

A large photograph of a school of yellow perch swimming in clear water. The fish are arranged in a loose, diagonal pattern, moving from the top left towards the bottom right. They have characteristic yellow-green bodies with dark vertical stripes and reddish-orange fins. The background is a soft, out-of-focus greenish-brown.

Stille wateren, diepe gronden

Op zoek naar voedsel begeven jonge baarzen zich soms in (zeer) zuurstofarm water.

Veel diepe plassen ontwikkelen 's zomers een temperatuurgelaagdheid, stratificatie geheten. Aangenomen wordt dat de koudere, diepe delen van dergelijke plassen in de zomer zuurstofloos zijn. Uit onderzoek in de diepe sportvisplas Watergoor blijkt dat dit beeld moet worden bijgesteld.

TEKST

Josje Peters, Gerard de Laak, Sportvisserij Nederland, Frans de Bles, Waterschap Vallei en Veluwe).

ILLUSTRATIES

Janny Bosman, Jan Hamrsky en Sportvisserij Nederland

Tijdens de stratificatie drijft een warme bovenlaag op een koude onderlaag. Deze lagen worden van elkaar gescheiden door een spronglaag. De onderste koude laag in diepe plassen wordt vaak zuurstofloos door de afbraak van uitzakkend organisch materiaal. Deze onderste laag wordt daarom vaak beschouwd als een levenloze donkere bezinkput voor voedingsstoffen. Tijdens visserijkundig onderzoek met de sonar in een zandput in Nijkerk werd echter regelmatig vis waargenomen in, maar soms ook onder de spronglaag. Daarnaast bleek er 's nachts van onder uit de zuurstofloze diepten een voedselbron voor vis omhoog te komen in de vorm larven van de pluimmug, *Chaoborus sp.*

Onderzoek visplas Watergoor

De visplas Watergoor ligt in Nijkerk en is eigendom van hengelsportvereniging 'Hoop op Geluk'. De plas is 11 meter diep. Sportvisserij Nederland heeft in 2014 en 2015 onderzoek uitgevoerd in Watergoor, dit in samenwerking met het waterschap Vallei en Veluwe. Doel was om de verspreiding van vis in relatie tot de gelaagdheid van de plas te onderzoeken. De gelaagdheid werd bepaald door maandelijkse temperatuur- en zuurstofmetingen en het analyseren van watermonsters van verschillende dieptes. Er zijn maandelijks sonaropnames gemaakt, in het begin van de zomer alleen overdag en later in de zomer ook 's avonds. Bij sonaronderzoek worden onder water geluidsgolven uitgezonden en weerkaatst door

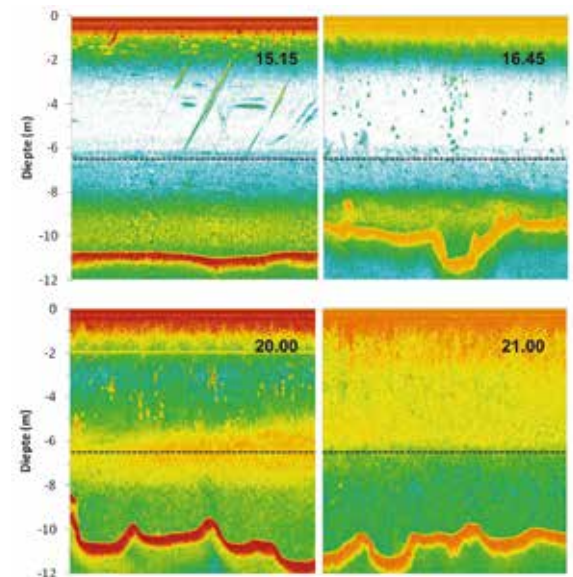
voorwerpen in het water. Aangezien lucht een groot verschil in dichtheid heeft vergeleken met water, zijn vissen door hun met lucht gevulde zwemblaas goed zichtbaar op sonarbeelden. De viswaarnemingen met de sonar werden in de loop van de zomer van 2014 sterk bemoeilijkt omdat het signaal van de vissen werd overstemd door een ander en onbekend sonarsignaal. Dit was aanleiding om in het najaar van 2015 extra sonaropnames te maken en aanvullend planktononderzoek te doen.

Spronglaag

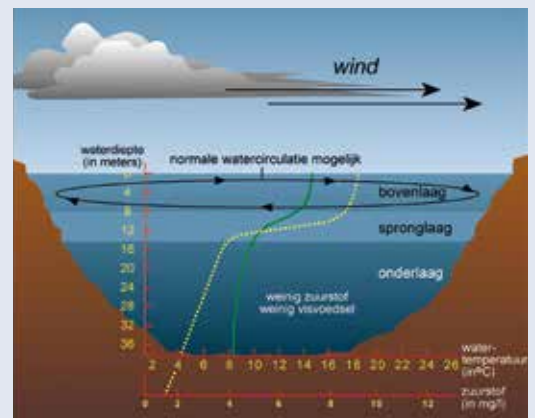
De plas was vanaf juni tot begin november verdeeld in een koude, praktisch zuurstofloze onderlaag en een warmere zuurstofrijke bovenlaag. De spronglaag lag op zo'n zes tot zeven meter diepte. Boven de spronglaag daalden de fosfaat- en stikstofconcentraties in de loop van de zomer, maar deze stegen onder de spronglaag. Het water vlak boven de waterbodem oogde zwart en rook naar sulfide (rotte eierenlucht). Ook het dierlijke plankton vertoonde gelaagdheid. Watervlooiën waren overdag verspreid aanwezig vanaf het oppervlak tot in de spronglaag maar concentreerden zich in de schemering rond twee à drie meter diepte. De hoogste dichtheid eenoogkreeftjes werd zowel overdag als 's avonds in en vlak onder de zuurstofarme spronglaag gevonden.

Voedsel en schuilen

De sonarbeelden lieten zien dat tijdens de gemengde fase van de plas de vissen



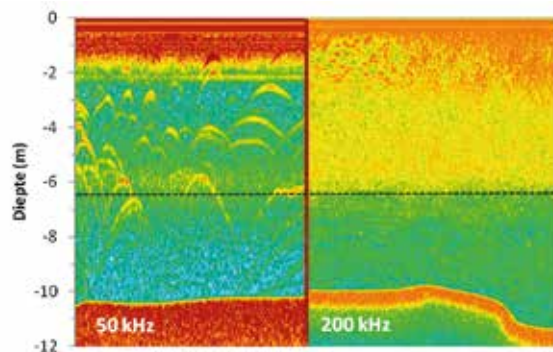
Sonaropnames van 6 september 2015 op verschillende tijdstippen. De spronglaag ligt rond de 6,5 meter. Chaoborus-larven zijn zichtbaar als een horizontale band die vanaf de bodem omhoog beweegt tot boven de spronglaag.



Schematische weergave van stratificatie in diepe wateren.

Stratificatie

In het voorjaar warmt het water op aan de oppervlakte. Deze lichte en warme bovenlaag (epilimnion) drijft op een koude en donkere onderlaag (hypolimnion). In de tussenliggende spronglaag dalen de temperatuur en het zuurstofgehalte sterk. Als gevolg van deze stratificatie circuleert 's zomers het water in de onderlaag onafhankelijk van de warme bovenlaag. In de bovenlaag vindt, onder invloed van warmte en licht, de productie plaats van onder meer algen, waterplanten en vis. In de koude onderlaag vindt weinig of geen productie plaats, maar vooral bacteriële afbraak van zinkend organisch materiaal vanuit de bovenlaag. Omdat er door de gelaagdheid nauwelijks zuurstofuitwisseling optreedt tussen de boven- en onderlaag leidt dit vaak tot zuurstofuitputting onder de spronglaag.



Sonaropname 's avonds met twee verschillende geluidspulsen. Bij 50 kHz zijn vissen zichtbaar tot in de spronglaag. Bij 200 kHz ontleent het signaal van de Chaoborus-larven het zicht op de vis geheel.

Visserijkundig onderzoek met sonar in aanwezigheid van Chaoborus-larven

Chaoborus-larven geven een sterk hydro-akoestisch signaal af omdat zij in het bezit zijn van twee luchtvacuolen, hetgeen de larven in staat stelt op te stijgen en weer te dalen in het water. Dit sonarsignaal kan 's avonds een sterke verstoring veroorzaken bij visserijkundig onderzoek met de sonar. Hierbij wordt meestal een geluidspuls van 200 kHz gebruikt. Bij 200 kHz is het sonarsignaal van *Chaoborus* echter juist zeer sterk. Bij gebruik van een lagere geluidspuls, bijvoorbeeld 50 kHz, verdwijnt het sonarsignaal van de muggenlarven, maar blijft het sonarsignaal van vissen zichtbaar.

zich over de gehele waterkolom hadden verspreid. Ondanks het storende sonarsignaal in de loop van de zomer, dat het waarnemen van vis lastig maakte, konden toch een aantal conclusies worden getrokken. Gedurende de gelaagdheid bleven de meeste vissen in de zuurstofrijke bovenlaag. Op de sonarbeelden werd echter ook regelmatig zowel kleine als grotere vis waargenomen in de spronglaag. Tijdens de vroege fase van de gelaagdheid in juli, als de zuurstofconcentratie onder de spronglaag laag is (minder dan 2 mgO₂/l) maar nog niet geheel uitgeput, werd ook daar vis waargenomen. Vissen zijn blijkbaar bereid om zeer lage zuurstofgehalten te trotseren als er voedsel te halen valt. In Watergoor verschuilt zich immers veel dierlijk plankton in en vlak onder de spronglaag. Dit verschijnsel is in meer diepe plassen waargenomen. Niet alleen de aanwezigheid van voedsel kan vis verleiden om zuurstofarme waterlagen in te duiken. Buitenlands onderzoek in diepe plassen wees uit dat jonge baarzen soms het zuurstofarme diepten opzoeken om predatie door grotere vis te vermijden. Grote vissen zijn minder goed uitgerust om lage zuurstofgehalten te verdragen dan kleine vissen en zullen slechts korte uitstapjes maken naar zuurstofarme waterlagen. Op 6 oktober 2014 werd in Watergoor 's avonds veel kleine vis waargenomen tot diep in de op dat moment praktisch zuurstofloze onderste waterlaag. Waarschijnlijk is hier sprake geweest van een dergelijk schuilgedrag van jonge vis.

Migrerende muggenlarven

In de loop van de zomer werd tijdens de sonaropnamen een merkwaardig verschijnsel waargenomen. Vlak bij de diepe waterbodem werd overdag een

sterk sonarsignaal waargenomen in de vorm van een horizontale laag. Later in het seizoen, toen ook in de schemering en avond opnames werden gemaakt, bleek deze laag omhoog te schuiven tot boven de spronglaag. Door dit sterke sonarsignaal was de aanwezige vis 's avonds niet meer goed waar te nemen. Op een avond in augustus 2014 werd de sonar door dit signaal zodanig gestoord dat verdere opnames onmogelijk waren. Uit analyse van de watermonsters bleek dat algen of dierlijk plankton niet de oorzaak van het sonarsignaal waren. Aangezien er ook een muggenlarve was aangetroffen in de planktonmonsters, is het sonar- en planktononderzoek in het najaar van 2015 herhaald. Om beter inzicht te krijgen in de aanwezigheid van muggenlarven werden dit keer planktonmonsters met een groter volume genomen. Uit deze monsters bleek dat muggenlarven van de pluimmug *Chaoborus flavicans* de

oorzaak van het signaal waren. De larven verbleven 's middags vlak boven de waterbodem in een zuurstofloze omgeving. Rond de schemering kwamen zij door de spronglaag omhoog naar een diepte van twee tot vijf meter.

Complexe levengemeenschap

Diepe plassen herbergen complexe levensgemeenschappen, aangepast aan de zomerse gelaagdheid. In de diepe plas Watergoor migreren watervlooien verticaal over de waterkolom om hun overlevingskansen te vergroten. *Copepoden* (eenoogekreeftjes) verblijven vooral bij lage zuurstofgehalten vlak onder de spronglaag. Muggenlarven van de pluimmug *Chaoborus flavicans* verblijven overdag in een zuurstofloos en giftig milieu in en vlak boven de bodem, maar stijgen 's nachts op om op rooftocht te gaan naar zoöplankton. Gedurende de gelaagdheid van een diepe plas, wanneer de vis

Chaoborus-larve: De gasvacuolen zijn zichtbaar achter de kop en in het achterlijf.



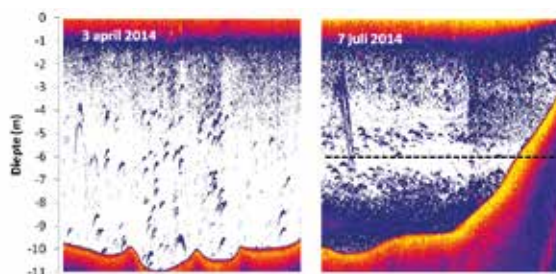


Watergoor is een diepe visplas onder de rook van Nijkerk.

weinig bodemvoedsel tot zijn beschikking heeft, vormen deze muggenlarven 's nachts in de bovenste waterlaag, het zogeheten epilimnion, een aanvulling op het vissendieet. Inmiddels is gebleken dat dit verschijnsel in Watergoor voor Nederland geen uitzondering is. Ook bij onderzoek in Brabantse diepe plassen is gebleken dat *Chaoborus*-larven overdag aanwezig zijn onder de spronglaag en in de diepe waterbodem.

De meeste vissoorten hebben een voorkeur voor een zuurstofrijk milieu en het grootste deel van de vis bevindt zich dan ook in de bovenste zuurstofrijke waterlaag. Maar als er voedsel te vinden is in de zuurstofarme spronglaag of zelfs nog dieper, zoeken vissen dit soms toch op. Het zuurstofarme milieu onder de spronglaag kan voor jonge vis juist ook schuilgelegenheid bieden tegen predatie.

De onderste koude laag, het zogenoemde hypolimnion, speelt dus een belangrijke rol in het functioneren van de levensgemeenschappen in diepe plassen. Het beeld van het hypolimnion als een dode en levenloze bezinkput, waarin slechts voedingstoffen verdwijnen, is dus niet juist. Ondanks het zuurstofarme milieu in de zomer, bruist het er regelmatig van het leven. ■



Sonaropnames Watergoor: Op 3 april (vóór de gelaagdheid) zijn vissen (halvemaanvormige vlekken) over de hele waterkolom aanwezig. Op 7 juli ligt de spronglaag op circa 6 meter diepte. Ook onder de spronglaag zijn vissen zichtbaar. De zuurstofconcentratie is onder de spronglaag 1,5 à 2 mgO₂/l. Op 9 m diepte is een sterk sonarsignaal zichtbaar waardoor vissen niet goed zichtbaar zijn.

Geraadpleegde literatuur

- Knudsen, R.K., & Larsson, P. (2009). Discriminating the diel vertical migration of fish and *Chaoborus flavicans* in a lake using dual-frequency echo sounder. *Aquatic Living Resour.* 22, 273-280.
- Vejřík, L. et al. (2016). Small fish use the hypoxic pelagic zone as refuge from predators. *Freshwater Biology* 61 (6), 899-913.
- Liljendahl-Nurminen, A., Horpila, J. & Lampert, W. (2008). Physiological and visual refuges in a metalimnion: an experimental study of effects of clay turbidity and an oxygen minimum on fish predation. *Freshwater Biology* 53, 945-951.