
Geïntegreerde koppeling SOBEK- TRIWACO volgens OpenMI

Flexibel en gebruiksvriendelijk

J. Velstra, W.J. Zaadnoordijk, S. Hummel, R. Ververs

Royal Haskoning en WL | Delft Hydraulics werken samen aan een geïntegreerde koppeling van SOBEK-CF, SOBEK-RR, TRIWACO-FLAIRS en TRIWACO-FLUZO volgens de OpenMI standaard. Een koppeling gerealiseerd volgens de OpenMI standaard wil zeggen dat modellen afzonderlijk kunnen worden opgezet met behoud van hun eigen specifieke functionaliteit. Het eerste resultaat van de samenwerking is de geïntegreerde koppeling tussen het grondwaterstromingsmodel TRIWACO-FLAIRS en het oppervlaktewatermodel SOBEK-CF. Om de flexibiliteit verder te vergroten vindt koppeling plaats op GIS-niveau. Een eenmaal gerealiseerde koppeling blijft daardoor behouden wanneer wordt ingezoomd naar een hoger detailniveau of juist wordt uitgezoomd waardoor in beide gevallen het rekengrid verandert. Daarnaast zijn wijzigingen aan een koppeling simpel door te voeren doordat de koppeling middels een eenvoudige koppeltabel tot stand komt. Het toevoegen van bijvoorbeeld een waterloop aan de koppeling is dan ook niet meer dan het in de tabel toevoegen van de ID van die waterloop uit de twee modellen.

Inleiding

Het waterbeheer vereist steeds vaker een integrale aanpak. Enerzijds worden meer aspecten in samenhang beschouwd, zoals ondiep grondwater, oppervlaktewater, diep grondwater, riolering, ecologie, kwaliteit en kwantiteit. Anderzijds zijn ook steeds meer partijen bij de planvorming betrokken, denk aan het Rijk, provincie, waterschap, gemeente en niet-overheden zoals belangengroeperingen. Op deze procesmatige aspecten willen we niet ingaan in deze bijdrage, wel op de weerslag van het eerste op de modelleringsaanpak.

Modellen zijn een steeds belangrijker hulpmiddel om de werking van het watersysteem te begrijpen. Een tweede toepassing van modellen is om effecten van wijzigingen in het watersysteem te voorspellen. De resultaten vormen dan weer de basis voor beslissingen over de voorgenomen wijzigingen. Betrokken partijen stellen steeds hogere eisen aan de modellen en vragen om meer effecten in beeld te brengen dan met bekende en beproefde

J. Velstra en **W.J. Zaadnoordijk** zijn werkzaam bij Royal Haskoning, Postbus 94241, 1090 GE Amsterdam, j.velstra@royalhaskoning.com, wj.zaadnoordijk@royalhaskoning.com.

S. Hummel is werkzaam bij WL | Delft Hydraulics, Postbus 177, 2600 MH Delft, stef.hummel@wldelft.nl.

R. Ververs is werkzaam bij Waternet, Sector Watersysteem, Postbus 94370, 1090 GJ Amsterdam, rob.ververs@waternet.nl.

modelcodes afzonderlijk mogelijk is. Bovendien wordt een groter detailniveau verwacht (vaak voor een groot gebied), waardoor steeds minder aspecten met simpele (lineaire) relaties te beschrijven zijn. Vaak kan dan nog wel uitgegaan worden van eenrichtingsverkeer in de beïnvloeding. Een voorbeeld hiervan zijn ecologische effecten van hydrologische ingrepen waarbij de ecologie als nabewerking gesimuleerd kan worden met het Waterlood-Instrumentarium, DEMNAT of DURAVEG. De invoer van de ecologische programma's zijn resultaten van hydrologische modellen, als NAGROM/ MODFLOW/SIMGRO/TRIWACO-FLAIRS, MOZART/SWAP/TRIWACO-FLUZO of SOBEK-CF/DUFLOW. Bij dergelijke 'effectmodellen' is een efficiënte gegevensoverdracht nodig van het ene model naar het andere.

Er zijn ook gevallen waarbij de wederzijdse beïnvloeding belangrijk is, zoals tussen oppervlaktewater en grondwater waarbij een wisselwerking gedefinieerd kan worden tussen modelcodes als DUFLOW of SOBEK-CF enerzijds en modelcodes als MODFLOW of FLAIRS anderzijds. Hierbij is de noodzaak voor een gestructureerde en efficiënte gegevensoverdracht nog groter omdat het hierbij over grote hoeveelheden data gaat die uitgewisseld worden.

Effectmodellen wordt al sinds jaar en dag gebruikt waarbij sequentiële uitwisseling (eenrichtingsverkeer) over het algemeen geen probleem vormt. Ook online koppelingen (tweewegkoppelingen) zijn verre van nieuw. Begin jaren 90 worden de eerste geïntegreerde en/of gekoppelde rekencodes voor bodemvocht, oppervlaktewater en grondwater beschreven (o.a. Querner, 1989, IWACO, 1992, Ngo, 1995 en Slot e.a. 1999). Veel van de bestaande koppelingen zijn speciale versies van simulatieprogramma's waarvan de source code is aangepast voor de specifieke koppeling. Hierbij worden bovendien eisen gesteld aan de modellen, zoals synchroon lopende tijdstappen of samenvallende knopen (bijvoorbeeld dat alle waterlopen uit een oppervlaktewatermodel op een specifieke manier zijn opgenomen in een grondwatermodel). Hiermee wordt de modelleur beperkt bij de keuze van te koppelen variabelen en te koppelen items en is de koppeling van bestaande modellen gecompliceerd. Bovendien zijn de koppelingen vaak traag omdat via files wordt uitgewisseld en niet direct in het geheugen.

Uitgangspunten

Bij de ontwikkeling van de koppelingsmethodiek voor SOBEK en TRIWACO stond ons voor ogen dat deze generiek van opzet en gebruiksvriendelijk is. Generiek zodat de koppeling voor de diverse modules van SOBEK en TRIWACO toe te passen is. Gebruiksvriendelijk zodat de gemiddelde gebruiker in staat is een gekoppelde modellering kan uitvoeren. Verder moet de programmatuur voldoende flexibel zijn om verschillende schematisaties op een juiste wijze aan elkaar te kunnen koppelen. Het is dus van belang dat de modelleur voldoende keuzes heeft bij het definiëren van de uitwisseling tussen modellen en dat er niet te veel is vast gelegd door de programmeurs. Zo kunnen waterlopen in het ene MODFLOW model geschematiseerd zijn met het 'general head boundary package' (GHB) terwijl in het andere een combinatie van 'river' (RIV) en 'drain' (DRN) is gebruikt. Voor een modelleur moet het mogelijk zijn om beide type waterlopen met SOBEK-CF te koppelen.

Een volgend punt van aandacht is de rekentijd die online gekoppelde berekeningen vergen. Zo hebben we van eerder gerealiseerde gekoppelde berekeningen geleerd dat een koppeling met uitwisseling via files en het telkens opnieuw opstarten van de reken-

programma's te traag is. Mede doordat berekeningen op hoog detailniveau voor grotere watersystemen en langere simulatieperiodes nodig zijn. Denk aan tenminste 8 jaar bij de bepaling van de GxG voor bijvoorbeeld GGOR-studies. Om de rekentijd te verminderen dient uitwisseling van data via het werkgeheugen plaats te vinden.

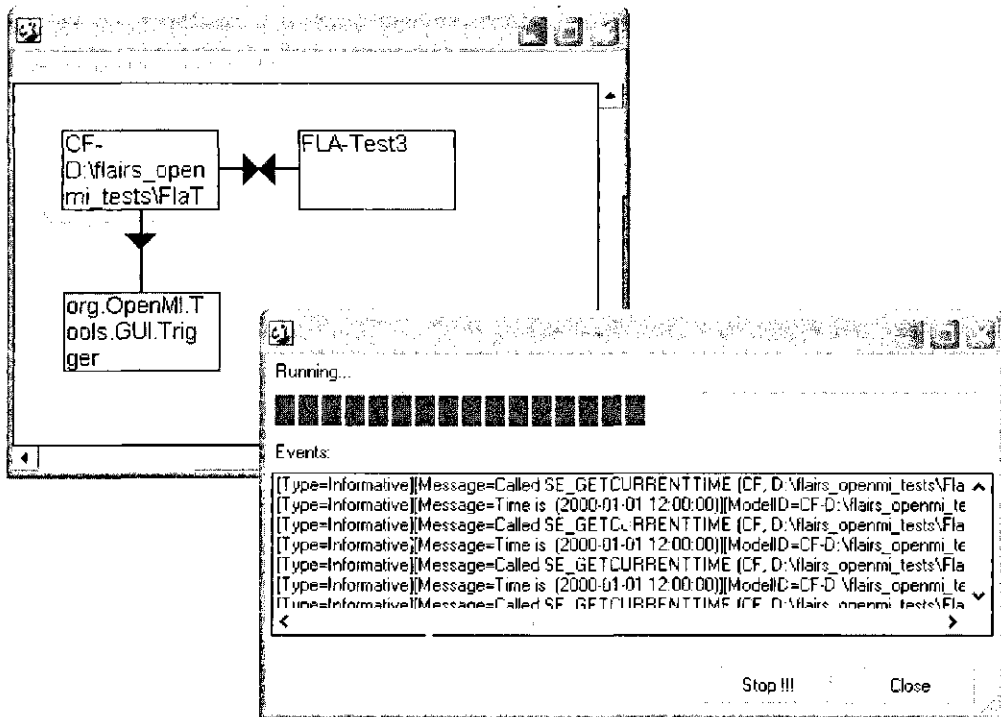
Een ander punt betreft de modelcodes. Het onderhoud en de kwaliteitsborging worden een stuk eenvoudiger als elke ontwikkelaar zelf zorgt voor generieke koppelmogelijkheden. Door het gebruik van generieke koppelingen blijven de consequenties beperkt tot het eigen programma als ontwikkelaars invoer- of uitvoerformaten aanpassen van hun simulatieprogramma en behoeven andere programma's niet aangepast te worden om er mee te kunnen blijven koppelen.

OpenMI (“**Open Modelling Interface and Environment**, a standard for model linkage in the water domain”) maakt het eenvoudig om te voldoen aan de technisch inhoudelijke eisen die hierboven genoemd zijn voor de koppeling van modelcodes. De flexibiliteit en gebruiksvriendelijkheid is daarmee niet geregeld, die is afhankelijk van de wijze waarop modellen en modelkoppelingen worden opgezet en aangestuurd. Deze overwegingen en uitgangspunten hebben geleid tot de hier gepresenteerde koppelingsmethodiek.

Koppeling SOBEK-CF en TRIWACO-FLAIRS volgens OpenMI

Na het uitstekende artikel in het vorige nummer van Stromingen (Dirksen en Blind, 2006) behoeft OpenMI geen nadere introductie meer. Voor degenen die het gemist hebben, OpenMI maakt het mogelijk om een bestaand simulatieprogramma met beperkte aanpassingen te voorzien van generieke koppelbaarheid. Bovendien geeft OpenMI zeer veel vrijheid aan de modelleur om koppelingen te definiëren. OpenMI bevat ook allerlei gereedschap om de modelleur te helpen bij het opzetten en runnen van een gekoppelde berekening. Zo is er functionaliteit voor het controleren van convergentie en het itereren van tijdstappen tussen gekoppelde modellen.

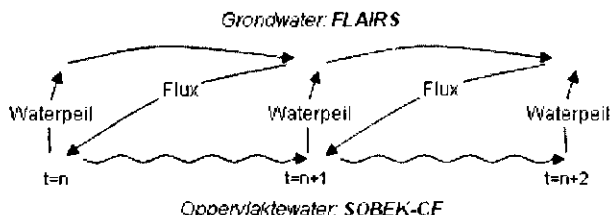
De aanpassingen in het simulatieprogramma beperken zich tot het expliciet maken van een aantal functies voor het sturen van de berekening en het ontvangen en leveren van variabelen. Deze functies worden aangeroepen vanuit een buffer tussen het simulatieprogramma en de OpenMI-laag voor het model. De functies voor het sturen van een berekening worden eenvoudig vanuit een meegeleverde OpenMI software (OmiEd) aangeroepen waarmee het programma volledig operationeel blijft ook zonder koppeling. De OpenMI-laag bevat alle functionaliteit om het model dat in het simulatieprogramma is geladen herkenbaar te maken voor OpenMI, zodat de modelleur de koppeling in OpenMI kan definiëren of een reeds gedefinieerde koppeling kan oproepen, en vervolgens de simulatie kan starten.



Figuur 1: OmniEd met gekoppelde simulatie SOBEK-CF en FLAIRS.

Bij het toepassen van (OpenMI)-koppelingen hanteren wij een aanpak van eenvoudig beginnen en stapsgewijs verfijnen zoals dat ook bij modelbouw algemeen wordt gepropageerd (zie bijvoorbeeld Haitjema, 1995 en Hill, 1998). Zodoende hebben we er eerst voor gekozen om eenvoudige expliciete eindige differenties in de tijd toe te passen en pas later iteraties of impliciete koppelingsschema's toe te passen. Eindige differenties hebben als voordeel dat ze eerder instabiel dan onnauwkeurig worden. Het nadeel is dat kleinere uitwisseltijdstappen gebruikt moeten worden en de hiermee samenhangende extra rekentijd nemen we dan voor lief.

De eerste operationele koppeling is die tussen FLAIRS en SOBEK-CF. Hierbij gebruiken we het volgende koppelschema:



Figuur 2: Koppelschema grondwatermodel FLAIRS en oppervlaktewatermodel SOBEK-CF

Aan het begin van een uitwisseltijdstap levert SOBEK-CF een waterstand voor de oppervlaktewaterrandvoorwaarde van FLAIRS. Vervolgens simuleert FLAIRS de betreffende

tijdstap, mogelijk in meerdere rekentijdstappen, volgens zijn eigen iteratie- en convergentieschema. Dan levert FLAIRS de uitwisselfluxen voor de uitwisseltijdstap en SOBEK-CF gebruikt deze bij zijn simulatie van de betreffende uitwisseltijdstap. Ook SOBEK-CF gebruikt hierbij zijn eigen rekeninstellingen. Zo wordt de nauwkeurigheid binnen elk domein gegarandeerd. De nauwkeurigheid van de gekoppelde variabelen is afhankelijk van de uitwisseltijdstap. Enerzijds vanwege de resolutie in de tijd en anderzijds door eventuele niet lineaire relaties tussen de uitwisselvariabelen. Met het geschetste rekenschema blijft de waterbalans gewaarborgd. De enige uitzondering hierop is de situatie waarin de door het grondwatermodel berekende flux niet door het oppervlaktewater model verwerkt kan worden. Dit kan voorkomen bij een infiltratieflux van het oppervlaktewater naar het grondwater waarbij de waterloop droogvalt binnen de uitwisseltijdstap.

Er zijn verschillende oplossingen denkbaar om deze waterbalansfout op te heffen:

- de teveel berekende infiltratieflux door het grondwatermodel weer te laten onttrekken voordat de volgende uitwisseltijdstap wordt berekend - dit heeft als nadeel dat de bewegingsvergelijking geschonden wordt;
- de uitwisseltijdstap opnieuw laten berekenen in beide modellen en de oppervlaktewaterstand en grondwaterinfiltratie itereren tot een vooraf bepaalde nauwkeurigheid - dit maakt de koppeling ingewikkelder en vraagt meer rekentijd;
- de tijdstaplenge variëren waarbij het deel van de uitwisseltijdstap waarin de waterloop nog watervoerend is wordt gehandhaafd. Het tweede deel waarin de waterloop drooggevallen is kan dan opnieuw berekend worden door het grondwatermodel en vervolgens door het oppervlaktewatermodel. Dit maakt de koppeling ook ingewikkelder en stelt bovendien extra eisen aan de gekoppelde simulatie programma's.

De eerste optie is het eenvoudigst, terwijl de laatste optie het nauwkeurigst is. Beiden kunnen gecombineerd worden met het itereren uit de middelste oplossing waardoor grotere uitwisseltijdstappen mogelijk zijn en de rekentijden verlaagd kunnen worden.

Robuustheid, rekensnelheid, en nauwkeurigheid van deze opties wordt momenteel nader onderzocht om uiteindelijk een verantwoorde keuze te maken. Tot die tijd werken we met kleine uitwisseltijdstappen om zo de kwaliteit van de gekoppelde simulatie te garanderen.

Gebruiksvriendelijk en flexibel: koppelen op GIS-niveau

Bij het koppelen van modellen volgens OpenMI wordt de rekentechnische uitwisseling van data tussen de modellen onderling geregeld. De wijze waarop de daadwerkelijke koppeling van de modellen plaats vindt, dus welk rekenpunt van het ene model gekoppeld moet worden aan het rekenpunt van het ander model, is binnen het OpenMI niet vastgelegd.

Veelal vindt koppeling tussen modellen plaats door de rekenknopen van het ene model direct te koppelen aan de rekenknopen van het andere model. Er zijn binnen OpenMI routines beschikbaar voor koppeling op basis van ligging. Deze kan bijvoorbeeld automatisch de cellen bepalen in een grondwatermodel die overeenkomen met de takken in een oppervlaktewatermodel. Dit is echter een weinig flexibele wijze van koppelen omdat deze afhankelijk is van de ligging van de rekenknopen (en niet de werkelijke waterloop) en bovendien dient deze in zijn geheel opnieuw worden gedefinieerd als één van de twee

modellen wijzigt. Dit leidt tot problemen bijvoorbeeld bij dijksloten aan de binnenkant van een dijk langs boezemwater of bij grenzen van peilvakken.

Deze problemen zijn opgelost door een koppeling op een hoger abstractieniveau te definiëren. De rekenknoten van twee of meer modellen hoeven dan ruimtelijk niet meer overeen te komen. Zo worden waterlopen voor een grondwatermodel (MODFLOW of FLAIRS) als lijnelementen (bijv. shape file) gedefinieerd met een eigen unieke ID. De waterlopen zijn daardoor eenvoudig te koppelen zijn aan de ID's van dezelfde waterlopen in het oppervlaktewatermodel (DUFLOW of SOBEK-CF). Op dezelfde wijze wordt oppervlaktewater met een breedte groter dan één knoop/cel gedefinieerd met polygonen (bijv. shape file) met een unieke ID waardoor de koppeling net zo eenvoudig is.

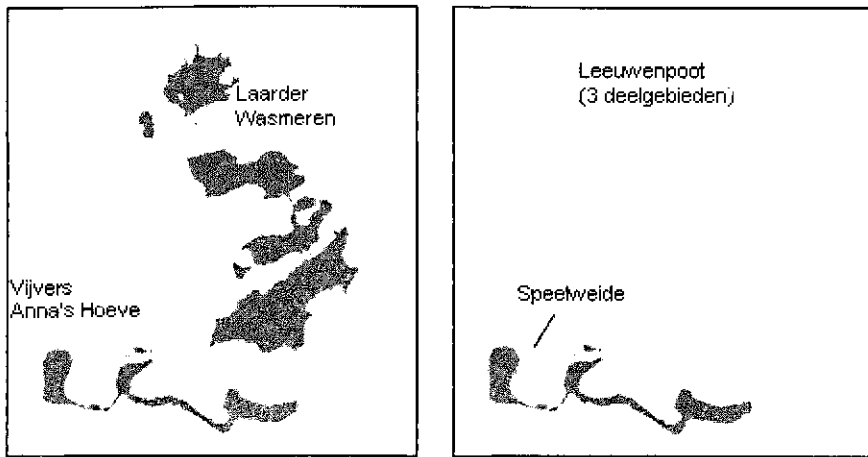
De koppeling van, in dit geval, SOBEK-CF en FLAIRS komt tot stand middels een eenvoudige koppeltabel. Binnen de tabel worden de ID's van de takken van SOBEK-CF gekoppeld aan de ID's voor de waterlopen of waterpartijen (o.a. infiltratievijvers) van FLAIRS.

Koppelen op een hoger abstractie niveau van GIS-kaarten heeft als voordeel dat wijzigingen aan één van beide modellen niet van invloed is op de koppeling. Het inzoomen in een grondwater model (in feite verfijnen van een rekengrid), bijvoorbeeld, is dus zonder meer mogelijk. Ook wijzigingen die wel van invloed zijn op de koppeling, bijvoorbeeld een nieuwe waterloop, zijn eenvoudig aan te realiseren. Immers de koppeling vindt plaats middels een koppeltabel die eenvoudig is uit te breiden met de nieuwe ID's uit de modellen.

Praktijkvoorbeeld gekoppelde berekening Hilversum

De eerste praktijktoepassing van de hier gepresenteerde koppeling is uitgevoerd in opdracht van Waternet. Om het doel en de noodzaak van gekoppeld rekenen duidelijk te maken zal eerst kort worden ingegaan op de achtergrond van het project, waarna verder wordt ingegaan op de modellering en de resultaten.

Aan de oostkant van het bebouwde gebied van Hilversum zijn diverse grote ontwikkelingen voorzien. Naast de ontwikkeling van het gebied voor woningbouw en aanleg van een nieuwe RWZI, betreft het ontwikkelingen die ingrijpende aanpassingen aan het huidige watersysteem in en rond Hilversum-Oost noodzakelijk maken. Er zijn in het gebied drie waterstromen te onderscheiden: hemelwater uit de stad, (extra) gezuiverd effluent van de RWZI (door middel van een MBR-installatie) en gezuiverd interceptiewater uit de waterwinning Laren van Hydron. Dit water werd voorheen geborgen en geïnfiltrteerd op de vijvers van Anna's Hoeve en de Laarder Wasmeren (zie figuur). Onderdeel van de ontwikkelingen is de sanering van de Wasmeren. De meeste Wasmeren zullen verdwijnen en een deel zal als Ven worden hersteld (natuurherstel GNR). De Wasmeren zijn dus niet langer beschikbaar voor berging en infiltratie van de drie genoemde waterstromen. Momenteel wordt door Royal Haskoning samen met Alterra en Grontmij een studie uitgevoerd voor Waternet naar mogelijkheden voor berging en infiltratie. En dan met name de locatie en het ruimtebeslag dat zo klein mogelijk dient te zijn. De complexiteit van de studie wordt vergroot door de mogelijke effecten van de herinrichting. Denk aan wateroverlast in Hilversum, beïnvloeding van grondwaterverontreinigingen, opbarsten van bergingsbassins voor ongezuiverd water, enz.



Figuur 3. Links de infiltratielocatie in de oude situatie, rechts in het voorlopig ontwerp. In lichte tint de overloop gebieden, de overige gebieden worden op een vast peil gehouden. (De Wasmeren bestaan in de nieuwe situatie niet meer of zijn aangelegd als Ven met ondoorlatende bodem dat niet langer onderdeel is van het grondwatersysteem.)

Uitgangspunten van het watersysteem en modellen

Bovenstaand figuur geeft een situatieschets van de huidige uitgangspunten van het ontwerp. Dit voorlopig ontwerp illustreert de hydrologische randvoorwaarden voor de modellering. De vijvers van Anna's Hoeve worden op een vast peil van 1,5m +NAP gehouden, waarbij interceptiewater van de winning Laren wordt gesuppleerd. Bij hoge neerslag kan het peil in de vijvers stijgen tot 2,80m +NAP. Daarna zal de speelweide bij Anna's Hoeve deel gaan uitmaken van het watersysteem. Stijgt het peil boven de 3m +NAP zal het water via een gesloten leiding overlopen naar een aan te leggen overloopgebied de Leeuwenpoot. Eén van de uitgangspunten voor het ontwerp is dat de Leeuwenpoot statistisch eens in de 20 à 25 jaar wordt aangewend.

Reden voor gekoppeld rekenen

Het opzetten en uitvoeren van gekoppelde berekeningen neemt meer tijd in beslag dan voor berekeningen met afzonderlijke modellen. Het is daarom altijd zinvol eerst een afweging te maken over de nut en noodzaak van een gekoppelde berekening. Zo ook voor deze studie.

Het studiegebied is gesitueerd op de Utrechtse Heuvelrug. Voor het grondwater geldt dat onder normale omstandigheden sprake is van een diepe grondwaterspiegel (enkele meters beneden maaiveld). Het is tevens een vrij afwaterend gebied waardoor, afhankelijk van de meteorologische omstandigheden, sterke fluctuaties (meer dan één meter) van de grondwaterspiegel optreden. Voor het in te richten oppervlaktewatersysteem geldt dat de peilen sterk kunnen fluctueren. Het benodigde ruimtebeslag voor de infiltratievoorzieningen is sterk afhankelijk van de infiltratiefluxen. De infiltratieflux is een

resultante van het oppervlaktewaterpeil en de grondwaterstand. Hoe groter dit verschil hoe groter de infiltratieflux. Er zijn een aantal factoren, die gekoppeld rekenen noodzakelijk maken.

De eerste heeft betrekking op de voorgeschiedenis van de grondwaterstand. Zo is bijvoorbeeld bij een langdurige natte periode sprake van een hoge grondwaterstand. Indien nu een oppervlaktewaterpeilstijging optreedt is de infiltratieflux laag. Met als gevolg meer benodigde berging en dus een groter ruimtebeslag.

De tweede heeft betrekking op de interactie van grond- en oppervlaktewater. Als bijvoorbeeld het peil van het oppervlaktewater stijgt, zal de infiltratieflux in eerste instantie toe nemen (groter verschil in peil en grondwaterstand). Echter als gevolg van de peilstijging zal ook de grondwaterstand stijgen. Het verschil tussen het peil en de grondwaterstand wordt daarop kleiner waardoor de infiltratieflux dus ook weer zal afnemen.

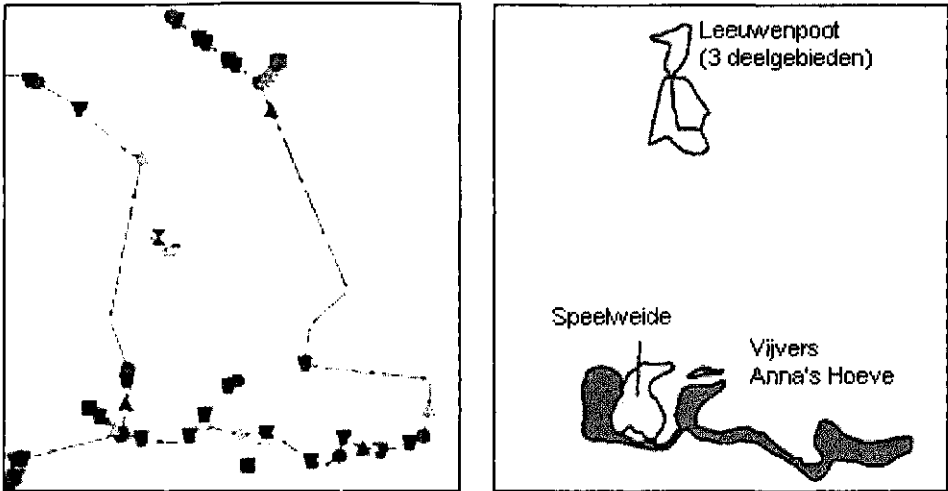
Een koppeling van grond- en oppervlaktewatermodel is dus nodig om de interactie tussen de twee op een correcte wijze te kunnen simuleren.

Normaal gesproken zou een semi-online koppeling kunnen worden toegepast. Dit is in feite een sequentiële koppeling waarbij de uitkomsten van de doorgerekende simulatieperiode van de modellen in een aantal iteratiestappen worden uitgewisseld. Deze aanpak is in dit geval echter problematisch omdat in de geschetste situatie sprake is van droogvallende vijvers en waterlopen, waarin binnen één tijdstap een forse peilstijging kan plaatsvinden. De berekende peilen (in het oppervlaktewatermodel) en fluxen (grondwatermodel) liggen daardoor per opvolgende tijdstap ver uit elkaar waardoor geen convergentie en dus een oplossing kan worden bereikt. Dit geeft naast de eerder genoemde factoren voldoende reden om de berekeningen met een online koppeling uit te voeren.

Modellen en modelkoppelingen

Voor de simulatie van oppervlaktewaterstroming is gebruik gemaakt van SOBEK-CF. Het model berekent de stroming van het oppervlaktewater en levert de waterpeilen voor de gekoppelde berekening. Vooraf aan SOBEK-CF wordt SOBEK-RR gebruikt voor de berekening van neerslag/verdamping voor de vijvers van de Anna's Hoeve en de overige watergangen die geen deel uitmaken van de gekoppelde berekening. Het model simuleert naast de infiltratievoorziening ook het watersysteem van Hilversum Zuidoost.

Voor de simulatie van grondwaterstroming is gebruik gemaakt van TRIWACO-FLAIRS. Het modelgebied beslaat het gehele Gooi met de Noordelijke Vechtplassen en een belangrijk deel van de Eemvallei. Het model berekent grondwaterstroming, afvoer, grondwaterstanden en levert de infiltratie/drainage fluxen voor de gekoppelde berekening. TRIWACO-FLUZO is sequentieel gekoppeld aan FLAIRS. Het onverzadigde zone model FLUZO berekent de grondwateraanvulling voor alle knooppunten van het grondwatermodel. Omdat de locaties voor piekberging (Speelweide en Leeuwenpoot) slechts incidenteel watervoerend zijn is de effectieve neerslag en grondwateraanvulling ook met FLUZO berekend. De modellen FLAIRS en SOBEK-CF zijn vervolgens voor het watersysteem van de infiltratievoorziening online gekoppeld.



Figuur 4. Studiegebied. Links een detail van het SOBEK-CF en SOBEK-RR model, rechts een detail van het TRIWACO-FLAIRS en TRIWACO-FLUZO model.

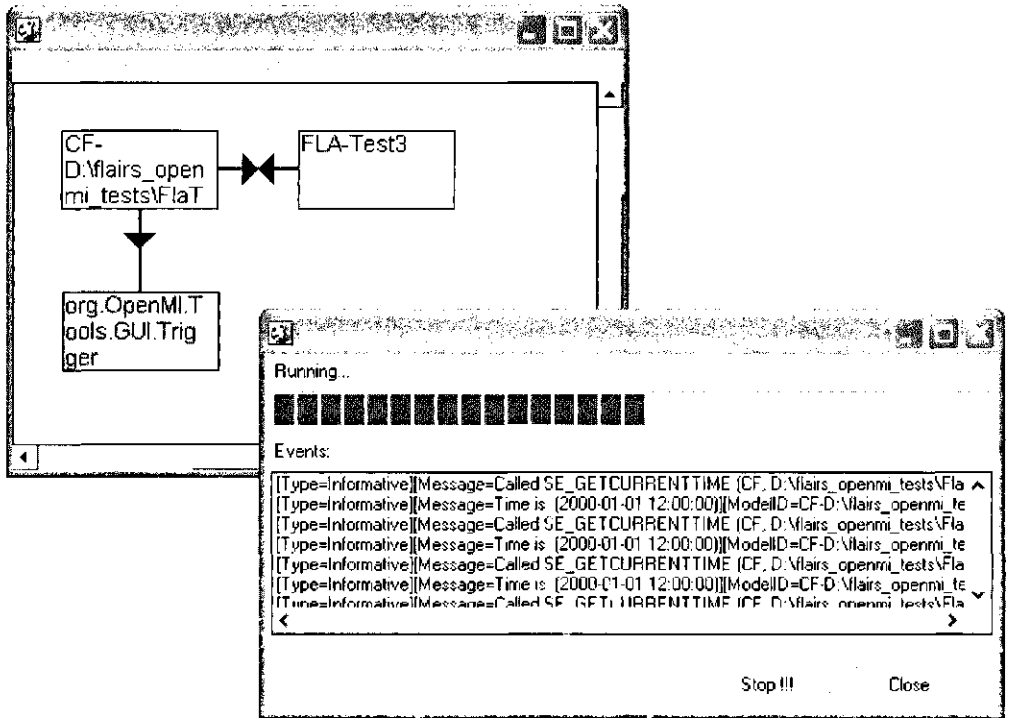
De berekening

De rekenperiode is een meteorologische reeks van 8 jaar (1993 t/m 2000) waarin het klimaatscenario 2050 midden is verdisconteerd (Grontmij en Alterra, 2000). Deze reeks is gekozen omdat in de betreffende periode een droog, gemiddeld en nat jaar omvat.

De eerste serie berekeningen is uitgevoerd in 2005 met de voorloper van de OpenMI koppeling die geënt is op bij WL ontwikkelde technologie. Medio 2006 is deze koppeling opgewaardeerd naar een Open Source uitwisseling volgens het OpenMI principe.

De grafiek laat de resultaten van de berekening zien en toont het peilverloop en de uitwisselflux voor zowel een vijver waarvoor een minimum peil wordt gehandhaafd (Vijvers Anna's Hoeve) als voor één van de gebieden van de Leeuwenpoot voor piekberging (een positieve uitwisselflux duidt op infiltratie).

De grafiek toont nog eens duidelijk de sterke afhankelijkheid van het grondwater- en oppervlaktewatersysteem en daarmee de noodzakelijkheid van gekoppeld rekenen.



Figuur 5. Resultaten gekoppelde berekening. De grafiek toont het verloop van het waterpeil en de infiltratiedruk. Opvallend is dat in natte perioden toestroming van grondwater optreedt.

Het benutten van piekberging in de Leeuwenpoot en Speelweide is sterk afhankelijk van het waterpeil in de vijvers Anna's Hoeve bij aanvang van een bui. Het peil in de vijvers is vervolgens weer afhankelijk van de grondwaterstanden en de neerslag die gevallen is in de voorafgaande maanden aan de betreffende bui (de eerder genoemde voorgeschiedenis). Met de berekeningsresultaten kan nu worden aangetoond dat de standaard ontwerpbuizen niet gebruikt kunnen worden om te voorspellen wanneer de Leeuwenpoot benut zal worden. Zo blijkt in de doorgerekende periode van 8 jaar dat het zomaar kan gebeuren dat de Leeuwenpoot wordt benut bij een neerslaggebeurtenis met een herhalingsperiode van twee keer per jaar ($T = 0,5$). Maar aan de andere kant dat een $T = 50$ bui wel leidt tot een grote peilstijging maar niet tot benutting van de Leeuwenpoot. In het eerste geval was sprake van een natte voorgeschiedenis (hoge grondwaterstanden en dus lage infiltratiedruk) en in het tweede geval was sprake van een droge voorgeschiedenis (lage grondwaterstanden en hoge infiltratiedruk). Dit benadrukt nog eens dat het soms noodzakelijk is om het watersysteem integraal te simuleren.

Gebruiksvriendelijk en flexibel: volgende generatie gebruikersschil

Met de vraag naar gekoppelde simulaties groeit ook de behoefte aan meer integrale koppelingen. Het betreft dan niet alleen waterkwantiteit, maar ook waterkwaliteit. Zo komen bijvoorbeeld met de TRIWACO- en SOBEK-modules allerlei water- en stoffstromen in

beeld tussen oppervlaktewater, atmosfeer, maaiveld en wortelzone, onverzadigd - en verzadigd grondwater die uitgewisseld kunnen worden in een gekoppelde berekening. Om dit efficiënt te kunnen doen is een gebruikersschil nodig om arbeidsintensieve pre- en postprocessing op zich te nemen, die bij de opzet en aansturing van modellen en gekoppelde modellen in het bijzonder komen kijken.

De volgende versie van de gebruikersschil TRIWACO (<http://www.triwaco.com>) voorziet in de behoefte om binnen één modelinstrumentarium modellen voor verschillende modelcodes op te zetten en aan te sturen. Maar ook om het koppelen van kwantiteits- en kwaliteitsmodellen makkelijker en daarmee toegankelijker te maken.

Modelcodes

Door de modulaire opzet van de gebruikersschil kan in feite elke modelcode worden toegevoegd. Uitgangspunt is dat de simulatie altijd wordt uitgevoerd op basis van de standaard in- en uitvoer van de modelcodes. Nu al worden modellen opgezet en aange-stuurd voor de modelcodes FLAIRS, FLUZO, MODFLOW-96 en MODFLOW-2000 en binnenkort ook voor SOBEK-CF, SOBEK-RR en SWAP (in samenwerking met de WUR wordt SWAP ook OpenMI-compliant gemaakt). Het opgezette model en dito in- en uitvoer zijn dus altijd direct in de bijbehorende standaard modelinstrumentaria te gebruiken en te bekijken. Hetzelfde geldt voor effectmodellen, zoals kwaliteitsmodellen (o.a. uitspoelingsmodellen als SPREAD, ANIMO en WANDA), zetting, ecologische en agrarische effectvoorspellingen, enzovoort. Ook kan op basis van berekeningsresultaten direct invoer voor externe modelinstrumenten worden aangemaakt, zoals GxG en kwelflux voor het waternood instrumentarium. Indien nieuwe modelcodes, zoals metaSWAP, beschikbaar komen kunnen deze dus relatief eenvoudig worden toegevoegd.

Opzetten model

Modellen worden volgens de beproefde TRIWACO-methodiek opgezet. Dat wil zeggen dat modellen altijd een directe relatie behouden met de fysische werkelijkheid en dat modelparameters onafhankelijk van de rekenknopen worden gedefinieerd. Een diversiteit aan gegevens kan direct worden gebruikt om een parameter te definiëren door de OpenGIS te gebruiken (<http://www.opengeospatial.org>). Het instrumentarium communiceert dan ook probleemloos met bijvoorbeeld MySQL en Oracle, ArcView en ArcGIS. Ook vertaalt het modelresultaten naar de diverse bestandstypen.

Naast het definiëren van modelparameters wordt een rekengrid met het gewenste detailniveau, behorend bij de modelcode, aangemaakt. Het simulatiemodel ontstaat vervolgens door de datagegevens te koppelen aan het rekengrid. Dit kan door middel van de allocatoren die het TRIWACO-pakket bevat. Onder allocatie wordt verstaan de interpolatie of verschaling in ruimte en tijd. Het programma maakt vervolgens de door de modelcode gewenste invoer.

Deze methodiek maakt dat het model altijd een direct relatie met de fysische werkelijkheid heeft. Modelparameters zijn gekoppeld aan basisgegevens wat de mogelijkheden voor in- en uitzoomen naar elk gewenst schaalniveau garandeert. Samen met scenario-

management en 'real time' controle op consistentie van het model wordt als vanzelf voldaan aan "Good Modelling Practice".

Koppelen

De gebruikersschil maakt het ten slotte mogelijk om koppelingen optimaal te faciliteren. Immers modelparameters en dus ook de te koppelen parameters worden gedefinieerd op basis van de OpenGIS-technologie. Dit maakt het koppelen van modellen op GIS-niveau mogelijk. Een gebruiker definieert eenvoudigweg via een wizard de koppeling tussen het ene en het andere model. Een model hoeft daarvoor niet te zijn opgezet binnen TRIWACO. Eenmaal gedefinieerd wordt met een druk op de knop de berekening van het gekoppelde model gestart.

Slotopmerking

Momenteel werken we aan de uitbreiding van de koppelingen voor de overige modules van SOBEK en TRIWACO (kwantiteit en kwaliteit) en deze OpenMI compliant te maken. Inmiddels operationeel is de koppeling met de onverzadigde zone module FLUZO. De komende maanden volgt de koppeling met SOBEK-RR, waarvoor inmiddels de eerste testruns worden uitgevoerd.

OpenMI is hard op weg een algemeen geaccepteerde standaard te worden. We spreken dan ook de hoop uit dat ook andere ontwikkelaars hun modelcodes geschikt maken voor OpenMI. En bovenal beschikbaar maken voor gebruik door derden.

Referenties

- Dirksen, P.W. en M.W. Blind (2006)** Wat is OpenMI en wat kan het betekenen?; in: *Stromingen*, jrg 12, nr 2, pag 37–48.
- Grontmij en Alterra (2000)** Karakteristieke respons van regionale systemen, Commissie WB21 - Thema 6, bijlage 2 (Verwerking klimaatscenario's in reeksen van neerslag en verdamping).
- Haitjema, H.M. (1995)** Analytic element modeling of groundwater flow. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Hill, M.C. (1998)** Methods and guidelines for effective model calibration. U.S. Geological Survey, Water-resources investigations report 98-4005, Denver, Colorado, USA.
- IWACO (1992)** Modelling of flow in the unsaturated zone: the programme FLUZO, Manual; IWACO.
- Ngo, X.T. (1995)** Een praktische toepassing van het gekoppelde model MODUFLOW; in: *Stromingen*, jrg 1, nr 2, pag 19–29.
- Querner, E.P. en P.J.T van Bakel (1989)** Description of the regional groundwater flow model SIMGRO. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Report 7.
- Slot T., Velstra J., Wijnker L. en E. van Vught (1999)** Koppeling computermodellen voor grond- en oppervlaktewater interessant voor integrale aanpak waterbeheer; in: *H₂O*, jaargang 32, nummer 16/17, pagina 30–31.