden wat leidt tot een verhoogd en onnodig energieverbruik.

Een mogelijke oplossing is om het water van de whirlpool op dezelfde (lagere) temperatuur van het circulatiebad te brengen. Wanneer gebruikers van de whirlpool toch een hogere temperatuur wensen, kunnen zij zelf een tijdschakelaar indrukken. Hierdoor wordt een aparte pomp aangestuurd (bv. de krachtige massagepompen), die het water via een krachtige warmtewisselaar heel snel op de gewenste hogere temperatuur brengt. Na de ingestelde tijd (bv. 10 minuten) zullen deze pompen uitvallen en zal de temperatuur terug dalen.





**Figuur 6: Koppeling van de waterbehandeling van de whirlpool aan deze van het circulatiebad via een tijdschakelaar**

*boven:* aparte waterbehandeling voor whirlpool en circulatiebad op twee verschillende temperaturen;

*midden:* koppeling van de waterbehandeling, leidt tot een verhoging van de temperatuur in het circulatiebad, als gevolg van de hoge whirlpooltemperatuur;

*onder:* koppeling van whirlpool en circulatiebad met tijdschakelaar en aparte snelwerkende warmtewisselaar.

#### TOEPASBAARHEID

Een gekoppelde waterbehandeling is te overwegen wanneer een hogere temperatuur van het circulatiebad gewenst is.

#### MILIEUVOORDEEL

Door de whirlpool enkel op een hogere temperatuur te brengen wanneer baders hier naar vragen, kan het energiegebruik beperkt worden. Het leidt bovendien tot een groter bewust zijn bij de whirlpool gebruikers en heeft als bijkomend neveneffect dat whirlpool gebruikers het bad na de ingestelde tijd verlaten, zodat anderen er daarna kunnen gebruik van maken. Het nadeel om baden te koppelen is dat wanneer in een bad een bacteriologische probleem wordt vastgesteld, alle baden moeten gesloten worden. Ook kan de desinfectiemethode verschillen door de aard van de parameters van beide type baden, waardoor een algemene waterbehandeling niet altijd optimaal is voor beide types van water.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Het koppelen van de baden leidt tot kostenbesparingen, omdat er slechts één filter nodig is, maar de investering voor de sturing blijft ongeveer gelijk.

### 4.3.5 ISOLEREN, LUCHTDICHT EN DAMPDICHT MAKEN VAN DE GEBOUWSCHIL

#### BESCHRIJVING

Om het energieverbruik voor verwarming te beperken is het belangrijk dat zwembaden voldoende geïsoleerd zijn. Bij nieuwe complexen dient steeds een afweging gemaakt te worden tussen extra isolatie en de kosten voor verwarming en ventilatie op lange termijn. Bij bestaande zwembaden kan het nuttig zijn om metingen met een infraroodcamera uit te voeren om de koudebruggen op te sporen en te isoleren, glijbanen (met buitendeel) vragen daarbij extra aandacht.

#### TOEPASBAARHEID

Het is gemakkelijker om nieuwe gebouwen goed te isoleren en wind- en dampdicht te maken dan bestaande gebouwen.

#### MILIEUVOORDEEL

Verlaging van het primaire energiegebruik.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Het goed isoleren en luchtdicht maken van nieuwe zwembadcomplexen verhoogt de investeringskost, maar wordt snel terugverdiend door lagere energiekosten. Voor bestaande gebouwen zijn investeringskosten moeilijker in te schatten. Voor het vervangen van glas door HR++(+) glas is de terugverdientijd afhankelijk van de grootte van het gebouw, het gekozen glaswerk, de energieprijzen en het buitenklimaat. Een schatting van 6-12 jaar is realistisch.

### 4.3.6 FREQUENTIEREGELING OP VENTILATOREN

#### BESCHRIJVING

Net zoals bij de circulatiepompen, kan de snelheid van de ventilatoren gekoppeld worden aan de belasting (bezoekersaantal, dag/nacht) op basis van luchtvochtigheid en CO<sub>2</sub> waarden. Door de frequentieregeling ligt de capaciteit van de ventilator steeds in lijn met het gewenste debiet.

#### TOEPASBAARHEID

Het debiet wordt automatisch gestuurd in functie van de luchtkwaliteit (continue meetwaarden). Deze techniek is ondertussen standaardtechnologie. Bij nieuwe installaties hebben moderne eC-ventilatoren de voorkeur bij nieuwbouw omdat deze rechtstreeks aangestuurd kunnen worden met een 0-10 V signaal, waardoor geen frequentieregelaar meer nodig is.

#### MILIEUVOORDEEL

Er wordt een lager elektriciteits- en warmteverbruik gerealiseerd.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Zie paragraaf 4.3.3 (financiële aspecten).

### 4.3.7 WARMTERECUPERATIE VENTILATIELUCHT

#### BESCHRIJVING

Om de kwaliteit van de lucht in zwembaden op peil te houden moeten de hallen en ruimten voldoende geventileerd worden. Daarbij wordt warme vochtige lucht afgezogen en wordt deze vervangen door koude lucht. Met behulp van een warmtewisselaar kan de inkomende lucht voorverwarmd worden met de warmte van de uitgaande lucht. Hier wordt telkens gekeken naar dimensionering om het rendement

zo optimaal mogelijk te krijgen. Wanneer de warmtewisselaar gekoppeld wordt met een warmtepomp zal het rendement verder toenemen. Wanneer de luchtgroep naast de warmtewisselaar ook een geïntegreerde warmtepomp bevat, kan de resterende energie (vooral latente energie) worden gerecupereerd en op een hogere temperatuur aan de toevoerlucht of het zwembadwater worden afgegeven.

#### TOEPASBAARHEID

Statische warmterecuperatie is standaard en door de energieprestatieregelgeving verplicht (minimale rendementen). Het wordt aanbevolen eerst te zorgen dat het gebouw voldoende luchtdicht en geïsoleerd is om dit rendement te maximaliseren.

#### MILIEUVOORDEEL

Door het toepassen van deze techniek gaat het elektriciteitsverbruik stijgen (voornamelijk bij de koppeling van een warmtepomp op de ventilatie) maar zal ook het gasverbruik afnemen (bij gasgestookte installaties). Door een deel van de warmte uit de ventilatielucht te recupereren is er minder primaire energie nodig voor de verwarming van de hal.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Statische warmterecuperatie wordt vanuit wetgeving aanbevolen om te voldoen aan o.a. EPB-eisen en Europese richtlijnen inzake energie-efficiëntie. Additioneel kan op deze installatie een warmtepomp voorzien worden maar dit is afhankelijk van het type project. Indien groene energie aanwezig is, vermindert dit de impact op het milieu.

### 4.3.8 RECUPERATIE VAN RESTWARMTE TER VERWARMING VAN ZWEMBADWATER

#### BESCHRIJVING

Het geloosde afvalwater (spoelwater afkomstig van de filters of water van de douches) heeft een hoge temperatuur (ongeveer 30°C). Gelijkzeitig is er koud water (ongeveer 10-12 °C) dat moet opgewarmd worden. Door een warmtewisselaar te plaatsen tussen beide stromen, kan het koude leidingwater voorverwarmd worden. Door het systeem uit te breiden met een warmtepomp, kan het verse water opgewarmd worden tot dezelfde (of hogere) temperaturen als het geloosde afvalwater. De toevoeging van een warmtepompsysteem zorgt wel voor hogere investerings- en onderhoudskosten en beïnvloedt de terugverdientijd door stilstandtijden. Leveranciers geven aan dat in deze toepassing een coefficient of performance van 11 haalbaar is (Menerga, 2020).

Daarnaast kan men uit de huidige energievoorzieningen (25-30% van de zwembaden recupereert nog warmte uit rookgassen en/of stoomketels) warmte recupereren ter verwarming van zwembadwater.

#### TOEPASBAARHEID

Toepasbaar bij nieuwbouw en renovatie. Voor bestaande baden is dit moeilijker in te passen, omdat een aparte bufferkelder moet gebouwd worden om het spoelwater in te stockeren. Om een constante warmteoverdracht tussen het afvalwater en het vers water te garanderen, dient de vuilwaterleiding regelmatig (elk uur) gereinigd te worden. Goede warmtewisselaars zijn daarom uitgerust met een automatisch reinigingssysteem. Deze installatie vraagt een dagelijkse opvolging en maandelijks onderhoud. Om infiltratie van vuil water in het schoonwater circuit te voorkomen worden de wanden dubbelwandig uitgevoerd. De ruimte tussenin wordt gevuld met een gas (stikstof) onder druk. Wanneer de druk van het gas wegvalt, wordt een alarm gegeven en wordt vermeden dat het proper water in contact komt met vuil spoelwater. Ook de toevoeging van specifieke warmterecuperatiesystemen is moeilijker in te passen bij bestaande baden.

**MILIEUVOORDEEL**

Deze techniek heeft als voordeel dat er minder primaire energie nodig is.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Om de investeringskost van de warmtewisselaar en de warmtepomp te beperken is het nodig om een buffertank te bouwen die het spoelwater dat gedurende 24 of 48 h verzameld wordt te bufferen. Op die manier kan een zo klein mogelijke warmtewisselaar en warmtepomp gekozen worden. Bij een zwembad met gemiddeld 700 bezoekers per dag komt de unit inclusief installatiekost neer op ongeveer 60 000€. De terugverdientijd wordt geraamd op 5 jaar (Menerga, 2020).

Door recuperatie van warmte uit de stoomketel en/of rookgassen kan de totale energiebehoefte afhankelijk van de efficiëntie van het systeem en de operationele omstandigheden 20-50% dalen. De exacte besparing kan enkel bepaald worden na gedetailleerde analyse van het specifieke zwembad.

**4.3.9 WARMTEKRACHTKOPPELING****BESCHRIJVING**

Een warmtekrachtkoppeling of WKK produceert elektriciteit. De warmte die daarbij vrijkomt wordt nuttig gebruikt. Informatie over de verschillende types WKKs en de ontwikkeling er van zijn terug te vinden op de website van [Cogen Vlaanderen](#), een platform voor WKKs in Vlaanderen. Uit de Kengetallen Zwembaden (2021-2022) blijkt dat meer dan 30% van de zwembaden al een vorm van WKK geïnstalleerd heeft.

**TOEPASBAARHEID**

Het gebruik van een WKK-systeem in een zwembad hangt af van verschillende factoren, zoals de grootte van het zwembad, de elektriciteitsbehoefte, de beschikbaarheid van een geschikte energiebron en de kosten-effectiviteit van het implementeren van een dergelijk systeem. Elk zwembad heeft unieke vereisten, dus de keuze voor een specifiek verwarmingssysteem kan variëren. Het gebruik van WKK's werd veelvuldig toegepast in bestaande projecten, maar door uitfasering van aardgas wordt deze techniek (bijna) niet (meer) toegepast in (nieuwbouw)projecten.

**MILIEUVOORDEEL**

Bij de productie van elektriciteit gaat heel wat warmte verloren, wanneer deze warmte nuttig kan ingezet worden zal het totale energieverbruik (voor elektriciteit en warmte samen) lager zijn. Hierdoor zal de uitstoot van verbrandingsgassen dalen. De gecombineerde lokale opwekking van warmte en elektriciteit levert een relatieve primaire energiebesparing van 20 à 25% op t.o.v. de gescheiden productie van warmte (bv. lokaal met een aardgasgetel) en elektriciteit (op afstand in een elektriciteitscentrale).

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Aangezien lokaal elektriciteit geproduceerd wordt op basis van aardgas (dat aan huidige voorwaarden veel goedkoper is dan elektriciteit), is dit een voordelige vorm van elektriciteitsvoorziening. Voor de kostprijs van een WKK (enkel het toestel zonder aanpassing, elektrische/hydraulische/regeltechnische installatie) worden volgende prijzen ingeschat<sup>22</sup>:

- 20 kWe/40 kWth : ca. 85 000€
- 70 kWe/115 kWth : ca. 150 000€

<sup>22</sup> Persoonlijke communicatie T. Rombaut (Artabel)

### 4.3.10 INZETTEN VAN GROENE EN/OF HERNIEUWBARE ENERGIE

#### BESCHRIJVING

Warmtepompen zijn energie-efficiënte apparaten die warmte uit de omgeving halen (zoals de lucht, water of grond) en deze gebruiken om water te verwarmen. Ze zijn populair vanwege hun lagere energieverbruik in vergelijking met traditionele verwarmingssystemen. Door de fluctuerende prijzen van elektriciteit en gas in Vlaanderen, is het nog altijd een uitdaging dergelijke systemen op grote schaal rendabel te krijgen. Wel wordt door de uitfasering van aardgas mogelijke begunstiging verwacht wat kan leiden tot een interessante investering en dus toevoeging van warmtepompen (eventueel in combinatie met zonnepanelen indien deze nog niet aanwezig zijn).

Daarnaast kan men zonneboilers toepassen om water tot 90°C op te warmen. Dit water wordt, na bijmenging met koud water, gebruikt voor de douches en eventueel als suppletiewater. Het zwembadwater zelf wordt niet opgewarmd met een zonneboiler.

Tot slot bestaat de mogelijkheid ter toepassing van een bodemenergie-opslagveld (BEO-veld), waarbij warmte en koude worden opgeslagen in de bodem, vaak via verticale of horizontale bodemwarmtewisselaars. Het wordt gebruikt voor het duurzaam verwarmen en koelen van gebouwen door thermische energie op te slaan in de bodem tijdens verschillende seizoenen.

#### TOEPASBAARHEID

De toepasbaarheid van een warmtepompsysteem hangt af van de hydrogeologische omgeving waar het zwembad staat in het geval er gebruik gemaakt wordt van grondwater. Vaak wordt er gebruik gemaakt van lucht- of waterwarmtepompen (zie ook 4.3.8 voor waterwarmtepompen) door de initieel lagere investering en eenvoudigere installatie. Beide typen warmtepompen kunnen een efficiënte en milieuvriendelijke manier zijn om zwembadwater te verwarmen, afhankelijk van de specifieke vereisten van het zwembad. Vandaag heeft minstens 26% van de zwembadcomplexen reeds een warmtepomp in gebruik (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022).

De zonneboiler zijn rendement is het grootst in de zomer, zodat de installatie enkel interessant is wanneer er ook in de zomer een grote warmwater vraag is. Dit is bij zwembaden zeker het geval, waar vooral overdag (ook in de zomermaanden), vraag is naar warm douchewater. Vandaag de dag zijn er nog andere alternatieven, maar bij de huidige zwembaden in Vlaanderen heeft bijna 27% hiervan een zonneboiler in gebruik (Kengetallen Zwembaden, 2021-2022).

Er is in Vlaanderen weet van minstens één multisportcomplex (met zwembaden) waarbij een BEO-veld aangelegd werd (Sportoase Deurne).

#### MILIEUVOORDEEL

Het milieuvoordeel van een warmtepomp hangt samen met de efficiëntie. Door een dergelijke pomp in te zetten stijgt de elektriciteitsvraag, maar is er minder primaire energie voor verwarming nodig. Indien groene energie aanwezig is, vermindert dit de impact op het milieu. Door gebruik te maken van een zonneboiler zal er minder fossiele brandstof nodig zijn en zal de uitstoot van verbrandingsgassen afnemen. Door het gebruik van een BEO-veld kan een zwembad aanzienlijk besparen op energiekosten en zijn CO<sub>2</sub>-uitstoot verlagen.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

De kost van de warmtepompinstallatie varieert sterk met het type project en de voorwaarden. Door de huidige investeringskost en rendabiliteit zou de kost van een warmtepomp verder gedrukt kunnen worden door dit te combineren met het plaatsen van zonnepanelen. Hierdoor verlaagt de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen en zijn de energiekosten op termijn lager voor de installatie.

Bij de zonneboiler spreekt men voornamelijk over gasbesparing. Deze werd door Tak (2005) ingeschat op 45 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> zonnecollector in het geval suppletiewater voor het zwembad wordt geproduceerd. De winst bedraagt 60 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> zonnecollector in het geval er douchewater wordt geproduceerd. Voor het aanleggen van een BEO-veld zijn geen gedetailleerde kosten beschikbaar.

## 4.4 GOOD HOUSEKEEPING

### 4.4.1 INVOERING VAN MILIEUMANAGEMENTSYSTEEM

#### BESCHRIJVING

Dit systeem start met een goede inventarisatie van de in- en uitgaande stromen (water, energie, afval, ...) op regelmatige basis (dagelijks, wekelijks, jaarlijks). Op die manier krijgt men een beeld van grote water- en energieverbruikers, maar ook van abnormale veranderingen. Zo kunnen abnormale waterverbruiken wijzen op b.v. een lek. Abnormale hoge energieverbruiken kunnen wijzen op toestellen die niet in stand-by gaan of afgezet worden. Deze metingen zijn een middel om deze problemen op te sporen. Maar een milieumanagement gaat verder, het spoort ook de grootverbruikers op en gebruikt deze informatie als beslissingsbasis voor nieuwe investeringen. Wanneer dergelijke systemen op punt staan en er gestreefd wordt naar een continue verbeteren, kan men opteren om het managementsysteem te laten certificeren en zo een [ISO 14000](#), [EMAS](#) of ander label krijgen.

#### TOEPASBAARHEID

Een rudimentair milieumanagement is haalbaar in elk zwembad. Ieder zwembad beschikt immers over een ingaande water- en elektriciteitsmeter, die eenvoudig dagelijks of wekelijks kan genoteerd worden. Indien meer gedetailleerde gegevens wenselijk zijn, dienen bijkomende (of verplaatsbare) meters geplaatst te worden. Het certificeren is niet strikt noodzakelijk. Aan de certificatie zijn wel verschillende verplichtingen en audits verbonden.

#### MILIEUVOORDEEL

Door problemen op te sporen kan het water- en energieverbruik beperkt worden.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Dit systeem is eenvoudig implementeerbaar in zwembaden.

### 4.4.2 LEGIONELLABEHEERSING

In zwembaden wordt heel veel warm sanitair water geproduceerd. Maatregelen en BBT voor de beheersing van Legionella worden reeds besproken in [de BBT voor Legionellabeheersing](#) (2017), bijgevolg is dit deelhoofdstuk niet opgenomen in de BBT-tabel (Tabel 10). Alle wettelijke bepalingen omtrent Legionellabeheersing zijn opgenomen in het [Legionellabesluit](#).

### 4.4.3 OPTIMALISATIE VAN VERLICHTING TER ENERGIEBESPARING

Zwembaden dienen dagelijks verlicht te worden. Omdat dit geen deel uitmaakt van de hoofdactiviteit, wordt de manier van verlichten niet meer in vraag gesteld of geoptimaliseerd. Doch, een goede verlichting is kostenbesparend.

#### BESCHRIJVING

Volgende opsomming zorgt voor een optimaal gebruik van verlichting:

- Gebruik zoveel mogelijk daglicht;
- Gebruik zoveel mogelijk LED verlichting en vervang defecte lampen onmiddellijk;
- Gebruik spiegelreflectoren indien mogelijk in de verlichtingsarmaturen;
- Gebruik luxsensoren en zorg voor lichtregeling naargelang de behoefte van de activiteit;
- Maak gebruik van bewegingssensoren om ongebruikte ruimtes niet onnodig te verlichten;

- Reinig regelmatig de armaturen en lampen om het rendement optimaal te houden.

**TOEPASBAARHEID**

Deze maatregelen zijn technisch eenvoudig uitvoerbaar.

**MILIEUVOORDEEL**

Een optimalisatie van de verlichting leidt tot een vermindering van het energieverbruik.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Deze maatregelen zijn financieel haalbaar voor de zwembaden.

**4.4.4 REGELMATIG REINIGEN VAN VERWARMINGSSYSTEMEN****BESCHRIJVING**

Bij zwembaden die nog gebruik maken van radiatoren kan zich stofophoping voordoen. Ook betrokken warmtewisselaars zijn vaak een plaats waar stof zich gaat hechten. Om de efficiëntie van de toestellen te vrijwaren wordt aangeraden om deze toestellen regelmatig en goed te poetsen.

**TOEPASBAARHEID**

Dit is toepasbaar in elk zwembad, er wordt aangeraden dit concreet op te nemen in het poetschema.

**MILIEUVOORDEEL**

Deze maatregel zal leiden tot een verlaagd energiegebruik.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Deze maatregel is toepasbaar in alle zwembaden.

**4.4.5 MINIMALISEREN VAN HET WATERVERBRUIK****BESCHRIJVING**

Volgende opsomming zorgt voor een optimaal gebruik van water:

- Maximaal inzetten op recuperatie van alle waterstromen (en inzet van regenwater waar mogelijk);
- Douches uitrusten met drukknoppen;
- Waterbesparende douchekoppen installeren;
- Spaarknoppen installeren op toiletten;
- Gebruik van urinoirs waar mogelijk (best zijn deze uitgerust met automatische spoelsensoren).

**TOEPASBAARHEID**

Deze maatregelen zijn toepasbaar in elk zwembad.

**MILIEUVOORDEEL**

Deze maatregel zal leiden tot lager waterverbruik.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Deze maatregel is toepasbaar in alle zwembaden.

## 4.5 END-OF-PIPE TECHNIEKEN

### 4.5.1 VERWIJDEREN VAN CHLOOR BIJ VOLLEDIGE LEDIGING VAN HET BAD

#### 4.5.1.1 CHEMISCHE NEUTRALISATIE

##### BESCHRIJVING

In paragraaf 3.1.8.4 wordt beschreven hoe een overmaat aan natriumhypochloriet kan geneutraliseerd worden door toevoeging van natriumsulfiet, natriumthiosulfaat of waterstofperoxide.

##### TOEPASBAARHEID

In kalkhoudend water wordt bij de afbraak van chloor met natriumsulfiet of natriumthiosulfaat tevens gips (calciumsulfaat) gevormd. Gips is onoplosbaar in water en leidt tot troebel water. Met natriumthiosulfaat zal de pH van het behandelde water dalen. Dit is een nevenreactie met een gunstig effect omdat een overchlorering met natriumhypochloriet de pH steeds doet stijgen (Belgochlor, 2007). Waterstofperoxide heeft als voordeel dat het geen neerslag vormt en in vloeibare vorm kan toegevoegd worden.

##### MILIEUVOORDEEL

Verwijdering van vrij beschikbaar chloor, waardoor de desinfectie en oxidatie van biomassa en (micro) organismen stopt en waardoor er buiten het zwembad geen extra AOX-verbindingen ontstaan.

##### FINANCIËLE ASPECTEN

De kostprijs van chemicaliën is vrij beperkt, maar de toepassing vraagt wel een apart meet- en regelsysteem. Er zijn geen gegevens bekend van de financiële impact.

#### 4.5.1.2 ACTIEF KOOLFILTER

##### BESCHRIJVING

De werking van de actief koolfilter is beschreven in paragraaf 3.1.5.3 en 4.1.3.1. Wanneer de filter gebruikt wordt voor de behandeling van het effluent, zal het aanwezige vrije chloor verwijderd worden, samen met de aanwezige organische verbindingen, waaronder AOX.

##### TOEPASBAARHEID

De filter is bruikbaar op alle types van zwembadwater. Om verstopping of vervuiling van de filter te voorkomen, kan een voorfiltering noodzakelijk zijn. Momenteel zijn er geen zwembaden in Vlaanderen gekend die deze techniek toepassen. In Duitsland zijn er wel zwembaden die op deze manier uitgerust zijn (W.E.T., 2008). De actief koolfilter kan wel beschikbaar gehouden worden voor inrichtingen die de waterparameters (tijdelijk) niet onder controle kunnen houden. Er moet steeds prioritair gehandeld



worden in het begin van de keten in dit geval, maar tijdelijke bescherming van ontvangende waterlopen via actief koolinstallaties kan als laatste redmiddel ingezet worden.

#### MILIEUVOORDEEL

Verwijdering van vrij chloor en AOX-verbindingen. Uit studies op zwembadwater blijkt een efficiënte verwijdering van AOX enkel mogelijk is wanneer de filter regelmatig geregenereerd wordt (zie paragraaf 3.1.5.3). Nadien blijft wel actief kool over die verder moet behandeld worden als afvalstroom.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Zie paragraaf 4.1.3.1.

### 4.5.1.3 TURFZAK

#### BESCHRIJVING

Een turfzak werkt op een analoge manier als een actief koolfilter. De adsorberende werking is echter kleiner zijn dan van actief kool.

#### TOEPASBAARHEID

Een turfzak vraagt weinig plaats en ruimte en makkelijk geïnstalleerd worden. Er zijn echter geen wetenschappelijke rapporten over de efficiëntie van turfzakken.

#### MILIEUVOORDEEL

In een turfzak zal de aanwezige vrij chloor wegreageren met het organisch materiaal van de turf. Het voordeel is dat er geen vrij chloor in de riool of het oppervlaktewater terecht komt. Maar mogelijk komt er wel een groot deel van de gechloreerde verbindingen in het oppervlaktewater terecht.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

De kostprijs voor een turfzak is zeer beperkt.

## 4.5.2 VERWIJDEREN VAN CHLOOR BIJ FILTERSPOELINGEN

### 4.5.2.1 CHEMISCHE NEUTRALISATIE

#### BESCHRIJVING

Zie paragraaf 3.1.8.4 en 4.5.1.1. Om de techniek toe te passen op de filterspoelingen is er een permanente meting van het vrije chloor in het spoelwater nodig. Op basis van het gemeten resultaat gebeurt er een dosering van bv. waterstofperoxide, die het aanwezige vrije chloor neutraliseert.

#### TOEPASBAARHEID

De techniek wordt in enkele zwembaden in Duitsland toegepast, maar vraagt een dure performante sturing.

#### MILIEUVOORDEEL

Verwijdering van vrij beschikbaar chloor, waardoor de desinfectie en oxidatie van biomassa en micro-organismen stopt, waardoor er buiten het zwembad geen extra AOX-verbindingen ontstaan.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

De kostprijs voor de chemicaliën zijn beperkt, maar de kostprijs voor de sturing zou hoog oplopen (geen exacte gegevens gekend).

### 4.5.2.2 ACTIEF KOOLFILTER

Zie paragraaf 4.5.1.2.

### 4.5.2.3 TURFZAK

Zie paragraaf 4.5.1.3.

## 4.5.3 VERWIJDEREN VAN AOX

### 4.5.3.1 ACTIEF KOOLFILTER

Zie paragraaf 4.5.1.2.

### 4.5.3.2 ACTIEF KOOL ALS POEDER

#### BESCHRIJVING

Actief kool is ook beschikbaar in poedervorm. Met behulp van een doseereenheid wordt het poeder toegevoegd aan het effluent. Daarbij gaan AOX en andere adsorbeerbare verbindingen zich vasthechten aan het poeder. Het proces wordt beschreven onder paragraaf 4.1.3.2.

#### TOEPASBAARHEID

Er zijn momenteel geen installaties op effluent in zwembaden gekend.

#### MILIEUVOORDEEL

Door poederkool toe te voegen zal de concentratie aan AOX dalen. Wanneer het poederkool niet verwijderd wordt uit het effluent, leidt dit tot een verhoging van de turbiditeit en leidt het gebruik van

actief kool niet tot een milieuvoordeel. Wanneer het wel verwijderd wordt, ontstaat er een extra afvalstroom.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Onder paragraaf 4.1.3.2 wordt de kostprijs beschreven voor een installatie op zwembadwater. De kostprijs voor een automatische installatie wordt geraamd op 150 000 €, manuele dosering vergt nauwelijks investeringen.

### 4.5.3.3 OMGEKEERDE OSMOSE

#### BESCHRIJVING

Spoelwater dat afkomstig is van de filters (klassieke filters of ultrafiltratie) bevat hoge AOX-concentraties. Voor klassieke filters kunnen deze AOX-concentratie hoog oplopen tot zelfs meer dan 2000 µg/l (meetcampagne door VMM uitgevoerd in 2021). Tot 19% van de totale AOX-verbindingen werd bij onderzoek door Glauner et al. (2005a) in het verleden in de ultrafiltratie fractie teruggevonden. Wanneer het spoelwater verwerkt wordt in een omgekeerde osmose installatie, zullen de AOX in de concentraatstroom terecht komen. Er zijn echter geen exacte cijfers gekend van het verwijderingsrendement in zwembaden. Het concentraat kan afgevoerd worden en het retentaat wordt teruggeleid naar het zwembad of gebruikt in grijswater (W.E.T., 2008).

#### TOEPASBAARHEID

De techniek wordt toegepast in verschillende Vlaamse zwembaden. De omgekeerde osmose installatie is gevoelig aan verontreinigingen. Om de membranen te beschermen moet er een actief koolfilter en membraan worden voorgeschakeld. Een alternatief kan zijn om verontreinigingen eerst te laten bezinken en enkel het bovenste deel van het water richting omgekeerde osmose installatie te sturen.

#### MILIEUVOORDEEL

Door de concentraatstroom apart te behandelen of op te halen, komen er nauwelijks schadelijke AOX in het milieu terecht. Nadien blijft wel actief kool over die verder moet behandeld worden als afvalstroom.

#### FINANCIËLE ASPECTEN

Er zijn geen actuele kosten beschikbaar.

### 4.5.3.4 GEBRUIK VAN ADVANCED OXIDATION PROCESSES

#### BESCHRIJVING

Onder paragraaf 4.1.3.4 worden verschillende AOP besproken. De technieken om AOX te verwijderen kunnen ook getoetst worden in [WASS](#) (waterzuiveringsselectiesysteem als tool op de EMIS website).

#### TOEPASBAARHEID

Momenteel is er geen ervaring van het gebruik van AOP op effluent van zwembadwater. Vormen van AOP worden wel uitvoerig bestudeerd en ingezet ter verwijdering van DBP.

#### MILIEUVOORDEEL

De efficiëntie van de AOX-verwijdering is afhankelijk van de technologie. Bij alle technieken geldt dat overdosering schadelijker kan zijn dan de initiële pollutie. Een goede processturing en –controle is dus noodzakelijk. Afhankelijk van de gekozen techniek zal dit leiden tot het verhogen van het elektriciteitsverbruik (ozon, UV en elektro-oxidatie) en verhoging van het chemicaliënverbruik (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Ook moet regelmatig onderhoud uitgevoerd worden ter controle en vervanging van bepaalde componenten.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Afhankelijk van de gekozen oxidatietechniek zullen de investeringskosten en werkingskosten sterk variëren. Doserend waterstofperoxide is het goedkoopst, daarna volgt UV. Elektro-oxidatie (kathode en anode) en een ozongenerator zijn duurder opties.

#### 4.5.4 VOLLEDIGE LEDIGING VAN HET ZWEMBAD IN OVERLEG MET DE BEHEERDER VAN DE ONTVANGENDE WATERLOOP OF RWZI

**BESCHRIJVING**

Wanneer het zwembad volledig leeg gelaten wordt, kan dit een verhoogde hydraulische belasting betekenen voor het ontvangende oppervlaktewater of RWZI. Door goede afspraken te maken met de beheerder kan dit vermeden worden.

**TOEPASBAARHEID**

De maatregel is toepasbaar voor alle zwembaden (ook bij private zwembaden), maar is vooral nuttig voor grotere baden en complexen.

**MILIEUVOORDEEL**

Deze maatregel zal leiden tot verlaging van de hydraulische belasting.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

De maatregel heeft vooral een organisatorische impact op de zwembaduitbating.

### 4.6 TECHNIEKEN IN OPKOMST

In dit onderdeel worden een aantal technieken in opkomst besproken die bij de opmaak van de BBT-studie werden geïdentificeerd. Technieken in opkomst zijn nieuwe technieken voor een industriële activiteit die, als zij commercieel worden ontwikkeld, hetzij een hoger algemeen beschermingsniveau voor het milieu hetzij minstens hetzelfde beschermingsniveau voor het milieu en grotere kostenbesparingen kunnen opleveren dan de beste beschikbare technieken. Het zijn technieken die nog niet op industriële schaal worden toegepast, of nog in ontwikkeling zijn, en mogelijk in de toekomst BBT kunnen worden. Ook technieken die milieuproblemen aanpakken die nog maar recent onder de aandacht zijn gekomen voor een activiteit komen hier aan bod.

Bij een eventuele herziening van deze BBT-studie in de toekomst, kan onderzocht worden of de technieken in opkomst inmiddels BBT zijn geworden, en of verder onderzoek tot nieuwe inzichten geleid heeft.

#### 4.6.1 LUCHTSTRIPPER

**BESCHRIJVING**

Luchtstrippen kan ingezet worden voor de verwijdering van (gechloreerde) VOC's zoals o.a. THM en trichlooramine. Door in tegengestelde flow lucht door de unit te verplaatsen worden de gevormde VOC's meegenomen en afgevoerd. Deze techniek is toepasbaar op zwembadwater en wordt reeds toegepast in publieke zwembaden in Denemarken. Het is niet volledig duidelijk wat de impact is op AOX-verbindingen. De techniek heeft de mogelijkheid om ongeveer 80-90% van de THM te verwijderen en wordt ook toegepast bij de behandeling van drink- en grondwater (Svømmebads-Teknik, 2020).

**TOEPASBAARHEID**

De luchtstripper kan ingebouwd worden in bestaande en nieuwe installaties en is beschikbaar met volautomatische sensoren om het systeem optimaal te doen functioneren. De units kunnen gravitair of onder druk werken (om bijvoorbeeld installatie onder bassin niveau mogelijk te maken). Een voorbeeld van dergelijk type apparaten is de Ultraaqua GAS-Stripper (Inblue, 2022). Het BC stelt na navraag dat de techniek nog weinig toegepast wordt in de zwembadsector en dat daar de techniek weinig resultaat oplevert.

**MILIEUVOORDEEL**

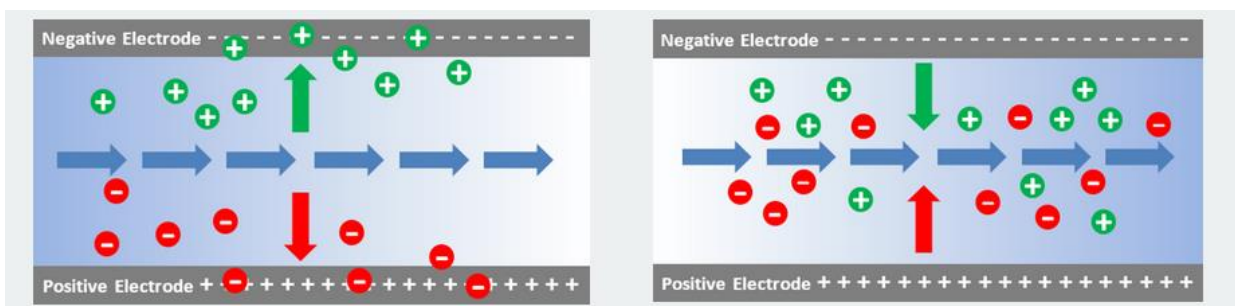
Het afvangen van DBP op basis van chloor zal zorgen voor verdere ontlasting van het zuiveringssysteem. Ook wordt het verdere risico op ademhalingsproblemen bij baders verminderd door verwijdering van de belangrijkste VOC's die hier verantwoordelijk voor zijn. Door de installatie zal het totale energieverbruik van de faciliteit kunnen dalen door verminderd water- en ventilatiegebruik.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Er zijn geen financiële gegevens bekend.

**4.6.2 FLOW THROUGH CAPACITOR – CAPACITIVE DEIONIZATION****BESCHRIJVING**

De flow through capacitor (FTC) of capacitive deionization is een technologie waarbij membraan- en elektro-technologie gecombineerd worden. Het water stroomt doorheen een semipermeabel membraan (sponsachtig). Langs een zijde van het membraan bevindt er zich de kathode, langs de andere zijde bevindt er zich een anode. Positief geladen deeltjes (kationen) zullen doorheen het membraan richting anode migreren. Negatief geladen deeltjes (anionen) bewegen richting katode. Om de anode en katode te regenereren worden ze omgepooled en stromen de verontreinigingen terug doorheen het membraan naar het water. Op het moment van regeneratie dient het water afgevoerd te worden. Op die manier worden geladen deeltjes (o.a. zouten, nitraten, zware metalen, ...) uit het zwembadwater verwijderd. De techniek wordt toegepast op het spoelwater van zwembaden, en kan mogelijk ook toegepast worden op (een deel van) het zwembadwater. Het voordeel van FTC t.o.v. omgekeerde osmose is dat de membranen van OO zeer gevoelig zijn aan vrij chloor en heel duur zijn in aankoop. FTC is ongevoelig aan chloor en kan dan ook rechtstreeks ingezet worden. Daarnaast is het gebruik van hogedruk pompen of hittebronnen onnodig daar het primaire systeem gebruik maakt van een laag celvoltage (ongeveer 1 V) (Lenntech, 2023).



**Figuur 7: Adsorptie-desorptie mechanisme van capacitive deionization (Lenntech, 2023)**

**TOEPASBAARHEID**

De techniek is enkel getest op labo- en pilotschaal. De techniek kan mogelijk een oplossing bieden in zwembaden waar de badkuip uit roestvrij staal bestaat en waar zeer lage zoutconcentraties noodzakelijk zijn, omdat zout het roestvrij staal aantast.

**MILIEUVOORDEEL**

Beperken van het waterverbruik door hergebruik van een deel van het spoelwater (minstens 60%). Door het waterverbruik te beperken zal ook de energiekost dalen.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Er zijn nog geen kostprijs gegevens gekend voor zwembadtoepassingen.

**4.6.3 NANOFILTRATIE****BESCHRIJVING**

Nanofiltratie gaat nog een stap verder dan ultrafiltratie en zou eveneens op de volledige waterstroom worden toegepast ter vervanging van de zandfilters. Nanofiltratie wordt getrapd toegepast: voorfilter die grove delen verwijdert, daarna microfiltratie gevolgd door ultrafiltratie en nanofiltratie.

**TOEPASBAARHEID**

Er werden labo- en pilotschaal testen uitgevoerd met nanofiltratiemembranen, maar er zijn geen fullscale installaties gekend. Ook werden enkele testen uitgevoerd met nanofiltratie in een kleine deelstroom (0.3% - 9,7 m<sup>3</sup>/dag) in een zwembad in Duitsland (Cuesta, 2014).

**MILIEUVOORDEEL**

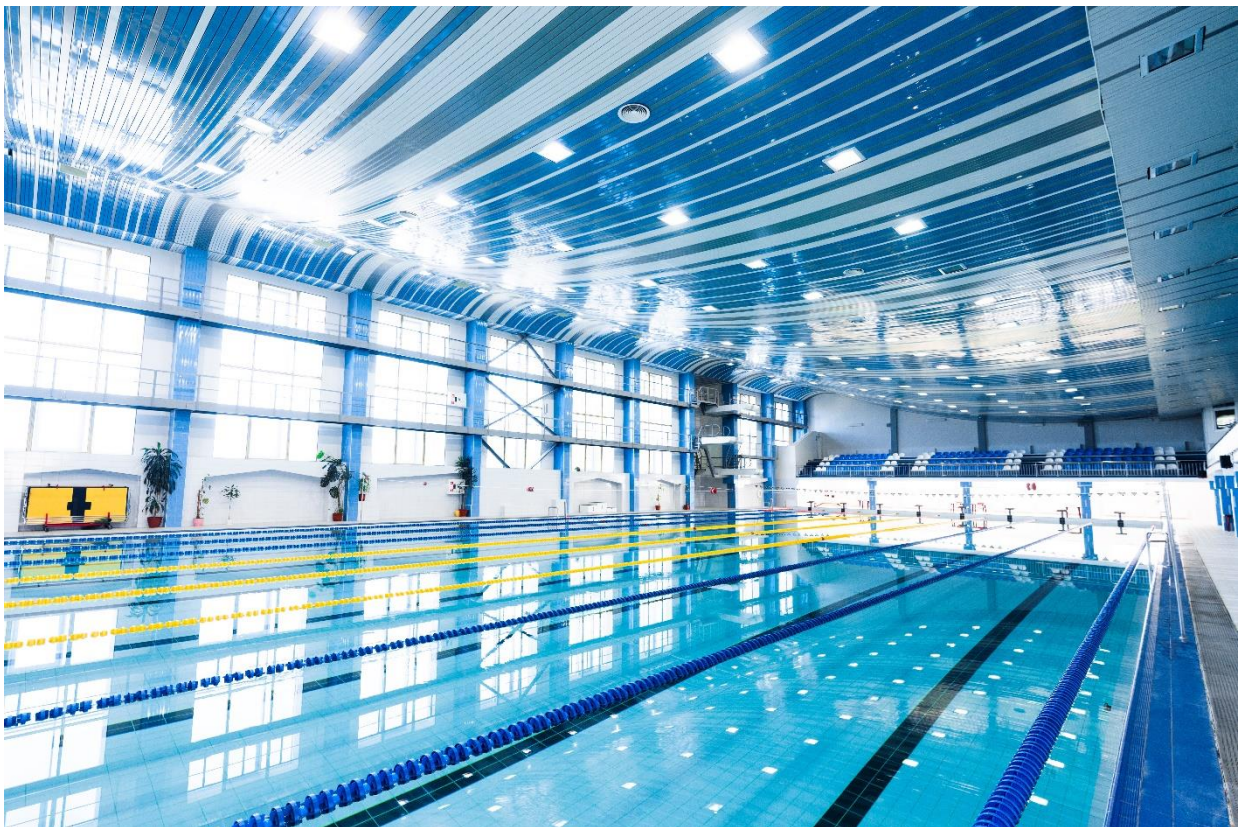
Uit onderzoek door Glauner et al. (2005a) blijkt dat 59 tot 68% van de TOC en 62 tot 64% van de AOX zich bevinden in de fractie groter dan 200 g/mol, wat overeenkomt met de fractie die afgescheiden wordt door nanofiltratie (en voorgaande filters).. Gezien het hogere drukverlies van deze systemen (wegens de kleinere permeabiliteit) zal er meer pompenergie nodig zijn dan bij zandfilters bij gelijkblijvend debiet. Daartegenover staat een meer verregaande verwijdering van stoffen, dus betere filtratie. Dit komt het waterverbruik en verbruik van desinfectieproducten ten goede. Conform andere membraansystemen moeten de membranen regelmatig gereinigd worden.

**FINANCIËLE ASPECTEN**

Er zijn geen actuele kosten beschikbaar.

---

# HOOFDSTUK 5. SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN



## HOOFDSTUK 5. SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN

In dit hoofdstuk worden de milieuvriendelijke technieken uit hoofdstuk 4 geëvalueerd naar hun technische haalbaarheid, milieu-impact en economische haalbaarheid, en wordt aangegeven of de aangehaalde milieuvriendelijke technieken al dan niet als BBT aanzien kunnen worden voor de zwembadsector. Tevens worden de met de BBT geassocieerde emissieniveaus (BBT-GEN) bepaald.

De in dit hoofdstuk geselecteerde BBT worden als BBT beschouwd voor de zwembadsector, haalbaar voor een gemiddeld bedrijf. Dit wil niet zeggen dat elk bedrijf uit deze sector ook zonder meer elke techniek die als BBT aangegeven wordt, kan toepassen. De bedrijfsspecifieke omstandigheden moeten steeds in acht genomen worden.

De BBT-selectie in dit hoofdstuk mag niet als een losstaand gegeven gebruikt worden, maar moet in het globale kader van de studie gezien worden. Dit betekent dat men zowel rekening dient te houden met de beschrijving van de milieuvriendelijke technieken in hoofdstuk 4 als met de vertaling van de BBT-selectie naar aanbevelingen en concretisering van de milieuregelgeving in hoofdstuk 6.

### 5.1 EVALUATIE VAN DE BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN

In Tabel 10: Evaluatie van beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van BBT worden de beschikbare milieuvriendelijke technieken uit hoofdstuk 4 getoetst aan een aantal criteria. Deze multi-criteria analyse laat toe te oordelen of een techniek als Beste Beschikbare Techniek (BBT) kan beschouwd worden. De criteria hebben niet alleen betrekking op de milieucompartimenten (water, lucht, bodem, energie, geluid, ...), maar ook de technische haalbaarheid en de economische aspecten worden beschouwd. Dit maakt het mogelijk een integrale evaluatie te maken, conform de definitie van BBT (cfr. hoofdstuk 1).

Toelichting bij de inhoud van de criteria in Tabel 10: Evaluatie van beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van BBT kan u hieronder terugvinden:

#### TECHNISCHE HAALBAARHEID

- **bewezen:** geeft aan of de techniek zijn nut bewezen heeft in de industriële praktijk (“-”: niet bewezen; “+”: wel bewezen);
- **algemeen toepasbaar:** geeft aan of de techniek zonder technische beperkingen algemeen toepasbaar is in een gemiddeld bedrijf (“-”: niet algemeen toepasbaar; “+”: wel algemeen toepasbaar);
- **veiligheid:** geeft aan of de techniek, bij correcte toepassing van de gepaste veiligheidsmaatregelen, aanleiding geeft tot een verhoging van de risico’s op brand, ontploffing en arbeidsongevallen in het algemeen (“-”: verhoogt risico; “0”: verhoogt risico niet; “+”: verlaagt risico);
- **kwaliteit:** geeft aan of de techniek een invloed heeft op de kwaliteit van het eindproduct (“-”: verlaagt kwaliteit; “0”: geen effect op kwaliteit; “+”: verhoogt kwaliteit);
- **globaal:** schat de globale technische haalbaarheid van de techniek in (“+”: als voorgaande alle “+” of “0”; “-/“+”: als voorgaande alle “+” of “0” en toepasbaarheid “-”; “-”: als minstens één van voorgaande (behalve toepasbaarheid) “-”).

#### MILIEUVOORDEEL

- **waterververbruik:** hergebruik van afvalwater en beperking van het totale waterververbruik;
- **afvalwater:** inbreng van verontreinigde stoffen in het water tengevolge van de exploitatie van de inrichting;



- lucht: inbreng van verontreinigde stoffen in de atmosfeer tengevolge van de exploitatie van de inrichting;
- bodem: inbrengen van verontreinigde stoffen in de bodem en het grondwater tengevolge van de exploitatie van de inrichting;
- afval: het voorkomen en beheersen van afvalstromen;
- energie: energiebesparingen, inschakelen van milieuvriendelijke energiebronnen en hergebruik van energie;
- chemicaliën: invloed op de gebruikte chemicaliën en de hoeveelheid;
- effect op de keten: invloed op de voor en naketen, exclusief het effect op de toeleveranciers van energie en water;
- globaal: ingeschatte invloed op het gehele milieu.

Per techniek wordt voor elk van bovenstaande criteria een kwalitatieve beoordeling gegeven, waarbij:

- “-”: negatief effect;
- “0”: geen/verwaarloosbare impact;
- “+”: positief effect;
- “+/-”: soms een positief effect, soms een negatief effect.

#### ECONOMISCHE HAALBAARHEID

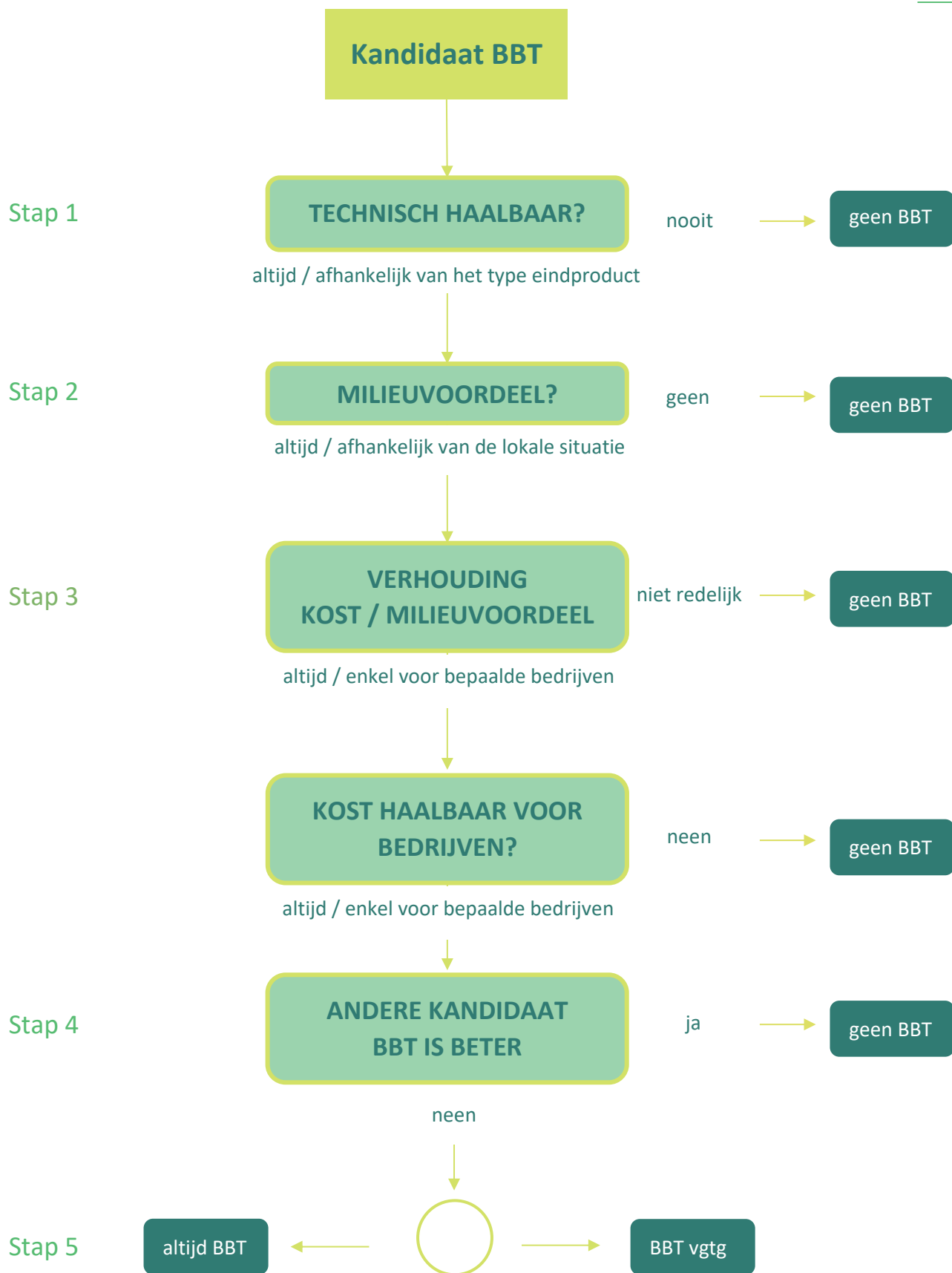
- “+”: de techniek werkt kostenbesparend;
- “0”: de techniek heeft een verwaarloosbare invloed op de kosten;
- “-”: de techniek leidt tot een verhoging van de kosten, de bijkomende kosten worden draagbaar geacht voor de sector (d.i. voor een gemiddeld bedrijf) en staan in een redelijke verhouding ten opzichte van de gerealiseerde milieuwinst;
- “- -”: de techniek leidt tot een verhoging van de kosten, de bijkomende kosten worden niet draagbaar geacht voor de sector (d.i. voor een gemiddeld bedrijf), of staan niet in een redelijke verhouding ten opzichte van de gerealiseerde milieuwinst.

Uiteindelijk wordt in de laatste kolom telkens beoordeeld of de beschouwde techniek als beste beschikbare techniek kan geselecteerd worden (BBT: ja of BBT: nee). Waar dit sterk afhankelijk is van de beschouwde instelling en/of lokale omstandigheden wordt BBT: vgtg (van geval tot geval) als beoordeling gegeven.

Het proces dat gevolgd wordt bij de BBT-selectie, is schematisch voorgesteld in Figuur 8:

- Eerst wordt nagegaan of de techniek (de zogenaamde “kandidaat BBT”) technisch haalbaar is, waarbij rekening wordt gehouden met de kwaliteit van het product en de veiligheid (stap 1);
- Wanneer de techniek technisch haalbaar is, wordt nagegaan wat het effect is op de verschillende milieucompartimenten (stap 2). Door een afweging van de effecten op de verschillende milieucompartimenten te doen, kan een globaal milieuoordeel geveld worden. Om dit laatste te bepalen worden de volgende elementen in rekening gebracht:
  - Zijn één of meerdere milieuscores positief en géén negatief, dan is het globaal effect steeds positief;
  - Zijn er zowel positieve als negatieve scores dan is het globaal milieu-effect afhankelijk van de volgende elementen:
    - de verschuiving van een minder controleerbaar naar een meer controleerbaar compartiment (bijvoorbeeld van lucht naar afval);
    - relatief grotere reductie in het ene compartiment ten opzichte van toename in het andere compartiment;

- de wenselijkheid van reductie gesteld vanuit het beleid; onder andere afgeleid uit de milieukwaliteitsdoelstellingen voor water, lucht,... (bijvoorbeeld “distance-to-target” benadering).
- Wanneer het globaal milieu-effect positief is, wordt nagegaan of de techniek bijkomende kosten met zich meebrengt, of deze kosten in een redelijke verhouding staan tot de bereikte milieuwinst, en draagbaar zijn voor een gemiddeld bedrijf uit de sector (stap 3);
- Kandidaat BBT die onderling niet combineerbaar zijn (omdat combinatie niet mogelijk of niet zinvol is) worden onderling met elkaar vergeleken, en enkel de beste wordt als kandidaat BBT weerhouden (stap 4);
- Uiteindelijk wordt beoordeeld of de beschouwde techniek als beste beschikbare techniek (BBT) kan geselecteerd worden (stap 5). Een techniek is BBT indien hij technisch haalbaar is, een verbetering brengt voor het milieu (globaal gezien), economisch haalbaar is (beoordeling “-“ of hoger), en indien er geen “betere” kandidaat BBT bestaan. Waar dit sterk afhankelijk is van de beschouwde instelling en/of lokale omstandigheden kunnen aan de BBT-selectie randvoorwaarden gekoppeld worden.



Figuur 8: Selectie van BBT op basis van scores voor verschillende criteria

Bij het gebruik van Tabel 10 mag men volgende aandachtspunten niet uit het oog verliezen:

- De beoordeling van de diverse criteria is onder meer gebaseerd op:
  - ervaring van exploitanten met deze techniek;
  - BBT-selecties uitgevoerd in andere (buitenlandse) vergelijkbare studies;
  - adviezen gegeven door het begeleidingscomité;
  - inschattingen door de auteurs;
  - Waar nodig, wordt in een voetnoot bijkomende toelichting verschaft. Voor de betekenis van de criteria en de scores wordt verwezen naar de beschrijvingen in het begin van dit hoofdstuk.
- De beoordeling van de criteria is als indicatief te beschouwen, en is niet noodzakelijk in elk individueel geval van toepassing. De beoordeling ontslaat een exploitant dus geenszins van de verantwoordelijkheid om b.v. te onderzoeken of de techniek in zijn/haar specifieke situatie technisch haalbaar is, de veiligheid niet in gevaar brengt, geen onacceptabele milieuhinder veroorzaakt of overmatig hoge kosten met zich meebrengt. Tevens is bij de beoordeling van een techniek aangenomen dat steeds de gepaste veiligheids/milieubeschermdende maatregelen getroffen worden;
- De tabel mag niet als een losstaand gegeven gebruikt worden, maar moet in het globale kader van de studie gezien worden. Dit betekent dat men zowel rekening dient te houden met de beschrijving van de milieuvriendelijke technieken in hoofdstuk 4 als met de vertaling van de tabel naar aanbevelingen en concretisering van de milieuregelgeving in hoofdstuk 6;
- De tabel geeft een algemeen oordeel of de aangehaalde milieuvriendelijke technieken al of niet als BBT aanzien kunnen worden voor de zwembadsector. Dit wil niet zeggen dat elk bedrijf uit deze sector ook zonder meer elke techniek die als BBT aangegeven wordt, kan toepassen. De bedrijfsspecifieke omstandigheden moeten steeds in acht genomen worden.

Tabel 10: Evaluatie van beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van BBT

TECHNIEK	TECHNISCHE HAALBAARHEID					MILIEUVOORDEEL									KOSTENHAALBAARHEID- EN EFFECTIVITEIT	BBT
	Bewezen	Veiligheid	Algemeen toepasbaar	Kwaliteit	Gloobaal	Waterverbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Chemicaliën	Effect op de keten	Gloobaal		
<b>4.1 Verminderen desinfectiebijproducten</b>																
4.1.1 Preventie & reiniging																
4.1.1.1 Douchen voor het baden	+	0	+	+	+	+	+	0	0	0	+	+	+	+	+	Ja
4.1.1.2 Reinigen in en rond het zwembad	+	0	+	+	+	+	+	0	0	0	+	+	+	+	+	Ja
4.1.2 Alternatieve desinfectiemiddelen ter vervanging van chloor																
4.1.2.1 Koper-zilver ionisatie	+	0	-	+	+/-	0	+	0	0	0	0	0	-	+	0	vgtg <sup>23</sup>
4.1.2.2 Waterstofperoxide	+	0	-	-	-	-	+ <sup>24</sup>	0	0	0	-	0	0	-	-	Neen
4.1.2.3 Advanced oxidation processes	-	0	-	-	-	0	+	0	0	0	0/-	0/+	+	+	--	Neen
4.1.3 Verwijderen van desinfectiebijproducten voor en na klassieke filtratie																
4.1.3.1 Actief koolfilters	+	0	+	+	+	+/0	+	0	0	-	+/0	0	-	+	-/--	vgtg <sup>25</sup>

<sup>23</sup> Bij grote zwembadcomplexen wordt dit enkel toegepast in combinatie met andere desinfectietechnieken. Het kan wel een alternatief zijn voor (kleinere) laag belaste zwembaden.

<sup>24</sup> Wanneer chloor gebruikt wordt om de filters terug te spoelen, kan dit positieve effect teniet gedaan worden.

<sup>25</sup> Wanneer de actief koolfilter wordt ingezet als ureumreductor, dient deze slechts periodiek vervangen te worden, waardoor de kosten beperkt blijven. Wanneer de actief koolfilter wordt ingezet met als doel het verwijderen van desinfectiebijproducten, dient de actief kool heel regelmatig vervangen te worden, waardoor de kosten hoog oplopen.

TECHNIEK	TECHNISCHE HAALBAARHEID					MILIEUVOORDEEL									KOSTENHAALBAARHEID- EN EFFECTIVITEIT	BBT
	Bewezen	Veiligheid	Algemeen toepasbaar	Kwaliteit	Globaal	Waterverbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Chemicaliën	Effect op de keten	Globaal		
4.1.3.2 Actief kool als poeder	+	0	+	+	+	+/0	+	0	0	-	+/0	0	-	+	-/--	vgtg <sup>25</sup>
4.1.3.3 Trommelfilters	+	0	-	+	+/-	+	+	0	0	0	+	0	+	+	+/0	vgtg <sup>26</sup>
4.1.3.4 Gebruik van advanced oxidation processes																
UV	+	0	+	+	+	+/0	+	0	0	0	0/-	+	+	+	-	vgtg <sup>27</sup>
Waterstofperoxide	+	0	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0	+	+	-	Neen <sup>28</sup>
UV + waterstofperoxide	+	0	+	+	+	+	+	+	0	0	0/-	+	+	+	-	Neen <sup>28</sup>
Elektrochemische oxidatie	+	0	-	+	+/-	0	+	0	0	0	0/-	+	0	0/+ <sup>29</sup>	-	vgtg <sup>30</sup>
<b>4.2 Beperken waterverbruik</b>																
4.2.1 Keuze van filtertype	+	0	+	0	+	+	0	0	0	0	+	0	+	+	+	Ja
4.2.2 Aansluiten van waadbakken op het waterbehandelingssysteem	+	0	-	0	+/-	+	0	0	0	0	+	0	0	+	+	vgtg <sup>31</sup>

<sup>26</sup> BBT bij nieuwbouw en/of grote renovaties onder voorwaarde dat de kosten-baten analyse t.o.v. grotere zandfilters positief is.

<sup>27</sup> Deze techniek wordt ook toegepast in combinatie met andere desinfectietechnieken.

<sup>28</sup> De (gecombineerde) techniek wordt amper toegepast en ontbreekt aan concrete informatie.

<sup>29</sup> Door de combinatie met andere technieken is onvoldoende geweten over het effect op het zwembadwater van de techniek zelf.

<sup>30</sup> Deze techniek wordt enkel toegepast in combinatie met UV en koperionisatie ter verlaging van de chloordosering.

<sup>31</sup> BBT bij nieuwbouw en grote renovaties.

TECHNIEK	TECHNISCHE HAALBAARHEID					MILIEUVOORDEEL									KOSTENHAALBAARHEID- EN EFFECTIVITEIT	BBT
	Bewezen	Veiligheid	Algemeen toepasbaar	Kwaliteit	Globaal	Waterverbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Chemicaliën	Effect op de keten	Globaal		
4.2.3 Duurtijd van de filterspoeling verkorten	+	0	-	0	+/-	+	0	0	0	0	+	0	0	+	+	vgtg <sup>32</sup>
4.2.4 Gebruik van membraantechnologie	+	0	-	+	+/-	+	0	0	0	0	+	-	-	+	0/-	vgtg <sup>33</sup>
4.2.5 Grijswater circuit	+	0	-	0	+	+	0	0	0	0	0	0	+	+	0/-	vgtg <sup>34</sup>
<b>4.3 Beperken energieverbruik</b>																
4.3.1 Afdekken van het zwembad	+	0	+	+	+	+	0	0	0	0	+	+	0	+	0/-	vgtg <sup>34</sup>
4.3.2 Verlengen van de turnover periode voor laagbelaste zwembaden	+	0	+	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	+	+	Ja
4.3.3 Correct dimensioneren en sturen van pompen	+	0	+	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	+	+/0	Ja
4.3.4 Koppelen van de waterbehandeling van whirlpools en circulatiebaden via timers	+	0	+	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	+	+	Ja
4.3.5 Isoleren, luchtdicht en dampdicht maken van de gebouwschil	+	0	+	+	+	0	0	0	0	0	+	0	+	+	+/0	vgtg <sup>34</sup>
4.3.6 Frequentieregeling op ventilatoren	+	0	+	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	+	+/0	Ja
4.3.7 Warmterecuperatie ventilatielucht	+	0	+	+	+	0	0	+	0	0	+	0	+	+	+/0	Ja <sup>35</sup>

<sup>32</sup> De toepasbaarheid hangt af van de filter en de voorbehandeling.

<sup>33</sup> Ultrafiltratie en/of actief kool worden aanbevolen in combinatie met omgekeerde osmose (gevoeligheid aan vervuiling); andere technieken of combinaties zijn onvoldoende gekend of bestudeerd in de sector.

<sup>34</sup> BBT bij nieuwbouw en grote renovaties.

<sup>35</sup> Na het voldoen aan techniek 4.3.5. Additionele warmterecuperatie mogelijk met warmtepomp.

TECHNIEK	TECHNISCHE HAALBAARHEID					MILIEUVOORDEEL										KOSTENHAALBAARHEID- EN EFFECTIVITEIT	BBT
	Bewezen	Veiligheid	Algemeen toepasbaar	Kwaliteit	Globaal	Waterverbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Chemicaliën	Effect op de keten	Globaal			
4.3.8 Recuperatie van restwarmte ter verwarming van zwembadwater	+	0	+	0	+	0	0	+	0	0	+	0	+	+	+/-	vgtg <sup>36</sup>	
4.3.9 Warmtekrachtkoppeling	+	0	-	0	+/-	0	0	+	0	0	+	0	+	+	+	vgtg <sup>37</sup>	
4.3.10 Inzetten van groene en/of hernieuwbare energie	+	0	+	0	+	0	0	+	0	0	+	0	+	+	0/-	vgtg <sup>36</sup>	
<b>4.4 Good housekeeping</b>																	
4.4.1 Invoering van milieumanagementsysteem	+	0	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Ja	
4.4.3 Optimalisatie van verlichting ter energiebesparing	+	0	+	0	+	0	0	0	0	0	+	0	+	+	0	Ja	
4.4.4 Regelmatig reinigen van verwarmingssystemen	+	0	+	0	+	0	0	+	0	0	+	0	+	+	0	Ja	
4.4.5 Minimaliseren van het waterverbruik	+	0	+	0	+	+	0	0	0	0	+	0	+	+	0	Ja	
<b>4.5 End-of-pipe technieken</b>																	
4.5.1 Verwijderen van chloor bij volledige lediging van het bad																	
4.5.1.1 Chemische neutralisatie	+	0	+	0	+	0	+	0	0	0	0	-	+	+	-	Ja	

<sup>36</sup> BBT bij nieuwbouw en grote renovaties; andere gelijkaardige technieken dan deze die besproken werden zijn ook toegelaten.

<sup>37</sup> Uitsluiting van aardgas zorgt dat dit amper tot niet in nieuwe projecten toegepast wordt.



TECHNIEK	TECHNISCHE HAALBAARHEID					MILIEUVOORDEEL										KOSTENHAALBAARHEID- EN EFFECTIVITEIT	BBT
	Bewezen	Veiligheid	Algemeen toepasbaar	Kwaliteit	Globaal	Waterverbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Chemicaliën	Effect op de keten	Globaal			
4.5.1.2 Actief koolfilter	+	0	+	0	+	0	+	0	0	-	0	0	-	-	-	vgtg <sup>38</sup>	
4.5.1.3 Turfzak	-	0	+	0	-	0	+	0	0	-	0	0	-	-	-	Neen	
4.5.2 Verwijderen van chloor bij filterspoelingen																	
4.5.2.1 Chemische neutralisatie	+	0	+	0	+	0	+	0	0	0	0	-	+	+	--	Neen	
4.5.2.2 Actief koolfilter	+	0	+	0	+	0	+	0	0	-	0	0	-	-	-	vgtg <sup>38</sup>	
4.5.2.3 Turfzak	-	0	+	0	-	0	+	0	0	-	0	0	-	-	-	Neen	
4.5.3 Verwijderen van AOX																	
4.5.3.1 Actief koolfilter	+	0	+	0	+	0	+/-	0	0	-	0	0	-	-	-	vgtg <sup>38</sup>	
4.5.3.2 Actief kool als poeder	+	0	+	0	+	0	+/-	0	0	-	0	0	-	-	-	Neen	
4.5.3.3 Omgekeerde osmose	+	0	+	0	+	+	+	0	0	0	0	-	-	-	-(-)	Neen <sup>39</sup>	
4.5.3.4 Gebruik van advanced oxidation processes	+	0	+	0	+	0	+	0	0	0	0/-	-	+/-	-	-(-)	Neen	
4.5.4 Volledige lediging van het zwembad in overleg met de beheerder van de ontvangende waterloop of RWZI	+	0	+	0	+	0	+	0	0	0	0	0	+	+	0	Ja	

<sup>38</sup> Deze techniek mag enkel ingezet worden ter bescherming van ontvangende waterlopen indien de zuiveringskwaliteit (tijdelijk) niet gehaald wordt, er moet steeds prioritair gehandeld worden in het begin van de keten.

<sup>39</sup> Omgekeerde osmose wordt aanschouwd als BBT vgtg ter beperking van het waterverbruik, voor de verwijdering (en het bijhorende rendement) van AOX is te weinig informatie beschikbaar.

## 5.2 CONCLUSIES

Op basis van Tabel 10: Evaluatie van beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van BBT kunnen volgende conclusies geformuleerd worden voor de zwembadsector. In de conclusies ligt de focus op de water- energieproblematiek alsook het probleem van gechloreerde verbindingen, waarnaast de “good housekeeping” regels (hoofdstuk 4.4) altijd eerst vooropgesteld worden.

### 5.2.1 WATER- EN ENERGIEBESPARING

Water- en energiebesparingen zijn binnen de zwembadsector onherroepelijk verbonden daar het water steeds dient opgewarmd te worden. Elke waterbesparing leidt bijgevolg tot een energiebesparing. Daarom wordt primair gekeken naar waterbesparingsmethoden om nadien te kijken naar de optimalisatie van het daarmee verbonden energieverbruik. Volgende procesgeïntegreerde maatregelen reduceren het waterverbruik:

- Goede doorstroming van het zwembad met de keuze voor een correct filtertype ter verlaging van de hoeveelheid vereist spoelwater (BBT);
- Beperken van de duurtijd van de filterspoelingen tot het minimum zonder de waterkwaliteit te beïnvloeden (afhankelijk van het type filter en de voorbehandeling en dus BBT vgtg);
- Aansluiten van voetwaadbakken op het waterbehandelingssysteem (BBT vgtg; bij nieuwbouw en grondige renovaties);
- Opbouwen van grijswatercircuit (voor o.a. toiletten) (BBT vgtg; bij nieuwbouw en grondige renovaties);
- Het maximaal recupereren van spoelwater voor eventueel hergebruik als suppletiewater (BBT vgtg; omgekeerde osmose in combinatie met ultrafiltratie).

Andere membraantechnologieën zoals nanofiltratie en FTC zouden potentieel ook waterverbruik kunnen reduceren, maar zijn te duur en nog steeds onvoldoende onderzocht in zwembadtoepassingen waardoor deze niet tot BBT leiden.

Het energieverbruik van zwembaden kan beperkt worden door het nemen van preventieve en bouwtechnische maatregelen:

- het afdekken van zwembaden (BBT vgtg; bij nieuwbouw en grondige renovaties);
- het verlengen van de turnoverperiode voor laagbelaste zwembaden (BBT, mits toestemming wetgever);
- het correct dimensioneren van pompen en filters (BBT) en het toepassen van frequentieregelingen op pompen en ventilatoren (BBT);
- recuperatie van warmte uit warme afvallucht en -water, op voorwaarde dat de gebouwschil eerst luchtdicht gemaakt werd (BBT);
- het isoleren en luchtdicht maken van gebouwen is BBT bij nieuwbouw en grondige renovatie.

Daarnaast dient bij voorkeur gekozen te worden voor milieuvriendelijke energieopwekking zoals bijvoorbeeld de warmtepomp, zonneboiler, en/of zonnepanelen, zeker bij nieuwbouw of grondige renovatie (BBT vgtg). Het inbouwen en toepassen van een (nieuwe) WKK-installatie wordt niet meer aangeraden doordat aardgas anno 2023 uitgefaseerd wordt in nieuwbouwprojecten.

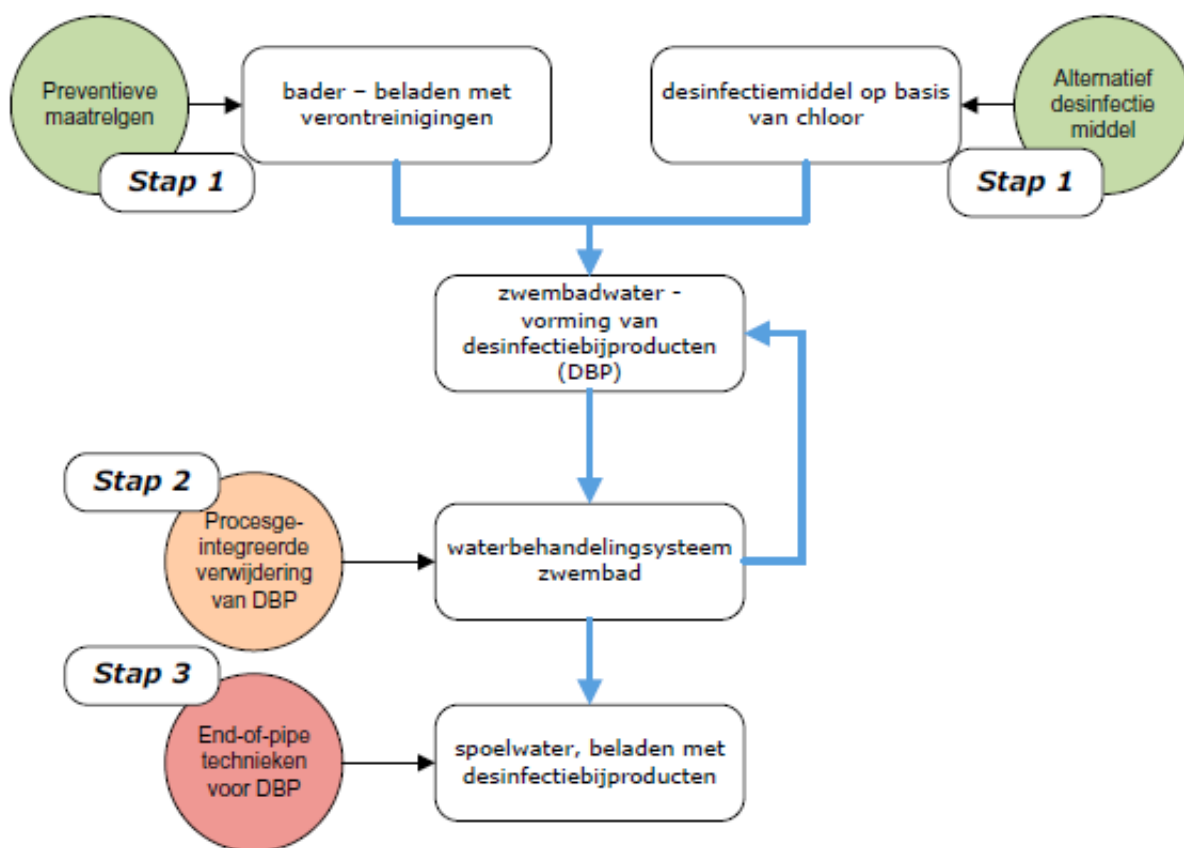
## 5.2.2 ALTERNATIEVEN OF REMEDIATIE VAN DESINFECTIEBIJPRODUCTEN VAN CHLOOR

In het onderstaande schema (Figuur 9) wordt een overzicht gegeven van de maatregelen die genomen kunnen worden om het probleem van desinfectiebijproducten te verminderen of te vermijden. Desinfectiebijproducten kunnen verminderd worden door in te spelen op de verontreinigingen (baders) of door in te spelen op correcte reinigingsmethoden in en rond de zwembaden. De verontreiniging door baders kan gereduceerd worden door het nemen van preventieve maatregelen (zoals o.a. het douchen voor het baden) wat steeds BBT is. Dagelijkse reiniging in en rond de zwembaden verhindert het meenemen van additionele vervuilingen naar het bad. Ook de reiniging in het water is hierbij van belang en BBT. Het is eens te meer belangrijk om bij nieuwbouw sterk de nadruk te leggen op het belang van correct dimensioneren en inpassen van deze technieken.

De verandering van desinfectiemiddel kan overwogen worden in speciale gevallen (whirlpools of laagbelaste baden), maar over het algemeen zijn deze technieken onvoldoende van toepassing in traditionele baden (BBT vgtg). Daarom blijft de keuze voor een desinfectiemiddel op basis van chloor het meest courant, waarbij zoveel mogelijk desinfectiebijproducten procesgeïntegreerd (= in het waterbehandelingssysteem van het zwembad) behandeld en verwijderd dienen te worden (BBT). Dit zal een gunstig effect hebben op zowel het zwemklimaat (doordat potentieel lagere chloordosering mogelijk wordt) als het later geloosde afvalwater. Er werden verschillende technieken onderzocht, maar in de praktijk wordt waar mogelijk vaak geopteerd voor een bijkomende UV-installatie (BBT vgtg). Meer klassieke technieken met actief koolfiltratie zijn minder interessant door hun hoge kosten en extra afval dat ontstaat (probleem wordt verplaatst in de keten in plaats van opgelost). Soms is dit het enige alternatief om de zuivering te bevorderen waardoor dit nog wel toegepast wordt (BBT vgtg). Ook nieuwere technieken binnen de AOP-categorie maken hun intrede, o.a. elektro-oxidatie, maar deze technieken zijn nog niet wijdverspreid en worden steeds in combinatie met andere desinfectietechnieken toegepast (BBT vgtg).

Op dit moment is het onduidelijk of het toepassen van de verschillende mogelijkheden binnen de preventieve en procesgeïntegreerde BBT ook de milieuproblemen met betrekking tot AOX (en andere probleemcomponenten) kunnen inperken. De vermindering van chloordosering door een goed werkend systeem in te bouwen met een zo efficiënt mogelijke verwijdering van DBP kan wel als startpunt gezien worden, daar de lagere concentratie aan chloor automatisch minder chloorgebonden AOX vormt.

Tot dusver zijn geen end-of-pipe technieken als BBT geselecteerd. Echter, in bepaalde situaties (bv. zwembaden die de technieken nog niet of onvoldoende kunnen toepassen), kan het noodzakelijk zijn dat er (tijdelijk) een end-of-pipe techniek geïnstalleerd wordt om het ontvangende oppervlaktewater te beschermen (BBT vgtg). Hierbij dient wel vermeld te worden dat volgens de vergunningsvoorwaarden meer dan 90% van de zwembaden loost op de riolering (al dan niet met voorbehandeling) (VMM, 2023). Bij het volledig leeglaten van het zwembad (wat volgens BBT gebeurt in overleg met de beheerder van de ontvangende waterloop of RWZI), is chemische neutralisatie van het afvalwater BBT wanneer het zwembad gebruik maakt van chloor als desinfectiemiddel (inperking effecten verder in de keten).



Figuur 9: Stapsgewijs schema ter beperking van desinfectiebijproducten (DBP)

### 5.2.3 STAPPENPLAN VOOR EEN DUURZAAM ZWEMBAD

In onderstaande Tabel 11 wordt een stappenplan gegeven voor een duurzaam zwembad. Dit overzicht kan een leidraad zijn bij nieuwbouw of renovatie. In het onderstaande overzicht zijn natuurlijke zwembaden niet opgenomen. Deze zwembaden hebben een veel lagere milieu-impact dan de klassieke zwembaden en dienen zeker als alternatief overwogen te worden. Groene technieken moeten altijd uitgevoerd worden (cfr. BBT), gele technieken moeten overwogen worden en zijn in bepaalde gevallen interessant (cfr BBT vgtg) en rode technieken zijn technieken in opkomst of geen BBT.

Tabel 11: Stappenplan voor het introduceren van milieuvriendelijke technieken (BBT en niet-BBT)

Energie			
		Water	
energieverbruik	waterverbruik	waterkwaliteit	Grondstoffen
<b>Stap 1: minimaliseren van water-, energie- en grondstofvraag</b>			
4.3.1 Afdekken van het zwembad	4.2.1 Keuze van filtertype	Keuze van het zwembadtype met (zie 3.1.1 en volgende):	
4.3.2 Verlengen van de turnover periode (laagbelaste zwembaden)	4.2.2 Aansluiten van waadbakken op het waterbehandelingsysteem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weldoordachte zuiveringsinstallatie</li> <li>• Optimale doorstroming</li> </ul>	
4.3.3 Correct dimensioneren en sturen van pompen	4.2.3 Duurtijd van de filterspoeling verkorten	4.1.1 Preventieve maatregelen Douchen vóór het baden	Automatische meting en sturing voor het doseren van de zwembadchemicaliën (art. 5.32.8.2.1.6. §1)
4.3.4 Koppelen van de waterbehandeling van whirlpools en circulatiebaden via timers	4.2.4 Gebruik van membraantechnologie Ultrafiltratie	4.1.2 Alternatieve desinfectiemiddelen ter vervanging van chloor	
4.3.5 Isoleren, luchtdicht en dampdicht maken van de gebouwschil	Nanofiltratie	Koper zilver ionisatie	
4.3.6 Frequentieregeling op ventilatoren	Omgekeerde osmose	Waterstofperoxide	
4.3.7 Warmterecuperatie ventilatielucht	Flow through capacitor (FTC)		
4.3.8 Recuperatie van restwarmte ter verwarming van zwembadwater	4.2.5 Grijswater circuit		
4.5.3 Good housekeeping verlichting	4.5.5 Good housekeeping waterverbruik		
4.5.4 Good housekeeping verwarming			
<b>Stap 2: Gebruik van duurzame en/of hernieuwbare energie</b>			
4.3.10 Warmtepomp en zonneboiler inc. alternatieven			
<b>Stap 3: Efficiënt gebruik van eindige bronnen</b>			
4.3.11 Warmtekrachtkoppeling		4.1.3 Verwijderen van desinfectiebijproducten Actief koolfilters Actief kool als poeder Trommelfilter AOP UV Waterstofperoxide UV + waterstofperoxide	3.1.7.2 Zoutelektrolyse

		Elektrochemische oxidatie	
<b>Stap 4: End-of-pipe technieken</b>			
		4.5.1 Verwijderen van chloor bij het volledig leeglaten van het zwembad Chemische neutralisatie Actief koolfilter 4.5.2 Verwijderen van chloor bij filterspoelingen Chemische neutralisatie Actief koolfilter 4.5.3 Verwijderen van AOX Actief koolfilters Actief kool als poeder Omgekeerde osmose AOP 4.5.4 Volledige lediging van het zwembad in overleg met de beheerder van de ontvangende waterloop of RWZI	

---

## HOOFDSTUK 6. AANBEVELINGEN OP BASIS VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN



## HOOFDSTUK 6. AANBEVELINGEN OP BASIS VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN

In dit hoofdstuk wordt op basis van de BBT-analyse een aantal concrete aanbevelingen en suggesties geformuleerd. Hierbij worden 2 sporen gevolgd:

- aanbevelingen voor milieuvoorwaarden: er wordt nagegaan hoe de BBT kunnen vertaald worden naar milieuvoorwaarden, en formuleren suggesties om de bestaande milieuregelgeving voor de zwembaden te concretiseren en/of aan te vullen;
- aanbevelingen voor de milieusubsidieregeling: er wordt nagegaan welke milieuvriendelijke technieken voor de zwembaden in aanmerking kunnen genomen worden voor Ecologiepremie.

### 6.1 AANBEVELINGEN VOOR MILIEUVOORWAARDEN

#### 6.1.1 INLEIDING

De beste beschikbare technieken vormen een belangrijke basis voor het opstellen en concretiseren van de milieuregelgeving. [Artikel 2.8.2.4.](#) van VLAREM II specificeert dit als volgt:

Na iedere Vlaamse BBT-studie evalueert de afdeling Milieu, bevoegd voor de omgevingsvergunning, in overleg met de betrokken adviesverlenende overheidsorganen, ... , en de afdeling Milieu-Inspectie, de noodzaak om aan de Vlaamse minister een ontwerp van besluit van de Vlaamse Regering tot het bepalen van de algemene of sectorale milieuvoorwaarden te bezorgen. In voorkomend geval, legt de Vlaamse minister het ontwerp van besluit tot het bepalen van de algemene of sectorale milieuvoorwaarden voor aan de Vlaamse Regering.

#### 6.1.2 AANBEVELINGEN VOOR DE ALGEMENE VOORWAARDEN IN VLAREM

Er worden geen aanbevelingen of aanpassingen bepaald voor de algemene voorwaarden.

#### 6.1.3 AANBEVELINGEN VOOR DE SECTORALE VOORWAARDEN IN VLAREM

In deze paragraaf worden de sectorale milieuvoorwaarden in VLAREM voor zwembaden getoetst aan de BBT. Deze evaluatie kan, indien dit nuttig/nodig mocht blijken, door de overheid als basis worden gebruikt om aanpassingen aan de regelgeving te formuleren.

De sectorale voorwaarden voor het zwembadwater zelf via VLAREM II blijken uit metingen van 2017-2022 bij VMM (Tabel 7) behaald te worden. Bijgevolg zijn hier geen aanbevelingen tot aanpassing. Echter, om besparingen op het energieverbruik te stimuleren kan het interessant zijn om ook water- en energiemaatregelen op te nemen in de sectorale voorwaarden van VLAREM of in de milieuvergunning (aanbeveling 1 en 2).

Daarnaast werd een meetcampagne van 10 zwembaden in Vlaanderen in opdracht van VMM uitgevoerd in 2021 ter vastlegging van een sectorale norm voor AOX in (filter)spoelwater van zwembaden. Er werd een gemiddeld AOX-gehalte gemeten van  $1263 \pm 1000 \mu\text{g/l}$  (6 staalnametijdstippen; mengstaal van 10 kleinere samples tijdens filterspoeling). Van alle staalnames zat minder dan 25% van de metingen onder de huidige opgelegde norm (bijzondere voorwaarden) van  $600 \mu\text{g/l}$ . Desondanks de nieuwe meetcampagne blijft de grootteorde van de AOX-problematiek een inschatting doordat belangrijke externe parameters (o.a. de belasting van het zwembad (preventie en bezetting), het meetmoment, de volledige desinfectiecyclus, ...) ontbreken in de studie. Daarnaast zou dergelijke meetcampagne uitgebreider moeten gevoerd worden, de huidige meetcampagne bestond namelijk uit 1,75% van het



totale aantal baden in Vlaanderen en is onvoldoende representatief. Daarom wordt de huidige norm van 600 µg/l in de bijzondere milieuvorwaarden behouden en zal geen cijfermatige sectorale voorwaarde opgelegd worden. Echter, een bijkomende sectorale aanbeveling voor monitoringsplicht van deze componenten wordt wel vooropgesteld ter opname (aanbeveling 3). In deze BBT-studie werd ook onderzocht en bevonden dat (momenteel) geen nieuwe technieken beschikbaar zijn om deze componenten beter te behandelen of effectiever te verwijderen (d.w.z. zonder keteneffecten te veroorzaken).

#### AANBEVELING 1 – WIJZIGING VLAREM II ARTIKEL 5.32.8.2.1.6

##### Huidige sectorale voorwaarden

Binnen de sectorale milieuvorwaarden in VLAREM II wordt voor exploitatie van circulatiebaden ook wetgeving opgelegd voor het waterbehandelingsstelsel ([artikel 5.32.8.2.1.6](#)). In paragraaf 1, tweede lid, c), wordt melding gemaakt dat als chemicaliën alleen de producten gebruikt mogen worden die toegelaten zijn voor de behandeling van drinkwater conform artikel 5 van het besluit van de Vlaamse regering van 13 december 2002 houdende reglementering inzake de kwaliteit en levering van water bestemd voor menselijke consumptie.

##### BBT

Sedert januari 2023 is het besluit van 13 december 2002 opgeheven en vervangen door een nieuw besluit van de Vlaamse Regering ([20 januari 2023](#)) inzake de kwaliteit, kwantiteit en levering van water bestemd voor menselijke consumptie. Daarin mogen volgens artikel 12 de waterleveranciers enkel behandelingschemicaliën gebruiken die gecertificeerd zijn voor water bestemd voor menselijke consumptie en filtermaterialen die voldoen aan de NBN-EN-normen of andere relevante Europese normen (zie ook 2.3.1, Sectorale voorwaarden voor inrichtingen voor zwembaden).

##### Aanbevelingen voor aanpassing of aanvulling sectorale voorwaarden

Er wordt aanbevolen om huidig [artikel 5.32.58.2.1.6](#) in VLAREM II aan te passen aan het huidig geldende besluit van de Vlaamse regering. Volgende aanpassing kan ingevoerd worden bij paragraaf 1, tweede lid, c):

*“als chemicaliën worden alleen de producten gebruikt die toegelaten zijn voor de behandeling van drinkwater conform artikel 12 van het besluit van de Vlaamse regering van 20 januari 2023 houdende reglementering inzake de kwaliteit, kwantiteit en levering van water bestemd voor menselijke consumptie.”*

#### AANBEVELING 2 – RECUPERATIE VAN SPOELWATER

##### Huidige sectorale voorwaarden

Er is momenteel geen sectorale voorwaarde gekoppeld aan de recuperatie van spoelwater.

##### BBT

Zie relevante fiches binnen hoofdstuk 4.2 Beperken waterverbruik van de BBT-studie.

##### Aanbevelingen voor aanpassing of aanvulling sectorale voorwaarden

Door het toenemend belang van hergebruik van water wordt behalve de recuperatie via het grijs water circuit ook gekeken naar het spoelwater dat ontstaat bij terugspoeling van het filtratiesysteem in de zwembadwaterzuivering. Daarom wordt aanbevolen om (indien mogelijk en voornamelijk bij baden met verbruik van grote hoeveelheden) de spoelwaters te laten zuiveren voor hergebruik als suppletiewater. In enkele baden wordt membraantechnologie zoals UF-RO reeds toegepast en blijkt

kostenhaalbaarheid- en effectiviteit sterk verbeterd door toegenomen energie- en waterprijzen. Men dient wel rekening te houden met de bekomen (eventueel hoger geconcentreerde) vuilvracht, waardoor verplichting van de techniek voor alle zwembaden op moment van schrijven niet wenselijk is. Bij baden waar de vuilvracht geen gevaar vormt voor de lozingsparameters blijft recuperatie van spoelwater wel sterk aanbevolen.

### AANBEVELING 3 – HERNIEUWBARE ENERGIE EN BESPARING

#### Huidige sectorale voorwaarden

Er is momenteel geen sectorale voorwaarde gekoppeld aan energiebesparing en de inzet van hernieuwbare energie.

#### BBT

Zie relevante fiches binnen hoofdstuk 4.3 Beperken energieverbruik van de BBT-studie.

#### Aanbevelingen voor aanpassing of aanvulling sectorale voorwaarden

Naar aanleiding van de huidige impact van energieverbruik moet maximaal ingezet worden op energiebesparing en het inzetten van hernieuwbare energie bij nieuwbouw en grondige renovatie. Hierbij moet de transitie naar bijvoorbeeld warmtepompen en zonneboilers, maar ook energiebesparende technieken binnen warmterecuperatie (bv. ventilatie) en warmteverliesvermindering (bv. afdekkingen van het zwembadwater), maximaal gestimuleerd worden waar mogelijk.

Betreffende de warmterecuperatie uit ventilatie zou in de Algemene bepalingen ([Subafdeling 5.32.8.1](#)), meer specifiek in artikel 5.32.8.1.7. Ventilatie en verwarming, een extra punt 7° volgende verplichting kunnen vermelden: *“de warmte van de binnenlucht, die onttrokken wordt ter verversing van de aanwezige lucht, moet maximaal gerecupereerd worden in de verse luchtstroom om zodoende het energieverbruik te minimaliseren”*.

### AANBEVELING 4 – MONITORING AOX

#### Huidige sectorale voorwaarden

Er is momenteel geen sectorale voorwaarde (VLAREM II) gekoppeld aan het AOX-gehalte in filterspoelwater bij zwembaden.

#### BBT

Bij de BBT-studie blijkt uit (beperkte) meetcampagnes dat de gemiddelde AOX-concentratie in spoelwater van circulatiebaden te hoog ligt. Een grootschalig onderzoek gekoppeld aan monitoringsplicht kan het probleem verder in kaart brengen en gericht naar oplossingen doen zoeken. Er wordt aanbevolen om voorafgaand aan dergelijke grote monitoring een voorstudie uit te werken naar praktische uitvoerbaarheid (timing, capaciteit, organisatie, ...), dit in overleg met Departement Omgeving en VMM.

#### Aanbevelingen voor aanpassing of aanvulling sectorale voorwaarden

Voorwaarde betreffende de monitoring van adsorbeerbare organische halogenen (AOX) bij zwembaden:

1° *Door en op kosten van de exploitant wordt maandelijks tijdens één van de verplicht uit te voeren filterspoelingen de AOX-concentratie ( $\mu\text{g/L}$ ) opgemeten bij circulatiebaden, zoals opgenomen in VLAREM II Subafdeling 5.32.8.2 (met uitzondering van deze zonder filterspoeling).*

2° *Het spoelwater wordt op de volgende wijze bemonsterd en geanalyseerd:*

- a) De monstername vindt plaats op een locatie zo dicht mogelijk bij de eigenlijke filterspoeling en wordt elke 30 seconden uitgevoerd gedurende de volledige filterspoeling. Nadien wordt een mengstaal gevormd van deze aparte deelstromen door deze in éénzelfde verhouding te mengen;
- b) De monstername en de analyse wordt uitgevoerd door een erkend labo in de discipline water zoals vermeld in artikel 6, 5°, a), van het VLAREL, dat hiervoor erkend is. De exploitant meldt via het verantwoordelijk gestelde labo de verkregen resultaten aan het Departement Omgeving, bevoegd voor de omgevingsvergunning.

3° De exploitant houdt daarnaast een register bij dat de volgende gegevens omvat:

- a) een eenmalige beschrijving van:
  - de preventiemaatregelen die het zwembad inzet om de organische belasting te verminderen (al dan niet opgenomen in het intern reglement bv. gebruik van badmuts, ...);
  - de huidige waterzuiveringsinstallatie (beschrijving van de filterinstallatie en additionele componenten, inclusief desinfectiemethode en systeemp parameters (flow, grootte bad, ...). Aanpassingen of veranderingen aan het systeem moeten steeds bijgehouden en gedateerd worden;
  - de eventuele aanwezige end-of-pipe technieken aangesloten op het lozingswater. Aanpassingen of veranderingen aan het systeem moeten steeds bijgehouden en gedateerd worden;
  - lozingsplaats (oppervlaktewater, riool, ...).
- b) een beschrijving bij elke staalname van de/het:
  - datum en uur;
  - duurtijd van de filterspoeling;
  - afstand van de staalname tot de filter;
  - gemiddelde bezettingsgraad van het zwembad (= X) op voorbije maandbasis. VLAREM II [artikel 5.32.8.2.1.11](#) beschrijft 100% (veilige) bezetting als zijnde één bader aanwezig per 3 m<sup>2</sup> wateroppervlakte. Vanuit deze standaard wordt de bezetting percentueel (%) bepaald als:
    - laag (X < 30)
    - gemiddeld (30 < X < 70)
    - hoog (X > 70)
  - eventuele afwijkingen bij staalname of normoverschrijdingen van het zwembadwater in de voorbije maand.

4° Dit register zal op jaarbasis ingevuld en doorgestuurd worden naar Departement Omgeving<sup>40</sup>. Deze informatie wordt door de exploitant ook in het bestaande logboek van waterkwaliteitsparameters opgenomen, hetgeen ten minste vijf jaar door de exploitant bewaard wordt ter (eventuele) inzage door de toezichthoudende overheid;

5° Deze voorwaarde treedt in werking op [datum van inwerkingtreding] en geldt voor alle baden vermeld in 1° vanaf die datum. Overtredingen van deze voorwaarde kunnen leiden tot het opleggen van administratieve boetes en andere sancties zoals voorzien in de toepasselijke wet- en regelgeving.

---

<sup>40</sup> Het is mogelijk een gestandaardiseerde template aan te bieden om zweminrichtingen te ondersteunen bij de jaarlijkse rapportage van de AOX-concentraties in het filterspoelwater (3° b) en bij de eenmalige beschrijving van de inrichting (of eventuele wijzigingen hieraan) (3°, a)

## 6.2 AANBEVELINGEN VOOR DE BIJZONDERE MILIEUVOORWAARDEN

Er worden geen aanbevelingen of aanpassingen bepaald voor de bijzondere milieuvorwaarden.

## 6.3 ALGEMENE AANDACHTSPUNTEN BINNEN DE STUDIE

### 6.3.1 SENSIBILISERING BIJ PREVENTIE & REINIGING

Douchen voor het zwemmen is belangrijk om aanzienlijke hoeveelheden vuil, zoals zand, zweet en bacteriën, te verwijderen, wat de waterkwaliteit verbetert. Dit vermindert de organische vervuiling in het zwemwater en verlaagt de onderhoudskosten, terwijl het waterverbruik door extra douchen beperkt blijft. Hoewel baders zich vaak alleen na het zwemmen douchen, kan sensibilisering en strategische plaatsing van douches helpen om dit gedrag te veranderen. Daarom is het eens te meer belangrijk om bij nieuwbouw alsook grondige renovaties eens te meer correct te dimensioneren om te kunnen voldoen aan grondige preventie maatregelen. Daarnaast blijft het een belangrijke taak van de inrichtingen om sterk in te zetten op (actieve) sensibilisering bij de baders om een grotere bewustwording te creëren, zoals o.a. toezichthouding.

### 6.3.2 KWALITEITSVEREISTEN VOOR HET BADWATER

Momenteel wordt in [artikel 5.32.8.1.9](#) van VLAREM II een overzicht gegeven van de kwaliteitsparameters en geldende regelgeving. Echter wordt de huidige geldende chlorideconcentratie (<800 mg/L in het zwembadwater) in vraag gesteld. De chlorideparameter geeft voornamelijk inzicht over de verversingsgraad van de baden (en heeft dus onrechtstreeks een effect op de andere parameters). Desondanks zijn praktische voorbeelden beschikbaar waar de verversingsgraad verlaagd werd en toch de algemene waterkwaliteit behouden blijft. Hierbij wordt aangeraden om in de toekomst te bekijken hoe dit zich kan reflecteren op de chlorideconcentratie en norm.

Bijkomend wordt opgemerkt dat andere landen vaak chloraten mee opmeten in de kwaliteitsparameters. Deze stoffen kunnen toxisch zijn en gezondheidsrisico's vormen bij hogere concentraties, waardoor het belangrijk is deze concentratie laag te houden. Doch kan men stellen dat bij het correct beheer van het zwembad en de waterzuivering het ontstaan tot een minimum beperkt kan worden, waardoor een opname als kwaliteitsparameter niet noodzakelijk is. Dit houdt in dat overmatige blootstelling van chloorproducten aan hitte of licht moet vermeden worden, samen met correcte chloordosering (van verse chloor) en regelmatige waterverversing. Het is dus belangrijk dat het zwembad zoveel mogelijk de "good practice" toepast van het chloorbeheer.

### 6.3.3 PRIVATE EN/OF PARTICULIERE BADEN

Private en/of particuliere baden vertonen vaak symptomen van te hoge chlorideconcentraties doordat de waterkwaliteit niet nauwlettend opgevolgd wordt of de juiste onderhoudsprocedure niet toegepast wordt. Dit kan problemen veroorzaken op zowel gezondheidsvlak (irritatie) als materiaalvlak (corrosie). Daarnaast kunnen bijproducten ontstaan zoals deze gekend zijn in de klassieke zwembadwereld. Tot slot kan de waterbalans verstoord raken waardoor de algemene waterkwaliteit niet consistent gehouden kan worden.

Regelgeving betreffende deze baden wordt niet verder opgenomen in deze studie, al kan wel aangetoond worden dat geldende regelgeving bij exploitatie van professioneel uitgebate zwembaden nuttige handvaten bevat voor dit type baden (o.a. regelgeving bij lozing van zwembadwater). Sensibilisering bij private en/of particuliere baden is hierbij wel mogelijk.

### 6.3.4 NATUURLIJKE ZWEMBADEN (EN ZWEMVIJVERS)

Natuurlijke zwembaden en zwemvijvers passen enkele biologische zuiveringstechnieken toe, dewelke in deze studie niet verder besproken zijn. Daar bij dit type waters geen gebruik gemaakt wordt van chloor of andere chemicaliën ter desinfectie, zijn de aangehaalde milieuproblemen in deze studie (waaronder (gechloreerde) desinfectiebijproducten) niet van toepassing. Deze waters (inclusief overloop) worden niet geacht schadelijk te zijn voor de directe omgeving.

## 6.4 AANBEVELINGEN VOOR ECOLOGIEPREMIE

### 6.4.1 INLEIDING

Ecologiepremie Plus is een financiële tegemoetkoming aan ondernemingen die ecologie-investeringen zullen realiseren in het Vlaamse Gewest. Onder ecologie-investeringen worden milieu-investeringen en investeringen in energie efficiëntie en hernieuwbare energie verstaan. Met de ecologiepremie wil de Vlaamse overheid ondernemingen stimuleren om hun productieproces milieuvriendelijk en energiezuinig te organiseren. De overheid neemt daarbij een gedeelte van de extra investeringskosten die een dergelijke investering met zich meebrengt, voor haar rekening. De maatregel kadert in het economische beleid van de Vlaamse regering en speelt een belangrijke rol in de toepassing van duurzame bedrijfsprocessen..

In deze paragraaf worden aanbevelingen gegeven om één of meerdere van de besproken milieuvriendelijke technologieën in aanmerking te laten komen voor deze investeringssteun. Alle relevante en meest actuele informatie over de ecologiepremie is te consulteren via de website van het Agentschap Innoveren en Ondernemen:

<https://www.vlaio.be/nl/subsidies-financiering/ecologiepremie>.

Ecologiepremie Plus is een steunregeling voor gestandaardiseerde ecologie-investeringen. De steunregeling maakt gebruik van een limitatieve technologieënlijst (LTL) met een beperkt aantal technologieën die in aanmerking komen voor steun.

De ecologiepremie wordt toegekend in de vorm van een subsidie. Het bedrag van de ecologiepremie wordt bepaald door:

- de aard van de investering (milieu/energie-efficiëntie/hernieuwbare energie);
- de ecoklasse waartoe een technologie behoort op basis van zijn ecologiegetal met corresponderende subsidiepercentages;
- de grootte van de onderneming.

### 6.4.2 TOETSING VAN MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN AAN CRITERIA VOOR ECOLOGIEPREMIE

Het BBT-kenniscentrum van VITO verleent ondersteuning aan het Agentschap Innoveren en Ondernemen bij het opstellen van de limitatieve technologieënlijst. De technologieën op deze lijst worden getoetst aan de basisvoorwaarden zoals gesteld in de Europese milieukaderregeling en zijn ecologie-investeringen gericht op:

- het overtreffen van bestaande Europese normen (voor zover er geen strengere Vlaamse normen van toepassing zijn); Voor de aanschaf van nieuwe vervoersmiddelen moeten enkel de Europese normen worden overtroffen die in werking zijn getreden;
- het behalen van milieudoelstellingen waarbij geen Europese normen gelden.

Daarnaast gelden ook bijkomende voorwaarden:

- de ecologie-investeringen moeten technisch en economisch haalbaar zijn zoals blijkt uit de haalbaarheidsstudie;
- de ecologie-investeringen moet de stand van de techniek, die in de sector van toepassing is, overtreffen;
- er gaat een betekenisvolle investeringskost mee gepaard;
- de technologie heeft een terugverdientijd van meer dan 3 jaar.

Indien aan al deze voorwaarden is voldaan wordt de performantie van de technologie bepaald op basis van een LCIA methode. Enkel de meest performante technologieën komen in aanmerking voor ecologiesteun. De minister bevoegd voor de economie stelt op voordracht van VITO de limitatieve technologieënlijst vast en kan die lijst aanpassen. De limitatieve technologieënlijst wordt doorgaans twee tot drie maal per jaar geactualiseerd.

### 6.4.3 STAND VAN ZAKEN LTL

De LTL, geldig vanaf januari 2024, bevat een aantal technieken betreffende de thema's koeling, transport, verlichting, warmte/verwarming, water en enkele diverse. Hieronder zijn de technologieën weergegeven die geldig kunnen zijn binnen de zwembadsector op het moment van het schrijven van deze BBT-studie (enkel en alleen indien nog geen verplichting van één van deze technieken opgelegd is, daar steun enkel voor niet-verplichtingen bestaat):

- **Naam technologie:** Aansluiting op een bestaand warmtenet  
**Beschrijving:** Aansluiting op een bestaand warmtenet voor gebouwklimatisatie of gebruik in productieprocessen. Aansluiting op een intern warmtenet (binnen eenzelfde onderneming) of vervanging van een bestaand warmtenet komen niet in aanmerking voor steun. Enkel kmo's komen in aanmerking voor steun bij deze technologie.  
**Subsidiepercentage (kmo):** 34%
- **Naam technologie:** Aanwenden van geothermische warmte als proceswarmte  
**Beschrijving:** Investerings voor het aanwenden van geothermische warmte. Enkel het aandeel van de investering dat ingezet wordt als proceswarmte (of -koude) van ondernemingen die in aanmerking komen voor de ecologiepremie is aanvaardbaar voor steun. De warmte mag niet rechtstreeks gebruikt worden om elektriciteit te produceren. Indien de technologie gecombineerd wordt met een warmtepomp, komt de warmtepomp eveneens in aanmerking voor steun.  
**Subsidiepercentage (go/kmo):** 33,75 – 41,25%
- **Naam technologie:** Aanwenden van geothermische warmte voor klimatisatie  
**Beschrijving:** Investerings voor het aanwenden van geothermische warmte. Enkel het aandeel van de investering dat ingezet wordt voor klimatisatie van bedrijfsgebouwen van ondernemingen die in aanmerking komen voor de ecologiepremie is aanvaardbaar voor steun. De warmte mag niet rechtstreeks gebruikt worden om elektriciteit te produceren. Indien de technologie gecombineerd wordt met een warmtepomp, komt de warmtepomp eveneens in aanmerking voor steun.  
**Subsidiepercentage (go/kmo):** 11,25 – 22,5%
- **Naam technologie:** Recuperatie van restenergie (warmte/koude) waarbij de warmte niet mag gebruikt worden om elektriciteit te produceren

**Beschrijving:** Systeem voor recuperatie van restenergie waarbij de warmte ingezet wordt als proceswarmte of voor klimatisatie. De warmte mag niet gebruikt worden om elektriciteit te produceren. Enkel kmo's komen in aanmerking voor deze technologie.

**Subsidiepercentage (kmo):** 40%

- **Naam technologie:** Zonneboiler  
**Beschrijving:** Zonneboiler voor het verwarmen van water voor verwarming, sanitaire en/of procesdoeleinden.  
**Subsidiepercentage (go/kmo):** 33,75 – 41,25%
- **Naam technologie:** Installatie voor hergebruik van proces-, spoel-, reinigings- en afvalwater door middel van elektrocoagulatie  
**Beschrijving:** Het hergebruik van proces-, spoel-, reinigings- en afvalwater in het productieproces of voor sanitaire doeleinden door middel van elektrocoagulatie. Het vrijkomen van coagulant wordt bereikt door het elektrolytisch oplossen van een elektrode (anode, gewoonlijk Fe of Al). Bij het oplossen van de elektrode komt gas (O<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>) vrij, hetgeen zorgt voor een floterende werking. Waterzuivering/waterbehandeling voor het louter behalen van de lozingsnormen is een end-of-pipe techniek die niet in aanmerking komt. Voorzuivering en eventuele doseringsinstallaties voor desinfectiemiddelen komen niet in aanmerking.  
**Subsidiepercentage (go/kmo):** 24 – 30%
- **Naam technologie:** Waterzuivering/waterbehandeling van afvalwater of laagwaardig water  
**Beschrijving:** Deze technologie omvat de waterzuivering/waterbehandeling van afvalwater of laagwaardig water door omgekeerde osmose, nanofiltratie of (membraan)elektrodialyse. Het gezuiverde water wordt ingezet als proceswater of voor sanitaire doeleinden. Waterzuivering/waterbehandeling voor het louter behalen van de lozingsnormen is een end-of-pipe techniek die niet in aanmerking komt. Voorzuivering en eventuele doseringsinstallaties voor desinfectiemiddelen komen niet in aanmerking. Voor het oppompen van grondwater of de captatie van oppervlaktewater is een vergunning vereist.  
**Subsidiepercentage (go/kmo):** 40 – 50%
- **Naam technologie:** Waterzuivering/waterbehandeling van afvalwater of laagwaardig water door middel van de combinatie van ultrafiltratie en omgekeerde osmose of membraanbioreactor en omgekeerde osmose  
**Beschrijving:** Deze technologie omvat de waterzuivering/waterbehandeling van afvalwater of laagwaardig water door middel van de combinatie van ultrafiltratie en omgekeerde osmose of membraanbioreactor en omgekeerde osmose. Het gezuiverde water wordt ingezet als proceswater of voor sanitaire doeleinden. Waterzuivering/waterbehandeling voor het louter behalen van de lozingsnormen is een end-of-pipe techniek die niet in aanmerking komt. Ultrafiltratie of een membraanbioreactor zonder omgekeerde osmose komt eveneens niet in aanmerking. Voorzuivering en eventuele doseringsinstallaties voor desinfectiemiddelen komen niet in aanmerking. Voor het oppompen van grondwater of de captatie van oppervlaktewater is een vergunning vereist.  
**Subsidiepercentage (go/kmo):** 30 – 37,5%

#### 6.4.4 AANBEVELINGEN VOOR LTL

Op basis van deze BBT-studie worden er geen nieuwe technologieën voorgesteld voor opname op de LTL. Ook worden er geen voorstellen voor aanpassingen geformuleerd voor technologieën op de LTL.

## 6.5 AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK EN TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING

In dit onderdeel worden suggesties gedaan voor verder onderzoek en technologische ontwikkeling. Dit gebeurt volgens 2 sporen. Enerzijds kan u de aanbevelingen terugvinden voor het verbeteren van de beschikbare informatie en kennis, anderzijds zijn ook de aanbevelingen voor de ontwikkeling van nieuwe milieutechnieken beschreven.

### 6.5.1 AANBEVELINGEN VOOR VERBETERING VAN HUIDIGE KENNIS

Bij het opstellen van de BBT-studie werden een aantal hiaten in de beschikbare kennis/informatie opgemerkt. Desondanks de nieuwe meetcampagne (VMM, 2021) blijft de grootteorde van de AOX-problematiek een inschatting doordat belangrijke externe parameters (o.a. de belasting van het zwembad, het meetmoment, de volledige desinfectiecyclus, ...) ontbreken in de studie. Naast de vooropgestelde monitoringsplicht in de sectorale voorwaarden (zie paragraaf 6.1.3) blijft verder onderzoek naar de vermindering van AOX en DBP in het algemeen (het ontstaan, onderlinge reacties, ...) een belangrijk topic. Daarbij hoort ook onderzoek naar de milieuproblematiek van deze verbindingen op de ontvangende waters.

Door gebruik te maken van alternatieve desinfectiemiddelen kan de vorming van AOX potentieel vermeden worden. In VLAREM wordt chloor naar voren geschoven als eerste desinfectie- en oxidatiemiddel. Er is wel een mogelijkheid om via een toelating van het DZ een ander evenwaardig desinfectiemiddel te gebruiken. Daarbij kan het verminderen van de initiële chloordosering in de baden door het installeren van additionele zuiveringstechnieken een verlaging van AOX opleveren. Ook hier kan een uitzondering via DZ leiden tot een toelating. Een aanpassing aan de wetgeving is daarom niet nodig.

Bijkomend is kennisverbreding naar het recupereren van spoelwater (inclusief reductie van het energieverbruik) nog steeds nodig. Membraantechnieken zijn onderzocht voor zowel de eigenlijke zuivering van het zwembadwater alsook ter recuperatie van spoelwater. Door hun toegenomen rendabiliteit is het aangewezen deze piste verder op te nemen.

### 6.5.2 AANBEVELINGEN VOOR ONTWIKKELING VAN NIEUWE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN

Deze BBT-studie is een herziening van de in 2011 gepubliceerde studie 'Beste Beschikbare Technieken voor zwembaden' (Van den Abeele, Meynaerts & Huybrechts, 2011). Bij deze herziening werden de gegevens uit deze studie waar nodig aangevuld en geactualiseerd. Er werd ook bekeken in hoeverre de technieken die destijds als BBT werden geselecteerd, inmiddels geïmplementeerd zijn, en of er ondertussen nieuwe technieken beschikbaar zijn.

Er werd vastgesteld dat de huidige BBT-studie niet steeds een optimale of volledige oplossing biedt voor de milieuproblematiek van de zwembaden doordat de huidige BBT het milieuprobleem onvoldoende oplossen of omdat de huidige BBT technische, economische of milieukundige beperkingen kennen. Verder onderzoek en ontwikkeling van nieuwe milieutechnieken is hier aanbeveelbaar, en kan in een later stadium leiden tot nieuwe BBT. Meer specifiek zou bijkomend onderzoek ter vermindering, verwijdering of voorkomen van DBP (o.a. AOX) in zwembadwater kunnen zorgen voor het verhogen van de zwembadkwaliteit. Daarnaast is verder onderzoek naar de vermindering van het water- en energieverbruik bij de waterbehandelingssystemen prioritair. Het verdient aanbeveling om deze ontwikkelingen op te volgen en eventueel (verder) te steunen, opdat deze milieuvriendelijke technologieën zich tot een marktwaardig product zouden kunnen ontwikkelen.



## LITERATUURLIJST

- Allen, J. M., Plewa, M. J., Wagner, E. D., Wei, X., Bollar, G. E., Quirk, L. E., ... & Richardson, S. D. (2021). Making swimming pools safer: does copper–silver ionization with chlorine lower the toxicity and disinfection byproduct formation?. *Environmental Science & Technology*, 55(5), 2908-2918. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06287>
- Barbot, E., & Moulin, P. (2008). Swimming pool water treatment by ultrafiltration-adsorption process. *Journal of membrane science*, 314(1-2), 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2008.01.033>
- Barrera-Díaz, C., Canizares, P., Fernández, F. J., Natividad, R., & Rodrigo, M. A. (2014). Electrochemical advanced oxidation processes: an overview of the current applications to actual industrial effluents. *Journal of the Mexican chemical society*, 58(3), 256-275. <https://doi.org/10.29356/jmcs.v58i3.133>
- Belgochlor. (2007). *Zwembadchemicaliën – Handleiding voor veilige opslag en bevoorrading*. Belgochlor. <http://isb.colob.be/doc/Boek/Zwembadchemicali%C3%ABn.pdf>
- Beyer, A., Worner, H., & van Lierop, R. (2004). *The Use of UV for Destruction of Combined Chlorine*. Wallace & Tiernan: Nederland.
- Burilon, N., Schrooten, D., & Charlier, G. (2004). *Analyse des technologies existantes en matière de désinfection*. <https://www.dokumen.tips/documents/analyse-des-technologies-existantes-en-matiere-de-desinfection.html>
- Carter, R. A. A., & Joll, C. A. (2017). Occurrence and formation of disinfection by-products in the swimming pool environment: A critical review. *Journal of Environmental Sciences*, 58, 19–50. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.06.013>
- Cassan, D., Mercier, B., Castex, F., & Rambaud, A. (2006). Effects of medium-pressure UV lamps radiation on water quality in a chlorinated indoor swimming pool. *Chemosphere*, 62(9), 1507-1513. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.06.006>
- Catto, C., Sabrina, S., Ginette, C. T., Manuel, R., & Robert, T. (2012). Occurrence and spatial and temporal variations of disinfection by-products in the water and air of two indoor swimming pools. *International journal of environmental research and public health*, 9(8), 2562-2586. <https://doi.org/10.3390/ijerph9082562>
- Cheema, W. A., Kaarsholm, K. M., & Andersen, H. R. (2017). Combined UV treatment and ozonation for the removal of by-product precursors in swimming pool water. *Water Research*, 110, 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.12.008>
- Cheema, W. A., Manasfi, T., Kaarsholm, K. M., Andersen, H. R., & Boudenne, J. L. (2017). Effect of medium-pressure UV-lamp treatment on disinfection by-products in chlorinated seawater swimming pool waters. *Science of the Total Environment*, 599, 910-917. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.008>
- Chen, M. J., Lin, C. H., Duh, J. M., Chou, W. S., & Hsu, H. T. (2011). Development of a multi-pathway probabilistic health risk assessment model for swimmers exposed to chloroform in indoor swimming pools. *Journal of hazardous materials*, 185(2-3), 1037-1044. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.10.011>
- Cimetiere, N., & De Laat, J. (2014). Effects of UV-dechloramination of swimming pool water on the formation of disinfection by-products: A lab-scale study. *Microchemical Journal*, 112, 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2013.09.014>
- Cleardrum. (2022). [Beschrijving van de trommelfilter]. Cleardrum. <https://cleardrum.nl/>
- Cuesta, G. (2014). Application of nanofiltration for pool water treatment: Assessing reduction potential of disinfection by-products (Bachelor thesis). Universitat Politècnica de Catalunya.
- CWC. (1998). *Evaluation of recycled crushed glass sand media for high-rate sand filtration*. CWC. <https://p2infohouse.org/ref/13/12443.pdf>
- De Coster, S., & van Larebeke, N. (2006). Adviesvraag: Gestabiliseerd waterstofperoxide als desinfectans in zwembaden en whirlpools.
- Derden, A., Schiettecatte, W., Cauwenberg, P., Van Ermen, S., Ceulemans, J., Helsen, J., De Baerdemaeker, T., Vandezande, P., Elst, K., Brauns, E., Buekenhoudt, A., & Huybrechts, D. (2010). *Gids waterzuiveringstechnieken*. Academia Press.

- Drees, K. P., Abbaszadegan, M., & Maier, R. M. (2003). Comparative electrochemical inactivation of bacteria and bacteriophage. *Water research*, 37(10), 2291-2300. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00009-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00009-5)
- Dudziak, M., & Kudlek, E. (2019). Removal of hardness in wastewater effluent using membrane filtration. *Architecture, Civil Engineering, Environment*, 12(2), 141-147. <https://doi.org/10.21307/acee-2019-030>
- EEA. (2018). Industrial waste water treatment – pressures on Europe’s environment (EEA Report No. 23/2018). <https://www.eea.europa.eu/publications/industrial-waste-water-treatment-pressures>
- Fantuzzi, G., Righi, E., Predieri, G., Giacobazzi, P., Petra, B., & Aggazzotti, G. (2013). Airborne trichloramine (NCl<sub>3</sub>) levels and self-reported health symptoms in indoor swimming pool workers: dose-response relationships. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 23(1), 88-93. <https://doi.org/10.1038/jes.2012.56>
- Feng, J., Johnson, D. C., Lowery, S. N., & Carey, J. J. (1994). Electrocatalysis of Anodic Oxygen-Transfer Reactions: Evolution of Ozone. *Journal of the Electrochemical Society*, 141(10), 2708. <https://doi.org/10.1149/1.2059184>
- Flier, H. (1997). Natriumhypochloriet/bleekloog. *Chemische feitelikheden*, 20(131-138), 1-12.
- Ganzenko, O., Huguenot, D., Van Hullebusch, E. D., Esposito, G., & Oturan, M. A. (2014). Electrochemical advanced oxidation and biological processes for wastewater treatment: a review of the combined approaches. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 8493-8524. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2770-6>
- Garcia-Ivars, J., Durá-María, J., Moscardó-Carreño, C., Carbonell-Alcaina, C., Alcaina-Miranda, M. I., & Iborra-Clar, M. I. (2017). Rejection of trace pharmaceutically active compounds present in municipal wastewaters using ceramic fine ultrafiltration membranes: Effect of feed solution pH and fouling phenomena. *Separation and Purification Technology*, 175, 58-71. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.11.027>
- Ghernaout, D. (2020). Electric field (EF) in the Core of the Electrochemical (EC) Disinfection. *Open Access Library Journal*, 7(7), 1-20. <https://doi.org/10.4236/oalib.1106587>
- Glauner, T., Kunz, F., Zwiener, C., & Frimmel, F. H. (2005b). Elimination of Swimming Pool Water Disinfection By-products with Advanced Oxidation Processes (AOPs). *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 33(6), 585-594. <https://doi.org/10.1002/ahch.200400605>
- Glauner, T., Waldmann, P., Frimmel, F. H., & Zwiener, C. (2005a). Swimming pool water—fractionation and genotoxicological characterization of organic constituents. *Water research*, 39(18), 4494-4502. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.09.005>
- Granger, C. O., & Richardson, S. D. (2022). Do DBPs swim in salt water pools? Comparison of 60 DBPs formed by electrochemically generated chlorine vs. conventional chlorine. *Journal of Environmental Sciences*, 117, 232-241. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.04.044>
- InBlue. (2022). *Gas stripper*. InBlue. <https://inblue.com/products/gas-stripper/>
- Jeppensens, C., Bagge, L. & Jeppensens, V.F. (2000). Legionella pneumophilla in pool water. *Ugeskr Laeger*, 162(25), 3592-3594.
- Kannewischer, B. (2008). Bäder—Grundlagen für Planung, Bau und Betrieb (301). Bundesamt für Sport BASPO.
- Kengetallen zwembaden. (2020). *Kengetallen zwembaden 2016-2020*. Netwerk Lokaal Sportbeleid. [http://isb.colo.ba.be/iguana/www.main.cls?url=kengetallen\\_zwembaden](http://isb.colo.ba.be/iguana/www.main.cls?url=kengetallen_zwembaden)
- Kengetallen zwembaden. (2022). *Kengetallen zwembaden 2021-2022*. Netwerk Lokaal Sportbeleid. [http://isb.colo.ba.be/iguana/www.main.cls?url=kengetallen\\_zwembaden](http://isb.colo.ba.be/iguana/www.main.cls?url=kengetallen_zwembaden)
- Kennisplatform Sportinfrastructuur. (2023). *Sportinfrastructuur in Vlaanderen*. Sport Vlaanderen. <https://www.sport.vlaanderen/kennisplatform/themas/thema-sportinfrastructuur/db-sportinfrastructuur/>
- Kim, J. Y., Kim, H. H., & Cho, K. H. (2013). Acute cardiovascular toxicity of sterilizers, PHMG, and PGH: severe inflammation in human cells and heart failure in zebrafish. *Cardiovascular toxicology*, 13, 148-160. <https://doi.org/10.1007/s12012-012-9193-8>
- Kowalski, W. (2010). *Ultraviolet germicidal irradiation handbook: UVGI for air and surface disinfection*. Springer science & business media.
- Kristensen, G. H., Klausen, M. M., Andersen, H. R., Erdinger, L., Lauritsen, F. R., Arvin, E., & Albrechtsen, H. J. (2009, March). Full scale test of UV-based water treatment technologies at Gladsaxe Sport Centre—with and without

- advanced oxidation mechanisms. In *The Third International Swimming Pool and Spa Conference*. PWTAG. <https://findit.dtu.dk/en/catalog/537f100274bed2fd210070ea>
- Łaskawiec, E., Dudziak, M., & Wyczarska-Kokot, J. (2018). Ultrafiltration for purification and treatment of water streams in swimming pool circuits. *Journal of Ecological Engineering*, 19(3), 38-44. <https://doi.org/10.12911/22998993/85451>
- Lee, J., Ha, K. T., & Zoh, K. D. (2009). Risk assessment of trihalomethanes in swimming pool water. *Environmental Health Perspectives*, 117(3), 379-385. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.021>
- Leefmilieu Brussel. (2023). *Zwembaden en andere baden*. Leefmilieu Brussels. <https://leefmilieu.brussels/pro/wetgeving/verplichtingen-en-vergunningen/zwembaden-en-andere-baden>
- Lenntech. (2023). *Capacitive deionization*. Lenntech. <https://www.lenntech.com/processes/capacitive-deionization-cdi-.htm>
- Li, Y., Nord, N., Huang, G., & Li, X. (2021, June). Swimming pool heating technology: A state-of-the-art review. *Building simulation*, 14, 421-440. <https://doi.org/10.1007/s12273-020-0669-3>
- Maglionico, M., & Stojkov, I. (2015). Water consumption in a public swimming pool. *Water Science and Technology: Water Supply*, 15(6), 1304-1311. <https://doi.org/10.2166/ws.2015.095>
- Mailoa, R.E.S.T. (2005). *Multi Purpose Solutions voor zachte contactlenzen en het effect op het draagcomfort*. Hogeschool Utrecht.
- Martínez-Huitle, C. A., De Battisti, A., Ferro, S., Reyna, S., Cerro-López, M., & Quiro, M. A. (2008). Removal of the pesticide methamidophos from aqueous solutions by electrooxidation using Pb/PbO<sub>2</sub>, Ti/SnO<sub>2</sub>, and Si/BDD electrodes. *Environmental science & technology*, 42(18), 6929-6935. <https://doi.org/10.1021/es8008419>
- Martín-Pozo, L., del Carmen Gómez-Regalado, M., García-Córcoles, M. T., & Zafra-Gómez, A. (2022). Removal of quinolone antibiotics from wastewaters and sewage sludge. In Sarma, H., Domínguez, D.C., & Lee W, *Emerging Contaminants in the Environment* (p. 381-406). Elsevier.
- Menerga. (2020). *AquaCond: warmteterugwinning uit afvalwater*. Menerga. <https://www.menerga.com/nl/luchtbehandelingstoestellen/zwembadontvochtiging/aquacond>
- Novinato. (2022). Chloorarm zwemmen. Novinato. <https://novinato.com/nl/chloorarm-zwemmen/>
- Pool Water Treatment. (2023). *AOS PowerUV Technology*. Pool Water Treatment. <http://www.poolwatertreatment.com/AOS-PowerUV-technology.php>
- PWTAG. (2017). *Swimming Pool Water: treatment and quality standards for pools and spas*. Micropress Printers Ltd.
- RedFed. (2022). [Nieuwsinfo]. Vlaamse Reddingsfederatie. <https://www.redfed.be/Redfed/Nieuws/Nieuws>
- Richardson, S. D., DeMarini, D. M., Kogevinas, M., Fernandez, P., Marco, E., Lourencetti, C., ... & Villanueva, C. M. (2010). What's in the pool? A comprehensive identification of disinfection by-products and assessment of mutagenicity of chlorinated and brominated swimming pool water. *Environmental health perspectives*, 118(11), 1523-1530. <https://doi.org/10.1289/ehp.100196>
- RIVM. (2024). *Omgevingswet*. Rijksdienst voor Volksgezondheid en Milieu. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/omgevingswet>
- Rodriguez-Narvaez, O. M., Peralta-Hernandez, J. M., Goonetilleke, A., & Bandala, E. R. (2017). Treatment technologies for emerging contaminants in water: A review. *Chemical Engineering Journal*, 323, 361-380. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.04.106>
- Senten, R., & Calders, R. (2007). *Reduction of chloramines in pool water* (nota).
- Senternovem. (2007). *Cijfers en tabellen 2007*. Senternovem. <https://refman.energytransitionmodel.com/publications/185>
- Simard, S., Tardif, R., & Rodriguez, M. J. (2013). Variability of chlorination by-product occurrence in water of indoor and outdoor swimming pools. *Water Research*, 47(5), 1763-1772. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.12.024>
- Simond, O., Schaller, V., & Comninellis, C. (1997). Theoretical model for the anodic oxidation of organics on metal oxide electrodes. *Electrochimica Acta*, 42(13-14), 2009-2012. [https://doi.org/10.1016/S0013-4686\(97\)85475-8](https://doi.org/10.1016/S0013-4686(97)85475-8)

- Skibinski, B., Götze, C., Worch, E., & Uhl, W. (2018). Pore diffusion limits removal of monochloramine in treatment of swimming pool water using granular activated carbon. *Water research*, 132, 270-281. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.060>
- Spiliotopoulou, A., Hansen, K. M., & Andersen, H. R. (2015). Secondary formation of disinfection by-products by UV treatment of swimming pool water. *Science of the Total Environment*, 520, 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.044>
- Svømmebads-Teknik. (2020). *THM stripper*. Svømmebads-Teknik. <https://www.jst.dk/vi-tilbyder/teknologier/ultraaqua-thm-stripper>
- Tak, T.A. (2005). *Haalbaarheidsonderzoek naar de toepassing van duurzame technieken in het ir. Ottenbad*. Goirle: Nederland.
- Van den Abeele, L., Meynaerts, E., & Huybrechts, D. (2011). Beste beschikbare technieken (BBT) voor zwembaden. VITO. <https://emis.vito.be/nl/node/71664>
- Van Poppel, M. (2016). Evolutes in de lokale zwembadsector : Kengetallen overheidszwembaden 2013-2015. *Vlaams tijdschrift voor sportbeheer*, 254, 36-43.
- Vankerkom, J., & Cornelis, C. (2004). *Onderzoek naar de luchtkwaliteit in zwembaden*. VITO.
- Verbeeck, L. (2008). *Alternatieve desinfectiemiddelen in zwembaden en whirlpools* (literatuurstudie). Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid.
- Vlaardingerbroek, A., & van Straaten, D.G.J. (2007). Oriënterend onderzoek naar desinfectietechnieken voor zwembadwater. KIWA.
- W.E.T. (2008). *Spulwasseraufbereitung nach DIN 19645* (technische nota). Wasser Energie Technologie. [https://www.wet-gmbh.com/assets/wet\\_waste\\_schema\\_spuelw\\_de.pdf](https://www.wet-gmbh.com/assets/wet_waste_schema_spuelw_de.pdf)
- WHO. (2006). *Guidelines for safe recreational water environments - Volume 2: swimming pools and similar environments*. World Health Organisation. <https://www.who.int/publications/i/item/9241546808>
- WLN. (2023). *Nieuwe wetgeving zwembaden: voldoet u aan de regeling?*. Waterlaboratorium Noord. <https://wln.nl/news/nieuwe-wetgeving-zwembaden-omgevingswet/>
- Włodyka-Bergier, A., & Bergier, T. (2021). Impact of low-pressure uv lamp on swimming pool water quality and operating costs. *Energies*, 14(16), 5013. <https://doi.org/10.3390/en14165013>
- Zimmer, J. L., & Slawson, R. M. (2002). Potential repair of Escherichia coli DNA following exposure to UV radiation from both medium-and low-pressure UV sources used in drinking water treatment. *Applied and environmental microbiology*, 68(7), 3293-3299. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.7.3293-3299.2002>

## BIJLAGE 1: MEDEWERKERS VAN DE BBT-STUDIE

### KENNISCENTRUM VOOR BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN

- Ken Meerbergen, Benjamin Horemans, Greet Janssens  
BBT-kenniscentrum  
p/a VITO  
Boeretang 200  
2400 Mol  
E-mail: [bbt@vito.be](mailto:bbt@vito.be)

### CONTACTPERSONEN ADMINISTRATIES/OVERHEIDSINSTELLINGEN

- Tim De Winter                      Departement Zorg
- Jill Alexandre                      Departement Zorg
- Inge Bos                              Departement Zorg
- Hanne Neirynek                      Netwerk Lokaal Sportbeleid
- Charlotte Hoedemaekers              Netwerk Lokaal Sportbeleid
- Kristien Caekebeke                  VMM

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de administraties en andere overheidsinstellingen in het begeleidingscomité voor deze studie.

### VERTEGENWOORDIGERS UIT BEDRIJFSWERELD

- Stef Desmet                          Novinato
- Frank Bulens                          AG Vespa
- Paul Van Belleghem                      FARYS
- Michiel Berckmoes                      FARYS
- Gert-Jan Vermeesch                      FARYS
- Koen Mergan                          FARYS
- Thomas Rombaut                      Artabel

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de bedrijven in het begeleidingscomité voor deze studie.

### EXPERTS

- Rudy Calders                          Provinciaal Instituut voor Hygiëne
- Ludo Feyen                              Labo Derva
- Roelof Demerie                          Laboratorium LMI
- Luc Iliano                                Labo Iliano

Bovenstaande personen vertegenwoordigden als experts de verschillende analyselabo's in Vlaanderen.

### BEZOCHTE BEDRIJVEN TIJDENS HET UITVOEREN VAN DE STUDIE

- Zwembad Begijntjesbad  
Begijnhof 9  
3090 Overijse  
Contactpersoon: Stef Desmet (Novinato)
- Vita Den Uyt  
Rode-Kruislaan 18  
2400 Mol  
Contactpersoon: Marty van den Heuvel (Hellebrekers)

## BIJLAGE 2: FINALE OPMERKINGEN

Dit rapport komt overeen met wat het BBT-kenniscentrum op dit moment als de BBT en de daaraan gekoppelde aangewezen aanbevelingen beschouwt. De conclusies van de BBT-studie zijn mede het resultaat van overleg in het begeleidingscomité maar binden de leden van het begeleidingscomité niet.

Deze bijlage geeft de opmerkingen of afwijkende standpunten die leden van het begeleidingcomité en de stuurgroep namens hun organisatie formuleerden op het voorstel van eindrapport. Volgens de procedure die binnen het BBT-kenniscentrum van VITO gevolgd wordt voor het uitvoeren van BBT-studies, worden deze opmerkingen of afwijkende standpunten niet meer verwerkt in de tekst (tenzij het kleine tekstuele correcties betreft), maar opgenomen in deze bijlage. In de betrokken hoofdstukken wordt door middel van voetnoten verwezen naar deze bijlage.

Er werden geen opmerkingen ontvangen op het voorstel van het eindrapport, noch vanuit het begeleidingscomité noch vanuit de stuurgroep.

**Vlaams BBT-kenniscentrum**  
VITO  
Boeretang 200  
B-2400 Mol  
bbt@vito.be

[emis.vito.be/bbt](https://emis.vito.be/bbt)

