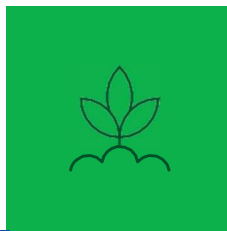


Schone Waterlopen door O3G



Leerlessen dimensionering

Augustus 2026



Inhoud

SAMENVATTING.....	3
1. INLEIDING.....	4
2. ALGEMEEN.....	6
2.1 Procedure.....	7
2.2 Design.....	8
2.3 Operationeel.....	9
3. Disk Filters.....	10
3.1 Design.....	11
3.2 Operationeel.....	12
4. Ozon.....	13
4.1 Design.....	14
4.2 Operationeel.....	17
5. Actiefkoolfilters.....	21
5.1 Design.....	22
5.2 Operationeel.....	23
6. Monitoring.....	25
6.1 Praktisch.....	26
6.2 Richtlijnen voor monitoring.....	26
7. Conclusie.....	28
Referenties.....	30
APPENDICES.....	32
A1 Rekenmethoden.....	33

SAMENVATTING

De quaternaire zuivering op de RWZI van Aartselaar is de eerste full-scale in Vlaanderen en vormt een belangrijk referentie- en leerproject voor Aquafin. Het project werd opgestart in een context van toenemende aandacht voor microverontreinigingen in het aquatisch milieu en vooruitlopend op een aangescherpt wettelijk kader, dat intussen via de herziening van de ERSa ook effectief werd vastgelegd. Naast het aantonen van de technische haalbaarheid had het project expliciet tot doel om praktijkervaring op te bouwen met het ontwerp, de realisatie en de exploitatie van quaternaire zuivering op reële schaal.

De installatie in Aartselaar bestaat uit een combinatie van diskfilters, ozonisatie en actiefkoolfiltratie. Het project doorliep een klassiek traject van concept, ontwerp, aanbesteding, bouw en opstart, over een periode van meerdere jaren. Door het pionierskarakter en de complexiteit van de toegepaste technologieën t.o.v. de reguliere praktijken bij Aquafin, is er veel te leren uit dit project.

Dit document bundelt de belangrijkste leerlessen uit het project. De nadruk ligt op leerervaringen met betrekking tot projectaanpak en aanbesteding, ontwerpkeuzes en integratie van technologieën, automatisatie en monitoring, onderhoudsstrategieën en veiligheid. Een aantal aandachtspunten is technologie-overstijgend en relevant voor quaternaire zuivering in het algemeen, terwijl andere lessen specifiek zijn voor afzonderlijke zuiveringsstappen zoals diskfilters, ozon of actief kool.

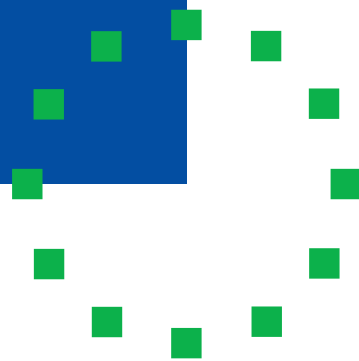
De ervaringen uit Aartselaar tonen aan dat quaternaire zuivering technisch haalbaar is, maar ook dat een doordachte projectaanpak cruciaal is om risico's te beheersen. Een voldoende uitgebreide en geïntegreerde studiefase, duidelijke verantwoordelijkheidstoewijzing, aandacht voor operationele opvolging en maintenance, en vroegtijdige betrokkenheid van operations en veiligheid blijken essentieel. Tegelijk heeft het project waardevolle inzichten opgeleverd die zonder een full-scale toepassing moeilijk te verkrijgen waren.

Met dit rapport wil Aquafin de opgedane kennis en ervaringen expliciet borgen en beschikbaar maken binnen de organisatie en breder in de sector. De verzamelde leerlessen vormen een belangrijke basis om toekomstige projecten voor quaternaire zuivering efficiënter, robuuster en veiliger te realiseren, en om de verdere uitrol in Vlaanderen, België en Europa te ondersteunen met een verkorte leercurve en een beter onderbouwde besluitvorming.

De bundeling van deze leerlessen gebeurde in het kader van het project Schone Waterlopen door O3G, waarvoor subsidies worden ontvangen vanuit het Interreg Vlaanderen-Nederland programma. Daarom zal er ook een publiek beschikbare versie van dit rapport op de projectwebsite worden geplaatst.



1. INLEIDING



Door de toenemende aandacht voor microverontreinigingen in het aquatisch milieu werd in 2017 beslist om praktijkervaring op te bouwen met quaternaire zuivering als aanvullende stap op RWZI's. In dat kader realiseerde Aquafin op de RWZI van Aartselaar de eerste full-scale installatie voor een quaternaire zuiveringsstap bij een rioolwaterzuiveringsinstallatie in Vlaanderen. Met dit project werd niet alleen beoogd om de technische haalbaarheid van quaternaire zuivering op reële schaal aan te tonen, maar ook om kennis en ervaring op te bouwen met het ontwerp, de bouw, de opstart en de exploitatie van dergelijke installaties. Intussen werd met de herziening van de ERSa (Europese Richtlijn Stedelijk Afvalwater) ook een wettelijk kader vastgelegd dat voor bepaalde RWZI's quaternaire zuivering oplegt.

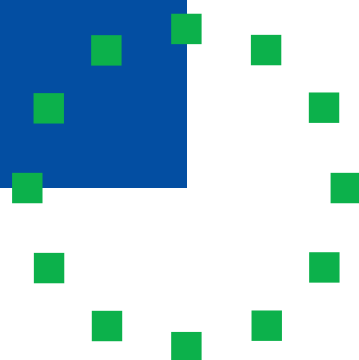
Het project werd ontworpen en aanbesteed volgens een klassieke projectdoorloop en kende een lange doorlooptijd. In 2018 werkten Aquafin en VMM een eerste conceptvoorstel en technologiekeuze uit. In 2019 startte Aquafin met het voorontwerp en de aanbesteding van het studietraject, gevolgd door de verdere detaillering van het ontwerp door studiebureau Sweco in 2020. In 2021 werd de installatie aanbesteed in verschillende loten en in het voorjaar van 2022 startte de bouw. Deze liep tot het najaar van 2023. Door verschillende onvoorziene omstandigheden, eigen aan het innovatieve karakter van het project, werd de effectieve ingebruikname meermaals uitgesteld, tot de installatie in het voorjaar van 2025 volledig operationeel werd.

De quaternaire zuivering in Aartselaar bestaat uit een combinatie van diskfilters, een ozoninstallatie en actiefkoolfilters. De diskfilters zorgen voor een bijkomende verwijdering van zwevende stoffen. De ozoninstallatie breekt microverontreinigingen via oxidatie af tot kleinere transformatieproducten. Actief kool zorgt vervolgens voor de verwijdering van resterende microverontreinigingen en mogelijk ook van transformatieproducten afkomstig van de ozonisatie. Daarnaast is het de bedoeling om biologische activiteit op de actiefkoolfilters te ontwikkelen, die bijdraagt tot de verdere biologische afbraak van geadsorbeerde componenten. De toegepaste technologieën zijn op zich niet nieuw. Ze werden voorheen al op grote schaal toegepast in de praktijk bv. drinkwaterzuivering.... De toepassing in de context van huishoudelijk afvalwater is wel nieuw en dat brengt toch enkele uitdagingen met zich mee. De kennis over deze technologieën die werd opgebouwd in andere sectoren moet nog zijn overdracht vinden en ervaring binnen bedrijven zoals Aquafin moet opgebouwd worden.

Als eerste full-scale toepassing in België verliep dit traject niet zonder uitdagingen. Tijdens de verschillende projectfasen kwamen technische, operationele en organisatorische knelpunten aan het licht, gaande van ontwerp- en aanbestedingskeuzes tot automatisatie, monitoring, onderhoud en veiligheid. Het pionierskarakter van het project betekende dat niet alle risico's vooraf volledig konden worden ingeschat en dat voortschrijdend inzicht geregeld aanleiding gaf tot bijstellingen.

Dit document bundelt de belangrijkste leerlessen uit het project. De nadruk ligt op het expliciet benoemen van aandachtspunten en leerervaringen, eerder dan op een uitgebreide beschrijving van behaalde prestaties. De leerlessen zijn thematisch gestructureerd en bestrijken procedurele, ontwerp- en operationele aspecten, met afzonderlijke hoofdstukken voor de verschillende zuiveringsstappen en voor monitoring. Hoofdstuk 2 beschrijft de algemene leerlessen, hoofdstukken 3, 4 en 5 richten zich respectievelijk op de diskfilter, ozoninstallatie en actiefkoolfilters en hoofdstuk 6 gaat over de monitoring. Met dit rapport wil Aquafin de opgedane kennis en ervaringen verankeren en beschikbaar maken voor toekomstige projecten. Op die manier kan de verdere uitrol van quaternaire zuivering in Vlaanderen gebeuren op een meer onderbouwde, efficiënte en veilige manier, met een kortere leercurve.

2. ALGEMEEN



2.1 Procedure

2.1.1 Aanbestedingsprocedure

Het project in Aartselaar volgde een traject waarbij eerst een detailontwerp werd gemaakt door een studiebureau, gevolgd door een aanbesteding in verschillende loten:

Tabel 1: Verdeling loten.

LOT 1	Bouwkunde
LOT 2	Elektromechanica
LOT 3	Ozoninstallatie
LOT 4	LOX (vloeibare zuurstof)
LOT 5	Pompen
LOT 6	GAK (Granulair actiefkool)

Hierbij werden de verschillende procesonderdelen (diskfilters, ozonisatie en actiefkoolfilters) beschouwd als aparte package units (PU). Dit wil zeggen dat ze in principe als een geïntegreerd geheel door een gespecialiseerde leverancier worden geleverd. De leverancier staat doorgaans in voor de interne sturing en de werking van de unit zodat deze (quasi) zonder interactie vanuit Aquafin kan werken.

De meerderheid van de infrastructuurprojecten van Aquafin volgt dit traject van detaildesign en aanbesteding. Het gebruik van package units is gangbaar voor niet-standaard procesonderdelen. Deze aanpak heeft volgende nadelen bij een project met een innovatief karakter:

- Suboptimaal ontwerp: studiebureau moet in detailontwerp alles al vastleggen, waardoor de kennis van de marktpartijen niet optimaal wordt benut
- Suboptimale connectie: de package units werken als aparte entiteiten
- Geen eenduidige verantwoordelijkheid: bij problemen wijzen de partijen naar elkaar

Overweeg te werken via een design, built & maintain proces en niet via het klassieke traject. Voorzie hierbij voldoende tijd voor de studiefase, zie ook Sectie 2.1.2.

2.1.2 Veranderingen aan de scope

Voldoende tijd voorzien voor de studiefase (zie ook Sectie 2.1.1) kan vermijden dat er verschillende veranderingen worden aangebracht tijdens uitvoering, omdat de verschillende aspecten grondig bestudeerd kunnen worden alvorens het detaildesign wordt afgeklopt. Hierbij kunnen dan ook andere afdelingen betrokken worden met praktische expertises zoals onderhoud, meetinstrumenten, etc.

2.1.3 Afwijkingen van typebestek

Niet alle Aquafin-richtlijnen kunnen eenvoudig toegepast worden op een niet-standaard installatie. In een toekomstig dossier zou het goed zijn om een selectie te maken van de meest cruciale richtlijnen die zeker gevolgd moeten worden. Van de andere richtlijnen moet indien nodig een afwijking mogelijk zijn.

De kritische richtlijnen (bv. leidingmarkeringen), kunnen dan best worden opgenomen in de meetstaat en bestek.

2.1.4 Operationele opvolging

Er is in de aanbesteding te weinig aandacht besteed aan operationele opvolging na oplevering. Er werden wel opleidingen voorzien, maar het was toch veel zelf uitzoeken, ervaren en bijsturen. Voor een nieuwe technologie die met de nodige risico's gepaard gaat, is tijdelijke operationele opvolging door een andere partij die expertise en kennis heeft over de desbetreffende technologie het overwegen waard. Voor een package unit met een grote gewenste uptime is snel ingrijpen van de leverancier bij problemen noodzakelijk.

2.1.5 Onderhoud

Er is in de aanbesteding te weinig aandacht besteed aan onderhoud na oplevering. Dit is, afhankelijk van het lot, niet of te vrijblijvend opgenomen in de aanbesteding. Het gevolg is geen of ontoereikende onderhoudscontracten.

Als er aan toekomstige installaties normen zijn verbonden, dan wordt er ook een uptime verwacht zodat deze normen gehaald kunnen worden. Hiervoor zijn een korte responstijd en voldoende spare parts dan ook noodzakelijk. Als er voor een package unit gekozen wordt dan kunnen er best ook vereisten worden opgelegd betreffende de uptime en het behalen van de normen.

2.1.6 Veiligheid

Er werd geen HAZOP (hazard and operability) studie uitgevoerd. Het is nog niet duidelijk of dit in toekomstige gevallen ook gewenst zal zijn, maar het kan wel best bij de start overwogen worden om dit al dan niet mee te nemen.

2.1.7 Opleiding

Opleiding kan best voorzien worden in meerdere delen. Een eerste deel met de nadruk op veiligheid voor de opstart, en één of meerdere delen over de werking en sturing als de installatie al in gebruik is. Deze opleidingen dienen gegeven te worden door technische specialisten en moeten ook praktijkonderdelen bevatten. Een suggestie is om tijdelijke operationele opvolging te voorzien door een andere partij die expertise en kennis heeft over de desbetreffende technologie, zie ook Sectie 2.1.4.

2.2 Design

2.2.1 Inplanting

Plaatsgebrek was een grote uitdaging. Hierdoor is er een kluwen van leidingen ondergronds. Ruimte zal naar verwachting in de toekomst ook schaars blijven, dus compactheid van een technologische oplossing is een interessant gunningscriterium bij aanbesteding.

2.2.2 Hydraulische efficiëntie

Door limieten in ruimte op de RWZI van Aartselaar en locatiebeperkingen die geleid hebben tot moeilijke integratie in de bestaande hydraulische lijn, wordt er voor elke processtap opnieuw opgepompt. Dit leidt tot een zeer hoog energieverbruik. Op verschillende plaatsen is er 'verval' met energieverlies:

- Pompen naar de diskfilters. Als dit in toekomstige installaties gravitair kan gebeuren dan zouden er minder problemen zijn met debietsschommelingen (zie Sectie 3.1.2).
- Verval door de uitlaatleidingen na elke technologie die bovenaan in de bufferputten uitkomen (geeft ook veel schuim en lucht in de pompen, zie Sectie 2.3.2).
- Verval in de laatste kamer van de ozonreactor (geeft ook risico op lekken, zie Sectie 4.1.1).
- Knijp aan het einde van de koolfilters om te voorkomen dat deze niet leeglopen (zie ook Sectie 5.1.1).

Het is beter om zoveel mogelijk gravitair te werken en zoveel mogelijk drukopbouw te recupereren.

2.2.3 Te kleine pomp- en bufferputten zonder leeglaat

De pomp- en bufferputten zijn vrij klein, waardoor het moeilijk was om alle elektromechanica erin gebouwd te krijgen. Daarnaast zorgen hevige niveauschommelingen voor onstabiele werking van de voedingspompen, met als gevolg dat de verschillende processtappen te verduren krijgen met hydraulische piekbelasting. De processtappen in kwestie kunnen hier niet tegen, waardoor er traag geregeld moet kunnen worden. Bovendien zijn er voor deze putten geen leeglaatafsluiters voorzien. Indien nodig moeten ze met dompelpompen worden leeg gezet.

2.2.4 Vuilophoping bufferputten

De bufferputten op RWZI Aartselaar hebben een vlakke bodem. Het zou beter zijn om de bufferputten trechtervormig te maken. Nu blijft er veel vuil achter op de bodem dat bij regenweer meegespoeld wordt richting ozonreactor en actiefkoolfilters. Die plotse lading zwevende stoffen kan problemen veroorzaken. Dit geldt voor alle putten, maar is vooral kritisch bij de backwashputten (zie Sectie 3.1.5).

2.3 Operationeel

2.3.1 Package units: Integratie met het interne automatisatieplatform

Automatisatie via package units (PU) (zie Sectie 2.1.1) is moeilijk. Bij een PU hoort de automatisatie volledig op zichzelf te staan, zonder ingrijpen vanuit het interne automatisatieplatform. Het dus het is erg complex om hier wel veel op in te grijpen. Voor quaternaire zuivering (zeker ozon) is het wel nuttig om terugkoppeling te krijgen over de werking en om zelf te kunnen ingrijpen. Het gaat echter over heel veel info die van de PU's moet komen. Bovendien is het moeilijk is het moeilijk om op het interne automatisatieplatform een goed dashboard te bouwen dat alle info kan weergeven, omdat er zoveel signalen terugkomen van de PU's. Het was een uitdaging om dit te matchen met de Aquafin-standaarden rond cybersecurity.

2.3.2 Lucht in de pompen

Er is te veel woeling in de tussenbuffers (o.a. door verval na uitlaatleidingen (zie Sectie 2.2.2). Hierdoor zijn er veel problemen met lucht in de voedingspompen ozon en actief kool. Enkele mogelijke aanpassingen hiervoor:

- Automatische ontluchting van de pompen
- Een keerplaat in de put zodat inkomend water niet rechtstreeks opgepompt kan worden, maar een langere verblijftijd heeft in de buffer.
- Toevoerleiding onder het afslagpeil van de pompen laten toekomen en niet via vrije val.
- Debietsbewaking op de pompen (als ze draaien maar geen debiet geven dan moeten ze in storing gaan)
- Aanpasbare tijd voor wissel tussen redundante pompen. Op die manier kan deze tijd verkort worden als er problemen zijn met lucht in de pompen.
- Er is echter een belangrijk aandachtspunt waardoor deze aanpassing minder gewenst is, want regelmatige pompwissels geven andere problemen met debiet-schommelingen, zie bv. Sectie 4.2.2.

2.3.3 Schuim

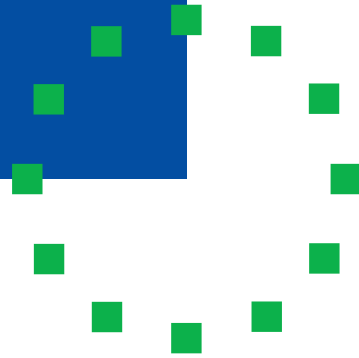
Vanaf de buffer na de diskfilters zit er enorm veel schuim op het water. Het is onduidelijk waar dit vandaan komt. Er is regelmatig vrije val van het water (zie Sectie 2.2.2), wat de schuimvorming versterkt. Het schuim zorgt voor:

- Mogelijke verstoring van de metingen
- Lucht in de pompen (zie Sectie 2.3.2)
- Schuimlozing via overdrukventielen actief kool (zie Sectie 5.2.5)

2.3.4 Opvolgen van OPEX-kosten

Voldoende metingen voorzien zodat de verschillende aspecten van OPEX opgevolgd kunnen worden (vermogenmetingen en energiemeters van pompen, chillers etc., niveaumeter vloeibare zuurstof etc.) Hierbij is een belangrijk aandachtspunt dat al deze metingen ook correct binnenkomen het interne automatisatieplatform.

3. Disk Filters



3.1 Design

3.1.1 Keuze disk filters

Diskfilters hebben enkele operationele uitdagingen en de capaciteit blijkt lager dan gevraagd omwille van verschillende redenen (zie ook Sectie 3.1.2, 3.1.3 en 3.1.7). Overweeg of andere opties, zoals bv. een zandfilter of doekenfilter, beter om zouden kunnen met verhoogde debieten.

Het is momenteel nog niet duidelijk of een filtratiestap continue operationeel voordeel oplevert in de ozonisatie (lager energieverbruik) en actief kool filtratie (minder backwash, langere standtijd). Het is wel duidelijk dat de filtratiestap bescherming biedt aan de koolfilters voor uitspoeling van zwevende stoffen. Éénmalige uitspoeling kan vervanging van de kool nodig maken, dus als je rekent op lange standtijd dan zorgt de filtratiestap voor een aanzienlijke reductie van het kostenrisico van vroegtijdige vervanging van de actief kool.

3.1.2 Aanvoerbuffer te klein

De aanvoerbuffer heeft weinig buffercapaciteit. Hierdoor is het niet mogelijk om debietsschommelingen af te zwakken, wat problemen geeft in de verdere nazuivering, zie bijvoorbeeld Sectie 4.2.2. Daarom wordt nu in de aansturing van de pompen gezorgd voor een debietsafvlakking. Dit zorgt voor een 'bypass' van de quaternaire zuivering van 10 à 20%, zelfs bij droog weer.

Als het in de toekomst mogelijk is om de diskfilters gravitair te voeden, dan heeft dit de voorkeur. Zie ook Sectie 2.2.2.

3.1.3 Bypass disk filters

Als het influentniveau voor de diskfilters hoger wordt dan de interne overstortdrempel, dan treedt de interne bypass in werking. Niet-gefilterd water gaat door de bypass en komt rechtstreeks terecht in de ozon voedingstank. Er is dus geen 100% zekerheid dat het voedingswater naar de ozonreactor gefilterd is en er is kans op vervuiling in de voedingsput ozon. Om interne bypass te voorkomen werd in de sturing nu een debietsbegrenzing ingesteld bij hoog influentniveau voor de diskfilters. In toekomstige installaties wordt de interne bypass beter aangesloten op de voedingsput diskfilters. Als deze voldoende groot is kan het water hierin gebufferd worden en zal het vertraagd gezuiverd worden.

3.1.4 Leeglaatklep diskfilters

De leeglaatklep komt nu uit in de voedingsput ozon. Dit is o.a. een probleem bij CIP, als het water met chemicaliën uit de filter wordt gelaten (zie ook Sectie 3.2.2). Het leeglaten van de diskfilters kan beter richting backwashput gaan.

3.1.5 Backwashwater

Het slib van de backwash is dikker dan verwacht. Dit zorgt voor moeilijke afvoer van de verzamelput naar de beluchting. Het geeft ook geuroverlast bij de verzamelput. Als oplossing werden de wanden afgeschuind zodat alles beter naar de goot loopt (zie ook Sectie 2.2.4). De backwashput had ook kleiner mogen zijn en het zou nuttig zijn als deze een leeglaat had.

Het backwashwater gaat rechtstreeks naar de beluchting. In Aartselaar zijn er geen mengers in de beluchting. Dit zorgt mogelijks voor verstoppingen en efficiëntievermindering van de beluchting, de matten zijn verstoppingsgevoelig en door zand op de matten wordt de verschildruk hoger. Labometingen (o.a. partikelgrootte) konden niet aantonen dat de verstoppingen afkomstig zijn van het backwashwater. Het lijkt beter om het backwashwater naar een andere plaats te sturen. Voor backwash van de disk filters is rechtstreeks naar de indikker misschien een optie, op voorwaarde dat de droge stof en oppervlaktebelasting niet overschreden worden. Voor backwash in het algemeen lijkt retour naar de recirculatie een betere optie (zie ook Sectie 5.2.3), hoewel dit op andere zuiveringen met mengers en/of andere beluchtingssystemen mogelijks geen probleem vormt.

3.1.6 Overkoepelende PLC voor synchronisatie

Synchronisatie tussen de twee disk filters (dat ze allebei tegelijk backwashen) zit nu in de PLC van PU actief kool. Beide disk filters zijn een aparte PU, dus hier kon geen synchronisatie op geprogrammeerd worden aangezien dat overkoepelend moet zijn. Dit kan in de toekomst beter een overkoepelende PLC zijn voor alle disk filters. Dat zou ook een voordeel zijn voor de energiemeting van de package unit.

3.1.7 Te kleine dimensionering

Omwille van het probleem beschreven in Sectie 3.1.2, werd het debiet van de diskfilters regelmatig teruggeschroefd. Bij regenweer gebeurde dit altijd, waardoor er uiteindelijk een debietsbegrenzing van 1600 m³/u werd ingesteld, in plaats van de oorspronkelijk voorziene capaciteit van 2000 m³/u. Regelmatig wordt het debiet nog verder verminderd. De huidige opstelling (2 filters met elk 22 disks) is dus duidelijk onvoldoende om bij regenweer (en dus ook verhoogde zwevende stoffen) de maximale capaciteit te halen. In toekomstig design is het aangewezen om er rekening mee te houden dat maximale capaciteit en maximale hoeveelheid zwevende stoffen typisch gelijktijdig voorkomen.

3.2 Operationeel

3.2.1 CIP (Cleaning In Place) procedure

Er is enige tijd nodig geweest om de CIP procedure op punt te stellen. Via drip-testen werd de meest optimale CIP strategie vastgelegd. Een javel CIP met een 2,5 volume % oplossing, gevolgd door een HCl CIP met een 5 volume % oplossing gaf zowel visueel als in de drip test de beste resultaten.

Tijdens de CIP wordt de aangemaakte chemicaliënoplossing via een sproeisysteem, op het deel van de disks dat boven water zit, gebracht. Omdat het sproeisysteem stationair blijft, draaien de disks tijdens het aanbrengen rond totdat het deel boven waterniveau volledig is ingespoten. Vervolgens vindt een weektijd plaats (momenteel 600 sec), en wordt bovenstaande herhaald tot het volledig oppervlak van de disks gereinigd is. Wanneer de disks erg vuil zijn, is het aangewezen om 2x na elkaar met javel te reinigen, en vervolgens 2x met zoutzuur te reinigen. Tussen de javel en zure CIP wordt gespoeld met proper water.

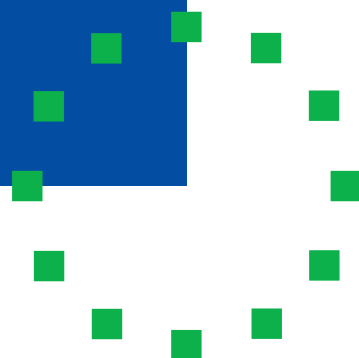
Er wordt ongeveer maandelijks een CIP uitgevoerd (vervuiling is afhankelijk van weersomstandigheden). Om en om wordt er de ene keer enkel met javel en de volgende keer met javel en zoutzuur gereinigd.

Er is momenteel nog veel manueel werk bij het uitvoeren van een CIP (oplossing aanmaken, spoelen leidingen etc.). Het zou beter zijn als de CIP geautomatiseerd uitgevoerd kan worden.

3.2.2 Afvalwater chemicaliën

De leeglaatklep van de disk filters komt uit in de voedingsput ozon, dus bij CIP komt er ook chloor in de voedingsput ozon (zie ook Sectie 3.1.4). Om geconcentreerde hoeveelheden chemicaliën in de voedingsput ozon te vermijden, worden de filters na de CIP niet meer leeggelaten. In plaats daarvan wordt de filter gewoon terug opgestart, waardoor de chemicaliën uiteindelijk verdund toekomen in de voedingsput ozon.

4. Ozon



4.1 Design

4.1.1 Lekdichte reactortank

Bij indienstname van de ozonreactor kwamen een aantal belangrijke aandachtspunten aan het licht die rechtstreeks impact hadden op de lektheid. Ozonlozing naar de omgeving is zeer ongewenst omwille van milieuredenen (broeikasgas), maar voornamelijk omwille van gezondheidsredenen (risico's bij inademen van ozon). Lange levertermijnen van materialen belemmerden de voortgang van de herstellingen. In totaal was er meer dan 1 jaar vertraging door de lekken. Volgende elementen waren de voornaamste oorzaken van lekken:

- De mangaten voor toegang tot de ozonreactor zitten bovenaan en zijn uitgevoerd als luiken met rubberen dichtingen. De dichtingen waren eerst uitgevoerd in een niet-ozonbestendig materiaal. Maar zelfs met het juiste materiaal is het zeer moeilijk om een luik volledig luchtdicht te krijgen. Een betere uitvoering is een mangat afgesloten wordt met bouten (zie Figuur 1). Voor eenvoudige toegang tot de reactor bij onderhoud zijn er nog ander types mangaten die aan de zijkant van de reactor (dus onder het waterniveau) worden geplaatst, zie Sectie 4.1.4.
- De reactor bestaat uit 2 straten. De toegang tot de straten wordt geregeld door schuiven. Het zijn deze schuiven die de 'ozonomgeving' afscheiden van de 'normale omgeving'. Dit is geen goede uitvoering want schuiven zijn moeilijk waterdicht te krijgen.
- De uitlaatconstructie bevat een vrije val gevolgd door een horizontale uitlaatleiding. Als er onvoldoende debiet is, dan is de horizontale leiding niet volledig gevuld met water waardoor de ozonhoudende gasfase uit de reactor kan ontsnappen via de uitlaatleiding. Dit werd opgelost met een waterslot in de uitlaatleiding. Dat heeft het probleem opgelost, maar is nog steeds geen ideale uitvoering. Door de vrije val heeft het water snelheid waardoor er risico is dat gas wordt meegezogen uit de reactor. Bovendien is de vrije val een onnodig drukverlies (zie Sectie 2.2.2). De pompputten zijn niet ozonbestendig (vb. ladders in aluminium) dus lekpreventie via de uitlaatleiding is cruciaal. Hetzelfde geldt voor het vermijden van restozon in het water (zie ook Sectie 4.2.3)
- Op andere installaties waren klemkoppelingen ook wel eens een reden voor lekken. Voor ozon zijn klemkoppelingen niet de goede optie, maar moeten dit flenskoppelingen met speciale dichtingen zijn. In Aartselaar werden wel meteen de juiste koppelingen gebruikt.

Er bestaan 3 types druktesten om lekken te kunnen lokaliseren:

- Druktesten
- Ultrasoon lektesten
- Helium lektesten



Figuur 1: Uitvoering van een mangat dat kan ingewerkt worden in een betonnen constructie en drukdicht kan afgesloten worden met bouten.

4.1.2 Locatie aanzuig ventilatie ozonaanmaakcontainer

In Aartselaar zitten de luchtroosters en de aanzuig van de ventilatie van de ozonaanmaakcontainers aan de kant van de ozonreactor. Als er ozonlozingen zijn via de overdrukventielen (zie Sectie 4.2.2), dan zit de ozon ook snel in de ozonaanmaakcontainers. De bedieningspanelen van ozon zitten in deze container dus het is niet handig als ze niet betreden kunnen worden. Het is beter om de aanzuigroosters voor ventilatie te installeren aan de kant het verst van de ozonreactor zodat er minder snel overschrijdingen zijn in de container als gevolg van ozonlozingen door de overdrukventielen.

4.1.3 Meer en kleinere diffusoren

Er werd een beperkt aantal tubulaire diffusoren geplaatst (2 per diffusorveld). Zo een laag aantal diffusoren heeft enkele nadelen:

- Er zijn lokaal grotere hoeveelheden gas. Dit geeft kans op ozonhotspots en kan leiden tot meer bromaatvorming. Een groter aantal kleinere diffusoren zorgt er voor dat de ozon meer gespreid kan ingebracht worden.
- De grote diffusoren geven minder flexibiliteit in de range van gas flow die toegepast kan worden. In een ideaal geval kan je binnen eenzelfde veld kiezen om meer of minder diffusoren te gebruiken, afhankelijk van het gasdebiet, om meer flexibiliteit te hebben. Een beperkende factor is wel dat het nadelig is wanneer diffusoren lang stilstaan omdat dan vuil en scaling kan ophopen. In het geval in Aartselaar werden de diffusoren ook nog eens overgedimensioneerd, waardoor het gebrek aan flexibiliteit extra nadelig is (zie Sectie 4.1.8).

4.1.4 Reactordesign met oog op onderhoud

Toegang tot de ozonreactor in Aartselaar is moeilijk en brengt risico's met zich mee omwille van de smalle, diepe kamers die met een ladder moeten betreden worden en dus besloten ruimtes zijn. Zowel de dimensionering van de kamers als de toegang tot de reactor kan verbeterd worden:

- De kamers in de reactor zijn te klein gedimensioneerd. Een breedte van 90 cm is te klein voor het plaatsen van de stellingen. Last minute werd de tank nog een beetje vergroot, maar dit kan nog beter.
- De kamers staan niet met elkaar in verbinding, waardoor elke kamer op zichzelf een zeer nauwe besloten ruimte is. Door deuren te voorzien in de tussenschotten of door de tussenschotten op een andere manier te voorzien, waardoor deze kunnen worden verplaatst of opgetrokken, kan ervoor gezorgd worden dat de reactor tijdens onderhoud in zijn geheel toegankelijk is.
- Door mangaten te voorzien in de zijwanden, bijvoorbeeld deuren zoals in Figuur 2 is de toegang eenvoudiger en veiliger. Er moet niet meer afgedaald worden.



Figuur 2: Drukbestendige deur.

4.1.5 Uitvoering van de betonnen reactortank

Volgens het design diende de bovenkant van de reactortank af te hellen naar de zijkanten. In de uitvoering is hier niet genoeg aandacht aan besteed, waardoor er plaatsen zijn waar water blijft staan. Er is al beginnende mosgroei op het dak van de reactortank.

Verder werd er ook geen afvoer voor regenwater voorzien. Dit loopt langs de wanden van de reactortank naar beneden en zorgt ook daar voor groene aanslag.

4.1.6 Materiaalkeuze

Er is slechts een beperkte keuze mogelijk voor materialen die bestand zijn tegen ozon. Enkel Teflon, RVS en goud zijn geschikt. Alle dichtingen met mogelijk contact met ozon zijn uitgevoerd in teflon, en alle componenten in RVS. Deze componenten hebben lange levertermijnen, welke de voortgang van de herstellingen belemmerden.

De gekozen betonkwaliteit (42,5 SR-LA or HSR-LA LH cement WAI (0,45)) is voldoende en coating zou niet nodig zijn. Het beton moet wel voldoende dik zijn om de wapening te beschermen, want die is niet ozonbestendig. Een bedekking van 1 extra cm is nodig. Tijdens de uitvoering gingen er wel wat dingen mis met het beton, dus een uitvoerige controle is aangewezen, ook al is op papier de correcte materiaalkeuze gemaakt.

Pompputten zijn niet ozonbestendig (vb. ladders in aluminium) dus lekpreventie is cruciaal (zie ook Sectie 4.2.3).

4.1.7 Voortschrijdend inzicht vanuit andere landen i.v.m. de grootte en uitvoering van de reactor.

In de ozonreactor in Aartselaar wordt er ozon gedoseerd in tegenstroom. Vanuit modellen werd aangetoond dat een ozondosering in meestroom in plaats van in tegenstroom beter is voor het beperken van bromaatvorming. Dit is echter minder geschikt voor de massaoverdracht, een belangrijke efficiëntiefactor. Deze afweging moet gemaakt worden.

De reactor in Aartselaar is vrij groot (in theorie met een minimale verblijftijd van 20 minuten, in praktijk is dit soms lager). In normale omstandigheden zal een kleinere reactor volstaan. Toch zijn er regelmatig momenten van overdosering omwille van sturingsproblemen (zie Sectie 4.2.6), waarbij ozon via het water uit de reactor komt (zie ook Sectie 4.2.3). Daardoor is een kleinere reactor in deze uitvoering en met dezelfde sturingsopties niet aan te raden. Intussen zijn er echter ook andere ozoninbrengsystemen op de markt die potentieel een betere massa-overdracht bekomen en dus ook een kleiner reactorvolume nodig hebben. Voorbeelden zijn:

- Ozone strong water
- Hydrozone
- Roturi
- ...

4.1.8 Correcte debietsvariaties meenemen in het ontwerp.

Opgegeven minimumdebiet in het bestek is 500 m³/u voor alle situaties. Echter, in droge periodes is het debiet 's nachts veel lager. Bovendien kunnen ook niet alle onderdelen goed overweg met dit minimumdebiet uit het bestek, laat staan met nog lagere debieten.

De grootste bottleneck zijn de diffusoren in de ozonreactor. Deze hebben een ondergrens die niet voldoet aan de besteisen (1.5 Nm³ i.p.v. 0.5 Nm³). Daardoor is het bij lage influentdebieten en ozondosissen niet mogelijk om meer dan 1 diffusorveld in werking te nemen. Hierdoor:

- Is het niet mogelijk om dosering te spreiden, wat nadelig is voor bromaatvorming (zie Sectie 4.1.3).
- Is het niet mogelijk om de volledige verblijftijd te benutten, wat bij overdosering kan leiden tot restozon in water (zie Sectie 4.2.3). Het is bijgevolg ook niet mogelijk om de impact van verschillende verblijftijden te testen zoals voorzien was in het onderzoeksplan.
- Werken we vaak bij de ondergrens van de diffusoren. Dit is meestal niet optimaal voor een goede bellenvorming en ozonmassaoverdracht, maar om te weten wat de impact is van lage gasstromen op bellenvorming bij het type diffusoren in Aartselaar is een patroontest nodig. Alternatief is om van in het begin camera's te installeren in de reactor zodat het bellenpatroon kan opgevolgd worden.
- Is er een ingewikkelde sturing van de diffusorvelden/straten. Afhankelijk van het gasdebiet moet je extra diffusorvelden/straten inschakelen. Je kan ze niet continu tegelijk in werking laten, dit zorgt voor verstoppingen van de diffusoren (zie ook Sectie 4.1.3). Het aan- of uitzetten van diffusoren en het wisselen van straat in de reactor leidt bovendien ook tot drukschommelingen, met mogelijke ozonlozingen via overdrukventielen als gevolg (zie ook Sectie 4.2.2)

Een deel van deze problemen kan opgelost worden door te werken met een lagere ozonconcentratie in het

gas dat van de generatoren komt. Hierdoor is er een grotere gasstroom voor eenzelfde ozondosering en kan je dus meerdere diffusoren in gebruik houden. Echter, dat zal meer zuurstof en meer energie (je moet alle zuurstof op druk zetten) verbruiken.

4.1.9 Dauwpuntsensor

Dit is overbodig als je vertrekt van pure zuurstof. Enkel bij ozonproductie vanuit lucht is het cruciaal om op te volgen dat deze lucht voldoende droog is.

4.2 Operationeel

4.2.1 Lekdetectie ozon.

Er zijn verschillende ozondetectietoestellen in omgevingslucht aanwezig op de installatie. Er is een ozon analyzer in de afzuiging van de ozonreactor na de ozondestructor, er zijn ozondetectoren in de containers met de generatoren en er zijn draagbare gasdetectoren voor iedereen die in de buurt van de installatie moet komen. De waarschuwigingsdrempel voor ozon in de omgevingslucht volgens de Codex welzijn op het werk is 0.10 ppm (Federale Overheidsdienst Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg, 2026).

Informatie over omgevingsconcentraties worden gerapporteerd door VMM in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Vlaamse Milieumaatschappij, 2024). Voor de omrekening, zie Appendix **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Bij warme temperaturen (35 °C) komt 0.1 ppm overeen met ongeveer 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wat erg dicht bij de informatiedrempel van 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ligt. Die drempel wordt in Vlaanderen regelmatig overschreden.

Dit merken we ook met de mobiele toestellen. Op warme dagen gaan de alarmen soms af door te hoge ozonconcentraties in de buitenlucht. Op dergelijke momenten is het mobiel toestel nutteloos als alarm voor ozonlekken van de installatie.

Met de vaste toestellen zijn er minder problemen. Mobiele toestellen hebben vaak een grotere foutenmarge. De vaste toestellen hangen in de containers en in de leiding van de offgasinstallatie, waardoor ze minder onderhevig zijn aan veranderingen in de lucht door zon en wind.

4.2.2 Ozonlozingen door overdrukventielen

De ozonreactor wordt op onderdruk gehouden met oog op voorkomen van ozonlozingen. Het is echter maar een zeer lichte onderdruk (-17 mbar), waardoor deze snel verstoord wordt. De overdrukventielen zijn erg gevoelig afgesteld. Verstoringen van de druk komen door:

- Debietschommelingen: deze zijn heel sterk aanwezig in de sturing van de voedingspompen in Aartselaar. Ze werden al programmatorisch afgezwakt, maar dat leidt tot een bypass van de quaternaire zuivering van 10 à 20% (zie ook Sectie 3.1.2)
- Bij wissel van straat.

De ozonlozingen zijn het grootste probleem als er een hoge ozonconcentratie is in de gasfase boven in de reactor. Dit is het geval bij overdosering (zie Sectie 4.2.6), bij slechte gasoverdracht (zie Sectie 4.2.7) of bij te lange dosering als het debiet al stilstaat (vb. bij wissel van straten).

Mogelijke oplossingen/verbeteringen zijn:

- De overdrukventielen minder gevoelig afstellen. Het is voorlopig niet duidelijk of dit aanvaardbaar is of tot veiligheidsrisico's kan leiden.
- De afzuiging verbeteren door meer afzuigpunten en een sterkere ventilator te voorzien.
- Het toevoegen van flexibele volumes (zoals gasballons) om de volumeveranderingen op te vangen.
- Ander reactordesign, waarbij een debietsverandering geen aanleiding geeft tot volumeveranderingen van de gasruimte in de gesloten reactor.
- Vast reactorvolume in plaats van flexibele straten.
- Afvlakking van de debietsturing

4.2.3 Ozonlozingen door rest-ozon in water: Plaatsing, uitvoering en onderhoud sensoren

Rest-ozon in water meten is relevant om te checken of er geen ozon naar de bufferputten gaat. Dat is belangrijk want het materiaal van de bufferputten is hier niet op voorzien (zie Sectie 4.1.6) en het geeft ook aanleiding tot ozonlozingen naar de omgeving door het strippen van ozon naar de lucht. Hierdoor gaan de persoonlijke gasdetectietoestellen af en is het niet mogelijk om werk te verrichten bij de quaternaire

zuivering. Dit is een veiligheidsrisico. Restozon in water kan er komen door overdosering of een te korte verblijftijd (zie ook Sectie 4.1.8). Een andere, nog meer waarschijnlijke reden, is slechte masseoverdracht, door slecht werkende diffusoren (zie Sectie 4.2.7).

Initieel was een analysetoestel voorzien dat rechtstreeks de ozonconcentratie in water meet. Dit toestel moet echter water kunnen oppompen en dat was niet mogelijk in het voorziene design (te diep). Daarom werd er gewisseld naar een ORP sensor (oxidatie-reductiepotentieel), wat een goede proxy zou kunnen zijn. Deze sensor is echter in de ozonreactor geplaatst en daardoor niet toegankelijk voor onderhoud. Het signaal komt ook niet frequent genoeg binnen. Tot nu toe kon deze sensor dus nog niet gebruikt worden voor het analyseren van restozon in water en kon het dus ook niet geïntegreerd worden in de sturing om overdosering te voorkomen.

4.2.4 Veiligheid betreden

Door het risico op ozonlekken is de richtlijn om de installatie zo weinig mogelijk te betreden als deze in dienst is. Operationeel zijn er echter enkele zaken die niet vanop afstand kunnen:

- De resetknoppen van de ozondestructor en van de koelers staan boven op de ozonreactor. Deze moeten dus ter plaatse gereset worden. Het is niet duidelijk of de installatie automatisch start bij het resetten.
- Veel informatie ontbreekt in het interne automatisatieplatform. Voor een goed overzicht is meer informatie nodig die momenteel enkel op de HMI in de container zelf ter beschikking is. Het is dus nodig om of deze data allemaal weer te geven in het interne automatisatieplatform, of de HMI schermen beschikbaar te maken vanop afstand.

Volgende dingen zijn nodig om de installatie in de toekomst zonder restricties veilig te betreden:

- Duidelijke afspraken, ook met gidsen, onderleveranciers, enz.
- Werkende veiligheden van de installatie zelf en regelmatige testen van deze veiligheden
- Keuringen
- Individueel gasdetectie toestel
- Regelmatige opleidingen

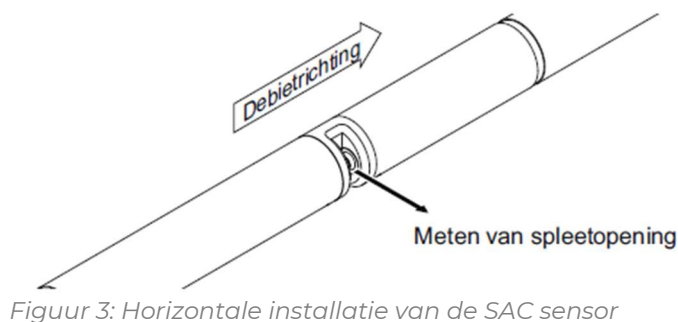
Er staat een HAZOP studie gepland, die mogelijk nog andere noden identificeert of kan helpen invulling te geven aan bovenstaande.

4.2.5 Plaatsing, uitvoering en onderhoud SAC sensoren

In Aartselaar is gekozen voor plaatsing van de SAC (spectrale absorptie coëfficiënt) sensor ondergedompeld in de buffers. Deze sensor wordt gebruikt voor het sturen van de ozon, zie Sectie 4.2.6. Een aandachtspunt bij het leegzetten van de put is dat de SAC sensor niet droog mag hangen want er zit een membraan in. De installatie in Aartselaar gebeurde verticaal, maar het is zeker niet gegarandeerd dat de minimale stroomsnelheid voldaan is in de tussenbuffers. Er is dus aandacht nodig voor de juiste installatiemethode (zie Figuur 3 en Figuur 4)

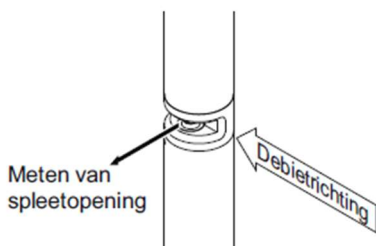
Horizontale installatie

Bij horizontale montage van de sensor moet de opening voor de meetopening aan de zijkant zitten. Zo kunnen eventuele luchtballen na het reinigen naar boven ontsnappen en kan er zich geen sediment ophopen in de meetopening. De sensor moet parallel aan de stroomrichting worden uitgelijnd.



Figuur 3: Horizontale installatie van de SAC sensor

Verticale installatie Monteer de sensor bij verticale installatie zodanig dat storende elementen in de meetopening met de stroom mee kunnen ontsnappen. Bij verticale installatie is de minimale stroomsnelheid 0,2 m/s, zodat de meetopening optimaal schoon blijft.



Figuur 4: Verticale installatie van de SAC sensor

In de ondergedompelde opstelling is automatische reiniging met zuur (fosforzuur) niet mogelijk. Manuele reiniging met een lage concentratie HCl (<5%) wordt nu 1x per week gedaan. Dat is al best veel. Daarnaast wordt er regelmatig een nulpuntscorrectie gedaan. De sensoren hadden initieel enkel een ultrasoon module voor preventie van de vervuiling. Dat was onvoldoende. Een persluchtmodule voor extra reiniging werd bijgeplaatst en dit heeft de stabiliteit wel verbeterd. Er zitten echter meerdere softwarefouten in deze module en in de cleaning modus van de sensor:

- Als de reinigingstijd met de persluchtmodule > 20 seconden is, dan wordt de pauzetijd niet in acht genomen waardoor er risico is op oververhitting (na het blazen moet volgens de handleiding die eigenlijk 5x zo lang pauzeren). Daardoor is het niet mogelijk om de ingebouwde relaisfunctie voor persluchtreiniging te gebruiken en werd er een extra timer aangesloten.
- In service modus (dus tijdens aanpassingen aan de sensor) is het niet mogelijk om de signaalwaarde te bevriezen, maar stuurt de omvormer sowieso nulsignaal uit. Als de ozondosis gestuurd wordt op de SAC-meting is dit een belangrijk veiligheidsrisico omdat bij servicewerken de ozondosering in de hoogte zal schieten met risico op ozonlozing tot gevolg (zie Sectie 4.2.2 en Sectie 4.2.3). Om die reden wordt de reiniging nu zo kort mogelijk gehouden, wat een effect heeft op de efficiëntie.

Zelfs met deze extra perslucht en wekelijkse reiniging is het niet gelukt de sensor na ozon stabiel te krijgen.

Een andere methode is om de sensor in bypass te installeren. Dan kan er een automatische reiniging met zuur gebeuren.

Vanuit kennisuitwisseling met andere partijen weten we dat er op RWZI's wisselende ervaringen zijn met alle sensoren, dus geen uitgesproken aanbeveling over het merk. Een wisser is wel noodzakelijk gebleken en het is ook nodig om deze wisser dan heel regelmatig te vervangen (elke 3 maanden is de rubber versleten, nog voor de sensor zelf melding geeft).

4.2.6 Bepaling ozondosering

Ozondosering op basis van enkel het debiet geeft snel aanleiding tot overdosering. Dat leidt tot verschillende problemen, zie ook Sectie 4.2.3 en Sectie 4.2.2. Dosering op basis van ingaande absorptantie op 254nm (SAC) heeft hier minder last van, maar de sensor vervuult sneller bij hoog debiet, dus betrouwbaarheid blijft een aandachtspunt.

Om overdosering tegen te gaan zou het interessant zijn om een harde grens voor restozon in gas en restozon in water in te stellen. Dit is niet mogelijk:

- Restozon in water: de sensor is niet betrouwbaar (zie Sectie 4.2.3)
- Restozon in gas: deze correctie staat ingesteld, maar kan enkel een correctie zijn, dus geen harde grens.

Vanuit het project Belissima weten we dat de parameters met de meeste invloed op ozondosering, DOC en nitriet zijn, en in mindere mate bicarbonaat en bromide. Maar voorlopig lijkt het dus voldoende om enkel naar DOC (via SAC, d.i. UV absorptantie op 254 nm) te kijken.

Om het setpunt van 'ozon per SAC-eenheid' te bekomen werd een kalibratiecurve gemaakt die ozon per DOC linkt aan ozon per SAC-eenheid. De ingestelde waarde blijkt niet overeen te komen met de werkelijk gedoseerde waarde, vermoedelijk door de werking van de PID controller van het ozonsysteem. Daarom wordt een vaste offset toegepast op de ingestelde dosis.

4.2.7 Mogelijk suboptimale werking van de diffusoren

Er is een vermoeden dat de diffusoren niet meer goed werken na de opstartfase. De redenen hiervoor zijn:

- Lange stilstand (zie 4.1.8)
- Werking dichtbij ondergrens gasdebiet (zie 4.1.8)
- Mogelijk verstopping door mangaan of ijzer

Als gevolg hiervan kan er slechte massa-overdracht zijn en ozonlozingen via de tussenbuffer (zie Sectie 4.2.3), of hogere concentraties in de headspace (zie Sectie 4.2.2)

Het detecteren van slecht werkende diffusoren kan door het in de gaten houden van de ozonconcentratie in de headspace, maar dat is niet eenduidig aangezien de afstand tot de detector verschillend is. Een andere methode is het observeren van de bubbels. Als er een raam of een camera aanwezig is in de reactor kan dat in beperkte mate tijdens bedrijf. Dit is niet het geval, dus dienen er regelmatig patroontesten te worden ingericht tijdens bedrijf. Ervaring vanuit de Gebruikersgroep ozon (STOWA) is dat na een jaar serieuze vervuiling verwacht kan worden.

Om dit op te volgen is het aangeraden om regelmatig (bv. jaarlijks) de ozonreactor leeg te zetten voor inspectie.

4.2.8 Programmatie PU ozon is niet flexibel

De programmatie van PU ozon gebeurde door de leverancier. We kunnen dus geen wijzigingen doorvoeren. Een deel van de omkaderende sturing gebeurt wel door Aquafin (o.a. sturing van de straten en de diffusorvelden), wat tot verwarring leidt.

Uiteindelijk wordt het aantal velden dat ingeschakeld is bepaald op basis van het gasdebiet en niet op basis van de dosis of het waterdebiet.

In toekomstige projecten dient er gestreefd te worden naar een duidelijkere aflijning.

4.2.9 Ozonverdeelkleppen blijven hangen

In de opstartfase kan het zijn dat er stof in de verdeelkleppen van ozon komt. Deze kunnen blijven hangen en over-/onderdosering veroorzaken. In de eerste werkingsmaanden dient de werking van de verdeelkleppen dus van nabij opgevolgd te worden. Indien nodig moeten zij naar de werkplaats gestuurd worden voor reiniging.

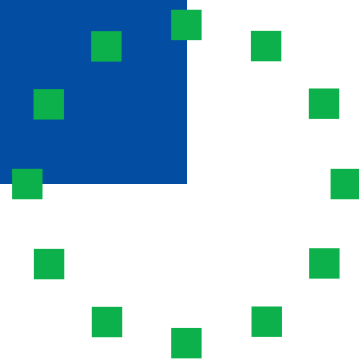
4.2.10 De stikstofbooster

Om te oordelen of de stikstofbooster nodig is wordt gekeken naar het vermogen nodig om 1 kg ozon op te wekken. Als dit niet te hoog is, dan is de stikstofbooster niet nodig. Een verbruik tussen 6,5 en 9 kW/kg ozon is normaal. Bij een hoge dosis kan dit wat hoger liggen. Meer dan 15 kW/kg is te hoog.

4.2.11 Regelmatige flush

Zowel de generatoren als de diffusoren kunnen niet goed tegen stilstand (zie ook Sectie 4.2.7). Stilstand vermijden, door bijvoorbeeld steeds de productie te verdelen over alle generatoren, heeft de voorkeur. Als dit niet kan of een te grote kostenimpact heeft (bv. door overdimensionering, zie Sectie 4.1.8), dan is het nodig om een dagelijkse flush of purge (met pure zuurstof) voor de diffusoren en/of de generator te programmeren.

5. Actiefkoolfilters



5.1 Design

5.1.1 Filter met zwanenhals

De filters mogen niet leeglopen, er moet druk kunnen opgebouwd worden. Dit is zo voor drukfilters, maar ook voor gravitaire filters. Normaal wordt dit uitgevoerd met een waterslot, dus de uitgaande leiding terug tot boven laten lopen. Dan heb je ook veel minder drukverlies (zie Sectie 2.2.2). In Aartselaar is dit niet zo gebouwd, dus moest er achteraf een regelbare snoerklep worden toegevoegd om drukopbouw te garanderen. Dit kan duidelijk gemaakt worden door het vastleggen van een doorstromingsnelheid in het bestek (zie Sectie 5.1.4).

Uitgebreide kennisoverdracht tussen de leverancier van actief kool en de constructeur van de silo's is aangewezen.

5.1.2 Aparte voeding van de filters

Elke filter verstopt net anders, dus er moet steeds de mogelijkheid zijn om de drukval per filter te regelen. Idealiter heeft elke filter zijn eigen toevoerleiding. Dit is in Aartselaar niet zo uitgevoerd, o.a. door plaatsgebrek. De aansturing van de filters gebeurt per 3. Door installatie van de snoerklep op de uitgang (zie Sectie 5.1.1) is het wel mogelijk om de druk per filter te regelen, maar het is niet altijd zo eenduidig. Dit zorgt voor een moeilijke bepaling van de trigger tot backwash (zie Sectie 5.2.1).

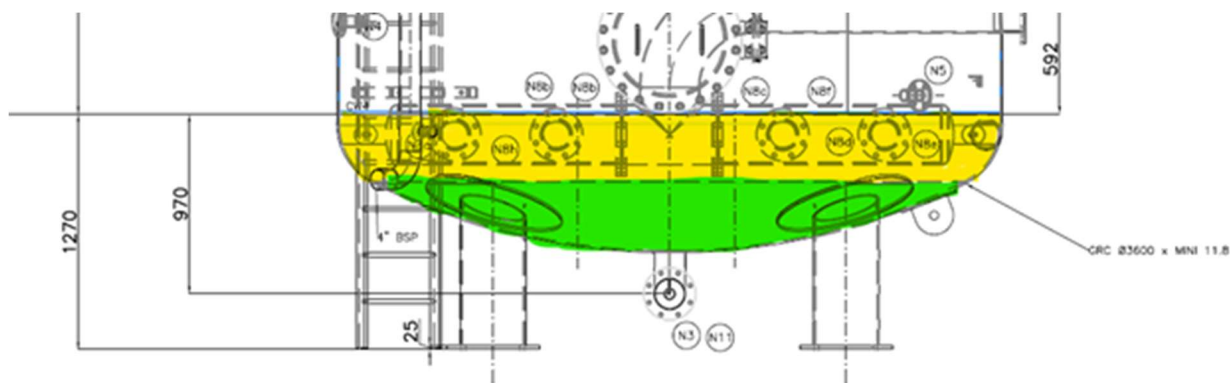
Mogelijke verbeteringen zijn het voorzien van een aparte pomp per filter (erg duur en plaatsintensief) of een regelklep aan het begin van de filter (mogelijk nog steeds ingewikkelde regeling).

5.1.3 Volledige vulling van de koolfilter

De vulling van de silo start al vanaf de bodem, dus onder de backwashleidingen. Het gele en groene deel (zie Figuur 5) zijn ook gevuld en vormen een semi-dood volume. Dit is een vrij standaard uitvoering. Een iets meer geoptimaliseerd ontwerp is mogelijk.

Dit volume kan wel meegerekend worden in de berekening van de EBCT en de bedhoogte. Voor de hoogte van het bed begin je dus te tellen van onderaan de silo. In Aartselaar gebeurde dit vanaf de backwashconstructie waardoor de bovenste staalnamepoort te hoog zit.

Normaal is er geen risico voor verstoppingen in dit stilstaand volume. Bij backwash is hier geen expansie, maar wel fluïdisatie. Als dit voldoende frequent wordt uitgevoerd dan is er normaal geen risico op verstoppingen. Onderaan de filter is er sowieso minder vervuiling omdat de biologie hier veel minder ontwikkelt en zwevende deeltjes niet tot beneden raken.



Figuur 5: volume actief kool onder de backwashleidingen.

5.1.4 Oppervlaktebelasting

De koolfilters in Aartselaar hebben een hoge oppervlaktebelasting (bij maximaal debiet ongeveer 20 m/h). Dit is hoger dan aanbevolen bij actief koolfilters - 6 à 10 m/h, (STOWA, 2015). De grote oppervlaktebelasting zou aanleiding kunnen geven tot erosie van de kool, maar hiervan werd tot nu toe nog niets gemerkt.

5.1.5 Aparte aftapkraan op elke filter

Het is aangeraden om op elke filter een aparte aftapkraan te voorzien voor het opvolgen van de stabilisatie van actief kool (zie Sectie 5.2.4) en de nood tot regeneratie.

5.1.6 Staalnamepoorten in de koolfilters.

Het voorzien van staalnamepoorten in de koolfilters voor het nemen van koolstalen kan opportuniteiten bieden voor het opvolgen van doorslag en biofilmaangroei (zie ook Sectie 5.2.7). Het is aanbevolen om dit voor minstens één filter te voorzien zodat de biofilm in kaart kan worden gebracht als biologische activiteit zich niet vanzelf zou ontwikkelen.

5.1.7 Tracing en isolatie van de leidingen.

De leidingen van en naar de koolfilters zitten bovengronds. Om vriesschade te voorkomen moeten deze leidingen en ook alle kranen en instrumentatie getracet en/of geïsoleerd worden.

5.2 Operationeel

5.2.1 Verloop van de backwash

Op basis van opgedane ervaring met de backwash hebben we gemerkt dat het opwaartse debiet in Aartselaar best niet hoger is dan 200 m³/u (oppervlaktebelasting van 20 m/h), identiek aan het maximale neerwaartse debiet. Wanneer het opwaartse debiet wordt verhoogd naar 300 m³/u (oppervlaktebelasting van 30 m/h), dan is er uitspoeling van de kool.

De backwash dient langzaam te worden opgebouwd en neemt daarom best wel wat tijd in beslag. Bij te snelle opbouw, kan de actief kool als een piston naar boven worden geduwd met uitspoeling tot gevolg. Een doorzichtig deel in de backwashleiding zou een meerwaarde zijn om visueel het verloop van de vervuiling van het backwashwater op te volgen.

5.2.2 Regeling backwash actief kool

De backwashregeling van de actiefkool filters wordt bemoeilijkt door de ingewikkelde drukopvolging met de snoerkleppen en de gemeenschappelijke inlaatleiding voor 3 filters (Zie Secties 5.1.1 en 5.1.2). De backwashtriggers werden door de programmeur van de actiefkoolfilter eerder empirisch afgeleid van een tabel met toegelaten drukverschillen, verkregen van de koolleverancier. De triggers tot backwash worden echter best opgegeven en beoordeeld door de koolleverancier. 3 types triggers lijken hier noodzakelijk:

- Trigger op een aanvaardbaar drukverschil bij een bepaald debiet dat voor een bepaalde vertragingstijd moet aangehouden worden
- Trigger op een onaanvaardbaar drukverschil bij een bepaald debiet dat onmiddellijk voor backwash zorgt
- Trigger op tijd, zodanig dat backwash regelmatig genoeg wordt uitgevoerd (in Aartselaar wordt zonder deze trigger reeds voldoende gebackwasht)

5.2.3 Backwashwater

Het backwashwater gaat retour naar de beluchting, in Aartselaar zijn er geen mixers in de beluchting. Dit zorgt mogelijks voor verstoppingen van de beluchtingselementen, de beluchtingssystemen zijn verstoppingsgevoelig. Labometingen (o.a. partikelgrootte) konden niet aantonen dat de verstoppingen om dezelfde materialen gingen. Het lijkt beter om het backwashwater naar een andere plaats te sturen. De recirculatie of de selectortank lijken betere opties te zijn (zie ook Sectie 3.1.5), hoewel dit op andere zuiveringen met mixers en/of andere beluchtingssystemen mogelijks geen probleem vormt.

5.2.4 Stabilisatie actief kool

Meting van de pH is de meest directe indicator van een stabilisering, naast opgelost zuurstof. Actieve kool is basisch van aard wanneer geproduceerd/gereactiveerd, waardoor de eerste volumes water verminderde tot geen opgeloste zuurstof zullen bevatten. Dit wordt eenvoudig opgevolgd via de pH.

5.2.5 Verstopping van overdrukventielen door schuimvorming

Na de backwash moet de filter terug opgedrukt worden. Door de grote hoeveelheid schuim in het water (zie Sectie 2.3.3), komt dit schuim ook bovenaan in de filter. Dit wordt nog eens versterkt doordat de eerste filter in de lijn eigenlijk het eerste ontluichtingspunt van de leiding is, omdat er geen ontluichters op de pompen staan.

De ontluichtingsventielen boven op de actiefkoolfilters zijn niet bestand tegen schuim. De ontluichtingsklep bovenaan de koolfilter kan beter naar beneden worden afgeleid voor in geval van schuimproblematiek

5.2.6 Zuurstofverbruik

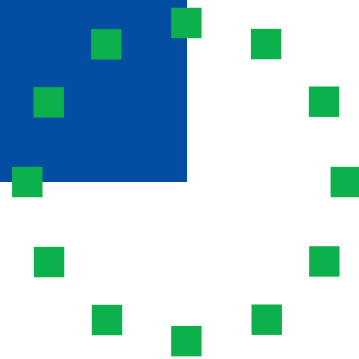
In de zomermaanden is alle zuurstof weg na actief kool. Dit komt enerzijds door verminderde oplosbaarheid van zuurstof als de temperatuur stijgt, anderzijds zou potentieel een verhoogde activiteit van de biofilm ook kunnen bijdragen tot een hoger zuurstofverbruik. Als dit water geloosd zou worden, dan is dit erg slecht voor de ontvangende waterloop. Gelukkig zit er in Aartselaar voldoende verval op het water voordat het in de waterloop terechtkomt, en wordt er opnieuw zuurstof ingebracht. Dit is een aandachtspunt bij toekomstig ontwerp. In de winter is dit probleem er niet.

5.2.7 Verblijftijdspreiding voor biologische activiteit op actief kool.

Voor verlenging van de standtijd van actief kool is het gewenst dat er een biofilm groeit die in staat is om geadsorbeerde microverontreinigingen af te breken en zo adsorptiesites terug vrij te zetten. Er werd gevreesd dat de verblijftijd in de actief kool te laag zou zijn (EBCT van 16 minuten bij maximumdebiet en 25 minuten bij nominaal debiet), en de oppervlaktebelasting te hoog (zie Sectie 5.1.4), om dit te bewerkstelligen. In praktijk blijken er echter sterke indicaties te zijn dat er toch een biofilm aanwezig is, dat deze gelaagd is (meer aan de top dan onderaan) en dat deze niet significant verstoord wordt door frequente backwash. Voor opvolging van de biofilmaangroei zijn staalnamepoorten in de actiefkoolfilter erg nuttig (zie Sectie 5.1.6). Het is nog te vroeg om te concluderen of deze biofilm volstaat om biologische afbraak van geadsorbeerde componenten te verkrijgen.

Lange verblijftijd is steeds gunstig voor biologische groei. Initieel waren de filters geprogrammeerd om zoveel mogelijk op maximale capaciteit te werken. Er werden dus extra filters mee ingeschakeld als het debiet toenam. Deze sturing is ongunstig omdat er veel stilstand is alsook een korte verblijftijd. De sturing werd snel aangepast om het debiet zoveel mogelijk te spreiden over de verschillende koolfilters.

6. Monitoring



6.1 Praktisch

6.1.1 Monsternametoestellen

Bij het project in Aartselaar werden enkel een monsternametoestel voorzien bij het uiteindelijke effluent van de RWZI, waar dus de combinatie van quaternair gezuiverd effluent en eventuele bypass van secundair gezuiverd effluent toekomt. Na elke techniek werden monsternameteksten geplaatst van onderzoek. Deze kasten waren echter al oud, en hebben voor veel problemen gezorgd. Om doorslag van de actiefkoolfilters en dosering van ozon op te volgen is het nodig dat er betrouwbare monsternametoestellen beschikbaar zijn voor- en na ozon en na actief kool. Het is aangewezen deze in de toekomst als onderdeel van het investeringsproject te voorzien.

6.2 Richtlijnen voor monitoring

6.2.1 Opstartfase

De opstartfase omvat een uitgebreide monitoring met onder andere:

- Kalibratie van de SAC-sensoren
- Opvolgen van stabilisatie van actief kool
- Opvolgen van het backwashverloop

In deze fase is het handig als er een extra hulp is voor het operationele team. Zeker de eerste drie punten zijn steeds aan te bevelen bij een opstart. In wat volgt worden meer concrete richtlijnen gegeven

Kalibratie van SAC-sensoren

Regelmatig schepstalen nemen van het water na elke zuiveringsstap. Op het moment van staalname de gekalibreerde en de ruwe sensorwaarde noteren en in het labo UV absorptie bij 254 nm (SAC) en DOC meten. Doe dit voor minstens 10 monsters, waarbij er zowel droogweemonsters als regenweemonsters zitten. Het hoogste en het laagste koppel van labo SAC-meting en ruwe sensorwaarden gebruiken voor tweepuntskalibratie. M.b.v. alle punten een kalibratiecurve bepalen tussen SAC en DOC. Een snelle en correcte kalibratie van de SAC-sensoren maakt het mogelijk om de ozoninstallatie te sturen met minder over- of onderdosering (zie Sectie 4.2.6).

Opvolgen van stabilisatie van actief kool

Met een mobiele pH-meter dagelijks het effluent voor en na de actiefkoolfilters checken. Dit kan ook door een schep- of tijdproportioneel monster naar het labo te zenden. Als pH voor en na het actiefkool ongeveer gelijk zijn, dan is deze gestabiliseerd en kunnen waterkwaliteitsmetingen opgestart worden.

Opvolgen van de backwash

Bij elke verhoging van backwashdebiet een schepstaal nemen en visueel checken of er geen koolresten in zitten. Indien nodig moet de backwashregeling aangepast worden en langzamer opbouwen of minder hoge debieten bereiken (zie Sectie 5.2.1).

6.2.2 Opvolgfase

Eens de installatie stabiel loopt wordt volgende opvolging aanbevolen:

- Opvolging van de SAC-sensoren
- Verwijdering volgens ERSA (Europese Richtlijn Stedelijk Afvalwater)
- Verwijdering van de aparte processtappen
- Eventuele opvolging de biofilm

Zeker de eerste twee punten zijn steeds noodzakelijk. Punt 3 is sterk aan te bevelen om grip te houden op de instellingen ozondosering en doorslag in de koolfilters. Voor punt 4 is de aanwezigheid van staalnamepoorten (zie Sectie 5.1.6) nodig. De noodzaak aan dit soort opvolging is nog onduidelijk, meer ervaring met mogelijke calamiteiten in de biologische werking zijn nodig om te kunnen inschatten of het een meerwaarde is om dit altijd uit te voeren. In wat volgt worden meer concrete richtlijnen gegeven.

Opvolging van SAC-sensoren

Zeker maandelijks een schepmonster en een tijdproportioneel monster nemen van het water na elke processtap. Op het moment van schepmonster de gekalibreerde en de ruwe sensorwaarde noteren en in het labo UV absorbantie bij 254 nm (SAC) meter. Bij het tijdproportioneel monster in het labo de SAC en DOC meten en via AX de geaggregeerde sensorwaarde bepalen. Indien er grote afwijking is tussen gekalibreerde sensorwaarde en SAC-meting in het lokale labo, dan een nieuw, recent meetkoppel toevoegen aan de tweepuntskalibratie. M.b.v. alle tijdproportionele punten de kalibratiecurve tussen SAC en DOC opvolgen en bewaken dat de kalibratiecurve tussen SAC labo en SAC sensor betrouwbaar blijft met een helling van 1 en zonder intercept. Een correcte kalibratie van de SAC-sensoren is noodzakelijk om de ozoninstallatie te sturen met minder over- of onderdosering (zie Sectie 4.2.6).

Verwijdering volgens ERSA

Dient volgens de huidige richtlijnen opgevolgd te worden met 48h verzamelmonsters. De verwijdering tussen influent van de RWZI en effluent van de RWZI (m.i.v. eventuele bypass van secundair gezuiverd effluent) dient berekend te worden met een gemiddelde berekening van enkele indicatorstoffen zoals voorgeschreven in de ERSA. Er zijn vele mogelijke berekeningen nodig. Hierop zal verder ingegaan worden in het rapport als onderdeel van taak 4.4 (Full scale onderzoek op RWZI Aartselaar) van het project Schone Waterlopen.

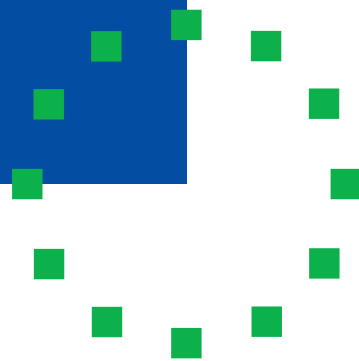
Verwijdering van de aparte processtappen

Door ook tijdproportionele monsters te nemen voor en na elke processtap kan de bijdrage van de verschillende processtappen opgevolgd worden. Hierop kan ook een gemiddelde toegepast worden, of de componenten kunnen apart bekeken worden. Op basis hiervan kan opgevolgd worden welke stoffen doorslaan door de koolfilters en eventueel de ozondosis of de verblijftijd in de filters aangepast worden.

Opvolging van biofilm

Dit kan enkel als er staalnamepoorten (zie Sectie 5.1.6) aanwezig zijn in minstens één van de koolfilters. Er kan dan op verschillende dieptes staal van de kool genomen worden voor opvolging van mangaangehalte en eventueel ook verdere karakterisatie van de (activiteit van) de biofilm m.b.v. ATP metingen en sequencing. De noodzaak aan dit soort opvolging is nog onduidelijk, meer ervaring met mogelijke calamiteiten in de biologische werking zijn nodig om te kunnen inschatten of het een meerwaarde is om dit altijd uit te voeren. In wat volgt worden meer concrete richtlijnen gegeven.

7. Conclusie

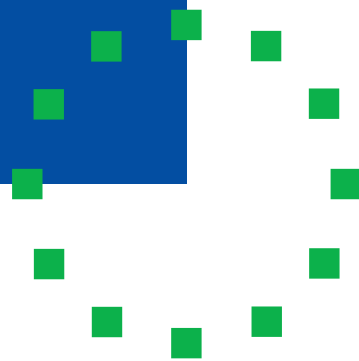


De realisatie van de quaternaire zuivering op de RWZI van Aartselaar markeert een belangrijke mijlpaal voor Aquafin en voor Vlaanderen als geheel. Als eerste full-scale toepassing bood dit project een unieke kans om quaternaire zuivering in reële omstandigheden te ontwerpen, te bouwen, op te starten en te exploiteren. Tegelijkertijd werd duidelijk dat het pionierskarakter van het project onvermijdelijk gepaard ging met technische, operationele en organisatorische uitdagingen.

De in dit document gebundelde leerlessen illustreren dat veel aandachtspunten niet enkel technologie-specifiek zijn, maar ook te maken hebben met projectaanpak, integratie van package units, automatisatie, monitoring, onderhoud en veiligheid. Meerdere knelpunten hadden mogelijks beperkt kunnen worden door andere ontwerpkeuzes, een aangepaste aanbestedingsstrategie of een ruimere en meer geïntegreerde studiefase. Anderzijds hebben net deze uitdagingen geleid tot waardevolle inzichten die zonder een full-scale toepassing moeilijk te verkrijgen waren.

De opgedane ervaringen vormen een belangrijke kennisbasis voor de verdere uitrol van quaternaire zuivering binnen Aquafin en in Vlaanderen. Door deze leerlessen expliciet vast te leggen, kan bij toekomstige projecten gericht worden ingezet op robuustheid, bedrijfszekerheid, veiligheid en operationele haalbaarheid. Het project in Aartselaar fungeert zo niet alleen als zuiveringsinstallatie, maar ook als referentie- en leerproject dat bijdraagt aan een efficiëntere en meer onderbouwde implementatie van quaternaire zuivering in de toekomst.

Referenties



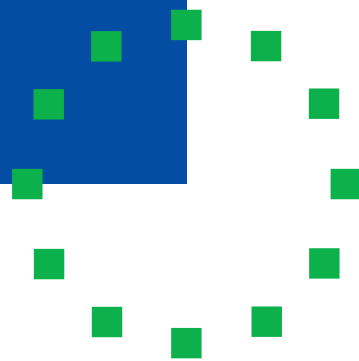
Breeze Technologies. (2024, 10 13). *Air pollution: how to convert between mg/m³, µg/m³ and ppm, ppb*. Opgehaald van <https://www.breeze-technologies.de/blog/air-pollution-how-to-convert-between-mgm3-%c2%b5gm3-ppm-ppb/>

Federale Overheidsdienst Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg. (2026, 01 01). *Codex over het welzijn op het werk*. Opgehaald van https://werk.belgie.be/sites/default/files/content/documents/Welzijn%20op%20het%20werk/Regelgeving/Codex_over_het_welzijn_op_het_werk.pdf

STOWA. (2015). *Rapport 2015-27: Verwijdering van microverontreinigingen*. Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.

Vlaamse Milieumaatschappij. (2024, 10 13). *Ozonconcentratie*. Opgehaald van <https://vmm.vlaanderen.be/feiten-cijfers/lucht/overzicht-per-vervuilende-stof/ozon/indicator-ozonconcentratie?activeAccordion=33913775-a817-436b-8938-11bffc1a135e%2Cd3341a25-cf00-4b5c-9ebd-bd048680c6c9>

APPENDICES



A1 Rekenmethoden

A1.1. Omrekening gasconcentratie ozon

Voor de omrekening van ppm naar $\mu\text{g}/\text{m}^3$ moet je rekening houden met de temperatuur (bv. zoals in (Breeze Technologies, 2024)).

$$\text{ppm} = \frac{\text{m}^3}{10^6 \text{ m}^3 \text{ air}} = \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3 \text{ air}} * \frac{\text{mol}}{\text{g}} * \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} * \frac{\text{g}}{10^6 \mu\text{g}} = \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3 \text{ air}} * \frac{RT}{MP}$$

$$\text{Molaire massa } M \text{ in } \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{Molair volume in } \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \text{ met de ideale gaswet } \frac{V}{n} = \frac{RT}{P} \text{ voor } n = 1 \text{ mol}$$

Bij 35°C (i.e. 308 K) en atmosferische druk (101325 Pa) geldt dan voor 0.1 ppm ozon ($M = 3 * 16 = 48 \text{ g/mol}$)

$$\text{concentratie in } \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3 \text{ air}} = 0.1 \text{ ppm} * \frac{MP}{RT} = 0.1 * \frac{48 * 101325}{8.314 * 308} = 190 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3 \text{ air}}$$

Titel

Leerlessen dimensionering

Gegevens VU

Dijkstraat 8, 2630 Aartselaar