

Zo krijg je Trihalomethanen (THM's) in zwembadwater onder controle

Inzicht in complexe processen
& praktische oplossingen

c-mark.nl

Testing for life



Trihalomethanen in Zwembadwater: van meten naar beheersen

Een praktische gids voor zwembaden die grip willen op lucht- en waterkwaliteit

Zwemmen is gezond, maar het water waarin we zwemmen moet van goede kwaliteit zijn. Bijvoorbeeld door ziekteverwekkers te doden via adequate desinfectie. In de meeste zwembaden wordt hiervoor chloor gebruikt. Dat werkt uitstekend, maar chloor reageert wel met allerlei stoffen die van nature in het water zitten of door zwembadgasten worden ingebracht. Denk aan zweet, urine en cosmetica. Daarbij kunnen **desinfectiebijproducten** ontstaan, waaronder **Trihalomethanen (THM's)**.

“Veel baden zien normoverschrijdingen, maar weten niet waar het vandaan komt. Het is een ingewikkelde puzzel die je alleen oplost door de hele waterbehandeling als één systeem te bekijken.”

— Ger Hulshof, zwemwaterexpert
en adviseur bij Eurofins C-mark





THM's zijn chemische stoffen die in kleine hoeveelheden in zwembadwater kunnen voorkomen. Ze zijn vluchtig, wat betekent dat ze makkelijk verdampen en ingeademd kunnen worden. Sommige THM's zijn mogelijk schadelijk voor de gezondheid, vooral bij langdurige blootstelling.

Heeft jouw zwembad te maken met normoverschrijdingen? Dat is niet gek. In kleinere baden met skimmers is het risico groter. In grotere baden kunnen moderne installaties de vorming zelfs versterken. En een afdekzeil helpt tegen verdamping, maar houdt de THM's ook gevangen.

1 In dit whitepaper ontdek je:

- Hoe THM's ontstaan
- De gezondheidsrisico's voor zwembadgasten en personeel
- Hoe je THM's meet en monitort
- De wetgeving over THM's en de gevolgen van overschrijdingen
- Maatregelen die je nú al kunt nemen in je eigen zwembad
- Welke technieken en methodes écht effectief zijn om THM's te verlagen

2 Wat levert het je op?

- Inzicht in hoe THM's ontstaan en zich gedragen in jouw zwembad
- Concrete maatregelen die je zelf kunt nemen
- Begrip van de regelgeving en wat dit betekent voor jouw situatie
- Een praktisch stappenplan voor integraal beheer van THM's

3 Voor wie?

Deze informatie is bedoeld voor zwembadbeheerders, technici en beleidsmakers die willen zorgen voor **veilig en gezond zwemwater**.

Inhoudsopgave

Wat zijn THM's?	6
Hoe ontstaan THM's in zwembadwater?	8
Risico's voor de gezondheid	10
Monitoring & regelgeving: waar moet je aan voldoen?	12
THM's integraal aanpakken: de Eurofins C-mark methode	14
Verdieping: desinfectietechnieken & THM-vorming	20
Regie en onderzoek: de sleutel tot gezond zwemwater	26
Samen zorgen we voor veilig en gezond zwemwater	28
Bijlage: bronvermelding	30

Deze checklist is met zorg opgesteld door Eurofins C-mark B.V. Toch kan het voorkomen dat er een onjuist detail in de tekst staat.
Aan de inhoud kunnen geen rechten worden ontleend.

© Eurofins C-mark

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar worden gemaakt in enige vorm of enige wijze, zonder voorafgaande toestemming van Eurofins C-mark B.V.

“THM’s ontstaan uit talloze factoren.
Juist daarom is er zelden één
oplossing. De sleutel ligt in een
slimme combinatie van maatregelen.”

Ger Hulshof, zwemwaterexpert en adviseur bij Eurofins C-mark



Wat zijn THM's?

Trihalomethanen (THM's) zijn een groep chemische stoffen die ontstaan als chloor reageert met organisch materiaal in water.

“Chloor is vaak effectief om zwembadwater te desinfecteren”, vertelt Ger Hulshof, zwemwaterexpert bij Eurofins C-mark. “Maar zodra je vrij chloor combineert met organisch materiaal, krijg je desinfectiebijproducten (DBP's) die je liever niet in het zwembad hebt.”

Denk bij organische stoffen aan zweet, urine, huidvetten of cosmetica. THM's zijn het bekendste voorbeeld van ongewenste DBP's. De vorming van THM's is onvermijdelijk. Zelfs in een badwaterbassin waarin nog niemand heeft gezwommen, meten we soms THM's boven de norm.

Vluchtige stoffen

THM's zijn vluchtige stoffen. Ze verdampen eenvoudig uit water en komen zo terecht in de lucht boven het zwembassin. In een binnenbad is die verdamping extra risicovol, omdat de stoffen in de lucht terechtkomen die zwembadgasten, personeel en lesgevers inademen.

“THM's adem je vooral in vlak boven het wateroppervlak. Juist daar waar kinderen spelen of instructeurs lesgeven. Daar ontstaan gezondheidsrisico's die je niet waarneemt, maar wél moet aanpakken.”

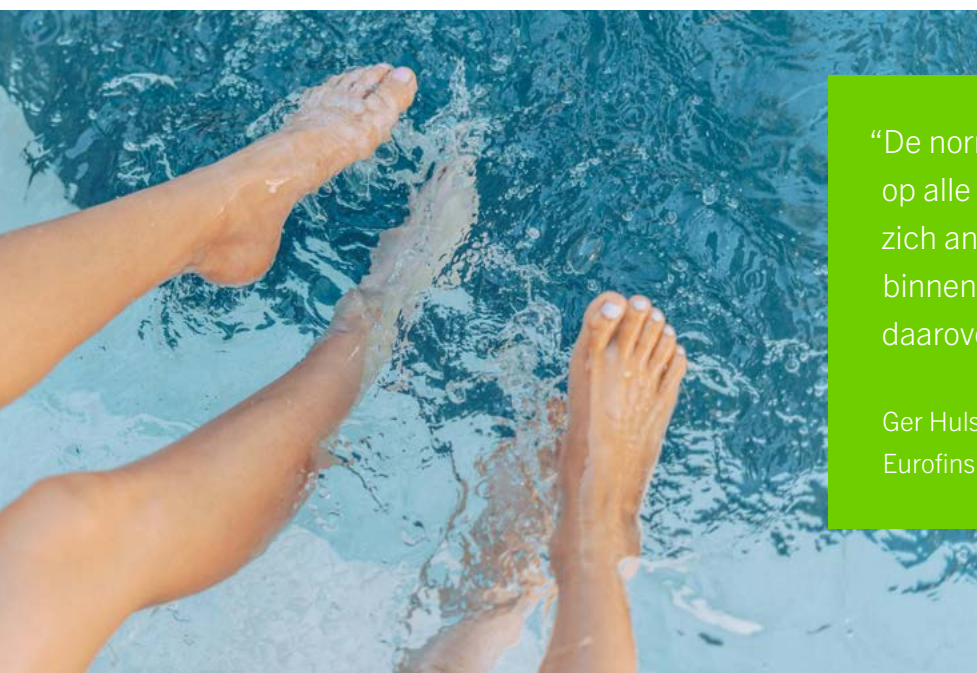
Ger Hulshof, zwemwaterexpert en adviseur bij Eurofins C-mark

Water én lucht: een dubbele uitdaging

Hoewel THM's in het water ontstaan, vindt de meeste blootstelling plaats via de lucht. De concentratie in de lucht hangt sterk af van de ventilatiecapaciteit van het zwembadgebouw. Bij onvoldoende luchtverversing kunnen THM's zich ophopen,

“De norm is nu één op één toegepast op alle baden. Maar THM's gedragen zich anders in buitenbadlucht dan in binnenbadlucht. Het is logisch dat daarover discussie ontstaat.”

Ger Hulshof, zwemwaterexpert en adviseur bij Eurofins C-mark





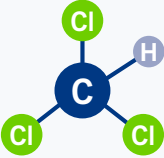
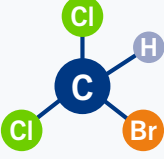
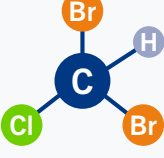
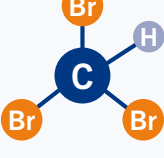
vooral net boven het wateroppervlak – waar kinderen spelen of personeel langere tijd verblijft.

In buitenbaden is die ophoping minder relevant: de THM's verdwijnen daar grotendeels in de buitenlucht. Er wordt dan ook door sommige partijen gepleit om de huidige norm alleen nog van toepassing te laten zijn op binnenbaden, of om een aparte norm voor buitenbaden te hanteren.

Waarom zijn THM's een probleem?

Verschillende THM's zijn door de **World Health Organization (WHO)** geclassificeerd als mogelijk kankerverwekkend (Groep 2B). Bij langdurige blootstelling kunnen ze schade veroorzaken aan lever, nieren en het zenuwstelsel. Vooral **inhalatie** vormt een risico, omdat THM's makkelijk verdampen en ingeademd kunnen worden. Personeel dat langere tijd aan de badrand werkt, loopt daarmee een verhoogd risico. Huidcontact in het water en het inslikken van zwemwater dat THM's bevat, zorgt voor minder opname van THM's dan inhalatie.

De vier belangrijkste THM's zijn:

Naam	Chemische formule	Eigenschappen
Trichloormethaan (Chloroform)	CHCl₃ 	Meest voorkomend, mogelijk kankerverwekkend
Broomdichloormethaan (BDCM)	CHBrCl₂ 	Komt veel voor in binnenbaden
Dibroomchloormethaan (DBCM)	CHBr₂Cl 	Komt voor bij aanwezigheid van bromide, mogelijk kankerverwekkend
Tribroommethaan (Bromoform)	CHBr₃ 	Minder vaak voorkomend, maar potentieel schadelijk

Hoe ontstaan THM's in zwembadwater?

Wanneer chloor wordt toegevoegd aan zwembadwater, reageert het niet alleen met bacteriën en virussen (wat we willen), maar ook met allerlei organische stoffen die in het water aanwezig zijn.

Denk aan:

- Zweet
- Urine
- Huidvetten
- Cosmetica (zoals zonnebrandcrème)
- Organisch materiaal uit het leidingwater (zoals humuszuren)

Deze organische stoffen bevatten **koolstofverbindingen** die met chloor reageren en zo **desinfectiebijproducten** vormen, waaronder THM's. De meeste organische verontreiniging komt niet uit het leidingwater zelf, maar wordt door badgasten het water ingebracht.

“Wat veel mensen niet beseffen, is dat hun zonnebrandcrème of deodorant de waterkwaliteit beïnvloedt. We voegen die stoffen onbedoeld zelf toe”, vertelt Ger Hulshof, zwembadexpert bij Eurofins C-mark.

Zonnebrand: bescherming of verontreiniging?

Veel zwembaden bieden hun gasten tegenwoordig gratis zonnebrandmiddelen aan. Goed bedoeld – om bescherming te bieden tegen UV-schade. Maar wetenschappelijke studies

tonen aan dat deze crèmes ook kunnen bijdragen aan verhoogde THM-vorming.

Factoren die de vorming beïnvloeden

De hoeveelheid THM's die ontstaat, hangt ook af van verschillende fysisch-chemische factoren. Dit zijn de belangrijkste invloeden:

Factor	Invloed op THM-vorming
pH-waarde	Bij hogere pH (boven 7,5) ontstaan sneller THM's
Temperatuur	Hoe warmer het water, hoe sneller THM's ontstaan
Chloordosering	Meer chloor = meer kans op bijproducten
Aanwezigheid van bromide	Leidt tot vorming van broomhoudende THM's zoals BDCM en Bromoform
UV-licht	Maakt organisch materiaal reactiever, waardoor THM-vorming toeneemt
Ozonisatie	Kan de reactiviteit van organisch materiaal verlagen en THM-vorming beperken

Bromide?

Hoewel de meeste baden geen bromide toevoegen, kan het toch in het water terechtkomen. Oorzaken zijn bijvoorbeeld:

- **Zoutelektrolyse:** gebruik van natriumchloridezout van lage kwaliteit, verontreinigd met bromide.
- **Suppletiewater uit eigen bron:** bijvoorbeeld zout grondwater op 800 meter diepte dat van nature bromide bevat.

Hulshof: *“We zien het direct aan de samenstelling van de THM's. Als die verschuift richting broomhoudende vormen, weten we: ergens komt bromide binnen. Dat is speurwerk – maar het vertelt je veel over je bronwater en zoutkwaliteit.”*

“Soms wordt er wel 40 liter zonnebrand per jaar gebruikt bij een buitenbad of combi-bad. Die crèmes reageren met chloor. Je probeert de ene vorm van schade te voorkomen, maar introduceert mogelijk een andere.”

Ger Hulshof, zwembadexpert en adviseur bij Eurofins C-mark

UV-behandeling: complex effect

UV-technologie wordt in binnenbaden veel ingezet om gebonden chloor af te breken en zo geurhinder te verminderen. Maar zoals je ziet in de tabel hiernaast, maakt UV-licht organisch materiaal ook reactiever, waardoor de kans op THM-vorming - tegen de verwachting in - juist toeneemt. In normale omstandigheden verlaagt UV de concentratie van bepaalde stoffen. Maar: het resterende organisch materiaal reageert daarna sterker met chloor. Gevolg: meer (en sneller) gevormde THM's. Ook UV van zonlicht verhoogt de kans op THM-vorming in zwembadwater. Voor buitenbaden is dat een complexe zaak.

"UV biedt interessante voordelen: het verlaagt bepaalde waarden. Maar UV verhoogt ook de reactiviteit van organische stoffen – iets om bewust mee te nemen in de toepassing", aldus onze zwemwaterexpert.

Vorming THM's



Risico's voor de gezondheid

THM's kunnen bij langdurige blootstelling schadelijke effecten hebben op de gezondheid. Dat geldt niet alleen voor de badgasten zelf, maar ook voor personeel dat dagelijks in de ruimte werkt.

Hoe komen THM's het lichaam binnen?

Er zijn drie manieren waarop mensen THM's kunnen opnemen in hun lichaam.

1. Inademing
2. Huidcontact
3. Inslikken van zwembadwater

Van deze drie is **inademing** de belangrijkste en meest risicovolle route. Zeker voor personeel dat meerdere uren per dag aan de lucht in een binnenzwembad wordt blootgesteld.

Wat zijn de mogelijke gezondheidseffecten?

Volgens de **World Health Organization (WHO)** en andere gezondheidsinstanties kunnen THM's bij langdurige blootstelling leiden tot:

- Kanker (vooral lever, nieren en darmen). De stoffen chloroform en BDCM zijn geclassificeerd als mogelijk kankerverwekkend (Groep 2B).
- Huidirritatie
- Ademhalingsproblemen
- Effecten op het zenuwstelsel

“Het lastige aan THM's is: je ziet ze niet, je ruikt ze niet – maar je ademt ze wel in. En juist daar zit het risico.”

Ger Hulshof, zwembadwaterexpert en adviseur bij Eurofins C-mark

Opname THM's in het lichaam



1. Inademing

- THM's zijn vluchtig en verdampen makkelijk uit het water.
- In binnenbaden blijven de dampen in de lucht hangen.
- Dit is de belangrijkste en meest risicovolle blootstellingsroute.
- Blootstelling vindt vooral plaats boven het water en bij de badrand.



2. Huidcontact

- THM's kunnen ook via de huid opgenomen worden, vooral bij langdurig zwemmen.
- De huid vormt een goede barrière, maar langdurige blootstelling telt dat wel mee.
- Bij kinderen kan de huid gevoeliger reageren.



3. Inslikken van zwembadwater

- Kleine hoeveelheden zwembadwater kunnen per ongeluk worden doorgeslikt.
- Dit lijkt een verwaarloosbaar risico.

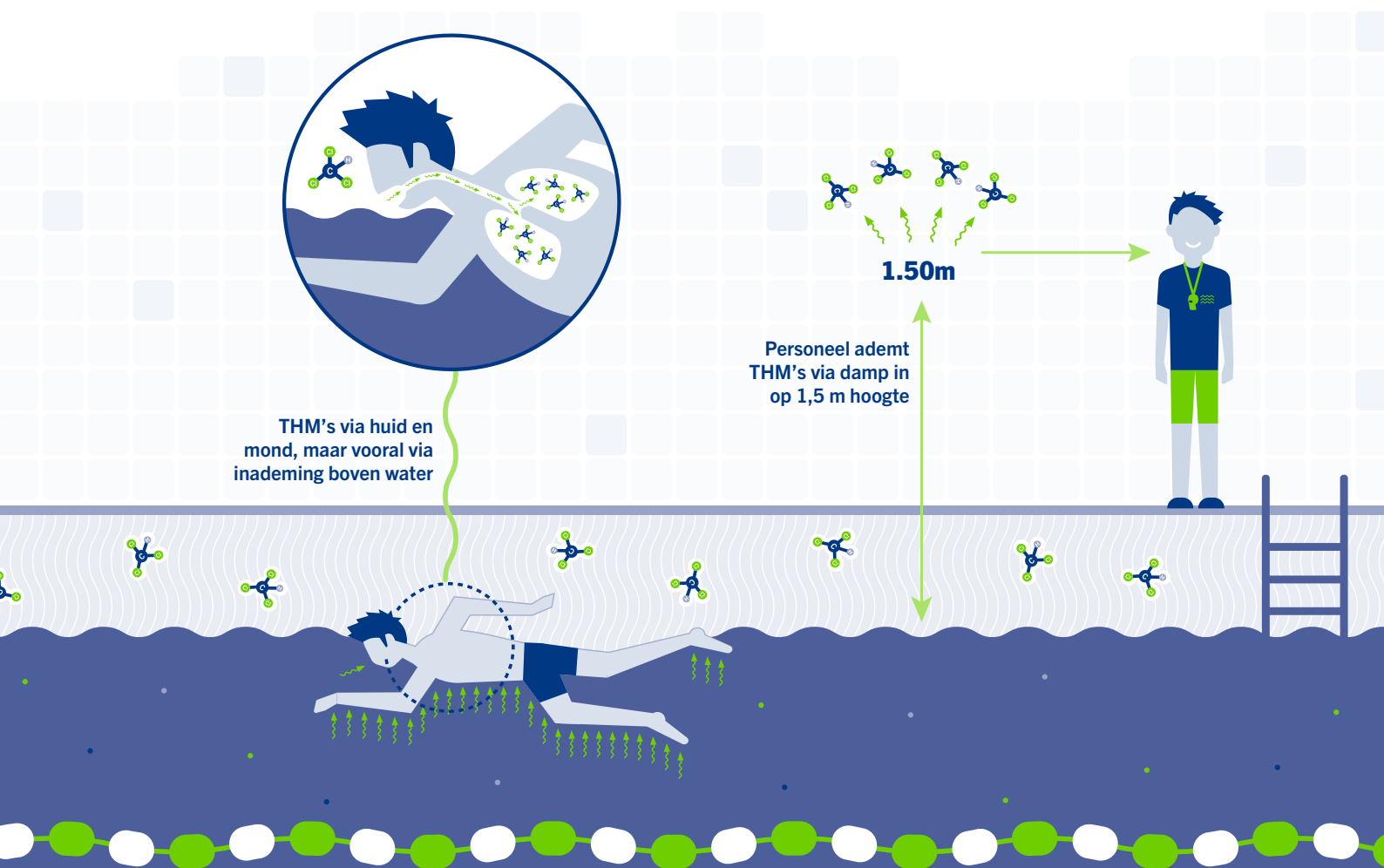
Wie lopen het meeste risico?

Bepaalde groepen lopen meer risico op blootstelling aan THM's of zijn kwetsbaarder voor de gezondheidseffecten:

- **Zwemonderwijzers en toezichthouders.** Zij zijn vaak langdurig aanwezig in de zwemzaal, regelmatig aan de rand van het bad – precies daar waar THM's zich bevinden.
- **Kinderen.** Zij zijn gevoeliger voor chemische stoffen.
- **Fanatieke badgasten.** Denk aan wedstrijdzwemmers of ouderen die dagelijks banen trekken. Langdurige blootstelling telt op.

“We doen veel om te zorgen dat het water vrij is van ziekteverwekkende bacteriën. Maar we mogen de impact van luchtkwaliteit op gezondheid zeker niet onderschatten.”

Ger Hulshof, zwemwaterexpert en adviseur bij Eurofins C-mark



Monitoring en regelgeving: waar moet je aan voldoen?

Om THM's goed te kunnen beheersen, is regelmatige monitoring van meerdere parameters essentieel. De wettelijk verplichte parameters geven je genoeg belangrijke informatie over het complexe proces rond THM-vorming in zwembadwater.

Monitoring van de waterkwaliteit gebeurt op verschillende niveaus. Deze parameters zijn het meest belangrijk voor THM-vorming:

Dagelijkse metingen door badpersoneel (2 x per dag):

- Vrij chloor
- Gebonden chloor
- pH-waarde
- Doorzicht

Deze waarden geven belangrijke signalen over de effectiviteit van de desinfectie en de balans in het zwembadwater. Afwijkingen kunnen indirect wijzen op vervuiling die bijdraagt aan THM-vorming.

“THM's krijg je pas onder controle als je alle relevante parameters op het juiste moment meet én begrijpt wat de uitkomsten zeggen over de waterkwaliteit.”

Ger Hulshof, zwembadexpert en adviseur bij Eurofins C-mark

Watermetingen door laboratoria:

- **Trihalomethanen (THM's):** 1x per 3 maanden. THM's worden geanalyseerd op monsters uit het hoofdbassin.
- **Kaliumpermanganaatverbruik:** 1x per maand. Dit vormt een indicatie voor het gehalte aan oxiderende organische stoffen.
- **Microbiologische parameters:** zoals legionella, *Pseudomonas aeruginosa*, Intestinale enterococci en Sporen van sulfietreducerende clostridia.

Luchtmetingen in binnenbaden door laboratoria:

- **Trichlooramine:** 1x per jaar

Regelgeving: wat zijn de normen?

Bij welke waarde THM's zit je goed? Dat staat in hoofdstuk 15 van het Besluit Activiteiten Leefomgeving (oftewel BAL15), dat hoort bij de Omgevingswet. De normen en meetfrequenties zijn vastgelegd in de uitvoeringsregels.



“Door parameters zoals KMnO_4 -verbruik, pH en gebonden chloor naast elkaar te leggen, kun je goed voorspellen of je risico loopt op verhoogde THM's.”

Ger Hulshof, zwemwaterexpert en adviseur
bij Eurofins C-mark

Voor zwembadwater in Nederland geldt:

- Maximale concentratie van de som aan THM's: 50 $\mu\text{g/L}$ (berekend als chloroform).
- Deze waarde geldt voor het hoofdbassin en wordt 1x per 3 maanden gemeten.
- In andere Europese landen gelden andere normen. Ter vergelijking, dit zijn de normen in Duitsland en Frankrijk:

Land	Norm THM's*	Opmerkingen
Duitsland	20 $\mu\text{g/L}$	Strenge norm, vooral gericht op binnenbaden.
Frankrijk	100 $\mu\text{g/L}$	Ruimere norm, herziening in voorbereiding. Hoewel de exacte nieuwe waarde nog niet publiek beschikbaar is, is het waarschijnlijk dat de norm verlaagd zal worden, in lijn met de Europese trend en de aanbevelingen van gezondheidsinstanties.

* (chloroform-equivalent)

Het beheersplan

Een risicoanalyse en beheersplan maak je met het oog op het voorkomen van verdrinking, het beschermen van de gezond-

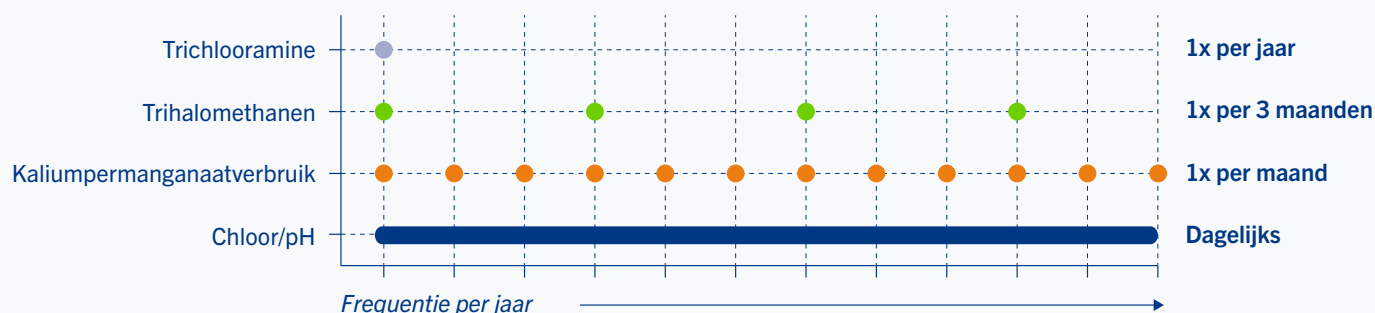
heid van badgasten en het voorkomen van letsel in en om een badwaterbassin.

De risico's die de zwemwaterkwaliteit met zich meebrengen voor badgasten bepaal je door in de risicoanalyse de verschillende onderdelen van de zwemwaterinstallatie te beoordelen. Hierbij kijk je onder meer naar de regelingen en beveiligingen in de installatie voor de toegepaste chemie. Je bent ook verplicht om een monsternameplan op te stellen. Alle meetwaarden moet je vastleggen in een logboek dat je minimaal twee jaar moet bewaren.

Een goed beheersplan is méér dan een wettelijke verplichting. Het is een stuurinstrument waarmee je de waterbehandeling kunt optimaliseren en risico's tijdig ondervangt. Het beheersplan helpt om THM's onder controle te houden en voldoet aan de eisen van de Omgevingswet en het Besluit Activiteiten Leefomgeving (BAL). Via het beheersplan werk je aan:

- Vroegtijdige signalering van vervuiling of onbalans van het water.
- Inzicht in de vorming van THM's (via koppeling met pH, chloor, kaliumpermanganaatverbruik).
- Verantwoording naar gebruikers, toezichthouders en management.
- Optimalisatie van installaties en doseringen.

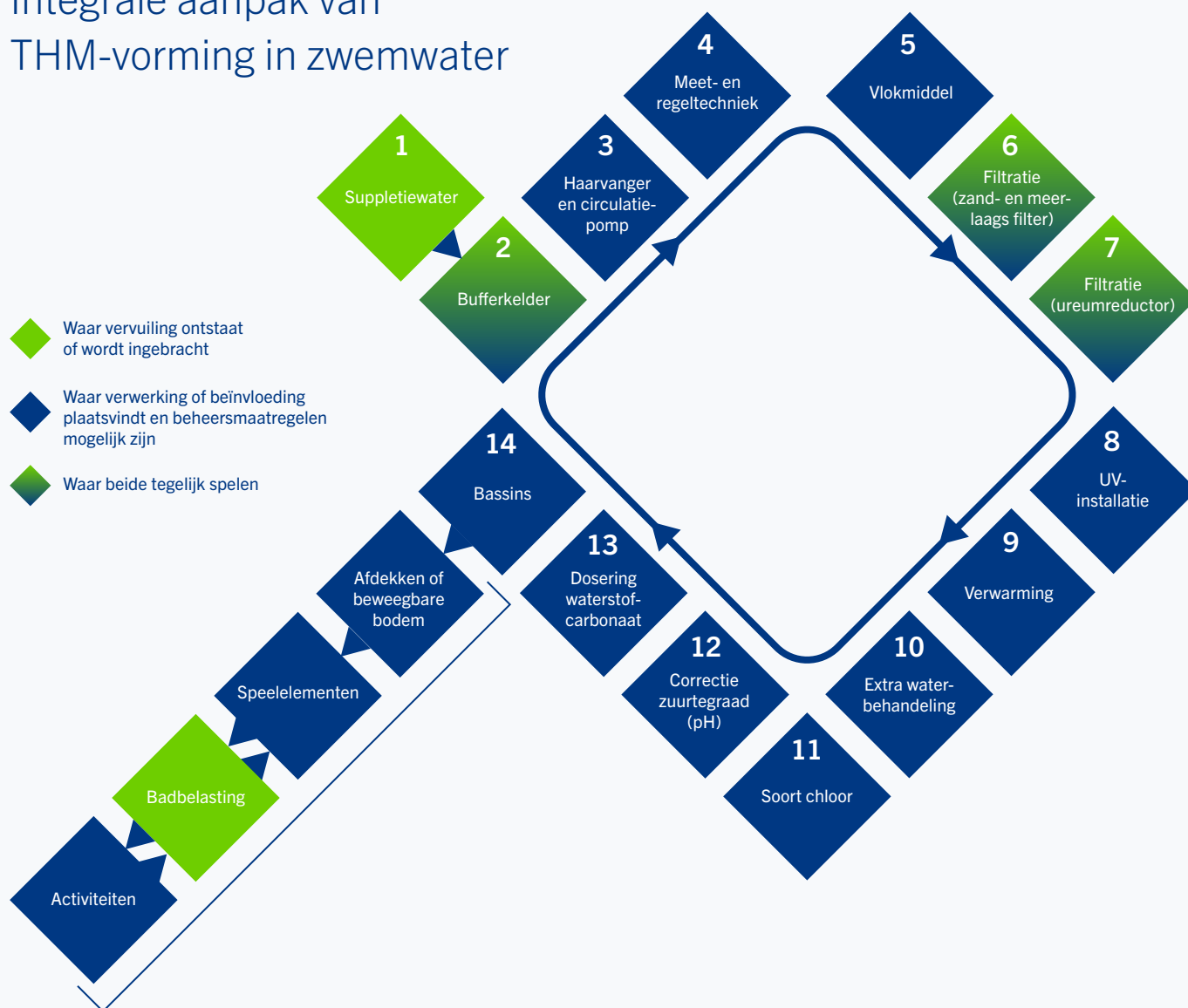
Water- en luchtmetingen door laboratoria



THM's integraal aanpakken: de Eurofins C-mark-methode

Het verlagen van het THM-gehalte in zwembadwater vraagt om een integrale benadering. Er is namelijk niet één knop waar je aan draait om de waarden omlaag te brengen. THM's ontstaan door een samenspel van bronnen, processen en installatietechniek. En juist dát maakt het zo complex. Daarom ontwikkelde Eurofins C-mark een visueel schema dat alle invloeden inzichtelijk maakt, in de vorm van een vis. Ontdek welke snelle ingrepen je kunt doen binnen je eigen installatie en waar aanvullende investeringen effect kunnen hebben op het verlagen van de THM's.

Integrale aanpak van THM-vorming in zwembadwater



“THM’s pak je niet op één plek aan. Je moet álle schakels in de waterbehandeling kritisch bekijken – alleen dan krijg je grip.”

Ger Hulshof, zwemwaterexpert en adviseur bij Eurofins C-mark

Wat laat de methode zien?

De ‘visvorm’ visualiseert de circulaire route van het zwemwater, van suppletie tot terugkeer in het bassin, en laat per schakel zien:

- waar vervuiling ontstaat of wordt ingebracht (groen);
- waar verwerking of beïnvloeding plaatsvindt en beheersmaatregelen mogelijk zijn (blauw);
- waar beide tegelijk spelen (blauw/groen).

Volgorde: je start bij suppletiewater en beweegt met de klok mee door het systeem.

Elke schakel heeft invloed op de vorming of verwijdering van THM’s. Denk aan:

- de kwaliteit van suppletiewater;
- beluchting van de bufferkelder;
- spoelfrequentie van filters;
- werking van UV-installaties;
- gedrag van zwembadgasten.

“Je kunt niet slechts één onderdeel optimaliseren en dan verwachten dat het THM-gehalte daalt. Pas als je het hele systeem bekijkt, zie je waar je écht kunt ingrijpen”, stelt Hulshof.

Per onderdeel: quick wins en aandachtspunten van Eurofins C-mark’s zwemwaterexperts

Onze zwemwaterexperts zetten per onderdeel van de installatie hun praktische adviezen op een rij. Deze quick wins en aandachtspunten vormen samen een krachtige basis voor een integrale aanpak van THM-vorming in jouw zwembad.

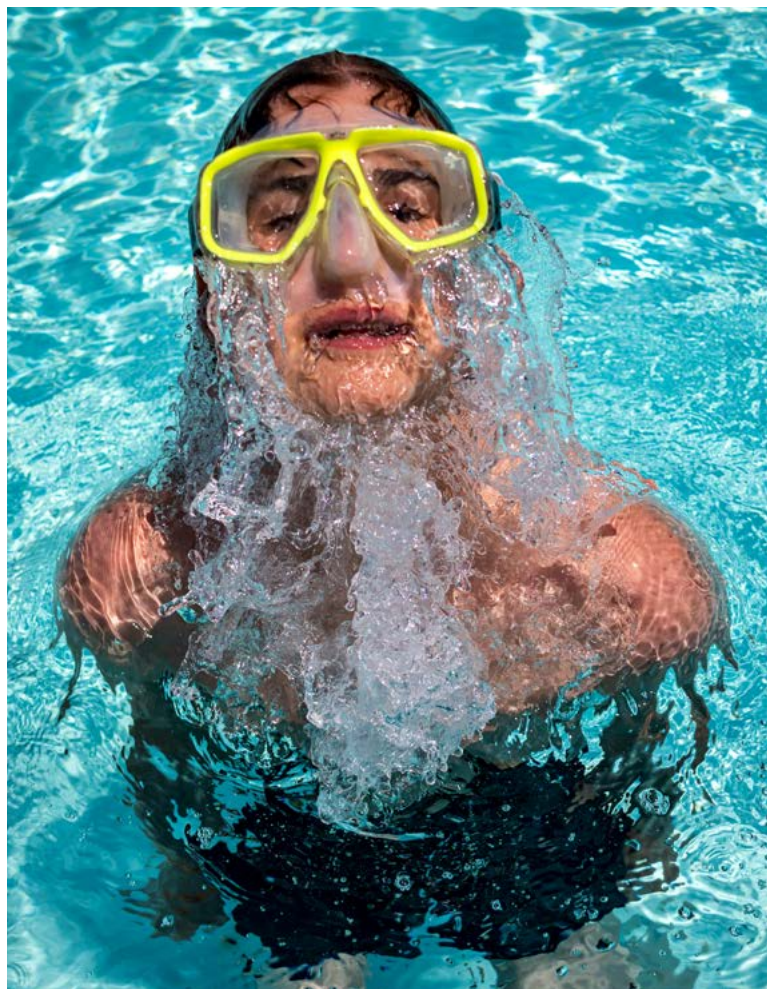
1 Suppletiewater

- Het organische gehalte van suppletiewater (lees kaliumpermanganaatverbruik = KMnO_4 -verbruik) is een vast gegeven. Meestal brengt suppletiewater circa 1/3 deel van het KMnO_4 -verbruik in.

- Maak je gebruik van water uit eigen bron? Controleer het KMnO_4 -verbruik op analysecertificaten. Overweeg overstap op drinkwater uit het openbare drinkwaternet als het KMnO_4 -verbruik hoog is.

2 Bufferkelder

- Reinig en inspecteer de bufferkelder minimaal jaarlijks. Daarnaast kan een onjuiste doorstroming van de bufferkelder tot versnelde vervuiling leiden. Vervuiling van de bufferkelder levert een bijdrage aan verhoging van het THM-gehalte.
- Met beluchting van het water in de bufferkelder strip je THM’s uit het water. Breng bijvoorbeeld een blower aan.



3 Haarvanger en circulatiepomp

- Reinig de haarvanger wekelijks om vuilophoping te beperken. Vuilophoping levert een bijdrage aan een verhoogd THM-gehalte.
- Het debiet van de circulatiepomp verlagen buiten openingstijden kan mogelijk effect hebben op verhoogde THM-vorming (dit wordt nog onderzocht).

4 Meet- en regeltechniek

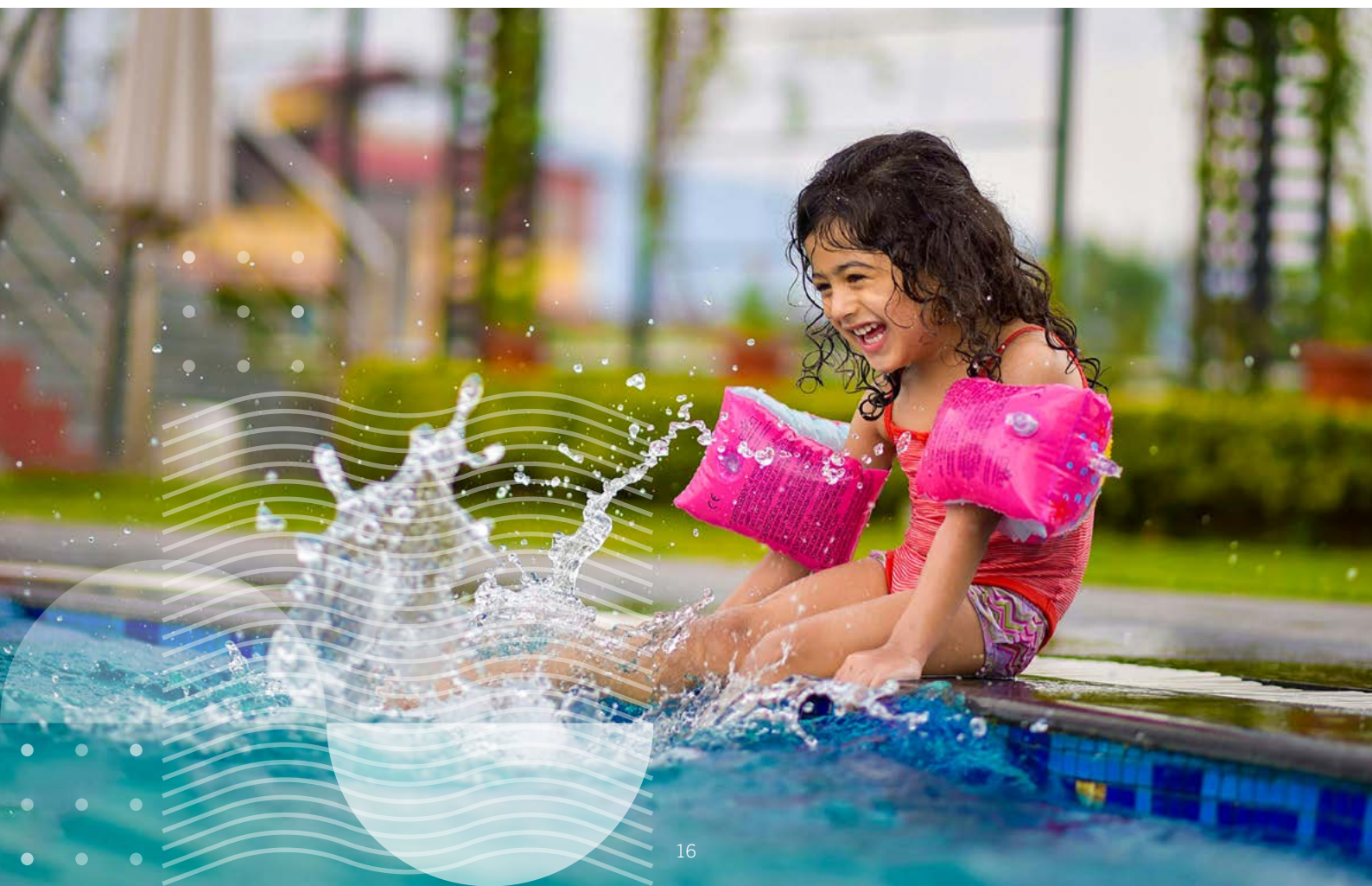
- Hoe hoger het vrij chloorgehalte en de pH, hoe meer THM's zich vormen in het zwembadwater. Ga voor lage streefwaarden:
 - Vrij chloor: 0,8 tot 1,0 mg/L voor binnenbaden en < 2,0 mg/L buitenbaden
 - pH: 7,4
- Goed ingestelde setpoints voorkomen overdosering. Zorg voor gelijkmatige dosering (bijvoorbeeld via een doseerpomp met goede meet- en regeltechniek). Zo voorkom je lokale pieken in het chloorgehalte en THM-vorming bij het doseerpunt.

5 Vlokmiddel

Vlokmiddel bindt kleine deeltjes én organische koolstofverbindingen (precursors van THM's). Een goed werkend vlokmiddel verlaagt in de juiste dosering ook organische vervuiling van het zwembadwater. Daarmee verlaagt het vlokmiddel het THM-gehalte. Zorg daarom voor volcontinue en juiste dosering van het vlokmiddel. Stem de dosering af op de badbelasting.

6 Filtratie (zand- en meerlaagsfilters)

- Organisch vuil dat zich ophoopt in diverse filters reageert met chloor tot THM's. Hoe langer vuil aanwezig blijft in het filter, hoe meer THM's worden gevormd. Spoel filters daarom minimaal wekelijks, bij voorkeur twee keer per week.
- Aandachtspunten bij filterspoeling: tijdsduur 4–6 minuten, bedexpansie 20–30%.
- Zorg dat het filterbed vlak ligt en tijdig wordt vervangen (eens per 10–15 jaar).





7 Filtratie (ureumreductor)

- In deze actief koolfilters verlagen bacteriën het ureumgehalte en ontstaat er biomassa, dat ook kan reageren tot THM's. Als het filter is gevuld met 'verse' actief kool, adsorbeert dit de THM's tijdelijk en verlaagt het daarmee ook kortdurend het THM-gehalte in het zwembadwater. Er zijn aanwijzingen dat het actief kool het afgevangen THM later (tussen de 3 weken en 3 maanden) weer afgeeft. Nader onderzoek moet hier meer duidelijkheid over geven. Spoel de filters daarom wekelijks. Zo verlaag je de hoeveelheid biomassa.

8 UV-installatie

- UV verhoogt reactiviteit van organische stoffen. Dat geldt zowel voor UV-licht van de zon als voor UV-lage druk (UV-LP) en UV-middendruk (UV-MP)-installaties. Organische stoffen zijn dan gevoeliger voor een reactie met chloor en THM's vormen zich sneller. Als de hoeveelheid organische stof constant zou blijven, is de uiteindelijke hoeveelheid THM's die gevormd kan worden gelijk met of zonder UV. Maar omdat er elke dag badgasten zwemmen, komt er constant nieuwe organische stof in het zwembadwater en ontstaan er meer THM's. Ons advies: stem het aantal branduren van de UV-installaties af op het gebonden chloorgehalte. Als dit gehalte laag is, kan de UV-installatie uit. Neem hiervoor contact op met de leverancier van de UV-installatie.
- Voor buitenbaden is dit lastiger: daar speelt de zon een belangrijke rol bij de badbelasting en de vorming van THM's. Nader onderzoek moet uitsluitsel geven welke mogelijkheden er zijn om de invloed van de zon bij de THM-vorming te verminderen. Onze tip: dek het bassin overdag af als het niet in gebruik is, om zonlicht en daarmee de THM-vorming te beperken.

9 Verwarming

- Hogere temperaturen zorgen voor snellere reacties. Zet de temperatuur van het water 1 graad lager en je hebt minder THM-vorming én energiebesparing.
- Met name voor buitenbaden geldt: reinig solar verwarmingssystemen met kunststof leidingen en materialen regelmatig. Kunststof materialen zijn gevoelig voor biofilmvorming (organische vervuiling).

10 Extra waterbehandeling

Bijna elke behandeling van het zwembadwater heeft invloed op de vorming of verwijdering van THM's uit het zwembadwater. In het verdiepende volgende hoofdstuk over de invloed van desinfectietechnieken op THM-vorming werken we dit uit.

11 Soort chloor

Hoe hoger het chloorgehalte bij het doseerpunt, hoe meer THM's zich vormen. Heeft jouw zwembadwater een hoger THM-gehalte? Dan kun je overwegen om over te gaan op een ander soort chloor dat een lager chloorgehalte bevat. Natriumhypochloriet (chloorbleekloog 15%) heeft het hoogste chloorgehalte. Vast chloor (calciumhypochloriet) minder en chloor uit een zoutelektrolyse-installatie heeft het laagste gehalte.

“De belangrijkste technische maatregelen zijn direct terug te vinden in de Eurofins C-mark-methode. Alleen ventilatie en douchegedrag vallen buiten dit technische schema, maar zijn minstens zo belangrijk.”

Ger Hulshof, zwembadwaterexpert en adviseur bij Eurofins C-mark

12 Correctie zuurgraad (pH)

Bij een hogere pH vormen zich meer THM's in het zwembadwater. Ook als de gemiddelde pH van het zwembadwater in de bassins voldoet aan de norm ($7,0 \leq \text{pH} \leq 7,6$), kan de pH op verschillende andere plekken in de waterbehandelingsinstallatie lokaal hoger zijn. Op die plekken kan dat dus de vorming van THM's tijdelijk verhogen. Daar is niet veel aan te doen. Streefwaarde voor de pH is 7,3 - 7,4.

13 Dosering waterstofcarbonaat

Om pH stabiel te houden op plaatsen waar je pH-verlagende stoffen doseert, is het van belang dat waterstofcarbonaat aan de eisen voldoet. Maar let op: overdaad schaadt, want waterstofcarbonaat zelf heeft al een hogere pH en kan dus (lokaal) ook voor een pH-verhoging zorgen. Een oplossing van waterstofcarbonaat heeft een pH van circa 9,5. Nader onderzoek moet duidelijkheid geven in hoeverre dat van invloed is op de THM-vorming.

14 In het bassin: gedrag en voorzieningen tellen mee

Afdekking, beweegbare vloeren en skimmers kunnen het strippen van THM's belemmeren. Onze tips:

- Kies voor overloopgoten in plaats van skimmers bij de aanleg van een nieuw zwembad.
- Verwijder de afdekken ruim voor de openingstijd van het bassin.
- Zet de beweegbare bodem ruim voor openingstijd op de laagste stand. Onder een beweegbare bodem kan zich vuil ophopen. Inspecteer deze ruimte minimaal jaarlijks en reinig deze ruimte.
- Zorg ervoor dat er geen schoonmaakmiddelen (zoals schrobmiddel of reinigers met citroenzuur) in het bassinwater terechtkomen. Die kunnen bij contact met chloor extra THM's vormen. Controleer bij twijfel je schoonmaakprotocol en middelen.

Deze tips helpen ook mee:

- **Vooraf douchen.** Stel vooraf en soms ook tussentijds douchen verplicht voor zwembadgasten en zorg voor bebording hierover bij de doucheruimtes en buitenbassins. Vooraf douchen vermindert de inbreng van organische vervuiling, en daarmee de vorming van THM's. Maarten Keuten is onderzoeker aan de TU Delft en heeft diverse onderzoeken verricht of begeleid naar de relatie tussen het douchegegedrag van de zwemmer en de inbreng van organische stoffen (zie bijlage met bronnen). Tussentijds douchen is met name van toepassing voor buitenbaden. Dit vermindert de inbreng van zonnebrandcrèmes in het water.

- **Aërosolvormende speelelementen.** Gebruik van deze speelelementen verhoogt het strippen van THM's. Staan deze speelelementen maximaal aan? Dan verlaagt het THM-gehalte van het zwemwater.
- **Spetters van zwembadgasten.** Activiteiten van badgasten in het bassin kunnen van invloed zijn op het strippen van THM's (het laten uittreden of verdampen van THM's uit het water), zoals allerlei bewegingen die het water doen opspatten.
- **Reinheid.** Controleer regelmatig de perrons, schrob-/zuigmachine, spelmateriaal, afdekdekens en overloopgoten en maak ze schoon. Zo voorkom je dat organisch vuil in het zwemwater komt.

Toch nog een normoverschrijding?

Periodieke bemonstering van het zwemwater geeft een indruk van de zwemwaterkwaliteit. Als al het mogelijke is gedaan om het gehalte aan THM's te verlagen, kan er toch nog sprake zijn van een THM-gehalte van meer dan 50 µg/L. Dus van een normoverschrijding. In die gevallen kan extra verversen van het zwemwater uitkomst bieden. Hiermee verdun je de 'vervuiling' en vormen er minder THM's. Houd als 'maat' voor de verversing in eerste instantie het chloridegehalte aan. De norm hiervoor is maximaal 1000 mg/L.

Volgens een wetenschappelijke publicatie lijkt er een relatie te zijn tussen het chloridegehalte en de vorming van vluchtige desinfectiebijproducten zoals THM's. Wij adviseren vooralsnog om te streven naar een chloridegehalte van minder dan 500 mg/L.

"We zoeken altijd eerst de quick wins, maar soms vraagt een blijvend goede waterkwaliteit toch om aanvullende techniek of een ander ontwerp."

Ger Hulshof, zwemwaterexpert
en adviseur bij Eurofins C-mark

Op maat

Elk zwembad is echter uniek en de adviezen zijn daarom niet voor elk zwembad van toepassing. Ook beseffen wij dat verschillende adviezen extra kosten met zich meebrengen. Daarnaast heeft elke maatregel naast een beoogd voordeel vaak ook nadelen. Heb je vragen over jouw situatie? Neem

contact op met een van de zwemwaterexperts van C-mark. In het volgende hoofdstuk geven we verdiepende informatie over welke desinfectietechnieken invloed hebben op de THM's in het zwemwater en welke technieken je kunt toepassen om het THM-gehalte aanzienlijk te verlagen.

Wil je hiermee aan de slag?

Download ook onze handige checklist 'Zelf THM's in zwembadwater verlagen? Dit zijn de meest kansrijke maatregelen' via c-mark.nl/informatiecentrum/downloads-en-links-zwembaden



“Activiteiten van badgasten in het bassin kunnen van invloed zijn op het strippen van THM's, zoals allerlei bewegingen die het water doen opspatten.”

Verdieping: desinfectietechnieken & THM-vorming

Zwembaden hebben chloor nodig om bacteriën, virussen en schimmels te doden.

Maar zoals eerder besproken: zodra chloor in aanraking komt met organische vervuiling, kunnen er desinfectiebijproducten ontstaan – waaronder trihalomethanen (THM's).

In dit hoofdstuk zoomen we dieper in op de rol van desinfectiemiddelen. Welke middelen dragen het meeste bij aan THM-vorming? En wat kun je doen – binnen je bestaande installatie of met aanvullende technieken – om die vorming te beperken?

De impact van je desinfectiemethode

Waarom desinfectie nodig blijft

Zonder desinfectie kunnen bacteriën, virussen en schimmels zich razendsnel vermeerderen. Chloor is al jarenlang de standaard, omdat het effectief, goedkoop en makkelijk te doseren is. Maar chloor kan ook reageren met organische stoffen in het water – wat leidt tot de vorming van THM's. Daarom is het belangrijk om goed te kijken naar:

- de concentratie chloor;
- de herkomst van het chloor (bleekloog vs. zoutelektrolyse);
- aanvullende technieken die minder bijproducten vormen.

“Nieuwe installaties kunnen een enorm voordeel hebben in de strijd tegen THM-vorming. Maar kijk altijd eerst: wat past bij jouw type bad, bezoekers, gebouw en budget?”

Ger Hulshof, zwemwaterexpert en adviseur bij Eurofins C-mark

Effecten van aanvullende waterbehandeling op THM-vorming

Chloorbleekloog (NaOCl) is de standaardmethode, maar vormt relatief veel THM's. Dit zijn de effecten van aanvullende waterbehandeling naast deze standaardmethode op THM-vorming:

Methode	THM-vorming	Opmerkingen
UV	Hoger	UV maakt organisch materiaal reactiever. De mate waarin THM's worden gevormd hangt af van de blootstellingstijd aan het UV-licht en de intensiteit van de UV-lamp.
Ozon	Lager	Ozon breekt organisch materiaal af vóór chloor. Dit is een hele dure, risicovolle techniek. Wordt in Duitsland al wel meer toegepast, in Nederland nog beperkt.
UV + Ozon	Sterk verlaagd	Veelbelovende combinatie in de literatuur, nog weinig toegepast.
AOP (UV + H ₂ O ₂)	Lager	Krachtige combinatie, effectief in de praktijk.
Poederkool-dosering	Lager	Effectief in Duitsland, maar heeft in Nederland nog meer onderzoek nodig.



“Hydroxylradicalen zijn chemisch gezien razendsnelle opruimers – maar ze bestaan maar fracties van seconden. Juist daarom zijn ze zo effectief tegen THM-precursors.”

Ger Hulshof, zwemwaterexpert en adviseur bij Eurofins C-mark

Wat zijn AOP's?

Advanced Oxidation Processes (AOP's) combineren oxidatiemiddelen zoals UV en waterstofperoxide om hydroxylradicalen ($\text{OH}\cdot$) te vormen. Deze zijn extreem reactief, maar leven kort. Ze breken organisch materiaal snel af en verminderen zo de kans op THM-vorming. Deze techniek wordt al in redelijk wat zwembaden toegepast.

AOP's zijn effectief tegen:

- organisch materiaal dat THM's vormt;
- geur- en kleurstoffen;
- micro-organismen.

Wel is goede monitoring belangrijk, want ook deze processen kunnen bijproducten vormen.



Bijproducten: het topje van de ijsberg

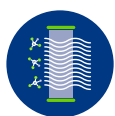
Hoewel THM's de meest onderzochte desinfectiebijproducten zijn, vormen ze slechts het topje van de ijsberg. In totaal kunnen er honderden bijproducten ontstaan door de reactie van chloor met organisch materiaal – naar schatting meer dan 800 verschillende stoffen.

Slechts een klein deel daarvan wordt routinematig gemeten, zoals gebonden chloor en THM's. Veel andere stoffen blijven buiten beeld, omdat ze óf niet meetbaar zijn in de lage concentraties waarin ze voorkomen, óf omdat de gezondheidseffecten nog onvoldoende bekend zijn. De parameter AOX (adsorbeerbare organische halogenen) biedt weliswaar een beter totaalbeeld van deze stoffen, maar is in Nederland niet

genormeerd. Zo kan een AOX-waarde van 400 $\mu\text{g/L}$ duiden op een aanzienlijke belasting, terwijl THM's daarvan slechts 5% uitmaken – de overige 95% blijft onbenoemd. Dit onderstreept het belang van terughoudendheid bij het interpreteren van meetresultaten en het kritisch volgen van de nieuwste onderzoeksinzichten.

“In Duitsland is poederkool de gouden standaard bij strenge normen. Actieve kool in poedervorm is relatief eenvoudig te doseren én effectief, maar vraagt in Nederland om extra aandacht voor goede afvalafvoer via filterspoeling.”

Ger Hulshof, zwemwaterexpert
en adviseur bij Eurofins C-mark



Poederkooldosering: een interessante aanvulling

In Duitsland wordt poederkooldosering al gebruikt als een maatregel om desinfectiebijproducten, zoals THM's, effectief uit het water te verwijderen. Hierbij wordt verse actieve kool (in poedervorm) gedoseerd voor het filter en afgevangen op het filterbed. De kool fungeert als krachtig adsorptiemiddel: het bindt THM's en andere bijproducten, waarna het bij de eerstvolgende filterspoeling samen met het spoelwater wordt afgevoerd. Dit maakt de methode effectief en relatief eenvoudig toepasbaar, vooral als tijdelijke maatregel bij verhoogde concentraties.

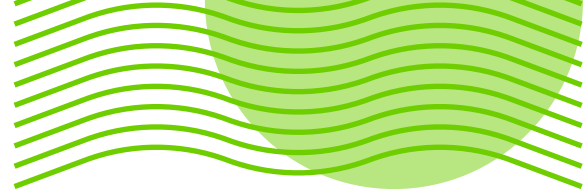
In Nederland werken veel zwemwaterbehandelinstallaties met biologisch actieve koolfilters – vaak in de vorm van ureum-reductoren in by-pass achter zandfilters. Deze filters zijn ontworpen voor bacteriële omzetting van ureum naar nitraat, niet voor de afvang van THM's via adsorptie. Toch toont onderzoek aan dat wanneer je deze filters vult met verse actieve kool, de AOX-waarde (totaal aan organisch gebonden halogenen) zelfs richting nul kan gaan. Dit maakt actief koolfilters interessant voor situaties waarin aan strengere normen voldaan moet worden. Wel vereist de methode nauwkeurige afstemming: de verwijderingscapaciteit is beperkt (enkele weken tot maanden), de kool moet tijdig vervangen en op een verantwoorde manier worden afgevoerd.

Combinaties zijn vaak het meest effectief

In de praktijk blijken gecombineerde technieken het beste resultaat op te leveren. Bijvoorbeeld:

- **UV gevolgd door ozonisatie:** UV maakt organisch materiaal reactiever, ozon breekt het daarna af.
- **AOP + membraanfiltratie:** verwijdert zowel opgeloste stoffen als microverontreinigingen.
- **Chloorbleekloog in combinatie met dosering van poederkool vóór het filter:** in Duitsland wordt dit al succesvol toegepast.

Literatuurstudies wijzen op het potentieel van deze technieken, maar ervaring in Nederland is nog beperkt. Een aantal partijen in Nederland doet hier onderzoek naar.



Optimalisatie waterbehandeling en -beheer

Chloorconcentratie en chloorbron

Hoe hoger de chloorconcentratie op het doseerpunt, hoe meer bijproducten kunnen ontstaan. Zoutelektrolyse heeft hier een voordeel. Zoutelektrolyse heeft:

- Een lagere chloorconcentratie (3-5 g/L tegenover 150 g/L bij chloorbleekloog);
- Minder vorming van de anorganische desinfectiebijproducten chloraat en bromaat;
- Doorgaans geen opslag, dus geen verouderd chloor;
- Een lagere kans op bijproducten en THM's.

Steeds meer nieuwe zwembaden stappen over op zoutelektrolyse.

Technische behandelopties: wat kun je aanvullend doen?

Eerder in dit hoofdstuk bespraken we de invloed van desinfectiemethoden op de vorming van THM's. Maar naast een goede basisinstallatie en een slimme desinfectiestrategie, kun je als zwembadbeheerder ook aanvullende maatregelen overwegen. Zeker wanneer je te maken hebt met verhoogde THM-waarden of strengere eisen, bieden deze technieken mogelijkheden om de belasting op het water te verlagen en de vorming van desinfectiebijproducten te beperken.

We noemen hier drie aanvullende opties die goed toepasbaar zijn binnen bestaande installaties, met ieder hun eigen voordelen en aandachtspunten.

1

Vlokmiddeldosering

Met behulp van aluminiumzouten (lees vlokmiddel) worden kleine deeltjes in het water gebonden tot grotere vlokken. Deze kunnen vervolgens via filtratie uit het water worden verwijderd, waarmee ook een groot deel van het organisch materiaal verdwijnt dat anders met chloor zou reageren.

- ✓ **Verwijdert organische belasting effectief**
- ✗ **Vereist zorgvuldige afstemming op de waterkwaliteiten en badbelasting**

2

Membraanfiltratie (NF/OO)

Nanofiltratie (NF) en Omgekeerde Osmose (OO) zijn geavanceerde technieken die water door een fijn filter persen. Ze verwijderen niet alleen organisch materiaal, maar ook micro-verontreinigingen en zouten. Ze worden vooral toegepast bij extreme kwaliteitsvereisten.

- ✓ **Zeer effectieve zuivering**
- ✗ **Kostbaar en onderhoudsintensief**

3

Beluchting bij acute problemen

Bij te hoge concentraties THM's in het water kan beluchting tijdelijk uitkomst bieden. Denk aan het aanzetten van whirlpools. Houd er wel rekening mee dat dit symptoombestrijding is: de THM's verdwijnen uit het water, maar komen terecht in de lucht – en daarmee in de ademzone van bezoekers en personeel. Meer ventilatie is dan cruciaal.

- ✓ **Snel effect op THM's in water**
- ✗ **Risico op hogere blootstelling via inademing**

Deze technieken vormen geen vervanging van een integrale aanpak, maar kunnen in specifieke situaties waardevol zijn als tijdelijke maatregel of als structurele aanvulling op een bestaande installatie. Neem bij twijfel contact op met de zwemwaterexperts van Eurofins C-mark voor een passende oplossing.

Monitoring van aanvullende parameters

Naast de wettelijk verplichte parameters kun je extra parameters meten om de vorming van THM's beter te voorspellen of bij te sturen. Het gaat om niet verplicht te meten parameters, die waardevol kunnen zijn bij verdiepende analyses, troubleshooting of pilotprojecten.

Parameter	Wat zegt het?
TOC (Total Organic Carbon)	Totale hoeveelheid organisch koolstof. TOC wordt internationaal gezien als een maat voor de hoeveelheid precursors (voorlopers) voor THM's.
Redoxpotentiaal	Oxidatiecapaciteit van het water.
AOX	Dit is een somparameter voor aan kool gebonden organische halogeenkoolwaterstoffen. Naast de vluchtige THM's worden met deze parameter ook de niet vluchtige DBP meebepaald. Een aantal daarvan zijn precursors van THM's.
SUVA (Specifieke UV-absorptie)	Hoe reactief het organisch materiaal is. Dit is een alternatieve analyse om de organische vervuiling te meten.

Slimme keuzes

Het beperken van THM's vraagt om slimme keuzes in desinfectie, aanvullende zuivering én gedragsmaatregelen. Combineer je inzichten uit monitoring met verbeteringen in techniek én voorlichting van zwembadgasten rond het douchen vóór het zwemmen. Dan is er al veel winst te behalen – ook zonder ingrijpende verbouwingen en investering in installaties.



Regie en onderzoek: de sleutel tot gezond zwembadwater

In voorgaande hoofdstukken zijn diverse mogelijkheden genoemd om THM's te beperken. THM's zijn de bekendste van heel veel desinfectiebijproducten die kunnen voorkomen in zwembadwater. Dankzij de maatregelen om THM's te verlagen, zullen ook die gehalten vermoedelijk afnemen. Maar zonder duidelijke kaders, ondersteunend beleid en gericht onderzoek blijven we ons in de zwembadbranche met veel moeite richten op THM's en komen we niets te weten over de andere circa 800 desinfectiebijproducten. Juist op het niveau van beleidsmakers en onderzoekers bij onderzoeksinstituten liggen kansen om structureel verschil te maken.



Wat beleidsmakers kunnen doen

Stel kaders voor veiligheid

- Stel realistische grenswaarden vast voor THM's in buitenbaden, gebaseerd op gezondheidsrisico's.

Stimuleer innovatie en kennisdeling

- Bied subsidies voor duurzame technieken zoals membraanfiltratie en AOP.
- Organiseer structurele kennisuitwisseling tussen gemeenten, GGD's, toezichthouders en zwembadorganisaties.

Zorg voor eenduidige handhaving

- Ontwikkel heldere Nationale handavingsstrategieën, zodat de wijze van interpreteren, inspecteren en handhaven uniformer wordt.

Blijf in gesprek en beweeg mee met de actualiteit

- Monitor actief de successen, ontwikkelingen en knelpunten en organiseer tijdig een moment om de implementatie van BAL Hoofdstuk 15 te evalueren.

Wat onderzoekers kunnen bijdragen

1 Onbekende bijproducten beter begrijpen

Naast THM's ontstaan er honderden andere desinfectiebijproducten. Veel daarvan worden niet gemeten en zijn mogelijk schadelijker. **Onderzoek naar het ontstaan, het gedrag en de toxiciteit van deze stoffen en hun gezondheidseffecten is hard nodig.**

2 Langetermijneffecten in beeld brengen

Hoe reageren de luchtwegen, huid en organen op jarenlange blootstelling aan zwembadwater en zwembadlucht? Welke invloed heeft ventilatie? En zijn kinderen extra kwetsbaar? **Langlopend onderzoek onder personeel en frequente zwemmers kan deze kennis leveren.**

3 Technieken toetsen in de praktijk

Technieken zoals AOP, membraanfiltratie of biofiltratie zijn veelbelovend, maar complex.

Zwembaden hebben praktijkdata nodig om investeringen te onderbouwen, zoals effectiviteit, operationele kosten en onderhoudskosten.

4 Voorspellende modellen ontwikkelen

Slimme modellen kunnen helpen. Welke parameters zijn het meest bepalend? Kunnen modellen helpen bij automatische dosering? **Rekenmodellen of AI-voorspellingen maken preventie efficiënter en goedkoper.**

5 Werk aan internationale afstemming

De toegestane THM-waarden verschillen per land. Wat is een veilige grenswaarde voor THM's in zwembadwater? **Eenduidige richtlijnen zorgen voor snellere kennisdeling, uniforme werkwijzen en een stevigere basis voor continue verbetering.**

Tot slot: kies voor een integrale aanpak

Veilig zwemwater vraagt om samenwerking tussen techniek, gedrag, beleid en onderzoek. THM's zijn meetbaar, maar slechts het topje van de ijsberg: er zijn honderden andere bijproducten waar we nog te weinig van weten. Een gezamenlijke aanpak is essentieel om de risico's van desinfectie te beheersen zonder afbreuk te doen aan hygiëne of comfort.

Investeren in kennis, innovatie en regelgeving loont – voor het welzijn van bezoekers én het vertrouwen in onze zwemvoorzieningen.

Samen zorgen we voor veilig en gezond zwemwater

Elke zwembadinstallatie is anders, en ook de belasting van het zwemwater verschilt van dag tot dag. Juist daarom is het belangrijk om goed zicht te hebben op de vorming van THM's én op de maatregelen die echt verschil maken – binnen jouw situatie.





Eurofins C-mark

Eén adres voor alle
waterveiligheid

c-mark.nl

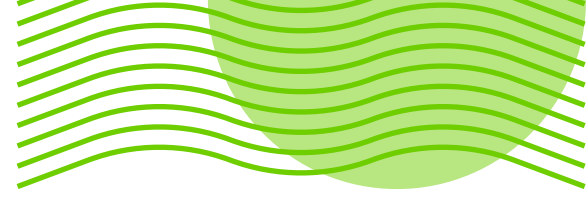
Bijlage: bronvermelding

De belangrijkste bronnen

1. **World Health Organization (WHO)** – *Guidelines for Drinking-water Quality, 4th Edition*
→ Richtlijnen voor maximale concentraties van THM's in drinkwater, vaak gebruikt als referentie voor zwembadwater.
2. **RIVM** – Zwembadwaterkwaliteit en desinfectiebijproducten
→ Nederlandse publicaties over de vorming en risico's van THM's en andere bijproducten in zwembadwater.
3. **Duitse DIN-normen voor zwembadwater (DIN 19643)**
→ Technische normen die in Duitsland worden gehanteerd voor waterkwaliteit en THM-limieten.
4. **Besluit Activiteit Leefomgeving (BAL)** – Nederlandse regelgeving
→ Wettelijke kaders voor waterkwaliteit in openbare zwembaden in Nederland.
5. **Franse regelgeving voor openbare zwembaden**
→ Nationale normen en richtlijnen voor THM's en waterbehandeling in Frankrijk.
6. **Wetenschappelijke publicaties over AOP's en membraanfiltratie**
→ Studies over de effectiviteit van geavanceerde oxidatieprocessen en filtratietechnieken.
7. **Praktijkrapporten van Nederlandse en Duitse zwembaden**
→ Casestudies en evaluaties van THM-reductie in de praktijk.
8. **Technische handleidingen van UV- en ozoninstallaties**
→ Documentatie van fabrikanten over werking, onderhoud en prestaties van desinfectieapparatuur.
9. **Onderzoeksrapporten over THM-toxiciteit en blootstelling**
→ Toxicologische studies over de effecten van THM's op mens en milieu.

Geraadpleegde artikelen

1. **Combined UV treatment and ozonation for the removal of by-product precursors in swimming pool water**
Auteurs: Waqas A. Cheema, Kamilla M. S. Kaarsholm, Henrik R. Andersen. Gepubliceerd in: Water Research, 2017
2. **Chlorination and Coagulation of Humic and Fulvic Acids**
Auteurs: David B. Babcock en Philip C. Singer (1979)
3. **Chlorination of natural organic matter: kinetics of chlorination and of THM formation**
Auteurs: Gallard en von Gunten (2002)
4. **Disinfection Methods for Swimming Pool Water: Byproduct Formation and Control**
Auteurs: Huma Ilyas, Ilyas Masih, Jan Peter van der Hoek. Gepubliceerd in: Water, 2018
5. **Effect of pH on the formation of disinfection byproducts in swimming pool water – Is less THM better?**
Auteurs: Kamilla M.S. Hansen et al.
Gepubliceerd in: Water Research, 2012
6. **Effects of UV-based treatment on volatile disinfection byproducts in a chlorinated, indoor swimming pool.**
Auteurs: Mehrnaz Zare Afifi & Ernest R. Blatchley III.
Gepubliceerd in: Water Research, 2016
7. **Elimination of Swimming Pool Water Disinfection By-products with Advanced Oxidation Processes (AOPs)**
Auteurs: Thomas Glauner, Fabian Kunz, Christian Zwiener, Fritz H. Frimmel.
Gepubliceerd in: Acta Hydrochemica et Hydrobiologica, 2005



8. Humic Substances as Precursors for Potentially Harmful Disinfection By-products

Auteur: P.C. Singer. Gepubliceerd in: Water Science and Technology, 1999

9. Regulation, formation, exposure, and treatment of disinfection by-products (DBPs) in swimming pool waters: A critical review

Auteurs: Linyan Yang et al. Gepubliceerd in: Environment International, 2018

10. Research and evaluation of water quality in outdoor swimming pools

Auteurs: Joanna Wyczarska-Kokot, Anna Lempart, Marta Marciniak

Gepubliceerd in: E3S Web of Conferences, EKO-DOK 2019

11. Characteristics of trihalomethane (THM) production and associated health risk assessment in swimming pool waters treated with different disinfection methods

Auteurs: Jin Lee, Kwang-Tae Ha, Kyung-Duk Zoh

Gepubliceerd in: Science of the Total Environment, 2009

12. Bildungskinetik von Wasserdessinfektionsnebenprodukten

Auteur: M.Sc. Tim Schlosser

Universiteit: Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Datum verdediging: 29 juni 2018

13. Characterization of the bacterial community in shower water before and after chlorination

Auteurs: Marjolein C.F.M. Peters, Maarten G.A. Keuten, Aleksandra Knezev, Mark C.M. Van Loosdrecht,

Johannes S. Vrouwenvelder, Luuk C. Rietveld, Merle K. de Kreuk. Jaar: 2017

Onderwerp: Analyse van bacteriële samenstelling in douchewater vóór en na chlorering

14. I spy, I spy with my little eye: The effect of watching eyes on pre-swim shower behaviour

Auteurs: J. Ribbers, Maarten Keuten, T. van Rompay. Jaar: 2017

Onderwerp: Gedragsonderzoek naar het effect van visuele stimuli (zoals afbeeldingen van ogen) op het douchen vóór het zwemmen

15. Microbial quality of swimming pool water: Treatment without disinfection, with ultrafiltration, with UV-based treatment and chlorination

Auteurs: Maarten Keuten, Marjolein Peters, Hans van Dijk, Mark C.M. van Loosdrecht, Luuk Rietveld

Jaar: 2017

Onderwerp: Vergelijking van verschillende waterbehandelingsmethoden, inclusief de rol van douchen in het verminderen van microbiële belasting

16. Alternative pool water treatment and the influence of swimmers on pool water quality

Auteur: Maarten Keuten

Jaar: 2018 (Proefschrift TU Delft)

Onderwerp: Onderzoek naar alternatieve waterbehandeling en de impact van menselijk gedrag (zoals douchen) op waterkwaliteit

Meer weten?

Heb je vragen na het lezen van dit whitepaper? Of wil je samen met ons kijken welke verbeteringen haalbaar zijn in jouw bad, met of zonder technische aanpassingen?

De adviseurs van Eurofins C-mark denken graag met je mee. Of het nu gaat om analyse, monitoring, technische opties of praktische ondersteuning op locatie – we helpen je met inzicht, overzicht én een aanpak die bij jouw organisatie past.

Neem contact met ons op via

E-mail: c-mark@ftbnl.eurofins.com

Telefoon: **088-831 05 00**

Website: c-mark.nl

Wil je hiermee aan de slag?

Download ook onze handige checklist
'Zelf THM's in zwembadwater verlagen?
Dit zijn de meest kansrijke maatregelen'
via [c-mark.nl/informatiecentrum/
downloads-en-links-zwembaden](https://c-mark.nl/informatiecentrum/downloads-en-links-zwembaden)

