

Nazuiveren van afvalwater met kroos

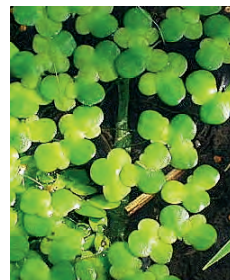
Waterschap Noorderzijlvest, advies- en ingenieursbureau Tauw, Bioniers, de Radboud Universiteit Nijmegen en Wageningen UR Livestock Research zijn in mei 2010 gestart met een onderzoek naar het nazuiveren van afvalwater met kroos. Nazuiveren met kroos is goedkoop, levert energie op en is beter voor het milieu. Het is voor het eerst dat deze innovatieve methode van het nazuiveren van riool- of huishoudelijk afvalwater in Nederland wordt toegepast. Het onderzoek draagt bij aan de waterkwaliteitsdoelen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW).

INZET VAN KROOS

Eendenkroos is een verzamelnaam voor twee families van drijvende waterplanten, de Lemnaceae (eendenkroos) en de Azollaceae (kroosvaren). Lemnaceae zijn een primitieve vorm van hogere planten, terwijl de Azollaceae tot de varens behoren. Algemeen in Nederland voorkomende soorten van deze twee families zijn onder andere Klein kroos (*Lemna minor*), Bultkroos (*Lemna gibba*), Veelwortelig kroos (*Spirodela polyrhiza*) en Groot kroosvaren (*Azolla filiculoides*) (STOWA, 1992).

Kroos kan zeer efficiënt nutriënten verwijderen en wordt onder andere in de Verenigde Staten en Australië ingezet als waterzuiveraar in professioneel opgezette kweekvijvers. Het gaat daarbij primair om het verkrijgen van een goede waterkwaliteit.

Kroos produceert naast schoon water tevens biomassa en waardevolle eiwitten. Hierdoor heeft kroos potentie om te worden hergebruikt als biobrandstof, groenbemester of component in veevoer. Daarnaast is het gebruik van kroos beduidend goedkoper dan de gangbare technologieën voor nazuiveren, zoals zandfiltratie.



V.l.n.r.: Bultkroos (*Lemna gibba*); Grote Kroosvaren (*Azolla filiculoides*); Klein kroos (*Lemna minor*).

Vandaag de dag wordt kroos tevens in relatief primitieve natuurlijke omstandigheden in deltagebieden zoals in Bangladesh en Thailand ingezet als bron voor de productie van visvoer en veevoer.

AGENTSCHAP NL EN DE KADERRICHTLIJN WATER

Het onderzoeksconsortium heeft een subsidie ontvangen die is verleend door Agentschap NL vanuit het Innovatieprogramma Kaderrichtlijn Water van het Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie. De Kaderrichtlijn Water verlangt van de waterbeheerder dat doelen worden ingezet en ontwikkeld, die instandhouding of verbetering van de oppervlaktewateren in de Europese Unie tot gevolg hebben. Er zijn voor de afvalwaterzuivering diverse nieuwe, energiezuinige en goedkope maatregelen nodig. Eén van deze technieken is het nazuiveren van afvalwater met waterplanten zoals kroos.

LABORATORIUMEXPERIMENTEN

In de laboratoriumexperimenten die de Radboud Universiteit uitvoert, zijn twee onderdelen te onderscheiden: een batchtest en een continutest. In de batchtesten zijn de eigenschappen van verschillende kroossoorten onderzocht. De kroosplantjes zijn met 4 gram versgewicht op 800 ml bekgelazen met effluent gezet. De temperatuur was constant 20 °C en de lichtintensiteit 100 $\mu\text{mol/s/m}^2$. De zuiveringscapaciteit van de verschillende kroossoorten was goed. De verwijderingspercentages van ammonium en nitraat waren binnen 48 uur meer dan 90 procent voor de meeste kroossoorten. Een uitzondering is de verwijdering van nitraat door Groot kroosvaren; deze was ruim 60 procent. Groot kroosvaren zorgt binnen 48 uur voor een fosfaatreductie van circa 50 procent, de overige soorten zorgden voor een fosfaatreductie van iets meer dan 60 procent.



De continutesten lieten zien dat de hoogste groeisnelheid gehaald lijkt te worden bij een dichtheid van circa 0,75 kg uitlekgewicht per m^2 voor Groot kroosvaren, Bultkroos en Klein kroos. Bij lagere temperaturen groeit Groot kroosvaren iets sneller dan de eendenkroossoorten.

PRAKTIJKOPSTELLING RWZI EELDE

Op de rioolwaterzuivering van Eelde van waterschap Noorderzijlvest zijn twee proefsloten gegraven van tien meter lang, twee meter breed en 30 cm diep.

De sloten zijn overdekt met een tunnelkas met schuifdeuren en ventilatieramen aan de kopse kanten. Door middel van een vlotterpomp wordt effluent van de zuivering de proefsloten ingepompt. De sloten zijn door middel van schotten in vier secties verdeeld, die met elkaar in verbinding staan middels gaten. Op deze manier wordt een propstroomkarakter met ideale mixing bewerkstelligd. Bovendien maakt dit het gemakkelijker om kroosopbrengsten (oogsthoeveelheid) te kwantificeren.

Bij de toevoer, halverwege en aan het einde van beide sloten wordt de waterkwaliteit gemeten. Het duurt twee dagen voor het water van begin tot einde door de proefsloot is gestroomd. Om de twee dagen wordt over 24 uur een verzamelmonster genomen. Ter controle wordt de hoeveelheid koolstofdioxide, licht en temperatuur in de kas gemeten. Boven de eerste sectie van proefsloot 1 is een rij LED-lampen aangebracht en wordt in de wintermaanden de daglengte verlengd tot 13 uur. In sloot één groeit een mix van eendenkroos-(Lemna)-soorten (o.a. minor), in sloot twee Groot kroosvaren.

Groeien en oogsten

Van de periode van 12 mei tot en met 4 oktober worden de meetresultaten hier gepresenteerd. De kroosdichtheid is gelijk gebleven over deze periode, d.w.z. dat steeds tot 1 kg uitlekgewicht per m² is teruggeoogst. De verblijftijd van het water is constant gehouden op twee dagen.

De gemiddelde productie van de eendenkroosmix was 7,9 g droge stof/m²/d (29 ton ds/ha/j) en voor Groot kroosvaren 10,8 g droge stofs/m²/d (40 ton ds/ha/j). Het percentage drooggewicht van de eendenkroosmix was gemiddeld 5,92 procent en van Groot kroosvaren 6,08 procent. Hoewel Groot kroosvaren een veel grotere opbrengst per ha laat zien, is de zuiveringscapaciteit lager (zie tabel 1).

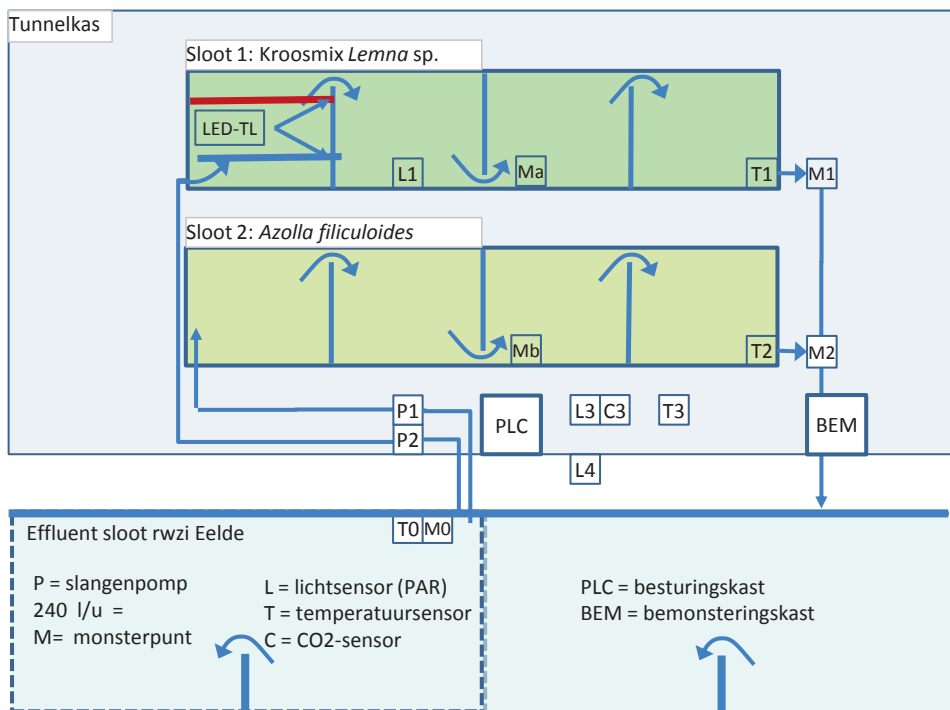
Zuiveringsrendementen

Voor de KRW moet worden voldaan aan doelstellingen voor oppervlaktewater voor totaalstikstof (N) & totaalfosfor (P). Het ontvangende oppervlaktewater heeft een doelstelling voor N van 4 mg N/l en voor P van 0,2 mg P/l. Door de extra verwijdering met de eendenkroosmix wordt de doelstelling voor totaalstikstof ruimschoots gehaald.

Tabel 1. Zuiveringsrendementen

	mg N/L (totaal)	mg P/L (totaal)	Verwij- derd N	Verwij- derd P
Effluent rwzi ¹	5,7	1,2	-	-
Effluent Lemna mix	3,6	0,64	36%	45%
Effluent Azolla	5,3	0,93	18%	20%
KRW-doelstelling Noord Willemskanaal	4	0,2	-	-

¹) Het effluent van de rwzi is het influent voor beide proefsloten.



EINDPRODUCT: ONTWERP DEMONSTRATIESYSTEEM

Op basis van de andere onderzoekselementen zal door Bioniers medio 2012 een ontwerp worden gemaakt van een haalbaar én betaalbaar kroosweekstelsel.

WAT LEVERT HET NOG MEER OP?

Eiwitbron - Wageningen UR heeft onderzoek gedaan naar de voederwaarde van kroos. De voederwaarde van kroos is het best vergelijkbaar met dat van bierbostel. Kroos is rijk aan eiwitten. Het aandeel essentiële aminozuren Threonine en Lysine was relatief hoog. Kroos heeft hierdoor potenties om als voedzame eiwitbron ingezet te worden.

Vergisting - Zowel Groot kroosvaren als Klein kroos zijn vergist in een vergister van 20 liter. De vergisting is uitgevoerd onder mesofiele omstandigheden en met een verblijftijd van 20 dagen. Groot kroosvaren werd vergist na diverse voorbewerkingen; Klein kroos wordt alleen vergist na pasteurisatie. De vergistbaarheid van beide kroossoorten is vergelijkbaar. De biogasopbrengst van beide kroossoorten is ca. 300 liter/kg organische stof. Dit kan bij langere vergistingstijd worden verhoogd waarmee een goede hoeveelheid biogas wordt geproduceerd.

CONCLUSIES EN VERVOLG

Kroos heeft potentie om goede zuiveringscapaciteiten te hebben. Dit is bevestigd in de laboratorium- en praktijkexperimenten. Temperatuur lijkt de meest

Model DuPol

Eén van de onderdelen van het samenwerkingsonderzoek betreft het ontwikkelen van een kroos- groeimodel, uitgevoerd door Tauw. De intrinsieke groeisnelheid van kroos wordt verlaagd door de abiotische factoren wanneer deze afwijken van de optimale waarden. In het model DuPol (agroniem van Duckweek Polishing) veranderen de abiotische factoren per tijdsinterval op basis van het seizoen, het moment van de dag, fluctuaties in het rwzi-effluent en de ontstane biomassa. Vanuit die nieuwe uitgangshoogte wordt een nieuwe intrinsieke groeisnelheid bepaald, die de nieuwe hoeveelheid biomassa dicteert.

De verversing van het watervolume gaat ook op uurbasis en met een percentage dat afhankelijk is van het debiet. Is de verblijftijd van het water in de sloot één dag, dan is de verversing $1/24$ van het volume per uur. Daarbij wordt een hoeveelheid nutriënten aangevoerd op basis van een gedefinieerde aanvoerreeks en er wordt een hoeveelheid afgevoerd op basis van de concentratie van het slootwater in het vorige uur. Aanname is dat de watervolumes 'ideaal gemixt' zijn.

Temperatuur bepalend voor groei

Bij het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse komt naar voren dat de parameter met de grootste invloed op de einduitkomst de optimale temperatuur is. Het model is verder verfijnd met de oogstvolumes van een viertal oogstdagen van de praktijkopstelling in Eelde.

Opschalingsberekening

Met het verfijnde model is een scenario-analyse te berekenen. Als vingeroefening is dit gedaan voor de rwzi van Eelde. Er is een systeem gedimensioneerd op basis van een nabijgelegen beschikbare oppervlakte van 1,7 ha met een gemiddeld debiet van 20.000 m³/d en een temperatuur van 26 °C. Dimensioneringsaspecten zullen moeten worden aangepast om de noodzakelijke zuiveringsrendementen te kunnen realiseren.

beperkende factor en overige factoren als ammonium, CO₂ en daglengte zullen moeten worden beheerst en gemonitord.

Waterschap Noorderzijlvest is voornemens het praktijkexperiment op te schalen op één van haar rwzi's. Het waterschap zal voor en tijdens de uitvoering samenwerken met onderzoeksinstituten voor het perfectioneren van de krooszuivering en het op de markt brengen van een eiwitproduct uit kroos.

Melissa van Hoorn van Dullemen, Waterschap Noorderzijlvest

Bart de Vreede, Tauw

Adrie Otte, Bioniers

Monique van Kempen, Radboud Universiteit Nijmegen

Idse Hoving, Wageningen University and Research