

De invloed van de concentratie vrij koolstofdioxide in het water op de prestaties van snoekbaars

Door: Ewout Blom¹, Rene Remmerswaal², Jac Janssen³ en Edward Schram¹

1)IMARES, IJmuiden 2)Aquaculture Consultancy & Engineering (ACE) B.V. 3)Maatschap Janssen van Maris

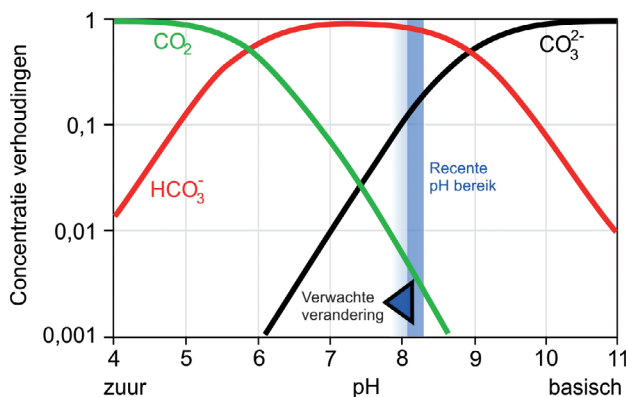
Gedurende een periode van ongeveer een jaar zijn er diverse achtereenvolgende testen en aanpassingen gedaan aan het kweekstelsel van Maatschap Janssen van Maris om de concentratie vrij koolstofdioxide (CO₂) in het kweekwater te verlagen. Na elke aanpassing zijn de concentraties van vrij CO₂ in het water gemeten. Uit de bedrijfsadministratie zijn vervolgens de standingstock (kg vis in de kwekerij) en de voergift (kg) geregistreerd met als uiteindelijke doel om de effecten van de aanpassingen op de waterkwaliteit en de prestaties van de vis vast te stellen.

Achtergrond

Voor het VIP project Duurzaam snoekbaars collectief is een bedrijfsvergelijking gemaakt van vier snoekbaarskwekerijen. Eén van de constateringen was dat de koolstofdioxide (CO₂) gehaltes in het kweekwater van de kwekerijen van Maatschap Janssen van Maris en van Dutch Pikeperch (respectievelijk 35 mg/l bij de aanvoer en 50 mg/l bij de afvoer en 30 mg/l in de aanvoer en 40 mg/l in de afvoer) erg hoog waren ten opzichte van de andere kwekerijen, Excellence fish en Lub aquacultuur (voor beide kwekerijen 5 mg/l voor de aanvoer en 10 mg/l voor de afvoer). Daarbij viel op dat de vis op de kwekerij van Maatschap Janssen van Maris ondanks een lage uitval slecht leek te groeien (een relatief hoge standingstock gezien de totale productie: 60% van de jaarlijkse productie). Er zijn er in de literatuur geen grenswaarden voor vrij CO₂ bekend voor snoekbaars. De Norwegian

Ministry of Fisheries and Coastal Affairs adviseert voor aquacultuur systemen op het land een maximum CO₂ concentratie van 15 mg/l, al is CO₂ gevoeligheid soort specifiek. Mogelijk was de slechte groei van snoekbaars op de kwekerij van Janssen (deels) te wijten aan de hoge concentraties vrij CO₂ in het kweekwater.

In vis zijn voornamelijk de kieuwen verantwoordelijk voor gasuitwisseling, de uitwisseling van ionen en zuur-base regulering tussen het inwendige en uitwendige milieu. De structuur van de kieuwen zorgt ervoor dat zuurstof (O₂) zo efficiënt mogelijk naar het bloed wordt getransporteerd en andersom vrij CO₂ zo efficiënt mogelijk naar het water. Onder normale (lage) CO₂ concentraties in het water is het eenvoudig voor een vis om de CO₂-druk in het bloed een factor 3 hoger te houden dan in het water en zo CO₂ vanuit de kieuwen naar



Figuur 1: Overzicht van het kooldioxide, carbonaat, bicarbonaat evenwicht, in dit geval het oceaanwater dat verzuurd. (Bron: Wikipedia Commons)

het water te laten diffunderen. In kweekomstandigheden waarbij het CO_2 gehalte in het water verhoogd is (of sterk verhoogd is zoals bij Maatschap Janssen van Maris en van Dutch Pikeperch) diffundeert CO_2 omgekeerd van het water naar het bloed. Door de verhoogde CO_2 druk in het bloed verschuift het evenwicht tussen CO_2 en H_2CO_3 waardoor H^+ ionen vrijkomen en het bloed van de vis verzuurd. Deze daling van pH heeft een negatief effect op het zuurstofbindend vermogen van hemoglobine in het bloed. Onder dit soort omstandigheden valt het te verwachten dat een vis niet optimaal zal presteren.

In figuur 1 is te zien dat wanneer CO_2 opgelost is in water, het verhogen van de pH van het water leidt tot een verlaging van de fractie vrij CO_2 in het water, doordat een deel van het vrije CO_2 met water reageert, en omgezet wordt in bicarbonaat (HCO_3^-) en H^+ . Het verwijderen van CO_2 uit het water door ontgassen gebeurt in aquacultuursystemen op twee manieren: door gebruik van trickling filters en door beluchting in het water, dit laatste is wel minder efficiënt. Op de kwekerij van dhr. Janssen wordt het water zowel in trickling filters als in zogenaamde moving bed bioreactors (MBBR) ontgast. Desondanks wordt er, gezien de metingen

ten behoeve van de bedrijfsvergelijking, niet voldoende CO_2 uit het water gestript.

Chronologie van de aanpassingen in de kwekerij

Op 22-10-2014 is er een eerste meting gedaan aan de concentraties vrij CO_2 in het kweekwater om uitgangswaarden vast te stellen (nul-meting). Vervolgens is van 15-11-2014 tot 22-11-2014 de pH van het kweekwater van het systeem verhoogd van ca. 6,2 naar 6,7/6,8, om zo de concentratie vrij CO_2 in het water te verlagen en de prestaties van de vis te verbeteren. Het effect van deze pH verhoging op de concentratie vrij CO_2 in het systeem is gemeten op 11-12-2014. Door deze pH verhoging kan het gehalte aan vrij CO_2 verlaagd worden, maar het is beter om CO_2 daadwerkelijk uit het systeemwater te verwijderen door extra ontgassing. Dit vergt echter flinke technische aanpassingen van het systeem, met bijbehorende investeringen. Om het nut van een dergelijke aanpassing vast te stellen is besloten om op tankniveau te experimenteren met extra ontgassing, waarna op 22-jan-2015 het effect van extra ontgassing op het vrije CO_2 is gemeten. Tot slot is naar aanleiding van een succesvolle test inderdaad een aanpassing op systeemniveau gedaan en de effecten op het vrije

Meting	Datum	Aanpassing
(M1)	22-okt-14	Nul-meting
(M2)	11-dec-14	pH systeem verhoogd
(M3)	22-jan-15	extra ontgassing kleine schaal
(M4)	26-okt-15	extra ontgassing kwekerij niveau

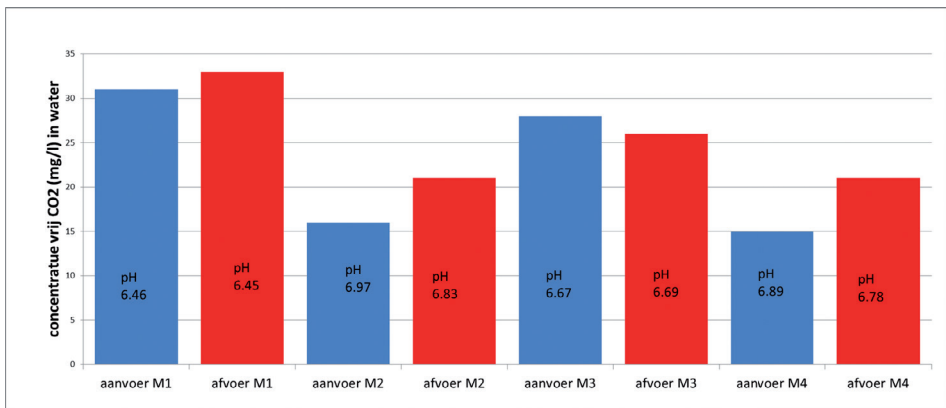
Tabel 1: Chronologie van de metingen en aanpassingen op de kwekerij Maatschap Janssen van Maris.

CO₂ in het water van de kwekerij na deze aanpassing zijn gemeten op 26-okt-2015. De chronologie van deze aanpassingen aan het systeem en de bijbehorende metingen wordt samengevat in Tabel 1.

Test extra ontgassing op tankniveau

In de nursery zijn door Aquaculture Consultancy & Engineering (ACE) twee tanks

(zie overzicht van de kwekerij, nummer 11) uitgerust met een extra tricklingfilter (cross-flow 200 m³/uur, 60 cm x 60 cm x 100 cm) op de wateraanvoer. Over een periode van 21 dagen zijn 4 groepen vissen getest in twee bakken met een trickling filter en twee bakken zonder een trickling filter. Het waterdebiet over de bakken was circa 7,5 m³/uur en de vissen werden via een voerbandje met drijvend voer (Skretting R-3 Europa 15 F) gevoerd. Het vrije CO₂ in het aanvoer water is gemeten na de extra trickling filters op de aanvoer van de nursery tanks en bij de aanvoer pomp van de gehele nursery systeem, aangezien dit hetzelfde water was dat naar de tanks zonder trickling filters ging. Het vrij CO₂ in het afvoer water werd vlak bij de overstort van elke tank bepaald. De concentratie vrij CO₂ in de watermonsters werd berekend op basis van de gemeten pH en de alkaliniteit (spectrofotometrisch). De gebruikte meters werden voor gebruik altijd gedesinfecteerd en gekalibreerd. De prestaties van de vissen in de vier nursery tanks zijn bepaald door de ingezette biomassa aan vis te vergelijken



Figuur 2: De pH waarden en concentraties vrij CO₂ in het systeem water van de aanvoer en afvoer na de achtereenvolgende aanpassingen in de kwekerij (M1:nul-meting M2: pH systeem verhoogd M3:extra ontgassing kleine schaal M4: extra ontgassing kwekerij niveau)

datum	aanvoer pH	afvoer pH	voer kg	standing stock kg	vrij CO ₂ afvoer mg CO ₂ /L	voergift % BW /d
M1	22-okt-14	6,46	6,45	52	12.734	0,41
M2	12-nov-14	6,97	6,83	51	8.698	0,59
M3	22-jan-15	6,67	6,69	48	7.532	0,64
M4	26-okt-15	6,89	6,78	70	11.207	0,62

Tabel 2: Tijdlijn met daarin de pH van de aanvoer en de afvoer van het systeem, de hoeveelheid voer, de standingstock en de concentratie vrij CO₂ in de afvoer. Hieruit kan de voergift (%BW/d) berekend worden, wat een maat is voor de prestaties van de vis in de kwekerij op dat moment.

ken met de biomassa aan vis na de test periode. De voergift per tank werd dagelijks geregistreerd.

Extra ontgassing op systeem niveau

Nadat het effect van extra ontgassing op tankniveau was getest heeft maatschap Janssen van Maris in overleg met ACE besloten om extra te gaan ontgassen op systeem niveau. Hiervoor is een extra trickling filter (bionet 200 m²/m³ en 50 cm x 105 cm x 550 cm) aangebracht op onderdeel 3 van het systeem (zie het overzicht van de kwekerij). Het waterdebiet over het filter werd ingesteld op 40 m³/uur. Na de aanleg van het filter is opnieuw het CO₂ gehalte bepaald in de centrale aanvoer (onderdeel 8 van het overzicht van de kwekerij) en de centrale afvoer (onderdeel 4 van het overzicht van de kwekerij). Uit de bedrijfsadministratie is vervolgens de standing stock (kg) en voergift (kg) voor de gehele kwekerij geregistreerd.

Prestaties van de vis op kwekerij niveau

De concentratie vrij CO₂ in het water was het hoogst tijdens de nul-meting. Daarna hebben alle aanpassingen geleid tot een verlaging. Tijdens de laatste meting, nadat extra ontgassing op systeem niveau was gerealiseerd, zitten de concentraties vrij CO₂ op systeem niveau in de buurt van de concentraties die gerealiseerd konden worden tijdens de test op tankniveau met een extra ontgassing op de aanvoer van de testtanks (figuur 3).

De prestaties van de vis in de kwekerij zijn

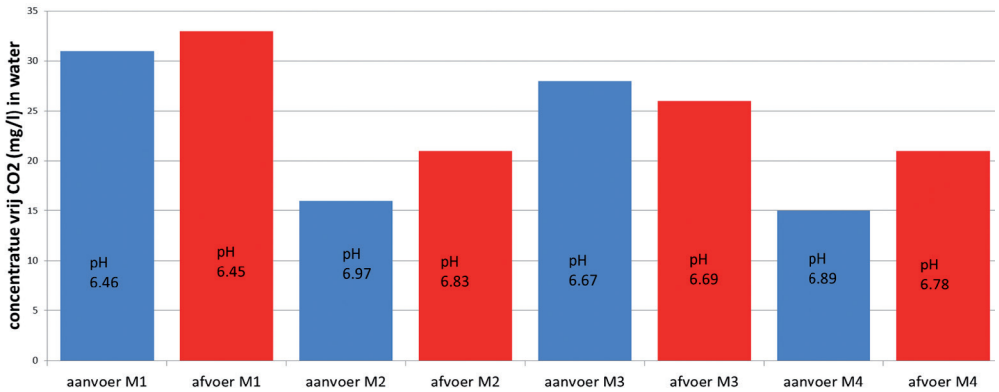
verbeterd ten opzichte van de nul-meting M1 (Tabel 2). Op de meetmomenten M2 en M3, na de pH verhoging, was de voergift (%BW/d) al toegenomen alhoewel de standingstock op dat moment ook lager was. Op het laatste meetmoment M4, na pH verhoging en het aanleggen van een extra trickling filter, was de standingstock vergelijkbaar met de standingstock op M1 terwijl de voergift is toegenomen van 0,41 (%BW/d) naar 0,62 (%BW/d) en de hoeveelheid vrij CO₂ in het water van de afvoer afnam van 33 (mg/l) naar 21 (mg/l). Daarnaast heeft dhr. Janssen aangegeven nog nooit zoveel gevoerd te hebben in de kwekerij.

Test op tankniveau met extra ontgassing

In figuur 3 is te zien dat het aanbrengen van een trickling filter op de aanvoer van de nursery tanks de concentratie vrij CO₂ fors verlaagd en de pH verhoogd in zowel het aanvoer als afvoer water. De concentraties vrij CO₂ in het aanvoer water van de nursery tanks zonder trickling filter liggen hoger dan de concentraties in de afvoer van de tanks. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de watermonsters in de afvoeren later zijn genomen; het is niet mogelijk gelijktijdig alle monsters te verzamelen en te analyseren omdat als een monster langere tijd staat het vrije CO₂ uitteedt.

Er is dus gemeten aan een dynamisch systeem waar vrij CO₂ fluctueert ook onder invloed van voergift en het daaraan gekoppelde metabolisme van de vis.

In tabel 3 is te zien dat het experiment 21 dagen heeft gelopen, waarvan de eerste



Figuur 3: Het effect van extra ontgassing van het aanvoer water op de pH en de concentratie vrij CO₂ (mg/l) in het aanvoer en afvoer water van de nursery tanks met (Bak A en B +trick) en zonder (Bak C en D – trick) een extra trickling filter op de aanvoer.

7 dagen nog niet al het water over de trickling torens liep. Bij aanvang van de test is er in alle tanks 134 kg snoekbaars gegaan waarvan de gemiddelde gewichten tussen de tanks wel iets uiteen liepen, 63 gram en 88 gram voor de bakken met trickling filter en 79 gram en 83 gram voor de bakken zonder trickling filter. Idealiter zouden echter alle vissen voor inzet samengevoegd moeten worden en dan random over de tanks verdeeld worden. Alhoewel de hoeveelheid die gevoerd is niet veel verschilt (53-54 kg) tussen de bakken is de productie in de bakken met een trickling filter aanzienlijke hoger, 61 kg en 60 kg en 54 kg en 53 kg, evenals de SGR, gemiddeld 1,31 voor de bakken met een trickling filter om 1,14 voor de bakken zonder trickling filter. Gemiddeld zat er tussen de bakken met een trickling filter en bakken zonder een trickling filter 7 kg verschil in productie, dit is voor een relatief korte periode van 21 dagen een aanzienlijk verschil. Desondanks zijn de vrije CO₂-waardes in het water van de afvoer in de tanks die een trickling filter hadden nog steeds aan de hoge kant. Het is

		met trickling		zonder trickling	
		bak A	bak B	bak C	bak D
tijd	(dagen)	21*	21*	21	21
inzet	(kg)	134	134	134	134
start gewicht	(gr)	63	88	79	83
aantal	(#)	2.350	1.670	1.870	1.780
sterfte	(#)	5	2	3	1
eind gewicht	(gr)	195	194	188	187
voer	(kg)	53	53	54	54
productie	(kg)	61	60	54	53
SGR	(% BW /d)	1,31	1,32	1,17	1,12

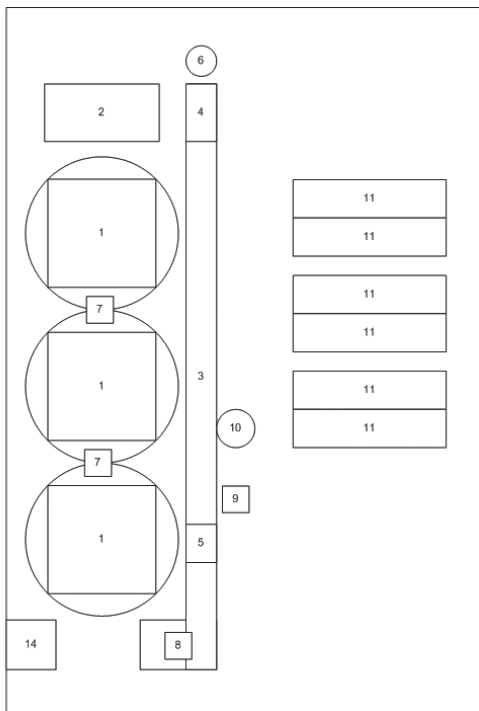
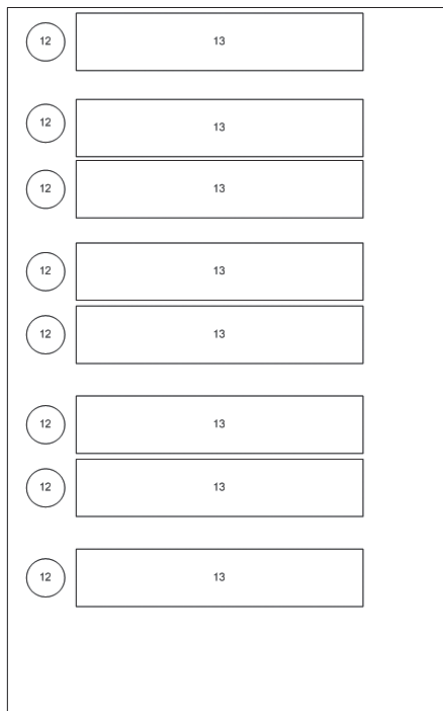
* 7 / 21 dagen nog niet al het water over trickling filters

Tabel 3: Overzicht van de prestaties van de vis in de test op tankniveau. Ondanks de relatief korte periode van 3 weken zijn er duidelijke verschillen te zien in prestaties tussen de vissen in tanks met en zonder een trickling filter.

goed mogelijk dat verdere verlaging van het vrije CO₂ in het water nog meer verbetering zal geven van de prestaties van de vis.

Conclusie

Verhoogde vrije CO₂ (>30 mg/l in de afvoer) in water waardes hebben een negatief effect op de groei van snoekbaars in de kwekerij



van maatschap Janssen van Maris;
Door het verhogen van de pH en extra ontgassen op de kwekerij neemt het vrije CO₂ in water af en neemt de voeropname van snoekbaars in de kwekerij van maatschap Janssen van Maris toe, van 0,41 (%BW/d) bij een standingstock van 12,7 ton eind 2014 tot 0,62 (%BW/d) bij een standing stock van 11,2 ton eind 2015.

Ten behoeve van de leesbaarheid zijn in dit artikel literatuurreferenties weggelaten. Wilt u het rapport met literatuurreferenties ontvangen stuur dan een mail naar imares@wur.nl met vermelding van rapport C183/15.

Dit project is geselecteerd in het kader van het Nederlandse Operationeel Programma "Perspectief voor een duurzame visserij" dat wordt medegefinancierd uit het Europees Visserij Fonds.

Overzicht van kwekerij Maatschap Janssen van Maris

1. Movingbedfilter(MBBR) met CO₂ stripper
2. Drumfilter
3. Beluchtégoot
4. Overloopdrumfilter
5. UV
6. Eiwitafschuimer(skimmer)
7. Grundfospomp t.b.v. CO₂ strippers
8. Propellerpomp voor grow-out bakken
9. Centrifugaal pomp t.b.v. nursery bakken
10. O₂ druk reactor
11. Nurserytank 6 m³
12. O₂ reactor grow-out tank
13. Grow-out tank 20 m³
14. Blower pack.