

stowa

 **BOWA**  
Bereken Onzekerheid Wateropgave

# BEREKENEN ONZEKERHEID VAN DE WATEROPGAVE (BOWA)



RAPPORT

2012  
05

REKENMODULE TEN BEHOEVE VAN DE TOETSING WATERSYSTEMEN  
AAN REGIONALE WATEROVERLAST

REKENMODULE TEN BEHOEVE VAN DE TOETSING WATERSYSTEMEN  
AAN REGIONALE WATEROVERLAST  
BEREKENEN ONZEKERHEID VAN DE WATEROPGAVE (BOWA)

**RAPPORT**

2012

**05**



# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

AUTEURS M.J. Kallen (HKV)  
A.A.J. Botterhuis (HKV)  
H. Hakvoort (HKV)

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

J. Heijkers (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)  
K. Peerdeman (waterschap Brabantse Delta)  
M. van de Brink (Waterschap Vallei en Eem)  
J. Gooijer (Waterschap Noorderzijlvest)  
A. Roelevink (Waterschap Noorderzijlvest)  
M. Talsma (STOWA)

FOTO OMSLAG Wouter ter Wee

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2012-05

**COPYRIGHT** De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

**DISCLAIMER** Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

# TEN GELEIDE

In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) zijn afspraken gemaakt over 'het op orde brengen en het op orde houden' van het watersysteem. Ten aanzien van wateroverlast zijn normen afgesproken, die in provinciale verordeningen zijn vastgelegd. De toetsing aan deze normen is een terugkerende activiteit van de waterschappen.

Voor de (her)toetsing is het gewenst om deze eenduidig uit te voeren, met inachtneming van gebiedsspecifieke eigenschappen. De STOWA en de Unie van Waterschappen hebben hiertoe een standaard werkwijze laten ontwikkelen (STOWA rapport 2011-31).

Naast deze standaardwerkwijze hebben de waterschappen de wens geuit om de onzekerheid in de wateropgave inzichtelijk te kunnen maken. Het bepalen van de wateropgave levert namelijk inherent onzekere uitkomsten op. Desondanks wordt de wateropgave vaak als een enkel getal gepresenteerd aan beleidsmakers en bestuurders. Dit suggereert een nauwkeurigheid die er niet is.

Door STOWA is het initiatief genomen om een methode te ontwikkelen om de onzekerheid in de wateropgave te bepalen. Het voorliggend rapport beschrijft de werking en achtergronden van het hiervoor ontwikkelde tool. De tool, BOWA (Bepaling Onzekerheid in de Wateropgave) genaamd, is beschikbaar via [www.modelwalhalla.nl](http://www.modelwalhalla.nl).

Ir J.M.J. Leenen

Directeur STOWA

# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# LIJST VAN FIGUREN

Figuur 2-1	Een histogram van het aantal trekkingen $v_i$ , $i = 1, 2, \dots, 10000$ , uit een diagonal band copula $C(U,V)$ met $u = 0.9$ en rank correlatie 0.8	6
Figuur 2-3	Invoerscherm voor de HT en PG kaarten	8
Figuur 2-4	Invoerscherm voor de LG kaart	10
Figuur 2-5	Voorbeeld van een invoertabel voor de foutenmatrix van de LG kaart	11
Figuur 2-6	Voorbeeld van waar de classificatie in de gesimuleerde LG kaart afwijkt van de originele kaart (afwijkende cellen zijn met een rode kleur weergegeven)	12
Figuur 2-7	Invoerscherm voor de AH kaart	12
Figuur 2-8	Invoerscherm voor de TE kaart	13
Figuur 2-9	Invoerscherm voor de algemene informatie	14
Figuur 2-10	Invoerscherm voor de opslag van de resultaten	15
Figuur 2-11	Voorbeeld van een uitvoertabel voor de trekkingen van de wateropgave van alle toetseenheden	16
Figuur 2-13	Een voorbeeld van een histogram waarbij slechts één keer een wateropgave groter dan nul is gesimuleerd	17
Figuur 3-1	Setup-venster van ArcGIS met de optie om .NET support toe te voegen	18
Figuur 3-2	Dialogvenster met de verschillende variabelen in Windows (XP)	20
Figuur 3-3	Dialogvenster om de waarde van de Path variabele aan te passen in Windows (XP)	20
Figuur 3-4	De gebruikersinterface van R in Windows (XP)	21
Figuur 3-5	Welkomscherm installatieprocedure	23
Figuur 3-6	Kies een bestemmingsmap	23
Figuur 3-7	Bevestiging installatie	24
Figuur 3-8	Voortgang van de installatie	24
Figuur 4-1	Locatie van BOWA in de geïnstalleerde toolboxes van ArcMap	27
Figuur 4-2	Invulscherm van de tool BOWA	28
Figuur 4-3	Invulscherm + helpscherm van de tool BOWA	28
Figuur 4-4	Voortgangscherm van de tool BOWA	29
Figuur 4-5	Voorgangscherm + detailscherm van de tool BOWA	29
Figuur 4-6	Beëindigingscherm van de tool BOWA	30
Figuur 4-7	Het hoofdscherm van de BOWA Histogram Viewer	31
Figuur 4-8	Opties in het 'Figuur' menu-item van de BOWA Histogram Viewer om een histogram te kopiëren of exporteren	31
Figuur B-1	Voorbeeld van het openen van de Command Line Window	33
Figuur B-2	Voorbeeld van een geopend Command Line Window	34
Figuur B-3	Voorbeeld van het BOWA commando	34
Figuur B-4	Voorbeeld van het weergeven van de voortgang door BOWA in de Command Line Window	37
Figuur B-5	Voorbeeld van de beëindiging van het rekenen door BOWA in de Command Line Window	38
Figuur B-6	Voorbeeld van het herhalen van de berekening door BOWA in de Command Line Window	38
Figuur C-1	Voorbeeld van de inhoud van de werkmap	39
Figuur C-2	Voorbeeld van een invoertabel voor de foutenmatrix van de LG kaart	40
Figuur C-3	Voorbeeld van een opdrachtregel voor de BOWA rekenkern	42
Figuur C-4	Voorbeeld van het weergeven van de voortgang door de BOWA rekenkern	43
Figuur C-5	Voorbeeld van de beëindiging van het rekenen door de BOWA rekenkern	43
Figuur C-6	Voorbeeld van het berekeningsresultaat in van de werkmap	44
Figuur C-7	Voorbeeld van een uitvoertabel voor de trekkingen van de wateropgave van alle toetseenheden	45

# LIJST VAN TABELLEN

Tabel 2-1	Werknormen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water	3
Tabel 2-2	Overzicht van de acht kaarten die de applicatie als invoer nodig heeft	6
Tabel 2-3	Vijf codes voor het landgebruik (en open water) in de LG kaart	9
Tabel 2-4	Een voorbeeld van een foutenmatrix voor de LG codes	9
Tabel A-1	Een lijst van termen zoals deze in BOWA gebruikt worden	32
Tabel D-1	Lijst van benodigde R pakketten voor BOWA	46

# BEREKENEN ONZEKERHEID VAN DE WATEROPGAVE (BOWA)

## INHOUD

	STOWA IN HET KORT	
	LIJST VAN FIGUREN	
	LIJST VAN TABELLEN	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doel van dit project	1
1.3	Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>UITLEG OVER BOWA</b>	<b>3</b>
2.1	Functie van de applicatie	3
2.1.1	De normen voor regionaal wateroverlast	3
2.1.2	Bepalen van de wateropgave	4
2.1.3	Onzekerheid in de wateropgave	4
2.2	Ruimtelijke afhankelijkheid met copula's	5
2.3	Invoer van de applicatie	6
2.3.1	HT10, HT25, HT50 en HT100 kaarten	7
2.3.2	PG kaart	9
2.3.3	LG kaart	9
2.3.4	AH kaart	12
2.3.5	TE kaart	13
2.3.6	Algemene invoer	13
2.4	Uitvoer van de applicatie	14
2.4.1	Tabel trekkingen wateropgave	15
2.4.2	Histogrammen	16



<b>3</b>	<b>INSTALLATIE VAN BOWA</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	Systeemeisen	18
<b>3.2</b>	Installeren van de applicatie	19
	3.2.1 Installatie van de rekenkern	19
	3.2.2 Installatie van de gebruikersinterface	22
<b>3.3</b>	Verwijderen van een geïnstalleerde versie van BOWA	26
<b>4</b>	<b>WERKEN MET BOWA</b>	<b>27</b>
<b>4.1</b>	Invulscherm	27
<b>4.2</b>	Voortgangscherm	28
<b>4.3</b>	Beëindigingscherm	29
<b>4.4</b>	BOWA Histogram Viewer	30
	<b>BIJLAGEN</b>	
<b>A</b>	TERMINOLOGIE	32
<b>B</b>	BOWA AANROEPEN VIA DE ARCMAP COMMAND LINE	33
<b>C</b>	BOWA AANROEPEN VIA DE WINDOWS COMMAND LINE	39
<b>D</b>	BENODIGDE R PAKKETTEN	46

# 1

## INLEIDING

Voor u ligt de gebruikershandleiding van BOWA (Bereken Onzekerheid Wateropgave), die hoort bij versie 1.0 van het programma. Met BOWA kunt u de onzekerheid van de wateropgave voor regionale wateroverlast berekenen volgens het NWB. Doel van dit document is om de gebruiker te begeleiden bij het berekenen van de onzekerheid in de wateropgave met BOWA.

### 1.1 ACHTERGROND

De Nederlandse waterschappen gaan de komende jaren hun watersystemen opnieuw toetsen aan de NBW-normen. De STOWA heeft een enquête onder de regionale waterbeheerders gehouden om inzicht te krijgen in het draagvlak om dit toetsingsproces op een meer uniforme wijze uit te voeren. Eén van de aspecten die uit de enquête naar voren is gekomen, is de wens om meer inzicht te krijgen in de onzekerheid van de berekende wateropgave.

Het bepalen van de wateropgave levert inherent onzekere uitkomsten op. Ondanks dit gegeven wordt de wateropgave vaak als een enkel getal gepresenteerd aan beleidsmakers en bestuurders. Dit is, zo blijkt uit de eerder genoemde enquête, voor veel waterbeheerders een ongewenste situatie, omdat dit een nauwkeurigheid suggereert die er niet is.

Bij het toetsingsproces hebben we, onder andere, te maken met de volgende onzekerheden:

- modelonzekerheid,
- onzekerheid in modelparameters,
- natuurlijke variabiliteit in meteorologische randvoorwaarden
- onzekerheid in de kwaliteit van het kaartmateriaal,
- onzekerheid in de initiële rekenvoorwaarden en andere randvoorwaarden.

Al deze onzekerheden zorgen ervoor dat ook de werkelijke omvang van de wateropgave onzeker is. Er is daarom behoefte aan een methode waarmee waterbeheerders de wateropgave kunnen presenteren als een stochastische variabele. Bijvoorbeeld in de vorm van een gemiddelde waarde en een standaardafwijking of in de vorm van een histogram als de onzekerheid in de wateropgave middels een zogenaamde Monte Carlo-simulatie wordt berekend.

### 1.2 DOEL VAN DIT PROJECT

Het doel van dit project, in opdracht van de STOWA, is om de eerder genoemde methode voor het berekenen van de onzekerheid in de wateropgave te ontwikkelen en te implementeren in een software applicatie.

### **1.3 LEESWIJZER**

Deze handleiding begint in Hoofdstuk 2 met een algemene toelichting van de functie en werking van BOWA. Dit hoofdstuk geeft informatie over de benodigde invoergegevens en over de uitvoer van de applicatie. De installatieprocedure van de applicatie is beschreven in Hoofdstuk 3. Als laatste geeft Hoofdstuk 4 een kort overzicht van hoe je de verschillende onderdelen van BOWA gebruikt.

# 2

## UITLEG OVER BOWA

Dit is achtergrond informatie van de applicatie BOWA die u gebruikt om de onzekerheid in de wateropgave te bepalen op basis van de onzekerheden die in de beschikbare informatie aanwezig is. In dit hoofdstuk kijken we naar

- de functie van de applicatie (§2.1),
- welke invoer nodig is (§2.3) en
- welke uitvoer de applicatie geeft (§2.4).

### 2.1 FUNCTIE VAN DE APPLICATIE

#### 2.1.1 DE NORMEN VOOR REGIONAAL WATEROVERLAST

Allereerst beschrijven we in deze paragraaf het doel van de applicatie. In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) hebben de waterschappen zich in 2005 verplicht om hun gebied te toetsen aan zogenaamde werknormen en de wateropgave inzichtelijk te maken. De normen voor regionaal wateroverlast kunnen per provincie verschillend zijn. Ze schrijven voor welke gebruiksfuncties met welke frequentie mogen overstromen vanuit het open water. De originele werknormen zoals afgesproken in het NBW zijn opgenomen in Tabel 2-1. Voordat we ons met deze tabel gaan bezighouden, is het nuttig om een duidelijke definitie van de wateropgave te geven:

#### DEFINITIE VAN WATEROPGAVE:

De hoeveelheid water die dient te worden afgevoerd, geborgen dan wel te worden vastgehouden om een toetseenheid te laten voldoen aan de normen voor regionaal wateroverlast zoals deze in het NBW zijn vastgelegd.

TABEL 2-1 WERKNORMEN UIT HET NATIONAAL BESTUURSAKKOORD WATER

Functie	NBW-Beschermingsniveau	Maaiveldcriterium
Grasland	1 x per 10 jaar	5% laagste maaiveld
Akkerbouw	1 x per 25 jaar	1% laagste maaiveld
Glastuinbouw, Hoogwaardige land- en tuinbouw	1 x per 50 jaar	1% laagste maaiveld
Stedelijk gebied	1 x per 100 jaar	0% laagste maaiveld

Het beheergebied van een waterschap kan één of meerdere toetseenheden bevatten. De definitie spreekt van hoeveelheid en dit impliceert een volume (in m<sup>3</sup>). De ervaring leert dat ook veel waterschappen de wateropgave in een oppervlakte uitdrukken (in m<sup>2</sup> of ha).

Om de wateropgave te berekenen, heeft de applicatie kaarten nodig. Tabel 2-1 geeft al een beetje aan welke kaarten dit moeten zijn. Ten eerste moeten waterstandshoogten met vier verschillende herhalingsstijden beschikbaar zijn. Ten tweede moet een kaart met bodemhoogtes beschikbaar zijn. Ten derde moet ook een kaart met landgebruik voorhanden

zijn. Alle mogelijke categoriën landgebruik moeten overigens teruggebracht worden tot de vier functies in de kolom Functies van Tabel 2-1. Als laatste moet het waterschap ook een percentage van een oppervlakte kunnen bepalen. Hiervoor gebruiken wij de term toetseenheden en ook hiervoor moet een kaart beschikbaar zijn.

#### **DEFINITIE VAN EEN TOETSEENHEID:**

Een toetseenheid is een gebied met een eindig oppervlak zoals een peilgebied of een polder waarvoor de wateropgave bepaald moet worden.

De percentages in de kolom Maaiveldcriterium van Tabel 2-1 slaan op percentages van de oppervlakte van het landgebruik binnen deze toetseenheden.

Overigens heeft de applicatie nog meer kaarten als invoer nodig. Een volledig en gedetailleerd overzicht van de benodigde invoer staat in paragraaf 2.3.

#### **2.1.2 BEPALEN VAN DE WATEROPGAVE**

Hoe toetst een waterschap nu zijn toetseenheden aan de normen in Tabel 2-1? Als het waterschap de eerder genoemde kaarten eenmaal beschikbaar heeft, bestaat de toetsing eigenlijk alleen uit het combineren van deze kaarten tot een wateropgave per toetseenheid. Voor deze handeling zijn applicaties of programmatuur beschikbaar (zoek bijvoorbeeld op <http://www.modelwalhalla.nl> naar programma's in het beleidsthema regionale wateroverlast). Per toetseenheid en per functie wordt de wateropgave (als volume en als oppervlakte) bepaald. Binnen een toetseenheid en voor een gegeven functie moet de applicatie opzoeken hoe hoog het maaiveldcriterium ligt.

Wat betekenen de maaiveldcriteria? Neem bijvoorbeeld grasland: de laagstgelegen 5% van de totale oppervlakte met functie grasland hoeft niet te voldoen aan het beschermingsniveau. Het beschermingsniveau is voorgeschreven als een waterstand met een bepaalde herhalingstijd. In het geval van grasland is dit de waterstand die gemiddeld eens in 10 jaar te verwachten is. Voor grasland is dit de zogenaamde maatgevende waterstand. Stel nu dat het meest laaggelegen grasland op een hoogte van 0 cm ligt, dat het 5% maaiveldcriterium op 20 cm ligt en dat de maatgevende waterstand op 50 cm ligt. De wateropgave is dan het totale volume water dat tussen een waterstand van 20 cm en een waterstand van 50 cm ligt.

Voor stedelijk gebied komt het maaiveldcriterium in feite overeen met de meest laaggelegen cel binnen de toetseenheid. Dit is ongeveer hoe een toetsing aan de NBW normen verloopt. Als er te weinig cellen zijn om het maaiveldcriterium te bepalen, dan interpoleren we om de toetshoogte te bepalen. Als we niet kunnen interpoleren, dan nemen we de laagstgelegen cel. Bijvoorbeeld: er zijn slechts drie cellen met grasland aanwezig in een toetseenheid. Eén cel komt overeen met 33,3% van de totale oppervlakte grasland binnen de toetseenheid. Het is dus niet mogelijk om de toetshoogte bij het 5% maaiveldcriterium te bepalen en we kunnen ook niet interpoleren, dus nemen we de hoogte van deze laagstgelegen cel als toetshoogte.

**Let op:** Als een functie niet voorkomt in een toetseenheid, dan stellen we de opgave gelijk aan nul.

#### **2.1.3 ONZEKERHEID IN DE WATEROPGAVE**

Het doel van BOWA is niet alleen om de toetsing uit te voeren, maar vooral om de onzekerheid in de wateropgave te kwantificeren. De wateropgave die we voor de toetsing berekenen, is

namelijk niet de opgave die in werkelijkheid aanwezig is. Dit komt door het feit dat we onzeker zijn over de echte waarde van de invoer en door het feit dat er fouten in de invoergegevens kunnen zitten.

Zo zijn de maatgevende waterstanden onzeker. We bepalen deze maatgevende waterstanden door waterstanden in het verleden statistisch te analyseren of met een model te berekenen en op basis hiervan maken we een inschatting van de kans dat een bepaalde waterstand in de toekomst kan voorkomen. Fouten kunnen ook bewust en onbewust in de kaarten met bodemhoogtes en landgebruik zitten. Deze fouten ontstaan, onder andere, door het feit dat je maar een beperkte resolutie van het kaartmateriaal kunt behalen en door het feit dat je niet overal kunt meten.

Als we de onzekerheid in de invoer kunnen kwantificeren, dan kunnen we met BOWA deze onzekerheid vertalen naar een onzekerheid in de wateropgave. Hiermee kunnen we kort het doel en de functie van de applicatie definiëren:

**DOEL EN FUNCTIE VAN BOWA:**

De functie van de applicatie is om de onzekerheid in de wateropgave te kwantificeren op basis van de onzekerheid in de invoergegevens. Het doel hiervan is om de gebruiker te laten zien welke spreiding mogelijk aanwezig is in de wateropgave en om te kwantificeren wat de kans is op een grotere (of kleinere) opgave dan uit een standaard toetsing volgt.

BOWA vervult zijn functie door middel van een Monte Carlo simulatie waarbij de wateropgave voor een groot aantal trekkingen uit de invoergegevens wordt berekend. De trekkingen uit de invoergegevens doet de applicatie op basis van de kansverdelingen die gedefinieerd zijn voor het kwantificeren van de onzekerheid in deze gegevens.

## 2.2 RUIMTELIJKE AFHANKELIJKHEID MET COPULA'S

In de volgende paragraaf noemen alle kaarten die BOWA nodig heeft om de simulaties uit te voeren. In elke simulatie 'trekt' BOWA nieuwe kaarten met waterstanden en maaiveldhoogtes. Dit betekent dat de waarde in elke cel getrokken wordt uit een, in dit geval, normale (Gaussische) kansverdeling. Elke cel in een raster is dus een stochastische variabele. De trekkingen voor de cellen in een kaart worden niet onafhankelijk uitgevoerd, omdat er een zekere mate van ruimtelijke afhankelijkheid aanwezig is. Het is bijvoorbeeld niet logisch dat de waterstanden in aangrenzende cellen sterk gaan verschillen.

Ruimtelijke afhankelijkheid kan op verschillende manieren gemodelleerd worden. Eén manier is de correlatie tussen twee cellen te definiëren als functie van de afstand tussen de cellen. Dit is een rekenintensieve methode die bij vele duizenden cellen niet werkbaar is. In BOWA gebruiken we een soort 'master' trekking: we trekken eerst een uniform verdeeld getal in het interval (0,1). Vervolgens trekken we de waarden van de individuele cellen gecorreleerd aan de master trekking. Bij een positieve correlatie en een hoge master trekking, zullen de waarden van de cellen, over het algemeen, ook hoger komen te liggen.

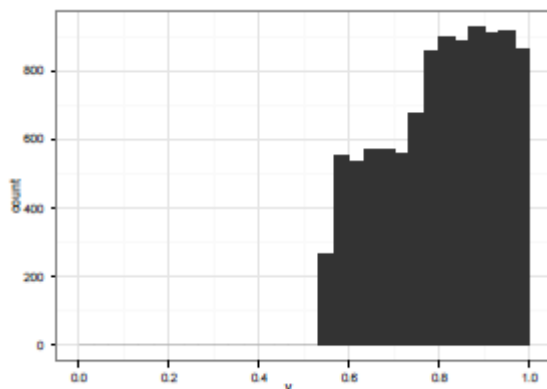
De afhankelijkheid tussen twee stochasten modelleert BOWA met een zogenaamde 'diagonal band copula'. Een copula is een gezamenlijke kansverdeling van twee of meer uniform verdeelde stochasten. Er zijn verschillende soorten copula's, waarvan de diagonal band copula er slechts één is. Het voordeel van de diagonal band copula is dat deze relatief eenvoudig te

implementeren is in vergelijking met andere copula's. We verwijzen naar Hoofdstuk 17 in *Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methods* van Tim Bedford en Roger Cooke (Cambridge University Press, 2001) voor de implementatie van de diagonal band copula.

Stel dat we de stochasten  $X$  en  $Y$  hebben met cumulatieve kansverdelingen  $F_X(x)$  en  $F_Y(y)$ . Deze cumulatieve kansverdelingen zijn zelf uniform verdeeld op het interval  $(0,1)$ . Een copula is een functie  $C(F_X(x), F_Y(y))$  die beide kansverdelingen 'verbindt' met een gegeven rank correlatie. De rank correlatie is ook wel bekend als 'Spearman's rank correlation' en is anders dan de meer gangbare 'Pearson product moment correlation'. De rank correlatie is een waarde tussen  $-1$  (volledig negatief gecorreleerd) en  $+1$  (volledig gecorreleerd) en wordt meestal genoteerd als de Griekse letter  $\rho$ .

Figuur 2-1 geeft een voorbeeld van 10.000 trekkingen uit een diagonal band copula met een master trekking van 0.9 en een (rank) correlatie van 0.8. Te zien is dat de meeste trekkingen rond de waarde 0.9 zitten, maar dat er ook een aantal iets lager uitvallen tot minimaal iets boven 0.5.

FIGUUR 2-1 EEN HISTOGRAM VAN HET AANTAL TREKKINGEN  $V_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 10000$ , UIT EEN DIAGONAL BAND COPULA  $C(U,V)$  MET  $U = 0.9$  EN RANK CORRELATIE 0.8



### 2.3 INVOER VAN DE APPLICATIE

In paragraaf 2.1 zijn al een aantal kaarten genoemd die invoer zijn van de applicatie. In deze paragraaf beschrijven we alle benodigde invoer en de eisen die we aan alle invoergegevens stellen.

In Tabel 2-2 staan alle kaarten die de gebruiker als invoer moet opgeven. In totaal zijn er acht kaarten die we hier met codes identificeren. Voor elke kaart staat ook vermeld in welk formaat deze moet ingevoerd worden. De benaming van de kaarten is vrij als men de ArcGIS toolbox gebruikt. Als men direct het rekenhart gebruikt, is de benaming van de kaarten wel voorgeschreven. Zie Bijlage C voor meer informatie hierover.

TABEL 2-2 OVERZICHT VAN DE ACHT KAARTEN DIE DE APPLICATIE ALS INVOER NODIG HEEFT

Code	Omschrijving	Formaat
HT10, HT25, HT50 en HT100	maatgevende waterstanden met herhalingsstijden 10, 25, 50 en 100 jaar	asciigrid
PG	peilgebieden	shapefile
LG	landgebruik en open water	asciigrid
AH	bodemhoogte	asciigrid
TE	toetseenheden	shapefile

**Let op:** alle rasters moeten dezelfde extent hebben. Dit wil zeggen dat ze allemaal dezelfde grootte hebben en op dezelfde plek liggen. De resoluties (grootte van de cellen) is ook gelijk.

Deze kaarten kunnen we in twee groepen verdelen:

- 1 kaarten die een kwantitatieve hoeveelheid geven voor het berekenen van de wateropgave: de kaarten met maatgevende waterstanden (HT10, HT25, HT50 en HT100) en de kaart met bodemhoogtes (AH),
- 2 kaarten die een ruimtelijke relatie definiëren: de kaart met peilgebieden (PG), de kaart met informatie over het landgebruik (LG) en de kaart met toetseenheden (TE).

De kaarten in de eerste groep bevatten de verwachtingswaarde van deze hoeveelheden. De gebruiker moet ook een maat voor de spreiding in deze waarden opgeven. In de volgende paragrafen staat de invoer voor elke kaartsoort nader beschreven, alsmede de algemene invoergegevens.

### 2.3.1 HT10, HT25, HT50 EN HT100 KAARTEN

Volgens de normen in Tabel 2-1 moet de gebruiker vier kaarten met maatgevende waterstanden opgeven. Dit zijn waterstanden met de herhalingsstijden 10, 25, 50 en 100 jaar. Voor elk van deze vier kaarten moet de gebruiker ook één waarde  $x$  opgeven als maat van de onzekerheid in de maatgevende waterstand. De onzekerheid in gridcel  $(i; j)$  van een kaart representeren we met een normale kansverdeling (ook wel een Gaussische kansverdeling genoemd). Deze stochast noteren we als  $Z_{(i; j)}$ . De kansverdeling van deze stochast heeft twee parameters, namelijk de verwachtingswaarde  $\mu$  en de standaardafwijking  $\sigma$ . De verwachtingswaarde  $\mu_{(i; j)}$  is de waarde in de cel van de door de gebruiker opgegeven kaart.

We kunnen nu het volgende zeggen over de waarde  $x$ :

- de waarde  $x$  is niet-negatief voor elke kaart  $k$ :  $x_k \geq 0$ ,  $k = 1;2;3;4$ .
- als  $x_k = 0$ , dan is er geen onzekerheid in de maatgevende waterstanden en zal de applicatie de opgegeven kaart ongewijzigd gebruiken voor de berekening van de wateropgave.
- de opgegeven waarde voor  $x_k$  heeft dezelfde dimensie als de waterstanden (dus: meters als de waterstanden in m+NAP zijn opgegeven).
- de vorige voorwaarde kunnen we in de software helaas niet strikt controleren, omdat de dimensie van de waarden in de rasters niet expliciet gedefinieerd is. Wel kunnen we controleren of de standaardafwijking volgend uit de keuze van  $x_k$  niet (veel) groter is dan de standaard afwijking die al in de originele waterstandskarta aanwezig is. Als dit het geval is, dan zou een veel te grote en dus niet realistische afwijking gebruikt worden.
- $\Pr\{\mu_{(i; j)} - x_k < Z_{(i; j)} \leq \mu_{(i; j)} + x_k\} = 0.95$ , ofwel: de waterstand  $Z_{(i; j)}$  in een enkele cel van de kaart  $k$  ligt met 95% kans in het interval  $(\mu_{(i; j)} - x_k, \mu_{(i; j)} + x_k]$ .

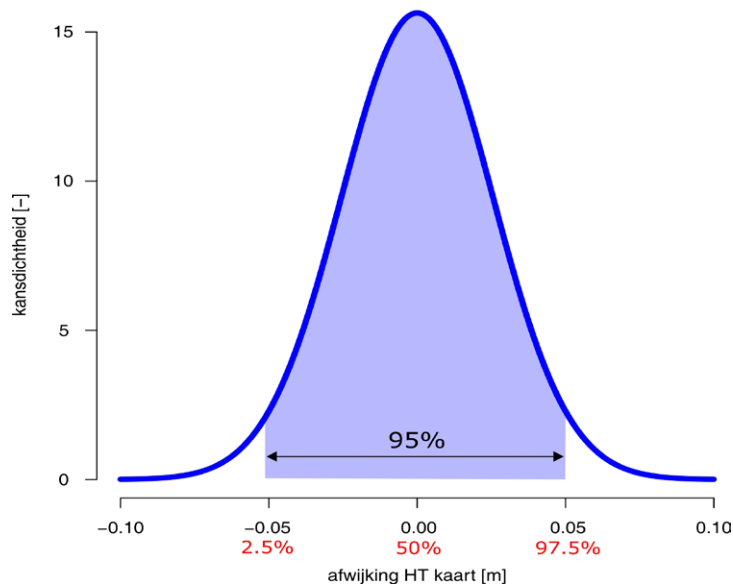
De standaardafwijking  $\sigma$  volgt uit de opgegeven waarde  $x_k$ :

$$\Pr\left\{Z_{(i; j)} \leq \mu_{(i; j)} + x_k\right\} = 0.975 \Rightarrow \Pr\left\{\frac{Z_{(i; j)} - \mu_{(i; j)}}{\sigma} \leq \frac{x_k}{\sigma}\right\} \Rightarrow x_k = \sigma \Phi^{-1}(0.975)$$

waarbij  $\Phi^{-1}(p)$  de inverse van de cumulatieve kansverdeling van de standaard normale verdeling is. Figuur 2-2 geeft een voorbeeld waarin  $x_k = 5$  cm (0.05 m).



FIGUUR 2-2 KANSDICHHEID VAN EEN NORMALE (GAUSSISCHE) KANSVERDELING MET 95% KANS OP EEN AFWIJKING TUSSEN -5 CM EN 5 CM



De ruimtelijke (rank) correlatie is gelijk aan 0.8 en modelleren we met een copula (zie paragraaf 2.2 voor een toelichting op copula's). We nemen eerst een enkele trekking, noem deze  $u$ , van een uniform verdeelde stochast tussen 0 en 1. Vervolgens gebruiken we  $u$  om met een diagonal band copula evenveel nieuwe trekkingen, noem deze  $v_i$ , met rank correlatie 0.8 te trekken als er peilgebieden in de waterstandsk kaart zijn. Alle cellen binnen een peilgebied zijn volledig afhankelijk, dus ze krijgen allemaal dezelfde afwijking erbij opgeteld.

Figuur 2-3 geeft een voorbeeld van hoe de HT kaarten en de bijbehorende PG kaart (zie paragraaf 2.3.2) via het gebruikersinterface opgegeven kunnen worden.

FIGUUR 2-3 INVOERSCHERM VOOR DE HT EN PG KAARTEN

### 2.3.2 PG KAART

De kaart met peilgebieden gebruikt de applicatie om de afhankelijkheid in de waterstanden op twee locaties in de kaart te bepalen.

De waterstanden in cellen binnen hetzelfde peilgebied zijn ruimtelijk perfect gecorreleerd en de waterstanden in verschillende peilgebieden zijn gecorreleerd met (rank) correlatie 0.8. Deze correlatie tussen de peilgebieden implementeren we met een zogenaamde diagonal band copula.

De gebruiker hoeft voor deze kaart geen andere invoer op te geven. De ligging van de peilgebieden is niet onzeker.

Deze kaart dient als een shape van polygonen aan de tool te worden opgegeven. Elk peilgebied wordt gekenmerkt door een unieke waarde (bij voorkeur een oplopend geheel getal: 1,2,3, ...). De gebruiker van BOWA dient een veld in attribute-table van de shape op te geven met deze unieke waarde.

### 2.3.3 LG KAART

De gebruiker geeft een kaart op met het landgebruik volgens de vier functies in Tabel 2-1. De functie 'open water' voegen we als vijfde categorie toe. Hiermee heeft elke cel in deze kaart één van de vijf codes zoals weergegeven in Tabel 2-3.

TABEL 2-3

VIJF CODES VOOR HET LANDGEBRUIK (EN OPEN WATER) IN DE LG KAART

Code	Functie
1	Grasland
2	Akkerbouw
3	Glastuinbouw, Hoogwaardige land- en tuinbouw
4	Stedelijk gebied
5	Open water

De onzekerheid in deze kaart wordt veroorzaakt door de kans dat het landgebruik in een cel verkeerd geclassificeerd is. Bijvoorbeeld: een cel is als grasland geclassificeerd, maar in werkelijkheid is het glas- en tuinbouw. De kwaliteit van de classificatie geeft de gebruiker op in de vorm van een foutenmatrix. In deze matrix staat voor elke functie de discrete kansverdeling van de classificatie.

Een voorbeeld van dergelijke foutenmatrix is gegeven in Figuur 2-5. Het aantal in elke rij telt op tot 100 (is geen vereiste), waardoor op de diagonaal een betrouwbaarheid van 90% staat. Dit betekent dat een cel met grasland (code 1) met 90% daadwerkelijk grasland is in de werkelijke situatie. Met een kans van 4% is deze echter akkerbouw (code 2) in de werkelijkheid, enzovoort.

TABEL 2-4

EEN VOORBEELD VAN EEN FOUTENMATRIX VOOR DE LG CODES

		werkelijkheid				
		1	2	3	4	5
kaart	1	90	4	3	2	1
	2	4	90	3	2	1
	3	2	4	90	3	1
	4	1	3	4	90	2
	5	1	2	3	4	90

Figuur 2-4 geeft aan hoe de LG kaart en de bijbehorende foutenmatrix via de gebruikers-interface opgegeven kunnen worden. De gebruiker geeft een foutenmatrix met vijf rijen en vijf kolommen op. Hij doet dit echter in de vorm van een tabel zoals het voorbeeld in Figuur 2-5.

De kans op een correcte classificatie van een cel wordt ook beïnvloed door de classificatie van de naastgelegen cellen. Omdat deze invloed nogal technisch van aard is, hoeft de gebruiker dit niet zelf op te geven. Hiervoor gebruikt de applicatie een standaard instelling. Zie de volgende pagina voor een toelichting.

FIGUUR 2-4 INVOERSCHERM VOOR DE LG KAART

**Toetsing + onzekerheid**

Algemene invoer

**Invoer grondgebruik**

Grid grondgebruik  
..\lgm

Tabel foutenmatrix grondgebruik  
..\\*\\*.mdb\errgrondgebruik

Veld geclassificeerd grondgebruik  
gridwaarde

Veld werkelijk grondgebruik  
werkwaarde

Veld aantal classificaties  
aantal

Invoer maaiveldhoogte

Invoer normering

Invoer waterstanden

Uitvoer resultaten

OK Cancel Environments... Show Help >>

FIGUUR 2-5

VOORBEELD VAN EEN INVOERTABEL VOOR DE FOUTENMATRIX VAN DE LG KAART

NUMMER	GRIDWAARDE	WERKWAARDE	AANTAL
40	1	1	90
41	1	2	4
42	1	3	3
43	1	4	2
44	1	5	1
45	2	1	4
46	2	2	90
47	2	3	3
48	2	4	2
49	2	5	1
50	3	1	2
51	3	2	4
52	3	3	90
53	3	4	3
54	3	5	1
55	4	1	1
56	4	2	3
57	4	3	4
58	4	4	90
59	4	5	2
60	5	1	1
61	5	2	2
62	5	3	3
63	5	4	4
64	5	5	90
*(AutoNumber)		0	0

Figuur 2-6 geeft een voorbeeld van waar de cellen in de gesimuleerde LG kaart anders zijn dan in de originele kaart. Deze zijn met een donkerrode kleur weergegeven. Het is duidelijk te zien dat deze afwijkende cellen aan de randen van gebieden met dezelfde classificatie liggen. In deze figuur zijn de lichtgroene gebieden grasland, donkergroen is akkerbouw, lichtblauw is open water en roze is stedelijk gebied.

BOWA gebruikt een maat om te bepalen of een cel meer of minder kans heeft om een andere classificatie te krijgen. Als basis gebruikt BOWA de foutenmatrix (zoals de matrix in Tabel 2-4) en vervolgens past BOWA de kans op een andere classificatie van een cel aan, op basis van de zogenaamde *focal heterogeneity*. Als alle acht omliggende cellen dezelfde classificatie hebben, dan is deze *focal area* heel heterogeen en is de kans klein (of zelfs gelijk aan nul) dat BOWA voor de middelste cel een andere waarde trekt. In Figuur 2-6 is te zien dat er midden in een gebied met grasland geen veranderingen plaatsvinden. Alleen op de rand tussen twee gebieden is er een (in dit geval kleine) kans dat cellen een andere classificatie krijgen. Daar zijn de cellen namelijk minder heterogeen en neemt de kans op een andere classificatie toe.

FIGUUR 2-6 VOORBEELD VAN WAAR DE CLASSIFICATIE IN DE GESIMULEERDE LG KAART AFWIJKT VAN DE ORIGINELE KAART (AFWIJKENDE CELLEN ZIJN MET EEN RODE KLEUR WEERGEGEVEN)

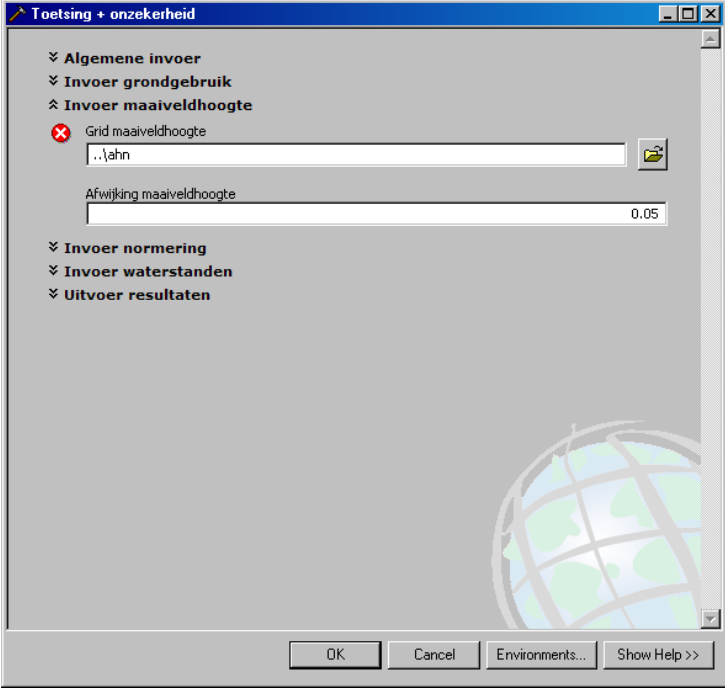


#### 2.3.4 AH KAART

Voor de maaiveldhoogtekaart gelden grotendeels dezelfde eisen als voor de kaarten met maatgevende waterstanden, zie paragraaf 2.3.1. De onzekerheid in de maaiveldhoogte wordt op dezelfde manier gemodelleerd als voor de waterstandskaarten. De gebruiker moet voor deze kaart ook één (niet-negatieve) waarde opgeven die de applicatie gebruikt om de standaardafwijking te bepalen.

Figuur 2-7 geeft een voorbeeld van hoe de AH kaart via een gebruikersinterface opgegeven kan worden.

FIGUUR 2-7 INVOERSCHERM VOOR DE AH KAART



**Toetsing + onzekerheid**

- ∨ **Algemene invoer**
- ∨ **Invoer grondgebruik**
- ∧ **Invoer maaiveldhoogte**
  - ⊗ Grid maaiveldhoogte
  - Afwijking maaiveldhoogte
- ∨ **Invoer normering**
- ∨ **Invoer waterstanden**
- ∨ **Uitvoer resultaten**

OK Cancel Environments... Show Help >>

### 2.3.5 TE KAART

De kaart met toetseenheden gebruikt de applicatie om het maaiveldcriterium te bepalen en om de wateropgave te berekenen. Voor elk gebied in deze kaart volgt een wateropgave behorende bij elk van de vier functies genoemd in Tabel 2-1.

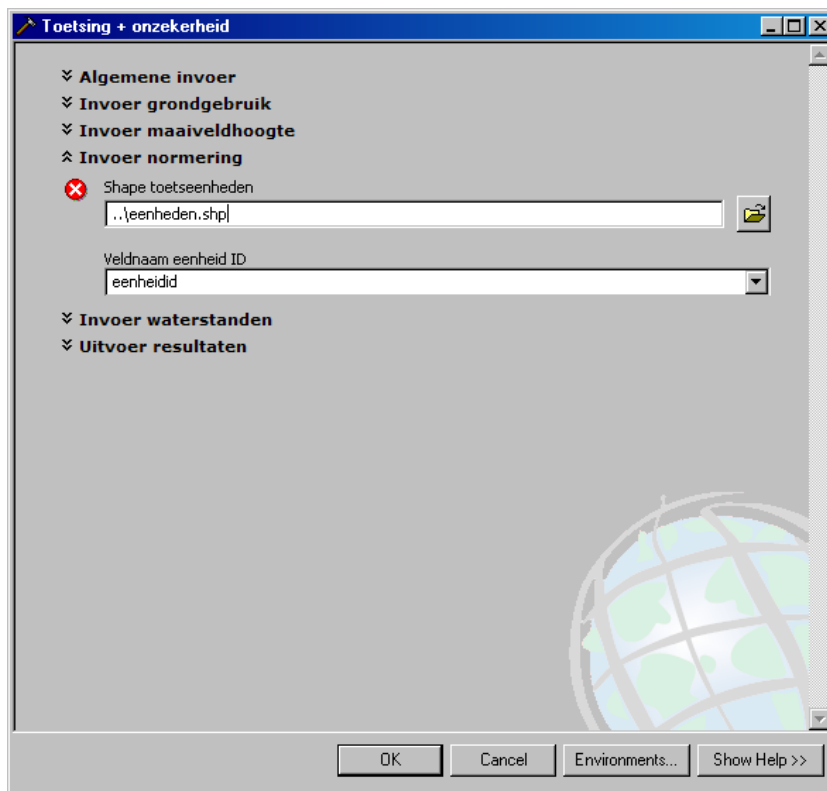
Deze kaart is vergelijkbaar met de peilgebiedenkaart (PG, zie §2.3.2). De kaart dient als een shape van polygonen aan de tool te worden opgegeven. Elke toetseenheid wordt gekenmerkt door een unieke waarde (bij voorkeur een oplopend geheel getal: 1,2,3, ...). De gebruiker van BOWA dient een veld in de attribute-table van de shape op te geven met deze unieke waarde.

De ligging van de toetseenheden is niet onzeker. De gebruiker hoeft verder geen aanvullende gegevens hiervoor in te voeren.

Figuur 2-8 geeft een voorbeeld van hoe de TE kaart via een gebruikersinterface opgegeven kan worden.

FIGUUR 2-8

INVOERSCHERM VOOR DE TE KAART



### 2.3.6 ALGEMENE INVOER

De algemene invoer bestaat uit het gewenste aantal simulaties. Figuur 2-9 geeft een voorbeeld van hoe de algemene informatie via het gebruikersinterface opgegeven kan worden.

**Let op:** het aantal simulaties is een getal groter dan 1. Deze ondergrens kunnen we ook hoger leggen, omdat een klein aantal simulaties te weinig gegevens zal opleveren om een goeie indruk te geven van de mogelijke spreiding in de wateropgave. Gemiddeld duurt een enkele simulatie ongeveer 6 seconden. Tien simulaties duren dan ongeveer één minuut en duizend simulaties meer dan anderhalf uur. Helaas zijn tien simulaties te weinig om een goed beeld te verkrijgen. Daarom raden wij aan om minimaal honderd simulaties uit te voeren.

FIGUUR 2-9 INVOERSCHERM VOOR DE ALGEMENE INFORMATIE

## 2.4 UITVOER VAN DE APPLICATIE

Voor elke simulatie bewaart de applicatie de berekende wateropgave (zowel volume als oppervlakte) in een tabel in

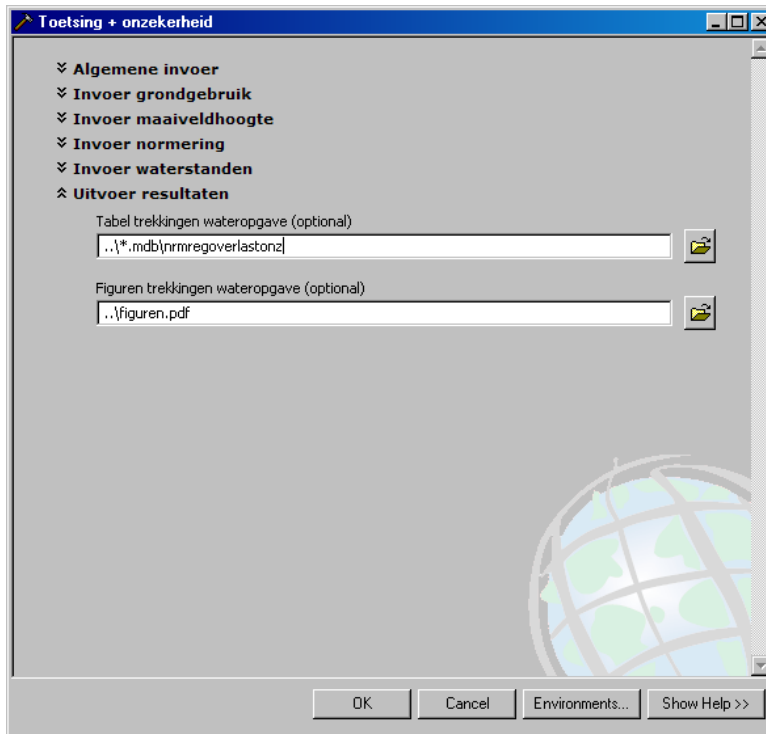
- 1 een MS Access database (een bestand met extensie *.mdb*) en
- 2 in een tekstbestand *resultaat.txt*.

De naam en locatie van de MS Access database moet de gebruiker zelf opgeven in de groep **Uitvoer resultaten** van het invulscherm. Figuur 2-10 geeft een voorbeeld van het invulscherm met de standaardwaarden in de groep **Uitvoer resultaten**.

Het tekstbestand *resultaat.txt* staat standaard in de werkmap. De naam en locatie van dit bestand kan de gebruiker niet veranderen in BOWA. Uiteraard is het achteraf mogelijk om het bestand te hernoemen. Dit is zelfs noodzakelijk om de resultaten te bewaren, omdat BOWA dit bestand bij elke berekening overschrijft!

FIGUUR 2-10

INVOERSCHERM VOOR DE OPSLAG VAN DE RESULTATEN



#### 2.4.1 TABEL TREKKINGEN WATEROPGAVE

Figuur 2-11 geeft een voorbeeld van de tabel met wateropgaven. De locatie van deze tabel kan via het gebruikersinterface opgegeven worden (zie Figuur 2-10). Let er wel op dat de database, waarin de tabel moet worden weggeschreven, bestaat.

Voor het opgeven van de bestandsnaam van de database geldt dat deze gevolgd moet worden door de naam van de tabel (elke relationele database bestaat uit één of meer tabellen en de BOWA toolbox kiest niet automatisch een naam voor de tabel). Het formaat is als volgt *database.mdb\tabelnaam*



FIGUUR 2-11 VOORBEELD VAN EEN UITVOERTABEL VOOR DE TREKKINGEN VAN DE WATEROPGAVE VAN ALLE TOETSEENHEDEN

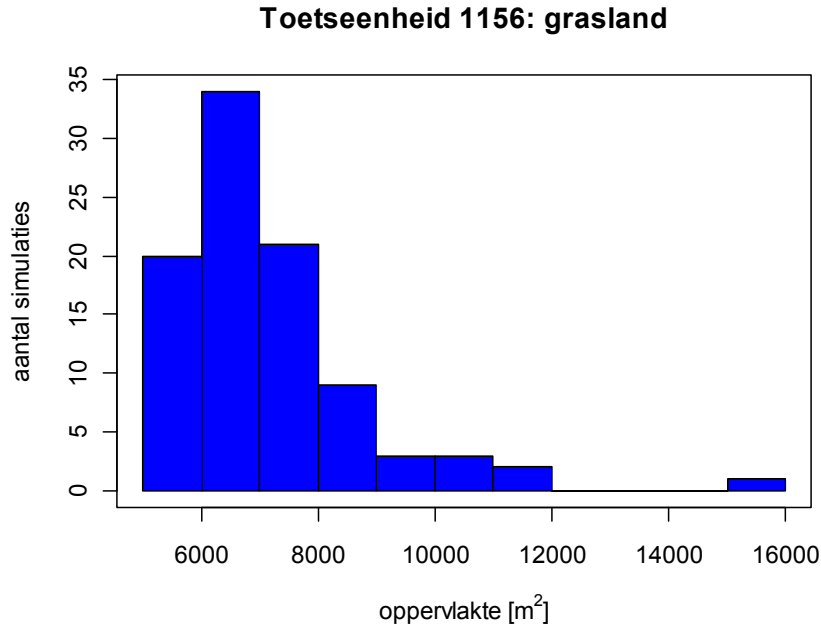
NUMMER	TREKKING	NORMNME	EENHEIDID	TOETSHGT	OPGAVEVOL	OPGAVEOPP	OPGAVEPRC
1	1	grasland	1156	0.95	0	0	0
2	1	akkerbouw	1156	1.04	0	0	0
3	1	hoogwaardig	1156	0.63	143.25	1225	0.18
4	1	stedelijk	1156	0.7	7.57	25	0.5
5	1	grasland	1155	1.05	0	0	0
6	1	akkerbouw	1155	0.5	13.21	75	0.13
7	1	hoogwaardig	1155	0.41	854.99	3625	0.21
8	1	stedelijk	1155	0.43	29.86	75	0.21
9	1	grasland	1959	1.08	0	0	0
10	1	akkerbouw	1959	0.67	3.83	50	0.14
11	1	hoogwaardig	1959	0.4	256.7	625	0.11
12	1	stedelijk	1959	0.79	5.27	25	0.25
13	1	grasland	1962	1.1	0	0	0
14	1	akkerbouw	1962	0	0	0	0
15	1	hoogwaardig	1962	1.36	0	0	0
16	1	stedelijk	1962	0	0	0	0
17	1	grasland	1955	1.03	0	0	0
18	1	akkerbouw	1955	3.91	0	0	0
19	1	hoogwaardig	1955	1.2	0	0	0
20	1	stedelijk	1955	1.51	0	0	0
21	1	grasland	1996	1.11	0	0	0
22	1	akkerbouw	1996	1.29	0	0	0
23	1	hoogwaardig	1996	1	0	0	0
24	1	stedelijk	1996	1.39	0	0	0
25	1	grasland	1960	1.16	0	0	0
26	1	akkerbouw	1960	1.42	0	0	0
27	1	hoogwaardig	1960	1.23	0	0	0
28	1	stedelijk	1960	1.5	0	0	0
29	1	grasland	1958	1.2	0	0	0
30	1	akkerbouw	1959	1.46	0	0	0

#### 2.4.2 HISTOGRAMMEN

De makkelijkste manier om inzicht te krijgen in de resultaten zijn histogrammen. Paragraaf 4.4 legt uit hoe de BOWA Histogram Viewer in R werkt. Met deze gebruikersinterface is het makkelijk om door de resultaten van de verschillende toetseenheden en normfuncties te bladeren.

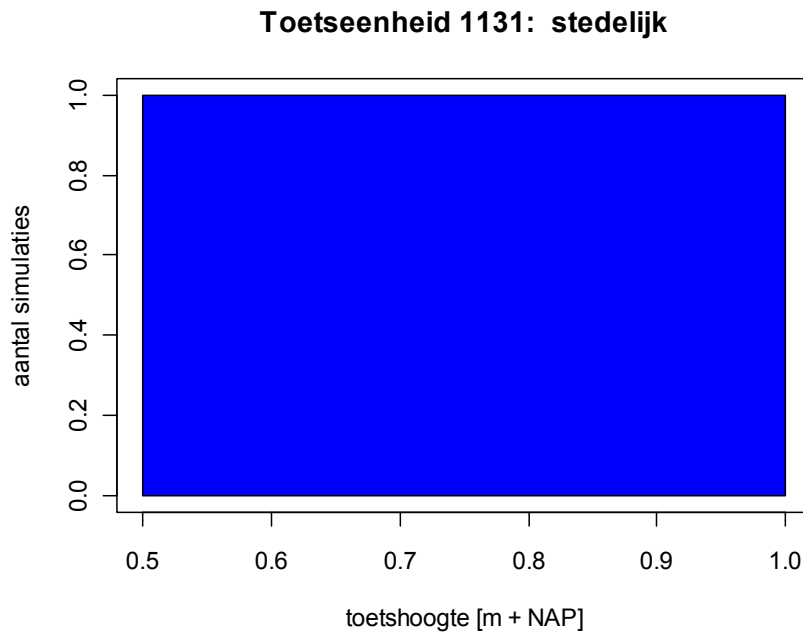
Figuur 2-12 laat een voorbeeld zien van een toetseenheid met nummer 1156 en normfunctie 'grasland'. Dit histogram telt het aantal simulaties met een wateropgave in een bepaald interval en laat dit aantal zien in de vorm van een staafdiagram. In dit voorbeeld is de wateropgave als oppervlakte weergegeven. In de figuur zien we dat het hoogste aantal simulaties, bijna 35, een wateropgave heeft in het interval 6000 m<sup>2</sup> tot 7000 m<sup>2</sup>. Er zit zelfs een uitschieter in het interval 15.000 m<sup>2</sup> tot 16.000 m<sup>2</sup>.

FIGUUR 2-12 VOORBEELD VAN EEN HISTOGRAM VAN DE WATEROPGAVE ALS OPPERVLAKTE



Figuur 2-13 geeft een voorbeeld van een histogram die er een beetje vreemd uitziet, maar die wel correct is. In dit voorbeeld is slechts één keer een wateropgave groter dan nul gesimuleerd. Hoogstwaarschijnlijk is dit een extreem geval en kan je stellen dat er voor deze combinatie (stedelijk gebied in toetseenheid 1131) geen problemen te verwachten zijn.

FIGUUR 2-13 EEN VOORBEELD VAN EEN HISTOGRAM WAARBIJ SLECHTS ÉÉN KEER EEN WATEROPGAVE GROTER DAN NUL IS GESIMULEERD



# 3

## INSTALLATIE VAN BOWA

In dit hoofdstuk is beschreven wat de systeemeisen van BOWA zijn en hoe de installatie en deïnstallatie van de applicatie verloopt.

### 3.1 SYSTEEMEISEN

Voor een goede werking van BOWA dient te zijn voldaan aan de volgende systeem- en softwarevereisten:

- 1 Een actuele PC met minimaal 1 GB vrije schijfruimte.
- 2 Geïnstalleerd besturingssysteem Windows XP met SP2.
- 3 Geïnstalleerd Microsoft .NET (DotNet) framework versie 3.5.
- 4 Geïnstalleerd ESRI ArcGIS desktop, versie 9.3.1, inclusief een Spatial Analyst licentie.
- 5 Geïnstalleerd ESRI ArcGIS desktop, versie 9.3.1 .NET primary interop assemblies van de ArcGIS installatie CD (zie hiervoor Figuur 3-1). Deze zijn nodig voor het gebruik van ArcGIS .NET programmas.

De geïnstalleerde versie van ArcGIS Desktop kunt u achterhalen via *Start > Instellingen > Configuratiescherm > Software*. Voor de installatie van ArcGIS Desktop 9.3.1 dient u de met ArcGIS Desktop meegeleverde installatiehandleiding te volgen. Standaard wordt ArcGIS Desktop in “C:\Program Files\ArcGIS” geïnstalleerd.

Om te achterhalen of .NET Support aanwezig is, dient gecontroleerd te worden of de subfolder “DotNet” aanwezig is: “C:\Program Files\ArcGIS\DotNet”. Indien deze folder niet aanwezig is, dient de ArcGIS Desktop installatie aangepast te worden. Klik via *Start > Instellingen > Configuratiescherm > Software* bij ArcGIS Desktop op Wijzigen. Het ArcGIS Setup-venster verschijnt en klik op Modify en Next. Daarna verschijnt het scherm in Figuur 3-1.

FIGUUR 3-1 SETUP-VENSTER VAN ARCGIS MET DE OPTIE OM .NET SUPPORT TOE TE VOEGEN



Selecteer nu bij Applications de optie .NET Support door op het icoontje te klikken. Kies *Will be installed on local hard drive* en klik op Next. .NET Support wordt geïnstalleerd. Indien het systeem voldoet aan de installatie-eisen, kunt u verder gaan met het installeren van BOWA.

### 3.2 INSTALLEREN VAN DE APPLICATIE

BOWA versie 1.0 bestaat feitelijk uit twee onderdelen:

- 1 een ArcGIS toolbox en
- 2 een R pakket.

Het R pakket volgt een andere versienummering: BOWA versie 1.0 bevat het R pakket 'bowa' met versienummer 0.2-3. Het R pakket bevat de rekenkern. De installatie van R en de nodige pakketten is het onderwerp van paragraaf 3.2.1. De installatie van de ArcGIS toolbox is het onderwerp van paragraaf 3.2.2.

#### 3.2.1 INSTALLATIE VAN DE REKENKERN

De rekenkern van BOWA is geprogrammeerd in R (<http://www.r-project.org/>), een statistische rekenomgeving op basis van de S programmeertaal<sup>1</sup>. Om BOWA te kunnen gebruiken moet daarom het volgende geïnstalleerd worden:

- een versie van R zelf (BOWA is getest met versie 2.12.2),
- het 'bowa' pakket voor R (huidige versie is 0.2-3)
- het reeks van andere R pakketten die BOWA nodig heeft.

Alle benodigde software en pakketten, behalve ArcGIS, zijn op internet te vinden. De twee onderdelen van BOWA kun je downloaden vanaf <http://www.modelwalhalla.nl/Tools/BowaTool>. R kun je downloaden vanaf <http://cran.r-project.org>.

De installatieprocedure van de rekenkern bestaat uit de volgende vier stappen:

- 1 installatie van R,
- 2 toevoegen van R's executable map aan Windows Environment Variable PATH,
- 3 installeren van aanvullende R pakketten,
- 4 controleren van R en benodigde pakketten.

In de volgende paragrafen worden de verschillende stappen van de installatieprocedure toegelicht.

#### STAP 1: INSTALLATIE VAN R

Als R al geïnstalleerd is, kun je deze stap overslaan en verdergaan met stap 2.

Stel je hebt versie 2.13 van R gedownload, dan heb je het bestand *R-2.13.0-win.exe* op de computer staan. Dubbelklik op dit bestand om R versie 2.13.0 te installeren. Volg daarbij de instructies in de verschillende dialoogvensters. Het is aan te raden om altijd de standaardinstellingen te accepteren.

**Let op:** noteer tijdens de installatie de map waarin R geïnstalleerd wordt. Dit is bijvoorbeeld `C:\Program Files\R\R-2.13.0`.

<sup>1</sup> zie ook <http://www.besliswerk.nl/weblog/2011/03/23/een-eerste-kennismaking-met-r> voor een Nederlandstalige introductie van R.

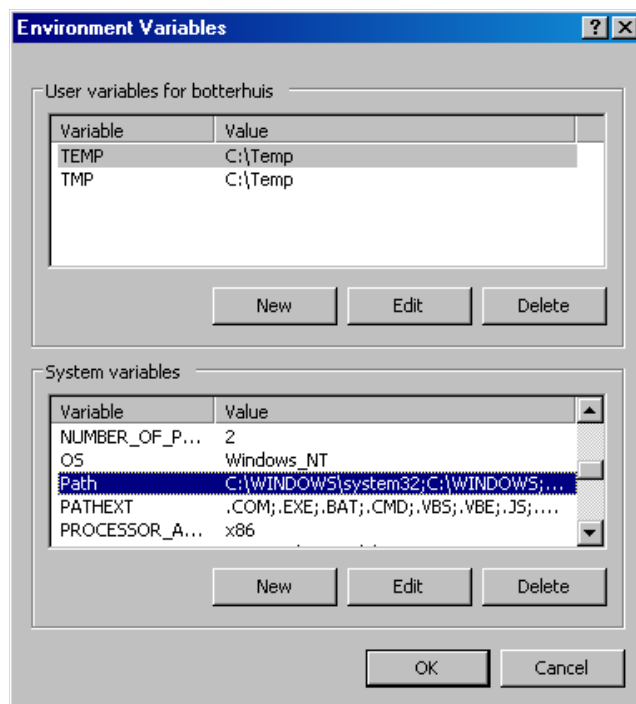
## STAP 2: R'S EXECUTABLE MAP TOEVOEGEN AAN PATH

Helaas wordt de *bin* map van R (dit is de map met alle executable's van R) tijdens de installatie van R niet automatisch toegevoegd aan het pad van Windows. Dit is echter wel nodig voor de juiste werking van BOWA.

**Let op:** dit onderdeel van de procedure vergt enige kennis van Windows. Vraag desnoods uw eigen systeembeheerder om hulp.

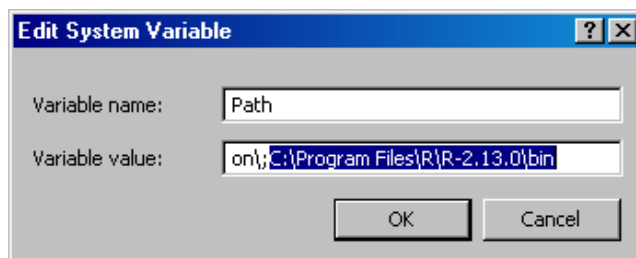
Voeg de *bin* map (bijvoorbeeld `C:\Program Files\R\R-2.13.0\bin`) toe aan het pad in Windows via *Start > Settings > Control Panel > System > Advanced > Environment Variables*. Je krijgt dan een venster zoals weergegeven in Figuur 3-2. Dit voorbeeld komt uit Windows XP en kan verschillend zijn op andere versies van Windows.

FIGUUR 3-2 DIALOOGVENSTER MET DE VERSCHILLENDE VARIABLEN IN WINDOWS (XP)



Selecteer in het venster System variables de variabele Path en klik op de Edit knop. Vervolgens voeg je het pad naar R's bin map toe, zoals het voorbeeld in Figuur 3-3 laat zien. Tussen elk pad staat een puntkomma (;) als scheidingssteken. Voor de zekerheid is het nu aan te raden om Windows te herstarten.

FIGUUR 3-3 DIALOOGVENSTER OM DE WAARDE VAN DE PATH VARIABLE AAN TE PASSEN IN WINDOWS (XP)



### STAP 3: INSTALLATIE VAN AANVULLENDE R PAKKETTEN

Tabel D-1 in de bijlagen geeft een lijst van benodigde uitbreidingspakketten voor R en BOWA. Naast het R pakket *bowa*, zijn dit nog drie andere pakketten: *raster*, *sp* en *tkrplot*.

In R is het relatief eenvoudig om de benodigde aanvullende pakketten te installeren. Start R en kies de optie *Install package(s)...* in het menu *Packages*. Je moet dan eerst een repository kiezen. Kies, bijvoorbeeld, een repository in Nederland. Vervolgens krijg je een lange lijst van beschikbare pakketten. Selecteer eerst het *raster* pakket. Deze zal automatisch ook het *sp* pakket installeren. Vervolgens herhaal je deze actie om het pakket *tkrplot* te installeren.

Het *bowa* pakket wordt als een ZIP bestand geleverd en deze installeer je door de optie *Install package(s) from local zip files...* in het menu *Packages* van R te kiezen. Dit pakket is dus niet beschikbaar via de repositories van R!

### STAP 4: CONTROLE VAN INSTALLATIE R EN AANVULLENDE PAKKETTEN

Als laatste kunt u de installatie van R en de benodigde pakketten controleren. Start hiervoor R op (bijvoorbeeld via *Start > Programs > R*). Je krijgt dan een scherm zoals in Figuur 3-4 te zien. Typ op de opdrachtregel het commando `library(bowa)` in en dan zou dezelfde uitvoer als in Figuur 3-4 moeten verschijnen. Sluit R af door `q("no")` als opdracht te geven of via *File > Exit* en dan *No* te kiezen op de vraag om de workspace te bewaren.

FIGUUR 3-4 DE GEBRUIKERSINTERFACE VAN R IN WINDOWS (XP)

```

RGui - [R Console]
File Edit View Misc Packages Windows Help

Platform: i386-pc-mingw32/i386 (32-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

Natural language support but running in an English locale

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

> library(bowa)
Loading required package: raster
Loading required package: sp
raster version 1.8-31 (3-June-2011)
Loading required package: rgdal
Geospatial Data Abstraction Library extensions to R successfully loaded
Loaded GDAL runtime: GDAL 1.7.2, released 2010/04/23
Path to GDAL shared files: C:/Program Files/R/R-2.13.0/library/rgdal/gdal
Loaded PROJ.4 runtime: Rel. 4.7.1, 23 September 2009, [PJ_VERSION: 470]
Path to PROJ.4 shared files: C:/Program Files/R/R-2.13.0/library/rgdal/proj
> |

```

**EXTRA: EEN NIEUWE VERSIE INSTALLEREN**

Mocht je het *bowa* pakket al eens geïnstalleerd hebben en er is een nieuwe versie beschikbaar, volg dan de volgende procedure om de oude versie te verwijderen en de nieuwe versie te installeren:

- 1 start R (zoals in “Stap 4: controle van installatie R en aanvullende pakketten” is beschreven),
- 2 typ de regel `remove.packages("bowa")` op de command line en druk op Enter,
- 3 sluit R af en start R opnieuw op zoals in stap 1 (dit is nodig om oude bestanden definitief te verwijderen),
- 4 kies *Install package(s) from local zip files...* in het *Packages* menu en selecteer het .zip bestand van de nieuwe versie van het *bowa* pakket.

Wil je eerst controleren welke versie van het R pakket ‘bowa’ geïnstalleerd is, typ dan `packageVersion("bowa")` op de command line en druk op Enter.

**3.2.2 INSTALLATIE VAN DE GEBRUIKERSINTERFACE**

De gebruikersinterface van BOWA is uitgevoerd als een tool in ArcMap (<http://www.esri.com>), een geografische rekenomgeving. Om BOWA te kunnen gebruiken moet daarom het volgende geïnstalleerd worden:

- ESRI ArcGIS desktop, versie 9.3.1, inclusief een Spatial Analyst licentie.
- ESRI ArcGIS desktop, versie 9.3.1 .NET primary interop assemblies van de ArcGIS installatie CD (zie hiervoor het navolgende figuur). Deze zijn nodig voor het gebruik van ArcGIS .NET programma’s.

Verondersteld wordt dat ArcGis al is geïnstalleerd. De installatie van de BOWA gebruikers-interface wordt uitgevoerd aan de hand van een installatieprogramma, dat u door de verschillende stappen van het installatieprocedure begeleidt:

- 1 opstarten installatie ArcGis tool,
- 2 kies een bestemmingsmap,
- 3 installeren ArcGis tool,
- 4 einde installatie.

In de navolgende paragrafen worden de verschillende stappen van de installatieprocedure nader toegelicht.

**Let op:** tijdens de installatie worden componenten geregistreerd in het register van de computer. Het gebruikersaccount dient hiervoor over voldoende rechten te beschikken. Aanvullende informatie is te verkrijgen bij uw systeembeheerder.

**STAP 1: OPSTARTEN INSTALLATIE ARCGIS TOOLBOX**

U kunt de installatieprocedure starten door het bestand `Hkv.BOWA.Setup.msi` te downloaden en te activeren.

De installatieprocedure begint met een welkomstscherf. Aanbevolen wordt om alle andere Windows programma’s af te sluiten alvorens verder te gaan met de installatie van BOWA. Druk op knop “Volgende >” om door te gaan met de installatie. Met de knop “Annuleren” kunt u de installatie voortijdig beëindigen.

FIGUUR 3-5

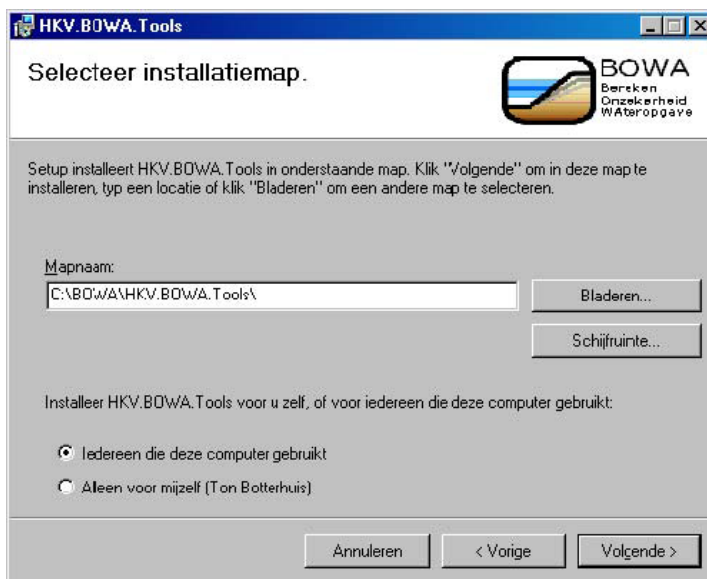
## WELKOMSCHEM INSTALLATIEPROCEDURE

**STAP 2: KIES EEN BESTEMMINGSMAP**

BOWA wordt standaard in de directory "C:\BOWA\HKV.BOWA.Tools" geïnstalleerd.

FIGUUR 3-6

## KIES EEN BESTEMMINGSMAP



Wilt u deze bestemming aanpassen dan drukt u op de knop "Bladeren". Vervolgens kiest u een andere bestemmingsmap.

**Let op:** de bewerkingen die ArcGIS uitvoert stellen eisen aan de naamgeving van het installatiepad (houd hier rekening mee en vermijd spaties in de mapnamen).

Nadat u een bestemmingsmap heeft geselecteerd kunt u door gaan met de installatie van BOWA door op de knop "Volgende >" te drukken. Als u terug wilt keren naar het vorige scherm uit de installatieprocedure drukt u op de knop "< Terug".



**STAP 3. INSTALLEREN ARCGIS TOOLBOX**

Voordat de installatie van BOWA begint wordt een bevestiging van de installatie getoond. Indien u instellingen wilt wijzigen drukt u (herhaaldelijk) op de knop “< Terug” om voorgaande installatieschermen te zien. U kunt de installatie afbreken met de knop “Annuleren”.

FIGUUR 3-7

BEVESTIGING INSTALLATIE



De installatie wordt gestart en de voortgang kan afgelezen worden in het statusscherm.

FIGUUR 3-8

VOORTGANG VAN DE INSTALLATIE



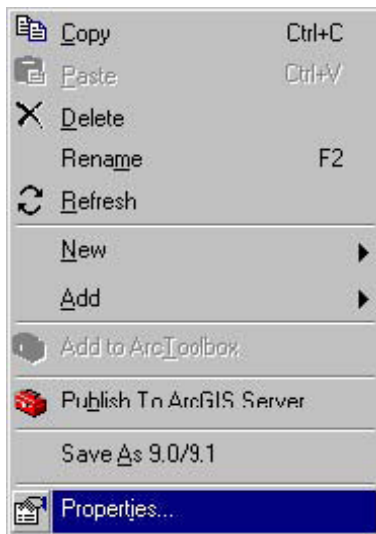
**STAP 4: TOEVOEGEN TOOLBOX IN ARCGIS**

Na de installatie moet u de HKV BOWA Toolbox handmatig toevoegen. Alvorens u de toolbox toevoegt in ArcMap moet u eerst de stylesheet van de HKV BOWA Tools toevoegen. Doorloop hiervoor de volgende stappen:

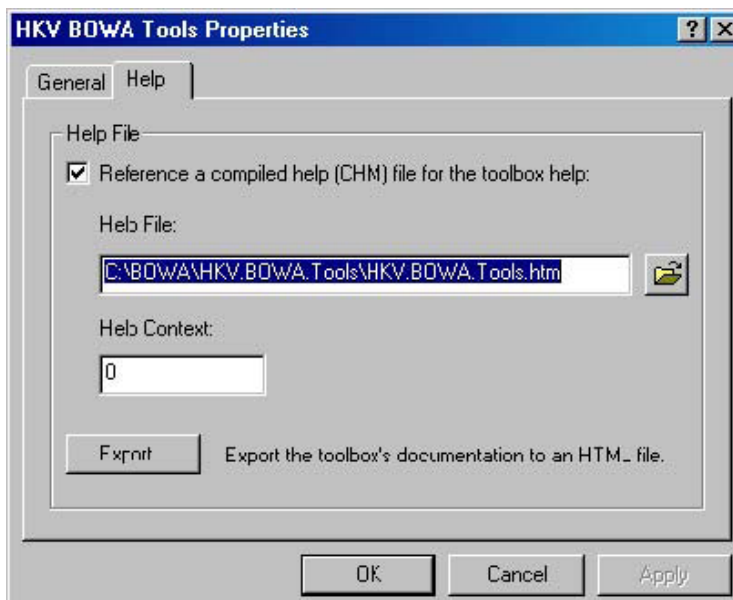
- Start ArcCatalog
- Selecteer HKV BOWA Tools.tbx in de zojuist geïnstalleerde folder
- Selecteer tabblad Metadata
- Selecteer Import Metadata en kies HKV.BOWA.Tools.xml uit de installatie map.



- Ga op de HKV BOWA Toolbox staan en klik vervolgens rechtermuisknop
- Selecteer nu de Properties

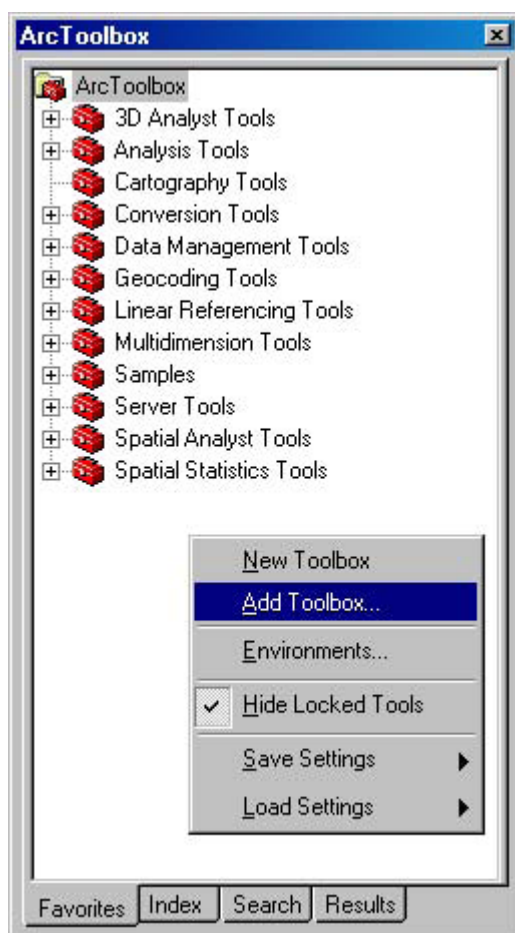


- Kies het tabblad Help en laad hier de HKV.BOWA.Tools.htm in.



- Tot slot klikt u op OK om de toolbox properties weer af te sluiten

Binnen ArcMap klikt u op de rechtermuisknop en kiest u de “HKV BOWA Tools.tbx” uit de folder waar u zojuist de HKV BOWA Tools geïnstalleerd heeft of u sleept de toolbox uit ArcCatalog naar ArcMap toe. De toolbox wordt dan toegevoegd aan de bestaande ESRI toolboxes.



### 3.3 VERWIJDEREN VAN EEN GEÏNSTALLEERDE VERSIE VAN BOWA

U kunt de de-installatie procedure starten door in het “Configuratiescherm”, het item “Software” of “Add or Remove Programs” (afhankelijk van de gebruikte Windows versie) te activeren en vervolgens in het overzicht de applicatie BOWA te verwijderen. Via een aantal stappen wordt u door de deïnstallatie procedure geleid.

Op vergelijkbare wijze kan ook de R installatie van uw PC worden verwijderd. R kan ook via het startmenu verwijderd worden (bijvoorbeeld: *Start > Programs > R > Uninstall R 2.13.0*).

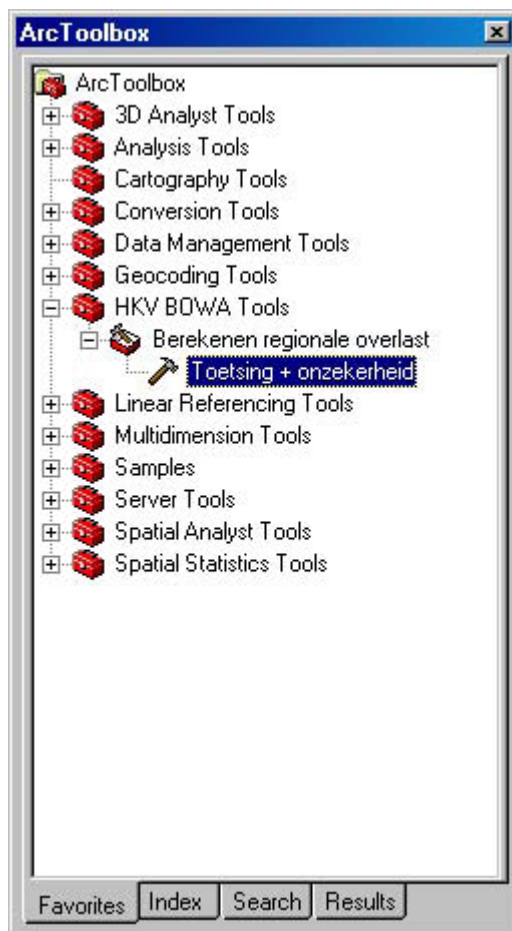
## 4

## WERKEN MET BOWA

## 4.1 INVULSCHERM

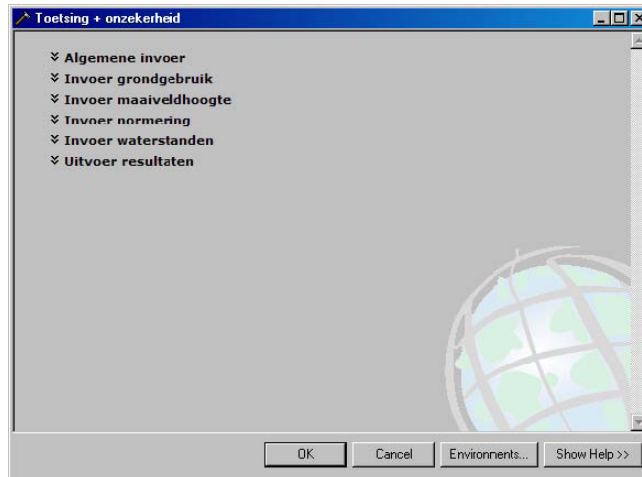
Alvorens u kunt werken met BOWA dient u ArcMap op te starten. U opent de tool BOWA door te klikken op de knop ArcToolbox Window in de interface van ArcMap (zie handleiding ArcMap). Na het klikken verschijnt een scherm dat bestaat uit een explorer van de beschikbare toolboxes binnen u installatie van ArcMap.

FIGUUR 4-1 LOCATIE VAN BOWA IN DE GEINSTALLEERDE TOOLBOXES VAN ARCMAP



Een van de beschikbare toolboxes is de *HKV BOWA Tools* toolbox. In deze toolbox vindt u de categorie *Berekenen regionale overlast* en een van de tools in deze categorie is *TOETSING + ONZEKERHEID*. Zodra u klikt op de tab van deze tool, wordt het invulscherf van de tool geopend. In Figuur 4-2 is dit invulscherf te zien. Elke invoerparameter van de tool wordt toegelicht op het online help scherm van de tool. Dit scherm opent u door op de knop *Show help* onderaan het invulscherf te klikken. Zodra u op een invulparameter klikt, verschijnt er in het helpscherf een korte toelichting (zie Figuur 4-3) over deze parameter.

FIGUUR 4-2 INVULSCHERM VAN DE TOOL BOWA



Bij een invulparameter wordt het groene symbool getoond als deze nog moet worden ingevuld. Indien een van de ingevulde parameters geen juiste waarde heeft, is het niet mogelijk om de tool uit te voeren. Een waarde van een invulparameter is niet correct als het rode symbool met het witte kruis verschijnt. U dient dan de waarde te wijzigen. De knop *OK* wordt geactiveerd zodra alle parameters juist zijn ingevuld.

FIGUUR 4-3 INVULSCHERM + HELPSCHERM VAN DE TOOL BOWA

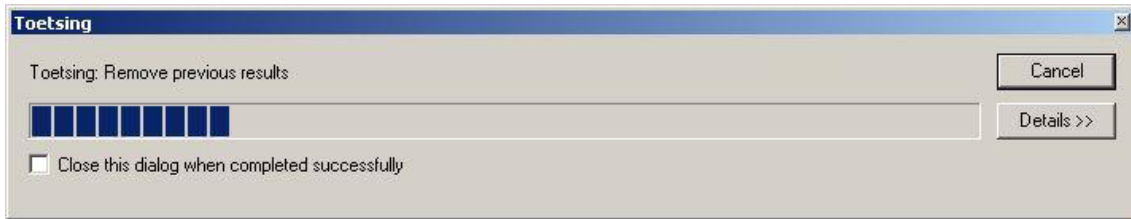


**Let op:** In paragraaf 2.3 staan de verschillende elementen van het invoerscherm uitvoerig beschreven. Lees die informatie eerst voordat je daadwerkelijk een berekening opstart!

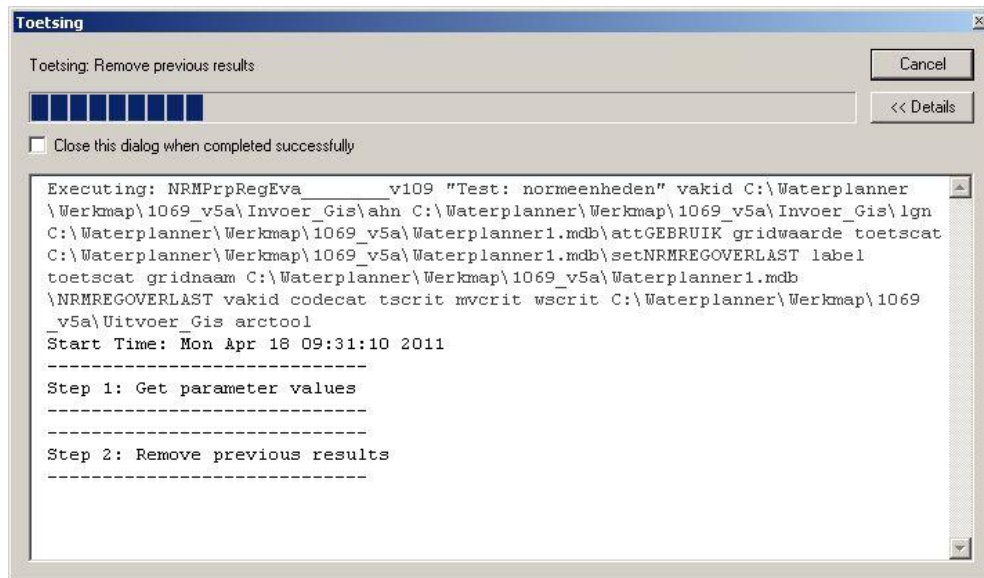
## 4.2 VOORTGANGSCHERM

Als u op de knop *OK* drukt, dan verschijnt het onderstaande voortgangsscherm. De balk op dit scherm toont de voortgang van de tool. Boven de balk vindt u een beknopte toelichting van de rekenactie die op het moment wordt uitgevoerd. Als u meer toelichting wenst over de voortgang of eventuele foutmeldingen, dan dient u op de knop *Details* te drukken. Zodra op deze knop wordt gedrukt, verschijnt het scherm van Figuur 4-5. Bovenaan in het scherm vindt u een beschrijving van de invoer, waarna de starttijd en de beschrijving van de uitgevoerde rekenstappen volgen.

FIGUUR 4-4 VOORTGANGSCHERM VAN DE TOOL BOWA



FIGUUR 4-5 VOORGANGSCHERM + DETAILSCHERM VAN DE TOOL BOWA



De voortgang van de onzekerheidsanalyse van de wateropgave wordt door de tool in verschillende meldingen op het detailscherm getoond. Hierbij maken we onderscheid in de volgende onderdelen van de analyse:

- 1 Opstarten tool
- 2 Parsen invoer van normen en toetseenheden
- 3 Parsen invoer van peilgebieden en waterstanden
- 4 Parsen invoer van landgebruik
- 5 Parsen invoer van maaiveldhoogte
- 6 Uitvoeren van Monte Carlo simulatie
- 7 Wegschrijven resultaten van Monte Carlo simulatie
- 8 Afsluiten tool.

In hoofdstuk 4 worden de verschillende onderdelen van de onzekerheidsanalyse nader toegelicht.

#### 4.3 BEËINDIGINGSCHEM

Als de tool klaar is met rekenen verschijnt het scherm van Figuur 4-6. Ook hier is het mogelijk om de details te tonen. Mocht om een of andere reden de tool niet juist zijn uitgevoerd, dan zal in het rood de foutmelding zichtbaar zijn in het detailscherm.

FIGUUR 4-6 BEËINDIGINGSCHEM VAN DE TOOL BOWA



#### 4.4 BOWA HISTOGRAM VIEWER

ArcMap biedt geen goeie opties om histogrammen te maken en te bekijken, daarom bevat het R pakket (vanaf versie 0.2) hiervoor een aparte interface. Om deze ‘Histogram Viewer’ te gebruiken, moet je eerst R opstarten. Zie “Stap 4: controle van installatie R en aanvullende pakketten” op pagina 21 voor instructies over het opstarten van R. Op de command line typ je vervolgens de volgende twee opdrachten gevolgd door een druk op Enter (let op de hoofdletters en de lege haakjes! De >’s representeren de opdrachtregel in R en zijn geen onderdeel van de opdracht zelf. Deze hoeft je dus niet in te typen):

```
> library(bowa)
> startBowaViewer()
```

Na het uitvoeren van de tweede opdracht, opent zich – mogelijk op de achtergrond – een nieuw venster met de viewer<sup>2</sup>. Anders krijg je een dialoogvenster met de waarschuwing dat je eerst de werkmap moet selecteren.

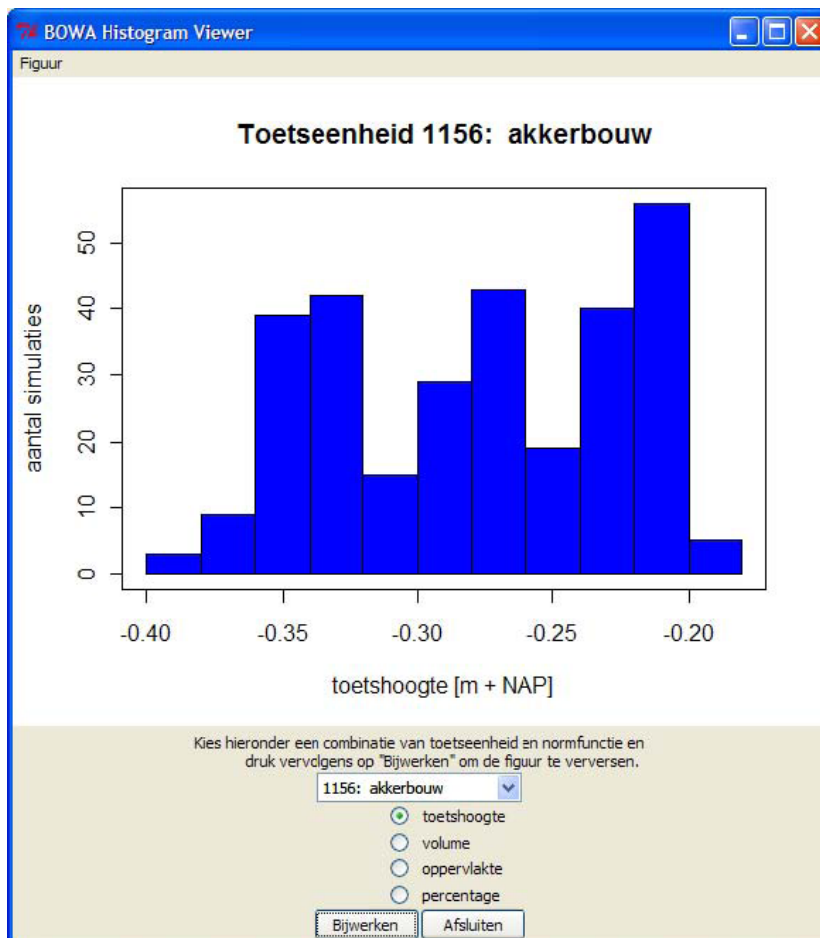
Het scherm van de BOWA Histogram Viewer bestaat uit twee delen: het bovenste deel laat het histogram bij de huidige instellingen zien. Deze instellingen kun je in het onderste gedeelte veranderen. Helemaal onder het scherm staat een knop om de figuur te verversen (“Bijwerken”) en een knop om de viewer af te sluiten (“Afsluiten”). Figuur 4-7 geeft een voorbeeld van de BOWA Histogram Viewer in Windows XP.

Kies de gewenste combinatie van toetseenheid en normfunctie uit het menu en druk op de knop “Bijwerken” om het histogram in de figuur te verversen. Voor elke combinatie kun je ook kiezen welk resultaat je wilt tonen. Er zijn vier opties: toetshoogte, volume, oppervlakte en percentage. De opties *volume* en *oppervlakte* geven de wateropgave weer in respectievelijk m<sup>3</sup> en m<sup>2</sup>. De optie *percentage* geeft het inundatiepercentage voor de betreffende normfunctie (ofwel: het percentage van het geïnundeerde oppervlakte van alle cellen binnen de geselecteerde toetseenheid EN met de geselecteerde normfunctie. Dit is dus niet een percentage van de volledige oppervlakte van de toetseenheid!)

Onder *Figuur* in de menubalk bovenaan de viewer kun je de figuur kopiëren naar het plakbord (om vervolgens in een ander programma zoals MS Word of MS PowerPoint te plakken) of bewaren (c.q. exporteren) naar een PNG of PDF bestand. Het PNG formaat is uitermate geschikt om in een MS Word in te voegen. Zie Figuur 4-8 voor een detail van dit menu.

<sup>2</sup> Het kan zijn dat het venster steeds naar de achtergrond verdwijnt. Minimaliseer in dat geval alle andere programma's zodat alleen de Viewer zichtbaar is.

FIGUUR 4-7 HET HOOFDSCHERM VAN DE BOWA HISTOGRAM VIEWER



FIGUUR 4-8 OPTIES IN HET 'FIGUUR' MENU-ITEM VAN DE BOWA HISTOGRAM VIEWER OM EEN HISTOGRAM TE KOPIËREN OF EXPORTEREN





## BIJLAGE A

# TERMINOLOGIE

In Tabel A-1 staan een aantal termen die in BOWA gebruikt worden.

**TABEL A-1** EEN LIJST VAN TERMEN ZOALS DEZE IN BOWA GEBRUIKT WORDEN

<b>Term</b>	<b>Betekenis</b>
Beheergebied	het gebied onder verantwoordelijkheid van een waterschap
Toetseenheid	een gebied met een eindig oppervlak zoals een peilgebied of een polder waarvoor de wateropgave bepaald moet worden
Peilgebied	een gebied waarbinnen de waterstand in twee cellen sterk gecorreleerd is
Toetshoogte	de hoogte waarop het maaiveldcriterium voor een functie in de toetseenheid ligt

## BIJLAGE B

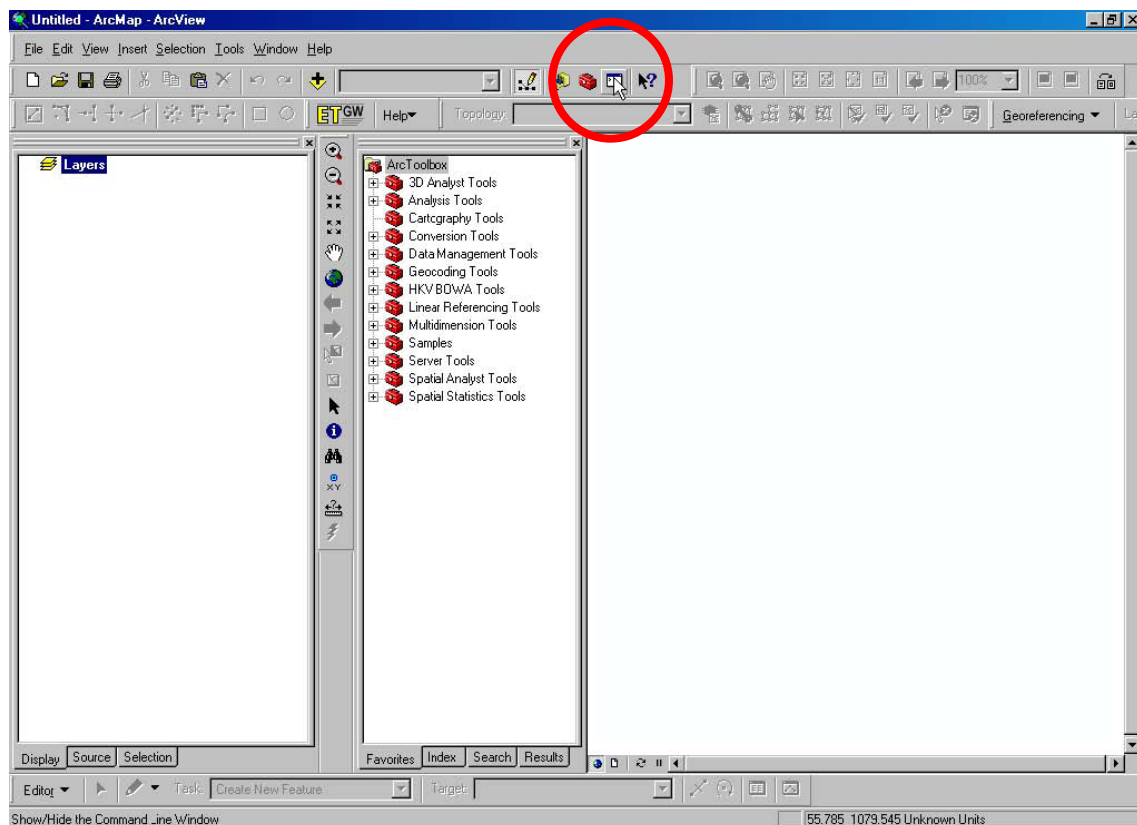
# BOWA AANROEPEN VIA DE ARCMAP COMMAND LINE

Deze bijlage bevat een korte beschrijving van hoe BOWA via de command line in ArcMap aangeroepen kan worden. Het voordeel van deze werkwijze (ten opzichte van de standaard gebruikersinterface) is dat meerdere simulaties uitgevoerd kunnen worden zonder dat het nodig is om alle invoer opnieuw te selecteren.

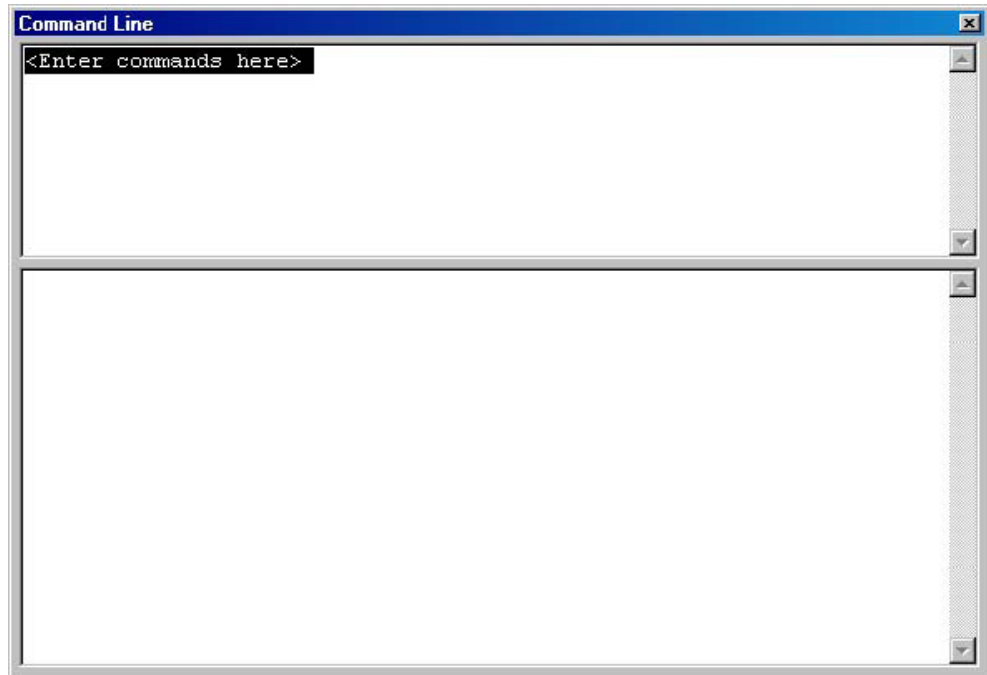
## B.1 OPSTARTEN VAN DE COMMAND LINE

Via de knop op de taakbalk van ArcMap kunt u het *Command Line Window* van ArcMap openen. In Figuur B-1 is met de pijl van de cursor aangegeven welke knop het *Command Line Window* opent. Nadat u op deze knop klikt, opent zich het scherm van Figuur B-2. Het bovenste gedeelte van het scherm is bedoeld om commando's in op te geven, het onderste gedeelte toont de voortgangs- en foutmeldingen van het opgegeven commando.

FIGUUR B-1 VOORBEELD VAN HET OPENEN VAN DE COMMAND LINE WINDOW



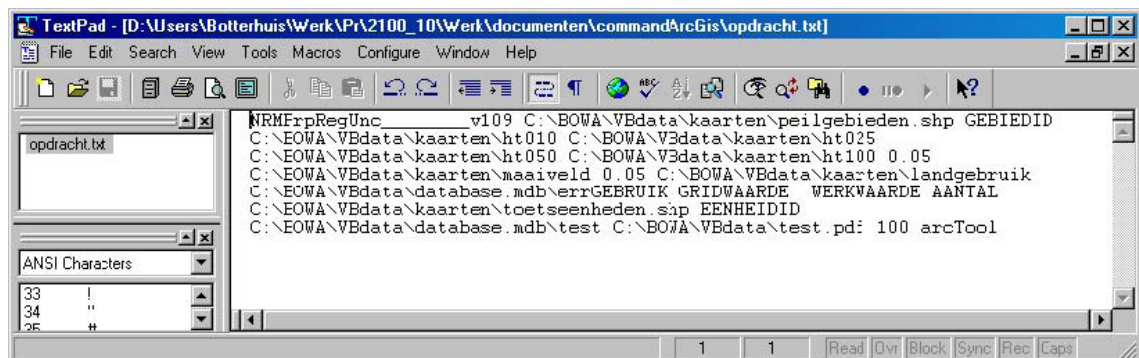
FIGUUR B-2 VOORBEELD VAN EEN GEOPEND COMMAND LINE WINDOW



## B.2 COMMANDO VAN BOWA

In Figuur B-3 is een voorbeeld gegeven van de opdrachtregel, waarmee BOWA kan worden uitgevoerd. U kunt de regel voorbereiden in een text-editor en deze vervolgens plakken op de *command line*. Nadat de regel is ingetikt, drukt u op ENTER en wordt het script uitgevoerd.

FIGUUR B-3 VOORBEELD VAN HET BOWA COMMANDO



U kunt ook de opdrachtregel in het *window* intikken. Via een *popup-tekst* wordt u dan ondersteund bij het invullen van de parameters. De *popup-tekst* ziet er dan als volgt uit:

**NRMPrpRegUnc\_\_\_\_\_v109** <shpCatchment> <fldCatchmentID> <grdWaterLevelHT1>  
 <grdWaterLevelHT2> <grdWaterLevelHT3> <grdWaterLevelHT4> valWaterLevelUnc <grdTerrain>  
 valTerrainUnc <grdLanduse> <tblErrLanduse> <fldCatLanduse> <fldValLanduse> <fldNumLanduse>  
 <shpPrpRegCrt> <fldPrpRegCrtID> <tblPrpRegUnc> <figPrpRegUnc> valMCMMax <arcTool>

- **<shpCatchment>** Shape (polygon) met peilgebieden begrenzing. De kaart met peilgebieden wordt gebruikt om de afhankelijkheid in de waterstanden op twee locaties in de kaart te bepalen.  
 De waterstanden in cellen binnen hetzelfde gebied zijn ruimtelijk gecorreleerd en de waterstanden in verschillende stroomgebieden zijn niet gecorreleerd. De gebruiker hoeft voor deze kaart geen andere invoer op te geven. De ligging van de peilgebieden is niet onzeker. Net zoals alle andere kaarten wordt ook deze kaart omgezet in een grid. Elke stroomgebied wordt gekenmerkt door een unieke waarde (bij voorkeur een oplopend geheel getal: 1,2,3, . . .) in de cellen die tot het gebied behoren. Deze waarden dienen te staan in veld dat bij <fldCatchmentID> wordt opgegeven.
- **<fldCatchmentID>** Veld (integer) met het stroomgebied identificatie nummer in [-].
- **<grdWaterLevelHT1>** Grid (single) met waterhoogte in [m+NAP] die eens per 10 jaar optreedt.
- **<grdWaterLevelHT2>** Grid (single) met waterhoogte in [m+NAP] die eens per 25 jaar optreedt.
- **<grdWaterLevelHT3>** Grid (single) met waterhoogte in [m+NAP] die eens per 50 jaar optreedt.
- **<grdWaterLevelHT4>** Grid (single) met waterhoogte in [m+NAP] die eens per 100 jaar optreedt.
- Volgens de normen voor regionale wateroverlast moet de gebruiker een aantal kaarten met maatgevende waterstanden opgeven. Dit zijn de waterstanden met de herhalingsstijden 10, 25, 50 en 100 jaar.
- **valWaterLevelUnc** De maat (integer) van de onzekerheid in de waterhoogte in [m]. Voor de waterhoogtekaarten moet de gebruiker ook een waarde opgeven als maat van de onzekerheid in de maatgevende waterstand. Op basis hiervan wordt de spreiding van de onzekerheid in waterhoogte bepaald.  
 De onzekerheid in gridcel (i; j) van de kaart representeren we met een normale kansverdeling (ook wel een Gaussische kansverdeling genoemd). Deze kansverdeling heeft twee parameters, namelijk de verwachtingswaarde en de standaardafwijking.  
 De verwachtingswaarde is de waarde in de cel van de door de gebruiker opgegeven kaart. De standaardafwijking wordt berekend op basis van de hier opgegeven waarde (zie handleiding).
- **<grdTerrain>** Grid (single) met per cel de gemiddelde maaiveldhoogte in [m+NAP]. Voor de maaiveldhoogtekaart gelden grotendeels dezelfde eisen als voor de kaarten met maatgevende waterstanden. De onzekerheid in de bodemhoogte wordt op dezelfde manier gemodelleerd als voor de waterstandskaarten.
- **valTerrainUnc** De maat (single) van de onzekerheid in de terreinhoogte in [m]. De gebruiker kan een waarde opgeven als maat van de onzekerheid in de terreinhoogte. De onzekerheid in gridcel van de kaart representeren we met een normale kansverdeling (ook wel een Gaussische kansverdeling genoemd).

Deze kansverdeling heeft twee parameters, namelijk de verwachtingswaarde en de standaardafwijking. De verwachtingswaarde is de waarde in de cel van de door de gebruiker opgegeven kaart. De standaardafwijking wordt berekend op basis van de hier opgegeven waarde (zie handleiding).

- **<grdLanduse>** Grid (integer) met per cel een geclassificeerd grondgebruik in [1..n]. De gebruiker geeft hier een kaart op met het grondgebruik per normfunctie. Verwacht wordt dat de gebruiker zelf het grondgebruik heeft gereclassificeerd tot een normfunctie (1=grasland, 2=akkerbouw, ... 5=stedelijk gebied). Het resultaat hiervan is een kaart met in elke cel een van de codes zoals weergegeven in de tabel met de normen voor regionale wateroverlast. De onzekerheid in deze kaart wordt veroorzaakt door het feit dat het grondgebruik in een cel verkeerd geclassificeerd is. Bijvoorbeeld: een cel is als grasland geclassificeerd, maar in werkelijkheid is het glastuinbouw. De kwaliteit van de classificatie geeft de gebruiker op in de vorm van een foutenmatrix. In deze matrix staat voor elke functie de discrete kansverdeling van de classificatie. Bijvoorbeeld: als een cel in de kaart als grasland geclassificeerd is, dan is de werkelijke functie als volgt verdeeld: 93% grasland (correcte classificatie), 3% akkerbouw, 1% hoogwaardig glas- en tuinbouw, 2% stedelijk gebied en 1% open water. Met andere woorden: als een cel als grasland geclassificeerd is, is de kans gelijk aan 1% dat het werkelijke landgebruik glas- en tuinbouw is. De gebruiker geeft een tabel op basis waarvan de foutenmatrix kan worden opgesteld. Deze vierkante matrix (evenveel rijen als kolommen als grondgebruik categorieën) bevat kansen (waarde tussen 0 en 1) en de rijen sommeren tot 1. De kans op een correcte classificatie van een cel wordt ook beïnvloed door de classificatie van de naastgelegen cellen. Omdat deze invloed nogal technisch van aard is, hoeft de gebruiker dit niet zelf op te geven (zie handleiding).
- **<tblErrLanduse>** Tabel (\*.mdb) met fouteninformatie in de grondgebruikkaart (een veld met het geclassificeerde grondgebruik, een veld met het werkelijke grondgebruik en een veld met de aantal van het werkelijk grondgebruik).
- **<fldCatLanduse>** Veld (integer) met geclassificeerd grondgebruik in categorieën [1..n].
- **<fldValLanduse>** Veld (integer) met werkelijk grondgebruik in categorieën [1..n].
- **<fldNumLanduse>** Veld (integer) met het aantal keer dat het werkelijk grondgebruik voorkomt bij het geclassificeerde grondgebruik in [-].
- **<shpPrpRegCrt>** Shape (polygon) met de begrenzing van toetseenheden. De kaart met toetseenheden gebruikt de applicatie om het maaiveldcriterium te bepalen en om de wateropgave te berekenen. Voor elk gebied in deze kaart volgt een wateropgave behorende bij elk van de functies genoemd in de tabel met de normen voor regionale wateroverlast. Deze kaart is vergelijkbaar met de stroomgebiedenkaart. Ook deze kaart wordt omgezet in een grid. Elke eenheid wordt gekenmerkt door een unieke waarde (bij voorkeur een oplopend geheel getal: 1,2,3,...) in de cellen die tot het eenheid behoren. Deze waarden dienen te staan in veld dat bij **<fldPrpRegCrtID>** wordt geselecteerd. De ligging van de normeenheden is niet onzeker. De gebruiker hoeft verder geen aanvullende gegevens hiervoor in te voeren.
- **<fldPrpRegCrtID>** Veld (integer) met het toetseenheden identificatie nummer in [-].

- **<tblPrpRegUnc>** De functie van de applicatie is om de onzekerheid in de wateropgave te kwantificeren op basis van de onzekerheid in de invoergegevens. Het doel hiervan is om de gebruiker te laten zien welke spreiding mogelijk aanwezig is in de wateropgave en om te kwantificeren wat de kans is op een grotere opgave dan uit een standaard toetsing volgt. De applicatie vervult zijn functie door middel van een Monte Carlo simulatie waarbij de wateropgave voor een groot aantal trekkingen uit de invoergegevens wordt berekend. Deze trekkingen worden weggeschreven in een tabel.

De te creëren tabel bestaat uit de volgende velden:

- veld NUMMER: regelnummer - default = -9999 [-]
  - veld TREKKING: nummer van de simulatie - default = -9999 [-]
  - veld NORMNME: identificatie van de norm - default = "-9999" [stedelijk is 5, ..., grasland is 1, ...]
  - veld EENHEIDID: identificatie van de normeenheid - default = -9999 [-]
  - veld TOETSHGT: toetshoogte van de normeenheid - default = -9999.99 [m+NAP]
  - veld OPGAVEVOL: volume van wateropgave - default = -9999.99 [m3/s]
  - veld OPGAVEOPP: oppervlak van wateropgave - default = -9999.99 [m2]
  - veld OPGAVEPRC: oppervlakpercentage van wateropgave - default = -9999.99 [%]
- **<figPrpRegUnc>** Naast in de tabel worden de trekkingen weggeschreven in een histogram (zie handleiding). Voor elke toetseenheid wordt automatisch een histogram aangemaakt in dit \*.pdf bestand.
  - **valMCMMax** Het aantal simulaties in de Monte Carlo analyse in [-]. Het aantal simulaties is een getal groter dan 1. Deze ondergrens kunnen we ook hoger leggen, omdat een klein aantal simulaties te weinig gegevens zal opleveren om een goede indruk te geven van de mogelijke spreiding in de wateropgave.
  - **<arcTool>** Indicator of tool is aangeroepen via tool dialog

In Figuur B-4 wordt een voorbeeld van de DOS-box gegeven tijdens het uitvoeren van de berekening.

FIGUUR B-4

VOORBEELD VAN HET WEERGEVEN VAN DE VOORTGANG DOOR BOWA IN DE COMMAND LINE WINDOW

```

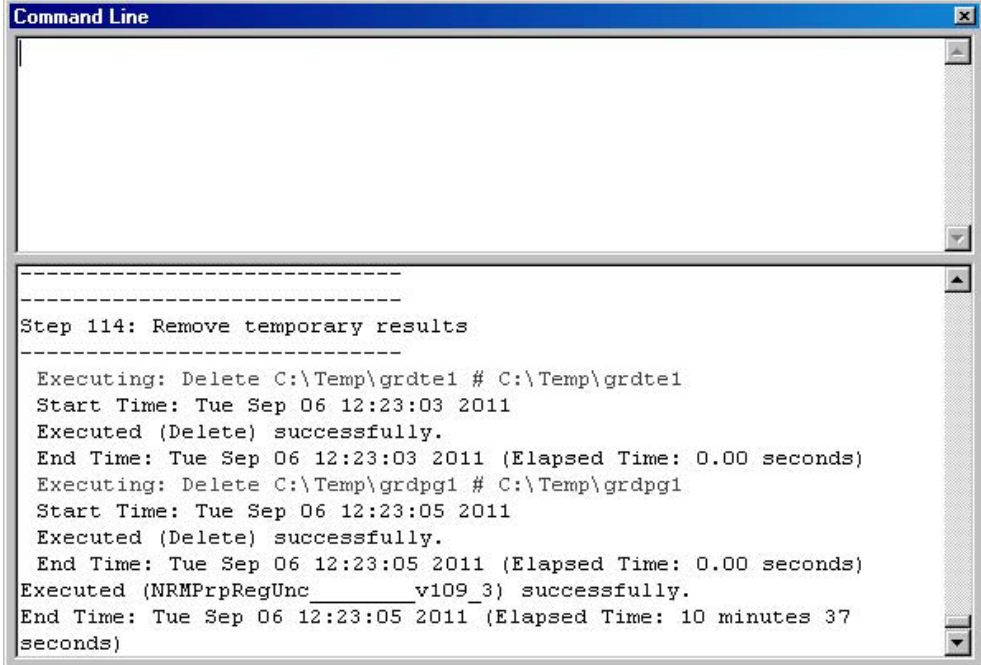
NRMPPrpRegUnc v109 C:\BOWA\VBdata\kaarten\peilgebieden.shp
GEBIEDID C:\BOWA\VBdata\kaarten\ht010 C:\BOWA\VBdata\kaarten\ht025 C:
\BOWA\VBdata\kaarten\ht050 C:\BOWA\VBdata\kaarten\ht100 0.05 C:\BOWA
\VBdata\kaarten\maaiveld 0.05 C:\BOWA\VBdata\kaarten\landgebruik C:
\BOWA\VBdata\database.mdb\errGEBRUIK GRIDWAARDE WERKWAARDE AANTAL C:
\BOWA\VBdata\kaarten\toetseenheden.shp EENHEIDID C:\BOWA\VBdata
\database.mdb\test C:\BOWA\VBdata\test.pdf 100 arcTool

Step 9: Convert error matrix landuse to ascii
-----
Step 10: Copy terrain
-----
Executing: RasterToASCII C:\BOWA\VBdata\kaarten\maaiveld D:\Users
\Botterhuis\Werk\Pr\2100_10\Werk\code\BOWA\HKV.BOWA\Bin\werkwap
\AH.asc
Start Time: Tue Sep 06 12:13:43 2011
Executed (RasterToASCII) successfully.
End Time: Tue Sep 06 12:13:51 2011 (Elapsed Time: 8.00 seconds)
-----
Step 11: Start simulation script
-----

```

In Figuur B-5 staat een voorbeeld van het scherm als de berekening klaar is. Nadat de melding *Executed (NRMPPrpRegUnc\_\_\_\_\_v109\_\*) successfully* naar het scherm is weggeschreven, is de berekening geëindigd en kan u de uitvoer bekijken. Voor een beschrijving van de uitvoer verwijzen we naar paragraaf 2.4.

FIGUUR B-5 VORBEELD VAN DE BEÏNDIGING VAN HET REKENEN DOOR BOWA IN DE COMMAND LINE WINDOW



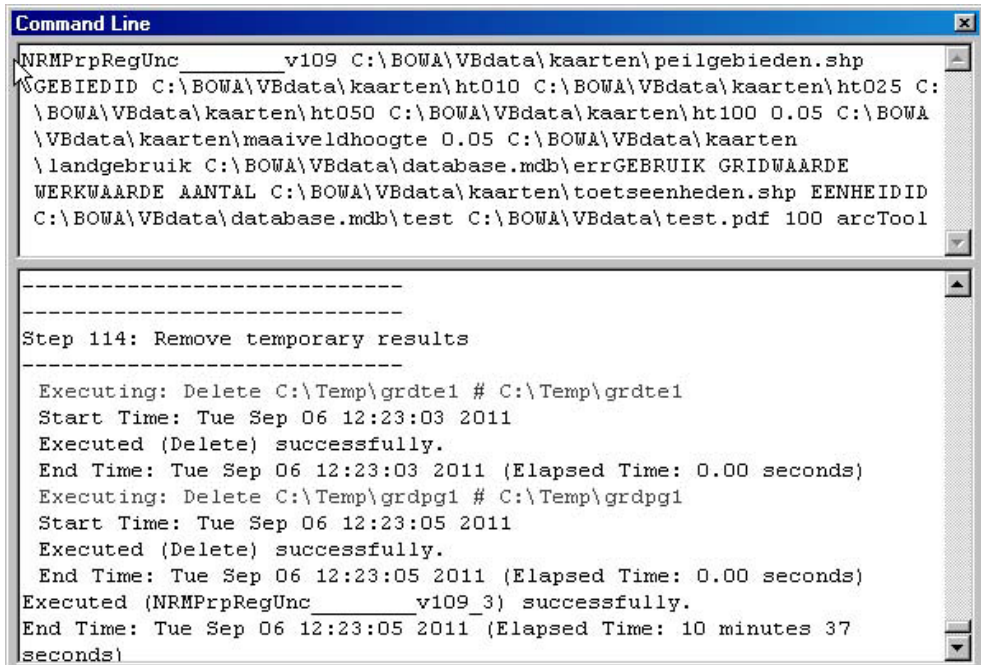
```

Command Line
-----
Step 114: Remove temporary results
-----
Executing: Delete C:\Temp\grdte1 # C:\Temp\grdte1
Start Time: Tue Sep 06 12:23:03 2011
Executed (Delete) successfully.
End Time: Tue Sep 06 12:23:03 2011 (Elapsed Time: 0.00 seconds)
Executing: Delete C:\Temp\grdpg1 # C:\Temp\grdpg1
Start Time: Tue Sep 06 12:23:05 2011
Executed (Delete) successfully.
End Time: Tue Sep 06 12:23:05 2011 (Elapsed Time: 0.00 seconds)
Executed (NRMPPrpRegUnc_____v109_3) successfully.
End Time: Tue Sep 06 12:23:05 2011 (Elapsed Time: 10 minutes 37
seconds)

```

Door nu in het geopende Command Line Window op de omhoog pijl van de pijltjestoetsen op uw toetsenbord te drukken, verschijnt en zojuist uitgevoerde commando weer in het scherm. Op deze wijze kunt u gemakkelijk de opdracht wijzigen en/of herhalen.

FIGUUR B-6 VORBEELD VAN HET HERHALEN VAN DE BEREKENING DOOR BOWA IN DE COMMAND LINE WINDOW



```

Command Line
NRMPPrpRegUnc_____v109 C:\BOWA\VBdata\kaarten\peilgebieden.shp
GEBIEDID C:\BOWA\VBdata\kaarten\ht010 C:\BOWA\VBdata\kaarten\ht025 C:
\BOWA\VBdata\kaarten\ht050 C:\BOWA\VBdata\kaarten\ht100 0.05 C:\BOWA
\VBdata\kaarten\maaiVELdhoogte 0.05 C:\BOWA\VBdata\kaarten
\landgebruik C:\BOWA\VBdata\database.mdb\errGEBRUIK GRIDWAARDE
WERKWAARDE AANTAL C:\BOWA\VBdata\kaarten\toetseenheden.shp EENHEIDID
C:\BOWA\VBdata\database.mdb\test C:\BOWA\VBdata\test.pdf 100 arcTool
-----
Step 114: Remove temporary results
-----
Executing: Delete C:\Temp\grdte1 # C:\Temp\grdte1
Start Time: Tue Sep 06 12:23:03 2011
Executed (Delete) successfully.
End Time: Tue Sep 06 12:23:03 2011 (Elapsed Time: 0.00 seconds)
Executing: Delete C:\Temp\grdpg1 # C:\Temp\grdpg1
Start Time: Tue Sep 06 12:23:05 2011
Executed (Delete) successfully.
End Time: Tue Sep 06 12:23:05 2011 (Elapsed Time: 0.00 seconds)
Executed (NRMPPrpRegUnc_____v109_3) successfully.
End Time: Tue Sep 06 12:23:05 2011 (Elapsed Time: 10 minutes 37
seconds)

```

## BIJLAGE C

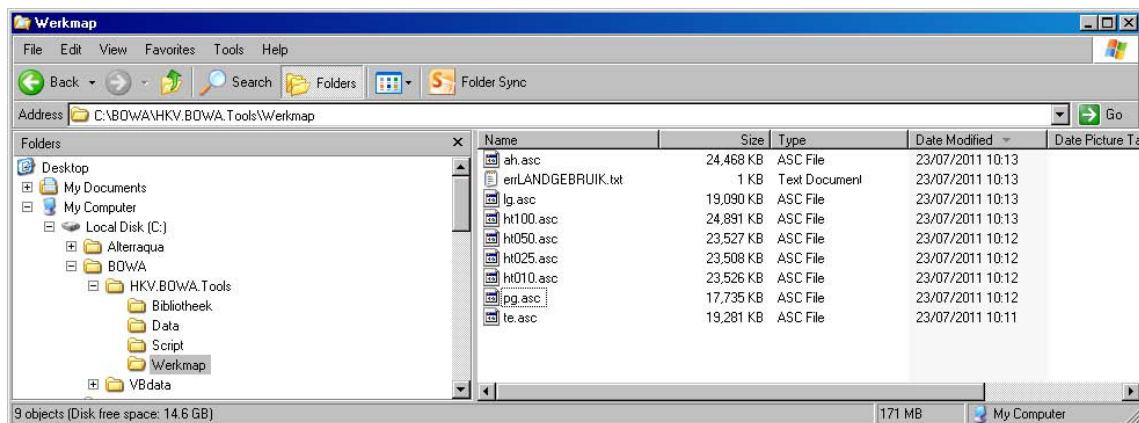
# BOWA AANROEPEN VIA DE WINDOWS COMMAND LINE

Deze bijlage bevat een toelichting op hoe BOWA vanuit de Windows command line (ook wel bekend als de 'DOS box') aangeroepen kan worden. Op deze manier is het mogelijk om BOWA zonder een ArcGIS installatie te gebruiken.

## C.1. INVOER VAN BOWA KLAARMAKEN

De invoer van de rekenkern bestaat uit een aantal bestanden (met een vaste naam en locatie) en een aantal parameters die als argumenten wordt meegegeven. In Figuur C-1 is de inhoud van de werkmap van de rekenkern van BOWA weergegeven.

FIGUUR C-1 VOORBEELD VAN DE INHOUD VAN DE WERKMAP



Om te kunnen rekenen moet in de werkmap aanwezig zijn:

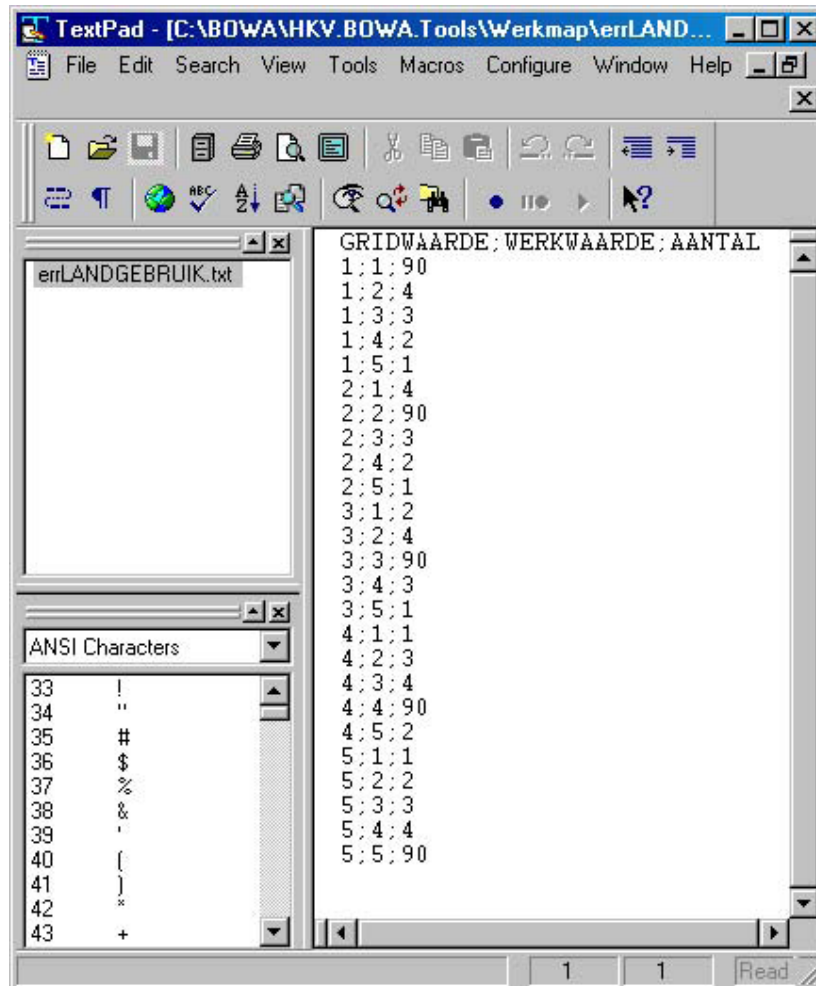
- 1 lg.asc: kaart met het landgebruik volgens de vier functies (1=grasland, 2=akkerbouw, 3= glastuinbouw en hoogwaardige land- en tuinbouw, 4=stedelijk gebied). Open water is als vijfde categorie toegevoegd. Elke cel in deze kaart heeft één van de vijf codes.
- 2 errLANDGEBRUIK.txt: tabel met de foutenmatrix van de landgebruikkaart. De onzekerheid in landgebruikkaart wordt veroorzaakt door de kans dat het landgebruik in een cel verkeerd geclassificeerd is. Bijvoorbeeld: een cel is als grasland geclassificeerd, maar in werkelijkheid is het glastuinbouw. De kwaliteit van de classificatie geeft de gebruiker op in de vorm van een foutenmatrix. In deze matrix staat voor elke functie de discrete kansverdeling van de classificatie.

Een voorbeeld van dergelijke foutenmatrix is gegeven in Tabel 2-4 op pagina 10. Het aantal in elke rij telt op tot 100 (is geen vereiste), waardoor op de diagonaal een betrouwbaarheid van 90% staat. Dit betekent dat een cel met grasland (code 1) met 90% daadwerkelijk grasland is in de werkelijke situatie. Met een kans van 4% is deze echter akkerbouw (code 2) in de werkelijkheid, enzovoort.



De gebruiker geeft een foutenmatrix met vijf rijen en vijf kolommen op. Hij doet dit echter in de vorm van een tabel zoals het voorbeeld in Figuur C-2. Let op: scheidingsteken is punt-komma.

FIGUUR C-2 VOORBEELD VAN EEN INVOERTABEL VOOR DE FOUTENMATRIX VAN DE LG KAART



- 3 pg.asc: kaart met peilgebieden, die de applicatie gebruikt om de afhankelijkheid in de waterstanden op twee locaties in de kaart te bepalen. De waterstanden in de cellen binnen hetzelfde peilgebied zijn ruimtelijk perfect gecorreleerd en de waterstanden in verschillende peilgebieden zijn gecorreleerd met (rank) correlatie. Deze correlatie tussen de peilgebieden implementeren we met een zogenaamde *diagonal band copula* (zie handleiding).

Net zoals alle andere kaarten is ook deze kaart een ascii-grid. Elk peilgebied wordt gekenmerkt door een unieke waarde (bij voorkeur een oplopend geheel getal: 1,2,3,...) in de cellen die tot hetzelfde peilgebied behoren. De ligging van de peilgebieden is niet onzeker.

- 4 ht010.asc: kaart met de verwachtingswaarde van de maatgevende waterstand met de herhalingsduur 10 jaar in m+NAP.
- 5 ht025.asc: kaart met de verwachtingswaarde van de maatgevende waterstand met de herhalingsduur 25 jaar in m+NAP.

- 6 ht050.asc: kaart met de verwachtingswaarde van de maatgevende waterstand met de herhalingsduur 50 jaar in m+NAP.
- 7 ht100.asc: kaart met de verwachtingswaarde van de maatgevende waterstand met de herhalingsduur 100 jaar in m+NAP.

De onzekerheid in de waterhoogte wordt op via een Gaussische verdeling gemodelleerd. De gebruiker moet voor de waterhoogtekaarten daarom ook één (niet-negatieve) waarde als argument opgeven, die de applicatie gebruikt om de standaardafwijking van deze verdeling te bepalen.

- 8 ah.asc: kaart met de verwachtingswaarde van de maaiveldhoogte in m+NAP. De onzekerheid in de maaiveldhoogte wordt op dezelfde manier gemodelleerd als voor de waterstandkaarten. De gebruiker moet voor deze kaart ook één (niet-negatieve) waarde als argument opgeven, die de applicatie gebruikt om de standaardafwijking te bepalen.
- 9 te.asc: kaart met toetseenheden, die de applicatie gebruikt om het maaiveldcriterium te bepalen en om de wateropgave te berekenen. Voor elk gebied in deze kaart volgt een wateropgave behorende bij elk van de vier functies genoemd in Tabel 2-1.

Net zoals alle andere kaarten is ook deze kaart een ascii-grid. Elke toetseenheid wordt gekenmerkt door een unieke waarde (bij voorkeur een oplopend geheel getal: 1,2,3, ...) in de cellen die tot dezelfde toetseenheid behoren. De ligging van de eenheden is niet onzeker.

**VOORWAARDE:** Van alle kaarten en tabellen is de naamgeving voorgeschreven en kan niet worden veranderd. Gebruik dezelfde namen zoals hierboven is aangegeven.

**VOORWAARDE:** Van alle kaarten en tabellen dienen in dezelfde werkmap te staan.

**VOORWAARDE:** Alle kaarten zijn als ascii-grids opgeslagen.

**VOORWAARDE:** Alle kaarten moeten dezelfde *extent* hebben. Dit wil zeggen dat ze allemaal dezelfde grootte hebben en op dezelfde plek liggen. De resoluties (grootte van de cellen) is ook gelijk.

**VOORWAARDE:** Alle invoertabellen zijn ascii-bestanden met de puntkomma als scheidingsteken.

## C.2 UITVOEREN BEREKENING MET BOWA

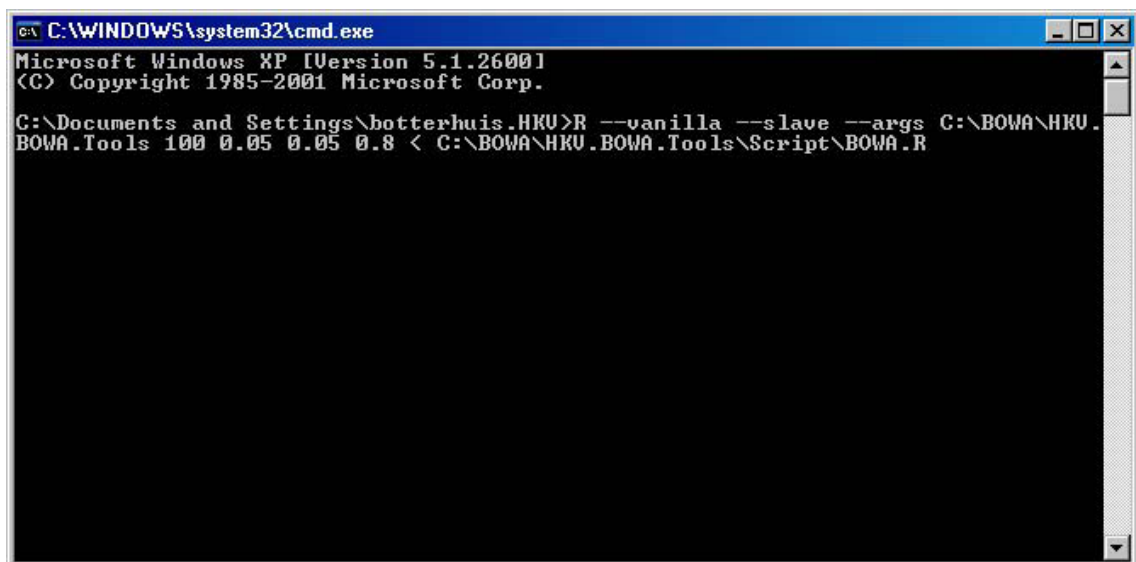
In de installatie map van BOWA vindt u de map *Script* en in deze map staat het bestand *BOWA.R*. Dit \*.R bestand bevat het script dat door R moet worden uitgevoerd om de BOWA berekening uit te voeren. Het is aan te raden om dit bestand in een DOS-box aan te roepen. Kies daarvoor Start > Run en tik cmd in om de DOS-box te openen. Vervolgens kunt u deze opdrachtregel in tikken:

**R -vanilla -slave -args** [installatiemap] [aantal simulaties] [afwijking maaiveldhoogte] [afwijking waterhoogte] [ruimtelijke (rank) correlatie] < [R-script BOWA]

- [installatiemap]: Dit is directory waarin u de gebruikersinterface van BOWA heeft geïnstalleerd, bv. C:\BOWA\HKV.BOWA.Tools.
- [aantal simulaties]: Dit is het aantal trekkingen dat in de Monte Carlo simulatie wordt uitgevoerd, bv. 100.
- [afwijking maaiveldhoogte]: Dit is de afwijking in maaiveldhoogte in m., bv. 0.05 m.
- [afwijking waterhoogte]: Dit is de afwijking in waterhoogte in m., bv. 0.05 m.
- [ruimtelijke (rank) correlatie]: Dit is de ruimtelijke correlatie in de afwijking van maaiveld- en waterhoogte, bv. 0.8.
- [R-script BOWA]: Dit is de volledige naam van het R-script, bv. C:\BOWA\HKV.BOWA.Tools\Script\BOWA.R

In Figuur C-3 een voorbeeld van de DOS-box met deze opdrachtregel weergegeven. Nadat de regel is ingetikt, drukt u op ENTER en wordt het script uitgevoerd.

FIGUUR C-3 VOORBEELD VAN EEN OPDRACHTREGEL VOOR DE BOWA REKENKERN



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\botterhuis.HKU>R --vanilla --slave --args C:\BOWA\HKV.BOWA.Tools 100 0.05 0.05 0.8 < C:\BOWA\HKV.BOWA.Tools\Script\BOWA.R
  
```

In Figuur C-4 wordt een voorbeeld van de DOS-box gegeven tijdens het uitvoeren van de berekening.

FIGUUR C-4

VOORBEELD VAN HET WEERGEVEN VAN DE VOORTGANG DOOR DE BOWA REKENKERN

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - R --vanilla --slave --args C:\BOWA\HKV.BOWA.Tools 100 0.05 0...
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\botterhuis.HKU>R --vanilla --slave --args C:\BOWA\HKV.
BOWA.Tools 100 0.05 0.05 0.8 < C:\BOWA\HKV.BOWA.Tools\Script\BOWA.R
Loading required package: raster
Loading required package: sp
raster version 1.8-31 (3-June-2011)
Loading required package: rgdal
Geospatial Data Abstraction Library extensions to R successfully loaded
Loaded GDAL runtime: GDAL 1.7.2, released 2010/04/23
Path to GDAL shared files: C:/Program Files/R/R-2.13.0/library/rgdal/gdal
Loaded PROJ.4 runtime: Rel. 4.7.1, 23 September 2009, [PJ VERSION: 470]
Path to PROJ.4 shared files: C:/Program Files/R/R-2.13.0/library/rgdal/proj
Loading required package: reshape
Loading required package: plyr

Attaching package: 'plyr'

The following object(s) are masked from 'package:raster':

  count

Attaching package: 'reshape'

The following object(s) are masked from 'package:plyr':

  rename, round_any

The following object(s) are masked from 'package:raster':

  expand

Loading required package: grid
Loading required package: proto
loading maps...done.
Simulation 1/100
Simulation 2/100
Simulation 3/100
Simulation 4/100
Simulation 5/100

```

In Figuur C-5 staat een voorbeeld van de DOS-box als de berekening klaar is. Nadat de melding *Create histograms of simlation results...done* naar het scherm is weggeschreven, is de berekening geëindigd en kan u de uitvoer bekijken.

FIGUUR C-5

VOORBEELD VAN DE BEEINDIGING VAN HET REKENEN DOOR DE BOWA REKENKERN

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Simulation 81/100
Simulation 82/100
Simulation 83/100
Simulation 84/100
Simulation 85/100
Simulation 86/100
Simulation 87/100
Simulation 88/100
Simulation 89/100
Simulation 90/100
Simulation 91/100
Simulation 92/100
Simulation 93/100
Simulation 94/100
Simulation 95/100
Simulation 96/100
Simulation 97/100
Simulation 98/100
Simulation 99/100
Simulation 100/100
create table of simulation results...done.
create histograms of simulation results...done.

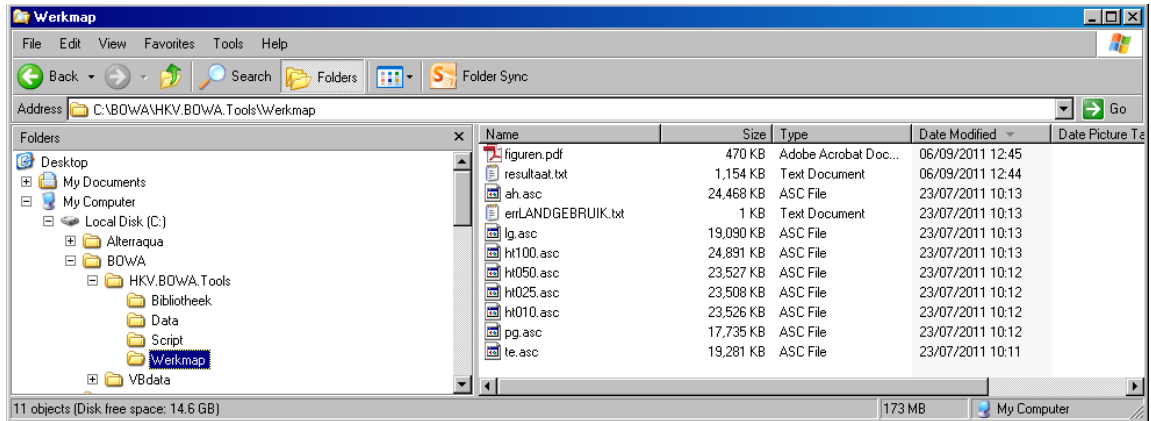
C:\Documents and Settings\botterhuis.HKU>

```

### C.3 RESULTAAT VAN BOWA

Voor elke simulatie bewaart de applicatie de berekende wateropgave (zowel volume als oppervlakte) in een tabel in een tekstbestand. De locatie en de naam van dit bestand zijn hard voorgeschreven, namelijk *resultaat.txt* in de werkmap. Figuur C-6 geeft een voorbeeld van waar de uitvoer kan worden gevonden, dit is een niveau dieper dan de installatiemap.

FIGUUR C-6 VOORBEELD VAN HET BEREKENINGSRESULTAAT IN VAN DE WERKMAP



Figuur C-7 geeft een voorbeeld van de tabel met wateropgaven. Het tekstbestand heeft de spatie als scheidingsteken.

- De eerste kolom in de tabel geeft aan van welke simulatie de gegevens zijn.
- De tweede kolom geeft aan van welke toetsseenheid de gegevens zijn.
- De derde kolom geeft aan van welke gebruikseenheid de gegevens zijn.
- De vierde kolom geeft de waarde van de toetshoogte in m+NAP.
- De vijfde kolom geeft de waarde van het volume van de wateropgave in m<sup>3</sup>.
- De zesde kolom geeft de waarde van het oppervlak van de wateropgave in m<sup>2</sup>.
- De zevende kolom geeft de waarde van het oppervlakpercentage van de wateropgave in procenten.

FIGUUR C-7 VOORBEELD VAN EEN UITVOERTABEL VOOR DE TREKKINGEN VAN DE WATEROPGAVE VAN ALLE TOETSEENHEDEN

TextPad [C:\BOWA\HKV-BOWA\_Tools\Werkmap\resultaat.txt]

File Edit Search View Tools Macros Configure Window Help

sim	toetseenheid	functie	toetshoogte	volume	oppervlakte	percentage
1	1156	grasland	0.99	0	0	
1	1156	akkerbouw	0.76	2.29	25	0.25
1	1156	hoogwaardig	0.69	88.33	825	0.13
1	1156	stedelijk	0.68	13.5	50	0.5
1	1155	grasland	1.1	0	0	
1	1155	akkerbouw	0.53	15.05	125	0.2
1	1155	hoogwaardig	0.46	676.48	3325	0.2
1	1155	stedelijk	0.6	16.88	50	0.12
1	1959	grasland	1.13	0	0	
1	1959	akkerbouw	1.39	0	0	
1	1959	hoogwaardig	0.46	250.76	775	0.13
1	1959	stedelijk	1.43	0	0	
1	1962	grasland	1.15	0	0	
1	1962	akkerbouw	0	0	0	
1	1962	hoogwaardig	1.4	0	0	
1	1962	stedelijk	0	0	0	
1	1955	grasland	1.07	0	0	
1	1955	akkerbouw	1.52	0	0	
1	1955	hoogwaardig	1.27	0	0	
1	1955	stedelijk	0	0	0	
1	1996	grasland	1.16	0	0	
1	1996	akkerbouw	1.16	0	0	
1	1996	hoogwaardig	1.06	0	0	
1	1996	stedelijk	1.61	0	0	
1	1960	grasland	1.2	0	0	
1	1960	akkerbouw	1.31	0	0	
1	1960	hoogwaardig	1.37	0	0	
1	1960	stedelijk	1.23	0	0	
1	1958	grasland	1.25	0	0	
1	1958	akkerbouw	1.55	0	0	
1	1958	hoogwaardig	1.31	0	0	
1	1958	stedelijk	1.32	0	0	
1	1957	grasland	1.19	0	0	
1	1957	akkerbouw	1.21	0	0	
1	1957	hoogwaardig	1.15	0	0	
1	1957	stedelijk	1.19	0	0	
1	1956	grasland	1.21	0	0	
1	1956	akkerbouw	1.53	0	0	
1	1956	hoogwaardig	1.19	0	0	
1	1956	stedelijk	1.53	0	0	
1	1952	grasland	1.18	0	0	
1	1952	akkerbouw	1.31	0	0	
1	1952	hoogwaardig	1.38	0	0	
1	1952	stedelijk	1.25	0	0	
1	1953	grasland	1.22	0	0	
1	1953	akkerbouw	1.14	0	0	
1	1953	hoogwaardig	1.2	0	0	
1	1953	stedelijk	1.17	0	0	

ANSI Characters

File: resultaat.txt, 1181427 bytes, 37601 lines, PC, ANSI

1 1 Read Dvr Block Sync Rec Caps

## BIJLAGE D

## BENODIGDE R PAKKETTEN

In de volgende tabel staat een lijst van uitbreidingspakketten die nodig zijn voor BOWA. Elk pakket heeft mogelijk weer andere pakketten nodig en deze staan in de rechterkolom.

TABEL D-1 LIJST VAN BENODIGDE R PAKKETTEN VOOR BOWA

Naam pakket	Functie	Heeft nodig
bowa	rekenhart van BOWA	raster, rgdal, tkrplot
raster	pakket om met rastergegevens te werken	sp
sp	pakket die ruimtelijke objecten (punten, lijnen, polygonen en rasters) in R definieert	
tkrplot	pakket om figuren in een grafische user-interface weer te geven (nodig voor de BOWA Histogram Viewer)	tcltk (standaard R pakket)