

De Buisvijzel als innovatieve sleutel tot duurzaam waterbeheer

Eindrapport PIO-voortraject

Auteurs:

Gerd Van Cauteren

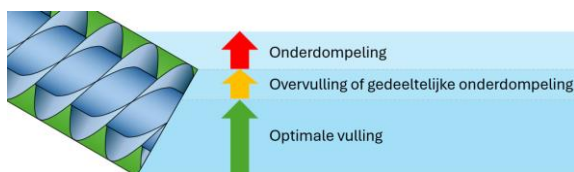
Samenvatting	4
Executive Summary.....	7
1. Inleiding en context	11
2. Methodologie.....	13
2.1. Voortraject en gevolgde stappen	13
2.2. Onderzoeksmethodologie en -pijlers.....	15
3. Stand der techniek	16
3.1. Analyse van de bestaande pompsystemen	16
3.2. Systeemarchitectuur en het kritieke knelpunt	16
3.3. Expertise in de markt	16
3.4. Beperkingen en risico's in de huidige situatie	17
3.5. Conclusie stand der techniek	17
4. Behoeftanalyse	18
4.1. Objectieven van de stakeholders	18
4.2. Behoeften vanuit het gebruikersperspectief (User Stories)	18
5. Opzet van het onderzoekstraject & validatiescenario's	20
5.1. Begrip en validatie van de kerncurves	20
5.1.1. De debietcurve (flow rate curve)	20
5.1.2. De efficiëntiecurve (efficiency curve)	21
5.2. De parallelle validatie.....	22
5.2.1. Voorlopig plan van aanpak & iteratieve flow over de vier fasen	23
5.3. Strategische scenario's op basis van het schema	25
Scenario 1: Het hybride scenario	25
Scenario 2: Het schaalmodel-eerst scenario	26
Scenario 3: Het CFD-eerst scenario	27
6. Inzichten die voortkomen uit de behoeftenanalyse	28
7. Kennisstrategie en kennisvrijwaring	30
7.1. Kennisvrijwaring en eventuele intellectuele eigendomsrechten - algemene strategie en verplichtingen.....	30
7.2. De Open Kennisarchitectuur binnen het PIO-voortraject.....	30
7.3. De 'grijze zone' tussen Background en Foreground	31
8. Marktconsultatie	34

8.1. Verworven inzichten uit de marktconsultatie	34
8.1.1. Welke vooropgestelde behoeften, specificaties of eisen zijn bevestigd door de marktpartijen?	34
8.1.2. Welke vooropgestelde behoeften, specificaties of eisen zijn gefinetuned of herwerkt door de marktpartijen?	35
8.1.3. Welke vooropgestelde behoeften, specificaties of eisen zijn weerlegd door de marktpartijen als niet mee te nemen in het vervolgtraject?	35
8.1.4. Welke nieuwe, nog niet gekende inzichten heeft de marktconsultatie opgeleverd?	36
8.2. Conclusie en strategische aanbevelingen voor MOW	36
8.2.1. Verplichte consortiumstructuur met een 'Hoofdaannemer'	36
8.2.2. Opschaling van de fysieke lab-schaal (Budgettaire impact)	37
8.2.3. Mitigeren van 'IP-frictie' binnen het consortium	37
8.2.4. Flexibele planning wegens restricties op vistesten	37
8.2.5. Evaluatie van de 'Fast-Track' praktijktest in Nederland (optioneel)	38
8.3. Aanwezigheidslijst marktconsultatie	38

Samenvatting

Context en Doelstelling

De Vlaamse pompinfrastructuur is sterk verouderd en het versnipperde waterbeheer belemmert effectieve innovatie en kennisdeling. Hoewel de gesloten buisvijzel met meedraaiende mantel in theorie een uiterst duurzaam en visvriendelijk alternatief vormt voor toekomstige renovaties kampt deze technologie in de praktijk in tegenstelling tot de open vijzel met onverklaarbare debiet- en rendementsverliezen bij overvulling of volledige onderdompeling. Het is cruciaal om dit kennishiaat te dichten, daarom bundelen het Departement MOW (NeXperta), de Provincie West-Vlaanderen en de Westkustpolder de krachten in dit project binnen het Programma Innovatieve Overheidsopdrachten (PIO). In dit rapport delen we de inzichten uit het voortraject waarin we de behoefte verder analyseerden en de markt consulteerden. We beschrijven de technische, functionele en juridische basis om dit vraagstuk in de markt te zetten.



Figuur 1: Waterpeilen t.o.v. de inlaatmond van de vijzel

Het PIO-Voortraject

Het voortraject moet het onderzoek naar de betrouwbaarheid van de buisvijzel vormgeven. Tijdens deze voorbereidende fase werd de complexe theorie rondom de hydraulische instabiliteit bij overvulling en volledige onderdompeling (waargenomen bij eerdere installaties zoals in Deurne en Veurne) objectief in kaart gebracht. Dit gebeurde via uitgebreide deskresearch, literatuurstudies en gerichte workshops met de hydraulische en elektromechanische experts van Departement MOW, het Waterbouwkundig Labo, Provincie West-Vlaanderen, Westkustpolder en Verhaert Masters in Innovation.

Vervolgens werd deze interne behoeftebepaling afgetoetst aan de marktrealiteit via een internationale marktconsultatie. Hierbij is de dialoog aangegaan met gespecialiseerde Europese vijzelfabrikanten, grote aannemers (integratoren) en CFD-kenniscentra. Dit voortraject was essentieel om inzicht te krijgen in de onverklaarbare technische fenomenen en om de mogelijke O&O-scenario's op hun haalbaarheid te evalueren alvorens de aanbesteding in de markt te zetten.

O&O-Aanpak en Risicobeheersing

Om de technologische onzekerheden veilig en structureel op te lossen, definieert dit rapport een robuuste, iteratieve R&D-aanpak:

- **Parallele validatiemethodiek:** Het O&O-traject steunt op een hybride, parallelle uitvoering van geavanceerde multi-phase CFD-modellering, een fysiek schaalonderzoek (bv. schaal 1:5 of 1:3) en een finale *in-situ* praktijktest in het pompemaal in Steenkerke.
- **Fasespecifieke Go/No Go-breekpunten:** Het financiële en technologische risico voor de publieke sector wordt beperkt via harde afbreekmomenten na elke validatiestap, om te vermijden dat er onverantwoorde investeringen gebeuren in de bouwkundige praktijkfase.

Kennisstrategie en Intellectueel Eigendom (IE)

Een fundamentele vereiste voor het welslagen van deze overheidsopdracht is de contractueel verankerde 'Black Box/White Box'-kennisstrategie.

- **Black Box:** Private bedrijfsgeheimen en specifieke productiemethoden (Background) blijven de exclusieve eigendom van de participerende fabrikanten.
- **White Box:** De overheid krijgt de absolute en vrije beschikking over de nieuwverworven stromingsinzichten en de onafhankelijk gekwantificeerde referentiecurves (Foreground).

Deze opzet stelt het Departement MOW in staat om de gevalideerde prestatie-eisen merkonafhankelijk te borgen in het Standaardbestek 280 (SB 280). Dit creëert een langdurig, competitief gelijk speelveld op de Europese markt en maakt toekomstige brede standaardisatie in Vlaanderen mogelijk.

Marktinzichten en Randvoorwaarden voor Aanbesteding

Uit een uitgebreide marktconsultatie is gebleken dat niche-experts, kenniscentra en vjzelproducenten deze R&D-methodiek en kennisstrategie onderschrijven. De consultatie leverde volgende randvoorwaarden op voor de effectieve aanbesteding:

- **Scherpe validatie-targets:** De markt acht een maximale foutmarge van 10% tussen de virtuele CFD-voorspellingen en de werkelijke praktijkmetingen realistisch.
- **Verplichte Prime Contractor:** Aangezien de aanwezige niche-experts weigeren om de integrale financiële en juridische eindverantwoordelijkheid te dragen, is het een harde eis dat een grote civiele aannemer of *system integrator* optreedt als hoofdaannemer binnen het consortium.
- **Ecologische beperkingen:** Vanwege de complexe ethische regelgeving en seizoensgebonden restricties rondom vistesten (visvriendelijkheid), dient de projectplanning en budgettering hier strak op te worden afgestemd.

Conclusie

Met de inzichten die zijn voortgekomen uit dit voortraject en de strategisch verwerkte marktsignalen, is het PIO-project voorbereid op de aanbesteding en marktcompetitie van het noodzakelijke onderzoek. Het voortraject heeft de kritieke kennislacunes rondom de hydraulische instabiliteit bij onderdompeling gedefinieerd en deze vertaald naar een gerichte, parallelle validatiemethodiek en een 'Black Box / White Box' kennisstrategie.

Het fundament ligt hiermee klaar om een gericht, risico gestuurd en methodologisch onderbouwd O&O-traject in de markt te zetten. Dit vervolgonderzoek – gebruikmakend van geavanceerde simulaties, fysiek schaalonderzoek en in-situ praktijkmetingen – zal het wetenschappelijk onderbouwde antwoord moeten leveren op de vraag óf, en onder welke constructieve voorwaarden, de gesloten buisvijzel met meedraaiende mantel daadwerkelijk een betrouwbaar, visvriendelijk en energie-efficiënt alternatief kan vormen voor het duurzame waterbeheer van de toekomst.

Executive Summary

Context and Objective

Flemish pumping infrastructure is severely outdated, and fragmented water management hinders effective innovation and knowledge sharing. Although the closed tubular screw pump with a rotating shroud theoretically represents a highly sustainable and fish-friendly alternative for future renovations, in practice—unlike the open screw pump—this technology suffers from unexplained flow rate and efficiency losses during overfilling or complete submergence. Closing this knowledge gap is crucial; therefore, the Department of MOW (NeXperta), the Province of West Flanders, and the Westkustpolder are joining forces in this project within the Program for Innovative Public Procurement (PIO). In this report, we share the insights from the preparatory phase in which we further analyzed the needs and consulted the market. We describe the technical, functional, and legal foundations required to bring this challenge to the market.



Figure 2: Water levels relative to the screw pump intake

The PIO Preparatory Phase

The preparatory phase is designed to shape the research into the reliability of the tubular screw pump. During this preparatory stage, the complex theory surrounding hydraulic instability during overfilling and complete submergence (observed in previous installations such as in Deurne and Veurne) was objectively mapped. This was achieved through extensive desk research, literature reviews, and targeted workshops with hydraulic and electromechanical experts from the Department of MOW, Flanders Hydraulics Research (*Waterbouwkundig Labo*), the Province of West Flanders, the Westkustpolder, and Verhaert Masters in Innovation.

Subsequently, these internal needs assessment was benchmarked against market reality through an international market consultation. Dialogue was initiated with specialized European screw pump manufacturers, large contractors (integrators), and CFD knowledge centers. This preparatory phase was essential to gain insight into the unexplained technical phenomena and to evaluate the feasibility of potential R&D scenarios before launching the procurement procedure.

R&D Approach and Risk Management

To resolve technological uncertainties safely and structurally, this report defines a robust, iterative R&D approach:

- **Parallel Validation Methodology:** The R&D trajectory relies on a hybrid, parallel execution of advanced multi-phase CFD modeling, a physical scale-model study (e.g., scale 1:5 or 1:3), and a final *in-situ* field test at the pumping station in Steenkerke.
- **Phase-specific Go/No-Go Breakpoints:** Financial and technological risks for the public sector are mitigated through strict exit points (*stage-gates*) after each validation step to prevent unjustifiable investments in the physical construction phase.

Knowledge Strategy and Intellectual Property (IP)

A fundamental requirement for the success of this public procurement contract is the contractually anchored 'Black Box/White Box' knowledge strategy.

- **Black Box:** Private trade secrets and specific manufacturing methods (*Background IP*) remain the exclusive property of the participating manufacturers.
- **White Box:** The government obtains absolute and free use of the newly acquired flow insights and the independently quantified reference curves (*Foreground IP*).

This framework enables the Department of MOW to anchor the validated performance requirements in a brand-neutral manner in Standard Specification 280 (*Standaardbestek 280* - SB 280). This creates a long-term, competitive level playing field in the European market and enables future broad standardization across Flanders.

Market Insights and Boundary Conditions for Procurement

An extensive market consultation revealed that niche experts, knowledge centers, and screw pump manufacturers endorse this R&D methodology and knowledge strategy. The consultation yielded the following boundary conditions for the effective tender:

- **Tight Validation Targets:** The market considers a maximum error margin of 10% between the virtual CFD predictions and the actual physical measurements to be realistic.
- **Mandatory Prime Contractor:** Since the participating niche experts refuse to bear the comprehensive financial and legal end responsibility, it is a hard requirement that a large civil contractor or *system integrator* acts as the prime contractor within the consortium.
- **Ecological Constraints:** Due to complex ethical regulations and seasonal restrictions surrounding fish testing (*fish-friendliness*), project scheduling and budgeting must be tightly synchronized with these limitations.

Conclusion

With the insights gained from this preparatory phase and the strategically processed market feedback, the PIO project is prepared for the procurement and market competition of the necessary research. The preparatory phase has defined the critical knowledge gaps surrounding hydraulic instability under submerged conditions and translated them into a targeted, parallel validation methodology and a 'Black Box / White Box' knowledge strategy.

This establishes the foundation to launch a targeted, risk-managed, and methodologically sound R&D trajectory in the market. This subsequent research—utilizing advanced simulations, physical scale-model research, and in-situ field measurements—must provide the scientifically proven answer to the question of whether, and under what structural conditions, the closed tubular screw pump with a rotating shroud can indeed serve as a reliable, fish-friendly, and energy-efficient alternative for the sustainable water management of the future.

1. Inleiding en context

Dit rapport vormt de synthese van een eerdere behoefteanalyse en een onderzoek naar de stand der techniek rondom de gesloten buisvijzel met meedraaiende mantel. Deze technologie wordt naar voren geschoven als een innovatief alternatief voor de renovatie van het Vlaamse pompgemalenpatrimonium. Naast een gedetailleerde beschrijving van het voorgestelde O&O-onderzoek bevat dit document ook de verworven inzichten voor CFD- en schaalmodel opzet en de kennisstrategie. Deze elementen zijn direct aan de praktijk afgetoetst via een uitgebreide marktverkenning en gerichte interviews met kenniscentra.

Het doel van dit voorbereidingstraject is het dichtn van een kennisleemte. We willen objectieve en wetenschappelijk onafhankelijk gevalideerde inzichten verkrijgen in de prestaties van gesloten schroefpompsystemen (buisvijzels met meedraaiende mantel), in het bijzonder onder sterk fluctuerende en volledig ondergedompelde hydraulische condities.

Hoewel de buisvijzel op papier een beter alternatief vormt voor de renovatie van Vlaamse pompgemalen (met Steenkerke als vooropgestelde concrete pilootlocatie) vanwege zijn hoge energie-efficiëntie en visvriendelijkheid ontbreekt in de praktijk nog betrouwbare systeemkennis. Eerdere installaties kampten bij hoge waterpeilen vooral met onverklaarbare debiet- en rendementsverliezen. Daarnaast is het waterbeheer in Vlaanderen sterk versnipperd, wat innovatie en kennisdeling bij de vervanging van verouderde installaties tot nu toe belemmerde.

Om deze drempels te overwinnen, hebben drie kernstakeholders de handen ineengeslagen voor dit innovatietraject. Zij initiëren dit project samen om de theoretische voordelen van de buisvijzel gezamenlijk te valideren in een praktijkopstelling (pompgemaal Steenkerke) en wetenschappelijk onderbouwde richtlijnen voor toekomstige renovaties te ontwikkelen. De specifieke drijfveren van deze partners zijn:

- **Departement Mobiliteit en Openbare Werken (NeXperta - Expertise Beton en Staal & Waterbouwkundig Labo):** Wil de milieu-impact en het energieverbruik van pompgemalen actief verlagen ter ondersteuning van het *Klimaatplan MOW 2030*. NeXperta is de coördinator van het project en heeft als doel om de innovatieve kennis over te dragen naar afdwingbare criteria voor het Standaardbestek 280 (SB 280), wat brede standaardisatie in Vlaanderen mogelijk maakt.
- **Provincie West-Vlaanderen:** Beheert een groot aantal verouderde pompgemalen en staat voor de uitdaging om deze infrastructuur te verduurzamen. De provincie participeert financieel en operationeel om

oplossingen te vinden die zowel de energiekosten verlagen als ecologisch herstel (vismigratie) bevorderen.

- **Westkustpolder:** Als lokale waterbeheerder van de proeflocatie in Steenkerke heeft de polder een sterke behoefte aan betrouwbare, innovatieve pompsystemen om het complexe dynamische peilbeheer in het laaggelegen poldergebied toekomstbestendig te maken.

Deze samenwerking wordt verder ondersteund door sponsorende instanties met een focus op ecologie, zoals het Visserijfonds van het Agentschap Natuur & Bos (ANB) en Provincie Oost-Vlaanderen, alsook een ruime groep adviserende waterbeheerders (waaronder VMM, INBO en diverse andere provincies).

Dit rapport legt het fundament om de vastgestelde onzekerheden via een gestructureerde O&O-opzet op te lossen. Het borgt hierbij het risico door in te zetten op heldere Go/No Go-breekpunten en een intellectuele eigendomsstrategie te bepalen die het mogelijk maakt om kennis naar buiten te brengen zodat het bouwen van de buisvizel op een betrouwbare manier gebeurt.

Dit project kadert binnen het Programma Innovatieve Overheidsopdrachten (PIO) van VLAIO. PIO heeft als doel de omvangrijke koopkracht van de Vlaamse overheid (en de bredere publieke sector in Vlaanderen) meer strategisch in te zetten voor innovatie. Hiertoe wil het PIO de overheidsorganisaties in Vlaanderen stimuleren en helpen om een deel van hun aankoopmiddelen te besteden aan innovatieve overheidsopdrachten, d.w.z. het (laten) ontwikkelen en/of aankopen van innovatieve producten en diensten waarmee ze hun eigen werking en publieke dienstverlening kunnen optimaliseren en beter kunnen inspelen op de vele maatschappelijke uitdagingen waarvoor ze staan. Op die manier wil PIO bijdragen tot een performantere overheid, competitievere ondernemingen en oplossingen voor uitdagingen van maatschappelijk belang (gezondheid, milieu en energie, veiligheid, ...). PIO biedt aan overheidsorganisaties in Vlaanderen begeleiding en cofinanciering bij de ontwikkeling en validering van innovatieve oplossingen. Dit kunnen nieuwe of sterk verbeterde producten of diensten zijn, maar ook nieuwe manieren van werken en organiseren.

2. Methodologie

Dit hoofdstuk beschrijft de stappen en onderzoeksmethoden die zijn gehanteerd tijdens het voortraject om de stand van de techniek en de behoeften van de stakeholders objectief in kaart te brengen.

Voortraject en gevolgde stappen

Om tot de inzichten, randvoorwaarden de contractuele architectuur in dit rapport te komen, is tijdens het PIO-voortraject een gestructureerd en stapsgewijs planningsproces doorlopen. Dit iteratieve traject garandeert dat theoretische aannames voortdurend zijn afgetoetst aan de actuele marktrealiteit, de technologische stand van zaken en de specifieke behoeften van de betrokken stakeholders.

Concreet zijn de volgende stappen sequentieel ondernomen om dit eindrapport vorm te geven:

1. **Voorafgaande gesprekken:** Verkennende gesprekken en interviews met vijzelfabrikanten om inzichten te vergaren over de algemene praktische kennis, voordelen en problematiek van buisvijzels met gesloten mantel.
 - a. Stakeholders: MOW, Waterbouwkundig Laboratorium, Westkustpolder, Provincie West-Vlaanderen, PIO.
 - b. Output: voortschrijdende inzichten over de werking van de buisvijzel.
2. **Scope definitie (Opstart):** De start van het PIO-voortraject bestaande uit de afbakening van de projectscope, het opzetten van de werkstructuur en het verzamelen en analyseren van de bestaande interne documentatie.
 - a. Stakeholders: MOW, Waterbouwkundig Laboratorium, Westkustpolder, Provincie West-Vlaanderen, PIO, Verhaert.
 - b. Output: Projectscope en projectplanning
3. **Theoretisch onderzoek 'stand der techniek':** Uitvoering van een literatuurstudie en synthese om de technologische basiskennis, inclusief de onverklaarbare hydraulische en elektromechanische fenomenen bij de buisvijzel, objectief in kaart te brengen.
 - a. Stakeholders: uitvoering door Verhaert, mede op basis van input documenten van MOW en Waterbouwkundig Laboratorium
 - b. Output: Projectscope en projectplanning
4. **Workshop met stakeholders voor het bepalen van de behoeften:** De organisatie van interne overlegmomenten en workshops
 - a. Stakeholders: MOW, Waterbouwkundig Laboratorium, Westkustpolder, Provincie West-Vlaanderen, PIO, Verhaert

- b. Output: verificatie van de vastgestelde kennisleemtes en kwantificeren van de effectieve behoeften van de waterbeheerders
- 5. **Plaatsbezoek aan het gemaal in Steenkerke:** Een gericht veldbezoek aan de beoogde pilootlocatie om de randvoorwaarden, meetmogelijkheden en de praktische inpassing voor de latere *in-situ* praktijktesten te beoordelen.
 - a. Stakeholders: MOW, Waterbouwkundig Laboratorium, Westkustpolder, Provincie West-Vlaanderen, PIO, Verhaert
- 6. **Workshop voor het bepalen van de specificaties:** Een strategische sessie om de verzamelde behoeften te vertalen naar afdwingbare drempelwaarden, validatiescenario's en *Go/No-go* criteria voor het aanbestedingsdossier.
 - a. Stakeholders: MOW, Waterbouwkundig Laboratorium, Westkustpolder, Provincie West-Vlaanderen, PIO, Verhaert
- 7. **Plaatsbezoek Waterbouwkundig labo in Antwerpen:** Een bezoek aan het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) ter verkenning van de experimentele mogelijkheden en vereisten voor het latere fysieke schaalonderzoek.
 - a. Stakeholders: MOW, Waterbouwkundig Laboratorium, Westkustpolder, Provincie West-Vlaanderen, PIO, Verhaert
- 8. **Interviewprotocol en afnemen van expertinterviews kenniscentra:** De opmaak, goedkeuring en planning van specifieke vragenlijsten. Het hoofddoel van deze bevestigingen is het verzamelen van gerichte, hoogwaardige technische expertise over het hydraulische gedrag van gesloten buisvzels buiten hun klassieke werkingsgebied, met de specifieke focus op situaties met hoge vullingsgraden en een (deels tot volledig) ondergedompelde inlaat.

De vragenlijsten zijn gestructureerd rondom drie belangrijke pijlers:

- Verklaring van het fysische gedrag: Het achterhalen van de exacte oorzaken van debietafname, rendementsverliezen en eventuele instabiliteiten bij onderdompeling (met speciale aandacht voor de rol van lucht-water interactie en luchtinsluiting).
- Definiëren van een robuuste onderzoeksmethode: Het bepalen van de beste manier om dit gedrag virtueel te modelleren (met transient multiphase CFD-simulaties) en fysiek te valideren (via schaalmodellen in een hydraulisch laboratorium).
- Toepasbaarheid en samenwerking: Het vertalen van de onderzoeksresultaten naar generieke ontwerprichtlijnen voor pompstations en het polsen naar mogelijke strategische afspraken met kenniscentra over kosten, planning en Intellectueel Eigendom (IP).
 - a. Stakeholders: MOW, Verhaert, kenniscentra: Waterbouwkundig Laboratorium, University of Guelph, ICube Laboratory

9. **Rapport behoefteanalyse:** Het verwerken en consolideren van alle output uit het vooronderzoek en de expertinterviews tot een overkoepelend verslag van de behoeftebepaling door Verhaert.
10. **Marktconsultatie + 1-op-1 gesprekken:** De voorbereiding en organisatie van een internationale open marktconsultatie om de haalbaarheid van de R&D-aanpak, de IP-architectuur en mogelijke consortiumvorming te toetsen. Dit omvatte een plenaire sessie met actieve bevraging, gevolgd door diepgaande 1-op-1 gesprekken met diverse marktpartijen.
 - a. Stakeholders: MOW, Waterbouwkundig Laboratorium, Westkustpolder, Provincie West-Vlaanderen, PIO, Verhaert
 - b. Output: verder beschreven in dit document
11. **Analyse en conclusie marktconsultatie:** Het definitief verwerken en synthetiseren van de resultaten uit de marktconsultatie. Deze inzichten vormen de basis voor het op te stellen Programma van Eisen (PvE), de IP-strategie en het definitieve aankoopadvies.
 - a. Stakeholders: Uitvoering door Verhaert, verificatie: MOW, Waterbouwkundig Laboratorium, PIO

Onderzoeksmethodologie en -pijlers

Om de complexe fenomenen rondom de buisvizel te doorgronden, wordt voor de aanbesteding een hybride onderzoeksapproach voorgesteld. Het onderzoek zal moeten steunen op de combinatie van deze drie pijlers:

- **Theoretisch onderzoek:** Het ontwikkelen en in kaart brengen van theorieën en formules, wat fundamenteel inzicht levert maar vaak gebaseerd is op vereenvoudigde aannames.
- **Toegepast (fysisch) onderzoek:** Dit omvat de inzet van schaalmodellen of in-situ metingen op bestaande installaties om realistisch, empirisch gedrag en onvoorziene neveneffecten in beeld te brengen.
- **Simulaties (CFD):** *Computational Fluid Dynamics* (bijv. complexe *transient multi-phase flow* modellen) wordt gebruikt om het systeemgedrag op ware schaal virtueel te simuleren, met inbegrip van de water-lucht interface. Omdat de betrouwbaarheid van dergelijke simulaties vaak wordt overschat zonder fysieke kalibratie (*garbage in, garbage out*), vereist dit een hybride opzet waarbij CFD direct wordt gevalideerd aan de hand van schaalmodeldata.

3. Stand der techniek

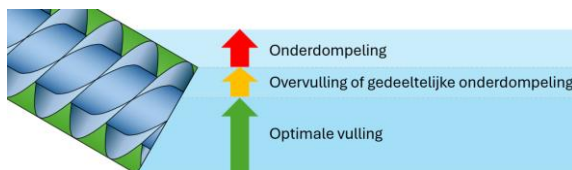
Analyse van de bestaande pompsystemen

Vlaanderen telt meer dan 200 pompgemalen, waarvan een aanzienlijk aantal is uitgerust met Archimedesschroeven, veelal steunend op technologie uit de jaren '70 en '80. Binnen de pompgemalen met Archimedesschroeven zijn er naast de klassieke open Archimedesschroef nog de volgende sub varianten op de markt beschikbaar:

- **Klassieke open Archimedes vijzels:** Bewezen betrouwbaar met een relatieve visvriendelijkheid (ca. 80% overleving), maar veelal suboptimaal qua huidige energie-efficiëntienormen.
- **Elst-vijzels:** Een optimalisatie waarbij de lekspleet tussen de schoep en de trog wordt gedicht. Dit verhoogt de visvriendelijkheid tot circa 95%.
- **Gesloten buisvijzel met vaste mantel:** Een variant waarbij de vijzel in een gesloten buis draait, maar de mantel zelf niet meebeweegt met de schoepen.
- **Gesloten buisvijzel met meedraaiende mantel:** Omdat de mantel direct is verbonden met de schoepen, treden er geen lekspleetverliezen op. Dit is in theorie de meest energie-efficiënte en visveilige oplossing.

Systeemarchitectuur en het kritieke knelpunt

De overstap van de open variant naar de gesloten buisvijzel met meedraaiende mantel vormt een aanzienlijke technologische drempel. Bij wisselende waterstanden, en voornamelijk bij een (gedeeltelijk) ondergedompelde inlaatmond, vertoont het systeem onverklaarbare hydraulische instabiliteit. Deze resulteren in debiet- en rendementsverlies, vermoedelijk door uiterst complexe inwendige lucht-water interacties.



Figuur 3: Waterpeilen t.o.v. de inlaatmond van de vijzel

Expertise in de markt

Het onderzoek wijst uit dat de beschikbare kennis sterk versnipperd is:

- **Fabrikanten:** Terwijl open vijzels breed verkrijgbaar zijn, is de niche-kennis over buisvijzels met meedraaiende mantel geconcentreerd bij een select aantal Europese spelers, waaronder Vandezande (BE), FishFlow Innovations (NL) en KUHN GmbH (DE). Het ontbreekt fabrikanten veelal aan de diepgaande wetenschappelijke onderbouwing van het hydraulisch gedrag bij (gedeeltelijke) onderdompeling.

Kenniscentra: Wetenschappelijke en academische instituten beschikken over uitstekende capaciteiten in respectievelijk CFD en schaalmodellen (bijv. WL, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES), University of Guelph) of vismigraatie en ecologische impact (bijv. INBO en Deltares).

Beperkingen en risico's in de huidige situatie

Er is momenteel een nijpend gebrek aan onafhankelijke CFD-validatie voor het '(gedeeltelijk) ondergedompelde' werkingsgebied. Kennis over hydraulische prestaties is vaak beschermd door Intellectueel Eigendom van de fabrikant, en empirische formules voor het open ontwerp dekken de dynamiek van gesloten vijzels onvoldoende. Dit gebrek aan data en normering in Standaardbestek 280 (SB 280) zorgt voor een verhoogd operationeel, contractueel en hydraulisch risico, waardoor waterbeheerders terughoudend blijven.

Conclusie stand der techniek

Hoewel de buisvijzelpompen op zichzelf in de markt beschikbaar zijn, is het risico van overvulling een voortschrijdend inzicht. De markt beschikt momenteel niet over de integrale systeemkennis om de instabiliteit te verklaren of te beheersen, wat de dwingende behoefte aan een parallel validatietraject verklaart.

4. Behoeftanalyse

De behoeftanalyse vertaalt de hiaten uit de stand der techniek en de as-is probleemsituatie naar expliciete eisen en randvoorwaarden.

Objectieven van de stakeholders

Om tot een gedragen oplossing te komen, zijn de behoeften van verschillende sleutelactoren meegenomen:

- **Asset Managers & Polderbeheerders:** Eisen een hoge operationele betrouwbaarheid, voorspelbare onderhoudskosten (OPEX) en robuuste energie-efficiëntie.
- **Elektromechanische experts & Ingenieurs (MOW/WL):** Focussen op een betrouwbaar en optimaal ontwerp dat voldoet aan de verschillende randvoorwaarden, met aandacht voor de prestaties zowel binnen als buiten het werkingsgebied alsook de duurzaamheid.
- **Ecologische Experts (INBO):** Waarborgen de ecologische passeerbaarheid en absolute visvriendelijkheid (>95%).
- **VLAIO/PIO:** Eisen een IE-strategie die de markt en onderlinge samenwerking stimuleert, zonder de overheid in een *vendor lock-in* te dwingen.

Behoeften vanuit het gebruikersperspectief (User Stories)

Op basis van de algemene eisen werd het gewenste systeem functioneel vastgelegd in specifieke *User Stories*:

1. Strategische Normering (Van Data naar SB 280):

Publieke waterbeheerders hebben behoefte aan onafhankelijk gevalideerde referentiecurves (voor debiet en efficiëntie) die accuraat en reproduceerbaar zijn, met een onzekerheidsmarge van maximaal een te bepalen percentage (x%). Deze objectieve data moeten vrij beschikbaar zijn om direct omgezet te kunnen worden naar drempelwaarden in Standaardbestek 280.

2. Hydraulische Ontwerptimalisatie:

Ingenieurs eisen kwantitatief inzicht in hoe parameters zoals bladvorm, rotatiesnelheid en hellingshoek de systeemstabiliteit beïnvloeden bij variabele inlaatpeilen. Via geavanceerde CFD-simulaties (inclusief luchtafsluiting en wervelvorming) moeten

ontwerpaanpassingen wetenschappelijk kunnen worden onderbouwd om debiet- en rendementsverlies zoveel mogelijk te beperken.

3. Systeemvalidatie en Risicobeheer:

De overheid eist een gestandaardiseerde, fase-gebonden R&D-aanpak. Het proces moet opgedeeld worden via expliciete *Go/No Go-criteria* (na CFD, schaalmodel en praktijktest) om budgettaire risico's adequaat te beheersen. Eventuele structurele aanpassingen aan het gemaal moeten exact en transparant zijn in begroting en impact.

4. Ecologisch Verantwoord Waterbeheer:

Een gegarandeerde visoverlevingskans van >95% (via gedwongen of natuurlijke migratieproeven in-situ) is een absolute vereiste.

5. Marktwerving en IE-Beheer:

De overheid moet intellectueel eigendom (IE) strategisch beheren. Commerciële basisrechten van de fabrikanten (*Background IE*) moeten worden gerespecteerd om industriële deelname te borgen, terwijl nieuwe systeemkennis en referentiecurves (*Foreground IE*) in een open kennisarchitectuur (royalty-vrije licentie) ten goede komen aan de publieke gemeenschap. Dit verzekert een competitief level playing field voor toekomstige aanbestedingen.

5. Opzet van het onderzoekstraject & validatiescenario's

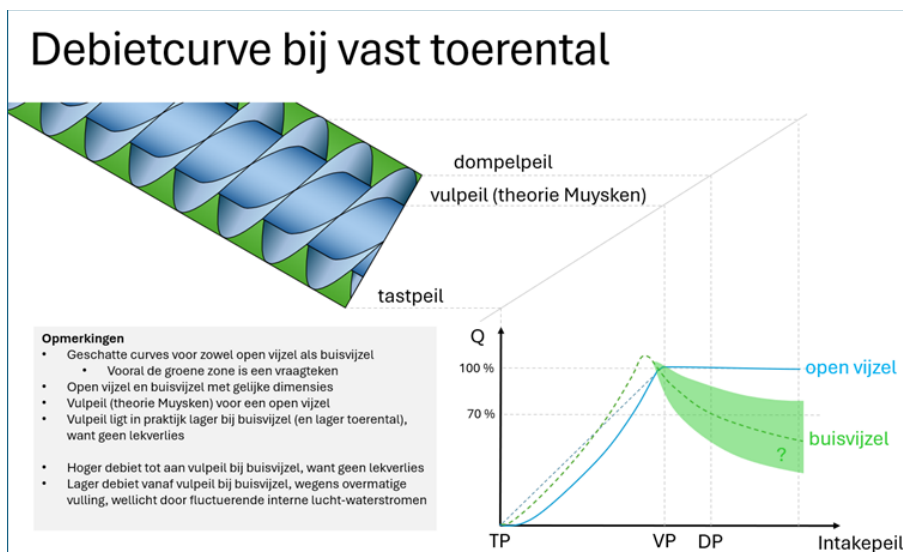
Om de hydraulische en mechanische onzekerheden van de buisvijzel bij (volledige) onderdamping weg te nemen, stellen we een geïntegreerde, multidisciplinaire O&O-aanpak voor. De kern van deze uitdaging is tweeledig: enerzijds is er sprake van een onstabiele waterinname aan de inlaatzijde, en anderzijds treedt er bij overvulling van de vijzelgangen vermoedelijk een complexe, inwendige lucht-waterinteractie op.

Begrip en validatie van de kerncurves

De werking en de acceptatie van de buisvijzel bij waterbeheerders (zoals de VMM, de Provincies en de Polders) staat of valt met de onafhankelijke onderbouwing en gedeelde kennis van twee fundamentele prestatiecurves over het gehele operationele bereik.

5.1.1. De debietcurve (flow rate curve)

De hier voorgestelde debietcurve vloeit niet voort uit diepgaand onderzoek, maar is een veronderstelling op basis van voortschrijdende inzichten. Deze hypothese dient in het verdere O&O-traject en de marktconsultatie te worden getoetst.



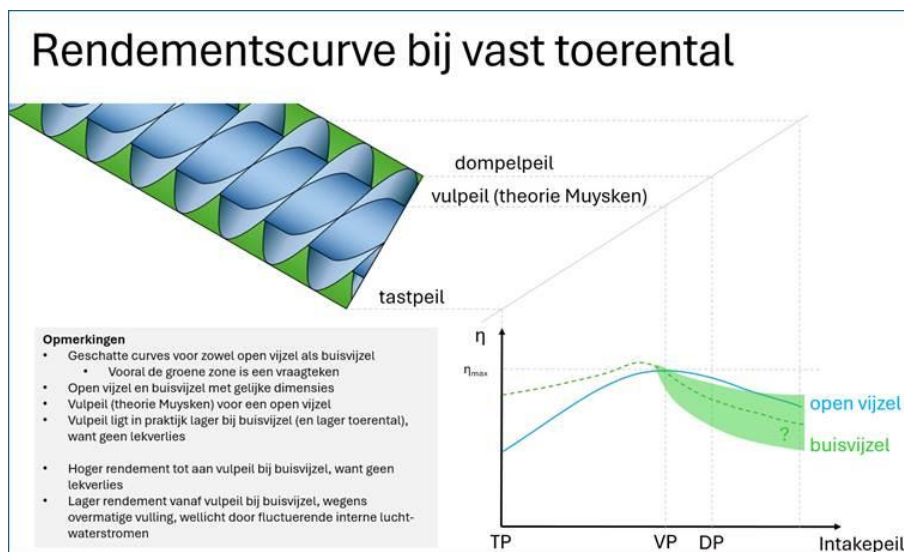
De debietcurve beschrijft het netto verpompte volumestroomdebiet (Q) als functie van het intakewaterpeil (H_{in}) of de translatiehoogte (ΔH), uitgezet tegen verschillende rotatiesnelheden (n).

Hypothesen:

- **Ideale werking:** Bij een vullingsgraad tot aan 'het vulpeil' stijgt het debiet lineair met het toerental. De kamers tussen de vijzelbladen vullen zich optimaal en transporteren het water mechanisch omhoog.
- **Afwijkend gedrag bij overvulling:** Zodra het inlaatwaterpeil boven het vullingspunt (VP) stijgt, wijkt de hydraulische werking van een buisvijzel merkelijk af van een klassieke open vijzel. Vooralsnog ontbreekt theoretische en empirische onderbouwing voor de geobserveerde instabiliteit bij overvulling, wat onzekerheid creëert omtrent de afvoercapaciteit en de structurele duurzaamheid. Verder onderzoek moet uitwijzen wat hier de exacte oorzaak van is en hoe dit effect gemitigeerd kan worden. Te onderzoeken parameters zijn onder andere het waterpeil, de rotatiesnelheid van de vijzel en de inlaatgeometrie.

5.1.2. De efficiëntiecurve (efficiency curve)

Net als de debietcurve is ook de voorgestelde efficiëntiecurve gebaseerd op voortschrijdende inzichten en behoeft deze verdere validatie.



De efficiëntiecurve geeft het totale hydraulisch-elektrische rendement (η_{tot}) weer in relatie tot het debiet (Q) of de vullingsgraad. Het totale rendement wordt als volgt gedefinieerd:

$$\eta_{\text{tot}} = P_{\text{hydraulisch}} / P_{\text{elektrisch}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H / P_{\text{elektrisch}}$$

Hierbij staat ρ voor de vloeistofdichtheid (water inclusief eventueel zwevend stof), g voor de zwaartekrachtversnelling en $P_{\text{elektrisch}}$ voor het bruto opgenomen elektrische vermogen vanuit de motor.

Hypothesen:

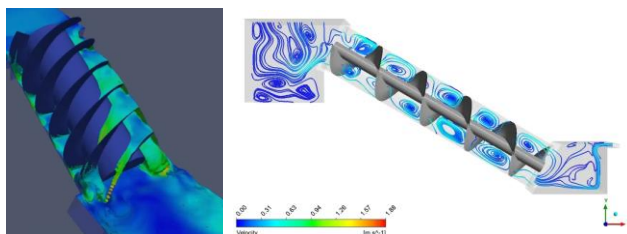
- **Het voordeel van de meedraaiende mantel:** In tegenstelling tot een klassieke open vijzel in een betonnen trog, kent de gesloten buisvijzel geen spleetverliezen (lekdebiet langs de bladranden) en treden er vermoedelijk minder wrijvingsverliezen op (nog te valideren). Hierdoor blijft de efficiëntiecurve naar verwachting over een breder werkingsgebied vlak en hoog.
- **De beperkingen bij overvulling:** Bij een vullingsgraad boven het vulpeil (VP) verliest de buisvijzel zijn voordeel van gescheiden kamers. Er ontstaan onvoorspelbare stromingen waarbij lucht en water zich mengen in de roterende vijzelgangen. Dit veroorzaakt interne recirculatie en drukverstoringen, die de theoretische capaciteitswinst bij hogere waterstanden tenietdoen. De precieze oorzaak en het verloop van deze twee-fasestroming vormen momenteel nog een kennislacune die we door middel van onderzoek willen opvullen.

De parallelle validatie

Om de prestatiecurves en fenomenen bij onderdompeling te valideren, hanteren we een hybride methodiek. In plaats van de drie basismethoden – Computationale Vloeistofdynamica (CFD), fysisch schaalonderzoek en full-scale praktijktesten – strikt sequentieel uit te voeren, zetten we deze disciplines gedurende de projectfases deels parallel en in nauwe interactie met elkaar in. Belangrijk is dat de full-scale praktijktesten pas worden uitgevoerd zodra de voorafgaande modellen en proeven voldoende vertrouwen bieden. De kracht van deze parallelle aanpak zit in de onderlinge kruisbestuiving:

- **CFD-modellering:** Levert snelle, schaaffectvrije 3D-visualisaties en parameterstudies op ware grootte op. Zonder kalibratie riskeren simulaties echter onnauwkeurig en onbetrouwbaar te worden (garbage in, garbage out).

Bron: CFD Land - Archimedes Screw CFD Simulation Using Sliding Mesh



- **Fysisch schaalonderzoek:** Biedt empirische data over het werkelijke gedrag onder gecontroleerde omstandigheden. Het dient als directe benchmark om de numerieke CFD-parameters *real-time* bij te sturen en te kalibreren. Hierbij moet uiteraard rekening gehouden worden met mogelijke schaaleffecten.

Bron : Université de Strasbourg - labo ICUBE/ENGEEES



- **Full-scale praktijktesten (Steenkerke):** Door voorbereidingen, site-screenings en nulmetingen op de huidige locatie met open vijzels parallel te laten lopen met het laboratoriumwerk, kunnen wisselende praktijkomstandigheden (zoals in- en uitschakelpelen of debieten in winter en zomer) direct worden teruggekoppeld naar de numerieke en fysische modellen.



De interactie tussen deze drie methoden ontwikkelt zich dynamisch over vier projectfases, beschreven in 5.2.1.

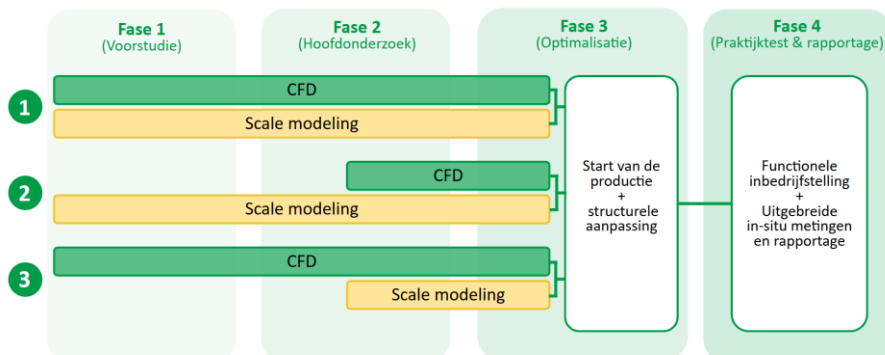
5.1.3. Voorlopig plan van aanpak & iteratieve flow over de vier fasen

- **Fase 1: Voorstudie.** Afhankelijk van het gekozen strategische scenario, bestaat fase 1 mogelijk uit:
 - De screening van de site
 - Selectie van het basisontwerp van de buisvijzel
 - De start en aanpak van de CFD-studie

- De initiële opzet van een schaalmodel
- **Fase 2: Hoofdonderzoek.** Afhankelijk van het gekozen strategische scenario, bestaat fase 1 mogelijks uit:
 - De planning voor de ombouw van het gemaal loopt
 - Intensieve feedbackloop waarbij experimentele curves uit het schaalonderzoek worden afgetoetst aan het CFD-model
 - Optimaal schaal model eerst
 - CFD-model eerst
- **Fase 3: Optimalisatie.** De fysieke ombouw van de site en de functionele testen verlopen gelijktijdig met het toepassen en afstemmen van inlaatverbeteringen op schaal versus de CFD-optima.
- **Fase 4: Praktijkttest & Rapportage.** Functionele inbedrijfstelling en volledige in-situ meting van de debiet- en efficiëntiecurves, uitmondend in een sluitende vergelijking tussen praktijk, schaalmodel en CFD.

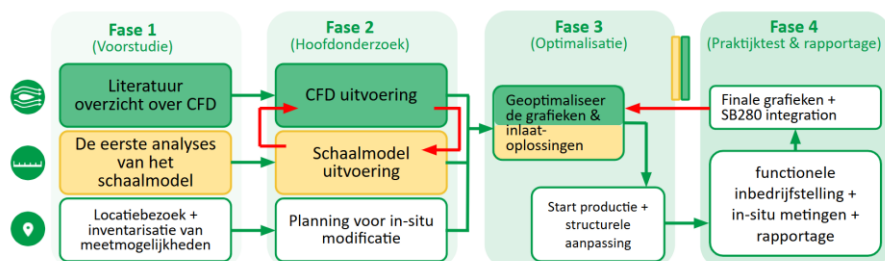
Strategische scenario's op basis van het schema

Om de risico's, doorlooptijd en budgetallocatie optimaal te beheersen, zijn er op basis van de projectlogica drie operationele scenario's gedefinieerd:



Scenario 1: Het hybride scenario

Dit scenario volgt de basisstructuur van het parallelle stroomschema (CFD en Schaalmodel), waarbij de methoden gelijktijdig en iteratief lopen, en de fysieke realisatie van de praktijktest wordt uitgesteld.



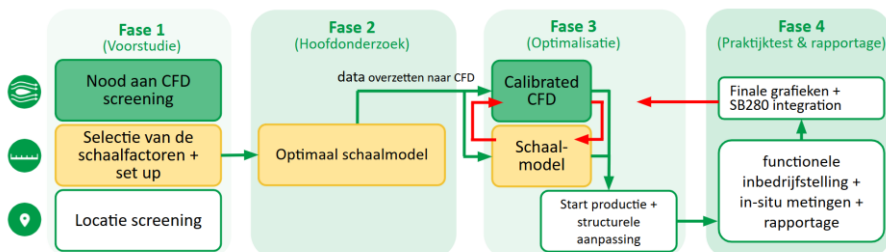
- **Fase 1 (Voorstudie):** Parallelle opstart van de CFD-studie en de eerste analyses op een schaalmodel. De praktijktest blijft in deze fase beperkt tot een site-bezoek en het in kaart brengen van de meetmogelijkheden.
- **Fase 2 (Hoofdonderzoek):** Tussen het schaalonderzoek en de CFD wordt een intensieve, iteratieve loop opgezet. Verbeteringen aan de inlaat en de eerste preliminaire curves worden tegelijkertijd numeriek gesimuleerd én fysisch getest. Om onnodige kosten te vermijden bij eventuele negatieve laboresultaten, wordt de praktijkzijde enkel planmatig voorbereid.
- **Fase 3 (Optimalisatie):** (3a) De finale curves en inlaattoptimalisaties worden in het laboratorium en digitaal afgerond. (3b) Pas na de definitieve validatie hiervan

start men met de productie van de fysieke buisvizel, de bouwkundige ombouw van de site en de functionele ingebruikname in Steenkerke.

- **Fase 4 (Praktijktest & Rapportage):** Full-scale in-situ metingen van de debiet- en efficiëntiecurves worden uitgevoerd en direct getoetst aan de modellen. Dit leidt tot de finale rapportage die na akkoord publiek toegankelijk wordt gemaakt.

Scenario 2: Het schaalmodel-eerst scenario

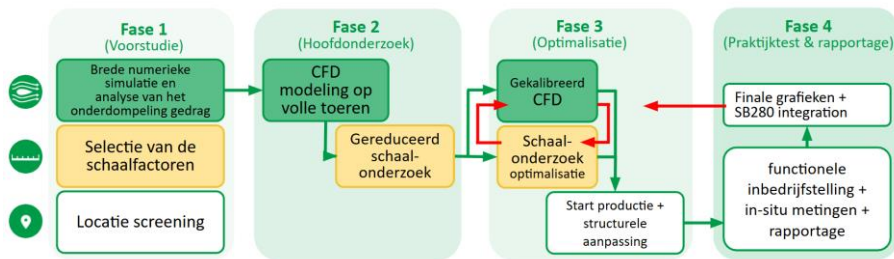
Dit scenario legt de absolute prioriteit bij de empirische, fysieke validatie in het laboratorium. Eerst wil men grip krijgen op de werkelijke hydraulische fenomenen; pas daarna worden de wetmatigheden digitaal opgeschaald in CFD, alvorens men tot de bouw overgaat.



- **Fase 1 (Voorstudie):** Volledige focus op de keuze van schaalfactoren en de opzet van het fysieke schaalmodel (minimaal 1:3). CFD-modellering en praktijkvoorbereidingen blijven hierbij beperkt tot een behoefteanalyse en site-screening.
- **Fase 2 (Hoofdonderzoek):** Het schaalonderzoek genereert preliminaire curves en test de inlaatverbeteringen fysiek. Pas ná deze empirische validatie worden data overgedragen aan de CFD-experts om een numeriek model te bouwen en te kalibreren. Idealiter heeft het CFD-model aanvankelijk dezelfde schaal als het schaalmodel, dat na validatie opgeschaald wordt naar de reële dimensies. Er is geen fysieke activiteit in Steenkerke.
- **Fase 3 (Optimalisatie):** (3a) Het schaalmodel en het gekalibreerde CFD-model worden iteratief ingezet voor de verfijning van de inlaatput en het vastleggen van finale curves. (3b) Na groen licht start de productie en fysieke ombouw van het gemaal.
- **Fase 4 (Praktijktest & Rapportage):** In-situ praktijkmetingen onder poldercondities verifiëren de laboratoriumcurves definitief op ware schaal, gevolgd door de opstelling van de SB 280-bestekinputs.

Scenario 3: Het CFD-eerst scenario

Dit scenario verlegt de prioriteit in de eerste twee fases volledig naar virtuele modellering (CFD), met als doel om dure fysieke infrastructuurkosten (zowel op schaal als in de praktijk) zo lang mogelijk uit te stellen.



- **Fase 1 (Vorstudie):** Brede numerieke CFD-simulatie en analyse van het hydraulische gedrag bij onderdompeling. Het schaalonderzoek en de praktijktest blijven theoretisch; er worden enkel schaalfactoren vastgelegd en meetbehoeften in kaart gebracht.
- **Fase 2 (Hoofdonderzoek):** De focus ligt op een parametrische CFD-studie op ware schaal om de hydraulische instabiliteit digitaal te verklaren en op te lossen. Pas na een positieve virtuele Go/No Go start een punctueel schaalonderzoek om het CFD-model gericht te verifiëren. Er is geen fysieke activiteit op locatie.
- **Fase 3 (Optimalisatie):** (3a) Zodra de numerieke modellen volledig zijn gekalibreerd, fungeert het schaalonderzoek als finale fysieke controle van de curves en inlaatvormen. (3b) Bij sluitend bewijs gaat de definitieve, fysieke blauwdruk over naar de constructeur voor realisatie.
- **Fase 4 (Praktijktest & Rapportage):** In-situ metingen in Steenkerke valideren de virtuele blauwdruk definitief en leveren de merk-neutrale SB 280-bestekinputs op.

6. Inzichten die voortkomen uit de behoeftenanalyse

De overgang van een sequentieel onderzoek model naar een parallelle en hybride validatiemethodiek heeft directe gevolgen voor de structuur van de prestatie-eisen. Prestatie-eisen worden niet langer uitsluitend getoetst aan één enkel eindmeetpunt. In plaats daarvan worden ze gedurende het gehele O&O-traject doorlopend en gelijktijdig geverifieerd via drie parallelle sporen: numerieke simulaties, hydraulisch schaalonderzoek en full-scale praktijkmonitoring.

Om een succesvolle en veilige werking te garanderen, zijn de eisen opgedeeld in vier kerncategorieën, die continu via deze parallelle protocollen worden geëvalueerd:

Hydraulische stabiliteit en curve betrouwbaarheid

Het is van cruciaal belang dat het pompsysteem een betrouwbaar debiet levert bij elk inlaatwaterpeil, ook wanneer de inlaatmond volledig is ondergedompeld. Abrupte prestatieverliezen of debietvallen ('dips') over het operationele bereik moeten worden voorkomen. De verificatie hiervan gebeurt in eerste instantie virtueel via tijdsafhankelijke meerfasensimulaties, eventueel gevolgd door visuele controles en vermogensmetingen op een transparant schaalmodel. Uiteindelijk moet deze stabiliteit definitief worden aangetoond via in-situ debietmetingen op de pilootlocatie.

Energetisch rendement

De buisvijzel moet in het nominale werkingsgebied een hoog totaal mechanisch-hydraulisch rendement leveren, waarbij er ook voor maximaal ondergedompeelde condities een absolute ondergrens geldt waaronder het rendement niet mag zakken. Via het fysieke schaalmodel en de CFD-simulaties wordt exact gekwantificeerd waar eventuele rendementsverliezen optreden. Hierbij is er specifieke aandacht voor verliezen door ingesloten lucht, turbulente luchtstromen in de roterende vijzelgangen. De finale goedkeuring volgt uit een directe praktijkmeting waarbij het netto hydraulisch vermogen wordt afgezet tegen het elektrisch opgenomen vermogen.

Mechanische trillingen en constructieve integriteit

Om de algemene levensduur van de constructie, de funderingen en de lagers te waarborgen, moeten mechanische en hydraulische trillingen onder alle waterpeilen effectief worden gemitigeerd. Trillingen mogen geen nadelig effect hebben op de gevalideerde debiet- en efficiëntiecurves. In de ontwerpfase worden mogelijke resonantiefrequenties uitgesloten via structurele numerieke analyses (gekoppeld aan CFD-pulsaties). Tijdens de praktijktest kan de constructieve integriteit continu bewaakt worden door middel van live-monitoring met trilling sensoren op de hoofdlagerblokken en de tandwielkast, zodat eventuele pieken direct aan hydraulische fluctuaties kunnen worden gekoppeld.

Ecologische visvriendelijkheid

Een fundamenteel doel van deze innovatie is dat de buisvijzel aantoonbaar veilig is voor de lokale vispopulatie. Er wordt een zeer hoge, gegarandeerde overlevingskans vereist bij de fysieke passage door de pomp. Deze visveiligheid wordt op een geïntegreerde manier bepaald: enerzijds virtueel, door wiskundige modellen toe te passen op de exacte stroomlijnen uit de computermodellen, en anderzijds empirisch via uitgebreide ecologische in-situ monitoring om de overlevingskansen onder reële poldercondities te valideren.

7. Kennisstrategie en kennisvrijwaring

Kennisvrijwaring en eventuele intellectuele eigendomsrechten - algemene strategie en verplichtingen

Een cruciaal onderdeel van het PIO-voortraject is de garantie dat publieke middelen worden ingezet op een manier die verdere innovatie en concurrentie mogelijk maakt. Nieuwe ontwikkelingen moeten immers niet alleen ten dienste staan van de overheid, maar van de gehele maatschappij.

In de praktijk betekent dit dat inschrijvers moeten aanvaarden dat **alle resultaten die specifiek binnen dit voortraject worden gecreëerd, worden overgedragen aan de Vlaamse overheid**. Dit omvat onder meer ruwe data (zoals meetgegevens), analyses, rapporten, aanbevelingen, rekenmodellen, software en opgedane kennis. Deze overdracht geldt ongeacht of deze resultaten vatbaar zijn voor intellectuele eigendomsrechten, zoals auteursrechten, databankrechten, octrooien of bedrijfsgeheimen. Indien er intellectuele eigendomsrechten ontstaan, worden deze door de inschrijver overgedragen aan de overheid.

In ruil voor deze overdracht (en naast de financiële financiering) verleent de overheid de inschrijvers een licentie. Hierdoor mogen zij de resultaten voor eigen doeleinden blijven gebruiken, inclusief voor commerciële exploitatie of verdere doorontwikkeling. **Inschrijvers raken hun gebruiksrechten op de resultaten dus niet kwijt.**

Het belangrijkste praktische gevolg is echter dat **de inschrijver geen exclusieve rechten op de resultaten behoudt**; de overheid kan hier volledig vrij over beschikken. Dit houdt in dat de overheid de resultaten zonder enige beperking publiek mag maken, **wat als mogelijk gevolg heeft dat deze kennis ook door andere marktspelers gebruikt kan worden**. De inschrijver mag dit niet verhinderen, aangezien het stimuleren van innovatie en een betere, concurrentiële marktwerking nu juist het expliciete doel van dit traject is.

De Open Kennisarchitectuur binnen het PIO-voortraject

Om deze doelstellingen te realiseren, hanteert het contractuele kader van het PIO-voortraject een strikte scheiding tussen twee concepten:

- **Background:** Dit omvat alles wat de deelnemende ondernemingen aantoonbaar al in hun bezit hadden, of hadden ontwikkeld, voorafgaand aan het voortraject. Voorbeelden hiervan zijn bestaande intellectuele eigendomsrechten (octrooien, auteursrechten, enz.), specifieke productiemethoden, datasets, unieke lastechnieken, mechanische toleranties en bedrijfsspecifieke geometrieën van de vlijzelschoepen. **De Background is en blijft de integrale en exclusieve eigendom van de deelnemende ondernemingen.** De overheid claimt hierop

noch tijdens, noch na het voortraject enige rechten. Ondernemingen moeten hun Background vooraf wel duidelijk identificeren om deze af te schermen. Vanzelfsprekend blijft eventuele bestaande Background van de overheid ook exclusief eigendom van de overheid.

- **Foreground:** Dit omvat alles wat de ondernemingen specifiek in het kader van dit voortraject creëren of ontwikkelen. Hieronder vallen opgedane kennis, hydraulische wetmatigheden, ontwerprichtlijnen voor inlaatconstructies, generieke numerieke CFD-protocollen en de onafhankelijk gecertificeerde prestatiecurves. **Vanaf het moment dat de Foreground beschikbaar wordt gesteld aan de overheid, wordt deze de integrale en exclusieve eigendom van de overheid.** Dit principe geldt tevens voor tussentijdse, partiële of nog niet goedgekeurde resultaten. **Indien de Foreground vatbaar is voor intellectuele eigendomsrechten, draagt de onderneming deze eveneens over aan de overheid.**

Op het moment van deze overdracht verstrekt de Vlaamse overheid (via het Departement MOW) aan de onderneming **een royalty-vrije, onbeperkte, onherroepelijke en overdraagbare licentie op de overgedragen Foreground.** Hiermee mag de onderneming deze kennis permanent en onbeperkt blijven gebruiken voor commerciële doeleinden of verdere ontwikkeling. De overheid zal achteraf geen aanspraak maken op de resultaten van eventuele doorontwikkelingen die ná het voortraject plaatsvinden

Om de effectiviteit van deze regeling te borgen, engageren deelnemende ondernemingen zich juridisch om:

- Mee te werken aan alle formaliteiten die nodig zijn om de overdracht van de Foreground te verzekeren.
- Uitsluitend Foreground beschikbaar te stellen waarvoor, naar beste weten van de onderneming, geen juridische of praktische belemmeringen bestaan voor overdracht.
- Zich tijdens en na het traject te onthouden van handelingen die het vrije gebruik van de Foreground door de overheid belemmeren. Dit omvat tevens een verbod op het aanvragen van octrooien die van toepassing zouden zijn op het gebruik van de Foreground.

De 'grijze zone' tussen Background en Foreground

Risico: Tijdens het traject zullen de private partners ongetwijfeld geometrische of mechanische aanpassingen doorvoeren om problemen, zoals de 'debiet-dip' of

inwendige twee fase stromingen, op te lossen. Omdat de grens tussen bestaande bedrijfskennis (Background) en nieuw ontwikkelde projectkennis (Foreground) hierbij vaag kan worden, is een heldere afbakening cruciaal.

Het 'Black Box / White Box' principe: Contractueel wordt de buisvijzel zelf gedefinieerd als een Black Box. Alles wat te maken heeft met de elektromechanica van de vijzel (zoals de specifieke spoed, lastechnieken, mechanische toleranties en de exacte bladgeometrie) wordt automatisch en onweerlegbaar gecategoriseerd als Background, en blijft daarmee eigendom van de producent. Alle overige kennis (zoals de geometrie van het instroombassin, de algemene vloeistof dynamische wetmatigheden en de interactie tussen water en lucht) wordt beschouwd als de White Box. Dit valt onder de Foreground en wordt daarmee eigendom van de overheid.

In de praktijk ziet deze structuur er als volgt uit:

- **Black Box (Eigendom producent):** De hardware van de vijzel, het productieproces en de interne geometrie. Hoewel de bladgeometrie nauw samenhangt met de vloeistofdynamica, behoort deze ontwerp-kennis tot de exclusieve Background van de fabrikant.
- **White Box (Eigendom overheid):** De gevalideerde prestatiecurves, de resulterende generieke kennis over vloeistofdynamica en de (geoptimaliseerde) geometrie van de in- en uitstroombassins.

Dit afbakeningsmodel neemt interpretatiediscussies weg. De producent krijgt de juridische garantie dat zijn interne machinegeheimen binnen de Black Box veilig zijn, terwijl de overheid de volledige vrijheid heeft om civieltechnische infrastructuur-inzichten en prestatiecurves te standaardiseren, bijvoorbeeld in het Standaardbestek 280 (SB 280).

- **Concreet voorbeeld 1:** Indien Onderneming X ontdekt dat inwendige luchtstromen verminderen door de bladrand van de mantel met 3 graden te kantelen, blijft deze specifieke aanpassing exclusief eigendom van de onderneming (Black Box). Toont de overheid echter aan dat een specifieke hellingshoek van de betonnen inlaatputwand de prestaties verbetert, dan is die putgeometrie Foreground en zodoende vrij bruikbaar voor het SB 280 (White Box).
- **Concreet voorbeeld 2:** Ontdekt Onderneming X dat een specifieke, interne combinatie van spoed en hellingshoek de debietdip vermindert, dan blijft dat eveneens intellectueel eigendom van de producent (Black Box). De daaruit voortvloeiende, verbeterde prestatiecurves behoren daarentegen wél tot de Foreground (White Box) en kunnen door de overheid worden gebruikt voor nieuwe ontwerp-richtlijnen.

Het is dan ook de verwachting dat delen van de Foreground in het **Standaardbestek 280 (SB 280)** zullen worden opgenomen. De bepalingen hierin worden zoveel mogelijk technisch neutraal en functioneel omschreven. Dit houdt in dat het bestek uitsluitend de vereiste prestatie-output definieert (bijvoorbeeld: "Het schroefpompsysteem dient boven het werkingsgebied tot volledige onderdompeling (+ marge) te presteren in overeenstemming met de publieke referentiecurve X binnen een marge van Y"). Het bestek zal nooit de interne, constructieve inputvereisten van een specifieke onderneming dicteren, aangezien deze tot de Background behoren.

Dankzij deze aanpak ontstaat er een gelijk speelveld in de markt. Elke Europese onderneming of integrator kan in de toekomst meedingen op opdrachten, mits hun systeem voldoet aan de functionele prestatiecurves uit het bestek. Deze transparante IE-strategie borgt hiermee de primaire doelstelling van deze innovatieopdracht: het onafhankelijk kwantificeren, verklaren en (waar mogelijk) verbeteren van de debiet- en rendementscurves in relatie tot het inlaatwaterpeil.

8. Marktconsultatie

Om de in dit rapport gestelde hypothesen, de functionele eisen en de voorgestelde 'Black Box/White Box' Intellectuele Eigendomsstrategie (IE) grondig te toetsen op haalbaarheid, is er een marktconsultatie georganiseerd. Deze workshop stond open voor iedereen en bestond uit een digitale plenaire sessie met actieve marktbevraging, gevolgd door gerichte 1-op-1 gesprekken met diverse, complementaire marktpartijen.

Onder de aanwezigen waren zowel toonaangevende vijzelproducenten (Kuhn GmbH, Fishflow Innovations, Vandezande), gespecialiseerde CFD-experts (Fraunhofer, AM-Team) en academische en onderzoeksinstituten (Université de Strasbourg - labo ICUBE / ENGEES, University of Guelph Canada, INBO). Het primaire doel van deze raadpleging was om de theoretische fundamenteen van dit O&O-traject te confronteren met actuele marktinzichten, het aftoetsen van de bereidheid tot consortiumvorming en het scherpstellen van de technische onderzoeksmethoden voorafgaand aan de formele aanbesteding.

Verworven inzichten uit de marktconsultatie

De input vanuit de plenaire Mentimeter-bevraging en de daaropvolgende 1-op-1 gesprekken heeft geleid tot een reeks inzichten voor de verdere inrichting van de aanbesteding.

8.1.1. Welke vooropgestelde behoeften, specificaties of eisen zijn bevestigd door de marktpartijen?

- **Bevestiging oorzaken rendementsverlies:** De markt bevestigt de in eerdere hoofdstukken gestelde hypothesen over de instabiliteit van de buisvijzel bij overvulling. Fysische fenomenen zoals luchtinsluiting, wrijving, recirculatie en interne drukopbouw worden ook door de marktpartijen aangewezen als de primaire oorzaken voor de onverklaarbare debiet- en rendementsdalingen.
- **Steun voor IP-architectuur (SB 280):** Er is steun en voorwaardelijke acceptatie voor de contractuele kennisstrategie. De marktpartijen kunnen het 'Black Box/White Box' principe onderschrijven waarbij fabrikanten hun interne bedrijfsgeheimen afschermen, terwijl de overheid de prestatiecurven en stromingsdynamica vrij verwerft met het expliciete doel om deze op te nemen in het Standaardbestek 280.

- **Consensus over de iteratieve R&D-aanpak:** Er heerst een brede consensus om het O&O-validatieonderzoek uit te voeren via scenario 1: continue, alternerende feedback-loops tussen numerieke CFD-modellering en fysieke schaalmodellen.
- **Ecologie als primaire meerwaarde:** De ecologische visvriendelijkheid en de algemene veiligheid van de buisvijzel worden door de markt unaniem gezien als de allergrootste toegevoegde waarde van dit systeem ten opzichte van de traditionele open vijzel, dit argument weegt zwaarder door dan het hogere debiet en de hogere hydraulische efficiëntie bij het optimale werkingpunt. Bij afwijking van dit werkingpunt is de efficiëntie, maar ook het debiet dan weer lager.

8.1.2. Welke vooropgestelde behoeften, specificaties of eisen zijn gefinetuned of herwerkt door de marktpartijen?

- **Aanpassing labo-schaalgrootte:** De initiële insteek om te starten met een klein schaalmodel (1:10 of 1:20) is door de markt bijgesteld. Voor een betrouwbare kalibratie met CFD-modellen eist de markt een groter fysiek schaalmodel van minimaal 1:5 of zelfs 1:3.
- **Gefinetunede validatie-targets:** De ambitie om de foutmarge te beperken tot maximaal 10% afwijking tussen de numerieke CFD-simulaties en de uiteindelijke real-world praktijkmetingen is door de aanwezigen aangescherpt en aangeduid als realistisch en haalbaar.
- **Aanbesteding - Hoofdaannemer:** Uit de gesprekken bleek duidelijk dat de aanwezige niche-experts (zoals de CFD-adviesbureaus en vijzelproducenten) niet als wettelijke hoofdaannemer van een consortium wensen op te treden. De markt wenst dan ook dat een grote civiele aannemer of 'system integrator' de rol van hoofdaannemer op zich neemt om de brede systeemverantwoordelijkheid te dragen.

8.1.3. Welke vooropgestelde behoeften, specificaties of eisen zijn weerlegd door de marktpartijen als niet mee te nemen in het vervolgtraject?

- **De externe factor 'golven':** De potentiële impact van golven (waves) op de stroomsnelheid of instabiliteit is door de participanten gelabeld als 'secundair' of 'onbekend'. Dit specifieke fenomeen hoeft daarom niet prioritair in het vervolgtraject te worden meegenomen.

8.1.4. Welke nieuwe, nog niet gekende inzichten heeft de marktconsultatie opgeleverd?

- **Spanningsveld over bedrijfsgeheimen (IP-frictie):** Hoewel er theoretische steun is voor het IP-model, bleek in de praktijk toch frictie te ontstaan. Pompproducenten staan weigerachtig om interne geometrie en octrooien te delen, terwijl CFD-experts en het INBO expliciet aangaven dat zij net inzage in deze gedetailleerde geometrische data nodig hebben om accurate *multi-phase flow* modellen te bouwen en gedegen onderzoek naar vissterfte te verrichten. Dit vergt scherpe afspraken binnen het uiteindelijke consortium.
- **Zware restricties op ecologische vistesten:** Het uitvoeren van veldtesten met levende vissen (via INBO) bleek aanzienlijk complexer dan initieel voorzien. Dergelijke proeven brengen bijzonder hoge kosten met zich mee en stuiten op strikte restricties van de ethische commissies, waarbij vissen slechts éénmalig mogen worden blootgesteld aan de test. Ook worden vissen veelal enkel in het najaar geleverd, wat een beperking oplegt aan de projectplanning.
- **Inzet van innovatieve CFD-methodieken:** Er werd nieuwe expertise aangereikt om lucht-water interacties (multi-phase flow) bij overvulling numeriek aan te pakken. Partijen boden de integratie aan van uiterst geavanceerde 'Meshfree' simulatiesoftware alsook modulaire 'Volume of Fluid' (VOF) methodieken.
- **Opportuniteit voor snelle in-situ testen:** Een van de marktpartijen bracht een opportuniteit aan door te suggereren om een reeds bestaande drijvende vijzelinstallatie in Nederland in te zetten. Deze kan lokaal handmatig worden afgezonken om in-situ onderdompelingstests uit te voeren, wat snelle, empirische data over het gedrag bij overvulling kan genereren.

Conclusie en strategische aanbevelingen voor MOW

De internationale marktconsultatie heeft geleid tot een dieper inzicht in het technologische, contractuele en ecologische speelveld rondom de gesloten buisvijzel. Hoewel de markt de theoretische hypothesen en de voorgestelde hybride R&D-aanpak (Scenario 1) unaniem ondersteunt, zijn er verschillende kritieke randvoorwaarden en operationele spanningsvelden aan het licht gekomen. Om een succesvolle aanbesteding te garanderen, moet het Departement MOW in het verdere vervolgtraject rekening houden met de volgende strategische aanbevelingen:

8.1.5. Verplichte consortiumstructuur met een 'Hoofdaannemer'

- **Het inzicht:** Niche-experts (zoals gespecialiseerde CFD-adviesbureaus en vijzelfabrikanten) gaven tijdens de 1-op-1 gesprekken expliciet aan dat zij niet

bereid of in staat zijn om de integrale contractuele, financiële en juridische eindverantwoordelijkheid voor het volledige in-situ project te Steenkerke te dragen.

- **Aanbeveling voor MOW:** Het bestek moet dwingend voorschrijven dat het aanbiedende consortium wordt geleid door een kapitaalkrachtige civiele aannemer of een ervaren *system integrator* die optreedt als hoofdaannemer. MOW dient voorafgaand aan de aanbesteding een matchmaking-event te organiseren om deze civiele aannemers actief te koppelen aan de technologische niche-partijen.

8.1.6. Opschaling van de fysieke lab-schaal (Budgettaire impact)

- **Het inzicht:** De markt heeft de initiële aannahme om te werken met kleine, goedkope schaalmodellen (schaal 1:10 of 1:20) categorisch weerlegd. Voor een fysisch betrouwbare kalibratie van de complexe meefasen-CFD-modellen is een grotere schaal van **minimaal 1:5 of bij voorkeur 1:3** noodzakelijk.
- **Aanbeveling voor MOW:** MOW moet in de raming en budgetallocatie van de O&O-fase rekening houden met significant hogere kosten voor het fysieke laboratoriumonderzoek. Tegelijkertijd moet het bestek de minimale schaalgrootte van 1:5 of 1:3 als minimale technische eis verankeren.

8.1.7. Mitigeren van 'IP-frictie' binnen het consortium

- **Het inzicht:** Hoewel de 'Black Box / White Box' kennisstrategie principieel door de markt wordt geaccepteerd, legt de praktijk een spanningsveld bloot. Fabrikanten weigeren hun concurrentiegevoelige machinegeometrieën (Background) zomaar te delen. CFD-experts en het INBO gaven daarentegen aan dat zij juist exacte geometrische CAD-data nodig hebben om betrouwbare stromingssimulaties te bouwen en visvriendelijkheid te valideren.
- **Aanbeveling voor MOW:** MOW moet als kwalificatie-eis stellen dat het consortium bij de offerte een sluitende, interne Non-Disclosure Agreement (NDA) overlegt. Deze overeenkomst moet garanderen dat geometrische data veilig binnen het consortium gedeeld kunnen worden met de CFD-partner, zonder dat de intellectuele eigendomsrechten van de vizelproducent naar de overheid of derden lekken.

8.1.8. Flexibele planning wegens restricties op vistesten

- **Het inzicht:** Veldtesten met levende vissen (uitgevoerd via het INBO) zijn aan extreme restricties onderhevig. De regelgeving vanuit ethische commissies is streng (testvissen mogen bijvoorbeeld slechts eenmalig worden blootgesteld), de kosten zijn hoog, en de levering van geschikte proefvissen is seizoensgebonden en kan **vrijwel uitsluitend in het najaar** plaatsvinden.

- **Aanbeveling voor MOW:** MOW moet de projectplanning en de bijbehorende mijlpalen uiterst flexibel opstellen. De planning van de in-situ praktijkfase in Steenkerke moet expliciet worden gesynchroniseerd met de biologische beschikbaarheid van vissen in het najaar om kostbare projectvertragingen te voorkomen.

8.1.9. Evaluatie van de 'Fast-Track' praktijktest in Nederland (optioneel)

- **Het inzicht:** Tijdens de marktconsultatie werd de opportuniteit geopperd om gebruik te maken van een reeds bestaande, drijvende en afzinkbare vijzelinstallatie in Nederland. Dit maakt het mogelijk om snel en tegen relatief lage kosten empirische data te verzamelen over overvulling en onderdompeling.
- **Aanbeveling voor MOW:** MOW kan overwegen om deze 'fast-track' benadering als gunningscriterium of optionele scope op te nemen in het bestek. Dit biedt consortia de kans om al in een zeer vroege fase van het R&D-traject numerieke modellen te voeden met reële praktijkdata, wat het technologische risico voor de latere ombouw in Steenkerke aanzienlijk verlaagt.

Aanwezigheidslijst marktconsultatie

Volgende partijen waren aanwezig op de marktconsultatie en werden vertegenwoordigd door één of meerdere personen:

- Universiteit Gent
- University of Guelph
- Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek
- Provincie Oost-Vlaanderen
- AM-Team
- ICube Laboratory
- Witteveen+Bos Belgium
- FishFlow Innovations
- KUHN GmbH
- Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics (ITWM)
- Vandezande
-

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Lettertype: (Standaard)
+Koppen (Aptos Display), 20 pt, Tekstkleur: Accent 1

heeft opmaak toegepast: Engels (Verenigde Staten)