



Uitwerking ecologische sleutelfactor organische belasting

Achtergronddocument: quick scan en globale analyse

STOWA

26 april 2018

Project Uitwerking ecologische sleutelfactor organische belasting
Opdrachtgever STOWA

Document Achtergronddocument: quick scan en globale analyse
Status Concept 01
Datum 26 april 2018
Referentie STO211-2/18-006.584

Projectcode STO211-2
Projectleider Sebastiaan Schep
Projectdirecteur Marcel Klinge

Auteur(s) Hein Tanis (W+B)
 Marieke Fennema (W+B)
 Nico Jaarsma (Nico Jaarsma Aquatische ecologie & fotografie)
 Hans Aalderink (Deltares)
 Jeroen Langeveld (Partners 4 Urban Water)
 Jaap Postma (Ecofide)
Gecontroleerd door Sebastiaan Schep
Goedgekeurd door Sebastiaan Schep

Paraaf

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
 Van Twickelostraat 2
 Postbus 233
 7400 AE Deventer
 +31 (0)570 69 79 11
 www.witteveenbos.com
 KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	DE ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOR ORGANISCHE BELASTING	5
1.1	Inleiding	5
1.2	Achtergrond en afbakening	6
2	QUICK SCAN	12
2.1	Toestand (fysisch-chemisch en biologisch)	12
2.2	Voorwaarden (kenmerken en invloeden)	13
3	GLOBALE ANALYSE	14
3.1	Inleiding globale analyse	14
3.2	Toepassen van Oxy-val	15
3.3	Aandachtspunten	16
4	KENTALLEN ORGANISCHE BELASTING	20
4.1	Overzicht bronnen en onzekerheden	20
4.2	Sedimentaire zuurstofvraag (SZV) en fractionering van bronnen	21
4.3	Riooloverstorten	22
4.4	DWA-nooduitlaat	24
4.5	RWZI-effluent	24
4.6	Hemelwaterafvoer	24
4.7	Septic tanks	25
4.8	IBA's	25
4.9	Bladval	26
4.10	Hondenpoep	26
4.11	Watervogels	27
4.12	Lokvoer (vissen)	28
4.13	Mest	29
4.14	Industriële lozingen	30
4.15	Veenafbraak	30

5	REFERENTIES	31
	Laatste pagina	31
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Macrofauna	2
II	Handleiding Oxy-Val	15

DE ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOR ORGANISCHE BELASTING

1.1 Inleiding

Dit achtergrondrapport maakt onderdeel uit van het project 'ESF organische belasting', waarin een methodiek is ontwikkeld om de invloed van organische belasting op de waterkwaliteit in 'stilstaande wateren' te bepalen. De tools die in het kader van dit project zijn ontwikkeld, zijn in eerste instantie ontwikkeld voor stilstaande wateren. Gelijktijdig is echter het project 'ESF belasting stromende wateren' gestart. In de problematiek rondom zuurstof in stilstaande en stromende wateren zit deels overlap. De ontwikkelde tools en dit achtergrondrapport zijn daarom ook van toepassing op stromende wateren.

De ecologische sleutelfactor (ESF) organische belasting voor stilstaande wateren maakt deel uit van het ESF-raamwerk bestaande uit acht ecologische sleutelfactoren. Het ESF-raamwerk is bedoeld om invulling te geven aan watersysteemanalyses, waarbij de diagnose van het hydrologisch en ecologisch functioneren centraal staat.

In de methodiek wordt van grof naar fijn gewerkt: van een quick scan via een globale analyse naar een gedetailleerde analyse, waarbij tussentijds steeds de vraag wordt gesteld of de volgende stap noodzakelijk is. Door deze gefaseerde aanpak wordt voorkomen dat veel tijd verloren gaat aan onnodig gedetailleerde analyses. Het doel is om te bepalen of de huidige organische belasting een knelpunt vormt voor de waterkwaliteit en wat de oorzaken hiervoor zijn. De focus ligt daarbij op de zuurstofhuishouding. Dit achtergrondrapport gaat uitgebreid in op de eerste twee analysestappen: de quick scan en de globale analyse.

De quick scan is de eerste en eenvoudigste analysestap. Deze is bedoeld om situaties waarbij sprake is van een ongewenste organische belasting te scheiden van situaties waarbij dat naar verwachting niet het geval is. In de globale analyse wordt een stap verder gezet voor de locaties waar organische belasting mogelijk wel een knelpunt vormt. Hierbij worden de bronnen nader in beeld gebracht en gekwantificeerd, in relatie tot de kenmerken van het watersysteem en de eisen aan de waterkwaliteit. Dat moet leiden tot een beter inzicht in de oorzaken en effecten van organische belasting. Deze analyses worden gefaciliteerd met een Exceltool, die de naam Oxy-val heeft gekregen.

In de laatste analysestap, de nadere analyse, kan met behulp van complexere modellen de zuurstofhuishouding en organische belasting in detail worden onderzocht. Deze stap komt pas in beeld wanneer de voorgaande analysestappen onvoldoende inzicht geven in de problematiek of de mogelijke oplossingen (maatregelen).

Dit rapport gaat in op de quick scan en de globale analyse. De nadere analyse is in een losstaand document uitgewerkt. Centraal in dit rapport staan:

- de methode voor de quick scan (hoofdstuk 2);
- de methode voor de globale analyse (hoofdstuk 3);
- kentallen voor de bronnen van organisch materiaal (hoofdstuk 4);
- aandachtspunten en aanbevelingen (hoofdstuk 5).

De handleiding voor de Oxy-val is als bijlage opgenomen.

1.2 Achtergrond en afbakening

De uitwerking van de ESF organische belasting is het resultaat van een zoektocht naar de op dit moment best haalbare uitwerking. Daarbij is getracht instrumenten te ontwikkelen die zo pragmatisch en eenvoudig mogelijk de analyse aan de ESF organische belasting kunnen ondersteunen. De eerste stappen van de analyse aan de organische belasting zijn dus niet ontworpen om alle mogelijk situaties af te dekken. Ze zijn bedoeld om de meeste en duidelijkste gevallen te identificeren en de prioriteren. Met dat in het achterhoofd zijn de belangrijkste voorwaarden in beeld gebracht en vertaald naar een risico-inschatting. De belangrijkste voorwaarden zijn: bronnen van organische belasting, de gevoeligheid van het watersysteem, meetgegevens en klachten (bijv. stankoverlast).

Historisch perspectief

In het verleden was organische belasting van watersystemen een groot probleem. Doordat er veel ongezuiverde lozingen op het watersysteem plaatsvonden, werd de waterkwaliteit in veel gevallen sterk negatief beïnvloed. Zelfs de grotere wateren, zoals rivieren en meren, hadden periodiek te kampen met vissterfte door lozingen van (organisch) afvalwater. In die tijd vond ook de biologische waterbeoordeling zijn opkomst. Veel van de vroegere biologische beoordelingssystemen waren primair gericht op organische belasting. De meest gebruikte soortgroep was de aquatische macrofauna. In hoofdstuk 2 komen we hier nog kort op terug.

Tegenwoordig vormt organische belasting in Nederland zelden nog een probleem op grote schaal (lees: voor een heel watersysteem). Lokaal kan het echter wel een groot effect hebben, in het bijzonder in het geval van overstorten van rioolwater op (stedelijke) watersystemen. Ook lozingen van septic tanks en IBA's op kleinere wateren in landelijk gebied, mestuitspoeling op landelijke sloten, bladval en (gecombineerde) bronnen zoals hondenpoep, vogels voeren en lokvoer voor vis, kunnen de waterkwaliteit negatief beïnvloeden.

Kenmerken van het ontvangende systeem

Om te bepalen of organische belasting in een concreet geval een knelpunt vormt voor waterkwaliteit en ecologie, is kennis nodig van de aanwezige bronnen en van de gevoeligheid van het watersysteem. In de tool Oxy-val wordt de mate van gevoeligheid beoordeeld aan de hand van het type systeem (lijnvormig of vlakvormig), de mate van verversing (geïsoleerd of doorstroomd, stroomsnelheid) en het volume (oppervlak en diepte).

Met behulp van kentallen voor de organische belasting en de kenmerken van het watersysteem, wordt het zuurstofgehalte berekend met een eenvoudig zuurstofmodel. Belangrijkste zuurstofverbruikende processen zijn de oxidatie van organisch materiaal (biologisch zuurstofverbruik, BZV) en ammonium en het zuurstofverbruik van gesedimenteerd organisch materiaal (sedimentzuurstofverbruik). Aanvoer van zuurstof vindt vooral plaats door reaeratie (aanvulling van de zuurstofvoorraad vanuit de lucht) en verversing. In hoofdstuk 4 gaan we hier uitgebreider op in.

Verschil tussen Oxy-val en bestaande tools

Er is al een breed scala aan instrumenten beschikbaar waarmee de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater wordt beoordeeld, zoals het 'beoordelingsinstrument waterkwaliteitsspoor' [STOWA, ref. 1] of TEWOR, zie ook het 'denkstappenplan lozingen stedelijk gebied' [ref. 2]. Waarom wordt dan toch een nieuwe tool ontwikkeld voor de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater? Er zijn een aantal belangrijke verschillen in Oxy-val en bestaande instrumenten:

- De bestaande tools zijn over het algemeen gericht op een beoordeling van lozingen vanuit de stedelijke afvalwaterketen. De nu ontwikkelde tool gaat verder. Ten eerste kan de organische belasting worden gekwantificeerd, waarbij alle organische bronnen van zuurstofvraag worden beschouwd (m.u.v. het voedselweb). Ten tweede wordt bij de beoordeling van de organische belasting, meer dan bij bestaande tools, uitgegaan van systeemspecifieke kenmerken, waarbij de mate van reaeratie centraal staat. Met Oxy-val wordt zo de bijdrage van verschillende bronnen aan de organische belasting inzichtelijk gemaakt en wordt een relatie gelegd met de gevoeligheid van het ontvangende watersysteem.
-

- Met de bestaande tools is het niet mogelijk de organische belasting met de kritische belasting te vergelijken, terwijl dit wel zeer wenselijk is voor een goede systeemanalyse (dit blijkt uit de ervaring met de analyse van de ESF productiviteit water, waarbij omslagpunten of kritische grenzen centraal staan). Deze vergelijking is niet mogelijk, omdat de kritische belasting niet expliciet wordt berekend. Wel kan door de belasting handmatig te variëren worden bepaald waar het 'omslagpunt' voor de organische belasting ongeveer ligt.
- De tool Oxy-val is generieker dan veel reeds bestaande tools, zoals rioleringstools. De nieuwe tool is dan ook niet bedoeld om maatregelen te specificeren, zoals voor aanpassingen in het rioelstelsel. Rioleringstools kunnen nuttig zijn als vervolgstap om een potentieel rioleringsknelpunt in meer detail te analyseren.

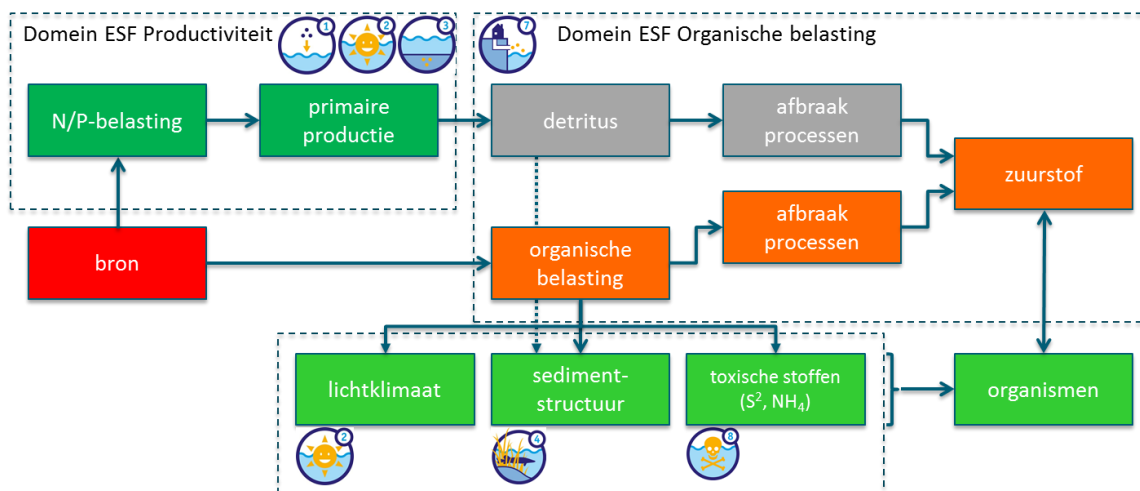
Relatie met andere sleutelfactoren

De sleutelfactor organische belasting kan niet los worden gezien van andere sleutelfactoren. Vooral de ESF's *productiviteit water* en *productiviteit bodem* zijn onlosmakelijk verbonden met de ESF *organische belasting*, zie ook de onderstaande afbeelding.

Het bepalen van de zuurstoftoestand in het veld zonder verdere analyse geeft onvoldoende grip op de oorzaak van de toestand: wordt de zuurstofconcentratie veroorzaakt door organische of anorganische belasting? Wel kunnen de zuurstofgehalten, het BZV-gehalte en de verhouding ammonium/nitraat een indicatie geven van mogelijke oorzaken. Juist deze indicatie wordt gebruikt om in een eerste quick scan (zie hoofdstuk 2) een onderscheid te maken in locaties waar de organische belasting mogelijk een probleem vormt, en de locaties waar de organische belasting waarschijnlijk geen probleem vormt. Daar waar mogelijk een probleem bestaat, kan dan met de globale analyse meer inzicht in de oorzaken worden verkregen (zie ook hoofdstuk 3).

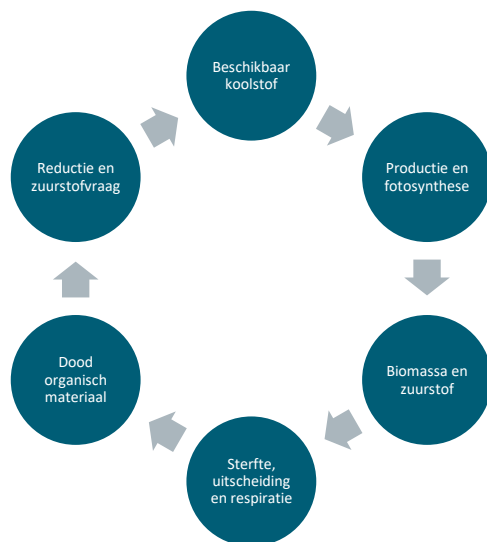
In de onderstaande tekst wordt uitgewerkt hoe de ESF *organische belasting* in de context van de andere sleutelfactoren kan worden gezien. Eerst gaan we in op de stikstof- en koolstofkringloop in oppervlaktewater (zie onderstaand kader) en vervolgens op de vraag waar de belangrijkste relaties liggen tussen de verschillende ESF's en hoe deze relaties in de uitwerking van de ESF *organische belasting* zijn meegenomen.

Afbeelding 1.1 Overzicht relatie ESF organische belasting en andere ESF's (niet uitputtend, de belangrijkste relaties zijn weergegeven)



Stikstofkringloop en koolstofkringloop in oppervlaktewater

Bij de analyse van de ESF productiviteit water wordt vooral gefocust op de kringloop van stikstof en fosfor in het water. Voor de ESF organische belasting is met name de koolstofcyclus van belang. Net zoals bij de ESF's voor 'productiviteit' onderscheid kan worden gemaakt in een externe belasting met nutriënten ('de externe bronnen', in de ESF productiviteit water) en een interne belasting (de waterbodem, in de ESF productiviteit bodem) kan ook in de ESF organische belasting dit onderscheid worden gemaakt. Onderstaand wordt versimpeld de cyclus van organisch materiaal (koolstofdioxide) in oppervlaktewater weergegeven.



Door middel van fotosynthese wordt de aanwezige koolstofdioxide omgezet naar biomassa en zuurstof. Na verloop van tijd sterft de biomassa af en vormt zich dood organisch materiaal, dat door bacteriën onder verbruik van zuurstof wordt afgebroken, waarna de cyclus zich herhaalt. Dit dode organische materiaal bevindt zich vooral in/op de waterbodem.

De koolstofcyclus is dus direct gerelateerd aan de zuurstofhuishouding. Koolstofdioxide is in onze relatief voedselrijke wateren hierin voor waterplanten zelden limiterend (de beschikbaarheid van koolstof hangt af van de ligging van het kalk-koolzuur evenwicht). Vooral energie (licht) en de beschikbaarheid van de nutriënten stikstof en fosfaat zijn limiterend. Het afbreken van de biomassa vraagt zuurstof. In theorie is deze cyclus van fotosynthese en afbraak in evenwicht, waarbij de zuurstofproductie (respiratie) even groot is als de zuurstofvraag (reductie). Deze cyclus kan echter worden verstoord, bijvoorbeeld doordat er teveel organisch materiaal naar het systeem wordt aangevoerd (externe belasting). Er wordt dan meer zuurstof gebruikt voor de afbraak, dan dat er door de zuurstofproductie (en reaeratie) wordt aangevuld.

Bij overproductie (waarbij als gevolg van een nutriëntenoverschot en de aanwezigheid van veel planten of algen overmatig veel fotosynthese plaatsvindt) wordt de maximale zuurstofverzadiging overschreden. Het teveel aan zuurstof verdwijnt dan als gas uit het water. 's Nachts verbruiken de biota zuurstof door respiratie. Hierdoor kunnen de concentraties 's nachts dalen tot waarden die lager zijn dan wat voor de aanwezige organismen wenselijk is. Daarnaast is er zuurstof nodig voor de afbraakprocessen. Wanneer de totale zuurstofvraag de totale zuurstofaanvoer overstijgt, leidt dit tot een daling van het zuurstofgehalte. Afbraakprocessen worden geremd door lage zuurstofgehalten, met als gevolg dat een deel van het materiaal zich ophoopt in het systeem (vaak op de bodem) en zuurstof verbruikt zodra het weer in het systeem beschikbaar komt (en het water voldoende warm is). Dit noemt men ook wel een zuurstofzink. De zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater kan in zo'n situatie langdurig laag blijven. In de sliblaag is niet alleen het restmateriaal van planten en algen aanwezig, maar ook het langzamer afbreekbare materiaal uit de verschillende externe bronnen van organisch materiaal.

Zuurstofproblemen door organische belasting of door nutriëntenbelasting?

Ook bij een beperkte organische belasting kan de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater problematisch zijn. De ESF organische belasting staat dan op groen, maar de ESF productiviteit water of de ESF productiviteit bodem staat dan bijvoorbeeld op rood. De reden om dit onderscheid te maken, is dat de maatregel die uiteindelijk aan het knelpunt wordt gekoppeld de juiste moet zijn en daarom aan de juiste ESF moet zijn gekoppeld. Drie voorbeelden:

- als de zuurstofgehalten in oppervlaktewater laag zijn door een te hoge productiviteit (teveel biomassa of zelfs een kroosdek) dan heeft de reductie van de nutriëntenbelasting prioriteit ten opzichte van de reductie van organische belasting;
 - als de zuurstofgehalten in oppervlaktewater laag zijn door uit- of afspoeling van ammoniumrijk water, dan ligt het voor de hand de lozing van ammonium aan te pakken;
 - als het zuurstofgehalte laag is door een hoog sediment zuurstofverbruik, dan ligt het voor de hand om ofwel de oorzaak van de slibopbouw aan te pakken (bijv. bladval) of maatregelen te nemen die ingrijpen op het systeemfunctioneren (bijv. baggeren).
-

ESF organische belasting

De focus bij de uitwerking van de ESF *organische belasting* ligt bij het optreden van zuurstofproblemen door bronnen van organische belasting. Het gaat daarbij primair om de zuurstofvraag van de organische belasting. In de uitwerking wordt gekeken naar de zuurstofvraag door afbraak van organische koolstofverbindingen. Dit komt tot uitdrukking in het biologische zuurstofverbruik (BZV). Daarbinnen is nog onderscheid gemaakt in een fijne BZV-fractie (die bepalend is voor de zuurstofvraag in het water) en een grove fractie (die bepalend is voor de zuurstofvraag van het sediment).

Ook de zuurstofvraag door nitrificatie (omzetting van NH_4 in NO_3) van belang. Ammonium is geen organische verbinding, omdat het geen koolstof bevat. Ammonium kan een bepalende factor zijn voor de zuurstofgehalten die in oppervlaktewater worden gemeten, met name bij ongerioleerde lozingen, RWZI's, overstorten en in gebieden met intensief agrarisch gebruik. Ook uit de KRW-monitoring blijkt dat de ammoniumconcentratie in veel Nederlandse waterlichamen nog niet op orde is (het gaat dan vooral om de overschrijding van de MAC-MKE's). Ammonium is ook een belangrijke voedingsstof voor algen en planten en daarmee van belang voor de productiviteit van het water.

Als de ammoniumconcentraties in oppervlaktewater te hoog zijn dan leidt dit veelal tot dezelfde toestand als bij een hoge belasting met organisch materiaal, namelijk lage zuurstofconcentraties. Bij de interpretatie van de resultaten van de analyse voor organische belasting is daarom ook kennis van de ammoniumhuishouding in het desbetreffende oppervlaktewater nodig.

ESF productiviteit water

In watersystemen die sterk door opgeloste anorganische nutriënten worden belast, zoals fosfaat, nitraat en ammonium, kunnen ook periodiek lage zuurstofgehalten optreden door respiratie en de afbraak van het in het watersysteem geproduceerde organische materiaal (algen en/of waterplanten). Dit effect wordt versterkt wanneer zich een gesloten kroosdek ontwikkelt, dat de uitwisseling van zuurstof met de lucht belemmert. Dit is feitelijk een interne organische belasting, die in de meeste gevallen in het veld niet of lastig is te onderscheiden van organische belasting door externe bronnen. Beide soorten belasting zijn een bron van nutriënten - bij de afbraak van organisch materiaal komen immers ook nutriënten vrij - en kunnen zo de productiviteit opjagen.

Een continue hoge organische belasting kan zichtbaar zijn in een blijvend laag zuurstofgehalte. Daarnaast zal het BZV meestal hoger zijn en zal stikstof vooral aanwezig zijn in de vorm van NH_4 in plaats van NO_3 . Een eenduidige conclusie over de samenstelling van de belasting (organisch of anorganisch) kan echter niet op basis van de toestand in het veld worden gemaakt. De belasting met anorganische en organische gebonden nutriënten bepalen samen met de kenmerken van het watersysteem en de abiotische en biotische processen welke fysisch-chemische toestand in het veld wordt gemeten. Deze toestand is weer sterk bepalend voor de biologische toestand.

Het belangrijkste verschil is dat de externe organische belasting leidt tot een directe zuurstofvraag en een uitgestelde beschikbaarheid van nutriënten. De belasting met nutriënten en de daaruit resulterende hoeveelheid organisch materiaal wordt geanalyseerd onder de ESF's *productiviteit water* en *productiviteit bodem*. In de uitwerking van de ESF *organische belasting* is de rol van *productiviteit water* en *productiviteit bodem* in beperkte/versimpelde vorm opgenomen in het instrumentarium (de interne belasting met organisch materiaal kan als bron in de tools worden ingevoerd). Een uitgebreide analyse aan het voedselweb gaat te ver. Dit hoort immers bij de andere ESF's.

Fracties in de organische belasting

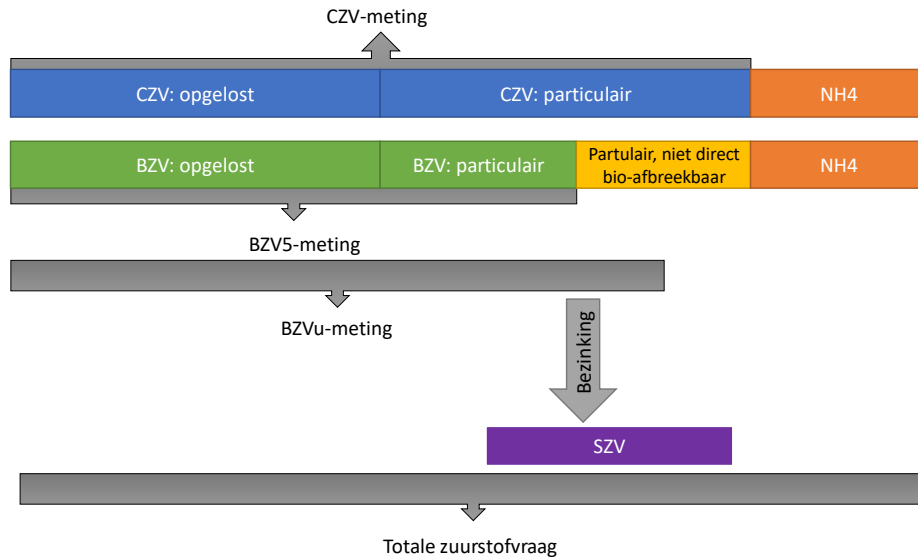
De belasting vanuit verschillende bronnen verschilt qua samenstelling. De samenstelling verschilt qua fase (opgelost of particulair) en qua zuurstofvraag, afbraakproces en afbraaksnelheid (CZV, BZV en NH_4). Dit onderscheid en de onderlinge verdeling van fracties in de belasting zijn bepalend voor het effect dat de organische belasting heeft op de zuurstofhuishouding van het watersysteem. Hierbij gelden de onderstaande zaken:

- de opgeloste en fijne BZV-fractie en NH_4 hebben een directe zuurstofvraag in de waterkolom;
- particulair organisch materiaal (grote BZV-fractie) bezinkt voor een belangrijk deel en breekt minder snel af. Dit zorgt voor een uitgestelde zuurstofvraag via het sediment (sedimentair zuurstofverbruik, SZV). De verdeling tussen de fractie opgelost en de fractie particulair materiaal verschilt per bron. Ook verschilt de sedimentatiesnelheid van het materiaal per bron;
- de afbraaksnelheden van deze fracties verschillen, afhankelijk van o.a. de samenstelling, de temperatuur en het zuurstofgehalte van het water;
- CZV (chemisch zuurstofverbruik) is een maat voor de totale hoeveelheid oxideerbaar organisch materiaal in het water. Het gaat hier alléén om organisch materiaal, CZV is exclusief het zuurstofverbruik van ammonium;
- het BZV (biochemisch zuurstofverbruik) is óók een maat voor de hoeveelheid zuurstof die wordt verbruikt bij de afbraak van organische stoffen in het oppervlaktewater. Het verschil met CZV is:
 - in het BZV is alleen de hoeveelheid organisch materiaal verdisconteerd die onder invloed van de normale biologische processen in het water kan worden afgebroken. Het CZV is hoger dan het BZV, omdat door het toevoegen van chemicaliën ook organische stof kan worden afgebroken, die bij een normale BZV-bepaling niet wordt afgebroken. BZV is daarmee de meest realistische benadering van het verbruik van zuurstof voor de afbraak van organisch materiaal in oppervlaktewater;
 - BZV wordt uitgedrukt met een tijdsfactor. BZV_5 staat voor de hoeveelheid organisch materiaal die in 5 dagen bij 20°C kan worden geoxideerd. BZV_u staat voor de hoeveelheid organisch materiaal die in totaal kan worden geoxideerd door biologische processen; de 'u' staat voor ultimate;
 - ook in de BZV-bepaling wordt het zuurstofverbruik van ammonium niet meegenomen. Er wordt in een BZV bepaling een inhibitor toegevoegd om nitrificatie uit te sluiten;
- NH_4 (ammonium) wordt door nitrificerende bacteriën omgezet in nitraat. Voor dit proces is zuurstof nodig, waardoor de belasting met ammonium ook een aanzienlijke zuurstofvraag kent. Per 1 mg ammonium-N is 4,57 mg zuurstof nodig. Naast ammonium zullen ook andere stikstofverbindingen die niet in het BZV worden meegenomen (alles onder nitrificatie) zorgen voor een zuurstofvraag. Het proces waarbij de overige N-verbindingen worden afgebroken tot NH_4 (hydrolyse) verloopt echter minder snel waardoor dit minder van invloed is op de directe zuurstofvraag. Daarom wordt vooralsnog alleen uitgegaan van de zuurstofvraag van ammonium. Dat is ook gebruikelijk in zuurstofmodellen. In eutrofiëringsmodellen worden deze processen vaak wel meegenomen, ook voor de zuurstofvraag. In de ontwikkelde tool zijn eutrofiëringsprocessen echter niet meegenomen.

In de ontwikkelde tools wordt de zuurstofvraag van BZV (BZV_5 en BZV_u) én de zuurstofvraag van ammonium meegenomen.

Afbeelding 1.2 geeft bovenstaande punten schematisch weer. Iedere fractie kent dus zijn eigen afbraakproces en -route, welke bepalend zijn voor de zuurstofvraag. Verder kan de afbreekbaarheid van de fracties ook per situatie verschillen, afhankelijk van onder meer de zuurstofbeschikbaarheid en de water- en bodemtemperatuur.

Afbeelding 1.2 De relatie tussen fracties zuurstofverbruik en de zuurstofvraag



Rol van de waterbodem

In de waterbodem verzamelt zich organisch materiaal afkomstig vanuit externe bronnen zoals bladval en overstorten, en interne bronnen zoals afstervend plantmateriaal. Enerzijds is het zuurstofverbruik van de waterbodem dus het gevolg van de externe belasting met organisch materiaal, waarvan de omvang kan worden berekend wanneer de bezinkbare fractie van de bronnen en de totale zuurstofvraag van deze fractie bekend zijn. Anderzijds is de zuurstofvraag van de bodem het gevolg van de processen die we onder de ESF *productiviteit water* scharen (interne belasting). De processen die een rol spelen bij het sedimentzuurstofverbruik (o.a. sedimentatie van organisch materiaal, afbraak en zuurstofdynamiek) zijn essentieel voor het begrip van de ESF *productiviteit waterbodem*.

In de ontwikkelde tools wordt de afbraak van organisch materiaal in de waterbodem meegenomen door uit te gaan van een steady-state-berekening van het zuurstofverbruik van de waterbodem (de jaarlijkse aanvoer van organisch materiaal is gelijk aan de afbraak en dus zuurstofconsumptie van dit organisch materiaal). Deze belasting wordt berekend vanuit de bronnen, waarbij de aanname is gedaan dat het verschil tussen BZV_u en BZV_5 het aandeel organisch materiaal is dat via de waterbodem afbreekt.

Dit is een versimpeling van de werkelijke situatie. In werkelijkheid vindt er in de meeste situaties aanwas van slib plaats (dit wordt mede bepaald door factoren als de zuurstofbeschikbaarheid, de afbreekbaarheid van het organische materiaal, de beschikbaarheid van bijvoorbeeld zwavel en temperatuur) en bestaat er dus geen steady state. Bij een dikke sliblaag vindt vervolgens alleen aerobe afbraak plaats in de toplaag van enkele centimeters. Daaronder is er geen zuurstof beschikbaar en vindt anaerobe afbraak plaats. De daar gevormde gereduceerde verbindingen diffunderen naar de waterkolom en worden daar vervolgens geoxideerd. Zowel dit proces als de opbouw van slib wordt in OXY-val niet meegenomen, hier wordt dus uitgegaan van de versimpelde steady-state benadering.

2

QUICK SCAN

In de quick scan wordt op basis van bestaande informatie (bureaustudie) een eerste inschatting gegeven van de invloed van organische belasting op het watersysteem. Tegelijkertijd wordt in beeld gebracht of die belasting een potentieel knelpunt is voor de gewenste (ecologische) waterkwaliteit. Er kan hier een schifting worden gemaakt op basis van de huidige fysisch-chemische of biologische toestand van het watersysteem (§2.1) of er kan onderscheid worden gemaakt op basis van de voorwaarden (§2.2).

Voor de toepassing van de quick scan en voor Oxy-val geldt dat daarbij bij voorkeur gebruik wordt gemaakt van zoveel mogelijk homogene eenheden van de watergang of het watersysteem (hydro-ecologische eenheden). Dit vergroot de betrouwbaarheid van de uitkomsten.

2.1 Toestand (fysisch-chemisch en biologisch)

Wanneer de huidige toestand qua zuurstofhuishouding niet op orde is, wil dat niet direct zeggen dat ook de ESF organische belasting niet op orde is (zie ook de toelichting in het eerste hoofdstuk). Er kan bijvoorbeeld sprake zijn van een kroosdek, waarbij de belasting met nutriënten de primaire oorzaak is voor de lage zuurstofgehalten. Andersom is het wel zo dat wanneer de organische belasting niet op orde is de zuurstofhuishouding diengevolge ook niet op orde is. Een lage zuurstofconcentratie is dus wel een aanwijzing dat er mogelijk sprake is van een knelpunt in de organische belasting, maar geeft geen uitsluitel over de achterliggende oorzaken van het lage zuurstofgehalte.

De toestand van het water is dus bruikbaar om een eerste onderscheid te maken in wateren waar organische belasting mogelijk een knelpunt vormt en wateren waar dat niet het geval is. Daarvoor kan gebruik worden gemaakt van de volgende aanwijzingen:

- **fysisch-chemische metingen** van het oppervlaktewater (o.a. zuurstof, BZV en ammonium) kunnen een indicatie geven van de problemen die samenhangen met organische belasting;
- **klachten** (o.a. stank of vissterfte) kunnen eveneens een indicatie zijn van een negatief effect van organische belasting;
- de samenstelling van de **macrofauna** geeft aanwijzingen over het functioneren van de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater.

Macrofauna

De aquatische macrofauna is een veel gebruikte soortgroep voor de beoordeling van de biologische waterkwaliteit, in het bijzonder in stromende wateren, maar ook in stilstaande wateren. Traditioneel werd deze groep veel gebruikt bij het beoordelen van de saprobiegraad van wateren (Grieks: sapos = verrot). Met de saprobiegraad wordt de hoeveelheid afbreekbaar organische stof in oppervlaktewater aangeduid. Ook voor diatomeeën zijn saprobie-indices ontwikkeld. Het voordeel van macrofauna is dat deze tot op zekere hoogte in het veld op naam te brengen is. Dit in tegenstelling tot diatomeeën. Daarom is overwogen om in het kader van de ESF organische belasting een eenvoudige quick scan voor macrofauna te ontwikkelen. Uiteindelijk is echter besloten om de focus te leggen op de verdere uitwerking van de tool Oxy-val, omdat dit meer handvatten geeft voor een kwantitatieve analyse van de sleutelfactor in relatie tot het watersysteem en daarmee ook handvatten voor de knelpuntenanalyse, bronnenanalyse en maatregelen.

Een bestaande beoordeling van de macrofauna-samenstelling geeft echter wel informatie over de huidige toestand van het oppervlaktewater, en daarmee aanwijzingen of het nodig is om de ESF organische belasting beter in beeld te brengen. In bijlage I wordt in meer detail ingegaan op beoordelingssystemen voor macrofauna.

2.2 Voorwaarden (kenmerken en invloeden)

Indien er belangrijke bronnen van organisch materiaal aanwezig zijn en het type watersysteem ook gevoelig is voor organische belasting, dan is dit feitelijk al voldoende aanleiding om de volgende analyse stap (de globale analyse) uit te voeren.

Er kan ook invulling worden gegeven aan de quick scan door gebruik te maken van Oxy-val, waarbij met globale kentallen een eerste inschatting het risico op zuurstofproblemen kan worden bepaald. Een eenvoudige check is om te kijken hoe de zuurstofvraag door organische belasting zich verhoudt tot de aanvoer van zuurstof via reaeratie. De grootte van de reaeratie is in stilstaande wateren vooral afhankelijk van de windinvloed en het zuurstofdeficit.¹ In het volgende hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op deze tool, die ook voor de globale analyse kan worden ingezet.

¹ Het zuurstofdeficit is het verschil tussen het actuele zuurstofgehalte en het zuurstofgehalte bij verzadiging.

3

GLOBALE ANALYSE

3.1 Inleiding globale analyse

Indien uit de quick scan blijkt dat organische belasting mogelijk een probleem vormt, dan kan dit in de globale analyse verder worden onderzocht. In deze analysestap worden de bronnen van organische belasting en de kenmerken van het watersysteem zo goed mogelijk in beeld gebracht. De beschikbare gegevens worden in de tool Oxy-val ingevuld.

Voor 'probleemgevallen' ligt vervolgens ook een veldbezoek voor de hand, waarbij (opnieuw) wordt gekeken naar voorwaarden en toestand en wordt gecheckt of de beschikbare informatie juist is. Aan de hand hiervan kan de invoer van de tool Oxy-val verder worden aangescherpt en aangevuld met kenmerken en metingen.

Hieronder wordt een globaal overzicht gegeven van de benodigde informatie. De tool bevat zelf ook verder toelichting over de benodigde data (zie eveneens het kader 'benodigde gegevens' in §3.2).

Voorwaarden (kenmerken en invloeden)

- inventarisatie bronnen van organische belasting: identificeer en kwantificeer overstorten, ongerioleerde lozingen, RWZI-effluent, mestuitspoeling, bladval, hondenpoep, voer (vissen/eenden) etc.;
- dimensies en hydrologie watersysteem: bepaal in het veld of vanuit data (bijvoorbeeld vanuit SOBEK-modellering) de dimensies en de wateraan- en -afvoer van water;
- windinvloed: bepaal in het veld of vanuit data (bijvoorbeeld kaart of luchtfoto met bomen en bebouwing) de windinvloed.

Toestand (fysisch-chemisch en biologisch)

- metingen waterkwaliteit: informatief zijn metingen van zuurstof (mg/l of %), biologisch zuurstofverbruik (BZV5/BZVu) en/of ammonium (NH₄);
- slibdikte en -samenstelling (indien mogelijk): Hoe dik is de sliblaag? Wat is de samenstelling (bijv. blad, overwegend organisch, anorganisch), kleur (bijv. zwart, grijs of rood) en geur (bijv. sulfide) van het water?
- kroosbedekking (%): de mate van kroosbedekking is sterk bepalend voor de reaeratie;
- overige waarnemingen (blauwalgen, stank, dode vis, dode vogels etc.) zijn een indicatie van een slechte waterkwaliteit in het algemeen en een mogelijk negatief effect van organische belasting;
- ecosysteemtoestand: bepaal de ecosysteemtoestand in termen van helderheid, algen en vegetatie. Dit zijn: 'helder zonder waterplanten', 'gevarieerde waterplanten', 'woekerende waterplanten', 'drijfbladplanten', 'kroos', 'groenalgen', 'blauwalgen' en 'troebel zonder algen'.

Het resultaat van de globale analyse (en het veldbezoek) geeft ten opzichte van de quick scan meer houvast om te beoordelen hoe wat de oorzaken achter eventuele lage zuurstofgehalten zijn (organische of anorganische belasting, organische belasting versus productiviteit van het water, etc.).

3.2 Toepassen van Oxy-val

In bijlage II is een handleiding opgenomen voor de toepassing van de tool, waarbij per invulveld een toelichting is gegeven.

Bij toepassing van Oxy-val worden de volgende stappen gevolgd:

- 1 bepaal het minimaal toelaatbare zuurstofgehalte voor het specifieke watersysteem. Dit kan per watersysteem bovenaan in het invulblad worden ingevoerd. Deze waarde is van belang voor de berekening van de afbraaksnelheid van BZV en NH_4 en wordt gebruikt bij de toetsing van de uitkomst (risico-inschatting). Defaultwaarde = $5 \text{ mg O}_2/\text{l}$;¹
- 2 voer per watersysteem de relevante bronnen in. Zie het tabblad 'invulblad' in de tool voor een toelichting per bron;
- 3 voer per watersysteem de kenmerken in. Zie het tabblad 'invulblad' in de tool voor een toelichting;
- 4 bepaal de watertemperatuur. Dit is van belang voor de snelheid waarmee fysische en biologische processen verlopen. In de tool zijn de reaeratie en de afbraak van BZV en NH_4 in de waterkolom temperatuurafhankelijk. Defaultwaarde = $20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 5 op basis van de ingevulde kenmerken wordt:
 - het wateroppervlak en het watervolume berekend;
 - het inkomende debiet, de debieten van de bronnen en de stroomsnelheid berekend (of geschat, afhankelijk van de gekozen invoeroptie);
 - de belasting met de fijne BZV-fractie van snel afbrekend organisch materiaal per vierkante meter wateroppervlak berekend;
 - de belasting met grove BZV-fractie van langzaam afbrekend organisch materiaal per vierkante meter wateroppervlak berekend;
 - de belasting met ammonium per vierkante meter wateroppervlak berekend;
 - de gehalten aan BZV en ammonium, het sedimentzuurstofverbruik (SZV) en het zuurstofgehalte berekend, uitgaande van een stationaire situatie (zuurstofaanvoer gelijk aan zuurstofvraag);
- 6 ten slotte wordt de situatie per water beoordeeld. Eerst wordt een oordeel gegeven van de belasting (is deze in absolute zin laag, matig of hoog) en van de gevoeligheid van het specifieke water (laag, matig of hoog). De gevoeligheid wordt door de gebruiker opgegeven op basis van windinvloed en stroming en wordt gebruikt bij de berekening van de reaeratie. Het daadwerkelijke oordeel (de risico-inschatting van het effect van organische belasting) wordt gebaseerd op de verhouding tussen het berekende zuurstofgehalte (op basis van de BZV-belasting, het sedimentzuurstofverbruik en de reaeratie) en het minimaal toelaatbare zuurstofgehalte (de norm) in mgO_2/l .
De verhouding $\frac{\text{berekende zuurstofconcentratie}}{\text{normconcentratie}}$ wordt in een van de onderstaande vier categorieën beoordeeld:
 - bij een verhouding $> 1,25$ is de verwachting dat er voldoende zuurstofaanvoer is om de belasting te verwerken. Het risico dat het minimaal toelaatbare zuurstofgehalte als gevolg van organische belasting wordt overschreden wordt daarom laag ingeschat;
 - bij een verhouding $1 - 1,25$ wordt het risico als matig beoordeeld;
 - bij een verhouding $0,75 - 1$ wordt het risico als hoog beoordeeld;
 - bij een verhouding $< 0,75$ wordt het risico als zeer hoog beoordeeld.

De resultaten worden gepresenteerd in grafieken, waarbij de berekende zuurstofconcentraties onder verschillende condities worden gepresenteerd (in het tabblad 'figuur zuurstof') en grafieken met de bronverdeling (in het tabblad 'figuren belasting'). In dat laatste tabblad worden ook tabellen gepresenteerd waar de gebruiker desgewenst ook zelf andere grafieken op kan baseren. Ten slotte is het ook mogelijk om

¹ In de uitwerking van de ESF organische belasting is ervoor gekozen om geen grenswaarden af te geven voor de minimale zuurstofconcentraties in oppervlaktewater. Dit omdat a) het niet de bedoeling is de ontwikkelde tool als toetsinstrument in te zetten (de gebruiker bepaalt zelf welke toestand voor het watersysteem wenselijk is) en b) de gewenste toestand per waterlichaam sterk kan verschillen, afhankelijk van de doelen voor de ecologische toestand. Er zijn bijvoorbeeld ook specifieke watersystemen waar lage zuurstofconcentraties juist wenselijk zijn, en de tolerantie voor zuurstofgehalten kan per soort sterk verschillen. De KRW-maatlatten geven een goed vertrekpunt voor de gewenste zuurstofverzadiging in de zomerperiode. In het hoofdrapport van de ESF organische belasting gaan we uitgebreider in op grenswaarden en welke waarden als startpunt kunnen worden genomen.

een vergelijking te maken tussen de berekende en gemeten waarden voor de parameters zuurstof, BZV, ammonium, SZV en meetwaarden voor deze parameters (zie het tabblad 'figuren toestand').

Benodigde gegevens voor toepassing van Oxy-val

Voor Oxy-val zijn vooral de voorwaarden (dimensies, verversing en bronnen) van belang. Het is daarom belangrijk om tijdens de globale analyse en het eventuele veldbezoek de beschikbare informatie hierover goed te controleren en wanneer hierover nog onduidelijkheden zijn, dit ter plekke in beeld te brengen en te kwantificeren. Het gaat om de volgende data:

- *bronnen*: in de tool worden de aanwezige bronnen samen met de kwantificering (debiet, aantal, oppervlakte etc.) in beeld gebracht. Vervolgens wordt op basis van kentallen (of eigen getallen) de totale belasting met zuurstofvragende stoffen op het watersysteem berekend. Daarbij wordt o.a. onderscheid gemaakt in een opgeloste/fijne fractie die een snelle daling van de zuurstofconcentratie in de waterkolom veroorzaakt en een grove fractie langzamer afbrekende stoffen die via de waterbodem een zuurstofvraag (SZV) veroorzaken;
 - *lengte, breedte en vorm*: hiermee wordt het oppervlak berekend waarover de belasting wordt verdeeld. Ook worden lengte en breedte gebruikt als check voor bronnen die per strekkende meter oever moeten worden opgegeven. Het totale wateroppervlak is van belang het bepalen van de reaeratie en het omrekenen van de belasting per m². In lijnvormig of rechthoekig water is het oppervlak berekend als *lengte * breedte* en voor een cirkel- of ellipsvormig water als $\pi * (\frac{1}{2}lengte + \frac{1}{2}breedte)^2$.
Alternatief: het is ook mogelijk om het oppervlakte in m² op te geven. De check voor de oeverlengte vervalt dan. Het invoeren van de waterbreedte is echter altijd nodig voor de berekening;
 - *diepte*: de waterdiepte is eveneens van belang voor de zuurstofhuishouding. Hoe dieper een water, hoe langer het duurt voordat het zuurstofniveau weer terug is op het verzadigingsniveau. De diepte is (samen met het oppervlakte) ook bepalend voor het volume. Daarvoor geldt echter juist: hoe groter de diepte, hoe groter het volume en hoe meer de organische belasting wordt verdund. Het effect van diepte werkt dus twee kanten op. In het algemeen geldt wel dat bij een gelijke belasting, een ondiep water (< 1 m) sneller zuurstofproblemen kent;
 - *wateraanvoer*: de aanvoer van water is uiteraard van belang, omdat deze het effect van een lozing weer deels teniet kan doen. Het aanvoerwater kan echter ook een laag zuurstofgehalte hebben of een hoog BZV. In Oxy-val wordt de wateraanvoer opgegeven in m³/dag. Er is een rekenhulp beschikbaar waarmee de wateraanvoer kan worden omgerekend vanuit andere eenheden of kan worden ingeschat wanneer er geen waterbalans of metingen voorhanden zijn;
 - *kwaliteit aanvoerwater*: de wateraanvoer is één van de posten in OXY-val, daarom moet zowel het zuurstofgehalte als het BZV-gehalte van het aanvoerwater worden opgegeven.
-

3.3 Aandachtspunten

Meerdere puntbronnen op een watersysteem

Het invoeren van meerdere puntbronnen op één watersysteem is een aandachtspunt. Soms worden de cumulatieve effecten hierdoor niet goed inzichtelijk. In een stilstaand watersysteem (zoals een stadsvijver) kunnen de bronnen in één watersysteem in de Oxy-val worden ingevoerd. De effecten en de verdeling van de bronnen worden dan berekend door de tool. In een stromend watersysteem speelt de spreiding van effecten in de tijd en ruimte echter een belangrijke rol (zie ook paragraaf 3.3.2). De gebruiker kan hier op verschillende manieren mee omgaan. Om de effecten op watersysteemschaal inzichtelijk te maken kunnen de bronnen op één traject worden ingevoerd, dat geldt ook voor puntbronnen die dicht bij elkaar liggen. In een langer beektraject kan het echter ook aan te raden zijn om dit traject te splitsen in meerdere delen en die los van elkaar in de tool in te voeren. De kwaliteit die wordt berekend in het bovenstroomse traject is dan de 'invoer' van de kwaliteit in het volgende traject. Zo kan inzicht worden verkregen in het gecumuleerde effect van bijvoorbeeld rioolwateroverstorten. Er kan daarbij ook terug worden gegrepen op 'Knelpuntenbeoordelingsmethode waterkwaliteitsspoor overstorten, STOWA, 2010-17' waarin een aanpak voor een dergelijk traject staat beschreven.

Spreiding van effecten in de tijd en ruimte

Oxy-val is een dimensieloos instrument. De effecten van organische belasting op de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater die met deze tool worden berekend, kennen geen heterogeniteit in tijd of ruimte. In werkelijkheid kan de zuurstofhuishouding in tijd en ruimte sterk verschillen. Zo heeft een langdurig lage zuurstofconcentratie een sterker effect dan een kortdurende dip, omdat vis weg kan zwemmen (mits het watersysteem een verbinding heeft met omringende watersystemen).

De keuze van de systeemgrenzen van de in Oxy-val ingevoerde wateren is daarom een belangrijk aandachtspunt. Het effect van een puntbron met snel afbrekend materiaal is in de meeste gevallen sterk lokaal. Als de watersysteemgrenzen dan ruim worden gekozen, wordt het effect van deze bron uitgemiddeld over een groter systeem. Het verdient daarom aanbeveling te variëren in de systeemgrenzen om de gevoeligheid van het watersysteem te onderzoeken.

De zuurstofconcentratie die in de tool wordt berekend is de zuurstofconcentratie waarvan wordt verwacht dat deze (in een gemiddelde, stationaire situatie) op zal treden in een watersysteem waar alleen externe belasting met zuurstofvragende stoffen een rol speelt in de zuurstofconsumptie. Productie en respiratie spelen geen rol in de tool, de reaeratie is overwegend gebaseerd op een 'worst-case' situatie (minimumwaarden voor stilstaande wateren).

De berekende waarde kan worden vergeleken met de gemeten waarden. In beoordelingen wordt vaak uitgegaan van de zomerhalfjaargemiddelde concentratie. In het zomerhalfjaar is immers het water het warmste en verlopen afbraakprocessen sneller, waardoor ook in deze periode de laagste zuurstofconcentraties worden verwacht. In de praktijk wordt verwacht dat het zuurstofgehalte zal schommelen rondom de berekende concentratie in Oxy-val.

Voor pieklozingen (vanuit overstorten) geldt dat uit wordt gegaan van een gebeurtenis met een herhalingstijd van eens per jaar ($T=1$). Het kan echter wenselijk zijn de situatie bij een $T=2$, 5 of 10 situatie te bekijken. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van de jaarvracht om het aandeel in de zuurstofvraag vanuit slib te bepalen.

De gebruiker is vrij om de kentallen voor overstorten aan te passen. Voor het modelleren van pieklozingen is een stationair model eigenlijk niet geschikt. Daarom is er voor gekozen om het effect van een overstorting te benaderen door de vracht en het debiet te verdelen over een periode van 5 dagen. Het aldus berekende zuurstofgehalte is niet geheel indicatief voor de dag na een pieklozing. Juist de beginconcentratie BZV is heel bepalend voor de O₂-dip die net na de overstort optreedt.

Voor meer detail in specifiek de duur en diepte van de zuurstofdip na een rioolwateroverstort zijn echter andere instrumenten meer geschikt (zoals TEWOR of het zuurstofinstrument dat in het kader van Kallisto is ontwikkeld, zie ook ref. 17, of ook simpeler tools zoals [ref. 18]). Daar kan, waar dit inzicht gewenst is, met een nadere analyse meer invulling aan worden gegeven.

Invloed van temperatuur en zuurstof op processen

In de huidige opzet van de tool is het effect van temperatuur van invloed op de reaeratie, zowel via het zuurstofverzadigingspercentage als via een correctie op de reaeratieconstante. Ook afbraakprocessen zijn sterk afhankelijk van de temperatuur. In de tool zijn daarom ook de afbraakconstanten voor BZV en ammonium in de waterkolom temperatuursafhankelijk gemaakt.

Naast temperatuur is ook het zuurstofgehalte van het water bepalend voor de hoogte van de reaeratie en de afbraak van organisch materiaal en ammonium. Bij de stationaire modellering van zuurstof wordt dit impliciet meegenomen (er wordt een zuurstofgehalte berekend, waarbij verbruik en aanvoer in evenwicht zijn). Bij de stationaire modellering van de afbraak van BZV en ammonium is dat complexer. De afbraak vertraagt onder invloed van lagere zuurstofgehalten. Om praktische redenen wordt er daarom per situatie gerekend met een vaste afbraakconstante, die wordt afgeleid van de afbraaksnelheid bij 20 °C en wordt gecorrigeerd voor de ingevoerde temperatuur en het 'minimaal toelaatbare zuurstofgehalte'. Overigens is de hoogte van afbraakconstante vooral van invloed op het berekende gehalte aan afbreekbare stof (BZV en

NH₄) en minder op het berekende zuurstofgehalte. De effecten zijn relatief beperkt. Het SZV is niet afhankelijk gemaakt van temperatuur en zuurstof.

Voor een nadere toelichting wordt verwezen naar de als bijlage II opgenomen handleiding van de tool. Om deze aspecten in nader detail te analyseren zal een complexer instrument moeten worden ingezet en wordt doorverwezen naar de volgende analyse stap, de nadere analyse.

Vergelijking gemeten en berekende zuurstofwaarden

In Oxy-val is een tabblad 'figuren toestand' opgenomen waarin berekende en gemeten waarden met elkaar worden vergeleken voor de parameters zuurstof, BZV, ammonium en SZV.

Sedimentair zuurstofverbruik

Het sedimentair zuurstofverbruik (SZV) wordt in Oxy-val berekend op basis van kentallen voor de langzaam afbreekbare BZV-fractie van de bronnen die zijn opgegeven. Soms wordt het SZV ook gemeten. Wanneer metingen en berekeningen niet overeenkomen, is dat aanleiding tot een beschouwing van mogelijke oorzaken:

- is het gemeten SZV veel hoger dan het berekende SZV, dan kunnen er verschillende oorzaken zijn, zoals:
 - er is sprake van opbouw van slib (in het model wordt uitgegaan van steady state waarbij geen slibopbouw plaatsvindt). Bij een dikke sliblaag vindt alleen in de bovenste centimeters van de sliblaag aerobe afbraak plaats. Daaronder (in de laag die over de jaren is opgebouwd) vindt anaerobe afbraak plaats. De gereduceerde verbindingen diffunderen dan naar de waterkolom en worden daar geoxideerd en zorgen zo voor een aanvullende zuurstofvraag;
 - er is een knelpunt in de ESF productiviteit water. Het systeem kent een hoge biomassa aan algen en/of waterplanten, die door afsterven bijdragen aan een dikke organische sliblaag. Het proces is dan vergelijkbaar met het bovenstaande punt;
 - de bronnen voor SZV zijn onderschat wat betreft concentratie (kentallen) dan wel wat betreft omvang;
- is het gemeten SZV veel lager dan het berekende SZV, dan kunnen er verschillende oorzaken zijn, zoals:
 - de waterbodem is recent geschoond, waardoor veel organisch materiaal is verwijderd;
 - de bronnen voor SZV zijn overschat wat betreft concentratie (kentallen) dan wel wat betreft omvang.

Concentraties van zuurstof, BZV en ammonium

Ook voor metingen aan O₂, BZV en NH₄ geldt dat een vergelijking tussen de berekende en de gemeten concentraties kan leiden tot een aanvullende inzichten. Wanneer de gemeten en berekende zuurstofconcentraties niet met elkaar overeenkomen (NB! dit zal naar verwachting eerder regel dan uitzondering zijn) kunnen er verschillende oorzaken zijn:

- de gemeten concentratie is niet voldoende frequent gemeten, waardoor de concentraties in de praktijk lager of hoger kunnen zijn dan de gemeten waarden;
- de concentratie en/of omvang van bronnen is overschat dan wel onderschat;
- de rol van het voedselweb is in niet in beeld. Voor drijfslagen (kroos) geldt dat deze in de tool kunnen worden meegenomen. De rol van een hoge respiratie echter niet, omdat dit te ver gaat voor de vereenvoudigde aanpak van Oxy-val. Een hoge biomassa algen of waterplanten heeft in de praktijk echter wel degelijk invloed op de zuurstofconcentratie;
- de systeemeigenschappen komen in de praktijk niet overeen met wat er in de tool is opgegeven;
- de gebruikte rekenregels zijn nog niet voldoende zeker.

Door de gebruiker op te geven bronnen

Naast de bronnen die al in de tool zijn opgenomen, zijn er meer bronnen van organische belasting denkbaar. Denk bijvoorbeeld aan afvoer van maaisel, lozing van groenafval of een industriële lozing. Ook zou een hoge biomassa alg of waterplanten hier als bron kunnen worden ingevoerd. Omdat het te ver gaat om in Oxy-val alle mogelijke situaties vooraf te voorzien, is er de optie om een eigen bron in de tool op te nemen. Dat gaat als volgt:

- de gebruiker kiest zelf de eenheid, bijvoorbeeld de belasting per m² oppervlaktewater, per m oeverlengte, per m³ wateraanvoer of per aantal gebeurtenissen;
- in de kolommen 'BZV-fijne fractie', 'NH₄', en 'BZV-grove fractie' wordt vervolgens het zuurstofverbruik per eenheid uitgedrukt. Hier kan bijvoorbeeld de BZV-concentratie worden ingevuld. In hoofdstuk 4 is

voor de meeste bronnen uitgewerkt hoe de kentallen zijn berekend en onderbouwd. Ook is een kolom toegevoegd voor de sedimentatiesnelheid van de grove BZV-fractie;

- in de volgende kolommen kan vervolgens per watersysteem de omvang van de bron worden ingevuld, uitgedrukt als het aantal eenheden dat door de gebruiker is gedefinieerd. Oxy-val berekend vervolgens per watersysteem de totale vracht.

4

KENTALLEN ORGANISCHE BELASTING

In Oxy-val wordt voor bronnen van organische belasting gebruik gemaakt van kentallen. In dit hoofdstuk wordt een motivatie gegeven voor gehanteerde kentallen en aannames. In de eerste paragraaf geven we een overzicht van de bronnen en een indicatie van de onzekerheden. Vervolgens gaan we in op de berekening van reaeratie in Oxy-val. Paragraaf 4.2 gaat in op het sedimentzuurstofverbruik en de fractionering van bronnen. In de daaropvolgende paragrafen wordt per bron de gebruikte literatuur, berekeningen en aannames besproken.

4.1 Overzicht bronnen en onzekerheden

De onderstaande tabel 4.1 geeft per bron een kental voor het BZV₅ (organisch materiaal dat snel wordt afgebroken), NH₄ en SZV.¹ Daarnaast is per bron een indicatie gegeven van de betrouwbaarheid van de inschatting van de kentallen: redelijk, matig of laag. Een hoge betrouwbaarheid komt niet voor, omdat in alle gevallen uit wordt gegaan van kentallen terwijl in werkelijkheid de kwaliteit van de meeste bronnen lokaal sterk kan verschillen. Een hoge betrouwbaarheid kan alleen worden verkregen als er lokaal aan deze bronnen is gemeten. Overigens kunnen de kentallen in Oxy-val door de gebruiker worden overschreven, wanneer er betere informatie beschikbaar is (tabblad kentallen). De laatste kolom geeft een indicatie van de gevoeligheid van de tool voor de vracht vanuit deze bron: hoog, middel of laag.

Tabel 4.1 Overzicht kentallen en betrouwbaarheid

Bron	Kental snel afbreekbare BZV-fractie (BZV ₅)	Kental NH ₄	Kental langzaam afbreekbare BZV-fractie (BZV _u -BZV ₅)	Betrouwbaarheid	Gevoeligheid
Riooloverstort (gemengd)	50 mg O ₂ /l	4 mg NH ₄ -N/l	130 mg O ₂ /l	redelijk	hoog
Riooloverstort (gemengd, bergbezinkvoorziening)	27.5 mg O ₂ /l	4 mg NH ₄ -N/l	71.5 mg O ₂ /l	redelijk	hoog
DWA	220 mg O ₂ /l	30 mg NH ₄ -N/l	380 mg O ₂ /l	laag	hoog
Effluent RWZI's	4 mg O ₂ /l	1.0 - 10 mg NH ₄ -N/l (afhankelijk weersomstandigheden)	31 mg O ₂ /l * 20% = 6,2 mg O ₂ /l	redelijk	hoog
Hemelwaterafvoer	4 mg O ₂ /l	1 mg NH ₄ /l	33 mg O ₂ /l	redelijk	laag
Septic tanks	450 mg O ₂ /l	30 mg NH ₄ -N/l	300 mg O ₂ /l	laag	hoog

¹ Met het SZV wordt in Oxy-val al het langzaam afbrekende materiaal bedoeld. Er wordt vanuit gegaan dat dit het verschil is tussen het CZV/BZV_u en het BZV.

Bron	Kental snel afbreekbare BZV-fractie (BZV5)	Kental NH ₄	Kental langzaam afbreekbare BZV-fractie (BZVu-BZV5)	Betrouwbaarheid	Gevoeligheid
IBA's	23 mg O ₂ /l	15 mg NH ₄ -N/l	107 mg O ₂ /l	redelijk	middel
Bladval	0	0	Naaldbomen: 137 mg/dag/m ² boomkruin. Loofbomen: 411 mg/dag/m ² boomkruin.	redelijk	middel
Honden	geen: 0 laag: 0,4 midden: 2,5 hoog: 6,3 gram O ₂ /100 meter oever/dag	0	geen: 0 laag: 0,4 midden: 2,5 hoog: 6,3 gram O ₂ /100 meter oever/dag	matig	middel
Vogels	laag: 15 midden: 40 hoog: 80 gram O ₂ /eend/dag	0	laag: 30 midden: 130 hoog: 300 gram O ₂ /eend/dag	matig	middel
Lokvoer vissers	100 gram O ₂ /visser/dag	0	900 gram O ₂ /visser/dag	laag	laag
Mest	laag: 0,016 midden: 0,035 hoog: 0,071 gram O ₂ /m ² landbouwgrond/dag	laag: 0,0016 midden: 0,0039 hoog: 0,0079 gram NH ₄ -N/m ² landbouwgrond/dag	laag: 0,016 midden: 0,035 hoog: 0,071 gram O ₂ /m ² landbouwgrond/dag	matig	middel

4.2 Sedimentaire zuurstofvraag (SZV) en fractionering van bronnen

In het eerste hoofdstuk is al ingegaan op de verschillende fracties in de belasting van organisch materiaal. Iedere fractie heeft zijn eigen afbraakproces en -route, die bepalend zijn voor de zuurstofvraag. De afbreesnelheid kan ook per situatie verschillen. Heel grof kan hiermee om worden gegaan door een tweedeling te maken in de fractionering van bronnen: een directe, snelle zuurstofvraag (vooral de opgeloste fractie) en een uitgestelde, langzame zuurstofvraag (vooral de particuliere fractie).

De directe, snelle zuurstofvraag wordt vooral veroorzaakt door BZV₅ en door NH₄. Deze fracties zijn in de tool apart beschreven om zo onderscheid te kunnen maken in de zuurstofvraag door organische belasting (BZV) en door ammonium.

De uitgestelde, langzame zuurstofvraag wordt veroorzaakt door grover organisch materiaal, zoals blad. In de tool doen we de aanname dat het verschil tussen BZV₅ en BZV_u de zuurstofvraag is van de waterbodem. Dat is een sterke versimpeling, in de praktijk heeft de zuurstofvraag in de waterkolom een langzaam en snel afbreekbare fractie (denk bijvoorbeeld aan humuszuren welke vrijwel niet afbreken, maar ook niet bezinken) en geldt hetzelfde voor de zuurstofvraag van de bodem. Het zorgt echter wel voor een werkbaar onderscheid.

Metingen aan BZV_u zijn lang niet voor alle bronnen beschikbaar. BZV_u kan wel bij benadering worden berekend op basis van het BZV₅ op basis van de afbraaksnelheid tijdens de bepaling van BZV₅. CZV wordt

wel regelmatig gemeten. Daar waar nodig doen we de aanname dat het BZV_u gelijk is aan het CZV. Naar verwachting zal het CZV in werkelijkheid iets groter zijn dan het BZV_u . Dat geldt met name voor RWZI's waar een groot deel van het resterende CZV bestaat uit humuszuren, welke vrijwel niet afbreken in het oppervlaktewater. Voor specifiek RWZI-effluent is hier daarom wel voor verdisconteerd.

4.3 Riooloverstorten

Een riooloverstort is een uitlaat vanuit het gemengde rioolstelsel naar het oppervlaktewater. Als het peil in het rioolstelsel te ver stijgt als gevolg van hevige neerslag, stroomt het water over de drempel in de rioolwateroverstort en komt in het oppervlaktewater terecht. Dat is nodig om andere vormen van overlast, zoals water-op-sstraat, te beperken.

De hoeveelheid organisch materiaal die op deze wijze jaarlijks naar het oppervlaktewater wordt afgevoerd is afhankelijk van twee variabelen: het volume dat jaarlijks wordt afgevoerd en de concentratie zuurstofvragende stoffen in dat water. Daarnaast heeft een overstort een frequentie, dat is het aantal keer dat er water over de overstortdrempel stroomt. Deze frequentie is een indicatie voor de spreiding van de vracht in de tijd. Voor de zuurstofhuishouding zijn vooral de piekvracht (bij een bepaalde herhalingstijd) en de jaarvracht belangrijk. Dat laatste in verband met ophoping van sediment op de waterbodem en daarmee de zuurstofvraag van het sediment.

In de volgende paragrafen gaan we achtereenvolgens in op de frequentie, het debiet en concentratie zuurstofvragende stoffen. Bij elk onderwerp wordt beschreven hoe dit in de tool is opgenomen. In tegenstelling tot de continue-bronnen wordt het effect van puntbronnen, zoals overstorten, in de tool verdeeld over een periode van vijf dagen. De reden hiervoor is dat in deze eerste vijf dagen het grootste effect wordt verwacht. De verdeling over vijf dagen geldt zowel voor het debiet als voor de vuilvracht.

Herhalingstijd

Rioolstelsels worden over het algemeen zo ontworpen dat er zo'n 5 tot 6 keer per jaar wordt overgestort, maar uit praktijkervaringen blijkt dat de overstortfrequentie sterk uiteen loopt, van 0 keer per jaar tot meer dan 20 keer per jaar.

Opname in Oxy-val

Voor Oxy-val is de overstortgebeurtenis die jaarlijks optreedt opgenomen voor de directe, snelle zuurstofvraag en het totale jaarlijkse volume voor de langzaam afbreekbare fractie. De eenmalige effecten worden dan getoetst. Een $T=1$ overstorting is het overstortingsvolume met een herhalingstijd van een jaar. Het staat de gebruiker uiteraard vrij de effecten te bekijken van overstorten met andere herhalingstijden.¹ Wanneer er wordt gefocust op de effecten van de overstorting ligt het voor de hand om uit te gaan van de effecten bij een hogere herhalingstijd ($T > 1$). Dan moet er immers inzicht ontstaan in de worst-case-effecten. Als er echter wordt gefocust op de zuurstofhuishouding en de rol van verschillende bronnen hierin, ligt het voor de hand uit te gaan van een gemiddelde, frequent voorkomende situatie. Voor de andere bronnen wordt immers ook een zo realistisch mogelijke waarde gehanteerd.

In Oxy-val speelt zowel het overstortvolume als de vuilgraad bij $T=1$ een rol in het berekende effect. Voor de indirecte, langzame zuurstofvraag is het jaarvolume maatgevend.

Overstortingsvolume

De hoeveelheid water die door een overstortleiding naar het oppervlaktewater stroomt is afhankelijk van een flink aantal parameters, waaronder:

- het verharde oppervlak dat is aangesloten op het rioolbemaalingsgebied;
- het aantal overstorten in dat rioolbemaalingsgebied en de locatie in het stelsel (hoogte en toevoer);
- de diameters van de leidingen in het stelsel en kunstwerken in het stelsel zoals interne overstorten en stuwen (hydraulisch functioneren, waar stroomt het water heen);

¹ $T=2$, $T=5$ en $T=10$ zijn over het algemeen bekend vanuit basisrioleringsplannen (BRP's) of gemeentelijk rioleringsplannen (GRP's).

- de hoeveelheid water die het riool kan verwerken zonder tot overstorten te komen (berging en pompcapaciteit);
- de waterstand in oppervlaktewater (drempel al dan niet verdrongen);
- de vorm, breedte en hydraulische eigenschappen van de overstordrempel.

Een sterk versimpelde methode is om te rekenen met een standaardvolume (m^3) overstortwater per hectare aangesloten oppervlak. Deze methode geeft een goede benadering van het gemiddelde hoeveelheid overstortwater op regionaal niveau, maar wijkt op het niveau van individuele overstorten flink af.

Een voorbeeld: een stelsel met 50 ha aangesloten oppervlak heeft 2 rioolwateroverstorten. De ene overstort heeft een lage drempel (deze is gunstig gelegen in het watersysteem). De andere overstort heeft een hoge drempel. Deze overstort treedt pas in werking op het moment dat er bijna water-op-straat dreigt te ontstaan. Met een vuistregel wordt berekend dat beide overstorten het water van ca. 25 ha verhard oppervlak afvoeren. In de praktijk zal echter het water vooral via de eerste overstort afvoeren en nauwelijks via de tweede. Voor een Oxy-val is het dus van belang, dat er rekening wordt gehouden met ofwel een zo goed mogelijk berekend debiet (bijvoorbeeld op basis van een gevalideerd model) of een onzekerheidsmarge in de omvang van de lozing.

Opname in Oxy-val

Voor Oxy-val wordt uitgegaan van berekende en waar mogelijk van gemeten debieten. Deze zijn in veel gevallen wel voorhanden, bijvoorbeeld vanuit het BRP (basisrioleringsplan), GRP (gemeentelijk rioleringsplan) of gemeentelijk meetprogramma. Dat geldt voor zowel de piekdebieten ($T=1$ of hoger) als de jaarlijkse som.

Waar de debieten niet voorhanden zijn kan worden uitgegaan van een kental (m^3 per ha aangesloten oppervlak). Ook voor het aantal hectare aangesloten oppervlak zal een aanname gedaan moeten worden op het moment dat een bemalingsstelsel meerdere overstorten bevat en/of water uit andere bemalingsstelsels ontvangt.

Een algemeen gehanteerd kental voor het debiet is $84 \text{ m}^3/\text{ha}$ aangesloten oppervlak voor $T=1$ en gemengde stelsels. Voor het jaarvolume kan $305 \text{ m}^3/\text{ha}$ worden aangehouden.

Het debiet wordt vermenigvuldigd met de concentratie aan BZV, CZV en NH_4 (de vuilgraad) om de totale vracht te bepalen. Vervolgens worden beide verdeeld over vijf dagen, om het dagelijkse effect in de eerste dagen na een overstorting in te schatten.

Vuilgraad

Wanneer een (gemengd) riool tot overstorten komt, bevat dit riool vooral regenwater. Soms wordt gedacht dat het overstortwater daarom best schoon is. In de praktijk loopt de kwaliteit van het overstortwater echter sterk uiteen doordat in een droge periode het slib uit het afvalwater in de leidingen kan bezinken. De mate waarin dat gebeurt is afhankelijk van parameters, o.a. de helling van de leiding (stroomsnelheden) en het onderhoud van het stelsel. Wanneer het hard regent kan het slib weer opwoelen door de grotere stroomsnelheden in het stelsel. Ook het loskomen van de biofilm van de buiswand draagt bij aan de zuurstofvraag. Zo raakt het relatief schone hemelwater weer verontreinigd met materiaal uit het riool. De kwaliteit van overstortwater varieert daarom tussen stelsels. Omdat de neerslagintensiteit verschilt per bui en er tussen hevige buien droge periodes zijn van een wisselende lengte, varieert de kwaliteit van het overstortwater ook per bui.

Opname in Oxy-val

In de OXY-val wordt uitgegaan van een waarde gebaseerd op het gemiddelde uit de literatuur;

- $50 \text{ mg BZV}_5/\text{l}$;
- 180 mg CZV/l (dit leidt tot $130 \text{ mg O}_2/\text{l}$ dat wordt verdisconteerd via SZV in de tool);
- Een rendement van 45% voor bergbezinkvoorzieningen;
- $4 \text{ mg NH}_4\text{-N/l}$ voor overstorten met én zonder bergbezinkvoorziening.

4.4 DWA-nooduitlaat

Bij gescheiden stelsels wordt het hemelwater los van het afvalwater afgevoerd. Het afvalwater, ook wel droog-weer-afvoer (DWA) genoemd, wordt via een DWA-stelsel naar de zuivering getransporteerd. Soms gaat er echter iets mis bij de aanleg of bij aanpassingen van het stelsel. Het DWA-stelsel is daarom voorzien van nooduitlaten. Het is immers onwenselijk dat er bij calamiteiten water via huisaansluitingen uit het riool treedt. Bij een goed aangelegd stelsel treden deze nooduitlaten niet in werking. Het komt echter voor dat bij nieuwbouw of bij werkzaamheden per ongeluk verhard oppervlak op een DWA-stelsel wordt aangesloten. Kentallen over hoe vaak dit aan de orde is zijn niet beschikbaar. Desondanks komt dit in de praktijk regelmatig voor. De gemalen van het DWA-stelsel zijn niet ontworpen op de hoeveelheid water die bij neerslag in het DWA-stelsel terecht komt. Via de nooduitlaten wordt het water dan afgevoerd naar het oppervlaktewater.

Opname in Oxy-val

In Oxy-val kan op dezelfde wijze met nooduitlaten om worden gegaan als met reguliere overstorten. Voor de concentraties in DWA wordt voorgesteld te rekenen met 220 mg BZV/l en 600 mg CZV/l en 30 mg NH₄-N/l. Dit is gebaseerd op het gemiddelde in de metingen van influent van RWZI's.

4.5 RWZI-effluent

RWZI's lozen met een relatief constant debiet effluent op watergangen. Dit effluent is schoner dan rioolwater, maar bevat over het algemeen nog wel een vracht zuurstofverbruikende stoffen.

Het gehalte CZV en de omvang van de lozing zijn daarbij bepalend voor de effecten op het oppervlaktewater. Over het algemeen zijn deze concentraties en debieten goed bemeten op de RWZI's en daarmee inzichtelijk. Ook kan gebruik worden gemaakt van de Watson database van de emissieregistratie om een indruk te krijgen van de omvang van de lozing (debiet en concentratie) [ref. 5] wanneer meetgegevens niet direct voorhanden zijn.

Opname in OXY-val

De CZV- en BZV₅-gehalten zijn in RWZI-effluent meestal zeer stabiel: over het algemeen tussen 35 en 40 mg CZV/l en tussen 3 en 5 mg BZV₅/l. Deze waarden kunnen worden gehanteerd wanneer er geen andere informatie voorhanden is. Voor de langzaam afbreekbare fractie wordt bij RWZI-effluent, in tegenstelling tot de andere bronnen, niet verondersteld dat het BZV_u gelijk is aan het CZV. Het resterende deel van de zuurstofvraag in RWZI effluent is voor een groot deel immers materiaal dat biologisch niet goed afbreekbaar is (o.a. humuszuren). Aangenomen is dat ca. 20% van het RWZI effluent nog bestaat uit materiaal dat biologisch kan worden afgebroken (met een lage bezinksnelheid).

Het ammoniumgehalte in RWZI-effluent is sterk variabel, zowel per RWZI als door de tijd (ammonieumpieken). Als rekenconcentratie bij droog weer kan uit worden gegaan van 1 mg NH₄-N/l voor een normaal functionerende RWZI en 10 mg NH₄-N/l bij neerslag voor een RWZI waar niet op ammonium wordt gestuurd, dan wel waar incidenteel verhoogde concentraties voorkomen.

4.6 Hemelwaterafvoer

Afstromend hemelwater is relatief schoon (ten opzichte van bijvoorbeeld gemengd rioolwater) maar bevat desondanks wel zuurstofverbruikende stoffen. Mogelijke bronnen zijn onder andere foutaansluitingen in het (verbeterd) gescheiden stelsel, hondenpoep, bladval, ander straatvuil en lozingen op straatputjes. Een algemeen gehanteerd kental voor foutaansluitingen is dat 2% van de huishoudens fout is aangesloten en dat dus 2% van de totale BZV/CZV-vracht van de inwoners via de regenwaterriolen wordt geloosd.

De STOWA-regenwaterdatabase geeft op basis van metingen een concentratie van ca. 34 mg CZV/l met een range van ca. 30 mg/l boven en onder deze waarde. BZV₅-concentraties liggen rond 7 mg/l en NH₄-

concentraties rond 0,6 mg NH₄-N/l. De waarden lopen per stelsel zeer sterk uiteen. De gebruiker kan de default-concentratie aanpassen wanneer metingen of stelselkenmerken daar aanleiding toe geven.

Voor het debiet dat afkomstig is vanaf het hemelwaterstelsel is het aantal ha aangesloten verhard oppervlak en de inrichting van het stelsel van belang. Anders dan bij een rioolwateroverstort is de afvoer vanuit het gescheiden stelsel frequent; als het regent, wordt er water afgevoerd.

Opname in OXY-val

Voor het debiet wordt voorgesteld uit te gaan van een daggemiddelde, op basis van de daggemiddelde neerslag. Dat komt neer op circa 22 m³/ha per dag. Verdamping is hier niet in verdisconteerd. Wanneer wordt uitgegaan van een netto neerslag van 600 mm, is het debiet ca. 16 m³/ha per dag. In de tool kan het debiet zelf worden ingevuld en kan de gebruiker deze waarden berekenen op basis van de bovenstaande kentallen, wanneer er geen modellering of metingen voor handen zijn.

4.7 Septic tanks

Septic tanks zijn met name aanwezig in buitengebieden waar de afstand tot een rioolstelsel groot is. Hier wordt huishoudelijk afvalwater (geen regenwater) opgevangen in een voorziening (per huis) en op basis van bezinking en anaerobe afbraak enigszins gezuiverd voordat het naar oppervlaktewater wordt afgevoerd. Een septic tank is een IBA (individuele behandeling afvalwater), maar de term IBA wordt meestal gebruikt voor andere vormen van individuele afvalwaterbehandeling, waarbij hogere zuiveringsrendementen worden behaald dan met een septic tank.

Zuiveringsrendementen van septic tanks zijn sterk afhankelijk van het onderhoud. Een septic tank moet circa eens per 2 jaar worden gelegeerd. Ook is het van belang alleen milieuvriendelijke reinigingsmiddelen (vaatwasmiddelen, wasmiddel etc.) te gebruiken, omdat anders de biologische afbraak in de tank verstoord raakt. Over het algemeen wordt uitgegaan van een zuiveringsrendement tot 30 % voor CZV (op basis van bezinking). Uitgaande van een concentratie in huishoudelijk afvalwater van 720 mg CZV/l [ref. 6] betekent dit een concentratie in het effluent van de septic tank van 504 mg CZV/l. De wettelijke eis aan septic tanks is een maximale concentratie van 750 mg CZV/l in een verzamelmonster (bemonsterd over 24 uur).

Opname in Oxy-val

Voor het debiet uit een septic tank kan gebruik worden gemaakt van de gemiddelde afvalwaterproductie per persoon per dag in Nederland: 120 l/persoon/dag. Voor een huishouden van 4 personen komt dat neer op 0,5 m³/dag.

Voor de concentraties wordt uitgegaan van;

- 450 mg BZV₅/l;
- 750 mg BZV_u of CZV/l (dit betekent dat er 300 mg O₂/l wordt verdisconteerd via de bodem);
- 30 mg NH₄-N/l.

4.8 IBA's

Met IBA's worden individuele afvalwaterbehandelingsinstallaties bedoeld met een hoger zuiveringsrendement dan een septic tank door de inzet van aanvullende zuiveringstechnieken. Er zijn hier verschillende klassen in te onderscheiden. In klasse 2 wordt aanvullend CZV verwijderd. In de klassen 3A en 3B worden naast CZV ook aanvullend stikstof en fosfor verwijderd.

De wettelijke eisen aan het effluent uit IBA's zijn als volgt:

- 150 mg CZV/l in een verzamelmonster voor klasse 2;
- 100 mg CZV/l in een verzamelmonster voor klasse 3A en B.

In de praktijk worden meestal concentraties rond 70-130 mg CZV/l, 23 mg BZV/l en 43 mg NH₄-N/l aangetroffen [meetwaarden bij HHNK]. De meetwaarde bij HHNK lijkt voor specifiek NH₄-N niet representatief voor ervaringen elders.

Opname OXY-val

In OXY-val wordt uitgegaan van 0,5 m³/dag per IBA en een concentratie van 130 mg CZV/l, 23 mg BZV₅/l en 15 mg NH₄/l.

4.9 Bladval

Bladeren van bomen en vegetatie rondom de watergang kunnen een laag organisch materiaal op de bodem vormen. Dat materiaal breekt langzaam af, waarbij zuurstof wordt verbruikt. Op specifieke locaties waar dat in grote mate gebeurt kunnen daardoor lage zuurstofconcentraties ontstaan.

Van bomen in een zone van circa 10 meter rondom een watergang valt ongeveer 50% van de bladeren in het water [ref. 7]. Per vierkante meter struik/boomkruin valt er zo'n 20 tot 200 gram blad per jaar [ref. 8, 9]. Naaldbomen vallen naar verwachting in de onderste helft van deze range, loofbomen in de bovenste helft. In een 60 jaar oud, gemengd loofbos werd met behulp van 'litter traps' een gemiddelde bladval bepaald van 355 g/m²/jaar. Daarbij kwam gemiddeld nog circa 200 g/m²/jaar aan takken, twijgen en zaden [ref. 10]. De kentallen variëren dus nogal. Voorgesteld wordt om uit te gaan van een waarde van respectievelijk 100 en 300 gram bladval per vierkante meter per jaar voor naald- en loofbos; 50% daarvan komt in het water terecht (50 en 150 g/m²/jaar).

Het zuurstofverbruik per gram organisch materiaal is ongeveer 1 gram O₂. De afbraaksnelheid van bladeren is lastiger te kwantificeren. Blad heeft een lange afbraaktijd, die onder andere wordt beïnvloed door temperatuur en de dikte van de bladlaag. Daarnaast maakt het moment (de tijd in het jaar) waarop het blad in het water terecht komt ook verschil. Dit verschilt per soort. In situaties waar blad een probleem vormt voor de zuurstofhuishouding is vaak een dikke slib- en/of bladlaag op de bodem opgebouwd met (vooral in het zomerhalfjaar) een vrijwel constante grote zuurstofvraag. Daarom wordt er in de tool van uitgegaan dat de vracht van bladval geheel is toe te kennen aan de langzaam afbrekende fractie.

Opname in Oxy-val

Voor Oxy-val wordt voorgesteld de opgave van bladval te doen in vierkante meter oever bedekt met bomen, in een straal van 10 meter rondom de watergang.

De zuurstofvraag is ca. 50 gram O₂/jaar/m² boomkruin voor naaldbomen en ca. 150 gram O₂/jaar/m² boomkruin voor loofbomen of ca. 137 mg/dag/m² boomkruin voor naaldbomen en ca. 411 mg/dag/m² boomkruin voor loofbomen per vierkante meter oever bedekt met bomen of struiken.

Er is ook een tool (het 'bladvalmodel') beschikbaar waarmee de hoeveelheid bladval in meer detail kan worden berekend, op basis van parameters zoals de grootte van de bomen. De uitkomsten van deze tool worden uitgedrukt in kg/m² water per jaar, terwijl Oxy-val rekent met m² boomkruin. Wanneer er resultaten van het bladvalmodel beschikbaar zijn, kunnen deze als 'eigen' bron in de tool worden opgenomen. Alternatief is om ze om te rekenen naar het equivalent in m² boomkruin, dus door de uitkomsten van het bladvalmodel (kg/m²) te delen door aantal m² boomkruin dat 1 kg blad oplevert. Die laatste factor is 20 m² voor naaldbomen (=1000/20) en 6,67 m² voor loofbomen (=1000/150).

4.10 Hondenpoep

Hondenpoep vormt in met name dichtbevolkt stedelijk gebied nog regelmatig een probleem voor de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater. Het inschatten van de hoeveelheid zuurstofvraag die door hondenpoep in het water terecht komt is echter complex.

Voor Oxy-val stellen we voor uit te gaan van een methode waarbij een classificatie wordt gegeven op basis van geen, een lage, gemiddelde of hoge intensiteit van onopgeruimde hondenpoep op de oevers van watergangen. Voor de klassegrenzen worden de volgende voorgesteld:

- klasse geen: er worden geen uitwerpselen van honden op de oevers aangetroffen;
- klasse laag: in een zone van 10 meter uit de oever worden per 100 meter oeverlengte gemiddeld 0-2 uitwerpselen van honden aangetroffen;
- klasse midden: in een zone van 10 meter uit de oever worden per 100 meter oeverlengte gemiddeld 3-9 uitwerpselen aangetroffen;
- klasse hoog: in een zone van 10 meter uit de oever worden per 100 meter oeverlengte gemiddeld 10-20 uitwerpselen aangetroffen.

De volgende aannames worden gebruikt voor de berekening van de zuurstofvraag:

- gemiddeld blijft de hondenpoep ongeveer een maand op de oever liggen. De jaarlijkse hoeveelheid hondenpoep is daarmee 12 maal hoger dan in de bovenstaande klassen weergegeven;
- ca. 25 % van de uitwerpselen op de oever komt uiteindelijk in oppervlaktewater terecht;
- hondenpoep weegt gemiddeld ca. 100 gram;
- de afbraak van 1 gram organisch materiaal kost 1 gram zuurstof.

Opname in Oxy-val

De belasting op het oppervlaktewater voor de bovengenoemde klassen is als volgt:

- klasse geen: 0 mg BZV_w/jaar;
- klasse laag: 0-600 g BZV_w/100 meter oever/jaar (0-1,6 g BZV_w/100 meter oever/dag);
- klasse midden: 900-2700 g BZV_w/100 meter oever/jaar (2,5-7,4 g BZV_w/100 meter oever/dag);
- klasse hoog: 3-6 kg BZV_w/100 meter oever/jaar (8,2 - 16,4 g BZV_w/100 meter oever/dag).

Verder wordt de aanname gedaan dat van de totale zuurstofvraag (BZV_w) ca. 50% snel afbreekbaar is en ca. 50 % langzaam afbreekbaar. Ammonium zal pas vrijkomen op het moment dat de uitwerpselen afbreken, wat ten dele al op de oevers plaatsvindt (hondenpoep bevat voor afbraak geen ammonium). Omdat hier geen goede aanname voor kan worden gedaan, wordt de zuurstofvraag nu volledig via BZV verrekend.

4.11 Watervogels

Over het algemeen vormen watervogels geen probleem voor de zuurstofhuishouding. In een 'natuurlijk' watersysteem voegen uitwerpselen van vogels wel organisch materiaal aan het water toe, maar doordat vogels ook foerageren is de netto-belasting op het watersysteem nihil. In specifieke situaties zorgen watervogels echter wel voor een verstoring van de zuurstofhuishouding in oppervlaktewater, zoals de onderstaande twee scenario's:

- er verblijven in het watersysteem grote hoeveelheden watervogels die in een ander gebied foerageren. Denk bijvoorbeeld aan een grote groep ganzen die tijdens de trek enige tijd in een waterplas verblijven;
- de eenden in het watersysteem worden gevoerd. In sommige stedelijke gebieden kan de belasting op het watersysteem sterk oplopen wanneer eenden in grote mate worden gevoerd.

Watervogels zoals eenden ontlasten zich over het algemeen in het water. Andere vogels doen dat op de oever, waarna het organische materiaal alsnog in het oppervlaktewater terecht kan komen na een regenbui.

De hoeveelheid organisch materiaal die een eend of andere watervogel aan het oppervlaktewater toe kan voegen, is niet goed bekend. Daarom worden een aantal aannames gedaan om deze belasting te kwantificeren:

- de hoeveelheid uitwerpselen die per eend (of andere watervogel) in het oppervlaktewater terecht kan komen is ca. 50 gram per dag (gebaseerd op de voedselinname van eenden);

- wanneer er eenden worden gevoerd, wordt aangenomen dat per eend in het watersysteem ca. 2-10 sneetjes brood per dag aan het water wordt toegevoegd (lage-hoge intensiteit).¹ Een sneetje brood weegt ca. 35 gram. Aangenomen wordt dat ca. 50% van dit brood niet wordt opgegeten, maar naar de bodem bezinkt of op de oevers blijft liggen.

Opname in Oxy-val

Voor Oxy-val wordt net als bij honden gewerkt met klassen, gebaseerd op:

- het aantal watervogels dat voedsel uit een externe bron ontvangt (voeren, elders foerageren);
- de intensiteit waarmee wordt gevoerd (niet, laag, midden of hoog).²

Wanneer niet wordt gevoerd en watervogels niet buiten het watersysteem foerageren wordt aangenomen dat er netto geen organisch materiaal aan het water wordt toegevoegd.

Voor een lage intensiteit van voeren wordt uitgegaan van 10 gram uitwerpselen per eend (overeenkomstig 10 gram BZV_u/dag/eend) en daarnaast per eend per dag 1 snee brood die in het watersysteem bezinkt (35 gram BZV_u/dag/eend). Daarmee is de totale belasting op het watersysteem 45 gram BZV_u/dag/eend. Hierbij wordt de aanname gedaan dat ca. 15 gram snel afbrekend materiaal is en ca. 30 gram langzaam afbrekend materiaal.

Voor een midden-intensiteit wordt uitgegaan van 30 gram uitwerpselen per eend en 4 sneetjes brood die in het watersysteem bezinken. Daarmee is de totale belasting op het watersysteem 170 gram BZV_u/dag/eend. Hierbij wordt de aanname gedaan dat ca. 40 gram snel afbrekend materiaal is en ca. 130 gram langzaam afbrekend materiaal.

Voor een hoge intensiteit wordt uitgegaan van 50 gram uitwerpselen per eend en 10 sneetjes brood die in het watersysteem bezinken. Daarmee is de totale belasting op het watersysteem 380 gram BZV_u/dag/eend. Hierbij wordt de aanname gedaan dat ca. 80 gram snel afbrekend materiaal is en ca. 300 gram langzaam afbrekend materiaal.

Uitwerpselen van vogels bevatten geen ammonium, wel urinezuur. Urinezuur is een (zeer snel afbreekbare) koolstofverbinding en kan daarmee onder BZV₅ worden geschaard.

Er is ook een model beschikbaar voor berekeningen rondom watervogels [ref. 19] welke de N- en P-belasting van watervogels berekend. De gebruiker kan de bovengenoemde aannames ook overschrijven met een nauwkeuriger berekende waarde op basis van deze tool.

4.12 Lokvoer (vissen)

Sport vissers gebruiken soms lokvoer bij het vissen. Lokvoer bestaat uit organisch materiaal in verschillende samenstellingen. Over het algemeen is de bijdrage van lokvoer aan de totale vracht in het watersysteem niet zo groot. Op specifieke locaties waar veel wordt gevisst kunnen door de intensiteit wel knelpunten in de zuurstofhuishouding ontstaan.

Van de sport vissers gebruikt ca. 60% lokvoer. Per sportvisser die lokvoer gebruikt, wordt gemiddeld 1 kg per persoon per visdag gebruikt, zo blijkt uit onderzoek van sportvisserij Nederland [ref. 11].

Opname in Oxy-val

Om de benadering in Oxy-val eenvoudig te houden wordt uitgegaan van het gemiddelde aantal vissers per dag (in te schatten door de gebruiker). Uiteraard zal het aantal vissers per dag variëren en daarmee ook de

¹ Kentallen over de hoeveelheid brood die wordt gevoerd zijn niet beschikbaar. In de praktijk varieert dit sterk. Soms worden er enkele sneetjes brood gevoerd, maar er zijn ook tal van voorbeelden waar hele broden op de oevers van watergangen worden aangetroffen.

² Hier dient dan ook het elders foerageren in verdisconteerd te worden wanneer hier sprake van is.

organische belasting. De belasting op het watersysteem is dan 1 kg BZV/visser/dag. Daarvan wordt aangenomen dat ca. 10% snel afbreekbaar is en ca. 90% langzaam afbrekend.

Hoeveel lokvoer een visser gebruik is uiteraard sterk afhankelijk van het type vis waarop wordt gevestigd en persoonlijke voorkeuren. Er zijn verhalen bekend van het uitvaren van lokvoer met bootjes voor aanvang van een viswedstrijd, maar er zijn ook vissers die géén lokvoer inzetten. In Oxy-val kan de gebruiker deze onzekerheden beschouwen door het aantal vissers dat wordt ingevoerd te variëren.

4.13 Mest

Met name in kleinere sloten in het landelijk gebied worden regelmatig lage zuurstofconcentraties gemeten als gevolg van de afspoeling van mest in het watersysteem.

In Nederland geldt momenteel een gebruiksnorm van 170 kg stikstof/ha landbouwgrond per jaar [RVO, ref. 12]. Omgerekend betekent dit ca. 28300 kg verse mest/ha landbouwgrond/jaar [ref. 12]. Deze mest is bedoeld voor opname in de bodem/in het gewas. Desondanks spoelt er wel een deel van mest uit naar het oppervlaktewater. De mate waarin dat gebeurt, is afhankelijk van onder andere het bodemtype (doorlatendheid), de weersomstandigheden (neerslagintensiteit, vorst of droogte voorafgaand aan de bui), de timing van de bemesting (in het groeiseizoen en ten opzichte van de meteorologische omstandigheden), het type mest, de slootafstanden, maatregelen die al zijn genomen om mestuitspoeling tegen te gaan (zoals bufferstroken), etc.

Opname in Oxy-val

Om de tool werkbaar te houden wordt ook hier uitgegaan van een classificering. De klassen zijn afgeleid uit een Alterra-rapport [ref. 13]: 2% voor een lage mestuitspoeling, 5% voor een gemiddelde mestuitspoeling en 10% voor een hoge mestuitspoeling. Uitgaande van $0,1 \times 1$ gram BZV per gram mest is de belasting bij deze intensiteiten als volgt:¹

- geen;
- klasse laag: 0,031 gram BZV_w/m² landbouwgrond/dag;
- klasse midden: 0,071 gram BZV_w/m² landbouwgrond/dag;
- klasse hoog: 0,142 gram BZV_w/m² landbouwgrond/dag.

De gebruiker van Oxy-val zal dus ook een aantal m² landbouwgrond moeten invullen in de tool.

Voor de verdeling in een langzaam afbrekende en snel afbrekende fractie wordt ook hier uitgegaan van een verdeling van 50%. Het ammoniumgehalte ligt op basis van [ref. 5] op ca. 5 gram NH₄-N per kg drijfmest (natgewicht). Voor ammonium kunnen dan de volgens gehalten worden aangehouden:

- geen;
- klasse laag: 0,0016 gram NH₄-N/m² landbouwgrond/dag;
- klasse laag: 0,0039 gram NH₄-N/m² landbouwgrond/dag;
- klasse laag: 0,0079 gram NH₄-N/m² landbouwgrond/dag.

NB! Voor opname in de tool is gekozen voor de verdeling van de belasting over het zomerhalfjaar (voor de overige bronnen is het zomerhalfjaar de meest kritische periode). Dan vindt ook de meeste bemesting plaats. De uitspoeling van meststoffen is echter het grootst in het natte winterhalfjaar. Dan vindt er ook vooral een hoge uitspoeling van NH₄ plaats, wat een directe zuurstofvraag heeft in het oppervlaktewater. Verder zal het water dat uit de percelen komt van zichzelf een laag zuurstofgehalte hebben. Vaak worden in het polderwater van landbouwgebieden dan ook juist in de winter lage zuurstof- en hoge ammoniumgehalten waargenomen. Om dit te berekenen moet de uitspoeling van ammonium in de winter in de tool als extra bron worden opgevoerd (en de temperatuur worden aangepast, omdat nitrificatie sterk temperatuur gestuurd is).

¹ Deze vermenigvuldiging met 0,1 is bedoeld om te compenseren voor de hoeveelheid vocht in drijfmest die in het oppervlaktewater terecht komt [ref. 14] en het feit dat er bemest wordt in het zomerhalfjaar.

4.14 Industriële lozingen

Wanneer industrieel afvalwater op het watersysteem wordt geloosd, ontstaat soms ook een zuurstofvraag. Denk bijvoorbeeld aan de zuivelindustrie en mestverwerkers. Er kan onderscheid worden gemaakt in een zuurstofvraag vanuit de chemische stoffen in het lozingswater (hier wordt hier verder niet op ingegaan) en vanuit de organische stoffen in de lozing. De tool moet niet worden gezien als beoordelingsinstrument voor dergelijke lozingen. Enerzijds is het instrument daarvoor te grof en anderzijds zijn vanuit beleid al diverse instrumenten, waarmee een dergelijke lozing wordt beoordeeld (emissie-eisen, BBT etc.). Een industriële lozing kan in specifieke watersystemen echter wel bijdragen aan zuurstofproblematiek en daarom is het wenselijk deze in de tool op te nemen.

De hoeveelheid organisch materiaal (uitgedrukt als zuurstofvraag) en het debiet van een dergelijke lozing is over het algemeen al bekend vanuit vergunningen (grenswaarde) of gerapporteerde werkelijke emissies (meetwaarden). Deze lozingen kunnen daarom ook als 'overige bronnen' meegenomen worden in de tool.

4.15 Veenafbraak

In veengebieden kan onder invloed van onder andere sulfaat afbraak in de bodem plaatsvinden van het veen. Veenafbraak gebeurt veelal onder anaerobe omstandigheden en daardoor wordt er weinig tot geen zuurstof verbruikt in dit proces. Bij de afbraak van veen worden echter humuszuren gevormd. Humuszuren zijn organische zuren die zich ontwikkelen in humus doordat er niet voldoende zuurstof beschikbaar is om het organische materiaal geheel af te breken. De uitspoeling van humuszuren naar oppervlaktewater is een bekend proces in veengebieden. Naar verwachting zorgt de uitspoeling van humuszuren naar oppervlaktewater voor een sedimentzuurstofvraag (een deel zal ook in het geheel niet afbreken, afhankelijk van de omstandigheden in het watersysteem). Wanneer veenafbraak aan de orde is, kan de gebruiker dit verdisconteren door dit als extra bron voor SZV op te geven.

REFERENTIES

- 1 Knelpuntenbeoordelingsmethode waterkwaliteitsspoor overstorten, STOWA, 2010-17;
- 2 Het denkstappenmodel, handreiking voor de aanpak van vraagstukken over stedelijk water, STOWA en stichting RIONED, 2014;
- 3 https://www.riool.net/1511/traditionele-benadering-berging-pompovercapaciteit-en-overstortingsfrequentie?p_auth=oA4RbMJ4&p_p_id=irionSearch_WAR_rioolnettriplestoreportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=4&irionSearch_WAR_rioolnettriplestoreportlet_action=searchQuestionAction
- 4 <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/hoe-vaak-komt-extreme-neerslag-zoals-op-28-juli-tegenwoordig-voor-en-is-dat-anders-dan-vroeger>
- 5 Watson database emissieregistratie, <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/wsn/selection.aspx?sel=selection>
- 6 Het effect van afkoppelen op de RWZI, STOWA, 2008-14;
- 7 Jonard, M.; Andre, F.; Ponette, Q. 2006. 'Modelling leaf dispersal in mixed hardwood forests using a ballistic approach.' *Ecology* 87(9):2306–2318.
- 8 Alterra report 1700: Schoumans, O.F.; Groenendijk, P.; Renaud, L.; Bolt, F.J.E. v.d. 2008. 'Nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater - Vergelijking tussen landbouw- en natuurgebieden.' Wageningen, Alterra, Alterra-report 1700. 36p.
- 9 e la Riva EG, Olmo M, Poorter H, Ubers JL, Villar R (2016) Leaf Mass per Area (LMA) and Its Relationship with Leaf Structure and Anatomy in 34 Mediterranean Woody Species along a Water Availability Gradient. *PLoS ONE* 11(2): e0148788. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148788>
- 10 Staelens, Nachtergale, De Schrijver, Vanhellemont, Wuyts, et al.. Spatio-temporal litterfall dynamics in a 60-year-old mixed deciduous forest. *Annals of Forest Science*, Springer Verlag/EDP Sciences, 2011, 68 (1), pp.89-98.
- 11 Invloed lokvoer op waterkwaliteit, sportvisserij Nederland, 2009;
- 12 <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/gebruiksnormen/dierlijke-mest>
- 13 Fecale belasting van oppervlaktewater door af- en uitspoeling van mest (tweede, herziene versie), Alterra, 2005;
- 14 Oppervlakkige afspoeling op landbouwgronden. Bemestingstool: een instrument ter voorkoming van incidentele nutriëntenverliezen door oppervlakkige afvoer, Alterra, 2012;
- 15 <http://www.eurolab.nl/meststof-organisch-v.htm>, geraadpleegd 8 februari 2018;
- 16 TEWOR voor DUFLOW en SOBEK, Uniformering waterkwaliteitsprocessen en - coëfficiënten, STOWA, 2004;
- 17 Een Ecologisch Toetsinstrument voor beoordeling van het effect van piekbelasting uit rioolwaterzuivering en riooloverstorten op de rivier de Dommel (Geupdate versie 2015)';
- 18 <http://onlinecalc.sdsu.edu/onlinedo.php>.
- 19 <https://nioo.knaw.nl/nl/news/kwantitatieve-bepaling-van-de-aanvoer-van-voedingsstoffen-door-watervogels-zoetwaterhabitats>

Bijlage(n)

BIJLAGE: MACROFAUNA

De aquatische macrofauna is een veel gebruikte soortgroep voor de beoordeling van de biologische waterkwaliteit, in het bijzonder in stromende wateren, maar ook in stilstaande wateren. Traditioneel werd macrofauna veel gebruikt bij het beoordelen van de saprobiegraad van wateren (Grieks: sapros = verrot). Hiermee wordt de hoeveelheid (afbreekbaar) organische stof in oppervlaktewater aangeduid. Ook voor diatomeeën zijn saprobie-indices ontwikkeld. Het voordeel van macrofauna is dat deze tot op zekere hoogte in het veld op naam te brengen is, in tegenstelling tot de diatomeeën. Daarom is overwogen een eenvoudige quick scan voor macrofauna te ontwikkelen, als aanvulling op de veldwaarnemingen. Uiteindelijk is besloten om de focus te leggen op de verdere uitwerking van de Exceltool en de daarbij behorende kentallen. Dit geeft meer handvatten voor een kwantitatieve analyse van de sleutelfactor in relatie tot het watersysteem, en daarmee handvatten voor de knelpuntenanalyse, bronnenanalyse en maatregelen.

Dat wil niet zeggen dat een beoordeling van de macrofauna geen meerwaarde kan hebben. Het wordt echter nu niet verder uitgewerkt binnen de ESF organische belasting. Volstaan wordt met een korte verwijzing naar bestaande systemen en enkele overwegingen bij de toepassing daarvan.

Bestaande beoordelingssystemen

Er bestaan diverse Nederlandse beoordelingssystemen voor de aquatische macrofauna. In het kader van de uitwerking van de ESF organische belasting zijn de onderstaande drie het meest relevant:

- 1 K12345 (of K135) index. Deze index is oorspronkelijk (door Moller Pilot) ontwikkeld om de vervuilingsgraad van de Noord-Brabantse beken te beoordelen. De index beoordeelt voornamelijk organische belasting en vereist het determineren van de macrofauna tot op soort- of genusniveau. De index is niet zonder meer in het veld toe te passen, maar vereist determinatie in het lab;
- 2 KRW QuickScan macrofauna 'overige wateren'. Om de kosten van de monitoring van de 'overige wateren' te reduceren, hebben Alterra en Waterschap Rivierenland de 'KRW QuickScan macrofauna' ontwikkeld. Met deze methode kan een monster – door een ervaren hydrobioloog - zeer snel in het veld worden uitgezocht en gedetermineerd. Een simpele beoordeling van de monsters geeft een resultaat dat vergelijkbaar is met de score op de KRW-maatlat. Met de KRW QuickScan macrofauna kan tot 85% op de kosten van deze monitoring worden bespaard;
- 3 Praktisch Ecologisch Beoordelingssysteem voor (Amsterdamse) Stadswateren (PEBS). Onderdeel van dit systeem is de aquatische macrofauna. De beoordeling van de macrofauna volgens PEBS speelt in op de wijze waarop groepen macrofauna hun zuurstofbehoefte dekken en omgaan met schommelingen in het zuurstofgehalte van het water. De beoordeling is een combinatie van het aantal gevonden macrofaunagroepen en een wegingsfactor die aan een bepaalde groep is toegekend. De wegingsfactor die wordt gehanteerd is afhankelijk van de gevoeligheid van een macrofaunagroep voor verstoring, met name verstoring van de zuurstofhuishouding.

Toepassing voor de ESF organische belasting

Om een oordeel te geven over de zuurstofhuishouding kunnen bovenstaande (en mogelijk andere) systemen kunnen in het veld of op reeds beschikbare monitoringsdata worden toegepast. De vraag is in hoeverre dit aanvullende informatie oplevert. Hierbij spelen de volgende overwegingen een rol:

- macrofauna reageert op de zuurstofhuishouding en op de beschikbaarheid van voedsel (organisch materiaal en detritus). Naar verwachting is de herkomst hiervan niet onderscheidend. Wanneer de macrofauna een verstoorde zuurstofhuishouding indiceert, weten we nog niet waar dat vandaan komt.

Met andere woorden: macrofauna is mogelijk niet onderscheidend tussen de ESF productiviteit water en de ESF organische belasting. De vraag is dan ook wat deze beoordeling toevoegt;

- uitgaande van een beoordeling op (uitsluitend) in het veld herkenbare soorten, betekent dit dat er informatie verloren gaat. Daarbij maakt het uit of een ervaren hydrobioloog het veldwerk uitvoert, of dat het door een bredere groep van gebruikers toepasbaar moet zijn;
- de werking van saprobie-indices wordt weleens ter discussie gesteld. Zo is het bemonsterde habitat sterk bepalend. Vaak wordt een mengmonster gemaakt van de oever en het open water, waarbij de meeste (en meest interessante) individuen worden aangetroffen in de oever. Dit terwijl juist in het open water (slib) het effect van de organische belasting zichtbaar is. Aan de andere kant is de macrofauna bij uitstek geschikt om een beeld te geven van de situatie over een langere periode. Dat is een meerwaarde ten opzichte van losse fysisch-chemische metingen.



BIJLAGE: HANDLEIDING OXY-VAL

In het kader van de ecologische sleutelfactoren voor stilstaande en voor stromende wateren is een Exceltool ontwikkeld waarmee het effect van organische belasting op de zuurstofhuishouding in een watersysteem kan worden berekend. In deze handleiding wordt uitgelegd hoe de tool Oxy-val is ingericht, hoe deze kan worden ingevuld en hoe de output geïnterpreteerd dient te worden.

II.1 Inrichting

Oxy-val is een in Microsoft Excel ontwikkelde tool. Sommige tabbladen zijn beveiligd, zodat niet alle cellen gewijzigd kunnen worden. Dit is gedaan om te voorkomen dat per ongeluk een wijziging wordt doorgevoerd die de werking van de tool verstoort. Deze beveiliging is echter zonder wachtwoord op te heffen.¹

Globaal is de opzet van de tool als volgt (zie afbeelding II.1):

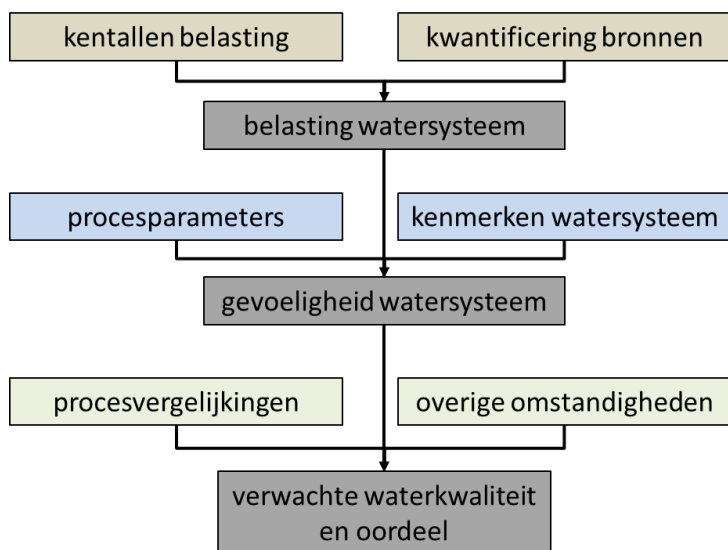
- 1 de eerste stap is het in beeld brengen van de belasting met zuurstofvragende stoffen. Dit wordt gedaan door het kwantificeren van de aanwezige bronnen in combinatie met kentallen voor de belasting;
- 2 de volgende stap is het in beeld brengen van de kenmerken van het watersysteem. Deze zijn bepalend voor de gevoeligheid voor organische belasting. Van belang zijn de wateraanvoer en stroming, de mate van beschutting (windinvloed), maar ook waterdiepte, oppervlak en drijfslagen. Deze factoren zijn bepalend voor de zuurstofinbreng vanuit de lucht (reaeratie) en de mate van verversing;
- 3 in de volgende stap worden de verzamelde gegevens gebruikt om de relevante processen te modelleren (zuurstofvraag door afbraak van BZV, en ammonium, SZV, reaeratie en verversing). Daarbij zijn specifieke omstandigheden, zoals de temperatuur nog van belang. Voor het uiteindelijke oordeel is ook de waarde van het 'minimaal toelaatbare zuurstofgehalte' van belang. Dit is waar de uitkomst van de tool uiteindelijk aan wordt getoetst.

In het invulblad van de tool komen deze onderdelen achtereenvolgens terug in de blokken (zie ook afbeelding II.2 en II.3):

- belasting watersysteem;
- morfologie watersysteem;
- hydrologie;
- reaeratie;
- kwaliteit aanvoerwater;
- deelberekeningen waterkwaliteit;
- oordeel voorwaarden.

¹ In Excel 365 kan dit door in het tabblad "controleren" op de optie "Beveiliging blad opheffen" te klikken.




Afbeelding II.1 Schematische weergave van de opzet van Oxy-val.



Hieronder worden de belangrijkste tabbladen van het Excelbestand besproken.

Invulblad

In dit tabblad kunnen voor 12 watersystemen de eigenschappen worden ingevoerd. Er is onderscheid gemaakt in de 'voorwaarden' (belastingen en kenmerken van het watersysteem) en de 'toestand' (meetwaarden van de actuele waterkwaliteit). Het tabblad bevat drie type cellen:

- : deze cellen dienen zoveel mogelijk te worden ingevuld. Voor wat betreft de kenmerken van de wateren geldt dat ze volledig gevuld moeten zijn, alvorens er een berekening kan worden gedaan. Voor wat betreft de bronnen geldt dat ze worden ingevuld voor zover ze daadwerkelijk van toepassing zijn.
- : in deze cellen kunnen optioneel getallen worden ingevoerd. Er is onderscheid in lege cellen (wateroppervlak en wateraanvoer) en cellen met vooraf ingevulde defaultwaarden (bijv. temperatuur).
- : deze cellen bevatten automatisch berekende waarden en dienen dus niet handmatig gevuld te worden.

In rij 6 dient de laagst toelaatbare zuurstofconcentratie te worden ingevoerd. Default staat deze op 5 mg/l.

In het onderdeel 'voorwaarden' (rij 9 t/m 99) kan voor elke bron de omvang worden ingevuld in de eenheid zoals die in kolom E staat vermeldt (zie figuur 2). Oxy-val vermenigvuldigt deze omvang met de kentallen die in de kolommen G t/m I zijn ingevuld. Indien er gebiedsspecifieke kentallen bekend zijn kunnen deze in het tabblad **kentallen** worden ingevuld. De default-kentallen zijn onderbouwd in hoofdstuk 4 van dit achtergronddocument. LET OP: Het is niet mogelijk om de kentallen per watersysteem te variëren.

Naast de bronnen dienen ook de watersysteemkenmerken te worden ingevuld (zie afbeelding II.3).

In de onderste rijen wordt de berekende waterkwaliteit (BZV-, ammonium- en zuurstofconcentraties) gepresenteerd en wordt het risico op het overschrijden van de zuurstofnorm beoordeeld. Daarbij wordt de hoogte van de organische belasting en de gevoeligheid van het watersysteem voor organische belasting beoordeeld in de klasse laag, matig of hoog.

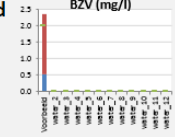
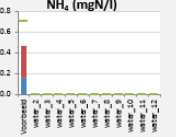
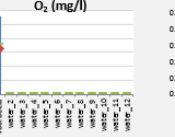
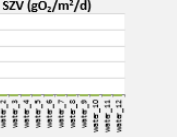
Afbeelding II.2 Schermafbeelding bovenste deel van het tabblad 'Invalblad'

OXY-VAL V1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
uitgangspunten <div> <div>Naam watersysteem en minimum</div> <div> <div>Voorbeeld</div> <div>water_2</div> <div>water_3</div> </div> </div>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
kies hier het laagst toelaatbare zuurstofgehalte in mg/l (default = 5 mg/l)----->																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
globale analyse																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
voorwaarden																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
belasting watersysteem																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>bronnen - piekbelastingen</th> <th>eenheid</th> <th>toelichting</th> <th>BZV-snel afbreekbare fractie in gO2 per eenheid per dag</th> <th>NH4 in gN per eenheid per dag</th> <th>BZV-langzaam afbreekbare fractie in gO2 per eenheid per dag</th> <th>sedimentatiesnelheid langzaam afbreekbare fractie (m/d)</th> <th>Voorbeeld</th> <th>water_2</th> <th>water_3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>overstort gemengd stelsel</td> <td>m³ bij T=1</td> <td>directe O₂-vraag bij T=1, zie opm</td> <td>10</td> <td>0.8</td> <td>nvt</td> <td>nvt</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>m³/jaar</td> <td>SZV o.b.v. jaarvracht, zie opm</td> <td>nvt</td> <td>nvt</td> <td>0.4</td> <td>30</td> <td>500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>overstort gemengd stelsel+BB-basin</td> <td>m³ bij T=1</td> <td>directe O₂-vraag bij T=1, zie opm</td> <td>6</td> <td>0.8</td> <td>nvt</td> <td>nvt</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>m³/jaar</td> <td>SZV o.b.v. jaarvracht, zie opm</td> <td>nvt</td> <td>nvt</td> <td>0.2</td> <td>30</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DWA-nooduitlaat</td> <td>m³ bij T=1</td> <td>directe O₂-vraag bij T=1, zie opm</td> <td>44</td> <td>6.0</td> <td>nvt</td> <td>nvt</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>m³/jaar</td> <td>SZV o.b.v. jaarvracht, zie opm</td> <td>nvt</td> <td>nvt</td> <td>1.0</td> <td>30</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10">bronnen - continu</td> </tr> <tr> <td>RWZI effluent</td> <td>m³/dag</td> <td>zie opmerking</td> <td>4</td> <td>1.0</td> <td>6</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>hemelwaterafvoer</td> <td>m³/dag</td> <td>zie opmerking</td> <td>4</td> <td>1.0</td> <td>33</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>septic tanks</td> <td>aantal</td> <td>zie opmerking</td> <td>225</td> <td>15.0</td> <td>150</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>IBA's</td> <td>aantal</td> <td>zie opmerking</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>54</td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>bladval loofbomen</td> <td>m³ boomkruin</td> <td>zie opmerking</td> <td>0.0</td> <td>0</td> <td>0.4</td> <td>100</td> <td>1000</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>bladval naaldbomen</td> <td>m³ boomkruin</td> <td>zie opmerking</td> <td>0.0</td> <td>0</td> <td>0.1</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>hondenpoep</td> <td>aantal m oeverlengte</td> <td>intensiteit laag</td> <td>0.004</td> <td>0</td> <td>0.004</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>intensiteit matig</td> <td>0.025</td> <td>0</td> <td>0.025</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>intensiteit hoog</td> <td>0.063</td> <td>0</td> <td>0.063</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>voeren vogels</td> <td>aantal eenden</td> <td>intensiteit laag</td> <td>15</td> <td>0</td> <td>30</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>intensiteit matig</td> <td>40</td> <td>0</td> <td>130</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>intensiteit hoog</td> <td>80</td> <td>0</td> <td>300</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>lokvoer vissen</td> <td>aantal vissers</td> <td>zie opmerking</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>900</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>afspoeling mest</td> <td>aantal m²</td> <td>intensiteit laag</td> <td>0.02</td> <td>0.00</td> <td>0.02</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>(bij voorkeur toepassen op peilvak / polderniveau)</td> <td>landbouwgrond</td> <td>intensiteit matig</td> <td>0.04</td> <td>0.00</td> <td>0.04</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>intensiteit hoog</td> <td>0.07</td> <td>0.01</td> <td>0.07</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>overige bron1</td> <td>eigen eenheid</td> <td>vul eigen kentallen in --></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>overige bron2</td> <td>eigen eenheid</td> <td>vul eigen kentallen in --></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>overige bron3</td> <td>eigen eenheid</td> <td>vul eigen kentallen in --></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>overige bron4</td> <td>eigen eenheid</td> <td>vul eigen kentallen in --></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10">deelberekeningen belasting externe bronnen (zonder aanvoerwater)</td> </tr> <tr> <td>bronnen --> BZV-fijne fractie</td> <td>gBZV/m²/dag</td> <td colspan="5"> </td> <td colspan="3"> NB! Pas na invoer van de morfologie </td> </tr> <tr> <td>bronnen --> NH₄-N</td> <td>gN / m²/dag</td> <td colspan="5"></td> <td colspan="3">0.64</td> </tr> <tr> <td>bronnen --> BZV-grove fractie</td> <td>gBZV/m²/dag</td> <td colspan="5"></td> <td colspan="3">0.06</td> </tr> <tr> <td colspan="10">deelberekeningen sedimentzuurstofverbruik</td> </tr> <tr> <td>sedimentatiesnelheid grove fractie BZV</td> <td>m/d</td> <td colspan="5"></td> <td colspan="3">67</td> </tr> <tr> <td>deel grove fractie bezonken</td> <td>(0-1)</td> <td colspan="5"></td> <td colspan="3">1.00</td> </tr> <tr> <td>SZV door bezinking grove fractie</td> <td>gBZV/m²/dag</td> <td colspan="5"></td> <td colspan="3">0.4</td> </tr> <tr> <td colspan="10">morfologie watersysteem</td> </tr> <tr> <td>waterdiepte</td> <td>m</td> <td>gemiddelde waterdiepte</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="3">0.5</td> </tr> <tr> <td>waterbreedte</td> <td>m</td> <td>gemiddelde waterbreedte</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="3">8</td> </tr> <tr> <td>lengte watergang</td> <td>m</td> <td>NB! Zie toelichting</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="3">200</td> </tr> <tr> <td>type water</td> <td>vorm</td> <td>1=lijn of rechthoek 2=rond of ovaal</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="3">1</td> </tr> <tr> <td>wateroppervlak</td> <td>m²</td> <td>optioneel, ipv lengte en type</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="10">resultaat deelberekeningen morfologie</td> </tr> <tr> <td>wateroppervlak</td> <td>m²</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4">1600</td> </tr> <tr> <td>watervolume</td> <td>m³</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="4">800</td> </tr> </tbody> </table>										bronnen - piekbelastingen	eenheid	toelichting	BZV-snel afbreekbare fractie in gO2 per eenheid per dag	NH4 in gN per eenheid per dag	BZV-langzaam afbreekbare fractie in gO2 per eenheid per dag	sedimentatiesnelheid langzaam afbreekbare fractie (m/d)	Voorbeeld	water_2	water_3	overstort gemengd stelsel	m³ bij T=1	directe O₂-vraag bij T=1, zie opm	10	0.8	nvt	nvt	100				m³/jaar	SZV o.b.v. jaarvracht, zie opm	nvt	nvt	0.4	30	500			overstort gemengd stelsel+BB-basin	m³ bij T=1	directe O₂-vraag bij T=1, zie opm	6	0.8	nvt	nvt					m³/jaar	SZV o.b.v. jaarvracht, zie opm	nvt	nvt	0.2	30				DWA-nooduitlaat	m³ bij T=1	directe O₂-vraag bij T=1, zie opm	44	6.0	nvt	nvt					m³/jaar	SZV o.b.v. jaarvracht, zie opm	nvt	nvt	1.0	30				bronnen - continu										RWZI effluent	m³/dag	zie opmerking	4	1.0	6	1				hemelwaterafvoer	m³/dag	zie opmerking	4	1.0	33	1				septic tanks	aantal	zie opmerking	225	15.0	150	1				IBA's	aantal	zie opmerking	12	8	54	1	2			bladval loofbomen	m³ boomkruin	zie opmerking	0.0	0	0.4	100	1000			bladval naaldbomen	m³ boomkruin	zie opmerking	0.0	0	0.1	100				hondenpoep	aantal m oeverlengte	intensiteit laag	0.004	0	0.004	1						intensiteit matig	0.025	0	0.025	1						intensiteit hoog	0.063	0	0.063	1				voeren vogels	aantal eenden	intensiteit laag	15	0	30	100						intensiteit matig	40	0	130	100						intensiteit hoog	80	0	300	100				lokvoer vissen	aantal vissers	zie opmerking	100	0	900	100				afspoeling mest	aantal m²	intensiteit laag	0.02	0.00	0.02	1				(bij voorkeur toepassen op peilvak / polderniveau)	landbouwgrond	intensiteit matig	0.04	0.00	0.04	1						intensiteit hoog	0.07	0.01	0.07	1				overige bron1	eigen eenheid	vul eigen kentallen in -->	0	0	0	0				overige bron2	eigen eenheid	vul eigen kentallen in -->	0	0	0	0				overige bron3	eigen eenheid	vul eigen kentallen in -->	0	0	0	0				overige bron4	eigen eenheid	vul eigen kentallen in -->	0	0	0	0				deelberekeningen belasting externe bronnen (zonder aanvoerwater)										bronnen --> BZV-fijne fractie	gBZV/m²/dag						NB! Pas na invoer van de morfologie			bronnen --> NH₄-N	gN / m²/dag						0.64			bronnen --> BZV-grove fractie	gBZV/m²/dag						0.06			deelberekeningen sedimentzuurstofverbruik										sedimentatiesnelheid grove fractie BZV	m/d						67			deel grove fractie bezonken	(0-1)						1.00			SZV door bezinking grove fractie	gBZV/m²/dag						0.4			morfologie watersysteem										waterdiepte	m	gemiddelde waterdiepte					0.5			waterbreedte	m	gemiddelde waterbreedte					8			lengte watergang	m	NB! Zie toelichting					200			type water	vorm	1=lijn of rechthoek 2=rond of ovaal					1			wateroppervlak	m²	optioneel, ipv lengte en type								resultaat deelberekeningen morfologie										wateroppervlak	m²					1600				watervolume	m³					800			
bronnen - piekbelastingen	eenheid	toelichting	BZV-snel afbreekbare fractie in gO2 per eenheid per dag	NH4 in gN per eenheid per dag	BZV-langzaam afbreekbare fractie in gO2 per eenheid per dag	sedimentatiesnelheid langzaam afbreekbare fractie (m/d)	Voorbeeld	water_2	water_3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
overstort gemengd stelsel	m³ bij T=1	directe O₂-vraag bij T=1, zie opm	10	0.8	nvt	nvt	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	m³/jaar	SZV o.b.v. jaarvracht, zie opm	nvt	nvt	0.4	30	500																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
overstort gemengd stelsel+BB-basin	m³ bij T=1	directe O₂-vraag bij T=1, zie opm	6	0.8	nvt	nvt																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	m³/jaar	SZV o.b.v. jaarvracht, zie opm	nvt	nvt	0.2	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
DWA-nooduitlaat	m³ bij T=1	directe O₂-vraag bij T=1, zie opm	44	6.0	nvt	nvt																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	m³/jaar	SZV o.b.v. jaarvracht, zie opm	nvt	nvt	1.0	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
bronnen - continu																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
RWZI effluent	m³/dag	zie opmerking	4	1.0	6	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
hemelwaterafvoer	m³/dag	zie opmerking	4	1.0	33	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
septic tanks	aantal	zie opmerking	225	15.0	150	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
IBA's	aantal	zie opmerking	12	8	54	1	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
bladval loofbomen	m³ boomkruin	zie opmerking	0.0	0	0.4	100	1000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
bladval naaldbomen	m³ boomkruin	zie opmerking	0.0	0	0.1	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
hondenpoep	aantal m oeverlengte	intensiteit laag	0.004	0	0.004	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		intensiteit matig	0.025	0	0.025	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		intensiteit hoog	0.063	0	0.063	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
voeren vogels	aantal eenden	intensiteit laag	15	0	30	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		intensiteit matig	40	0	130	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		intensiteit hoog	80	0	300	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
lokvoer vissen	aantal vissers	zie opmerking	100	0	900	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
afspoeling mest	aantal m²	intensiteit laag	0.02	0.00	0.02	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
(bij voorkeur toepassen op peilvak / polderniveau)	landbouwgrond	intensiteit matig	0.04	0.00	0.04	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		intensiteit hoog	0.07	0.01	0.07	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
overige bron1	eigen eenheid	vul eigen kentallen in -->	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
overige bron2	eigen eenheid	vul eigen kentallen in -->	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
overige bron3	eigen eenheid	vul eigen kentallen in -->	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
overige bron4	eigen eenheid	vul eigen kentallen in -->	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
deelberekeningen belasting externe bronnen (zonder aanvoerwater)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
bronnen --> BZV-fijne fractie	gBZV/m²/dag						NB! Pas na invoer van de morfologie																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
bronnen --> NH₄-N	gN / m²/dag						0.64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
bronnen --> BZV-grove fractie	gBZV/m²/dag						0.06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
deelberekeningen sedimentzuurstofverbruik																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
sedimentatiesnelheid grove fractie BZV	m/d						67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
deel grove fractie bezonken	(0-1)						1.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
SZV door bezinking grove fractie	gBZV/m²/dag						0.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
morfologie watersysteem																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
waterdiepte	m	gemiddelde waterdiepte					0.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
waterbreedte	m	gemiddelde waterbreedte					8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
lengte watergang	m	NB! Zie toelichting					200																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
type water	vorm	1=lijn of rechthoek 2=rond of ovaal					1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
wateroppervlak	m²	optioneel, ipv lengte en type																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
resultaat deelberekeningen morfologie																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
wateroppervlak	m²					1600																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
watervolume	m³					800																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Afbeelding II.3 Schermafbeelding van het onderste deel van het onderdeel voorwaarden van het tabblad 'Invalblad'.

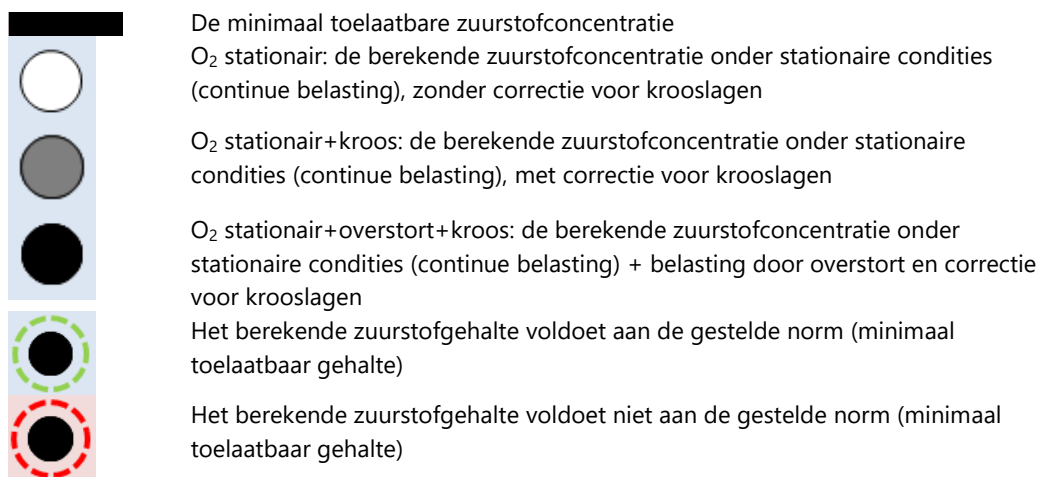
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
62				hydrologie									
63				wateraanvoer o.b.v. balans of rekenhulp	m ³ /d	gemiddelde aanvoer per dag							
64				wateraanvoertype	omschrijving	zie toelichting					4		
65											gebruikte wateraanvoer voor berekening 75 mm/dag		
66				resultaat deelberekeningen hydrologie									
67				inkomend debiet	m ³ /d						120		
68				debiet piekbronnen	m ³ /d						20	0	0
69				debiet stationaire bronnen	m ³ /d						2	0	0
70				stroomsnelheid	m/s						0.00		
71													
72				reaëratie									
73				watertemperatuur	°C	1 - 30 °C, default = 20 °C					20	20	20
74				bedekking met drijfslaag kroos of afval	fractie (-)	getal tussen 0 en 1 (0-100%)					0.2		
75				windinvloed (1-3) en stroming	omschrijving	1=laag 2=matig 3=hoog 4=stromend					2		
76													
77				resultaat deelberekeningen reaëratie									
78				reaëratieconstante	m/d	zie toelichting					0.2		
79													
80				kwaliteit aanvoerwater									
81				zuurstofgehalte aanvoerwater	mgO ₂ /l	(zomer)gemiddelde					6	6	6
82				ammoniumgehalte aanvoerwater	mgNH ₄ -N/l	(zomer)gemiddelde					0.2	0.2	0.2
83				BZV-gehalte aanvoerwater	mg/l	(zomer)gemiddelde					2	2	2
84													
85				deelberekeningen waterkwaliteit									
86				verwachte BZV-gehalte	mg/l	stationair					0.5		
87						na overstort					2.4		
88				verwachte NH ₄ -N-gehalte	mgN/l	stationair					0.2		
89						na overstort					0.5		
90				verwachte zuurstofgehalte	mgO ₂ /l	stationair					5.4		
91						na overstort					3.3		
92													
93				oordeel voorwaarden									
94				belasting (per m ²)-->	oordeel						matig		
95				gevoeligheid watersysteem -->	oordeel						matig		
96													
97				verhouding verwachte zuurstofgehalte : minimum toelaatbaar gehalte -->							0.7		
98				risico op overschrijding minimumwaarde o.b.v. belasting en gevoeligheid -->							zeer hoog		

Afbeelding II.4 Schermafbeelding onderdeel 'toestand' van het tabblad 'Invalblad'.

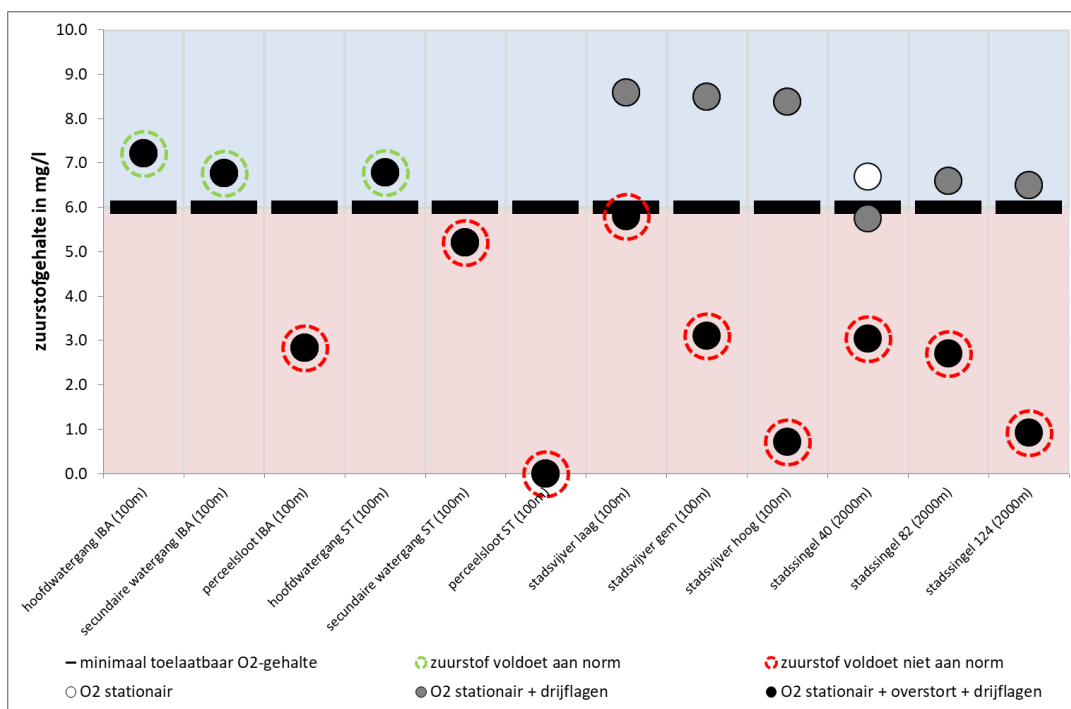
100	toestand							
101	kwaliteit - oppervlaktewater	eenheid	toelichting					
102	zuurstofgehalte oppervlaktewater	mgO ₂ /l	(zomer)gemiddelde					
103	ammoniumgehalte oppervlaktewater	mgNH ₄ -N/l	(zomer)gemiddelde					
104	BZV-gehalte oppervlaktewater	mgO ₂ /l	(zomer)gemiddelde					
105								
106	kwaliteit - zuurstofvraag sediment							
107	zuurstofvraag sediment	gO ₂ /m ² /dag	ter vergelijking, zie toelichting					
108								

Figuur Zuurstof

Dit tabblad bevat een grafiek waarin voor iedere watersysteem afzonderlijk de volgende zaken weergegeven:



Afbeelding II.5 Voorbeeld-output tabblad 'Figuur Zuurstof' in Oxy-val voor een fictieve situatie



Figuren belasting

In dit tabblad is per waterlichaam de totale zuurstofvraag door organische belasting en de bijdrage van iedere bron aan de organische belasting weergegeven. De belasting is ook uitgesplitst naar belasting door de fijne BZV-fractie, de grove BZV-fractie en ammonium. Belastingen zijn berekend als totalen en als belasting per m².

Figuren toestand

In dit tabblad is per waterlichaam een vergelijking gemaakt van berekende en gemeten waarden voor zuurstof, BZV, ammonium en sedimentzuurstofverbruik.

Kentallen

De bovenste tabel in dit tabblad bevat de standaard kentallen voor de organische belasting (in $\text{gO}_2/\text{eenheid}/\text{dag}$) zoals die in het tabblad **invulblad** in kolommen G t/m I zijn ingevuld. De eenheid verschilt per bron. Indien de gebruiker in plaats van deze standaardwaarden eigen getallen wil gebruiken, dan dienen in de onderste tabel de waarden in gele cellen () voor de betreffende bronnen te worden gewijzigd. Bij handmatig gewijzigde kentallen worden de getallen in de tabellen roodgekleurd, zodat zichtbaar blijft welke waarden zijn aangepast. Bij wijziging van getallen rekent de Exceltool verder met deze gewijzigde waarden.

De overige tabbladen bevatten achtergrondberekeningen en -informatie.

II.2 Toelichting bronnen

II.2.1 Overstorten ($T=1$)

Dit betreft overstorten van gemengde stelsels, gemengde stelsels met bergbezinkbassins en DWA-nooduitlaten. De $T=1$ vracht wordt gebruikt bij de schatting van de zuurstofvraag in de dagen direct na de overstort. Geef in de tool het volume op in kubieke meter (m^3) van een overstort met een frequentie van 1 x per jaar ($T=1$, maximale jaarlijks terugkerende overstort).

Drie situaties

Situatie 1: de overstorthoeveelheid is bekend, maar de kwaliteit van het overstortwater niet.

De overstort wordt omgerekend naar een BZV- en $\text{NH}_4\text{-N}$ -belasting op dagbasis in gram/dag, die is gebaseerd op:

- het overstortvolume (m^3);
- het BZV-gehalte en het $\text{NH}_4\text{-N}$ gehalte van het overstortwater, zie tabblad 'kentallen';
- verdeling van de zuurstofvraag over 5 dagen en omrekening naar gO_2 per m^3 per dag.

Situatie 2: de overstorthoeveelheid en -kwaliteit zijn beide bekend.

Als de kwaliteit van het overstortwater bekend is en afwijkt van de defaultwaarde kan de waarde worden aangepast in het tabblad *kentallen*. Let op: dit aangepaste kental geldt dan meteen voor alle watersystemen! Alternatief is om het als 'overige bron' op te nemen (zie hieronder bij 'Alternatieve invoer').

Situatie 3: de overstorthoeveelheid en -kwaliteit zijn beide onbekend.

Als zowel de grootte als de kwaliteit van de maximale jaarlijkse overstort onbekend zijn, kan een schatting worden gemaakt door uit te gaan van het aantal hectare bebouwd gebied dat aan een overstort is gekoppeld. Het overstortvolume wordt berekend door uit te gaan van een 'gemiddelde' T_1 -overstortvolume, voor een gemengd stelsel is dit $84 \text{ m}^3/\text{ha}$ (RIONED, 2009) en dit te vermenigvuldigen met het aantal hectare.

Alternatieve invoer

Alternatief is om het als 'overige bron' op te nemen. Let op dat de totale vracht BVZ_5 en $\text{NH}_4\text{-N}$ moet worden gedeeld door 5 dagen, omdat dit een éénmalige belasting is (met herhalingsstijd van 1 jaar) waarvan de grootste zuurstofvraag van het organisch materiaal over een periode van 5 dagen tot uiting komt. Dit in tegenstelling tot de overige bronnen die een continue (dagelijkse) belasting zijn.

II.2.2 Overstorten: jaarvracht

Dit betreft overstorten van gemengde stelsels, gemengde stelsels met bergbezinkbassins en DWA-nooduitlaten. De jaarvracht wordt gebruikt bij de schatting van het sedimentzuurstofverbruik als gevolg van overstorten. Geef in de tool het totale jaarlijkse overstortvolume op in m^3 .

Drie situaties

Situatie 1: de overstorthoeveelheid is bekend, maar de kwaliteit van het overstortwater niet.

De overstort wordt omgerekend naar een sedimentzuurstofverbruik (SZV) op dagbasis in gram O_2 /dag, die is gebaseerd op:

- het totale jaarlijkse overstortvolume in m^3 ;
- de grove BZV-fractie van het overstortwater, zie tabblad 'kentallen';
- verdeling van de zuurstofvraag over het gehele jaar d.m.v. een omrekening naar de zuurstofvraag in gO_2 per jaarlijks overgestorte m^3 per dag.

Situatie 2: de overstorthoeveelheid en -kwaliteit zijn beide bekend.

Als de kwaliteit van het overstortwater bekend is en afwijkt van de defaultwaarde kan de waarde worden aangepast in het tabblad *Kentallen*. Let op: dit aangepaste kental geldt dan meteen voor alle watersystemen! Alternatief is om het als 'overige bron' op te nemen (zie hieronder bij 'Alternatieve invoer').

Situatie 3: de overstorthoeveelheid en -kwaliteit zijn beide onbekend.

Als zowel de grootte als de kwaliteit van de maximale jaarlijkse overstort onbekend zijn, kan een schatting worden gemaakt door uit te gaan van het aantal hectare bebouwd gebied dat aan een overstort is gekoppeld. Het overstortvolume wordt berekend door uit te gaan van een 'gemiddelde' jaarlijkse overstortvolume, voor een gemengd stelsel is dit $305 m^3/ha$ (RIONED, 2009) en dit te vermenigvuldigen met het aantal hectare.

Alternatieve invoer

Alternatief is om het als 'overige bron' op te nemen. Let wel op dat de totale jaarvracht (van de grove BZV-fractie) moet worden gedeeld door 365 dagen, alsof het een continue (dagelijkse) belasting betreft.

II.2.3 RWZI-effluent en hemelwaterafvoer

Omschrijving: geef hier het dagelijkse aantal m^3 RWZI-effluent en/of hemelwaterafvoer op.

Gerekend wordt met defaultwaarden voor de fijne BZV-fractie, ammonium en de grove BZV fractie per m^3 . Deze waarden kunnen worden aangepast in het tabblad *kentallen*. Let op: dit aangepaste kental geldt dan meteen voor alle watersystemen! Alternatief is om het als 'overige bron' op te nemen (zie 'Alternatieve invoer' in II.2.2).

II.2.4 Septic tanks

Geef hier het aantal septic tanks op. Op basis hiervan wordt gerekend met kentallen van een 'gemiddelde' septic tank. Deze zijn omgerekend naar een belasting op dagbasis die is gebaseerd op:

- meetwaarden van BZV₅, ammonium en CZV van het effluent per m^3 ; een gemiddelde debiet per dag, o.b.v. het dagelijkse effluentvolume van 4 personen (aannee: $0,5 m^3/dag$, het gemiddelde waterverbruik per persoon per dag is ca. 120 liter).

Als zowel de kwaliteit als het debiet van het effluent onbekend is, kan worden uitgegaan van een 'gemiddelde' septic tank.

Als de effluentkwaliteit wel bekend is, kan deze worden aangepast in het tabblad *Kentallen*. (Let op dat dit aangepaste kental dan meteen voor alle watersystemen in de tool geldt.)

Wanneer (ook) het debiet afwijkt, wordt aanbevolen om het als 'overige bron' op te nemen (zie 'Alternatieve invoer' in II.2.2).

II.2.5 IBA's

Geef hier het aantal IBA's op.

Op basis hiervan wordt gerekend wordt met kentallen van een 'gemiddelde' IBA. Deze zijn omgerekend naar een BZV-belasting op dagbasis die is gebaseerd op:

- meetwaarden van BZV₅, ammonium en CZV van het effluent per m³;
- een gemiddelde debiet per dag, o.b.v. het dagelijkse effluentvolume van 4 personen (aanne: 0,5 m³/dag, het gemiddelde waterverbruik per persoon per dag is ca. 120 liter).

Als zowel de kwaliteit als het debiet van het effluent onbekend is, kan worden uitgegaan van een 'gemiddelde' IBA.

Als de effluentkwaliteit wel bekend is, kan deze worden aangepast in het tabblad 'kentallen'. (Let opdat dit aangepaste kental dan meteen voor alle watersystemen in de tool geldt.)

Wanneer (ook) het debiet afwijkt, wordt aanbevolen om het als 'overige bron' op te nemen (zie 'Alternatieve invoer' in II.2.2).

II.2.6 Bladval loofbomen en naaldbomen

Dit betreft het aantal vierkante meters boomkruin boven de oever binnen een straal van 10 meter van de watergang. Wanneer er lagere vegetatie staat zoals struiken of minder dichte vegetatie dan kan dit worden verdisconteert door een verlaging van het aantal vierkante meters, om te compenseren voor een geringere bladval.

II.2.7 Hondenpoep

Omschrijving: Vul hier het aantal meters oeverlengte in, waar sprake is van belasting door honden. De belasting op het oppervlaktewater in ingedeeld in de klassen geen, laag, midden en hoog.

Wanneer de vorm, lengte en breedte van het water zijn ingevoerd, wordt er een check uitgevoerd. Als het opgegeven aantal meters oeverlengte groter is dan $2 \times (\text{lengte} + \text{breedte})$ bij rechthoekige wateren of $\pi \times (\text{lengte} + \text{breedte})$ in geval van een ronde of ellipsvormig water, dan kleurt de cel rood.

II.2.8 Watervogels (incl. het voeren van eenden)

Er wordt, net als bij de post 'hondenpoep' gewerkt met klassen. Voor watervogels zijn deze gebaseerd op:

- het aantal watervogels dat voedsel uit een externe bron ontvangt (voeren of buiten het gebied foerageren);
- de intensiteit waarmee wordt gevoerd (niet, laag, midden of hoog). Hier dient dan ook het elders foerageren in verdisconteert te worden wanneer daar sprake van is.

Dit levert de volgende drie klassen op:

- voor een lage intensiteit van voeren wordt voorgesteld uit te gaan van 10 gram uitwerpselen per eend (overeenkomstig 10 gram BZV/dag/eend) en daarnaast 1 snee brood die dagelijks per eend in het water bezinkt (35 gram BZV/dag/eend). Daarmee is de totale belasting op het watersysteem 45 gram BZV/dag/eend.
- Voor een midden-intensiteit wordt voorgesteld uit te gaan van 30 gram uitwerpselen per eend en 4 sneetjes brood die in het water bezinken. Daarmee is de totale belasting op het watersysteem 170 gram BZV/dag/eend.

- Voor een hoge intensiteit wordt voorgesteld uit te gaan van 50 gram uitwerpselen per eend en 10 sneetjes brood die in het water bezinken. Daarmee is de totale belasting op het watersysteem 380 gram BZV/dag/eend.

De totale belasting is verdeeld over de fijne BZV-fractie (snel afbreekbare deel) en de grove BZV-fractie (langzaam afbreekbare deel).

II.2.9 Lokvoer vissen

Om de benadering eenvoudig te houden wordt uitgegaan van het gemiddelde aantal vissers per dag (in te schatten door de gebruiker). Uiteraard zal het aantal vissers per dag variëren en daarmee ook de organische belasting. De belasting op het watersysteem is dan 1 kg BZV/visser/dag. Deze belasting wordt voor het overgrote deel (90%) toegerekend aan de grove BZV-fractie (langzaam afbreekbare deel).

II.2.10 Mestafspoeling

Geef hier het aantal m² landbouwgrond op dat aan de betreffende watergang grenst. Een eenvoudige manier om een inschatting te maken van deze bron is door gebruik te maken van het oppervlak van het watersysteem (moet door de gebruiker worden opgegeven) en het percentage open water in een polder. Dit is als volgt te zien:

voorbeeld 1:

Voor een kleipolder met 2% open water en 100% agrarisch gebruik is het oppervlak landbouwgrond ongeveer 50 keer zo groot als het wateroppervlak: $\frac{\%landbouwgrond}{\%wateroppervlak} = \frac{100-2}{2} = 49$.

voorbeeld 2:

Voor een veenpolder met 20% open water en 100% agrarisch gebruik is het oppervlak landbouwgrond ongeveer 4 keer zo groot als het wateroppervlak: $\frac{\%landbouwgrond}{\%wateroppervlak} = \frac{100-20}{20} = 4$.

Ook hier wordt gewerkt met een classificering van de bijdrage van mestuitspoeling aan de organische belasting. De klassen zijn afgeleid uit de bemestingstool: 2% voor een lage mestuitspoeling, 5% voor een gemiddelde mestuitspoeling en 10% voor een hoge mestuitspoeling.¹

II.2.11 Overige bronnen

Hier kunnen maximaal vier gebiedsspecifieke bronnen worden ingevuld. De gebruiker dient per bron zelf de eenheid en het kental voor de verschillende vormen van belasting in te voeren.

NB! Bij de overige bronnen wordt ook het debiet (voor zover relevant) in de berekening meegenomen. Voor de overige bronnen is dat om praktische redenen niet mogelijk. Indien deze bronnen een substantieel debiet hebben, moet dat in de post 'wateraanvoer o.b.v. balans of rekenhulp' worden meegenomen.

II.2.12 Deelberekeningen belasting

Op basis van de ingevoerde gegevens worden per watersysteem de belastingen voor de fijne BZV-fractie, ammonium en de grove BZV-fractie berekend. De grove BZV-fractie wordt vervolgens nog omgerekend naar een sedimentzuurstofverbruik (SZV), door een schatting te geven van het deel dat daadwerkelijk achterblijft (bezinkt) in de watergang. Bij lage stroomsnelheden en grote lengtes is dat meestal 100%, maar bij hogere

¹ Oppervlakkige afspoeling op landbouwgronden. Bemestingstool: een instrument ter voorkoming van incidentele nutriëntenverliezen door oppervlakkige afvoer, Alterra, 2012.

stroomsnelheden of korte trajecten kan dat sterk teruglopen (veel materiaal spoelt het systeem uit). Als maat voor de 'retentie' wordt 'de lengte van de beschouwde watergang' gedeeld door 'de afstand die het water heeft afgelegd voordat het materiaal is bezonken'. De resterende zuurstofvraag wordt gebruikt als schatting van de sedimentzuurstofvraag door organische belasting.

II.3 Morfologie watersysteem

II.3.1 Waterdiepte

Gemiddelde waterdiepte over het profiel.

II.3.2 Waterbreedte

Gemiddelde breedte van de watergang.

II.3.3 Lengte watergang

Geef hier aan over welke lengte van het water het effect van organische belasting moet worden ingeschat. Let op dat dit een zeer bepalende parameter is voor de beoordeling. Hoe groter de lengte, hoe groter het wateroppervlak waarover de belasting wordt verdeeld en hoe geringer het effect! Door hetzelfde systeem over verschillende lengtes te berekenen, kan de reikwijdte van het effect worden ingeschat.

II.3.4 Type water

Geef hier aan of het een lijnvormig/rechthoekig water betreft (type = 1) of een ovaalvormig water (type = 2). Dit wordt gebruikt voor de berekening van het oppervlak.

II.3.5 Wateroppervlak

Dit is een optionele variabele. Als hier niks staat ingevuld dan wordt het oppervlak berekend op basis van lengte, breedte en vorm. Wanneer alle factoren zijn opgegeven, dan wordt er gecontroleerd of het hier opgegeven wateroppervlak overeen komt met het berekende wateroppervlak. Wanneer het opgegeven oppervlak meer dan 25 % afwijkt van het berekende oppervlak, dan wordt de cel rood en wordt de tekst cursief en kleurt als volgt:

- blauw: het berekende oppervlak is 50% kleiner;
- groen: het berekende oppervlak is 25 % kleiner;
- oranje: het berekende oppervlak is 25 % groter;
- rood: het berekende oppervlak is 50 % groter.

Let op: voor de berekening wordt het hier opgegeven oppervlak gebruikt, ook wanneer dat sterk afwijkt van het op basis van lengte, breedte en vorm berekende oppervlak.

II.3.6 Deelberekeningen morfologie

Op basis van de ingevoerde gegevens worden het wateroppervlak en het watervolume berekend.

II.4 Hydrologie watersysteem

II.4.1 Wateraanvoer o.b.v. balans of rekenhulp

Hier dient de wateraanvoer in m^3/dag te worden opgegeven. Er zijn meerdere opties om deze te schatten, o.a. met de rekenhulp in het tabblad 'rekenhulp wateraanvoer in m^3 ' in de tool. Alternatief is de keuze voor een wateraanvoertype, op basis waarvan een schatting wordt gemaakt van de wateraanvoer (zie hieronder bij 'indicatieve schatting').

Waterbalans in m^3/dag beschikbaar:

Indien de wateraanvoer bekend is, bijvoorbeeld omdat er een waterbalans is opgesteld, kan hier de wateraanvoer in m^3/dag worden ingevoerd.

Omrekening mm/dag of cm/s naar m^3/dag met rekenhulp:

Indien het aantal m^3/dag niet bekend is, maar wel de wateraanvoer in mm/dag (rekenhulp optie 1) of de stroomsnelheid (rekenhulp optie 2) dan kan dit met behulp van de betreffende invulvelden in het tabblad 'rekenhulp wateraanvoer' eenvoudig worden omgerekend in m^3/dag .

Schatting m^3/dag m.b.v. rekenhulp:

Met behulp van de 'rekenhulp wateraanvoer' kan ook een schatting worden gemaakt van de aanvoer door neerslag- en neerslagafvoer, op basis van het bodemtype en de arealen verhard en onverhard gebied die direct en indirect afwateren op het watersysteem. Zie hiervoor rekenhulp-optie 3.

Indicatieve schatting:

Zie rekenhulp optie 4 of hieronder bij 'wateraanvoer indicatief'.

II.4.2 Wateraanvoertype

Geef hier aan hoe het watersysteem gevoed wordt. Op basis daarvan wordt een indicatieve schatting gemaakt van de wateraanvoer door onderscheid in de volgende aanvoer(water)typen:

Stilstaande wateren ($< 1 \text{ cm}/\text{s}$)

Debiet in m^3/dag wordt berekend door onderstaande hydraulische belasting (in mm/d) te vermenigvuldigen met het wateroppervlak.

- 1 geïsoleerd, alleen neerslag (2,3 mm/d)
- 2 geïsoleerd + onverhard ca. 20% water (6 mm/d)
- 3 polderwatergang circa 5% open water (20 mm/d)
- 4 polderwatergang circa 2% open water (75 mm/d)
- 5 hoofdwatgang polder (150 mm/d)

Stromende wateren ($\geq 1 \text{ cm}/\text{s}$)

Debiet in m^3/dag wordt berekend door onderstaande stroomsnelheid (in cm/s) te vermenigvuldigen met de natte doorsnede (breedte*diepte).

- 6 boezemkanaal / riviertje (1 cm/s)
- 7 langzaam stromende beek (5 cm/s)
- 8 matig stromende beek (10 cm/s)
- 9 snel stromende beek (30 cm/s)
- 10 zeer snel stromende beek (60 cm/s)

II.4.3 Deelberekeningen hydrologie

Op basis van de ingevoerde gegevens worden het inkomende debiet, het debiet van de piekbronnen, het debiet van de stationaire bronnen en de stroomsnelheid berekend. De debieten zijn nodig voor het zuurstofmodel, de stroomsnelheid wordt gebruikt voor het berekenen van de reaeratie.

NB! Voor het berekenen van de stroomsnelheid wordt verondersteld dat het debiet de wateraanvoer betreft van één watergang met een bepaalde breedte en diepte (natte doorsnede in m^2). De stroomsnelheid wordt berekend door het debiet (in m^3/s) te delen door de natte doorsnede. Bij het modelleren van een hele polder gaat dat dus fout, omdat de aanvoer niet door één watergang gaat maar diffuus toestroomt naar alle watergangen. In de overige situaties (voor individuele wateren als vijvers, meren, kanalen, sloten, beken etc.) gaat dat in principe wel goed.

II.5 Reaeratie

In dit blok van de tool worden enkele kenmerken opgegeven die van belang zijn voor het berekenen van de reaeratie. Onderstaand wordt dit toegelicht.

II.5.1 Watertemperatuur

Hier dient de watertemperatuur te worden opgegeven. Deze wordt gebruikt voor het bepalen van de zuurstofverzadiging en voor correctie van de snelheidsconstante van de reaeratie en de afbraak van BZV en ammonium in de waterkolom.

II.5.2 Kroosbedekking

Geef hier de kroosbedekkingsgraad als fractie aan: 0 = geen kroos en 1 = 100% kroosbedekking.

Deze waarde wordt gebruikt voor de berekening van de reaeratie, drijfblagen beperken de uitwisseling van zuurstof.

II.5.3 Windinvloed en stroming

De hier gekozen waarde wordt gebruikt bij het bepalen van de minimale waarde voor de reaeratieconstante (K_L). Dit is een belangrijke parameter. Minimale waarden van de reaeratieconstante variëren in de default-opzet van de tool van 0,1 - 0,3 d^{-1} voor stilstaande wateren tot 0,6 d^{-1} voor stromende wateren. De volgende categorieën worden onderscheiden:

- 1 Stagnant, windinvloed laag: kleine en beschutte wateren zoals vijvers en sloten in bebouwd gebied of bosgebied of met een waterpeil dat ver beneden maaiveld ligt. $K_{Lmin} = 0,1 d^{-1}$.
- 2 Stagnant, windinvloed matig: middelgrote en/of minder beschutte wateren, zoals vijvers, sloten en kanalen in een open omgeving. $K_{Lmin} = 0,2 d^{-1}$.
- 3 Stagnant, windinvloed hoog: grote en op de wind geëxponeerde wateren. $K_{Lmin} = 0,3 d^{-1}$.
- 4 Stromende wateren ($> 5 cm/s$). $K_{Lmin} = 0,6 d^{-1}$.

II.5.4 Deelberekeningen reaeratie

Hier wordt de voor de modellering gebruikte reaeratieconstante getoond (zie voor de daadwerkelijke berekening het tabblad 'zuurstofberekening'). De constante is bepaald met de relaties uit TEWOR (zie hieronder). De hier gepresenteerde reaeratieconstante is:

- afgeleid op basis van de stroomsnelheid met de relaties uit TEWOR;
- voor stagnante wateren geminimaliseerd op basis van de windinvloed (laag, matig of hoog);
- voor stromende wateren geminimaliseerd op basis van een vaste minimumwaarde voor stromende wateren;
- gecorrigeerd met een factor voor drijfslagen, waarbij de waarde van de reaeratieconstante is geminimaliseerd op 0,05.

Zoals gezegd komt de reaeratie die wordt berekend in Oxy-val overeen met hoe deze in TEWOR (2004) is ingebouwd:¹

$$Reaeratie = \frac{K_L}{z} * (O_s - O_2) * (1 - f_{kroos})$$

K_L constante (m/dag)

O_s zuurstofverzadigingsconcentratie (gO_2/m^3)

O_2 zuurstofconcentratie (gO_2/m^3)

f_{kroos} kroosbedekkingsgraad (0-1). In Oxy-val worden hiermee niet alleen kroos, maar ook andersoortige drijfslagen meegenomen.

K_L is een overdrachtsconstante voor zuurstof, die afhankelijk is van de stroomsnelheid en de diepte.

Als $u < (0,74 * z^{0,35})^6$ dan geldt:

$$K_L = 3,93 * abs\left(\frac{u}{z}\right)^{0,5} \quad (\text{bron: O'Conner Dobbins})$$

Anders geldt:

$$K_L = 5,32 * \frac{u^{0,67}}{z^{0,85}} \quad (\text{bron: Ownes - Edwards - Gibb})$$

u stroomsnelheid (m^3/s)

z waterdiepte (m)

abs een functie waarmee stroomsnelheden alleen als positief worden meegenomen

De hoogte van de reaeratie is ook afhankelijk van de temperatuur zowel via het zuurstofverzadigingspercentage als via een correctie op de reaeratieconstante (K_L). De zuurstofverzadiging bij de opgegeven temperatuur wordt berekend door de tool. De constante wordt gecorrigeerd volgens de vergelijking:

$$K_{L(T)} = K_{L(20)} * 1,024^{(T-20)} \quad (\text{bron: Lijklema et al., 1996})$$

Naast temperatuur is ook het zuurstofgehalte van het water bepalend voor de hoogte van de reaeratie en de afbraak van organisch materiaal en ammonium. Bij de stationaire modellering van zuurstof (zie verderop) wordt dit impliciet meegenomen (er wordt een zuurstofgehalte berekend, waarbij verbruik en aanvoer in evenwicht zijn).

II.6 Kwaliteit aanvoerwater

In dit blok van de tool wordt de waterkwaliteit van het aanvoerwater opgegeven. Het gaat om het (naar volume gewogen) gemiddelde zuurstof-, ammonium- en BZV-gehalte van het inkomende water. Wanneer dit vooral oppervlaktewater is, zal de default-aanname vaak wel redelijk zijn, maar kan dit wellicht nog beter worden ingeschat op basis van metingen. In geval van andere bronnen (bijvoorbeeld uitspoeling uit landbouwgrond of kwel) zal het zuurstofgehalte naar verwachting vrijwel 0 zijn. NH_4 uit landbouwpercelen is juist vaak hoog. Het is aan de gebruiker hier een inschatting van te geven. Door te variëren met de concentraties kan de gevoeligheid van deze parameter(s) worden bepaald.

Default zijn een zuurstofgehalte van 6 mg/l, een ammoniumgehalte van 0,2 mg /l en een BZV van 2 mg/l ingevuld.

¹ TEWOR voor DUFLOW en SOBEK, Uniformering waterkwaliteitsprocessen en -coëfficiënten, STOWA, 2004.

II.7 Deelberekeningen waterkwaliteit

Hier worden de resultaten van de daadwerkelijke modellering gepresenteerd. De berekende gehalten van BZV, ammonium en zuurstof, zowel voor een situatie zonder het effect van een recente overstort als een situatie net na een overstort.

Voor de berekening van de BZV- en ammoniumgehalten en de stationaire modellering van het zuurstofgehalte zijn de volgende formules gebruikt:

Formules voor berekening BZV en NH₄-gehalten:

$$BZV_{gem} = (M_{BZV} + Q \cdot BZV_{in}) / (k_{BZV} \cdot V + Q)$$

$$NH_{4gem} = (M_{NH_4} + Q \cdot NH_{4in}) / (k_{Nit} \cdot V + Q)$$

Stationair zuurstofmodel:

$$O_{2gem} = [(K_L/H) \cdot O_s - k_{BZV} \cdot BZV_{gem} - k_{Nit} \cdot 4.57 \cdot NH_{4gem} + (Q/V) \cdot O_{in} - SOD/H] / [(K_L/H) + (Q/V)]$$

De daarbij gebruikte parameters zijn in onderstaande tabel II.1 toegelicht. Voor de afbraakconstanten zijn literatuurwaarden gebruikt, die vooral zijn gebaseerd op de gebruikte waarden bij 20 °C in TEWOR. Deze waarden worden in de tool gecorrigeerd voor temperatuur en zuurstoflimitatie.

Tabel II.1 Overzicht gebruikte parameters voor de zuurstofmodellering.

Parameter	Omschrijving	Eenheid	Toepassing in Oxy-val
BZV _{gem}	stationaire BZV-concentratie	g/m ³	wordt berekend
NH _{4gem}	stationaire NH ₄ -concentratie	gN/m ³	wordt berekend
O _{2gem}	stationaire zuurstofconcentratie	g/m ³	wordt berekend
O _s	zuurstofverzadiging	g/m ³	berekend bij opgegeven temperatuur (en saliniteit)
K _L	reaeratieconstante	m/d	afhankelijk van situatie (m.n. stroming en windinvloed)
H	diepte (gemiddeld)	m	Wordt opgegeven per watersysteem
k _{BZV}	afbraaksnelheidsconstante BZV	d ⁻¹	afhankelijk van temperatuur en O ₂ default = 0,6 voor BZV uit overstorten en 0,2 voor overig BZV bij 20°C
k _{Nit}	afbraaksnelheidsconstante NH ₄	d ⁻¹	afhankelijk van temperatuur en O ₂ , default = 0,2 bij 20°C
Q	doorspoeldebiet	m ³ /d	opgeven per watersysteem
O _{in}	zuurstof in doorspoelwater	g/m ³	opgeven per watersysteem, default = 6
V	Volume	m ³	oppervlakte * gemiddelde diepte
SOD	sedimentzuurstofverbruik	g/m ² /d	berekend, o.b.v. kwantificering bronnen en kental per bron
M _{BZV}	belasting BZV	g/d	opgeven, o.b.v. kwantificering bronnen en kental per bron
M _{NH₄}	belasting NH ₄	gN/d	opgeven, o.b.v. kwantificering bronnen en kental per bron
BZV _{in}	BZV in doorspoelwater	g/m ³	opgeven, default = 2
NH _{4in}	NH ₄ in doorspoelwater	gN/m ³	opgeven, default = 0,2

Temperatuurcorrectie voor de afbraakconstanten

De afbraak van organisch materiaal is net als veel biologisch processen temperatuurafhankelijk. Dat geldt in nog sterkere mate voor de nitrificatie (afbraak van ammonium), beneden 10 °C en boven 30 °C is de afbraak sterk geremd. De defaultwaarde van de afbraakconstanten (zie tabel II.2) voor BZV en NH₄ bij 20 °C zijn daarom in Oxy-val voor temperatuur gecorrigeerd met behulp van de volgende formules:

- $k_{BZV}(T) = k_{BZV}(20) \cdot (1,04)^{(T-20)}$

$$- \quad k_{\text{Nit}}(T) = k_{\text{Nit}}(20) \cdot (1,075)^{(T-20)}$$

Remming afbraak door zuurstoflimitatie

Naast temperatuur is ook het zuurstofgehalte van het water bepalend voor de hoogte van de afbraak van organisch materiaal en ammonium. De afbraak vertraagt onder invloed van lagere zuurstofgehalten. Bij de stationaire modellering van de afbraak van BZV en ammonium is het niet mogelijk dit effect goed mee te nemen, omdat het berekende zuurstofgehalte afhankelijk is van het BZV en ammoniumgehalte, wat dus weer afhankelijk is van het zuurstofgehalte et cetera. Om praktische redenen wordt er daarom per situatie gerekend met een 'vaste' afbraakconstante, die wordt afgeleid van de afbraaksnelheid bij 20 °C en wordt gecorrigeerd voor de ingevoerde temperatuur (zie hierboven) en voor het 'minimaal toelaatbare zuurstofgehalte'. Dit is een benadering; overigens is de hoogte van afbraakconstante vooral van invloed op het berekende gehalte aan afbreekbare stof (BZV en NH_4) en minder op het berekende zuurstofgehalte. De effecten zijn relatief beperkt.

De defaultwaarde van de afbraakconstanten (zie tabel II.2) voor BZV en NH_4 bij 20 °C zijn in Oxy-val naast temperatuur ook voor zuurstoflimitatie gecorrigeerd met behulp van de volgende formules:

$$- \quad k_{\text{BZV}}(\text{O}_2) = k_{\text{BZV}}(20) \cdot \text{O}_2 / (\text{KmBZV} + \text{O}_2)$$

$$- \quad k_{\text{Nit}}(\text{O}_2) = k_{\text{Nit}}(20) \cdot \text{O}_2 / (\text{KmBZV} + \text{O}_2)$$

Tabel II.2 Defaultwaarden voor achtereenvolgens: de minimale reaeratieconstante, afbraakconstanten en temperatuurcoëfficiënten en zuurstoflimitatie van de afbraak.

reaeratie	min. waarde reaeratie-constante (m/d)	eenheid	herkomst waarde
stagnant, lage windinvloed	0,1	m/d	Duflow, minimumwaarde voor extreme omstandigheden in stagnante wateren (K_L range 0,1 tot 5 m/d,)
stagnant, matige windinvloed	0,2	m/d	TEWOR, default minimale reaeratieconstante (range 0,06 - 1 m/d)
stagnant, hoge windinvloed	0,3	m/d	aanname, inschatting op basis van diverse bronnen
stromend, min	0,6	m/d	minimumwaarde voor stromende wateren volgens San Diego Stat univ,
parameter	defaultwaarde afbraakconstante (20°C)	eenheid	herkomst waarde
$k_{\text{BZV-OV}}$	0,6	d^{-1}	TEWOR hanteert verschillende waarden voor de afbraakconstante van BZV per bron: 0,1 voor BZV-achtergrond - 0,6 voor overstortwater. Hier gekozen voor 0,2 als minimumwaarde.
$k_{\text{BZV-REST}}$	0,2	d^{-1}	
k_{Nit}	0,2	d^{-1}	default TEWOR (bij 20 °C)
parameter	defaultwaarde temperatuurcoëfficiënt	eenheid	herkomst waarde
TK_L	1,024	-	Temperatuurcoëfficiënt stofoverdracht zuurstof TEWOR
TK_{BZV}	1,04	-	temperatuurcoëfficiënt BZV-afbraak (Handleiding Duflow, 1996: range 1,03-1,05)
TK_{Nit}	1,075	-	temperatuurcoëfficiënt nitrificatie (Handleiding Duflow, 1996: range 1,05-1,10)

reaeratie	min. waarde reaeratie-constante (m/d)	eenheid	herkomst waarde
parameter	defaultwaarde zuurstoflimitatie	eenheid	herkomst waarde
k_{mBZV}	1	d^{-1}	constante voor zuurstoflimitering op de oxidatie van BZV TEWOR
k_{mnit}	2	d^{-1}	constante voor zuurstoflimitering op de oxidatie van NH_4 TEWOR

