



HANDLEIDING

Gebruik van sensoren in aquacultuursystemen

Inhoud

Introductie	2
Slimme waternetwerken	3
Uitdagingen van een slim waternetwerk voor aquacultuur	4
Sensoren om toxiciteit op te volgen	6
Sensoren om nutriënten op te volgen	7
Sensoren om biologie op te volgen	8
Mogelijkheden van Arduino	9
Mogelijkheden van alternatieve waterbronnen	10
Aandachtspunten bij de installatie van sensoren	11
Demonstratieplaatsen voor aquacultuur	13

Introductie

Aquacultuur heeft de afgelopen decennia aanzienlijk bijgedragen aan de productie van zeevoeding. In de toekomst zal aquacultuur verder aan belang toenemen om de druk op de afnemende visbestanden te verlichten en om de groeiende vraag naar voedsel als gevolg van de bevolkingsgroei op te vangen.

Op heden kampt de aquacultuurproductie wereldwijd met specifieke uitdagingen, zoals maatregelen om de duurzaamheid van de groeiende aquacultuursector te waarborgen. Eén van de eerste stappen die moeten gezet worden is digitalisering van het kweekstelsel.

De toepassing van digitale processen in de aquacultuur is momenteel zeer beperkt en wordt gedomineerd door handmatige bediening. Digitalisering kan inspelen op verschillende behoeften van de aquacultuursector, zoals automatisering van vistellingen en voedercontroles, opvolgen en bijsturen van de waterkwaliteit en -volumes, ziektepreventie en identificatie van pathogenen. Hiervoor kunnen moderne technieken voor dataverwerking zoals cloud computing, Internet of Things (IoT) en kunstmatige intelligentie (AI) ingeschakeld worden.



In het [Smart WaterUse](#)-project werd een demonstratie uitgewerkt voor digitalisering van aquacultuursystemen gericht op de automatische bewaking van specifieke voedingsstoffen in het kweekwater die schadelijk of gunstig zijn voor bepaalde waterorganismen. Daartoe werd een technologiescouting uitgevoerd naar sensoren voor waterkwaliteitsopvolging. Dit diende als basis voor de blauwdruk van een testopstelling voor een 'digitale aquafarm' op laboschaal.

Deze handleiding vat de resultaten van het Smart WaterUse-project samen en geeft een inleiding tot de digitalisatie van aquacultuurkweeksystemen. Het document kan dienen als een eerste stap voor (startende) ondernemingen in aquacultuur die hun kweekstelsel willen digitaliseren.

Slimme waternetwerken

Een slim waternetwerk is een geheel van technologische elementen die de gebruiker toelaat om accurate waterdoelstellingen te formuleren, gerichte investeringsplannen op te stellen, problemen te voorkomen of efficiënt op te lossen alsook verder kwalitatief en kwantitatief te optimaliseren. Een slim waternetwerk kan voorgesteld worden als lagen die op elkaar gestapeld worden. Hierbij is de robuustheid van het gehele systeem afhankelijk van de onderliggende lagen. De fysieke infrastructuur vormt de grondlaag van het volledige systeem waarop de volgende lagen worden gebouwd. Dit leidt uiteindelijk tot een *Smart Water Network*.

De verschillende lagen van het systeem zoals door het Smart Water Networks Forum (SWAN) voorgesteld, worden hieronder kort toegelicht. Meer technische informatie, workshops en partners voor het uitrollen van slimme waternetwerken zijn terug te vinden op de [SWAN-website](#).

1. De **fysische laag** bestaat uit de fysische elementen zoals pompen, tanks en pijpleidingen, die zorgen voor de aan- en afvoer van water. Elk systeem dat puur op de fysische laag is gebaseerd, maakt geen deel uit van het Smart Water Network.
2. De tweede laag, **sensing & control**, is de grondlaag van een Smart Water Network en omvat zowel sensoren zoals debietmeters en waterkwaliteitssensoren, als controlesystemen zoals gestuurde pompen en kleppen. Deze laag vormt het contactpunt tussen de operator en het proces. Alle informatie die van en naar deze elementen stroomt, wordt in de bovenstaande lagen gebruikt. Het is belangrijk te begrijpen dat deze informatie betrouwbaar dient te zijn en dat de sturing bijgevolg correct uitgevoerd wordt. Wanneer er iets in het proces wijzigt, is het van belang om een snelle controle van de betrokken sensoren te doen.
3. De derde laag, **collection & communication**, omvat de datatransmissie en -opslag. Diverse sensoren werken met diverse communicatieprotocollen. Via de transmissie van data kunnen sensoren en actuatoren in de tweede laag worden aangestuurd en kunnen zij om hun beurt informatie terugsturen. Datapunten kunnen worden opgeslagen in de sensor zelf of op het computersysteem waar ze naartoe worden gestuurd. Een grote dataset kan verder worden gebruikt voor modelleren, voorspellen en het automatische bijsturen.
4. De vierde laag, **data management & display**, zien we in de controlekamer. Alle verzamelde data komt hier samen en wordt via een systeem, bv. Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA), visueel voorgesteld met mogelijkheid tot bijsturing tot in de fysieke laag. Daarnaast wordt de verkregen data ook in deze laag opgeslagen. In deze laag kan de operator het proces gaan bijsturen, maar ook eenvoudige alarmsignalen komen hier terecht.
5. De laatste laag wordt de **data fusion & analysis**-laag genoemd en omvat Smart Tools zoals automatische reacties en foutmeldingen, maar kan ook zover gaan als modelleringen en voorspellingen aan de hand van beschikbare data. Zo kunnen trends op lange termijn worden onderzocht.

Uitdagingen van een slim waternetwerk voor aquacultuur

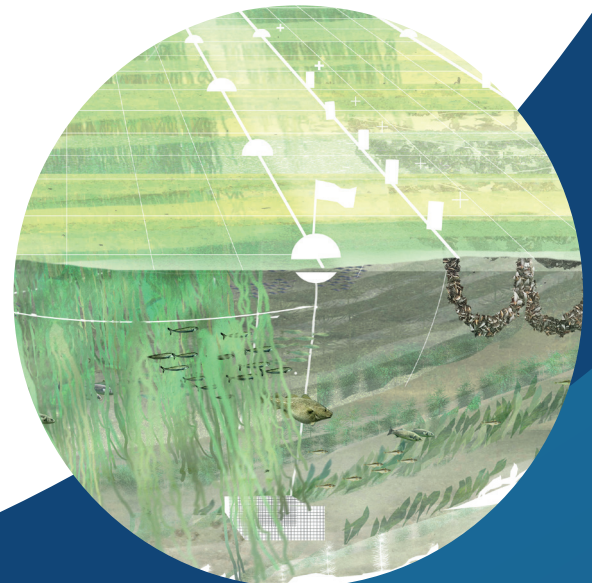
Sensoren introduceren in aquacultuursystemen is niet vanzelfsprekend, omdat (i) het een hele uitdaging is om sensoren te vinden die betrouwbaar in zout water werken en er een lange levensduur hebben; (ii) specifieke parameters moeilijk volcontinu of semi-automatisch gemeten kunnen worden (kostprijs, beschikbaarheid); en (iii) het voor bepaalde parameters zoals stikstof moeilijk is om goede en betaalbare sensoren te vinden. Er zijn enkele algemene parameters die belangrijk zijn voor alle species en enkele parameters die specifiek zijn voor een species (zie Tabel 1).

Overzicht algemene en species specifieke parameters voor aquacultuur

ALGEMENE PARAMETERS	SPECIFIEKE PARAMETERS
- Saliniteit - pH - Gehalte opgeloste zuurstof - Temperatuur (T) - Volumes - Debieten	Zeewieren/microalgen/cyanobacteriën: - Licht: fotosynthetisch actieve foton densiteit - Macronutriënten: nitraat, ammonium, fosfaat - Micronutriënten - Biomassadensiteit Garnalen & vissen: - stikstofcomponenten want toxisch bij bepaalde concentraties (o.a. afhankelijk van het zoutgehalte van het water): nitraat, nitriet, ammonium / ammoniak - Microbiologische waterkwaliteit - Dierenactiviteit: akoestische sensoren (hydrophone) die de dierenactiviteit opmeten om het automatisch voederen te sturen

Voor de **algemene parameters** zijn voor zeewater geschikte sensoren commercieel beschikbaar aan betaalbare prijzen. De belangrijkste leveranciers van sensoren in Vlaanderen zijn Endress+Hauser, Hach, LI-COR en Siemens. Siemens heeft zich voornamelijk toegespitst op kwantitatieve metingen. De markt van sensoren voor aquacultuur ontwikkelt zich snel. Kijk daarom steeds op de website van de sensorleveranciers voor de laatste nieuwe producten en diensten.

Voor de **specifieke parameters** wordt een onderscheid gemaakt tussen: (1) parameters die eerder een toxiciteitsdrempelwaarde hebben (bv. ammoniak voor dieren); (2) parameters die een voedingsoptimalisatiefunctie hebben; en (3) parameters die het automatisch voederen sturen.



Voor bedrijven is er een commercieel gamma van professionele sensoren beschikbaar. Nat-elektrochemische en optische sensoren hebben specifieke voor- en nadelen. De meest recente ontwikkelingen bevinden zich bij de optische meetsensoren. Spectrolyzers hebben de mogelijkheid om verschillende golflengtes per seconde op te meten en bijgevolg verschillende parameters op te volgen aan de hand van één sensor. Bedrijven als Elscolab en Endress+Hauser bieden instrumenten aan die ontwikkeld zijn voor een marien milieu.

Vergelijking tussen sensortechnieken voor het monitoren van nutriënten in zeewater.

TECHNIEK	VOORDELEN	NADELEN	SENSOREN
Nat-elektrochemisch	Brede toepasbaarheid; zeer nauwkeurig	Delicaat; duur; reagentia nodig	Ammoniaksensoren: < €1.000 Automatische analyzers (ammonium): 1 staal/uur: < €80.000
Optisch	Geen reagentia; nauwkeurig	Mogelijk interferentie; relatief duur; beperkte toepasbaarheid	Nitraatmeting met spectro::lyser: < €20.000

Vanwege de hoge prijzen van automatische monitoringsystemen werden alternatieven onderzocht door Universiteit Gent voor de huidige aquacultuuronderzoeksprojecten, waaronder: (i) het gebruik van een autosampler om vervolgens stalen op te sturen en te analyseren in het labo; en (ii) het gebruik van een spectrofotometer om uitlezing van resultaten te automatiseren en objectiviteit te incorporeren. Deze laatste optie is echter manueel intensief. De **blauwdruk voor een sensornetwerk** werd bijgevolg opgebouwd uit enerzijds commercieel beschikbare sensoren en anderzijds sensoren die specifiek voor aquacultuur ontwikkeld moeten worden:

1. **Commercieel gevalideerde sensoren** (met een budget van < €10.000) voor het meten van de algemene parameters;
2. **Stikstofmeting met experimentele sensor** (opties: Seneye Reef, Spectro::lyser UV254, SeaChem PhosGuard, Nitrate "OPUS" for fresh and salt water | Sihalla, SUNA V2 Nitrate sensor);
3. **Nieuw ontwikkelde sensor** voor het meten van specifieke nutriënten (zoals fosfaat of nitraat) gebaseerd op absorptiekenmerken in UV-licht.

Voor kleine bedrijven (minder dan 100-200 ton product/jaar) zijn de investerings- en operationele kosten voor een uitgebreid monitoringssysteem vaak te hoog. Technologieleveranciers spelen daarom in op twee oplossingen voor aquacultuurbedrijven:

- Enerzijds is er **monitoring as a service**, waarbij operatoren een monitoring-contract kunnen afsluiten met een leverancier die rapporten oplevert met de afgesproken frequentie en de te meten parameters.
- Anderzijds kan men gebruik maken van **virtuele sensoren**. Meer en meer proberen bedrijven, via het modelleren van processen, verbanden te zoeken tussen verschillende parameters. Hierdoor kunnen deze bedrijven met een beperkte analyse de overige parameters voorzien van een waarde. Dit beperkt het aantal sensoren die aangekocht en onderhouden moeten worden.

Sensoren om toxiciteit op te volgen

Voor garnalen en vissen is het heel belangrijk om de stikstofparameters op te volgen gezien hoge concentraties van bepaalde stikstofparameters een toxisch effect hebben. Hier gaat het dus om een drempelwaarde voor toxiciteit, waarbij het aflezen van specifieke waarden ondergeschikt is aan het aangeven van een alarm bij overschrijding. Ten gevolge van biochemische processen zoals nitrificatie wordt ammoniak in het kweekstelsel en/of de biofilter omgezet tot nitriet en nitraat:

Ammoniak (NH_3)/ ammonium (NH_4^+) -> Nitriet (NO_2^-) -> Nitraat (NO_3^-)

Voor deze toepassing werd beslist om de Seneye Reef Sensor uit te testen en te kijken of deze sensor voldoende gevoelig is om een alarmsysteem te sturen. Hoewel bij een stijgende concentratie van ammoniak de sensor ook een stijgende trend weergeeft, onderschat hij de effectieve concentratie van nitraat. Eventueel kan kalibratie van de sensor wel een oplossing bieden. Deze kalibratie zou dan maandelijks moeten gebeuren bij het vervangen van de fiche.



Seneye Reef Sensor

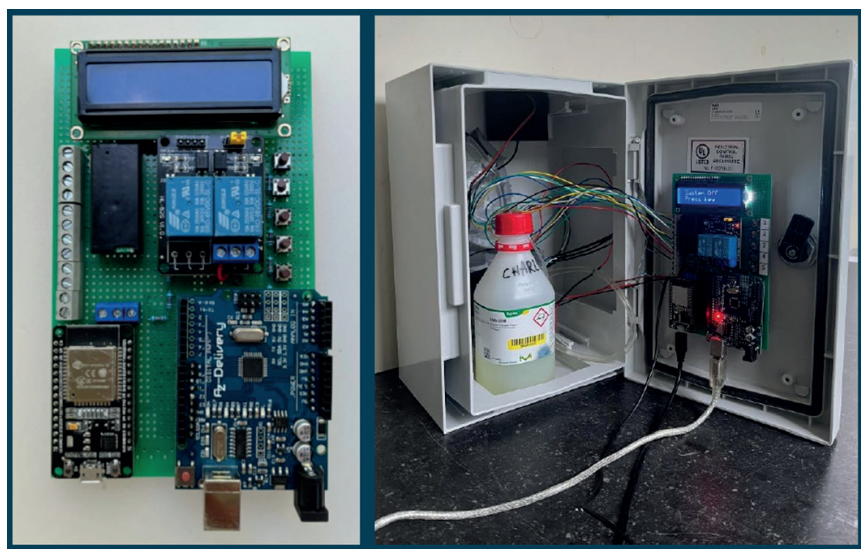
Ook de spectrolyser werd getest door het opsturen van stalen naar de fabrikant. De waarden van de waterparameters gemeten door de fabrikant lagen, bij gebruik van een correct algoritme, dicht in de buurt van de waargenomen laboratoriumwaarden. Verdere optimalisatie is mogelijk door een algoritme te creëren dat afgestemd is op het kweekmedium en accurate waarden weergeeft bij verschillende concentraties.

Een nat-chemische analyzer kan ammoniak meten, terwijl een optische analyzer enkel nitraat en nitriet kan meten. Dit creëert een lagtijd van onbekende duur tussen de detectie van nitraat en ammoniak. Meer onderzoek is nodig naar de stikstofcyclus in de kweek om deze lagtijd correct in te schatten, zodat de spectrolyser een alarm slaat bij de nitraat- of nitrietconcentratie overeenkomstig de alarmwaarde voor de ammoniakconcentratie.

Sensoren om nutriënten op te volgen

Zoals eerder aangegeven, is het moeilijk om betaalbare sensoren te vinden die op een automatische manier macronutriënten in zeewater monitoren en een lange levensduur hebben. Dat is zeker het geval indien verschillende macronutriënten gemonitord moeten worden. Daarom ontwikkelde Universiteit Gent een **nieuwe, betaalbare sensor volgens de nat-chemische methode** op basis van vanadaat-molybdeen.

Waterstalen worden automatisch genomen en gemengd, waarna een spectrofotometer na een verkleuringsreactie de fosfaatconcentraties meet in de stalen. Bepaling van de fosfaatconcentraties door absorptie van het licht in een golflengte van 430 nanometer in dit nieuw systeem werd vergeleken met analytische metingen van de fosfaatconcentraties. Dit leverde een voldoende hoge correlatie op. Enkel voor lage concentraties ($< 0,01$ mg/L) is de sensor niet in staat om accurate metingen te genereren.



Prototype van de door UGent ontwikkelde sensor om fosfaatconcentraties te meten

Het bouwen van dit prototype gebeurde iteratief en resulteerde in een heel performante sensor die verschillende macronutriënten kan meten. Alle onderdelen zijn open-source en maken gebruik van Arduino (zie lager). Enkele onderdelen zoals de connector en de behuizing voor de lichtsensor zijn op maat ontworpen en gemaakt met een 3D-printer.

De sensor kan gebouwd worden tegen een lage kostprijs (indicatief €450), kan meten in de range van 0,01 tot 10 mg/L, en werkt volledig autonoom met een online connectie voor datatransfer. Het geheel kan worden ingebouwd in een waterbestendige behuizing. Een gelijkaardig proces kan men doorlopen voor andere macronutriënten, om zo een set van kleine, betaalbare, nat-chemische sensoren voor verschillende toepassingen te bouwen.

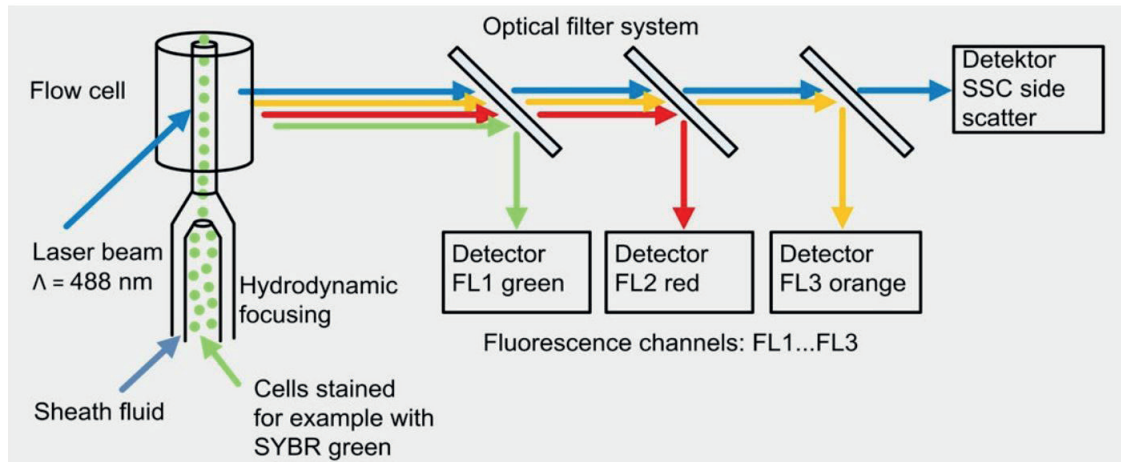
Sensoren om biologie op te volgen

Op dit moment wordt het aantal micro-organismen in aquatische systemen klassiek bepaald door het uitplaten en opgroeien van kolonievormende eenheden of PCR- of andere DNA (RNA)-technieken. De incubatietijd van de klassieke uitplaatmethodes is één tot meerdere dagen. Hierdoor komen remediërende maatregelen vaak te laat, met grote sterfte van de organismen tot gevolg.

Verscheidende bedrijven zijn bezig met de ontwikkeling van een microbiële sensor of een meetsysteem om de concentratie aan micro-organismen indirect en atline of offline te bepalen binnen een aantal uur in de plaats van dagen. Zo maakt KYTOS gebruik van flowcytometrie om specifieke diensten voor microbioommanagement aan te bieden aan de aquacultuursector.

Flowcytometrie is een techniek die toelaat op een korte tijd microscopisch kleine deeltjes te tellen in een stromende vloeistof. Een laser wordt gericht op de stromende vloeistof. Door de hydrodynamische focus kunnen de deeltjes namelijk slechts één per één door de laser bewegen. Aan de hand van het voorwaarts verstrooid licht kan de deeltjesgrootte worden bepaald. De zijwaartse verstrooiing geeft meer informatie over de eigenschappen van de cel.

Wanneer beide worden geplot op een grafiek, kunnen wolken van gelijkaardige deeltjes worden weergegeven. Om nog preciezer te werken, kan er gebruik gemaakt worden van fluorescente kleurstoffen die kunnen worden gedetecteerd door de flowcytometer.



Metanor: meetprincipe van de Online Bacteria Analyser (Metanor, 2021)

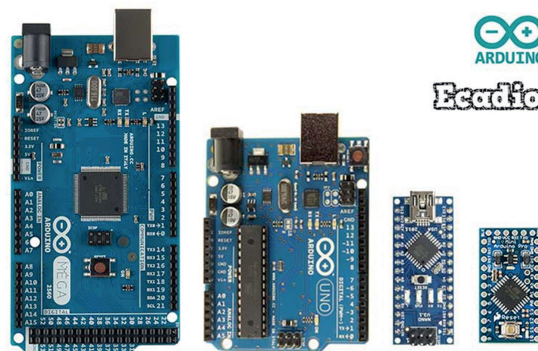
Mogelijkheden van Arduino

Sensoren kunnen het productieproces voorzien van de nodige stabiliteit. Zo bewaken ze de kwaliteit van het productieproces en kunnen operatoren waarschuwen wanneer er iets dreigt af te wijken van het 'normale' productieprocesverloop. Hierdoor kan een operator anticiperen op onderhoud, investeringen en finale productkwaliteitseisen.

In een ander onderdeel van het Smart WaterUse-project gingen we in op de mogelijkheden van open-sourceplatformen om de algemene parameters op een laagdrempelige wijze te monitoren. Het Arduino-platform laat gebruikers toe om op een makkelijke en goedkope manier sensoren uit te lezen en ook acties te genereren. Doordat veel reguliere toepassingen van de Arduino-omgeving vooral gericht zijn op robotica en het meten van factoren in een niet-aquatiscche omgeving, blijft deze technologie voor velen onbekend. De voordelen van Arduino zijn:

- Gemakkelijk in gebruik, maar toch polyvalent;
- Open-source hardware en software;
- Lage kostprijs van board en connectoren;
- Grote bibliotheek aan voorgeprogrammeerde sketches via de Integrated Development Environment (IDE).

De installatie van de software pakketten en aankoop van de hardware kan via [Arduino - Home](#). Op deze website vind je ook inspirerende voorbeelden van toepassingen van Arduino in een operationele omgeving. Enkele voorbeelden voor aquacultuur of gelijkaardige kweeksystemen zijn: (i) Smart hydroponic modular system; (ii) Fish-O-Matic; en (iii) Vinduino, a wine grower's water saving project.



Verschillende boards voor Arduino-systemen

Het les- en trainingsmateriaal omtrent Arduino dat uitgewerkt werd in het kader van Smart WaterUse-project wordt gratis ter beschikking gesteld door [Marine Training van Universiteit Gent](#). Je dient je hiervoor wel te registreren via de website.

In deze cursus worden in een eerste deel de basisprincipes van Arduino uitgelegd, alsook de mogelijkheden van het Arduino-bord voor het uitlezen en controleren van sensoren. In een tweede deel worden instructies gegeven om zelf aan de slag te gaan met een **Arduino trainingkit**. Na het volgen van deze cursus zou je in staat moeten zijn om zelf een opstelling te bouwen en om verzamelde gegevens uit te lezen. Doordat de technologie open-source is, is het eenvoudig om deze technieken op een goedkope manier te integreren in je eigen specifieke toepassing.

Mogelijkheden van alternatieve waterbronnen

De beschikbaarheid van water met hoge kwaliteit (zowel voor groei van larven als voedselveiligheid) vormt een uitdaging voor de groei van de aquacultuursector. Er is daarom nood aan een innovatief watermanagement, inclusief het gebruik van alternatieve waterbronnen (bv. pekelwater) en innovatieve kweektechnieken (bv. aquacultuursystemen op basis van recirculatie) met recirculatie van water en hergebruik van afvalwater.

Daarom ontwikkelde VITO een online tool die bedrijven dieper inzicht verschaft in hun waterbeheer en op basis daarvan gerichte optimaliseringsacties voorstelt: de WaterBarometer. Deze tool bestaat uit verschillende modules. Een eerste stap is het opbouwen van de waterbalans met de relevante deelstromen en kosten van het watersysteem. Op basis hiervan worden de risico's van alternatieve waterbronnen berekend en gevisualiseerd op een dashboard.



Scenarioanalyse

Door de WaterBarometer krijgen de bedrijven een omgevingsanalyse met nabijgelegen alternatieve, duurzame waterbronnen. Voor het gebruik van deze waterbronnen worden ook geschikte behandelingen en vereiste investeringen gepresenteerd. Verschillende alternatieve waterbalansen kunnen vervolgens met elkaar vergeleken worden. Om het waterbeheer verder te optimaliseren, worden op basis van de antwoorden op een vragenlijst acties op maat voorgesteld in de vorm van actiefiches.

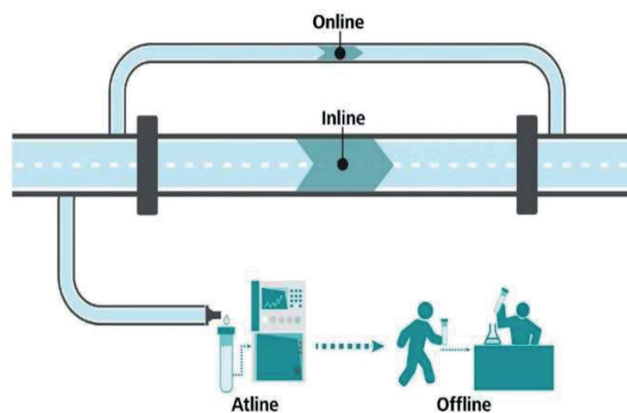
Het gebruik van de WaterBarometer helpt je om de juiste maatregelen te selecteren voor jouw bedrijf. Hiervoor dien je je te registreren op het platform. Registratie is gratis.

Meer informatie is terug te vinden op:
www.waterbarometer.be

Aandachtspunten bij de installatie van sensoren

Meet- en regeltechnieken brengen een zekere CAPEX en OPEX met zich mee, waardoor we de implementatie ervan best optimaliseren. Hiervoor moet er aan antwoord gegeven worden op de volgende 10 vragen:

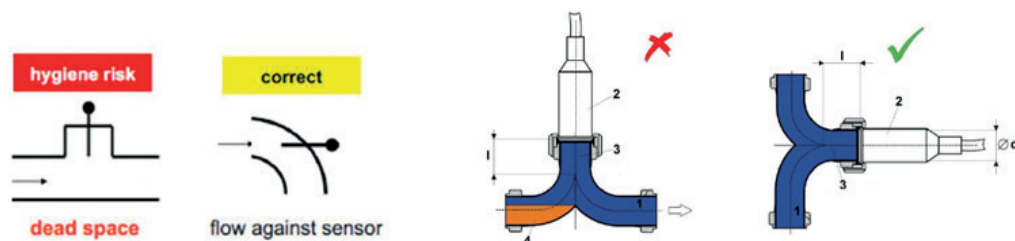
1. Zijn alle sensoren noodzakelijk?
2. Wat is de huidige meetmethode?
3. Wat wil je uit de data halen? Is de meting indicatief voor de monitoring van het proces of wordt deze gebruikt voor bijsturing?
4. Staat de sensor op de juiste plaats geïnstalleerd? M.a.w. is er voldoende debiet dicht bij een bocht of dode hoek, en/of is er interferentie door andere toestellen (bv. magnetische of trilsignalen)?
5. Wordt de sensor correct gebruikt (onderhoud, interferentie etc.)?
6. Wat is de Thermal Coefficient Offset (TCO)?
7. Is de sensor compatibel met de bestaande infrastructuur (vb. communicatieprotocollen)?
8. Is het merk betrouwbaar?
9. Zijn er sectorale referenties of vereisten voor de sensor (vb. meetprincipe, certificaten)?
10. Beschikt de sensor over de juiste karakteristieken (vb. materialen, accuraatheid)?



Verskil tussen online (op een zijstroom (by-pass) van het productieproces), inline (rechtstreeks in de hoofdleiding van het productieproces), atline (staalname gevolgd door onmiddellijke analyse ter plaatse) en offline (staalname gevolgd door analyse in het lab) metingen.

Om een juiste meerwaarde te verkrijgen en het proces accuraat bij te sturen, is een correct gebruik van de sensor cruciaal. Hiervoor is het belangrijk dat de sensor enkel gebruikt wordt waarvoor die ontwikkeld is. Bij de ontwikkeling worden enkele parameters reeds vastgelegd (bv. meetbereik en toepassingsmedium).

Zo zijn er sensoren die werken in zout en/of zoet water, warm water, en stilstaand water. Het is bijgevolg niet vanzelfsprekend dat een sensor accuraat werkt in elk medium, en dit vereist dus de nodige aandacht.



Correcte installatie van sensoren

Daarnaast is het belangrijk dat het meetinstrument juist geïnstalleerd wordt. Sommige sensoren moeten tegen de stroom in meten, en andere moeten horizontaal geïnstalleerd worden. Vervolgens moeten de sensoren, na installatie, gekalibreerd worden en moet dit proces met de nodige frequentie herhaald worden. Bijgevolg is het wenselijk om de **kalibratieprocedure** vooraf te bekijken om de kost en technische haalbaarheid hiervan in te schatten.

Tot slot is er nood aan reiniging en onderhoud van de sensor. De frequentie is afhankelijk van het model en type sensor. Slechts een handvol sensoren zijn echt vrij van onderhoud. Een **degelijk onderhoudsplan** is bijgevolg noodzakelijk om de levensduur van het apparaat te verlengen en waardevolle meetresultaten bekomen.

Demonstratieplaatsen voor aquacultuur

Vooraleer over te gaan tot de uitrol van een slim waternetwerk, kan het aangewezen zijn om de gewenste opstelling te testen op laboschaal en waar nodig bij te sturen. Hiervoor kan je beroep doen op de testfaciliteiten en diensten van het European Marine Biological Resource Centre (EMBRC). Dit is een onderzoeksnetwerk dat fundamenteel en toegepast onderzoek stimuleert binnen de domeinen van de mariene biologie en ecologie. Binnen dit Europees netwerk van 32 faciliteiten zijn er 5 Belgische entiteiten, nl. in de steden Gent, Oostende, Hasselt, Leuven en Brussel.



Elke entiteit binnen het EMBRC stelt een aantal diensten ter beschikking in de volgende categorieën: (1) e-diensten; (2) technologieplatformen; (3) vorming en bibliotheekdiensten, (4) accommodatie en catering; (5) ecosysteemtoegang; (6) biologische bronnen; en (7) experimentele faciliteiten.

Via het EMBRC-netwerk hebben bedrijven toegang tot test- en demonstratie-infrastructuur voor aquacultuur en gerelateerde diensten voor aquacultuur, zowel in België als in andere Europese landen. Meer informatie en een overzicht van de beschikbare diensten is te vinden via de [EMBRC website](#).

Het Smart WaterUse-project is een samenwerking van De Blauwe Cluster met Flanders' FOOD, Fevia Vlaanderen, Watercircle.be, Centexbel, VITO, Vlakwa en Universiteit Gent, en kwam tot stand met de steun van VLAIO.



© **De Blauwe Cluster**, februari 2023.

Auteurs:

Lien Loosvelt (*De Blauwe Cluster*), Karen Vanderstraeten
(*De Blauwe Cluster*), Shanna Vanblaere (*EMBRC-UGent*),
Matthias Mertens (*Watercircle*) en Arne Huyst (*Flanders' FOOD*).

Gelieve als volgt naar deze publicatie te verwijzen:

De Blauwe Cluster (2023). Handleiding Gebruik
van sensoren in aquacultuursystemen.

De Blauwe Cluster vzw

Bluebridge
Wetenschapspark 1
B-8400 Oostende

T +32 (0)50 26 75 15
www.blauwecluster.be



Samen voor sterke groei door innoveren en internationaliseren

Meer starters, meer blijvers, meer groeiers: daar gaan we voor!
Agentschap Innoveren & Ondernemen en de clusters willen samenwerking
tussen ondernemingen, kennisinstellingen en overheden faciliteren.
Flanders' Food is de speerpuntcluster en innovatieplatform voor de Vlaamse
agrovoedingsindustrie. De Blauwe Cluster is de speerpuntcluster voor de
blauwe economie. Ontdek de andere clusters op www.vlaio.be/clusters.
#sterkgroeien