

Een revolutie in geur en corrosiebeheersing dankzij real-time H₂S-monitoring bij de Central Valley Water Reclamation Facility.

Van stank naar corrosie

Wanneer vervelende geuren die in het riool ontstaan hun weg vinden naar een buurtbarbecue, wordt er gebeld, actie ondernomen en het geurprobleem snel aangepakt. Helaas is het voor een van de belangrijkste bezittingen van de stad al te laat.

Het rioolsysteem is een van de grootste bezittingen van een stad. Omdat het grotendeels uit het zicht is, krijgt het vaak jarenlang weinig aandacht of onderhoud. Toch speelt dit systeem een cruciale rol: het voert afvalwater vanuit alle delen van de stad af naar de waterzuiveringsinstallatie.

Het verzamelsysteem is een uitgestrekt fysiek netwerk van leidingen, gemaakt van materialen zoals beton, baksteen en staal. Verspreid over het hele systeem bevinden zich liftstations met pompen, sensoren en elektrische apparatuur. Deze stations variëren in omvang van eenvoudige pompsystemen tot diepe structuren die tijdelijk bewoond kunnen worden.

Wanneer geuren uit opvangsystemen ontsnappen en een zomerse barbecue verstoren, is de kans groot dat waterstofsulfide (H₂S) zijn schadelijke werk al heeft gedaan en de infrastructuur heeft aangetast. Volgens het Amerikaanse Environmental Protection Agency heeft dit probleem al miljarden dollars aan schade veroorzaakt aan de Amerikaanse infrastructuur.¹ De sleutel tot een oplossing ligt in het aanpakken van het probleem bij de bron, om zo deze waardevolle en kostbare installaties te beschermen. In het verleden was dat nauwelijks mogelijk, maar dankzij een nieuwe technologie wordt H₂S-monitoring getransformeerd. Hierdoor kunnen steden en waterzuiveringsinstallaties aanzienlijk besparen op chemische kosten én hun infrastructuur beter beschermen.



In deze toepassingsnotitie wordt een praktijkvoorbeeld besproken van de Central Valley Water Reclamation Facility in Utah, waar de behandeling succesvol werd geoptimaliseerd. Dit leidde in het eerste jaar tot een besparing van meer dan \$120.000. Verschillende aspecten van waterstofsulfide – waaronder corrosie, geurhinder, monitoring en beheersstrategieën komen aan bod in dit aansprekende voorbeeld van het gebruik van nieuwe technologie.

Achtergrond: Waterstofsulfide (H₂S)

De relatie tussen opgelost sulfide en waterstofsulfide

Waterstofsulfide valt onder de categorie opgeloste sulfiden. Deze kunnen ontstaan in rioolsystemen of tanks waar anaerobe omstandigheden heersen. Onder dergelijke omstandigheden kunnen opgeloste sulfiden op verschillende manieren gevormd worden.

- In langzaam stromende zwaartekrachtssystemen, stilstaande tanks en onder anaerobe omstandigheden begint warm afvalwater te gisten. Bacteriën zetten daarin gesuspendeerd en oplosbaar organisch materiaal om in vluchtige zuren zoals azijnzuur, evenals in kooldioxide, waterstof en waterstofsulfide.
- Sulfaat kan onder anaerobe omstandigheden worden omgezet in opgelost sulfide door biofilms van sulfaatreducerende bacteriën. In gebieden waar zeewater in het rioolstelsel infiltreert, kunnen de sulfaatiniveaus bijzonder hoog zijn, wat leidt tot overeenkomstig hoge concentraties opgelost sulfide.
- Opgelost sulfide kan ook rechtstreeks vanuit industriële bronnen in het rioolstelsel terechtkomen.

Bij het bestuderen van de verschillende vormen van sulfide en het begrijpen van de productie van waterstofsulfide is één onderscheid essentieel – en vaak een bron van verwarring:

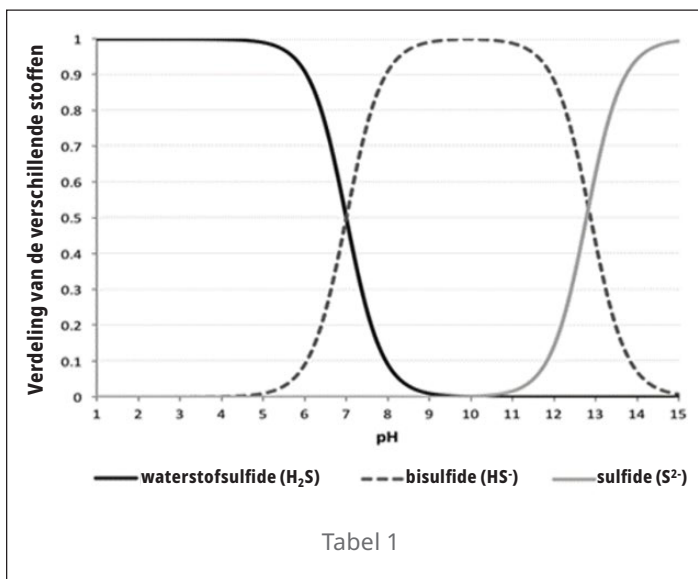
Opgeloste sulfide is niet hetzelfde als **waterstofsulfide**

¹ Bureau voor milieubescherming van de Verenigde Staten (1991). "Corrosie door waterstofsulfide: De gevolgen, opsporing en beheersing".

Opgelost sulfide komt in drie hoofdvormen voor: waterstofsulfide (H₂S), bisulfide (HS⁻) en sulfide (S²⁻). Welke vorm overheerst, is afhankelijk van de pH. Tabel 1 verduidelijkt deze speciatie in functie van de pH-waarde. Zo bestaat bij een pH van 4 SU vrijwel al het opgeloste sulfide uit waterstofsulfide (H₂S), terwijl bij pH 10 SU voornamelijk bisulfide (HS⁻) aanwezig is. Bij een pH van 14 SU is sulfide (S²⁻) de dominante vorm.

Hier volgen enkele belangrijke opmerkingen over de pH-afhankelijkheid van deze opgeloste sulfidesoorten:

1. De pH in veel afvalwaterverzamelingsystemen ligt tussen de 5 en 9 SU. Dit betekent dat het opgeloste sulfide in deze systemen voornamelijk bestaat uit een mix van waterstofsulfide (H₂S) en bisulfide (HS⁻).
2. Wanneer de pH na het punt van monsternamen stijgt of daalt, verandert de verhouding tussen waterstofsulfide (H₂S) en bisulfide (HS⁻). Zo is bij een pH van 7 SU ongeveer 50 procent van het opgeloste sulfide aanwezig als H₂S en 50 procent als HS⁻. Daalt de pH verderop in het systeem, dan neemt het aandeel waterstofsulfide toe.



Hete plekken (van vloeibaar naar gas)

Wanneer H₂S in de vloeistoffase wordt beperkt en wordt voorkomen dat het in de damp- of luchtfase terechtkomt, kan dit de corrosie en schade aan het verzamelingsysteem, de liftstations en de hoofdzuiveringsinstallatie aanzienlijk verminderen. Als H₂S al bij de bron – buiten de omheining van de waterzuiveringsinstallatie – wordt beheerd, kan dit geurproblemen op het terrein zelf beperken. Een lagere H₂S-concentratie binnen de installatie kan bovendien leiden tot kleinere of goedkopere geurbeheersingsystemen. Daarnaast draagt minder H₂S binnen de installatie bij aan een veiligere werkomgeving voor het personeel.

Decennialang draaide geurcontrole voornamelijk om het monitoren van de damp- of luchtfase. Voor dit doel zijn diverse meet- en registratiesystemen ontwikkeld die veelvuldig worden toegepast. De uitdaging hierbij is dat, zodra H₂S in de luchtfase wordt gedetecteerd, het corrosieproces vaak al is begonnen. Hoewel het meten van waterstofsulfide in de dampfase waardevolle informatie kan opleveren in gebieden waar al schade optreedt, brengen traditionele meettechnologieën in de luchtfase ook beperkingen met zich mee. Deze beperkingen worden door de hier besproken nieuwe technologie grotendeels verminderd of zelfs weggenomen. De meest effectieve strategieën om de vorming van waterstofsulfide in de vloeistoffase aan te pakken, richten zich op het voorkomen of beperken van die vorming.

Beide benaderingen hebben een belangrijk voordeel gemeen: ze voorkomen dat waterstofsulfide uit de vloeistof ontsnapt naar de damp- of luchtfase.

Het beschermen van essentiële infrastructuur - en daarmee de veiligheid van onze gemeenschappen, steden en het milieu - begint hier.

Het testen van vloeistoffen op opgelost sulfide via steekproeven wordt steeds gebruikelijker in afvalwaterverzamelings- en -behandelingssystemen. In combinatie met een pH-meting kan dit waardevolle inzichten bieden in de mogelijke H₂S-fractie in de vloeistof op een specifieke locatie. Een lastig en uiteindelijk schadelijk kenmerk van waterstofsulfide is echter dat het zich relatief eenvoudig verplaatst van de vloeistoffase naar de damp- of luchtfase. Dit vormt een uitdaging voor zowel nauwkeurige bemonstering als het begrijpen van de verdelingsverhouding tussen vloeistof en damp. Wanneer een vloeistofmonster wordt genomen uit een bassin of leidingsysteem voor laboratoriumanalyse, kan een deel van het aanwezige H₂S tijdens het bemonsteringsproces overgaan naar de dampfase. Hierdoor blijft een minder representatief monster over.

Waterstofsulfide is zwaarder dan lucht en komt in hogere concentraties voor net boven het wateroppervlak. De gangbare odor logging-technologie en de manier waarop deze wordt toegepast, leveren vaak minder bruikbare en – belangrijker nog – niet-representatieve gegevens op. Dit komt door een aantal factoren:

1. Loggers worden normaal gesproken ruim boven het waterniveau geplaatst, net onder putdeksels, om twee belangrijke redenen:
 - a. Gemakkelijke toegang voor onderhoudsverwijdering, zo vaak als wekelijks, vanwege de vochtige omgeving.
 - b. Eenvoudige toegang voor gegevensverwerving
2. Loggers die om de hierboven genoemde redenen hoog in de buurt van een mangat worden geplaatst, lezen slechts een fractie van het H₂S die aanwezig is.
3. Weersomstandigheden aan het oppervlak boven het mangat kunnen de luchtstroom bij het apparaat veranderen, waardoor variabele, niet te verwerken gegevens ontstaan.
4. Geurregistratiesystemen kunnen niet direct boven het vloeistofoppervlak worden geplaatst vanwege het hoge vochtgehalte en het risico dat het apparaat bij schommellende waterniveaus onder water raakt en beschadigd wordt. Dit is een belangrijk probleem, omdat het meest representatieve meetpunt voor waterstofsulfide in de dampfase zich juist net boven het vloeistofoppervlak bevindt.

Om afvalwatersystemen beter te begrijpen en vast te stellen waar nieuwe bewakings- en controlestrategieën effectief kunnen zijn, is het belangrijk om de locaties binnen het systeem te identificeren waar H₂S wordt gevormd of uit de vloeistof vrijkomt in de dampfase.

- Onder druk staande rioolleidingen (hoofdleidingen) waar H₂S vrijkomt aan het einde van de pijp die in een mangat uitmondt.
- Trage rioolleidingen waar H₂S onderweg langzaam vrijkomt.
- Riolsystemen in nieuwbouwgebieden, waar de leidingen relatief groot zijn en de stroming nog beperkt is, kunnen onder stagnerende omstandigheden H₂S vormen.
- Stilstaande perioden in natte putten van liftstations waar H₂S wordt gevormd en vervolgens vrijkomt wanneer het pompen en roeren begint.
- Afvoersystemen die buiten het seizoen minder worden gebruikt, zoals die in universiteiten of toeristische gebieden, zijn gevoelig voor stagnatie en daarmee voor de vorming van H₂S.
- Waar H₂S vrijkomt als afvalwater over poorten, stuwen of stopstammen stroomt.
- Onder alle anaerobe omstandigheden waarbij H₂S-vorming wordt bevorderd door een hogere temperatuur.

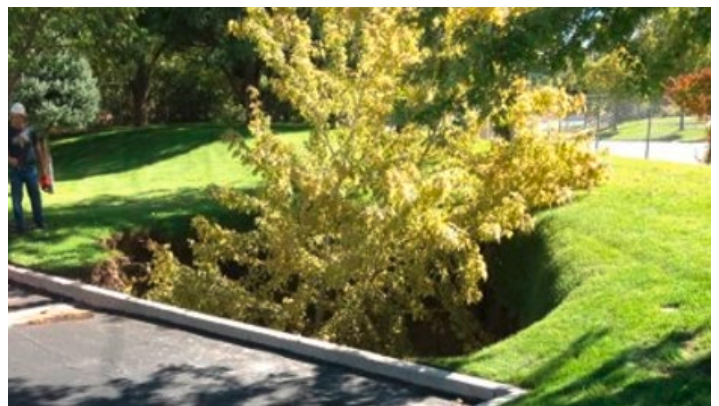
Casestudie Central Valley (Het probleem):

De Central Valley Water Reclamation Facility beheert geur- en corrosieproblemen met geurregistratietechnologie en andere beschikbare middelen. Toch deed zich, ondanks een bestaand beheersplan voor het verzamelsysteem, een ernstige leidinguitval voor als gevolg van corrosie veroorzaakt door waterstofsulfide.

De corrosieproblemen van het systeem kwamen aan het licht door een onverwachte gebeurtenis, waarbij een grote riolsifon instortte en een zinkgat van ongeveer 6 meter in diameter ontstond, dat zelfs een boom opslokte. Zie afbeelding 1 en 2.



Afbeelding 1



Afbeelding 2

In de afbeeldingen 3 tot en met 5 is de nodulair gietijzeren rioolleiding te zien, met op meerdere plaatsen duidelijke corrosieschade en volledige uitval. Een belangrijke uitdaging bij sommige leidingsystemen is het ontbreken van een reserveleiding en het ontbreken van mogelijkheden om de doorstroming tijdelijk te stoppen. Door beperkte middelen of snelle groei beschikken deze cruciale systemen soms niet over de nodige redundantie. In dit specifieke geval kon de faciliteit gebruikmaken van een tweede sifonleiding, waardoor vervanging van de beschadigde leiding mogelijk was. In veel andere situaties is echter een kostbare bovengrondse bypass nodig om tijdens reparaties de stroming in stand te houden. Het inspecteren van leidingen met volledig debiet, zoals sifons en hoofdleidingen, is vaak onmogelijk of op zijn minst zeer complex. Daarom is het essentieel om te beschikken over een goed doordacht corrosiebeperingsplan en gebruik te maken van de best beschikbare technologie.



Afbeelding 3



Afbeelding 4

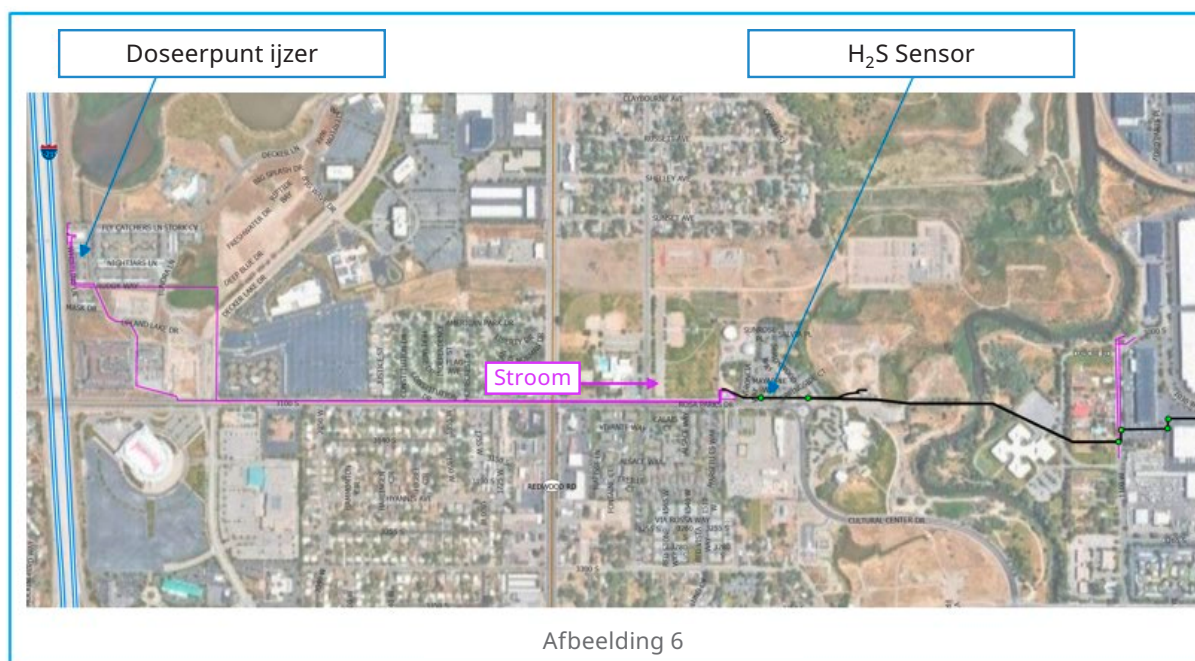


Afbeelding 5

De oplossing

De faciliteit voegt al jaren ijzerverbindingen toe aan het systeem om corrosie en geurhinder te beperken. Deze chemische strategie wordt gecombineerd met reinigings- en onderhoudsprogramma's om het systeem optimaal te laten functioneren. Het gebruik van chemicaliën behoort tot de grootste operationele kostenposten van de installatie. Daarom ging men, als innovatief zuiveringsbedrijf, op zoek naar manieren om de dosering van chemicaliën te optimaliseren. Tegelijkertijd had de eerdere pijpstoring de organisatie \$2 miljoen aan noodreparaties gekost. Het nutsbedrijf wilde er dan ook zeker van zijn dat de juiste hoeveelheid ijzerhoudende chemicaliën werd toegevoegd om soortgelijke incidenten in de toekomst te voorkomen.

Het in real-time monitoren van waterstofsulfide in de vloeistof-fase en/of in de dampfase vlak boven het wateroppervlak is een belangrijke technologische vooruitgang in de afvalwaterbehandeling. De nieuwe sensor van Hach®, de GS2440EX, meet waterstofsulfide in zowel de vloeistof- als de dampfase. De ruwe, vochtige en corrosieve omgeving van opvang- en afvalwatersystemen vormt geen belemmering voor deze sensor. Dankzij het robuuste, compacte en speciaal ontworpen ontwerp is real-time monitoring mogelijk in uiteenlopende toepassingen – van vloeistoffase tot damp-/luchtfase. In onderstaande casestudie werd de sensor in de dampfase ingezet bij een afvalwaterzuiveringsinstallatie. Dit unieke instrument maakte het mogelijk om een



Afbeelding 6

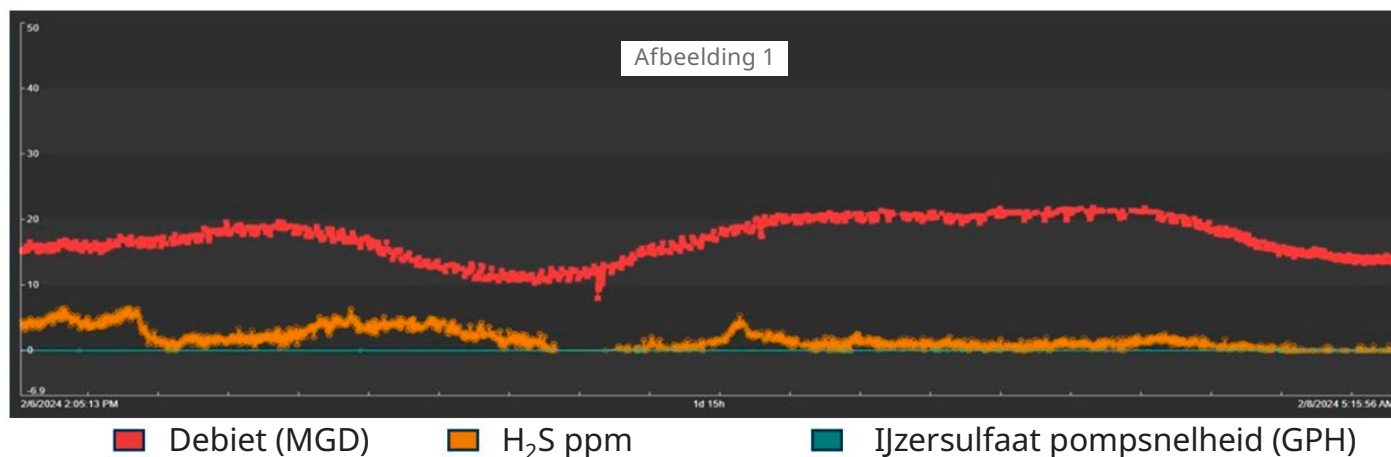
realtime controlepunt in te stellen waarmee het ferri-doseer-systeem automatisch kon worden bijgestuurd.

De faciliteit besloot deze nieuwe strategie te implementeren om te verzekeren dat de chemische dosering optimaal is. Een te lage dosering kan leiden tot geurproblemen en aanhoudende corrosie, terwijl overdosering kan resulteren in operationele complicaties, onnodig chemisch verbruik en hogere kosten. In afvalwatersystemen kan de GS2440EX-sensor zowel volledig ondergedompeld worden ingezet voor het meten van opgelost H₂S als net boven het wateroppervlak voor bewaking van de

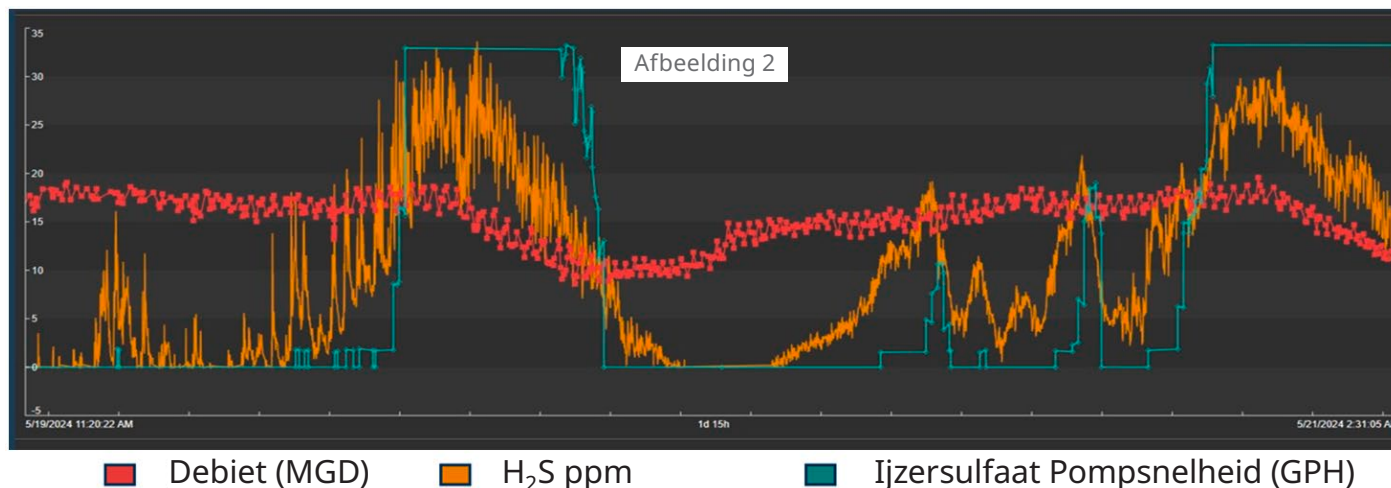
dampfase. Omdat het personeel wist dat de sensor bestand is tegen vochtige omgevingen, werd deze net boven het afvalwateroppervlak geïnstalleerd.

Afbeelding 6 toont de lay-out van het ferrondoseersysteem met real-time feedbackregeling. Ferraat wordt stroomopwaarts geïnjecteerd bij de Granger Hunter-injectieplaats en de dosering wordt stroomafwaarts automatisch bijgestuurd op basis van metingen van de nieuwe Hach GS2440EX-sensor bij het Granger Hunter-debietstation.

In afbeelding 1 hieronder is te zien dat, kort na de eerste installatie van de Hach GS2440EX-sensor in de winter, de omstandigheden koud waren en de concentratie waterstofsulfide daardoor laag bleef. Tot verrassing van de faciliteit bleek er tijdens de wintermaanden geen chemische dosering nodig te zijn. Deze nieuwe situatie resulteerde in aanzienlijke besparingen en een geoptimaliseerd systeem, in contrast met de eerdere werkwijze waarbij het personeel de chemische dosering handmatig moest aanpassen en regelmatig moest controleren.



Afbeelding 2 hieronder laat duidelijk zien hoe de vorming van bacterieel waterstofsulfide toeneemt wanneer de temperaturen in het voorjaar stijgen. Het ijzer(II)sulfaatdoseersysteem reageert hierop door automatisch op te schalen, op basis van ingestelde waarden die overeenkomen met een real-time toename van H₂S. De snelle afname van de H₂S-concentraties als gevolg van deze bijsturing is goed zichtbaar in de gemeten data.



Onderhoud van de sensor:

De GS2440EX is inmiddels acht maanden geïnstalleerd op deze locatie, en het personeel heeft tot nu toe geen problemen gevonden met vervuiling van de sensor – ondanks de plaatsing nabij afvalwater in een afgesloten put. Bij installatie werd de sensor gekalibreerd en gedurende het jaar zijn er regelmatig kalibratie-controles uitgevoerd. De aanbevolen kalibratiefrequentie is afhankelijk van de toepassing, maar in het algemeen volstaat een interval van één tot drie maanden.

De nauwkeurigheid van de GS2440EX-sensor is consequent goed gebleken na kalibratie, zelfs na maandenlang gebruik in de vochtige en corrosieve omgeving van het verzamelsysteem. In dergelijke omstandigheden is het gebruikelijk dat gasfase H₂S-loggers regelmatig buiten gebruik raken en wekelijks moeten worden vervangen. De nieuwe technologie van Hach heeft aangetoond veel minder onderhoud nodig te hebben, wat het systeem betrouwbaarder en efficiënter maakt in de praktijk.

Conclusie

Concluderend kan worden gesteld dat dit behandelingssysteem met succes de chemische dosering van de faciliteit heeft geoptimaliseerd door gebruik te maken van de Hach GS2440EX H₂S-sensor in de dampfase, op een meetpunt dat met oudere technologieën niet haalbaar was. De nauwkeurigheid van de sensor en de lage onderhoudsbehoefte hebben het vertrouwen geboden dat nodig was om de strategie voor chemische beperking te automatiseren.

Voordat de faciliteit overstapte op de Hach-oplossing, werd jaarlijks ongeveer \$500.000 besteed aan ijzersulfaat voor geur- en corrosiebestrijding. In het verleden werden regelmatig handmatige H₂S-metingen in het veld uitgevoerd om de dosering bij te stellen. Het nieuwe systeem heeft aangetoond hoe sterk de H₂S-concentraties variëren op seizoens- en dagbasis. Dankzij realtime inzicht in de actuele waarden kan de dosering nu automatisch worden aangepast of zelfs tijdelijk worden stopgezet, op basis van betrouwbare gegevens. Inmiddels is 75 procent van het jaar verstreken en heeft de faciliteit slechts 41 procent van het ijzerbudget gebruikt. Dit wijst op een verwachte jaarlijkse besparing van \$120.000.

In een citaat van een van de systeemmanagers van Central Valley: "Het hebben van real-time gegevens heeft ons geholpen om weloverwogen beslissingen te nemen, onze bedrijfsmiddelen te beschermen en de faciliteit geld te besparen". De GS2440EX-sensor van Hach zorgde voor een niveau van zichtbaarheid dat voorheen niet mogelijk was in water- en afvalwaterbehandeling. De bewaking van de dampfase in combinatie met de Hach SC4500 regelaar met 4-20mA chemische controle heeft de verwachtingen van het personeel overtroffen.

De nieuwe sensor van Hach, met zijn unieke amfibische vermogen om zowel net boven het vloeistofoppervlak als volledig ondergedompeld te worden geplaatst, heeft bewezen een toonaangevende technologie te zijn voor het beschermen van cruciale afvalwaterinfrastructuur. Het personeel heeft een uitstekende meetconsistentie ervaren bij het monitoren van H₂S in de dampfase dicht bij het wateroppervlak, in vergelijking met eerdere meetopstellingen. Het belang van een stabiele, continue gegevensstroom – zonder de versturende invloed van luchtstromen in de buurt van een luik of mangatdeksel – is essentieel gebleken bij het gebruik van deze technologie.

