



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

# SOBEK-Maas (1998.1)

Beschrijving Geografische gegevens  
en GIS applicatie

RIZA rapport 98.053



# **SOBEK-Maas (1998.1)**

Beschrijving Geografische gegevens en GIS applicatie

RIZA rapport 98.053

ISBN 9036952077

Auteurs: U. Pakes

R. van der Veen

J. van Essen

L. Schutte

RIZA

Lelystad, november 1998

# Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE .....	2
SAMENVATTING .....	5
<b>1 INLEIDING .....</b>	<b>6</b>
1.1 AANLEIDING .....	6
1.2 DOEL .....	6
1.3 UITGANGSPUNTEN .....	6
1.4 LEESWIJZER .....	7
<b>2 SOBEK .....</b>	<b>8</b>
2.1 INLEIDING .....	8
2.2 BRANCHES .....	8
2.3 SOBEK-PROFIELEN .....	8
<b>3 GEOGRAFISCHE GEGEVENS .....</b>	<b>12</b>
3.1 INLEIDING .....	12
3.2 MODELGRENS .....	12
3.3 SECTIE-INDELING .....	13
3.4 HOOGTEGEGEVENS .....	13
3.4.1 Hoogteligging zomerbed .....	15
3.4.2 Hoogteligging oeverssectie .....	16
3.4.3 Hoogteligging winterbed .....	17
3.5 RIVIERAS .....	17
3.7 VAKGRENZEN .....	19
3.7.1 Vakgrenzen zomerbed .....	19
3.7.2 Vakgrenzen winterbed .....	19
3.8 GRENS STROOMVOERING/STROOMBERGING .....	21
3.8.1 Zuidelijk deel van de Maas .....	21
3.8.2 Noordelijk deel van de Maas .....	21
3.9 ZOMERKADEN .....	22
3.10 PLASSEN .....	24
3.11 KRIBBEN .....	25
3.12 ECOTOPEN .....	26
3.13 ADDITIONELE MEETPUNTEN .....	28
3.14 NOODKADEN HOOGWATER 1995 .....	30
<b>4 INVOERGEDEVENS .....</b>	<b>33</b>
4.1 INLEIDING .....	33
4.2 GEOGRAFISCHE BESTANDEN .....	33
4.2.1 Geulsectie .....	33
4.2.2 Uiterwaardsectie .....	33
4.3 ASCII BESTANDEN .....	34
4.3.1 Maximale hoogte geul- en oeverssectie .....	34
4.3.2 Administratieve gegevens .....	35
4.3.3 Vaklengten .....	35
4.3.4 Rekenwindows .....	35
<b>5 PROFIEL BEREKENINGEN .....</b>	<b>37</b>
5.1 BASISPRINCIPES .....	37
5.2 BEREKENINGEN GEULSECTIE .....	37
5.3 BEREKENINGEN OEVERSECTIE .....	38
5.4 BEREKENINGEN UITERWAARDSECTIE .....	38
5.4.1 Geen kribben en geen zomerkaden .....	38
5.4.2 Geen kribben, wel zomerkaden .....	39

5.4.3 Wel kribben en geen zomerkaden .....	40
5.4.4 Wel kribben, wel zomerkaden.....	40
5.5 BEREKENING OVERIGE PROFIEL-INFORMATIE.....	41
5.5.1 Berekening Wmain Wsub1 en Wsed.....	41
5.5.2 Berekening Htop, Hbase, dAf en dAt.....	42
<b>6 OVERIGE INFORMATIE.....</b>	<b>43</b>
6.1 LATERALE INSTROMING .....	43
6.2 MEETLOCATIES .....	43
6.3 Q-H RELATIES .....	43
6.4 KUNSTWERKEN .....	43
<b>7 PRESENTATIE SOBEK-INVOPERGEGEVENS .....</b>	<b>44</b>
7.1 INLEIDING .....	44
7.2 OPBOUW PRESENTATIE.....	44
7.3 OVERZICHTSFIGUREN.....	44
7.4 DETAILFIGUREN.....	46
7.4.1. Hoogteligging winterbed.....	46
7.4.2. Hoogteligging zomerbed .....	48
7.4.3 Grens Stroomvoering/Stroomberging.....	50
7.4.4 Ligging zomerkaden .....	52
7.4.5 Topografische ondergrond van het DTB rivier.....	54
7.4.6 Ruwheidstypen .....	54
7.5 BESCHRIJVING SOBEK-PROFIELEN.....	57
7.5.1 Opbouw figuur .....	57
7.5.2 Bovenste deelfiguur .....	57
7.5.3 Middelste deelfiguur.....	58
7.5.4 Onderste deelfiguur.....	59
7.5.5. Aanvullende informatie.....	59
<b>8 NIEUWE ONTWIKKELINGEN.....</b>	<b>62</b>
8.1 BASELINE .....	62
8.2 UNIFORMERING SOBEK-PROGRAMMATUUR .....	62
8.3 NIEUWE ONTWIKKELINGEN INVOPERGEGEVENS.....	63
<b>9 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....</b>	<b>64</b>
9.1 DISCUSSIE .....	64
9.2 AANBEVELINGEN .....	64
9.3 CONCLUSIES.....	65
<b>BEGRIPPENLIJST .....</b>	<b>66</b>
<b>LITERATUUR.....</b>	<b>67</b>
<b>BIJLAGEN .....</b>	<b>71</b>
BIJLAGE 1 MAXIMALE HOOGTEN GEUL- EN OEVERSECTIE.....	72
BIJLAGE 2 ADMINISTRATIEVE GEGEVENS SOBEK PROFIELEN.....	76
BIJLAGE 3 LENGTE VAN DE SOBEK-VAKKEN.....	86
BIJLAGE 4 OVERZICHT GEHANTEERDE REKENWINDOWS .....	88
<b>Lijst met tabellen</b>	
TABEL 1 HERKOMST EN EIGENSCHAPPEN BRONGEGEVENS .....	12
TABEL 2 PEILDATA LODINGEN ZOMERBED .....	15
TABEL 3 LOCATIES WAAR DE HOOGTEGEGEVENS VAN HET ZOMERBED ZIJN OPGEVULD .....	16
TABEL 4 KENMERKEN GEBRUIKTE WAQUA MODELLEN.....	21
TABEL 5 OVERZICHT Vliegdata EN AFVOEREN DTB RIVIER .....	24
TABEL 6 VAKKEN WAARVAN DA <sub>p</sub> HANDMATIG IS AANGEPAST .....	25
TABEL 7 PLASSEN DIE NIET GEHEEL VIA DE GIS APPLICATIE ZIJN VERWERKT .....	25

# RIZA Bibliotheek

Lelystad,  
Maerlant 16  
corr. adres: postbus 17,  
8200 AA Lelystad  
tel. 0320-298513

uiterlijk  
terugbezorgen op:

**05 JAN. 1998**

*Rijksinstituut voor Intergraal Zoetwater beheer*

*en Afvalwaterbehandeling*

Hetty Ebbers  
Bianca van Herwaarde  
Rita van Leeuwen

waterhydrologie 556.3 meetmethoden 54.08 water  
wateren (28) rivieren (282) meren (285) nederland  
eken (035) dissertaties (043) rapporten (047) tijds  
11/312\* toxicologie 615.99 hydrobiologie 574.6  
milieuwetenschap 504 milieurecht 349.6 water 502.5  
504.4.054 wateranalyse 543.3 chemische analyse  
556.3 meetmethoden 54.08 waterafvoer 628.6 hy  
vieren (282) meren (285) nederland (492) europ  
es (043) rapporten (047) tijdschriften (051.2) ver  
9 hydrobiologie 574.6 toegepaste hydrologie 556  
milieuwetenschap 504 milieurecht 349.6 water 50  
ing 504.4.054 wateranalyse 543.3 chemische ana  
lyse 556.3 meetmethoden 54.08 waterafvoer 628  
(28) rivieren (282) meren (285) nederland (492) eu  
dissertaties (043) rapporten (047) tijdschriften (05  
5.99 hydrobiologie 574.6 toegepaste hydrologie  
3.3 milieuwetenschap 504 milieurecht 349.6 water  
niging 504.4.054 wateranalyse 543.3 chemische  
hydrologie 556.3 meetmethoden 54.08 waterafvoer  
n (28) rivieren (282) meren (285) nederland (49  
(035) dissertaties (043) rapporten (047) tijdschrift  
11/312\* toxicologie 615.99 hydrobiologie 574.6  
er 628.3 milieuwetenschap 504 milieurecht 349.6  
ontreiniging 504.4.054 wateranalyse 543.3 chem  
rhydrologie 556.3 meetmethoden 54.08 wateraf  
teren (28) rivieren (282) meren (285) nederland  
ten (035) dissertaties (043) rapporten (047) tijds  
ge 574.6 toegepaste hydrologie 556.18 afvalwat  
recht 349.6 water 502.5(204) waterverontreinigin  
e analyse 543 grondwaterhydrologie 556.3 meetm  
nica 532.5 binnenwateren (28) rivieren (282) mer  
ncyclopedieën (031) handboeken (035) dissertatie  
(051.2) verleden, heden, toekomst \*311/312 \*tox  
te hydrologie 556.18 afvalwater 628.3 milieuwet  
5(204) waterverontreiniging 504.4.054 wateranal  
waterhydrologie 556.3 meetmethoden 54.08 water  
vieren (282) meren (285) nederland (492) europ  
es (043) rapporten (047) tijdschriften (051.2) ver  
9 hydrobiologie 574.6 toegepaste hydrologie 556  
milieuwetenschap 504 milieurecht 349.6 water 50  
ing 504.4.054 wateranalyse 543.3 chemische anal  
lyse 556.3 meetmethoden 54.08 waterafvoer 628  
(28) rivieren (282) meren (285) nederland (492) eu  
dissertaties (043) rapporten (047) tijdschriften (05  
5.99 hydrobiologie 574.6 toegepaste hydrologie 5  
1.3 milieuwetenschap 504 milieurecht 349.6 water  
niging 504.4.054 wateranalyse 543.3 chemische  
hydrologie 556.3 meetmethoden 54.08 waterafvoer  
(28) rivieren (282) meren (285) nederland (49  
dissertaties (043) rapporten (047) tijds  
9 hydrobiologie 574.6 toegepas  
milieuwetenschap 504 milie

TABEL 8 INGEVOERDE KRIBHOOGTEN PER SOBEK-VAK IN CM + NAP .....	25
TABEL 9 BEGRENZING RUWHEIDSTRAJECTEN SOBEK.....	26
TABEL 10 CLUSTERING VAN ECOTOPEN NAAR RUWHEIDSTYPE .....	27
TABEL 11 DIEPTE-AFHANKELIJKE K-WAARDEN. ....	28
TABEL 12 OVERZICHT GEMIDDELDE WATERDIEPTE, DE OPPERVLAKTE EN BEREKENDE K-WAARDE PER RUWHEIDSTYPE PER TRAJECT.....	29
TABEL 13 AANGEPASTE PROFIELEN TEN GEVOLGE VAN DE NOODKADES TIJDENS HOOGWATER 1995 .....	30
TABEL 14 OVERZICHT BASISBESTANDEN GEULSECTIE .....	33
TABEL 15 OVERZICHT BASISBESTANDEN UITERWAARDSECTIE .....	34

### Lijst met figuren

FIGUUR 1 BRANCH INDELING OP DE MAAS .....	9
FIGUUR 2 VERTALING WERKELIJKE GEGEVENS NAAR PROFIEL INFORMATIE .....	10
FIGUUR 3 GEOMETRISCH EN GESCHEMATISEERD PROFIEL VOOR PROFIEL 33 .....	11
FIGUUR 4 VERSCHIL TUSSEN HET WINTERBED EN DE MODELGRENS .....	14
FIGUUR 5 ONJUIST HOOGTEMODEL ZOMERBED NABIJ STUW SAMBEEK.....	16
FIGUUR 6 AANGEVULDE GEGEVENS IN HET HOOGTEMODEL VAN HET WINTERBED.....	18
FIGUUR 7 OVERZICHT STAPPEN BEPALING VAKGRENZEN .....	20
FIGUUR 8 FASEN IN DE BEPALING VAN DE GRENS STROOMVOERING/-BERGING .....	22
FIGUUR 9 OVERZICHT STAPPEN BEPALING KADEHOOGTE .....	23
FIGUUR 10 LIGGING ADDITIONELE WATERSTANDSMEETPUNTEN .....	31
FIGUUR 11 OVERZICHT OMKADE GEBIEDEN TIJDENS HET HOOGWATER VAN 1995.....	32
FIGUUR 12 GEBRUIKTE HOOGTEN GEUL- EN OEVERSECTIE .....	36
FIGUUR 13 OVERZICHT INDELING GEULSECTIE .....	38
FIGUUR 14 LIGGING DETAILFIGUREN ZUIDELIJKE MAAS .....	45
FIGUUR 15 HOOGTELIKKING WINTERBED .....	47
FIGUUR 16 HOOGTELIKKING ZOMERBED.....	49
FIGUUR 17 GRENS STROOMVOERING/STROOMBERGING.....	51
FIGUUR 18 VOORBEELD TYPERING EN HOOGTE KADEN .....	53
FIGUUR 19 VOORBEELD TOPOGRAFISCHE ONDERGROND UIT HET DTB-RIVIER.....	55
FIGUUR 20 VOORBEELD FIGUUR RUWHEIDSTYPEN.....	56
FIGUUR 21 LEGENDA PRESENTATIE PROFIELGEGEVENS (VOORLOPIGE VERSIE) .....	58
FIGUUR 22 PROFIEL BESCHRIJVING SOBEK-VAK 33 .....	60
FIGUUR 23 OVERZICHT AANVULLENDE INFORMATIE SOBEK-VAK 33.....	61

## Samenvatting

Het RIZA heeft de afgelopen jaren gewerkt aan de ontwikkeling van eendimensionale modellen van de grote rivieren. De inbreng van GIS voor het vervaardigen van modelschematisaties is hierbij van grote invloed geweest. Deze techniek is in eerste instantie ontwikkeld ten behoeve van het SOBEK-model van de Rijnakken. Voor de Maas is intussen de digitale rivierkaart (DTB-rivier) gereed gekomen die een beschrijving van de rivier van 1995 vormt. Op basis van dit DTB-rivier is voor de Maas een nieuwe schematisatie vervaardigd. Deze SOBEK-schematisatie heeft als versienummer 1998.1 en beschrijft de situatie van medio 1995, exclusief de kades en compenserende maatregelen die in het kader van de Grote Rivieren zijn aangelegd.

In dit rapport wordt in detail ingegaan op de manier waarop de basisgegevens van de Maas zijn verwerkt tot invoer voor SOBEK. De nadruk wordt hierbij gelegd op de geografische gegevens. De calibratie van het model valt buiten de doelstelling van dit rapport en is beschreven in (Van der Veen et al., 1998).

Een eerste ontwikkeling is het gebruik van het DTB-rivier als basis voor het vervaardigen van SOBEK-schematisaties. De informatie in het DTB wordt echter aangevuld met lodingen voor de bodemligging van het zomerbed. Het bewerken van de gegevens van het DTB tot invoer voor SOBEK is de meest intensieve bewerking in het aanmaken van SOBEK-schematisatie, terwijl ook handmatige acties hierbij niet zijn te vermijden. Dit komt zowel de doorlooptijd voor het vervaardigen als de reproduceerbaarheid van de schematisaties niet ten goede. Om deze reden is ook bij de schematisatie van de Maas getracht het schematiseren zoveel mogelijk te automatiseren.

Een tweede belangrijke ontwikkeling is het gebruik van gegevens van het twee dimensionale WAQUA voor de modellering van tweedimensionale aspecten in een één dimensionaal model. Met name op het gebied van kademodellering en de bepaling van vakgrenzen in het winterbed liggen hier nog goede mogelijkheden voor verbetering.

Op basis van berekeningen met de GRID-module van Arc-INFO worden vervolgens SOBEK-profielen berekend. De wijze van berekenen verschilt voor de verschillende riviersecties (geul-, oever- en uiterwaardsectie). De basis van alle berekeningen bestaat uit het selecteren van gridcellen die aan de juiste voorwaarden voldoen, het berekenen van de oppervlakte van deze cellen en, door te delen door de vaklengte, het bepalen van een breedte.

Naast het berekenen van profiel-informatie voor SOBEK is eveneens een GIS applicatie ontwikkeld waarmee het mogelijk is de documentatie van het model up-to-date te houden. Door middel van een drietraps raket wordt eerst een overzicht gegeven van de rivier waarbij als tweede fase ingezoomd kan worden op een bepaald traject waarvoor detail-informatie beschikbaar is. Deze detail-informatie (hoogteligging, ligging kades etc.) geeft een beeld over het verloop van rivierkenmerken over een bepaald traject. De derde en laatste laatste stap in de presentatie is een ruimtelijke weergave van de gegevens van een SOBEK-profiel in combinatie met de wijze waarop dit naar een eendimensionaal model is vertaald. Indien aanwezig kan per profiel aanvullende informatie over bijvoorbeeld laterale instromingen, structures en/of QH -relaties worden opgevraagd. De documentatie wordt op CD ROM bij het model uitgeleverd.

De schematisatie van de Maas die met behulp van GIS wordt vervaardigd geeft een goede weergave van de geometrie van de Maas en blijkt robuust en consistent te zijn. Door het gebruik van geautomatiseerde routines binnen het GIS is de reproduceerbaarheid van de schematisatie hoog. Het model dat met behulp van deze methode vervaardigd wordt kan goed als basis dienen voor hoogwatermodellering en beleidsanalytische studies.

Door de relatief lange verwerkingstijd (vergeleken met DSS systemen) is de GIS applicatie nog niet geschikt om snel wijzigingen in het model door te voeren. Echter voor onderhoud van het hoogwatermodel vormt het, zeker in combinatie met de GIS-database BASELINE, een ideaal instrument. Zowel op basis van rekensnelheid, gebruiksgemak als data manipulatie is de GIS applicatie nog vatbaar voor verbetering. Door het RIZA wordt hier verder aan gewerkt.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Om de inrichting en het gebruik van de grote rivieren in goede banen te leiden worden onder meer eendimensionale modellen ontwikkeld waarmee de effecten van maatregelen kunnen worden berekend. Voor de bouw van deze modellen is een methode ontwikkeld om met behulp van geografische informatie snel en eenduidig schematisaties van de Rijntakken voor het eendimensionale waterbewegingsmodel SOBEK te genereren. De schematisatie met de aldus ontwikkelde representatieve dwarsprofielen bleken dusdanig robuust en consistent dat besloten is dezelfde methode ook toe te passen voor het ontwikkelen van een SOBEK schematisatie voor de Maas. In tegenstelling tot de Rijntakken bleken voor de Maas echter recente digitale rivierkaarten beschikbaar te zijn. Hierdoor is de gebruikte methode enigszins aangepast. Deze methode is uitgebreid beschreven (Zeeman, 1996a, Zeeman, 1996b).

De Maas is in twee delen geschematiseerd. In eerste instantie is de Maas tot Kessel (km 96.5) met behulp van de GIS applicatie geschematiseerd. Pas in een later stadium is ook de Maas benedenstrooms van km 96.5 met behulp van de GIS applicatie ondergebracht in een SOBEK schematisatie.

Doordat de ontwikkeling van de GIS applicatie gedurende deze periode nog volop in ontwikkeling was, bestaat er op en aantal punten een verschil in werkwijze tussen beide delen van de Maas. Deze discrepantie zal met name tijdens de beschrijving van de basisgegevens aan de orde komen. Naast verschillen in de gegevens is ook de gebruikte methodiek aangepast. In deze nota zullen de gebruikte stappen en inzichten met betrekking tot het gebruik van GIS worden beschreven.

Naast het vervaardigen van SOBEK-profielen met behulp van GIS is nog een andere stap genomen. *Gekoppeld aan deze profiel-applicatie is een presentatiemethode ontwikkeld die het mogelijk maakt om op een snelle en eenduidige wijze alle gebruikte informatie inzichtelijk te maken en vast te leggen.* Hiermee is bewerkstelligd dat niet alleen een eenduidige en reproduceerbare schematisatie kan worden vervaardigd, maar ook dat de gebruiker op een eenvoudige manier inzicht kan verkrijgen in de manier waarop het model is opgebouwd en de gegevens die hieraan ten grondslag liggen.

## 1.2 Doel

Deze nota heeft als doel een beschrijving te geven van het gebruik van GIS ten behoeve van de SOBEK-schematisatie van de Maas. Het gebruik van GIS is echter divers geweest zodat deze algemene doelstelling kan worden aangescherpt tot de volgende subdoelen:

- Het beschrijven van de (geografische) gegevens die zijn gebruikt bij het vervaardigen van de SOBEK-schematisatie 1998.1;
- Het globaal beschrijven van de GIS-applicatie die gebruikt is voor de berekening van de SOBEK-profielen en het beschrijven van de wijzigingen die hierin zijn aangebracht ten behoeve van de schematisatie van de Maas ;
- Het beschrijven van de methode en de gegevens die toegepast zijn om de documentatie, behorende bij de schematisatie, op te bouwen;

## 1.3 Uitgangspunten

Bij het opstellen van dit document zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- In de tekst wordt steeds gerefereerd aan de Maas. Het betreft hier de Maas van km 2.56 (Eijsden) tot km 226 (Ammerzoden), het beheersgebied van de regionale directie Limburg. Voor het traject benedenstrooms van km 226 zijn de SOBEK -profielen niet gebaseerd op een GIS applicatie.
- Bij de lezer wordt enige kennis van veel gebruikte GIS termen bekend verondersteld. Voor een algemeen overzicht met betrekking tot veelgebruikte GIS termen en beschrijvingen op een globaal niveau wordt verwezen naar het basisboek GIS (MD, 1997)

- De GIS gegevens zijn over het algemeen afkomstig van de regionale directie Limburg.
- Met de invoering van de GIS database BASELINE en het streven om de procedure voor het vervaardigen van SOBEK-profielen verder te standaardiseren is de huidige schematisatiemethodiek niet definitief. Als BASELINE operationeel is en de procedure voor het vervaardigen van de SOBEK-profielen is uitgekristalliseerd, zal een definitieve methode voor het vervaardigen van een schematisatie worden opgeleverd.
- De schematisatie die in dit document wordt besproken draagt als versienummer 1998.1 en beschrijft de situatie van medio 1995. In deze schematisatie zijn de kades en compenserende maatregelen die in het kader van de Grote Rivieren zijn aangelegd niet opgenomen. Als bijproduct is een tweede schematisatie opgeleverd die als versie 1995.1 draagt en de situatie tijdens het hoogwater van 1995 beschrijft. In deze schematisatie zijn de noedkades die tijdens dat hoogwater zijn opgeworpen opgenomen in de schematisatie.
- Voor de beschrijving van de calibratie van het model wordt verwezen naar de nota Calibratie SOBEK Maas 1998.1 (Van der Veen et al, 1998).

#### **1.4 Leeswijzer**

In deze nota wordt een beschrijving gegeven van de (veelal geografische) informatie die is gebruikt voor het vervaardigen van een SOBEK schematisatie voor de Maas. Hoofdstuk 1 zal kort ingaan op de wijze waarop de rivier is onderverdeeld in branches en profielen. Een uitgebreide beschrijving van het pakket SOBEK valt buiten de doelstelling van deze nota. De aspecten van SOBEK die voor de presentatie van de profiel gegevens van belang zijn worden beknopt besproken in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de gebruikte ruimtelijke gegevens en de wijze waarop deze in de profielen zijn verwerkt. Naast GIS gegevens maakt de applicatie ook gebruik van een aantal bestanden in ASCII formaat. Deze worden beschreven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 gaat in op de berekening van de profielen en geeft ook de nodige aanwijzingen voor gebruik en de beperkingen die aan de methode verbonden zijn. Als de profielen zijn berekend is het van groot belang dat ook de documentatie up-to-date is. In hoofdstuk 6 worden aanvullende gegevens beschreven die voor een goed gebruik van de schematisatie van belang zijn. De wijze waarop de schematisatie wordt gedocumenteerd wordt uitgebreid beschreven in hoofdstuk 7. Nieuwe ontwikkelingen die worden voorzien zijn beschreven in hoofdstuk 8, terwijl het laatste hoofdstuk ingaat op de conclusies en een discussie geeft op de gebruikte methode en gegevens.

## 2 SOBEK

### 2.1 Inleiding

SOBEK is een eendimensionaal waterbewegingsmodel dat gezamenlijk door het RIZA en het Waterloopkundig Laboratorium is ontwikkeld als opvolger van het model ZWENDL. Naast hydraulische berekeningen is het ook mogelijk om het model in te zetten voor morfologische en waterkwaliteitsberekeningen (WI-RIZA).. Met dit model voert Rijkswaterstaat eendimensionale berekeningen voor de grote rivieren uit. Voor wat betreft de kenmerken van SOBEK zal slechts op een tweetal zaken die voor de GIS-schematisatie van belang zijn worden ingegaan. Het betreft hier de wijze waarop de Maas in eendimensionale trajecten (branches) is opgedeeld en hoe de geografische informatie is verwerkt tot profielen. Deze profielen zijn beschrijvingen van de geometrie van het riviersysteem en zijn op de branches gelokaliseerd.

### 2.2 branches

Een branch is een traject op de rivier. Een SOBEK schematisatie is opgebouwd uit één of meer branches. Op een branch worden de specifieke kenmerken van een rivier(traject) vastgelegd. Zo kunnen rekenpunten worden opgegeven, kunstwerken en meetpunten worden aangegeven en geometrische informatie (in de vorm van profielen) worden opgelegd. Hiernaast is het mogelijk om bepaalde kenmerken als ruwheid op te leggen. De wijze waarop de Maas is onderverdeeld in branches is gegeven in figuur 1.

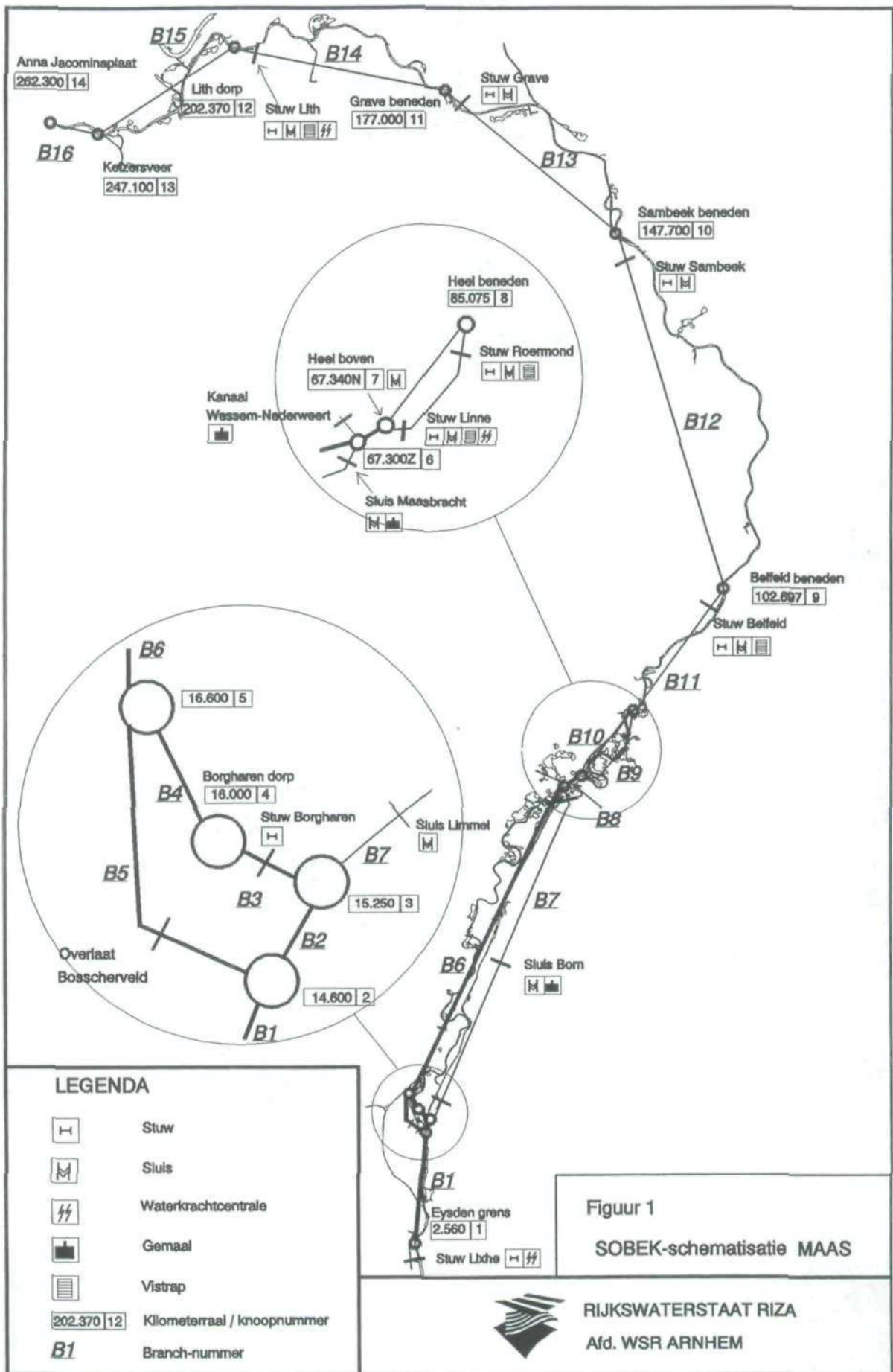
Het aantal en de lengte van de branches wordt ingegeven door belangrijke systeemkenmerken als splitsingen en samenvloeiingen van riviertrajecten, belangrijke overlaten etc. Gekozen is om de verschillende stuwvanden in de Maas als afzonderlijke branches te schematiseren. Deze branches worden begrensd door de MSW meetstations die benedenstrooms van de stuwen gelegen zijn. Ook de overlaat Boscherveld, het Julianakanaal en het Lateraalkanaal zijn als afzonderlijke branches in het model gebracht.

Deels wegens het niet beschikbaar zijn van gegevens en deels vanwege methodische problemen zijn de Overlaat Boscherveld en het Julianakanaal nog niet als branch geschematiseerd. De invloed op de waterbeweging wordt middels laterale in- en uitstroming in het model opgenomen.

Door van iedere branch de ligging goed af te stemmen met de rivieras en -kilometrering is ieder kenmerk in de rivier eenduidig in het model vastgelegd. Met een onderlinge afstand van ongeveer 500 meter is de geometrie van de rivier vastgelegd door middel van profielen.

### 2.3 SOBEK-profielen

Een SOBEK-profiel is een zo zorgvuldig mogelijke schematische weergave van de rivier op een bepaalde locatie. In plaats van een werkelijk, geometrisch profiel op een bepaalde locatie op de rivier te positioneren, wordt gewerkt met een vak van ongeveer 500 meter lengte, gemeten over de rivieras, dat het gehele zomer- en winterbed omvat. Voor dit vak wordt een gemiddeld profiel berekend waarbij alle informatie van het betreffende deel van de rivier in ogenschouw wordt genomen. In het profiel wordt de breedte van de rivier als functie van de hoogteligging weergegeven. Van het laagste punt in het zomerbed tot het hoogste in het winterbed bevat het profiel informatie over de stroomvoerende en -bergende breedte. Hiernaast is informatie vastgelegd over breedten van verschillende kenmerken van de rivier, de gemiddelde kadehoogte en de oppervlakken achter de kade.



Anna Jacomineplaat

262.300 | 14

B15

B14

Lith dorp

202.370 | 12

Stuw Lith

Grave beneden

177.000 | 11

Stuw Grave

B16

Kettersveer

247.100 | 13

B13

Sambeek beneden

147.700 | 10

Stuw Sambeek

Heel beneden

85.075 | 8

Heel boven

67.340N | 7

Stuw Roermond

Kanaal

Wassem-Nederweert

Stuw Linne

67.300Z | 6

Sluis Maasbracht

B12

Belfeld beneden

102.897 | 9

Stuw Belfeld

B11

B10

B9

B8

B6

16.600 | 5

Borgharen dorp

16.000 | 4

B4

Stuw Borgharen

Sluis Limmel

B7

B3

15.250 | 3

B2

14.600 | 2

Overlaat

Bossherveld

B5

B7

B6

Sluis Born

B1

Eyaden grens

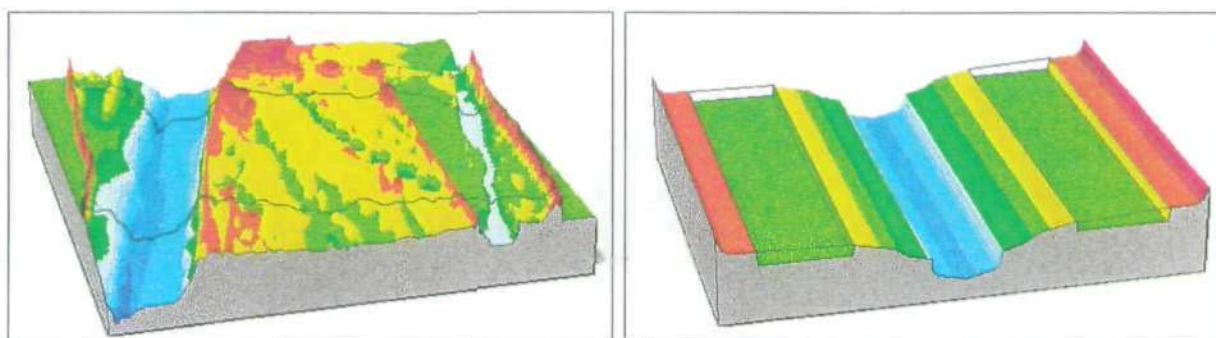
2.560 | 1

Stuw Lixhe

Deze werkwijze voor het berekenen van profielen heeft een aantal aanzienlijke voordelen boven het geometrisch op de rivier positioneren van een profiel:

- Doordat de beschikbare gegevens worden gemiddeld tot een profiel vormt dit een reële weergave van de geometrie voor het betreffende traject.
- Een SOBEK-profiel relatief ongevoelig is voor de toevallige situatie op de plaats waar een geometrisch profiel wordt gepositioneerd.
- Alle beschikbare informatie binnen een SOBEK-vak wordt gebruikt
- De gekozen vaklengte is arbitrair, de locatie van de profielen kan echter worden ingegeven door de wens van de gebruiker (iedere rivierkilometer een profiel) en niet door toevallige systeem kenmerken van een rivier.
- De gevoeligheid voor fouten in de metingen in het SOBEK-vak wordt verminderd omdat een gemiddelde waarde wordt berekend waardoor het profiel minder afhankelijk is van de (fouten in) afzonderlijke waarden.

Een voorbeeld van de vertaling van de werkelijke informatie naar profiel informatie is gegeven in figuur 2. Bij deze figuur dient echter voor ogen te worden gehouden dat in een eindimensionaal model geen onderscheid gemaakt kan worden tussen beide oevers. In figuur 2 is dit voor de duidelijkheid wel gedaan.



**Figuur 2** Vertaling werkelijke gegevens naar profiel informatie

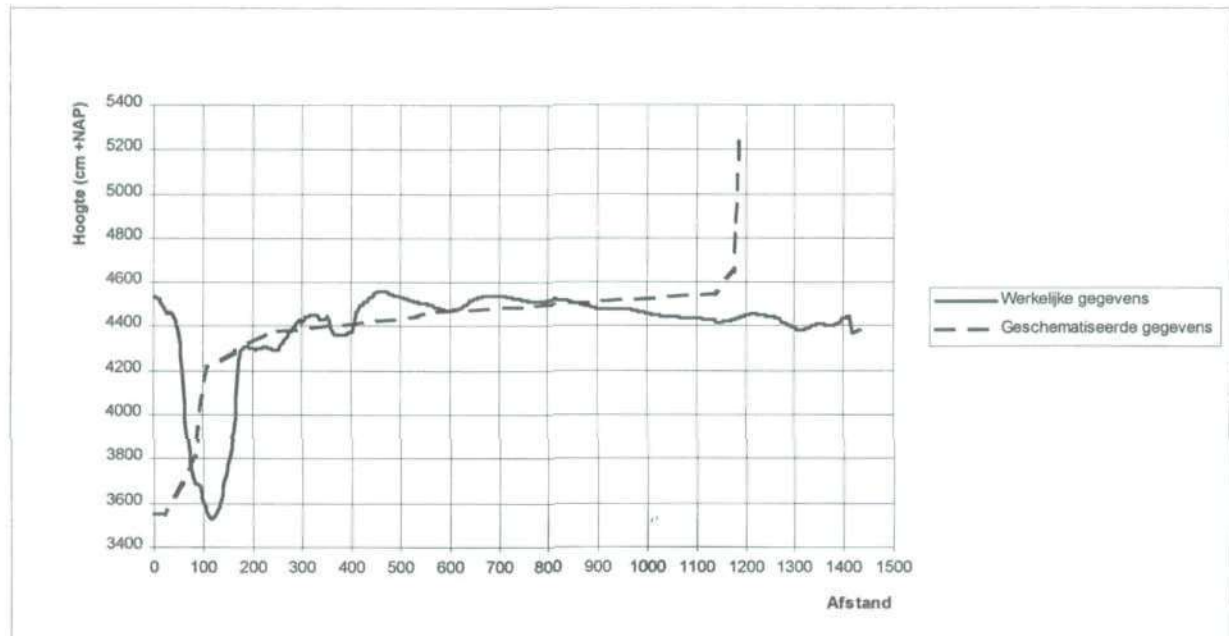
Het feit dat alle gegevens binnen een SOBEK-vak als het ware worden gemiddeld tot één profiel heeft ook een aantal nadelen:

- Doordat de gegevens van beide oevers worden verwerkt tot een uiterwaard sectie is het in het profiel niet goed mogelijk specifieke onderdelen van het betreffende vak te herkennen. In de presentatiemodule is hiervoor getracht een oplossing te vinden
- Door de middeling van de gegevens binnen een SOBEK-vak kan een verschil ontstaan tussen de waarden die in een SOBEK-profiel worden gevonden en meetwaarden die in het veld zijn verzameld.

In figuur 3 wordt een voorbeeld gegeven van de verschillen die kunnen optreden. In dit figuur is een geometrisch profiel, dat handmatig getrokken is in het hart van het vak, vergeleken met het berekende SOBEK-profiel. De verschillen worden veroorzaakt door de volgende aspecten:

- Een SOBEK-profiel kent vanaf het begin van het profiel slechts één oever. Hierdoor lijkt het of het profiel is opgebouwd vanaf het midden van het zomerbed. Het geometrisch dwarsprofiel loopt echter van de grens van het winterbed op de ene oever naar dat op de andere oever.
- In het SOBEK-profiel worden breedten bepaald door de oppervlakte van geselecteerde gridcellen te delen door de vaklengte. Deze kan dus afwijken van werkelijk gemeten breedte op een bepaalde locatie in het SOBEK-vak.
- In het SOBEK-profiel worden alle gegevens binnen het SOBEK-vak benut. Het grote verschil in maximale hoogteligging in figuur 3 wordt veroorzaakt door het relatief hooggelegen terrein nabij sluis Limmel. Dit ligt binnen het SOBEK-vak, maar het heeft slechts een kleine oppervlakte en valt daardoor buiten de lijn die getrokken is voor het geometrisch profiel.

- In een SOBEEK-profiel moeten opeenvolgende niveaus toenemen in hoogteligging. Hierdoor kan het zijn dat relatief laaggelegen gebieden in het winterbed te vroeg zijn opgenomen in een SOBEEK-profiel.



**Figuur 3 Geometrisch en geschematiseerd profiel voor profiel 33**

### 3 Geografische gegevens

#### 3.1 Inleiding

Door de verschillen in aard en herkomst van de brongegevens zijn een aantal verschillende bewerkingen nodig om vanuit de brongegevens tot de basisgegevens te komen. Onder brongegevens worden hier de ruwe gegevens verstaan die (veelal door Directie Limburg) zijn aangeleverd en via een aantal bewerkingen worden omgezet in basisgegevens (invoerbestanden voor de GIS-applicatie).

Doel van deze fase is om de data uit verschillende bronnen om te zetten naar uniforme informatie ten behoeve van de GIS applicatie. Op deze informatie kunnen desgewenst wijzigingen worden doorgevoerd voor het modelleren van ingrepen in de rivier. De volgende stap in deze fase is conversie naar Arc-INFO gridbestanden die gebruikt worden voor het berekenen van de profielen. In tabel 1 staan de verschillende type gegevens, de bron en de schaal waarop deze beschikbaar zijn weergegeven. Ondanks het feit dat getracht is alle stappen in hoge mate te automatiseren is het niet mogelijk om het schematiseren geautomatiseerd plaats te laten vinden. In iedere fase is de menselijke inbreng (expert judgement, systeemkennis) van groot belang. Een groot voordeel is echter wel dat de hoeveelheid interpretatie beperkt blijft zodat ook verschillende schematisaties onderling goed vergelijkbaar zijn.

Tabel 1 Herkomst en eigenschappen brongegevens

Gegevens	Bron(nen)	Schaal
Modelgrens	RWS-dLb/RIZA	1:5.000
Sectie-indeling	DTB-rivier	1:5.000
Hoogteligging zomerbed	Iodingen	-
Hoogteligging oever	Iodingen	-
Hoogteligging winterbed	DTB-rivier TOP10HOOGTE	1:5.000 1:10.000
Rivier-as	RWS-MD/RWS-dLb	-
Rivierkilometrerig	DTB-rivier	1:5.000
Vakgrenzen zomerbed	Handmatig bep.	-
Vakgrenzen winterbed	WAQUA	-
Stroomvoering	WAQUA	-
Zomerkaden	DTB-rivier WAQUA/ZWENDL	1:5.000
Plassen	DTB-rivier	1:5.000
Ecotopen	Ecotopen-GIS	1:5.000
Additionele meetpunten	RWS-dLb	
Noodkades hoogwater 1995	overstromings-atlas	

De voornaamste bron van gegevens is het D(igitaal) T(opografisch) B(estand) rivier. Dit is een vector georiënteerd digitaal systeem waarin een groot aantal ruimtelijke elementen van het winterbed van de rivier zijn opgenomen (MD, 1996.). Het bestand wordt door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat in opdracht van de regionale directies van RWS vervaardigd met een schaal van 1:5.000. Hiernaast bevat het DTB rivier hoogtegegevens in de vorm van een Digitaal Hoogte Model en elementen uit de topografische kaart. In de volgende paragrafen wordt hier kort op ingegaan.

#### 3.2 Modelgrens

De buitenste begrenzing van het SOBEM model voor de Maas wordt voor een groot deel gevormd door de grens van het winterbed. De modelgrens komt echter niet volledig overeen met de grens van het winterbed die door dir. Limburg is gedefinieerd. Om deze reden is het duidelijker om te spreken van de modelgrens dan van de grens van het winterbed. De modelgrens is hierbij gedefinieerd als de, ten behoeve van het model, aangepaste grens van het winterbed.

De modelgrens is op verschillende manieren bepaald. Ten zuiden van km 96.5 is de grens bepaald op basis van de modelgrens van het WAQUA model en luchtfoto's waarop de inundatiegrens van de

hoogwaters van december 1993 en januari/februari 1995 is aangegeven. Op een achtergrond van de digitale rivierkaart is de modelgrens handmatig bepaald. De modelgrens wijkt hierdoor op een aantal plaatsen af van de grens van het winterbed. Het betreft hier echter met name delen in het stroombergend deel van het winterbed. Ook op de Belgische oever van de Grensmaas is de modelgrens bepaald aan de hand van deze overstromingskaarten. Opgemerkt dient echter te worden dat niet het volledige inundatiegebied tot het modelgebied is gerekend.

Benedenstrooms van kilometer 96.5 komt de modelgrens voor een groot deel overeen met de grens van het winterbed, voor het bedijkte deel van de Maas komen de grenzen zelfs volledig overeen. De afwijkingen tussen beide bestanden komen met name voort uit de beekdalen die uitmonden in het winterbed van de Maas. Deze gebieden spelen alleen bij zeer hoge waterstanden een (geringe) rol bij de berging van water, terwijl zij het maken van een schematisatie sterk bemoeilijken. Daarom is ervoor gekozen deze gebieden buiten de schematisatie van het model te laten. De afvoer van deze beken is opgenomen via de modellering van de laterale instroming (Van der Veen, 1997). Een overzicht van de grenzen van het winterbed en de modelgrens is gegeven in figuur 4.

### 3.3 Sectie-indeling

De GIS applicatie maakt onderscheid tussen een geulsectie, een oeversectie en een uiterwaardsectie. Het onderscheid is gemaakt omdat enerzijds kenmerken van de secties en dus ook de berekeningen voor de verschillende secties verschillen, anderzijds omdat de datadichtheid in het zomerbed hoger is dan die in het winterbed.

De geulsectie wordt gedefinieerd als het gebied tussen beide oeverlijnen van de rivier zoals deze in het DTB is aangegeven: de waterlijn die de grens vormt tussen het water van de rivier en het land. Een probleem bij de definitie is dat deze afhangt van het rivierpeil op het moment van opname. Met name bij de Grensmaas waar de oevers relatief steil zijn en waar een groot hoogteverschil tussen linker en rechter oever kan bestaan, levert dit problemen op. Een ander probleem bleek te zijn dat er inconsistenties optreden in de hoogtegegevens en de oeverlijnen. De wijze waarop dit probleem is opgelost is beschreven in hoofdstuk 4.3.1.

In tegenstelling tot de SOBEK-schematisatie van de Rijntakken wordt in deze Maas schematisatie geen ruimtelijk begrensde oeversectie onderscheiden. In de Maas waar in het algemeen geen kribben aanwezig zijn, is in de berekeningen een vaste breedte van 10 meter gehanteerd (5 meter aan iedere oever)

Voor de bedijkte Maas wordt als grens van het modelgebied de onderkant van de winterdijk aangehouden. Vanaf dit punt in het profiel wordt deze als het ware loodrecht omhoog doorgetrokken. Deze belijning is aangehouden in verband met de afstemming tussen modellen van het RIZA. Ook voor WAQUA wordt de teen van de dijk als modelgrens aangehouden.

Voor de onbedijkte Maas is de buitengrens bepaald als combinatie van resultaten van door WAQUA berekende waterhoogten op MHW niveau (3935 m<sup>3</sup>/s) en de overstromingsatlas waar het geïnundeerde gebied bij de hoogwaters van 1993 en 1995 op is aangegeven (RWS dir. Limburg). Met behulp van deze gegevens is een goed beeld verkregen van die gebieden die bij zeer hoge afvoer water bevatten. Het resultaat van deze handelingen is een vlakkenbestand waarin de drie secties zijn aangegeven.

### 3.4 Hoogtegegevens

De hoogteligging van zomer- en winterbed van een rivier bepalen voor een groot deel welk deel van het rivierbed beschikbaar is voor stroming en berging van water. Een gedetailleerde beschrijving van de hoogteligging is dan ook van groot belang voor het vervaardigen van een representatieve schematisatie. De hoogtegegevens zijn afkomstig uit verschillende bronnen en hebben verschillende bewerkingen ondergaan. In de volgende paragrafen wordt voor de verschillende SOBEK-secties de werkwijze om tot de hoogteligging te komen beschreven.



SOBEK schematisatie voor de Maas, versie 1998.1  
Verschil grens winterbed en modelgrens



Figuur 4 Verschil tussen het winterbed en de modelgrens

### 3.4.1. Hoogteligging zomerbed

De hoogteligging van het zomerbed is afkomstig uit lodingen van het zomerbed die door de meetdienst van Directie Limburg in de loop van 1995 zijn uitgevoerd. De verschillende trajecten van de Maas zijn op verschillende tijdstippen uitgevoerd waardoor maximaal 10 maanden verschil in opname datum ontstaat. De trajecten en de data van opname zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 Peildata lodingen zomerbed

Traject	Peildata
Grens - Eijsden	februari 1995
Eijsden - Borgharen	november 1995
Grensmaas	maart 1995
Ohé en Laak - Linne	maart 1995
Linne - Roermond	mei 1995
Roermond - Belfeld	juni 1995
Belfeld - Sambeek	augustus 1995
Sambeek - Grave	april 1995
Grave - Lith	februari 1995
Lith - km 226.7	maart 1995

De originele data bestaan uit lodingen in raai vorm met een dichtheid van 100 meter. De nauwkeurigheid van de lodingen bedraagt in X- en Y-richting 1 m. en in de Z-richting 0.1 m. Met behulp van het interpolatiepakket DIGIPOL, versie 2.1 zijn de lodingen verwerkt tot een GIS bestand dat het zomerbed omvat. De resolutie van dit bestand bedraagt 5\*5 m. De maximale gemiddelde interpolatiefout bedraagt minder 0.1 m.

Op een aantal locaties, met name in de directe nabijheid van de stuwen in de Maas en onder bruggen, bleek het niet mogelijk om betrouwbare metingen uit te voeren. De oorzaak hiervoor ligt in het feit dat in de directe nabijheid van stuwen dikwijls niet gevaren kan worden. Onder bruggen werkt de GPS niet waardoor de exacte positiebepaling door middel van satellietnavigatie niet werkt en geen precieze hoogtegegevens worden ingewonnen. Het bestand met hoogtegegevens van het zomerbed vertoonde hier dan ook gaten. Voor de GIS applicatie is het noodzakelijk dat het bestand het zomerbed volledig dekt. Met behulp van GIS zijn de gaten in het bestand dan gedicht door met behulp van de TIN-module lineair te interpoleren tussen de gebieden waarvan wel gegevens bekend zijn. De zo opgevulde waarden zijn ingevoegd in het bestand met hoogtegegevens, dat op deze locaties daardoor minder nauwkeurig is. De locaties waar het hoogtemodel van het zomerbed is opgevuld door middel van interpolatie zijn weergegeven in tabel 3.

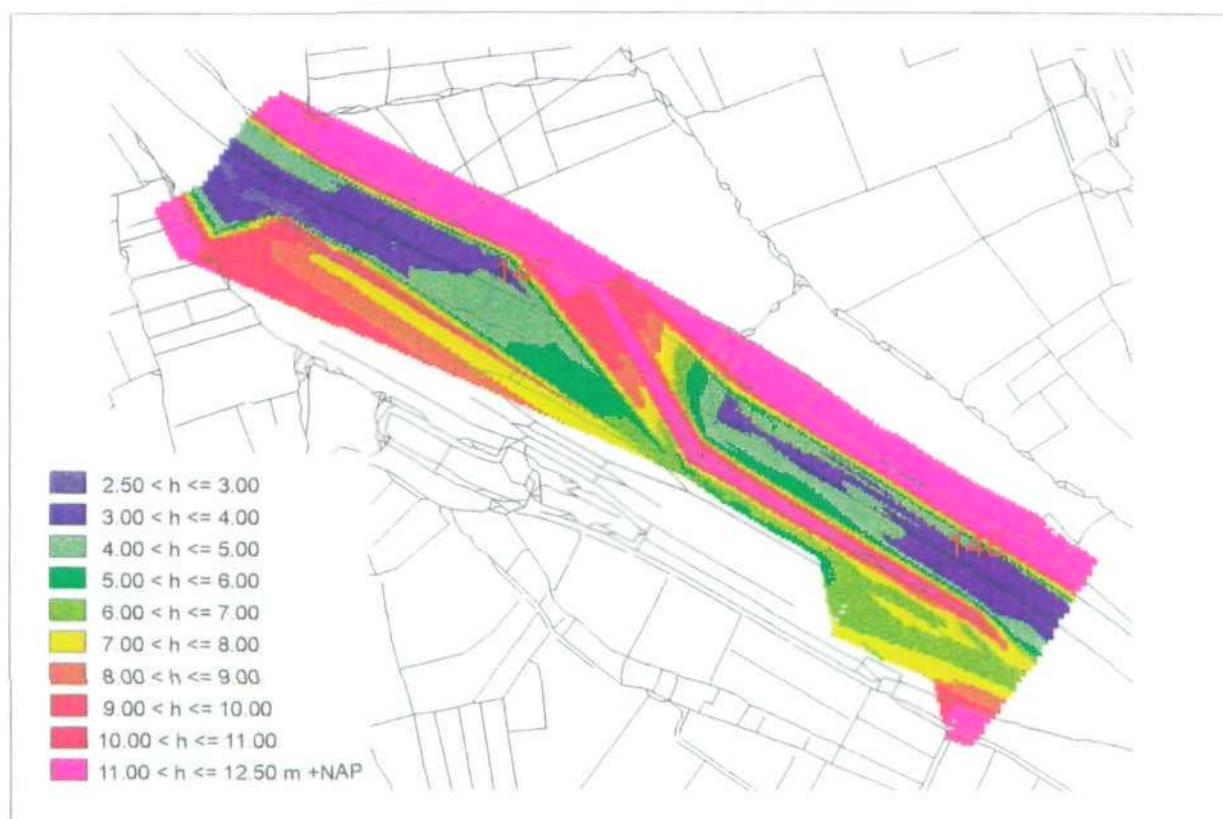
Het feit dat juist ter plaatse van bruggen en stuwen het moeilijk is een degelijk hoogtemodel op te bouwen is voor SOBEK een groot probleem. Juist op deze locaties, waar ook vaak structures in de schematisatie zijn ingebracht, is het van groot belang dat de geometrie goed beschreven is, om een goede beschrijving van de waterbeweging te kunnen verkrijgen. Uit de calibratie is gebleken dat SOBEK gevoelig is voor dit soort onrechtmatigheden in de geometrie.

Ter plaatse van stuw Sambeek is bij de interpolatie waarschijnlijk geen rekening gehouden met de loop van de rivieras waardoor een onbetrouwbaar beeld van de hoogteligging van het zomerbed is verkregen. Dit beeld is weergegeven in figuur 5. Pal benedenstrooms van de stuw lijkt het alsof hier een grote drempel in het zomerbed aanwezig is. Deze is te wijten aan een foute interpolatie van de meetgegevens. In verband met deze fout zijn de berekende breedten van de geulsectie van het door de GIS applicatie berekende profiel voor vak 297 handmatig aangepast. Hiervoor is een gemiddelde waarde van het boven- en benedenstroomse profiel aangehouden.

Tabel 3 Locaties waar de hoogtegegevens van het zomerbed zijn opgevuld

Locatie	Nabij	Wijze van opvulling
km 15 - 16	Stuw Borgharen	Interpolatie
km 68-69	Stuw Linne	Interpolatie
km 81	Stuw Roermond	Interpolatie
km 100-101	Stuw Belfeld	Interpolatie
km 111	Verkeersbrug Venlo	Interpolatie
km 131-132	Verkeersbrug Wanssum	Interpolatie
km 146-147	Stuw Sambeek	Interpolatie
km 175-176	Stuw Grave	Interpolatie
km 201	Stuw Lith	Interpolatie
km 217-218	Verkeersbrug Den Bosch	Interpolatie
km 219-220	Spoorbrug Den Bosch	Interpolatie

De aansluiting van de hoogtegegevens van het zomerbed met de oeversectie is gewaarborgd doordat waterpassingen op de oever bij de interpolatie zijn meegenomen. De gridgrootte van het bestand bedraagt 5 meter, de maximale gemiddelde interpolatiefout bedraagt minder dan 0.1 m. (Roumen, 1997).



Figuur 5 Onjuist hoogtemodel zomerbed nabij stuw Sambeek

### 3.4.2. Hoogteligging oeversectie

De hoogteligging van de oeversectie vormt als het ware de aansluiting tussen het zomer- en het winterbed. De hoogtegegevens zijn afkomstig van waterpassingen met een raailengte van 75 m. Deze zijn aan de lodingen van het zomerbed zijn verbonden. De waterpassingen zijn door de meetdienst van Directie Limburg uitgevoerd. De peildata en nauwkeurigheid van de gegevens komen overeen met die van het zomerbed. Ten zuiden van Borgharen zijn geen waterpassingen van de oeversectie beschikbaar. Voor dit traject zijn de hoogtegegevens van winterbed en zomerbed direct aan elkaar gekoppeld. De dichtheid van de metingen in de oeversectie komt niet altijd overeen met de dichtheid van de metingen in het zomerbed. Dit, in combinatie met de verwerking van de gegevens tot een evenwichtig

netwerk kan ertoe leiden dat de betrouwbaarheid van de hoogteligging in de oeversectie niet altijd even hoog is. Op een aantal locaties zijn langs de lengtes van de rivier sterke variaties aan hoogteligging geconstateerd die naar alle waarschijnlijkheid te wijten zijn aan de interpolatie van de gegevens. De hoogtegegevens van de oeversectie zijn samen met die van het winterbed gecombineerd tot één bestand.

### 3.4.3 Hoogteligging winterbed

De hoogteligging van het winterbed is voor het overgrote deel verkregen uit het DTB rivier. Per kaartblad in het DTB rivier is de hoogte-informatie beschikbaar in de vorm van een digitaal terrein model (DTM). Deze DTM's zijn omgezet naar rasterbestanden. Op een aantal locaties blijkt de aansluiting van de hoogtegegevens tussen de verschillende aaneensluitende kaartbladen niet volledig te kloppen, waardoor de aansluiting van verschillende kaartbladen als lijnen in het hoogtemodel herkenbaar zijn. Deze fouten zijn voor de schematisatie niet hersteld.

Binnen het winterbed bevat het hoogtemodel niet op alle plaatsen informatie. Deels betreft het hier vlakken die gecodeerd zijn als 'bos' of 'werk in uitvoering', daarnaast zijn ook van plassen in het winterbed geen hoogtegegevens bekend. Van deze gebieden is het niet mogelijk betrouwbare hoogte-informatie in te winnen zodat deze gebieden zijn uitgesloten van het DTM. In het hoogtemodel zijn de plassen niet gekarteerd, de ligging van plassen is weergegeven door cellen met de waarde -100. Bij het opbouwen van de bestanden voor de GIS-applicatie wordt voor deze gebieden de hoogte van de oeverlijn ingevoerd. Een probleem hierbij is dat de hoogteligging van plassen die in open verbinding staan met de rivier direct afhankelijk is van de afvoer ten tijde van de opname (zie tabel 5).

Een ander deel van de witte vlekken in de hoogte informatie wordt veroorzaakt door het feit dat niet het gehele winterbed wordt gedekt door het DTB rivier. Met name locaties waar beekdalen aansluiten op het winterbed en het gebied achter Mook Middelaar vallen hier op. De gebieden waarvoor geen hoogte-informatie beschikbaar is zijn gegeven in figuur 6.

Om toch een goed hoogtemodel van het winterbed te kunnen genereren is voor deze gebieden aanvullende hoogte informatie gebruikt. Deze informatie is afkomstig van het TOP10hoogte bestand dat bij de Meetkundige Dienst voorhanden is. Het TOP10hoogte bestand is een bestand waarin puntlocaties met hoogtegegevens aanwezig zijn. Het TOP10hoogte-bestand bestaat o.a. uit een puntenbestand. Dit bestand heeft de volgende kenmerken:

Invoermethodiek:	digitaliseren
invoernauwkeurigheid:	X en Y (1:10.000), Z (10)
bronhouder:	Topografische Dienst Nederland

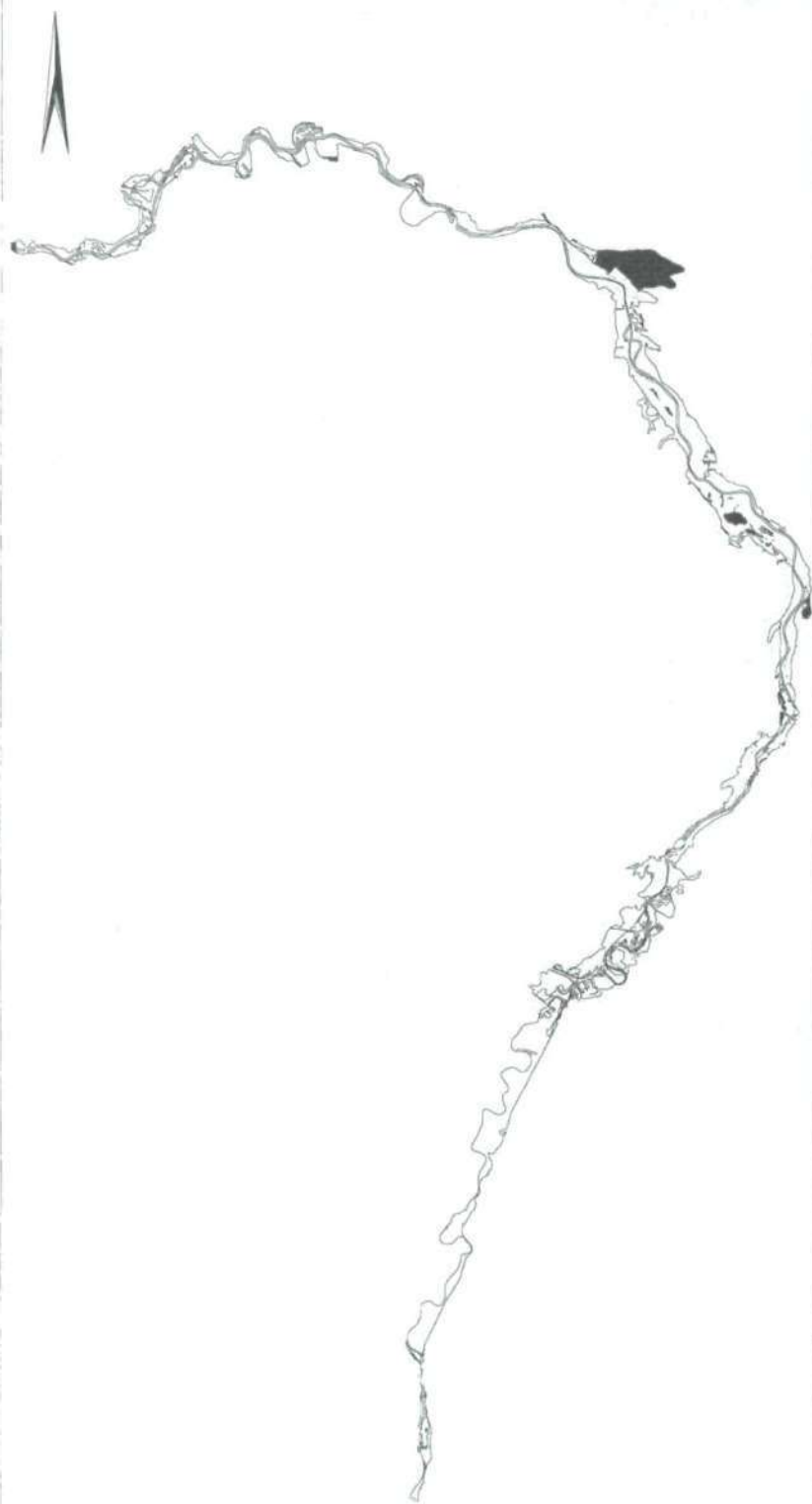
Omdat het overgrote deel van de opgevulde gebieden tot het bergend deel van het winterbed behoren en omdat door het schaalverschil tussen de bestanden verschillen in nauwkeurigheid onvermijdelijk zijn, is weinig aandacht besteed aan het vloeiend laten aansluiten van de verschillende bestanden.

### 3.5 Rivieras

De rivieras van de Maas is in 1984 door de Meetkundige Dienst gedefinieerd als een reeks van rechte en gebogen lijnstukken. Deze gegevens zijn door directie Limburg met de GIS pakketten RWSlod en AMOR geconverteerd naar Arc-INFO formaat.

De lengte van de SOBEK-vakken wordt direct opgehangen aan de rivieras. Deze lengte wordt gebruikt bij het bepalen van de stroomvoerende en stroombergende breedte van relevante oppervlakken. Hierdoor wordt een representatieve beschrijving van de geometrie verkregen. Echter bij zeer lage afvoeren op de Grensmaas of bij zeer hoge afvoeren kan het stromingsbeeld wijzigen door resp. riffles en pools en bochtafsnijdingen. De werkelijke lengte van een stroombaan komt dan niet meer overeen met de lengte die op de rivieras wordt gemeten. Dit is in een eendimensionaal model echter niet te vermijden. Correctie voor deze tweedimensionale aspecten is in de calibratie gezocht middels aanpassingen in de ruwheid.

SOBEK schematisatie voor de Maas, versie 1998.1  
Aangevulde hoogtegegevens winterbed



Legenda  
■ Aangevulde hoogtegegevens



24 Feb 98

Rijkswaterstaat  
RIZA

Figuur 6 Aangevulde gegevens in het hoogtemodel van het winterbed

### 3.6 Rivierkilometring

De ligging van rivierkenmerken wordt in het algemeen aangeduid door middel van de rivierkilometers. De ligging van de SOBEK-profielen is ook dusdanig dat de vakgrenzen gecentreerd om rivierkilometers liggen. De ligging van de rivierkilometers is afkomstig van het DTB-rivier. In het DTB-rivier bestaat de belijning uit een tweetal lijnstukken die elk vanaf een oever ongeveer een derde van de breedte van het zomerbed beslaan. Beide lijnen zijn doorgetrokken tot de rivieras en verbonden tot een lijnstuk. De kilometring is hier handmatig aan toegevoegd.

Speciale aandacht verdient de rivierkilometring op een aantal locaties langs de Maas. Zoals daar zijn de overgang tussen zuidelijke en noordelijke rivierkilometers tussen km 67 en 69. En op die locaties waar door bochtafsnijdingen rivierkilometers zijn verdwenen. Dit komt voor op de volgende locaties langs de Maas:

- km 81-84 (Roermond)
- km 89-90 (Neer)
- km 148-149 (Sambeek)

Een ander aandachtspunt is dat de lengte van een rivierkilometer langs de Maas zelden 1000 meter bedraagt, maar dat deze veelal korter is.

### 3.7 Vakgrenzen

#### 3.7.1 Vakgrenzen zomerbed

Bij het bepalen van de vakgrenzen in het zomerbed worden door het RIZA de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De vakgrens van de SOBEK-vakken in het zomerbed ligt haaks op de rivieras.
- De SOBEK-vakken hebben een gemiddelde lengte van ongeveer 500 meter, gemeten over de as van de rivier.
- Bij de schematisatie zijn de grenzen zo gelegd dat iedere hele en halve rivierkilometer in het centrum van een SOBEK-vak ligt. Hierdoor is bewerkstelligd dat op iedere rivierkilometer een rekenpunt ligt waardoor geen interpolatie op de rekenresultaten plaats hoeft te vinden..
- Een stuw vormt altijd de grens tussen twee SOBEK-vakken. Deze randvoorwaarde is opgelegd om ervoor te zorgen dat in een SOBEK-vak geen twee verschillende waterstanden kunnen worden berekend.
- Het begin en eind van een branch dient altijd in het centrum van een SOBEK-vak te liggen. Hierdoor zijn op deze locaties de profielen dan ook niet gecentreerd rondom hele en halve rivierkilometers. Het profiel dat hier ligt geldt zowel voor de boven- als benedenstroomse branch
- Door conflicterende eisen van rivierkilometers en stuwen kan het voorkomen dat aanliggende vakken veel korter of langer dan 500 meter worden. Hiervoor is zoveel mogelijk gecorrigeerd. De vaklengte is in ieder geval langer dan 200 meter.
- De vakken zijn opeenvolgend genummerd, beginnend bij vaknummer 1 ter plaatse van kilometer 2.56 tot vak 455 ter plaatse van km 226.0. De nummering van de vakken komt overeen met de nummering van de SOBEK-profielen.
- De nummering van SOBEK-vakken van het Lateraal kanaal loopt van 501 tot en met 504.

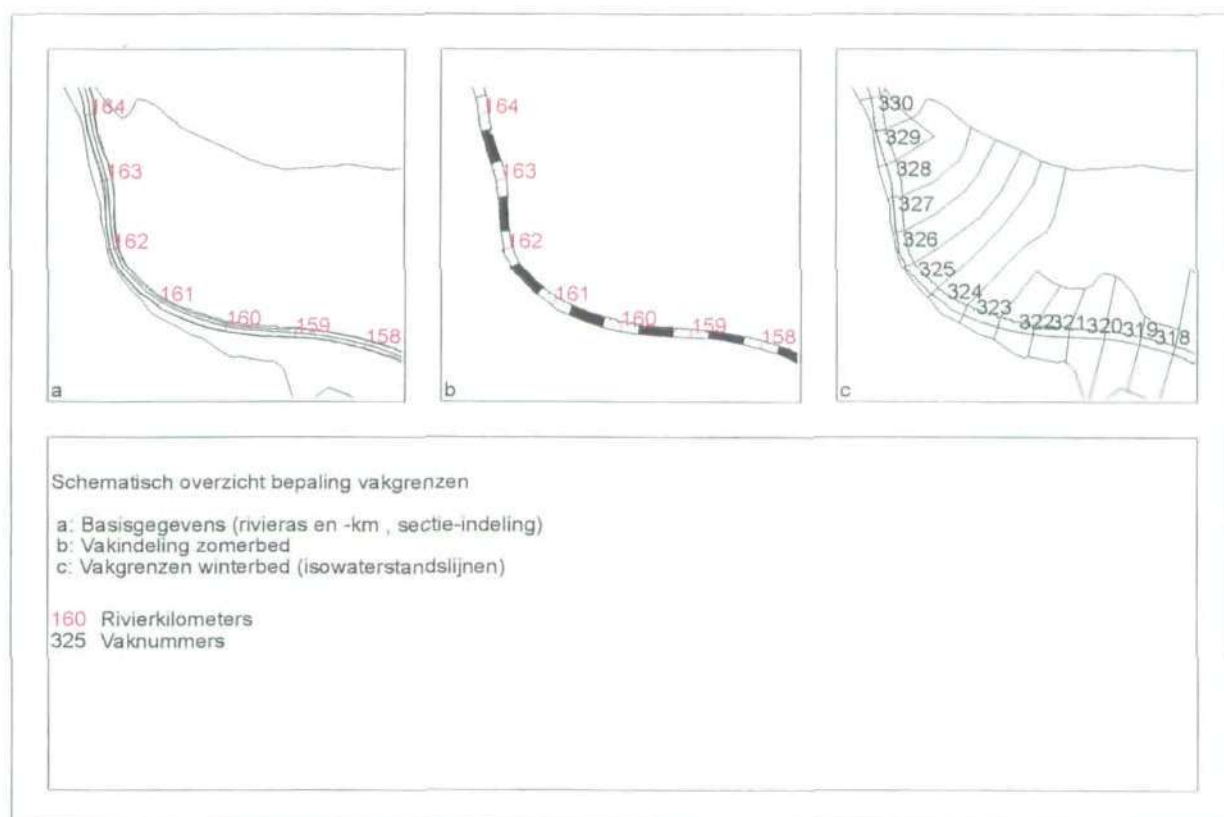
Een overzicht van de ligging van de SOBEK-vakken in relatie tot de branches en de rivierkilometers is gegeven in bijlage 1.

#### 3.7.2 Vakgrenzen winterbed

Een belangrijk uitgangspunt voor eendimensionaal modelleren is dat de waterstand in het winterbed gelijk is aan die in het zomerbed. Om aan deze voorwaarde te voldoen zijn door het RIZA bij het vaststellen van de vakgrenzen in het winterbed de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Sprongen in de waterstand vormen in principe de begrenzing van een SOBEEK-vak. Deze sprongen zijn handmatig gedetecteerd aan de hand van de WAQUA resultaten bij 3000 en 3935 m<sup>3</sup>/s.
- Op vakgrenzen in het zomerbed zijn visueel de met WAQUA berekende waterstanden ingeschat. Deze zijn benut om handmatig isolijnen van gelijke waterstanden te bepalen die aansluiten op de grenzen in het zomerbed.
- Deze gegevens, in combinatie met de vakgrenzen in het zomerbed zijn gebruikt om de vakgrenzen in het winterbed vast te stellen.

In figuur 7 zijn de verschillende stappen bij het bepalen van de vakgrenzen schematisch weergegeven. Deze manier van werken heeft dus als gevolg dat de oppervlakten van opeenvolgende SOBEEK-vakken in het winterbed aanzienlijk van elkaar kunnen verschillen. Als het verhang over grote oppervlakten in het winterbed gebied zeer gering is, wordt dit gebied dus toegekend aan één vak. Het betreft dan in het algemeen bergende gebieden achter kaden of oude rivierarmen. Aan de andere kant houdt dit ook in dat de vakken in het winterbed vrij klein kunnen zijn op gebieden waar een groot verval optreedt zoals bij bruggen en flessehalzen. Voorbeelden van deze situatie zijn te zien in figuur 7, bij vak 323 resp. 329.



**Figuur 7** Overzicht stappen bepaling vakgrenzen

De hier geschetste methode is bewerkelijk, omslachtig en vanwege de grote hoeveelheid persoonlijke interpretatie niet goed reproduceerbaar. Dit geldt met name voor de bepaling van de begrenzing in het winterbed. In Helmich en Zilvold (1997) is aangetoond dat zowel het detecteren van sprongen in de waterstand als het bepalen van iso-waterstandslijnen in het winterbed voor een groot deel geautomatiseerd kan worden. Hiervoor dienen waterstanden die door WAQUA zijn berekend te worden ingevoerd in GIS. Als het nieuwe, kromlijnige, WAQUA-rooster voor de Maas gereed is, dan kunnen de vakgrenzen dan op een snelle, consistente en reproduceerbare wijze worden bepaald. Vooralnog moet worden volstaan met de handmatig bepaalde grenzen in het winterbed.

### 3.8 Grens stroomvoering/stroomberging

De hoeveelheid water die door het winterbed afgevoerd kan worden hangt in grote mate af van het oppervlak aan stroomvoerend gebied en wordt voor een groot deel bepaald door lokale kenmerken. In SOBEK worden daarom stroomvoerende en stroombergende breedten onderscheiden. De GIS-applicatie berekent op de verschillende hoogteniveau's deze breedten aan de hand van de stroomvoerende en stroombergende gebieden in een SOBEK-vak.

De bepaling van de grens tussen deze gebieden heeft voor het noordelijk en zuidelijk deel van de Maas op verschillende manieren plaatsgevonden. Deze verschillende werkwijze is enerzijds ingegeven door een verdergaande kennisontwikkeling bij de schematisatie van de Rijntakken (Van der Veen et al., 1997), anderzijds door het digitaal beschikbaar zijn van modeluitkomsten van WAQUA voor het noordelijk deel van de Maas. In de volgende paragrafen wordt beschreven op welke wijze de grens tussen het stroomvoerende en het stroombergende deel van het winterbed tot stand is gekomen.

#### 3.8.1 Zuidelijk deel van de Maas

Ten zuiden van km 96.5 is de grens tussen het stroomvoerende en het stroombergende deel van het winterbed grotendeels gebaseerd op expert-judgement. Een belangrijk hulpmiddel hierbij zijn de resultaten van WAQUA berekeningen. Gebruik is gemaakt van stroombanenkaarten van de Grens- en Plassenmaas bij afvoeren van 3000 m<sup>3</sup>/s en 3935 m<sup>3</sup>/s te Borgharen-dorp.

In het algemeen zijn die gebieden van de uiterwaard die een lage dichtheid aan iso-afvoerlijnen bevatten tot het stroombergend deel van het winterbed gerekend. Ook die gebieden waar de richting van de iso-afvoerlijnen afwijkt van de modelrichting zijn in het algemeen gekarakteriseerd als stroombergend. De tweedimensionale aspecten die hier een rol spelen zijn zeer slecht onder te brengen in een eendimensionaal model. Op die locaties in het winterbed waar als gevolg van de aanwezigheid van wegen of kaden sprongen in de waterstand optreden is de stroomvoerende breedte beperkt gehouden. Deze begrenzing is handmatig ingetekend op analoge rivierkaarten en vervolgens gedigitaliseerd. Tijdens de calibratie van het zuidelijk deel van het model bleek het noodzakelijk de begrenzing op een aantal locaties aan te passen.

#### 3.8.2 Noordelijk deel van de Maas

Om de grens tussen het stroomvoerend en het stroombergend winterbed te bepalen is gebruik gemaakt van stroomsnelheden. Deze zijn door het model WAQUA berekend en ingelesen in Arc-INFO. Hierbij is gebruik gemaakt van berekeningen die zijn uitgevoerd door dir. Limburg met de rechtlijnige versie van WAQUA. Voor deze modellen gelden globaal de volgende kenmerken (RWS, dir. Limburg, 1997):

Tabel 4 Kenmerken gebruikte WAQUA modellen

Traject	Bodemligging	Overeenkomstige afvoer Borgharen-dorp
km 97-158	1984	3935
km 156 - 165	1979	3935
km 163-220	1979	3650

Voor de berekening van de grens tussen stroomvoerende en stroombergende gebieden wordt alleen het winterbed in beschouwing genomen. Aangenomen wordt dat elke cel in het winterbed bijdraagt aan het totale energieverlies in de uiterwaard. Het energieverlies bij stroming kan beschreven worden als:

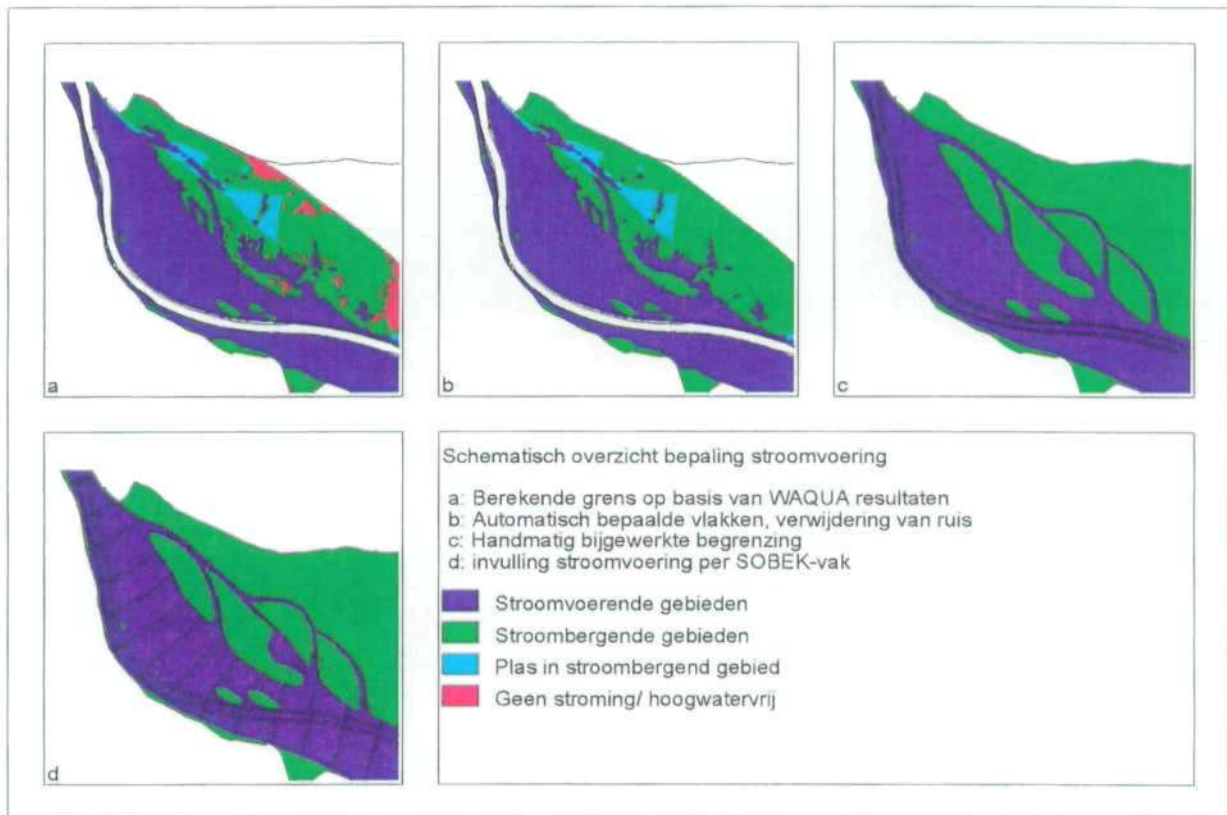
$$dH = k_{si} * v^2 / (2 * g)$$

- k<sub>si</sub> = verliesconstante
- v = stroomsnelheid
- g = gravitatieconstante

Van de cellen in het winterbed is per gridcel het kwadraat van de stroomsnelheid bepaald en is uit de som van de kwadraten de gemiddelde gekwadrateerde snelheid in het SOBEK-vak berekend. Empirisch is voor de Rijntakken vastgesteld dat een gekwadrateerde snelheid kleiner dan de helft van het gemiddelde van de gekwadrateerde snelheid per vak een goed criterium voor de grens



stroomvoering en -berging is (Van der Veen et al., 1997). In het winterbed kunnen plassen bij lage stroomsnelheden toch een aanzienlijke bijdrage leveren aan de afvoer doordat ze over grote diepte meestromen. Van plassen in het stroombergend deel van het winterbed is op basis van het afvoerpatroon bepaald of deze niet alsnog stroomvoerend moeten worden. Op deze wijze komen de variaties in het winterbed zoals stroomluwe delen achter kaden, bruggen en hoogwatervrije terreinen goed naar voren. In figuur 8 zijn de verschillende stappen schematisch weergegeven voor een traject langs de Maas in de omgeving van Gennep.



Figuur 8 Fasen in de bepaling van de grens stroomvoering/-berging

### 3.9 Zomerkaden

In tegenstelling tot de Rijntakken kent de Maas geen zomerkaden. Toch bevinden zich in het winterbed elementen die bij een bepaalde afvoer beginnen mee te stromen en daardoor op een soortgelijke wijze functioneren. Om dit twee dimensionale aspect te kunnen modelleren zijn deze elementen als zomerkade in de schematisatie opgenomen. Dit kan dus betekenen dat de ingevoerde ligging en de hoogte van kaden niet overeenkomen met de elementen die in het veld waarneembaar zijn.

Een voorbeeld hiervan is het feit dat een aantal laaggelegen gebieden in het winterbed van een kade zijn voorzien om te voorkomen dat deze gebieden te vroeg bijdragen aan stroomberging en/of stroomvoering. In werkelijkheid zijn deze gebieden van de rivier gescheiden door een hoger gelegen deel van de uiterwaard, bijvoorbeeld een oeverwal. De GIS-applicatie kan met deze omstandigheden geen rekening houden en kijkt alleen naar de absolute hoogteligging waardoor deze gebieden te vroeg bij zouden dragen aan de afvoer van water. Door om deze gebieden een (fictieve) kade te leggen wordt dit voorkomen.

Het feit dat de GIS applicatie niet met kaden werkt, maar met omkade gebieden heeft als consequentie dat binnen een SOBEK-vak een gebied volledig door een kade moet zijn omsloten. In het kaartbeeld heeft dit tot gevolg dat er (fictieve) kaden dwars door plassen kunnen lopen.

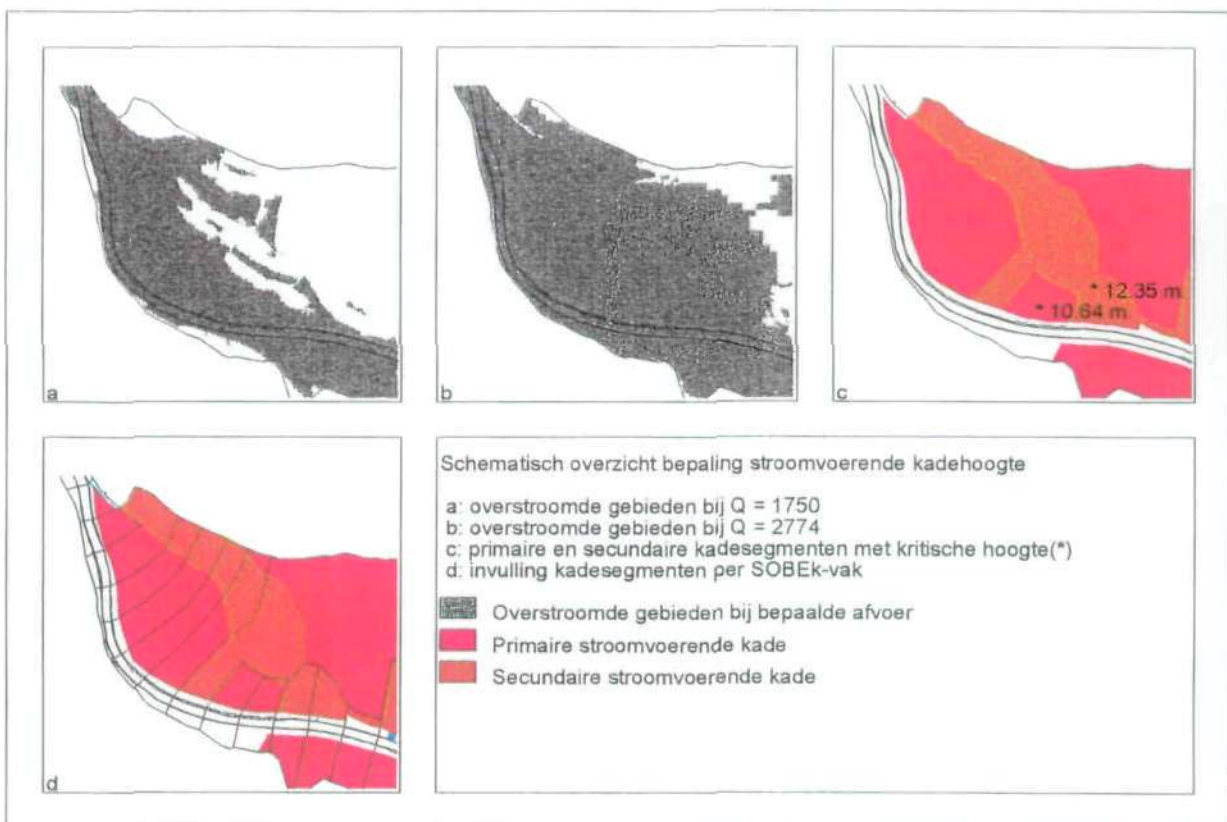
Kaden hebben een grote invloed op het stromingspatroon in het winterbed. De GIS applicatie onderscheidt dan ook meerdere typen kaden:

1. (primaire kade) Omkaad gebied dat (deels) in het stroomvoerende deel van het winterbed ligt. Dit omkade gebied heeft, binnen het SOBEK-vak, de grootste invloed op de waterbeweging..
2. (secundaire kade) Omkaad gebied dat (deels) in het stroomvoerende deel van het winterbed ligt, maar waarvan de hoogte niet als  $H_{top}$  in het profiel wordt opgenomen.
3. (secundaire kade) Omkaad gebied dat volledig in het niet stroomvoerende deel van de uiterwaard gelegen is.
4. Omkade plas. De plas ligt (deels) in het stroomvoerende deel van het winterbed. Om te voorkomen dat de plas op een te vroeg moment bijdraagt aan de stroomvoering is om de plas een kade aangebracht ter hoogte van het omliggende maaiveld die er voor zorgt dat de plas op het juiste moment bijdraagt aan de stroomvoering.

Voor het zuidelijk deel van de Maas zijn de locaties van de kaden afgeleid van de topografische kaart en het DTB-rivier, de overige kenmerken (hoogte en typering van de kade) worden handmatig aan de kaden toegekend.

Voor de Maas benedenstrooms van km 96.5 is een andere werkwijze gehanteerd. Langs dit deel van de Maas vormen de oeverwallen elementen in het winterbed die tot een bepaald afvoerniveau delen van het winterbed beschermen tegen de instroming van water. Voor het modelleren zijn ze dus op te vatten als kaden. Aan de hand van figuur 9 worden de verschillende stappen besproken. Met ZWENDL berekende waterstanden zijn vertaald naar waterstanden per SOBEK-vak. Binnen het SOBEK-vak is gekeken welke delen van het winterbed lager liggen dan de berekende waterstand. Hierbij is (nog) geen rekening gehouden met de ligging van gebieden die als kade fungeren.

Op deze wijze zijn gebieden die op een bepaald niveau bijdragen aan de waterbeweging (kadesegmenten) goed te traceren (fig 9 a en b). Tevens kan de locatie worden bepaald die bepalend is voor het moment van meestromen van het gehele gebied. In combinatie met het hoogtemodel van het winterbed kan de hoogte worden bepaald (fig 9 c). Door de kadesegmenten te combineren met de vakgrenzen wordt aan ieder SOBEK-vak een omkaad gebied toegekend. De hoogte van deze gebieden is bepaald door met het verhang mee te rekenen vanaf de locatie die het meestromen bepaalt (figuur. 9.d).



Figuur 9 Overzicht stappen bepaling kadehoogte

### 3.10 Plassen

In SOBEK worden alle wateren in het modelgebied die niet tot het zomerbed van de rivier behoren als plas behandeld. Naast de locatie van de plassen is het voor berging en stroomvoering van belang om aan te geven of een plas al dan niet in open verbinding staat met de rivier en dat aan de plas een hoogte wordt toegekend die overeenkomt met het gemiddelde maaiveldsniveau rondom de plas. In de GIS applicatie wordt met de diepte van de plas geen rekening gehouden. Een plas staat in open verbinding met de rivier als deze niet is afgesloten door middel van een sluis en/of stuw die de instroming van water vanuit de rivier verhindert. Ook als een gebied door middel van een terugslagklep onder situaties van hoge afvoer is afgesloten van de rivier wordt als niet aangetakt beschouwd. De gegevens van de plassen in het winterbed worden gebruikt bij de bepaling van de stroomvoerende en stroombergende breedten op de juiste hoogteniveaus. Daarnaast spelen plassen ook een voorname rol bij de bepaling van het doorstroomprofiel van gebieden achter kaden (dAt en dAf, zie hoofdstuk 5.5.2). Aangenomen wordt dat plassen in het stroomvoerend deel van het winterbed over een extra diepte van twee meter bijdragen aan de stroomvoering in het SOBEK-vak. De juiste bepaling van de oppervlakte en het moment van meestromen van plassen is dan ook van groot belang.

Tabel 5 Overzicht vliegdata en afvoeren DTB rivier

Traject (indicatie)	datum	Afvoer (m <sup>3</sup> /s, geschat)
Eijsden- Borgharen-dorp	24-06-1994	50
Borgharen-dorp - Maaseik	28-06-1994	50
Maaseik-Kessel	16-04-1994	500
Kessel- Belfeld	02-05-1994	200
Belfeld - Wanssum	24-03-1995	550
Wanssum - Geysteren	10-03-1995	625
Geysteren - Sambeek	11-03-1995	600
Sambeek - Middelaar	25-04-1995	500
Middelaar - Batenburg	05-04-1995	550
Batenburg - Lith	21-04-1995	600
Moleneind	10-03-1995	600
Lith -Hedel	03-12-1994	100

Deze beide kenmerken zijn door directie Limburg aan de plassen toegekend op basis van het DTB rivier en gecombineerd tot een vlakkenbestand. Door het RIZA is nog een aantal aanvullende bewerkingen op het bestand uitgevoerd.

1. Alle plassen met een oppervlakte kleiner dan 750 m<sup>2</sup> zijn uit het bestand verwijderd. Aangenomen is dat bij deze oppervlakte de berekende breedte van deze plassen in het SOBEK-profiel minder dan 1 meter bedraagt. Verondersteld wordt dat deze daardoor geen invloed op de stroomvoering uitoefenen.
2. Het DTB rivier is op een aantal verschillende dagen gevlogen, waarbij een grote variatie aan afvoeren te Borgharen-dorp is opgetreden. De oeverlijn van plassen en de gemiddelde maaiveldhoogte op deze oeverlijn worden daardoor direct beïnvloed door de data waarop gevlogen is (zie tabel 5). Het kan voorkomen dat de aangeduide hoogte van de plas lager komt te liggen dan de opgegeven hoogte voor de oeversectie. De berekende profielen kunnen daardoor in hoogte teruglopen. Om deze problemen te voorkomen is de hoogte van plassen altijd minimaal 0,10 m. hoger gesteld dan de hoogte van de oeversectie. Hierdoor kan het ook voorkomen dat aan één plas meerdere hoogtes zijn toegekend doordat per SOBEK-vak de hoogte van de plas en de oeversectie zijn vergeleken en plas zich over meerdere SOBEK-vakken uitstrekt.
3. Op een aantal andere locaties kwam het voor dat de maximale plashoogte die aan een plas is toegekend overeenkomt met de hoogte van een omliggende kademuur of sluis. In gevallen waar dit in de schematisatie problemen oplevert (met name bij stuw Linne) zijn de hoogten van de plas aangepast.
4. De berekende SOBEK-profielen nabij Grevenbicht blijken structureel teveel dAf te bevatten. Om deze oppervlakten te verminderen is de hoogte van de plassen in de vakken 83 t/m 85 en 89 t/m 91 gelijk gesteld aan die van de omringende kade. Ondanks deze aanpassingen bleek het tijdens de

calibratie toch noodzakelijk de dA handmatig te verkleinen om aan de calibratie criteria te voldoen. De vakken waar deze aanpassingen hebben plaatsgevonden zijn weergegeven in tabel 6.

**Tabel 6 vakken waarvan dA<sub>r</sub> handmatig is aangepast**

64 -65	147	175	411
89-91	150	385-386	415-416

In een drietal gevallen is een andere werkwijze gehanteerd. Het betreft hier oppervlaktewater dat niet geheel wordt beschreven door het DTB rivier en dat bij een bepaald afvoerniveau kan worden afgesloten door middel van een sluis. In de schematisatie zou daardoor op dit niveaude bergende breedte teruglopen. Dit is niet ingevoerd (Van der Veen et al, 1998).

Om de gegevens toch in de modelschematisatie op te kunnen nemen zijn de gegevens opgevraagd bij dir. Limburg. De gegevens van deze plassen zijn handmatig ingevoerd in de schematisatie. Het betreft hier de plassen en oppervlakten die zijn weergegeven in tabel 7.

**Tabel 7 Plassen die niet geheel via de GIS applicatie zijn verwerkt**

Naam v/d plas	in open verbinding	oppervlakte
Maas-Waal kanaal	ja, via sluis	1178281 m <sup>2</sup>
Kraaijenbergse plas	ja, via sluis	2490550 m <sup>2</sup>
Plasmolenplas	ja, via sluis	572623 m <sup>2</sup>

### 3.11 Kribben

De ligging van de kribben in de Maas is afkomstig van het DTB rivier. De ligging van de kribben is met name gebruikt voor de bepaling van de breedte van de oeversectie. Deze is hier gedefinieerd als het gebied tussen de oeverlijn en de normaallijn. Deze is handmatig gedigitaliseerd tegen de achtergrond van de digitale rivierkaart.

Naast de ligging van de kribben is ook de hoogte van de kribben een belangrijk aspect in de schematisatie. De hoogte van de kribben is niet verkregen uit het DTB rivier, maar is afkomstig van directie Limburg. De reden hiervoor is dat de procedure voor het bepalen van de kribhoogtes zoals deze in het kader van de centrale database voor riviergegevens wordt opgezet nog niet gereed was en zeer tijdsintensief bleek te zijn. In verband met de beschikbare tijd is besloten niet van deze methode gebruik te maken. In volgende versies kan gebruik gemaakt worden van de GIS-database en zal deze procedure wel worden gebruikt.

**Tabel 8 Ingevoerde kribhoogten per SOBEK-vak in cm + NAP**

vaknr.	Hoogte	vaknr.	Hoogte	vaknr.	Hoogte	vaknr.	Hoogte
129	2163	325	831	430	248	447	177
312	903	326	829	431	195	448	204
314	846	327	836	432	188	449	196
315	750	328	811	433	197	450	188
316	818	329	811	434	229	451	174
317	877	330	823	435	224	452	168
320	823	413	355	436	255	453	196
321	810	415	229	437	235	454	216
322	808	416	243	443	210		
323	791	427	263	445	233		
324	819	428	225	446	205		

De gegevens van de kribhoogten zijn afgelezen van de (analoge) rivierkaarten en zijn afkomstig uit 1973, 1981 en deels uit 1995 (Knippenberg, 1997). (Bij de verwerking van de gegevens is geen rekening gehouden met de ouderdom van de gegevens. Indien in een SOBEK-vak één of meer kribben aanwezig zijn, wordt in het profiel een kribhoogte ingevoerd. In die gevallen waar zich meerdere kribben binnen een SOBEK-vak bevinden is de gemiddelde hoogte van deze kribben ingevoerd, hierbij

is geen rekening gehouden met eventuele verschillen in hoogte tussen de linker en rechter oever. De ingevoerde kribhoogten zijn weergegeven in tabel 8.

### 3.12 Ecotopen

Naast het gebruik van GIS voor het maken van SOBEK-profielen wordt overige informatie voor SOBEK met behulp van geografische informatie bepaald. Een duidelijk voorbeeld hiervan zijn de ruwheden in het winterbed die voor een groot deel door de voorkomende vegetatietypen (ecotopen) worden bepaald. In SOBEK bestaat de mogelijkheid om voor trajecten een ruwheid voor het winterbed op te geven. Voor de ruwheidsbepaling is gekozen voor trajecten met een lengte van ongeveer 5 km. In tabel 9 zijn de verschillende trajecten weergegeven.

Tabel 9 Begrenzing ruwheidstrajecten SOBEK

traject	vak begin	vak eind	km begin	km eind	traject	vak begin	vak eind	km begin	km eind
1	1	6	2.550	5.250	24	234	243	115.250	120.250
2	7	16	5.250	10.250	25	244	253	120.250	125.250
3	17	28	10.250	15.125	26	254	263	125.250	130.250
4	29	40	15.125	20.250	27	264	273	130.250	135.250
5	41	50	20.250	25.250	28	274	283	135.250	140.250
6	51	60	25.250	30.250	29	284	293	140.250	145.250
7	61	70	30.250	35.250	30	294	302	145.250	150.250
8	71	80	35.250	40.250	31	303	312	150.250	155.250
9	81	90	40.250	45.250	32	313	322	155.250	160.250
10	91	100	45.250	50.250	33	323	332	160.250	165.250
11	101	110	50.250	55.250	34	333	342	165.250	170.250
12	111	120	55.250	60.250	35	343	352	170.250	175.250
13	121	130	60.250	65.250	36	353	362	175.250	180.250
14	131	146	65.250	70.025	37	363	372	180.250	185.250
15	147	156	70.025	75.250	38	373	382	185.250	190.250
16	157	166	75.250	80.250	39	383	392	190.250	195.250
17	167	173	80.250	85.250	40	393	402	195.250	200.250
18	174	182	85.250	90.250	41	403	413	200.250	205.250
19	183	192	90.250	95.250	42	414	423	205.250	210.250
20	193	202	95.250	100.250	43	424	433	210.250	215.250
21	203	213	100.250	105.250	44	434	443	215.250	220.250
22	214	223	105.250	110.250	45	444	453	220.250	225.250
23	224	233	110.250	115.250	46	454	455	225.250	226.250

Per traject wordt de ruwheid bepaald als functie van de oppervlakte van de verschillende (geclusterde) ecotopen en de gemiddelde berekende waterdiepte op MHW niveau per ecotoop. Om de k-waarden te bepalen zijn de volgende stappen uitgevoerd. Op basis van de (concept) ecotopenkaart (MD, 1997), zijn de ecotopen van de Maas geclusterd tot ruwheidstypen. Een ruwheidstype kan worden omschreven als een cluster van ecotooptypen eenzelfde ruwheidskarakteristiek bezitten. De clusteringstabel is weergegeven in tabel 10.

Tabel 10 Clustering van ecotopen naar ruwheidstype

MD-code	Beschrijving ruwheidstype	Code ruwheidstype	Naam ruwheidstype
RHb4	Hoogwatervrij productiebos	701	Open bos
RHb2 RMb2	Hoogwatervrij hardhoutbos Moerassig hardhoutbos	706	normaal bos
RHb3 RMb3	Hoogwatervrij zachthoutbos Moerassig zachthoutbos	711	Dicht bos
RHb6 RHb7 RMb7	Hoogwatervrij hardhoutstruweel Hoogwatervrij zachthoutstruweel Moerassig zachthoutstruweel	716	Struweel
RMr2	Riet	736	Riet
RHg3	Productiegraslanden op de hoge delen	21	Glad grasland
RHg1	Hoogwatervrij schraalgrasland	26	Normaal grasland
RHg4 RMg1	Uiterwaard stroomdalgrasland op hoge delen Moerassig structuurrijk grasland	31	Ruw grasland
RHr5 RHr6 RMr6	Structuurrijke ruigte op hoogwatervrij terrein Structuurarme ruigte op hoogwatervrij terrein Moerasruigte	36	Open ruigte (winter)
n.v.t.	n.v.t.	41	dichte ruigte
RHr7	Akker op hoogwatervrij terrein	61	akkers
RWc1 RWc2 RWc5 RWn1 RWp1 RWp2 RWp3 RWp4 RZd1	Aangekoppelde strang Afgesloten strang Beekstrang zandige nevengeul Aangekoppeld zand/grindgat afgesloten zand/grindgat Klein diep water/kolk Haven Diepe bedding	11	plassen
RHh1 RHh2 RHh3	Hoogwatervrij schraalgrasland met Maasheggen Productiegrasland op hoogwatervrije delen met Maasheggen Akker op hoogwatervrije delen met Maasheggen	961	Maasheggen
RHk2 RHk3 RHk5 RHk6 RzZo1 RZz02 X-- " "	Onbegroeide hoogwatervrije delen met grind Onbegroeide hoogwatervrije delen met zand Bebouwing op hoogwatervrije delen Verharding op hoogwatervrije terreinen ondiepe grindbedding ondiepe zandbedding onbekend/niet gekarteerd niet gecodeerd	-99	Overig

Voor ieder ruwheidstype is een diepte-afhankelijk ruwheidsprofiel opgesteld (lit. o.a. Van de Brink, Klopstra et al ). In dit profiel is het verloop van de k-waarde uitgezet tegen waterdiepte in het ruwheidstype (tabel 11). Per traject is in het stroomvoerend deel van het winterbed de waterlaag berekend, behorend bij een afvoer van 3935 m<sup>3</sup>/s te Borgharen-dorp. Voor ieder ruwheidstype is de gemiddelde waterdiepte bepaald en kan de k-waarde worden berekend. Deze zijn weergegeven in tabel 12. Met behulp van een FORTRAN programma is vervolgens per traject de minimale en maximale ruwheid in het winterbed bepaald (Schutte en Van der Veen, 1996).

Tabel 11 Diepte-afhankelijke k-waarden.

ruwheidstype		Diepte in m								
Beschrijving	Code	0-0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
Open bos	701	0.50	0.50	0.50	1.00	2.10	3.70	5.80	7.90	10.60
Normaal bos	706	0.50	0.70	3.30	7.20	11.90	17.20	23.00	29.30	35.80
Dicht bos	711	0.50	1.70	5.90	11.50	17.90	24.80	32.20	39.90	47.80
Struweel	716	0.50	3.00	9.00	16.00	23.90	27.22	29.11	30.60	31.80
Riet	736	0.50	7.20	17.60	20.60	21.50	22.10	22.60	23.00	23.50
akkers	61	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Glad grasland	21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Normaal grasland	26	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Ruw grasland	31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Open ruigte (winter)	36	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
dichte ruigte (winter)	41	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
toegevoegde ruwheids- typen										
Maasheggen	961	0.50	1.20	1.40	1.60	1.70	1.90	2.00	2.00	2.00
plassen	11	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Overig	-99	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Bij deze gegevens moeten de volgende aspecten goed in ogenschouw worden genomen:

- Ten tijde van het vervaardigen van de schematisatie was van de Maas slechts een concept-versie van de ecotopen kaart van de Maas beschikbaar. De hierin aanwezig onvolkomenheden zijn bij het vervaardigen van de schematisatie niet aangepast.
- Bij de berekening van de ruwheid in het winterbed is alleen het stroomvoerend deel van het winterbed in beschouwing genomen. Voor de presentatie zijn echter de ruwheidstypen in het gehele winterbed van de Maas gepresenteerd.
- De begrenzing van het modelgebied voor SOBEK en het gebied dat ten behoeve van de ecotopenkaart is gekarteerd zijn niet geheel aan elkaar gelijk. Bij de berekening en de presentatie is hier geen rekening mee gehouden.
- In verband met het ontbreken van recent modelresultaten van WAQUA zijn de ruwheden in het winterbed berekend met uitvoer van het model ZWENDL. De uitkomsten van de berekening zijn daardoor indicatief en bij de calibratie zijn alleen de maximale waarden gebruikt
- De ruwheid in het winterbed is brekend per traject van ongeveer 5 km. De ligging van de grens tussen twee trajecten is willekeurig gekozen.
- Voor het traject tot en met km 96 is hiervoor een permanente afvoer te Borgharen-dorp gebruikt, voor het traject benedenstrooms een golfvormige afvoer. De waterstanden zijn berekend met ZWENDL. De reden dat zowel golfvormige als permanente afvoeren zijn gebruikt, ligt in de beschikbaarheid van de modelresultaten. De uitkomsten zijn door middel van interpolatie vertaald naar waterstanden per SOBEK-vak.

### 3.13 Additionele meetpunten

Tijdens een hoogwater wordt de waterstand niet alleen op de reguliere meetlocaties geregistreerd, maar worden ook op tal van andere locaties de topstanden van het hoogwater vastgelegd. De gegevens van het hoogwater van 1995 zijn gebruikt bij de calibratie om een indicatie te verkrijgen van de kwaliteit van het model tussen de MSW stations. Hiervoor zijn de meetpunten toegekend aan SOBEK-vakken en is de gemeten waterstand vergeleken met de berekende waarde. De ligging van deze meetpunten is weergegeven in figuur 10.

Tabel 12 Overzicht gemiddelde waterdiepte, de oppervlakte en berekende k-waarde per ruwheidstype per traject.

Clustert	-99		11		21		26		31		36		61		701		706		711		716		736		961								
	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp	h	opp					
1	0	0	0	0	181	7.6	158	0.7	0	0	397	4.8	223	5.8	137	1.6	0.5	423	0.1	13.1	0	0	0	0	0	0	0	0					
2	590	9.1	548	138	357	12.1	273	2.3	0	0	291	3.3	0	0	425	3	2.5	384	7.6	11.1	500	6.7	24.8	186	1.7	8.02	0	0					
3	411	2.9	514	6.3	330	3.9	430	0.5	0	0	292	5.8	221	7	0	0	0	422	0.5	13.1	0	0	0	0	0	0	0	0					
4	195	12	246	0	202	68.2	184	15	415	1.4	206	2.3	192	191	185	26	0.4	166	6.7	1.97	0	0	0	116	3.2	3.96	0	0					
5	213	7.7	514	5.2	257	50	279	20	348	0.3	319	3.4	194	185	177	7.7	0.4	202	2.4	3.38	357	0.8	14.9	0	0	0	0	0					
6	189	6.7	379	1.6	256	33.9	276	9.7	0	0	418	2.7	273	65	269	2.6	0.7	203	4	3.42	0	0	0	0	0	0	0	0					
7	448	4.8	653	17	225	20.7	223	2.6	0	0	400	13	213	17.2	202	9.1	0.5	224	0.6	4.24	425	0.8	19.6	0	0	0	0	0	0				
8	189	3.1	0	0	316	27.7	335	2	0	0	263	2.9	242	33.5	162	0.7	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
9	339	5.6	764	1.9	259	42.9	241	6.7	0	0	374	12	160	5.3	0	0	0	224	0.7	4.24	577	2.9	30.4	0	0	0	0	0	0				
10	237	8	0	0	284	69.6	336	18	0	0	378	9.6	314	72.7	0	0	0	278	2.9	6.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
11	255	8.4	365	0.6	244	82.4	338	7.1	0	0	250	18	282	32	280	1.6	0.8	357	6.3	9.62	201	1.6	5.96	0	0	0	0	0	0				
12	227	4.8	552	12	279	34.8	222	4.8	0	0	407	15	295	34.6	195	3	0.5	161	1	1.78	453	1.4	21.3	0	0	0	0	0	0				
13	198	3	391	78	278	61.6	290	28	0	0	237	7.2	298	30.7	335	5.3	1.4	357	0.7	9.62	402	0.9	18	319	1.5	17.5	0	0	0				
14	239	16	341	110	229	16.6	252	26	246	5.2	373	23	235	33.8	248	18	0.7	231	2.1	4.51	85	0	1.07	429	1	24.9	0	0	0				
15	546	0.6	556	84	330	33.2	412	11	0	0	385	39	316	3.2	187	2.1	0.4	237	0.2	4.74	399	8	17.8	374	1.4	23	0	0	0				
16	392	6	475	119	442	54.1	464	0.1	0	0	382	6.3	380	0.8	335	8.8	1.4	146	0.1	1.9	470	0.1	22.6	487	0.6	27	0	0	0				
17	493	3.1	618	35	526	37.3	510	12	0	0	559	5.1	496	7.1	436	12	2.7	573	1.3	21.3	606	2.7	32.7	563	0.6	28.6	0	0	0	0			
18	303	11	740	70	545	112	562	18	627	1.7	553	21	430	127	486	5.5	3.4	510	1	17.8	669	4.4	37.5	652	2.7	30	0	0	0	0			
19	300	18	710	39	480	22.3	546	8.1	0	0	537	17	323	77.3	222	25	0.6	372	3.7	10.4	579	3.4	30.6	620	1.3	29.4	0	0	0	0			
20	346	20	529	17	324	47.2	524	9.4	0	0	424	7.6	282	109	290	0.6	0.9	327	3	8.47	458	1.4	21.7	551	3.2	28.4	0	0	0	0			
21	252	43	589	46	352	59.4	377	11	0	0	390	10	358	87.2	351	13	1.3	374	5	10.5	0	0	0	395	3.7	23.7	0	0	0	0			
22	182	25	651	1.6	397	51.7	342	15	0	0	475	13	282	11.1	224	2	0.6	307	3.6	7.53	652	0.1	36.1	301	1.9	16.1	0	0	0	0			
23	197	11	749	2.3	289	84.4	351	6.9	0	0	323	5.8	292	120	285	2.6	0.8	218	1.6	4	453	0.2	21.3	308	0.2	16.6	0	0	0	0			
24	238	8	317	6.1	255	99.1	333	8.7	0	0	259	3.5	217	177	200	0.6	0.5	241	8.1	4.9	351	0.4	14.5	312	1.3	17	0	0	0	0			
25	229	6.2	313	23	296	34.2	358	1.4	0	0	346	13	241	157	171	0.9	0.4	0	0	0	0	0	0	365	0.9	22.7	0	0	0	0			
26	182	15	257	3.5	248	249	250	17	0	0	226	3.5	214	106	166	69	0.3	176	20	2.36	0	0	0	141	0.5	5.46	0	0	0	0	0		
27	196	14	360	44	291	214	332	2.3	0	0	268	23	248	146	284	11	0.8	217	9.7	3.96	0	0	0	177	0.4	7.39	0	0	0	0	0		
28	232	50	279	13	290	271	297	2.3	0	0	164	0	260	213	315	10	1.2	248	8.1	5.17	243	0.9	8.31	311	1.8	16.9	386	0.2	21.4	0	0		
29	223	25	0	0	297	298	287	21	0	0	285	1.4	279	152	253	30	0.5	0	0	0	258	0.6	8.81	0	0	0	0	0	0	0	0		
30	245	10	521	36	332	174	346	4.9	0	0	0	0	0	319	140	305	3.3	1.1	0	0	0	0	425	3.9	19.6	323	0.5	17.8	0	0	0	0	
31	305	20	552	93	330	242	379	15	0	0	362	7.3	321	136	372	0.4	1.7	0	0	0	446	13	21.1	394	1.6	23.7	0	0	0	0	0		
32	379	20	576	2	363	178	409	18	0	0	337	4.4	332	58.6	331	2.3	1.3	185	0.8	2.72	432	3.8	20.1	0	0	0	0	0	0	0	0		
33	217	5.5	290	31	365	236	405	29	0	0	395	1	349	74.2	338	0.8	1.4	204	7.8	3.46	283	0.5	10.4	0	0	0	0	0	0	0	0		
34	271	0.3	576	6	291	99.3	0	0	0	0	0	0	286	48.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
35	316	0.4	0	0	274	147	0	0	0	0	0	0	278	127	200	3.6	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
36	247	27	240	57	377	132	455	4.1	0	0	241	3.2	274	58.5	241	1	0.7	0	0	0	492	2.6	24.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
37	242	6.3	196	7.8	291	86.6	340	12	0	0	0	0	370	89	0	0	0	0	0	358	0.4	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
38	173	4.8	436	1.2	239	110	0	0	0	0	0	0	226	215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
39	247	4.7	376	62	275	82.7	360	8.8	0	0	276	1.7	226	125	0	0	0	0	0	0	313	1.1	12.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	208	3.2	296	37	200	87.5	229	3	0	0	145	2.8	211	161	41	2.3	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	



Opvallend is het feit dat een aantal meetpunten buiten het modelgebied gelegen zijn. Hiervoor zijn een paar verklaringen

- Langs het Julianakanaal en de bedijkte Maas zijn de meetpunten gelegen op het talud van de dijk. In de schematisatie is veelal de teen van de dijk aangehouden zodat de gegevens net buiten de schematisatie vallen. Ten behoeve van de calibratie zijn deze punten toegekend aan het dichtstbij gelegen SOBEK-vak.
- Onder andere langs de Roer en de Hambeek zijn meetpunten gelegen langs beken . Op twee uitzonderingen na zijn deze zijn toegekend aan de SOBEK-vakken waar de beek het winterbed instroomt. De uitzonderingsgevallen liggen dusdanig ver van het winterbed dat het niet zinnig leek *deze toe te kennen aan een specifieke locatie*.
- Bij Broekhuizen liggen drietal punten buiten het winterbed van de Maas, terwijl uit de overstromingsatlas en de meetwaarden blijkt dat hier in 1995 water heeft gestaan. Waarschijnlijk is het winterbed hier te krap.

### 3.14 Noodkaden hoogwater 1995

Tijdens het hoogwater van januari 1995 zijn op een groot aantal locaties in het winterbed van de Maas noodkaden (zandzakken etc.) aangebracht. Deze kaden zijn na het hoogwater weer verwijderd. Volgens verwachting hebben deze kaden grote invloed gehad op de waterbeweging tijdens het hoogwater. Om deze reden is speciaal voor de calibratie een digitaal bestand vervaardigd van de ligging van de noodkaden. Deze zijn gedigitaliseerd van de overstromingsatlas van de hoogwaters van 1993 en 1995 (RWS dir Limburg).

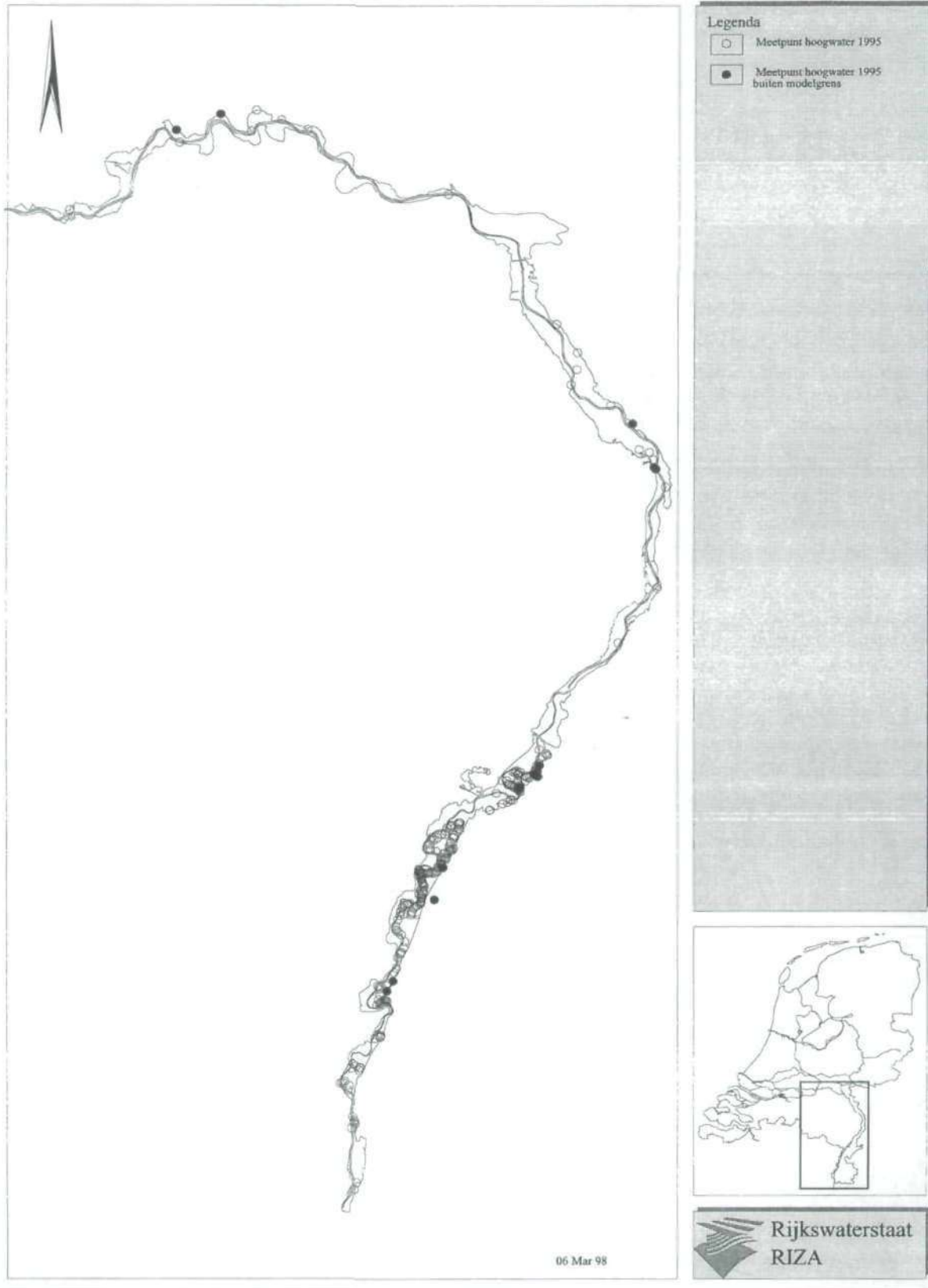
Van de gebieden die omkaad zijn is aangenomen dat zij tijdens het hoogwater droog zijn gebleven en zijn de gebieden uitgesneden uit het winterbed van de rivier. Daarnaast is ingeschat wat de effecten van de noodkades op de stroomvoering is. De wijzigingen in de stroomvoering zijn eveneens doorgevoerd in de GIS bestanden.

Ten behoeve van de calibratie zijn deze gegevens verwerkt in een nieuwe schematisatie die de geometrie tijdens het hoogwater van 1995 beschrijft. Opgemerkt dient te worden dat veranderingen in de bodemligging van de Maas die tijdens het hoogwater zijn opgetreden niet zijn opgenomen in de schematisatie. Deze schematisatie draagt als kenmerk 1995.1. In figuur 11 zijn de verschillen tussen de *vakgrenzen in beide schematisatie's weergegeven*. Ten gevolge van de aanwezigheid van noodkaden en/of veranderingen in de grens tussen stroomvoerende en stroombergende gebieden zijn de SOBEK-profielen op de volgende trajecten aangepast.

**Tabel 13 Aangepaste profielen ten gevolge van de noodkades tijdens hoogwater 1995**

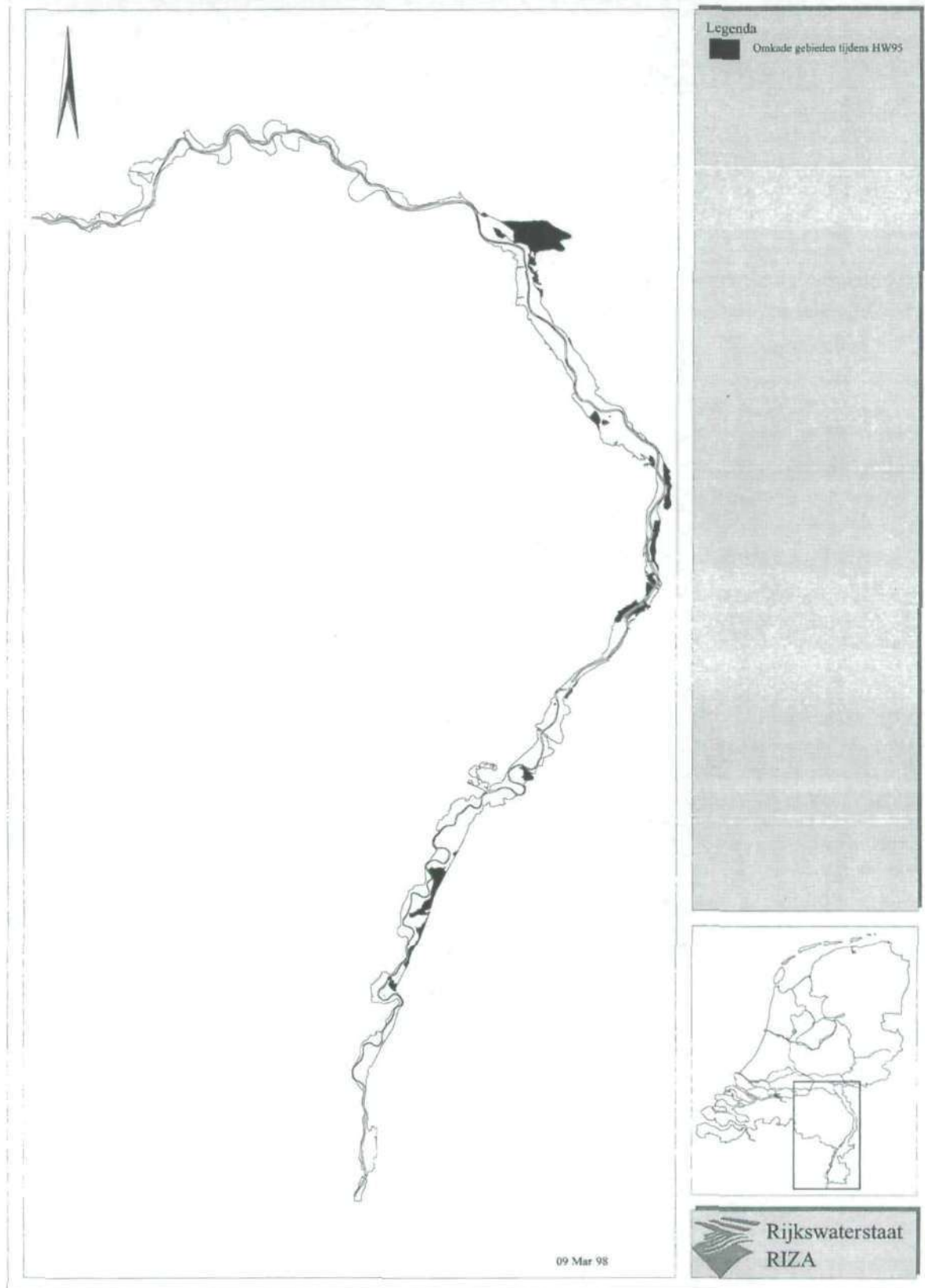
Aangepaste SOBEK-profielen	Aangepaste SOBEK-profielen
64 - 71	207 - 237
74 - 117	241 - 252
154 - 161	265 - 273
179 - 181	287 - 289
183 -189	304 - 330

SOBEK schematisatie voor de Maas, versie 1998.1  
Additionele meetpunten hoogwater 1995



Figuur 10 Ligging additionele waterstandsm Meetpunten

SOBEK schematisatie voor de Maas, versie 1998.1  
Overzicht aanpassingen tbv hoogwater 1995



Figuur 11 Overzicht omkade gebieden tijdens het hoogwater van 1995

## 4 Invoergegevens

### 4.1 Inleiding

De GIS applicatie voor het vervaardigen van de SOBEK-profielen werkt op basis van een aantal Arc-INFO grid-bestanden voor de ruimtelijke informatie en maakt voor een aantal andere gegevens gebruik van ASCII invoerbestanden.

Het gebruik van grid-bestanden is met name ingegeven door het feit dat complexe selecties en berekeningen relatief eenvoudig en snel kunnen worden uitgevoerd. Deze voordelen wegen op tegen het feit dat de basis bestanden eenmalig moeten worden geconverteerd naar grid-bestanden. Door de vertaling van vlakken en punten naar waarden per rastercel gaat een deel van de informatie noodzakelijkerwijs verloren. Het feit dat de gegevens van een SOBEK-vak worden verwerkt tot een gemiddeld profiel houdt in dat de verminderde nauwkeurigheid van een GRID bestand ten opzichte van vlakkenbestanden niet zwaar weegt.

Een aantal andere gegevens worden eenmalig bepaald en zijn niet of minder afhankelijk van directe veranderingen in de geometrie. Het betreft hier met name gegevens als vaklengte, hoogte van de geul- en oeversectie en de kribhoogte van een vak. In verband met gebruiksgemak zijn deze gegevens opgeslagen in ASCII bestanden die door de applicatie worden ingelezen. In de volgende paragrafen worden de grid- en de ASCII bestanden kort beschreven.

### 4.2 Geografische bestanden

De GIS bestanden die worden gebruikt voor de berekening van de SOBEK-profielen moeten aan een aantal eisen voldoen:

- Alle grid-bestanden moeten dezelfde extent (ruimtelijke omtrek) hebben.
- Bestanden voor het winterbed moeten het gehele gebied (inclusief het zomerbed) omslaan.
- Er mogen binnen het winterbed van de rivier geen 'NODATA' cellen voorkomen
- Alle bestanden voor de geulsectie hebben dezelfde grid-grootte
- Alle bestanden voor de uiterwaardsectie hebben dezelfde grid-grootte
- Alle hoogtegegevens zijn in integers gegeven en hebben als eenheid cm t.o.v. NAP.

In de volgende paragrafen worden de gebruikte GIS gegevens kort weergegeven.

#### 4.2.1 Geulsectie

Voor de geulsectie wordt gebruik gemaakt van GRID-bestanden met de gegevens die zijn weergegeven in tabel 14. De bestanden hebben een grid-grootte van 5\*5 meter.

Tabel 14 Overzicht basisbestanden geulsectie

Type	inhoud	Eenheid
vaknummering SOBEK-vakken	vaknummer ( 1- 455)	-
Sectie-indeling	code (1 = geulsectie) code (2 = uiterwaardsectie, inc. Oeversectie)	-
Hoogteligging zomerbed	hoogte t.o.v. NAP	cm

#### 4.2.2 Uiterwaardsectie

Voor de uiterwaardsectie wordt gebruik gemaakt van grid-bestanden met een grootte van 10\*10 meter. Het betreft hier de gegevens die weergegeven zijn in tabel 15.

Tabel 15 Overzicht basisbestanden uiterwaardsectie

Type	inhoud	Eenheid
vaknummering SOBEK-vakken	vaknummer ( 1- 455)	-
Sectie-indeling	code (1 = geulsectie) code (2 = uiterwaardsectie)	-
Hoogteligging winterbed	hoogte t.o.v. NAP	cm
hoogteligging zomerkaden	hoogte t.o.v. NAP	cm
codering zomerkaden	code 1 (deels) stroomvoerende kade code 2 (deels) stroomvoerende kade code 3 stroombergende kade code 4 plas in stroomvoerend deel winterbed	-
codering plassen	code 1 in open verbinding met de rivier code 2 niet in open verbinding met de rivier	-
hoogte van de oeverlijn van plassen	hoogte t.o.v. NAP	cm
grens stroomvoering-stroomberging	code 1 stroomvoerend code 2 stroombergend	-

### 4.3 ASCII bestanden

De GIS applicatie maakt voor een aantal gegevens gebruik van de ASCII invoerbestanden die in de volgende paragrafen zijn weergegeven.

#### 4.3.1 Maximale hoogte geul- en oeversectie

Binnen de GIS applicatie wordt gebruik gemaakt van GIS bestand met de begrenzing tussen geul-en oeversectie en een apart bestand waarin de maximale hoogte van geul- en oeversectie is vastgesteld. Bij de vaststelling van de hoogteligging van de geul- en de oeversectie leverde dit een aantal problemen op:

- De gebruikte oeverlijnen vallen niet geheel samen met de gebruikte gegevens van de hoogteligging, de hoogste punten in het zomerbed liggen niet noodzakelijkerwijs op (of in de buurt van) de oeverlijn
- het zomerbed van de Grensmaas wordt gekenmerkt door steile oeverwanden, terwijl de begrenzing in de gestuwde Maas ook niet altijd even duidelijk te bepalen was.
- Het DTB rivier is gevlogen op een aantal verschillende data waarbij de afvoer sterk varieerde (tabel 5) . Dit levert een inconsistent beeld van de oeverlijn op.

Kleine verschillen tussen de oeverlijnen van het DTB rivier enerzijds en het gehanteerde bodemverloop anderzijds kunnen profielen opleveren met een onlogisch verloop. Om deze reden is, voor de gehele Maas, een andere aanpak gehanteerd. Per SOBEK-vak zijn binnen de begrenzing van het zomerbed de maximale bodemhoogte alsmede de 95 en 99 procents overschrijdingswaarden bepaald.

Voor de maximale hoogte van de geulsectie is de volgende werkwijze gehanteerd:

*Binnen een stuwpannd zijn de 99 procents overschrijdingswaarden geselecteerd. Door deze waarden is een kromme gefit, waarbij er rekening gehouden is met het feit dat de hoogte niet onder het stuwpeil mag komen.*

Voor de oeversectie is een vergelijkbare actie uitgevoerd met de maximale hoogten van de geulsectie. Echter op die locaties in de rivier waar kribben voorkomen hebben deze prioriteit verkregen op de maximale hoogteligging. Door de punten is een logische kromme gefit. Deze gegevens zijn in de GIS applicatie ingevoerd als maximale hoogte voor resp. de geul- en oeversectie.

De verkregen gegevens zijn per stuwpannd weergegeven in figuur 12. De verkregen maximale hoogten voor geul- oeversectie zijn weergegeven in bijlage 2.

#### 4.3.2 Administratieve gegevens

Van ieder SOBEK vak worden eenmalig een aantal gegevens verzameld. Deze worden opgeslagen in een ASCII bestand. De GIS applicatie leest de gegevens van de verschillende SOBEK-vakken in uit dit bestand en gebruikt deze om een commentaar regel aan de profielen toe te voegen. Deze regel kan worden gebruikt voor de identificatie van de profielen. Het bestand bevat de volgende gegevens:

1. rivier(tak) van het systeem
2. profielnummer van het betreffende profiel
3. begin- en eindkilometer van het vak. Bedoeld om het vak snel op de rivier te kunnen lokaliseren
4. Dichtbij gelegen woonkern, eveneens bedoeld om de SOBEK-profielen snel te kunnen lokaliseren in de rivier.
5. kribhoogte ( indien geen krib aanwezig is, dan wordt een kribhoogte 0 ingevoerd)
6. versienummer. Met name bij updates in het kader van hoogwatermodellering kan het voorkomen dat een deel van het model opnieuw wordt geschematiseerd, terwijl andere delen onveranderd blijven. Met behulp van het versienummer is dan snel na te gaan welke gegevens aan het betreffende profiel ten grondslag hebben gelegen. Een overzicht van de administratieve gegevens is opgenomen in bijlage 3.

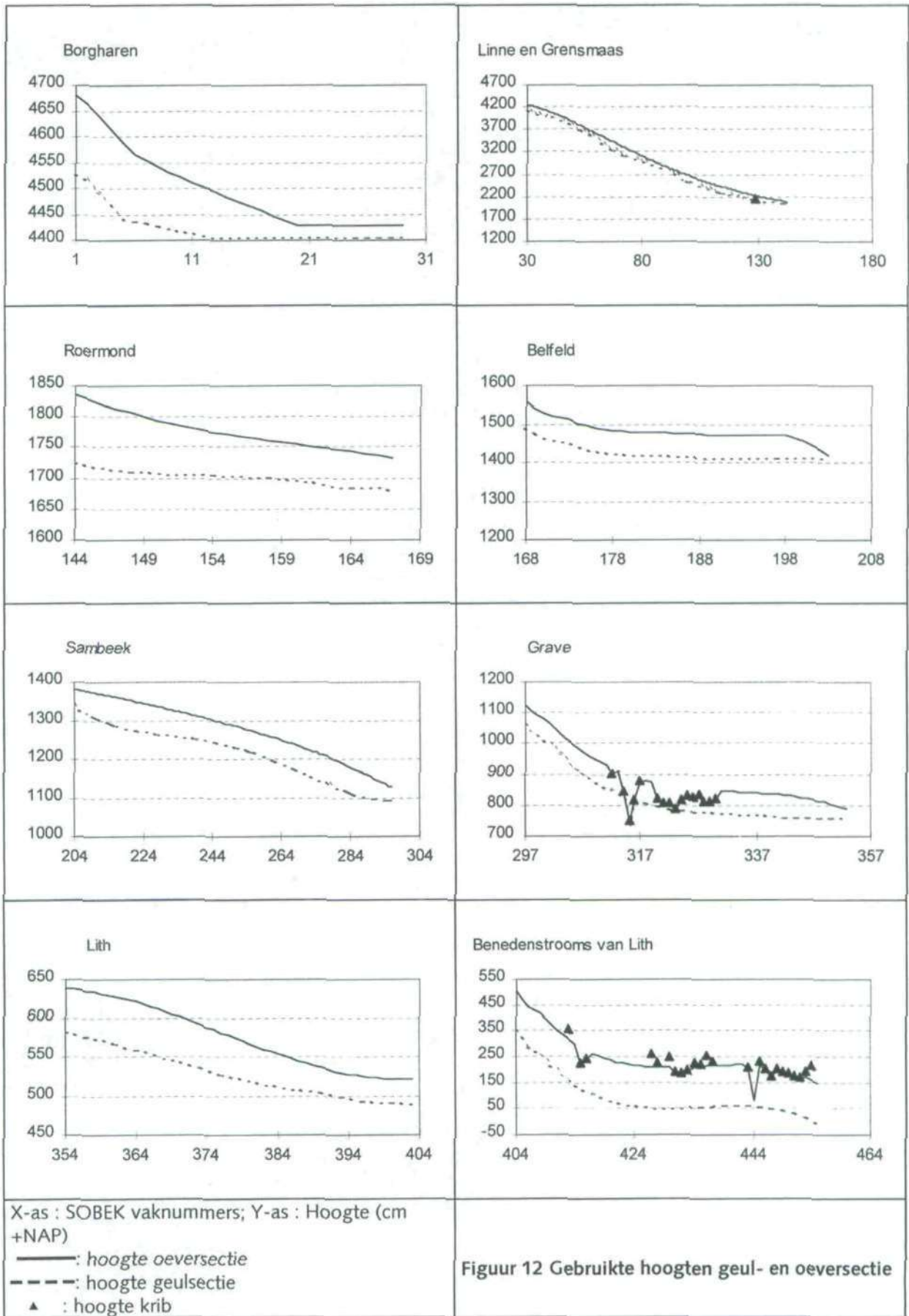
#### 4.3.3 Vaklengten

Met behulp van GIS zijn de lengten van de SOBEK-vakken in het zomerbed bepaald. Hierbij is de lengte over de rivieras aangehouden. De vaklengten van de verschillende SOBEK-vakken is weergegeven in bijlage 3.

#### 4.3.4 Rekenwindows

In verband met de grootte van de bestanden en de snelheid van de berekeningen zijn een aantal windows gedefinieerd waarbinnen selecties en berekeningen plaatsvinden. Binnen een window vallen altijd 15 SOBEK- vakken, waarbij enige overlap is aangehouden. Van de windows zijn de minimale en maximale X- en Y coördinaten opgenomen in de ASCII-file

Bij de berekeningen worden per window tijdelijke bestanden aangemaakt waarmee de profiel berekeningen plaatsvinden. De gebruikte windows zijn weergegeven in bijlage 4.



Figuur 12 Gebruikte hoogten geul- en oeversectie

## 5 Profiel berekeningen

### 5.1 Basisprincipes

In de tweede fase van het aanmaken van de SOBEK-profielen wordt basisinformatie gebruikt voor het berekenen van de profielen. Doordat de gegevens in het zomerbed een hogere nauwkeurigheid (moeten) hebben dan die in het winterbed, worden de berekeningen in het zomerbed met een kleinere celgrootte uitgevoerd dan die in het winterbed. Aan de basisgegevens wordt een aantal eisen gesteld.

- Zo moeten alle bestanden dezelfde geografische extensie en buitenbegrenzing te hebben.
- De bestanden moeten het Arc-INFO GRID formaat hebben. Dit maakt het mogelijk om complexe selecties en berekeningen snel uit te voeren.
- De hoogtegegevens van het zomer- en winterbed moeten elkaar overlappen en naadloos aansluiten op de plassen.
- De hoogteligging wordt weergegeven in cm ten opzichte van NAP met grids met integer-waarden. Dit beperkt de bestandsgrootte in vergelijking met floating point waarden en maakt het mogelijk om complexe selecties en berekeningen snel uit te voeren.

De opzet is flexibel zodat snel nieuwe informatie kan worden benut of berekeningen voor een deel van de rivier kunnen worden uitgevoerd. De uitvoer bestaat uit ASCII uitvoer-files die direct door de ASCII versie van SOBEK kunnen worden ingelezen.

De berekening van de profielen vindt plaats door cellen te selecteren die aan de juiste voorwaarden voldoen. De oppervlakte van de geselecteerde cellen wordt gesommeerd, waarna de breedte wordt berekend door te delen door de vaklengte. Een voorbeeld van zo'n selectie kan zijn: alle cellen van vak 28, in het winterbed, die stroomvoerend zijn, niet achter een kade liggen en een maaiveldhoogte hebben van minder dan 40.00 m + NAP.

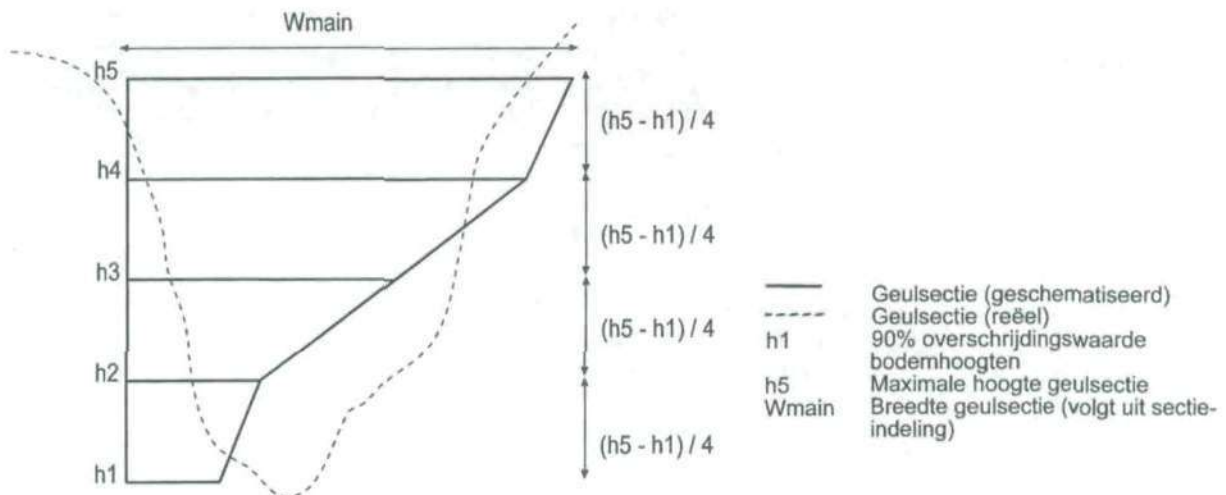
De berekeningen kunnen worden onderverdeeld in berekeningen voor het zomerbed, de oeversectie en het winterbed.

### 5.2 Berekeningen geulsectie

De geulsectie van de rivier wordt geschematiseerd met behulp van een vijftal niveaus met een gelijk hoogteverschil. Het laagste niveau van de geulsectie dat in SOBEK wordt ingevoerd komt niet noodzakelijkerwijs overeen met het laagste gemeten punt in het SOBEK-vak. De bodem van de rivier kan zowel in de breedte- als lengterichting een zeer grillig hoogteverloop hebben. Voor de schematisatie is het van belang dat een representatieve bodemhoogte wordt bepaald omdat anders de bodemligging tussen opeenvolgende vakken springerig verloopt. Dit heeft modelmatige instabiliteit tot gevolg en is ook voor morfologische berekeningen ongewenst. Om deze redenen is het minimum niveau van het zomerbed dat in SOBEK wordt ingevoerd bepaald als die waarde die door 90 % van de gridcellen van het zomerbed wordt overschreden. Het hoogste niveau van het zomerbed is bepaald op de wijze die beschreven is in hoofdstuk 4.3.1.

Het zomerbed wordt in een vijftal trapezia verdeeld waarbij ervoor gezorgd wordt dat het totaal van de volumes gelijk is aan het totale volume van het zomerbed (figuur.13). Niveau  $h_1$  is hierbij het laagste,  $h_5$  het hoogste niveau in de geulsectie. Per laag wordt dan de breedte berekend. Met deze methode kan het voorkomen dat in de onderste segmenten een negatieve breedte wordt berekend. In dit geval wordt de vorm aangepast naar een driehoek en vindt correctie plaats, waarbij echter ook het totale volume in het zomerbed kloppend moet zijn. De berekende breedte wordt gelijkgesteld aan de stroomvoerende en stroombergende breedte in de geulsectie. Als in een SOBEK-vak plassen in open verbinding met de rivier staan, wordt aangenomen dat deze volledig meedoen aan de berging en wordt de breedte van de plas in het profiel opgenomen vanaf het onderste niveau in de geulsectie.





Figuur 13 Overzicht indeling geulsectie

### 5.3 Berekeningen oeversectie

Bij de berekening van de gegevens voor de oeversectie maakt de GIS applicatie onderscheid tussen situatie met en zonder kribben.

Indien in een SOBEK-vak geen kribben aanwezig zijn, is de stroomvoerende breedte op niveau  $h_6$  gesteld op de breedte van de geulsectie, vermeerderd met een vaste breedte van 10 meter. De stroombergende breedte is gelijk aan de stroomvoerende breedte, tenzij in het vakken aangetakte plassen aanwezig zijn. In dat geval wordt de breedte van deze plassen opgeteld bij de stroomvoerende breedte om de stroombergende breedte te verkrijgen. De maximale hoogte wordt ingelezen uit een ASCII-invoerbestand en wordt bepaald buiten de GIS-applicatie. De wijze waarop deze hoogten zijn bepaald is gegeven in hoofdstuk 4.3.1. Indien geen kribben aanwezig zijn is deze profielregel voorzien van het commentaarstatement #SUB1.

Als binnen het SOBEK-vak wel kribben aanwezig zijn, dan wordt de stroomvoerende breedte op niveau  $h_6$  gesteld op de breedte van de geulsectie, vermeerderd met een vaste breedte van 1 meter. In de oeversectie is de stroombergende breedte gelijk aan de stroomvoerende breedte, tenzij in het vakken aangetakte plassen aanwezig zijn. In dat geval wordt de breedte van deze plassen opgeteld bij de stroomvoerende breedte om de stroombergende breedte te verkrijgen. De maximale hoogte wordt ingelezen uit een ASCII-invoerbestand en wordt bepaald buiten de GIS-applicatie. De wijze waarop deze hoogten zijn bepaald is gegeven in hoofdstuk 4.3.1. Indien kribben aanwezig zijn is deze profielregel voorzien van het commentaarstatement #KRIB1

### 5.4 Berekeningen uiterwaardsectie

Bij de berekening van de stroomvoerende en stroombergende breedte in de uiterwaardsectie worden, afhankelijk van de aan- of afwezigheid van kribben en/of zomerkaden een viertal mogelijke combinaties onderscheiden;

- geen kribben en geen zomerkaden
- geen kribben, wel zomerkaden
- wel kribben en geen zomerkaden
- wel kribben, wel zomerkaden

In de volgende paragrafen wordt voor deze situaties de berekeningswijze beknopt beschreven.

#### 5.4.1 Geen kribben en geen zomerkaden

Indien in een SOBEK-vak kribben noch zomerkaden aanwezig zijn, dan wordt de uiterwaardsectie in een variërend aantal niveaus gemodelleerd tot het hoogste niveau in de uiterwaard wordt bereikt.

Uitgaande van de hoogte van de oeversectie wordt het hoogteniveau stapsgewijs vermeerderd met een vaste hoogte van 1 meter. Op ieder niveau worden twee berekeningen uitgevoerd, één voor de bepaling van de stroombergende en één voor de bepaling van de stroomvoerende breedte. Voor de stroombergende breedte worden alle gridcellen in de uiterwaardsectie geselecteerd die lager gelegen zijn dan het betreffende hoogteniveau. Door de oppervlakte van deze cellen te delen door de vaklengte wordt een stroombergende breedte bepaald. Voor de stroomvoerende breedte wordt een vergelijkbare berekening aangehouden, maar worden alleen die gridcellen die in het stroomvoerend deel van de uiterwaard gelegen zijn.

De laatste regel in het profiel komt dus overeen met de breedte van het SOBEEK-vak en de maximale hoogte in de uiterwaardsectie. Deze hoeven echter niet noodzakelijk fysiek met elkaar overeen te komen. Deze laatste regel in het profiel wordt gekarakteriseerd door het commentaar statement #SUB2.

#### 5.4.2 Geen kribben, wel zomerkaden

Indien in een SOBEEK-vak geen kribben, maar wel zomerkaden aanwezig zijn, dan wordt het traject tussen oever en zomerkade bepaald aan de hand van de hoogteverhouding tussen beide niveaus.

Niveau  $h_7$  wordt bepaald als de hoogte van  $h_6$  vermeerderd met een derde van het verschil tussen de oeverhoogte en de hoogte van de zomerkade:

$$h_7 = h_6 + 0.33 (h_{top} - h_6)$$

Op dit niveau worden twee berekeningen uitgevoerd. Een ter bepaling van de stroombergende breedte en één ten behoeve van de stroomvoerende breedte. Voor de stroombergende breedte worden alle gridcellen geselecteerd die lager liggen dan niveau  $h_7$ , en wordt hier de breedte van plassen bij opgeteld. Voor de stroomvoerende breedte worden alleen die cellen geselecteerd die lager liggen dan niveau  $h_7$ , en die in het stroomvoerend deel van de uiterwaardsectie liggen.

Niveau  $h_8$  wordt bepaald als de hoogte van  $h_6$  vermeerderd met twee derde van het verschil tussen de oeverhoogte en de hoogte van de zomerkade:

$$h_8 = h_6 + 0.66 (h_{top} - h_6)$$

Op dit niveau worden twee berekeningen uitgevoerd. Een ter bepaling van de stroombergende breedte en één ten behoeve van de stroomvoerende breedte. Voor de stroombergende breedte worden alle gridcellen geselecteerd die lager liggen dan niveau  $h_8$  en wordt hier de breedte van plassen bij opgeteld. Voor de stroomvoerende breedte worden alleen die cellen geselecteerd die lager liggen dan niveau  $h_8$  en die in het stroomvoerend deel van de uiterwaardsectie liggen.

Het niveau  $h_9$  representeert de hoogte van de zomerkade. De hoogte van de primaire zomerkade ( $h_{top}$ ) in het vak bepaalt de hoogte die aan dit niveau wordt toegekend. De stroomvoerende breedte op deze hoogte wordt bepaald door alle stroomvoerende gebieden in het winterbed die lager liggen dan  $h_9$  te selecteren en om te rekenen naar een breedte. Ook gebieden achter secundaire kades waarvan de hoogte lager is dan  $h_9$  worden bij de berekening gebruikt. Voor de stroombergende breedte vindt een vergelijkbare berekening plaats, alleen worden dan ook de stroombergende delen in de uiterwaardsectie meegenomen. In de profielen is niveau  $h_9$  met de code #DIKE1 gemarkeerd als er een zomerkade in het vak voorkomt.

Het niveau  $h_{10}$  geeft het niveau aan waarop de zomerkade in het SOBEEK-profiel juist overstroomd is. In de profielen is dit een bijzonder niveau omdat de berekening van de hoogte afwijkt van de overige berekeningen. In eerste instantie wordt de hoogte van niveau  $h_9$  vermeerderd met 1 cm als hoogte aangehouden. Op dit niveau worden de stroomvoerende en stroombergende breedte berekend door middel van de gebruikelijke grid berekeningen. In principe wordt hiermee gesteld dat het gehele stroomvoerende gebied achter de kade nu volledig bijdraagt aan de stroomvoering. Gezien het feit dat de zomerkade net overstroomt, is dit geen reële aanname. Het niveau van  $h_{10}$  wordt herberekend door aan te nemen dat vanaf niveau  $h_9$  de hoogte toeneemt met 5 cm per 100 m toename in de stroomvoerende breedte:

$$h_{10} = h_9 + ((Wf_{10} - Wf_9) * 0.05)$$

Niveau  $h_{10}$  is in de profielen herkenbaar aan het commentaar statement #DIKE2.

Vanaf niveau  $h_{10}$  wordt in een variërend aantal niveaus de uiterwaardsectie gemodelleerd tot het hoogste niveau in de uiterwaard wordt bereikt. Het hoogteniveau wordt hiervoor stapsgewijs vermeerderd met een vaste hoogte van 1 meter tot de maximale hoogte in de uiterwaard is bereikt.. Op ieder niveau worden twee berekeningen uitgevoerd, één voor de bepaling van de stroombergende en één voor de bepaling van de stroomvoerende breedte.

De laatste regel in het profiel komt dus overeen met de breedte van het SOBEK-vak en de maximale hoogte in de uiterwaardsectie. Deze hoeven echter niet noodzakelijk fysiek met elkaar overeen te komen. Deze laatste regel in het profiel wordt gekarakteriseerd door het commentaar statement #SUB2.

#### 5.4.3 Wel kribben en geen zomerkaden

Indien in een SOBEK-vak kribben aanwezig zijn, dan wordt de hoogte van niveau  $h_7$  beschreven door de gemiddelde hoogte van de kribben in het SOBEK-vak. Deze hoogte is buiten de GIS applicatie bepaald en wordt uit een ASCII invoerbestand ingelezen. De stroomvoerende breedte wordt gesteld op de breedte van geulsectie vermeerderd met 2 meter. De stroombergende breedte wordt bepaald door alle gridcellen te selecteren die lager gelegen zijn dan niveau  $h_7$ .

Het volgende niveau  $h_8$  representeert het moment dat de kribben net overstroomd raken. De hoogte van dit niveau is de hoogte van niveau  $h_7$  vermeerderd met 1 cm. De stroomvoerende breedte op dit niveau wordt bepaald door alle gridcellen in de uiterwaardsectie te selecteren die lager liggen dan  $h_8$  en die stroomvoerend zijn. Van deze cellen wordt de breedte bepaald door de oppervlakte van de geselecteerde cellen te sommeren en te delen door de vaklengte. Deze breedte wordt opgeteld bij de breedte van de geul- en oeversectie. De stroombergende breedte op dit niveau wordt gelijk gesteld aan de stroombergende breedte op niveau  $h_7$ .

Vanaf niveau  $h_8$  wordt in een variërend aantal niveaus de uiterwaardsectie gemodelleerd tot het hoogste niveau in de uiterwaard wordt bereikt. Het hoogteniveau wordt hiervoor stapsgewijs vermeerderd met een vaste hoogte van 1 meter tot de maximale hoogte in de uiterwaard bereikt is. Op ieder niveau worden twee berekeningen uitgevoerd, één voor de bepaling van de stroombergende en één voor de bepaling van de stroomvoerende breedte. Voor de stroombergende breedte worden alle gridcellen in de uiterwaardsectie geselecteerd die lager gelegen zijn dan het betreffende hoogteniveau. Door de gesommeerde oppervlakte van deze cellen te delen door de vaklengte wordt een stroombergende breedte bepaald. Voor de stroomvoerende breedte wordt een vergelijkbare berekening aangehouden, maar worden alleen die gridcellen geselecteerd die in het stroomvoerend deel van de uiterwaard gelegen zijn.

De laatste regel in het profiel komt dus overeen met de breedte van het SOBEK-vak en de maximale hoogte in de uiterwaardsectie. Deze hoeven echter niet noodzakelijk fysiek met elkaar overeen te komen. Deze laatste regel in het profiel wordt gekarakteriseerd door het commentaar statement #SUB2.

#### 5.4.4 Wel kribben, wel zomerkaden

Indien in een SOBEK-vak kribben aanwezig zijn, dan wordt de hoogte van niveau  $h_7$  beschreven door de gemiddelde hoogte van de kribben in het SOBEK-vak. Deze hoogte is buiten de GIS applicatie bepaald en wordt uit een ASCII invoerbestand ingelezen. De stroomvoerende breedte wordt gesteld op de breedte van geulsectie vermeerderd met 2 meter. De stroombergende breedte wordt bepaald door alle gridcellen te selecteren die lager gelegen zijn dan niveau  $h_7$ .

Het volgende niveau  $h_8$  representeert het moment dat de kribben net overstroomd raken. De hoogte van dit niveau is de hoogte van niveau  $h_7$  vermeerderd met 1 cm. De stroomvoerende breedte op dit niveau wordt bepaald door alle gridcellen in de uiterwaardsectie te selecteren die lager liggen dan  $h_8$  en die stroomvoerend zijn. De breedte wordt bepaald door de oppervlakte van de geselecteerde cellen te

sommeren en te delen door de vaklengte. Deze breedte wordt opgeteld bij de breedte van de geul- en oeversectie. De stroombergende breedte op dit niveau wordt gelijk gesteld aan de stroombergende breedte op niveau  $h_7$ .

Het niveau  $h_9$  representeert de hoogte van de zomerkade. De hoogte van de primaire zomerkade ( $h_{top}$ ) in het vak bepaalt de hoogte die aan dit niveau wordt toegekend. De stroomvoerende breedte op deze hoogte wordt bepaald door alle stroomvoerende gebieden in het winterbed die lager liggen dan  $h_9$  te selecteren en om te rekenen naar een breedte. Ook gebieden achter secundaire kades waarvan de hoogte lager is dan  $h_9$  worden bij de berekening gebruikt. Voor de stroombergende breedte vindt een vergelijkbare berekening plaats, alleen worden dan ook de stroombergende delen in de uiterwaardsectie meegenomen. In de profielen is niveau  $h_9$  met de code #DIKE1 gemarkeerd als er een zomerkade in het vak voorkomt.

Het niveau  $h_{10}$  geeft het niveau aan waarop de zomerkade in het SOBEEK-profiel juist overstroomd is. In de profielen is dit een bijzonder niveau omdat de berekening van de hoogte afwijkt van de overige berekeningen. In eerste instantie wordt de hoogte van niveau  $h_9$  vermeerderd met 1 cm als hoogte aangehouden. Op dit niveau worden de stroomvoerende en stroombergende breedte berekend door middel van de gebruikelijke grid berekeningen. In principe wordt hiermee gesteld dat het gehele stroomvoerende gebied achter de kade nu volledig bijdraagt aan de stroomvoering. Gezien het feit dat de zomerkade net overstroomt, is dit geen reële aanname. Het niveau van  $h_{10}$  wordt opnieuw berekend door aan te nemen dat vanaf niveau  $h_9$  de hoogte toeneemt met 5 cm per 100 m toename in de stroomvoerende breedte:

$$h_{10} = h_9 + ((Wf_{10} - Wf_9) * 0.05)$$

Niveau  $h_{10}$  is in de profielen herkenbaar aan het commentaar statement #DIKE2.

Vanaf niveau  $h_{10}$  wordt in een variërend aantal niveaus de uiterwaardsectie gemodelleerd tot het hoogste niveau in de uiterwaard wordt bereikt. Het hoogteniveau wordt hiervoor vermeerderd met een vaste hoogte van 1 meter tot de maximale hoogte in de uiterwaard bereikt is. Op ieder niveau worden twee berekeningen uitgevoerd, één voor de bepaling van de stroombergende en één voor de bepaling van de stroomvoerende breedte.

De laatste regel in het profiel komt dus overeen met de breedte van het SOBEEK-vak en de maximale hoogte in de uiterwaardsectie. Deze hoeven echter niet noodzakelijk fysiek met elkaar overeen te komen. Deze laatste regel in het profiel wordt gekarakteriseerd door het commentaar statement #SUB2.

## 5.5 Berekening overige profiel-informatie

Naast de berekening van de profielen voor SOBEEK waarmee de geometrie van het profiel wordt beschreven, wordt met de GIS applicatie wordt ook de overige informatie ten behoeve van een profiel beschreven. Het betreft hier de volgende gegevens:

$W_{main}$	breedte van de geulsectie
$W_{sub1}$	breedte van de geul- en oeversectie
$W_{sed}$	sediment transporterende breedte
$H_{top}$	hoogte primaire kade (kade met de meeste invloed op de waterbeweging)
$H_{base}$	gemiddelde maaiveldhoogte van gebieden achter kades
$dA_f$	stroomvoerend doorstroomprofiel van gebieden achter kades
$dA_t$	totale (stroomvoerend en stroombergend) doorstroomprofiel van gebieden achter kades.

In de volgende paragrafen wordt kort toegelicht hoe deze kenmerken zijn bepaald.

### 5.5.1 Berekening $W_{main}$ $W_{sub1}$ en $W_{sed}$

$W_{main}$  wordt gelijkgesteld aan de breedte van de geulsectie zoals deze volgt uit de sectie-indeling. De beide overige parameters worden direct afgeleid van de breedte van de geulsectie.  $W_{sub1}$  wordt gelijk

gesteld aan de breedte van  $W_{\text{main}} + 10$  meter, de breedte van  $W_{\text{sed}}$  wordt gelijkgesteld aan de breedte van  $W_{\text{main}}$ .

Door een onvolkomenheid in de programmatuur in situaties dat kribben aanwezig zijn, is de breedte van  $W_{\text{sub1}}$  niet goed in de profielen opgenomen. De breedte van  $W_{\text{sub1}}$  die in de eerste regel van het profiel is aangegeven komt dan niet overeen met de breedte op het niveau dat de kribben overstroomd raken, maar is gelijkgesteld aan de breedte van  $W_{\text{main}}$ , vermeerderd met een vaste breedte van 10 meter. In een volgende versie van de programmatuur moet dit worden aangepast.

#### 5.5.2 Berekening $H_{\text{top}}$ , $H_{\text{base}}$ , $dA_f$ en $dA_t$

$H_{\text{top}}$  geeft het niveau aan van de zomerkade die in de profielen wordt opgenomen. De hoogte komt overeen met de hoogte van de kade in het SOBEK-vak met de grootste invloed op de waterbeweging.  $H_{\text{base}}$  is hier direct aan gerelateerd en komt overeen met de gemiddelde hoogte van het maaiveld van alle omkade gebieden in het SOBEK-vak. Bij de berekening van  $H_{\text{base}}$  worden plassen die achter een kade liggen niet in beschouwing genomen. Indien in een SOBEK-vak meerdere kades aanwezig zijn waarbij de hoogteligging van een van deze kades aanmerkelijk hoger is dan  $H_{\text{top}}$  kan dit een probleem opleveren. Het is dan mogelijk dat  $H_{\text{base}}$  groter is dan  $H_{\text{top}}$ , met andere woorden het omkade gebied ligt hoger dan de kade. Om dit soort problemen in de toekomst te voorkomen is het aan te bevelen om voor de bepaling van  $H_{\text{base}}$  het gemiddelde hoogteverschil tussen kade en omkaad gebied af te trekken van  $H_{\text{top}}$ .

Het stroomvoerend doorstroomprofiel van de gebieden achter kades wordt bepaald door de gridcellen te selecteren die in het stroomvoerende gebied achter kades liggen. Van deze cellen wordt het volume bepaald dat zich bevindt tussen kadehoogte en maaiveld. Door dit volume te delen door de vaklengte wordt het stroomvoerend doorstroomprofiel bepaald. Aangenomen wordt dat plassen in het stroomvoerende gebied over een extra diepte van twee meter bijdragen aan de stroomvoering. Aan de berekende  $dA_f$  wordt de waarde van de stroomvoering door plassen toegevoegd.

De waarde van  $dA_t$  wordt bepaald door alle cellen te selecteren die achter kades liggen en een hoogte hebben die lager is dan de kadehoogte. Bij deze berekening blijven plassen achter kades buiten beschouwing. Van de geselecteerde cellen wordt het volume bepaald en gedeeld door de vaklengte waardoor een doorstroomprofiel wordt verkregen. Van plassen wordt aangenomen dat vulling plaatsvindt via het grondwater en dat opname van deze gebieden via de  $dA_f$  leidt tot een dubbeltelling van het bergend volume.

## 6 Overige informatie

In dit hoofdstuk wordt de aanvullende informatie besproken die niet met behulp van GIS is opgenomen in de schematisatie, maar waarvan de kenmerken wel van belang (kunnen) zijn bij de modellering of de interpretatie van de resultaten. Om deze reden is deze informatie opgenomen in de presentaties van de SOBEK-profielen en wordt zij in de volgende paragrafen beknopt beschreven.

### 6.1 *Laterale instroming*

Naast de afvoer die de Nederlandse Maas vanuit België binnenkomt, wordt ook water aangeleverd via beken en gemalen die op Nederlands grondgebied hun water lozen op de Maas. Ook vanuit België monden op een aantal locaties beken uit op de (Grens)Maas. De ligging van de monding van deze laterale instromingen is in de presentatie opgenomen in de beschrijving van het betreffende profiel. Ook voor (toekomstige) waterkwaliteitsmodellering van de Maas is het van belang de exacte locatie van deze laterale instroming te kennen. De naam en ligging van de laterale instroming is ontleend aan (Witteveen en Bos, 1996 en Van Hal, 1993) voor lozingspunten op de linkeroever van de Grensmaas.

Ten behoeve van de modellering met SOBEK is de laterale instroming gerelateerd aan de afvoer te Borgharen. Hiervoor zijn de laterale instromingen over trajecten geclusterd en is aan dit cluster van locaties één laterale instroming toegekend. De wijze waarop de modellering van de laterale instroming in SOBEK is opgenomen is gedocumenteerd in (Van der Veen, 1998)

### 6.2 *Meetlocaties*

Ten behoeve van de ijking van het model is het van groot belang de precieze ligging van meetlocaties op te nemen in de schematisatie. Alhoewel deze gegevens digitaal voorhanden zijn, zijn deze niet met behulp van GIS geanalyseerd.

In de presentatie van de SOBEK-profielen is per profiel aangegeven of er een meetpunt aanwezig is en wat daar de kenmerken van zijn. De gegevens met betrekking tot de ligging en karakterisering van de meetpunten zijn ontleend aan (Van der Veen et al, 1998).

### 6.3 *Q-H relaties*

Ten behoeve van de ijking van het model is het van groot belang de precieze afvoer en waterstand op een aantal locaties in de rivier te kennen. In de presentatie van de SOBEK-profielen is per profiel aangegeven of er een QH-relatie aanwezig is en wat daar de kenmerken van zijn. De gegevens met betrekking tot de ligging en karakterisering van de QH-relaties zijn ontleend aan (Van der Veen et al, 1998).

### 6.4 *Kunstwerken*

Structures (bruggen, stuwen, overlaten) hebben een grote invloed op het stromingspatroon van de rivier. Het is daarom van belang dat de ligging en de karakteristieken van deze structures goed in de schematisatie zijn opgenomen.

In de presentatie van de SOBEK-profielen is per profiel aangegeven of er een structure aanwezig is en wat daar de kenmerken van zijn. De gegevens met betrekking tot de ligging en karakterisering van de structures is ontleend aan (Van der Veen et al, 1998).

## **7 Presentatie SOBEK-invoergegevens**

### **7.1 Inleiding**

Het gebruik van GIS om invoer voor SOBEK te maken heeft ook als voordeel dat alle gegevens die gebruikt zijn ook kunnen worden benut ten behoeve van de documentatie. Door RIZA is een applicatie ontwikkeld die aansluit op de GIS programmatuur voor het berekenen van de profielen. Met deze presentatie-programmatuur is het mogelijk op een eenvoudige wijze de gebruikte gegevens toegankelijk te maken. Deze applicatie is beschreven in Van Essen, 1997.

Met deze applicatie is het mogelijk om op een eenvoudige wijze een groot aantal figuren te laten berekenen en presenteren. Naast gegevens voor SOBEK is het mogelijk om ook andere kenmerken van de rivier te bepalen en te presenteren. Voor de oplevering van het model met documentatie is er echter voor gekozen om een presentatieprogramma te laten ontwikkelen die de ruimtelijke gegevens kan presenteren. Hiervoor zijn een aantal redenen aan te geven:

- Door het grote aantal figuren bestaat de wens de gegevens digitaal te presenteren
- Ook zonder gebruik van Arc-INFO moeten de gegevens te bekijken zijn
- Per profiel moet het mogelijk zijn om aanvullende gegevens te presenteren
- De gegevens moet op een PC met WINDOWS '95 te benaderen en af te drukken zijn.
- De documentatie moet specifiek voor SOBEK voor de verschillende rivieren zijn.

Met deze programmatuur wordt het mogelijk om bij iedere schematisatie de documentatie direct mee te leveren. In dit hoofdstuk wordt de opbouw van de SOBEK-documentatie beschreven alsmede de gegevens die worden gepresenteerd. Een gebruikshandleiding bij de software die gebruikt wordt om de CD te kunnen gebruiken wordt gegeven in de handleiding die bij de eerste CD van iedere schematisatie wordt meegeleverd.

### **7.2 Opbouw presentatie**

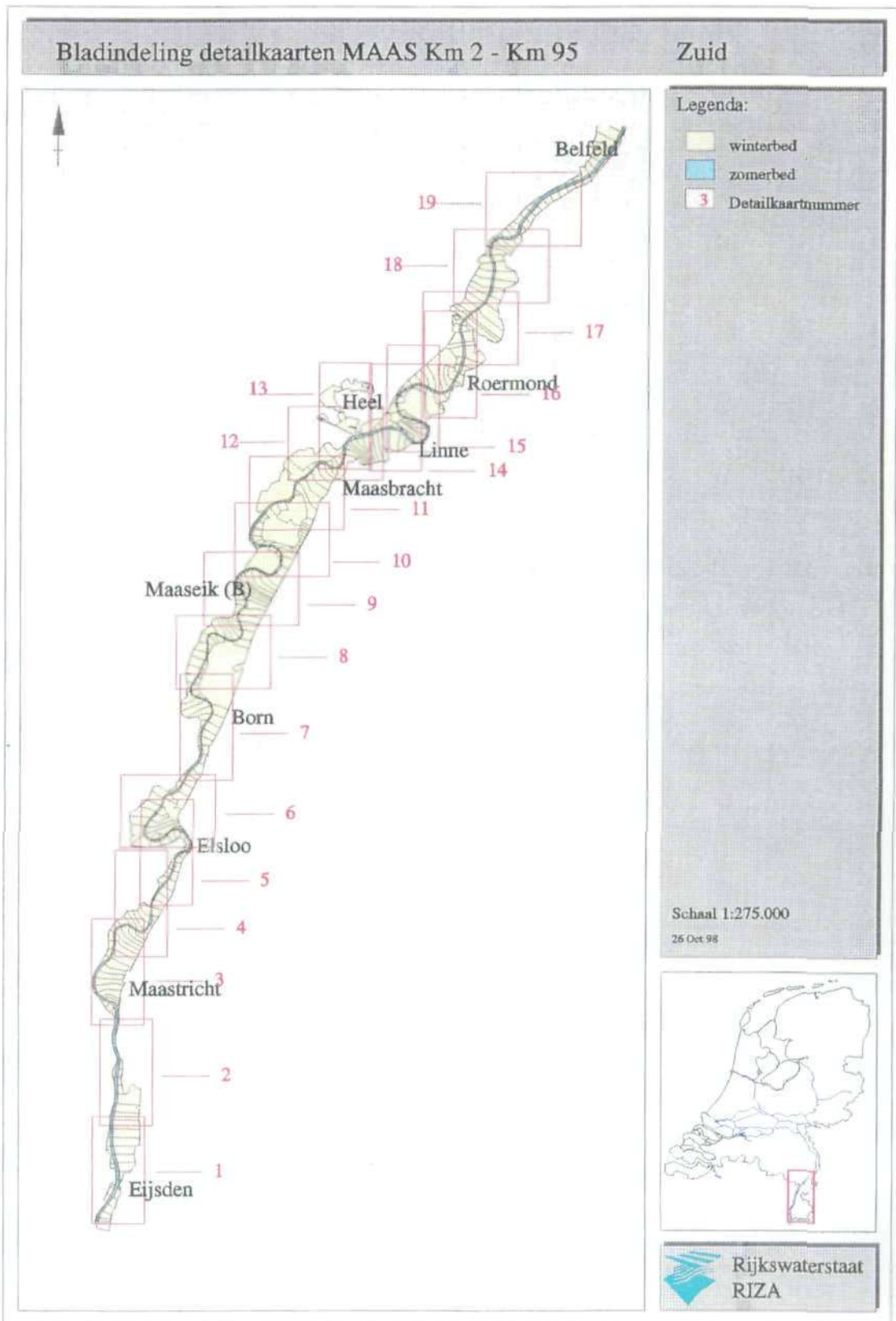
De opbouw van de presentatie is als het ware een drietrapsraket. In eerste instantie worden een drietal figuren van de Maas gepresenteerd die een eerste overzicht geven van de Maas en de ligging van de kaders waarvoor overzichtsfiguren zijn aangemaakt. Met behulp van de detailfiguren wordt over een traject van gemiddeld ongeveer 5 kilometer meer gedetailleerde informatie gegeven. Het betreft hier met name die informatie die niet alleen per SOBEK-vak van belang is, maar waarvan het verloop over een bepaald traject inzicht geeft in de wijze waarop de modellering tot stand is gekomen. Hierbij valt te denken aan hoogteligging, stroomvoering etc. Binnen een detailfiguur kan verder worden ingezoomd naar specifieke kenmerken van SOBEK-profielen. Bij deze figuren is extra informatie voorhanden in de vorm van de aanwezigheid van laterale instroming, QH-krommes, structures etc.

Naast deze opbouw van ruimtelijke figuren is ook specifieke informatie voor de schematisatie voorhanden. Het betreft hier dan met name de branch-indeling van de Maas en de precieze locatie van profielen en andere kenmerken op de branches.

### **7.3 Overzichtsfiguren**

Ten behoeve van het globale overzicht is de Maas onderverdeeld in een drietal overzichtskaarten. Deze figuren zijn vervaardigd met een schaal 1:275.000. Figuur 1 omvat het zuidelijk deel en loopt tot km. 95 (omgeving van Belfeld). Het tweede figuur omvat het middelste deel van de Maas en loopt van km. 95 tot en met kilometer 167. Het derde en laatste figuur geeft een beeld van het benedenstroomse deel van de Maas en strekt zich uit tot kilometer 227.

In de figuur zijn het zomer- en winterbed van de Maas aangegeven, terwijl ook de ligging van de SOBEK-vakken is gepresenteerd. Ter oriëntatie zijn in deze figuren de namen van een aantal plaatsen langs de rivier gegeven. De rode kaders en nummering geven de ligging en de nummering van de deelgebieden aan. Voor deze deelgebieden kan een gedetailleerde beeld worden verkregen van specifieke elementen van de rivier. In figuur 14 is een voorbeeld gegeven van een overzichtskaart van de zuidelijke Maas.



Figuur 14 Ligging detailfiguren zuidelijke Maas



## 7.4 Detailfiguren

Op een gedetailleerder niveau zijn verschillende gegevens beschikbaar. Om een goed overzicht te krijgen hoe bepaalde zaken in een model zijn ondergebracht is het niet alleen van belang inzicht te hebben in de afzonderlijke profielen, maar is ook kennis van het verloop van bepaalde kenmerken van de rivier onmisbaar. Op dit moment zijn van de schematisatie de volgende gegevens per traject voorhanden:

- Hoogteligging van het winterbed
- Hoogteligging van het zomerbed
- Grens stroomvoering/stroomberging
- Ligging en hoogte van de kaden
- Topografische ondergrond van het DTB rivier
- Ruwheidstypen

Deze figuren zijn vervaardigd met schaal 1:25.000. Door middel van 52 detailfiguren worden de gegevens van de Maas gepresenteerd. In één figuur is gemiddeld de informatie van ongeveer 30 SOBEEK-profielen opgenomen. Echter door het verloop van de rivier en de omvang van de SOBEEK-vakken kan dit aantal variëren. In de volgende paragrafen worden de kenmerken en gebruiksmogelijkheden van deze figuren beschreven

### 7.4.1. Hoogteligging winterbed

Een belangrijk kenmerk van de rivier is het hoogteverloop van het winterbed. De hoogteligging van het gebied bepaald in belangrijke mate of en zo ja, op welk moment, een deel van de uiterwaard bijdraagt aan de stroomvoering en/of stroomberging. Het is hierbij van belang dat niet alleen de hoogteligging van het afzonderlijke SOBEEK-vak in ogenschouw wordt genomen, maar ook het hoogteverloop over een groter traject. De figuur geeft een zo gedetailleerd mogelijk beeld van het verloop in hoogteligging voor zover dit voor SOBEEK- relevant is. Het originele hoogtemodel is ten behoeve van de presentatie op een paar punten bewerkt:

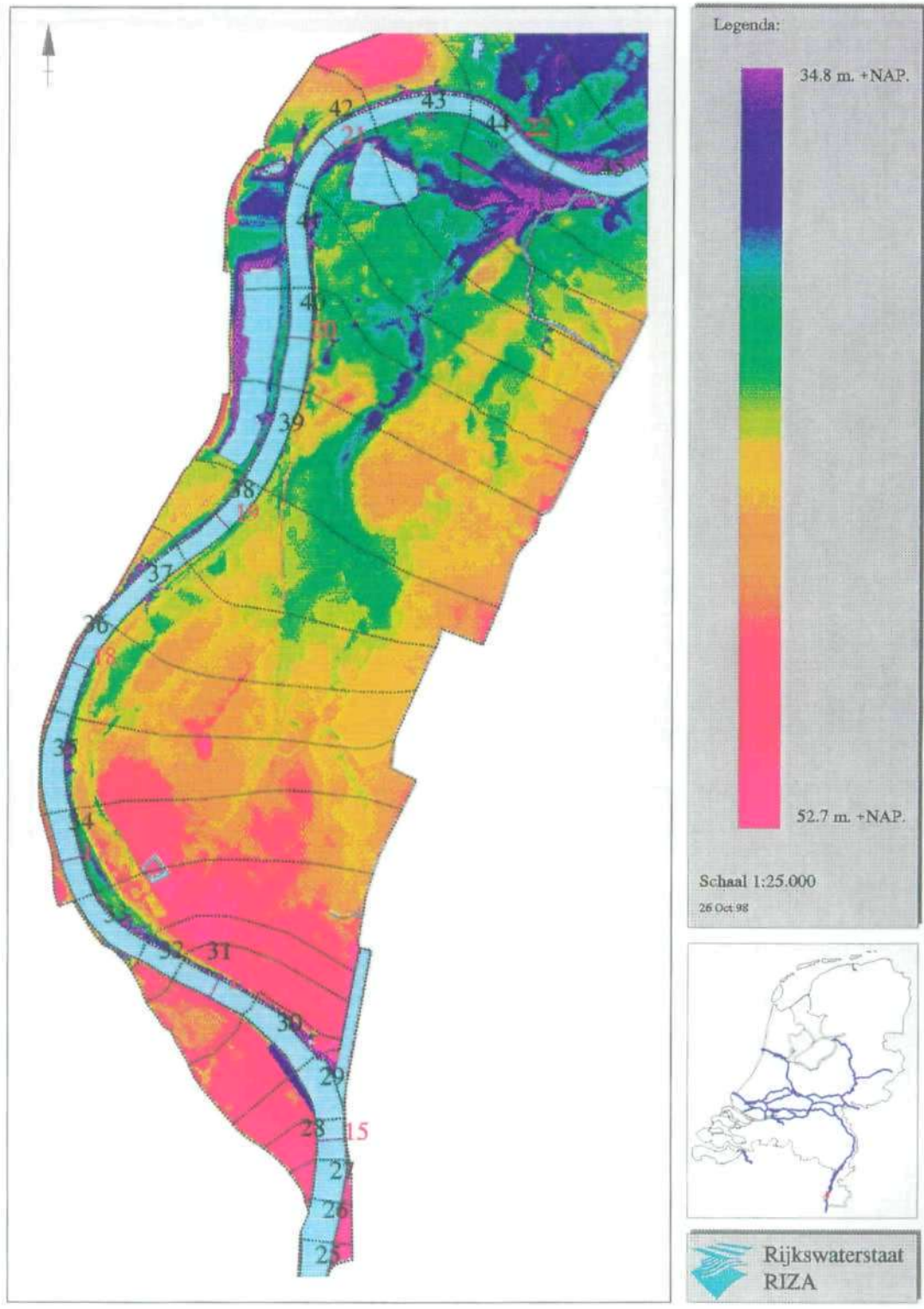
- In verband met verwerkingssnelheid en het opstellen van de legenda is het hoogtemodel voor de presentatie geaggregeerd van centimeters tot decimeters.
- Voor SOBEEK zijn de hoogste waarden in de uiterwaard minder van belang dan de lagere waarden. Bij het vervaardigen van de legenda kan het echter voorkomen dat de hoogste punten in de uiterwaard de legenda teveel beïnvloeden waardoor veel details verloren. Daarom is gekozen om binnen een figuur alle waarden groter dan het gemiddelde plus vier maal de standaardafwijking uit het beeld te filteren. Ten behoeve van de presentatie is aan alle gridcellen die hoger liggen dan deze waarde, de hoogte van de grenswaarde toegekend.
- Alleen het winterbed is bij het vervaardigen van de figuur in beschouwing genomen.

Binnen een SOBEEK-vak worden alle gegevens gemiddeld om tot een profiel te komen. Het hoogteverloop binnen een traject is daarmee belangrijker dan de actuele hoogte op een bepaalde locatie. De legenda die bij de figuur is bijgevoegd geeft daarom geen actuele waarden aan, maar is geoptimaliseerd om het verloop van de hoogteligging weer te geven.

Ter oriëntatie zijn in de figuur de ligging van plassen en de SOBEEK-vakgrenzen en de vaknummering opgenomen. De rivierkilometers zijn in het rood in de figuur weergegeven. Een voorbeeld van een figuur met de hoogteligging van het winterbed is gegeven in figuur 15.

Hoogteligging winterbed Maas

Kaartblad 3



Figuur 15 Hoogteligging winterbed

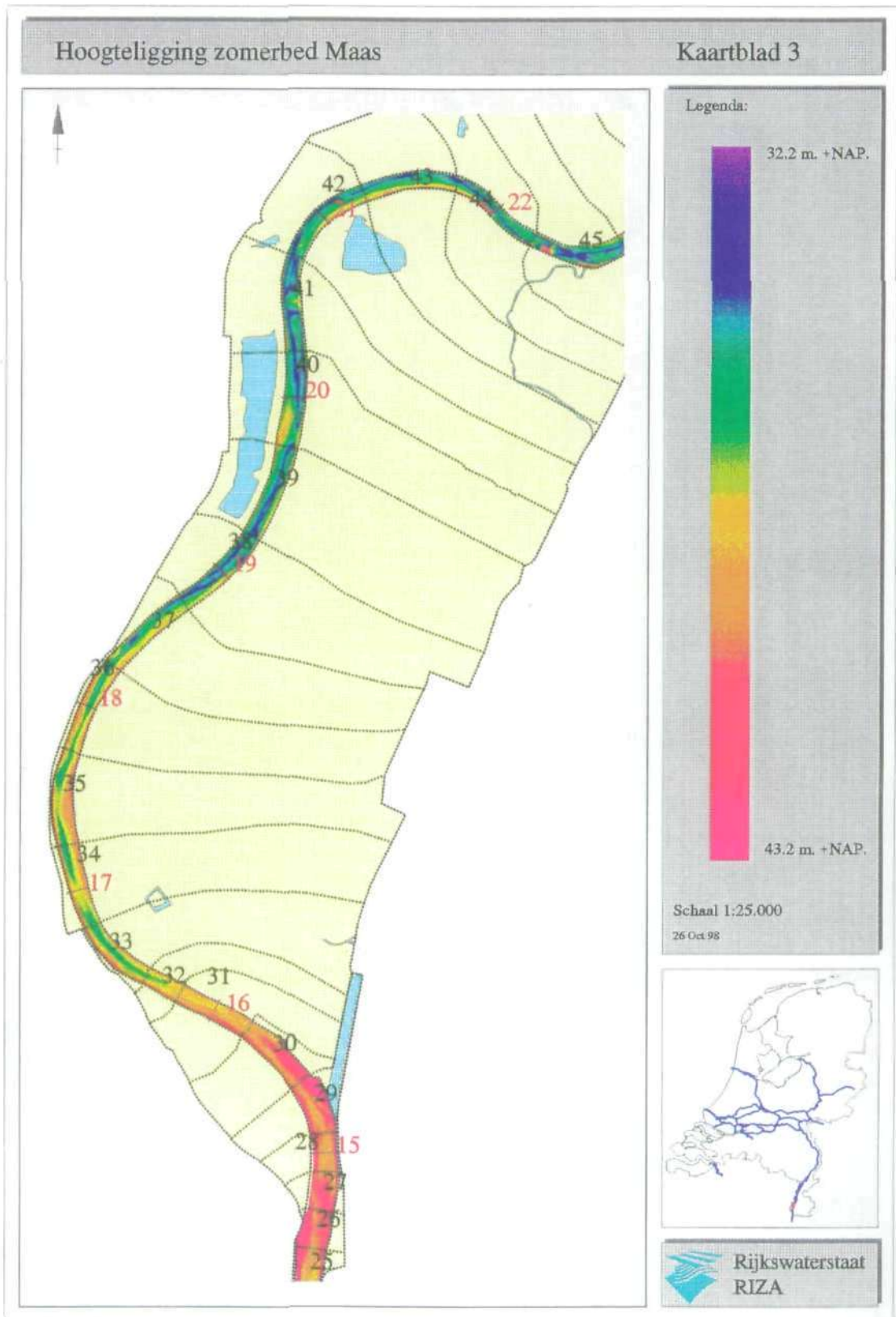
#### 7.4.2. Hoogteligging zomerbed

Een belangrijk kenmerk van de rivier is het hoogteverloop van het zomerbed. Het is hierbij van belang dat niet alleen de hoogteligging van het afzonderlijke SOBEK-vak in ogenschouw wordt genomen, maar ook het hoogteverloop over een groter traject. De figuur geeft een zo gedetailleerd mogelijk beeld van het verloop in hoogteligging voor zover dit voor SOBEK- relevant is. Het originele hoogtemodel is ten behoeve van de presentatie op een paar punten bewerkt:

- In verband met verwerkingsnelheid en het opstellen van de legenda is het hoogtemodel voor de presentatie afgerond van op decimeters.
- Door het verhang in de rivier en de oplopende hoogten naar de oeversectie kan het voorkomen dat een bijzonder groot aantal waarden in het zomerbed aanwezig zijn. Bij het vervaardigen van de legenda kan het echter voorkomen dat de hoogste punten in de geulsectie de legenda teveel beïnvloeden waardoor veel details verloren. Daarom is gekozen om binnen een figuur alle waarden groter dan het gemiddelde plus vier maal de standaardafwijking uit het beeld te filteren. Ten behoeve van de presentatie is aan alle gridcellen die hoger liggen dan deze waarde de hoogte van de grenswaarde toegekend. Aangenomen wordt dat deze met name langs de oeverzone liggen en daardoor het algemene beeld niet verstoren.
- Alleen het zomerbed is bij het vervaardigen van de figuur in beschouwing genomen.

Binnen een SOBEK-vak worden alle gegevens gemiddeld om tot een profiel te komen. Het hoogteverloop binnen een traject is daarmee belangrijker dan de actuele hoogte op een bepaalde locatie. De legenda die bij de figuur is bijgevoegd geeft daarom geen actuele waarden aan, maar is geoptimaliseerd om het verloop van de hoogteligging weer te geven.

Ter oriëntatie zijn in de figuur de ligging van plassen en de SOBEK-vakgrenzen en de vaknummering opgenomen. De rivierkilometers zijn in het rood in de figuur weergegeven. Een voorbeeld van een figuur met de hoogteligging van het zomerbed is gegeven in figuur 16.



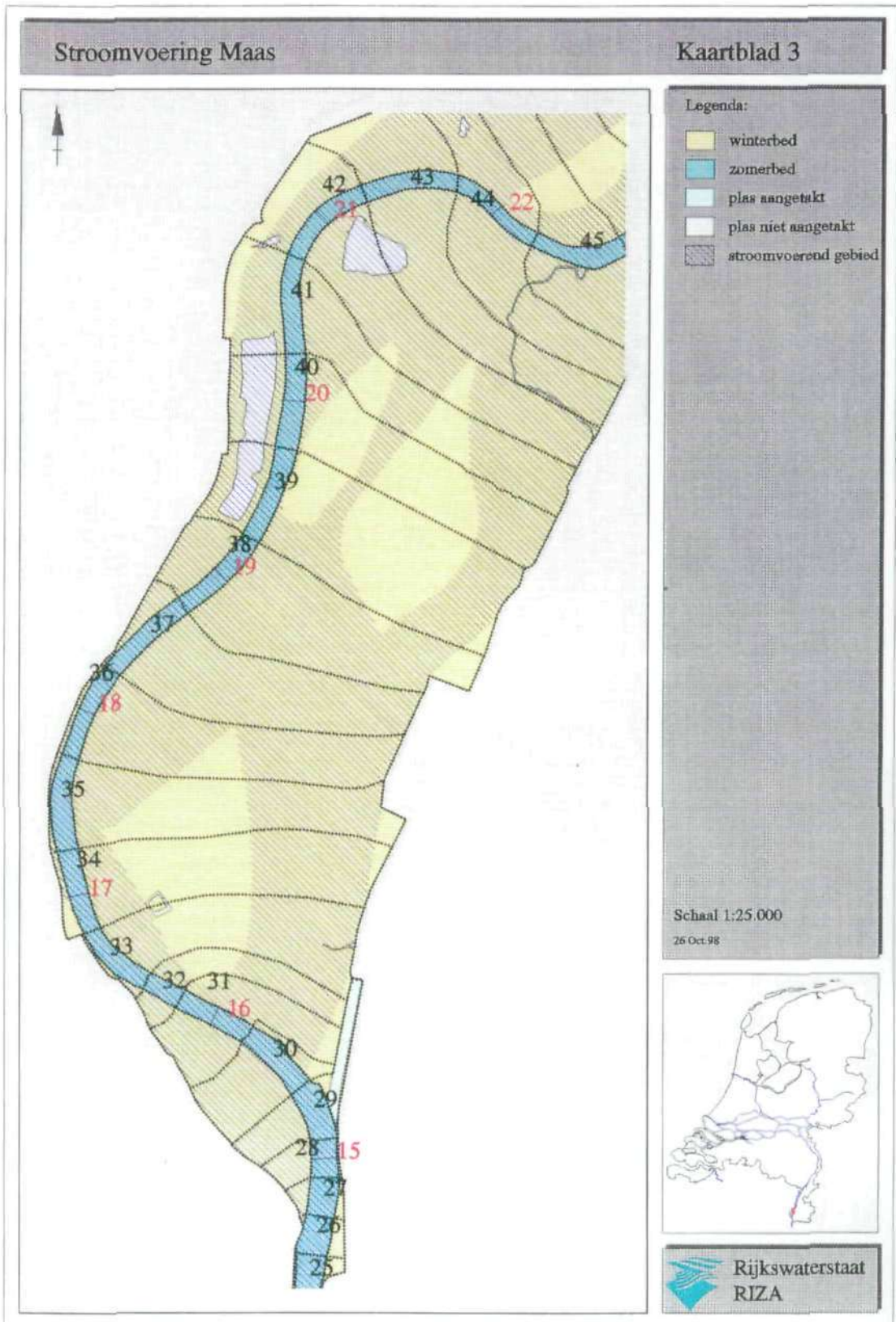
Figuur 16 Hoogteligging zomerbed

### 7.4.3 Grens Stroomvoering/Stroomberging

De grens tussen stroomvoerende en stroombergende gebieden in het winterbed is een belangrijk gegeven. Deze lijn is bepalend voor de gebieden die in SOBEEK bijdragen aan de stroomvoering binnen een vak en de gebieden die alleen een bijdrage leveren aan de berging van water. Dit is echter de interpretatie die ten behoeve van SOBEEK is gemaakt en komt niet overeen met de benaming en begrenzing die in het kader van de rivierenwet is vastgelegd. Voor de wijze waarop de grens tussen stroomvoerende en stroombergende gebieden is vastgesteld wordt verwezen naar hoofdstuk 3.2.

In deze figuur kan worden nagegaan wat het verloop van de stroomvoerende breedte over een aantal SOBEEK-vakken is. Omdat plassen in het stroomvoerend gebied over de diepte kunnen bijdragen aan de stroomvoering is ook de ligging van plassen in de figuur opgenomen. Het feit of plassen onder normale omstandigheden in open verbinding staan is door middel van verschillende kleuren in de figuur opgenomen.

Ter oriëntatie zijn in de figuur ook de SOBEEK-vakgrenzen en de vaknummering opgenomen. De rivierkilometers zijn in het rood in de figuur weergegeven. Een voorbeeld van een figuur met de grens tussen stroomvoerende en stroombergende gebieden in het winterbed is gegeven in figuur 17.



Figuur 17 Grens stroomvoering/stroomberging

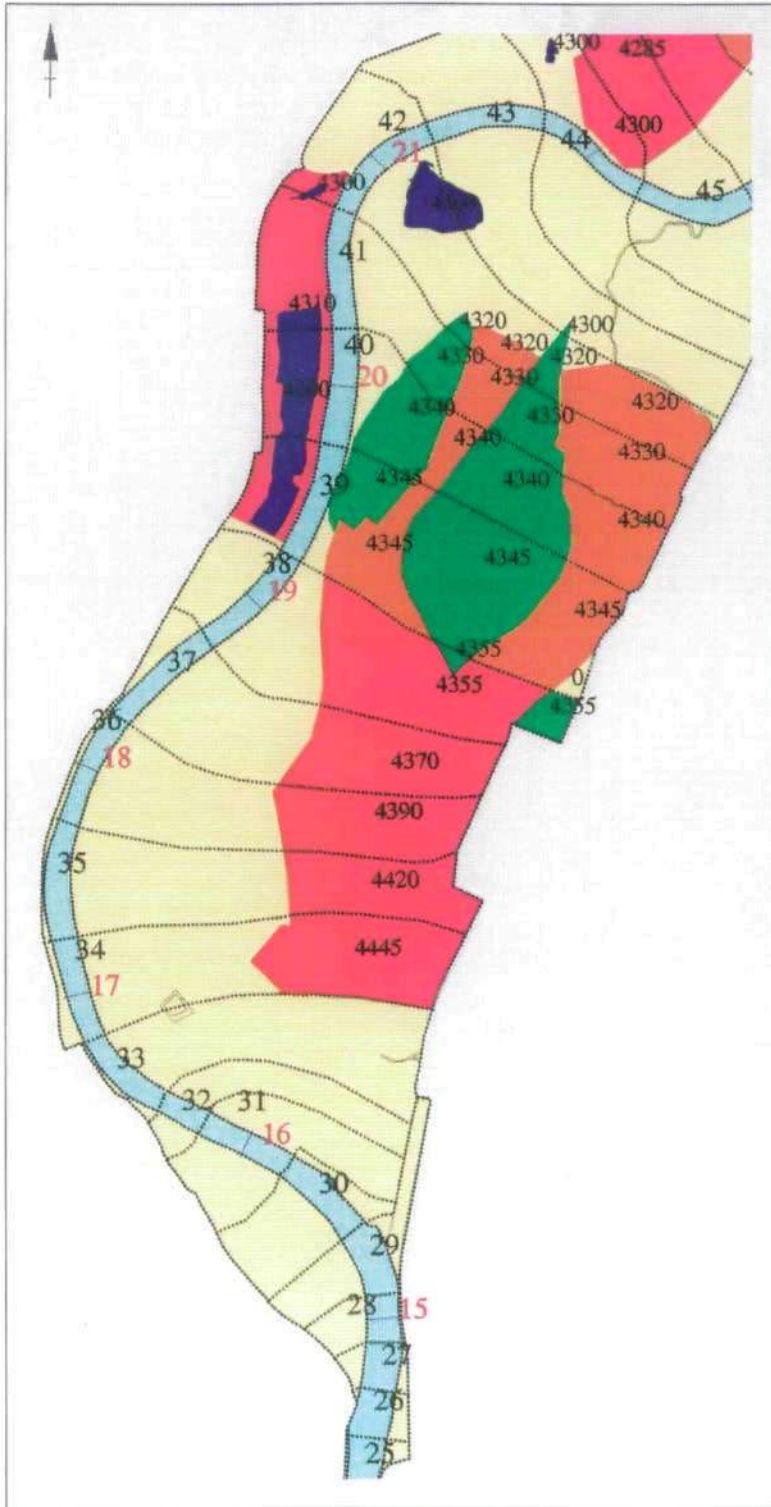
#### 7.4.4 Ligging zomerkaden

In het winterbed van een rivier vormen zomerkaden belangrijke elementen die grote invloed hebben op de waterbeweging. Belangrijk is echter om voor ogen te houden dat de zomerkaden die in het SOBEM-model zijn opgenomen niet noodzakelijkerwijs overeenkomen met de elementen die normaliter met het begrip zomerkade worden aangeduid. In vergelijking met de Nederlandse Rijntakken is in deze schematisatie het aantal echte zomerkaden in het winterbed van de Maas relatief gering. Bij de Maas spelen echter in grote gebieden de oeverwallen een rol die kan worden vergeleken met de invloed van zomerkaden. In de Maas-schematisatie zijn deze oeverwallen dan ook als zomerkade geschematiseerd. Ook wegen die een duidelijke invloed hebben op de waterbeweging in het winterbed zijn als kade geschematiseerd. Rondom plassen die in het stroomvoerend deel van het winterbed liggen is veelal ook een kade gelegd die het niveau aangeeft waarbij de plas kan bijdragen aan de stroomvoering. Hiermee is ervoor gezorgd dat de plas niet te vroeg bijdraagt aan de stroomvoering.

Een eigenschap van de GIS-applicatie is dat het noodzakelijk is om kaden per SOBEM-vak als apart vlak te schematiseren. Ook als in het veld een kade zich over meerdere SOBEM-vakken uitstrekt is het nodig om ook op de vakgrenzen een kadegrens te positioneren. Dit heeft een tweetal nadelen:

- Aan kade-elementen die in opeenvolgende SOBEM-vakken liggen moeten hoogten worden toegekend die overeenkomt met het verhang in het zomerbed op het moment dat het gebied achter de kade als geheel begint mee te stromen.
- In plassen die zich over meerdere SOBEM-vakken uitstrekken kan het voorkomen dat in de plas een kade is aangebracht op de vakgrens. Deze kade heeft geen fysische betekenis, maar is opgenomen om modeltechnische redenen.

Mede om inzicht te geven in de ligging en hoogte van kaden is ook dit element onderdeel van de presentatiemodule van SOBEM gegevens. In deze figuur worden de vier verschillende type kaden gepresenteerd waarvan de GIS applicatie gebruik maakt. Een overzicht van de betekenis van deze typen is gegeven in hoofdstuk 3.6. Daarnaast is in de figuur ook de hoogte van de verschillende kaden weergegeven. In figuur 18 is een voorbeeld gegeven van een figuur met de (hoogte)ligging van kaden langs de Maas.



Figuur 18 Voorbeeld typering en hoogte kaden



#### 7.4.5 Topografische ondergrond van het DTB rivier

De digitale rivierkaart bevat een apart GIS bestand waarin de topografie van het rivierengebied is opgenomen. Deze kaartlaag is bijzonder bruikbaar bij het lokaliseren van kenmerken in het model gebied van het SOBEEK-model van de Maas. Om deze reden is deze kaartlaag opgenomen in de presentatiemodule.

Een voorbeeld van deze kaart is weergegeven in figuur 19

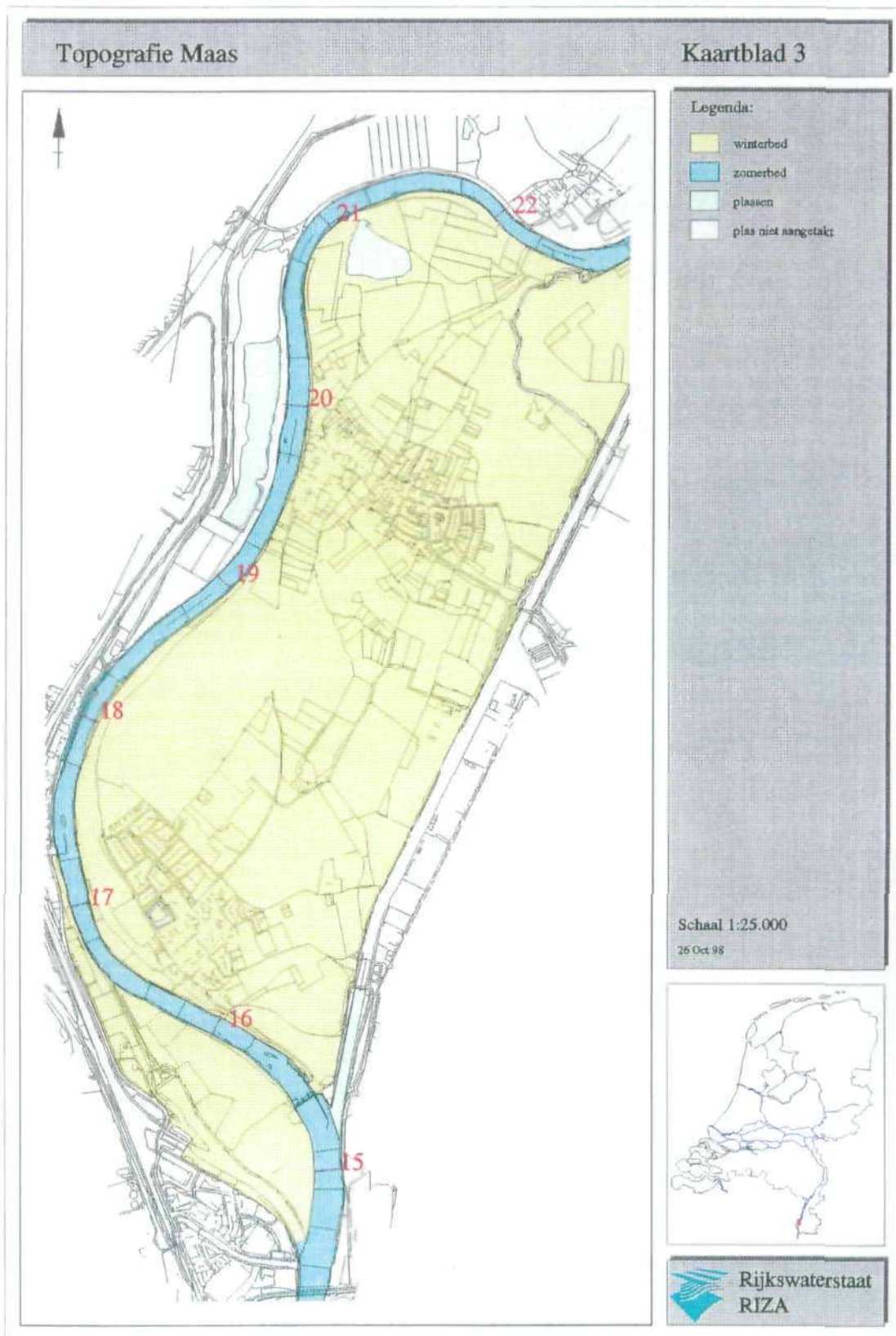
#### 7.4.6 Ruwheidstypen

In SOBEEK bestaat de mogelijkheid om over grotere trajecten een ruwheid voor het winterbed op te geven. Per traject wordt de ruwheid bepaald als functie van de oppervlakte van de verschillende ruwheidstypen en de gemiddelde berekende waterdiepte per ruwheidstype. Een ruwheidstype is een eenheid die bestaat uit geclusterde ecotopen die eenzelfde ruwheidskarakteristiek bevatten.

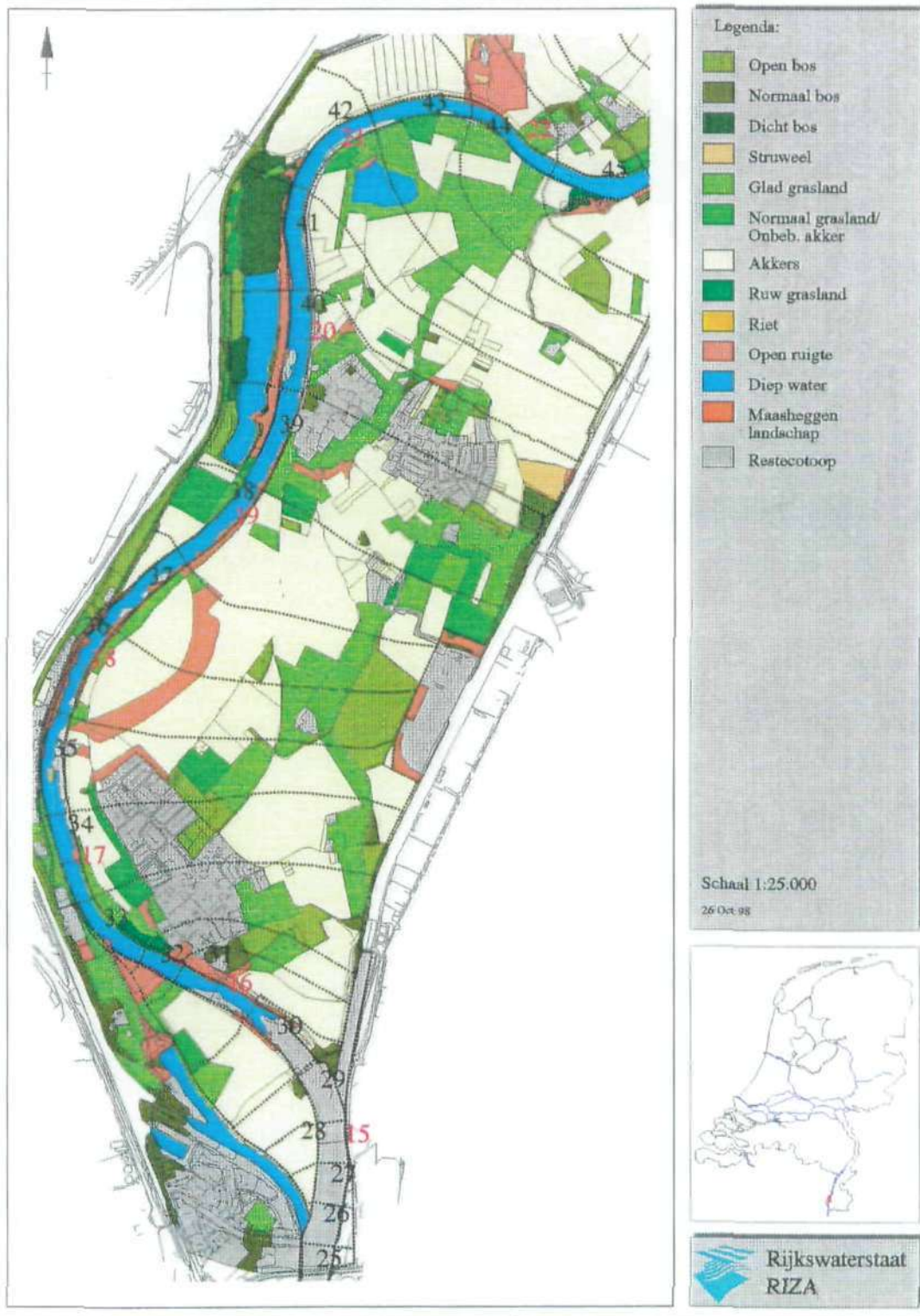
Om inzicht te geven in de ruwheidstypen die in het stroomgebied van de Maas voorkomen is deze kaartlag opgenomen in de presentatie. Bij deze presentatie moeten de volgende aspecten goed in ogenschouw worden genomen.

- Ten tijde van het vervaardigen van de schematisatie was van de Maas slechts een concept-versie van de ecotopen kaart van de Maas beschikbaar. De hierin aanwezig onvolkomenheden zijn bij het vervaardigen van de schematisatie niet aangepast.
- Bij de berekening van de ruwheid in het winterbed is alleen het stroomvoerende deel van het winterbed in beschouwing genomen. Voor de presentatie zijn echter de ruwheidstypen in het gehele winterbed van de Maas gepresenteerd.
- De begrenzing van het modelgebied voor SOBEEK en het gebied dat ten behoeve van de ecotopenkaart is gekarteerd zijn niet geheel aan elkaar gelijk. Bij de berekening en de presentatie is hier geen rekening mee gehouden.
- In verband met het ontbreken van recent modelresultaten van WAQUA zijn de ruwheden in het winterbed berekend met uitvoer van het model ZWENDL. De uitkomsten van de berekening zijn daardoor indicatief en bij de calibratie zijn alleen de maximale waarden gebruikt
- De ruwheid in het winterbed is berekend per traject van ongeveer 5 km. De ligging van de grens tussen twee trajecten is willekeurig gekozen.

Een voorbeeld van een figuur met de ruwheidstypen is gegeven in figuur 20.



Figuur 19 Voorbeeld topografische ondergrond uit het DTB-rivier



Figuur 20 Voorbeeld figuur ruwheidstypen

## 7.5 Beschrijving SOBEK-profielen

### 7.5.1 Opbouw figuur

De presentatie van de SOBEK-profielen omvat in feite de drie stappen die ook bij het werkelijke schematiseren zijn gemaakt. De header van de figuur geeft aan welk SOBEK-vak en welke versie van de schematisatie het betreft. In de bovenste deelfiguur is een bovenaanzicht van het betreffende SOBEK-vak weergegeven. Het middelste deel van de pagina geeft als het ware een vertaling van de bovenste figuur naar een eendimensionale rivierschematisatie. Het onderscheid tussen beide oevers blijft hierbij echter gehandhaafd. In de onderste deelfiguur tenslotte wordt de eigenlijke SOBEK-invoer gepresenteerd, tezamen met een overzicht waar het betreffende profiel ongeveer op de rivier gelokaliseerd is. In figuur 21 is een voorbeeld van een profielbeschrijving opgenomen. In de volgende paragrafen worden de verschillende aspecten van de deelfiguren besproken.

### 7.5.2 Bovenste deelfiguur

In de bovenste deelfiguur is een bovenaanzicht van het SOBEK-vak weergegeven. In deze deelfiguur is de grens van het SOBEK-vak door middel van een stippellijn aangegeven. Ook is het nummer en, in het rood, de rivierkilometrerings weergegeven. De achtergrond van de figuur bestaat uit het zomer- en winterbed van de rivier. Als in het vak plassen en/of kaden aanwezig zijn, dan zijn deze ook in de figuur opgenomen. Door middel van verschillende kleuren is ook het type kade en plas aangegeven. Voor een overzicht van de betekenis van de verschillende kleuren wordt verwezen naar figuur 22, welke een legenda van de verschillende kenmerken bevat. Als laatste is door middel van een arcering het stroomvoerende deel van het SOBEK-vak aangegeven.

## Legenda

-  Stroombergend deel van het winterbed
-  Stroomvoerend deel van het winterbed
-  Zomerbed
-  Zomerbed
-  Stroombergende plas, in open verbinding met de rivier
-  Stroomvoerende plas, in open verbinding met de rivier
-  Stroombergende plas, niet in open verbinding met de rivier
-  Stroomvoerende plas, niet in open verbinding met de rivier
-  Ligging rivierkilometers
-  Begrenzing SOBEK-vak
-  SOBEK-vaknummers
-  Rivierkilometers

Figuur 21 Legenda presentatie profielgegevens (voorlopige versie)

Doordat de grootte en de vorm van de SOBEK-vakken sterk kan variëren is de schaal waarop deze figuren zijn gepresenteerd verschillend. Op basis van deze deelfiguren kunnen de verschillende vakken kunnen dus niet direct met elkaar worden vergeleken.

### 7.5.3 Middelste deelfiguur

Een van de karakteristieken van een eendimensionaal model als SOBEK is dat in de schematisatie geen onderscheid gemaakt kan worden tussen elementen die op de linker- en rechteroever liggen. Hierdoor is het vaak moeilijk na te gaan wat het precieze effect van elementen is op de opbouw van een profiel. In de middelste deelfiguur is getracht hier een oplossing voor te vinden. In deze figuur zijn de relevante geografische elementen uit het SOBEK-vak als het ware vertaald naar een eendimensionaal model waarbij echter de oppervlakte van de elementen per oever is omgeslagen. In de figuur is het

oppervlakte gewogen aandeel van het zomerbed weergegeven. De breedte van het winterbed winterbed, eveneens gewogen naar oppervlakte per oever, in de figuur weergegeven. In het winterbed is per oever de plassen en stroomvoering aangegeven. In een verticaal kader is de lengte van het SOBEEK-vak weergegeven.

In de tabel zijn de berekende breedten per oever van de verschillende delen weergegeven. Ook de breedte van de gebieden die achter kaden liggen zijn in deze tabel opgenomen. Van de elementen in de uiterwaard zijn de breedten op beide oevers en de totale breedte opgenomen.

Op deze wijze is het mogelijk inzicht te krijgen in het gewicht dat aan elementen op de verschillende oevers moet worden toegekend. Voor de precieze ligging van deze elementen is echter het bovenste deelfiguur onmisbaar. Ook inzicht in het verloop van de hoogte en stroomvoering alsmede de aanvullende kenmerken van het SOBEEK-vak zijn voor een goed gebruik een vereiste.

De som van de oppervlakte van de deelelementen kan afwijken van de hier berekende breedte van het profiel of de profielbreedte die in het onderste deelfiguur is opgenomen. Hiervoor zijn een aantal redenen aan te geven. De eerste is dat door afronding naar meters van de verschillende breedten verschillen kunnen ontstaan. Daarnaast bestaat de mogelijkheid tot dubbeltelingen (bijvoorbeeld een plas in de uiterwaard is een plas en is als zodanig, al dan niet stroomvoerend aangegeven, maar behoort ook tot het winterbed van een oever). In geval van twijfel zijn de breedten die in het onderste deelfiguur zijn opgenomen (het eigenlijke SOBEEK-profiel) doorslaggevend.

#### 7.5.4 Onderste deelfiguur

In de onderste van de drie deelfiguren is de actuele SOBEEK-invoer gegeven. Voor een beschrijving van de profiel-opbouw wordt verwezen naar hoofdstuk 3. Tevens is een figuur van Nederland opgenomen waar door middel van een rood kader de locatie van het SOBEEK-vak op de grote rivieren is weergegeven.

#### 7.5.5. Aanvullende informatie

Per SOBEEK-vak is, indien aanwezig, aanvullende informatie voorhanden. Deze vormt één geheel met de grafische presentatie van het SOBEEK-profiel. Indien voorhanden wordt de volgende informatie gepresenteerd:

- Algemene gegevens

De volgende algemene kenmerken worden altijd gepresenteerd:

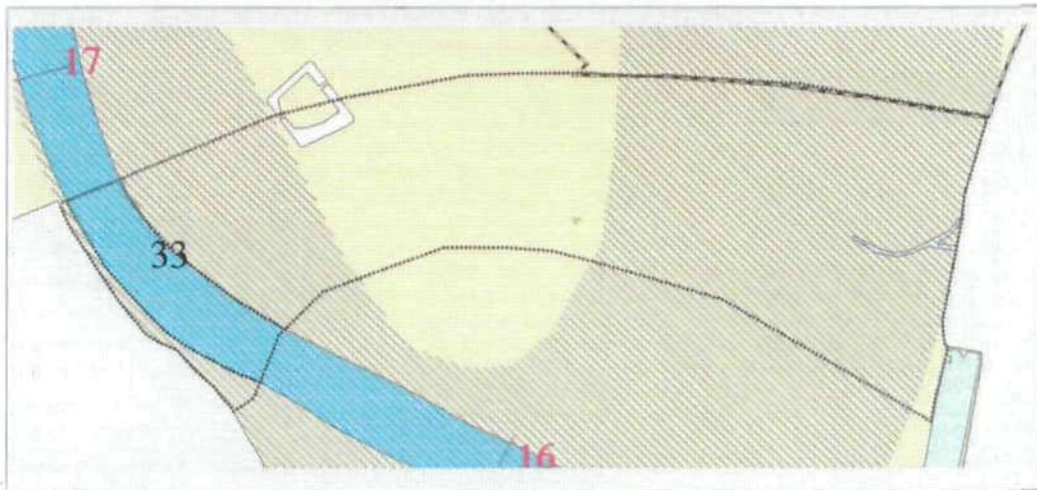
- profielnummer
- Branchnummer
- Ligging van het profiel op de rivier (indicatief)
- versienummer van het profiel

- Structure:

Een structure is alleen in de schematisatie opgenomen als de effecten van het kunstwerk niet voldoende door de schematisatie van de geometrie en/of ruwheid tot uiting komen. Alleen deze kunstwerken zijn in de presentatie opgenomen. Indien in een SOBEEK-vak structures gelegen zijn, dan worden de volgende gegevens gepresenteerd:

- naam
- ligging (rivierkilometer)

Vak 33, kilometer 16.40-16.80 nabij Borgharen, versie 1998.1



Indicatieve breedtes per oever



	Linkeroever : 77		Zomerbed : 99		Oeversectie : 0		Rechteroever : 1113	
	Linkeroever Stroomv.	Stroomb.	Linkeroever Stroomv.	Stroomb.	Rechteroever Stroomv.	Stroomb.	Rechteroever Stroomv.	Stroomb.
Breedte uiterwaard	77	n.a.			767	346		
Breedte aangetakte plas(sen)	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.		
Breedte niet aangetakte plas(sen)	n.a.	n.a.			3	7		
Breedte gebied achter primaire kade	n.a.	n.a.			2	n.a.		
Breedte gebied achter secundaire kade(n)	n.a.	n.a.			n.a.	n.a.		

Overzicht SOBEK profiel

! Maas, 16.40-16.80, Borgharen, versie 1998.1  
 \$CROSS 33 TABULATED 99 109 WS 99 DA 44.45 44.02 6 0

35.52	22	22
36.82	59	59
38.11	86	86
39.40	91	91
40.69	99	99 !#MAIN
42.11	109	109 !#SUB1
42.89	156	169
43.67	221	234
44.45	509	540 !#DIKE1
44.46	528	551 !#DIKE2
45.45	833	1137
46.45	833	1179
48.45	834	1182
50.45	835	1185
52.45	836	1190
52.72	837	1190 !#SUB2



Rijkswaterstaat  
 RIZA  
 26 Oct 98

Figuur 22 Profiel beschrijving SOBEK-vak 33

- Laterale instroming
  - Naam
  - Ligging (rivierkilometer)
- Meetlocaties
  - Naam
  - Ligging (rivierkilometer, oever)
  - Type
- Qh-kromme
  - naam
- bijzonderheden van de schematisatie
  - eventuele handmatige aanpassingen in het profiel etc.

Profiel gegevens, Rivier de Maas, Rivieronderdeel : Eijsden - Kessel

Selecteer SOBEKVAK

SOBEKVAK	Kilometers
31	15.80-16.20
32	16.20-16.40
33	16.40-16.80
34	16.80-17.25
35	17.25-17.75
36	17.75-18.25
37	18.25-18.75
38	18.75-19.25
39	19.25-19.75

OK

Info Profiel

Detail kaarten

Branches

Profielgegevens - INFO

Lokatie: Borgharen

Vol Scherm

Meetpunt Naam

Meetpunt Kilometer

Meetpunt Type

Meetpunt Oever

Structure Naam

Structure Kilometer

Laterale Instroming

Laterale Instroming [km]

Kenmerken: Lozing overlaat Boscherveld

Kanttekeningen

Qh-Relatie

Schermafdruck

Terug Verlaat programma

Printer

Figuur 23 Overzicht aanvullende informatie SOBEK-vak 33



## 8 Nieuwe ontwikkelingen

### 8.1 *Baseline*

Ten behoeve van de hydraulische modellering van de grote rivieren is steeds meer informatie digitaal beschikbaar gekomen. Met name de realisatie van het DTB-rivier heeft een enorme impuls gegeven aan deze ontwikkeling. Binnen het RIZA is het besef gerezen dat door het optimaal benutten van deze informatie de kwaliteit van geleverde schematisaties kan worden verbeterd, waarbij ook de doorlooptijd kan worden verkort. Een GIS-database en applicatie met de naam BASELINE is ontwikkeld om het één en ander te structureren.

Met BASELINE is het op eenduidige wijze mogelijk om geografische gegevens in te voeren, te wijzigen en om te zetten in model-schematisaties. Baseline is ontwikkeld aan de hand van de volgende uitgangspunten:

- Niet het model, maar het gebied staat centraal. Dit houdt in dat de gegevens worden ingevoerd zonder dat specifiek naar een model wordt gekeken. Per model vindt een conversie van de vereiste data plaats naar de schematisatie.
- De gegevens in BASELINE kunnen door diverse modellen worden benut. In eerste instantie worden alleen interfaces naar WAQUA en SOBEK voorzien.
- Voor het gebruik van BASELINE is geen uitgebreide GIS-kennis vereist. Door de volledig menu-gestuurde interface wordt de gebruiker grotendeels afgeschermd van de complexe GIS-omgeving.
- Zowel handmatig binnen BASELINE, als door de import van bestanden, kunnen wijzigingen in het rivierengebied worden doorgevoerd.
- Deze wijzigingen worden gesuperponeerd op kopieën van de basisgegevens die in BASELINE voorhanden zijn. Hierdoor kan altijd gebruik gemaakt van de meest recente set aan gegevens.

De volledige koppeling van de SOBEK-programmatuur aan BASELINE wordt voorzien in het laatste kwartaal van 1998. Op dat moment is het mogelijk om volledig menugestuurd wijzigingen in het riviersysteem aan te brengen en de nieuwe gegevens te benutten voor het vervaardigen van een nieuwe SOBEK schematisatie.

### 8.2 *Uniformering SOBEK-programmatuur*

De GIS-applicatie die gebruikt is bij de schematisatie van de Maas is gebaseerd op de schematisatietechniek die ten behoeve van IVR is ontwikkeld. Door de goede resultaten is besloten de methode ook toe te passen voor de schematisatie van de Nederlandse Maas tot km 96.5. Door de beschikbaarheid van digitale rivierkaarten en toegenomen inzichten in de mogelijkheden van het gebruik van GIS voor dit soort modellen is de methode op een aantal punten aangepast voor het benedenstroomse deel van de Maas.

Het resultaat hiervan is dat er een aantal schematisaties zijn die op hoofdlijnen met elkaar vergelijkbaar zijn, maar op een aantal punten ook van elkaar afwijken. Om een aantal redenen is het van belang dat er duidelijkheid bestaat in de opbouw van de profielen en de methodiek die hiervoor gebruikt is:

- Het vereenvoudigen van het beheer
- De implementatie van SOBEK in Decision support systemen (IVR, IVM)
- De koppeling van de GIS applicatie aan BASELINE, een GIS database voor riviergegevens ten behoeve van een- en tweedimensionaal modelleren.
- Het gebruik van de applicatie buiten RIZA

Momenteel is onderzoek gaande naar het vergaren van bestaande programma's, inzichten en wensen met betrekking tot de GIS programmatuur om te komen tot een generieke opzet om SOBEK-profielen te genereren waarmee verschillende gebruiksdoelen van SOBEK kunnen worden bediend, alsmede het ontwikkelen van deze programmatuur. Naar verwachting zal dit onderzoek eind 1998 uitmonden in

nieuwe programmatuur die direct aan BASELINE kan worden gekoppeld en waarvan ook de documentatie up-to-date is.

### 8.3 Nieuwe ontwikkelingen invoergegevens

De bepaling van een aantal van de basisbestanden is de handmatige manipulatie nog steeds van groot belang. Getracht wordt deze handmatige handelingen zoveel mogelijk terug te brengen. Tevens volgt uit de ervaringen met het huidige model dat bij de vervaardiging van een aantal bestanden een andere werkwijze mogelijk een snellere verwerking en/of een hogere reproduceerbaarheid gehaald kan worden. Op de volgende gebieden zijn mogelijk verbeteringen aan te brengen:

- De vakgrenzen in het winterbed worden tot dusver handmatig bepaald. Hierbij wordt zoveel mogelijk getracht het verhang in zomer- en winterbed aan elkaar gelijk te laten zijn. De vakgrenzen in het zomerbed liggen hierbij vast. Gebaseerd op modeluitkomsten van WAQUA kan een waterstandsveld worden bepaald. Door middel van iso-waterstandslijnen die aansluiten op de vakgrenzen in het zomerbed kunnen dan automatisch de vakgrenzen in het winterbed worden bepaald. Onderzoek heeft uitgewezen dat deze aanpak zeker mogelijkheden biedt (Helmich en Zilvold, 1997).
- De GIS applicatie maakt gebruik van omkade gebieden. Hierbij is het van belang dat dit in ieder SOBEK-vak, waarin zich een kade bevindt, een gesloten vlak is. Een gebied achter kades dat zich uitstrekt over meerdere SOBEK-vakken wordt dus geschematiseerd als een aantal kade-elementen die op elkaar aansluiten en tezamen de kade simuleren. Aan ieder kade-element moet een hoogte worden toegekend die overeenkomt met het verhang op het moment dat de kade als geheel begint bij te dragen aan de stroomvoering en/of berging. Op dit moment worden de hoogtes handmatig toegekend op basis van model-uitvoer van WAQUA. Onderzoek heeft echter uitgewezen dat er mogelijkheden zijn dit geautomatiseerd uit te voeren, waarbij gebruik gemaakt wordt van WAQUA uitvoer op een aantal afvoerniveaus (Helmich en Zilvold, 1997). Deze mogelijkheid moet verder worden onderzocht.
- De grens tussen stroomvoerende en stroombergende gebieden wordt geautomatiseerd bepaald aan de hand van stroomsnelheden die zijn verkregen met het 2-D model WAQUA. Hoewel de methode in de praktijk goed lijkt te voldoen, is een theoretische onderbouwing nog niet uitgevoerd. Een probleem bij deze methode is tevens dat in plassen de stroomsnelheid laag kan zijn, maar dat door de hoge afvoercapaciteit hier veel toch veel water door wordt afgevoerd. Deze locaties moeten nu nog handmatig worden geverifieerd. Mogelijk biedt het baseren van de grens *stroomvoering/stroomberging op berekende WAQUA afvoeren hier een oplossing voor.*
- Ten aanzien van plassen en kades geldt dat de hoogte en codering per SOBEK-vak moeten worden aangegeven. Momenteel is de opzet dusdanig dat de vakgrenzen in de basisbestand met plassen en kades terug komen. Een wijziging in het bestand met vakgrenzen moet daardoor eveneens op twee andere plaatsen worden doorgevoerd. In de volgende versie zal dit zijn verholpen.
- De hoogteligging van de plassen is gebaseerd op de hoogte van de oeverlijn. Deze is bepaald uit het hoogtemodel behorende bij het DTB rivier en is daarmee afhankelijk van de afvoer op het moment van opname. Bij het huidige DTB varieert deze afvoer tussen ongeveer 50 en 600 m<sup>3</sup>/s. Hierdoor ontstaan grote verschillen in hoogteligging en kan het zijn dat de hoogte van de plas lager is dan de hoogte van het zomerbed bij bank-full afvoer. Hierdoor kunnen voor SOBEK ongewenste teruglopende hoogtes in de profielen worden verkregen. In volgende versies moet dit worden aangepast. Ook de aanname dat plassen in het stroomvoerende deel van het winterbed over een vaste diepte van twee meter bijdragen aan de stroomvoering moet verder worden onderzocht.
- In de SOBEK-applicatie wordt momenteel gebruik gemaakt van een viertal codes om de kades goed in de profielen op te nemen. Dit zorgt voor een vrij ondoorzichtige opzet van het GIS-bestand met kades. In de volgende versie zal dit worden vereenvoudigd tot twee types, primaire en secundaire kades.

## 9 Conclusies en aanbevelingen

### 9.1 Discussie

De methode voor het vervaardigen van SOBEK-profielen door middel van GIS die in dit rapport wordt beschreven maakt het mogelijk om op een consistente en reproduceerbare wijze invoer voor SOBEK aan te maken. Alhoewel de resultaten bevredigend zijn, is de methode nog niet volledig uitgekristalliseerd en zijn ook een aantal nadelen aan het licht gekomen.

- Het voorbereiden en controleren van de gegevens is bijzonder tijds- en arbeidsintensief. Door het gedetailleerde gebruik van geografische gegevens ontstaan bijzonder grote bestanden die controle en gebruik niet vereenvoudigen.
- Met de methode kan in principe alle beschikbare ruimtelijke informatie van de rivier worden gebruikt. Doordat de gegevens per SOBEK-vak als het ware worden gemiddeld tot een profiel is de gevoeligheid van de schematisatie voor de toevallige ligging van de profielen en lokale meetfouten relatief gering. Wel is het uiteraard zo dat de kwaliteit en de ruimtelijke dichtheid van de invoer direct van invloed is op de kwaliteit van de schematisatie.
- Op dit moment vindt de bepaling van een aantal grootheden (vakgrenzen winterbed, kadehoogte etc) voor een groot deel nog handmatig plaats. Dit zijn handelingen die enerzijds veel tijd kosten en ook de reproduceerbaarheid van de schematisatie niet ten goede komen.
- Afhankelijk van het UNIX-platform waarop de berekeningen plaatsvinden kost de berekening van een SOBEK-profiel, als alle data gereed zijn, tussen de 6 en 8 minuten. Dit houdt in dat het vervaardigen van profielen voor de gehele Maas al gauw twee à drie dagen rekentijd in beslag neemt. Hierdoor zijn de mogelijkheden voor het gebruik van de methode ten behoeve van beleidsanalytische studies vooralsnog beperkt.
- Door de grootte van de GIS bestanden is voor de Maas een beschikbare schijfruimte van minimaal 1.5 Gb benodigd.
- Nader onderzoek naar de mogelijkheden om geautomatiseerd diverse invoerbestanden aan te maken kan leiden tot een aanzienlijke tijdsbesparing
- Door bij de bepaling van een aantal invoerbestanden voor de GIS-applicatie uit te gaan van modeluitvoer van WAQUA, kan een aanzienlijke verbetering van de geproduceerde schematisatie worden bereikt. Tevens is het mogelijk deze bestanden voor een groot deel geautomatiseerd af te leiden zodat ook de verwerking tot SOBEK-profielen vereenvoudigd wordt.

### 9.2 Aanbevelingen

Alhoewel het waarschijnlijk mogelijk is om schematisaties voor SOBEK geheel geautomatiseerd aan te maken is het sterk aan te raden om in ieder geval bekende knelpunten handmatig na te lopen.

- De ontwikkeling van BASELINE maakt het mogelijk alle benodigde (ruimtelijke) gegevens voor hydraulische modellering op te slaan, te bewerken en te beheren. De opzet is dusdanig dat de data die zijn ingevoerd zowel voor één als voor tweedimensionale modellering kunnen worden gebruikt. Het onderbrengen van de SOBEK-GIS programmatuur in BASELINE wordt sterk aangeraden en is in voorbereiding.
- Nader onderzoek naar de koppeling tussen WAQUA-uitvoer en de automatische aanmaak van SOBEK-invoer is nodig om een verdere verbetering van de kwaliteit en productiemogelijkheden van de SOBEK-schematisaties te verkrijgen. Met name voor de bepaling van vakgrenzen in het winterbed, de grens tussen stroomvoerende en stroombergende gebieden en de kadehoogten is hier nog meer winst te behalen.
- Voor de verschillende riviersystemen die met SOBEK zijn geschematiseerd wijken de methode en profielen op een aantal punten van elkaar af. Dit komt de vergelijkbaarheid en het gebruik van SOBEK- met DSS systemen niet ten goede. Op korte termijn wordt een uniformering van de GIS procedures voorzien waardoor volgens een vaste methode profielen kunnen worden bepaald die voor meerdere gebruiksdoelen toepasbaar zijn.
- De codering van kades in het winterbed is niet inzichtelijk, terwijl ook de afhandeling van de kades in de GIS-programmatuur niet altijd even eenduidig is. Het verdient de aanbeveling dit in een volgende versie van de programmatuur aan te passen.

- Op de grens tussen twee SOBEM-vakken moet in het geval van kades en plassen ook een grens gelegd worden. Momenteel zijn de vakgrenzen daardoor in een aantal andere bestanden terug te vinden. Dit levert enerzijds problemen op in verband met data redundantie, terwijl ook de aanpassingen in vakgrenzen op meerdere locaties plaats dient te vinden. In een volgende versie van de programmatuur zal hier een oplossing voor moeten worden gevonden.
- Het concept dat plassen in het stroomvoerend deel van het winterbed over een extra diepte van twee meter bijdragen aan de stroomvoering leidt op een aantal plaatsen tot een extreem grote  $dA_r$ . Dit leverde stabiliteitsproblemen op bij de modellering, waardoor de  $dA_r$  van deze vakken handmatig is aangepast. In de calibratienota Maas (van der veen et al, 1998) en de presentatieprogrammatuur staat aangegeven welke vakken het hier betreft. Het verdient de aanbeveling deze constructie in een volgende versie nader te bestuderen.

### 9.3 Conclusies

- Het gebruik van GIS voor het vervaardigen van een schematisatie van de geometrie van een rivier maakt het mogelijk om binnen relatief korte tijd een robuuste en consistente schematisatie van de Maas op te vervaardigen. Deze schematisatie kan goed als basis dienen voor hoogwatermodellen en als referentie schematisatie voor beleidsanalytische studies. Gezien de relatief lange rekentijd oom een schematisatie te vervaardigen, is de methode vooralsnog niet geschikt om in korte tijd meerdere schematisaties te vervaardigen.
- Door het gebruik van grotendeels geautomatiseerde procedures is de schematisatie goed te reproduceren.
- Hoewel het waarschijnlijk mogelijk is de schematisatie volledig geautomatiseerd te vervaardigen, is hydraulische inbreng onmisbaar om op specifieke locaties een goede schematisatie te verkrijgen.
- Door de ruimtelijke gegevens van een SOBEM-vak als het ware te middelen tot een SOBEM-profiel wordt een beschrijving van de geometrie verkregen die enerzijds een goede beschrijving geeft van de lokale geometrie, maar die anderzijds niet bijzonder gevoelig voor lokaal optredende afwijkingen.
- Het gebruik van modelresultaten van een tweedimensionaal model levert een aanzienlijke verbetering van de mogelijkheden om twee dimensionale aspecten in een eendimensionaal model onder te brengen. Dit komt de kwaliteit van de schematisatie ten goede.
- De kwaliteit van de modellering staat of valt met de kwaliteit van de beschikbare basisgegevens. Met name het bewerken van deze basisgegevens is nog bijzonder bewerkelijk. Door de GIS-applicatie onder te brengen in BASELINE wordt hier zowel qua gebruiksgemak als qua consistentie een grote verbetering in verwacht.

## Begrippenlijst

Begrip	Verklaring
Aangetakte plas	Open water in het winterbed van de rivier dat in open verbinding staat met de rivier
DAf	Het stroomvoerend doorstroomprofiel van gebieden achter kades binnen een SOBEK-vak
DAt	Het totale (stroomvoerend en stroombergend) doorstroomprofiel van gebieden achter kades binnen en SOBEK-vak
Geulsectie	Zomerbed van de rivier
Hbase	De gemiddelde maaiveldhoogte van het gebied achter de primaire en secundaire kades in een SOBEK-vak, dat lager gelegen is dan de betreffende kadehoogte.
Htop	De hoogte van de primaire kade
Kribsectie	Dat deel van de rivier dat tussen de oever en normaallijn is gelegen. In het geval van de Maas is een vaste breedte van 10 meter aangehouden.
Oeversectie	Zie kribsectie
Primaire kade	De kade in een SOBEK-vak die de grootste invloed uitoefent op de waterbeweging
Secundaire kade	Een kade in een SOBEK-vak die een geringere invloed uitoefent op de waterbeweging
SOBEK-profiel	Een SOBEK-profiel is gedefinieerd als een invoer element van SOBEK dat de geometrie van de rivier op een bepaalde locatie beschrijft.
SOBEK-vak	Een vak met een gemiddelde lengte van ongeveer 500 meter waarvan de gegevens worden gebruikt om een SOBEK-profiel te bepalen.
Stroombergend gebied	Deel van het winterbed dat in het SOBEK model alleen bijdraagt aan de berging van water. Het stroomvoerend gebied voor SOBEK wordt per vak bepaald en komt niet noodzakelijk overeen met de juridische begrenzing van het stroombergend winterbed.
Stroomvoerend gebied	Deel van het winterbed dat, in ieder geval bij de hoogst gebruikte afvoer, in het SOBEK model bijdraagt aan de afvoer van water. Het stroomvoerend gebied voor SOBEK wordt per vak bepaald en komt niet noodzakelijk overeen met de juridische begrenzing van het stroomvoerend winterbed.
Uiterwaardsectie	Dat deel van de rivier dat tussen de oeverlijn en de grens van het modelgebied ligt.
Zomerkade	Ruimtelijk element dat (tot een bepaalde waterstand) invloed uitoefent op de stroming van water in de uiterwaard. Ten behoeve van SOBEK zijn deze kades al dan niet in het terrein herkenbaar.

## Literatuur

Brink N. van de  
Vertaling ecotopen naar ruwheidstypen, (MEMO RYN97-46)  
RWS-RIZA, juli 1997

DIHO  
Hydrologisch jaarboek DIHO  
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie  
Waterwegen en Zeewezen, Dienst Hydrologisch Onderzoek, 1995

Dood, Ruben en Loes Otter  
Basisboek GIS  
RWS Meetkundige Dienst, 1997

Essen, J.A.F. van  
Menugestuurde GIS-applicaties voor het berekenen en presenteren van digitale riviergegevens  
RWS-RIZA, februari 1997

Fioole, A.  
Gebruikershandleiding van het ruimtelijk interpolatieprogramma SURFIS (concept)  
RWS-RIZA 1996

GEODAN GEODESIE  
Aanmaken SOBEK-vakgrenzen zomerbed Maas  
RWS-RIZA, maart 1997

Hal, L. van  
Meetverslag "lopende golf" onderzoek Grensmaas 1991. Project Maa\*EHM\_TOX  
RIZA werkdocument 93.028 X, januari 1993

Helmich, C. en F. Zilvold  
Kan het 1-dimensionale het 2-dimensionale bevatten?, GIS als schakel tussen SOBEK en  
WAQUA,  
IAHL, afstudeerrichting Hydrologie&Waterbeheer,  
afstudeerscriptie mei 1997.

HKV, 1996  
Hydraulische ruwheid van overstroomde flexibele moerasvegetatie,  
HKV<sub>lijn in water</sub> (PR031), in opdracht van Rijkswaterstaat/Riza,  
juni 1996

HKV, 1997  
SOBEK-model Andernach-Lobith, Model construction, calibration and verification,  
HKV<sub>lijn in water</sub> (PR042) in opdracht van Rijkswaterstaat/Riza,  
augustus 1997

Klopstra, D., H.J. Barneveld, J.M van Noortwijk  
Analytisch model hydraulische ruwheid overstroomde vegetatie  
HKV<sub>lijn in water</sub> (PR051) in opdracht van Rijkswaterstaat/Riza,  
september 1996

Knippenberg, C. van  
Fax met kribhoogten langs de Maas  
RWS-dir Limburg, 13 augustus 1997

Meetkundige Dienst

Handleiding DTB rivier (concept)  
RWS-MD, september 1996

Meetkundige Dienst  
Zeer Korte Handleiding EcotopenGIS versie 1.0  
RWS-MD, 1997

Rijkswaterstaat dir. Limburg.  
De Maas hoogwater januari/februari 1995  
Rijkswaterstaat, directie Limburg

Ubo Pakes, Rolf van der Veen, Menno Zeeman, Johan van Essen, Bertus Schutte  
The use of GIS for one-dimensional modelling of large Dutch rivers  
In: Proceedings 17<sup>TH</sup> ANNUAL ESRI USER CONFERENCE 1997  
Juli 1997

Pakes, U, R. van der Veen en J. van Essen  
GIS schematisaties. Degelijke basis voor eendimensionale riviermodellen  
in GIS-nieuws 1997-3, RWS Meetkundige Dienst, 1997

Roumen, Peter  
MEMO meta-informatie GRID bestanden hoogteligging zomerbed  
RWS-dir. Limburg, Maastricht 15 april 1997

RWS-dir W&W  
Weerstand begroeiingen in uiterwaarden  
Nota WWZO 83.11

Schutte, L en R. van der Veen  
Bepalen ruwheden winterbed op basis van voorkomende vegetatie  
RWS-RIZA, werkdocument 96.177x

Silva, W  
Veen, R. van der,  
Analyse laterale toestroming naar de Maas  
RIZA werkdocument 97.061 X

Veen, R. van der, U. Pakes, J. van Essen, L. Schutte  
Calibratie SOBEK-Rijntakken (versie 1996.0)  
RWS-RIZA 1997, rapport nummer 97.034

Velzen, ir. E. van  
State of the art ruwheden  
RWS-RIZA, nota in voorbereiding

Verheij, H.J en F.C.M. van der Knaap,  
Hydraulische ruwheid grasland (Q2218)  
Waterloopkundig Laboratorium, augustus 1996

WL-RIZA  
SOBEK-User manual

Zeeman, M.  
Schematisatie voor het SOBEK model Nederlandse Rijntakken  
RWS-RIZA/Dir. Gelderland 1994

Zeeman, M  
Beschrijving Geografische Database IVR. naslagwerk

RWS-RIZA. 1995

Zeeman, M.

Schematisatie voor het SOBEK model Grens- en Plassenmaas

RWS-RIZA, 1996



## **Bijlagen**

**Bijlage 1 Maximale hoogten geul- en oeversectie**

vak	H geul	H oever	vak	H geul	H oever	vak	H geul	H oever
1	4530	4680	51	3757	3843	101	2515	2653
2	4516	4664	52	3722	3818	102	2497	2635
3	4491	4639	53	3699	3793	103	2479	2617
4	4467	4614	54	3677	3768	104	2462	2600
5	4443	4590	55	3655	3742	105	2445	2582
6	4438	4565	56	3633	3717	106	2428	2565
7	4433	4553	57	3603	3691	107	2411	2548
8	4428	4542	58	3573	3665	108	2395	2531
9	4423	4532	59	3536	3638	109	2380	2515
10	4418	4522	60	3499	3613	110	2364	2499
11	4413	4512	61	3460	3587	111	2349	2483
12	4408	4503	62	3422	3561	112	2334	2467
13	4407	4493	63	3390	3536	113	2320	2452
14	4406	4484	64	3359	3509	114	2306	2436
15	4405	4474	65	3327	3484	115	2292	2421
16	4405	4465	66	3295	3457	116	2279	2407
17	4405	4456	67	3263	3431	117	2266	2392
18	4405	4447	68	3231	3405	118	2253	2377
19	4405	4438	69	3202	3379	119	2240	2362
20	4405	4429	70	3174	3354	120	2228	2348
21	4405	4429	71	3151	3329	121	2216	2334
22	4405	4429	72	3128	3303	122	2204	2320
23	4405	4429	73	3104	3277	123	2193	2306
24	4405	4429	74	3081	3252	124	2182	2292
25	4405	4429	75	3065	3226	125	2172	2278
26	4405	4429	76	3050	3202	126	2161	2265
27	4405	4429	77	3036	3177	127	2151	2251
28	4405	4429	78	3022	3152	128	2141	2237
29	4405	4429	79	3006	3128	129	2132	2158
30	4141	4239	80	2991	3103	130	2122	2209
31	4090	4228	81	2974	3079	131	2114	2196
32	4079	4222	82	2958	3056	132	2105	2182
33	4069	4211	83	2943	3032	133	2100	2175
34	4056	4197	84	2928	3008	134	2094	2165
35	4037	4181	85	2913	2985	135	2089	2156
36	4019	4164	86	2899	2963	136	2084	2147
37	4009	4146	87	2880	2940	137	2078	2136
38	4000	4128	88	2861	2918	138	2071	2124
39	3990	4109	89	2837	2896	139	2066	2115
40	3981	4089	90	2814	2874	140	2063	2109
41	3966	4069	91	2788	2853	141	2058	2099
42	3951	4048	92	2762	2832	142	2053	2090
43	3936	4027	93	2736	2811	143	2046	2075
44	3921	4005	94	2710	2790	144	1726	1836
45	3903	3983	95	2674	2770	145	1721	1828
46	3886	3961	96	2639	2750	146	1717	1820
47	3857	3938	97	2599	2730	147	1714	1813
48	3828	3915	98	2572	2710	148	1712	1807
49	3800	3891	99	2552	2690	149	1710	1800
50	3772	3867	100	2534	2672	150	1708	1794

vak	H geul	H oever	vak	H geul	H oever	vak	H geul	H oever
151	1707	1789	201	1410	1446	251	1231	1285
152	1706	1784	202	1410	1434	252	1229	1282
153	1705	1780	203	1410	1419	253	1226	1280
154	1705	1775	204	1339	1383	254	1223	1277
155	1704	1771	205	1333	1381	255	1220	1274
156	1703	1767	206	1326	1379	256	1217	1272
157	1702	1764	207	1322	1378	257	1214	1269
158	1701	1761	208	1320	1377	258	1211	1266
159	1699	1758	209	1315	1375	259	1208	1264
160	1697	1755	210	1310	1373	260	1204	1261
161	1694	1752	211	1306	1371	261	1201	1258
162	1690	1749	212	1301	1369	262	1197	1255
163	1686	1746	213	1298	1367	263	1193	1252
164	1685	1743	214	1294	1365	264	1190	1249
165	1684	1740	215	1291	1363	265	1186	1246
166	1684	1737	216	1288	1361	266	1182	1243
167	1680	1733	217	1285	1359	267	1178	1240
168	1489	1558	218	1283	1357	268	1174	1237
169	1475	1541	219	1281	1355	269	1170	1234
170	1465	1530	220	1278	1353	270	1166	1230
171	1458	1522	221	1277	1351	271	1162	1227
172	1452	1516	222	1275	1348	272	1158	1224
173	1449	1512	223	1273	1346	273	1154	1220
174	1441	1503	224	1272	1344	274	1149	1217
175	1435	1497	225	1270	1342	275	1145	1213
176	1430	1492	226	1269	1340	276	1142	1210
177	1426	1487	227	1268	1338	277	1138	1206
178	1423	1484	228	1266	1336	278	1134	1202
179	1421	1482	229	1265	1334	279	1130	1199
180	1420	1481	230	1264	1332	280	1126	1195
181	1419	1480	231	1263	1330	281	1123	1191
182	1418	1480	232	1262	1328	282	1119	1187
183	1418	1479	233	1261	1326	283	1116	1183
184	1417	1478	234	1260	1324	284	1113	1179
185	1416	1477	235	1259	1322	285	1110	1175
186	1415	1476	236	1258	1319	286	1107	1171
187	1414	1475	237	1256	1317	287	1105	1167
188	1413	1474	238	1255	1315	288	1103	1162
189	1412	1473	239	1254	1313	289	1101	1158
190	1412	1473	240	1252	1311	290	1099	1153
191	1411	1472	241	1251	1308	291	1098	1149
192	1411	1472	242	1249	1306	292	1097	1144
193	1411	1472	243	1248	1304	293	1096	1140
194	1411	1472	244	1246	1302	294	1096	1135
195	1411	1472	245	1244	1299	295	1096	1130
196	1411	1472	246	1242	1297	296	1096	1127
197	1411	1472	247	1240	1294	297	1060	1124
198	1410	1471	248	1238	1292	298	1040	1105
199	1410	1464	249	1236	1290	299	1027	1092
200	1410	1456	250	1234	1287	300	1018	1084

vak	H geul	H oever	vak	H geul	H oever	vak	H geul	H oever
301	1001	1067	351	759	800	401	491	522
302	982	1049	352	759	794	402	490	522
303	964	1032	353	759	788	403	490	522
304	948	1016	354	583	639	404	346	502
305	932	1001	355	581	638	405	316	472
306	918	987	356	579	637	406	289	445
307	904	974	357	577	635	407	276	432
308	891	961	358	574	634	408	264	420
309	879	950	359	572	632	409	240	396
310	868	939	360	570	630	410	218	374
311	858	930	361	567	628	411	197	353
312	849	898	362	565	626	412	179	335
313	840	912	363	562	623	413	161	317
314	832	841	364	560	621	414	146	302
315	740	745	365	557	618	415	132	224
316	808	813	366	554	615	416	119	238
317	812	872	367	552	612	417	108	264
318	807	880	368	549	609	418	98	254
319	802	875	369	546	605	419	89	245
320	797	818	370	544	602	420	81	237
321	794	805	371	541	599	421	74	230
322	790	803	372	538	595	422	69	225
323	781	786	373	536	592	423	64	220
324	785	814	374	533	588	424	61	217
325	783	826	375	531	585	425	58	214
326	781	824	376	528	581	426	56	212
327	780	831	377	526	578	427	54	210
328	779	806	378	523	574	428	53	209
329	778	806	379	521	571	429	53	209
330	777	818	380	519	567	430	53	209
331	776	846	381	517	564	431	53	190
332	775	845	382	515	560	432	54	183
333	774	844	383	514	557	433	55	192
334	773	843	384	512	554	434	56	212
335	772	842	385	510	551	435	57	213
336	771	841	386	509	548	436	58	214
337	770	840	387	508	545	437	60	216
338	769	839	388	507	542	438	61	217
339	768	838	389	506	539	439	62	218
340	766	836	390	505	537	440	62	218
341	765	835	391	503	534	441	63	219
342	763	833	392	501	532	442	63	219
343	761	831	393	499	530	443	62	205
344	760	828	394	497	528	444	61	81
345	760	825	395	496	527	445	59	215
346	760	822	396	494	525	446	57	200
347	760	819	397	493	524	447	54	172
348	760	815	398	492	523	448	50	199
349	760	811	399	491	522	449	45	191
350	759	806	400	491	522	450	40	183

vak	H geul	H oever
451	33	169
452	25	163
453	16	172
454	5	161
455	-6	150

**Bijlage 2 Administratieve gegevens SOBEK profielen**

Riviertak	vak	rivierkilometers	Woonplaats	krib	Versie	Kanttekeningen
Maas	1	2.55-2.75	Eijsden	0	1998.1	
Maas	2	2.75-3.25	Eijsden	0	1998.1	
Maas	3	3.25-3.75	Eijsden	0	1998.1	
Maas	4	3.75-4.25	Eijsden	0	1998.1	
Maas	5	4.25-4.75	Eijsden	0	1998.1	
Maas	6	4.75-5.25	Eijsden	0	1998.1	
Maas	7	5.25-5.75	Eijsden	0	1998.1	
Maas	8	5.75-6.25	Eijsden	0	1998.1	
Maas	9	6.25-6.75	Eijsden	0	1998.1	
Maas	10	6.75-7.25	Eijsden	0	1998.1	
Maas	11	7.25-7.75	Eijsden	0	1998.1	
Maas	12	7.75-8.25	Eijsden	0	1998.1	
Maas	13	8.25-8.75	Maastricht	0	1998.1	
Maas	14	8.75-9.25	Maastricht	0	1998.1	
Maas	15	9.25-9.75	Maastricht	0	1998.1	
Maas	16	9.75-10.25	Maastricht	0	1998.1	
Maas	17	10.25-10.75	Maastricht	0	1998.1	
Maas	18	10.75-11.25	Maastricht	0	1998.1	
Maas	19	11.25-11.75	Maastricht	0	1998.1	
Maas	20	11.75-12.25	Maastricht	0	1998.1	
Maas	21	12.25-12.75	Maastricht	0	1998.1	
Maas	22	12.75-13.25	Maastricht	0	1998.1	
Maas	23	13.25-13.75	Maastricht	0	1998.1	
Maas	24	13.75-14.25	Maastricht	0	1998.1	
Maas	25	14.25-14.50	Maastricht	0	1998.1	
Maas	26	14.50-14.70	Maastricht	0	1998.1	
Maas	27	14.70-14.90	Maastricht	0	1998.1	
Maas	28	14.90-15.10	Maastricht	0	1998.1	
Maas	29	15.10-15.40	Maastricht	0	1998.1	
Maas	30	15.40-15.80	Borgharen	0	1998.1	
Maas	31	15.80-16.20	Borgharen	0	1998.1	
Maas	32	16.20-16.40	Borgharen	0	1998.1	
Maas	33	16.40-16.80	Borgharen	0	1998.1	
Maas	34	16.80-17.25	Borgharen	0	1998.1	
Maas	35	17.25-17.75	Borgharen	0	1998.1	
Maas	36	17.75-18.25	Borgharen	0	1998.1	
Maas	37	18.25-18.75	Itteren	0	1998.1	
Maas	38	18.75-19.25	Itteren	0	1998.1	
Maas	39	19.25-19.75	Itteren	0	1998.1	
Maas	40	19.75-20.25	Itteren	0	1998.1	
Maas	41	20.25-20.75	Itteren	0	1998.1	
Maas	42	20.75-21.25	Itteren	0	1998.1	
Maas	43	21.25-21.75	Itteren	0	1998.1	
Maas	44	21.75-22.25	Itteren	0	1998.1	
Maas	45	22.25-22.75	Itteren	0	1998.1	

Riviertak	vak	rievierkilometers	Woonplaats	krib	Versie	Kanttekeningen
Maas	46	22.75-23.25	Geulle	0	1998.1	
Maas	47	23.25-23.75	Geulle	0	1998.1	
Maas	48	23.75-24.25	Geulle	0	1998.1	
Maas	49	24.25-24.75	Geulle	0	1998.1	
Maas	50	24.75-25.25	Geulle	0	1998.1	
Maas	51	25.25-25.75	Geulle	0	1998.1	
Maas	52	25.75-26.25	Geulle	0	1998.1	
Maas	53	26.25-26.75	Geulle	0	1998.1	
Maas	54	26.75-27.25	Elsloo	0	1998.1	
Maas	55	27.25-27.75	Elsloo	0	1998.1	
Maas	56	27.75-28.25	Elsloo	0	1998.1	
Maas	57	28.25-28.75	Elsloo	0	1998.1	
Maas	58	28.75-29.25	Elsloo	0	1998.1	
Maas	59	29.25-29.75	Elsloo	0	1998.1	
Maas	60	29.75-30.25	Elsloo	0	1998.1	
Maas	61	30.25-30.75	Meers	0	1998.1	
Maas	62	30.75-31.25	Meers	0	1998.1	
Maas	63	31.25-31.75	Meers	0	1998.1	
Maas	64	31.75-32.25	Meers	0	1998.1	Plas in winterbed dAf verlaagd
Maas	65	32.25-32.75	Meers	0	1998.1	Plas in winterbed dAf verlaagd
Maas	66	32.75-33.25	Meers	0	1998.1	
Maas	67	33.25-33.75	Meers	0	1998.1	
Maas	68	33.75-34.25	Maasband	0	1998.1	
Maas	69	34.25-34.75	Maasband	0	1998.1	
Maas	70	34.75-35.25	Maasband	0	1998.1	
Maas	71	35.25-35.75	Maasband	0	1998.1	
Maas	72	35.75-36.25	Maasband	0	1998.1	
Maas	73	36.25-36.75	Urmond	0	1998.1	
Maas	74	36.75-37.25	Urmond	0	1998.1	
Maas	75	37.25-37.75	Urmond	0	1998.1	
Maas	76	37.75-38.25	Urmond	0	1998.1	
Maas	77	38.25-38.75	Urmond	0	1998.1	
Maas	78	38.75-39.25	Urmond	0	1998.1	
Maas	79	39.25-39.75	Urmond	0	1998.1	
Maas	80	39.75-40.25	Urmond	0	1998.1	
Maas	81	40.25-40.75	Obbicht	0	1998.1	
Maas	82	40.75-41.25	Obbicht	0	1998.1	
Maas	83	41.25-41.75	Obbicht	0	1998.1	
Maas	84	41.75-42.25	Obbicht	0	1998.1	
Maas	85	42.25-42.75	Obbicht	0	1998.1	
Maas	86	42.75-43.25	Obbicht	0	1998.1	
Maas	87	43.25-43.75	Grevenbicht	0	1998.1	
Maas	88	43.75-44.25	Grevenbicht	0	1998.1	
Maas	89	44.25-44.75	Grevenbicht	0	1998.1	Plas in winterbed dAf verlaagd
Maas	90	44.75-45.25	Grevenbicht	0	1998.1	Plas in winterbed dAf verlaagd
Maas	91	45.25-45.75	Grevenbicht	0	1998.1	Plas in winterbed dAf verlaagd
Maas	92	45.75-46.25	Grevenbicht	0	1998.1	

Riviertak	vak	rieverkilometers	Woonplaats	krib	Versie	Kanttekeningen
Maas	93	46.25-46.75	Grevenbicht	0	1998.1	
Maas	94	46.75-47.25	Grevenbicht	0	1998.1	
Maas	95	47.25-47.75	Visserweert	0	1998.1	
Maas	96	47.75-48.25	Visserweert	0	1998.1	
Maas	97	48.25-48.75	Visserweert	0	1998.1	
Maas	98	48.75-49.25	Visserweert	0	1998.1	
Maas	99	49.25-49.75	Visserweert	0	1998.1	
Maas	100	49.75-50.25	Visserweert	0	1998.1	
Maas	101	50.25-50.75	Visserweert	0	1998.1	
Maas	102	50.75-51.25	Visserweert	0	1998.1	
Maas	103	51.25-51.75	Maaseik	0	1998.1	
Maas	104	51.75-52.25	Maaseik	0	1998.1	
Maas	105	52.25-52.75	Maaseik	0	1998.1	
Maas	106	52.75-53.25	Maaseik	0	1998.1	
Maas	107	53.25-53.75	Maaseik	0	1998.1	
Maas	108	53.75-54.25	Maaseik	0	1998.1	
Maas	109	54.25-54.75	Maaseik	0	1998.1	
Maas	110	54.75-55.25	Maaseik	0	1998.1	
Maas	111	55.25-55.75	Ohe	0	1998.1	
Maas	112	55.75-56.25	Ohe	0	1998.1	
Maas	113	56.25-56.75	Ohe	0	1998.1	
Maas	114	56.75-57.25	Ohe	0	1998.1	
Maas	115	57.25-57.75	Ohe	0	1998.1	
Maas	116	57.75-58.25	Ohe	0	1998.1	
Maas	117	58.25-58.75	Ohe	0	1998.1	
Maas	118	58.75-59.25	Laak	0	1998.1	
Maas	119	59.25-59.75	Laak	0	1998.1	
Maas	120	59.75-60.25	Laak	0	1998.1	
Maas	121	60.25-60.75	Laak	0	1998.1	
Maas	122	60.75-61.25	Stevensweert	0	1998.1	
Maas	123	61.25-61.75	Stevensweert	0	1998.1	
Maas	124	61.75-62.25	Stevensweert	0	1998.1	
Maas	125	62.25-62.75	Stevensweert	0	1998.1	
Maas	126	62.75-63.25	Stevensweert	0	1998.1	
Maas	127	63.25-63.75	Stevensweert	0	1998.1	
Maas	128	63.75-64.25	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	129	64.25-64.75	Maasbracht	2163	1998.1	
Maas	130	64.75-65.25	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	131	65.25-65.75	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	132	65.75-66.25	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	133	66.25-66.55	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	134	66.55-66.85	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	135	66.85-67.15	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	136	67.15-67.45	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	137	67.45-67.80	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	138	67.80-68.20	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	139	68.20-66.95	Maasbracht	0	1998.1	



Riviertak	vak	rivierkilometers	Woonplaats	krib	Versie	Kanttekeningen
Maas	140	66.95-67.18	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	141	67.18-67.50	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	142	67.50-67.80	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	143	67.80-68.30	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	144	68.30-69.25	Maasbracht	0	1998.1	
Maas	145	69.25-69.75	Linne	0	1998.1	
Maas	146	69.75-70.25	Linne	0	1998.1	
Maas	147	70.25-70.75	Linne	0	1998.1	
Maas	148	70.75-71.25	Linne	0	1998.1	
Maas	149	71.25-71.75	Linne	0	1998.1	
Maas	150	71.75-72.25	Linne	0	1998.1	
Maas	151	72.25-72.75	Linne	0	1998.1	
Maas	152	72.75-73.25	Linne	0	1998.1	
Maas	153	73.25-73.75	Merum	0	1998.1	
Maas	154	73.75-74.25	Merum	0	1998.1	
Maas	155	74.25-74.75	Merum	0	1998.1	
Maas	156	74.75-75.25	Merum	0	1998.1	
Maas	157	75.25-75.75	Ool	0	1998.1	
Maas	158	75.75-76.25	Ool	0	1998.1	
Maas	159	76.25-76.75	Ool	0	1998.1	
Maas	160	76.75-77.25	Ool	0	1998.1	
Maas	161	77.25-77.75	Herten	0	1998.1	
Maas	162	77.75-78.25	Herten	0	1998.1	
Maas	163	78.25-78.75	Roermond	0	1998.1	
Maas	164	78.75-79.25	Roermond	0	1998.1	
Maas	165	79.25-79.75	Roermond	0	1998.1	
Maas	166	79.75-80.25	Roermond	0	1998.1	
Maas	167	80.25-80.90	Roermond	0	1998.1	
Maas	168	80.90-81.10	Roermond	0	1998.1	
Maas	169	81.10-83.75	Roermond	0	1998.1	
Maas	170	83.75-84.25	Roermond	0	1998.1	
Maas	171	84.25-84.65	Roermond	0	1998.1	
Maas	172	84.65-84.95	Roermond	0	1998.1	
Maas	173	84.95-85.20	Asselt	0	1998.1	
Maas	174	85.20-85.75	Asselt	0	1998.1	
Maas	175	85.75-86.25	Asselt	0	1998.1	Plas in winterbed dAf verlaagd
Maas	176	86.25-86.75	Asselt	0	1998.1	
Maas	177	86.75-87.25	Asselt	0	1998.1	
Maas	178	87.25-87.75	Asselt	0	1998.1	
Maas	179	87.75-88.25	Rijkel	0	1998.1	
Maas	180	88.25-88.75	Rijkel	0	1998.1	
Maas	181	88.75-89.25	Rijkel	0	1998.1	
Maas	182	89.25-90.25	Rijkel	0	1998.1	
Maas	183	90.25-90.75	Rijkel	0	1998.1	
Maas	184	90.75-91.25	Rijkel	0	1998.1	
Maas	185	91.25-91.75	Rijkel	0	1998.1	
Maas	186	91.75-92.25	Beesel	0	1998.1	

Riviertak	vak	rivierkilometers	Woonplaats	krib	Versie	Kanttekeningen
Maas	187	92.25-92.75	Beesel	0	1998.1	
Maas	188	92.75-93.25	Beesel	0	1998.1	
Maas	189	93.25-93.75	Beesel	0	1998.1	
Maas	190	93.75-94.25	Beesel	0	1998.1	
Maas	191	94.25-94.75	Beesel	0	1998.1	
Maas	192	94.75-95.25	Reuver	0	1998.1	
Maas	193	95.25-95.75	Reuver	0	1998.1	
Maas	194	95.75-96.25	Reuver	0	1998.1	
Maas	195	96.25-96.75	Reuver	0	1998.1	
Maas	196	96.75-97.25	Reuver	0	1998.1	
Maas	197	97.25-97.75	Reuver	0	1998.1	
Maas	198	97.75-98.25	Reuver	0	1998.1	
Maas	199	98.25-98.75	Belfeld	0	1998.1	
Maas	200	98.75-99.25	Belfeld	0	1998.1	
Maas	201	99.25-99.75	Belfeld	0	1998.1	
Maas	202	99.75-100.25	Belfeld	0	1998.1	
Maas	203	100.25-100.79	Belfeld	0	1998.1	
Maas	204	100.79-101.25	Belfeld	0	1998.1	
Maas	205	101.25-101.75	Tegelen	0	1998.1	
Maas	206	101.75-102.25	Tegelen	0	1998.1	
Maas	207	102.25-102.55	Tegelen	0	1998.1	
Maas	208	102.55-102.85	Tegelen	0	1998.1	
Maas	209	102.85-103.25	Tegelen	0	1998.1	
Maas	210	103.25-103.75	Tegelen	0	1998.1	
Maas	211	103.75-104.25	Tegelen	0	1998.1	
Maas	212	104.25-104.75	Tegelen	0	1998.1	
Maas	213	104.75-105.25	Tegelen	0	1998.1	
Maas	214	105.25-105.75	Tegelen	0	1998.1	
Maas	215	105.75-106.25	Tegelen	0	1998.1	
Maas	216	106.25-106.75	Venlo	0	1998.1	
Maas	217	106.75-107.25	Venlo	0	1998.1	
Maas	218	107.25-107.75	Venlo	0	1998.1	
Maas	219	107.75-108.25	Venlo	0	1998.1	
Maas	220	108.25-108.75	Venlo	0	1998.1	
Maas	221	108.75-109.25	Venlo	0	1998.1	
Maas	222	109.25-109.75	Venlo	0	1998.1	
Maas	223	109.75-110.25	Venlo	0	1998.1	
Maas	224	110.25-110.75	Venlo	0	1998.1	
Maas	225	110.75-111.25	Venlo	0	1998.1	
Maas	226	111.25-111.75	Velden	0	1998.1	
Maas	227	111.75-112.25	Velden	0	1998.1	
Maas	228	112.25-112.75	Velden	0	1998.1	
Maas	229	112.75-113.25	Velden	0	1998.1	
Maas	230	113.25-113.75	Velden	0	1998.1	
Maas	231	113.75-114.25	Velden	0	1998.1	
Maas	232	114.25-114.75	Velden	0	1998.1	
Maas	233	114.75-115.25	Velden	0	1998.1	

Riviertak	vak	rivierkilometers	Woonplaats	krib	Versie	Kanttekeningen
Maas	234	115.25-115.75	Velden	0	1998.1	
Maas	235	115.75-116.25	Velden	0	1998.1	
Maas	236	116.25-116.75	Lomm	0	1998.1	
Maas	237	116.75-117.25	Lomm	0	1998.1	
Maas	238	117.25-117.75	Lomm	0	1998.1	
Maas	239	117.75-118.25	Lomm	0	1998.1	
Maas	240	118.25-118.75	Lomm	0	1998.1	
Maas	241	118.75-119.25	Lomm	0	1998.1	
Maas	242	119.25-119.75	Arcen	0	1998.1	
Maas	243	119.75-120.25	Arcen	0	1998.1	
Maas	244	120.25-120.75	Arcen	0	1998.1	
Maas	245	120.75-121.25	Arcen	0	1998.1	
Maas	246	121.25-121.75	Arcen	0	1998.1	
Maas	247	121.75-122.25	Broekhuizen	0	1998.1	
Maas	248	122.25-122.75	Broekhuizen	0	1998.1	
Maas	249	122.75-123.25	Broekhuizenvorst	0	1998.1	
Maas	250	123.25-123.75	Broekhuizenvorst	0	1998.1	
Maas	251	123.75-124.25	Broekhuizenvorst	0	1998.1	
Maas	252	124.25-124.75	Ooijen	0	1998.1	
Maas	253	124.75-125.25	Ooijen	0	1998.1	
Maas	254	125.25-125.75	Ooijen	0	1998.1	
Maas	255	125.75-126.25	Ooijen	0	1998.1	
Maas	256	126.25-126.75	Ooijen	0	1998.1	
Maas	257	126.75-127.25	Ooijen	0	1998.1	
Maas	258	127.25-127.75	Blitterswijck	0	1998.1	
Maas	259	127.75-128.25	Blitterswijck	0	1998.1	
Maas	260	128.25-128.75	Blitterswijck	0	1998.1	
Maas	261	128.75-129.25	Blitterswijck	0	1998.1	
Maas	262	129.25-129.75	Blitterswijck	0	1998.1	
Maas	263	129.75-130.25	Blitterswijck	0	1998.1	
Maas	264	130.25-130.75	Blitterswijck	0	1998.1	
Maas	265	130.75-131.25	Well	0	1998.1	
Maas	266	131.25-131.75	Well	0	1998.1	
Maas	267	131.75-132.25	Well	0	1998.1	
Maas	268	132.25-132.75	Well	0	1998.1	
Maas	269	132.75-133.25	Well	0	1998.1	
Maas	270	133.25-133.75	Well	0	1998.1	
Maas	271	133.75-134.25	Geysteren	0	1998.1	
Maas	272	134.25-134.75	Geysteren	0	1998.1	
Maas	273	134.75-135.25	Geysteren	0	1998.1	
Maas	274	135.25-135.75	Geysteren	0	1998.1	
Maas	275	135.75-136.25	Maashees	0	1998.1	
Maas	276	136.25-136.75	Maashees	0	1998.1	
Maas	277	136.75-137.25	Maashees	0	1998.1	
Maas	278	137.25-137.75	Maashees	0	1998.1	
Maas	279	137.75-138.25	Maashees	0	1998.1	
Maas	280	138.25-138.75	Vierlingsbeek	0	1998.1	

Riviertak	vak	rivierkilometers	Woonplaats	krib	Versie	Kanttekeningen
Maas	281	138.75-139.25	Vierlingsbeek	0	1998.1	
Maas	282	139.25-139.75	Vierlingsbeek	0	1998.1	
Maas	283	139.75-140.25	Vierlingsbeek	0	1998.1	
Maas	284	140.25-140.75	Vierlingsbeek	0	1998.1	
Maas	285	140.75-141.25	Vierlingsbeek	0	1998.1	
Maas	286	141.25-141.75	Vierlingsbeek	0	1998.1	
Maas	287	141.75-142.25	Heukelom	0	1998.1	
Maas	288	142.25-142.75	Heukelom	0	1998.1	
Maas	289	142.75-143.25	Heukelom	0	1998.1	
Maas	290	143.25-143.75	Heukelom	0	1998.1	
Maas	291	143.75-144.25	Afferden	0	1998.1	
Maas	292	144.25-144.75	Afferden	0	1998.1	
Maas	293	144.75-145.25	Afferden	0	1998.1	
Maas	294	145.25-145.75	Afferden	0	1998.1	
Maas	295	145.75-146.25	Sambeek	0	1998.1	
Maas	296	146.25-146.55	Sambeek	0	1998.1	
Maas	297	146.55-146.75	Sambeek	0	1998.1	Bodemligging geulsectie handmatig aangepast
Maas	298	146.75-147.25	Sambeek	0	1998.1	
Maas	299	147.25-147.55	Sambeek	0	1998.1	
Maas	300	147.55-147.75	Sambeek	0	1998.1	
Maas	301	147.75-149.75	Boxmeer	0	1998.1	
Maas	302	149.75-150.25	Boxmeer	0	1998.1	
Maas	303	150.25-150.75	Boxmeer	0	1998.1	
Maas	304	150.75-151.25	Boxmeer	0	1998.1	
Maas	305	151.25-151.75	Heijen	0	1998.1	
Maas	306	151.75-152.25	Heijen	0	1998.1	
Maas	307	152.25-152.75	Heijen	0	1998.1	
Maas	308	152.75-153.25	Heijen	0	1998.1	
Maas	309	153.25-153.75	Gennep	0	1998.1	
Maas	310	153.75-154.25	Gennep	0	1998.1	
Maas	311	154.25-154.75	Gennep	0	1998.1	
Maas	312	154.75-155.25	Gennep	903	1998.1	
Maas	313	155.25-155.75	Gennep	0	1998.1	
Maas	314	155.75-156.25	Gennep	846	1998.1	
Maas	315	156.25-156.75	Gennep	750	1998.1	
Maas	316	156.75-157.25	Gennep	818	1998.1	
Maas	317	157.25-157.75	Gennep	877	1998.1	
Maas	318	157.75-158.25	Gennep	0	1998.1	
Maas	319	158.25-158.75	Gennep	0	1998.1	
Maas	320	158.75-159.25	Gennep	823	1998.1	
Maas	321	159.25-159.75	Gennep	810	1998.1	
Maas	322	159.75-160.25	Cuijk	808	1998.1	
Maas	323	160.25-160.75	Cuijk	791	1998.1	
Maas	324	160.75-161.25	Cuijk	819	1998.1	
Maas	325	161.25-161.75	Cuijk	831	1998.1	
Maas	326	161.75-162.25	Cuijk	829	1998.1	

Riviertak	vak	rivierkilometers	Woonplaats	krib	Versie	Kanttekeningen
Maas	327	162.25-162.75	Cuijk	836	1998.1	
Maas	328	162.75-163.25	Cuijk	811	1998.1	
Maas	329	163.25-163.75	Cuijk	811	1998.1	
Maas	330	163.75-164.25	Cuijk	823	1998.1	
Maas	331	164.25-164.75	Cuijk	0	1998.1	
Maas	332	164.75-165.25	Cuijk	0	1998.1	
Maas	333	165.25-165.75	Cuijk	0	1998.1	
Maas	334	165.75-166.25	Cuijk	0	1998.1	
Maas	335	166.25-166.75	Heumen	0	1998.1	
Maas	336	166.75-167.25	Heumen	0	1998.1	
Maas	337	167.25-167.75	Heumen	0	1998.1	
Maas	338	167.75-168.25	Heumen	0	1998.1	
Maas	339	168.25-168.75	Heumen	0	1998.1	
Maas	340	168.75-169.25	Overasselt	0	1998.1	
Maas	341	169.25-169.75	Overasselt	0	1998.1	
Maas	342	169.75-170.25	Overasselt	0	1998.1	
Maas	343	170.25-170.75	Overasselt	0	1998.1	
Maas	344	170.75-171.25	Overasselt	0	1998.1	
Maas	345	171.25-171.75	Overasselt	0	1998.1	
Maas	346	171.75-172.25	Overasselt	0	1998.1	
Maas	347	172.25-172.75	Grave	0	1998.1	
Maas	348	172.75-173.25	Grave	0	1998.1	
Maas	349	173.25-173.75	Grave	0	1998.1	
Maas	350	173.75-174.25	Grave	0	1998.1	
Maas	351	174.25-174.75	Grave	0	1998.1	
Maas	352	174.75-175.25	Grave	0	1998.1	
Maas	353	175.25-175.65	Grave	0	1998.1	
Maas	354	175.65-176.25	Grave	0	1998.1	
Maas	355	176.25-176.75	Grave	0	1998.1	
Maas	356	176.75-177.25	Balgoij	0	1998.1	
Maas	357	177.25-177.75	Balgoij	0	1998.1	
Maas	358	177.75-178.25	Balgoij	0	1998.1	
Maas	359	178.25-178.75	Balgoij	0	1998.1	
Maas	360	178.75-179.25	Balgoij	0	1998.1	
Maas	361	179.25-179.75	Ravenstein	0	1998.1	
Maas	362	179.75-180.25	Ravenstein	0	1998.1	
Maas	363	180.25-180.75	Ravenstein	0	1998.1	
Maas	364	180.75-181.25	Ravenstein	0	1998.1	
Maas	365	181.25-181.75	Ravenstein	0	1998.1	
Maas	366	181.75-182.25	Ravenstein	0	1998.1	
Maas	367	182.25-182.75	Ravenstein	0	1998.1	
Maas	368	182.75-183.25	Ravenstein	0	1998.1	
Maas	369	183.25-183.75	Ravenstein	0	1998.1	
Maas	370	183.75-184.25	Ravenstein	0	1998.1	
Maas	371	184.25-184.75	Batenburg	0	1998.1	
Maas	372	184.75-185.25	Batenburg	0	1998.1	
Maas	373	185.25-185.75	Batenburg	0	1998.1	

Riviertak	vak	rivierkilometers	Woonplaats	krib	Versie	Kanttekeningen
Maas	374	185.75-186.25	Batenburg	0	1998.1	
Maas	375	186.25-186.75	Batenburg	0	1998.1	
Maas	376	186.75-187.25	Batenburg	0	1998.1	
Maas	377	187.25-187.75	Batenburg	0	1998.1	
Maas	378	187.75-188.25	Batenburg	0	1998.1	
Maas	379	188.25-188.75	Megen	0	1998.1	
Maas	380	188.75-189.25	Megen	0	1998.1	
Maas	381	189.25-189.75	Megen	0	1998.1	
Maas	382	189.75-190.25	Megen	0	1998.1	
Maas	383	190.25-190.75	Megen	0	1998.1	
Maas	384	190.75-191.25	Megen	0	1998.1	Plas in winterbed, dAf verlaagd
Maas	385	191.25-191.75	Megen	0	1998.1	Plas in winterbed, dAf verlaagd
Maas	386	191.75-192.25	Maasbommel	0	1998.1	
Maas	387	192.25-192.75	Maasbommel	0	1998.1	
Maas	388	192.75-193.25	Maasbommel	0	1998.1	
Maas	389	193.25-193.75	Maasbommel	0	1998.1	
Maas	390	193.75-194.25	Maasbommel	0	1998.1	
Maas	391	194.25-194.75	Oijen	0	1998.1	
Maas	392	194.75-195.25	Oijen	0	1998.1	
Maas	393	195.25-195.75	Oijen	0	1998.1	
Maas	394	195.75-196.25	Oijen	0	1998.1	
Maas	395	196.25-196.75	Oijen	0	1998.1	
Maas	396	196.75-197.25	Alphen	0	1998.1	
Maas	397	197.25-197.75	Alphen	0	1998.1	
Maas	398	197.75-198.25	Alphen	0	1998.1	
Maas	399	198.25-198.75	Alphen	0	1998.1	
Maas	400	198.75-199.25	Alphen	0	1998.1	
Maas	401	199.25-199.75	Alphen	0	1998.1	
Maas	402	199.75-200.25	Alphen	0	1998.1	
Maas	403	200.25-200.87	Lith	0	1998.1	
Maas	404	200.87-201.25	Lith	0	1998.1	
Maas	405	201.25-201.75	Lith	0	1998.1	
Maas	406	201.75-202.25	Lith	0	1998.1	
Maas	407	202.25-202.50	Lith	0	1998.1	
Maas	408	202.50-202.75	Lith	0	1998.1	
Maas	409	202.75-203.25	Lith	0	1998.1	
Maas	410	203.25-203.75	Lith	0	1998.1	
Maas	411	203.75-204.25	Lith	0	1998.1	Plas in winterbed, dAf verlaagd
Maas	412	204.25-204.75	Heerewaarden	0	1998.1	
Maas	413	204.75-205.25	Heerewaarden	355	1998.1	
Maas	414	205.25-205.75	Heerewaarden	0	1998.1	
Maas	415	205.75-206.25	Heerewaarden	229	1998.1	Plas tweezijdig in open verbinding, Wf vergroot
Maas	416	206.25-206.75	Heerewaarden	243	1998.1	Plas tweezijdig in open verbinding, Wf vergroot
Maas	417	206.75-207.25	Maren	0	1998.1	
Maas	418	207.25-207.75	Maren	0	1998.1	

Riviertak	vak	rivierkilometers	Woonplaats	krib	Versie	Kanttekeningen
Maas	419	207.75-208.25	Maren	0	1998.1	
Maas	420	208.25-208.75	Maren	0	1998.1	
Maas	421	208.75-209.25	Maren	0	1998.1	
Maas	422	209.25-209.75	Maren	0	1998.1	
Maas	423	209.75-210.25	Maren	0	1998.1	
Maas	424	210.25-210.75	Kerkdriel	0	1998.1	
Maas	425	210.75-211.25	Kerkdriel	0	1998.1	
Maas	426	211.25-211.75	Kerkdriel	0	1998.1	
Maas	427	211.75-212.25	Kerkdriel	263	1998.1	
Maas	428	212.25-212.75	Kerkdriel	225	1998.1	
Maas	429	212.75-213.25	Kerkdriel	0	1998.1	
Maas	430	213.25-213.75	Kerkdriel	248	1998.1	
Maas	431	213.75-214.25	Kerkdriel	195	1998.1	
Maas	432	214.25-214.75	Kerkdriel	188	1998.1	
Maas	433	214.75-215.25	Empel	197	1998.1	
Maas	434	215.25-215.75	Empel	229	1998.1	
Maas	435	215.75-216.25	Empel	435	1998.1	
Maas	436	216.25-216.75	Empel	255	1998.1	
Maas	437	216.75-217.25	Empel	235	1998.1	
Maas	438	217.25-217.75	Empel	0	1998.1	
Maas	439	217.75-218.25	Empel	0	1998.1	
Maas	440	218.25-218.75	Hedel	0	1998.1	
Maas	441	218.75-219.25	Hedel	0	1998.1	
Maas	442	219.25-219.75	Hedel	0	1998.1	
Maas	443	219.75-220.25	Hedel	210	1998.1	
Maas	444	220.25-220.75	Hedel	0	1998.1	
Maas	445	220.75-221.25	Hedel	233	1998.1	
Maas	446	221.25-221.75	Hedel	205	1998.1	
Maas	447	221.75-222.25	Ammerzoden	177	1998.1	
Maas	448	222.25-222.75	Ammerzoden	204	1998.1	
Maas	449	222.75-223.25	Ammerzoden	196	1998.1	
Maas	450	223.25-223.75	Ammerzoden	188	1998.1	
Maas	451	223.75-224.25	Ammerzoden	0	1998.1	
Maas	452	224.25-224.75	Ammerzoden	168	1998.1	
Maas	453	224.75-225.25	Ammerzoden	196	1998.1	
Maas	454	225.25-225.75	Ammerzoden	216	1998.1	
Maas	455	225.75-226.25	Ammerzoden	0	1998.1	
Maas	501	0	Lateraal Kanaal	0	1998.1	
Maas	502	0	Lateraal Kanaal	0	1998.1	
Maas	503	0	Lateraal Kanaal	0	1998.1	
Maas	504	0	Lateraal Kanaal	0	1998.1	

**Bijlage 3 Lengte van de SOBEK-vakken**

Vaknr	Lengte	Vaknr	Lengte	Vaknr	Lengte	Vaknr	Lengte	Vaknr	Lengte	Vaknr	Lengte
1	228	56	504	111	508	166	491	221	502	276	494
2	473	57	495	112	498	167	648	222	507	277	504
3	497	58	508	113	497	168	208	223	499	278	514
4	505	59	513	114	492	169	578	224	488	279	499
5	494	60	497	115	501	170	449	225	499	280	483
6	509	61	497	116	496	171	370	226	509	281	492
7	494	62	495	117	498	172	293	227	498	282	488
8	503	63	487	118	499	173	204	228	485	283	500
9	494	64	506	119	516	174	527	229	497	284	502
10	508	65	490	120	492	175	490	230	495	285	506
11	496	66	512	121	506	176	496	231	516	286	510
12	497	67	492	122	497	177	495	232	521	287	504
13	500	68	503	123	502	178	480	233	494	288	494
14	502	69	499	124	493	179	484	234	455	289	504
15	501	70	495	125	490	180	490	235	493	290	499
16	505	71	491	126	492	181	452	236	512	291	501
17	493	72	504	127	505	182	454	237	499	292	501
18	500	73	504	128	498	183	528	238	492	293	502
19	505	74	499	129	500	184	499	239	492	294	498
20	494	75	508	130	490	185	491	240	485	295	497
21	504	76	500	131	470	186	497	241	492	296	313
22	497	77	498	132	498	187	491	242	493	297	214
23	504	78	501	133	257	188	504	243	498	298	461
24	505	79	497	134	353	189	486	244	496	299	317
25	247	80	509	135	304	190	493	245	495	300	213
26	203	81	505	136	306	191	504	246	488	301	440
27	202	82	498	137	378	192	503	247	496	302	508
28	200	83	500	138	421	193	514	248	489	303	498
29	295	84	516	139	319	194	509	249	495	304	501
30	389	85	499	140	209	195	501	250	499	305	500
31	405	86	497	141	325	196	491	251	491	306	500
32	201	87	496	142	291	197	484	252	466	307	499
33	395	88	499	143	496	198	492	253	495	308	500
34	443	89	509	144	650	199	487	254	520	309	501
35	501	90	500	145	485	200	501	255	497	310	499
36	501	91	504	146	495	201	502	256	476	311	498
37	499	92	494	147	490	202	504	257	494	312	497
38	502	93	512	148	497	203	558	258	507	313	494
39	507	94	505	149	511	204	448	259	496	314	496
40	500	95	502	150	496	205	453	260	484	315	491
41	507	96	493	151	493	206	496	261	499	316	499
42	505	97	525	152	490	207	355	262	490	317	499
43	497	98	503	153	483	208	220	263	500	318	503
44	505	99	519	154	486	209	461	264	505	319	507
45	490	100	502	155	507	210	495	265	512	320	503
46	493	101	496	156	491	211	501	266	499	321	499
47	501	102	496	157	487	212	494	267	497	322	505
48	489	103	509	158	471	213	498	268	484	323	507
49	502	104	499	159	458	214	500	269	506	324	509
50	498	105	501	160	482	215	501	270	508	325	504
51	504	106	503	161	504	216	498	271	500	326	512
52	500	107	516	162	503	217	498	272	481	327	503
53	507	108	499	163	504	218	487	273	500	328	501
54	493	109	495	164	490	219	496	274	497	329	487
55	511	110	501	165	490	220	496	275	499	330	499



Vaknr	Lengte	Vaknr	Lengte	Vaknr	Lengte
331	509	386	495	441	493
332	492	387	482	442	482
333	471	388	502	443	497
334	486	389	489	444	502
335	493	390	497	445	505
336	488	391	488	446	498
337	481	392	500	447	506
338	491	393	494	448	508
339	494	394	496	449	504
340	497	395	486	450	494
341	500	396	496	451	504
342	503	397	485	452	501
343	508	398	495	453	502
344	504	399	486	454	495
345	495	400	493	455	500
346	500	401	486		
347	504	402	491		
348	493	403	609		
349	473	404	372		
350	505	405	489		
351	530	406	487		
352	512	407	237		
353	409	408	238		
354	591	409	494		
355	485	410	501		
356	494	411	504		
357	488	412	486		
358	495	413	507		
359	486	414	484		
360	495	415	498		
361	497	416	501		
362	497	417	502		
363	489	418	501		
364	496	419	504		
365	499	420	508		
366	503	421	503		
367	504	422	497		
368	502	423	500		
369	496	424	497		
370	499	425	499		
371	497	426	500		
372	505	427	501		
373	497	428	504		
374	502	429	500		
375	496	430	479		
376	501	431	499		
377	504	432	516		
378	499	433	505		
379	492	434	500		
380	504	435	497		
381	497	436	485		
382	501	437	502		
383	495	438	513		
384	504	439	510		
385	494	440	488		

**Bijlage 4 Overzicht gehanteerde rekenwindows**

X-min	Y-min	X-max	Y-max
175500	307400	178500	314600
175800	314000	178600	320500
175300	319900	178800	325600
177600	324000	181400	330500
177400	329000	181900	334300
180300	333800	183300	340800
180800	337000	185900	345400
184000	343500	187800	349000
184600	347100	191000	352600
188100	351100	194900	356300
192000	353000	197500	358500
195000	356000	200000	363500
197000	362500	204000	368000
201555	366223	207492	374224
204541	371791	210033	379872
207106	376537	211156	386930
206007	384104	211165	393160
201050	389723	209230	397723
197586	393675	204378	402956
194413	400295	201272	408404
192647	405346	197292	415278
188085	411337	200123	418920
181248	416422	190252	420501
174300	417581	183659	423686
169868	418882	177295	426831
163379	423695	172185	428423
157878	422756	166020	427962
149999	421613	160188	427457
148360	415932	155686	424311
142465	415205	151778	418599
140627	416358	144791	417977

