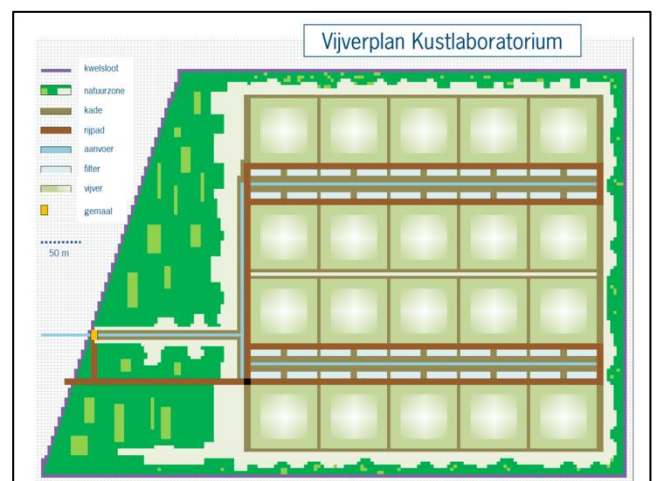


Ontwerp Vijverinfrastructuur Kustlaboratorium



9 april 2012

J.J.M.H. Ketelaars

A.C. Ruizeveld de Winter

BU Agrosysteemkunde

Plant Research International

Wageningen UR

Inleiding

De ambitie van het Kustlaboratorium is het realiseren van een mondiaal voorbeeld van een zoute polder waarin economie en ecologie de ruimte krijgen en die een waardevol landschap levert voor mens en natuur. Een zoute polder waarin Het Zeeuwse Landschap wil laten zien dat visserij, landbouw en natuur samen kunnen werken aan duurzame oplossingen voor de grote opgaven waar we voor staan t.a.v. kustveiligheid, biodiversiteit en milieu, landschap en natuur, en economische ontwikkeling.

Het Kustlaboratorium beoogt een transitie in het denken over zout. Waar zout voor de landbouw synoniem is voor schade aan het gewas en opbrengstderving, wil het Kustlaboratorium laten zien dat een zoute omgeving even productief kan zijn als een zoete.

Programma van eisen

Met deze ambitie zijn algemene eisen t.a.v. het ontwerp van het Kustlaboratorium

1. Aansprekend voorbeeld: nodigt uit tot navolging.
2. Rendabele bedrijfsvoering: ondernemers in aquacultuur kunnen er een inkomen verdienen.
3. Geen overlast naar de omgeving: ondernemen mag niet ten koste gaan van omwonenden, dus geen extra zoutbelasting.
4. Duurzaam: het ontwerp moet houdbaar zijn vanuit een oogpunt van gebruik van energie en grondstoffen, en ruimte voor biodiversiteit: zoveel mogelijk lokaal beschikbare energie benutten, stofkringlopen sluiten, gebruik van systeemvreemde stoffen en folie mijden, ruimte laten aan natuur.
5. Verrijking van het landschap: behoud van openheid, geen hoge netten.
6. Gesloten grondbalans.

Specifiek vanuit het gebruik door de aquacultuur gelden de eisen:

1. Geschikt voor verschillende teelten: wieren, algen, schelpdieren, zagers, vis.
2. Behoud van een goede waterkwaliteit, d.w.z. een minimale verversing van de vijvers van 5% per dag met behulp van Oosterscheldewater.
3. Controle over predatie (strandkrabben, zeesterren etc.) door afscherming of eliminatie van schadelijke organismen.
4. Controle over de voedingstoestand van de vijvers.
5. Mogelijkheid tot periodiek droogzetten van vijvers.
6. Geschikt voor mechanisatie van teelthandelingen.
7. Bescherming tegen diefstal.

Het ontwerp van het Kustlaboratorium

Het Kustlaboratorium omvat een zone met als primaire bestemming aquacultuur en een zone met als primaire bestemming natuur. Idealiter zijn beide zones niet strikt gescheiden maar vervult de natuurzone een functie voor de aquacultuur, en omgekeerd biedt de aquacultuurzone kansen voor ontwikkeling van natuurwaarden. Alvorens deze gemeenschappelijke functies te bespreken zullen we de onderdelen analyseren waaruit de aquacultuurzone bestaat.

Het terrein dat Stichting Het Zeeuwse Landschap aangekocht heeft, bestaat uit twee delen: een laaggelegen deel tussen de Cauersweg en de Groenlandsweg (gemiddeld 0.00 m NAP), en een hoger gelegen deel oostelijk van de Groenlandsweg (oplopend tot + 0.50 m NAP). Het lijkt logisch het laag gelegen deel te bestemmen voor de aanleg van vijvers. Het hogere deel zou ingericht kunnen worden ten behoeve van zilte teelten zoals zeekraal, lamsoor en zeekeool. Deze gewassen kunnen bevoeid worden met water uit de kwelsloot die rondom het Kustlaboratorium aangelegd wordt. Op deze manier kunnen de zilte gewassen een deel van de nutriënten benutten die uit het hoger gelegen deel zullen weglekken.

Het ontwerp van de aquacultuurzone

De aquacultuurzone bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Aan- en afvoer van water
2. Toevoer van water naar de vijverpercelen
3. Filtratie van water
4. Constructie van de vijvers
5. Constructie van de kades
6. Afvoer van water uit de vijvers
7. Toegang tot de vijvers
8. Elektrische infrastructuur
9. Ruimte voor opslag van materialen en werktuigen
10. Beveiliging van de aquacultuurzone

In onderstaande zullen we deze onderdelen bespreken aan de hand van de dwarsdoorsnede in Figuur 1.

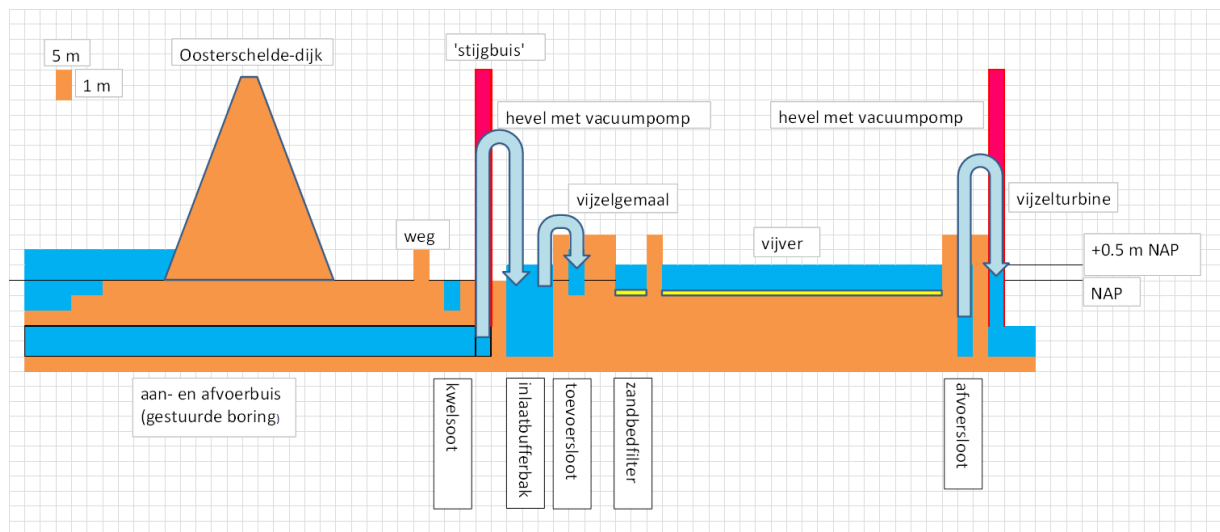


Fig. 1. Dwarsdoorsnede van de aquacultuurzone van het Kustlaboratorium. De stijgbuis aan de linkerkant illustreert de inname van water, aan de rechterkant is dezelfde stijgbuis getekend tijdens afvoer van water naar de Oosterschelde.

Aan- en afvoer van water

Voor het goed functioneren van de vijvers is een regelmatige verversing van de vijver noodzakelijk. Voor de verversing staan twee bronnen van zout water tot onze beschikking: grondwater en Oosterschelde water. Hoewel er ter plaatse zout grondwater beschikbaar is, gaan we er hier van uit dat verversing met Oosterscheldewater gebeurt. Grondwater bevat hoge concentraties aan ammonium, ijzer en fosfaat. Dit zijn essentiële voedingsstoffen voor primaire producenten (algen en wieren), maar de concentraties zijn zo hoog dat het water zonder voorbehandeling toxische effecten heeft op dierlijke organismen waaronder vissen. Gebruik van Oosterschelde water biedt de beste garanties dat alle mogelijke teelten zonder beperkingen uitgeoefend kunnen worden. Denkbaar is dat voor de teelt van algen en wieren additioneel oppompen van grondwater toegepast wordt om over nutriënten te kunnen beschikken. Dit kan overigens ook oppervlakkig grondwater zijn dat uit de aquacultuurzone lekt en zich in de kwelsloot rondom het Kustlaboratorium verzamelt.

Verversing moet ervoor zorgen dat verliezen aan water door infiltratie en verdamping gecompenseerd worden, dat de saliniteit op peil blijft, dat uitputting van essentiële voedingsstoffen en ophoping van schadelijke stoffen voorkomen worden. Het verlies door infiltratie kan aanzienlijk zijn omdat vijvers boven het peil van de omringende kwelsloot aangelegd zullen worden. Hoe groot dit verlies is, moet blijken uit berekeningen met het hydrologisch model dat door Deltares ontwikkeld wordt. Correcties voor verdamping en regenval vergen slechts beperkte hoeveelheden water: bij een verversing van 5% en een

vijverdiepte van 1 m wordt er per dag 50 mm water aangevoerd, ofwel per jaar 18250 mm: een veelvoud van de hoeveelheid neerslag en de potentiële verdamping.

Cruciaal is de vaststelling van een minimaal debiet voor verversing. Hier gaan we er van uit dat een verversing van minimaal 5% per dag wenselijk is. Bij een voorgenomen vijverareaal van 20 ha en een waterdiepte van maximaal 1 m komt dit overeen met 10.000 m³ per dag. Voor een vijver van 1 ha is dit equivalent met 500 m³ per dag, ofwel 3500 m³ per week. In experimenten van Zeeland Aquacultuur is het effect van verversing met Oosterscheldewater op de groei van tapijtschelpen onderzocht. Hierbij zijn verversingsgraden toegepast van 0,7, 2 en 5 m³ per kg schelpdieren per week. Bij de laagste verversing werd groeiremming gezien die in verband werd gebracht met uitputting van calciumcarbonaat. Deze laagste verversing komt overeen met een verversing van 500 m³ per dag bij een schelpdierbiomassa van gemiddeld 5000 kg per ha. De onttrekking van calcium door een dergelijke hoeveelheid schelpdieren ligt in de orde van 20 kg calcium per dag (uitgaande van 2% groei per dag). Daar staat een aanvoer tegenover van 200 kg calcium per dag (zeewater bevat ca. 400 mg per liter). Hieruit blijkt dat niet zozeer uitputting van calcium het knelpunt vormt, maar vermoedelijk eerder verlaging van de pH van het vijverwater. Dit brengt de calciumdepositie door het schelpdier in gevaar. Veranderingen in pH kunnen gecompenseerd worden door de vijver te bekalken, of indirect door het toepassen van een schelpenfilter. Dit moet in de praktijk getoetst worden. Verhoging van het debiet heeft consequenties voor de dimensionering van de wateraanvoer vanuit de Oosterschelde en het pompvermogen dat geïnstalleerd moet worden. Verhoging gaat dus gepaard met extra investeringen en extra energiekosten. Daarnaast leidt een hogere verversing tot een groter verlies van nutriënten die in de vijver circuleren. De nutriëntenbalans van het systeem wordt er dus negatief door beïnvloed.

Aan- en afvoer van Oosterscheldewater dient bij voorkeur onder vrij verval te gebeuren, d.w.z. gebruikmakend van het getijdeverschil. Daarmee profiteren we van lokaal beschikbare duurzame energie (de getijddepomp) en vermijden we gebruik van fossiele energie. De studie van Grontmij naar het gebruik van de getijddepomp maakt duidelijk dat verversing uitsluitend op geleide van het getij niet aantrekkelijk is. Dat zou ertoe leiden dat de toevoer van water en de verversing van dag tot dag zeer grote fluctuaties gaan vertonen. Praktische consequentie is dat er grote buffers noodzakelijk zijn om wisselingen in waterpeilen te dempen. Gebruik maken van het getij is dus wel aantrekkelijk, maar vereist een zekere controle over het debiet dat binnenkomt. Debietsturing is mogelijk middels het verpompen van water. Om op pompenergie te kunnen besparen is het wenselijk deze alleen in te schakelen op momenten dat transport onder vrij verval niet mogelijk is vanwege een te gering drukverschil.

Als we kiezen voor verversing op geleide van het getij dan betekent dat waterinname gedurende hoog tij en lozen van water gedurende laag tij. In dat geval kunnen we volstaan met één doorgang onder de dijk. Water wordt dan op hetzelfde punt in de Oosterschelde onttrokken en geloosd. Dit heeft wel tot gevolg dat het restant water dat zich aan het einde van een periode van lozen in de buis bevindt, weer ingenomen wordt. Deze hoeveelheid water is echter klein t.o.v. het volume dat dagelijks ververst wordt: bij een buisdiameter van 80 cm inwendig en een lengte van 300 m, is de waterinhoud van de buis 150 m³.

Met een gestuurde boring onder de dijk door moet er dan één buis getrokken worden. Cruciaal hierbij is de keuze van de diameter van deze buis. Deze moet zodanig zijn dat watertransport plaats vindt met minimaal drukverlies. Drukverlies werkt immers de getijddepomp tegen en moet in een ongunstig geval weer gecompenseerd worden door het inzetten van een pomp.

Voor de berekening van het drukverlies tijdens transport van water door een buis wordt de volgende formule gehanteerd:

Leidingverlies (h) uitgedrukt in meter waterkolom (mwk): $h = f * (L/D) * (V^2/2g)$

met:

- f : frictiefactor (-)
- L: lengte buis (m)
- D: diameter buis (m)
- V: stroomsnelheid: (m.s⁻¹)
- g: zwaartekrachtsversnelling: 9.81 m².s⁻²

Voor het totale drukverlies moeten hierbij nog opgeteld worden de in- en uitstroomverliezen. Deze zijn een functie van de stroomsnelheid:

Instroomverlies uitgedrukt in meter waterkolom (mwk): $0.5 \cdot (V^2/2g)$

Uitstroomverlies uitgedrukt in meter waterkolom (mwk): $(V^2/2g)$

In de formule van het leidingverlies is de frictiefactor de enige onzekere factor. De frictiefactor bepaalt de mate waarin de buiswand zorgt voor wrijving en drukverlies. De frictiefactor kan afgelezen worden uit het Moody diagram als functie van het Reynolds getal en de relatieve ruwheid van de buiswand. Het Reynolds getal is een dimensieloos getal dat aangeeft of de stroming laminair of turbulent is. Bij een Reynolds getal >4000 is er sprake van turbulent transport. Berekeningen geven aan dat er praktisch gezien altijd sprake is van turbulent transport in de aanvoerbuis. De relatieve ruwheid van de buiswand is de gemiddelde hoogte van de ruwheidsverschillen gedeeld door de interne diameter van de buis. Bij een nieuwe buis is de relatieve ruwheid klein. In het gebruik zal deze waarde flink toe kunnen nemen rekening houdend met aangroei van organismen waaronder mosselen. Periodiek reinigen (piggen) is noodzakelijk en moet ervoor zorgen dat de buiswand glad blijft.

Hoe belangrijk de diameter van de buis is blijkt uit een voorbeeldberekening. Aangenomen is dat water ingenomen wordt op 300 m vanuit het plangebied en dat de relatieve ruwheid van de buis 0.003 bedraagt en de frictiefactor voor alle buisdiameters 0.026. De aanname voor de relatieve ruwheid correspondeert met de toestand van een oude, vervuilde rioolbuis. Door aangroei van schelpen kan deze parameter mogelijk wel een factor 10 hoger zijn met als gevolg dat de frictiefactor stijgt van 0.026 tot 0.058 en dus het leidingverlies ruwweg twee maal hoger is dan de waarden die in onderstaande tabel opgegeven worden.

Tabel 1. Drukverlies in de aanvoerbuis voor Oosterscheldewater als functie van de interne buisdiameter.

DRUKVERLIES BIJ BUISTRANSPORT VAN WATER		Interne diameter buis (m)			
		0.25	0.50	0.75	1.00
Totaal debiet	m ³ per dag	10000	10000	10000	10000
Doorstroom tijd	uren per dag	12	12	12	12
Debiet per uur	m ³ per uur	833	833	833	833
Debiet per minuut	m ³ per min	14	14	14	14
Debiet per seconde	m ³ per sec	0.23	0.23	0.23	0.23
Leidingverlies (h) met $h = f \cdot (L/D) \cdot (V^2/2g)$	meter water kolom	35.36	1.11	0.15	0.03
frictiefactor (f)	--	0.026	0.026	0.026	0.026
Lengte leiding (L)	m	300	300	300	300
Inwendige diameter (D)	m	0.25	0.50	0.75	1.00
Inwendig oppervlak	m ²	0.05	0.20	0.44	0.79
Stroomsnelheid (V)	m per sec	4.72	1.18	0.52	0.29
Versnelling (g)	m per sec ²	9.81	9.81	9.81	9.81
Instroomverlies (i) met $i = 0.5 \cdot V^2/2 \cdot g$	meter water kolom	0.57	0.04	0.01	0.00
Uitstroomverlies (u) met $u = V^2/2 \cdot g$	meter water kolom	1.13	0.07	0.01	0.00
TOTAAL DRUKVERLIES (h + i + u)	meter water kolom	37.06	1.21	0.17	0.04

Het effect van de buisdiameter is zodanig dat bij hetzelfde debiet een twee maal grotere diameter het totale drukverlies (leidingverlies plus in- en uitstroomverliezen) met een factor 30 doet afnemen.

Door de buis onder de dijk binnendijks aan te sluiten op een 'stijgbuis', c.q. watertoren, ontstaat binnendijks een communicerend vat met de Oosterschelde. Van hieruit vindt watertoevoer richting vijvers en waterafvoer plaats zoveel mogelijk door gebruik te maken van heveling. Het debiet kan daarbij stuurbaar worden gemaakt door regeling met een vacuumpomp. Deze vacuumpomp stelt de hevel in werking en bepaalt de doorvoer. Bij uitval van de pomp wordt de hevel onderbroken en daarmee is het systeem passief veilig. Voorkomen wordt dat ongecontroleerde hoeveelheden Oosterscheldewater binnenkomen.

Uit veiligheidsoogpunt zal de hoogte van de watertoren minimaal het niveau van de kruin van de dijk zijn (Deltahoogte). Daarmee ontstaat er vanaf het dak van de watertoren een prachtig uitzichtpunt over het Kustlaboratorium aan de ene kant, en de Oosterschelde aan de andere kant. Door de watertoren geheel of ten dele transparant uit te voeren wordt binnendijks de actuele waterstand van de Oosterschelde zichtbaar en beleefbaar.

Mogelijk zijn de dimensies van de watertoren zo te kiezen dat deze tevens als zandvang kan fungeren. Idealiter bezinkt tijdens iedere periode van waterinname het zand in de toren om gedurende de daarop volgende periode van water lozen weer naar de Oosterschelde afgevoerd te worden.

Vanuit de watertoren wordt het water naar een bufferbassin geheveld. Vervolgens stroomt het onder vrij verval naar de toevoersloten. Op momenten van onvoldoende drukverschil wordt een pomp bijgeschakeld, bij voorkeur een visvriendelijke vijzelpomp zoals bij voorbeeld door FishFlow Innovations ontwikkeld is (www.fishflowinnovations.nl). Op die manier wordt de toevoersloot onderdeel van de natuurzone waarin het Oosterscheldeleven zich voortzet. Door de toevoersloot via een overstort te verbinden met de afvoersloot ontstaat er een wattering waarlangs organismen vanuit de Oosterschelde het Kustlaboratorium binnen kunnen dringen en ook weer verlaten, zonder te worden vernalen door pompen. De afvoer van water tijdens laag tij zal vermoedelijk altijd onder vrij verval plaats kunnen vinden aangezien het waterpeil in de vijvers op ca. +0.5 m uit zal komen (zie verder). Dat maakt het mogelijk energie terug te winnen door het water via een visvriendelijke vijzelturbine te sturen zoals eveneens ontwikkeld door FishFlow Innovations.

Toevoer van water naar de vijverpercelen

Voor de toevoer van water naar de vijverpercelen zijn toevoersloten voorzien. Watertransport via sloten is vele malen goedkoper dan transport door buizen: de aanleg van een 5 m brede sloot kost ca. € 5 per meter, een PVC buis (PN10) met een diameter van 11 of 25 cm kost resp. € 26 en € 63 per meter. Bovendien zijn ondergrondse buizen gevoelig voor verstopping en in dat geval lastig te reinigen. Dimensionering van de toevoersloten moet zodanig zijn dat deze sloten ook een functie kunnen vervullen als slibvang. Hoe meer slib verwijderd kan worden, des te gemakkelijker is de verdere zuivering (filtratie) in de zandbedden.

De toevoer van water moet per vijver geregeld kunnen worden en het verbruik van water geregistreerd indien het Kustlaboratorium door verschillende gebruikers geëxploiteerd wordt.

Filtratie van water

Alvorens het water de vijvers bereikt, moet het mogelijk zijn schadelijke organismen te verwijderen. De keuze is om dit centraal te doen, d.w.z. dichtbij het innamepunt van het water, of decentraal, dichtbij de vijvers. Er zijn verschillende argumenten om in plaats van een centrale filtratie te kiezen voor een decentrale, i.c. zo dicht mogelijk bij de vijvers, daar waar het water gebruikt gaat worden:

1. Gebruikers zullen niet allen dezelfde eisen stellen aan de kwaliteit van het gefilterde water en dus aan de wijze van filtratie.
2. De toevoersloten zullen een eigen biotoop gaan vormen voor tal van organismen. Centrale filtering zou ertoe leiden dat gedurende de passage van het water door de toevoersloten naar de percelen het gefilterde water opnieuw verontreinigd raakt met ongewenste organismen.
3. Bij centrale filtratie ligt het voor de hand dat de eigenaar van het Kustlaboratorium verantwoordelijk wordt voor de filtering en de kwaliteit van het gefilterde water. Bij filtering decentraal is het logisch dat de gebruiker zelf verantwoordelijk is voor de kwaliteit van het gefilterde water.

Filtratie heeft tot doel organismen te verwijderen die zich als predatoren kunnen gaan gedragen in de vijvers. Daarom is het noodzakelijk niet alleen volwassen exemplaren te verwijderen maar ook jonge stadia, i.c. eieren en larven. In het Proefbedrijf Zeeuwse Tong is gekozen voor mechanische filtratie. Het filtersysteem bestaat uit een grof trommelfilter in combinatie met een fijn trommelfilter met maaswijdte 70 micron. Dit systeem is robuust. Toch blijkt in de praktijk dat na enige tijd in de vijvers predatoren zoals strandkrabben aangetroffen worden. Onduidelijk is hoe deze dieren in de vijvers belanden. Mogelijk zijn ze toch als ei het filter gepasseerd, maar het is ook denkbaar dat jonge stadia door vogels of door de wind over de dijk getransporteerd worden.

Een alternatief voor filtratie m.b.v. trommelfilters is langzame zandbedfiltratie. Deze is in Nederland in het verleden veel toegepast in het kader van drinkwaterbereiding. Bepalend voor de filtratie is de korreldiameter van het zand. Het zand dat nu standaard gebruikt wordt als vijverbodem voor zagervijvers, heeft een mediane korreldiameter van (d_{50}): 419 micrometer. Als vuistregel geldt dat de zeefwerking van een filtermedium ongeveer 1/7 van de gemiddelde korrelgrootte bedraagt: de filtratiegrootte is dus 1/7 van 419 micrometer, ofwel 60 micrometer. Dit is dus vergelijkbaar met de maaswijdte van het fijn filter dat het Proefbedrijf Zeeuwse Tong gebruikt. Het zandbed zou dus een vergelijkbare zeefwerking moeten hebben. Microscopische waarnemingen aan het effluent uit een schoon filterbed hebben dat bevestigd: de grootte van de grootste deeltjes in het effluent bedroeg resp. 80 en 50 micrometer met en zonder zagers in het zandbed. De effectieve filtratie kan overigens door opbouw van een organisch laagje op het zandbed in het gebruik fijner worden.

Zagers blijken een grote invloed te hebben op de kwaliteit van een zandbed: waar zonder zagers een zandbed snel dichtgroeit met wieren en algen, houden zagers het oppervlak schoon door hun graasactiviteit. In theorie moet dit de levensduur van een zandbedfilter verlengen. Australisch onderzoek heeft laten zien dat zandbedfilters inderdaad langer meegaan als het filter gecombineerd wordt met de kweek van borstelwormen. Hoe snel zandbedden dichtslibben en hoe vaak ze gereinigd moeten worden, zal sterk afhankelijk zijn van de vuil last van het inkomende water. Om die reden zijn relatief grote zandfilters in het ontwerp opgenomen: per vijver van ca. 1 ha twee zandbedden van elk 500 m². Voor de dikte van het zandbed gaan we uit van 20 cm met drains op regelmatige afstanden onder het zandbed. Voor de periodieke reiniging van zandbedfilters is vermoedelijk dezelfde machine bruikbaar die nodig is voor de oogst van zagers en bodemschelpdieren.

Zagers zijn omnivoren en zij zullen dus ook actief schadelijke organismen elimineren. Deze vorm van biologische 'filtratie' kunnen we verder uitbouwen door inzet van carnivore vissen zoals tong en tarbot. De uitdaging is dus de zandbedfilters in combinatie met de productie van vis te ontwikkelen tot een systeem van biologische plaagbeheersing. Inspirerend voorbeeld is de ontwikkeling van biologische bestrijding in de glastuinbouw. Hierbij wordt inmiddels gebruik gemaakt van tientallen natuurlijke vijanden van plagen (zie bijv. www.koppert.nl).

Constructie van de vijvers

Vorm: rechthoekig, vierkant of rond?

Voor de zagerkweek worden momenteel langgerekte vijvers toegepast: vijvers met een lengte van 100 m en een breedte van 10 m. Deze vijvers worden gescheiden door rijpaden (kades) van ca. 5 m breed. De werkzaamheden worden deels vanaf de kades verricht middels een trekker (het voeren van de zagers), en deels drijvend op het vijveroppervlak (het oogsten).

Constructie van deze rijpaden is kostbaar, en het aanbrengen van noodzakelijke verharding op deze rijpaden eveneens. Daarbij zijn paden niet productief en vergen jaarlijks onderhoud. Een aaneengesloten rij vijvers van 10 * 100 m elk heeft per vijver 120 m kadelengte. Een zelfde rij vijvers van 100*100 m (1 ha oppervlak) heeft een totale kadelengte per vijver van 300 m. Met een oppervlak dat tien keer zo groot is, hebben vijvers van 1 ha een kadelengte die slechts twee en een half keer zo groot is. Grotere vijvers zijn dus relatief goedkoper. Bijkomend voordeel is dat grotere vijvers een betere benutting van het areaal grond opleveren. Bij vijvers van 10 * 100 m en rijpaden van 5 m breed is het netto vijverareaal 60% van het bruto areaal grond, bij vijvers van 100*100 m en paden van 5 m breed is dit 86%. Deze overwegingen pleiten er dus voor om relatief grote, vierkante vijvers aan te leggen. Vanzelfsprekend hoort daarbij aangepaste mechanisatie, bijvoorbeeld in de vorm van amfibische voertuigen die varende werkzaamheden in de vijvers kunnen verrichten, en zich rijdend van vijver naar vijver kunnen verplaatsen. Als voorbeeld kunnen dienen de 'rijdende' boten die in Frankrijk aan zee voor de mosselkweek ingezet worden, maar ook de amfibievoertuigen die in ons land voor onderhoud van sloten en kanalen gebruikt worden.

Wel of geen folie?

Vijvers zoals in gebruik voor de kweek van zagers hebben in de praktijk een bodem bekleed met folie. Dit voorkomt infiltratie van zout water in de vijverbodem en daarmee zoutbelasting naar de omgeving. Ook verhindert een foliebodem de migratie van zagers naar grotere dieptes waar ze kunnen ontsnappen aan de oogst. Op basis van mesocosmos experimenten lijkt dit risico echter niet groot zolang zagers minder dan 10 g per stuk zijn. Mocht dit wel een bezwaar zijn, dan zou folie vervangen kunnen worden

door veel goedkoper geotextiel (gronddoek, of worteldoek) op de bodem van de vijver. De taluds kunnen dan als nog zonder folie uitgevoerd worden.

Folie is duur. Afhankelijk van de duurzaamheid kost folie tot ca. 5 Euro per m² voor de beste kwaliteit (EPDM). Dit komt neer op een extra investering van meer dan 50.000 Euro per ha (inclusief aanbrengen). Toepassing van folie verhoogt daarmee het investeringsniveau aanzienlijk. Ook om esthetische redenen is het gebruik van folie niet aantrekkelijk.

Binnendijkse kweek van zoutwaterorganismen wil tenslotte een alternatief zijn voor akkerbouw op verziltende gronden. Het voorkómen van verzilting is daar dus niet aan de orde. Wel dient te worden voorkomen dat zout water dat weglekt uit de vijvers, de omringende zoete omgeving gaat verzilten.

Wel of geen zandlaag?

Afhankelijk van het gebruik van de vijvers zal er een zandlaag in aangebracht moeten worden. Bodemschelpdieren gedijen beter in een zandige bodem. Aanwezigheid van een fijner substraat betekent automatisch dat schelpdieren slib gaan filteren en dit vergt energie. Zagers zijn minder kieskeurig voor wat betreft het substraat, maar om de oogst van zowel schelpdieren als zagers te vergemakkelijken en breuk van zagers te voorkomen, verdient grof zand als vijverbodem de voorkeur. Vijverdelen die gebruikt worden voor de productie van algen hebben geen zandbodem nodig. Voor de teelt van schelpdieren in de waterkolom (oesters in mandjes, hangmosselen aan touwen) is een zandige bodem evenmin noodzakelijk. Mogelijk verbetert een zandbed de waterkwaliteit doordat minder slib op kan wervelen.

Het aanbrengen van een zandbed in de vijvers tijdens de aanleg heeft de voorkeur boven de aanleg op een later moment. Zandtransport over kades die nog onvoldoende gestabiliseerd zijn, kan veel schade aanrichten. Om lekverliezen te beperken is het aan te raden de vijverbodem mechanisch te verdichten alvorens de zandlaag aan te brengen.

Constructie van de kades

Voor de kades wordt grond gebruikt die bij het uitgraven van de vijvers beschikbaar komt. Deze grond moet verdicht worden. Aanleg dient bij voorkeur tijdens de zomerperiode te gebeuren. Taluds mogen niet te steil zijn om oevererosie tegen te gaan. Om de vijvers te ontsluiten zullen de kades aan één zijde van de vijver van een verharding voorzien moeten worden. Op het Proefbedrijf Zeeuwse Tong is hiervoor menggranulaat gebruikt dat op een laag geotextiel is aangebracht. Doordat de aanleg in een nat voorjaar plaats vond, is het geotextiel plaatselijk kapot gereden als gevolg van te weinig draagkracht van de kades. Menggranulaat is weliswaar goedkoop maar uit esthetisch oogpunt zou een verharding met grint of schelpen de voorkeur verdienen.

Afvoer van water uit de vijvers

De afvoer van water kan via een simpele overstort geregeld worden. Aantrekkelijker is de aanleg van drains onder het zandbed. Dit zorgt ervoor dat er geen organismen uit de vijvers kunnen ontsnappen. Met behulp van deze drains kan de vijver bovendien volledig droog gezet worden, bijvoorbeeld gedurende de winterperiode voorafgaand aan een nieuwe teeltcyclus. Droogzetten van vijvers is effectief om ongewenste organismen af te doden.

Toegang tot de vijvers

Aangezien grote vijvers het noodzakelijk maken terugkerende werkzaamheden in de vijver, drijvend of varend, uit te voeren, moet elke vijver over een hellingbaan beschikken.

Elektrische infrastructuur

Afhankelijk van het gebruik van de vijvers is er behoefte aan een krachtbron voor de bediening van pompen en blowers. Per vijver dient dus een aansluiting op het stroomnet aanwezig te zijn, met individuele registratie van het stroomverbruik ingeval het Kustlaboratorium door verschillende gebruikers geëxploiteerd wordt.

Ruimte voor opslag van materialen en werktuigen

Per vijver dient er een ter plekke een ruimte aanwezig te zijn voor de opslag van materialen en kleine werktuigen.

Beveiliging van de aquacultuurzone

De inhoud van vijvers in de vorm van zagers, schelpdieren en vis is een kostbaar bezit. Diefstal (stropen) hiervan is een grote bedreiging voor een rendabele teelt. Beveiliging van de aquacultuurzone is dus van groot belang. Een wattering is een belangrijke barrière voor ongewenst bezoek mits van voldoende breedte en diepgang. Op het Proefbedrijf Zeeuwse Tong is gekozen voor een ringsloot van 5 m breed en 1 m waterdiepte. Om de aquacultuurzone voor gebruikers toegankelijk te houden zal op de toegangsweg een hek geplaatst moeten worden.

Een schets voor een inrichtingsplan

Om de samenhang van de onderdelen te kunnen beoordelen is een schets gemaakt voor de inrichting van het laag gelegen terrein tussen Cauersweg en Groenlandseweg. Uitgangspunt is een rationele verkaveling van de aquacultuurzone middels vierkante vijvers, omsloten door een meer organisch vorm gegeven natuurzone. De aquacultuurzone ligt als een eiland omsloten door een ring van afvoersloten in de natuurzone. De afvoersloten hebben een variabele breedte waardoor de lengte van de oevers vergroot wordt. Dit biedt een maximale bescherming tegen ongewenst bezoek terwijl een wandelpad door de omringende natuurzone het gebied (beperkt) toegankelijk maakt. De lengte van het pad bedraagt zich 2.5 km, goed voor een half uur durende wandeling vanaf de parkeerplaats onderaan de dijk.

Om een indruk te krijgen van de ruimtelijke verhoudingen geeft Tabel 2 de verdeling van het totale oppervlak over de diverse onderdelen. Het totale oppervlak is een schatting; de werkelijke verdeling kan hiervan afwijken.

Tabel 2. Verdeling van het areaal zoals geschetst in Figuur 2.

	ha	% van bruto
Bruto areaal	35.6	100.0
Wateroppervlak vijvers	14.5	40.6
Wateroppervlak filters	1.3	3.7
Wateroppervlak aanvoersloot	0.6	1.6
Wateroppervlak centrale afvoersloot	0.2	0.5
Totaal wateroppervlak aquacultuur	16.5	46.4
Totaal bruto-oppervlak aquacultuur	21.7	60.9
Totaal netto kade-oppervlak aquacultuur	5.2	14.5
Totaal oppervlak natuurzone	13.9	39.1

Van het bruto areaal is 40% in gebruik als vijver. Het bruto ruimtebeslag voor aquacultuur bedraagt 60%, maar hierin zitten ook elementen die bijdragen aan de natuurwaarde van het gebied.

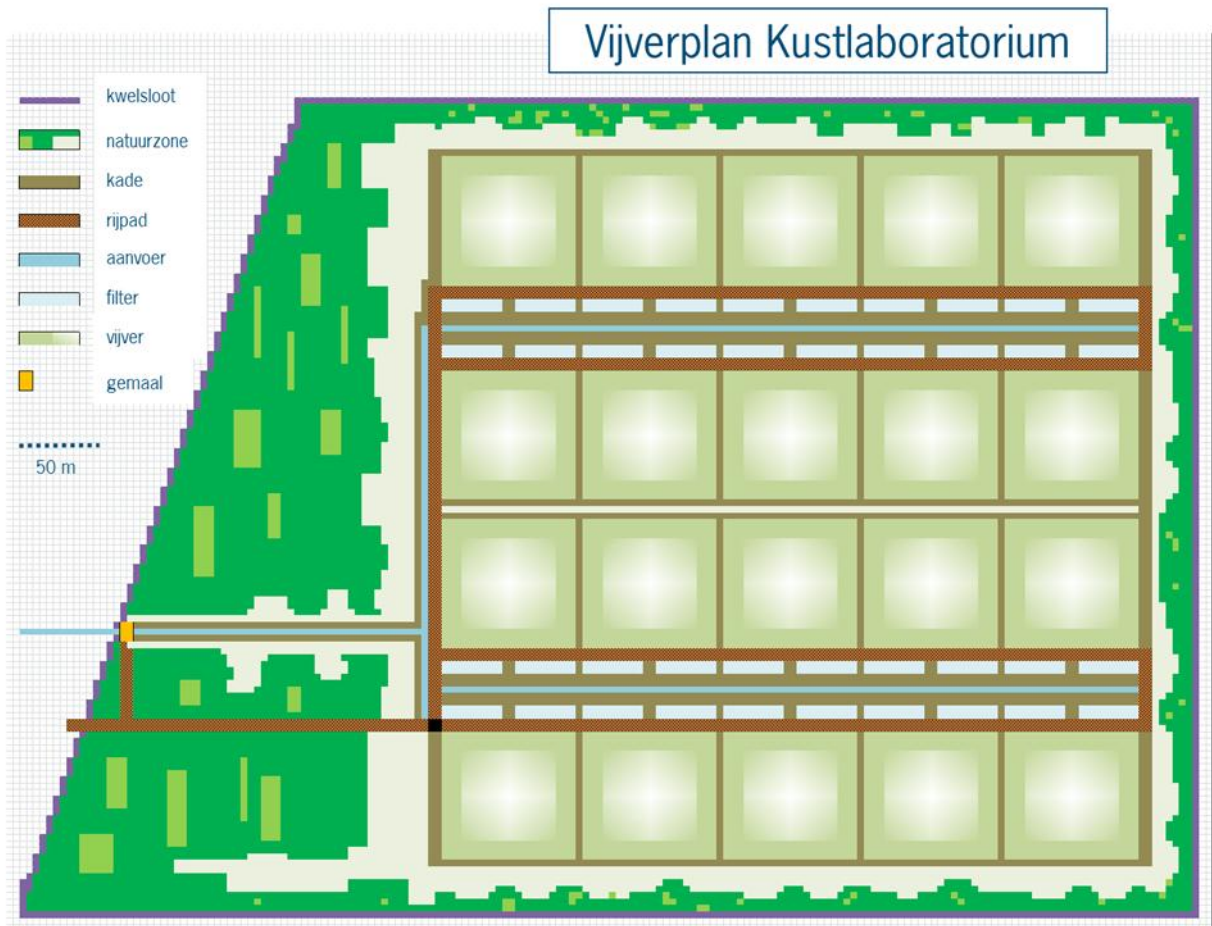


Fig. 2. Schets voor de inrichting van het terrein tussen Cauersweg en Groenlandsweg voor het Kustlaboratorium. Aan de bovenzijde wordt het terrein begrensd door de Cauersweg, aan de onderzijde door de Groenlandsweg. Aan de linkerkant is de begrenzing de weg onderlangs de Oosterschelde dijk (Westboutweg).

De vijvers en sloten worden uitgegraven. Het totale grondverzet ten behoeve van de aquacultuurzone (exclusief de afvoersloot) valt af te lezen uit Tabel 3.

Tabel 3. Grondverzet in de aquacultuurzone als functie van de uitgraafdiepte van de vijvers.

Uitgraafdiepte vijvers	m	0.40	0.50	0.60
Totaal wateroppervlak aquacultuur	ha	16.5	16.5	16.5
Uitgegraven grond	m ³	66008	82510	99011
Totaal netto kade-oppervlak aquacultuur	ha	5.2	5.2	5.2
Ophoging kades t.o.v. oorspronkelijk maaiveld	m	0.85	1.07	1.28
Kadehoogte t.o.v. vijverbodem	m	1.25	1.57	1.88
Kadehoogte t.o.v. vijverpeil	m	0.25	0.57	0.88

Om de kades voldoende te kunnen ophogen t.o.v. het waterpeil in de vijvers zal de uitgraafdiepte minimaal 0.5 m moeten bedragen. De vijverbodem komt dus ruwweg op - 0.5 m NAP te liggen en het waterpeil in de vijvers op + 0.5 m NAP.

De constructie van kades met behulp van uitgegraven grond uit de vijvers heeft tot gevolg dat het maaiveld ruim een meter hoger komt te liggen, i.c. ongeveer op het niveau van de weg onderlangs de

dijk. Dit illustreert hoe door vijvers te graven de effecten van bodemdaling en zeespiegelstijging gecompenseerd kunnen worden.

Figuur 3 illustreert de stroomrichting van het water vanuit de toevoersloot via de zandbedfilters naar de vijvers en vandaar via de afvoersloten naar het centrale punt voor inname en lozing.

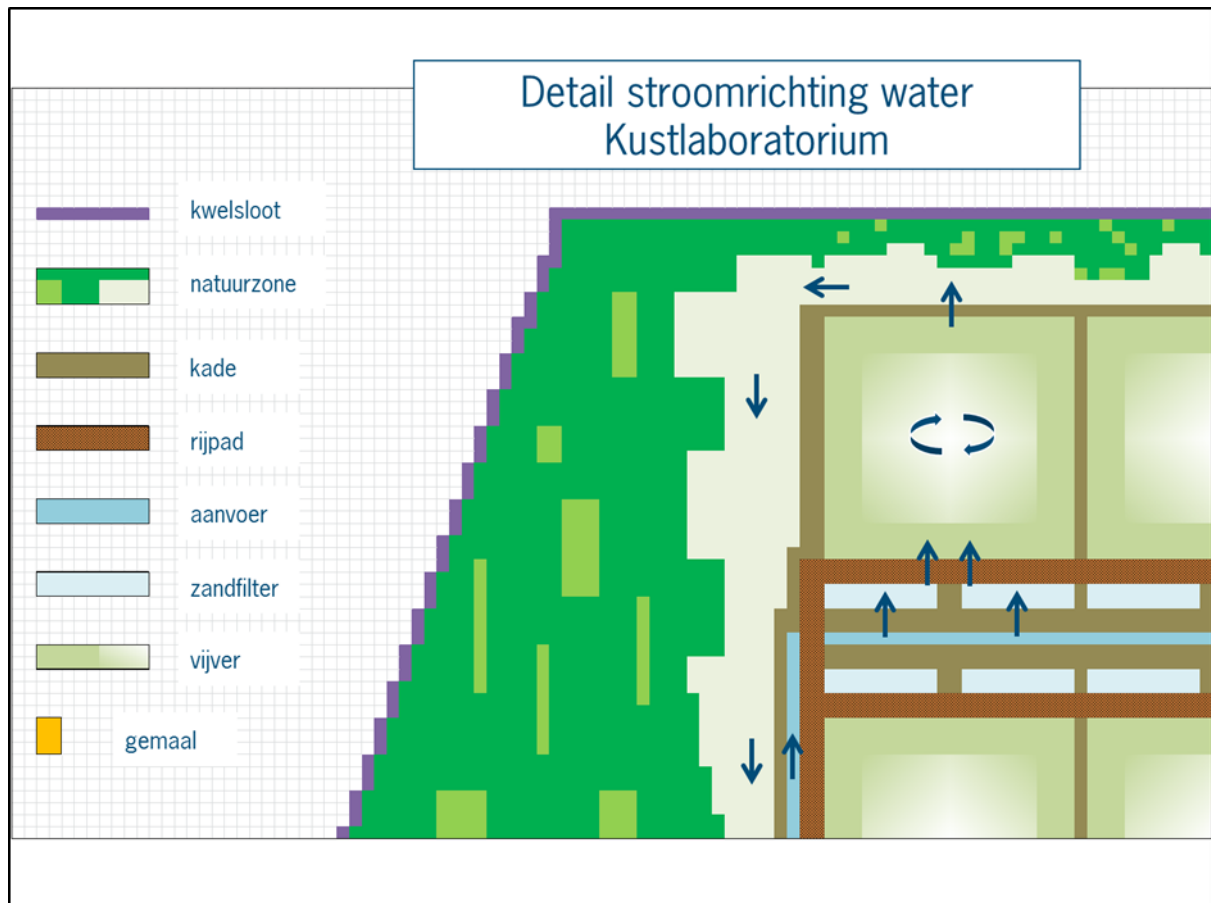


Fig. 3. Detail van de stroomrichting van het water vanuit de toevoersloot, via de zandfilters, naar de vijvers en vandaar naar de afvoersloot.

Figuur 4 laat zien hoe de inrichting van een vijver voor algen-schelpdierkweek er uit kan zien. Dit ontwerp maakt geen gebruik van aparte vijvers voor de teelt van algen en schelpdieren. Beide spelen zich af binnen dezelfde vijver maar ruimtelijk gezoneerd. De zonering bestaat uit een centrale vijverkern en een schil daaromheen. De kern is de binnenste helft van het vijverperceel, i.c. een vierkant van 70 * 70 m voorzien van een zandlaag van 0.2 m dik. De schil, de zone rondom de kern met een breedte van 15 m, wordt niet van een zanddek voorzien. De vijverkern is primair bestemd voor de kweek van bodemschelpdieren, de schil primair voor algenkweek. In de praktijk zullen deze grenzen voor de algenkweek minder scherp zijn. In de kern domineert de consumptie van algen, in de schil de productie.

Tussen de vijverkern en de schil gaat water circuleren middels de volgende voorzieningen:

1. Een centrale afzuiging van water via een buis en een pomp die aan de rand van de vijver in een pomp put wordt geïnstalleerd.
2. Een ringleiding van buizen voorzien van standpijpen op de hoeken van de vijver verbonden met de pomp put. Vanuit de pomp put wordt het centraal afgezogen water teruggebracht naar de periferie van de vijver.
3. Vanuit de periferie stroomt het water weer terug naar het centrale punt waar het opnieuw afgezogen wordt.

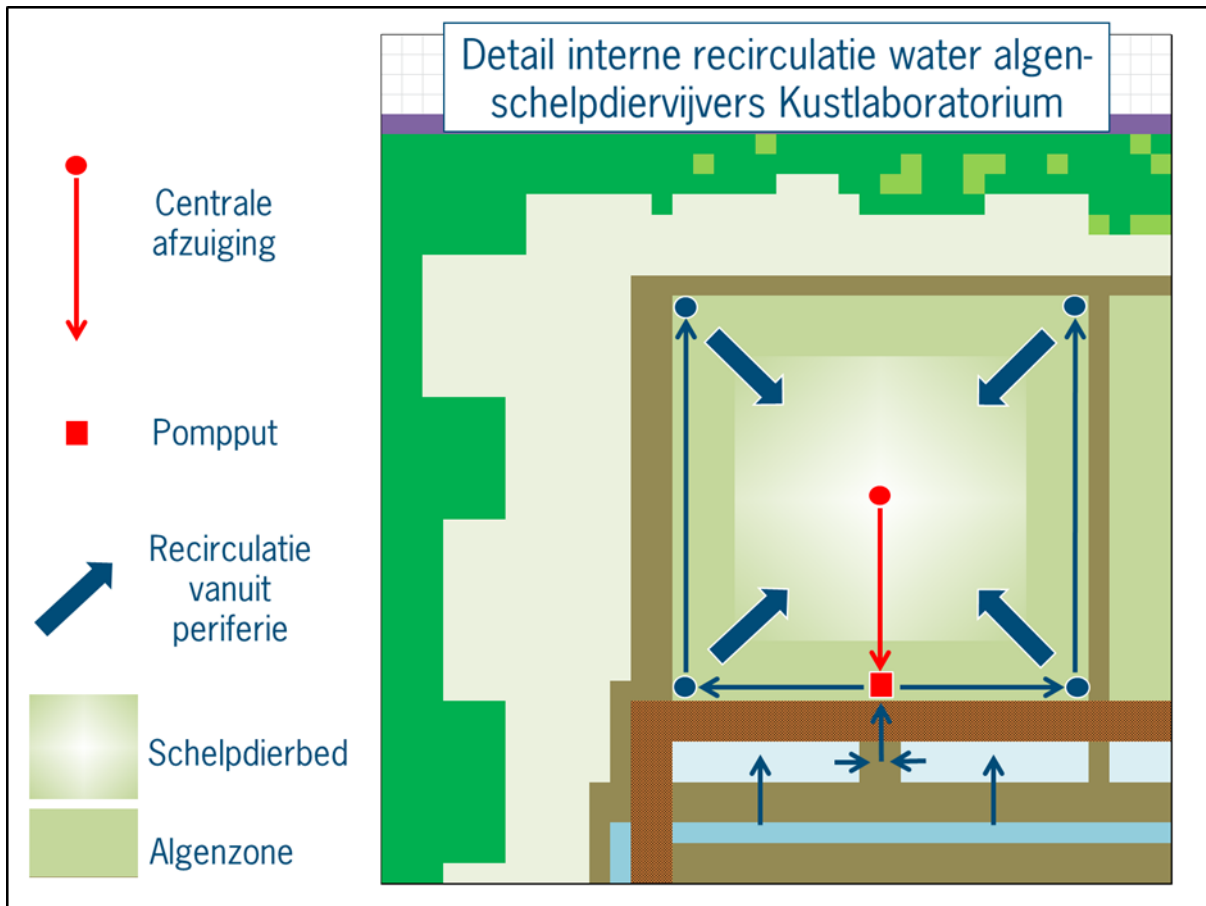


Fig. 4. Detail van de circulatie van water in een vijver middels centrale afzuiging en een retour via de perifere inlaten in de hoeken van de vijver.

Middels het debiet van de pomp kunnen we de verblijftijd van water in kern en schil beïnvloeden. Bij een vijverinhoud van 8000 m^3 en een totale verblijftijd van 4 dagen moet het debiet van de circulatiepomp 2000 m^3 per dag, ofwel ruim 80 m^3 per uur bedragen. Het vermogen kan klein zijn aangezien er nauwelijks drukopbouw nodig is.

Bovenstaande uitvoering houdt in dat één keer per vier dagen de totale vijverinhoud de pomp put passeert. Dat maakt het mogelijk op dit punt organismen uit de waterkolom te oogsten. Dit kunnen predatoren zijn maar ook nuttige organismen, bijvoorbeeld zagers die gaan zwermen. De pomp put vervult op deze manier ook een functie als permanent filter.

De functie van de pomp put kan nog verder uitgebreid worden door ter plekke voedingsstoffen aan het water toe te voegen. Mogelijk kan zelfs zagervoer via deze ringleiding in de vijver gedoseerd kunnen worden.

Doordat inname en lozing van water op geleide van het getij gebeurt, zal er in alle watercompartimenten een dagelijks fluctuerende waterstand aanwezig zijn. Dit zorgt voor een rand die beurtelings onder water staat en weer droog valt. Een dergelijke zone is aantrekkelijk voor waadvogels.

De afscherming van de aquacultuurzone zorgt tegelijkertijd voor rust. De niet verharde kade oppervlakken kunnen zich ontwikkelen tot een hoogwatervluchtplaats of nestgelegenheid voor bodembroeders. Dit kan nog bevorderd worden door het lokaal aanbrengen van een geschikt substraat (schelpen of grint).

Onzekerheden

In het ontwerp dat hier gepresenteerd is, zitten een aantal onzekerheden:

Waterverlies door infiltratie (wegzijging)

Door het achterwege laten van folie in vijvers en sloten zal er water infiltreren en vermoedelijk in de kwelsloot uittreden. Dit betekent dat een deel van het ingenomen water in deze kwelsloot belandt en vanaf het waterpeil in deze sloot afgevoerd moet worden. Voor de hand liggend is dat dit zoute water omhoog gepompt wordt naar het niveau van de afvoersloot en van daaruit op de Oosterschelde geloosd wordt. In principe kan zo alle zoute water weggeleid worden uit het Kustlaboratorium met mogelijk een positief effect op de saliniteit van de waterafvoer door Schouwen Duiveland. De onzekerheid omtrent de omvang van de wegzijging vertaalt zich dus in meer of minder pompcapaciteit. Overigens is denkbaar dat de wegzijging afneemt naarmate het gebied langer in gebruik is door geleidelijk dichtslibben van de vijverbodem.

Optimale verversing

Hoe hoger de verversingsgraad van de vijvers des te beter zullen vijvers gebufferd zijn tegen verstoringen van de zuurgraad en tekorten aan essentiële (micro)nutriënten. De keerzijde van een hoge verversingsgraad is een groter verlies aan voedingsstoffen die door de gebruiker toegevoegd worden aan het systeem. De optimale verversing dient nader te worden vastgesteld.

Kwel van water tijdens droogzetten van vijvers

Tijdens droog zetten van de vijvers zal er vermoedelijk kwel optreden door het hogere waterpeil in de omringende waterpartijen. Hoe groot deze kwelstroom is, is onzeker. Ook deze onzekerheid vertaalt zich in meer of minder pompcapaciteit nodig voor het droog houden van de vijvers.

Dichtslibben van zandfilters

Zandfilters raken naar verloop van tijd verstopt door toevoer van organisch en mineraal slib. De snelheid van vervuiling bepaalt de frequentie waarmee zandfilter gereinigd moeten worden. Om de snelheid van vervuiling af te remmen zijn in het ontwerp maatregelen opgenomen om slib aanwezig in het Oosterscheldewater te laten bezinken in de toevoersloten.

Tenslotte:

Voor het welslagen van het Kustlaboratorium is interesse van ondernemers en maatschappelijk draagvlak onmisbaar. Om die reden moet de consultatie van ondernemers en burgers met kracht voortgezet worden.