De tool: Theorie

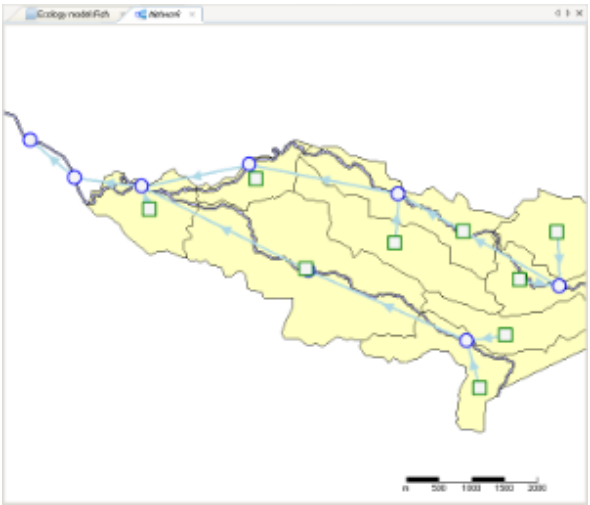
De tool: Theorie

Schematisatie

Een KRW-Verkenner schematisatie bestaat uit:

- Gebiedskenmerken
  - oppervlaktewater (waterlichamen)
  - afwateringsgebieden
  - onderlinge relatie (waterstromen)
- Emissies
  - water
  - stoffen
- Ecologische parameters
  - inrichting
  - beheer
- Kaartmateriaal (zoals shapes)

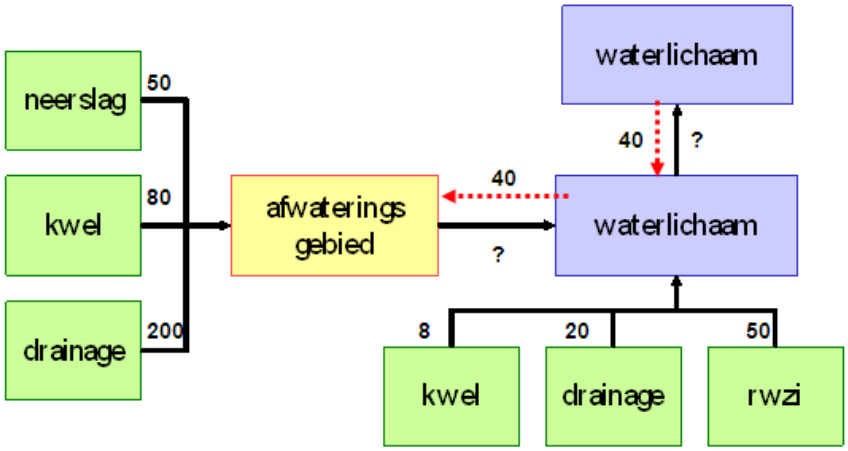
Voor de invoergegevens maakt de KRW-Verkenner waar mogelijk gebruik van externe databases met beschrijvingen van de hydrologie, emissies en kenmerken van waterlichamen. Zo kan hydrologische informatie opgehaald worden van bestaande waterkwantiteitsmodellen (bijvoorbeeld SOBEK), emissiegegevens van de EmissieRegistratie en overige gegevens, zoals de inrichting van een waterlichaam of de verstuwingsgraad van lokale databases van waterbeheerders.



Waterbalans

Op een vooraf vastgelegd netwerk lozen waterbronnen (afwateringsgebieden, RWZI's etc) op een oppervlaktewatereenheid (SWU) of een afwateringsgebied (Basin). Een SWU of een Basin loost eventueel wateroverschot op een of meerdere SWUs. De verdeling van het te lozen water is van te voren vastgelegd. De hoofd-afstromingsrichting is hiermee vastgelegd. Naast de hoofd-afstromingsrichting kan, door middel van vaste debieten tussen SWUs onderling en tussen SWUs en Basinswaterlichamen en afwateringsgebieden, een waterbeweging tegengesteld aan de hoofd-afstromingsrichting worden opgelegd. Dit is bijvoorbeeld nodig bij het inlaten van water of bij doorspoeling.

De figuur hiernaast illustreert een klein watertransport netwerk. In dit figuur lozen drie bronnen op een Basin en drie bronnen op een SWU. Om het peil in het Basin te kunnen handhaven, wordt er water ingelaten. Dit water wordt vanuit het bovenste SWU ingelaten. De waterbalans van het Basin is dan: 50 + 80 + 200 vanuit de bronnen, plus 40 inlaatwater. De totale stroom van het Basin naar het SWU is dan 370 (hierbij uitgaande stromen als verdamping en wegzijging negerend). De waterbalans van het SWU waterlichaam wordt dan: 370 + 8 + 20 + 50 + 40 – 40, waarmee het debiet van het onderste naar het bovenste SWU uitkomt op 448.



Wabacore

Het rekenhart van de waterbalans is het programma Wabacore. Dit is een steady state waterbalansen model en is voor de KRW-Verkenner opgezet als pre-processor voor de stofbalans. Op basis van de user interface, krijgt Wabacore de volgende informatie door:

- Alle rekeneenheden (segmenten) van de KRW-Verkenner schematisatie. De segmenten worden gevormd door de SWUs en Basins.
- De links tussen de segmenten.
- Alle belastingen en onttrekkingen van water op de segmenten.

Wabacore maakt een stelsel vergelijkingen dat de waterbalans voor de segmenten weergeeft. De uitgangspunten daarbij zijn:

- Een willekeurig aantal bekende debieten *tussen* segmenten in het netwerk en *over* de randen.
- Van elk onbekend uitstromend debiet is bekend hoeveel (in %) dit debiet van de totale uitstroming is.

Per segment resulteert dit in een stelsel van vergelijkingen voor de onbekende debieten. Voor segmenten zonder onbekende uitstroming wordt om reken technische redenen een onbekende uitstroming toegevoegd. Als de invoer consistent is, zal dit debiet een waarde nul krijgen en wordt, na het oplossen van het stelsel, weer verwijderd. Het stelsel van vergelijkingen wordt eerst gereduceerd, door directe substitutie van vergelijkingen, tot 1 onbekende. Dit wordt herhaald totdat er geen direct oplosbare vergelijkingen meer zijn. In fysische termen betekent dit dat lijnvormige strengen van segmenten die aan het "vermaasde" netwerk vastzitten opgelost worden. Het resterende stelsel wordt opgelost via directe matrix-inversie volgens de LU-decompositie-methode. Deze aanpak is gekozen omdat directe matrix-inversie voor grote stelsels (b.v. de landelijke applicatie, ca. 20 000 onbekenden) niet mogelijk is vanwege een te groot beslag op het interne geheugen.

Stofbalans

Alle inkomende en uitgaande stofstromen moeten vooraf aan de KRW-Verkenner worden opgegeven. De benodigde gegevens zijn te verkrijgen uit verschillende databronnen, zoals:

- Meetgegevens van het te beschrijven watersysteem
- Landelijke databases (bijvoorbeeld de Emissieregistratie)
- Modelstudies (bijvoorbeeld ANIMO)

Omdat deze databronnen met onzekerheden omgeven zijn, is een goede analyse van de beschikbare data nodig voordat er begonnen wordt met het vullen van de KRW-Verkenner.

Voorafgaand aan het oplossen van de stofbalans, heeft de KRW-Verkenner al een waterbalans opgelost omdat de waterbalans een belangrijke input bron is voor de stofbalans. De water- en stofafvoer uit een bovenstrooms segment wordt als invoer gebruikt door een benedenstrooms segment en het bovenstrooms segment beïnvloedt daarmee dus de stofconcentratie van het benedenstrooms segment. In principe kan de KRW-Verkenner alle stoffen doorrekenen, maar standaard zijn er vier stoffen opgenomen: totaal stikstof, totaal fosfaat, chloride en het biologisch zuurstofverbruik (BZV). Deze vier stoffen zijn nodig voor de ecologische module en kunnen daarom niet worden gewijzigd.

Steady State oplossing

De KRW-Verkenner maakt, net als de waterbalans, gebruik van een steady state oplossing. Dat wil zeggen dat voor een rekeneenheid (SWU of Basin) het volgende geldt:

$$\frac{dM}{dt} = \sum Q_{in} \times C_{in} - \sum Q_{out} \times C - k \times C \times V = 0$$

Waar M staat voor massa (g), Qin voor instromende debieten (m3/s), Qout voor uitstromende debieten (m3/s), Cin voor stofconcentraties van het instromende debiet (g /m3), C voor de stofconcentratie in het segment, V voor het volume van het segment (m3) en k de afbraakconstante van een stof (1/d). De afbraakconstante kan per stof worden opgegeven en kan temperatuurafhankelijk worden gemaakt. Voor de afbraakconstante wordt de volgende formulering wordt gebruikt:

$$k = k_{20} \times \theta^{(T-20)}$$

Waar k20 staat voor de afbraakconstante bij 20 °C (1/d), voor de temperatuurscoëfficiënt (default 1.047 (-)) en T voor de watertemperatuur (°C). Daarnaast is de retentie ruimtelijk differentieerbaar door middel van een "Tag" aan een SWU of Basin toe te kennen.

Ecologie

Op basis van kennisregels worden de effecten van maatregelen op de EKR scores van de vier biologische kwaliteitselementen (overige waterflora, fytoplankton, macrofauna en vissen) berekend. De KRW-Verkenner versie 2.3 bevatte 2 rekenmodulen die de EKR scores op verschillende manieren berekend. De 2 rekenmodulen worden onderscheiden op basis van het KRW-watertype en worden geclassificeerd als rijkswater of regionaal water. In onderstaande tabellen zijn de typen weergegeven. Met het importeren of genereren van rekeneenheden wordt het watertype en de daarbij behorende rekenmethode gezet. In de nieuwe versie van de KRW-Verkenner 2.4.1 is de module met de zogenaamde “ecotopenmethode” voor de Rijkswateren niet meer opgenomen. De reden hiervoor is dat er gewerkt wordt aan een andere, meer transparante, methode die ook meer mogelijkheden voor de gebruiker biedt. Hieronder wordt kort de stand van zaken voor de regionale wateren en de Rijkswateren beschreven.

Regionaal

De regionale kennisregels zijn gebaseerd op data van regionale wateren. De data is opgeslagen in een database die door Royal HaskoningDHV wordt beheerd. De database bevat relaties tussen EKR-score en verschillende waterkwaliteit- en inrichtingsvariabelen voor een groot aantal waterlichamen. Voor de regionale ecologische toepassing van de KRW-Verkenner kan de gebruiker kiezen uit drie methoden:

- Regressiebomen,
- Random forest, Royal HaskoningDHV
- PUNN neuraal network, Witteveen+Bos.

De random forest methode heeft de meest voorspellende kracht (Van der Linden et al., 2021) en is daarom de default ecologie methode voor regionale toepassingen. Alle drie de methoden zijn opgenomen in de KRW-Verkenner versie 2.4.1 en kunnen worden geselecteerd. De KRW-watertypen zijn ingedeeld in 10 clusters (zie de 2 tabellen hieronder). Per cluster zijn rekenregels afgeleid per biologisch kwaliteitselement waarbij een aantal stuurvariabelen van belang zjin (zie tabel verder naar beneden). Voor de benodigde invoer voor de stuurvariabelen kan de gebruiker de KRW-Verkenner de chemische variabelen laten berekenen of de gebruiker kan hiervoor metingen gebruiken

Beschrijving en vergelijking van de drie methoden, Deltares rapport 2021: download *hier.*

Rijkswateren

De “ecotopenmethode” was gebaseerd op een vaste soortensamenstelling per ecotooptype. Maatregelen konden worden doorgerekend door het oppervlak van de verschillende ecotopen in een waterlichaam te veranderen om vervolgens via oppervlakte gewogen dit te vertalen in een verandering in de EKR-score. Problematisch aan deze methode is dat er geen onderscheid gemaakt kan worden in de kwaliteit van een ecotoop. Daarnaast bleek dat de beperkte resolutie van de ecotoopkaarten van de rivieren een beperking zijn.

De nieuwe methode waaraan wordt gewerkt heeft een andere aanpak. De beschikbare data vanuit uitgebreide monitoringsprojecten in Nederland heeft omvangrijke datasets opgeleverd waaruit de relatie tussen milieufactoren en het voorkomen van soorten afgeleid kan worden: de zogenaamde dosis-respons modellen. Deze modellen vertalen de combinatie van milieufactoren naar het wel of niet voor kunnen komen van soorten in een waterlichaam. De dosis-respons modellen zijn afgeleid voor de KRW kwaliteitselementen macrofyten, macrofauna en vissen. De afleiding van de modellen is gebaseerd op de toleranties van soorten per milieufactor: een soort kan per milieufactor voorkomen binnen bepaalde tolerantiegrenzen. Als op een bepaalde locatie de waarden van alle milieufactoren binnen de tolerantiegrenzen van een soort vallen, dan kan de soort op die locatie voorkomen. Op basis van de soorten die op een locatie kunnen voorkomen, wordt een soortenlijst opgesteld, waarmee onder andere de EKR-scores voor de KRW maatlatten kunnen worden berekend.

Voor meer achtergrondinformatie, zie het rapport en het bijbehorende addendum. Op 1 en 22 maart 2021 zijn een tweetal werksessies georganiseerd met vertegenwoordigers van de verschillende RWS-diensten om de eerste resultaten van de nieuwe methodiek te bespreken en verdere ontwikkelingsmogelijkheden te verkennen. De presentaties van beide werksessies zijn beschikbaar: werksessie 1 en werksessie 2.

KRW-Watertype Rivieren	Cluster	Omschrijving	Rijkswater	Regionale wateren
R4	Langzaam stromende beken	Permanent langzaam stromende bovenloop op zand		x
R5	Langzaam stromende beken	Langzaam stromende middenloop /benedenloop op zand		x
R6	Langzaam stromende beken	Langzaam stromend riviertje op zand/klei		x
R7	Rivier /nevengeul	Langzaam stromende rivier /nevengeul op klei /zand	x	
R8	Brakke tot zoute wateren	Zout getijdenwater (uitlopers rivier) op zand/klei	x	
R12	Langzaam stromende beken	Langzaam stromende middenloop /benedenloop op veenbodem		x

R13	Snel stromende beken	Snel stromende bovenloop op zand		x
R14	Snel stromende beken	Snelstromende middenloop /benedenloop op zand		x
R15	Snel stromende beken	Snelstromend riviertje op kiezelhoudende bodem		x
R16	Rivier /nevengeul	Snelstromende rivier/nevengeul op zandbodem of grind	x	
R17	Snel stromende beken	Snelstromende bovenloop op kalkhoudende bodem		x
R18	Snel stromende beken	Snelstromende middenloop /benedenloop op kalkhoudende bodem		x
R19	Doorstroommoerassen	Doorstroommoeras		x
R20	Moerasbeken	Moerasbeek		x
O2	Estuarium	Estuarium met matig getijverschil	x	
KRW-Watertype **Meren**	**Cluster**	**Omschrijving**	**Rijkswater**	**Regionale** **wateren**
M1a/b	Sloten	Gebufferde sloten op minerale bodem		x
M2	Sloten	Zwak gebufferde sloten		x
M3	Kanalen	Gebufferde (regionale) kanalen		x
M4	Kanalen	Zwak gebufferde (regionale) kanalen		x
M6a/b	Kanalen	Grote ondiepe kanalen		x
M7a/b	Kanalen	Grote diepe kanalen		x
M8	Sloten	Gebufferde laagveen sloten		x
M10	Kanalen	Laagveen vaarten en kanalen		x
M14	Ondiepe meren	Ondiepe (matig grote) gebufferde plassen	x	x (default)
M16	Diepe meren	Diepe gebufferde meren	x	x (default)
M20	Diepe meren	Matig grote diepe gebufferde meren	x	x (default)
M21	Diepe meren	Grote diepe gebufferde meren	x	
M23	Ondiepe meren	Ondiepe kalkrijke (grotere) plassen		x
M27	Ondiepe meren	Matig grote ondiepe laagveenplassen		x
M30	Zwak brakke wateren	Zwak brakke wateren		x
M31	Brakke tot zoute wateren	Brakke tot zoute wateren		x

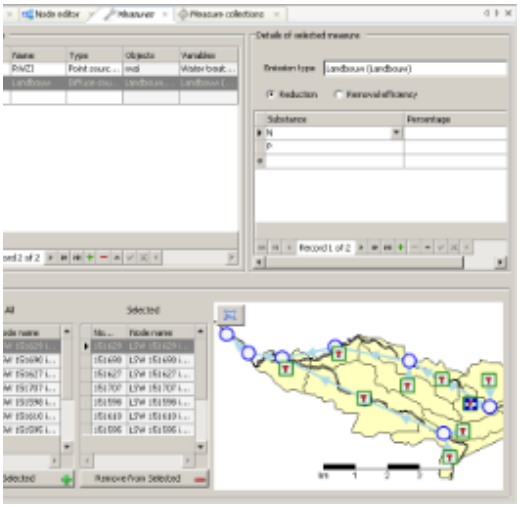
Stuurvariabelen	Klassen /eenheid	Range	Omschrijving	Relevant voor welke clusters
Meandering	5	1 – 5	1= recht + normprofiel, 2= gestrekt + natuurlijk dwarsprofiel, 3 = zwak slingerend, 4 = slingerend, 5 = vrij meanderend	Langzaam stromende beken, Snelstromende beken, Doorstroommoerassen, Moerasbeken
Verstuwing (stuw)	3	1 – 3	1 = sterk gestuwd zonder vistrappen, 2 = gestuwd met vistrappen, 3 = ongestuwd	Langzaam stromende beken, Snelstromende beken, Doorstroommoerassen, Moerasbeken
Beschaduwing (schaduw)	3	1 – 3	1 = onbeschaduwd zonder ruigte op de oevers, 2 = gedeeltelijk beschaduwd of ruigte op de oever, 3 = grotendeels of geheel beschaduwd	Langzaam stromende beken, Snelstromende beken, Doorstroommoerassen, Moerasbeken
Oeverinrichting	3	1 – 3	1 = beschoeid of steil en onbegroeid, 2 = riet/helofyten, 3 = moeras + riet/helofyten	Sloten, Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren
Peilbeheer	3	1 – 3	1 = tegennatuurlijk, 2 = stabiel, 3 = natuurlijk	Sloten, Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren
Onderhoud	2	1 – 2	1 = intensief, 2 = extensief	Sloten, Kanalen, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren
Scheepvaart	2	1 – 2	1 = intensief bevaren, 2 = niet of nauwelijks bevaren	Kanalen
Connectiviteit	3	1 – 3	1 = geïsoleerd, 2 = periodiek geïsoleerd, 3 = open verbinding	Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren
Doorzicht	m	0,05 – 5,00	Zomergemiddelde Secchi diepte waarde, range 0.03 - 12	Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren
Stikstof totaal (Ntot)	mg N/l	0,67 – 100	Zomergemiddelde (april-september)), maat voor eutrofiëring	Langzaam stromende beken, Snelstromende beken, Sloten, Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren, Doorstroommoerassen, Moerasbeken
Fosfor totaal (Ptot)	mg P/l	0,01 – 10	Zomergemiddelde (april-september)), maat voor eutrofiëring	Langzaam stromende beken, Snelstromende beken, Sloten, Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren, Doorstroommoerassen, Moerasbeken
BZV (BOD)	mg O_2/l	0,5 – 20	Zomergemiddelde (april-september)), maat voor organische belasting	Langzaam stromende beken, Snelstromende beken, Doorstroommoerassen, Moerasbeken
Chloride	mg Cl/l	100 – 15000	Zomergemiddelde (april-september), maat voor verzoeting	Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren
Toxiciteit (msPAF)	(-)	0,00 – 1,00	Fractie, maat voor toxiciteit	Langzaam stromende beken, Snelstromende beken, Sloten, Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren, Doorstroommoerassen, Moerasbeken
Ammonium (NH4)	mg NH_4/l	0,02 – 48,80	Maximale concentratie	Langzaam stromende beken, Snelstromende beken, Sloten, Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren, Doorstroommoerassen, Moerasbeken

Maatregelen

In de KRW-Verkenner zijn een groot aantal maatregelen en hun effecten voorgeprogrammeerd. Globaal worden de maatregelen onderverdeeld in drie categorieën:

- Maatregelen gericht op puntbronnen
- Maatregelen op diffuse bronnen
- Maatregelen gericht op inrichting en het beheer (ecologie).

De maatregelen kunnen generiek of locatiespecifiek worden toegepast. Daarnaast is er de mogelijkheid om de maatregelen in de tijd te plannen. Voor zeer complexe maatregelpakketten waarbij, door bijvoorbeeld ingrijpende hydrologische aanpassingen of grote planologische ingrepen, effecten op zowel emissies (locaties van emissiebronnen) als inrichtingsmaatregelen worden doorgevoerd, kan het nodig zijn om nieuwe databases voor de hydrologie, emissies en/of gebiedskenmerken in te lezen. Op deze manier kunnen ook effecten van andere, niet specifiek ten behoeve van de KRW genomen maatregelen worden doorgerekend, mits ze een kwantificeerbaar effect hebben op hydrologie, emissies of gebiedskenmerken.



Deltares Enabling Delta Life | Planbureau voor de Leefomgeving | WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH | Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat | stowa HetWaterschapshuis