

Zuiver water komt tot leven

Vijftien jaar
waterharmonica's bij
Waterschap De Dommel





Zuiver water komt tot leven

Vijftien jaar
waterharmonica's bij
Waterschap De Dommel

Lotte Fleskens, Goele Matte en Oscar van Zanten



In totaal hebben vijf van de acht rioolwaterzuiveringen een waterharmonica. Dit aantal binnen één waterschap is uniek in Nederland.

Voorwoord

De 'Waterharmonica' is sinds een aantal jaren een ingeburgerd begrip bij de waterschappen. Waar komt deze term vandaan? Een bijzonder creatieve vondst. 'Harmonia' was al bij de Grieken de leer van de samenklank. De harmonica (mond- of trek-) is een mooi en heel divers instrument. En het woord 'Harmonie' heeft inmiddels ook een bredere betekenis. In het samenleven van mensen. Onderling en met hun omgeving. Is er harmonie, dan voelen we ons goed. Ontbreekt het, dan gaat het niet lang goed.

Maar genoeg filosofie. In deze publicatie gaat het over de waterharmonica, in al haar verscheidenheid. Bij Waterschap De Dommel en elders. Bij ons waterschap is de noodzaak om na te denken over de overgang van rioolwaterzuivering (rwzi) naar oppervlaktewater groter dan in veel andere gebieden. Simpelweg omdat onze rioolwaterzuiveringen lozen op kleine wateren. Bekend van klein formaat en met een kleine doorstroming. Waar elders soms geldt "the solution to pollution is dilution", geldt dat bij ons zeker niet. Hoe kunnen we zorgen dat het technisch schone water, het effluent, weer levend water wordt, vóórdat we het lozen op de beek? Hoe brengen we harmonie aan tussen de rwzi en de beek? In landschappelijkheid, in waterkwaliteit en in ecologisch functioneren. Dat zijn de onderliggende vragen waarmee Waterschap De Dommel 15 jaar geleden aan het experimenteren is gegaan.

De ervaringen die dat hebben opgeleverd delen we graag met andere waterschappen en belangstellenden. Inmiddels is er veel gemeten en weten we steeds meer. Over het ontwerp, de vorm, de inpassing, het functioneren, de effecten op KRW-doelen en over beheer en onderhoud. Meten is weten en van evalueren kunnen we leren. Innovatie staat centraal, maar effectiviteit en efficiëntie zijn minstens zo belangrijk. Veel disciplines zijn nodig om te komen tot een succesvolle realisatie van waterharmonica's. Dat vraagt ook om sociale innovatie; een harmonieuze samenwerking tussen technische en andere disciplines en tussen het waterschap en zijn omgeving.

In de loop van de tijd zijn we de waterharmonica ook leren zien als middel om mensen - jong en oud - naar onze rwzi's te brengen. Waar we onze installaties

vroeger ver weg stopten achter hekken en bossages, stellen we de waterharmonica's nu steeds vaker open om er in te wandelen en van te genieten. En dat bevordert dan weer het waterbewustzijn.

Ik wens u als lezer veel genoegen in het doorbladeren en doorlezen van dit boek. U bent van harte uitgenodigd om eens te komen kijken bij onze waterharmonica's. Brengt het u op nieuwe ideeën dan horen we dat graag, want samen komen we verder en kli(n)kt het beter tussen de zuivering en de beek.

Peter Glas

Watergraaf De Dommel



Inhoud



6

Inleiding:
vijftien jaar natuurlijke
waterzuivering,
ervaringen gebundeld

Waterharmonica's:
de mogelijkheden
in beeld

- 11 De natuur als inspiratie voor de waterharmonica
- 12 Voorbeelden uit de rest van de wereld
- 13 Opeenstapeling van doelen



15

**Vloevelden Tilburg-Noord
(inclusief Moerenburg)**
Een waterbuffer met
zuivering als bijkomend
voordeel

- 17 Moerenburg:
de eerste zuivering van Nederland
- 19 Tilburg-Noord:
vreemde eend in de bijt
- 20 Inrichting van het gebied
- 21 Cijfers en kenmerken
- 22 Beoogde doelen en behaalde
resultaten
- 24 Nieuwe ervaringen en leermomenten



24

Moerasbos Hapert
Een omslag in het denken
over waterzuivering

- 28 Inrichting van het gebied
- 29 Cijfers en kenmerken
- 30 Beoogde doelen en behaalde
resultaten
- 32 Nieuwe ervaringen en leermomenten
- 33 Hoe nu verder?



34

**Cascades
Sint-Oedenrode**
Trappen geven lucht

- 36 Inrichting van het gebied
- 37 Cijfers en kenmerken
- 39 Beoogde doelen en behaalde
resultaten



41

Soerendonk
Tien kilometer beek
nagebootst op acht
hectare

- 43 Inrichting van het gebied
- 44 Cijfers en kenmerken
- 44 Beoogde doelen en behaalde
resultaten
- 48 Nieuwe ervaringen en leermomenten



51

Biest-Houtakker
Biozone draagt bij
aan instandhouding
waardevolle soorten

- 55 Inrichting van het gebied
- 56 Cijfers en kenmerken
- 56 Beoogde doelen en behaalde
resultaten



58

**Samenvatting van
geleerde lessen:**
vijftien jaar kennis en
ervaring vertaald naar
aanbevelingen

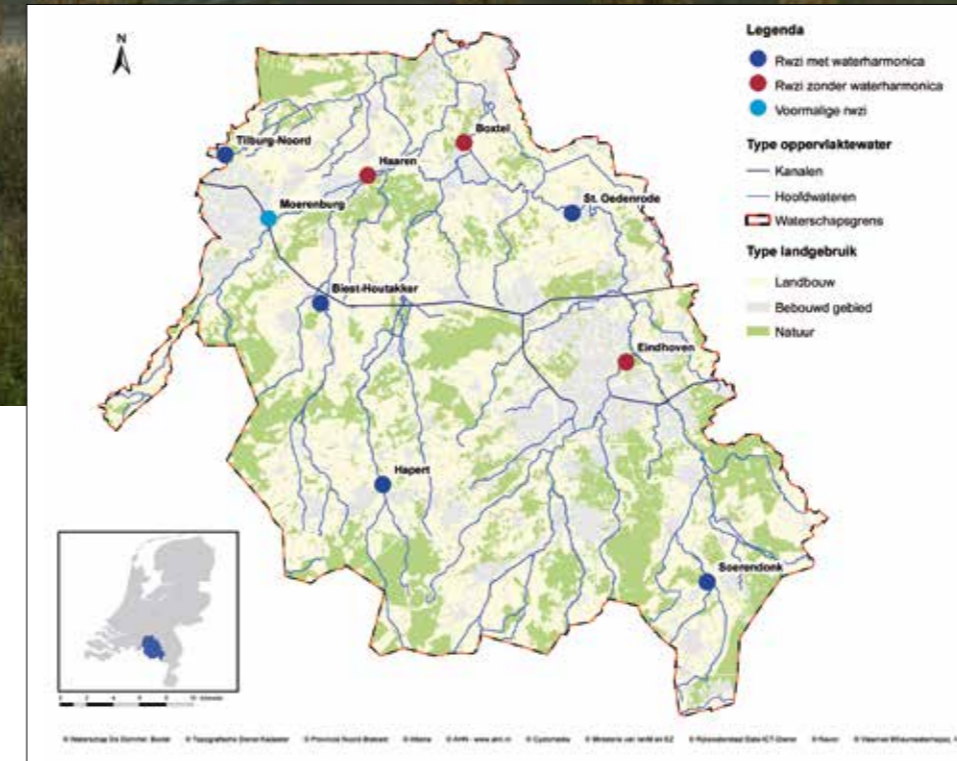
Nieuwe ontwikkelingen:
de waterharmonica in een
stroomversnelling

- 60 Natuurlijke watermachine voor
zoetwatervoorziening
- 61 Verwijdering van nieuwe stoffen
- 63 Duurzame vormen van natuurlijke
zuivering
- 63 Versterken van het waterbewustzijn
- 63 Een toekomst waar muziek in zit!
- 64 Afkortingen en begrippen
- 65 Bronnen
- 66 Colofon

Vijftien jaar natuurlijke waterzuivering: ervaringen gebundeld

In het gebied van Waterschap De Dommel bevinden zich ecologisch waardevolle beken en unieke natuurgebieden. Veel van onze beekdalen zijn onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS), tegenwoordig natuurnetwerk Nederland (NNN) genoemd. Een aantal beken en aangrenzende natuurgebieden hebben bovendien de Natura 2000-status. Deze (natuur)waarden moeten we beschermen en waar mogelijk versterken. Water van een goede kwaliteit is een belangrijke voorwaarde, onze waterharmonica's leveren daar een bijzondere bijdrage aan.

Beekdalen, natuurgebieden, kleine pittoreske dorpjes, grote steden als Eindhoven en Tilburg en allerlei vormen van landbouw: diversiteit kenmerkt het beheergebied van De Dommel. Naast het kleinschalige en afwisselende landschap kennen we ook grote ruimtelijke en economisch belangrijke gebieden, zoals Brainport. De regio Eindhoven behoort economisch gezien tot de absolute top van Nederland. Ons gebied bestaat grofweg voor een derde deel uit landbouw, een derde deel uit bebouwd gebied en een derde deel uit natuur. Die natuur ligt voor een groot deel langs en rondom de beken, die in enkele gevallen ontspringen in Vlaanderen. Er is een grote verwevenheid van functies, belangen, wensen en ontwikkelingen.



Invloedssfeer

De belasting van het oppervlaktewater in ons gebied wordt voor het grootste deel veroorzaakt door emissies vanuit de afvalwaterketen (rioolwaterzuiveringen, riooloverstorten), de landbouw, uitspoeling van gronden en vanuit Vlaanderen. Om de KRW-wateren in 2027 op orde te hebben, zullen alle genoemde factoren een bijdrage moeten leveren aan de verbetering van de waterkwaliteit. Als waterschap werken wij vooral aan schoon water via de acht rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's). Logisch dus, dat daarin veel wordt geïnvesteerd.

Van focus op emissie naar focus op immissie

Voor de ontwikkeling van de rwzi's tot 2027 is een strategie opgesteld (Emissiebeheerplan deelplan rwzi's, 2008). De maatregelen die daaruit voortvloeien, zijn opgenomen in verschillende waterplannen, zoals het waterbeheerplan en het stroomgebiedsbeheerplan. Tot 2021 richt Waterschap De Dommel zich vooral op een verdergaande nutriëntenverwijdering bij de zuiveringen die op kwetsbare bovenlopen lozen. Deze bovenlopen zijn ecologisch waardevol en kwetsbaar, omdat ze zelf weinig water voeren en het gezuiverde rioolwater dus een groot aandeel heeft in de totale afvoer van de beek. Om het effect op de waterkwaliteit te verminderen, zijn bij de rwzi's in de bovenlopen waterharmonica's gerealiseerd: een extra schakel tussen de rwzi en het oppervlaktewater. Waterharmonica's leveren schoner en natuurlijk(er) water op, ze zijn als het ware een constante bron. Daarnaast vervullen ze een functie op het gebied van waterbewustwording middels recreatie en educatie.



Verhalen uit de praktijk

In de vijftien jaar dat Waterschap De Dommel ervaring opdeed met waterharmonica's, waren veel medewerkers vanuit uiteenlopende disciplines betrokken bij het proces. Van visie tot ontwerp, van aanleg tot onderhoud. In dit boek evalueren we hun ervaringen, zodat andere geïnteresseerden een kick-start kunnen maken in hun eigen werkgebied. We richten ons niet op de theorie, want die komt al uitvoerig aan bod in diverse Stowa-publicaties. In plaats daarvan delen wij onze praktijkervaringen.

We lichten de verschillende systemen in het gebied van Waterschap De Dommel toe, met daaraan gekoppeld de beoogde doelen en behaalde resultaten, onze ervaringen en leerpunten in het proces. Achterin worden de belangrijkste begrippen toegelicht. We hopen dat veel lezers hun voordeel doen met deze informatie, zodat de waterharmonica in de toekomst vaker, efficiënter en multifunctioneler wordt ingezet.

Natuurlijke nazuivering bij Waterschap De Dommel

Het moerasbos in Hapert was vijftien jaar geleden de eerste waterharmonica die in het werkgebied van De Dommel bewust als waterharmonica werd aangelegd. Toen de rwzi werd gerenoveerd, stelden natuurbeheerders extra eisen aan de kwaliteit van het geloosde water vanuit het project De Levende Beerze.

De gecombineerde aanpak van dit waardevolle beekje was destijds behoorlijk vooruitstrevend.

Ook bij de zuiveringen in Sint-Oedenrode, Tilburg-Noord, Soerendonk en Biest-Houtakker liggen waterharmonica's. Zij dienen meerdere doelen: ze functioneren als natuurlijke nazuivering en regenwaterbuffer, gelden (deels) als natuurcompensatie en geven de beleving van het gebied een extra impuls. Op dit moment liggen in Nederland 15 waterharmonica's. In totaal hebben vijf van de acht rioolwaterzuiveringen in het werkgebied van Waterschap De Dommel een

waterharmonica. Dit aantal binnen één waterschap is uniek in Nederland.

Hoewel de inrichting van de waterharmonica's sterk samenhangt met de mogelijkheden van het terrein, bewijzen ze allemaal dat het goed mogelijk is om waterzuiveringen een zichtbaar en aantrekkelijk onderdeel te maken van het landschap. In plaats van het gebied af te schermen van bezoekers, legt Waterschap De Dommel de focus op beleving en vergroting van het waterbewustzijn. Burgers worden uitgenodigd om zelf te ervaren wat er gebeurt.

Waterschap De Dommel schermt de waterharmonica's en rioolwaterzuiveringen niet af, maar verwelkomt bezoekers juist zodat ze kunnen zien wat er gebeurt. Dit vergroot het waterbewustzijn.



Waterharmonica's: De mogelijkheden in beeld Van schoon zuiveringswater naar natuurlijk beekwater

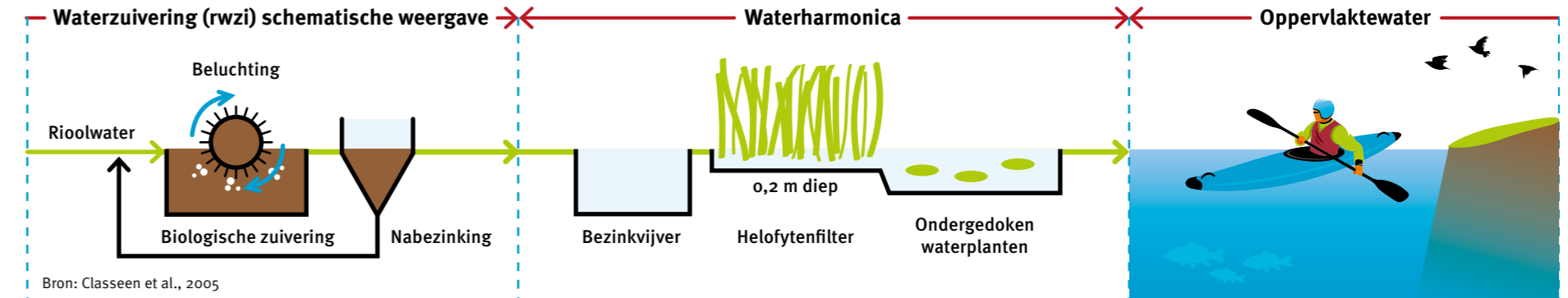
In Nederland worden waterharmonica's al jaren toegepast als natuurlijk zuiveringssysteem ná de rioolwaterzuivering. De waterharmonica is een aangelegd moerassysteem, dat ervoor zorgt dat het gezuiverde rioolwater (effluent) wordt omgezet naar natuurlijk, 'levend' water, voordat het in een kwetsbaar oppervlaktewater stroomt. En zo'n natuurlijke zuivering trekt nog bezoekers ook.



Het gezuiverde rioolwater uit de rwzi is redelijk schoon, maar het is nog geen ecologisch gezond water:

- het natuurlijke dag-nacht ritme van het zuurstofgehalte ontbreekt
- de zwevende stof bevat veel bacteriën
- de biodiversiteit is laag
- het gehalte aan nutriënten (voedingsstoffen) is relatief hoog

Normaal gesproken zijn er kilometers beek nodig om van het gezuiverde water natuurlijk water te maken. Door achter de rwzi een waterharmonica aan te leggen, wordt een relatief klein oppervlak optimaal benut en komt het proces 'ecologiseren' in een soort snelkookpan. De waterharmonica is een duurzame, energiezuinige en kostenefficiënte manier om het verschil tussen het gezuiverde water uit de rwzi en het natuurwater te verzachten (Schomaker et al., 2005, Stowa 2005-18). Zij maakt het water waardevoller als bron voor het waterleven – van bacterie en plankton tot waterplant, vis en vogel.



Bron: Classeen et al., 2005

De natuur als inspiratie voor de waterharmonica

Natuurlijke moerassen zijn ondiepe, waterrijke gebieden met een grote biodiversiteit en een grote buffer- en zuiveringscapaciteit. Van deze natuurlijke systemen maken wij gebruik bij de inrichting van onze waterharmonica's. Deze kunstmatige moerasgebieden, ook wel constructed wetlands genoemd, geven we zo vorm, dat de zuiverende en zelfreinigende werking zo optimaal mogelijk wordt benut.

Een waterharmonica kan op allerlei manieren worden vormgegeven (Schomaker et al., 2005). De belangrijkste voorwaarde is dat het systeem optimaal aansluit bij de lokale situatie. Een waterharmonica is van nature multifunctioneel: hij combineert waterzuivering met andere functies, zoals natuurontwikkeling, waterberging, verdrogingsbestrijding, voorraadvorming, recreatie, educatie en biomassa-productie. De schaarse ruimte in Nederland wordt zo efficiënter gebruikt.

Zo natuurlijk mogelijk

Waterharmonica's zijn technologisch eenvoudig en ecologisch goed doordacht. Ze maken zoveel mogelijk gebruik van natuurlijke processen en zo min mogelijk van techniek. De systemen zijn relatief goedkoop, weinig storingsgevoelig, ze kosten weinig energie en zijn duurzaam van aard. Nadeel is echter dat ze minder constant zijn in hun werking en daarmee moeilijker beheersbaar. Ook vragen ze meer ruimte dan technische oplossingen.

Omdat de zuiveringsresultaten van waterharmonica's sterk afhankelijk zijn van de situatie ter plaatse, zijn er ook geen vaste criteria voor de aanleg (Claassen et al., 2013). Maatwerk is dus nodig. Waterharmonica's kunnen op allerlei manieren worden ingericht. Denk bijvoorbeeld aan:

- vijvers (bezinkvijvers, vlooienvijvers)
- ondiepe moerassystemen met moerasvegetatie, helofyten en ondergedoken waterplanten
- moerasbossen (elzen/wilgen)
- vistrappen of paaivijvers



Een waterharmonica kan op allerlei manieren worden vormgegeven. De belangrijkste voorwaarde is dat het systeem optimaal aansluit bij de lokale situatie.

Voorbeelden uit de rest van de wereld

Nederland is niet het enige land met natuurlijke (na)zuiveringen, ook internationaal is er veel ervaring opgebouwd met de inzet van zuiveringsmoerassen voor de behandeling van (afval)water. Nederland (en hiermee ook Waterschap De Dommel) heeft zich door verschillen-de voorbeelden laten inspireren.

Noord-Amerika

In Noord-Amerika werden de eerste zuiveringsmoerassen voor afvalwaterzuivering aangelegd in het einde van de jaren '60 en het begin van de jaren '70. De systemen werden aanvankelijk ontworpen voor de behandeling van communaal afvalwater, bijvoorbeeld van kleine gemeenschappen of woonkernen. Later zuiverden ze ook andere typen afvalwater (o.a. vervuuld grondwater van stortplaatsen, afvalwater van papierfabrieken en raffinage proceswater). Allemaal hadden ze hun eigen ontwerp en beheer.

Zweden/Scandinavië

Zweden heeft ruim twintig jaar ervaring met de aanleg en het beheer en onderhoud van zuiveringsmoerassen. De eerste werd in 1993 in Oxelösund in gebruik genomen. In de daaropvolgende jaren werden nog een paar grote aangelegd, onder andere in Nynäshamn. De Zweedse systemen zijn veelal ruim opgezet, hebben een natuurlijke vorm en er wordt extensief onderhoud gepleegd.

In Zweden, Denemarken en Finland stimuleert de overheid de aanleg van zuiveringsmoerassen in het agrarisch landschap. Naast het terugdringen van nutriënten (stikstof en fosfor) in het oppervlaktewater en het verbeteren van de biodiversiteit ontdekte men dat er meer voordelen zijn: lagere overstromingsrisico's,



de beschikbaarheid van irrigatiereservoirs, mogelijkheden voor vissen en jagen, biomassa productie, nutriënten-recycling, mogelijkheden voor recreatie en vergroting van de landschapswaarde.

Hollandse school

Het allereerste Nederlandse moerassysteem voor (na)zuivering lag bij Elburg (1978), had een oppervlakte van vijftien hectare en werd ingeplant met riet. Hoewel het jarenlang werd gebruikt, vielen de verwijderings-rendementen voor nutriënten tegen. Dat kwam vooral door de hoge ammoniumconcentratie in het effluent van de rwzi en de hydraulische kortsluitstromen. Het gebied



werd buiten gebruik gesteld en doet nu dienst als natuurgebied.

Sinds de bredere introductie van het waterharmonica-concept in ons land in 1996 (Claassen et. al., 2013), zijn er op diverse plaatsen waterharmonica's aangelegd. Het principe is ontwikkeld aan de hand van de rwzi in Evertsekoog op Texel, ook voor Waterschap De Dommel diende dit concept als voorbeeld. Vanwege de beperkte ruimte in Nederland zijn de meeste waterharmonica's zo ingericht dat ze optimaal functioneren (propstroom en voorkomen dode hoeken) en passen in het (polder) landschap. In de praktijk gaat het dan vaak om rechte rietsloten, omgeven door kades.

Een aantal recentere waterharmonica's in Nederland (2010-2012) is naar Zweeds voorbeeld aangelegd. Voorbeelden hiervan zijn de biozone in Ootmarsum, maar ook de biozone Biest-Houtakker van Waterschap De Dommel. Reden hiervoor is de landschappelijke inpasbaarheid in beekdalen door de meer natuurlijke vorm en de lagere aanlegkosten van minder kades en kunstwerken.

Opeenstapeling van doelen

Waterharmonica's dragen niet alleen bij aan de doelen van het waterschap, maar ook aan die van terrein-beheerders, gemeenten en onderwijsinstellingen (De Ridder 1996). Denk daarbij aan:

- waterbuffer
- waterkwaliteit
- natuurontwikkeling
- landschappelijke inpassing en aantrekkelijkheid van de rwzi
- recreatie en educatie

Waterbuffer

Waterharmonica's kunnen bijdragen aan het bufferen van pieken in riool- en hemelwaterafvoer uit stedelijk gebied. Door het water tijdelijk op te vangen in de waterharmonica, vermindert de (stoot)belasting op de beek.



Waterkwaliteit

Bij een verblijftijd van drie dagen vindt bijna een volledige desinfectie van het afvalwater plaats (Stowa 2013-07). Uit onderzoek blijkt dat een waterharmonica het ontvangend oppervlaktewater op vier punten kan verbeteren.

A Fysisch-chemisch:

Het verlagen van de organische belasting, afname van de zwevende stof en toename van de zuurstof.

B Nutriënten:

Omzetting van voedingsstoffen, zoals de transformatie van NH_4 (ammonium) naar NO_3 (nitraat) en stikstofgas, en de binding van PO_4 (fosfaat).

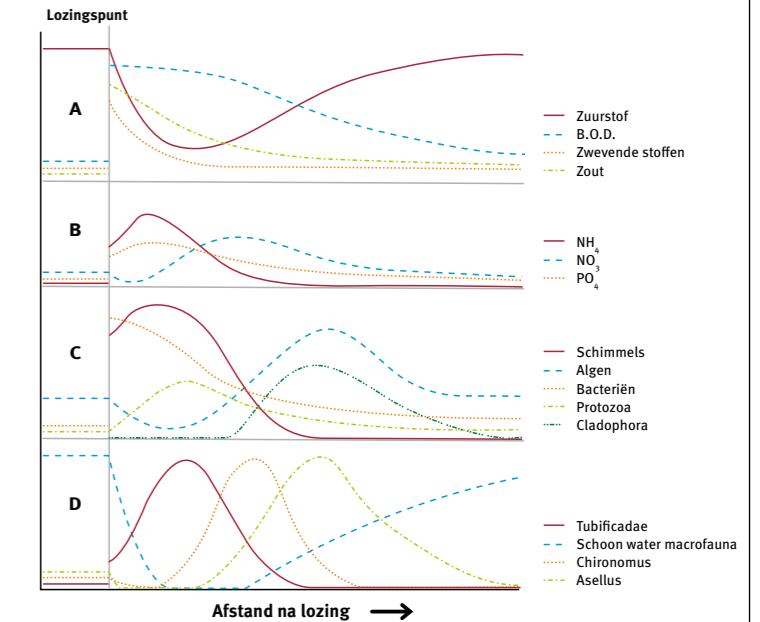
C Micro-organisch:

Afname van soorten die veel voorkomen in verontreinigd water, zoals bacteriën, schimmels, muggenlarven en wormen.

D Macro-invertebraten:

Toename van soorten die voorkomen in ecologisch gezond water, zoals kevers, libellen en kokerjuffers.

Bron: Hynes (1960).



Natuurontwikkeling

Vanuit de historie liggen rioolwaterzuiveringen vaak in een beekdal. Dat maakt deze locaties extra geschikt als ecologische verbindingzone: een natuurlijk ingerichte waterharmonica kan als stepping stone fungeren voor flora en fauna.

Landschappelijke inpassing en zichtbaarheid

Hoewel de inrichting van de waterharmonica's sterk samenhangt met het budget en de mogelijkheden van het terrein, bewijzen ze allemaal dat het goed mogelijk is om de rioolwaterzuivering een zichtbaar en aantrekkelijk onderdeel te laten zijn van het landschap (M. Leemkuil, 2015). We richten het groen rondom de zuiveringen zo in, dat de industrie goed functioneert en er tegelijkertijd een maximale openheid en biodiversiteit ontstaat.

Recreatie en educatie

In plaats van het gebied af te schermen van bezoekers, maken we ruimte voor recreatie en beleving. Door de belevingswaarde te vergroten, creëren we tevens een kans om de bewustwording van bezoekers rondom het werk van het waterschap te vergroten. Waterschap De Dommel verwelkomt bezoekers, zodat zij kunnen zien wat er gebeurt.

Educatie kost tijd, tijd die we niet kunnen besteden aan andere zaken. Toch is het belangrijk dat we hier ruimte voor maken. Door deel te nemen aan landelijke publieksdagen en eigen open dagen zoals Zondag Waterdag, kunnen we het waterbewustzijn stimuleren. Op de rwzi laten we zien wat er moet gebeuren, voordat het water uit o.a. de toiletput thuis weer gezuiverd terug de beek in stroomt. Ook nodigen we scholen uit om te komen kijken op de rwzi.



Vloevelden Tilburg-Noord (inclusief Moerenburg) **Een waterbuffer met zuivering als bijkomend voordeel**

Tilburg is een stad met een rijke historie in rioolwaterzuivering. Al in 1904 werd er geëxperimenteerd met de zuivering van grote stromen rioolwater, die dwars door de stad stroomden. Op de plek waar vroeger in vloevelden het vuile water bezonk, wordt nu nog steeds water gebufferd en gezuiverd. Ook rioolgemaal Moerenburg, de oudste zuivering van Nederland, draagt nog altijd bij aan de zuivering van het Tilburgse water.

Het was vooral de textielindustrie die het Tilburgse water vroeger vervuilde met zijn kleurstoffen. Waar andere steden konden lozen in grote rivieren, meren of de zee, was Tilburg aangewezen op de beperkte capaciteit van de Leij.

Noodgedwongen moest de stad op zoek naar andere oplossingen. Daarom vonden al vroeg experimenten plaats met vloevelden waarop het water kon stromen, zodat het vuil kon bezinken. De stank bleef echter een groot nadeel.



Moerenburg: de eerste zuivering van Nederland

Ten oosten van Tilburg werd in 1936 één van de eerste biologische zuiveringen van Nederland gebouwd. Het complex kreeg internationaal veel aandacht en is ook qua bouw bijzonder (Van Doremalen et al., 2000). Door het open ontwerp was het zuiveringsproces bovendien goed inzichtelijk. Het gebied is tegenwoordig onderdeel van Landschapspark Moerenburg.

Toen de zuivering in Tilburg-Noord in de jaren negentig werd uitgebreid, was de verouderde zuivering in Tilburg-Oost niet meer nodig. Sindsdien functioneert het als rioolgemaal met waterbuffer. Het rioolwater dat samenkomt in Oost wordt naar Tilburg gepompt om te zuiveren. Bij zware regenval wordt het rioolwater tijdelijk opgeslagen in de nog aanwezige betonnen waterbakken en in nieuw aangelegde rietsloten. Het systeem kan bij extreme regenval tijdelijk vele tienduizenden kubieke meters (verdund) rioolwater vasthouden.

Afhankelijk van de waterkwaliteit na verblijf, loost Waterschap De Dommel direct op de Korvelse Waterloop, of wordt het water alsnog naar de rioolwaterzuivering in Tilburg-Noord geleid. In de praktijk wordt het water altijd naar de rioolwaterzuivering in Tilburg-Noord gepompt. De waterbuffer in Moerenburg is geen schakel tussen een rwzi en een beek. Er wordt bovendien geen gezuiverd water gebufferd, maar verdund rioolwater. Daarom spreken wij hier niet van een waterharmonica.





Tilburg-Noord: vreemde eend in de bijt

In 1972 bouwde de gemeente een tweede rioolwaterzuivering ten noorden van de stad, vlakbij de vloeivelden aan de Vloeveldweg. In 1995 droeg de gemeente Tilburg beide rioolwaterzuiveringen over aan Waterschap De Dommel, die de noordelijke rwzi in 1997 grondig onder handen nam. Een uitbreiding was nodig, om de maximaal toegestane hoeveelheid waterafvoer op de Zandleij niet te overschrijden (Jouwersma, 1994 in Claassen et al., 2013).

Waterberging

Op de zuivering zijn twee bufferbezinktanks aangelegd van elk 4.500 m³. Daarnaast werd op de plaats van de voormalige vloeivelden een grote vijver gerealiseerd, die als waterberging dient. Het water stroomt bij een normale afvoer door een slotensysteem waardoor het de tijd krijgt om te ecologiseren. Doordat de afvoer van de buffer begrensd is, stijgt het waterpeil bij regenweerafvoer met maximaal 1,60 meter. Zo kan tot 240 000 m³ geborgen worden. Een mooie bijkomstigheid, die ervoor zorgde dat we deze buffer uiteindelijk toch bestempelden als waterharmonica. Maar het blijft een vreemde eend in de bijt.

Energiewinning

Bijzonder aan de rioolwaterzuivering in Tilburg-Noord is dat hier energie wordt gewonnen uit afvalwater. Door gisting komt methaangas vrij, dat vervolgens uit het slib wordt onttrokken en in een warmtekrachtinstallatie wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken. De zuivering voorziet voor ongeveer de helft in zijn eigen energiebehoefte, de rest wordt ingekocht van het energiebedrijf. De rwzi wordt nu omgebouwd tot de grootste 'energiefabriek' van Nederland. Al het zuiveringsslib van Waterschap De Dommel wordt hier vergist. Daarmee wordt rwzi Tilburg zelfvoorzienend en levert het ook energie aan derden.



Op de plaats van de voormalige vloeivelden ligt nu een grote vijver, die als waterberging dient.



Inrichting van het gebied

Het gezuiverde rioolwater dat uit de rwzi in Tilburg-Noord komt, stroomt in de Zandleij. Dit beekje kan echter slechts 7.200 m³ water per uur verwerken. Het overschot aan water wordt daarom tijdelijk gebufferd in de grote vijver, zodat het stroomafwaarts gelegen natuurgebied De Brand (tevens Natura 2000-gebied), met zijn bijzondere blauwgraslanden wordt beschermd. De vijver is aangelegd op de plek van de voormalige vloevelden. De vloevelden of effluentvijver bestaat feitelijk uit twee componenten. Het eerste deel bestaat uit een slingerende sloot (1). Deze wordt gevolgd door een bezinkkanaal (2); dit is een diepere, sterk verbrede sloot. Ten behoeve van de waterbergingsfunctie is het geheel omringd door een dijk.

In de toekomst zal Tennet een nieuw trafostation realiseren op het terrein, met een grote aanpassing van de buffer tot gevolg. Door de aanpassing zal een deel van de buffercapaciteit van de vijver verdwijnen. Momenteel worden er plannen gemaakt hoe en waar dit gecompenseerd kan worden.



Cijfers en kenmerken

Rwzi	Mechanische voorzuivering, voorbezinking, biologische zuivering, nabezinking, ombouw sliblijn naar een energiefabriek en fosfaatterugwinning
Laatste optimalisatie	1997: aanleg effluentvijver 2016: energiefabriek en fosfaatterugwinning
Droogweerafvoer (DWA)	Ontwerp: 2.300 m ³ /u, gemiddeld (2015): 61.600 m ³ /dag
Regenwaterafvoer (RWA)	18.270 m ³ /u
Zuiveringscapaciteit	375.000 i.e. (à 136 g TZV)
Effluent kwaliteit (gem. 2015)	Ntot 9,4; Ptot 1,1 en OB 3 mg/l
Hydraulische belasting waterharmonica (DWA)	1.1 m/dag
Brongebied	Stad Tilburg en kernen Udenhout, Berkel-Enschot en Biezenmortel
Ontvangend oppervlaktewater	Zandleij

Vloevelden*	Oppervlakte (m ²)	Diepte (m)	Volume (m ³)	Verblijftijd (dag)
Slingerende sloot	29.000	1	29.000	0,5
Bezinkkanaal	27.000	2	54.000	0,9
Totaal	56.000		83.000	1,4

* (Boomen van den, 2014)



Beoogde doelen en behaalde resultaten

De vloevelden in Tilburg-Noord zijn destijds niet als een waterharmonica aangelegd, maar functioneerden uiteindelijk wel zo. Omdat waterbuffering aanvankelijk het hoofddoel was, zijn de behaalde resultaten voornamelijk hierop gericht.

Waterbuffer

In rioolgemaal Moerenburg wordt bij regenweer een deel van het aanvoerwater gebufferd. Op de RWZI Tilburg-Noord kan in de bufferbezinktanks 9.000 m³ geborgen worden. Daarnaast wordt in de vloevelden van Tilburg-Noord tot 240.000 m³ effluent gebufferd. Ook bij calamiteiten wordt de vijver bij Tilburg-Noord ingezet. Toen het in 2014 hevig regende en de elektriciteit uitviel, overstroomde het zuiveringsterrein. De buffercapaciteit was toen net voldoende om te voorkomen dat er een te hoge hydraulische piek van gezuiverd water in de Zandleij terecht kwam.

Waterkwaliteit

Omdat de afgegraven grond bij de aanleg van de vloevelden verontreinigd was, is deze gebruikt in de aanleg van de dijk en veilig ingepakt in schone grond.

Bij normale afvoersituaties stroomt het effluent door de semi-meanderende waterloop om te ecologiseren. Er zijn geen kwalitatieve cijfers bekend die iets zeggen over de werking van de vijver als 'waterharmonica' op het gebied van waterkwaliteit of ecologiseren van het water.



De waterharmonica is een favoriete trekplaats voor vogels, er worden regelmatig zeldzame watervogels gespot.

Nieuwe ervaringen en leermomenten

Tilburg-Noord was bij aanleg geen bewuste waterharmonica, er is daarom geen rekening gehouden met recreatie. In Moerenburg daarentegen staat recreatie centraal, terwijl dit tussen (verdund) rioolwater gebeurt.



Recreatie

De waterharmonica bij Tilburg-Noord is een favoriete trekplaats voor vogels. Hoewel het gebied niet is opengesteld, komen er toch veel vogelaars naar het gebied. Er worden regelmatig zeldzame watervogels gespot.

Het gebied Moerenburg is een belangrijk uitloopgebied vanuit het centrum van Tilburg. Recreanten kunnen er via de Piushaven te voet of met de boot komen en er een hele waterbeleving van maken. Daarnaast worden er regelmatig evenementen als theatervoorstellingen

georganiseerd. Het open water bij het gemaal in Moerenburg nodigt sommige bezoekers uit tot pootjebaden, zwemmen, spelen met de hond en zelfs schaatsen in de winter. Helaas zijn deze vormen van recreatie echt niet wenselijk. Bij hevige regenval wordt er ongezuiverd rioolwater gebufferd, contact met dit verontreinigde water kan leiden tot gezondheidsproblemen. Daarom hebben we bij Moerenburg (en ook in Soerendonk) waarschuwingsborden geplaatst. We blijven kansen voor verdere ontwikkeling proactief oppakken met partners in de omgeving.



Moerasbos Hapert Een omslag in het denken over waterzuivering

Het beekdal van de Beerze behoort tot het Natura 2000-gebied Kempenland-West, vooral vanwege bijzondere waterplanten als de drijvende waterweegbree. Toen in 2000 het project De Levende Beerze werd gestart, uitte Brabants Landschap de wens om stroomafwaarts gelegen blauwgraslanden te beschermen tegen overstromend water dat is belast met effluent uit de rwzi Hapert. Daarom liet Waterschap De Dommel tijdens de herbouw van de rwzi in 2001 een moerasbos aanleggen.

Het project De Levende Beerze was destijds behoorlijk innovatief, maar leverde ook spanningen op: sommige van onze bestuursleden zagen de aanleg van een moerasbos niet als een taak van het waterschap. Onderdeel van de discussie was de vraag: wie gaat dat betalen? “De aanleg van de harmonica mag niet uit de

zuiveringsheffing worden betaald, want het is geen zuiveringsstap waarop we echt kunnen sturen, en waar we dus ook geen verantwoordelijkheid voor willen”, vond de een. “Maar een waterharmonica draagt wel degelijk bij aan het minimaliseren van het lozings-effect”, vond de ander.



Discussie en kansen

Ondanks de discussies was het bestuur van het waterschap wel overtuigd van de meerwaarde van waterharmonica's. Ze dragen immers niet alleen bij aan de doelen van het waterschap, maar ook aan die van terreinbeheerders en gemeenten. Het is een uitgelezen kans om niet twee, maar zelfs nog méér vliegen in een klap te slaan.

Bredere kijk

Terugkijkend kunnen we stellen dat we in deze periode anders naar ons werk zijn gaan kijken; het stimuleerde een integraal omgevingsbewustzijn binnen het waterschap. Sindsdien werkt Waterschap De Dommel met strategiestudies voor alle rwzi's, die we niet langer puur baseren op generiek emissiebeleid, maar ook op de impact op het beekstelsel en de doelen uit de Kaderrichtlijn water (KRW). Het immissiedenken – 'wat is het effect op het lokale watersysteem?' – deed zijn intrede.



Waterpark Grootte Beerze

Het moerasbos kwam tot stand met dank aan Brabants Landschap, dat grond beschikbaar stelde. Ook aan de andere kant van de beek kon grond worden aangekocht. Het moerasbos draagt direct bij aan de doelen van het project De Levende Beerze: natuurlijker water en de creatie van een ecologische verbinding tussen de natuurgebieden langs de Beerze. De rioolwaterzuivering en het moerasbos worden samen Waterpark Grootte Beerze genoemd. In het zuiden sluit het waterpark aan op Natuurpark Grootte Beerze.

Knalrood gebouw

Bij het ontwerp van de vernieuwde zuivering werd een architect betrokken, die de gebouwen opvallend rood liet maken. Daarmee was de rioolwaterzuivering niet langer verstopt in het landschap; hij maakte de plek van het waterschap in de zuiveringsketen letterlijk beter zichtbaar. Ook in dat opzicht was Hapert een omslag in denken.



Inrichting van het gebied

Door de ligging van de beschikbare grond (de totale oppervlakte van het terrein is 8 hectare), werd Moerasbos Hapert ingericht in twee parallelle gedeelten: Noord en Zuid. Moerasbos-Noord ontvangt ongeveer 60% van het water, Zuid 40%. Bij normale weersomstandigheden stroomt al het water uit de rwzi van een buffersloot (1) naar een even grote verdeelsloot (2), die het vervolgens over twee parallelle sloten met helofyten (riet) (3) verdeelt. In Zuid stroomt het water na de rietsloten meteen door naar het moerasbos (4). In Noord gaat het water eerst nog naar een grote (retentie)vijver (5). Tenslotte stroomt het water naar de nieuwe meanders van de Beerze (6).



Cijfers en kenmerken

Rwzi	Mechanische voorzuivering, biologische zuivering (anaeroob en aeroob), nabezinking en nageschakeld moerasbos
Laatste optimalisatie	Herbouw RWZI en aanleg moerasbos in 2001
Droog Water Afvoer (DWA)	Ontwerp: 718 m ³ /u, gemiddeld: 8.000 m ³ /dag
Regen Water Afvoer (RWA)	2.543 m ³ /u
Zuiveringscapaciteit	71.000 i.e (à 136 g TZV)
Effluent kwaliteit (gem. 2015)	Ntot 5,5; Ptot 0,31 en OB 4,2 mg/l
Hydraulische belasting waterharmonica (DWA)	0,3 m/dag
Brongebied	Gemeenten Reusel-De Mierden en Bladel (kern Vessem)
Ontvangend natuurwater	Groote Beerze

Moerasbos	Oppervlakte (m ²)		Volume (m ³)		Verblijftijd*/** (dag)		Diepte (cm)
	Noord	Zuid	Noord	Zuid	Noord	Zuid	
Helofytensloten	7.990	4.750	3.200	1.900	0,7	0,6	40
Openwater/Vijver	7.670	-	10.200	-	2,1		133
Moerasbos	2.160	2.260	600	600	0,1	0,2	25
Tussen totaal	17.820	7.010	14.000	2.500	2,9*	0,8**	
Eindtotaal	24.830		16.500				

* Deze verblijftijd wordt in de winter in 56% en in de zomer in 59% van de gevallen gehaald. In een deel van de gevallen is de verblijftijd ook langer.

** Deze verblijftijd wordt in de winter in 59% en in de zomer 70% van de gevallen gehaald. In een deel van de gevallen is de verblijftijd ook langer.

Beoogde doelen en behaalde resultaten

De waterharmonica in Hapert was de eerste natuurlijke nazuivering binnen Waterschap De Dommel, die bewust met dit doel werd aangelegd. Bij de plannen waren specialisten vanuit verschillende vakgebieden betrokken; elk met hun eigen wensen. Het gevolg was dat er aan het ontwerp veel verschillende eisen werden gesteld. Zoveel, dat het onmogelijk was ze te verenigen in één ontwerp. Het leidde tot levendige discussies binnen de projectgroep: wat was nu écht belangrijk? Het leek onmogelijk om de vele doelen van het project De Levende Beerze optimaal te combineren, maar desondanks levert het moerasbos op meerdere fronten een goede bijdrage.



Waterbuffer

Het moerasbos kan 40.000 m³ water bergen. Als het veel regent en de aanvoer van water vanuit de rioolwaterzuivering dus hoog is, stroomt het water meteen vanuit de buffersloot naar het moerasbos. Zo voorkomen we overbelasting van de rietvelden, het riet verliest namelijk bij hoge debieten zijn zuiverende werking. Bij zeer hoge aanvoer vanuit de rioolwaterzuivering bergen we het water in het moerasbos en wordt de afvoer richting de Beerze getemperd.

Automatisering

Tot 2013 werd de waterbuffering in moerasbos Hapert handmatig geregeld. Dat werkte niet optimaal: het systeem was gevoelig voor verstopping, onnauwkeurig en erg arbeidsintensief. Voor die tijd was er nooit een moment waarop de waterberging volledig werd ingezet, maar tijdens extreme regenval in 2013 raakte het systeem overbelast en brak de dijk tussen het moerasbos en de Beerze door.

Sinds de dijkdoorbraak is de noodoverlaat verstevigd en de waterbuffering geautomatiseerd. De waterbuffering wordt nu ingezet vanaf 1.000 m³ regenwaterafvoer, en niet meer vanaf 300 m³. Bij een toevoer van meer dan 1.000 m³/uur wordt de afvoer richting de Beerze kunstmatig constant gehouden op dit niveau.

De bergingsduur in de waterharmonica is verkort naar maximaal 30 uur. Dit vermindert het risico op een dijkdoorbraak, zonder dat het de piekbelasting op de Beerze negatief beïnvloedt. Het proces van buffering verloopt nu optimaal. Door de bufferende functie worden de NH₄-pieken in het moerasbos afgevlakt met een factor 3 à 4. Dit heeft een gunstig effect op de waterkwaliteitsdoelen voor de Beerze en de stroomafwaarts gelegen natuurgebieden (Claessen, 2015).

Waterkwaliteit

Toen het moerasbos in Hapert werd aangelegd, was monitoring nog niet sterk ontwikkeld. Het verzamelen van meetgegevens was niet erg populair en er was discussie over de manier waarop. Aanvankelijk kregen we het debiet niet goed in beeld door onduidelijkheid over infiltratie, verdamping en de exacte verblijftijd (Eijgenhuijsen, 2007). Dat is nu verbeterd.

De hydraulische belasting op het moerasbos is groot, daardoor is de verblijftijd van het water relatief kort. Zo kort, dat de natuurlijke processen eigenlijk onvoldoende tijd hebben om hun werk te doen. Bij aanleg verwachtten we dat er een duidelijke N- en P-verwijdering waarneembaar zou zijn, maar in de eerste jaren kwam er geen noemenswaardige reductie naar voren. In de winter werd zelfs nalevering gemeten. Door periodieke algenbloei, de ontwikkeling van eendenkroos en de afbraak van planten in het najaar (september - oktober) nam de hoeveelheid zwevende stof en fosfor toe en verslechterde de zuurstofhuishouding. De waterharmonica is bovendien een trekplaats voor vogels, die kunnen zorgen voor toevoeging van pathogenen en nutriënten (Hoek, 2004).



Natuurontwikkeling

De Beerze heeft een hoge KRW-doelstelling (GEP-natuur), voorheen was dit de functie viswater (de kopvoorn komt hier voor) en waternatuur. Het beekdal is over een lengte van 800 meter hersteld. Er is riet en bos aangeplant, er kwamen open waterpartijen en de Beerze meandert nu. Door de gevarieerde moerassen kan men er met een beetje geluk de zeldzame blauwborst aantreffen.

Het noordelijk deel is aangelegd in de Ecologische Hoofdstructuur (nu Nationaal Natuurnetwerk (NNN) genoemd), over de inrichting is stevig gediscussieerd. De EHS-gronden van Brabants Landschap waren verworven met Rijksgeld, daarom mocht de grond niet zomaar worden uitgeruild met een andere partij, zoals het waterschap. Uiteindelijk zijn we er toch uitgekomen en konden we de gronden inzetten voor de inrichting van de waterharmonica.

Plantendiversiteit

Op het terrein van de rzwi hebben we geprobeerd de plantendiversiteit te stimuleren. Dat lukte niet overal. De aangeplante mattenbies werd al snel verdrongen door de grote lisdodde. Ook de zwarte elzen op de dijken sloegen niet aan. Deze soort gedijt goed in natte omstandigheden, maar de dijken bleken te droog. Enkel bij piekafvoeren in natte omstandigheden was er genoeg water. De zwarte els en de grauwe wilg, die in het moerasbos staan, gedijen echter goed.

Recreatie en educatie

Het moerasbos maakt onderdeel uit van Natuurpark De Beerze, er loopt een wandelknooppuntenroute over het terrein. Door ruimte te maken voor recreatie in het moerasbos, kreeg ook de zuivering meer belangstelling van publiek. Waterschap De Dommel greep deze kans aan om meer bezoekers te interesseren voor haar werk.

Het waterpark is inmiddels een belangrijk 'uithangbord' van het waterschap. Het is een van de drie zuiverings-terreinen in ons beheergebied waar excursies worden georganiseerd. Het waterpark trekt jaarlijks meer dan 1.500 bezoekers voor een excursie; nog los van de recreanten die op eigen gelegenheid komen. Ook IVN Kempenland organiseert regelmatig educatieve activiteiten voor kinderen. Er komen ook scholen op bezoek (van basisschool tot universiteit).

Veiligheid

Wat is er mooier dan met een groepje geïnteresseerden op excursie naar de waterharmonica? En dan samen water scheppen, om te zien hoeveel verschillende soorten er leven... Helaas, dat kan dus niet overal en altijd vanwege veiligheid en risico's voor de gezondheid. Het is belangrijk om hier duidelijke afspraken over te maken en om deze vast te leggen.



Nieuwe ervaringen en leermomenten

Naast onze gerichte inzet op het realiseren van de beoogde doelen, deden we ook onverwachte, nieuwe ervaringen op. Daar leerden we eveneens veel van.

Inrichting

De verdeel- en verzamelsloot in het moerasbos is niet groot genoeg voor bezinking van slib. Dat gebeurt dus verderop: bij droog weer in de rietfilters, en bij regenweer in het moerasbos. Helaas ontdekten we dat het erg lastig is om het slib hieruit te verwijderen. Het riet moet worden weggehaald en teruggeplaatst, en het moerasbos is met zijn kleine slootjes en talloze eilandjes vrijwel onbereikbaar. Dat maakt het onderhoud tijdrovend en duur. Niets doen is echter geen optie: door de ophoping van slib vindt nalevering van nutriënten en schadelijke stoffen plaats en de zuurstofhuishouding verslechtert. Deze leerpunten zijn een reden om de inrichting van het moerasbos aan te passen.

Onderhoud

Het Brabants Landschap en het Pius X-college uit Bladel helpen het waterschap met het onderhoud. Een goed uitgangspunt, als het gaat om waterbewustzijn en samenwerking. Maar de afstemming met de vrijwilligers van een natuurorganisatie en een onderwijsinstelling blijkt lastig. Het waterschap blijft eindverantwoordelijk, zij moet de situatie controleren en waar nodig de puntjes op de i zetten. Toch verdient de samenwerking met vrijwilligers en onderwijsinstellingen een kans. Om de taken helderder te maken, leggen we nu in Beheer- en onderhoudsrichtlijnen (Bor's) vast wat er moet gebeuren, wanneer, en met welk materieel. Deze richtlijnen worden doorvertaald in maaibestekken en baggerplannen.

Hoe nu verder?

Er zijn plannen om de waterharmonica in Hapert opnieuw in te richten, zodat het zuiveringsproces verbeterd en het onderhoud eenvoudiger wordt. Open water in de vorm van een grote (bezink)vijver wordt dan de eerste zuiveringsstap, gevolgd door een waterpartij met ondergedoken waterplanten, omzoomd met riet. Het moerasbos krijgt dan, naast natuurontwikkeling, alleen nog een bergende functie. Een definitief ontwerp zal eind 2016 gereed zijn met ook aandacht voor recreatie, educatie en beleving.

We verzamelden de wensen en eisen van belangengroeperingen en omwonenden vooraf in streekbijeenkomsten. Een bezorgdheid konden we hier direct wegnemen: de angst voor muggenoverlast. Bij geen enkele waterharmonica speelt dit probleem (Claassen et al., 2013). Een wens die we zeker meenemen, is het realiseren van een aantrekkelijke wandelroute door het gebied, die is verbonden met het aangrenzende Jarabos. Bezoekers kunnen dan een ronde maken.



Concept nieuwe inrichting waterharmonica Hapert



Cascades Sint-Oedenrode Trappen geven lucht

Toen in 2007 werd gestart met de renovatie en uitbreiding van de rioolwaterzuivering in Sint-Oedenrode, moest natuurcompensatie plaatsvinden. Het gehele terrein werd opnieuw ingericht. Zo werden er trappen aangebracht op de plek waar de rwzi water loost op de Dommel. Deze cascades zorgen voor extra zuurstof in het water.

De rwzi in Sint-Oedenrode ligt tussen de zuidoever van de Dommel en de Boskantseweg. Deze prachtige ligging was lange tijd echter niet zichtbaar, want het opgehoogde terrein in het lage stroomdal van de Dommel lag verscholen achter een rommelig dorpslint. Die verborgen plek paste ook wel bij de tijdsgeest. Vroeger was waterzuivering niets om trots op te zijn, het vuile water moest worden afgeschermd van de buitenwereld. Waterschap De Dommel wilde dat beeld veranderen: de plek waar ons afvalwater wordt gezuiverd, mag best gezien worden! Hier is rekening mee gehouden bij de grootschalige renovatie en uitbreiding.

Stimuleren van biodiversiteit

Tijdens de driejarige renovatie werd het stimuleren van biodiversiteit een steeds belangrijker thema binnen Waterschap De Dommel. Hier ontstond in Sint-Oedenrode dan ook veel aandacht voor. Uit studies bleek dat tweederde van onze ecosystemen ernstig is aangetast: wereldwijd, in Europa, maar ook in onze provincie. Om deze ontwikkeling een halt toe te roepen, onder tekenden de Brabantse waterschappen, provincie en veel gemeenten de EU-verklaring Countdown 2010. De grote gele kwikstaart werd benoemd tot ambassadeur bij Waterschap De Dommel, de vogel staat symbool voor de biodiversiteit in ons werkgebied.

Inrichting van het gebied

Als onderdeel van de vereiste natuurcompensatie werd het lozingspunt van de rwzi verlegd. Het gezuiverde water stroomt nu eerst in een vijverpartij (1) met een ondiepe rietzone, waar nog enige bezinking kan plaatsvinden. Daarna stroomt het water onder een klein verval door de ondiepere en smallere cascades (2), die zuurstof aan het water toevoegen.

Aan de ene zijde hiervan ligt een smalle rietzone en aan de andere kant ligt een brede plas-draszone, die overstroomt als er veel regen valt. Na de cascades loopt het water in een rietveld (3), waarna het in de Dommel stroomt.



Cijfers en kenmerken

Rwzi	Mechanische voorzuivering, biologische zuivering, nabezinking, natuurlijke uitstroomconstructie (beperkte biozone)
Laatste optimalisatie	2010: oplevering verbouwing rwzi en uitbreiding nabezinkcapaciteit i.v.m. hogere hydraulische belasting
Droogweerafvoer (DWA)	Ontwerp: 855 m ³ /u, gemiddeld (2015): 15.150 m ³ /dag
Regenwaterafvoer (RWA)	3.800 m ³ /u
Zuiveringscapaciteit	95.000 i.e. (à 136 g TZV)
Effluent kwaliteit (gem. 2015)	Ntot 4,8; Ptot 0,53 en OB 5,2 mg/l
Hydraulische belasting waterharmonica (DWA)	1,2 m/dag
Brongebied	Gemeenten Best, Oirschot en Sint-Oedenrode
Ontvangend oppervlaktewater	Dommel

Cascades	Oppervlakte* (m ²)		Diepte DWA (m)		Volume (m ³)	Verblijftijd (dag)
	Riet zoom	Open water	Riet zoom	Open water		
Vijver 1	750	2.000	0,25	1	2.187,5	0,1
Vijver 2	1.000	1.300	0,25	1	1.550	0,1
Cascade 1	900	2.300	0,25	0,6	1.605	0,1
Cascade 2	340	900	0,25	0,6	625	0,04
Cascade 3	350	850	0,25	0,6	597,5	0,04
Rietveld	1.500	450	0,25	0,6	645	0,04
(Sub)	4.840	7.800			7.210	0,48
Totaal	12.640					11u30

* De berekeningen zijn gebaseerd op metingen op de luchtfoto-plankaart, en niet op het bestek. De plas-draszone die overstroomt bij regenweer, is niet meegeteld.



Beoogde doelen en behaalde resultaten

De waterharmonica in Sint-Oedenrode is ontstaan vanuit natuurcompensatie en het doel om de zuivering zichtbaar te maken. Het terrein is door de jaren heen verder ontwikkeld tot een aantrekkelijk gebied voor mens en dier.

Waterkwaliteit

Door de cascades wordt extra zuurstof in het water gebracht, dat versterkt het natuurlijk waterzuiverend vermogen. Bij veel regen wordt de plas-draszone tevens gebruikt voor de opvang van regenwater.

De omgeving is nu een trekpleister voor veel libellensoorten, (water)vogels én vogelaars.

Natuurontwikkeling

Met de inrichting van verschillende biotopen – natte en droge gebieden –, open water, riet, (bloemrijke) graslanden, ruigten, struweel en bossages – creëerden we ecologische stapstenen voor veel diersoorten. Ze hebben aantoonbaar effect: de omgeving is nu een trekpleister voor veel libellensoorten, (water)vogels én vogelaars. Bepaalde beschermde vogelsoorten, zoals de ijsvogel en de grote gele kwikstaart zijn waargenomen op al onze zuiveringen.

In 2012 maakten we kennis met de keerzijde van de populariteit van het gebied: er stierven bovengemiddeld veel vogels, deels door botulisme. Juist in de winter is de waterharmonica aantrekkelijk voor (zwakkere) vogels: het eerste compartiment is voedselrijk, vrij zuurstofarm en relatief warm – dat maakt het tevens een uitstekende voedingsbodem voor botulisme. Door het hoge riet waren de zieke en dode vogels aanvankelijk niet te zien, waardoor het probleem verergerde. Sindsdien wordt het eerste compartiment intensiever gemaaid en gecontroleerd. Na 2012 zijn er nog slechts sporadisch dode vogels aangetroffen. Botulisme is niet meer aangetoond.



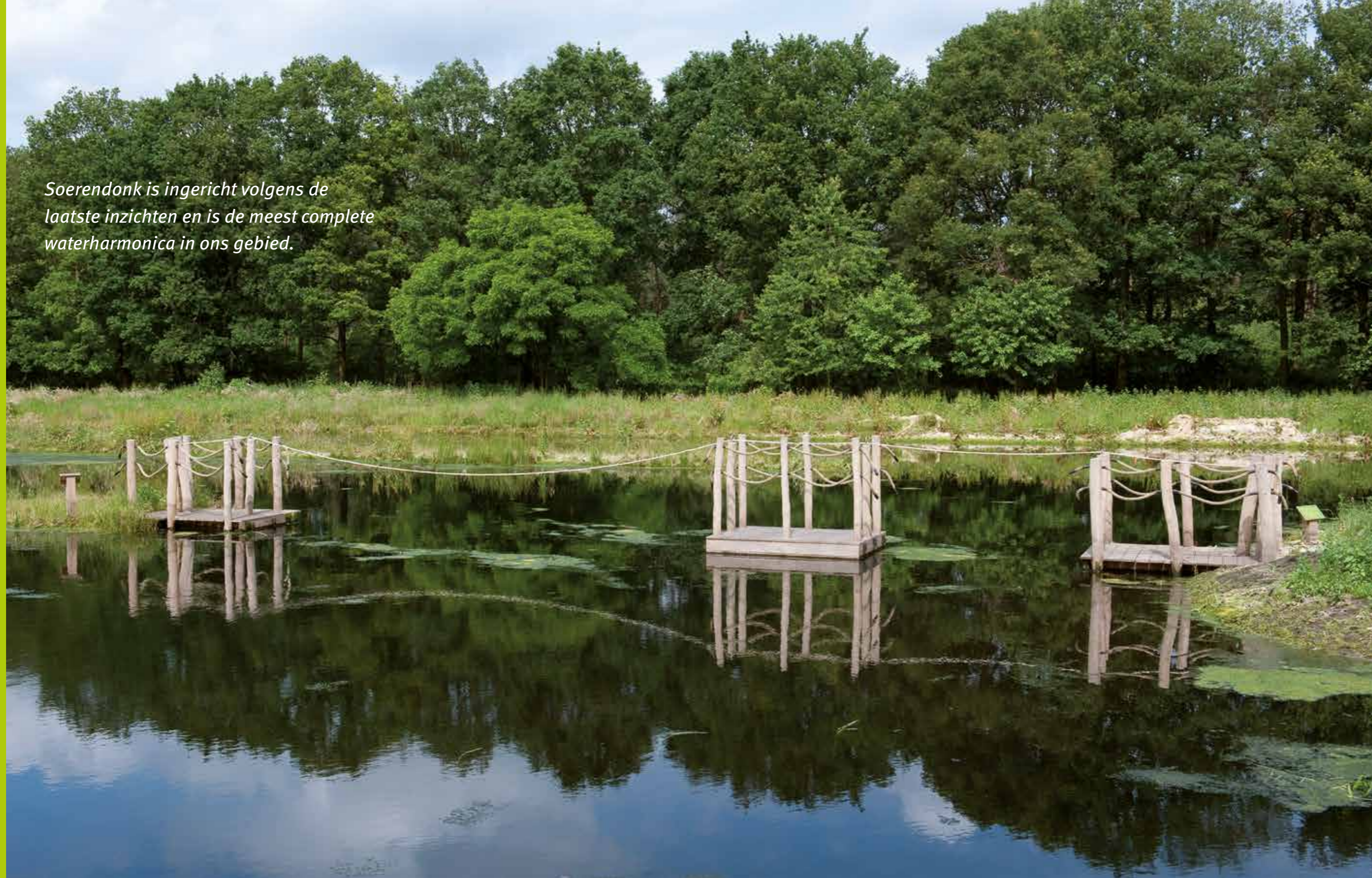
Recreatie en zichtbaarheid

Bij het uitbaggeren van de oude Dommelarm kwamen zware eikenhouten palen boven water. Het bleken resten van een Middeleeuwse sluis. Het hout is hergebruikt in twee cascades.

Door de herinrichting van het terrein in 2007 en de aanleg van een wandelpad is de waterzuivering nu beter zichtbaar. Op het terrein dat grenst aan de rwzi is een uitkijkpunt aangelegd, waar bezoekers zicht hebben op de waterzuivering, de bassins en het land eromheen. Een kunstenaar maakte het ontwerp voor de uitkijktoren. Helaas bleek achteraf dat hij qua veiligheid niet voldoet aan het bouwbesluit. In het vervolg geven we wettelijke normen en kaders mee in de opdracht aan ontwerpers en kunstenaars.

Het Eindhovens Dagblad plaatste in 2009 een positief artikel over de opening van de rwzi Sint-Oedenrode, met als kop: ‘Van een lelijk eendje tot trekpleister’.

Soerendonk is ingericht volgens de laatste inzichten en is de meest complete waterharmonica in ons gebied.



Waterharmonica Soerendonk Tien kilometer beek nagebootst op acht hectare

De rioolwaterzuivering Soerendonk ligt op de grens van Maarheeze en Soerendonk. Hij werd in 1968 gebouwd en is sindsdien twee keer uitgebreid. In 2012 werd een geheel nieuwe zuivering opgeleverd, inclusief waterharmonica. Deze is onderdeel van een waterpark waar dieren, planten en mensen van genieten. Het geheel is bovendien een duurzame installatie, want door het materiaalgebruik en het lage energieverbruik belast de rwzi onze wereld minimaal.

De waterkwaliteit van de Buulder Aa moet in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water voldoen aan scherpe normen; aan het gezuiverde rioolwater dat Soerendonk loost worden dan ook hoge eisen gesteld. Daarom werd de rwzi in 2012 drastisch verbouwd. Hij werd uitgebreid met nieuwe zuiveringstechnieken, zoals een zandfilter en een waterharmonica.

Deze is ingericht volgens de laatste inzichten vanuit Stowa en de meest complete waterharmonica in ons gebied. Chemische stoffen worden aantoonbaar afgebroken en er ontstaat weer een natuurlijk dag- en nachtritme in het zuurstofgehalte. Zowel onder water, tussen de planten, als boven water ontstaat biologisch leven.



Inrichting van het gebied

Het afvalwater dat Soerendonk binnenkomt, doorloopt na het reguliere zuiveringsproces in de rwzi verschillende extra zuiveringsstappen.

Zandfilter

Het zandfilter (1) is nog onderdeel van de rwzi en heeft een grote invloed op het zuiveringsproces. Om te voorkomen dat het filter te snel verzadigd raakt, wordt hij niet maximaal belast. De capaciteit van het zandfilter is groot genoeg voor de droogweerafvoer. Bij een aanvoer hoger dan 1,5 maal DWA, stroomt het effluent rechtstreeks in de effluentgoot en slaat het dus het zandfilter over.

Flowformcascades

Het water uit de rwzi loopt eerst over de flowform-cascade (2). Deze bestaat uit 45 rijen van 18 flowforms. Het ontwerp van de kunstenaar is gebaseerd op stromingspatronen van water in de natuur. In iedere flowform 'danst' het water rond, waarbij het afwisselend rechtsom en linksom draait. Zo komt het extra in contact met zuurstof en kunnen uv-stralen gemakkelijker doordringen. Door de materiaalkeuze zijn de flowforms lastig te onderhouden. Ze groeien vol met algen waardoor de stroming afneemt.

Waterharmonica

De waterharmonica bestaat uit een oostelijk en zuidelijk traject. Onderaan de flowformhelling wordt het water verdeeld over de waterharmonica; de oostelijke vijver ontvangt 45% van de aanvoer, de zuidelijke 55%. Elk traject bestaat vervolgens uit drie onderdelen.

Vlooienvijver

Bij droog weer verblijft het water één tot anderhalve dag in een vlooienvijver (3). Watervlooiën eten het zwevende materiaal, zoals stofjes en restjes bacteriën. Poelslakken eten op hun beurt de dode vlooiën, hun uitwerpselen en algen.

Riet/moerassloten

In de moerassloten (4) groeien ondergedoken waterplanten en riet. Zij zorgen voor een dag- en nachtritme in de zuurstofhuishouding, de opname van nutriënten, het afvangen van zwevende stof en ontwikkeling van de ecologie.

Biotoopvijver

De biotoopvijver (5) vormt de verbinding met de Bulder Aa en is een paai- en kraamkamer voor vissen. Via een vistrap (6) stroomt het water vervolgens in de beek. Bij extreme regenval wordt het water rechtstreeks naar de biotoopvijver geleid.

De waterharmonica functioneert goed als het water er in totaal vier dagen (96 uur) in verblijft. Dit gemiddelde wordt meestal gehaald.



Cijfers en kenmerken

Rwzi	Mechanische voorzuivering, biologische zuivering, nabezinking, nageschakelde zandfilter en waterharmonica
Laatste optimalisatie	Rwzi 2011, waterharmonica 2012
Droogweerafvoer (DWA)	Ontwerp: 350 m ³ /u, gemiddeld (2015): 7.780 m ³ /dag
Regenwaterafvoer (RWA)	1.830 m ³ /u
Hydraulische belasting waterharmonica (DWA)	0,27 m/dag
Zuiveringscapaciteit	42.100 i.e. (à 136 g TZV)
Effluent kwaliteit (gem. 2015)	Ntot 5,5; Ptot 0,51 en OB 6,2 mg/l
Brongebied	Gemeente Cranendonck
Ontvangend oppervlakte water	Buulder Aa

Waterharmonica	Oppervlakte (m ²)	Volume bij DWA (m ³)	Verblijftijd DWA (dag)	Diepte (m)
Vlooienvijvers	6.900	7.500	1,5	1.4
Riet/moerassloten	15.000	7.500	1,5	0.4-0.6
Biotoopvijver	6.250	5.000	1	Gem. 1.25
Totaal	28.150	20.000	4	

Verblijftijden waterharmonica bij normale droogweeraanvoer (DWA) en verhoogde aanvoer (in uur)

	Grondslag voor	Harmonica	Sectie 1	Sectie 2	Sectie 3
DWA-gemiddeld (208 m ³ /h)	Ontwerpdebiet harmonica	96	36	36	24
DWA-14 (357 m ³ /h)	Ontwerpdebiet flowforms	57	22	21	14
DWA-10 (500 m ³ /h)		40	15	15	10
50 % RWA (915 m ³ /h)		22	8	8	5
RWA totaal (1.830 m ³ /h)	Kortsluitleiding	3	Nvt	Nvt	3

Beoogde doelen en behaalde resultaten

Zowel de aanleg als monitoring kon in Soerendonk uitgebreid gebeuren dankzij subsidies uit het KRW-innovatieprogramma en Interreg Interactief waterbeheer.



Waterkwaliteit

Tijdens de monitoring zijn er geen significante verschillen waargenomen tussen het oostelijke en zuidelijke traject van de waterharmonica, beide systemen worden volledig met effluentwater gevoed en hebben een vergelijkbare waterkwaliteit.

Nutriënten, bacteriën en metalen

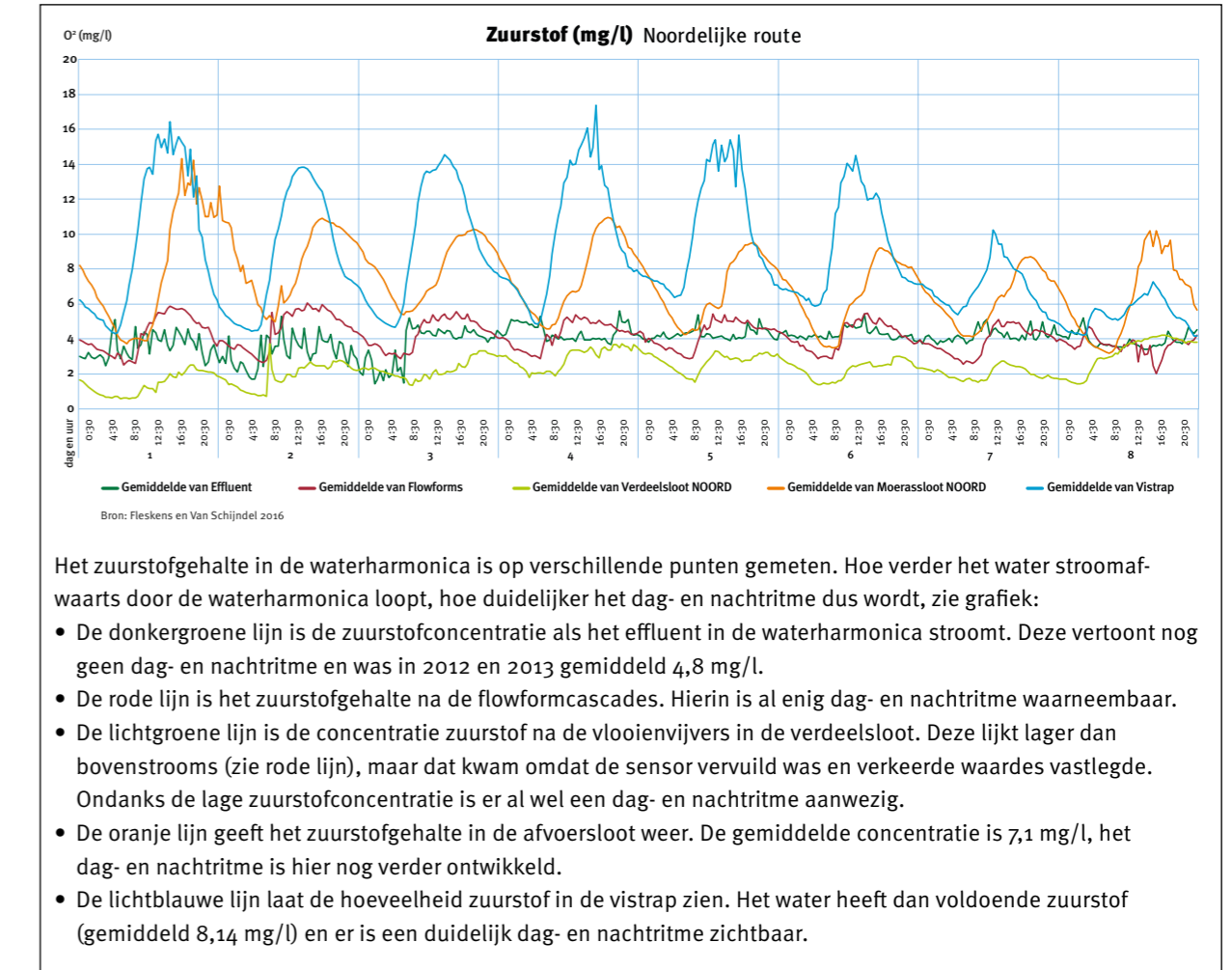
Uit de gegevens van 2012 t/m 2015 blijkt het volgende:

- De concentraties metalen (aluminium, cadmium, chroom, ijzer, mangaan, nikkel, lood en zink) nemen af, als het water door de harmonica stroomt.
- De nutriënten laten een duidelijke ontwikkeling zien: De fosfaatconcentraties zijn in de biotoopvijver lager dan in de effluentgoot. In de biotoopvijver is minder E. coli aanwezig dan in het begin van de waterharmonica. De aanwezige concentraties van intestinale enterococci zijn vaak zo laag dat ze bij de analyse onder de detectiegrens vallen. Hierdoor is het verschil in concentraties in het verloop van de waterharmonica niet (goed) zichtbaar.

Na verloop van tijd werd er relatief veel slib in de vlooienvijvers en de biotoopvijver geconstateerd. Dat kwam mogelijk omdat het zandfilter niet volledig benut kon worden en de bypass werd ingezet. Het effluent dat niet door het zandfilter ging, bevatte hogere concentraties aan zwevende stof, die bezonk op de bodem van de vijvers. Als de zwevende stof niet door de waterharmonica was afgevangen zou dit een negatief effect hebben gehad op de Buulder Aa.

Visueel

Het water vanuit de waterharmonica is tegenwoordig helder in vergelijking met het water van de Buulder Aa. Daarnaast is de effluentlucht niet meer te ruiken.



Het zuurstofgehalte in de waterharmonica is op verschillende punten gemeten. Hoe verder het water stroomafwaarts door de waterharmonica loopt, hoe duidelijker het dag- en nachtritme dus wordt, zie grafiek:

- De donkergroene lijn is de zuurstofconcentratie als het effluent in de waterharmonica stroomt. Deze vertoont nog geen dag- en nachtritme en was in 2012 en 2013 gemiddeld 4,8 mg/l.
- De rode lijn is het zuurstofgehalte na de flowformcascades. Hierin is al enig dag- en nachtritme waarneembaar.
- De lichtgroene lijn is de concentratie zuurstof na de vlooienvijvers in de verdeelsloot. Deze lijkt lager dan bovenstrooms (zie rode lijn), maar dat kwam omdat de sensor vervuild was en verkeerde waardes vastlegde. Ondanks de lage zuurstofconcentratie is er al wel een dag- en nachtritme aanwezig.
- De oranje lijn geeft het zuurstofgehalte in de afvoersloot weer. De gemiddelde concentratie is 7,1 mg/l, het dag- en nachtritme is hier nog verder ontwikkeld.
- De lichtblauwe lijn laat de hoeveelheid zuurstof in de vistrap zien. Het water heeft dan voldoende zuurstof (gemiddeld 8,14 mg/l) en er is een duidelijk dag- en nachtritme zichtbaar.

Zuurstof

We ervaren dat het lastig is om de zuurstofconcentraties goed te monitoren. Zwevend stof en algen kunnen vervuiling op de sensor veroorzaken; door overmatige plantengroei kan de meetopstelling verstopt raken. Daarnaast is de stroomsnelheid niet altijd optimaal, hierdoor worden lagere zuurstofconcentraties gemeten. Daarnaast is er ook aandacht voor de datavalidatie en de samenwerking met beheer en onderhoud om een hogere dataopbrengst te 'krijgen'.

Verder weten we nu dat de dagelijkse zuurstofritmiek onafhankelijk is van het seizoen, maar dat de seizoenen wel invloed hebben op de amplitudes. In het voorjaar en de zomer zijn de verschillen in pieken en dalen groter, omdat er meer fotosynthese plaatsvindt. De zuurstofproductie ijlt ongeveer zes uur na op de lichtcyclus, ook op bewolkte dagen. Als het water bedekt is met kroos, komt de zuurstofritmiek tot stilstand, maar na verwijdering van het kroosdek komt de zuurstofproductie weer snel op gang (Claassen et al., 2013).

Er loopt een wandelroute langs alle onderdelen van de waterharmonica, met een brug bij de flowform en een trekpondje door de moerassloten.



Natuurontwikkeling

Vanwege de ligging tussen twee natte natuurepels (Ulkendonk en Buulderbroek) functioneert Soerendonk als een ecologische stapsteen langs de beek. De inrichting van de rwzi en de waterharmonica sluiten naadloos aan bij het kleinschalige beekdallandschap in de omgeving. Er is struweel aangeplant, bloemrijk mengsel ingezaaid en een amfibieënpoel aangelegd. De bestaande bosschages zijn onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur en daarom wettelijk beschermd.

Visstand

De biotoopvijver bij Soerendonk trekt veel vis aan. In de ontwerpfase is gediscussieerd over de vraag of het wenselijk was dat we deze plek aantrekkelijk maken voor paaien/foerageren, want het water bevat medicijn- en hormoonresten. Uiteindelijk is er in het ontwerp toch gekozen voor een vistrap tussen de biotoopvijver en de beek. We weten nog niet wat de exacte effecten daarvan zijn op vissen. Een mooi onderwerp om in de toekomst verder te onderzoeken.

Uit een onderzoek naar de visstand in 2013 (uitgevoerd door ATBK, een jaar na de aanleg) blijkt dat de biotoopvijver goed wordt bevolkt door verschillende soorten vis van alle leeftijden. Dit wijst erop dat de biotoopvijver ook daadwerkelijk wordt gebruikt als paaiplaats en kraamkamer. Vooral de zeelt en snoek maken er gebruik van, maar er zijn ook enkele riviergrondels aangetroffen: typische beekvissen die van stromend water houden.

De tiendoornige stekelbaars is in alle secties van de waterharmonica waargenomen.

Planten

In Soerendonk plantten we in de moerassloten veel verschillende soorten aan om de biodiversiteit te stimuleren. In het begin groeiden ze goed, maar nu zijn ze nagenoeg allemaal verdwenen. Achteraf is dat te verklaren: planten die een voedselarm systeem prefereren (zoals de waterviolier), kunnen de hoge belasting door het voedselrijke water niet aan en verliezen de strijd van de soorten die hier wel goed op gedijen.

Ander leven

Uit de ecologische monitoring in 2013 blijkt dat er veel slakken en wormen in de waterharmonica aanwezig zijn. Voorheen waren ze dominant aanwezig net stroomafwaarts van het lozingspunt in de Buulder Aa. Deze

soorten indiceren dat het systeem matig tot zwaar wordt belast. Soorten die duiden op een lage organische belasting (denk aan kevers, libellen en kokerjuffers) komen zeer weinig voor. Ook de diversiteit in soorten is zeer laag. Dit betekent dat het systeem dus een vrij hoge organische belasting kent.

In 2010 en 2013 zijn zowel bovenstrooms als benedenstrooms van het lozingspunt in de Buulder Aa metingen gedaan. Er zijn geen noemenswaardige verbeteringen gemeten, maar het is eigenlijk nog te vroeg om nu al iets te zeggen over de effecten op de ecologie. Bovendien is de aan- of afwezigheid van bepaalde plant- en diersoorten ook afhankelijk van andere factoren, zoals stroming en morfologie. Deze twee laatste zijn aangepakt in het project Herinrichting Buulder Aa (2015-2016), waarna de beek zijn oorspronkelijk meanderend karakter terugkreeg.



Landschappelijke inpassing en zichtbaarheid

De zuivering in Soerendonk is verplaatst van het beekdal naar een plek hoger op de flank, om ruimte te maken voor de moerassloten en de biotoopvijver. De waterharmonica vormt een geleidelijke overgang van de harde, technische zuivering naar het natuurlijke beekdal. De vlooienvijvers met hun strakke lijnen gaan over in moerassloten, die met een kromme arm in de biotoopvijver uitkomen. Daarna volgt de kronkelende vistrap die naar de beek stroomt.

Rondom de waterharmonica in Soerendonk staan geen hekken. Waterpartijen zorgen voor een mooie, natuurlijke afscheiding. Net na de aanleg was er echter enorme algengroei, waardoor de kinderen van de aangrenzende scoutingclub het water niet meer van het land konden onderscheiden. Daarom is er op hun verzoek naderhand toch een extra slagboom aangelegd.

Recreatie en educatie

Recreanten kunnen volop genieten van de natuur op Soerendonk. Door de aanleg van een wandelbrug kunnen zij een doorlopende route over het terrein volgen, die aansluit op de bestaande fiets- en wandelnetwerken. De route loopt langs alle verschillende onderdelen van de waterharmonica; er ligt een brug bij de flowform en een trekpondje door de moerassloten. Op informatieborden lezen bezoekers meer over de waterharmonica.

Geocaching

Soerendonk is een vindplaats in het wereldwijd populaire spel geocaching. Bij geocaching gaan mensen met behulp van gps op zoek naar een cache – een schat die ligt verborgen in openbaar gebied. Door de aanwezigheid van de cache op het terrein van Soerendonk komen er veel bezoekers die er anders niet zouden komen. Ze zijn vaak aangenaam verrast door het gebied.



Scholen

In samenwerking met Brabants Landschap zijn er bij Soerendonk nestkasten opgehangen voor vogels en vleermuizen. Ze worden beheerd door IVN Cranendonck. Elk jaar hangen leerlingen van Wre Di te Valkenswaard zelfgemaakte insectenhôtels op in het gebied rondom de waterharmonica. Omdat we het een goede manier vinden om jongeren te betrekken bij het waterschap, nemen we elk jaar opnieuw zelf het initiatief voor dit project. Toen Soerendonk officieel werd geopend, plantten scholen uit de omgeving het struweel mee aan op de Nationale Boomfeestdag.



Nieuwe ervaringen en leermomenten

Iedere waterharmonica is maatwerk en daarmee een kans om nieuwe ervaringen op te doen. In Soerendonk leerden we veel van de onverwachte situaties uit de praktijk.

Onverwachte tegenwind

Tijdens het ontwerptraject voor de waterharmonica Soerendonk kwam tegenwind uit onverwachte hoek. De Provincie verweet het waterschap aantasting van de Ecologische Hoofdstructuur en de eigen natte natuurparel! De bosschages, die jaren geleden waren aangelegd om de zuivering aan het zicht te onttrekken, waren op het provinciale natuurbeschermingsplan aangeduid als Ecologische Hoofdstructuur. Uiteindelijk is een natuurcompensatieplan opgesteld, waarbij voldoende nieuw struweel werd aangeplant om de gekapte bomen te compenseren (DHV, 2009).

Onderhoud aan een waterharmonica komt nauw.

Micro-organismen

Bacteriën en schimmels komen van nature voor in beken en stimuleren het zelfreinigend vermogen. Om deze een extra impuls te geven ontstond binnen een onderzoeksproject het idee om zogenoemde effectieve micro-organismen toe te voegen aan de waterharmonica. Dit om de groei van slib, algen en kroos in toom te houden. Na de behandeling zien we duidelijke een afname van het slib en flab (floating alga beds). Kroos blijft helaas in overvloed aanwezig.

Onderhoud

In Soerendonk werd een externe partij ingehuurd voor het onderhoud aan de moerassloten. In de weken ervoor was uitgelegd wat de bedoeling was, maar uiteindelijk werd het riet toch te kort gemaaid. Het leerde ons dat onderhoud aan een waterharmonica nauw komt. Voortaan doen we het zelf, óf we zorgen ervoor dat er iemand met kennis van zaken meekijkt tijdens het werk.

Exoten

We vonden exoten als het parelvederkruid op het water. Het is niet duidelijk hoe deze soorten hier terecht kwamen – via het riool, door bezoekers? – maar het is een feit dat deze soorten goed gedijen in het relatief warme, voedselrijke water. Als exoten in het beekstelsysteem terecht komen, kunnen ze de biodiversiteit negatief beïnvloeden. Het is dus belangrijk om hier alert op te zijn, anders ontstaat verderop in het beekstelsysteem een groter probleem.

De schapen die werden ingezet om een deel rondom de harmonica te begrazen, bleken ons ook te verlossen van de springbalsemien. Deze exoot kan lokale planten verdringen en is dus ongewenst.

Zonnepanelen

In het nieuwe ontwerp voor de rwzi in Soerendonk waren zonnepanelen gepland op het dak van het kantoor. Tijdens de aanleg bleek de constructie van het gebouw hier niet geschikt voor. Zonder overleg met beheer en onderhoud werd de keuze gemaakt om de zonnepanelen te plaatsen op een wal van de moerassloten. Daar vangen ze veel zonlicht, maar de opstelling is niet praktisch. De boomopslag die tegen de panelen aan groeit, kan lastig worden verwijderd op deze moeilijk begaanbare dijkjes.

Een dijk van een dijk

Kades die tussen compartimenten met grote peilverschillen en -variëaties liggen, zijn gevoelig; zeker als

ze uit zand zijn opgetrokken. In 2013 brak er een dijk door, toen we het waterpeil wilden opzetten om voldoende diepgang te creëren voor de maaiboot. De versteviging die vervolgens werd aangebracht, bleek ook niet robuust genoeg. De reden hiervoor was dat er resten van de oude nabezinktanks in de grond lagen, tot op meer dan vier meter diepte – het aanbrengen van een versteviging hielp dus niet. Het riet wordt daarom voortaan gemaaid via de tussenkades, die eigenlijk niet zijn gemaakt voor machines.

Overlaten

De overlaten naar de moerassloten in de verdeelsloten zijn gemaakt van kunststof. Bij de aanleg gingen ze drijven, dus moesten ze verzaagd worden. Het was bovendien een uitdaging om het systeem goed af te stellen, zodat de verdeling over de verschillende moerassloten gelijk zou zijn. Om de overlaten gemakkelijk in hoogte te kunnen verstellen, zijn er ringen geplaatst met een schroefdraad.



Biozone Biest-Houtakker **Biozone draagt bij aan instandhouding waardevolle soorten**

De biologische rioolwaterzuivering Biest-Houthakker bedient sinds 1976 ruim 75.000 huishoudens in Tilburg en omstreken. Om ook in de toekomst aan de steeds strengere lozingseisen te voldoen, was in 2012 een ingrijpende verbouwing nodig. Duurzaamheid was een belangrijk doel, mede daarom werd ook de inrichting van een biozone meegenomen. Door de aaneenschakeling van zuiveringstechnieken kan deze installatie voldoen aan de strenge eisen uit de Europese Kaderrichtlijn Water.

In het kader van het landinrichtingsproject De Hilver maakten de Dienst Landelijk Gebied en het Brabants Landschap in 2007 op bestuurlijk niveau mondeling een afspraak met het waterschap: De Dommel beloofde zich

maximaal in te spannen om de rwzi Biest-Houtakker zo aan te passen, dat aan de eisen uit het reconstructieplan Beerze-Reusel voldaan kon worden.



Reusel

In de biozone die achter de rwzi ligt, wordt het gezuiverde water natuurlijker gemaakt, voordat het wordt geloosd op de Reusel. In het natuurontwikkelingsproject De Hilver (onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur) werden omliggende landbouwpercelen omgevormd tot nat, schraal grasland, ook de Reusel zelf is heringericht.

Zandfilter

De rwzi is gerenoveerd volgens de nieuwste inzichten in afvalwaterbehandeling. Zo zorgt een combinatie van een biologisch proces en een zandfiltratie voor substantieel lager energieverbruik. Het filter is zo opgebouwd dat er minder opvoerhoogte en minder vermogen nodig is om het afvalwater te zuiveren.

Door de zandfiltratie en de biozone op de rwzi wordt het afvangen van zwevende stof uit het effluent gemaximaliseerd. Ook wordt er bij bedrijfsstoringen van het zandfilter in de rwzi minder zwevende stof/slib op de Reusel afgevoerd. Daarnaast draagt de biozone bij aan het optimaliseren en ecologiseren van het effluent tot oppervlaktewater. Zo heeft de biozone een aandeel

in de instandhouding van waardevolle soorten in de Reusel, zoals waterranonkels, de kleine modderkruiper en de drijvende waterweegbree.

Biozone of waterharmonica?

Omdat deze waterharmonica is ontworpen naar het Zweedse voorbeeld van een zuiveringsmoeras, en lijkt op de biozone in Ootmarsum, gebruiken we voor Biest-Houtakker de naam biozone. Het ontwerp oogt natuurlijk en heeft organische vormen (De Swart et al., 2012 en Claassen et al., 2013).



Door de zandfiltratie en de biozone wordt het afvangen van zwevende stof uit het effluent gemaximaliseerd.



In het ontwerp is de beschikbare ruimte zo effectief mogelijk benut. Dankzij de organische vormen past de biozone goed in de omgeving.

Inrichting van het gebied

Achter de zuivering van Biest-Houtakker was slechts 3,6 ha grond beschikbaar voor de biozone. Op deze beperkte oppervlakte zijn zoveel mogelijk natuurlijke zuiveringsstappen ingepast, maar de gewenste verblijftijd van het water (drie dagen) wordt niet gehaald.

De biozone ziet er niet helemaal hetzelfde uit als het oorspronkelijk ontwerp, omdat de zuivering anders functioneerde dan berekend. Dit had gevolgen voor het waterpeil: het kleine slootje in het ontwerp werd daarom in werkelijkheid een grote sloot.

De biozone bestaat uit drie compartimenten.

1. In het eerste compartiment bezinkt het slib. In dit compartiment staan geen waterplanten, zodat het slib goed kan bezinken en de sliblaag vanaf de kant gemakkelijk kan worden verwijderd.
2. De valhoogte tussen het eerste en tweede compartiment is ongeveer 10 cm, waardoor er wat extra zuurstof in het water komt. Toch is ook hier bezinking van zwevend materiaal het hoofddoel. Dit deel bestaat voornamelijk uit riet.
3. Tussen het tweede en het derde compartiment is een peilverschil van 30 cm aanwezig. Door het verval bij de stuwen komt er extra zuurstof in het water. In het open water ontstaat vervolgens een natuurlijk zuurstofritmiek.



Stuwen

Om een gelijkmatige waterverdeling te garanderen, zijn op de overgangen tussen de compartimenten drie stuwen aangelegd. De plek van de stuwen is zo gekozen dat de oppervlakten van de compartimenten optimaal worden benut. Eén van de drie stuwen is handmatig regelbaar, zodat het peil verlaagd of droog gezet kan worden voor onderhoud. In de compartimenten twee en drie gebeurt dit namelijk met een rupsvoertuig. De maximale waterdiepte voor een rupsvoertuig is 50 centimeter, daarom kunnen de regelbare stuwen tot op de bodem worden neergelaten.



Cijfers en kenmerken

Rwzi	Mechanische voorzuivering, biologische zuivering, nabezinking, zandfilter en biozone
Laatste optimalisatie	2012: vernieuwing rwzi, uitbreiding met zandfilter en biozone
Droogwaterafvoer (DWA)	Ontwerp: 540 m ³ /u, gemiddeld (2015): 12.450 m ³ /d
Regenwaterafvoer (RWA)	2.850 m ³ /uur
Hydraulische belasting waterharmonica (DWA)	0,49 m/dag
Zuiveringscapaciteit	99.625 i.e. (à 136 g TZV)
Effluent kwaliteit (gem. 2015)	Ntot 6,7; Ptot 0,35 en OB 5,8 mg/l
Brongebied	Kernen van Baarschot, Biest-Houtakker, Diessen, Esbeek, Goirle, Haghorst, Hilvarenbeek, Middelbeers, Oostelbeers en Westelbeers
Ontvangend oppervlaktewater	Reusel

Biozone	Oppervlakte (m ²)	Volume (m ³)	Verblijftijd (dag)	Diepte (cm)
Compartiment 1 sloot	5.200	4.160	0,3	80
Compartiment 2 Rietmoeras	10.000	5.000	0,4	50
Compartiment 3 open water	10.000	8.000	0,6	80
Eindtotaal	25.200	17.160	1,4	



Beoogde doelen en behaalde resultaten

De uitdaging bij de aanleg van Biest-Houtakker was een beperkte ruimte en een beperkt budget. Ondanks deze beperkingen zijn we erin geslaagd om met weinig middelen groot resultaat te boeken.

Waterkwaliteit

De biozone ecologiseert het effluent, zodat het beter aansluit bij de kwaliteit van het oppervlaktewater. Monitoring toonde aan dat het zuurstofgehalte stijgt en een natuurlijker dag- en nachtritme krijgt.

De concentraties van de gidsparameters E.coli en lintestinale enterococci nemen af naarmate het water zich verder in de waterharmonica bevindt. Het gehalte zwevende stof neemt echter toe maar is wel anders qua samenstelling. Uit studies bij de waterharmonica's in Eversteekooog blijkt eveneens dat de hoeveelheid zwevende stof toeneemt. Hoewel er in het begin bezinking optreedt, wordt er verderop in de waterharmonica kennelijk opnieuw zwevende stof geproduceerd. Het gaat dan echter wel om een ander type: de samenstelling verandert van kleine vlokken actief slib met bacteriedraden, in fijn organisch, plantaardig materiaal en algen (diatomeen). De zwevende stof is dus wel natuurlijker geworden (Van den Boomen en Kampf 2012, en Claassen et al., 2013).

Recreatie

Het terrein in Biest-Houtakker is zo ingericht dat de rwzi niet langer is verstopt, maar voor iedereen zichtbaar. Ook hier is de boodschap: we mogen trots zijn op het fraaie gebouwencomplex en de groene omgeving.

Uitkijkpunt

Een uitkijkheuvel van ongeveer 4,5 meter maakt de zuivering en de biozone zichtbaar voor bezoekers. In de heuvel zijn keerwanden verwerkt, die aanvankelijk bedoeld waren voor de geplande waterharmonica bij

Boxtel (zie kader). Ze zijn gebruikt ter versteviging, zodat de uitkijkheuvel hoger kon worden. De kaden die dienen als afscheiding tussen de compartimenten, functioneren als wandelpad. In de toekomst willen we aanhaken bij nieuwe recreatieve ontwikkelingen rondom de Hilver.

Landschappelijke inpassing

Het ontwerp voor de rwzi Biest-Houtakker was zowel ruimtelijk als budgettair gelimiteerd. Daarom is gekozen voor een ontwerp dat zo effectief mogelijk met de beschikbare ruimte omgaat en tegelijkertijd goed in de omgeving past (De Swart et al., 2012). Er werden veel vijverpartijen met organische vormen aangelegd, die door de hoge grondwaterstand slechts een beperkte diepte konden krijgen. De biozone vormt een aanvulling op de moerasvegetaties en poelen in de Hilver. Ook in de beleving is het gebied een schakel tussen techniek, zuivering en natuur.

Kade

Om kosten te besparen, werd er in de biozone met een gesloten grondbalans gewerkt: alle afgegraven grond bleef op het terrein. De grond werd gebruikt voor de aanleg van een kade, een uitzichtpunt in het midden van de biozone en het ophogen van enkele particuliere percelen. De regionale IVN-groep was daar achteraf niet blij mee. De contacten zijn inmiddels verbeterd, IVN is betrokken bij plaatsing en onderhoud van een bijenhotel op het terrein van de zuivering.

Natuurontwikkeling

De golvende oeverlijnen en de afwisseling tussen open water en rietmoeras geven de biozone een natuurlijk ogend karakter. De afwisseling tussen diep en ondiep water stimuleert bovendien de diversiteit van het ecosysteem. Ook de luwe plekken in het open water dragen daaraan bij.

Zwaluwwand

De uitkijkberg die werd aangelegd, was oorspronkelijk tevens bedoeld als zwaluwwand. Om verzakkingen en ongelukken te voorkomen, besloot de projectleider echter bij voorbaat om de gaten in de wand dicht te laten maken. Vanuit ecologisch oogpunt was er commentaar: het was immers de bedoeling om de natuur op het terrein te stimuleren. Toch besloten we te kiezen voor veiligheid.

Om onduidelijke redenen sloeg het moerasgedeelte maar langzaam aan. Hoewel er lokaal riet is aangeplant, groeide het aanvankelijk nauwelijks. Vermoedelijk komt dit omdat het waterpeil te snel is opgevoerd; dit groeiproces luistert dus nauw.

De waterharmonica waar geen muziek in zat

In 2008 zou er achter rwzi in Boxtel een waterharmonica worden aangelegd. Er bleken problemen te zijn met de verontreinigde grond. Daardoor werd het werk stilgelegd. Tegen de tijd dat we het werk weer op konden pakken, had zich een das in het zand gevestigd. De waterharmonica is vanwege de perikelen nooit gerealiseerd, maar voor de das is een kunstburcht aangelegd (Van de Koppel, 2015).

Samenvatting van geleerde lessen Vijftien jaar kennis en ervaring vertaald naar aanbevelingen

Als er iets is dat we bij Waterschap De Dommel hebben geleerd, is het dat het absoluut loont om vóóraf actief informatie te delen én te vergaren over de gevolgen van de geplande waterharmonica voor andere partijen. Wie zorgvuldig, op tijd en volledig communiceert, creëert positieve energie en ontmoet mensen die graag iets willen bijdragen aan het project. Wie deze stap overslaat, staat al voor de aanvang op achterstand. Het lijntje tussen voor- en tegenwind is dun, dus doe uw voordeel met onderstaande tips en adviezen!

Visie en strategie

- Betrek ruim voor de ontwerpfase omwonenden, natuurorganisaties en andere belanghebbenden. Nodig breed uit.
- Sluit aan bij de lokale situatie: onderzoek of er (toekomstige) natuurontwikkelingsprojecten lopen en stem hierop af.
- Onderzoek hoeveel grond er beschikbaar is of verworven kan worden.
- Onderzoek of er subsidiemogelijkheden zijn.
- Bereik voor de ontwerpfase brede consensus over hoofddoel en nevendoelen van de waterharmonica. Dit vergemakkelijkt het maken van keuzes in het ontwerp.
- Neem angst voor muggenoverlast direct weg, deze is ongegrond (Stowa 2013-07).

Ontwerp

- Overleg het programma van eisen met alle belanghebbenden, om eventuele vertraging door bezwaarprocedures later in het proces te voorkomen.
- Stem het ontwerp goed af op de beoogde functies van de waterharmonica.
- Ga uit van een verblijftijd van het water van minimaal 3-4 dagen voor een goede verwijdering van zwevende stof en pathogenen.
- Kies voor een bezinkvijver als eerste compartiment en ontwerp deze zodanig dat het slib gemakkelijk verwijderd kan worden.
- Houd rekening met eventueel toenemende kwel op aangrenzende percelen bij het creëren van extra wateroppervlakten.
- Betrek in een vroeg stadium Beheer en Onderhoud bij het ontwerp om de nodige ruimte te reserveren ten behoeve van de onderhoudswerkzaamheden.
- Kies voor passende biotopen, zodat de waterharmonica een ecologische stapsteen vormt voor de omgeving.
- Geef de verschillende onderdelen van het ontwerp een voor iedereen logische naam, zodat iedereen over hetzelfde praat.
- Maak waar mogelijk gebruik van natuurlijk verval om op een goedkope manier zuurstof in het water te brengen.
- Geef ontwerpers en/of kunstenaars alle relevante wettelijke normen en kaders mee.
- Bekijk of aansluiting op wandel- en fietsroutes mogelijk is. Recreanten waarderen het als ze een ronde door het gebied kunnen maken.
- Onderzoek of er in de omgeving behoefte is aan bepaalde stoffen en biomassa, die uit de waterharmonica teruggewonnen kunnen worden.
- Vergeet ook de rwzi niet: onderzoek of deze meer zichtbaar gemaakt kan worden voor de omgeving.



Aanleg

- Spreek af wie waarvoor verantwoordelijk is, zowel in de aanleg als in onderhoud en monitoring.
- Maak afspraken over de financiering: bijvoorbeeld de aanleg wordt betaald uit de zuiveringsheffing; de kosten voor beheer, onderhoud en onderzoek komen uit de watersysteemheffing.
- Leg bij aanleg direct de kabels en leidingen aan voor bijvoorbeeld eventuele online meetpunten.
- Regel de automatisering van stuwen liefst meteen bij de aanleg, later is het duurder.
- Kies voor planten die passen bij het voedselrijke effluent, anders overleven ze niet.
- Zet het waterpeil langzaam op, volg de ontwikkeling van de waterplanten. Dit is vooral belangrijk voor het riet.
- Leg de onderdelen hufferproof aan om vernieling te voorkomen. Bijvoorbeeld geen losse stenen plaatsen.
- Plaats informatieborden, waarop ook de gezondheidsrisico's worden benadrukt.

Beheer en onderhoud

- Stel Beheer- en onderhoudsrichtlijnen (Bor's) op, waarin staat wat er moet gebeuren, wanneer, door wie en met welk materieel.
- Onderhoud aan moerassloten luistert nauw. Doe het zelf, of laat iemand met kennis van zaken meekijken tijdens het werk.
- Wees alert op exoten en verwijder ze tijdig, of zoek naar natuurlijke oplossingen.
- Houd de eerste vijvers/compartimenten zoveel mogelijk vrij van vegetatie.
- Maai rietveden (twee)jaarlijks.
- Houd rekening met overmatige kroos- en flabgroei in de eerste drie jaren.
- Onderzoek of natuurorganisaties of scholen interesse hebben in het plaatsen en onderhouden van nestkasten, vleermuiskasten en/of insectenhôtels.



Monitoring

- Maak een PDCA-cyclus en spreek af welke effecten gemonitord gaan worden.
- Maak de PDCA-cyclus rond door beheer en onderhoud eventueel aan te passen op basis van de monitoringsresultaten.
- Benoem gidsparameters die specifiek zijn afgestemd op de functies van de waterharmonica. Zo blijven de kosten voor monitoring zo laag mogelijk en vergaar je alleen data die ook werkelijk bruikbaar zijn.
- Maak gebruik van reeds verzamelde informatie, maar let op dat je geen appels met peren vergelijkt.
- Zet studenten in voor onderzoek. Coördineer de aanvragen en de onderzoeken op een centrale plek, zodat samenhangende keuzes worden gemaakt.
- Betrek bijvoorbeeld natuurorganisaties bij tellingen.
- Koppel de resultaten breed terug en voer verbeteracties uit.
- Leg alle kennis en ervaringen goed vast, zodat de informatie ook naderhand beschikbaar blijft.

Nieuwe ontwikkelingen

De waterharmonica in een stroomversnelling

De toekomst heeft interessante uitdagingen voor de waterzuivering in Nederland in petto. Waterschap De Dommel loopt niet weg voor deze nieuwe ontwikkelingen, maar beweegt mee, in de overtuiging dat we dan beter in staat zijn om kansen te pakken. We zetten de belangrijkste ontwikkelingen op een rij.

Natuurlijke watermachine voor zoetwatervoorziening

Waterbeheerders worden zich steeds meer bewust van nieuwe mogelijkheden voor het water dat uit de waterharmonica stroomt. Het kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor de irrigatie van landbouwgrond in de omgeving of het vernatten van (verdroogde) natuurgebieden; duurzame oplossingen waarbij de waterkringloop zich sluit en gebieden zelfvoorzienend worden. Op verschillende plekken wordt geëxperimenteerd met nieuwe mogelijkheden.

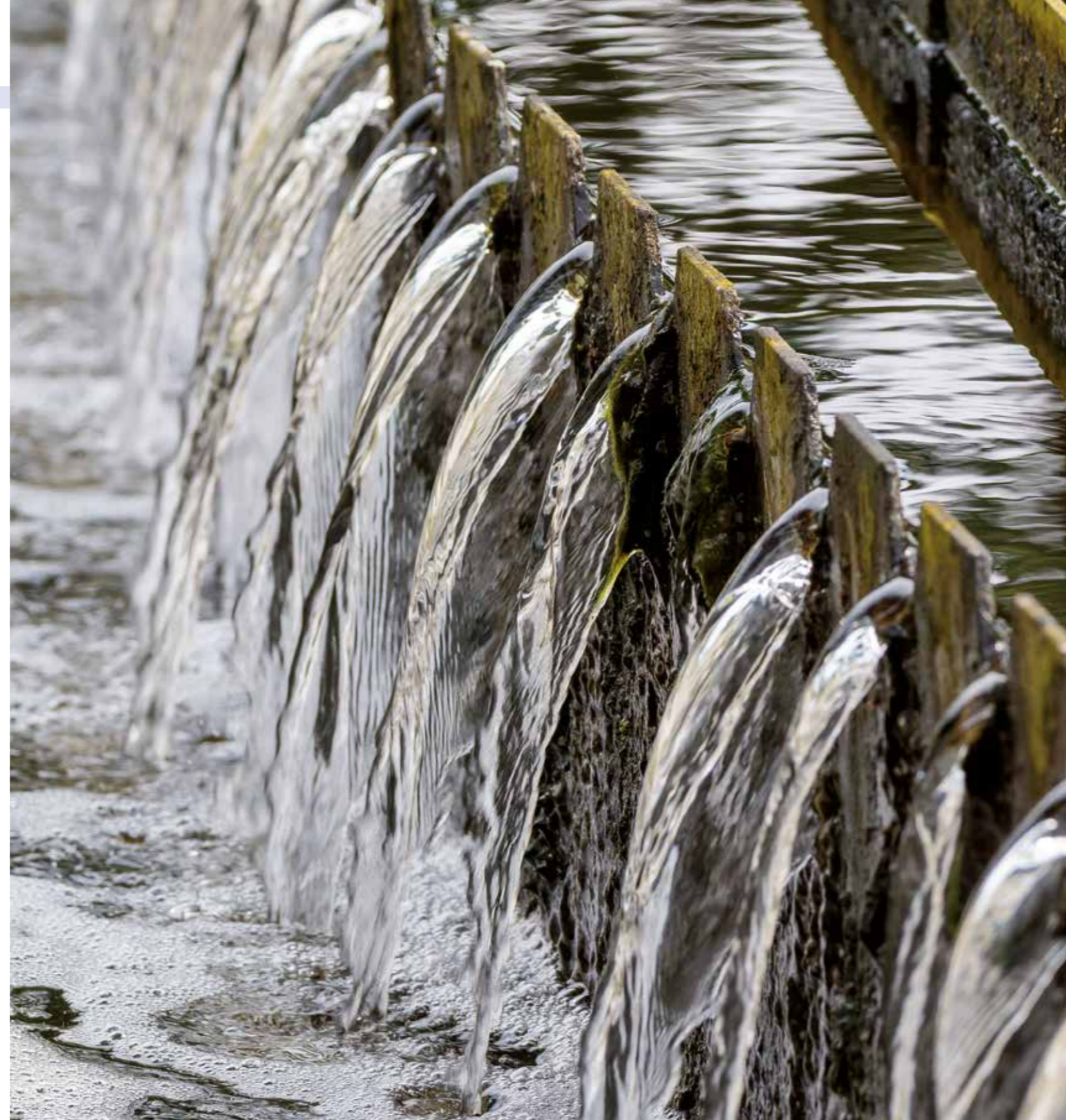


De Grootte Lucht

Het Hoogheemraadschap van Delfland onderzoekt de mogelijkheid om water dat in de rioolwaterzuivering is gezuiverd en een waterharmonica heeft doorlopen, te gebruiken als oppervlaktewater in een polder (Zoetwaterfabriek De Grootte Lucht). Op deze manier wil het Hoogheemraadschap zuiniger en effectiever gebruik maken van de zoetwatervoorraad in het gebied en hiermee de zelfvoorzienende kracht vergroten.

Kristalbad

De waterharmonica Kristalbad bij Enschede is een voorbeeld van een uitgekende, natuurlijke watermachine die tevens functioneert als ecologische verbindingzone. Overtollig hemelwater uit Enschede wordt via de Elsbeek tijdelijk in Kristalbad opgevangen. Kristalbad is een echte klimaatbuffer, waardoor wateroverlast verleden tijd is. Het water wordt gezuiverd door natuurlijke filters als riet, lucht en licht.



Diverse internationale studies tonen aan dat zuiveringsmoerassen ook effectief kunnen zijn bij de verwijdering van medicijnresten en andere microverontreinigingen.

Verwijdering van nieuwe stoffen

De bestaande waterharmonica's zijn onder andere gericht op het verwijderen van bekende stoffen uit het water, zoals nutriënten en zwevende stof. Daarnaast komt er steeds meer aandacht voor de aanwezigheid van nieuwe stoffen in ons oppervlaktewater, zoals medicijnresten en andere microverontreinigingen. Diverse internationale studies tonen aan dat zuiveringsmoerassen ook effectief kunnen zijn bij de verwijdering hiervan. Hoewel verder onderzoek nodig is, lijken de natuurlijke zuiveringsmoerassen op een goedkope manier te kunnen bijdragen aan een oplossing voor dit probleem.



Er wordt volop geëxperimenteerd met duurzame oplossingen waarbij de waterkringloop zich sluit en gebieden zelfvoorzienend worden.

Enkele voorbeelden:

- Een onderzoek uit 2004 (Prado Wetlands, Californië) wijst uit dat het wetland de aanwezigheid van ibuprofen en organische chemische stoffen uit pesticiden en brandvertragers kan verminderen (Storrs, 2015).
- Wetenschappers in Spanje melden dat natuurlijke zuiveringssystemen ontstekingsremmende geneesmiddelen en pesticiden verwijderden uit het water (Dordio et al., 2010).

- In Portugese rietvelden werd geëxperimenteerd met een matrix van licht geëxpandeerde kleikorrels (LECA) en lisdodde. Het systeem bleek geschikt voor de verwijdering van de geneesmiddelen ibuprofen, carbamazepine en clofibrinezuur (Dordio e.a., 2010)
- In het project WIPE (Waterharmonica Improving Purification Effectiveness) is onderzocht wat het effect is van een zuiveringsmoeras op de kwaliteit van effluent. Moerasbos Hapert was een van de

onderzoeklocaties. Het eindrapport vermeldt dat tijdelijke (calamiteuze) pieken in toxiciteit worden afgevlakt als het water door een moerasstroomt. Waarschijnlijk speelt vooral menging een grote rol, mogelijk in combinatie met absorptie aan sediment. Cascades en ondiepe delen in het tweede deel van het zuiveringsmoeras optimaliseren het proces (Foekema, 2012).

Duurzame vormen van natuurlijke zuivering

Internationale studies tonen aan dat het mogelijk is om duurzamere oplossingen voor natuurlijke zuivering te realiseren. Denk bijvoorbeeld aan decentralisatie, waarbij de waterzuivering bij de bron wordt aangepakt, of aan de ontwikkeling van ecologische vormen van zuivering.

Lokaal hergebruik

Beide ontwikkelingen komen samen in de proeftuinen, zuiverende kassen van Biopolus. Hier werkt Waterschap De Dommel met het bedrijf Biopolus aan nieuwe manieren om schoon water te produceren. Alle waterstromen blijven in het gebied. Geen afvalwater afvoeren dus, maar alle stromen ter plaatse zuiveren en hergebruiken. Het is een uitgangspunt dat perfect aansluit bij de principes van sociale innovatie en de circulaire economie.

Door het verwaarden van afvalwater aantrekkelijker te maken (denk aan het onttrekken van grondstoffen of het maken van proceswater), zullen meer bedrijven hiertoe



overgaan en wordt de rwzi minder belast. Samen zoeken we naar manieren om de kringloop van het water te sluiten. Bij het ontwerp van een waterharmonica kan men de geleerde lessen uit de verkenning met Biopolus meenemen, bijvoorbeeld door de kwaliteit van het water af te stemmen op de gebruiksfunctie.

Versterken van het waterbewustzijn

Volgens het OESO-rapport 'Water governance in the Netherlands: fit for the future?' van maart 2014 is het waterbewustzijn in Nederland laag. Dit ondermijnt op termijn het draagvlak voor waterbeheer. Juist in ons land is het belangrijk dat inwoners zich bewust zijn van de waarde van het water en de inspanningen die nodig zijn om Nederland leefbaar te houden.

Waterharmonica's en waterparken zijn bij uitstek geschikt voor educatie en bewustwording op dit gebied. In een onderzoeksrapport worden uitgangspunten weergegeven voor een optimaal ontwerp voor recreatie in een waterzuiveringslandschap (Leemkuil, 2015). Door dit te betrekken bij het ontwerp van een waterharmonica stijgt het waterbewustzijn.

Een toekomst waar muziek in zit!

In vijftien jaar heeft Waterschap De Dommel veel geleerd over de bijdrage die waterharmonica's kunnen leveren aan diverse doelen, en welke inspanningen nodig zijn om maximaal resultaat te behalen. De geleerde lessen kunnen nu door iedereen worden meegenomen in toekomstige projecten, maar ook bij de optimalisatie van bestaande systemen. Nieuwe ontwikkelingen op ons vakgebied leren ons dat er nog meer muziek zit in de waterharmonica's dan we dachten. Dat belooft wat voor de toekomst!



Afkortingen en begrippen

Afvalwaterketen

Deel van de waterketen dat zich richt op de behandeling van (afval)water na gebruik.

Baggeren

Wegnemen van overtollig slib van de waterbodem met als doel de waterpartij op diepte te brengen. Wordt ook gedaan vanuit waterkwaliteitsoogpunt.

Bor

Beheer- en onderhoudsrichtlijn.

Bovenloop

Het eerste deel van een rivier, gezien vanaf de bron.

Botulisme

Vergiftiging door botuline (afkomstig van dode dieren in het water) waaraan vooral watervogels en vissen sterven.

Ecologische Hoofdstructuur (EHS)

Door de provincie en Rijk begrensd netwerk van bestaande natuurgebieden, nieuw aan te leggen natuur en ecologische verbindingzones.

Ecologische Verbindingszone (EVZ)

Verbinding tussen bestaande en nieuw te ontwikkelen natuurgebieden die uitwisseling en voortplanting van dieren en planten tussen natuurgebieden mogelijk maakt.

Effluent

Gezuiverd rioolwater, eindproduct van de rioolwaterzuivering.

Emissie

Uitstoot van stoffen naar water, bodem of lucht.

Flab

Floating alga beds, drijfslaag van draadalg

Goed ecologisch potentieel (GEP)

Dit wordt in de Kaderrichtlijn Water als doel gesteld in sterk veranderde en kunstmatige wateren.

Helofyten

Moerasplanten zoals riet en lisdodde, waarvan de wortels een goed leefmilieu creëren voor bacteriën die afvalstoffen uit het water zuiveren.

Kaderrichtlijn Water (KRW)

Europese richtlijn, die bedoeld is om de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in Europa op goed niveau te krijgen en te houden.

Nationaal Natuur Netwerk (NNN)

Nederlands netwerk van bestaande en nieuw aan te leggen natuurgebieden. In de wet heet dit de Ecologische Hoofdstructuur (EHS).

Natura 2000

Europees netwerk van beschermde natuurgebieden, gericht op behoud en herstel van gebieden en soorten.

Nutriënten

Voedingsstoffen in het water. Deze moeten niet teveel aanwezig zijn om natuurlijk leven een kans te geven.

OB

Onopgeloste bestanddelen

Oppervlaktewater

Natuurlijk water in beken, rivieren of meren.

PDCA-cyclus

Plan Do Check Act

Rwzi

Rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Stowa

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Verwaarden

Waarde toevoegen aan het afvalwater

Waterbeheer

Totaal aan activiteiten die tot doel hebben om de hoeveelheid en kwaliteit van water zo goed mogelijk te beheren.

Waterharmonica

Moerassysteem dat het effluent van een rioolwaterzuivering biologisch 'tot leven' brengt en zo de negatieve effecten op het ontvangende oppervlaktewater zo veel mogelijk beperkt.

Watersysteem

Samenhangend geheel van grond- en oppervlaktewater, inclusief waterbodem, oevers, infrastructuur, planten en dieren.

WBP

Waterbeheerplan

Bronnen

Boomen van den, R. en R. Kampf (2012). Waterharmonica, onderzoek naar zwevend stof en pathogenen. Stowa rapport 2012- 10

Boomen van den, R. en R. Kampf (2012). Waterharmonica's in Nederland. 1996-2011: Van Effluent tot bruikbaar oppervlaktewater. Stowa rapport 2012-12

Boomen van den, R., Witjes G.J. (2014). Tennen, Aanpassing effluentvijver RWZI Tilburg, januari 2014, Witteveen+Bos 29p.

Claassen T., Claessen V., Foekema E. et al (2013) Waterharmonica's in Nederland (1996-2012) van effluent naar bruikbaar oppervlaktewater, Stowa 2013-07

Claessen, V., (2015) Effect lozing vanuit "Waterpark Groote Beerze" op de NH₄-concentratie in de Groote Beerze. Waterschap De Dommel, Boxtel.

DHV, (2009). RWZI Soerendonk, Definitief ontwerp Waterharmonica.

Dordio, A.J. Palace Carvalho, Dora Martins Teixeira, Cristina Barrocas Dias e Ana Paula Pinto (2010) Removal of pharmaceuticals in microcosm constructed wetlands using Typha spp. and LECA, Bioresource Technology 101, 886-892.

Doremalen van, H., R. Peeters en R. van Putten (2000). Monumenten en water. Een historische toelichting bij monumenten die gerelateerd zijn aan water, watergebruik en waterafvoer. Tilburg, XVIII nummer 2, pp 35-51

Eigenhuijsen E. (2007). Eindrapportage Moerasbos Hapert – Monitoringsproject 2002 – 2006. Waterschap De Dommel, Boxtel

Fleskens L. en Schijndel M., (concept). Waterharmonica Soerendonk, monitoringsrapportage.

Foekema E. M., Roex E., Sneekes A., Koelemij E. et al, (2012). De invloed van moerassystemen op de milieukwaliteit van rwzi-effluent en aanbevelingen tot optimalisering, rapport Co05/12, Waterharmonica Improving Purification Effectiveness, WIPE. Ijmuiden / Wageningen, IMARES / Deltares

Jouwersma S., (1994). Effluentvijvers als tertiaire zuivering, Deel 1: Literatuurstudie kwaliteitsverbetering van het effluent in bergings- en effluentvijvers. Deel 2: Ontwerpstudie effluentvijvers AWRI-Noord, Tilburg, Afstudeerproject. Delft, TU-Delft, Civiele Techniek

Hoek, S., (2004), Functioneren moerassysteem bij RWZI Hapert, Onderzoek naar verblijftijdspreiding, waterkwaliteit en bergingscapaciteit van 'Waterpark Groote Beerze'. Royal Haskoning.

Hynes H., (1960). The biology of polluted waters. Liverpool University Press 200 p.

Koppel, Van de, S. (2015) De das op rioolwaterzuivering Boxtel. Natuurbalans – Limes Divergens BV, Nijmegen

Leemkuil, M. (2015), recreatie in waterharmonica's en waterparken, onderzoeksverslag, Feddes/Olthof Landschapsarchitecten, Utrecht

Poll, van der, A. (2015), Herinrichting moerasbos Hapert, Aanbevelingen op het gebied van recreatie en educatie

Ridder de. R., (1996). Helofytenfilters Intergatie van oppervlaktewaterzuiveringen, natuur en andere functie in moerassen. Utrecht. ,LBL-mededeling 206

Schomaker A. H. H. M., A. Otte, J.J. Blom, T.H.L. Claassen, (2005). Waterharmonica, de natuurlijke schakel tussen Waterketen en Watersysteem, 2005-18. Utrecht, Stowa.

Storrs (2015.) Designing Wetlands to Remove Drugs and Chemical Pollutants, Yale Environment 360.

Swart de, E., F. Macke en R. Lindemans (2012) Ontwerp biozone Biest- Houtakker, Ontwerp en onderbouwend rapport, Houten, Grontmij Nederland b.v.,

Swart de, E., de Vries D., Sierag H., (2014). Optimalisatie moerasbos Hapert, Verkenning en uitwerking voorkeursvariant, De Bilt, Grontmij Nederland bv

Waterschap De Dommel (2009). Krachtig water, Waterbeheerplan 2010-2015. Boxtel, Waterschap Regge en Dinkel, (2013) Kristalbad, Schakel tussen stad en land, droog en nat.

Colofon

Uitgave: Waterschap De Dommel

Samenstelling: Lotte Fleskens, Goele Matte en Oscar van Zanten (vakgroep watersysteemkwaliteit)

Opdrachtgever: Joost van der Cruijzen

Coördinatie en eindredactie: Mara Verleijdonk

Tekst: Laura van der Burgt

Fotografie:

- Martin Bouwman (Waterschap De Dommel): pagina 14, 17 onder, 19, 22 en 23 links.
- Suzie Greenen (Imagro): pagina 63.
- Joep de Groot: pagina 7 en 9.
- Tom Heijnen (Waterschap De Dommel): pagina 8,12 onder, 50, 52 onder, 53 en 55.
- Mark Lavrijsen (Waterschap De Dommel): pagina 56.
- Goele Matte (Waterschap De Dommel): pagina 47 rechts, 49 en 62.
- Anouk van der Poll: cover en pagina, 24, 26, 30 en 31.
- Tim Raats (Waterschap De Dommel): pagina 63 links en midden.
- Mark Scheepens (Waterschap De Dommel): pagina 31 links.
- Maarten van Schijndel (Waterschap De Dommel): pagina 59 links.
- Ron Schippers (Waterschap De Dommel): pagina 6 rechts onder, 10, 17 boven, 23, 34, 38, 39, 56, 60, 61 links en 67.
- Wilfried Scholtes (Breedveld): pagina 2, 6 links, 11, 13, 40 en 43 boven.
- Sky Pictures: pagina 18, 20 en 28.
- WRS AB Zweden: pagina 12 boven.

Vormgeving:

TACCT BV

Totstandkoming

Dit boekje is tot stand gekomen met dank aan: Frank van Beers, Michael Blom, Victor Claessen, Gea Dalstra, Frank van Dorst, Peter Glas, Jan van de Graaf, Sylvia van Gulik, Hein Elemans, Marc Heijmans, Fons van Hout, István Koller, Iris van der Laan, Jurgen Nous, Paul Postuma, Mark Scheepens, Maarten van Schijndel, Eric Schoenmakers, Andre Smits, Henk Tamerus, Jan-Evert van Veldhoven, Stefan Weijers en Walter Wolfs.

Waterschap De Dommel

Boscheweg 56

5283 WB Boxtel

Telefoon: 0411 618 618

E-mail: info@dommel.nl

www.dommel.nl

Copyright Waterschap De Dommel

Boxtel, augustus 2016

Aan de teksten in dit boek kunnen geen rechten worden ontleend. Voor het gebruik van foto's en illustraties is, voor zover mogelijk, toestemming aan de rechthebbende gevraagd.





