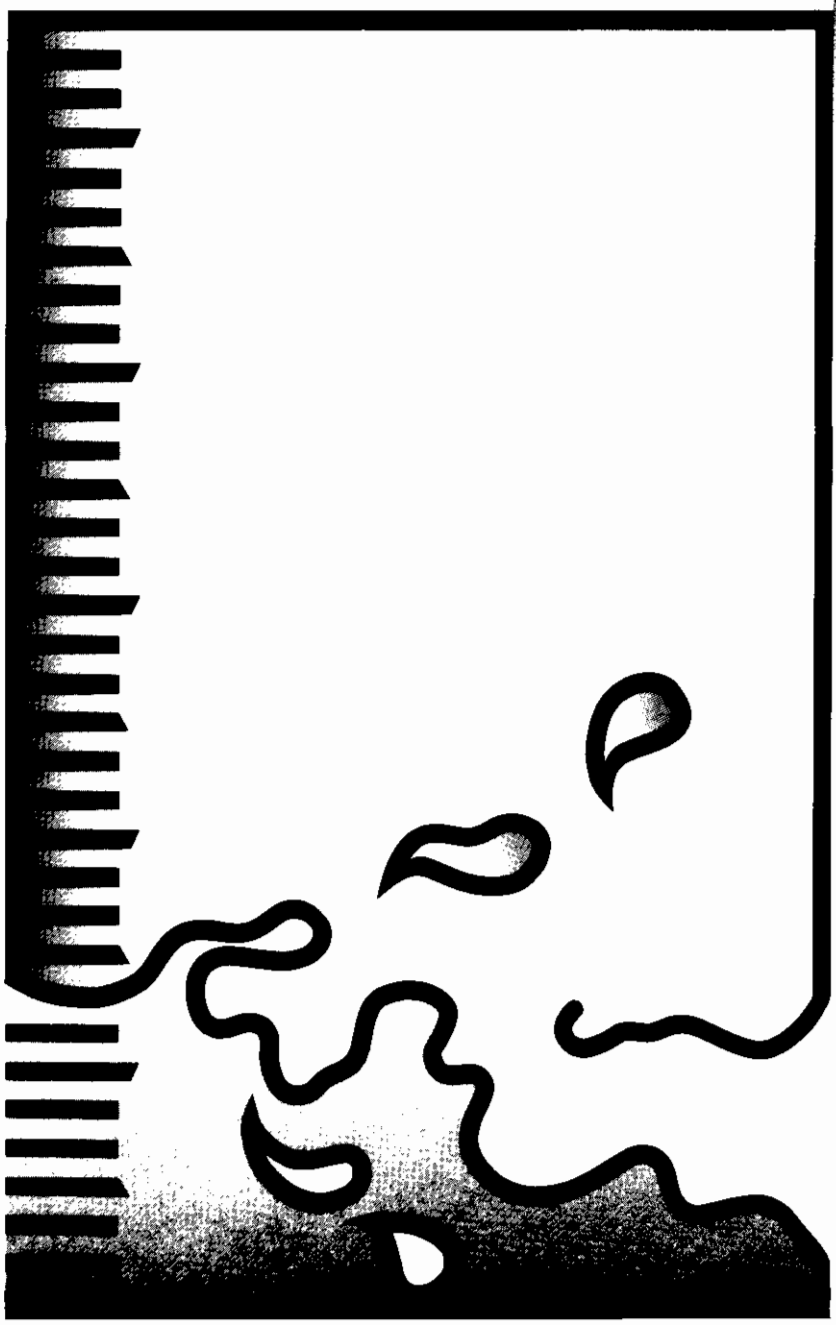
NN31068.07

ıputermodellen in het waterbeheer

het SAMWAT modellenbestand

Auteurs: D.L.J. Heikens en P.E.R.M. van Leeuwen, m.m.v. R. Bol



samwat

SAMenwerking op het gebied van het onderzoek ten behoeve van het WATerbeheer

KOMPUTERMODELLEN IN HET WATERBEHEER

het SAMWAT modellenbestand

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

SAMWAT

COMPUTERMODELLEN IN HET WATERBEHEER
het SAMWAT modellenbestand

D.L.J. Heikens and P.E.R.M. van Leeuwen (auteurs) m.m.v. R. Bol
Delft: TNO.- (SAMWAT report no. 7). Met lit. opg. reg.

ISBN 90-6743-197-4

SISO 631.2 UDC 061.68:[681.3.001.572:556.18]

Tref.: computermodellen, waterhuishouding, waterbeheer, hydrologie

[illegible]

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

KOMPUTERMODELLEN IN HET WATERBEHEER

het SAMWAT modellenbestand

Auteurs:
D.L.J. Heikens
P.E.R.M. van Leeuwen

met medewerking van:
R. Bol

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0447 6384

SAMWAT-rapporten nr. 7
Delft, juni 1991

wordt niet
uitgeleend

1 OKT. 1991

INHOUD

SAMENVATTING

VOORWOORD

1 HET MODELLENBESTAND 1

1.1 Inleiding 1
1.2 Beschrijving van mathematische modellen 1
1.3 Belangstelling en ontwikkeling 4

2 DE OPZET VAN DE BESCHRIJVINGSFORMULIEREN 7

2.1 Inleiding 7
2.2 Algemene informatie (blok I) 8
2.3 Grondwater (blok II.1) 9
2.3.1 Toepassingsgebied en gemodelleerde processen 10
2.3.2 Wijze van rekenen 14
2.3.3 Invoer en uitvoer 15
2.4 Oppervlaktewater (blok II.2) 16
2.4.1 Toepassingsgebied en gemodelleerde processen 17
2.4.2 Wijze van rekenen 19
2.5 Neerslag-afvoer (blok II.3) 19
2.6 Kort voorbeeld: van probleem naar software 20

3 DE BESCHRIJVING VAN RIOLERINGSMODELLEN 23

3.1 Inleiding 23
3.2 Het aanbod van software 24
3.3 De vergelijking van de modellen 25
3.4 Kalibreren en modelleren 27

LITERATUUR 31

GERAADPLEEGDE PERSONEN 33

BIJLAGEN:

1 Beschrijvingsformulier algemene informatie (blok I) 35

2 Beschrijvingsformulieren specifieke informatie (blok II) 43
2.1 Grondwater 45
2.2 Oppervlaktewater 61
2.3 Neerslag-afvoer 81
2.4 Landbouwopbrengst 91

3 Overzicht van de modellen 105
3.1 Overzicht per instelling 107
3.2 Overzicht per type model 121

SAMENVATTING

Sinds enige jaren bestaat er een gegevensbestand met gedetailleerde beschrijvingen van mathematische modellen die worden toegepast in het waterbeheer. Het modellenbestand bevat informatie over modellen voor grondwater, oppervlaktewater, neerslag-afvoerrelaties en landbouwopbrengst, die betrekking hebben op zowel stroming als stoftransport en chemische processen. In de periode van oktober 1989 tot januari 1991 is de beschrijving van de modellen grondig herzien en zijn de gegevens in het bestand geactualiseerd. Dit rapport behandelt de nieuwe opzet van de beschrijvingsformulieren. Eveneens komt het nut van het modellenbestand bij de beschrijving en selektie van software voor rioleringen aan de orde. De gegevens over deze software zijn afkomstig van een inventarisatie die is uitgevoerd in samenwerking met de TU Delft.
Achterin het rapport is het resultaat van de nieuwe inventarisatie gegeven in een overzicht van de beschikbare modellen.

VOORWOORD

De mens vormt modellen om de natuur beter te kunnen beheersen. In het waterbeheer wordt veel gebruik gemaakt van mathematische modellen, waarmee stroming, stoftransport en chemische processen beschreven worden. Veel van deze modellen zijn in de afgelopen jaren verdwenen in komputerprogramma's, die geschreven zijn door een klein aantal specialisten. De hydroloog vindt in deze softwarepakketten een instrument om gemakkelijk veelal komplexe berekeningen uit te voeren. Aangezien de software opgeslagen is in een onleesbare kode wordt er in de meeste gevallen dokumentatie bij geleverd die een zekere hoeveelheid informatie geeft over de berekeningen die door het komputerprogramma uitgevoerd worden. Nieuwsgierigheid van de gebruiker naar de exacte inhoud van het komputerprogramma is voorstelbaar, en zelfs noodzakelijk, gezien de verantwoordelijkheid voor de kwaliteit van het werk dat hij of zij uitvoert met de software. Het modellenbestand, dat in dit rapport besproken wordt, levert een gedetailleerde en eenduidige beschrijving van de mathematische modellen. Daarmee kan een selektie worden gemaakt van geschikte komputerprogramma's voor het oplossen van een bepaald probleem.

Bij het opstellen van de formulieren voor de beschrijving van de modellen zijn vele gesprekken gevoerd met specialisten van diverse instanties. De auteurs danken de diskussiepartners die achterin het rapport zijn genoemd voor hun bijdrage.
Verder is medewerking verleend door René Bol, die momenteel werkt aan de uitbreiding van de beschrijvingsformulieren op het gebied van waterkwaliteitsprocessen in het oppervlaktewater.

Delft, april 1991

1 HET MODELLENBESTAND

1.1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de opzet en inhoud van het gegevensbestand van het Bureau SAMWAT, waarin informatie is opgeslagen over komputerprogramma's voor het waterbeheer. Het rapport is een vervolg op en een vervanging van Rapport 2 van SAMWAT, dat in september 1988 is uitgebracht.

In dit hoofdstuk worden de achtergronden, de ontwikkeling en het gebruik van dit bestand belicht en wordt een overzicht gegeven van de aktiviteiten van het Bureau SAMWAT op het terrein van komputerprogramma's. De opzet van het gegevensbestand en de gedetailleerde vragenlijsten waarmee de komputerprogramma's worden beschreven zullen worden toegelicht in hoofdstuk 2. En aparte plaats in dit rapport is ingeruimd voor de beschrijving van rioleringsmodellen met behulp van de in hoofdstuk 2 besproken formulieren (hoofdstuk 3). De inventarisatie van deze modellen is uitgevoerd in samenwerking met de TU Delft. In de bijlagen zijn de formulieren opgenomen waarmee de komputerprogramma's door SAMWAT worden beschreven, alsmede een aantal overzichten van de software die in het bestand is opgenomen.

1.2 Beschrijving van mathematische modellen

Een groot aantal problemen op het gebied van het waterbeheer zijn zodanig uitgebreid of komplex dat er komputerprogramma's worden gebruikt om tot een oplossing te komen. Een belangrijk deel van deze komputerprogramma's bestaat uit mathematische modellen, die een beschrijving geven van processen die optreden in de natuur. Bij de overweging een model toe te passen voor een bepaald probleem spelen in ieder geval de volgende twee vragen een rol:

- welke processen dienen gemodelleerd te worden
- zijn er voldoende gegevens om het model in de beoogde situatie toe te passen.

Daarnaast is er de keuze zelf een model te ontwikkelen of reeds bestaande software te gebruiken. Bij deze afweging is een overzicht van de beschikbare komputerprogramma's onontbeerlijk.

Inventariseren van software is een tijdrovende zaak. Allereerst is het moeilijk om een volledig overzicht te krijgen van de aktiviteiten op het gebied van software-ontwikkeling van de verschillende onderzoeksinstellingen, ingenieursbureaus en overheidsorganisaties, die op het gebied van het waterbeheer werkzaam zijn. Daarnaast is het nodig de informatie over de software op een éénduidige manier vast te leggen zodat programma's objektief met elkaar vergeleken kunnen worden. Deze informatie zou in ieder geval betrekking moeten hebben op de volgende onderwerpen:

- de processen die in het programma gemodelleerd worden
- de mathematische beschrijving van deze processen

- verwerking van in- en uitvoer (gebruiksvriendelijkheid)
- dokumentatie, assistentie bij het gebruik en onderhoud, en de prijs van de programmatuur
- benodigde hardware.

In het verleden zijn er een aantal overzichten opgesteld van softwarepakketten voor het waterbeheer, ten behoeve van onderzoekers, waterbeheerders en adviseurs. Onder andere kunnen de inventarisaties genoemd worden voor de volgende publikaties:

a) LOGID, ICID Software Database. ICID 1990
b) Inventarisatierapport computermodellen op het gebied van het waterbeheer bij de provincies, Automatiseringsoverleg Waterbeheer. AOW, 1987
c) Milieu Effekt Rapportage, rapport 21: Effectvoorspelling, deel III Oppervlaktewater. MER, 1985
d) Milieu Effekt Rapportage, rapport 22: Effectvoorspelling, deel IV Bodem. MER, 1985
e) Inventarisatie grondwaterkwaliteitsmodellen, CHO-TNO. Boumans, 1982
f) Inventarisatierapport AOW, deel III: Computermodellen. Automatisering Waterbeheer elf provincies. AOW, 1982
g) Information exchange on computer programs, IAHR, Technical Section on the Use of Computers in Hydraulics and Water Resources. IAHR, 1977.

De resultaten van deze inventarisaties zijn sinds hun samenstelling niet meer geactualiseerd, met uitzondering van de inventarisaties van het ICID en het IAHR. De overzichten verschillen in mate van detail, toegankelijkheid en omvang, afhankelijk van het doel waarvoor ze zijn opgesteld.

Een bron van informatie die apart moet worden genoemd, is het International Groundwater Modeling Centre (IGWMC). In 1985 heeft de Europese vestiging van dit bureau een inventarisatie uitgevoerd van grondwatermodellen bij instituten en universiteiten in Nederland. Verder beheert het IGWMC een gegevensbestand met beschrijvingen van grondwatermodellen die in de VS beschikbaar zijn. Dit gegevensbestand wordt regelmatig geactualiseerd. De kennis en ervaring van het IGWMC is van groot belang geweest bij de opzet van het beschrijvingsformulier voor grondwatermodellen van SAMWAT in 1988.

Aangezien de bovenstaande inventarisaties onvoldoende (geactualiseerde) informatie leveren om een antwoord te kunnen geven op de vragen van waterbeheerders, onderzoekers en adviseurs aangaande mathematische modellen, heeft het Bureau SAMWAT zich in 1987 tot taak gesteld een gegevensbestand op te zetten met beschrijvingen van de belangrijkste modellen voor het waterbeheer. Het gegevensbestand zou aan de volgende eisen moeten voldoen:
- van de gekozen soorten software moeten alle Nederlandse pakketten van enig belang beschreven worden
- de beschrijvingen moeten voldoende gedetailleerd zijn om selekties mogelijk te maken
- de gegevens dienen gemakkelijk toegankelijk, uitbreidbaar en te actualiseren te zijn.

Verder is besloten de gegevens te verzamelen met behulp van een standaard-beschrijvingsformulier, dat door interviews met de beheerders van de software ingevuld moet worden. Een groot voordeel hierbij is dat de vragen in de beschrijvingsformulieren éénduidig geïnterpreteerd worden en de gegevens snel te verzamelen zijn.

Er is een selektie gemaakt van software die in het bestand moest worden opgenomen. In eerste instantie is gekozen voor beschrijving van modellen voor:
- grondwater
- oppervlaktewater
- neerslag-afvoerrelaties
- landbouwopbrengst.

Daarnaast is uitbreiding mogelijk met andere programma's, voor:
- gegevensverwerking
- beslissingsondersteuning
- waterverdeling
- ekologische modellering.

Bij het ontwikkelen van de eerste versies van de beschrijvingsformulieren is gebruik gemaakt van de informatie uit de bovengenoemde inventarisaties (b) t/m (f) alsmede van het IGWMC. Tevens is een uitgebreide literatuurstudie verricht door de medewerkers van Bureau SAMWAT. De eerste versies van de formulieren zijn besproken met deskundigen van diverse disciplines en getest op een aantal modellen. Op deze wijze is een versie tot stand gekomen, waarmee de enquetes zijn uitgevoerd.

Hoewel het modellenbestand is opgezet voor de informatievoorziening van de betrokkenen bij het waterbeheer in Nederland, zijn de vragen van de beschrijvingsformulieren in het Engels gesteld. Hiervoor zijn een tweetal redenen te noemen. Ten eerste komen zowel in de softwarewereld als in het waterbeheer een groot aantal Engelse vaktermen voor die niet makkelijk in het Nederlands te vertalen zijn. Daarnaast is aangenomen dat ook in het buitenland belangstelling bestaat voor de beschrijving van de modellen. Deze veronderstelling in de afgelopen jaren juist gebleken.

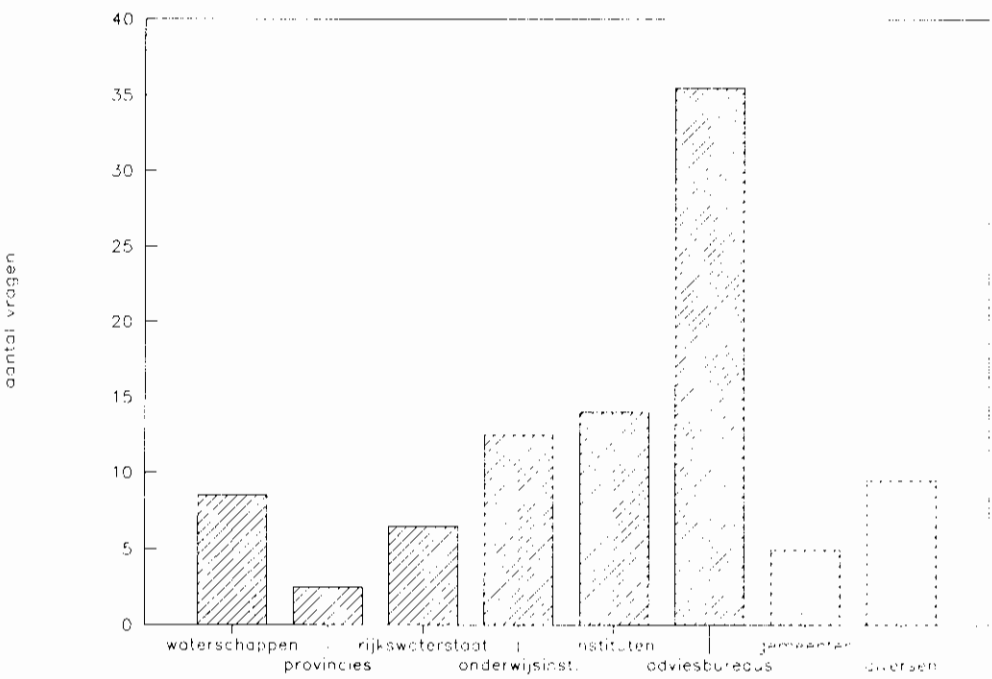
Voor de keuze van een type softwarepakket waarmee de gegevens opgeslagen zouden kunnen worden, is een vergelijkende studie uitgevoerd van verschillende database management systems. Hierbij is o.a. gebruik gemaakt van de adviezen van het TNO Instituut voor Toegepaste Informatica. Uiteindelijk is gekozen voor het pakket Foxbase, dat te vergelijken is met dBASE III.
Op basis van dit softwarepakket zijn een aantal gegevensbestanden opgezet en programma's geschreven, waarmee de in- en uitvoer van gegevens en het selekteren van modellen geheel menugestuurd kan geschieden.

In januari 1988 is het modellenbestand in gebruik genomen. Met behulp van dit bestand kan het Bureau SAMWAT aan iedere geïnteresseerde gedetailleerde informatie verschaffen over de beschikbaarheid en de mogelijkheden van de Nederlandse komputerprogramma's voor het waterbeheer.

1.3 Belangstelling en ontwikkeling

In rapport 2 van SAMWAT, dat in september 1988 uitgebracht is, kon uit het aantal vragen aan het Bureau reeds gekonkludeerd worden, dat het bestand zijn waarde had bewezen. Op het moment van schrijven van dit rapport kan op een langere periode worden teruggekeken en zijn ook meer gegevens beschikbaar over de belangstelling voor het bestand. Daarvan zal hieronder een indruk worden gegeven. Vervolgens komt de ontwikkeling en uitbreiding van het bestand aan de orde.

Een illustratie van de belangstelling voor de informatie over mathematische modellen voor het waterbeheer kan worden afgelezen in de onderstaande figuur, die het aantal vragen over modellen weergeeft, die aan het Bureau SAMWAT zijn gesteld.



Figuur 1. Het aantal vragen naar informatie over modellen verdeeld over de verschillende instellingen die betrokken zijn bij het waterbeheer (gemiddelde 1989 en 1990)

De belangstelling komt zowel van de waterbeheerders (waterschappen, provinciale diensten water en milieu en de diverse afdelingen van de Rijkswaterstaat) als van onderzoekers (HBO's en universiteiten, alsmede onderzoeksinstellingen) en adviesbureaus. Ook komen geregeld vragen van buitenlandse organisaties, die SAMWAT hebben leren kennen door o.a. de bespreking van het modellenbestand in het Journal of Hydrology, een artikel in de IGWMC Newsletter en de publiciteit die het Bureau heeft gemaakt op diverse symposia.

Zoals in de volgende hoofdstukken naar voren komt, zijn de beschrijvingen van de komputerprogramma's in het bestand systematisch en gestruktureerd van opzet. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van een geautomatiseerd gegevensbestand, waardoor snel een selektie kan worden gemaakt van de beschikbare software voor een bepaalde toepassing.

De ervaring die is opgedaan met het gebruik van het modellenbestand heeft SAMWAT er toe doen besluiten de beschrijving van de modellen voor oppervlaktewater en neerslag-afvoer te herzien. Konkreet waren er drie redenen voor deze aanpassing:

- Bij het enqueteren van de vele verschillende komputerprogramma's is het van essentieel belang gebleken zuiver gedefinieerde termen te gebruiken voor de beschrijvingen van zowel de gemodelleerde processen, als de wijze van rekenen en de behandeling van in- en uitvoer. Op dit vlak waren bepaalde delen van de beschrijvingsformulieren voor verbetering vatbaar.
- Met de informatievoorziening over de modellen is een beter inzicht verkregen in de kriteria die de diverse betrokkenen bij het waterbeheer hanteren voor het selekteren van komputerprogramma's. Hierdoor kon een deel van de vragen uit de beschrijvingsformulieren vervallen, terwijl er ook nieuwe elementen in de beschrijvingen moesten worden opgenomen.
- Tenslotte is ook de ontwikkeling van de modellen een reden geweest voor de herziening van de (standaard) beschrijvingen; nieuwe processen worden beschreven, andere modelleringen worden toegepast en de software wordt gebruiksvriendelijker.

Vanaf oktober 1989 zijn de volgende akties door het Bureau SAMWAT ondernomen:

- In de periode oktober 1989 tot februari 1990 zijn de beschrijvingsformulieren voor oppervlaktewater en neerslag-afvoer herzien. Tevens zijn de gegevens van beide soorten programma's geactualiseerd.
- Van oktober 1990 tot januari 1991 is de beschrijving van grondwatermodellen verbeterd en aangepast aan de nieuwe wijze van beschrijven, die bij oppervlaktewater en neerslag-afvoer was opgezet. Vervolgens is wederom een enqueteronde in Nederland gehouden om de nieuwe gegevens op te nemen.

De enquetes van de verschillende modellen heeft geleid tot een nieuw en actueel overzicht van de beschikbare software voor het waterbeheer in Nederland. Een overzicht hiervan is opgenomen in bijlage 3.
In het volgende hoofdstuk zal uiteengezet worden hoe de nieuwe beschrijving van de bovengenoemde software in elkaar steekt.

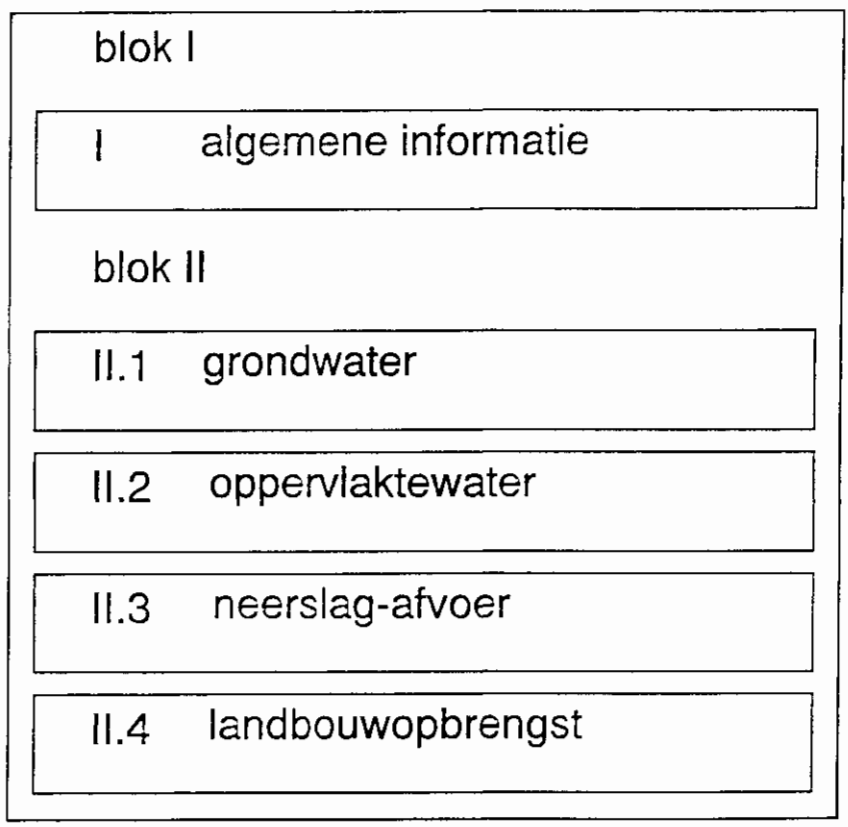
2 DE OPZET VAN DE BESCHRIJVINGSFORMULIEREN

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt uiteengezet hoe de beschrijving van de komputerprogramma's is opgezet. Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven, wordt de software beschreven met standaard-formulieren. De informatie over de komputerprogramma's is opgedeeld in twee stukken, aangeduid met blok I en blok II. In blok I is de algemene informatie opgenomen, die voor elk type van de beschreven software relevant is. Blok II, de specifieke beschrijving van de programma's, is opgesplitst in de volgende delen:

II.1 grondwater
II.2 oppervlaktewater
II.3 neerslag-afvoerrelaties
II.4 landbouwopbrengst

De formulieren zijn opgenomen in de bijlagen 1 en 2.1 - 2.4.



Figuur 2. De hoofdstruktuur van het modellenbestand

In de hiernavolgende paragrafen zullen alleen de delen worden besproken, die een wijziging hebben ondergaan; te weten grondwater, oppervlaktewater en neerslag-afvoer. Deze formulieren hebben eenzelfde hoofdindeling, te weten:

A beschrijving van het toepassingsgebied van het model en de gemodelleerde processen
B gegevens van de wijze van rekenen
C informatie over de invoermogelijkheden, eventuele foutenkontrole en de uitvoer

Vrijwel alle vragen uit blok II zijn zo opgesteld, dat ze beantwoord moeten worden met "ja" of "nee". Een aantal uitzonderingen hierop zijn te vinden bij de vragen over rekentechnieken, en de mathematische vergelijkingen waarop het model gebaseerd is.
Blok I bevat deels vragen waarop het antwoord "ja" of "nee" gegeven moet worden en deels open vragen, waarachter een tekst of getal zal volgen.

De enqueteformulieren die de basis vormen van het modellenbestand zijn het resultaat van literatuurstudie, overleg met specialisten op diverse terreinen en vele onderlinge diskussies. Bij vele indelingen, onderscheidingen en formuleringen in onderdelen en specifieke vragen van de formulieren is daarom een uitleg of verantwoording te geven. In het kader van dit rapport zou het echter te ver voeren de achtergrond van alle vragen uiteen te zetten. Hieronder zal worden volstaan met een toelichting op een aantal belangrijke en karakteristieke onderdelen. De vragen zullen worden aangeduid met het nummer van het onderdeel waar ze onder horen, of met de kode die aan elke vraag is gegeven.
Een aantal onderdelen van de formulieren voor oppervlaktewater en neerslag-afvoer die tevens op grondwatermodellen van toepassing zijn worden in par. 2.3 besproken.
De modellen die in het hier besproken bestand zijn opgenomen zijn voor het overgrote deel numerieke modellen. Deze zullen in dit rapport ook de meeste aandacht krijgen.

2.2 Algemene informatie (blok I)

Het eerste formulier geeft algemene informatie die van toepassing is op uiteenlopende soorten softwarepakketten. In dit deel van de beschrijving kan men bijvoorbeeld vinden op welk type komputer een programma draait, of er een handleiding beschikbaar is en zo ja in welke taal en wie de kontaktpersoon is voor de software. Deze gegevens zijn terug te vinden in het formulier, dat - zoals alle formulieren - systematisch is opgebouwd uit een aantal onderdelen. Deze onderdelen zijn genummerd van 1 - 25 (zie bijlage 1).
De vragen uit dit formulier hebben betrekking op:
- korte karakterisering van het programma: doel en toepassingsgebied
- auteur, kontaktpersoon en geschiedenis van de software
- opzet software
- benodigde hardware
- onderhoud, assistentie en documentatie
- toepassingen, verificatie en literatuurreferenties.

Dit deel van de beschrijving van modellen (aangeduid met Blok I) levert waardevolle praktische informatie over alle soorten van software. Wanneer men op zoek is naar modellen voor een bepaalde toepassing, wordt de eerste selektie echter gemaakt op de specifieke informatie uit het tweede deel van de beschrijving; de blokken II.1 t/m II.4. Deze worden in de volgende paragrafen besproken.

2.3 Grondwater (blok II.1)

Het formulier voor grondwatermodellen is opgezet voor de beschrijving van komputerprogramma's van zeer uiteenlopende aard. De programma's verschillen onderling op een aantal onderdelen, te weten: de gemodelleerde processen in de ondergrond, de mate van detail waarin deze beschreven zijn, de dimensies van het model en de geboden mogelijkheden bij de in- en uitvoer van gegevens.
Het grondwaterformulier is aanzienlijk uitgebreider dan het hiervoor besproken formulier met algemene informatie (zie bijlage 2.1). Ook hier hebben alle onderdelen (in totaal 38) een nummer en bovendien zijn alle 676 vragen voorzien van een zeven-cijferige kode. Bij dit grote aantal vragen moet worden bedacht dat voor elk model slechts één deel van het formulier wordt ingevuld. Zo worden voor de vele programma's die alleen grondwaterstroming modelleren 292 vragen nooit ingevuld, omdat deze op andere processen van toepassing zijn.

Zoals in par. 2.1 werd vermeld worden alle vragen beantwoord met een "ja" of "nee". De enige uitzonderingen hierop zijn de onderdelen 22 t/m 26 en een aantal vragen uit onderdeel 29. Deze onderdelen worden later toegelicht.

In het onderstaande zal eerst uiteengezet worden hoe het grondwaterformulier is opgebouwd en vervolgens worden een aantal onderdelen uit de lijst toegelicht. Vooral het onderscheid in de dimensies van de modellen zal veel aandacht krijgen.

Omdat het grondwaterformulier nogal uitgebreid is, kan men soms de weg kwijt raken in de lange lijst van vragen. De struktuur wordt echter al snel duidelijk wanneer men een verdeling maakt in 3 stukken, zoals in par. 2.1 is aangegeven:

A beschrijving van het toepassingsgebied van het model en de gemodelleerde processen (onderdeel 1 t/m 21)
B gegevens van de wijze van rekenen (onderdeel 22 t/m 34)
C informatie over de invoermogelijkheden, eventuele foutenkontrole en de uitvoer (onderdeel 35 t/m 38).

Bij een aantal onderdelen is een indeling van de vragen gemaakt naar:

* toepassingsgebied:
  - onverzadigde zone
  - verzadigde zone.

* processen:
  - stroming
  - stoftransport
  - (bio)chemische processen
  - warmtetransport
  - grondmechanische processen.

De twee laatstgenoemde processen zijn in het huidige formulier slechts summier beschreven. Het aantal softwarepakketten dat warmtetransport of grondmechanische processen kan beschrijven en toegepast wordt in het waterbeheer is relatief klein. Bij de beantwoording van de vragen over deze programma's zullen de vragenstellers voor de details verwezen worden naar de kontaktpersonen die in blok I vermeld staan.

2.3.1 Toepassingsgebied en gemodelleerde processen

Wat verstaat men onder de dimensie van een model?

In de beschrijvingen van modellen zorgen een aantal termen geregeld voor - soms hevige - diskussies. Dit is onder andere het geval met de dimensies van een model. De onenigheid ontstaat voornamelijk over de aanduidingen "nul-dimensionaal" en de quasi- (of semi-) termen zoals "quasi 2D" en "quasi 3D". Hieronder zal op deze diskussie worden ingegaan.
De werkelijkheid waarin de te modelleren processen zich afspelen, is drie-dimensionaal. Afhankelijk van de aard van de beschouwde processen kan echter in de opzet van een onderzoek een beperking worden gemaakt (2D, 1D of 0D) als daarbij weinig relevante informatie verloren gaat. Voor het aantal dimensies van een model is bij de opzet van het grondwaterformulier de volgende definitie gekozen:
"het aantal dimensies van een mathematisch model is het aantal onderling onafhankelijke plaatsvariabelen in de gebruikte vergelijkingen".
Met deze definitie kan een indeling van modellen gemaakt worden. Bij het opstellen van het grondwaterformulier is er voor gekozen om deze indeling alleen te maken voor het proces stroming, veelal de basis voor een model. Het resultaat kan worden gevonden in onderdeel 8. Daarnaast worden er in het gehele eerste deel van het formulier (onderdeel 1 t/m 21) voor een aantal parameters en deelprocessen vragen gesteld over de ruimtelijke verdeling. Zie hiervoor bijvoorbeeld de vragen met kodes 1160104 - 1160106, onderdeel 19.1 en 20.
Een aantal vragen uit onderdeel 8 zullen worden toegelicht. Hoewel hier de beschrijving van grondwatermodellen besproken wordt, zullen de termen af en toe worden geïllus-

treerd met wijzen van modelleren van processen in oppervlaktewater, omdat op dat terrein meer voorbeelden voorhanden zijn van 0D- en 1D-stromingsmodellen.

Nul- en eendimensionale modellen

Als eerste is in onderdeel 8 de term nul-dimensionaal opgenomen. Een nul-dimensionaal model wordt ook wel reservoirmodel of bakmodel genoemd. In de mathematische vergelijkingen waarop dit model is gebaseerd komen geen plaatsvariabelen voor. Er zijn modellen die deze reservoir-benadering een aantal malen toepassen voor verschillende plaatsen, waarbij tussen de rekengrootheden van deze reservoirs relaties gelegd worden. Men kan zich dit voorstellen als een verzameling onderling verbonden bakken. Bij de berekening van stroming door de Nederlandse riolering wordt regelmatig van dit concept gebruik gemaakt (zie hiervoor hfst. 3 van dit rapport). Over het algemeen representeert één bak een wijk in een stad, onder de aanname dat de waterstanden in zo'n wijk t.o.v. een referentievlak niet veel van elkaar zullen verschillen. Een andere mogelijkheid is het gebruik van een 1D-model. Als men een 1D-model toepast dat volgens de methode der eindige differenties rekent legt men vaak de "knopen" van het reken-netwerk op de plaats van de putten in het rioolstelsel, terwijl de takken daartussen de leidingen voorstellen. Hoewel het niet gebruikelijk is kan men dit netwerk bouwen met een 0D-model, en vervolgens aan het rekenen slaan. Wanneer men de resultaten van de berekening met dit systeem grafisch presenteert (bijv. op het scherm van een PC) kan het lijken alsof men hier met een 1D- of zelfs een 2D-model te maken heeft. Hieruit blijkt dat de presentatie van de uitvoer geen goede basis is voor de beschrijving van wiskundige modellen. De definitie die bij het grondwaterformulier is aangehouden, gaat daarom ook uit van de kern van de komputerprogramma's: de mathematische vergelijkingen en niet van de mogelijkheden van de software die de behandeling van de in- en uitvoer verzorgt.
Er kunnen 0D-modellen voorkomen waarbij door het programma bij de invoer van de gegevens per bak plaatskoördinaten worden gevraagd (bijv. het midden van het gebied dat door deze bak gerepresenteerd wordt). Deze koördinaten kunnen voor de grafische presentatie van de rekenresultaten worden gebruikt. Bij de bestudering van het zgn. "rekenhart" van een 0D-model, de vergelijkingen, wordt duidelijk dat de berekende waarden van de variabelen geen funktie zijn van de plaats van de bakken. Wel kan de onderlinge afstand in de berekening worden betrokken bij de bepaling van bijvoorbeeld de stromingsweerstand of andere konstanten.

Wederom een voorbeeld uit het oppervlaktewater. De stroming in een rivier met een gevlochten patroon van stroomgeulen kan gemodelleerd worden met een netwerk gebouwd met behulp van een 1D-model. Veelal zal in de invoer per punt van het rekenveld de koördinaten in een twee-dimensionaal assenstelsel worden gevraagd. Dit dient afgezien van de presentatie van in- en uitvoer alleen om de afstand tussen de rekenpunten te bepalen en duidt dus niet op een 2D-model. Deze afstand wordt gebruikt in de numerieke uitwerking van de één-dimensionale stromingsvergelijking.

Twee- en driedimensionale modellen

Tenslotte is er nog de term "quasi 3D", die veel wordt gebruikt voor de beschrijving van grondwatermodellen. Veelal duidt men hiermee programma's aan die opgebouwd zijn uit een aantal netwerken van eindige elementen of evt. eindige differenties, waarbij elk netwerk in de praktijk gebruikt wordt om de verdeling van de waarden van toestandsvariabelen (bijv. stijghoogtes, koncentraties of temperaturen) over één watervoerend pakket te beschrijven. Naast relaties tussen de variabelen van één netwerk bestaan er nog afhankelijkheden tussen de rekengrootheden van verschillende netwerken. Hiermee kunnen de relaties tussen bijv. stijghoogtes in verschillende lagen, beïnvloed door de weerstand van de scheidende lagen, gemodelleerd worden.
Een model dat rekent volgens de eindige-elementenmethode met drie-dimensionale elementen wordt "volledig 3D" genoemd. De onhoudbaarheid van dit onderscheid blijkt uit de volgende overweging.
In de praktijk van het modelleren wordt bij de modellen met een aantal netwerken van 2D-elementen veelal één netwerk per aquifer gebruikt. Vaak is deze wijze van toepassen aangehouden in de software die de in- en uitvoer verzorgt. Men kan echter om deze beperking heen, door de scheidende lagen die door het programma verondersteld worden tussen de aquifers te liggen, zeer dun te maken ofwel een kleine weerstand te geven. Zo kan men een groot aantal netwerken van twee-dimensionale eindige elementen per watervoerend pakket invoeren, die volgens een 3D-assenstelsel "boven" elkaar liggen. Wordt nu de uitvoer beschouwd, dan is er nauwelijks verschil met de "volledig 3D"-modellen in de geleverde gegevens. In beide gevallen wordt de variatie van de parameterwaarden in de drie-dimensionale ruimte berekend. In het geval van 2D-elementen worden alleen geen waarden uitgerekend tussen de velden, omdat daarvoor de eindige-differentiemethode gebruikt is, die alleen diskrete waarden geeft. Deze beperking is weer op te heffen door achteraf te interpoleren, bijvoorbeeld voor het tekenen van kurves (isohypsen of stroomlijnen) op basis van de rekenresultaten. Volgens de definitie van dimensies, eerder in deze paragraaf gepresenteerd, worden zowel deze "quasi 3D"- als de "volledig 3D"-modellen aangeduid met "3D". Het verschil tussen de berekeningswijze van de drie-dimensionale waardenverdeling van de parameters kan o.a. blijken uit het tweede deel van het enquêteformulier dat het rekenhart behandelt (zie bijv. onderdeel 30.2).

Radiale en cylindrische modellen

In het voorgaande is gebleken dat met de genoemde definitie, die uitgaat van de mathematische vergelijkingen, een scherp onderscheid kan worden gemaakt tussen de modellen. Daarnaast is het handig gebleken om voor 1D- en 2D-modellen een verdere onderverdeling te maken die ook rekening houdt met de software voor in- en uitvoer die om het rekenprogramma is gebouwd. Bij radiale en cylindrische modellen variëren de berekende waarden met de straal r resp. r en z (of een andere plaatskoördinaat). In plaats van een radiaal model, kan een radiaalsymmetrisch probleem (bijv. de stijghoogte in een aquifer op het befaamde ronde eiland met een onttrekking in het midden) ook met een

2D-model opgelost worden. Dit is echter nogal onhandig. In het algemeen kan de dimensie van een probleem worden gedefinieerd, als het minimaal aantal plaatsvariabelen waarmee dit probleem beschreven kan worden, zonder dat informatie verloren gaat. In dit theoretische geval van het ronde eiland is het probleem ééndimensionaal; een 2D-model levert dus niet meer informatie op.

Na deze toelichting op onderdeel 8 wordt hieronder wat korter ingegaan op een aantal andere onderdelen van het grondwaterformulier.

Tijdsafhankelijkheid

Bij de beschrijving van de tijdsafhankelijkheid (zie onderdeel 9 - 12) vindt men de term quasi non-steady. Een quasi non-steady benadering bestaat uit een opeenvolging van steady (stationaire) situaties. Het verschil tussen deze situaties is gelegen in de veranderende randvoorwaarden die het systeem opgelegd krijgt, waardoor steeds een andere evenwichtssituatie ontstaat. Wanneer men deze opeenvolgende evenwichtstoestanden achter elkaar presenteert, kan de uitvoer lijken op het resultaat van een dynamische simulatie. Om deze reden is de term quasi non-steady aangehouden en niet quasi steady, zoals dit type berekening ook wel eens wordt genoemd. Het verschil tussen quasi non-steady en non-steady berekeningen is wederom te herkennen aan de mathematische vergelijkingen van het model. In het eerste geval ontbreekt daar namelijk een variabele voor de tijd.

(Bio)chemische processen

De beschrijving van de gemodelleerde (bio)chemische processen (onderdeel 17) met een standaard-vragenformulier is niet eenvoudig. Aan de totstandkoming van dit onderdeel is de nodige diskussie voorafgegaan, alvorens tot een indeling is gekomen. Daarmee is niet gezegd dat de opzet van de beschrijving in de huidige vorm ideaal is: kritiek en suggesties voor verbetering zijn welkom (wat overigens ook voor de rest van het formulier geldt). Hieronder zullen een aantal overwegingen gepresenteerd worden die een rol hebben gespeeld bij de uiteindelijke keuze voor de huidige indeling.

Verschillende (bio)chemische processen worden gemodelleerd met eenzelfde soort mathematische vergelijking (bijv. een lineaire 1^e orde differentiaalvergelijking voor verschillende afbraaktermen). De modelleermogelijkheden van een bepaald softwarepakket worden daarom gedetermineerd door het type van de vergelijking(en) waarop het rekenprogramma is gebaseerd. Voor de karakterisering zou het daarom in principe voldoende zijn om deze vergelijkingen te noemen. Om een aantal redenen is hier echter van afgezien. Ten eerste is omwille van de herkenbaarheid een indeling gemaakt van processen die kunnen worden beschreven en stoffen waarvan het gedrag kan worden gesimuleerd. Daarnaast zijn bepaalde programma's geschreven voor een specifieke toepassing, zoals het gedrag van een bepaalde stof en de daarbij behorende processen, waaraan ook de namen van de variabelen en de teksten van de in- en uitvoerprogramma's zijn aangepast.

In zo'n geval kan de beheerder van het programma er voor kiezen bij de beschrijving van het toepassingsgebied alleen de betreffende stof en processen te noemen.

Sommige processen kunnen in een model apart gesimuleerd worden, terwijl in bepaalde praktijksituaties nauwelijks onderscheid kan worden gemaakt tussen de verschijnselen *(bijv. precipitatie en adsorptie). Voor deze situaties heeft het niet veel zin een model uit* te kiezen dat de processen apart onderscheidt. Het grondwaterformulier echter beschrijft de mogelijkheden die door de softwarepakketten geboden worden en niet het nut dat deze mogelijkheden in de verschillende situaties opleveren of de mate waarin de toepassing van het model zinvol is. In dit opzicht is het belangrijk te weten wat voor type processen gemodelleerd kunnen worden; reversibel of irreversibel, evenwichtsreakties of reakties waarbij geen evenwicht wordt verondersteld.

Het huidige grondwaterformulier biedt een aantal mogelijkheden voor de beschrijving van (bio)chemische modellen. Daarmee zijn ook verschillende "ingangen" geschapen ten behoeve van selekties uit het modellenbestand.

1 De eerste vragen van onderdeel 17 (17.1 en 17.2), maken een indeling in typen processen dat gemodelleerd is: reversibel of niet, evenwichtsreaktie of niet. Vraag 17.3 (any (bio)chemical process) is van toepassing op de programma's waarmee niet (alleen) met standaardvergelijkingen gemodelleerd kan worden, maar waarin mogelijkheden geboden worden aan de gebruiker om zelf beschrijvingen van processen in te voeren en daarmee te rekenen.
2 Specifieker is de lijst van processen van onderdeel 17.13. De processen kunnen optreden bij verschillende stoffen; hierin is geen onderscheid gemaakt. De lijst heeft een nauwe relatie met de mathematische vergelijkingen.
3 Als er specifiek op een bepaalde stof gezocht wordt kan gebruik gemaakt worden van de termen uit 17.4 t/m 17.12, waarvoor een selektie van (groepen van) stoffen gemaakt is. Indien een bepaalde (soort) stof hierin niet opgenomen is kan men terugvallen op de termen onder 17.13 of 17.1 en 17.2.
4 Tenslotte wordt tijdens de enquêtes van de softwarepakketten altijd naar de vergelijkingen gevraagd, die genoteerd worden bij onderdeel 24. Dit onderdeel vereist echter enige toelichting, die van toepassing is op de onderdelen 21 - 26.

2.3.2 Wijze van rekenen

De mathematische vergelijkingen (onderdeel 22 - 26) waarop rekenprogramma's zijn gebaseerd, vormen de kern van elk model dat in het bestand is opgenomen. Daar met het grondwaterformulier zeer verschillende modellen worden beschreven, is het nagenoeg onmogelijk om deze vergelijkingen in een standaard-beschrijving te vatten, die opgebouwd is uit vragen waarop "ja" of "nee" kan worden geantwoord. Eenvoudiger is het om hier een open vraag van te maken, de vergelijkingen bij de enquêtes te noteren, deze op te slaan en te presenteren aan de geïnteresseerden. De uitwerking van deze opzet ondervindt echter een praktische beperking door de geautomatiseerde opslag van de gegevens over de modellen. Met de beschikbare software voor het beheer van gegevensbestanden is het niet eenvoudig, zo niet onmogelijk, om wiskundige formules op te

slaan en te presenteren, laat staan om deze als selektiekriterium te gebruiken. Het kreeren van deze mogelijkheid zou een tijdrovende aanpassing vergen van de tot nu toe gebruikte software voor het modellenbestand. Om deze redenen blijft de ruimte onder de titels van onderdeel 22 - 26 bij de presentatie van een selektie van modellen leeg en zijn de vergelijkingen (voor zover deze genoteerd kunnen worden bij de enquêtes) alleen op papier opgeslagen.

In numerieke rekenprogramma's worden differentiaalvergelijkingen omgezet in differentievergelijkingen, die vervolgens met de eindige-differentiemethode opgelost worden. Hierbij wordt een bepaald rekenschema gebruikt. Dit rekenschema wordt beschreven in onderdeel 29. Gezien het grote aantal schema's is ook hier geen standaard-lijst gemaakt, maar wordt een open vraag gesteld over de naam van de methode en een literatuurreferentie waarin de methode beschreven is. Verder wordt het schema gekarakteriseerd door de stabiliteit van het rekenproces voor lineaire termen en de orde van nauwkeurigheid voor tijd en plaats.

Het onderdeel over het genereren van het netwerk van rekenpunten (onderdeel 31) zal in de volgende paragraaf worden behandeld.

2.3.3 Invoer en uitvoer

Wijze van invoeren

De vorige versies van de enquêteformulieren voor grondwater, oppervlaktewater en neerslag-afvoer bevatten een uitgebreide reeks vragen over de benodigde invoergegevens van de komputerprogramma's. Deze lijsten zijn bij het opstellen van de nieuwe formulieren geheel geschrapt. De belangrijkste reden hiervoor is dat de nieuwe aanzienlijk verbeterde en uitgebreide beschrijving van gemodelleerde processen in het eerste deel van de formulieren (hier onderdeel 1 t/m 21) de vragen over benodigde invoer overbodig maakt en tevens informatiever is. Daarentegen zijn in dit formulier een aantal vragen opgenomen over de wijze van invoeren van de gegevens (onderdeel 34). Deze vragen kunnen een belangrijke aanwijzing zijn voor de mate van de gebruiksvriendelijkheid van de beschreven software. De termen van onderdeel 35.1 hebben betrekking op de vorm van het netwerk van rekenpunten dat bij numerieke modellen gebruikt wordt. Uit de antwoorden op de teksten onder 34.2 is interessante informatie te halen. De tekst aangeduid met kode 1340201 is van toepassing op programma's, waarbij de invoergegevens moeten worden getypt in lege bestanden. Meestal is in de handleiding van het programma de precieze plaats beschreven van elk gegeven (regel, positie). Bij bepaalde programmeertalen luistert dit nogal nauw. Het is dan makkelijker als in het invoerbestand kommentaarteksten of indikaties staan voor de plaats van de invoergegevens (vraag 1340202). Een andere mogelijkheid is interaktieve invoer (vraag 1340203); in dit geval wordt het invoerbestand door het programma zelf gevuld met de gegevens die achtereenvolgens opgevraagd worden aan de gebruiker. Overigens kan hier opgemerkt worden, dat in blok I een vraag is opgenomen over de evt. menu-sturing van de software. Tenslotte kan bij de invoer gebruik worden gemaakt van gegevensbestanden van andere

programma's (vraag 1340204).
De invoergegevens worden doorgaans apart gezet in een bestand; maar soms worden ze tussen de programmaregels geplaatst, waardoor het niet meer mogelijk is om deze gegevens met een externe editor te veranderen. Onderdeel 34.3 geeft hier uitsluitsel over.

Presentatie van invoer en berekeningsresultaten

De presentatie van invoer en berekeningsresultaten wordt van groot belang geacht. In onderdeel 36 is een onderverdeling gemaakt in gepresenteerde parameters en de wijze van presenteren. Wat dit laatste betreft wordt meestal een onderscheid gemaakt tussen tabel of grafiek (plot), waarna eventueel gevraagd wordt naar de parameters op de assen (plaats- of tijdsvariabelen).
De vragen 36.1 t/m 36.4 hebben betrekking op de presentatie van de opbouw van het model, waarna de parameters volgen die per soort proces geordend zijn; stroming, stoftransport of (bio)chemische processen, grondmechanische processen en zgn. "inversed models", waarmee bodem-eigenschappen bepaald kunnen worden. Er is geen onderscheid gemaakt naar de hardware waarop de presentatie kan plaatsvinden. Normaliter zal de uitvoer in ieder geval op het scherm getoond kunnen worden. Daarnaast kan een printer of plotter gebruikt worden (zie ook blok I), maar het werd relatief onbelangrijk geacht hier met het beschrijvingsformulier in detail op in te gaan.

2.4 Oppervlaktewater (blok II.2)

Met het oppervlaktewaterformulier wordt evenals met het grondwaterformulier een groot aantal verschillende modellen beschreven. De drie onderdelen die in par. 2.1 genoemd zijn beslaan in dit geval de volgende onderdelen:

A toepassingsgebied en gemodelleerde processen: onderdeel 1 - 23
B wijze van rekenen: onderdeel 24 - 41
C invoermogelijkheden, foutenkontrole en uitvoer: onderdeel 42 - 45

In een aantal onderdelen van de lijst is een volgorde in onderdelen en paragrafen te herkennen volgens de processen:

- vloeistofstroming
- transport van opgeloste stoffen
- sedimenttransport
- (bio-)chemische interakties
- warmte

Een aantal belangrijke onderdelen uit het beschrijvingsformulier voor oppervlaktewatermodellen is reeds aan de orde gekomen in de vorige paragraaf. Dit geldt voor de vergelijkingen (onderdeel 24 - 28), een deel van de vragen over invoermogelijkheden

(onderdeel 42) en de opzet van het onderdeel presentatie van invoer en berekeningsresultaten (onderdeel 44). Daarnaast zijn er ook enige verschillen te ontdekken tussen de onderdelen over gelijksoortige onderwerpen in de beide formulieren. Afgezien van het feit dat in oppervlaktewater andere processen een rol spelen dan in grondwater, kunnen deze verschillen het gevolg zijn van de ervaring die is opgedaan met het formuleren van vragen en de antwoorden die daarop volgen in de vele uitgevoerde enquêtes. Dit geldt o.a. voor de opzet van de onderdelen over chemische en biologische processen (onderdeel 15 en 16).

2.4.1 Toepassingsgebied en gemodelleerde processen

Geometrie

Afgezien van enkele 1D-vertikale modellen voor bijv. biologische processen of thermische stratificatie in zeeën of diepe meren zijn vrijwel alle 1D-modellen horizontaal.
2D horizontaal is hier omschreven als 2D - gemiddeld over de diepte, en 2D vertikaal als 2D - gemiddeld over de breedte.

In onderdeel 5 zijn enige vragen voor de beschrijving van de geometrie van de waterlopen opgenomen; deze zijn vnl. van toepassing op 1D modellen. Met 5.1 - 5.3 kan de struktuur van het systeem van waterlopen die gemodelleerd kan worden vastgelegd worden; een onvertakte leiding, een stelsel met een boomstruktuur, of een netwerk of vermaasd systeem van waterlopen. In het laatste geval is het mogelijk dat binnen een simulatie de vloeistof maar één richting op kan stromen (2050301), maar de meeste modellen hebben deze beperking niet. Het tweede deel van onderdeel 5 bestaat uit een lijst van kunstwerken, waarvoor meestal specifieke relaties gelden tussen energiehoogtes en afvoer.
Een evt. beperking aan het aantal kunstwerken (vaak gelegen in de lengte van een bepaalde vektor in het rekenprogramma) kan in onderdeel 23 worden genoteerd. Dit cijfer wordt tot nu toe echter alleen op papier opgeslagen vanwege de beperking in de software die voor het modellenbestand wordt gebruikt.

De specifikaties van de vloeistof en de stromingsprocessen binnen het model worden vastgelegd met de vragen uit onderdeel 12. De lezer wordt geattendeerd op vraag 12.7: stuwkrommen. Op dit punt moeten 0D-stromingsmodellen en modellen die alleen stroming in geheel gevulde buizen kunnen berekenen (zie vraag 2030103) het laten afweten.

Sedimenttransport

De beschrijving van de **sedimenttransportprocessen** (onderdeel 14) is onder te verdelen in:
- sedimentatie (14.1)
- erosie (14.2)
- (horizontaal) transport (14.3 - 14.5).

Het horizontaal sedimenttransport kan betrekking hebben op opgeloste stoffen (suspended) en op bodemtransport (bed load). Indien beide vormen van sedimenttransport tesamen worden beschouwd is alleen onderdeel 14.3 van toepassing. Indien beide processen afzonderlijk worden beschouwd, worden ook onderdeel 14.4 (suspended transport) en 14.5 (bed load transport) ingevuld.

Behalve deze verdeling wordt in de diverse onderdelen gevraagd naar de dimensies (zie bijv. 2140302 - 2140305) en de afhankelijkheden van de processen van verschillende grootheden (bijv. 2140202 - 2140206)

(Bio)chemische processen

In het modellenbestand zijn verschillende softwarepakketten opgenomen die een beschrijving geven van (bio)chemische processen in oppervlaktewater. De uitgebreidheid en de mate van detail van de schematisering van deze processen kan sterk uiteenlopen. De modellen zijn beschreven met de termen uit de onderdelen 15 en 16 van het oppervlaktewaterformulier.

Veel gangbare termen die gebruikt worden bij de aanduiding van waterkwaliteitsproblemen zijn niet geschikt voor de beschrijving van komputermodellen. Een voorbeeld hiervan is de term "eutrofiëring", die een verzamelnaam is voor aantal achterliggende verschijnselen. Deze verzameling verandert met de verruiming van de kennis op het vakgebied.
De huidige opzet van het formulier voor oppervlaktewater gaat uit van een indeling naar stoffen en processen. Daarmee is het selekteren van modellen in het bestand met behulp van algemene termen als "eutrofiëring" of "verzuring" niet mogelijk.

De belangrijkste overwegingen bij de huidige opzet van de beschrijving van modellen voor (bio)chemische processen zijn reeds genoemd in par. 2.3.1. Daarmee is tot een indeling gekomen die verschillende mogelijkheden biedt voor de karakterisering en de selektie van de betreffende modellen.
Als specifiek op een bepaalde stof gezocht wordt kan gebruik worden gemaakt van de termen uit onderdeel 15. In deze lijst zijn o.a. micro-verontreinigingen opgenomen en stoffen die een rol spelen bij eutrofiëring. Gezien de toenemende interesse en de hiermee gepaard gaande ontwikkelingen op het terrein van waterkwaliteitmodellering zal het beschrijvingsformulier in de toekomst waarschijnlijk worden uitgebreid.
Vervolgens is in onderdeel 16.2 een opsomming gemaakt van processen die bij verschillende stoffen kunnen voorkomen. Deze lijst sluit nauw aan bij de mathematische vergelijkingen. Het aantal stoffen waarvan het gedrag beschreven wordt kan worden aangeduid met onderdeel 16.1.

2.4.2 Wijze van rekenen

Een belangrijk punt in de beschrijving van numerieke modellen is de wijze van genereren van het netwerk van rekenpunten; een karakterisering hiervan wordt gegeven door onderdeel 34. Het netwerk is een struktuur van punten in een ruimte (1D, 2D of 3D), waarin waarop waarden van de variabelen berekend worden. Het onderdeel is zowel van toepassing op de methode der eindige differenties als op de eindige-elementenmethode. Het belangrijkste deel van dit onderdeel betreft de manier waarop het netwerk tot stand komt (34.1 en 34.2). Het kan zijn dat alle plaatsen van de punten en de (rekentechnische) verbindingen ertussen apart opgegeven moeten worden (vraag 2340100). Over het algemeen geeft men dan eerst de koordinaten van elk punt op, waarna vervolgens vastgelegd wordt welke punten onderling verbonden zijn. Overigens wordt niet altijd met een koordinatenstelsel gewerkt. Als de vorm van het netwerk er in de berekeningen niet toe doet (dit is bij een aantal 1D-modellen het geval) kan bijv. volstaan worden met een serie kodes voor de rekenpunten, een opgave van verbindingen en de lengtes van deze verbindingen (= de afstand tussen de rekenpunten). De wijze van vastleggen komt ook in onderdeel 42.6 aan de orde.
Wanneer de struktuur van de rekenpunten door het komputerprogramma gegenereerd wordt (vraag 2340200), kan de gebruiker zich beperken tot het opgeven van de grenzen en/of de dichtheid van tussen de punten. Bij bepaalde programma's is het mogelijk invloed uit te oefenen op het automatisch genereren van de struktuur van rekenpunten, bijv. door vast te leggen, bijv. door vast te leggen waar in ieder geval rekenpunten moeten komen (2340202) of door een bepaalde verdeling van de dichtheid van het netwerk door te schrijven (2340203).

Het oppervlaktewaterformulier bevat een relatief uitgebreide lijst van op te geven randvoorwaarden (onderdeel 37 - 41). Bij het opstellen van het beschrijvingsformulier voor grondwatermodellen is gekozen voor een meer beperkte lijst, op grond van opgedane ervaring en gesprekken met diverse specialisten. Daarentegen kan aan het eind van het formulier voor oppervlaktewater weer eenzelfde uitgebreide beschrijving van de presentatie van de invoer en de berekeningsresultaten gevonden worden. Ook hier is een verdeling gemaakt in parameters en wijze van presenteren (tabel of grafische uitvoer).

2.5 Neerslag-afvoer (blok II.3)

Het formulier voor de beschrijving van neerslag-afvoermodellen is vrij kort vergeleken met de hiervoor besproken blokken; 425 vragen in 20 onderdelen. Een aantal onderdelen uit de formulieren voor grond- en oppervlaktewater, bijvoorbeeld over de rekentechnieken, zijn hierin ook niet meer terug te vinden. Wel is de inmiddels bekende driedeling gehandhaafd in: toepassingsgebied en gemodelleerde processen (onderdeel 1-10), rekenwijze (11-16) en invoer en uitvoer (17-20).

De opzet van de neerslag-afvoermodellen en de relaties die tussen alle parameters gelegd worden, zijn per programma verschillend. Het is onmogelijk om deze met een standaard-formulier te beschrijven. Desalniettemin kan met een aantal onderdelen uit het

formulier nuttige informatie worden verkregen. In onderdeel 5 is een opsomming gemaakt van de onderdelen van hydrologische kringloop die in een neerslag-afvoermodel opgenomen kunnen zijn. Na de nodige diskussie is er voor gekozen om in dit onderdeel alle processen op te nemen onafhankelijk van de wijze waarop deze in het model voorkomen; als invoer of als berekeningsresultaat. Bij een aantal belangrijke termen wordt verder nog gevraagd naar de verdeling in ruimte en tijd.

Vervolgens kan met onderdeel 9 bepaald worden uit welke bouwstenen het neerslag-afvoermodel bestaat. Het is niet eenvoudig gebleken om voor dit onderdeel een konsistente indeling te maken van de diverse elementen, waaruit de modellen kunnen zijn opgebouwd. Het onderscheid in "physically based", "conceptual" en "black box models", dat vaak wordt gehanteerd is niet bruikbaar voor de karakterisering van de mathematische modellen. De benaming physically based bijvoorbeeld zegt niets over de opbouw van een model, aangezien alle neerslag-afvoermodellen gebaseerd zijn op inzicht in fysische verschijnselen. De verdeling in "distributed" en "lumped models" is evenmin houdbaar voor de beschrijving van komputerprogramma's. Met onderdeel 5 wordt al een goed beeld verkregen van de mate van detail waarmee het neerslag-afvoerproces gemodelleerd wordt. Uiteindelijk is ook de gekozen indeling voor diskussie vatbaar; alternatieve ideeën zijn welkom.

In dit formulier is nog een restje te vinden van de vragen over de in te voeren gegevens (onderdeel 10). Het gaat hier niet om het feit dat deze gegevens ingevoerd moeten worden (wat tamelijk logisch is), maar om de vorm waarin deze opgegeven kunnen worden. Dit is voornamelijk van belang als het een grote hoeveelheid invoergegevens betreft, *zoals reeksen van neerslag- en verdampingscijfers. Deze twee parameters zijn dan ook* opgenomen in het betreffende onderdeel.

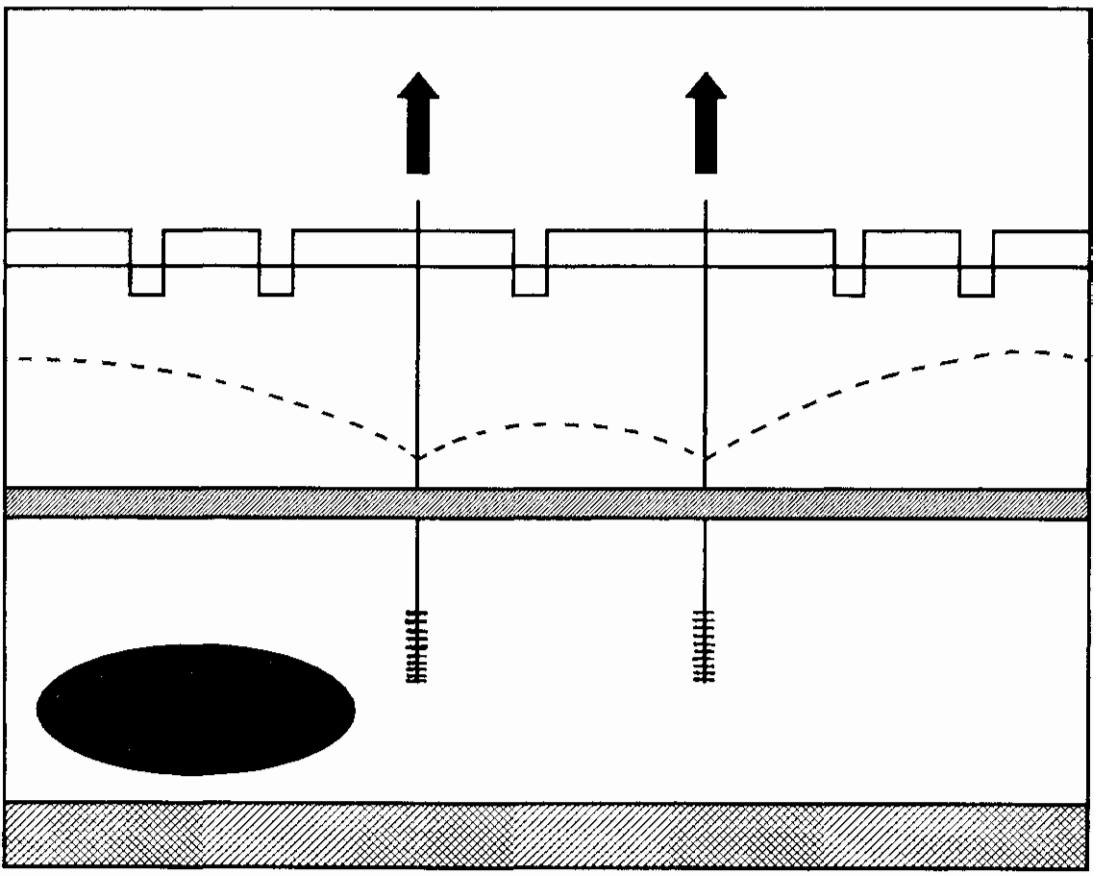
Voor de beschrijving van de in- en uitvoermogelijkheden (onderdelen 17 en 19) wordt verwezen naar onderdeel 2.3.3.

2.6 Kort voorbeeld: van probleem naar software

Een grondwaterwinning wordt bedreigd door een verontreiniging over een bepaald oppervlak. De verontreinigende stof kan als konservatief worden beschouwd. Het transport vindt plaats door convectie en dispersie. De opbouw van de ondergrond kan worden geschematiseerd als een systeem bestaande uit 2 watervoerende pakketten gescheiden door een slecht doorlatende laag en met aan de onderkant een afsluitende kleilaag. Het bovenste pakket is het freatisch pakket. De winning vindt plaats in 2 putten op enige afstand van elkaar, uit het diepe watervoerende pakket. In het gebied rond de winplaats bevinden zich een vrij dicht netwerk van waterlopen die een geregeld peil hebben.
Men wil de verdeling van de stijghoogten in de twee watervoerende pakketten berekenen na de start van de onttrekking en vervolgens het verloop van de koncentratie van de verontreiniging in de putten.

Een schets van het konceptueel model van deze situatie is weergegeven in figuur 3.

Het freatisch pakket is gemodelleerd als een zgn. topsysteem. Aangenomen is dat de grondwaterstand vastgelegd wordt door het peil van het oppervlaktewater. Met het topsysteem wordt de grondwateraanvulling van het onderliggende watervoerende pakket berekend.



Figuur 3. *Schets van het konceptueel model*

De eisen waaraan het softwarepakket moet voldoen volgen vrij eenvoudig uit het conceptuele model (zie het enqueteformulier voor grondwater in bijlage 2.1):

onderdeel	kode	vraag
2.2	1020201	range of application: aquifer
2.2	1020202	range of application: aquitard
4.1	1040100	aquifer/aquitard conditions: semi confined
5.2	1050201	modelled processes aquifer: flow
7.2	1070200	max. number of aquifers: 1
9.2	1090201	flow time dependency: steady
10.2	1100203	solute transport time dependency: non-steady
16.1	1160101	solute transport/distribution: convection
16.1	1160102	solute transport/distribution: dispersion
16.2	1160201	number of solutes: one
21.1	1210102	max. number of wells: 2
33.1	1330115	relation groundwater-surface water, top system: surface water head constant in time / constant over area
36.8	1360804	presentation: heads, variation in space, 2 dimensions
36.23	1362300	presentation: breakthrough curves

Eventueel kunnen aanvullende algemene eisen gesteld worden aan de software (zie het enqueteformulier Algemene gegevens in bijlage 1):

onderdeel	vraag
21.1	handleiding beschikbaar
13.1	software draait op PC

Met deze gegevens kan een selektie gemaakt worden uit het modellenbestand. De volledige beschrijving van de softwarepakketten die aan de eisen voldoen is beschikbaar voor de vragensteller.

3 DE BESCHRIJVING VAN RIOLERINGSMODELLEN

3.1 Inleiding

In de rioleringswereld wordt al jaren gebruik gemaakt van mathematische modellen voor de beschrijving van stroming in rioleringen. Met behulp van deze modellen wordt voor een gegeven rioolstelsel de verdeling berekend van debieten en waterdrukken als reaktie op instromende neerslag en evt. droogweerafvoer.

Bij het ontwerp en de verbetering van rioolstelsels kan gebruik gemaakt worden van stationaire stromingberekeningen. Hiermee wordt de invloed van de berging op het afvoerproces buiten beschouwing gelaten. In een situatie waarin de instroming in evenwicht is met de stroming uit het stelsel wordt nagegaan of de transportkapaciteit van de leidingen voldoende groot is om neerslag en dwa binnen de gestelde normen af te voeren. Vervolgens wordt uit de zogenaamde stippengrafiek de benodigde berging berekend bij een gegeven maximale theoretische overstortingsfrequentie. De theoretische overstortingsfrequentie wordt maatgevend geacht voor de hoeveelheid slib die via de overstorten op het oppervlaktewater wordt geloosd. Met de gegevens die uit deze berekeningen volgen worden de rioolleidingen gedimensioneerd.

Om het verloop van de debieten en waterdrukken als funktie van een in de tijd variërende neerslag te onderzoeken moet een niet-stationaire stromingsberekening worden uitgevoerd. In dit geval wordt ook de werking van de berging in het afvoerproces in de berekening meegenomen.

De beschreven ontwerpmethode staat momenteel in brede kring ter diskussie. Uit onderzoek blijkt dat de theoretische overstortingsfrekwentie waarmee de pompkapaciteit en de berging in het stelsel op elkaar worden afgestemd, geen goede maat is voor de werkelijke vuiluitworp uit een rioolstelsel. Een mogelijke verbetering van de huidige aanpak is het schatten van de vuiluitworp op basis van de inmiddels in beperkte mate beschikbare meetresultaten en modellering van de transportprocessen. De bestaande software voor het berekenen van de vuiluitworp is in te delen in deterministische en statistische modellen. Voor de deterministische berekening zijn gegevens nodig van het slibtransport in de rioleringen en moeten de relaties tussen transport en stroming in het rioolstelsel bekend zijn. Aangezien dit slechts in beperkte mate het geval is zijn de modellen waarmee een dergelijke berekening kan worden uitgevoerd gebaseerd op een sterk vereenvoudigde beschrijving van de transportprocessen. De statistische aanpak is gebaseerd op experimentele relaties tussen neerslagverloop en vuiluitworp voor een aantal bemeten stelsels.

De vuiluitworpmodellen vormen een uitbreiding van het aanbod van software op het gebied van de riolering, waarvan het grootste deel bestaat uit stromingsmodellen. In reaktie op de diskussie over ontwerpmethoden en het toenemend aantal vragen over software voor rioolontwerp die aan het Bureau SAMWAT werden gesteld, is besloten een inventarisatie uit te voeren van de beschikbare komputermodellen. De beschrijving van de rioleringsmodellen is uitgevoerd met de vernieuwde formulieren van het modellenbestand, die in het vorige hoofdstuk zijn besproken.

3.2 Het aanbod van rioleringsprogramma's

De inventarisatie geeft een vrij volledig overzicht van de software die in Nederland wordt toegepast. Naast vrijwel alle Nederlandse is ook een aantal belangrijke buitenlandse modellen beschreven en in het bestand opgenomen. Het betreft zowel de software die vrij te koop is, als die door instanties voor eigen gebruik zijn ontwikkeld.

Tabel 3.1: Overzicht komputerprogramma's voor het ontwerp van rioolstelsels.

naam programma	instelling	stroming	transport
HERB 1300	Rodema Software	s	-
MABEG	Ingenieursbureau Mabeg B.V.	s	-
RIOFLOW	Adviesbureau BKH	s	-
BKHRIOOL	Adviesbureau BKH	s	-
WARIBO	Adviesbureau BKH	s	-
CYNAS	TAUW Infra Consult B.V.	s	-
OPWRIO-STEADY	Witteveen+Bos Software	s	o
RWA	Ingenieursbureau Grabowsky & Poort B.V.	s	-
RIOSYS	HASKONING B.V. Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau	s	-
RIOOL 3	DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V.	s	-
HYDRA	Heidemij Adviesbureau B.V.	ns	o/s
OPWRIO-UNSTEADY	Witteveen+Bos Software	qns	o
MOSQITO	Hydraulics Research Ltd.	ns	o/s
STUWPLUS	DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V.	qns	-
RESRO	HASKONING B.V. Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau	ns	-
WALLRUS	Hydraulics Research Ltd.	ns	-
AXTRAN	TAUW Infra Consult B.V.	ns	-
CYCLONE	DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V.	ns	-
BAKMOD	Adviesbureau BKH	ns	-
MOUSE	Delft Engineering Software	ns	o
EXTRAN GM	Grontmij N.V., Advies en Ingenieursbureau	ns	-
SWMM	University of Florida, Dept. of Environmental Engineering Sciences	ns	o/s
HYSTEM-EXTRAN	Institüt fur technisch-wissenschaftliche Hydrologie	ns	-
VUIL DHV	Raadgevend Ingenieursbureau B.V.	ns	o/s
SVUIL	Witteveen+Bos, Raadgevende Ingenieurs	ns	s
DIRTY	Witteveen+Bos, Raadgevende Ingenieurs	ns	o/s

s=stationair ns=niet stationair qns=quasi niet stationair o=opgeloste stoffen s=sediment

In totaal zijn 26 programma's beschreven van 15 verschillende instellingen (ingenieursbureaus en onderzoeksinstellingen), waarvan 12 Nederlandse en 3 buitenlandse organisaties. In de bovenstaande tabel is het aanbod weergegeven, globaal ingedeeld naar gemodelleerde processen en rekenwijze. Van de programma's beschrijven er 17 alleen stroming, 8 het transport van opgeloste stoffen en 6 sedimenttransport (waaronder vuiluitworpmodellen). Er zijn 14 modellen die niet-stationair rekenen, 2 rekenen quasi niet-stationair en 10 stationair. Verder zijn 5 programma's gebaseerd op een reservoirbenadering (de zgn. 0-D modellen of bakmodellen) de resterende 21 programma's berekenen ook het drukverloop in de leidingen (1-D modellen).

3.3 De vergelijking van de modellen

Bij de beschrijving van de komputerprogramma's is van de volgende hoofdindeling uitgegaan: de gebruiksvriendelijkheid van het programma, de presentatie van de resultaten, de schematisering van de processen en informatie over de wijze van rekenen. Aan de hand van deze indeling zal kort een aantal punten met betrekking tot het vergelijken van software voor riolering worden behandeld waarbij wordt verwezen naar de onderdelen van formulier II.2.

Gebruiksvriendelijkheid

De gebruiksvriendelijkheid van een komputerprogramma is een moeilijk te definiëren begrip. Vaak wordt hierbij in eerste instantie gedacht aan menusturing van het programma en de mogelijkheid het programma draaiend te krijgen zonder dat de handleiding hoeft worden opengeslagen. Er zijn echter meer elementen die een rol spelen, zoals het gemak waarmee gegevens kunnen worden gewijzigd of ingevoerd (onderdeel 42), de eventuele kontrole op fouten in de invoer door het programma (onderdeel 43) en de aanwezigheid van standaardwaarden voor modelparameters (default values). De genoemde onderdelen zijn tevens te vinden in het oppervlaktewaterformulier, bijlage 2. Ook kan de software ondersteuning bieden bij de schematisatie van het rioolstelsel, waarbij de werkelijke dimensies van het stelsel worden vertaald in de invoergegevens die het stelsel in de berekening karakteriseren (onderdeel 21). Deze schematisatie is vooral van belang bij het uitvoeren van niet-stationaire berekeningen, die vaak slechts een beperkt aantal reken-elementen toestaan.

Presentatie van de resultaten

Een onderdeel waaraan steeds meer aandacht wordt besteed bij het maken van programma's is de presentatie van de resultaten (onderdeel 44). De afmetingen van het stelsel, debieten en drukhoogten, kunnen vaak in de vorm van bijvoorbeeld lengteprofielen, en grafieken van het drukhoogteverloop worden weergegeven. Daarnaast is het vaak mogelijk de lay out van het stelsel op beeldscherm of plotter zichtbaar te maken. Uit vragen die bij het Bureau SAMWAT zijn binnenkomen en uit de gesprekken die met de gebrui-

kers van software zijn gevoerd blijkt dat de presentatie van de berekende resultaten vaak een belangrijk kriterium is bij het vergelijken van programmatuur.

Schematisering van de processen

Een derde belangrijk aandachtspunt in de vergelijking van informatie is de schematisering van de optredende processen waarmee het komputerprogramma rekent (onderdeel 6 t/m 20). Hieronder wordt verstaan: de manier waarop de werkelijkheid in het programma wordt beschreven. Aan de hand van een tweetal voorbeelden zal worden verduidelijkt hoe met behulp van de beschrijving van de komputerprogramma's inzicht kan worden verkregen in de verschillende manieren waarop processen worden geschematiseerd.

voorbeeld 1: modelleren van water-op-straat

Een eerste voorbeeld is de manier waarop het uittreden van rioolwater uit het stelsel (anders dan door overstorten) wordt berekend. Wanneer door onvoldoende afvoerkapaciteit de drukhoogte in het riool groter wordt dan het nivo van de bovenliggende straat, zal het rioolwater uit het stelsel op straat stromen. Afhankelijk van de lokale situatie, zal bij voldoende afvoerkapaciteit het water al of niet op een bepaalde plaats terugstromen in het stelsel. Voor de simulatie van dit verschijnsel moet gebruik worden gemaakt van niet-stationaire modellen. In de vragenlijst voor oppervlaktewater, waarmee de programma's worden beschreven is onderdeel 12.3 (additional storage) onder andere op de modellering van 'water op straat' van toepassing.

Ten eerste is het interessant om te kijken naar de manier waarop de uitstroming van water uit het stelsel wordt berekend (vraag 2120302 t/m 2120305). In de vragenlijst wordt onderscheid gemaakt in vijf manieren, te weten: uitstroming bij konstante tegendruk, die voorgesteld kan worden als uitstroming uit een overlopende rioolput en uitstroming bij een stijgende tegendruk, die voorgesteld kan worden als een uitstroming in een op de rioolput geplaatst reservoir. In vraag 2120304 en 2120305 is deze schematisatie nog onderverdeeld in uitstroming in een lineair en een niet-lineair reservoir (een "rechte" en een "niet-rechte" bak).

Een ander punt is of de schematisatie de mogelijkheid biedt het uitgestroomde water weer "in het stelsel te voeren" en de instroom weer in de verdere berekening van debieten of drukhoogten te verdiskonteren. Vraag 2120306 heeft betrekking op de waterbalans en legt vast of tijdelijke berging buiten het stelsel mogelijk is.

voorbeeld 2: modelleren van slibtransport in vuiluitworpmodellen

Het gedetailleerd berekenen van de inloop van opgeloste stoffen en sediment in rioolstelsels en de gedetailleerde beschrijving van stoftransport (transport op "buisnivo" in plaats

van een grove reservoirbenadering) vormt nog geen onderdeel van de huidige programmatuur. Komputerprogramma's die gebaseerd zijn op een grovere benadering van het transport van slib, zijn de zogenaamde vuiluitworpmodellen. Met deze modellen kan niet de vuiluitworp als reaktie op een bepaalde neerslaggebeurtenis worden berekenend, maar wordt een schatting gemaakt van de totale vuilvracht over langere simulatieperioden. In verband met de rekentijd die deze berekeningen met zich mee brengen en omdat gebruik wordt gemaakt van eenvoudige relaties tussen stroming en slibtransport, wordt een eenvoudige schematisatie van het stromingsproces toegepast die gebaseerd is op een schakeling van reservoirs die elk een deel van het stelsel representeren waarin een overstort is gesitueerd. De neerslag vormt de ingaande stroom en de uitgaande stromen zijn: de uitvoer naar eventueel andere reservoirs, de uitvoer naar de RWZI en de eventuele uitvoer via de overstort. De vragen van onderdeel 15 (15.3 t/m 15.5) hebben betrekking op de mate van detail waarmee het transport van zwevende stoffen en sediment is gemodelleerd

In een meerbakkenmodel, dat in het modellenbestand is opgenomen wordt bijvoorbeeld op grond van een ingevoerde neerslagreeks het slibtransport in het stelsel berekend door de zwevende stoffen in elke bak gemengd te veronderstellen en op basis hiervan het transport te bepalen. Het transport van sediment is gebaseerd op de berekening van opwoeling en bezinking in de bakken van het geschematiseerde stelsel. Het transport is een funktie van de berekende stroomsnelheden. Een andere manier om transport te modelleren wordt toegepast in een stochastische éénbaksmodel. Dit model berekent op basis van een neerslagreeks de meest waarschijnlijke vuiluitworp. Deze schatting zijn gebaseerd op metingen van vuiluitworp uit een aantal stelsels.

Het rekenhart

Als laatste aandachtspunt bij de komputerprogramma's kan het zogenaamde "rekenhart" genoemd worden. Hieronder vallen de gediskretiseerde vergelijkingen (onderdeel 24 t/m 28), het rekenschema en de toegepaste oplossingsmethode (onderdeel 29 t/m 33 en 35). Bij het vergelijken van de software wordt het belang van informatie op dit gebied nogal eens onderschat. Ten onrechte, omdat bijvoorbeeld de keuze voor een bepaalde diskretisatie van de differentiaalvergelijkingen in plaats en tijd een grote invloed kan hebben op bijvoorbeeld de stabiliteit en nauwkeurigheid van het rekenproces en ook op de reken-snelheid van het programma. Het vereist echter veel inzicht in het soort probleem dat moet worden aangepakt en kennis van de numerieke wiskunde om de verschillende programma's op dit onderdeel met elkaar te kunnen vergelijken.

3.4 Kalibreren en modelleren

Voor een vergelijking van komputerprogramma's is niet alleen inzicht in de werking van de software van belang. De gebruiker moet een duidelijk beeld hebben van wat met de berekening wordt beoogd en welke gegevens over de infrastruktuur beschikbaar zijn. Dit laatste is van belang omdat de nauwkeurigheid in de berekende waarden sterk afhanke-

lijk is van de kwaliteit van de invoergegevens, zoals diepteligging en wandruwheid van de leidingen. Wanneer gegevens ontbreken of de kwaliteit ervan te wensen over laat, doordat bijvoorbeeld veranderingen in de ligging van het stelsel - door uitbreiding of onderhoud - niet in de plannen zijn bijgewerkt, kan men zich afvragen of niet beter eerst een inventarisatie van het bestaande stelsel moet worden uitgevoerd alvorens met een modelberekening wordt gestart. Bij het rekenen aan bestaande stelsels beschikt men vaak over gegevens over hoe het rioolstelsel onder verschillende omstandigheden funktioneert. Deze gegevens kunnen worden gebruikt voor de kalibratie van het model.

Het kalibreren van een model ofwel "het draaien aan de knoppen" is het inregelen van het model aan de hand van gegevens over een bepaalde bekende situatie. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan gegevens over het optreden van wateroverlast na een bepaalde neerslaggebeurtenis. Het model wordt bij de kalibratie zodanig ingesteld dat die neerslag als invoer ook daadwerkelijk uittredend water als berekende uitvoer oplevert. Wanneer alle relevante processen zijn gemodelleerd en alle benodigde gegevens over het stelsel zijn ingevoerd is kalibratie niet nodig. In de praktijk komt dit zelden voor. Het model beschrijft maar een beperkt aantal fysische relaties waardoor de berekende waarden altijd zullen afwijken van de werkelijke waarden. Daarnaast ontstaan afwijkingen doordat gegevens over bijvoorbeeld de ligging van het rioolstelsel of de weerstand van de leidingen niet exakt bekend zijn. Het bijstellen van de modelparameters zorgt ervoor dat deze tekortkoming zoveel mogelijk wordt tenietgedaan. Na de kalibratie of ijking van het model moet worden vastgesteld of het model ook in andere situaties betrouwbare resultaten kan opleveren (verifikatie). Aan de hand van een voorbeeld zal de betekenis van kalibratie en verifikatie bij het gebruik van komputermodellen modellen nader worden toegelicht.

Als voorbeeld beschouwen we het kalibreren of ijken van een weegschaal. De weegschaal bestaat uit een veer waarvan de uitrekking kan worden gemeten. De fysische vergelijking in het "weegschaalmodel" is de relatie tussen belasting en uitrekking van de veer. In een stromingsmodel kan bij deze relatie gedacht worden aan het verband tussen het debiet in een leiding en het nivoverschil van het water in twee reservoirs die door middel van deze leiding met elkaar in verbinding staan. Het ijken van het "weegschaalmodel" bestaat uit het vaststellen van de uitrekking bij een bekende belasting. Na ijking kunnen andere belastingen worden gemeten.

Verifikatie van het model komt in het voorbeeld neer op het wegen van bijvoorbeeld een zwaarder voorwerp waarvan het gewicht bekend is. Wanneer het juiste gewicht wordt aangegeven is er reden om aan te nemen dat het model binnen bepaalde grenzen betrouwbare resultaten oplevert. Een model dat niet is geverifieerd kan goede resultaten geven maar de betrouwbaarheid is niet aangetoond.

Het toepassingsgebied (het bereik van de weegschaal) van het model wordt bepaald door de geldigheid van de gemaakte vooronderstellingen onder diverse omstandigheden. Wanneer de veer uit het voorbeeld te sterk wordt belast ontstaat blijvende vervorming en zijn de meetresultaten onbetrouwbaar. De werkelijkheid gedraagt zich anders dan op grond van bijvoorbeeld de lineaire relatie tussen belasting en uitrekking wordt berekend. In het

voorbeeld van de gekoppelde reservoirs, die bijvoorbeeld een deel van een rioolstelsel schematiseren, kan een dergelijke situatie optreden wanneer in het model geen overstorten zijn opgenomen terwijl deze in werkelijkheid wel aanwezig zijn. Het kan dan voorkomen dat berekende debieten sterk afwijken van de werkelijke waarden.

Het probleem bij rioleringsmodellen en fysische modellen in het algemeen is dat in veel gevallen het modelbereik of toepassingsgebied moeilijk is vast te stellen. Belangrijk is de mate waarin een te onderzoeken situatie beschreven wordt door de processen die in het model zijn meegenomen. Wanneer dit onvoldoende het geval is zal het model ook na kalibratie onbruikbaar zijn. Dit lijkt vanzelfsprekend maar om een aantal redenen wordt hier echter niet altijd voldoende bij stil gestaan. Door de manier waarop de resultaten van een berekening worden gepresenteerd (we 'zien' het water stromen) kan ten onrechte de konklusie getrokken worden dat de berekende waarden zeer goed overeen stemmen met wat er zich in werkelijkheid in het systeem, onder gegeven kondities, zou afspelen. En daarnaast is kontrole van de berekende waarden vaak niet mogelijk doordat de hiervoor benodigde data ontbreken.

Voor het verantwoord toepassen van komputermodellen is inzicht vereist in de optredende processen en de wijze waarop deze in het model zijn geschematiseerd. De belangrijkste schakel tussen probleem en software voor de oplossing van dit probleem is de formulering van het konceptueel model. Het modellenbestand kan pas van nut zijn wanneer deze stap is genomen.

LITERATUUR

M.B. Abbott
Computational hydraulics
Pitman, London, 1979

J. Bear, A. Verruijt
Modeling groundwater flow and pollution
D. Reidel, Dordrecht, 1987

G.H. Bolt, N.G.M. Bruggenwert red.
Soil chemistry A. Basic Elements
Elsevier, Amsterdam, 1982

S.E. Jørgensen, M.J. Gramiec. red.
Mathematical submodels in water quality systems
Elsevier, Amsterdam, 1989

R. Kronig, red.
Leerboek der natuurkunde
Scheltema & Holkema, Amsterdam, 1951

G.F. Pinder, W.G. Gray
Finite element simulation in surface and subsurface hydrology
Academic Press, New York, 1977

K. Rietema
Fysische transport- en overdrachtsverschijnselen,
Het Spectrum, Utrecht, 1976.

O.D.L. Strack
Groundwater mechanics
Prentice Hall, New Yersey, 1989

D. Tabor
Gasses, liquids and solids
Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1979

C. Verspuij
Lange golven
TU Delft, 1985

H.F. Wang, M.P. Anderson
Introduction to groundwater modelling
W.H. Freeman, San Francisco, 1982

GERAADPLEEGDE PERSONEN

Bij de aanpassing van de formulieren en de opzet van de beschrijving van de beheerprogramma's is een groot aantal mensen van diverse instellingen geraadpleegd, in de loop van de periode september 1989 - januari 1991. De auteurs van dit rapport willen hen hartelijk bedanken voor hun bijdrage. Het betreft de volgende personen:

Grondwater

dr C.A.J. Appelo	VU Amsterdam
ir H.J. Hemker	VU Amsterdam
ir M. Saaltink	IGWMC, Delft
dr ir F.A. Swartjes	Fugro, Nieuwegein
ir B. Torborg	IGWMC, Delft
prof. dr ir A. Verruijt	TU Delft
dr ir W. Zijl	IGG-TNO, Delft

Oppervlaktewater

ir R.A. Aalderink	LU Wageningen
ir R.A. Kleijwegt	TU Delft
ir A.C.W. Lambrechts	TAUW Infraconsult, Deventer
ir H. van Luijtelaar	Grontmij NV, De Bilt
ir A.J.M. Nelen	TU Delft
ir W. Schuurmans	TU Delft
ir P. Slagboom	TAUW Infraconsult, Deventer
ir C.M. Sluis	Witteveen + Bos, Deventer
prof. dr ir G.S. Stelling	TU Delft
ir R.S. van de Velde	Witteveen + Bos, Deventer
dr ir C. Volp	Provincie Gelderland
ir H. van Wieringen	*Adviesbureau DHV, Amersfoort*

Neerslag-afvoerrelaties

dr ir N.P. Dellaert	Erasmus Universiteit Rotterdam
dr ir F.H.M. van de Ven	TU Delft

BIJLAGE 1: BESCHRIJVINGSFORMULIER ALGEMENE INFORMATIE (BLOK I)

1. LAST UPDATE INQUIRY

1.1 date:
1.2 interviewee:
1.3 interviewer SAMWAT:

2. NAME PROGRAMME:

3. OBJECTIVES:

4. BASIC CHARACTERISTICS

4.1 programme type

groundwater flow	--> Block II.1
surface water flow	--> Block II.2
rainfall-runoff relations	--> Block II.3
agricultural production	--> Block II.4
infrastructure management	--> Block II.5

4.2 modelled processes
- fluid
- solute
- heat
- sediment

4.3 deterministic/stochastic

4.4 processes time dependency
- steady state
- quasi non-steady state
- non-steady state

4.5 time scale modelled processes
- years
- season
- months
- days
- hours
- minutes

5. AUTHOR ORIGINAL VERSION

5.1 name:
5.2 organisation:
5.3 city:

6. AUTHOR LATEST VERSION

6.1 name:
6.2 organisation:
6.3 city:

7. CONTACT PERSON:

7.1 name:
7.2 organisation:
7.3 city:

8. PROGRAMME HISTORY

8.1 date of programme completion:
8.2 last update by programmer:
8.3 programme is built upon another programme:

9. DESCRIPTION PROGRAMME PACKAGE

If this programme is a part of a programme package, mention name and purpose of the related programmes here below:

9.1
9.2
9.3
9.4

10. DESCRIPTION FLEXIBLE MODULAR SET UP

If this programme offers alternative calculation methods (e.g. different equations or solution methods can be chosen), give a description of the set up:

11. FUTURE DEVELOPMENTS:

12. UNITS

12.1 SI units
12.2 metric units
12.3 English units
12.4 any unit system

13. HARDWARE

13.1 computer system specification:
(e.g. PC (IBM-comp. AT/XT), minicomputer (SUN, VAX), mainframe)
13.2 implementation on other systems possible
system:
efforts (little, much):
13.3 core storage (RAM) required (kB):

13.4 mathematical coprocessor
required
optional
useless
13.5 specific computer system dependent features:

14. PERIPHERAL EQUIPMENT

14.1 disk unit
- required
- optional
- useless

14.2 magnetic tape unit
- required
- optional
- useless

14.3 graphical screen
- required
- optional
- useless
- display controller [e.g. EGA,VGA]

14.4 printer
- required
- optional
- useless

14.5 plotter
- required
- optional
- useless

14.6 digitizer
- required
- optional
- useless

15. EXCECUTION TIME [order of magnitude]

0-10 seconds
10-60 seconds
1-5 minutes
5-30 minutes
more than 30 minutes

16. SOFTWARE

16.1 operating system and level [e.g. DOS 3.1, VMS, OS/2]:
16.2 interactive mode
16.3 batch mode
16.4 software required from computer centre library:

16.5 computer language and level:
16.6 number of statements:
16.7 number of subroutines:
16.8 menu driven

17. PROGRAMME AVAILABILITY

17.1 programme can be used as a part of a consultants participation
17.2 run version can be obtained
on floppy disk
on tape
17.3 source can be obtained
on floppy disk
on tape

18. ECONOMICS

18.1 run version
free or at nominal costs
fixed price:
no fixed price (order of magnitude):
18.2 source
free or at nominal costs
fixed price:
no fixed price (order of magnitude):

19. MAINTENANCE

19.1 free of charge
19.2 against payment
19.3 not available

20. INDICATION LEVEL OF ASSISTANCE FOR PROGRAMME USE

20.1 no assistance required
20.2 some assistence recommended
20.3 assistence required
20.4 full assistance required
20.5 assistance free of charge
20.6 assistance free one day / some days, more against payment
20.7 assistance against payment

21. *DOCUMENTATION*

21.1 user's manual available
language:
number of pages:
example input/output included
reference:

21.2 user's manual is being developed

21.3 programmer's manual available
language:
number of pages:
reference:

21.4 programmer's manual is being developed

22. COMMENT STATEMENTS INCLUDED IN SOURCE

22.1 language:

22.2 extent

incidental
reasonable
comprehensive

23. MODEL VERIFICATION

23.1 model has been verified against analytical solutions
23.2 model has been verified against other programs
23.3 model has been verified against measurements
23.4 other forms of verification

24. NUMBER OF APPLICATIONS

24.1 < 5
24.2 5 - 10
24.3 10 - 25
24.4 > 25

25. REFERENCES

25.1

25.2

25.3

BIJLAGE 2: BESCHRIJVINGSFORMULIER SPECIFIEKE INFORMATIE (BLOK II)

1010000 **1. TYPE OF MODEL**
1010100 1.1 normal
1010200 1.2 inversed

1020000 **2. RANGE OF APPLICATION**
1020100 2.1 unsaturated zone
1020200 2.2 saturated zone
1020201 aquifer(s)
1020202 aquitard(s)

1030000 **3. MEDIUM**
1030100 3.1 porous media
1030200 3.2 fractured media, macropores, cracks

1040000 **4. AQUIFER/AQUITARD CONDITIONS**
1040100 4.1 confined
1040200 4.2 semi confined
1040300 4.3 unconfined
1040400 4.4 aquifer conditions changing in time (e.g. confined/unconfined)
1040500 4.5 different conditions in one aquifer (e.g. confined/unconfined)
1040600 4.6 aquifer thickness varying over area
1040700 4.7 aquitard conditions changing in time
1040800 4.8 aquitard thickness varying over area

1050000 **5. BASIC MODELLED PROCESSES**
1050100 5.1 unsaturated zone
1050101 flow
1050102 solute transport
1050103 (bio)chemical processes
1050104 heat processes
1050105 soil mechanics
1050200 5.2 aquifer(s)
1050201 flow
1050202 solute transport
1050203 (bio)chemical processes
1050204 heat processes
1050205 soil mechanics
1050300 5.3 aquitard(s)
1050301 flow
1050302 solute transport
1050303 (bio)chemical processes
1050304 heat processes
1050305 soil mechanics

1060000 **6. UNSATURATED ZONE: MAXIMUM NUMBER OF LAYERS**
1060100 6.1 one
1060200 6.2 two
1060300 6.3 three
1060400 6.4 more than three

1070000 **7. SATURATED ZONE: MAXIMUM NUMBER OF AQUIFERS**
1070100 7.1 one
1070200 7.2 two
1070300 7.3 three
1070400 7.4 more than three

1080000 **8. DIMENSIONS OF FLOW MODEL**
1080100 8.1 unsaturated zone
1080101 0 dimensional
1080102 1 dimensional
1080103 vertical
1080104 2 dimensional
1080105 3 dimensional
1080200 8.2 saturated zone
1080201 0 dimensional
1080202 1 dimensional
1080203 horizontal
1080204 vertical
1080205 radial
1080206 2 dimensional
1080207 horizontal
1080208 vertical
1080209 cylindrical
1080210 ~~quasi 3 dimensional~~
~~10802H~~ 3 dimensional

1090000 **9. FLOW TIME DEPENDENCY**
1090100 9.1 unsaturated zone
1090101 steady state
1090102 quasi non-steady
1090103 non-steady
1090200 9.2 saturated zone
1090201 steady state
1090202 quasi non-steady
1090203 non-steady

1100000 **10. SOLUTE TRANSPORT TIME DEPENDENCY**
1100100 10.1 unsaturated zone
1100101 steady state
1100102 quasi non-steady
1100103 non-steady
1100200 10.2 saturated zone
1100201 steady state
1100202 quasi non-steady
1100203 non-steady

1110000 **11. (BIO)CHEMICAL PROCESSES KINETICS**
1110100 11.1 unsaturated zone
1110101 steady state
1110102 quasi non-steady
1110103 non-steady

1110200 11.2 saturated zone
1110201 steady state
1110202 quasi non-steady
1110203 non-steady

1120000 **12. SOIL MECHANICS TIME DEPENDENCY**
1120100 12.1 unsaturated zone
1120101 steady state
1120102 quasi non-steady
1120103 non-steady
1120200 12.2 saturated zone
1120201 steady state
1120202 quasi non-steady
1120203 non-steady

1130000 **13. INVERSED MODELS**
1130100 13.1 parameters to be identified
1130101 hydraulic conductivity
1130102 transmissivity
1130103 storage coefficient
1130104 hydraulic resistance, leakance, leakage coefficient
1130105 leakage factor
1130106 areal recharge
1130200 13.2 method
1130201 direct (model parameters as dependent variables)
1130202 indirect (iterative improvement of parameter estimates)

1140000 **14. DENSITY FLOW**
1140100 14.1 saltwater - freshwater
1140101 calculation of salt concentration
1140102 sharp interface
1140103 stagnant saltwater (single equation)
1140104 moving salt- and freshwater (two equations)
1140105 other method
1140200 14.2 oil - water

1150000 **15. FLOW IN UNSATURATED ZONE**
1150100 15.1 capillary rise dependent on
1150101 saturation deficit
1150102 groundwater level
1150200 15.2 percolation dependent on soil moisture content

1160000 **16. SOLUTE TRANSPORT / DISTRIBUTION**
1160100 16.1 processes
1160101 convection
1160102 dispersion
1160103 diffusion
1160104 mixed cell reactor (ideal mixing)
1160105 division in layers (vertical)
1160106 division in zones (horizontal)

1160200 16.2 number of solutes
1160201 one
1160202 two
1160203 more than two
1160300 16.3 sources of substances
1160301 deposition, upper boundary
1160302 solute fluxes saturated zone, peripheral boundary
1160303 solute fluxes saturated zone, lower boundary
1160304 internal sources

1170000 **17. (BIO)CHEMICAL PROCESSES**
1170001 **type of processes modelled**
1170100 17.1 reversible processes
1170101 equilibrium reactions
1170102 non-equilibrium reactions
1170200 17.2 irreversible processes
1170300 17.3 any (bio)chemical process
1170399 **specific substances and processes**
1170400 17.4 nitrogen compounds
1170401 adsorption, desorption
1170402 dependent on pH
1170403 cation exchange
1170404 volatilization
1170405 complexation
1170406 redox reactions
1170407 acid/base reactions
1170408 nitrification
1170409 dependent on oxygen concentration
1170410 denitrification
1170411 dependent on
1170412 oxygen concentration
1170413 pH
1170414 soil moisture
1170415 temperature
1170416 mineralisation, biodegradation
1170417 dependent on
1170418 soil moisture
1170419 pH
1170420 temperature
1170421 oxygen concentration
1170422 uptake by roots
1170423 dependent on oxygen concentration

1170500 17.5 phosphor compounds
1170501 adsorption, desorption
1170502 dependent on pH
1170503 (co)precipitation, dissolution
1170504 complexation
1170505 redox reactions
1170506 acid/base reactions
1170507 mineralisation, biodegradation
1170508 dependent on
1170509 soil moisture
1170510 temperature
1170511 uptake by roots
1170512 dependent on oxygen concentration
1170600 17.6 cations
1170601 adsorption, desorption
1170602 dependent on pH
1170603 cation exchange
1170604 (co)precipitation, dissolution
1170605 complexation
1170606 redox reactions
1170607 acid/base reactions
1170608 mineralisation, biodegradation
1170609 dependent on oxygen concentration
1170610 uptake by roots
1170700 17.7 anions
1170701 adsorption, desorption
1170702 dependent on pH
1170703 anion exchange
1170704 (co)precipitation, dissolution
1170705 complexation
1170706 redox reactions
1170707 acid/base reactions
1170708 mineralisation, biodegradation
1170709 dependent on oxygen concentration
1170710 uptake by roots
1170800 17.8 organic matter, volatile / aromatic, oxygenated, halogenated organic compounds
1170801 adsorption, desorption
1170802 dependent on pH
1170803 complexation
1170804 redox reactions
1170805 volatilization
1170806 acid/base reactions
1170807 hydrolysis
1170808 biodegradation
1170809 dependent on oxygen concentration
1170810 uptake by roots
1170900 17.9 heavy metals
1170901 adsorption, desorption
1170902 hysteresis in adsorption-desorption
1170903 dependent on
1170904 pH
1170905 organic compounds content
1170906 clay content
1170907 cation/anion exchange

1170908 (co)precipitation, dissolution
1170909 volatilization
1170910 complexation
1170911 redox reactions
1170912 acid/base reactions
1170913 uptake by roots
1171000 17.10 oil products
1171001 adsorption, desorption
1171002 volatilization
1171003 redox reactions
1171004 acid/base reactions
1171005 hydrolysis
1171006 biodegradation

1171100 17.11 pesticides
1171101 adsorption, desorption
1171102 volatilization
1171103 redox reactions
1171104 acid/base reactions
1171105 hydrolysis
1171106 biodegradation
1171107 uptake by roots
1171200 17.12 radionuclides
1171201 radionuclide decay
1171202 adsorption, desorption
1171203 complexation
1171204 (co)precipitation
1171205 redox reactions
1171206 acid/base reactions
1171207 hydrolysis
1171208 uptake by roots
1171300 17.13 non-specified substances
1171301 adsorption, desorption
1171302 (co)precipitation, dissolution
1171303 complexation
1171304 redox reactions
1171305 acid/base reactions
1171306 mineralisation, biodegradation
1171307 other
1171400 17.14 other substances and processes

1180000 **18. SOIL MECHANICS**
1180100 18.1 swelling, expansion
1180200 18.2 compaction, consolidation
1180300 18.3 other

1190000 **19. OTHER MODELLED PROCESSES**
1190100 19.1 precipitation
1190101 constant in space
1190102 constant in time
1190103 changing in time

1190104 distributed in space
1190105 constant in time
1190106 changing in time
1190200 19.2 interception
1190300 19.3 evapotranspiration (lumped)
1190301 constant in time
1190302 changing in time
1190400 19.4 evaporation
1190401 constant in time
1190402 changing in time
1190403 dependent on soil moisture content
1190500 19.5 transpiration
1190501 constant in time
1190502 changing in time
1190600 19.6 open water evaporation

1190700 19.7 overland flow
1190800 19.8 interflow
1190900 19.9 infiltration
1190901 constant in space
1190902 constant in time
1190903 changing in time
1190904 distributed in space
1190905 constant in time
1190906 changing in time
1191000 19.10 water uptake by roots
1191001 input value
1191002 constant in space
1191003 constant in time
1191004 variable in time
1191005 distributed in space
1191006 constant in time
1191007 variable in time
1191008 calculated value
1191100 19.11 calculation of dry matter production
1191200 19.12 snow / ice
1191201 storage
1191202 melting
1191203 freezing
1191300 19.13 condensation
1191400 19.14 other

1200000 **20. SOIL AND FLUID CHARACTERISTICS**
1200001 **flow**
1200100 20.1 unsaturated zone
1200101 volume fraction of fluid (θ)
1200102 pressure independent
1200103 pressure dependent, without hysteresis
1200104 pressure dependent, with hysteresis
1200105 hydraulic conductivity
1200106 pressure independent
1200107 pressure dependent

1200108 thickness rootzone
1200109 constant in space
1200110 constant in time
1200111 variable in time
1200112 distributed in space
1200113 constant in time
1200114 variable in time
1200200 20.2 saturated zone
1200201 (semi)confined aquifers
1200202 transmissivity constant over aquifer
1200203 transmissivity distributed over aquifer
1200204 input value
1200205 calculated value
1200206 different horizontal/vertical hydraulic conductivity
1200207 unconfined aquifers
1200208 hydraulic conductivity, transmissivity constant over aquifer
1200209 hydraulic conductivity, transmissivity variable over aquifer
1200210 input value
1200211 calculated value
1200212 different horizontal/vertical hydraulic conductivity
1200213 storage coefficient
1200214 constant over aquifer
1200215 distributed over aquifer
1200216 hydraulic resistance, leakance aquitards
1200217 constant over aquitard
1200218 distributed over aquitard
1200299 **solute transport**
1200300 20.3 dispersion
1200301 homogeneous
1200302 isotropic
1200303 anisotropic
1200304 heterogeneous
1200305 isotropic
1200306 anisotropic
1200400 20.4 diffusion
1200401 homogeneous
1200402 isotropic
1200403 anisotropic
1200404 heterogeneous
1200405 isotropic
1200406 anisotropic

1210000 **21. WELLS**
1210100 21.1 maximum number of wells
1210101 one well
1210102 two wells
1210103 more than two wells
1210200 21.2 penetration
1210201 fully penetrating an aquifer
1210202 partially penetrating an aquifer

1220000 **22. EQUATIONS USED FOR FLOW:**

1230000 **23. EQUATIONS USED FOR SOLUTE TRANSPORT:**

1240000 **24. EQUATIONS USED FOR (BIO)CHEMICAL PROCESSES:**

1250000 **25. EQUATIONS USED FOR HEAT PROCESSES:**

1260000 **26. EQUATIONS USED FOR SOIL MECHANICS:**

1270000 **27. EQUATION SOLUTION METHOD**
1270100 27.1 flow
1270101 numerical
1270102 analytical
1270200 27.2 solute transport
1270201 numerical
1270202 analytical
1270300 27.3 (bio)chemical processes
1270301 numerical
1270302 analytical
1270400 27.4 heat processes
1270401 numerical
1270402 analytical
1270500 27.5 soil mechanics
1270501 numerical
1270502 analytical

1280000 **28. NUMERICAL METHOD**
1280100 28.1 flow
1280101 finite differences method
1280102 finite elements method
1280103 integrated finite differences
1280104 boundary elements method
1280105 other
1280200 28.2 solute transport
1280201 finite differences method
1280202 finite elements method
1280203 method of characteristics
1280204 integrated finite differences
1280205 random walk
1280206 boundary elements method
1280207 other
1280300 28.3 (bio)chemical processes
1280301 finite differences method
1280302 finite elements method
1280303 method of characteristics
1280304 integrated finite differences
1280305 random walk
1280306 boundary elements method

1280305 random walk
1280306 boundary elements method
1280307 other

1290000 **29. FINITE DIFFERENCES METHOD**
1290100 29.1 name method:
1290200 29.2 reference(s):
1290300 29.3 unconditionally stable
1290400 29.4 conditionally stable
1290500 29.5 order of accuracy
1290501 time:
1290502 place:

1300000 **30. FINITE ELEMENT METHOD**
1300100 30.1 type of method
1300101 Galerkin, variational
1300102 collocation
1300103 subparametric
1300104 isoparametric
1300105 superparametric
1300106 numerical integration (e.g. Gauss quadrature)
1300200 30.2 shape elements
1300201 2 dimensional
1300202 square
1300203 rectangular
1300204 quadrilateral
1300205 curved quadrilateral
1300206 triangular
1300207 curved triangular
1300208 polygon
1300209 other
1300210 3 dimensional
1300211 cubic
1300212 hexahedral
1300213 triangular prism
1300214 tetrahedral
1300215 cylindrical
1300216 spherical
1300217 other
1300300 30.3 spatial interpolation
1300301 lagrange method
1300302 spline functions
1300303 kriging
1300304 linear, bi-linear, tri-linear

1310000 **31. GRID GENERATION AND SIZING**
1310100 31.1 manual grid preparation required
1310200 31.2 grid generation by programme
1300201 influence of user on grid generation
1300202 positioning of grid points by user possible
1300203 prescription of grid density distribution
1300300 31.3 regular grid spacing required
1300400 31.4 variable grid spacing allowed

1300500 31.5 specific grid density for each aquifer
1300600 31.6 movable grid
1300700 31.7 nesting of grids

1320000 **32. BOUNDARY CONDITIONS FLOW NUMERICAL MODELS**
1320100 32.1 unsaturated zone
1320101 upper boundary
1320102 head, pressure, potential
1320103 flux
1320104 head/pressure dependent flux
1320105 peripheral boundary
1320106 head, pressure, potential
1320107 flux
1320108 head/pressure dependent flux
1320109 lower boundary
1320110 head, pressure, potential
1320111 flux
1320112 head/pressure dependent flux
1320200 32.2 saturated zone
1320201 upper boundary
1320202 head, pressure, potential
1320203 flux
1320204 impermeable boundary (flux = 0)
1320205 head/pressure dependent flux
1320206 peripheral boundary
1320207 head, pressure, potential
1320208 flux
1320209 impermeable boundary (flux = 0)
1320210 head/pressure dependent flux
1320211 lower boundary
1320212 head, pressure, potential
1320213 flux
1320214 impermeable boundary (flux = 0)
1320215 head/pressure dependent flux

1330000 **33. RELATION GROUNDWATER - SURFACE WATER**
1330100 33.1 upper boundary (top system)
1330101 flux groundwater to surface water possible
1330102 flux surface water to groundwater possible
1330103 specific resistance for drainage and infiltration
1330104 drainage/infiltration resistance
1330105 constant in time
1330106 constant over area
1330107 distributed over area
1330108 changing in time
1330109 constant over area
1330110 distributed over area
1330111 dependent on calculated groundwater head
1330112 varying (according to user defined time schedule)
1330113 surface water head

1330114 constant in time
1330115 constant over area
1330116 distributed over area
1330117 changing in time
1330118 constant over area
1330119 distributed over area
1330200 33.2 peripheral boundary
1330201 flux groundwater to surface water possible
1330202 flux surface water to groundwater possible
1330203 specific resistance for infiltration and drainage
1330204 entrance resistance
1330205 constant over area
1330206 distributed over area
1330207 surface water head
1330208 constant in time
1330209 constant over area
1330210 distributed over area
1330211 changing in time
1330212 constant over area
1330213 distributed over area

1340000 **34. INPUT FACILITIES**
1340100 34.1 input area numerical models
1340101 1 dimensional
1340102 vertical (z)
1340103 circular (r)
1340104 2 dimensional
1340105 rectangular (x,y; x,z; r,z)
1340106 quadrangular
1340106 arbitrary shape
1340108 3 dimensional
1340109 rectangular parallelepiped
1340110 hexahedral
1340111 arbitrary shape
1340200 34.2 input of data by:
1340201 filling-in data files without comment texts
1340202 filling-in data files with comment texts and indication of place of data
1340203 interactive input
1340204 data files of other programmes
1340205 34.3 change of all data files with extern editor possible

1350000 **35. ERROR CHECKING**
1350100 35.1 input data
1350101 no check
1350102 few data
1350103 reasonable number of data
1350200 35.2 calculations flow
1350201 fluid balance over model
1350202 maximum head/pressure change in space
1350203 maximum fluid flux change in space
1350204 maximum change of head/pressure over a time increment
1350205 maximum fluid flux change over a time increment
1350206 sum head/pressure change over model between iterations
1350207 other

1350300 35.3 calculations solute transport
1350301 solute balance over model
1350302 maximum concentration change in space
1350303 maximum solute flux change in space
1350304 maximum concentration change over a time increment
1350305 maximum solute flux change over a time increment
1350306 sum concentration change over model between iterations
1350307 other
1350400 35.4 other calculations

1360000 **36. PRESENTATION OF INPUT AND CALCULATION RESULTS**
1360001 **model configuration**
1360100 36.1 calculation grid
1360200 36.2 plot sources/sinks
1360300 36.3 plot of layers (vertical)
1360400 36.4 plot of distribution of soil characteristics
1360401 hydraulic conductivity
1360402 transmissivity
1360403 storage coefficient
1360404 hydraulic resistance, leakance, leakage coefficient
1360405 leakage factor
1360406 porosity
1360407 dispersion/diffusion coefficient
1360499 **fluid**
1360500 36.5 precipitation
1360501 table
1360502 plot
1360503 variation in space
1360504 variation in time
1360600 36.6 infiltration
1360601 table
1360602 plot
1360603 variation in space
1360604 variation in time
1360700 36.7 evaporation, transpiration
1360701 table
1360702 plot
1360703 variation in space
1360704 variation in time
1360800 36.8 head, pressure, potential
1360801 table
1360802 plot
1360803 variation in space, 1 dimension (x,h)
1360804 variation in space, 2 dimensions (x,y,h)
1360805 isohypses
1360806 fishnet
1360807 variation in time (t,h)
1360808 differences values with
1360809 initial conditions (drawdown)
1360810 other calculations
1360811 table
1360812 plot

1360813 other layers
1360814 table
1360815 plot
1360816 measured and calculated values
1360817 table
1360818 plot
1360819 maximum values
1360900 36.9 discharge
1360901 horizontal
1360902 table
1360903 plot
1360904 vertical
1360905 table
1360906 plot
1361000 36.10 fluid balance (volumes)
1361100 36.11 flow velocity
1361200 36.12 streamlines
1361201 horizontal
1361202 1 plot per aquifer
1361203 1 plot of all aquifers
1361204 vertical
1361300 36.13 soil moisture content, saturation deficit
1361301 table
1361302 plot
1361400 36.14 fluid density
1361500 36.15 position of salt/fresh water interface
1361501 table
1361502 plot
1361599 **solute transport, (bio)chemical reactions**
1361600 36.16 concentrations in solution
1361601 table
1361602 plot
1361603 variation in space, 1 dimension (x,c)
1361604 variation in space, 2 dimensions (x,y,c)
1361605 contour lines
1361606 fishnet
1361607 variation in time (t,c)
1361608 differences values with
1361609 initial conditions
1361610 other calculations
1361611 table
1361612 plot
1361613 other layers
1361614 table
1361615 plot
1361616 measured and calculated values
1361617 table
1361618 plot
1361619 maximum values
1361700 36.17 solute fluxes
1361701 table
1361702 plot
1361800 36.18 substance balance (volumes, weights)

1361900 36.19 quantity adsorbed
1361901 variation in space
1361902 table
1361903 plot
1361904 variation in time
1361905 table
1361906 plot
1362000 36.20 travel times
1362100 36.21 isochrones
1362200 36.22 residence times
1362300 36.23 breakthrough curves
1362399 **soil mechanics**
1362400 36.24 thickness layers
1362500 36.25 top/bottom layers
1362600 36.26 subsidence
1362699 **results inversed models**
1362700 36.27 hydraulic conductivity
1362800 36.28 transmissivity
1362900 36.29 storage coefficient
1363000 36.30 hydraulic resistance, leakance, leakage coefficient
1363100 36.31 leakage factor
1363200 36.32 porosity
1363299 **other**
1363300 36.33 other

1370000 **37. OUTPUT FACILITIES**
1370100 37.1 output of data on a file for restart purposes
1370101 only at the end of the simulation period
1370102 at any chosen moment
1370200 37.2 output of data for post-processing purposes or other programmes

2010000 **1. NAME PROGRAMME**

2020000 **2. TYPE OF PROGRAMME**
2020100 2.1 deterministic
2020200 2.2 stochastic

2030000 **3. RANGE OF APPLICATION**
2030100 3.1 conduits
2030101 open
2030102 closed
2030103 full
2030104 free surface
2030200 3.2 reservoirs, ponds, lakes
2030300 3.3 overland flow
2030400 3.4 flow in structures in detail

2040000 **4. DIMENSIONS OF FLOW**
2040100 4.1 0-D flow (reservoir approach)
2040200 4.2 1-D flow
2040300 4.3 2-D flow, depth averaged
2040400 4.4 2-D flow, width averaged
2040500 4.5 3-D flow

2050000 **5. GEOMETRY CONDUITS**
2050100 5.1 unbranched conduit
2050200 5.2 tree system
2050300 5.3 network system
2050301 flow in one direction
2050302 direction to be specified in advance
2050303 return flow possible
2050400 5.4 structures
2050401 any structure
2050402 pumps *)
2050403 weirs (overflow) *)
2050404 orifices *)
2050405 regulated structures see *)
2050406 culverts
2050407 siphons
2050408 flumes
2050409 valves
2050410 locks
2050411 sluices
2050412 shutes
2050413 side spillways
2050414 groynes
2050415 overflow structures
2050416 sediment dividing structures
2050417 retention structures
2050418 manholes

2050419 other

2060000 **6. BASIC MODELLED PROCESSES**
2060100 6.1 flow
2060200 6.2 solute transport
2060300 6.3 sediment transport
2060400 6.4 (bio-)chemical interactions
2060500 6.5 heat processes
2060600 6.6 multiple layer flow

2070000 **7. FLOW TIME DEPENDENCY**
2070100 7.1 steady state
2070200 7.2 quasi non-steady state
2070300 7.3 non-steady state

2080000 **8. SOLUTE TRANSPORT PROCESSES TIME DEPENDENCY**
2080100 8.1 steady state
2080200 8.2 quasi non-steady state
2080300 8.3 non-steady state

2090000 **9. SEDIMENT TRANSPORT PROCESSES TIME DEPENDENCY**
2090100 9.1 steady state
2090200 9.2 quasi non-steady state
2090300 9.3 non-steady state

2100000 **10. (BIO-)CHEMICAL INTERACTIONS TIME DEPENDENCY**
2100100 10.1 steady state
2100200 10.2 quasi non-steady state
2100300 10.3 non-steady state

2110000 **11. HEAT PROCESSES TIME DEPENDENCY**
2110100 11.1 steady state
2110200 11.2 quasi non-steady state
2110300 11.3 non-steady state

2120000 **12. FLUID CHARACTERISTICS AND PROCESSES**
2120100 12.1 type of flow
2120101 laminar flow
2120102 turbulent flow
2120103 subcritical flow
2120104 supercritical flow
2120200 12.2 variation of physical properties
2120201 density
2120202 distributed in space
2120203 dependent on physical properties
2120204 viscosity
2120205 distributed in space
2120206 dependent on physical properties
2120207 thermal expansion
2120208 thermal capacity
2120209 compressibility
2120210 other
2120300 12.3 additional storage (inundation plains, streets)
2120301 outflow at constant head
2120302 reservoir approach
2120303 relation storage-head
2120304 linear
2120305 non-linear
2120306 water balance
2120307 water is temporarily stored
2120308 'stored' water is lost
2120400 12.4 pressure waves
2120500 12.5 wave effects
2120501 distributed over
2120502 height
2120503 frequency
2120504 direction
2120505 interaction waves - stream
2120506 refraction
2120507 diffraction
2120600 12.6 wind effects
2120700 12.7 back water effects
2120800 12.8 immiscible fluids
2120801 floating oil
2120900 12.9 trapped air
2121000 12.10 floating ice
2121100 12.11 flow influenced by sediment processes
2121200 12.12 other

2130000 **13. SOLUTE TRANSPORT PROCESSES**
2130001 **parameters**
2130100 13.1 specified parameters
2130200 13.2 non-specified parameters
2130201 one solute
2130202 more solutes
2130002 **processes**
2130300 13.3 additional solute sources
2130301 solutes in external discharges
2130302 solutes in internal sources
2130303 erosion
2130400 13.4 solute transport
2130401 convection
2130410 dispersion
2130411 longitudinal (1-D)
2130412 constant
2130413 constant over zones of the area
2130414 dependent on fluid conditions
2130415 2-dimensional
2130416 constant
2130417 different per dimension
2130418 dependent on fluid conditions
2130419 other
2130420 3-dimensional
2130421 constant
2130422 different per dimension
2130423 other
2130430 diffusion
2130431 constant in space [3D]
2130432 different horizontal and vertical coefficient
2130433 constant over zones of the area
2130434 dependent on fluid conditions
2130450 stagnant zone
2130460 ideal mixing
2130461 total area
2130462 division in layers (vertical)
2130463 division in zones (horizontal)

2140000 **14. SEDIMENT PROCESSES**
2140100 14.1 sedimentation
2140101 dependent on fluid velocity
2140102 distributed over particle characteristics
2140103 shape
2140104 particle density
2140105 avaraged over particle characteristics
2140200 14.2 erosion
2140201 erosion due to surface flow
2140202 distributed over watercourse characteristics
2140203 flow velocity
2140204 slope length
2140205 sediment characteristics
2140206 avaraged over watercourse characteristics
2140207 erosion due to sweeping
2140300 14.3 sediment transport (general)
2140301 combined (both suspended and bed load transport)
2140302 lumped
2140303 distributed in space
2140304 continuous
2140305 discrete
2140306 separated suspended and bed load transport
2140400 14.4 suspended transport
2140401 **processes**
2140402 convection
2140403 distributed over depth
2140404 dispersion
2140405 constant in space [3D]
2140406 different horizontal and vertical coefficient
2140407 distributed in space
2140408 dependent on fluid conditions
2140409 **modelling**
2140410 lumped
2140411 distributed in space
2140412 continuous
2140413 discrete
2140500 14.5 bed load transport
2140501 **processes**
2140502 bed load transport distributed over:
2140503 bed characteristics
2140504 flow characteristics
2140505 **modelling**
2140506 lumped
2140507 distributed in space
2140508 continuous
2140509 discrete
2140600 14.6 flocculation
2140700 14.7 coagulation
2140800 14.8 consolidation

2150000 **15. (BIO-)CHEMICAL CHARACTERISTICS AND PROCESSES; SPECIFIED PARAMETERS & ORGANISMS**

2150100 15.1 oxygen (O_2)
2150101 reaeration
2150102 avaraged
2150103 depending on physical quantities
2150104 diffusion
2150105 temperature
2150106 depth
2150107 flow
2150108 exposure to wind
2150109 shipping
2150110 swimming
2150111 photosynthesis
2150112 fytoplankton
2150113 algae
2150114 higher plants
2150115 respiration
2150116 fytoplankton
2150117 algae
2150118 higher plants
2150119 decay of organic matter (BOD)
2150120 fytoplankton
2150121 algae
2150122 higher plants
2150123 suspended matter (incl. sediment)
2150124 degradation of bottom sludge
2150125 nitrification
2150126 other
2150200 15.2 BOD
2150201 total BOD
2150202 carbon BOD
2150203 nitrogen BOD
2150204 decay of organic matter
2150205 fytoplankton
2150206 algae
2150207 higher plants
2150208 suspended matter (incl. sediment)
2150209 degradation of bottom sludge
2150210 nitrification
2150211 biotoxides
2150212 sedimentation of particular fraction
2150213 other
2150300 15.3 Chl-a
2150301 growth of fytoplankton
2150302 high nutrient-level
2150303 starvation of algae
2150304 N-Limitation
2150305 P-Limitation
2150306 C-Limitation
2150307 primary consumption by zooplankton
2150308 sedimentation

2150309 decay of organic matter
2150310 fytoplankton
2150311 suspended matter (incl. sediment)
2150312 other
2150400 15.4 Nitrogen
2150401 total nitrogen
2150402 nitrate (NO_3^-)
2150403 decay of organic matter
2150404 fytoplankton
2150405 algae
2150406 higher plants
2150407 suspended matter (incl. sediment)
2150408 degradation of bottom sludge
2150409 nitrification
2150410 fixation
2150411 fytoplankton
2150412 algae
2150413 higher plants
2150414 denitrification
2150415 other
2150416 nitrite (NO_2^-)
2150417 decay of organic matter
2150418 fytoplankton
2150419 algae
2150420 higher plants
2150421 suspended matter (incl. sediment)
2150422 degradation of bottom sludge
2150423 nitrification
2150424 denitrification
2150425 other
2150426 ammonia (NH_3)
2150427 decay of organic matter
2150428 fytoplankton
2150429 algae
2150430 higher plants
2150431 suspended matter (incl. sediment)
2150432 degradation of bottom sludge
2150433 denitrification
2450434 precipitation
2150435 nitrification
2150436 volatilization
2150437 other
2150438 ammonium (NH_4)
2150439 decay of organic matter
2150440 fytoplankton
2150441 algae
2150442 higher plants
2150443 suspended matter (incl. sediment)
2150444 degradation of bottom sludge
2150445 denitrification
2150446 precipitation

2150447 fixation
2150448 fytoplankton
2150449 algae
2150450 higher plants
2150451 nitrification
2150452 other
2150500 15.5 Phosphor components
2150501 total phosphor (P_2O_5)
2150502 ortho-phosphate (PO_4^{3-})
2150503 decay of organic matter
2150504 fytoplankton
2150505 algae
2150506 higher plants
2150507 suspended matter (incl. sediment)
2150508 degradation of bottom sludge
2150509 desorption
2150510 precipitation
2150511 fixation
2150512 fytoplankton
2150513 algae
2150514 higher plants
2150515 adsorption
2150516 other
2150600 15.6 Silicium
2150601 decay of organic matter
2150602 diatoms
2150603 suspended matter (incl. sediment)
2150604 degradation of bottom sludge
2150605 delivery through zooplankton consumption
2150606 mineralisation
2150607 fixation
2150608 diatoms
2150609 other
2150700 15.7 sulphur components
2150701 SO_4^{2-}
2150702 decay of organic matter
2150703 fytoplankton
2150704 algae
2150705 higher plants
2150706 suspended matter (incl. sediment)
2150707 degradation of bottom sludge
2150708 oxidation
2150709 FeS
2150710 H_2S
2150711 precipitation
2150712 fixation
2150713 fytoplankton
2150714 algae
2150715 higher plants
2150716 reduction
2150717 S^{2-}
2150718 reduction
2150719 oxidation
2150720 other

2150800 15.8 chloride (Cl^-)
2150801 precipitation
2150802 salt intrusion
2150900 15.9 biota
2150901 virusses
2150902 bacteria
2150903 nanoplankton
2150904 phytoplankton
2150905 algae
2150906 higher plants
2150907 zooplankton
2150908 macrofauna
2150909 fish
2150910 reptiles
2150911 amfibians
2150912 reptiles
2150913 birds
2150914 mammals

concerning micro-pollutants

2151000 15.10 heavy metals
2151001 only mixing
2151002 adsorption
2151003 precipitation
2151004 redox reactions
2151005 complexation
2151006 bio-accumulation
2151100 15.11 hydrocarbons
2151101 pesticides
2151102 herbicides
2151103 organic chlorides
2151104 only mixing
2151105 volatilization
2151106 hydratation
2151107 degradation
2151108 biodegradation
2151109 precipitation
2151110 absorption/desorption
2151111 poly-cyclic aromats
2151112 only mixing
2151113 volatilization
2151114 hydratation
2151115 degradation
2151116 biodegradation
2151117 precipitation
2151118 absorption/desorption
2151119 detergents
2151120 only mixing
2151121 volatilization
2151122 hydratation
2151123 degradation
2151124 biodegradation
2151125 precipitation
2151126 absorption/desorption

2151127 coliforms
2151128 only mixing
2151129 temperature dependent reactions
2151130 retention
2151131 radionuclides
2151132 only mixing
2151133 decay
2151134 other

2160000 **(BIO-)CHEMICAL PROCESSES NON-SPECIFIED SUBSTANCES AND ORGANISMS**
2160100 16.1 number of substances/organisms
2160101 one substance/organism
2160102 more substances/organisms
2160200 16.2 processes
2160201 primary production
2160202 fixation
2160203 primary consumption
2160204 secundary consumption (predator-prey interactions)
2160205 reduction (decay of organic matter)
2160206 dissolved phase
2160207 lineair (0-th order)
2160208 non-lineair (1-th order and higher order)
2160209 solid phase
2160210 lineair (0-th order)
2160211 non-lineair (1-th order and higher order)
2160212 nitrification/denitrification
2160213 eutrophication
2160214 dissolution
2160215 adsorption/desorption
2160216 redox reactions
2160217 ion exchange
2160218 complex formation
2160219 volatilization
2160220 radionuclide decay
2160221 chemical reactions between two or more solutes
2160222 photochemical reactions
2160223 precipitation
2160224 other

2170000 **17. HEAT PROCESSES**
2170100 17.1 advection
2170101 horizontal
2170102 vertical
2170200 17.2 diffusion
2170201 horizontal
2170202 vertical
2170300 17.3 exchange at air water interface
2170301 direct insolation (by short wave radiation)
2170302 other
2170400 17.4 conduction

2170500 17.5 heat generation
2170501 change of phase (condensation, freezing, etc.)
2170502 chemical reactions
2170600 17.6 heat consumption
2170601 change of phase (condensation, freezing, etc.)
2170602 chemical reactions
2170700 17.7 temperature fluid
2170701 constant in space [3D]
2170702 distributed
2170800 17.8 other

2180000 **18. MULTIPLE LAYER FLOW**
2180100 18.1 immiscible fluids
2180200 18.2 mixing
2180201 **of**
2180202 salt/fresh water
2180203 other
2180204 **modelling**
2180205 ideal mixed parts of the area
2180206 mixing at interface(s)
2180300 18.3 number of layers
2180301 two
2180302 more than two

2190000 **19. OTHER MODELLED PROCESSES**
2190100 19.1 precipitation
2190101 constant over surface
2190102 distributed over surface
2190103 type of input
2190104 constant design intensity
2190105 instantaneous rainfall
2190106 any hyetograph (incl. design storm)
2190107 time series of precipitation
2190200 19.2 rainfall loss calculations
2190300 19.3 calculation of hydrograph
2190400 19.4 other

2200000 **20. FLOW CONTROL**
2200100 20.1 pumps
2200101 variation of pump capacity
2200102 start water level, one pump discharge
2200103 more pump discharges
2200104 pump curve
2200200 20.2 valves
2200201 one-way valve
2200202 pressure reduction valve
2200203 other
2200299 **change** of Q-h-relation other structures based on:
2200300 20.3 upstream head
2200400 20.4 downstream head
2200500 20.5 h anywhere

2200600 20.6 precipitation
2200700 20.7 various calculated quantities
2200800 20.8 user defined time schedule

2210000 **21. SCHEMATIZATION**
2210100 21.1 support only
2210200 21.2 schematization by programme subroutines
2210300 21.3 criteria for combining conduits
2210301 bottom slope
2210302 dimensions cross profile
2210303 small contribution to total discharge
2210304 (change in) bottom elevation
2210305 other

2220000 **22. CHARACTERISATION OF CONDUITS AND STRUCTURES**
2220100 22.1 cross sections conduits
2220101 circular
2220102 rectangular
2220103 square
2220104 trapezium
2220105 egg profile
2220106 elliptic
2220107 other
2220108 any shape
2220200 22.2 hydraulic resistance conduits
2220201 constant in whole model
2220202 constant per branch
2220203 distributed over branch
2220204 distributed over cross-section
2220205 depending on water depth
2220206 changing in time (e.g. season)
2220207 roughness predictor
2220208 others
2220300 22.3 energy loss calculation at structures
2220301 equal for all structures
2220302 equal per type of structure
2220303 to be specified for each structure

2230000 **23. CALCULATION CAPACITY**
2230001 maximum number of different
2230100 23.1 links
2230200 23.2 nodes
2230300 23.3 structures
2230301 weirs
2230302 side spillway
2230303 flumes
2230304 culverts, siphons
2230305 sluices
2230306 locks
2230307 orifices

2230308 shutes
2230309 pumps
2230310 groynes
2230311 overflow structures
2230312 sediment dividing structures
2230313 retention structures
2230314 manholes
2230315 valves
2230316 regulated structures
2230317 other

2240000 **24. EQUATIONS SOLVED IN MODEL FOR FLUID PROCESSES**
2240001 flow equations
2240002 equations at structures

2250000 **25. EQUATIONS SOLVED IN MODEL FOR SOLUTE PROCESSES**
2250001 transport equations

2260000 **26. EQUATIONS SOLVED IN MODEL FOR HEAT PROCESSES**

2270000 **27. EQUATIONS SOLVED IN MODEL FOR SEDIMENT PROCESSES**
2270001 equations for erosion
2270002 transport equations
2270003 transport equations at structures
2270004 equations for sedimentation

2280000 **28. EQUATIONS SOLVED FOR BIOLOGICAL PROCESSES / OXYGEN MANAGEMENT**

2290000 **29. SOLUTION METHOD OF BASIC EQUATIONS**
2290100 29.1 fluid processes
2290101 numerical
2290102 analytical
2290200 29.2 solute processes
2290201 numerical
2290202 analytical
2290300 29.3 heat processes
2290301 numerical
2290302 analytical
2290400 29.4 sediment processes
2290401 numerical
2290402 analytical
2290500 29.5 biological/oxygen management processes
2290501 numerical
2290502 analytical

2300000 **30. TYPE OF NUMERICAL METHOD**
2300100 30.1 finite differences
2300200 30.2 finite elements
2300300 30.3 method of characteristics
2300400 30.4 other

2310000 **31. FINITE DIFFERENCE METHOD**
2310100 31.1 name method
2310200 31.2 reference(s)
2310300 31.3 unconditionally stable
2310400 31.4 conditionally stable
2310500 31.5 order of accuracy
2310501 time
2310502 place
2310600 31.6 calculation at structures
2310601 explicit
2310602 implicit
2310700 31.7 calculation filled closed conduits
2310701 Preismann slot
2310702 different calculation scheme
2310703 other
2310800 31.8 calculation dry conduits
2310801 Preismann slot
2310802 moving boundary
2310803 other

2320000 **32. FINITE ELEMENTS METHOD**
2320001 **cell shape:**
2320100 32.1 triangular
2320200 32.2 curved triangular

2320300 32.3 square
2320400 32.4 rectangular
2320500 32.5 quadrilateral
2320600 32.6 curved quadrilateral
2320700 32.7 polygon
2320800 32.8 cubic
2320900 32.9 hexahydral
2321000 32.10 triangular prism
2321100 32.11 tetrahedral
2321200 32.12 others
2321299 **shape area:**
2321300 32.13 rectangular
2321400 32.14 circular
2321500 32.15 any
2321600 32.16 other

2330000 **33. METHOD OF CHARACTERISTICS**
2330100 33.1 interpolation to fixed gridpoints
2330200 33.2 no fixed grid

2340000 **34. GRID GENERATION**
2340100 34.1 manual grid preparation required
2340200 34.2 grid generation by programme
2340201 influence user on grid generation
2340202 positioning of grid points by user possible
2340203 prescription of grid density distribution
2340300 34.3 regular grid spacing required
2340400 34.4 variable grid spacing possible
2340500 34.5 movable grid
2340600 34.6 nesting of grids
2340700 34.7 different coordinate systems input-calculation-output

2350000 **35. MATRIX SOLVING TECHNIQUES**
2350100 35.1 all equations are solved in one matrix
2350200 35.2 one matrix for every branch
2350300 35.3 matrix solving technique
2350301 name
2350302 references

2360000 **36. DATA PROCESSING**
2360001 **aim computations**
2360100 36.1 computation of partial rain series from input
2360200 36.2 computation of catchment rainfall based on weighted point rainfall data
2360300 36.3 generation of synthetic rain series
2360400 36.4 infilling missing rain data
2360500 36.5 generation of synthetic flow series
2360600 36.6 infilling missing flow data
2360700 36.7 analysis of consistency of series
2360800 36.8 parameter estimation of distribution functions
2360900 36.9 computation of (non-)exceedance probabilities

2361000 36.10 other
2361099 **advanced methods used**
2361100 36.11 Kriging
2361200 36.12 Markov chains
2361300 36.13 ARMA / ARIMA process
2361400 36.14 Box Jenkins
2361500 36.15 Monte Carlo generation
2361501 uncorrelated (normal) random
2361502 multi-variate (normal) random with given covariance matrix
2361503 nearest neighbour method
2361504 conditional generation
2361600 36.16 Kalman filtering
2361601 based on stochastic model
2361602 based on deterministic model
2361603 spatial interpolation/extrapolation
2361604 interpolation/extrapolation in time
2361700 36.17 other

2370000 **37. BOUNDARY CONDITIONS FOR FLUID PROCESSES**
2370100 37.1 head
2370101 constant in time
2370102 changing in time
2370103 instantaneous change
2370200 37.2 discharge
2370201 constant in time
2370202 changing in time
2370203 instantaneous change

2380000 **38. BOUNDARY CONDITIONS FOR SOLUTE PROCESSES**
2380100 38.1 concentration
2380101 constant in time
2380102 changing in time
2380103 instantaneous change
2380200 38.2 solute discharge
2380201 constant in time
2380202 changing in time
2380203 instantaneous change

2390000 **39. BOUNDARY CONDITIONS FOR HEAT PROCESSES**
2390100 39.1 temperature
2390101 constant in time
2390102 changing in time
2390103 instantaneous
2390200 39.2 heat flux
2390201 constant in time
2390202 changing in time
2390203 instantaneous

2400000 **40. BOUNDARY CONDITIONS FOR SEDIMENT PROCESSES**
2400100 40.1 sediment concentration

2400101 constant in time
2400102 changing in time
2400103 concentration profile over depth
2400200 40.2 sediment discharge
2400201 constant in time
2400202 changing in time

2410000 **41. BOUNDARY CONDITIONS FOR BIOLOGICAL PROCESSES/OXYGEN MANAGEMENT**
2410100 41.1 dissolved oxygen concentration
2410101 constant in time
2410102 changing in time
2410200 41.2 dissolved oxygen discharge
2410201 constant in time
2410202 changing in time

2410300 41.3 BOD/COD concentration
2410301 constant in time
2410302 changing in time
2410400 41.4 BOD/COD discharge
2410401 constant in time
2410402 changing in time

2420000 **42. INPUT FACILITIES**
2420001 **input of data by:**
2420100 42.1 filling-in data files without comment texts
2420200 42.2 filling-in data files with comments and indication of place of data
2420300 42.3 interactive input
2420400 42.4 data files of other programmes
2420401 type of programme
2420402 Database Management System
2420403 infrastructure management programme
2420404 Geographical Information System
2420405 other
2420406 name programme
2420500 42.5 change of all data files with editor possible
2420599 **model configuration**
2420600 42.6 definition nodes/links
2420601 geographical coordinates
2420602 other coordinate system
2420603 no coordinate system
2420700 42.7 position structures
2420701 at nodes
2420702 at links
2420800 42.8 addition of nodes/links
2420801 manual renumbering
2420802 automatic renumbering
2420803 manual renumbering not necessary

2430000 **43. ERROR CHECKING**
2430100 43.1 input data (before start of calculations)
2430101 few data
2430102 reasonable number of data
2430200 43.2 calculations fluid
2430201 fluid balance over model
2430202 maximum/minimum head
2430203 maximum change of head over a time increment
2430204 maximum head loss over a structure
2430205 maximum/minimum fluid discharge
2430206 maximum fluid discharge change over a time increment
2430207 others
2430300 43.3 calculations solute
2430301 solute balance over model
2430302 maximum/minimum solute concentration
2430303 maximum concentration change over a time increment
2430304 maximum/minimum solute discharge
2430305 maximum solute discharge change over a time increment
2430306 others

2430400 43.4 calculations heat
2430401 heat balance over model
2430402 sum temperature change over model between iterations
2430403 maximum temperature change at any node
2430404 maximum heat discharge change at any boundary node
2430405 maximum temperature change over a time increment
2430406 maximum heat discharge change over a time increment
2430407 others
2430500 43.5 calculations sediment
2430501 sediment balance over model
2430502 maximum/minimum sediment concentration
2430503 maximum sediment mass change over a time increment
2430504 maximum/minimum sediment discharge
2430505 maximum sediment discharge change over a time increment
2430506 others

2440000 **44. PRESENTATION OF INPUT AND CALCULATION RESULTS**
2440100 44.1 model configuration
2440101 entire model
2440102 few parts of model
2440103 self chosen parts
2440104 longitudinal profiles
2440105 classification of:
2440106 bottom slope
2440107 dimensions cross profile
2440108 discharge
2440109 fluid velocity
2440110 sheer stress
2440111 indication of current direction
2440112 storage on model periphery
2440113 pump capacity
2440114 other

2440199 **fluid**
2440200 44.2 precipitation
2440201 printed table
2440202 plot of variation in time
2440203 graphical presentation of values in different points at one moment
2440300 44.3 double mass curves precipitation
2440400 44.4 duration curves precipitation
2440500 44.5 evaporation/transpiration
2440501 printed table
2440502 plot of variation in time
2440600 44.6 fluid discharges
2440601 on model boundary
2440602 printed table
2440603 plot of variation in time
2440604 graphical presentation of values in different points at one moment
2440605 in model area
2440606 printed table
2440607 plot of variation in time
2440608 graphical presentation of values in different points at one moment

2440700 44.7 volume discharged fluid
2440800 44.8 duration curves discharge
2440900 44.9 fluid velocity
2441000 44.10 fluid storage
2441001 printed table
2441002 plot of variation in time
2441003 graphical presentation of values in different points at one moment
2441100 44.11 variation of storage over water level
2441101 printed table
2441102 plotted curve
2441200 44.12 fluid storage capacity
2441300 44.13 heads
2441301 on model boundary
2441302 printed table
2441303 plot of variation in time
2441304 graphical presentation of values in different points at one moment
2441305 in model area
2441306 printed table
2441307 plot of variation in time
2441308 longitudinal profile at one moment
2441309 combined with bottom elevation
2441310 plot of maximum heads over simulation period
2441311 graphical presentation of values in different points at one moment
2441312 animation
2441399 **solute**
2441400 44.14 solute concentrations
2441401 on model boundary
2441402 printed table
2441403 plot of variation in time
2441404 graphical presentation of values in different points at one moment
2441405 in model area
2441406 printed table
2441407 plot of variation in time
2441408 longitudinal profile at one moment
2441409 graphical presentation of values in different points at one moment
2441410 curves of equal concentration
2441411 animation
2441500 44.15 duration of exceeding of a solute concentration
2441600 44.16 solute mass
2441601 printed table
2441602 plot of variation in time
2441700 44.17 solute discharges
2441701 printed table
2441702 plot of variation in time
2441703 graphical presentation of values in different points at one moment
2441799 **biology, oxygen management**
2441800 44.18 concentration of dissolved oxygen
2441900 44.19 duration of oxygen deficit
2442000 44.20 concentration BOD/COD
2442100 44.21 micro organism concentration
2442200 44.22 composition of biomass in different species

2442299 **heat**
2442300 44.23 temperature
2442400 44.24 duration of exceeding of temperature
2442500 44.25 total heat addition
2442599 **sediment**
2442600 44.26 volume eroded material
2442601 printed table
2442602 plot of variation in time
2442603 *graphical presentation of values in different points at one moment*
2442700 44.27 sediment discharges
2442701 on model boundary
2442702 printed table
2442703 plot of variation in time
2442704 graphical presentation of values in different points at one moment
2442705 in model area
2442706 printed table
2442707 plot of variation in time
2442708 graphical presentation of values in different points at one moment
2442800 44.28 sediment concentration profile over the depth
2442900 44.29 volume sedimentated material
2442901 printed table
2442902 plot of variation in time
2442903 graphical presentation of values in different points at one moment
2443000 44.30 change in sedimentation/erosion volumes
2443001 printed table
2443002 plot of variation in time
2443100 44.31 bed elevation (changing in time)
2443101 printed table
2443102 plot of variation in time
2443103 variation in 1 point
2443104 longitudinal profile at one moment
2443105 animation
2443199 **other**
2443200 44.32 calibration results
2443300 44.33 pathlines / streamlines
2443400 44.34 position of saltwater/freshwater interface
2443500 44.35 fluid density
2443600 44.36 review of pump activity

2443700 44.37 structure status
2443800 44.38 duration of inundation
2443900 44.39 wave characteristics (height, direction)
2444000 44.40 other

2450000 **45. OUTPUT FACILITIES**
2450100 45.1 Output of data on a file for restart purposes
2450101 only at the end of the simulation period
2450102 at any chosen moment
2450200 45.2 *Output of data for post-processing purposes or other programmes*

3010000 **1. NAME PROGRAMME**

3020000 **2. TYPE OF PROGRAMME**
3020100 2.1 deterministic
3020200 2.2 stochastic
3020300 2.3 linear
3020400 2.4 non-linear

3030000 **3. RANGE OF APPLICATION**
3030100 3.1 urban area
3030200 3.2 rural area
3030300 3.3 intensive agricultural area
3030400 3.4 forest area
3030500 3.5 flat area
3030600 3.6 hilly area
3030700 3.7 mountainous area
3030800 3.8 large river basin
3030900 3.9 other types

3040000 **4. BASIC MODELLED PROCESSES**
3040100 4.1 loss algorithm
3040200 4.2 transfer algorithm
3040300 4.3 solute transport
3040400 4.4 sediment transport

3050000 **5. PROCESSES FLUID CONSIDERED**
3050001 **processes above surface**
3050100 5.1 precipitation
3050101 rainfall
3050102 avaraged over surface
3050103 distributed over surface
3050104 snow
3050200 5.2 snow melt
3050300 5.3 freezing of surface water
3050400 5.4 wetting losses (interception incl.)
3050401 avaraged over surface
3050402 distributed over surface
3050500 5.5 transpiration
3050501 avaraged over surface
3050502 constant in time
3050503 changing in time
3050504 distributed over surface
3050505 constant in time
3050506 changing in time
3050600 5.6 open water evaporation
3050700 5.7 evaporation
3050701 avaraged over surface
3050702 constant in time
3050703 changing in time
3050704 distributed over surface

3050705 constant in time
3050706 changing in time
3050707 dependent of soil moisture
3050799 **surface flow**
3050800 5.8 retention
3050900 5.9 detention
3051000 5.10 overland flow
3051100 5.11 flow in conduits
3051101 open conduits
3051102 closed conduits
3051200 5.12 external discharges surface water
3051299 **processes surface/subsurface**
3051300 5.13 infiltration
3051301 avaraged over surface
3051302 constant in time
3051303 changing in time
3051304 distributed over surface
3051305 constant in time
3051306 changing in time
3051307 dependent of:
3051308 soil moisture
3051309 duration of precipitation
3051400 5.14 interflow
3051499 **subsurface flow**
3051500 5.15 flow in unsaturated zone
3051501 percolation
3051502 capillary rise
3051600 5.16 flow in saturated zone
3051700 5.17 flow in closed drains
3051800 5.18 freezing of groundwater
3051900 5.19 external discharges groundwater

3060000 **6. SOLUTE PROCESSES - GENERAL**
3060100 6.1 solute sources
3060101 solutes in external discharges (wet deposition incl.)
3060102 solutes in internal sources
3060103 erosion (sweeping incl.)
3060200 6.2 solute transport
3060201 convection
3060202 dispersion
3060203 stagnant phase
3060204 ideal mixing
3060300 6.3 solute chemistry
3060301 dissolution
3060302 adsorption
3060303 ion exchange
3060304 redox processes
3060305 complex formation
3060306 decay
3060307 dissolved phase
3060308 solid phase
3060309 radionuclide decay chains
3060310 chemical reactions between two or more solutes

3060311 (co-)precipitation
3060312 other

3070000 **7. SEDIMENT PROCESSES**
3070100 7.1 sedimentation
3070101 sedimentation in conduits
3070102 dependent on fluid velocity
3070103 distributed over particle characteristics
3070104 shape
3070105 particle density
3070106 averaged over particle characteristics
3070107 sedimentation on landsurface
3070108 dependent on fluid velocity
3070109 distributed over particle characteristics
3070110 shape
3070111 particle density
3070112 averaged over particle characteristics
3070200 7.2 erosion
3070201 erosion due to splash
3070202 distributed over watershed characteristics
3070203 soil type
3070204 type of cover
3070205 constant in time
3070206 changing in time
3070207 infiltration capacity
3070208 permeability
3070209 averaged over watershed characteristics
3070210 distributed over rainfall characteristics
3070211 raindrop size
3070212 fall velocity
3070213 intensity
3070214 duration
3070215 avaraged over rainfall characteristics
3070216 erosion due to surface flow
3070217 distributed over watercourse characteristics
3070218 flow velocity
3070219 slope length
3070220 soil type
3070221 averaged over watercourse characteristics
3070222 erosion due to sweeping
3070300 7.3 sediment transport
3070301 suspended transport
3070302 bed load transport
3070400 7.4 flocculation (coagulation)
3070500 7.5 consolidation

3080000 **8. SOLUTES PROCESSES - DETAILED**
3080001 **non specified solutes**
3080100 8.1 any conservative solute
3080101 one solute
3080102 more solutes
3080200 8.2 any non-conservative solute

3080201		one solute
3080202		more solutes
3080299	**specified solutes**	
3080300	8.3	chlorides
3080301		only mixing
3080302		anion exchange
3080400	8.4	sulphur components
3080401		only mixing
3080402		redox reactions
3080403		precipitation
3080500	8.5	nitrogen components
3080501		only mixing
3080502		nitrification
3080503		denitrification
3080504		nitrogen fixation
3080505		mineralisation
3080600	8.6	phosphates
3080601		only mixing
3080602		adsorption
3080603		precipitation
3080700	8.7	organic solutes
3080701		only mixing
3080702		biological oxidation (BOD)
3080703		anaerobic decay
3080704		redox reactions
3080705		oxidation, fermentation
3080706		interaction with other nutrients
3080800	8.8	heavy metals
3080801		only mixing
3080802		adsorption
3080803		precipitation
3080804		redox reactions
3080805		complexation
3080900	8.9	organic chlorides
3080901		only mixing
3080902		volatilization
3080903		hydratation
3080904		precipitation
3080905		absorption
3081000	8.10	radionuclides
3081001		only mixing
3081002		decay
3081100	8.11	coliforms
3081101		only mixing
3081102		temperature dependent reactions
3081103		retention
3081200	8.12	hydrocarbons
3081201		only mixing
3081202		volatilization
3081203		hydratation
3081204		precipitation
3081205		absorption
3081300	8.13	other

3090000 **9. ELEMENTS IN CALCULATION OF HYDROGRAPH**
3090100 9.1 reservoir approach
3090101 linear reservoirs
3090102 non-linear reservoirs
3090103 single reservoir
3090104 more reservoirs
3090105 parallel reservoirs
3090106 reservoirs in series
3090107 input preciptation in upper reservoir only
3090108 input precipitation in more reservoirs
3090200 9.2 translation approach
3090201 rational method
3090202 time area curve
3090203 other
3090300 9.3 non-conceptual approach
3090301 statistical relations
3090302 least square method
3090303 quadratic programming
3090400 9.4 simple flood routing functions
3090500 9.5 hydrograph based on area characteristics

3100000 **10. INPUT**
3100100 10.1 type of input precipitation
3100101 instantaneous rainfall
3100102 any hyetograph (design storm incl.)
3100103 time series of precipitation
3100104 time step
3100105 1 min
3100106 5 min
3100107 10 min
3100108 15 min
3100109 m min
3100110 1 hour
3100111 m hours
3100112 1 day
3100113 m day
3100114 1 week
3100115 1 month
3100116 1 year
3100117 other
3100200 10.2 evaporation, transpiration
3100201 meteorological data
3100202 millimeters
3100203 crop data

3110000 **11. EQUATIONS USED IN MODEL FOR OPTIMIZATION OF PARAMETERS**
3110100 11.1 maximum likelyhood method
3110200 11.2 extreme value searching technics
3110300 11.3 least square method
3110400 11.4 linear programming
3110500 11.5 quadratic programming
3110600 11.6 dynamic programming

3110700 11.7 regression analysis
3110800 11.8 recursive guesses
3110900 11.9 Kalman filtering
3111000 11.10 Monte Carlo
3111100 11.11 other

3120000 **12. OPTIMIZATION CRITERIA**
3120100 12.1 peak waterlevel height
3120200 12.2 time to peak waterlevel
3120300 12.3 frequency of occurence of a certain event
3120400 12.4 discharge
3120500 12.5 others

3130000 **13. EQUATIONS SOLVED FOR FLOW**

3140000 **14. EQUATIONS SOLVED FOR SOLUTE PROCESSES**

3150000 **15. EQUATIONS SOLVED FOR SEDIMENT PROCESSES**

3160000 **16. DATA PROCESSING**
3160001 **aim computations**
3160100 16.1 computation of partial rain series from input
3160200 16.2 computation of catchment rainfall based on weighted point rainfall data
3160300 16.3 generation of synthetic rain series
3160400 16.4 infilling missing rain data
3160500 16.5 generation of synthetic flow series
3160600 16.6 infilling missing flow data
3160700 16.7 analysis of consistency of series
3160800 16.8 parameter estimation of distribution functions
3160900 16.9 computation of (non-)exceedance probabilities
3161000 16.10 other
3161099 **advanced methods used**
3161100 16.11 Kriging
3161200 16.12 Markov chains
3161300 16.13 ARMA / ARIMA process
3161400 16.14 Box Jenkins
3161500 16.15 Monte Carlo generation
3161501 uncorrelated (normal) random
3161502 multi-variate (normal) random with given covariance matrix
3161503 nearest neighbour method
3161504 conditional generation
3161600 16.16 Kalman filtering
3161601 based on stochastic model
3161602 based on deterministic model
3161603 spatial interpolation/extrapolation
3161604 interpolation/extrapolation in time
3161700 16.17 other

3170000 **17. INPUT FACILITIES**
3170001 **input of data by:**
3170100 17.1 filling-in data files without comment texts
3170200 17.2 filling-in data files with comments and indication of place of data
3170300 17.3 interactive input
3170400 17.4 data files of other programmes
3170401 type of program
3170402 Database Management System
3170403 Geographical Information System
3170404 other
3170500 17.5 change of all data with editor possible

3180000 **18. ERROR CHECKING**
3180100 18.1 input data (before start of calculations)
3180101 few data
3180102 reasonable number of data
3180200 18.2 calculations fluid
3180201 fluid balance over model
3180202 maximum/minimum head
3180203 maximum change of head/pressure over a time increment
3180204 maximum/minimum fluid discharge
3180205 maximum fluid discharge change over a time increment
3180206 others
3180300 18.3 calculations solute
3180301 solute balance over model
3180302 maximum/minimum solute concentration
3180303 maximum concentration change over a time increment
3180304 maximum/minimum solute discharge
3180305 maximum solute discharge change over a time increment
3180306 others
3180400 18.4 calculations sediment
3180401 sediment balance over model
3180402 maximum/minimum sediment concentration
3180403 maximum sediment mass change over a time increment
3180404 maximum/minimum sediment discharge
3180405 maximum sediment discharge change over a time increment
3180406 others

3190000 **19. PRESENTATION OF INPUT AND CALCULATION RESULTS**
3190001 **fluid**
3190100 19.1 precipitation
3190101 printed table
3190102 plot of variation in time
3190103 graphical presentation of values in different points at one moment
3190200 19.2 double mass curves precipitation
3190300 19.3 frequency distributions precipitation
3190400 19.4 duration curves precipitation
3190500 19.5 evaporation/transpiration
3190501 printed table
3190502 plot of variation in time
3190600 19.6 fluid discharges
3190601 on model boundary

3190602 printed table
3190603 plot of variation in time
3190604 graphical presentation of values in different points at one moment
3190605 in model area
3190606 printed table
3190607 plot of variation in time
3190608 graphical presentation of values in different points at one moment
3190700 19.7 volume discharged fluid
3190800 19.8 double mass curves discharge
3190900 19.9 frequency distributions discharge
3191000 19.10 duration curves discharge
3191100 19.11 fluid velocity
3191200 19.12 fluid storage
3191201 printed table
3191202 plot of variation in time
3191203 graphical presentation of values in different points at one moment
3191300 19.13 heads
3191301 on model boundary
3191302 printed table
3191303 plot of variation in time
3191304 graphical presentation of values in different points at one moment
3191305 in model area
3191306 printed table
3191307 plot of variation in time
3191308 longitudinal profile at one moment
3191309 plot of maximum heads over simulation period
3191310 graphical presentation of values in different points at one moment
3191311 animation
3191399 **solute**
3191400 19.14 solute concentrations
3191401 on model boundary
3191402 printed table
3191403 plot of variation in time
3191404 graphical presentation of values in different points at one moment
3191405 in model area
3191406 printed table
3191407 plot of variation in time
3191408 longitudinal profile at one moment
3191409 graphical presentation of values in different points at one moment
3191410 curves of equal concentration
3191411 animation
3191500 19.15 solute mass
3191501 printed table
3191502 plot of variation in time
3191600 19.16 solute discharges
3191601 printed table
3191602 plot of variation in time
3191603 graphical presentation of values in different points at one moment
3191699 **sediment**
3191700 19.17 volume eroded material
3191701 printed table
3191702 plot of variation in time
3191703 graphical presentation of values in different points at one moment
3191800 19.18 sediment discharges

3191801 on model boundary
3191802 printed table
3191803 plot of variation in time
3191804 graphical presentation of values in different points at one moment
3191805 in model area
3191806 printed table
3191807 plot of variation in time
3191808 graphical presentation of values in different points at one moment
3191900 19.19 volume sedimentated material
3191901 printed table
3191902 plot of variation in time
3191903 graphical presentation of values in different points at one moment
3192000 19.20 change in sedimentation/erosion volumes
3192001 printed table
3192002 plot of variation in time
3192100 19.21 bed elevation (changing in time)
3192101 printed table
3192102 plot of variation in time
3192103 variation in 1 point
3192104 longitudinal profile at one moment
3192105 animation
3192199 other
3192200 19.22 calibration results

3200000 **20. OUTPUT FACILITIES**
3200100 20.1 Output of data on a file for restart purposes
3200101 only at the end of the simulation period
3200102 at any chosen moment
3200200 20.2 Output of data for post-processing purposes or other programmes

4010000 1. **NAME OF MODULE :**

4020000 2. **NATURE OF MODULE:**
4020100 2.1 deterministic
4020200 2.2 stochastic

4030000 3. **BASIC MODEL CHARACTERISTICS**
4030100 3.1 crops
4030101 single crop
4030102 multiple crop
4030103 crop(s) species :
4030200 3.2 soil profile
4030201 saturated zone
4030202 unsaturated zone
4030300 3.3 surface
4030301 water on land
4030302 water in conduits

4040000 4. **BASIC MODEL PROCESSES**
4040100 4.1 crop growth
4040101 root activity
4040102 transpiration
4040200 4.2 soil profile
4040201 fluid transport
4040202 solute transport
4040203 heat transport
4040204 compression
4040300 4.3 surface
4040301 evaporation
4040302 rainfall
4040303 water transport
4040304 water storage

4050000 5. **MODEL PROCESSES AND CHARACTERISTICS OF CROPS :**

general
4050100 5.1 crop characterization
4050101 potential crop production niveau 1
4050102 water limited production niveau 2
4050103 nutrient limited production niveau 3
4050104 weeds limited production niveau 4
4050105 pests and diseases limited production niveau 5
4050106 yield reduction parameters
4050200 5.2 time scale of simulation

niveau 1

4050300	5.3	gross assimilation
4050301		deterministic
4050302		non-deterministic
4050400	5.4	type of assimilation
4050401		C3-plants
4050402		C4-plants
4050500	5.5	dry matter production
4050501		under ground
4050502		of roots
4050503		above ground
4050504		of leaves
4050505		of stems
4050506		of products
4050600	5.6	leaf area variation
4050601		coupled to leaf weight
4050602		independently simulated
4050603		Leaf Area Index (LAI)
4050604		soil cover
4050605		others

niveau 2

4050700	5.7	potential evapotranspiration
4050701		with exogene variables
4050702		with endogene variables
4050800	5.8	actual evapotranspiration
4050801		with exogene variables
4050802		with endogene variables
4050900	5.9	transpiration
4050901		exogene
4050902		endogene
4051000	5.10	stomata resistance
4051100	5.11	water uptake by roots
4051101		root activity varying
4051102		with depth
4051103		with time
4051104		root activity constant
4051200	5.12	water stress (roots)
4051201		drought
4051202		waterlogging
4051300	5.13	oxygen availability (of roots)
4051301		diffusion
4051400	5.14	roots with aerenchym
4051500	5.15	crop development stages
4051501		determined by temperature sum
4051502		other
4051600	5.16	germination process modeled
4051700	5.17	planting/sowing date
4051701		dependent on workability
4051702		other
4051800	5.18	emergence date
4051801		dependent on workability
4051802		other
4051900	5.19	harvesting date

4051901 dependent on workability
4051902 other
4052000 5.20 daylength sensitivity
4052100 5.21 fernalisation
4052200 5.22 dry matter production per development stage
4052201 distributed over plant
4052300 5.23 root growth
4052301 dependent on production
4502400 5.24 root deterioration
4052401 due to freezing
4052402 water excess
4052403 water shortage
4052500 5.25 plant deterioration

niveau 3

4052600 5.26 nutrient uptake
4052601 N (sodium)
4052602 P (phosfor)
4052603 K (potassium)
4052604 S (sulphates)
4052605 other nutrients
4052606 toxic elements
4052700 5.27 uptake capacity of nutrients
4052701 determined by availability
4052702 determined by plants demand
4052800 5.28 nutrient contents
4052801 of plant
4052802 of plant parts

niveau 4

4052900 5.29 production limitation due to weeds

niveau 5

4053000 5.30 production limitation due to pests and diseases

4060000 **6. SOIL PROFILE MODELING**
4060100 6.1 fluid transport in soil profile
4060101 capillary flow
4060102 osmotic forces
4060103 hysteresis
4060104 swelling / shrinking
4060105 percolation to groundwater
4060106 (deep) percolation out of system
4060107 flow to drains
4060108 groundwater level elevation
4060109 time variant
4060110 constant
4060111 index
4060112 soil moisture content
4060113 influence on workability
4060114 soil water balance

4060200 6.2 solute transport in soil profile
4060201 salt-distribution due to swelling en shrinking
4060202 convection
4060203 dispersion
4060204 diffusion
4060205 stagnant phase
4060206 two phase transport
4060207 mixing
4060208 adsorption
4060300 6.3 heat transport in soil profile
4060301 freezing of soil moisture
4060400 6.4 compression of soil profile
4060401 oxidation

4070000 7. MODEL PROCESSES CONSIDERED AT LAND SURFACE :
4070100 7.1 snow / ice melt
4070200 7.2 condensation (above/on land surface)
4070300 7.3 freezing (above/on land surface)
4070400 7.4 precipitation
4070401 rain
4070402 snow
4070500 7.5 interception
4070600 7.6 surface water evaporation
4070700 7.7 soil evaporation
4070701 potential
4070702 actual
4070800 7.8 soil crust
4070900 7.9 surface water (conduits):
4070901 storage
4070902 transport
4070903 waterbalance
4071000 7.10 water on land surface
4071001 depression storage
4071002 overland flow
4071003 waterbalance
4071100 7.11 interflow
4071200 7.12 water quality aspects surface water

4080000 8. OTHER MODEL PROCESSES:
4080100 8.1 rainfall-runoff
4080101 loss calculations
4080200 8.2 economic evaluation of production
4080300 8.3 others

4090000 **9. SOIL PROFILE CONDITIONS**
4090100 9.1 matrix conditions
4090101 isotropic
4090102 anisotropic
4090103 homogeneous
4090104 heterogeneous
4090105 cracks/macropores
4090106 dual porosity
4090107 changing unsaturated zone thickness in time
4090108 ploughing layer
4090200 9.2 fluid conditions
4090201 homogeneous
4090202 heterogeneous
4090203 multiple immiscible fluids
4090204 saltwater-freshwater (immiscible)

4100000 **10. SOLUTES IN MASS TRANSPORT IN SOIL PROFILE :**
4100100 10.1 total dissolved solids
4100200 10.2 nitrogen components
4100201 volatilization
4100202 nitrification
4100203 denitrification
4100204 nitrogen fixation
4100205 mineralisation
4100206 influence on pH
4100207 temperature dependent
4100300 10.3 phosphates
4100301 adsorption
4100302 precipitation
4100303 influence of pH
4100304 temperature dependent
4100400 10.4 sulphur components
4100401 redox reactions
4100402 precipitation
4100403 conservative
4100404 influence on pH
4100405 temperature dependent
4100500 10.5 chlorides
4100501 conservative
4100502 anion exchange
4100503 temperature dependent
4100600 10.6 organic
4100601 biological oxidation
4100602 anaerobic decay
4100603 redox potential
4100604 influence of other nutrients on oxidation/ anaerobic decay
4100605 biological activity
4100606 solubility
4100607 temperature dependent
4100700 10.7 heavy metals
4100701 specific adsorption
4100702 precipitation
4100703 influence of redox potential

4100704 influence of pH
4100705 complexation
4100706 fixation
4100800 10.8 organic chlorides
4100900 10.9 toxic solutes
4101000 10.10 any conservative solute
4101100 10.11 one solute
4101200 10.12 two solutes
4101300 10.13 more than two solutes

4110000 **11. LAND SURFACE CONDITIONS**
4110100 11.1 flat surface
4110200 11.2 undulating

4120000 **12. RELATIONS USED FOR CROP PRODUCTION CALCULATIONS**
(in both words and equation form)
(e.g. crop production is a
4120001 function of water availability
4120002 function of workability
4120003 function of nutrient gift/uptake
4120004 function of O2 / CO2 conc.
4120005 function of temperature soil / air
4120006 function of emergence / harvest date
4120007 function of leaf area
4120008 function of radiation
4120009 function of evapo(transpi)ration
4120010 function of presence of weeds
4120011 function of pest/diseases;
or there are inter relations between above
mentioned factors.)
4120012 other relations

4130000 **13. EQUATIONS SOLVED IN MODEL FOR TRANSPORT IN SOIL PROFILE:**
(please indicate all equations in both words and
equation form)
4130100 13.1 fluid transport

4130200 13.2 solute transport

4130300 13.3 heat transport

4140000 **14. DETERMINATION OF TIME STEP:**
4140100 14.1 Crop production calculations
4140101 fixed time step
4140102 automatic time increment selection
4140200 14.2 Soil profile calculations
4140201 fixed time step
4140202 automatic time increment selection
4140300 14.3 Surface calculations
4140301 fixed time step
4140302 automatic time increment selection

4160000 **16. STATISTICS/STOCHASTICS:**
4160100 16.1 Characteristics of input
4160101 mean value
4160102 standard deviation or variance
4160103 skewness
4160104 covariance
4160105 covariance matrix
4160106 histogram
4160107 confidence (contours)
4160200 16.2 Characteristics of output
4160201 mean value
4160202 standard deviation or variance
4160203 skewness
4160204 covariance
4160205 histogram
4160206 confidence (contours)
4160300 16.3 Frequency distribution of input
4160301 normal
4160302 log-normal
4160303 extreme values distribution (e.g. Gumbel)
4160400 16.4 Frequency distribution of output
4160401 normal
4160402 log-normal
4160403 extreme values distribution (e.g. Gumbel)
4160500 16.5 Spatial statistical characteristics of input
4160501 correlation function
4160502 covariance function
4160503 semi-variogram
4160504 generalised covariance function
4160505 variance-covariance matrix
4160600 16.6 Spatial statistical characteristics of output
4160601 correlation function
4160602 covariance function
4160603 semi-variogram
4160604 generalised covariance function
4160605 variance-covariance matrix
4160700 16.7 Monte Carlo generation of spatial distributions
4160701 uncorrelated (normal) random
4160702 multi-variate (normal) random with given covariance matrix
4160703 nearest neighbour method
4160704 conditional generation
4160800 16.8 Kalman filtering
4160801 based on stochastic model
4160802 based on deterministic model
4160803 spatial interpolation/extrapolation
4160804 interpolation/extrapolation in time
4160805 parameter estimation
4160900 16.9 Residual analysis
4161000 16.10 calculation of frequency distribution/variance/confidence
4161001 due to parameter uncertainty
4161002 due to uncertainty in boundary conditions

4161100 16.11 time series analysis
4161101 input variables only
4161102 output variables only
4161103 input and output variables
4161200 16.12 simulation in time
4161201 ARMA/ARIMA process
4161202 Markov chains
4161300 16.13 stochastic differential equations
4161400 16.14 regression analysis
4161401 linear
4161402 non-linear
4161500 16.15 Kriging
4161600 16.16 non-parametric methods

4170000 **17. INITIAL CONDITIONS FOR CROP PRODUCTION:**
4170100 17.1 germination
4170101 date
4170102 amount of seed
4170200 17.2 emergence
4170201 date
4170202 leaf area index
4170203 soil cover
4170204 bare soil
amount of:
4170205 leaves
4170206 stems
4170207 roots
4170300 17.3 rooting depth at beginning of simulations
4170400 17.4 (soil) temperature sum
4170500 17.5 water availability
4170600 17.6 oxygen availability
4170700 17.7 nutrient availability
4170800 17.8 other

4180000 ***18. INITIAL CONDITIONS FOR TRANSPORT IN SOIL PROFILE:***

fluid
4180100 18.1 groundwater heads/potential
4180200 18.2 groundwater table elevation
4180300 18.3 flux on upper model boundary
4180400 18.4 flux on lower model boundary
4180500 18.5 fluid velocity
4180600 18.6 moisture content/potential soil profile
4180700 18.7 matrix conditions
4180800 18.8 crack characterisation
4180900 18.9 thickness of saturated/unsaturated zone
4181000 18.10 waterbalance
4181100 18.11 initial fluid conditions calculated by other model

quality aspects

4181200 18.12 initial fluid conditions
4181201 constant in space
4181202 changing in space
4181300 18.13 concentration of solutes in profile
4181301 constant over profile
4181302 distributed
4181400 18.14 solute balance
4181500 18.15 temperature of soil profile
4181501 constant over profile
4181502 distributed
4181600 18.16 geothermal gradient
4181700 18.17 temperature balance
4181800 18.18 initial solutes conditions calculated by other model
4181900 18.19 initial heat conditions calculated by other model

compression

4182000 18.20 initial position of surface
4182100 18.21 initial content of organic material
4182200 18.22 other soil profile initial conditions

4190000 **19. INITIAL CONDITIONS AT SURFACE**
4190100 19.1 surface water
4190101 surface water level
4190102 water balance of surface water
4190103 flow in surface water system
4190104 initial condition calculated by other model
4190105 amount of stored water
4190200 19.2 quality aspects surface water
4190300 19.3 temperature surface water
4190400 19.4 other

4200000 **20. CROP INPUT DATA OF MODEL**
4200100 20.1 crop species / cropping pattern
4200200 20.2 crop characteristics
4200201 height
4200202 soil cover
4200203 reflexion coefficient
4200204 Leaf Area Index (LAI)
4200205 root growth activity parameters
4200206 C3 / C4 -assimilation
4200207 (optimal) emergence date
4200208 (optimal) harvest date
4200209 plant development stages
4200210 entrance resistance roots for solutes
4200211 stomata resistance for CO2 / H2O
4200300 20.3 number of workable days
4200301 required
4200302 available
4200303 planting
4200304 harvesting
4200305 other farming operations
4200400 20.4 crop factors
4200500 20.5 others

4210000 **21. SOIL PROFILE INPUT DATA OF MODEL:**
4210100 21.1 elevation of land surface
4210101 constant in space
4210102 distributed
4210200 21.2 thickness of rootzone
4210201 constant in space
4210202 distributed
4210300 21.3 infiltration rate
4210301 constant in space
4210302 distributed
4210400 21.4 soil type indiators
4210401 constant in space
4210402 distributed
4210500 21.5 other

FLUID
4210600 21.6 moisture content - tension relation (pF-curve)
4210601 constant in space
4210602 distributed
4210700 21.7 hydraulic conductivity - potential or moisture content relation (K(h)-relation)
4210701 constant in space
4210702 distributed
4210800 21.8 soil moisture content
4210801 constant in space
4210802 distributed
4210900 21.9 porosity
4210901 constant in space
4210902 distributed
4211000 21.10 swelling/shrinking parameters
4211100 21.11 specific yield
4211101 constant in space
4211102 distributed
4211200 21.12 thickness of saturated/unsaturated zone
4211201 constant in space
4211202 distributed
4211300 21.13 pressure head
4211301 constant in space
4211302 distributed
4211400 21.14 workability parameters
4211401 lover plastic limit
4211402 moisture content
4211403 pressure head
4211500 21.15 other

quality aspects
4211600 21.16 fluid conditions
4211700 21.17 solute concentrations
4211800 21.18 temperature of soil profile
4211900 21.19 Cation Exchange Capacity (CEC)
4212000 21.20 Adsorption isotherm
4212100 21.21 compressibility parameters
4212101 constant in space
4212102 distributed

4212200 21.22 diffusion/dispersion coefficient
4212201 constant in space
4212202 distributed
4212300 21.23 decay rate of organic material
4212400 21.24 other

4200000 **22. SURFACE INPUT DATA OF MODEL:**

meteorological aspects
4220100 22.1 precipitation rate
4220200 22.2 thickness snow/ice layer
4220300 22.3 radiation
4220400 22.4 air temperature
4220500 22.5 wind velocity
4220600 22.6 air humidity
4220700 22.7 surface water evaporation rate
4220800 22.8 soil evaporation rate

water on surface / in conduits
4220900 22.9 elevation/depth of bottom
4221000 22.10 bed cross-section (vertical)
4221100 22.11 leakage or hydraulic resistance of bottom, drainpipe or landsurface
4221200 22.12 wet perimeter
4221300 22.13 width of bottom or drain diameter
4221400 22.14 distance between ditches/drains etc.
4221500 22.15 linear ground/surface water flux relation
4221600 22.16 piece-wise linear ground/surface water flux relation
4221700 22.17 higher order ground/surface water flux relation
4221800 22.18 drainage resistance (to define relation between headdrop and flux)
4221900 22.19 morphology
4222000 22.20 others

4230000 **23. OTHER MODEL INPUT DATA:**
4230100 23.1 rainfall-runoff parameters
4230200 23.2 economic benefit parameters
4230201 fixed
4230202 variable
4230300 23.3 economic cost parameters
4230301 fixed
4230302 variable
4230400 23.4 other input data

4240000 **24. MODEL INPUT FACILITIES:**
4240100 24.1 number of input files
4240101 one
4240102 two
4240103 more than two
4240200 24.2 maps of equal value lines
4240300 24.3 maps of point values (regularly or randomly distribuated)
4240400 24.4 reads from file(s) generated by auxiliary program(s) in advance
4240500 24.5 interactive input file generation

4250000 **25. ERROR CHECKING OF INPUT DATA:**
4250100 25.1 no error checking
4250200 25.2 incidental error checking
4250300 25.3 reasonable error checking
4250400 25.4 full error checking

4260000 **26. PRE-PROCESSING PROGRAMS (name and purpose):**
4260100 26.1
4260200 26.2
4260300 26.3

4270000 **27. POST-PROCESSING PROGRAMS (name and purpose):**
4270100 27.1
4270200 27.2
4270300 27.3

4280000 **28. REVIEW OF MODEL RESULTS:**
4280100 28.1 echo of input data
4280101 incidental
4280102 reasonable
4280103 fully

crop production
4280200 28.2 development stages
4280300 28.3 Dry Matter production
4280301 per timestep
4280302 per development stage
4280303 per season
4280400 28.4 Dry Matter production distribution over plant
4280401 total
4280402 underground
4280403 roots
4280404 above ground
4280405 stems
4280406 leaves
4280407 products
4280500 28.5 leaf areas
4280501 Leaf Area Index (LAI)
4280502 soil cover
4280503 others
4280600 28.6 transpiration
4280700 28.7 evapotranspiration
4280800 28.8 water uptake
4280900 28.9 nutrient uptake
4281000 28.10 nutrient content of plant parts
4281100 28.11 production reduction due to weeds
4281200 28.12 production reduction due to pest and diseases
4281300 28.13 weed production
4281400 28.14 required workable days
4281401 planting/sowing
4281402 harvesting
4281403 other

4281500 28.15 dates
4281501 germination
4281502 emergence
4281503 harvesting
4281504 other

soil profile
fluid
4281600 28.16 heads
4281700 28.17 fluid fluxes
4281800 28.18 fluid velocity
4281900 28.19 moisture content
4282000 28.20 waterbalance
4282100 28.21 amount/size of cracks/macropores

quality
4282200 28.22 concentrations in model area
4282201 constant in time
4282202 changing in time
4282300 28.23 solute fluxes
4282400 28.24 temperature of soil
4282401 constant in time
4282402 changing in time
4282500 28.25 solute balance

compression
4282600 28.26 position of surface

land surface - output data
4282700 28.27 evaporation
4282701 soil
4282702 open water
4282800 28.28 other meteorological data
4282900 28.29 interception
4283000 28.30 storage of water
4283001 on landsurface
4283002 in conduits
4283100 28.31 water balance
4283200 28.32 water quality output

other output
4283300 28.33 rainfall runoff
4283301 hydrograph
4283302 water losses
4283400 28.34 economic benefits:
4283401 fixed
4283402 variable
4283500 28.35 economic costs
4283501 fixed
4283502 variable
4283600 28.36 other

4290000 **29. MODEL OUTPUT PRESENTATION OF RESULTS**
4290100 29.1 in printed tables
4290200 29.2 *plotted time series curves*
4290300 29.3 plotted areal distribution maps
4290400 29.4 printed alphanumerical maps
4290500 29.5 printed contour maps

4300000 **30. MODEL OUTPUT OF BALANCES:**
4300100 30.1 over total model area
4300200 30.2 over each model cell
4300300 30.3 over internal section of model area
4300400 30.4 over each time step
4300500 30.5 over group of time steps
4300600 30.6 fluid balance
4300700 30.7 solute balance
4300800 30.8 heat balance

4310000 **31. ERROR CRITERIA:**
4310100 31.1 fluid transport
4310101 fluid balance over model
4310102 sum head/pressure change over model between iterations
4310103 maximum head/pressure change at any boundary node
4310104 maximum fluid flux change at any boundary node
4310105 maximum change of head/pressure over a time increment
4310106 maximum fluid flux change over a time increment
4310107 other
4310200 31.2 solute transport
4310201 solute balance over model
4310202 sum concentration change over model between iterations
4310203 maximum concentration change at any node
4310204 maximum solute flux change at any boundary node
4310205 maximum concentration change over a time increment
4310206 maximum solute flux change over a time increment
4310207 other
4310300 31.3 heat transport
4310301 heat balance over model
4310302 sum temperature change over model between iterations
4310303 maximum temperature change at any node
4310304 maximum heat flux change at any boundary node
4310305 maximum temperature change over a time increment
4310306 maximum heat flux change over a time increment
4310307 other
4310400 31.4 crop production
4310401 minimum/maximum total yield (per timestep)
4310402 actual yield smaller or equal to potential yield
4310403 min./max./average evapotranspiration
4310404 actual evapo(transpi)ration smaller or equal to potential evapo(transpi)ration
4310405 wateruse efficiency boundaries
4310406 temperature restrictions (e.g. frost)
4310407 other

BIJLAGE 3: OVERZICHT VAN MODELLEN

OVERZICHT MODELLEN PER INSTELLING

(MODELNAAM + KONTAKTPERSOON)

Adviesbureau BKH
Postbus 93224
2509 AE Den Haag

BAKMOD	H.J. van Mameren
BKHRIOOL	H.J. van Mameren
RIOFLOW	H.J. van Mameren
WARIBO	H.J. van Mameren

Bureau SAMWAT
Postbus 6067
2600 JA Delft

DUFLOW	R. Bol

Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO)
Postbus 14
6700 AA Wageningen

SPRINGWHEAT	H. van Keulen / W. Stol

Delft Engineering Software
Oude Delft 32
2611 CC Delft

MIKE 11	A. Verweij
MOUSE	A. Verweij

DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV
Postbus 85
3800 AB Amersfoort

CYCLONE	H.S.J. van Wieringen
DIBRON	J.W. van Sluis
ESKWA	J.W. van Sluis

GELQAM	Bart de Boer
GROSMO	T. Kok
HORIZON	Bart de Boer
PROCNAAL	J.W. van Sluis
RIBASI	J.W. van Sluis
RIOOL-3	J. Kollen
RIOPPWAT	J.W. van Sluis
RIWA	J.W. van Sluis
SORTRAN-2	T. Kok
STUWPLUS	J. Kollen
VUIL	F. Clemens

Euroconsult B.V.
Postbus 441
6800 AK Arnhem

FINELFLOW	W.K. Boehmer
GWM-1	W.K. Boehmer
GWM-2	W.K. Boehmer
POMP	W.K. Boehmer

Fugro Geotechniek B.V.
Postbus 63
2260 AB Leidschendam

CONTRANS	P.J. van Driel
GROW-2	G. van Roekel
PROBSOL	F.A. Swartjes
SOLSOR1	F.A. Swartjes
SOLSOR2	F.A. Swartjes
STROOMBAAN	G. van Roekel

Grabowsky & Poort / ingenieursbureau Van der Mast
Postbus 42
4200 AA Gorinchem

RWA	I.J.C.A. van Beurden

Grondmechanica Delft
Postbus 69
2600 AB Delft

EDICON	E. Calle
LIGHTS	J. de Feyter / E. Calle
SEEP / MSEEP	F.P.H. Engering
PLUTO (Spons)	J.A.M. Teunnissen
VERA	G.A.M. van Meurs
PAMELA	G.A.M. van Meurs
CHEA	G.A.M. van Meurs
REFCON	G.A.M. van Meurs

Grontmij N.V., Advies- en Ingenieursbureau
Afdeling Bodem en Water (vestiging Nieuwegein)
Postbus 203
3730 AE De Bilt

DENSIT	S.J.A. Copray
BRALIMKA	C. de Graaff
NIPEST	J. van Acker
PARTRAC	L.A.M. Besselink

Grontmij N.V., Advies- en Ingenieursbureau
Afdeling Civiele Techniek (vestiging De Bilt)
Postbus 203
3730 AE De Bilt

EXTRAN GM	H. van Luijtelaar
NIVO	H. van Luijtelaar

Haskoning B.V., Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau
Postbus 151
6500 AD Nijmegen

DYNAMO	J.D. Leenen
HASMOR	H. Laboyrie
HASRIV	R. Noppeney / J.D. Leenen
HD-SYS RUBICON	A. Prins / J.D. Schepens

RESRO	A.H. de Vries / E. v.d. Woude
RIOSYS	A.H. de Vries / E. v.d. Woude

Heidemij Adviesbureau B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem

HYDRA	J. Bouwknegt
POEEM-3D	E. Sluimer
POEEM-V	E. Sluimer
RSC	M. van der Weiden
STR	M. van der Weiden
SWIP-HEIDEMIJ	G.J. Groeneveld
THETA	M. van der Weiden
WSC	M. van der Weiden

Informatica Centrum voor Infrastructuur en Milieu (ICIM) BV
Postbus 5809
2280 HV Rijswijk

EXTRHW	R. de Wolf
FIESTA	R. de Wolf
GELGAM	R. de Wolf
WAQUA	G.J. Bosselaar
CREDIZ	R. de Wolf
HISWA	M.J. Sokolewisz

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid
Postbus 30003
9750 RA Haren

CD.TRANS	W.J. Chardon
N-WHEAT	J.J.R. Groot

Instituut voor Grondwater en Geo-energie TNO (IGG-TNO)
Postbus 6012
2600 JA Delft

CISKA	F.C. van Geer
FLOSA	W. Zijl

Internationaal Instituut voor Waterbouwkunde en Milieubeheer (IHE)
Postbus 3015
2601 DA Delft

GRW2M	W. Spaans
MUST	P.J.M. de Laat

International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI)
Postbus 45
6700 AA Wageningen

BASCAD	J. Boonstra / M. Jurriens
SATEM	J. Boonstra
SGMP.1	J. Boonstra
SGMP.2	J. Boonstra

"IWACO" B.V., Adviesbureau voor Water en Milieu
Postbus 183
3000 AD Rotterdam

SALINA	M. Emke
STIWACO	M. Bos
TRIWACO	M. Emke
TRIWACO-FLUZO	M. Emke
TRIWACO-TRACE	M. Emke

"IWACO" B.V., Adviesbureau voor Water en Milieu
Postbus 2198
9740 CD Groningen

SORWACO	C. van den Brink

KIWA N.V., Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen
Hoofdafdeling Speurwerk
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

BOUFLO	M.P. Laeven

Landbouwuniversiteit Wageningen
Vakgroep Theoretische Productie Ecologie
Bornsesteeg 65
6708 PD Wageningen

MICROWEATHER	J. Goudriaan
STOFOS	G. van Laar
SUCROS	G. van Laar / D. van Kralingen (CABO)

Landbouwuniversiteit Wageningen
Vakgroep Natuurbeheer
Postbus 8080
6700 DD Wageningen

LOEKWA	R.H. Aalderink
STRESS-2D	G. Blom

Landbouwuniversiteit Wageningen
Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica
Nieuwe Kanaal 11
6709 PA Wageningen

LYMPHA	v. Ieperen

Landinrichtingsdienst (LD)
Postbus 20021
3502 LA Utrecht

BUIBAK	G.J.E. Hartman
DIWA	A.J. Gelok

MABEG Ingenieursbureau
Australielaan 5
3526 AB Utrecht

MABEG	M. van Munster

Provinciale Waterstaat Zeeland
Postbus 165
4330 AD Middelburg

LINMOD	R. Stroo
MAGLEE	R. Stroo
MATUSH	R. Stroo
MAOGLE	R. Stroo
MAOTUS	R. Stroo
VERGWM	R. Stroo

RODEMA Software
Postbus 222
1960 AE Heemskerk

HERB 1300	B.P. Blaeke

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene (RIVM)
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

AQ-AP	K. Kovar / A. Leijnse
AQ-AS	K. Kovar / A. Leijnse
AQ-AT	K. Kovar / A. Leijnse
AQ-EF	A. Leijnse / K. Kovar

AQ-FEM	A. Leijnse / K. Kovar
BIODEG	J.C.H. van Eijkeren
CONTOUR	E.J.M. Veling
EXAMS	A.C.M. de Nijs / J.M. Knoop
FCONC1\2	K. Kovar
FLOPZ1	R. Lieste
FLOPZN	E.J.M. Veling
FLORAN	G.J.M. Uffink
FLSTAT	R. Lieste
HYDROPAR	A. Leynse
KONIKOW-BREDEH	K. Kovar
LEAKINV	E.J.M. Veling
METROPOL1	F.J. Sauter
METROPOL2	F.J. Sauter
MULTIMODEL	Bakema
ONZAT	G. van Drecht
PCLOOS	T. Aldenberg / J.H. Janse
SL single layer	E.J.M. Veling / v.d. Eem
SLEM	C. van den Akker
SOTRAS	J.C.H. van Eykeren
TRANS	E.J.M. Veling

Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN)
Postbus 46
3956 ZR Leersum

WAFLO-2.4	J. Wiertz

Rijks Universiteit Utrecht
Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen
Vakgroep Fysische Geografie
Postbus 80115
3508 TC Utrecht

GW-fluct	Th.W.J. van Asch
MODKWAL	W. Bleuten
SLOHYD	Th.W.J. van Asch

Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)
Postbus 17
8200 AA Lelystad

RIJNMODEL	A. Mugie
NAGROM	W. de Lange

Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)
Van Leeuwenhoekweg 20
3316 AV Dordrecht

ZWENDL	R. Struijk

Rijkswaterstaat
Directie Flevoland
Postbus 600
8200 AP Lelystad

BECAOP	G.A.M. Menting
FYRYMO	G.A.M. Menting
SAOM	H.A. Wolters

Instituut Onderzoek Bestrijdingsmiddelen
Postbus 650
6700 AR Wageningen

PESTLA	J.J.T.I. Boesten

Staring Centrum
Postbus 125
6700 AC Wageningen

ANIMO	P.E. Rijtema
CAPSEV	J.G. Wesseling
CRIWAR	M.G. Bos / ILRI P. Kabat / ICW
CROPR	R.A. Feddes et al. Kowalik and Zaradny

ECONUM/WATBAL	R. Kemmers
FEMSAT	E.P. Querner
FEMSATS	E.P. Querner
FLOCR	J.J.B. Bronswijk
FLOWEX	A.L.M. van Wijk
REDRAM	C.W.J. Roest
RENLEM	J.F. Kragt / W. de Vries
REPTRAM-1	O.F. Schoumans / W. de Vries
RESAM	W. de Vries
SIMCROP	E.P. Querner
SIMGRO	E.P. Querner
SIMPRO	E.P. Querner
SIMWAT	E.P. Querner
STAT	J. Zuidendijk
SWACR	J.J.B. Bronswijk
SWACROP	J.G. Wesseling / Kabat, Broek, Feddes
SWATRE	R.A. Feddes / Kowalik / Zarading
SWW	J. van Bakel / Beekman
TDSATU	J. Buitendijk
TRADE	C.W.S. Roest
UNSAT2 (ICW)	R.A. Feddes / J.G. Wesseling
WOFOST	K. van Diepen

TAUW Infra Consult B.V.
Postbus 479
7400 AL Deventer

AXTRAN	H. Nijhof
CHARM	J.B. Meyberg
CONTOUR-TAUW	A. Blonk
CYNAS	H. Nijhof
HYSTED	G.D. Geldof
MEETSTED	G.D. Geldof
STROP-TAUW	A. Blonk
TAUWSIM	G.D. Geldof
TRIFLO	A. Blonk

Vrije Universiteit Amsterdam
Afd. Hydrogeol. en Geograf. Hydrol.
Instituut voor Aardwetenschappen
Postbus 7161
1007 MC Amsterdam

FLOWNET	C.J. Hemker
MATE	C.J. Hemker
MFLOP	C.J. Hemker
MICRO-FEM 2.0	C.J. Hemker
MLU	C.J. Hemker
LACS	R. Allewijnzie
PHREEQM	P.H. Nienhuis

Waterloopkundig Laboratorium
Postbus 177
2600 MH Delft

ABOPOL	R. Maaten
BLOOM II	F.J. Los
CHARON	N.M. de Rooy
DELWAQ	L. Postma
DELWAQ-BLOOM II	J.J. Brinkman / S. Groot
DEMGEN	R. Maaten / P. Grashoff
GREWAQ	I. de Vries / C.F. Hopstaken
GROMULA	J.M.A. Streng
GROVERPLA	J.M.A. Streng
IMPAQT	J.G.C. Smits
JSBACH	N.M. de Rooy / F.J. Los
MODQUAL	R. de Ridder
NITSOL	E.W. Ruygh
PHOSOL	E.W. Ruygh
PREDIS	J.W. Wesseling
STRATIF-METEO	J.G.C. Smits
SUSTRA-3D	L.C. van Rijn
SUTRENCH-2DV	L.C. van Rijn
TRISULA	G.S. Stelling
UPTAQE	M.B. de Vries
SCREMO	R.J. Diependaal
SOM III	J.G.C. Smits

Waterloopkundig Laboratorium "De Voorst"
Postbus 152
8300 AD Emmeloord

DISTRO	L. Hulsen
NETFIL	J. Vermeulen
RIVCOM	C. Flokstra
RIVMOR	K. Vermeer
WENDY	J. Kuipers

Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs
Postbus 233
7400 AE Deventer

BROMAL	E.W. van der Kuil
DEBIET	J.W.E. Keijzer
DIRTY	R.S. van der Velde / C.M. Sluis
FEMGRO-1	E.W. van der Kuil
FEMSALT	E.W. van der Kuil
NETBERG	J.W.E. Keijzer
PERS	J.W.E. Keijzer
RAINY DAISY	A. Hoogendoorn-Roozemond
SVUIL	R.S. van der Velde / C.M. Sluis
WBRON	E.W. van der Kuil

Witteveen + Bos Software
Kapperwelle 3
7411 SJ Deventer

OPWRIO-Steady	H.J. Oogink
OPWRIO-Unsteady	H.J. Oogink

Buitenlandse organisaties:

Hydraulics Research Ltd.
Wallingford
Oxfordshire OX10 8BA
United Kingdom

MOSQITO	M. Osborne
WALLRUS	D. Delaplace

Institute of Hydrology
Wallingford
Oxfordshire OX10 8BB
United Kingdom

HYRROM	C. Eeles
IHDM 4	A. Calver
QUASAR	R. Williams

Universitat Hannover
Institut fur Technisch-Wissenschaftliche Hydrologie
Engelbosteler Damm 22
D-3000 Hannover 1
Deutschland

HYSTEM-EXTRAN	L. Fuchs

University of Florida
Department of Environmental Engineering Sciences
217 Black Hall
Gainesville FL 32611
USA

SWMM	W.C. Huber

MODELNAME	MODEL OBJECTIVE
ANIMO	Determines nitrogen and carbonates management in ground- and surface water, with special attention to land use and land use intensity.
AQ-AP	Calculation of groundwater head drawdowns in saturated aquifer/aquitard groundwater systems bij means of analytical solution methods.
AQ-AS	Calculation of pathlines and travel times in saturated aquifer/aquitard groundwater systems due to groundwater abstraction and natural groundwater flow, based on analytical solutions.
AQ-AT	Pumping test evaluation in saturated aquifer / aquitard groundwater systems due to groundwater abstraction, based on analytical solutions.
AQ-EF	Calculation of pathlines and traveltimes in saturated heterogeneous multi aquifer-aquitard systems, with a finite element approach.
AQ-FEM	Calculation of groundwater heads and fluxes in saturated heterogeneous multi aquifer-aquitard groundwater systems, bij means of finite element method.
AQUA 3.0	Calculation of steady and non-steady groundwater flow, solute and heat transport.
BECAOP	Determination of the moisture yield of a soil profile.
BIODEG	Determines the transport of bio-degradable micro-pollutants in an aggragated saturated soil.
BROMAL	Determines the discharge- and groundwater head-changes as result of well extraction.
CAPSEV	Determines hydraulic conductivity from grain size distribution and steady state water flow in layered soil profiles.
CD.TRANS	Description of quasi non-steady flow and cadmium-transport in a vertical column of saturated soil.
CHARON	Describes all possible chemical reactions in surface water, groundwater and soil.
CISKA	Interpolation in space and time of potentials for the analysis and the design of groundwater monitoring networks and the interpretation of monitoring results.
CONTOUR	Determines head-contour lines with data from 3-D packages, FLOPZ1 and FLOPZN.
CONTOUR-TAUW	Determination of heads in 2- or 3-dimensional groundwater flow in one aquifer.
CONTRANS	Simulates transport of contaminations in groundwater.
DELWAQ	Describes various water quality processes in 1, 2 or 3 dimensions.
DEMGEN	Determines crop water requirements, drought and salt damage, groundwater levels and discharges on a regional scale.
DENSIT	Description of quasi non-steady 2-dimensional groundwater flow with density flow and solute transport in multiple aquifers.
ECONUM/WATBAL	Simulates nitrogen and phosphate balance in relation to groundwater on habitats of 'semi natural' vegetation.
EDICON	One dimensional consolidation, steady or non-steady boundary conditions.
FCONC1\2	Determines concentrations in groundwater pumping wells as a function of time.
FEMGRO-1	Description of steady state 2-dimensional groundwater flow with multiple aquifers and aquitards.
FEMSALT	Determination of salt and/or fresh seepage and position of the interface.
FEMSAT	Describes groundwater flow in multi-layered aquifer system.
FEMSATS	Describes steady groundwater flow in multi-layered aquifer system.
FIESTA	Determines steady state groundwater flow in multi-layered aquifer system.
FINELFLOW	Description of non-steady groundwater flow in one layer, based on the finite element method.

MODELNAME	MODEL OBJECTIVE
FLOCR	Determines the waterbalance of clay soils including preferential flow and swelling and shrinkage.
FLOPZ1	Determines pathlines in a quasi three-dimensional semi-confined aquifer.
FLOPZN	Determines pathlines in layered homogeneous aquifers systems, a quasi three-dimensional multi-approach.
FLORAN	Describes the transport of solutes in groundwater systems.
FLOSA	Determines streamlines and travel times in multi-layered grondwater systems.
FLOWEX	Describes non steady flow and storage processes in the unsaturated zone of a layered soil.
FLOWNET	Description of 2-dimensional steady state groundwater flow in an inhomogeneous and anisotropic vertical section.
FLSTAT	Determines pathlines from dicretisised groundwater piezometric heads.
FYRYMO	Description of fysical soil ripening.
GELGAM	Quasi 3-dimensional groundwater model determines evaporatranspiration, saturated and unsaturated groundwater flow in maximum 2 aquifers.
GWM-1	Description of non-steady groundwater flow in one layer, based on the finite differences method.
GWM-2	Description of non-steady groundwater flow in two layers, based on the finite differences method.
GROMULA	Simulates of saturated groundwater flow in a multi-layered groundwater system.
GROSMO	Optimalisation of pumping capacities in a steady-state groundwater flow in relation to the distribution of pollution.
GROVERPLA	Modelling groundwater flow in situations where the exact location of a phreatic surface or the extent of a seepage surface is of specific interest.
GROW-2	Determination of groundwater level changes as a result of extractions or infiltrations.
GRW2M	Determines heads and waterbalances in a 2-dimensional, multi aquifer groundwater system with interactions with surface water.
HYDROPAR	Analysis and evaluations of pumping tests data.
HYSTED	Determination of the (phreatic) groundwater levels in urban areas, based on daily precipitation and evapotranspiration data.
IHDM 4	A physically based, distributed rainfall-runoff model.
KONIKOW-BREDEH	Determination of solute concentrations as a function of time and space in groundwater systems.
LEAKINV	Estimates soil parameters (transmissivities and leakances) with the invers Neumann approach.
LIGHTS	Describes heat transport in saturated porous media.
LINMOD	Determination of phreatic level and salt concentration/balance in a single aquifer/aquitard system and the discharge to the drainage system.
MAGLEE	Steady-state calculation of head reduction in a multiple-layer groundwater system,based on the 'de Glee'-formula.
MATUSH	Calculation of non-steady head reduction in a multiple-layer groundwater system, based on the 'Hantush'-formula.
MAOGLE	Optimalisation of the soil characteristics in a multiple-layer system, calculated from a steady set of head-reductions, based on the generalised 'de Glee'-formula.
MAOTUS	Optimalisation of the soil characteristics in a multiple-layer system, calculated from a steady set of head-reductions, based on the generalised 'Hantush'-formula.
MATE	Analysis and evaluation of pumping test data, based on steady-state calculation.

MODELNAME	MODEL OBJECTIVE
MEETSTED	Determination of the (phreatic) groundwater levels in urban areas, based on daily precipitation and evapotranspiration data and applying Kalman filtering.
METROPOL1	Describes 3-dimensional steady groundwater flow.
METROPOL2	Describes 3-dimensional non steady groundwater flow.
MFLOP	Generation of streamlines of well fields with superimposed unifoem flow under confined conditions.
MICRO-FEM	Description of steady-state groundwater flow in a multiple-layered system, based on the finite element method.
MLAEM-1	Multi-layered analytical element model for steady groundwater flow.
MLU	Analysis and evaluation of pumping test data, based on non-steady state calculation.
MULTIMODEL	Describes multi layerd, multi dimensional groundwater flow. A spreadsheet programme forms the core of the programme package.
MUST	Describes vertical moisture transport in the unsaturated zone and determines the potential and actual evapotranspiration.
N-WHEAT	Determination of the yield of wheat as a function of nitrogen supply.
NITSOL	Determines the nitrogen discharge to surface water and deep groundwater.
ONZAT	Simulation of evapotranspiration and groundwater recharge simulation of one-dimensional unsaturated- saturated flow and transport of including equilibrium sorbtion and first order decay.
PARTRAC	Description of quasi non-steady 2-dimensional vertical groundwater flow with transport of (non) conservative solutes and density flow in multiple aquifers and aquitards.
PESTLA	Determination of leaching of pesticides to shallow groundwater and persistance in the plough layer.
PHOSOL	Determines the phosphor discharge to surface water and deep groundwater.
PHREEQM	Describes the transport of ionic substances with adsorbtion, cation exchange dispersion/diffusion in 1D- groundwater flow.
PLUTO (Spons)	Determines the interaction between the porewater flow and the deformation of a compressible soilmass (consolidation) for plain strain and plane flow conditions or for symmetric strain and flow conditions.
POEEM-3D	Determines of groundwater flow in heterogeneous aquifer.
POEEM-V	Calculation of steady groundwater flow in 2-D vertical heterogeneous soil with drains.
PREDIS	Simulates of a part of the hydrological cycle, saturated and unsaturated groundwater flow, open conduits and flow over landsurface.
POMP	Analysis and evaluation of pumping test data, based on an analytical calculation method.
REDRAM	Determines waterbalances and consolidation effects of waste disposals during the fill and after covering.
RENLEM	Predicts the nitrate concentrations at the phreatic surface for given rates of manure and fertilizer applications.
REPTRAM-1	Predicts the time to phosphate saturation at given rates of manure application.
RESAM	Predicts the soil-solution composition on a regional scale for given rates of atmospheric deposition.
REUSE	Quantify the effect of water management operations on soil and drainage, water quantity and -quality.
RSC	Determines isohypses in groundwater system.

MODELNAME	MODEL OBJECTIVE
SALINA	Description of non-steady groundwater flow in a multiple-layered system including the movement of the sharp salt/fresh water interface.
SATEM	Analysis and evaluation of pumping test data.
SEEP / MSEEP	Simulates fluid transport in 3 dimensional groundwater systems.
SGMP-1	Description of non-steady 2-dimensional groundwater flow in one saturated aquifer.
SGMP-2	Description of non-steady 2-dimensional groundwater flow in two saturated aquifers.
SIMGRO	Simulates groundwater flow in saturated- and unsaturated zone and evapotranspiration.
SIMPRO	Describes groundwater and surface water flow.
SL single layer	Determines heads, fluxes and pathlines in a aquifer.
SLEM	Determines movement of pollutants by advection in vertical heterogeneous soil profile.
SORTRAN-2	The prediction of the progress of the cleaning-up of a groundwater pollution and a planning of this cleaning-up.
SORWACO	Description of the transport and behaviour of a solute or contaminant in the saturated zone (based on a non-equilibrium).
SOLSOR-1	Description of the movement of chemical active solutes as a function of time and depth. Also the description per layer of the average retardation as a function of time.
SOLSOR-2	Description of the movement of chemical active solutes as a function of time and depth. Also the description per layer of the average retardation as a function of time.
SOTRAS	Discribes transport of two heavy metals (cationic solutes) in sorbing porous media.
STAT	Determines heads in aquifer.
STIWACO	Description of 2-dimensional steady state groundwater flow with solute transport in the saturated zone.
STOFOS	Describes transport of phosphate in statistical homogeneous soil systems.
STR	Determines pathlines in heterogeneous aquifer.
STROOMBAAN	Determination of the retardation time of groundwater in a one or two-layer system as a result of extractions or infiltrations.
STROP-TAUW	Description of 2- or 3-dimensional groundwater flow and solute transport in two aquifers.
SWACR	Describes groundwater flow in usaturated- and saturated zone (SWATRE) especially suitable for heavy clay soils. Preferental flow, swelling and shrinking, moisture extraction by roots.
SWACROP	Describes unsteady flow in the unsaturated- and saturated zone and determines the potential and actual dry matter production.
SWATRE	Describes non-steady water transport in unsaturated- and saturated zone.
SWIP-HEIDEMIJ	Determines temperature distribution and thermal efficiency for aquifer thermal energy storage as well as transport of contaminants in groundwater, especially for deep aquifers.
SWW	Simulates surface water management in a water board district.
THETA	Calculation of moisture contents in unsaturated 1-D soil column with heterogenous characteristics. Applied for moisture conditions at great depth i.e. for underground high tension cables.

MODELNAME	MODEL OBJECTIVE
TRADE	Describes transport of solutes in the soil.
TRANS	Describes solute transport in saturated groundwater flow systems and determines the moment of exceedance of a priori given values.
TRIFLO	Determination of heads (and streamlines) in 3-dimensional groundwater flow in one (phreatic or semi-confined) aquifer.
TRIWACO	Description of 3-dimensional non-steady groundwater flow in a multiple-layered aquifer system.
TRIWACO-FLUZO	Description of 3-dimensional non-steady groundwater flow in a multiple-layered aquifer system, combined with flow in the unsaturated zone.
TRIWACO-TRACE	Description of 3-dimensional non-steady groundwater flow in a multiple-layered aquifer system, and determination of flow velocities and retention times.
UNSAT2 (ICW)	Simulates saturated / unsaturated soil moisture flow.
VERA	Description of 3-dimensional non-steady groundwater flow with migration of solutes and (bio)chemical interactions.
VERGWM	Description of non-steady 2- (or quasi-3) dimensional groundwater flow in a multiple-layered saturated zone.
WBRON	The analytical determination of the required pump capacity by a well extraction.
WSC	Determines isohypsen in single layer groundwater systems and compares measured and calculated geohydrological parameters.

MODELNAME	MODEL OBJECTIVE
ABOPOL	Descrirtion of watermovement in polder system of water courses.
AXTRAN	Description of non-steady flow in a network of open or closed conduits.
BAKMOD	Description of non-steady flow in a network system of open and closed conduits.
BASCAD	Simulates 2-dimensional flow in basin irrigation.
BKHRIOOL	Description of steady flow in a network system of open or closed conduits.
BLOOM II	Description of the behaviour of algue biomass with a maximum of 10 species, as a function of light, temperature, nitrogen, phospate and silicium.
BRALIMKA	Description of 1-dimensional steady state flow in a tree system of open channels and description of water quality parameters.
BUIBAK	Description of rainfall run off in a polder resulting in waterlevels and discharges.
CHARM	Description of steady state flow in a tree system of open water channels.
CHARON	Description of all possible chemical reactions in surface water, groundwater and soil.
CREDIZ	Description of numerical wave propagation model for computing characteristics of periodic gravity waves on water with non-uniform depth and current.
CYCLONE	Description of non-steady flow in network systems of open and closed conduits.
CYNAS	Description of steady flow in a network system of closed conduits.
DEBIET	Determinates discharges in unbranched conduits with given heads.
DELWAQ	Description of various water quality processes in 1, 2 or 3 dimensions.
DELWAQ-BLOOM II	Description of eutrofication processes in a arbitrary surface water system (1, 2 and 3 dimensional), with special reference to the influence of wastewater discharges.
DIBRON	Quantification of scattered sources of pollution in urban areas towards the surface water.
DIRTY	Description of solute and sediment load in combined sewer overflows by continuous simulation of hydraulics and solute and sediment transport with a reservoir approach.
DISTRO	Description of 2-dimensional non-steady flow.
DIWA	Description of steady flow in a network of open channels for design purposes.
DUFLOW	Description of one-dimensional non-steady flow in a network system of open channels.
DYNAMO	Description of algue biomass concentration in relation with nutrients (nitrogen and phosphate) in ponds and lakes.
ESKWA	Description of steady flow in an unbranched open water channel with solute transport by convection and dispersion, and (bio-)chemical processes.
EXAMS	Determines concentrations of organic micropollution in surface water.
EXTRAN GM	Description of non-steady flow in a network system of open or closed conduits.
EXTRHW	Determines waterlevels in rivers with large river forelands for extreme high discharges, based on a steady state approach.
GELQAM	Description of non-steady flow in a network of open channels including solute transport and water quality processes.
GREWAQ	Description of nutrient cycling and ecosystem behaviour in a salt-water lake (especially developed for the Grevelingen-lake).
HASMOR	Description of morphological processes in a network system of open channels.
HASRIV	Description of 1-dimensional non-steady flow in a network of open channels with the transport of one conservative solute.

MODELNAME	MODEL OBJECTIVE
HD-SYS RUBICON	Description of non-steady flow in a network system of conduits.
HERB 1300	Description of steady flow in a tree system of closed full conduits.
HORIZON	Prediction of bottom pollution in fresh water courses.
HYDRA	Description of steady and non-steady flow in a system of open or closed conduits as well as transport of conservative solutes.
HYSTEM-EXTRAN	Description of non-steady flow in a network system of closed conduits.
IMPAQT	Description of concentration of micropollutions in surface water and sediment.
JSBACH	Description of quality processes in surface water systems.
LOEKWA	Predits effects of combined sewer overflows upon receiving waters.
LYMPHA	Description of non-steady flow in a tree system of open water channels for the design of irrigation systems.
MABEG	Description of steady flow in a tree system of closed conduits.
MIKE 11	Unsteady flow computation for 1D networks with additional modules for sediment transport, convection-dispersion and waterquality.
RIJNMODEL	Prediction of waterdepths of the Rhine at Lobith. (four days ahead)
MODQUAL	Description of steady state flow with water quality parameters in river systems.
MOSQITO	Description of pollution transport in systems of open and closed conduits.
MOUSE	Description of non-steady flow in a network system of open or closed conduits.
NETBERG	Determines static storage in a urban water sewerage system in relation to the waterlevel.
NETFIL	Description of non-steady flow in network system for real time use.
NIPEST	Description of non-steady flow in a network system of open conduits including convection of conservative solutes.
NITSOL	Determination of the nitrogen discharge to surface water and deep groundwater.
OPWRIO-Steady	Description of steady flow in a network system of open and closed conduits.
OPWRIO-Unsteady	Description of non-steady flow in network systems of open or closed conduits.
PCLOOS	Prediction of algae biomass and phosphate cycling in a fresh-water lake.
PERS	Determines operating-point of a pressure conduit system.
PHOSOL	Determination of the phosphor discharge to surface water and deep groundwater.
PREDIS	Simulates of a part of the hydrological cycle, saturated and unsaturated groundwater flow, open conduits and flow over landsurface.
PROCNAAL	Description of non-steady flow in an unbranched open water channel with solute transport by convection and dispersion, and (bio-)chemical processes.
QUASAR	Description of non-steady flow with solute transport and (bio-)chemical processes for river networks.
RESRO	Description of non-steady fluid transport in a network system of open or closed conduits, especially urban sewerage systems.
RIBASI	Description of non-steady flow in a system of open water channels.
RIOFLOW	Description of steady flow in a network system of full closed conduits.
RIOOL-3	Description of steady flow in a network system of closed conduits.
RIOPPWAT	Prediction of effects on surface water bij disposal out of sewerage systems.
RIOSYS	Description of steady flow in systems of closed and open conduits, especially urban sewerage systems.
RIVCOM	Description of 2-dimensional (horizontal) steady flow including time dependent bedlevel changes.
RIVMOR	Description of 1-dimensional steady state flow with non-steady sediment transport.

MODELNAME	MODEL OBJECTIVE
RIWA	Description of steady flow in a tree system of open channels with solute transport by convection, and (bio-)chemical processes.
RWA	Description of steady flow in a network of closed full conduits.
SALNONSTAT	Description of time dependent salt intrusion as a function of varying discharge in well mixed alluvial estuaries.
SALSTAT	Description of steady state salt intrusion in well-mixed alluvial estuaries.
SIMPRO	Describes groundwater and surface water flow.
SIMWAT	Describes water movement in surface water network system.
STRATIF-METEO	Describes thermal stratification in reservoirs and deep lakes, output parameters are position of thermocline and temperature of epilimnion and hypolimnion.
STRESS-2D	Description of sediment and sludge transport in shallow lakes including re-suspension by wind.
STUWPLUS	Description of non-steady flow in a network system of closed conduits with linked reservoirs.
SUTRENCH-2DV	Description of 2-dimensional flow with transport of suspended sediment by currents and waves, especially at trenches.
SUSTRA-2D	Description of 2-dimensional flow with transport of suspended sediment by currents and waves.
SUSTRA-3D	Description of 3-dimensional flow with transport of suspended sediment by currents and waves.
SVUIL	Description of sediment load in combined sewer overflows by continuous simulation of hydraulics and sediment transport with a one reservoir approach.
SWMM	Description of rainfall-runoff and water quality processes in urban areas.
SWW	Simulates surface water management in a water board district.
UPTAQE	Description of the uptake of micro-pollutants in organisms in aquatic ecosystems where foodchain effects are included.
VUIL	Comparison of sewerage systems based on a estimation of pollutant load in overflows.
WAFLOW	Description of non-steady flow in network system of rivers and canals.
WALLRUS	Design and analysis of urban drainage sewer systems.
WAQUA	Description of 2-dimensional non-steady flow and solute transport.
WARIBO	Description of steady flow in a network system of open or closed conduits.
ZQUA	Description of the oxygen concentration in vertical direction in a stratified system.
ZWENDL	Description of 1-dimensional non-steady flow including transport of 1 solute. The model is specialised in salt diffusion in tidal river systems.

MODELNAME	MODEL OBJECTIVE
BAKMOD	Description of non-steady flow in a network system of open and closed conduits.
BUIBAK	Description of rainfall-run off in a polder resulting in water levels and discharges.
CYCLONE	Description of non-steady flow in network systems of open and closed conduits.
DIRTY	Description of solute and sediment load in combined sewer overflows by continuous simulation of hydraulics and solute and sediment transport with a reservoir approach.
HYRROM	A lumped rainfall-runoff model using stores for interception, evaporation, soil, groundwater and surface runoff.
HYSTEM-EXTRAN	Description of non-steady flow in a network system of closed conduits.
IHDM-4	A physically based, distributed rainfall-runoff model.
MIKE 11	Description of 1-dimensional non-steady flow in a network system with additional modules for sediment transport, convection-dispersion and (bio-)chemical processes.
MOSQITO	Description of pollution transport in systems of open and closed conduits.
MOUSE	Description of non-steady flow in a network system of open or closed conduits.
NIVO	Description of transformation of rainfall into inflow of a sewerage system.
RAINY DAISY	Determines the discharge and the dirt load of stormwater overflows into surface water systems from an urban sewerage system.
SAOM	Description of rainfall-runoff relation for a small rural area.
SWMM	Description of rainfall-runoff and water quality processes in urban areas.
TAUWSIM	Description of non-lineair rainfall-run off relation.

MODELNAME	MODEL OBJECTIVE
CRIWAR	Determinates irrigation water requirements.
CROPR	Determines potential and actual dry matter production.
MICROWEATHER	Simulates crop micro meteorology (research purposes mainly).
NVEG	Predicts crop dry weight, %N in crop, soil mineral N and soil water throughout growing period of 15 vegitable crops, cezeals and sugar beet grown with different levels of N fertilizer applied in different ways.
N-WHEAT	Determination of the yield of wheat as a function of nitrogen supply.
SIMCROP	Determines crop production and economical benefits as a function of hydrological circumstances.
SPRINGWHEAT	Simulates water use, nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop in semi arid regions.
SUCROS	Simulates crop growth under optimal, water, pest, weed, nutrient and weather conditions.
SWACROP	Describes unsteady flow in the unsaturated- and saturated zone and determines the potential and actual dry matter production.
WAFLO	Predicts effects of groundwaterlevel lowering on (natural) vegetation.
WOFOST	Simulates crop growth as a function of soil and climate.

SAMWAT. SAMenwerken op het gebied van het onderzoek ten behoeve van het WATerbeheer.

In de serie SAMWAT-rapporten zijn verschenen:

1 Meet-, signalerings- en regelsystemen voor het waterbeheer, 1987
2 The SAMWAT database for models in watermanagement, 1988*
3 Kwaliteit van meetgegevens,1988
4 Beleidsanalyse voor het Nederlandse waterbeheer, 1989
5 Specificaties voor meetsystemen in het waterbeheer, 1989
6 Sturing in het waterbeheer, 1990.
7 Komputermodellen in het waterbeheer, 1991.

* uitverkocht

De rapporten kosten f 25,- en kunnen worden besteld bij:

Bureau SAMWAT
Postbus 6067
2600 JA DELFT
tel: 015 - 697412
fax: 015 - 571201