

**TOELICHTING BIJ DE KAART MET OVERSTROMINGSGEVOELIGE
GEBIEDEN VOOR DE WATERTOETS**

SAMENVATTING

In het kader van de watertoets is een nieuwe kaart aangemaakt die voor het ganse Vlaams Gewest de overstromingsgevoelige gebieden tot op perceelsniveau weergeeft (fig. 1). De kaart bevat de effectief overstromingsgevoelige gebieden (donkerblauwe laag) en de mogelijk overstromingsgevoelige gebieden (lichtblauwe laag).

De mogelijk overstromingsgevoelige gebieden geven die gebieden weer die overstromingsgevoelig zijn op basis van de van nature overstroombare gebieden (NOG, exclusief colluvia), de potentiële overstromingsgebieden (POG) en de mijnverzakingsgebieden (MVG), doch die buiten de effectief overstromingsgevoelige gebieden vallen. Van deze NOG-POG-MVG zones werden bovendien die gebieden weggelaten die zijn aangeduid als woongebied, openbaar nut, dienstverlening, recreatie, bedrijventerreinen en andere infrastructuur gebieden (excl. uitbreidingsgebieden en reservegebieden) volgens het gewestplan, aangevuld met de plannen van aanleg en ruimtelijke uitvoeringsplannen tot september 2005. In bijlage 1 wordt in detail weergegeven hoe de mogelijk overstromingsgevoelige gebieden zijn samengesteld. In totaal behoort 275.684 ha tot het mogelijk overstromingsgevoelig gebied of 20,3% van het Vlaams Gewest. De mogelijk overstromingsgevoelige gebieden onderscheiden zich van de effectief overstromingsgevoelige gebieden omdat er een fundamenteel verschil is in de graad van overstromingsgevoeligheid tussen beide gebieden. Voor de aanleg van infrastructuur in beide gebieden wordt aanbevolen om aan de adviesinstantie een wateradvies te vragen ten behoeve van de watertoets. Het advies van de waterbeheerder zal echter met dit onderscheid rekening houden.

De effectief overstromingsgevoelige gebieden zijn gebaseerd op een gecorrigeerde versie van de recent overstroomde gebieden (ROG-05), op de gemodelleerde overstromingsgebieden langsheen onbevaarbare waterlopen door AMINAL afdeling Water en sommige Provinciebesturen (MOG-AMINAL) en op de gemodelleerde overstromingsgebieden langsheen bevaarbare waterlopen door AWZ (MOG-AWZ). In bijlage 2 worden de details besproken van de correctie van de ROG-05 kaart, in bijlage 3 wordt toegelicht hoe de nieuwste MOG-kaart door AMINAL afdeling Water en de Provinciebesturen werd opgesteld en bijlage 4 licht toe hoe de MOG-kaart door AWZ werd opgesteld.

De ROG-05 kaart bevat alle gekarteerde overstromingen uit de periode 1988-2005 inclusief alle verbeteringsvoorstellen die in de voorbije jaren werden overgemaakt. Om dit bestand bruikbaar te maken tot op perceelsniveau werd het gecorrigeerd aan de hand van het Digitaal Hoogte Model-Vlaanderen (DHM). Hiertoe zijn alle overstromingsgrenzen omgezet tot driedimensionale lijnen en is door geavanceerde GIS-technieken het mogelijk gebleken om de ROG-05 grenzen te verplaatsen. Globaal gezien zijn de nieuwe grenzen een verbetering t.o.v. de oude omdat nu b.v. nergens meer de niet altijd correcte hoogtecontourlijnen van de topografische kaart of kaartbladgrenzen worden gevolgd; opgehoogde en dus niet overstroombare terreinen, wegen en dijken nu niet meer tot het ROG-gebied behoren; Kortom, uit de ROG05-kaart zijn alle gebieden verwijderd die tengevolge van onnauwkeurige kartering niet meer kunnen behouden blijven als effectief overstromingsgevoelig. Op een eerder beperkt aantal locaties tekent het ROGDHM05-bestand ook extra gebieden in. Meestal betreft het valleien die verder stroomopwaarts worden ingekleurd weliswaar beperkt tot maximum 250m verder dan de ROG-05 grens. Van een in oppervlakte beperkt aantal gebieden is geweten dat de reductie te drastisch is. Dit doet zich voornamelijk voor in zeer vlakke gebieden als de polders en is eigen aan de gebruikte automatische correctietechniek en beperkingen in de beschikbare datasets. Deze gebieden zullen op termijn echter opnieuw perceelsgetrouw toegevoegd worden middels manuele aanpassingen. Alle correcties resulteren in een reductie van het ROG-gebied met bijna 34% van 67.656 ha naar 44.793 ha (3,3% van het Vlaams Gewest)

Op één uitzondering na zijn alle 77 gebruikte MOG-05 kaarten gebaseerd op het recente DHM-Vlaanderen met een resolutie van 5 m. Ook maken alle hydraulische modellen gebruik van gedetailleerde topografische opmetingen op schaal 1/500. De MOG-kaarten tonen de overstromingsgebieden tot en met een herhalingsperiode van 100 jaar en dit in het frequentiedomein. Dit betekent dat de MOG-gebieden niet meer gekoppeld zijn aan een bepaalde gebeurtenis (op één

tijdstip), maar de resultante zijn van statistische analyse. Voor wat de onbevaarbare waterlopen betreft is de statistische analyse gebeurd op de hydraulische simulatieresultaten en voor de bevaarbare waterlopen verwijst de herhalingsperiode naar statistische analyses via (hydrologische) composiethydrogrammen. Figuur 2 toont de modelleringsresultaten voor de Ijzervallei via beide technieken. Er blijkt duidelijk uit dat de verschillen zeer beperkt zijn en meestal te verklaren door een verschil in het gemodelleerde gebied. Langs de onbevaarbare waterlopen is 23.011 ha gekarteerd als gemodelleerd overstromingsgebied en langs de bevaarbare waterlopen is 13.461 ha gekarteerd.

De MOG gebieden bevatten op sommige plaatsen ook de beddingen van waterlopen, kanalen en havendokken. Dit is een gevolg van de gebruikte modelleertechnieken en de wijze van intekenen van overstromingsgebieden gebruik makend van het DHM-Vlaanderen. Wanneer beddingen van oppervlaktewateren deel uitmaken van modelmatig overstroombare gebieden, dan worden zij mee ingetekend als zijnde overstroombaar. De geregistreerde hoogtes van de watervlakken liggen volgens het DHM-Vlaanderen nu eenmaal lager dan die van de omliggende valleigebieden. Dit is het geval voor sommige trajecten van bevaarbare en onbevaarbare waterlopen. Voor trajecten die niet werden gemodelleerd doet dit fenomeen zich uiteraard ook niet voor. Het is technisch niet evident om deze ogenschijnlijke anomalie weg te werken.

De effectief overstromingsgevoelige gebieden zelf zijn samengesteld via de omhullende contour van de geactualiseerde ROG- en MOG-kaarten. Dit is gerechtvaardigd omdat alle uitgangskaarten gebaseerd zijn op het DHM-Vlaanderen met een resolutie van 5m. Bovendien bevatten de nieuwe ROG- en MOG-kaarten voortaan enkel nog die gebieden die met een zekerheid grenzende waarschijnlijkheid, overstromingsgevoelig zijn. Door gebruik te maken van de omhullende contour kan de ROGDHM05-kaart de MOG-kaart aanvullen en vice versa.

Er dient ten slotte opgemerkt te worden dat de nieuwe kaart met overstromingsgevoelige gebieden niet synoniem is van de risicozones voor overstroming. De federale criteria voor deze kaart stipuleren immers dat enkel overstromingsdiepten hoger dan 30cm mogen in rekening gebracht worden en dat de herhalingsperiode beperkt moet blijven tot 25 jaar. De definitieve risicokaart overstroming zal dan ook minder gebieden afbakenen dan voorliggende kaart. De opmaak van deze kaart zal in de komende maanden gefinaliseerd worden, doch is nog voorwerp van verder overleg tussen de Vlaamse en federale overheid.

Aanvulling d.d. april 2007:

Op 23 maart 2007 verscheen in het Belgisch Staatsblad het koninklijk besluit van 28 februari 2007 tot afbakening van de risicozones bedoeld in artikel 68-7 van de wet van 25 juni 1992 op de landverzekeringsovereenkomst. Voor het raadplegen van de goedgekeurde kaart verwijst het besluit voor Vlaanderen naar de website <http://geo-vlaanderen.agiv.be/geo-vlaanderen/overstromingskaarten/>. Op die website bevindt zich ook een achtergronddocument bij deze kaart.

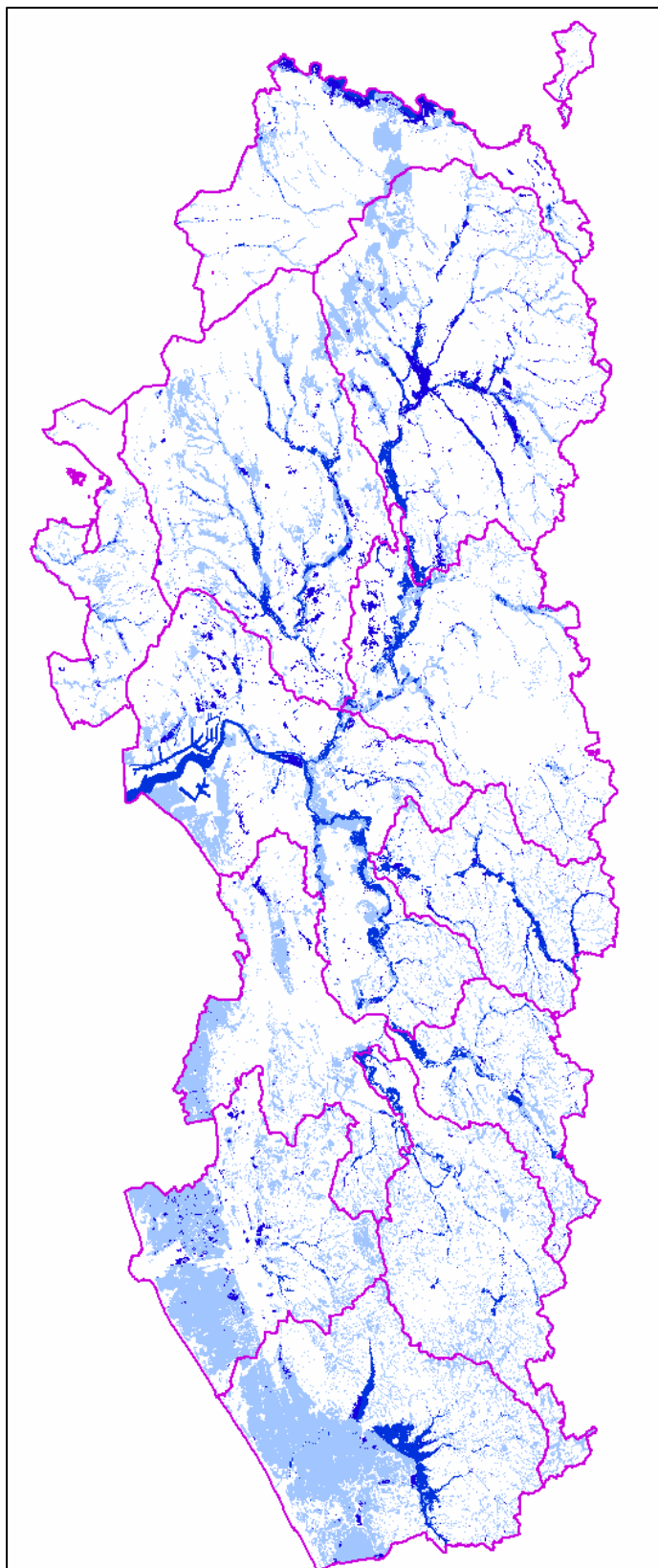


Fig. 1: overstromingsgevoelige gebieden 2005

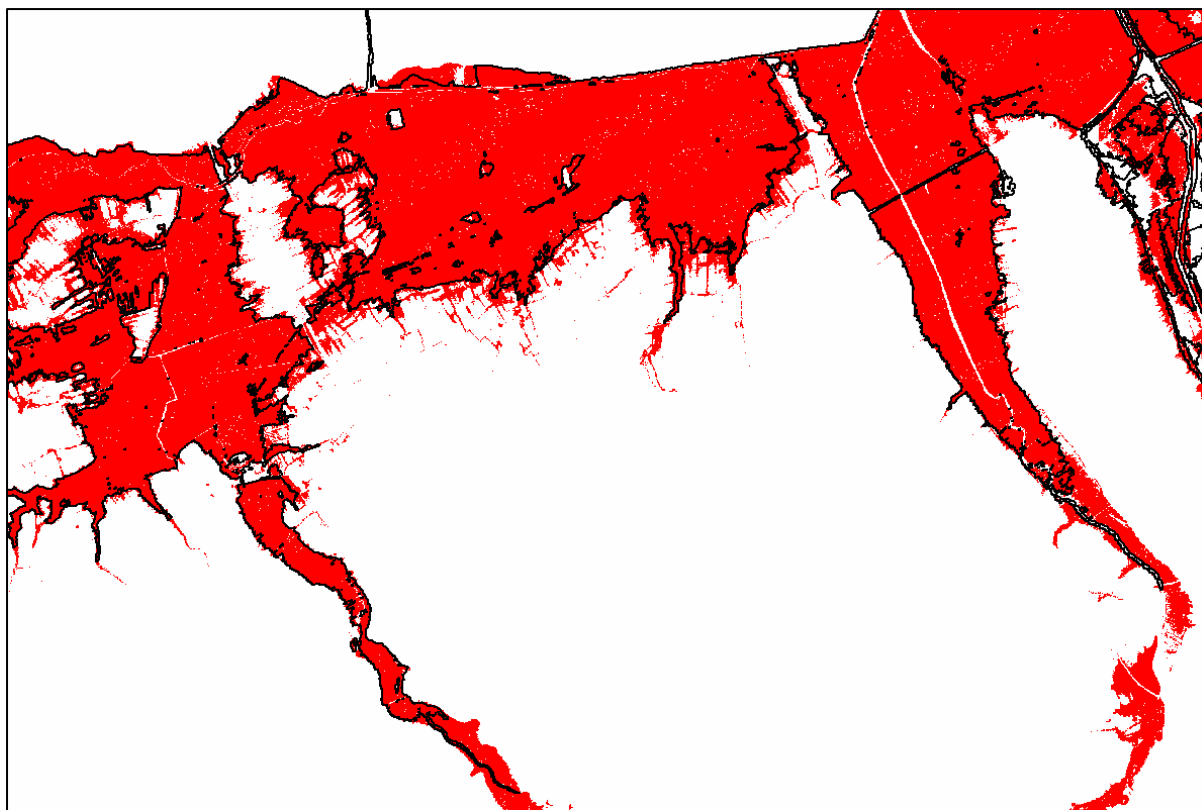


Fig. 2: vergelijking tussen MOG-kaart-AMINAL (rood) en MOG-kaart-AWZ (zwarte contour) in een deel van de IJzervallei

BIJLAGE 1

MOGELIJK OVERSTROMINGSGEVOELIGE GEBIEDEN

1. Inleiding

De mogelijk overstromingsgevoelige gebieden (lichtblauwe laag) zijn samengesteld uit de van nature overstroombare gebieden (NOG, exclusief colluvia), de potentiële overstromingsgebieden (POG) en de mijnverzakingsgebieden (MVG), doch die buiten de effectief overstromingsgevoelige gebieden vallen. Deze 3 gebieden werden samengevoegd tot 1 kaartlaag. Uit die kaartlaag werden de gebieden verwijderd die volgens hun bestemming reeds ingenomen zijn voor bebouwing en infrastructuur. Het is immers de bedoeling om de bebouwde gebieden in de toekomst maximaal te vrijwaren van wateroverlast. Er zal in principe ook geen project worden opgestart dat daarbinnen een claim legt voor nieuwe waterberging. De verdere invulling van deze bestemmingen moet mogelijk blijven. Om die reden werd er ook voor gekozen om de gewestplanbestemmingen als basis te nemen, zoals ze ondertussen tot september 2005 werden aangepast door de plannen van aanleg en ruimtelijke uitvoeringsplannen. Het gaat daarbij om zones die volgens die plannen zijn aangeduid als woongebied, openbaar nut, dienstverlening, recreatie, bedrijventerreinen en andere infrastructuur gebieden. De uitbreidingsgebieden en reservegebieden die daaronder vallen blijven echter wel opgenomen in de mogelijks overstromingsgevoelige gebieden, omdat hiervoor nog de mogelijkheid bestaat om indien nodig in de toekomst deze bestemmingen aan te passen aan de randvoorwaarden die vanuit het waterbeheer zullen gesteld worden, bijvoorbeeld naar aanleiding van de bekkenbeheerplannen. Wanneer bestaande gewestplanbestemmingen in NOG, POG of MVG gebieden gewijzigd worden, zal dit bovendien aanleiding kunnen geven tot een wijziging van de mogelijk overstromingsgevoelige gebieden.

Concreet zijn de volgende gebieden weggelaten uit de mogelijk overstromingsgevoelige gebieden (tussen haakjes wordt telkens het nummer van de gewestplancode vermeld, waarbij X staat voor alle nummers op die positie; de overeenkomstige RUP codes, *in cursief vermeld*, die binnen NOG aanwezig zijn werden op eenzelfde wijze behandeld):

- woongebieden (01XX, *011XX*), met uitzondering van woonuitbreidingsgebieden (0105) en reservegebieden (018X, *01106*)
- gebieden voor openbaar nut (02XX, *08XXX behalve 08104*), met uitzondering van reservegebieden (028X)
- gebieden voor dienstverlening (03XX), met uitzondering van reservegebieden (038X)
- recreatiegebieden (04XX, *02101*), met uitzondering van reservegebieden (048X). Vaak zijn recreatiegebieden immers bebouwd met allerlei constructies.
- serres (0930)
- bedrijventerreinen en ambachtelijke zones (10XX, 11XX, *07XXX*), met uitzondering van reservegebieden (108X en 118X)
- militaire domeinen (1400)
- (lijn)infrastructuren (15XX, *10301, 13201 en 09XXX*), met uitzondering van reservegebieden (158X)
- kerninstallaties (1630)

2. Van nature overstroombare gebieden (NOG)

De van nature overstroombare gronden zijn afgebakend op basis van de bestaande digitale bodemkaart. Daaruit kan worden afgeleid op welke gronden er zich in het verleden sedimenten hebben afgezet als gevolg van overstromingen.

De NOG-kaart geeft niet noodzakelijk het actueel overstromingsrisico weer maar is eerder een indicatie van waar overstromingen in een bodemkundig-historisch perspectief zich hebben voorgedaan. De gebieden met alluviale en colluviale afzettingen, die de basis vormen voor de NOG-kaart, zijn enkel een indicator voor de gebieden die onder een volledig natuurlijk watersysteem - wars van elke antropogene invloed - zouden overstromen. Ze vertegenwoordigen in oppervlakte dan ook 22% van het Vlaams Gewest. Wel blijven ze van groot belang om een beeld te geven van de mogelijke

gevolgen van zeer extreme weerkundige omstandigheden of het falen van bestaande waterkeringen (dijkbreuken e.d.). De NOG-kaart mag in het ruimtelijk beleid dus niet worden genegeerd.

Bij het opnemen van de NOG kaart in de mogelijks overstromingsgevoelige gebieden werd er voor geopteerd om de volgens de bodemkaart aangeduide colluviale gronden niet mee op te nemen. Zuiver colluviale afzettingen zijn een gevolg van afstromende sedimenten in sterk hellende gebieden (modderstromen), en staan volledig los van de invloed van waterlopen. Ze doen zich zelden voor als relevante overstroombare gebieden zoals bedoeld in het kader van de watertoets. Gemengde alluvia-colluvia zones werden daarentegen wel mee opgenomen omdat ze door overstromingen vanuit waterlopen kunnen worden beïnvloed.

Er zijn 4 redenen om de NOG gebieden op te nemen als mogelijks overstromingsgevoelig:

- Bij zeer extreme weersomstandigheden, die zich in het recente verleden niet meer voordeden, maar die zich in de toekomst wel nog kunnen voordoen, bestaat er een reële kans dat waterlopen opnieuw hun uiterste overstromingsgrenzen innemen die dateren uit een verder verleden.
- Bestaande waterkeringsinfrastructuur zoals dijken, zeeweringen en pompen, die momenteel veel NOG gebieden vrijwaren van overstromingen, houden altijd een klein maar niet onbestaand risico in zich op falen, meestal in combinatie met zeer extreme weersomstandigheden.
- Sommige NOG gebieden die nog niet bebouwd zijn en die momenteel niet meer overstroomden als gevolg van allerlei ingrepen, komen mogelijk in de toekomst wel in aanmerking voor het opnieuw bufferen van water, ter vrijwaring van stroomafwaarts gelegen bebouwde gebieden.
- Sommige recent overstroomde gebieden zijn nog niet opgenomen in de effectief overstromingsgevoelige gebieden, als gevolg van digitaliseerfouten of correctiefouten, of gewoon omdat men bepaalde recent vastgestelde overstromingen nog niet heeft aangeduid op kaart. Die gebieden liggen meestal wel in de mogelijk overstromingsgevoelige gebieden. De omvang hiervan zal echter beperkt zijn in vergelijking met de reeds aangeduide effectief overstromingsgevoelige zones. In het kader van een herziening van de kaart kunnen correcties van dergelijke vastgestelde tekortkomingen worden doorgevoerd.

3. Potentiële overstromingsgebieden (POG-AWZ)

De potentiële overstromingsgebieden zijn het resultaat van een studie om binnen het stroomgebied van de Schelde langsheen de bevaarbare en tijgebonden waterlopen gebieden te identificeren waar overstromingsgebieden kunnen worden ingericht en hierbinnen de meest haalbare zones aan te duiden. De nadruk bij het identificeren van de mogelijke overstromingsgebieden werd gelegd op een integrale beschouwing vanuit het fysische, natuurlijke en sociaal-economische systeem, maar steeds in het licht van de doelstellingen van het project "Actualisatie van het Sigmaplan". Volgende hoofdcriteriumgroepen werden hierbij in rekening gebracht:

- knelpunten en kansen m.b.t. lokaal beleid
- knelpunten m.b.t. wetgeving
- knelpunten m.b.t. maatschappij en (leef)omgeving
- kosten voor inrichting en onderhoud

Bij de afweging werd een rangorde aangebracht in de aangeduide gebieden naargelang de maatschappelijke impact van het in gebruik nemen van de overstromingsgebieden.

4. Mijnverzakkingsgebieden (MVG)

De perimeters van de mijnverzakkingsgebieden geven een aflijning van de gebieden waar mijnverzakkingen zich kunnen voordoen, dit voornamelijk in functie van de risicograad van verontreiniging van het grondwater. Ze dienen als basis document bij het verlenen van machtigingen, die verontreinigingen van het grondwater kunnen veroorzaken. Deze gebieden worden gekenmerkt door een verstoring van de natuurlijke afwatering door wijzigingen in de topografie ten gevolge van bodemverzakkingen in de omgeving van de vroegere Limburgse mijnsites. Deze gebieden zijn opgenomen als mogelijk overstromingsgevoelig omwille van het feit dat de waterbeheersing hier slechts door menselijk ingrijpen kan verzekerd worden. Zonder de aanwezigheid van pompen zouden deze gebieden permanent aan wateroverlast onderhevig zijn.

5. Eindresultaat

Het eindresultaat, de mogelijk overstromingsgevoelige gebieden, zijn die gebieden waar voor nieuwe vergunningen van gebouwen en constructies wel een vraag om wateradvies wordt aanbevolen, doch waarbij de voorwaarden van dat advies minder streng zullen zijn dan deze die zouden gelden voor gelijkaardige omstandigheden in de effectief overstromingsgevoelige gebieden. Invulling met individuele gebouwen en constructies zal onder voorwaarden wel nog mogelijk kunnen zijn. Volledig nieuwe aansnijdingen door verkavelingen e.d. zullen echter kritisch worden bekeken.

BIJLAGE 2

**ROG-CORRECTIE
MET DHM-VLAAANDEREN**

1. Inleiding

De afdeling Water van AMINAL heeft in de voorbije jaren gewerkt aan de opbouw en de stelselmatige verbetering van een kaart met hierop de recent overstroomde gebieden (ROG-kaart) in Vlaanderen, en dit in samenwerking met de andere waterbeheerders. De kartering gebeurde meestal door intekening van de overstromingsgrenzen op de topografische kaart 1:10.000 waarbij men zich baseerde op terreinwaarnemingen, foto- en videomateriaal, De correcties van de ROG-kaarten gebeurden tot op heden steeds door het bevragen van de waterbeheerders (AWZ, Provincie- en gemeentebesturen, e.a.) of via correctie-voorstellen die geformuleerd werden door burgers, verenigingen, Hierdoor werden de grootste fouten uit de ROG-kaart al verwijderd. Toch blijven tal van fouten aanwezig in het recentste ROG-05 bestand. Enkele voorbeelden zijn: de ROG-grens volgt de grens van een kaartblad, de ROG-grens volgt een (vaak niet helemaal correcte) hoogte-contour zichtbaar op de topografische kaart, opgehoogde wegen en gronden die niet overstroombaar zijn behoren nog tot het ROG-gebied, e.a. . Ook bevat het ROG-05 bestand meervoudige overstromingsgrenzen voor eenzelfde overstroming omdat meerdere informatiebronnen gebruikt werden. Als deze grenzen vergeleken worden met de meer betrouwbare overstromingsgrenzen uit gemodelleerde overstromingskaarten, blijkt meermaals dat slechts één informatiebron het bij het juiste einde had.

2. Doelstelling

Omdat de huidige ROG-kaart nog niet met voldoende betrouwbaarheid bruikbaar is tot op perceelsniveau, is het doel van de correctie de ROG-kaart te verbeteren door alle gebieden die niet onomstotelijk overstroomd werden in de voorbije jaren, uit de kaart te elimineren. Ook zal op zoek gegaan worden naar nog niet aangeduide recent overstroomde gebieden die op basis van GIS-analyses als onomstotelijk overstroomd in de voorbije jaren gecatalogeerd kunnen worden.

3. Methodologie

ROG-gebieden worden uit de kaart geëlimineerd door de 3d-eigenschappen van de uiterste overstromingsgrens te analyseren. De hoogte-informatie aan de uiterste overstromingsgrens wordt toegekend via het DHM-Vlaanderen. Op basis van de hoogte-range die van de ROG-lijnstukken kan berekend worden, is het mogelijk om op automatische wijze die lijnstukken te selecteren langswaar de ROG-grens foutief is. In eerste instantie worden met de methode gebieden weerhouden die niet overstroomd konden zijn (te hoog gelegen gebieden). Een nieuwe afbakening voor deze gebieden wordt berekend aan de hand van een nieuw berekende z-coördinaat. Door de methode licht gewijzigd toe te passen is het ook mogelijk om de ROG-kaart uit te breiden.

3.1 Data-voorbereiding

Er wordt vertrokken van het DHM-Vlaanderen met een resolutie van 5m en versneden volgens de 1/8 topografische kaarten. Deze bestanden werden samengevoegd per hydrografisch bekken. Het ROG-2005 bestand wordt eerst versneden per hydrografisch bekken. Vervolgens worden dissolve-operaties toegepast zodat er maar 1 set van niet aaneengesloten polygoenen meer overblijft (dus zonder onderscheid tussen de individuele overstromingen) per hydrografisch bekken. Deze kaart toont dus de maximale uitgestrektheid van alle overstromingen die in het ROG-bestand zijn opgenomen. Voor het Vlaams Gewest resulteert dit in 3701 polygoenen met een totale oppervlakte van 67.656 ha.

3.2 Aanmaak van gecompartmenteerde ROG-kaarten

De ROG-polygoenen uit 3.1 worden onderverdeeld op basis van de intersecties die optreden binnen de overstromingsgrens als gebruik gemaakt wordt van de GIS-bestanden: VHA-waterloopassen en de

Streetnet datalagen - wegen en spoorwegen. De achterliggende gedachte hierbij is dat wegen en waterlopen vaak als limiterende structuren optreden tijdens overstromingen. Eerst worden beide bestanden geclipd op basis van de uiterste ROG-grens. De ROG-polygoon zelf wordt omgezet tot een polyline en samen met de twee andere lijnthema's wordt hiervan een polygoonthema gemaakt. Het resultaat van deze analyse is dat de volledige ROG-kaart wordt opgedeeld in 24.385 compartimenten. Figuur 3 toont dit resultaat voor een deel van de IJzervlakte waarbij de 365 deelpolygonen dus allen begrensd worden door ofwel een (spoor)weg, waterloop of de uiterste ROG-grens.

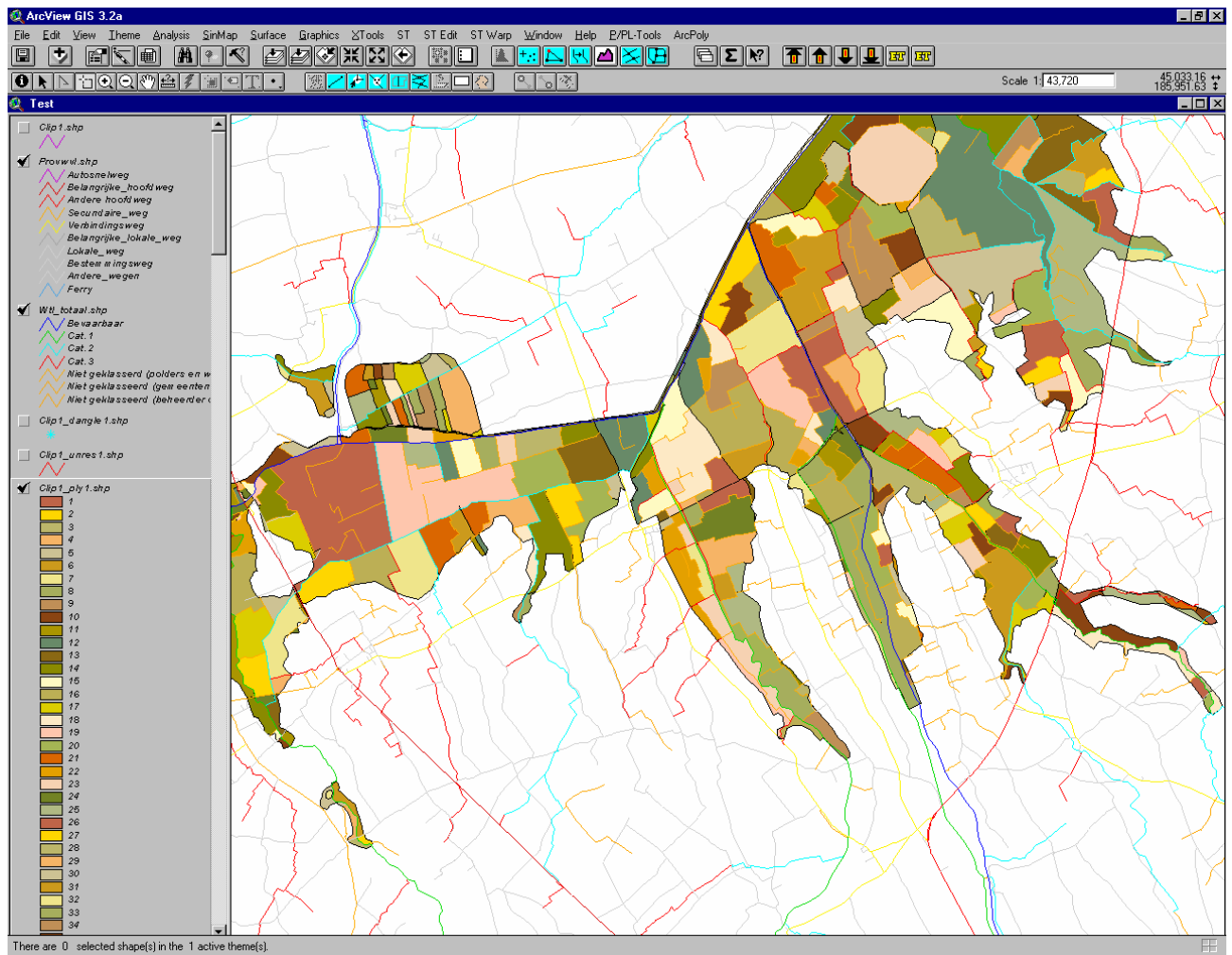


Fig.3: Zicht op de "gecompartimenteerde ROG-kaart", de waterloopassen en het streetnet-bestand.

3.3 Voorbereidende analyses

Alvorens het eigenlijke correctie-concept toe te passen moet de gecompartmenteerde ROG-kaart omgezet worden naar 3d-overstromingsgrenzen (lijn). De omzettingen behelzen:

- omzetten van het thema met de gecompartmenteerde ROG-kaart naar een themeZ;
- omzetten van het themeZ naar een PolylineZ;
- selecteren (en behouden) van enkel die PolylineZ lijnstukjes die exact samenvallen met de uiterste ROG-grens. Dus alle lijnstukjes erbinnen (rond cellen die in het dhm de waarde -9999 hebben) worden verwijderd;
- onderverdelen van de PolylineZ in segmenten (met het Point-Polyline script);
- consolideren van de gesegmenteerde lijn, zodat het lijnstuk van de uiterste ROG-grens wordt opgedeeld in lijnstukken die exact samenvallen met de hier 365 deelpolygonen (zie fig. 4).

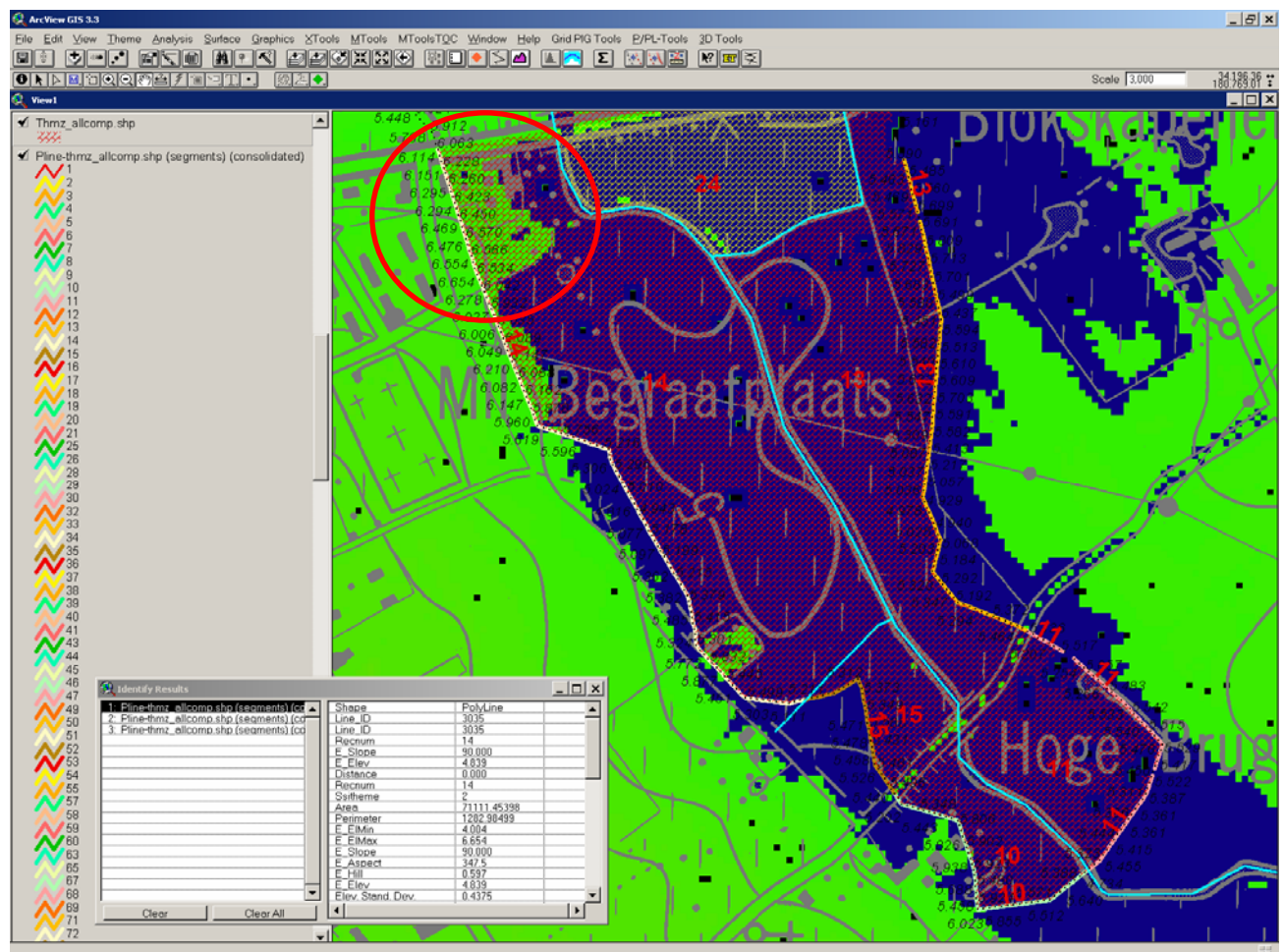


Fig. 4: zicht op de 3d-lijnstukken van de uiterste overstomingsgrens (id's 10, 11, 13, 14 en 15). ROG-compartimenten zijn in rode arcering aangeduid en de blauwe pixels tonen de MOG-kaart voor dit gebied met een extreme herhalingsperiode van 200 jaar.

Van elk van de 18.036 bekomen PolylineZ-lijnstukken worden de volgende karakteristieken berekend:

- De gemiddelde hoogte;
- De lengte;
- De hoogte-range (zijnde verschil tussen hoogste en laagste punt op elk lijnstuk);

De achterliggende gedachte hierbij is dat ROG-gebieden die te groot werden ingetekend (zie rode cirkel op fig. 4) kunnen gedetecteerd worden op basis van een te grote hoogte-range van de lijnstukken. Immers de watervlakken binnen de ROG-compartimenten zijn subhorizontaal en hoogteverschillen zoals hier bij ID 14 die oplopen tot 1.83m zijn een duidelijke indicatie dat er teveel ROG-gebied werd ingetekend. In dit voorbeeld kan dit expliciet bevestigd worden doordat er ook MOG (gemodelleerde)-resultaten beschikbaar waren, en omdat ook deze op het DHM gebaseerd zijn, kon hier zelf de uiterste MOG-contour duidelijk vastgesteld worden.

Belangrijk aandachtspunt om correcte hoogte-ranges te berekenen, is dat de Z-coördinaat ter hoogte van snijdingen met de VHA-waterloop as, niet mogen in de berekeningen opgenomen worden. De hoogte is hier immers deze van de bedding en niet van het maaiveld. Ook ter hoogte van de kruising van de weg kan zich het probleem stellen als deze weg significant werd opgehoogd. Ook hier mag deze hoogte-informatie niet meegenomen worden om de hoogte-range per lijnstuk te bepalen. Door de lijnstukken aan het begin- en eindpunt met 20m te verkorten, kon dit probleem verholpen worden.

Belangrijk is evenwel in te zien dat de hoogte-range nog steeds kan vertekend worden door b.v. een grachtje dat niet opgenomen is in de VHA maar toch de ROG-grens snijdt. In dit geval zal de hoogte-range te groot berekend worden. Mogelijks kan dit in de toekomst geëlimineerd worden door de hoogte-range te bepalen tussen b.v. de 10- en 90-percentiel-hoogtes van elk lijnstuk. Een GIS-tool die dit kan is momenteel echter niet gekend.

3.4 Correctie-concept van de 3d-overstromingsgrenslijn

De aanname die bij de ROG-correctie noodzakelijkerwijs moet gemaakt worden, is dat de waterhoogte bij overstroming in elk van de ROG-compartimenten kan omschreven worden met maar één z-coördinaat. Bij een perfecte ROG-kartering is deze hoogte te bepalen als de gemiddelde DHM-hoogte ter hoogte van de uiterste overstromingsgrens (waar de waterdiepte dan nul is). B.v. in fig. 5 is in compartiment 14 de overstromingshoogte gelijk aan 5.70m TAW, zijnde de gemiddelde maaiveldhoogte aan de uiterste ROG-overstromingsgrens van dit compartiment.

Om teveel ingekleurde ROG-gebieden te verkleinen volstaat het deze hoogte met een bepaalde waarde te verminderen. Een eerste keuze zou kunnen zijn om arbitrair de 10% hoogste hoogtepunten uit elke lijn te verwijderen en de nieuwe hoogte op basis hiervan te bepalen. De ROG-kaart wordt dan beslist kleiner maar er kan discussie blijven of er niet met 5% of 15% gerekend moest worden. Wel is het zo dat hoe hoger het percentage, hoe hoger de betrouwbaarheid zal worden dat de ROG-kaart effectief overstromde gebieden toont.

Een betere correctie-maat is door gebruik te maken van de hoogte-range van elk overstromingsgrens lijnstuk. De gecorrigeerde overstromingshoogte per compartiment kan geschreven worden als:

$$E_{\text{rog-lijn}_{\text{gecorr}}} = E_{\text{rog-lijn}_{05}} - (a * \text{range } E_{\text{rog-lijn}_{05}} + b); \text{ met } E = \text{gemiddelde hoogte}$$

Om de onbekenden a en b te bepalen werd gebruik gemaakt van de MOG-kaarten voor hetzelfde gebied in het IJzerbekken. Veronderstellend dat de MOG-kaart de "perfecte" overstromingsgrens weergeeft; dan is het mogelijk om b.v. in compartiment 14 de overstromingshoogte uit de MOG-kaart te bepalen als 5.30m TAW of 5.41m TAW (fig. 5). M.a.w. énkél waar de uiterste overstromingsgrens binnen MOG-gebied ligt, wordt deze weerhouden en wordt voor deze meerdere lijnstukken per ROG-compartiment de gemiddelde overstromingshoogte bepaald. In fig. 5 zijn er meerdere lijnstukken per ROG-compartiment omdat de MOG-kaart gebaseerd is op een DHM met gaten en bijgevolg ook de MOG-kaart gaten vertoont (waar de lijnstukken onderbroken worden).

Om tot de gewenste hoogte-informatie te komen voor de MOG-grens moeten opnieuw gelijkaardige omzettingen als beschreven onder 3.3 uitgevoerd worden (lijn omzetten naar segmenten, selectie uitvoeren, consolideren van gesegmenteerde lijn, ...).

Na het mergen van de attribuut-tabel bekomen in 3.3 en de attribuut-tabel uit 3.4, kan het verschil berekend worden tussen de gemiddelde overstromingshoogte uit de MOG-kaart en uit de ROG-kaart ($E_{\text{rog}} - E_{\text{mog}}$ veld) voor overlappende gebieden. Dit veld toont dan per compartiment de fout op de ROG-kaart (b.v. 0.40m en 0.29m voor compartiment 14).

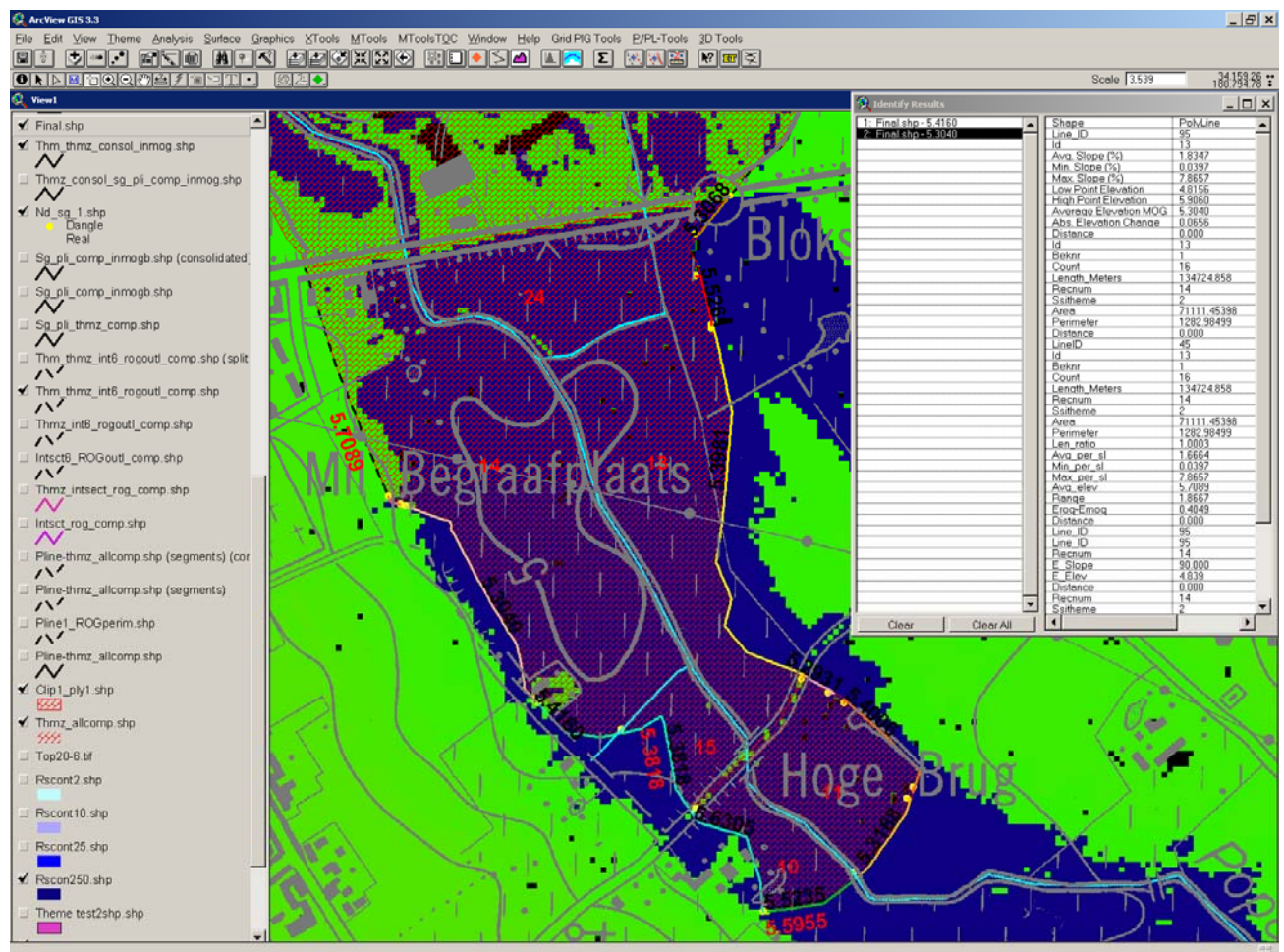


Fig. 5: Zicht op de E rog (rode tekst) en de E mog (zwarte tekst) waarden voor enkele lijnstukken. De tabel toont de velden uit de finale shape-file en bevat dus ook het veld "E rog - E mog".

3.5 Opstellen van regressie-vergelijking voor de ROG-correctie

Het bovenstaande correctie-concept werd toegepast op het ganse gebied aangeduid in fig. 3. Van de in totaal 699 lijnstukken werden enkel die weerhouden die minstens 30m lang waren en waar E rog > E mog. Dit leverde een 50-tal lijnstukken op waarop een regressievergelijking tussen "E rog - E mog" en de "range Erog-lijn" werd berekend (fig. 6). Deze regressie laat toe om het verbeteringsconcept toe te passen voor de ganse ROG-kaart Vlaanderen, zonder gebruik te maken van de MOG-kaart. De in 3.4 omschreven vergelijking ziet er dan concreet uit als volgt:

$$E \text{ rog-lijn}_{\text{gecorr}} = E \text{ rog-lijn}_{05} - (0.33 * \text{range } E \text{ rog-lijn}_{05} - 0.11)$$

Vrij vertaald komt deze regressie erop neer dat de gemiddelde hoogte van de uiterste overstromingsgrenzen van de ROG05-kaart verminderd worden met een derde van de hoogte-range die op deze lijnstukken waarneembaar is en vervolgens vermeerderd wordt met 0.11 m.

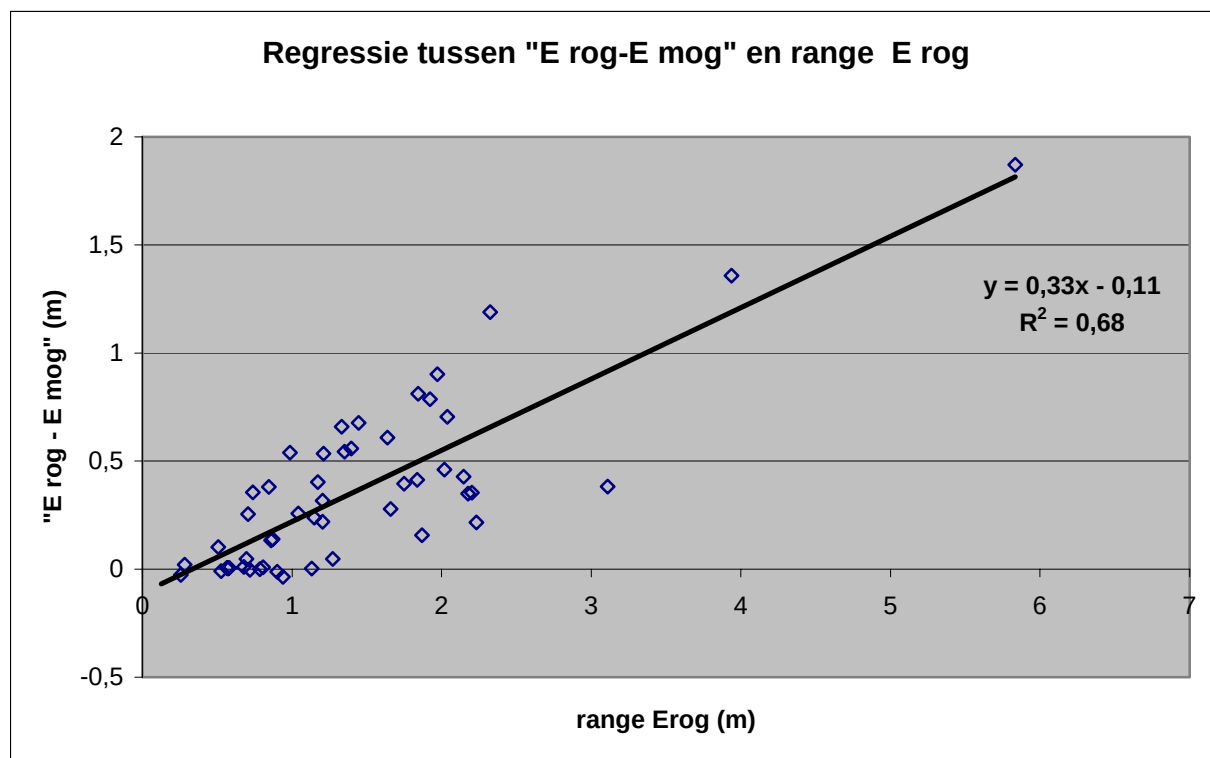


Fig.6: Regressievergelijking tussen de fout op de ROG-kaart en de hoogte-range van de overstromingsgrens

3.6 Toepassen van de ROG-correctie a.d.h.v. de bekomen regressie-vergelijking

De laatste stap bestaat uit het toepassen van de regressie-vergelijking voor alle ROG-lijnstukjes. Dit omhelst de volgende voorbereidende stappen:

- het afsnijden van 20m op- en afwaarts ter hoogte van elke kruising van een weg en waterloop met de ROG-grens (teneinde juiste hoogte-ranges te berekenen);
- herrekenen van de gemiddelde hoogte en hoogte-range voor elk ROG-lijnstukje;
- het invullen van het regressie-verband in de attribuut-tabel;
- het berekenen van de gewogen ROGz-waarde op basis van de lengte van de ROG-grenslijnen langs de compartimenten;

Elk van de 18.368 ROG-compartimenten heeft nu één gecorrigeerde z-coördinaat (ROGz, in m TAW). Van deze compartimenten wordt dan het Esri-zwaartepunt berekend, zodat aan elk zwaartepunt de gecorrigeerde z-coördinaat kan toegekend worden. Dit puntenbestand is nu klaar voor interpolatie, waardoor eigenlijk 3-dimensionale overstromingsvlakken worden berekend. Als interpolatietechniek wordt “Inverse Distance Weighting” gebruikt. Per hydrografisch bekken werd tweemaal geïnterpoleerd. Een eerste interpolatie zorgt voor zowel een uitbreiding als inkrimping t.o.v. het originele ROG-05-bestand. Elke uitbreiding is evenwel beperkt tot maximaal 250m buiten de ROG05-grens. Ook kan de uitbreiding enkel toegepast worden op aaneengesloten ROG-polygonen die groter zijn dan 10 ha. In totaal zijn er dit slechts 105, die wel 37.423 ha van de totale ROG-05 kaart omvatten. Door dit beperkt aantal grote polygonen is het mogelijk om foute uitbreidingen manueel te corrigeren. Voor de uitbreiding in alle hydrografische bekkens kon gebruik gemaakt worden van 4240 ROGz waarden. De andere 14.128 ROGz-waarden zijn gebruikt bij de interpolatie die leidde tot enkel een inkrimping t.o.v. het ROG-05 bestand. Van belang is in te zien dat bij deze overwegend kleine ROG-polygoontjes, er geen uitbreidingsfout kan optreden. De ROG-grens is er steeds ingekrompen. Ook dient nog meegegeven te worden dat bij de interpolatie grenslijnen (barriers) werden gebruikt. Deze zorgen ervoor dat bij de interpolatie enkel punten worden gebruikt van één ROG-polygoon en nooit van de naastliggende. Op fig. 7 tonen de roze lijnen de grenslijn (na 250m buffering) gebruikt bij de

interpolatie voor de uitbreiding. Bij interpolatie voor inkrimping, valt de grenslijn steeds samen met de ROG-05 grens.

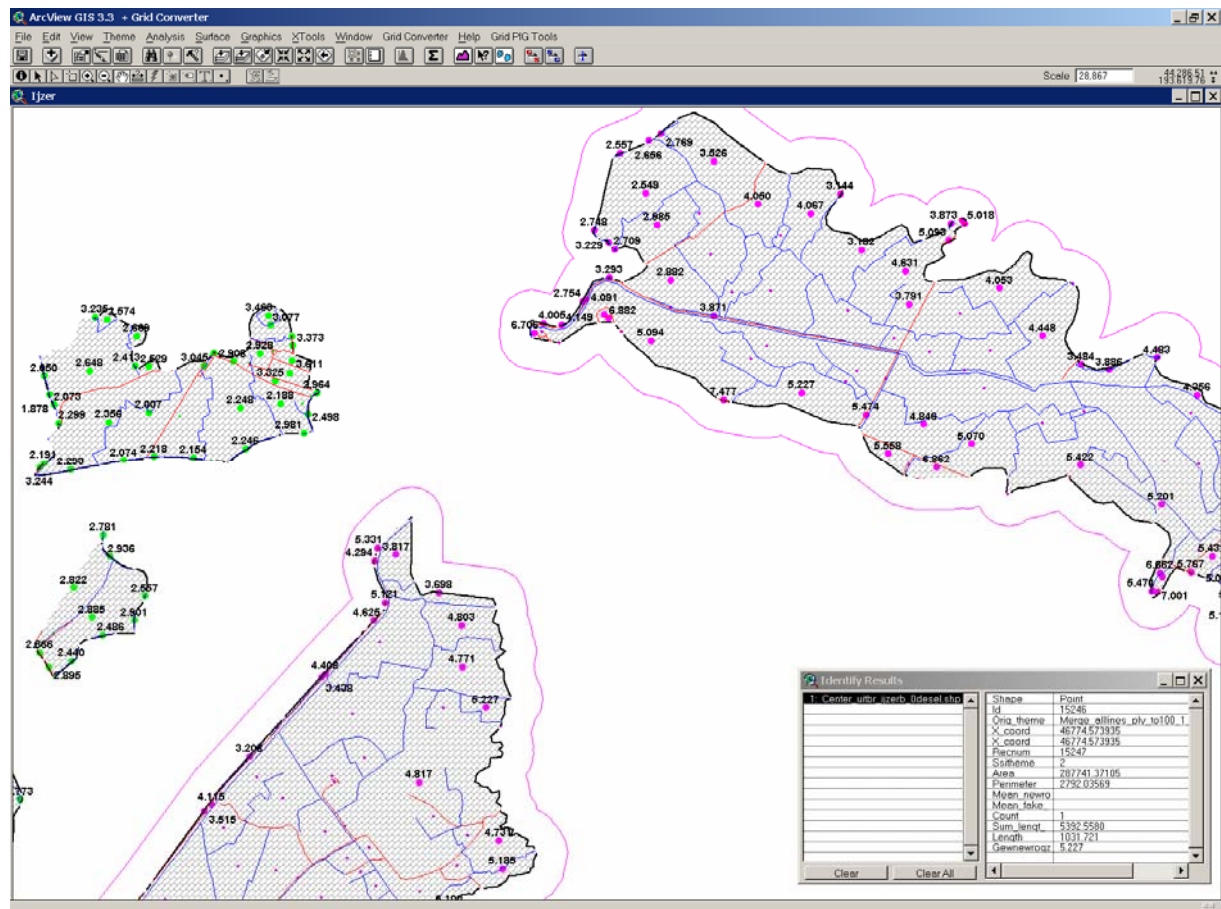


Fig. 7: zicht op de ROGz-waarden met de m-TAW waarden. Groene punten worden gebruikt bij inkrimping, roze bij inkrimping én uitbreiding. De grenslijn gebruikt bij de interpolatie is de roze lijn rond de grote ROG-polygoenen, de grenslijn bij inkrimping is de zwarte onderbroken lijn.

De nieuwe ROGDHM05-kaart wordt tenslotte bekomen door de verschilkaart te berekenen tussen de geïnterpoleerde ROGz-waarden en het opgevulde DHM-Vlaanderen. Enkel de gebieden waar DHM-Vlaanderen 'onder' het 3d-ROGDHM05 vlak komt te liggen, kunnen nog weerhouden worden als overstromingsgevoelig gebied. Deze positieve waterdieptes werden nog onderverdeeld in de klassen 0-0.3 m en 0.3m-maximale overstromingsdiepte. Hierdoor bevat het ROGDHM05-bestand meteen ook de informatie die nodig is voor de risicokaart in het kader van de federale wet op de natuurrampenverzekering.

3.7 Postprocessing van het ROGDHM05-bestand

Een eerste nabewerking zorgde voor de omzetting van het grid-bestand (5*5m) naar shape-files. De shape-files werden gesneden met de hogervermelde grenslijnen, zodat zeker nergens gebieden werden ingekleurd buiten de ROG-05 grens of 250m verder ervan. Voor de ROG-uitbreidingen werd bijkomend onderzocht of de uitbreidingen in de 250m-buffer zone wel gerechtvaardigd waren. Een tweede nabewerking zorgde ervoor dat 213 kleine ROG-polygoenen – waar de automatische procedure geen enkele correctie werd doorgevoerd omdat er b.v. geen enkele weg of waterloop de polygoon sneed – integraal uit het ROG-05 bestand werden overgenomen. Deze polygoenen (750 ha groot in totaal) zijn dan ook niet aan het DHM gecorrigeerd. Finaal werden deze polygoenen en deze bekomen via uitbreiding en inkrimping samengevoegd tot één shape-file.

4. Voorstelling van enkele resultaten

Onderstaande afbeeldingen tonen voor drie gebieden de ROG05-kaart (blauwe arcering), de ROGDHM05 (rode en bruine kleuren) en de MOG-05 kaart (zwarte lijn).

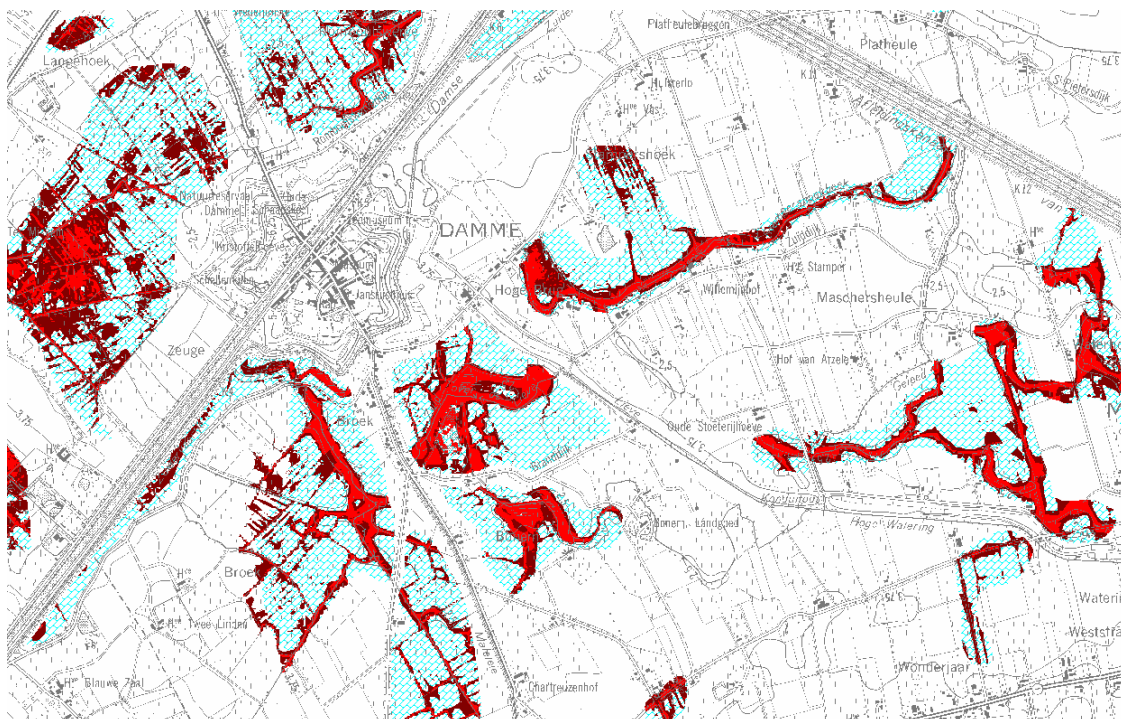


Fig. 8: ROGDHM05-bestand in Poldergebied rond Damme waar geen MOG-kaarten beschikbaar zijn. Bemerkt de soms drastische inkrimping in dit vlakke gebied. (1:15.000)

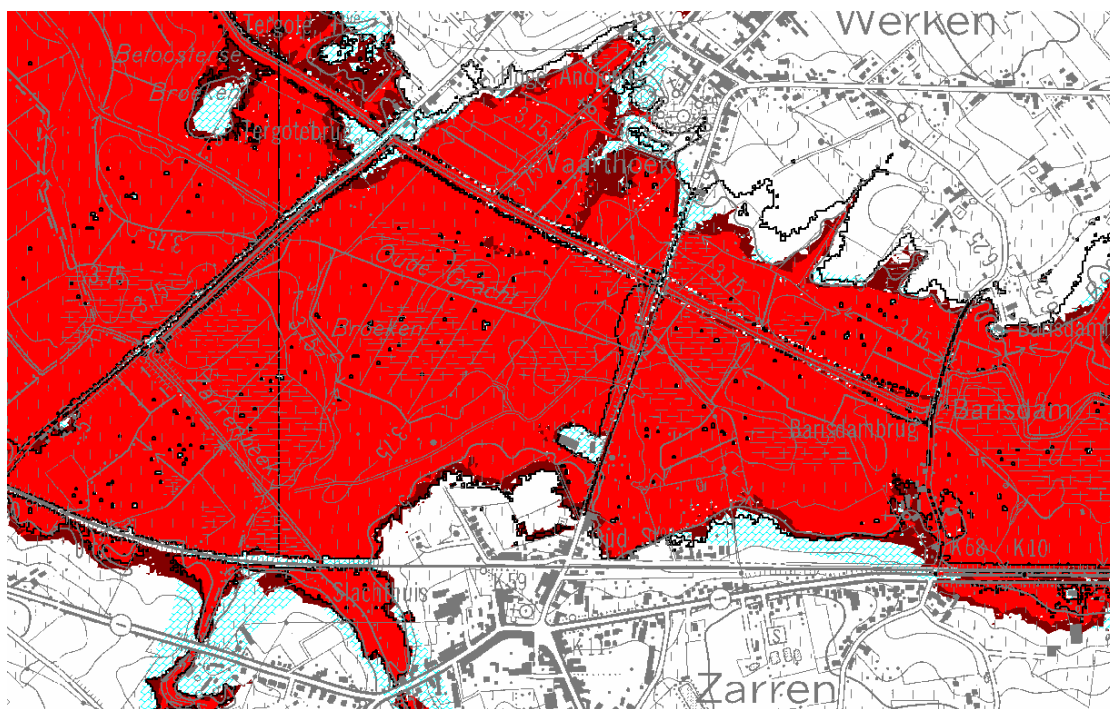


Fig. 9: ROGDHM05-resultaat aan Handzamevaart. Bemerkt gefilterde wegen, spoorwegbedding en opgehoogd terrein. (1:7500)

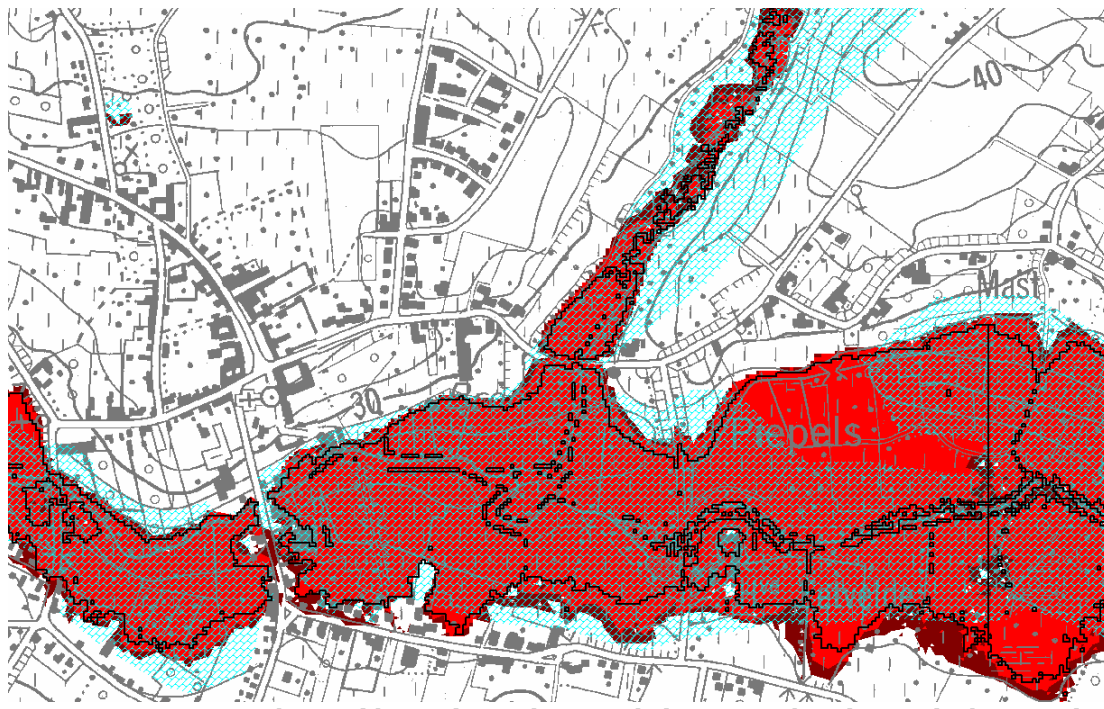


Fig. 10: ROGDHM05-bestand langs de Mark. Bemerkt de ROG-uitbreidingen die bevestigd worden door de MOG-kaart.(1:5000)

5. Conclusies

De correctie van het ROG-2005 bestand aan de hand van het DHM-Vlaanderen heeft ervoor gezorgd dat van de oorspronkelijke 67.656 ha er nog 44.793 ha zijn behouden gebleven. Dit is een reductie met bijna 34% voor het Vlaams Gewest die in sommige hydrografische bekkens terugvalt tot 15-20%. In vele gevallen is de reductie van het overstromingsgevoelig gebied terecht omdat de begrenzing voorheen te ruim is ingetekend. Het volgen van een hoogte-contour op de topografische kaart of zelfs van een kaartbladgrens zijn maar enkele voorbeelden. Zeer frequent kan op het ROG-05 bestand ook vastgesteld worden dat een overstromingszone werd aangeduid met een cirkel of ovaal. De instantie die dit aanduidde had de bedoeling om weer te geven dat in deze zone wateroverlast was opgetreden, maar hoegenaamd niet om een juiste overstromingsgrens te karteren. Enkel op basis van terreinobservaties en een topografische kaart is dit trouwens onmogelijk.

De correctie met DHM-Vlaanderen heeft er voor gezorgd dat bovenstaande teveel gekarteerde gebieden terecht niet meer als overstromingsgevoelig gebied worden weerhouden. Bijkomend voordeel van het gebruik van het DHM is dat zelfs de opgehoogde wegen, terreinen (deel van het perceel dat bebouwd is, het RWZI, ...), de dijken, ... ook niet meer behoren tot het afgebakende gebied. Meteen het bewijs dat het ROGDHM05-bestand weldegelijk de overstromingsgevoelige gebieden tot op perceelsniveau afbakent. In een eerder beperkt aantal gebieden is het ROG-bestand uitgebreid. Meestal betreft het zijvalleien die nu terecht iets meer stroomopwaarts worden ingetekend. Doordat de ROG-correctie een volledig automatische procedure is, is meteen alle subjectiviteit geweerd. Bij eerdere correcties van de ROG-bestanden bleek immers dat partij x beweerde dat een bepaald gebied niet overstromingsgevoelig is terwijl partij y het tegenovergestelde beweerde.

Het valt evenwel niet te ontkennen dat in sommige gevallen er teveel van het ROG-05 bestand werd geëlimineerd. Enkele oorzaken hiervan zijn: de oorspronkelijke ROG-05 polygoon is dermate slecht gedigitaliseerd dat de analyse van de hoogte-range langs deze grenslijn wordt overschat, de kruising van een grachtje – dat vectorieel niet beschikbaar is - met de overstromingsgrens overschat opnieuw de hoogte-range, het (polder-)gebied is dermate vlak dat zelfs een reductie met enkele centimeter grote gebieden niet meer inkleurt, Om deze gebieden opnieuw perceelsgetrouw te kunnen toevoegen

volstaat het dat in de toekomst puntlocaties worden gedigitaliseerd die overeenkomen met objecten (huizen, kruispunt weg/waterloop, ...) die zeker overstroomd zijn geweest in het recente verleden. Van deze punten kan de z-coördinaat uit DHM-Vlaanderen worden bepaald en mits er b.v. 5 cm wordt toegevoegd kan de interpolatie hernomen worden. Er hoeven dan geen grenslijnen meer getekend worden zodat het perceelsgetrouw karakter van de kaart behouden kan blijven. Ook is het in de toekomst mogelijk om voor meer ROG-polygonen een uitbreiding te laten berekenen.

Afrondend kan gesteld worden dat het ROGDHM05-bestand moet gezien worden als de minimum afbakening van gebieden die met een zekerheid grenzende waarschijnlijkheid effectief overstromingsgevoelig zijn op perceelsniveau. De huidige 44.793 ha omvatten beslist nog niet alle gebieden die zeker overstromingsgevoelig zijn in Vlaanderen. Wel is het bestand de ideale vertrekbasis om tot deze volledige inventaris te komen, net omdat het enkel de zeker overstromingsgevoelige gebieden bevat. Tenslotte dient opgemerkt te worden dat in het kader van de Watertoets het ROGDHM05-bestand gecombineerd wordt met de MOG-kaarten van AWZ, AMINAL en de Provincies en dat hierdoor al een belangrijke aanvulling gebeurt met opnieuw zekere overstromingsgebieden op perceelsniveau.

Brussel, 22 september 2005

BIJLAGE 3

**GEMODELLEERDE OVERSTROMINGSGEBIEDEN
MOG'S - AMINAL**

Inhoudstafel

1	INLEIDING EN DOELSTELLING	23
2	TOEPASSINGSGEBIED	23
3	ALGEMENE METHODOLOGIE	24
3.1	IMPORTEREN VAN DE BESTAANDE MODELLEN IN INFOWORKSRS EN HYDRAULISCHE UPDATING	24
3.1.1	Doelstelling	24
3.1.2	Data	24
3.1.3	Werkwijze	24
3.2	FLOODMAPPING	25
3.2.1	Doelstelling	25
3.2.2	Data	25
3.2.3	Werkwijze	25
3.3	HYDROLOGISCHE UPDATING	27
3.3.1	Doelstelling	27
3.3.2	Data	27
3.3.3	Werkwijze	27
3.4	HERCALIBRATIE	28
3.4.1	Doelstelling	28
3.4.2	Data	28
3.4.3	Werkwijze	28
3.5	SELECTIE EN DOORREKENING VAN EEN HYDROGRAMSEQUENTIE EN FREQUENTIE-ANALYSE	29
3.5.1	Doelstelling	29
3.5.2	Data	29
3.5.3	Werkwijze	29
4	TOELICHTING BIJ DE SHAPEFILES	31
5	AANDACHTSPUNTEN EN BESLUIT	32

1 INLEIDING EN DOELSTELLING

Sinds 1995 wordt er gewerkt aan een reeks computermodellen van de onbevaarbare waterlopen in Vlaanderen. Deze modellen trachten de debieten en waterpeilen in de waterlopen alsook de overstromingen langs de gemodelleerde trajecten zo goed mogelijk na te bootsen. Historische stormen en hoogwaterperioden kunnen gesimuleerd worden en waterpeilen/debieten kunnen gekoppeld worden aan een frequentie van voorkomen. Het resultaat is een kaart van de geModelleerde OverstromingsGebieden (MOG). Het spreekt voor zich dat de kwaliteit van deze kaarten zeer nauw samenhangt met de kwaliteit van de gebruikte basisgegevens, de methodologie en de mogelijkheden/beperkingen van hard- en software. Sinds de beginjaren van de oppervlaktewaterkwantiteitsmodellering kenden al deze factoren een razendsnelle evolutie. Denken we maar aan de komst van het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen (DHM), aan de mogelijkheid om 100 jaar uurlijkse afvoer te berekenen uit een gemeten neerslagreeks of aan de integratie van hydrologie, hydraulica en grafische omgeving in het Infoworks River System software pakket. De afgelopen twee jaren werd er door de afdeling Water zelf intensief gewerkt aan de actualisatie van de oudere, bestaande modellen. Dit gebeurde overeenkomstig de laatst beschikbare methodologie, in het kader van de levering van een verbeterde MOG kaart die tot op perceelsniveau geïnterpreteerd kan worden. Onderstaande tekst geeft een overzicht van het huidige toepassingsgebied en de stand van zaken van de actualisatie op de onbevaarbare waterlopen in Vlaanderen. De laatst beschikbare methodologie wordt toegelicht en er worden enkele aandachtspunten belicht die van belang zijn bij het gebruik van de MOG kaart. Zo is het bijvoorbeeld zeer belangrijk om zich bewust te zijn van het dynamisch karakter van de materie. Naast de genoemde modelmatige - immer voortschrijdende - evolutie, eist de uitvoering van infrastructuurwerken, zoals de inrichting van nieuwe overloopgebieden een regelmatige bijwerking van de MOG kaart. Anderzijds zullen ook toekomstige hoogwaterperioden bijdragen tot nieuwe inzichten en een verfijning van de huidige modellen.

2 TOEPASSINGSGEBIED

In Bijlage 1a zijn de waterlopen met hun stroomgebied aangeduid waarvan een MOG kaart beschikbaar is. Bijlage 1b geeft een overzicht van de stand van zaken van de actualisatie van de modellering per stroomgebied.

3 ALGEMENE METHODOLOGIE

3.1 Importeren van de bestaande modellen in InfoworksRS en hydraulische updating

3.1.1 Doelstelling

De eerste stap in de aanmaak van gemodelleerde overstromingsgebieden is de omzetting van de oude ISIS modellen naar het Infoworks RS formaat, de verbetering van het model op het gebied van rekensnelheid en stabiliteit en de aanpassing aan de huidige toestand.

3.1.2 Data

- Topografische opmeting van de waterlopen op schaal 1/500 uitgevoerd door landmeetbureaus in opdracht van afdeling Water of Provinciebesturen.
- Topografische kaarten geleverd door het NGI met schaal 1/10 000
- Terreinkennis

3.1.3 Werkwijze

De riviermodellen opgebouwd in het kader van de oppervlaktewaterkwantiteitsmodelleringen (OWKM) zijn opgemaakt met verschillende versies van de hydraulische software ISIS. Deze modellen zijn geïmporteerd in Infoworks RS om gebruik te kunnen maken van alle extra mogelijkheden die deze nieuwe software biedt.

Een belangrijk punt bij de opmaak van de nieuwe overstromingskaarten is dat de overstroomde gebieden ten opzichte van de topografische kaarten op de juiste plaats moeten liggen. Dit geldt dan ook voor de rivieren zelf: het is niet meer voldoende om een model te hebben waarvan de onderlinge afstanden tussen opgemeten dwarssecties en structuren juist worden gebruikt bij het berekenen van resultaten, ook grafisch moeten de structuren op de juiste plaats gelegd worden. Dit proces noemt men georefereren. Hiervoor wordt gebruik gemaakt de georeferende digitale topografische opmetingen en van de topografische kaarten. De dwarssecties en kunstwerken van het model kunnen in Infoworks RS exact op de dwarssecties en kunstwerken van de topografische opmetingen worden gelegd.

In een riviermodel zit een enorme hoeveelheid aan informatie verzameld. In de opmaak van zo'n model kunnen er altijd fouten sluipen. Om het aantal fouten tot een minimum te beperken, werden de modellen aan een nauwgezette controle onderworpen. De dwarssecties, hun onderlinge afstanden, de afmetingen van kunstwerken werden onder de loop genomen en indien nodig is de manier waarop kunstwerken in het riviermodel zijn ingebouwd, veranderd. Extra aandacht is besteed aan de ruwheidscoëfficiënten en conveyance van de rivierbedding. Bovendien kan er sinds de oplevering van een OWKM studie en het bijhorende model veel veranderd zijn in en om de waterloop. Bruggen, duikers, stuwen kunnen bijgeplaatst, afgebroken of vervangen zijn, de loop van de rivier kan veranderd zijn in het kader van een hermeanderingsproject, een extra wachtbekken kan in gebruik genomen zijn. Deze veranderingen werden telkens opgenomen zodat de huidige modellen de bestaande toestand (anno 2005) weergeven.

Tijdens deze verbeteringen en aanpassingen werd ook gelet op de rekentijd en numerische stabiliteit van de modellen. Uit de verdere beschrijving van de methodologie zal namelijk blijken dat deze modellen een groot aantal stormen hydraulisch moeten kunnen doorrekenen. Modellen die dagenlang draaien om 1 storm door te rekenen, zijn dan niet werkbaar. In de praktijk komt deze stabilisatieprocedure doorgaans neer op lichte vereenvoudigingen van het model tegenover de werkelijkheid. De invloed van deze ingrepen op het niveau van de contouren op de MOG kaart is enkel lokaal voelbaar en bovendien verwaarloosbaar klein.

Het resultaat is een georeferend, verbeterd en aangepast hydraulisch basismodel van de bestaande toestand, dat stabiel genoeg is om de volgende stappen van de methodologie te doorlopen.

3.2 Floodmapping

3.2.1 Doelstelling

Floodmapping is het opbouwen van alle elementen die in het hydraulisch model nodig zijn om de overstroming te kunnen simuleren en visualiseren. Hierbij is het de bedoeling dat water zich zo waarheidsgetrouw mogelijk over de oevers naar en door de vallei kan verplaatsen. In deze fase wordt het overstroomde watervolume vertaald naar waterhoogten en overstroomde zones in de vallei.

3.2.2 Data

- Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen (DHM): aangemaakt door OC GIS – Vlaanderen met een resolutie van 5 op 5 m, in opdracht van AWZ afdeling WLH en AMINAL afdeling Water.
- Topografische opmeting van de oeverlijnen: uitgevoerd door landmeetbureaus in opdracht van AMINAL afdeling Water of Provinciebesturen
- Topografische kaarten: geleverd door het NGI met schaal 1/10 000
- Terreinkennis

3.2.3 Werkwijze

Om overstromingen goed te kunnen modelleren, is topografische informatie van het overstromingsgebied en zijn omgeving zeer belangrijk. De situering en omvang van hoogten en laagten in het terrein en de manier waarop deze op elkaar aansluiten of van elkaar gescheiden zijn, bepalen hoe het water zich in het overstromingsgebied zal gedragen. Voor de modellering van de overstromingsgebieden, zijn verschillende configuraties beschikbaar. De keuze van de geschikte opbouw hangt af van de manier waarop het water zich in realiteit in de vallei gedraagt. Drie mogelijkheden zijn hier beschreven:

- De vallei kan eruit zien als een kom. Wanneer de waterloop buiten haar oevers treedt en het water in de vallei terechtkomt, stroomt het water naar het laagste punt. Van daaruit wordt de valleikom verder opgevuld. In het model worden hiervoor reservoirs ingebracht, die verbonden zijn met de waterloop en met elkaar door overloopprofielen. Ieder reservoir heeft een eigen hoogte-oppervlakterelatie, opgesteld met behulp van het DHM. Deze manier van modelleren is zeer geschikt voor waterlopen met oeverwallen en komgronden. De methode wordt best gebruikt voor plaatsen waar de vallei in hoofdzaak een waterbergende functie vervult.
- De vallei kan ook een geleidelijke stijging vertonen, zodat de waterloop bij overstromingen steeds breder wordt. Hier wordt de vallei gezien als een soort uitbreiding van de waterloop. In het model worden de dwarsprofielen hier uitgebreid, loodrecht op de stromingsrichting in de vallei. Voor deze uitbreiding wordt opnieuw gebruik gemaakt van het DHM. Deze methode is zeer geschikt voor watervoerende valleien, veelal in gebieden met een uitgesproken reliëf en bij waterlopen zonder oeverwallen.
- Een derde methode is geschikt voor waterlopen met oeverwallen, waarbij de overstromingsvlakte een vrij egaal aflopend reliëf heeft en daardoor een watervoerend karakter vertoont. De vallei wordt dan als een rivier gemodelleerd, maar dan met een hogere ruwheid dan de waterloop. De waterloop en deze parallelle rivier zijn met elkaar verbonden door overloopprofielen waarlangs de interactie tussen de rivier en de vallei plaatsgrijpt.

Om een volledige vallei overstroombaar te maken in het model, is meestal een combinatie nodig van de besproken configuraties, die op verschillende manieren met elkaar in verbinding staan zoals via bruggen of duikers. Om een hoger gelegen verbinding te vormen tussen de verschillende elementen waarmee de vallei is gemodelleerd, zoals tussen 2 opeenvolgende reservoirs, worden overloopprofielen gebruikt. Zo kan water van de ene valleikom naar de andere stromen en wordt waterstroming in de vallei gesimuleerd. Deze overloopprofielen worden als spills of floodplainsections gedefinieerd in het model. De hoogte van de overloopprofielen wordt afgeleid van het DHM.

Infoworks RS is een één-dimensionaal model. Dit betekent dat er slechts één peil berekend wordt in elk dwarsprofiel. Wanneer achter de oever het niveau van het dwarsprofiel opnieuw daalt, zou het model in dat lager gelegen gedeelte een hoeveelheid water plaatsen, zonder dat er in werkelijkheid water over de oever is geweest. Door het afknippen van de dwarsprofielen op het hoogste punt van beide oevers wordt deze foutieve verdeling van het watervolume vermeden.

De waterloop kan pas overstromen naar de vallei wanneer de dwarsprofielen van de waterloop verbonden zijn met een overloopprofiel of spill. Deze spills vertegenwoordigen de hoogteligging van de oevers en treden in werking van zodra het waterpeil in het dwarsprofiel hoger wordt dan het laagste punt van het overloopprofiel. Bij voorkeur worden de spills gemaakt van opgemeten drie-dimensionale oeverlijnen. De afstand tussen de gemeten oeverpunten is hier kleiner dan de afstand tussen de dwarsprofielen. Bijgevolg wordt er rekening gehouden met tussenliggende laagten en hoogten van de oevers. Doorgaans komen deze lijnen niet helemaal overeen met de hoogste oeverpunten. Het is namelijk niet eenvoudig om op het terrein in te schatten waar de hoogste punten op de oever exact liggen en anderzijds zijn deze punten niet altijd even goed bereikbaar. In dit geval, of wanneer de bestanden niet beschikbaar zijn, worden de dwarsprofielen gebruikt om oeverlijnen te creëren. Deze lijnen verbinden (in het XY-vlak) de uiterste punten van de afgeknipte dwarsprofielen en hebben als Z-waarde telkens de hoogte van het overeenkomende punt.

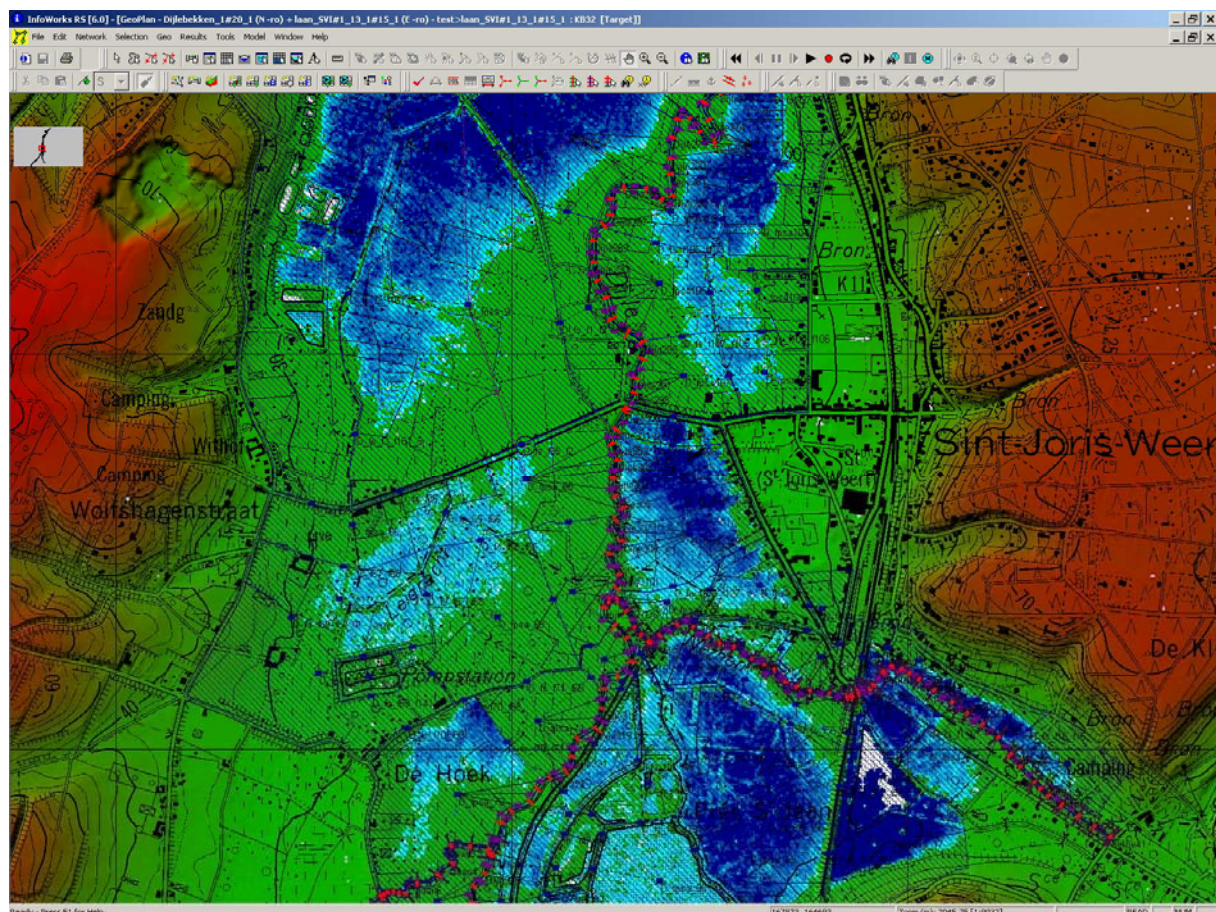


Fig. 11: het hydraulische model InfoWorks-RS

In deze fase is het model in staat om overstromingen en dus waterpeilen in de vallei te berekenen. Deze waterpeilen zijn echter nog niet gekoppeld aan een overstroomde oppervlakte die gevisualiseerd

kan worden, bijvoorbeeld op een topografische achtergrond. Daartoe worden gebiedsdekkende structuren (overstromingscompartimenten) ingevoerd om de visualisatie van de overstromingen mogelijk te maken. Voor elke pixel binnen zo een compartiment en voor iedere tijdstap in de berekening, wordt nagegaan of het hydraulisch model een peil berekent dat hoger is dan de hoogte van de pixel in het DHM. Indien dat niet het geval is, wordt geen overstroming ingetekend. In het andere geval wordt het verschil berekend tussen het waterpeil en de hoogte in het DHM. Het resultaat van deze floodmapping is dan een kaart die de overstroomde gebieden inkleurt en een indicatie geeft van de overstromingsdiepte (zie fig. 11)

3.3 Hydrologische updating

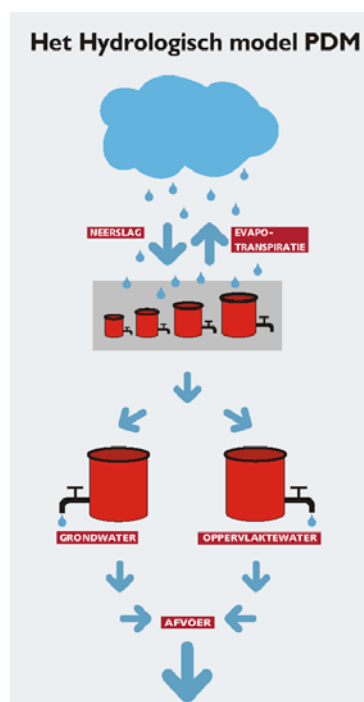
3.3.1 Doelstelling

De hydrologische updating omvat het voorbereiden van de hydrologische component van het model op het doorrekenen van (historische) stormen. De hydrologische stap bestaat uit de berekening van debieten uit gemeten neerslag, rekening houdend met de karakteristieken van het stroomgebied.

3.3.2 Data

- 100-jarige uurlijkse neerslagreeksen van Ukkel, geleverd door het KMI
- meerjarige uurlijkse en dagelijkse neerslagreeksen van verschillende weerstations in Vlaanderen, gemeten door het KMI en afdeling Water
- metingen van neerslag en debiet afkomstig van diverse meetcampagnes gedurende 5 tot 10 weken in Vlaanderen in opdracht van afdeling Water
- debietmetingen op verschillende plaatsen in Vlaanderen van afdeling Water en het Hydrologisch Informatiecentrum (HIC)
- Vlaamse Hydrologische Atlas (VHA) en DHM Vlaanderen voor de afbakening van (deel)stroomgebiedsgrenzen

3.3.3 Werkwijze



Voor de simulatie van de neerslag-afvoerrelatie werd gebruik gemaakt van de Engelse software PDM (Probability Distributed Moisture-model), geïntegreerd in Infoworks RS. Een sterk vereenvoudigde voorstelling van dit model is weergegeven in Figuur 12. Samengevat laat een dergelijk model de oppervlakkig afstromende neerslag door een aantal opeenvolgende reservoirs lopen. Eerst en vooral wordt de gevallen neerslag via een verliesfunctie verminderd tot de hoeveelheid neerslag die oppervlakkig afstroomt. De verliesfunctie brengt de neerslag die verdampt, die blijft staan in plassen of die in de grond infiltreert, in rekening. De verminderde neerslag komt in reservoirs terecht, die de voornaamste fysische elementen (bergingen) van het stroomgebied voorstellen die invloed hebben op de afstroming van de neerslag naar de waterloop. Als belangrijkste kenmerk van PDM geldt het gebruik van een wiskundige verdelingsfunctie voor het bodemvochtgehalte. Hierdoor wordt niet langer met één bodemreservoir gerekend, maar met een ganse waaier van reservoirs van verschillende capaciteit, die geografisch verspreid liggende zones voorstellen met meer of minder bergingscapaciteit. Deze methode laat toe om de dynamische aangroei van de vernattende gebieden in rekening te brengen zonder dat deze gebieden expliciet op kaart lokaliseerbaar moeten zijn.

Figuur 12: Het hydrologisch model PDM

Het model kan gebruikt worden voor verschillende waterlopen met verschillende stroomgebiedskenmerken. Om deze verschillen op te vangen worden parameters in het model

ingevoerd. Voor een verstedelijkt gebied met veel huizen en verharde wegen zullen andere parameterwaarden gebruikt worden dan voor een landelijk gebied. Een moeilijkheid hierbij is dat niet alle gebiedskenmerken in exacte cijfers gekend zijn – denk maar aan het maximale volume water dat onder de grond opgeslagen kan worden of de hoeveelheid water die door de planten en bomen in het gebied opgenomen wordt.

Een model met representatieve parameters voor een stroomgebied maakt het mogelijk om uit een neerslagreeks een debietreeks voor het stroomgebied te genereren. Voor het aanmaken van de MOG kaart werd het model gevoed met 100 jaar gebiedsneerslag. Deze reeks is opgebouwd uit de beschikbare gemeten puntneerslagen in Vlaanderen. De meeste puntneerslagmetingen zijn gestart na 1950. Daarvóór zijn er alleen gegevens van Ukkel beschikbaar. Het is duidelijk dat een storm, die in 1910 met een model van een waterloop in bijvoorbeeld West-Vlaanderen, hydraulisch doorgerekend wordt, geen nabootsing inhoudt van hetgeen zich in werkelijkheid in 1910 afspeelde in dit gebied. Wel wordt verwacht dat de hydraulische doorrekening van een groot aantal stormen op basis van deze 100-jarige neerslagreeks representatief is voor de simulatie van het klimaat in Vlaanderen gedurende de voorbije 100 jaar.

3.4 Calibratie

3.4.1 Doelstelling

Tijdens de calibratie van een model worden parameterwaarden aangepast om te komen tot een model dat de werkelijkheid zo goed mogelijk benadert.

3.4.2 Data

- Meetgegevens van waterpeilen en afvoerdebieten voor verschillende stroomgebieden in Vlaanderen, geleverd door het HIC en AMINAL afdeling Water
- Debiet- en peilmetingen afkomstig van diverse meetcampagnes gedurende 5 tot 10 weken in Vlaanderen in opdracht van afdeling Water

3.4.3 Werkwijze

Om te controleren of het model goed is opgebouwd, is het belangrijk dat er een vergelijking gebeurt van hetgeen in het model berekend wordt met hetgeen zich werkelijk heeft afgespeeld in het gebied. Bij het bouwen van modellen staat voorop dat zij een vereenvoudigde – doch extreem complexe - weergave zijn van de werkelijkheid. Om deze weergave zo getrouw mogelijk te maken, dienen de in het model opgenomen kenmerken, zogenaamde parameters, de werkelijkheid zo goed mogelijk over te brengen. Parameters zijn ofwel direct meetbaar, ofwel worden ze berekend uit meetreeksen of andere gegevens. Zo kan bijvoorbeeld de oppervlakte van een stroomgebied opgemeten worden, maar wordt de ruwheid van de bodem afgeleid uit berekeningen. Deze laatste afleiding is echter minder betrouwbaar dan opgemeten parameters. Daardoor vereist dit soort parameters een extra controle. De controle kan echter enkel gebeuren door een toetsing van het resultaat van het model (voortkomend uit een combinatie van de verschillende parameters) met de werkelijkheid.

Voor de calibratie van het PDM-gekoppelde hydraulisch model zijn enkele (goed gekende) historische stormperiodes cruciaal. Meetgegevens (bijvoorbeeld debietgegevens ter hoogte van een limnigraaf in het stroomgebied) vergelijken met berekende gegevens geeft een indicatie van de juistheid van het model. Verder worden ook de berekende overstromingskaarten vergeleken met de ROG-kaart van 2003 (of later aan deze van 2005) en worden de resultaten besproken met de terreinmensen.

Wanneer model en werkelijkheid voldoende overeenkomen, wordt het model als representatief of gecalibreerd beschouwd en is het model klaar voor het doorrekenen van verschillende (historische) stormen.

3.5 Selectie en doorrekening van een hydrogramsequentie en frequentie-analyse

3.5.1 Doelstelling

Tijdens de hydrologische updating werden de modellen uitgerust met de mogelijkheid om een 100-jarige neerslagreeks te vertalen naar 100 jaar afvoer. Uit deze afvoerreeks worden nu een groot aantal stormen geselecteerd en samengebracht in een zogenoemde hydrogramsequentie. De hydraulische doorrekening van deze hydrogramsequentie wordt de multirun genoemd. De resultaten van de multirun worden ter hoogte van alle overstroomde lokaties in het model onderworpen aan een frequentie-analyse waarbij de overstromingsdiepten gekoppeld worden aan een frequentie van voorkomen.

3.5.2 Data

- 100 jarige debietreeks, gegenereerd tijdens de hydrologische updating
- Stabiel, gecalibreerd, PDM-gekoppeld hydraulisch model
- Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen (DHM): aangemaakt door OC GIS – Vlaanderen met een resolutie van 5 op 5 m, in opdracht van AWZ afdeling WLH en AMINAL afdeling Water.

3.5.3 Werkwijze

Idealiter wordt de volledige hydrologisch berekende afvoerreeks van 100 jaar ook hydraulisch doorgerekend en geanalyseerd. Doch met de huidige computerprocessoren is dit quasi onmogelijk en is men dus genoodzaakt de periode in te korten zodat enkel de meer extreme stormen hydraulisch worden gesimuleerd. Om afvlakking van pieken van op- naar afwaarts en verschillen tussen korte, intensieve stormen en minder intensieve, maar langdurige stormen in rekening te brengen in de analyse, worden stormen geselecteerd naargelang de grootte van de piek én naargelang het volume.

De definitie van het begin en het einde van een storm wordt vastgelegd in een aantal onafhankelijkheidscriteria, die de hydroloog zelf kan instellen. Voor de selectie van stormen op basis van het piekdebiet bestaat het onafhankelijkheidscriterium uit drie variabelen. Het verschil tussen het laagste debiet sinds de vorige piek en het piekdebiet bepaalt of er al dan niet een nieuwe storm begint. Een recessieconstante en een piekfractie bepalen de lengte van een storm. De selectie op basis van het bergingsvolume wordt bepaald door het ingeven van een drempeldebiet. De storm start van zodra dit drempeldebiet bereikt wordt en stopt wanneer de volumebalans zich sluit (dit wil zeggen van zodra de volumes onder en boven het drempeldebiet, te bekijken vanaf de start van de storm, gelijk zijn). Na de instelling van die criteria worden telkens de meeste extreme stormen (100-tal) weerhouden.

Beide selecties (piekdebiet en volume) worden bij voorkeur op verschillende plaatsen in de waterloop uitgevoerd, tenminste één opwaartse en één afwaartse locatie. De herhalingsperiode van een storm op één locatie is immers niet noodzakelijk gelijk aan de herhalingsperiode van diezelfde storm op een locatie enkele kilometers verder. Typische zomerondereerslagen bijvoorbeeld, blijken vaak kritisch te zijn voor de snel reagerende, opwaartse trajecten van een waterloop, maar leiden daarom niet altijd tot overlast verder afwaarts langs de waterloop. Door het uitbreiden van deze analyse naar meerdere locaties, wordt dus rekening gehouden met verschillen in concentratietijden en afvlakking, alsook met de ruimtelijke variabiliteit van de neerslag. Na deze selecties verkrijgt men een verzameling van stormen of een hydrogramsequentie, die in principe alle kritische momenten langs het volledige traject van de waterloop omvat.

De hydrogramsequentie wordt hydraulisch doorgerekend in een zogenaamde multirun. De verwerking van de resultaten bestaat uit een frequentie-analyse ter hoogte van iedere locatie waar het model overstromingen simuleert. Dit zijn alle uitgebreide dwarsprofielen, reservoirs en parallelle waterlopen (zie floodmapping). Infoworks RS geeft voor ieder van deze locaties de maximale waterhoogte per storm weer in functie van de kans van voorkomen (probabiliteit). Door een passende curve te trekken door deze waterhoogtes, kan voor iedere probabiliteit een bijhorende waterhoogte geschat worden. De

kans van voorkomen waarmee een waterhoogte overeenkomt, kan vervolgens omgerekend worden naar een herhalingsperiode.

Het resultaat van deze statistische analyse kan gevisualiseerd worden op een kaart. Voor verschillende herhalingsperiodes (waaronder 25 en 100 jaar) wordt per locatie het statistisch berekende waterpeil gekoppeld aan een overstroomde oppervlakte waarvan de overstromingsdiepte kan opgevraagd worden. De overstromingen kunnen ook gevisualiseerd worden in klassen voor verschillende overstromingsdiepten. Een export van de gevisualiseerde kaart naar een shape-file neemt deze indeling mee, zodat deze klassen ook voor een gebruiker van de shape-files zichtbaar zijn. Op deze manier worden de gemodelleerde overstromingsgebieden raadpleegbaar gemaakt voor de gebruikers via meer algemeen verspreide softwarepakketten zoals ArcGIS.

4 TOELICHTING BIJ DE SHAPEFILES

De shape-files resulteren uit een export van de overstromingskaarten uit Infoworks RS voor verschillende herhalingsperiodes. De klassen die op het moment van de export ingesteld waren, zijn terug te vinden in de attribuuttabel. Hoe meer klassen deze tabel telt, hoe nauwkeuriger de overstromingsdiepte te bekijken is aan de hand van de shape-file. Voor meer nauwkeurige schattingen van de overstromingsdiepte dient uiteraard best het model in Infoworks RS geraadpleegd te worden.

Voor de watertoets werd de contour van de overstromingskaart voor een herhalingsperiode van 100 jaar geëxporteerd. De federale natuurrampenverzekeringwet bakent de risicozones af op basis van een herhalingsperiode van 25 jaar en een overstromingsdiepte van ten minste 30 cm. Hiervoor werd een export gemaakt van de overstromingskaart met een herhalingsperiode van 25 jaar, waarbij de klasse van 0 tot 30 cm ook apart gevisualiseerd kan worden.

5 AANDACHTSPUNTEN EN BESLUIT

De gemodelleerde overstromingsgebieden vormen een belangrijk en objectief hulpmiddel bij de afbakening van overstromingsgevoelige gebieden in Vlaanderen. Een nauwkeurige kartering van deze zones tot op perceelsniveau is ondermeer essentieel in het kader van de ruimtelijke ordening, om de lokale besturen bij de afgifte van bouwvergunningen te responsabiliseren (de watertoets). Ook voor de verzekeraars kan deze kaart een steun zijn bij het vastleggen van (individuele) premies in functie van de risico's bij de toepassing van de natuurrampenverzekeringwet.

De kwaliteitscontrole van de MOG kaart gebeurde zowel door de uitvoerders van de modellering, de lokale besturen die participeren in het Lokaal Wateroverleg, als de betrokkenen met terreinkennis bij de opdrachtgevers en het hydrologenteam van de afdeling Water. Modellen maken daarbij gebruik van formules die een beschrijving van de werkelijkheid geven, maar tegelijk ook een aantal vereenvoudigingen inhouden. Als alle inspanningen worden opgeteld die zowel studiebureaus maakten bij de eerste versie van de modellen als afdeling Water in de voorbije twee jaar, dan komt men enkel voor de onbevaarbare waterlopen al vlug aan een tijdinvestering van bijna 100 mensjaar. Uit de beschrijving van de methodologie blijkt dat de huidige werkwijze de beschikbare basisgegevens en software optimaal benut. Internationale vergelijking van de inhoud en kwaliteit van de opgebouwde modellen leert bovendien dat zowel naar de graad van detail als de juistheid van de modellen, Vlaanderen tot de absolute wereldtop behoort.

Om tot een goede interpretatie van de uiteindelijke risico's te komen wordt aangeraden de MOG kaart steeds te bekijken in combinatie met andere bronnen zoals de ROG (Recent Overstroomde Gebieden), NOG (van Nature Overstroombare Gebieden) en andere kaarten, bij voorkeur aangevuld met terreinkennis. Bij vergelijking van de MOG kaart met de ROG kaart zal blijken dat de modelresultaten meestal minder uitgestrekte overstromingsgebieden geven. Het gebeurt dus dat niet alle overstroomde gebieden door het model gesimuleerd worden. Tal van factoren liggen aan de basis van deze verschillen zoals:

- Niet alle zijlopen zijn opgenomen in de modellen. Het spreekt voor zich dat overstromingen langs niet gemodelleerde waterlopen niet gesimuleerd kunnen worden.
- De modellen simuleren geen grondwaterkwel, aanvulling met een grondwatermodel is nodig.
- De modellen geven de door neerslag veroorzaakte lokale, niet gedraineerde ondiepten niet aan. Enkel de overstromingen vanuit de waterloop komen tot uiting in de MOG kaart.
- De rioleringen zijn vooralsnog niet opgenomen.
- De modellen veronderstellen een goed werkende, onderhouden infrastructuur. Overstromingen ten gevolge van verstoppingen van duikers of dijkdoorbraken bijvoorbeeld, worden dus niet gesimuleerd.
- De ROG kaart bestaat uit waargenomen overstromingsgebieden met herhalingsperioden die per definitie niet gelijk zijn aan de herhalingsperioden die aan de MOG kaart gekoppeld zijn en die beperkt worden tot herhalingsperioden van 100 jaar. Sommige recente stormen hebben een hogere herhalingsperiode.
- De MOG kaart simuleert de bestaande toestand. Deze is in vele gebieden sterk gewijzigd tegenover de toestand die aan de ROG kaart gerelateerd is.

Bij het gebruik van de MOG kaart is het zeer belangrijk om zich bewust te zijn van het evolutief karakter van de materie. De actualisatie van de MOG-kaart zal blijvend nodig zijn, zodra de toestand in de rivieren door ingrepen van welke aard ook verandert. Dit kunnen infrastructurele werken zijn, natuurlijke processen in de riviervallei of exogene factoren zoals veranderende meteorologische omstandigheden. Van cruciaal belang voor een continue optimalisatie van de modellen is een consequente terugkoppeling van de informatie, die door alle gebruikers van de kaart wordt ingewonnen, naar de waterbeheerders. Het hydrologenteam van de afdeling Water staat dan ook open

voor alle vragen, twijfels en suggesties omtrent de oppervlaktewaterkwantiteitsmodellering van de onbevaarbare waterlopen in Vlaanderen.

AMINAL afdeling Water,
Brussel, 22 september 2005



BIJLAGE 1B UITGEVOERDE ACTUALISATIE PER DEELGEBIED

(GEEL= UITGEVOERD DOOR AFDELING WATER, GROEN DOOR STUDIEBUREAUS)

Stand van Zaken Actualisatie MOG- kaarten op 23/09/2005	Import in RS (def. versie beschikbaar)	Hydraulische updating	Floodmapping toevoegen	PDM-koppeling	Her-calibratie	Multirun opstellen	Frequency mapping (incl. instellen drempelpellen)	Shape-export MOG
owkm97 - Martjesvaart								
owkm97 - Veurne-Ambacht								
owkm99 - Handzamevaart								
owkm99 - Poperingevaart								
owkm01 - Kemmelbeek								
owkm02 - Ieperlee								
owkm03 - Blankaartbekken								
owkm97 - Heulebeek								
owkm99 - Mandel								
owkm99 - Kerkebeek								
owkm03 - Rivierbeek								
owkm03 - Poekebeek								
owkm03 - Gaverbeek (Leiebekken)								
owkm97 - Bellebeek								
owkm97 - Mark								
owkm97 - Molenbeek Mere								
owkm01 - Molenbeek Zandbergen								
owkm03 - Vondelbeek								
owkm97 - Zwalm								
owkm99 - Maarkebeek								
owkm99 - Wallebeek-Leebeek								
owkm99 - Molenbeek Wetteren								
owkm99 - Kalkenvaart								
owkm03 - Molenbeek Wichelen								
owkm99 - Ledebeek (Ben. Schelde)								
owkm03 - Brakeleiken-Averijevaart								
owkm97 - Molse Nete-Grote Nete								
owkm97 - Grote Laak								
owkm99 - Kleine Nete								
owkm99 - Aa								
owkm99 - Wimp								
owkm99 - Bollaak								
owkm96 - Groot Schijn								
owkm97 - Grote Molenbeek (Puurs)								
owkm99 - Beneden Schijn								
owkm99 - Beneden-Vliet								
owkm99 - Mark								
owkm03 - Weerijs								

Stand van Zaken Actualisatie MOG- kaarten op 23/09/2005	Import in RS (def. versie beschikbaar)	Hydraulische updating	Floodmapping	PDM-koppeling	Calibratie	Multirun opstellen	Frequency mapping (incl. instellen drempelpeilen)	Shape-export MOG
owkm96 - Dijle opw. Leuven								
owkm97 - Ijsse								
owkm97 - Barebeek								
owkm99 - Zuunbeek								
owkm 01 - Vrouwvliet								
owkm 01 - Weesbeek								
owkm 03 - Woluwe								
owkm 03 - Zenne								
Voer te Bertem								
Laan en Nethen								
Dijle afw. Leuven								
Dijle- en Demermodel AWZ								
owkm96 - Demer afw. Diest								
owkm97 - Velpe								
owkm97 - Demer opw. Diest								
owkm97 - Zwart Water-Winterbeek								
owkm99 - Grote Gete - Gete								
owkm99 - Kleine Gete - Dormaal								
owkm99 - Melsterbeek								
owkm99 - Herk - Mombeek								
owkm99 - Begijnebeek								
owkm99 - Winge								
owkm99 - Grote Laakbeek								
owkm02 - Mangelbeek								
owkm03 - Demer opw. Schulen								
owkm03 - Zwartebeek								
owkm01 - Dommel								
owkm02 - Aabeek								
owkm02 - Bosbeek								
owkm03 - Warmbeek								
owkm97 - Jeker								
owkm99 - Voer								
owkm03 - Berwijn								

BIJLAGE 4

**GEMODELLEERDE OVERSTROMINGSGEBIEDEN
MOG's – AWZ**

1 ALGEMENE METHODOLOGIE VOOR DE HYDROLOGISCHE FREQUENTIE-ANALYSE

1.1 Werkwijze

De frequentieanalyse van een hydrologische variabele (piekdebiet, waterstand of bergingsvolume) is een statistische methode om uit een gegevensreeks het verband te bepalen tussen de grootte van de variabele en de herhalingsperiode ervan. De toepassing van dit verband is vooral van belang bij extrapolaties buiten de historische reeks.

Voor de frequentieanalyse zullen de berekeningen van de extreme waarden visueel via zogenaamde QQ-plots worden voorgesteld zodat beslissingen omtrent het type verdeling en de optimale drempelwaarde boven dewelke de verdeling geldt eenvoudig visueel genomen en gecontroleerd kunnen worden.

Er zijn 3 types extreme waardenverdelingen die gehanteerd worden, met name de Exponentiële verdeling, de Weibull verdeling en de Pareto verdeling.

De bepaling hiervan gebeurt in verschillende fasen, waarbij eerst de extreme waarden worden geselecteerd waarop de statistische analyse zal worden uitgevoerd:

- Fase 1: afleiden POT-waarden
- Fase 2: aanmaken QQ-plots
- Fase 3: afleiden van de extreme waarden-index en keuze optimale drempel waarboven de verdeling geldig is
- Fase 4: afleiden van de andere parameters
- Fase 5: bepalen van de terugkeerperioden
- Fase 6: bepalen van de betrouwbaarheidsintervallen.

1.2 Invloeden van de waterloop

De frequentieanalyse wordt uitgevoerd op rivierdebieten en waterstanden, zoals ze door de limnigrafen of debietmeters werden opgemeten. Dit impliceert dat alle hydrodynamische invloeden van de rivier in de tijdreeks terug te vinden zijn. Meer bepaald gaat het hier om een afvlakking van de pieken t.g.v. de rivierrouting, eventuele bijkomende afvlakkingen t.g.v. overstromingen en invloeden van allerlei kunstwerken (opstuwing aan bruggen, overstorten, regelbare stuwen en schuiven, ...). Aangezien die rivierinvloeden vooral op de hoogste piekdebieten ingrijpen, mag het duidelijk zijn dat de frequentieanalyse op de piekdebieten hierdoor sterk beïnvloed zal worden.

In het geval van een duidelijke overstromingsdrempel zullen de POT-waarden gesplitst worden, waarbij een frequentieanalyse op de POT-waarden zowel onder als boven de overstromingsdrempel zal uitgevoerd worden.

2 ALGEMENE METHODOLOGIE VOOR DE HYDROLOGISCHE MODELLERING

2.1 Gebruikte software

De hydrologische berekeningen werden uitgevoerd met het Mike11 model, meer bepaald met de module NAM. Dit is een conceptueel neerslag-afvoermodel, dat werd ontwikkeld door het Deense DHI Water & Environment.

2.2 Hydrologisch model NAM

Het model is opgebouwd uit vier onderling verbonden bergingen (of reservoirs) die fysische elementen van het stroombekken voorstellen. Tijdens de berekening wordt continu de vochttoestand in de verschillende bergingen bijgehouden. In

Figuur wordt een schematische voorstelling gegeven van het NAM-model:

1. Het sneeuwreservoir

Hierin wordt de regen tijdelijk opgeslagen als de temperatuur onder het vriespunt (of een door de gebruiker gedefinieerde waarde) daalt. Als de temperatuur terug stijgt zal de sneeuw smelten en in het oppervlaktereservoir terecht komen.

2. Het oppervlaktereservoir

Hierin komt de neerslag terecht als de temperatuur boven het vriespunt (of een door de gebruiker gedefinieerde waarde) gelegen is. Ook de inhoud van het sneeuwreservoir komt uiteindelijk hier terecht. Wanneer dit reservoir vol is, zal alle bijkomende neerslag gedeeltelijk in de grond dringen (naar de onverzadigde zone en het grondwater) en gedeeltelijk rechtstreeks naar de rivier stromen (oppervlakkige afstroming). Hoeveel water afstroomt en hoeveel in de grond dringt, wordt bepaald door parameters als de afvloeiingscoëfficiënt en door de vochtigheid in de onverzadigde zone. Daarnaast kan het reservoir zijn vochtinhoud verliezen via (potentiële) evapotranspiratie en via de hypodermische stroming. Dit is de stroming in het bovenste gedeelte van de onverzadigde zone.

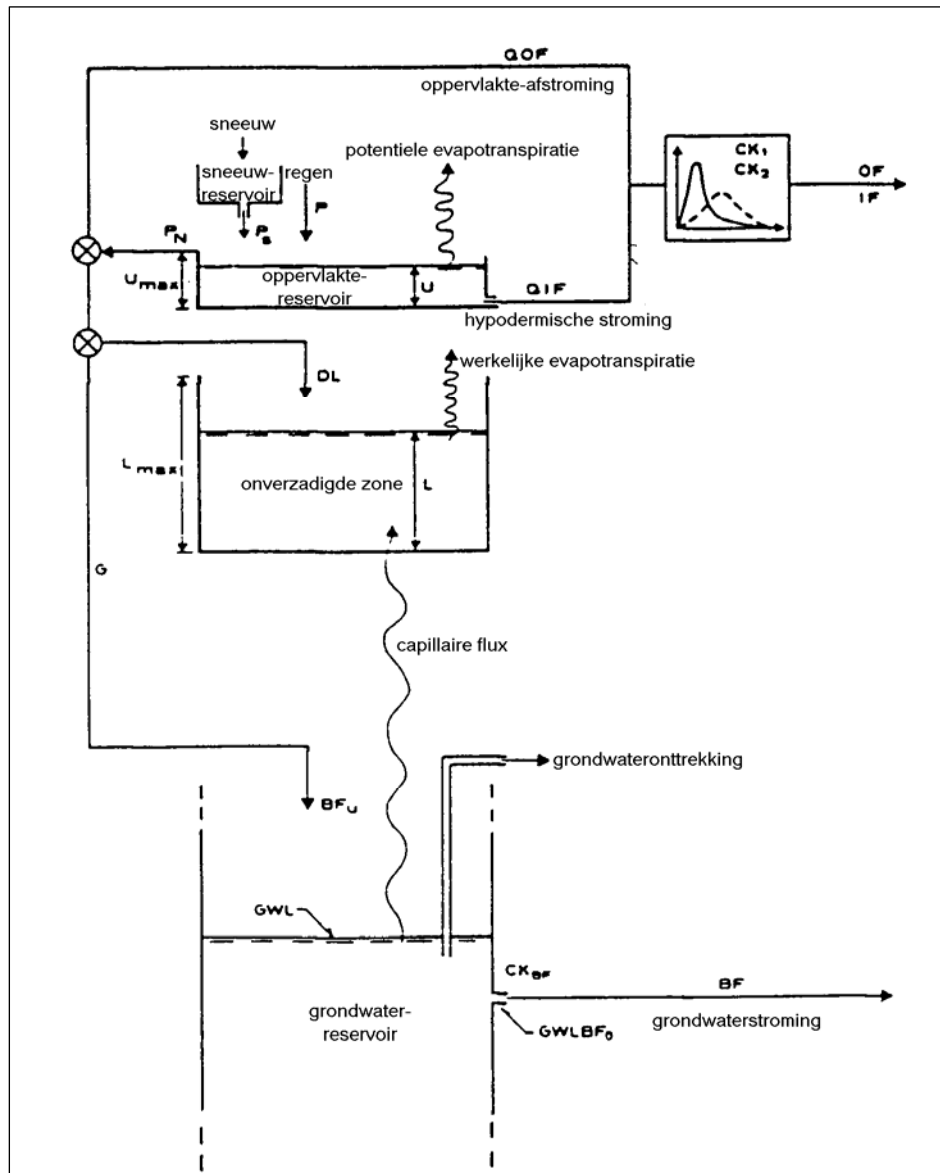
3. De onverzadigde zone

Dit reservoir wordt gevoed door infiltratie. Ook kan water vanuit het grondwaterreservoir in de onverzadigde zone terecht komen door capillaire opstijging. Het reservoir kan zijn vochtinhoud verliezen door evapotranspiratie. Dit gebeurt van zodra het oppervlaktereservoir leeg is. De snelheid waarmee dit gebeurt, is meestal kleiner dan de potentiële evapotranspiratie en hangt af van de verzadigingsgraad van de ondergrond.

4. Het grondwaterreservoir

Een gedeelte van het water dat in de ondergrond dringt komt in het grondwaterreservoir terecht. Het kan daaruit verdwijnen door capillaire opstijging en door de grondwaterstroming naar de rivier. Ook is het in het model mogelijk grondwater op te pompen. Het grondwaterreservoir kan, indien gewenst, in twee delen worden opgesplitst, die respectievelijk het diepe en het ondiepe grondwater voorstellen.

De oppervlakkige afstroming en de hypodermische stroming worden samen gerout door twee lineaire reservoirs in serie, terwijl de grondwaterstroming door één lineair reservoir wordt gerout. De verschillende parameters worden stap voor stap ingeschat en geëvalueerd.



Figuur 2-1: Schematische voorstelling van de werking van NAM

2.3 Initiële verwerking debietmeetreeksen

In deze fase van de modellering wordt de meetreeks gecontroleerd en voorbereid om te worden gebruikt in de hydrologische modellering. Achtereenvolgens worden volgende stappen doorlopen: de kwaliteitscontrole op de debietmeetreeks, de filtering van de debietmeetreeks in deelstromen, en de scheiding van de hydrogramperiodes.

2.4 Kalibratie/Validatie van het hydrologisch model

In principe volstaat voor een correcte afijking van het hydrologisch model een periode waarin zich een viertal hydrologische fenomenen voordoen: een droge zomerperiode, een natte zomerperiode, een droge winterperiode en een natte winterperiode.

Wanneer de gevonden parameterset voor de kalibratie niet voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen, werd de parameterset repetitief bijgestuurd.

3 ALGEMENE METHODOLOGIE VOOR DE HYDRAULISCHE MODELLERING

3.1 Gebruikte software

De hydrodynamische berekeningen werden uitgevoerd met het Mike11 model, meer bepaald met de modules HD (hydrodynamica) en SO of STRUC (beweegbare structuren). Voor de koppeling tussen het hydrodynamisch model en het DHM (Digitaal Hoogtemodel) van de al dan niet gewenste overstromingsgebieden werd gebruik gemaakt van de module Mike11GIS.

De modelleringsoftware werd ontwikkeld door het Deense DHI Water & Environment. De module Mike11GIS is geïntegreerd in de GIS software Arcview (versie 3.2), ontwikkeld door Esri.

3.1.1 De modules HD (hydrodynamica) en STRUC (beweegbare structuren)

Mike11 berekent de niet-permanente stroming in een waterloop of een netwerk van waterlopen met de mogelijkheid om de overstroming van dijken of het opvullen van het winterbed te simuleren. Hiervoor maakt Mike11 gebruik van de 1-dimensionale ondiepwatervergelijkingen. Deze vergelijkingen, ook de St.-Venant vergelijkingen genoemd, bestaan uit een continuïteitsvergelijking (behoud van massa) en een momentumvergelijking (behoud van beweging).

Het model berekent in een discreet aantal punten de waterstand en het debiet in functie van de tijd rekening houdend met externe en interne randvoorwaarden. Externe randvoorwaarden kunnen bestaan uit een waterhoogte in functie van de tijd, een debiet in functie van de tijd of een ijkingskromme. Ze dienen aan elke rand van het model opgelegd te worden. Interne randvoorwaarden omvatten een wiskundige beschrijving van kunstwerken en hydraulische structuren (bruggen, pompen, stuwen, sluizen, enz.) die een invloed hebben op de hydrodynamica.

Al deze vergelijkingen worden opgelost met behulp van de methode van de eindige differenties. Mike11 maakt daarbij gebruik van het impliciete numerieke schema van Abbott-Ionescu.

Het schema van Abbott-Ionescu bestaat uit een opeenvolging van h- en Q-punten, d.w.z. punten waar respectievelijk het waterpeil en het debiet wordt bepaald. De continuïteitsvergelijking wordt gecentreerd ten opzicht van een h-punt, terwijl de bewegingsvergelijking rond een Q-punt wordt uitgeschreven. Deze bewegingsvergelijkingen samen met de interne en externe randvoorwaarden vormen een stelsel van N algebraïsche vergelijkingen (met N het totaal aantal rekenpunten) dat via een 'double sweep' methode wordt opgelost.

Wanneer er in het studiegebied beweegbare structuren voorkomen (stuwen, sluizen, e.d.) moet gebruik gemaakt worden van de module STRUC die het modelleren van dergelijke structuren en van hun manuele of automatische bediening mogelijk maakt.

3.1.2 De module Mike11GIS

De module Mike11GIS is volledig geïntegreerd in de Arcview omgeving. Deze module zorgt voor de interactie tussen het hydrodynamisch model (HD) en het digitaal hoogtemodel (DHM). Deze interactie werkt in twee richtingen. Enerzijds kunnen topografische gegevens uit het DHM worden afgeleid en ingevoerd in het hydrodynamisch model (onder de vorm van dwarssecties of hoogte-oppeervlakte relaties). Anderzijds kunnen de resultaten van het hydrodynamisch model via het DHM worden voorgesteld onder de vorm van overstromingskaarten, overstromingsduurkaarten en verschilkaarten.

3.2 Dwarssecties

De dwarssecties vormen de kern van het hydrodynamisch model.

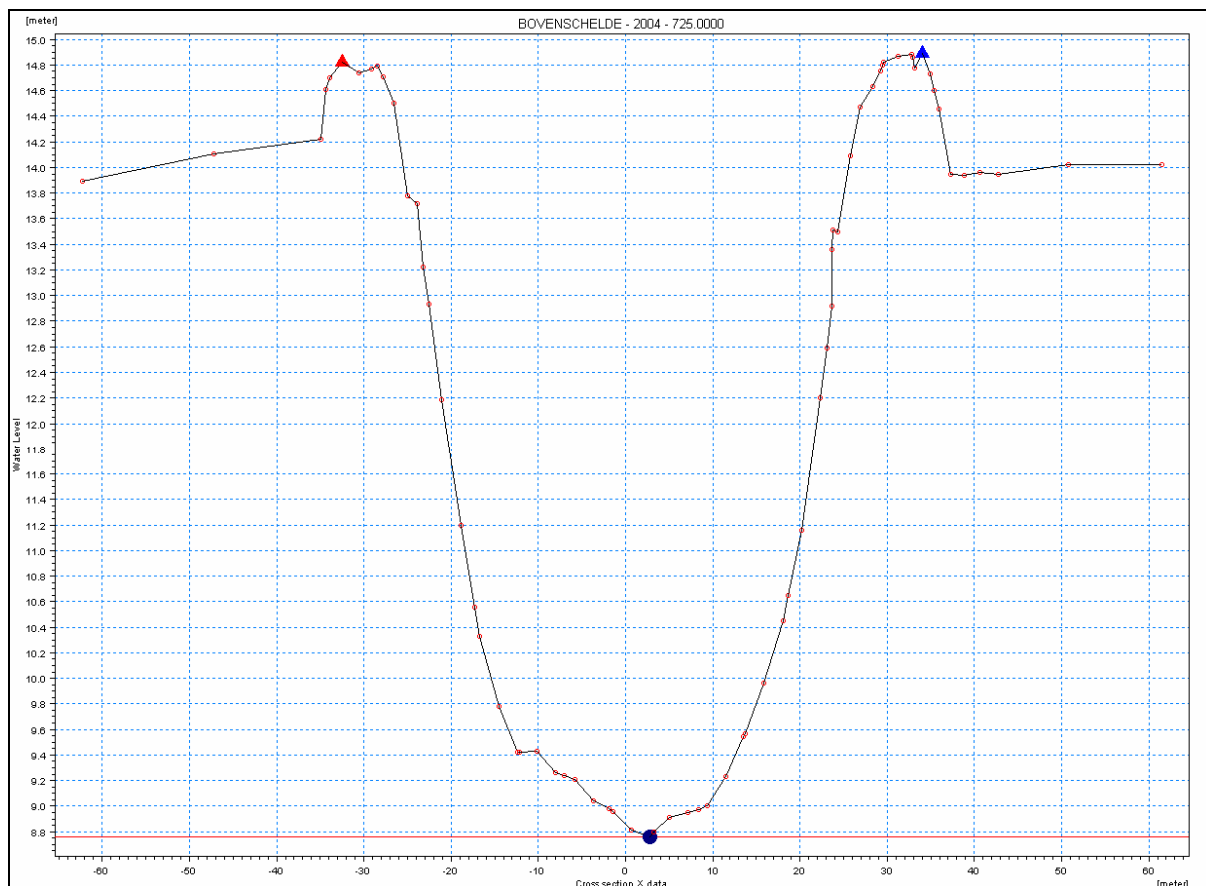
Elke dwarssectie wordt gekenmerkt door een zekere ruwheid. Mike11 biedt twee mogelijkheden om deze ruwheid te berekenen.

Op basis van de geometrie van de sectie en haar ruwheid (dit worden de ruwe gegevens genoemd), berekent Mike11, voorafgaand aan de eigenlijke simulatie, de zogenaamde verwerkte gegevens (E: processed data), zoals kombergingsbreedte, natte oppervlakte enz.

3.2.1 Het plaatsen van ‘markers’/‘processed data’

Een groot aantal van de gemeten dwarssecties hebben aan linker- en/of rechteroever delen van het maaiveld die lager gelegen zijn dan de maximale terreinhoogte aan het talud. Wanneer het waterpeil stijgt tot boven die lager gelegen delen maar onder de oeverwal blijft, zal het softwarepakket Mike11 onder normale omstandigheden toch water laten stromen over deze gebieden. Daarom werden alle dwarssecties voorzien van markers voor linker- en rechteroever. Op deze manier wordt tijdens de berekening enkel de geometrie van de sectie ‘binnen’ deze markers in rekening genomen. Een voorbeeld van de positie van deze markers wordt gegeven in Figuur 3-1 voor de Bovenschelde met kilometrerings 725 meter.

Mike11 houdt inwendig enkel de zogenaamde ‘verwerkte’ gegevens bij van de dwarsdoorsneden (processed data). De geometrische gegevens die door de gebruiker worden ingegeven, de ruwe data, worden omgezet in grootheden die rechtstreeks bruikbaar zijn in het numerieke schema van het programma (natte oppervlakte, kombergingsbreedte, doorvoercapaciteit, ...). Bij het berekenen van de ‘processed data’ houdt Mike11 rekening met de positie van deze markers.



Figuur 3-1 Voorbeeld van ‘markers’ voor linker- en rechteroever

Mike11 berekent de processed data voor elke dwarssectie voor een discreet aantal waterhoogtes. Tussen deze waterhoogtes worden de processed data bekomen via lineaire interpolatie.).

3.3 Hydraulische structuren

3.3.1 Algemeen

Verschillende types structuren worden standaard in de Mike 11 STRUC aangeboden. Het betreft duikers, overlaten, bruggen.... Teneinde meer controle te hebben op de vaak door de mens gestuurde structuren wordt vaak gewerkt met zogenaamde Control Structures, waar op relatief eenvoudige wijze een werkingsmechanisme kan worden gedefinieerd.

De verschillende modellen werden afgeijkt waarbij rekening werd gehouden met historische standen en sturingen van de verschillende structuren. Waar geen gegevens voorhanden waren omtrent historische sturingen, werd in nauw overleg met de verantwoordelijke waterbeheerder een logische regeling afgeleid en ingebouwd in het model.

3.4 Overstromingsgebieden

3.4.1 Algemeen

3.4.1.1 Modelleringsstechniek

Er zijn in Mike11 vier mogelijkheden om overstromingsgebieden te beschrijven:

- **Uitgebreide dwarsprofielen**

De geometrie van de dwarsdoorsnede wordt langs linker- en/of rechteroever uitgebreid op basis van de topografie van het maaiveld. Het maaiveld krijgt daarbij over het algemeen een grotere ruwheid dan het zomerbed. Deze methode kan worden toegepast als winterbed en zomerbed steeds dezelfde waterhoogte hebben (er is geen zomerdijk aanwezig) en als de stroming in het winterbed niet verwaarloosbaar is.

- **Berging**

Aan linker- en of rechteroever van de dwarsdoorsnede wordt bijkomende berging toegekend. Deze methode kan worden toegepast als winterbed en zomerbed dezelfde waterhoogte hebben (er is geen zomerdijk aanwezig) en als de stroming in het winterbed verwaarloosbaar is.

- **Parallele waterloop**

Overstromingsgebieden met een ‘sterke’ stroming en waarbij de waterhoogte kan verschillen van de waterhoogte in de hoofdrivier, kunnen in het model worden ingebracht als een riviertak, parallel aan de hoofdrivier. De parallelle tak en de hoofdrivier worden met elkaar verbonden door zijdelingse overlaten die de stroming over de dijk voorstellen. Deze overlaat wordt gedefinieerd door in het waterloppennetwerk een ‘link channel’ aan te brengen. Dit ‘verbindingskanaal’ wordt bepaald door de geometrie van de overlaat (dwarssectie), bijzondere ladingsverliezen en door de eventuele aanwezigheid van bijkomende berging. Door het regelen van deze bijkomende berging kan men er nauwkeurig op toe zien dat hetzelfde bergingsvolume niet tweemaal in het model wordt ingebracht.

- **Reservoir**

De ‘link channel’ kan ook worden gebruikt om een riviertak te verbinden met een reservoir in Mike11 ‘Flood Cell’ genoemd. Het reservoir wordt dan gedefinieerd als bijkomende berging aan een fictieve dwarssectie. Deze methode wordt gebruikt als waterhoogte in winterbed en zomerbed verschillend (kunnen) zijn en als de stroming in het winterbed verwaarloosbaar is.

Voor de keuze of voor de voorstelling van het overstromingsgebied een parallelle riviertak dan wel een Flood Cell werd gebruikt, werd nagegaan of de waterstroming in het overstromingsgebied al dan niet als verwaarloosbaar kan worden verondersteld. In geval van twijfel werd gekozen voor een schematisatie d.m.v. een parallelle tak aangezien die zowel de stroming als de berging goed kan weergeven. De keuze tussen parallelle tak en reservoir wordt ook bepaald door stabiliteitseisen. Als tussen overloopgebied en hoofdwaterloop meerdere zijdelingse overlaten (link channels) voorkomen, kunnen zich immers zogenaamde kortsluitstromen voordoen. Het water verplaatst zich dan sneller via het overloopgebied naar afwaarts dan via de hoofdwaterloop. De kans dat dit probleem zich voordoet wordt sterk teruggedrongen bij gebruik van parallelle takken, aangezien die in tegenstelling tot flood cells wel een stromingsweerstand hebben.

Daarom werd voor de modellering van de gebieden langsheen de hoofdwaterloop, waar ook veel link channels worden gebruikt, zoveel mogelijk gebruik gemaakt van parallelle takken.

Flood Cells werden voorgesteld door middel van een 'link channel', waarmee een overlaat verbonden werd.

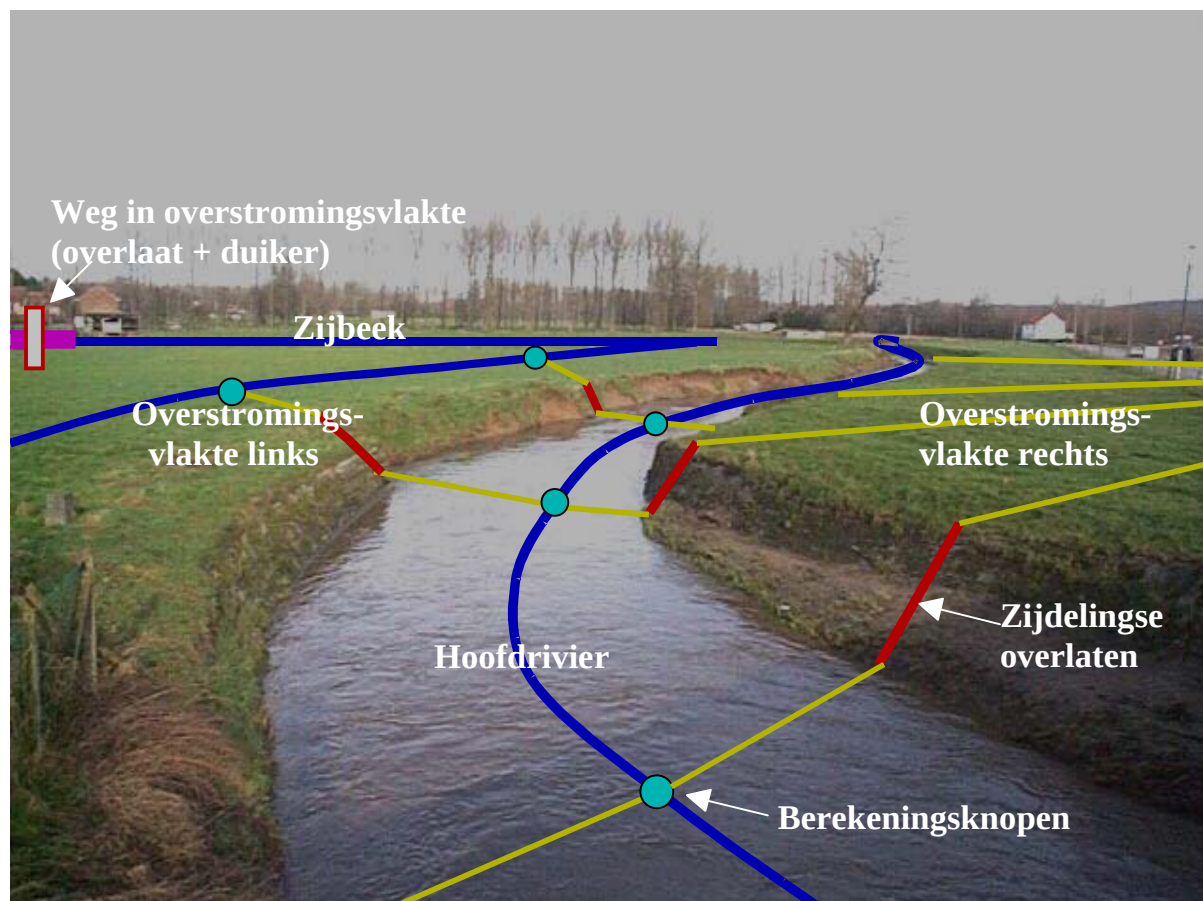
De verbinding tussen verschillende (parallelle) riviertakken en tussen een Flood Cell en een riviertak wordt verzorgd door één of meerdere link channels. Het aantal link channels wordt bepaald door de lengte van de gemeenschappelijke grens tussen de riviertakken of tussen de Flood Cell en een riviertak. De link channels werden gedigitaliseerd van de hoofdwaterloop naar de overloopegebieden toe. Positieve debieten in een link channel zijn dus debieten vanuit de waterloop naar het overstroomde gebied.

Om achteraf juiste overstromingskaarten te kunnen aanmaken werd er op toegezien dat de twee punten van een link channel langs weerszijden van de dijk werden gedigitaliseerd.

Bij de quasi twee-dimensionale modellering gebeurt de modellering van de rivier via de ééndimensionale methode, maar worden de overstromingsvlakten (het winterbed van de rivier, de aangrenzende binnendijkse laaggelegen gebieden) beschreven door een netwerk van bijkomende waterlopen (Figuur 3-2Figuur 3-2: Schematische weergave van de quasi tweedimensionale modelleringsmethode).

). Ook andere depressies in de topografie en afwateringsgrachten kunnen door de bijkomende waterlopen beschreven worden. Zijdelingse overlaten in het netwerk van bijkomende waterlopen beschrijven dan de terreinverhogingen tussen deze depressies enerzijds en de dijken tussen de rivier en de overstromingsvlakte anderzijds. De overstromingsgebieden worden alsoo gediscrèteiseerd beschreven door een gemaasd netwerk van bijkomende (soms fictieve) waterlopen en zijdelingse overlaten. Door de dwarsdoorsneden van de bijkomende waterlopen identiek te nemen aan deze van de overstromingsvlakten wordt de berging van water (waterhoogte, volume en uitgestrektheid) in de overstromingsgebieden goed benaderd. Alsoo wordt de beoogde modellering van de uitgestrektheid van potentiële overstromingen bekomen. Ook debieten en watersnelheden (en het verhang) kunnen in de overstromingsvlakten gemodelleerd worden door een aangepaste keuze van de waarden van de ruwheidscoëfficiënten.

De quasi tweedimensionale modelleringsmethode, samen met de oplossing van de de-Saint-Venant-vergelijkingen in hun volledige niet-vereenvoudigde vorm, lijkt zich voor de hydraulische modellering van bevaarbare waterlopen dicht bij de optimale modeldetaileringsgraad te bevinden. De volledige ééndimensionale modellering is immers voor de meeste toepassingen te eenvoudig aangezien de waterhoogten in de hoofdrivier en de overstromingsvlakten aanzienlijk kunnen verschillen en tegelijkertijd ook het modelleren van het verhang in de overstromingsvlakten in vele gevallen van belang is. De volledig tweedimensionale modellen hebben anderzijds een grote rekentijd en implementatiekost, terwijl verwacht wordt dat de nauwkeurigheid niet veel groter is dan deze van de quasi tweedimensionale modellering.

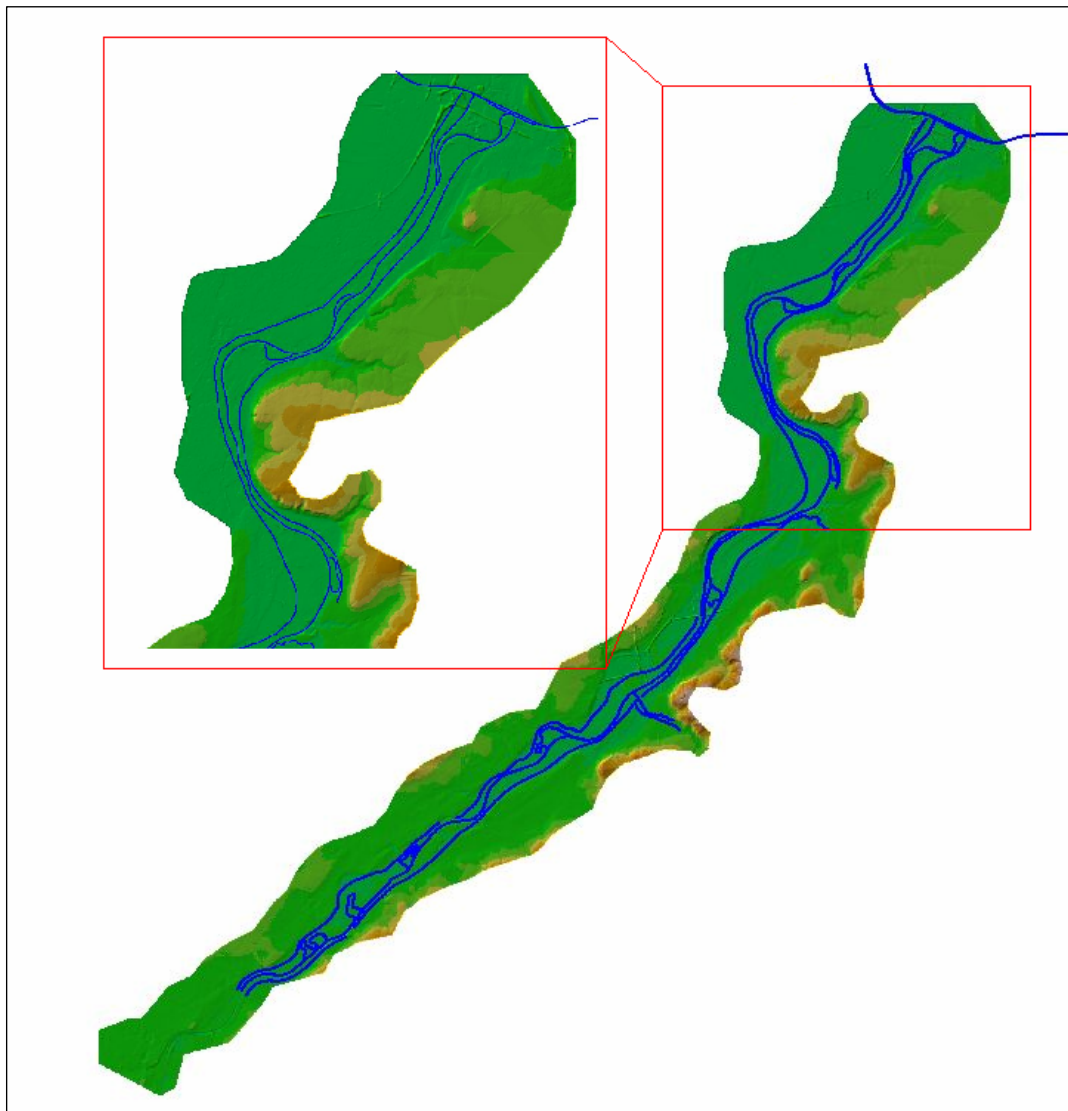


Figuur 3-2: Schematische weergave van de quasi tweedimensionale modelleringsmethode.

Langs de potentiële overstromingsvlakten dient een minimaal aantal dwarssecties ingevoerd te worden om voldoende nauwkeurig de ruimtelijke variatie van de topografie en vooral het bergingsvolume te beschrijven. De dwarssecties dienen loodrecht op de preferentiële stromingsrichting (afgeleid via het DHM) of de aanwezige beken of afwateringsgrachten beschouwd te worden en afgeleid uit het DHM.

3.4.1.2 Gebruikt DHM

Er werd gebruik gemaakt van het hoogtemodel van Vlaanderen, dat in opdracht van AWZ en AMINAL – afdeling Water gemaakt werd in 2003. De modelschematisatie van de overstromingsgebieden, en dus het DHM, werd niet beperkt tot het plangebied. Er werd getracht ook de natuurlijke overstromingsgebieden zoveel mogelijk in de modelschematisatie op te nemen. De vraag stelt zich dan tot waar deze natuurlijke overstromingsgebieden zich (kunnen) uitstrekken. Voor de afbakening van dit te modelleren gebied kan men immers niet alleen afgaan op de ligging van de ROG's (recent overstroomde gebieden). Enerzijds omvatten deze gebieden enkel de overstromingen van de laatste jaren, daar waar met het model veel grotere gebeurtenissen zullen worden doorgerekend. Anderzijds bevatten de ROG's ook overstromingen die niet aan de te modelleren waterlopen kunnen worden toegekend. De NOG's (van nature overstroombare gebieden) zijn dan weer te uitgestrekt. Ter bepaling van de uitgestrektheid van de overstroombare gebieden in de modellen werd ervoor gekozen om die gebieden te nemen die overstroomd werden wanneer de maximale waterstanden van de hoogste was van de voorbije jaren verhoogd werden met 1.5 meter. Dit is zeker een conservatieve aanname.



Figuur 3-3 : DHM van de Bovenschelde

3.5 Randvoorwaarden

Voor wat betreft de randvoorwaarden wordt een onderscheid gemaakt tussen opwaartse randvoorwaarden (inclusief de zijdelingse instroomdebieten) en de afwaartse randvoorwaarden. De interne randvoorwaarden (structuren) werden reeds in voorgaande paragrafen besproken.

3.5.1 Opwaartse en zijdelingse randvoorwaarden

Aan de opwaartse randen van het hydrodynamisch model bevinden zich voor het overgrote deel deelstroomgebieden die door limnigrafen worden bemeten. Voor de kalibratiesimulaties kunnen de gemeten limnigraafdebieten als inloophydrogram voor het model worden opgelegd. Een aantal opwaartse en zijdelingse randen zijn niet bemeten. In die gevallen worden de inloophydrogrammen berekend met het hydrologische model NAM op basis van de parameters voor de onbemeten deelstroomgebieden.

Mike11 heeft opwaartse randvoorwaarden nodig aan alle vrije opwaartse randen van het hydrodynamisch model, dus ook aan de opwaartse randen van de parallelle waterlopen en daar waar een Flood Cell (reservoir) ‘dood loopt’ (dit zijn de FC die slechts met één link channel verbonden werden). Op die plaatsen worden fictieve randvoorwaarden ingegeven van constante debieten gelijk aan nul of bijna nul.

De inloophydrogrammen voor niet-bemeten deelstroomgebieden werden berekend met het hydrologisch model NAM op basis van de parameters van de niet-bemeten deelstroomgebieden. Deze inloop kan diskreet op een welbepaalde plaats in het hydrodynamisch model worden ingegeven (bijvoorbeeld wanneer een belangrijke gracht of waterloop in het gemodelleerde netwerk uitmondt) of kan ruimtelijk verdeeld worden ingegeven over een bepaald traject (bijvoorbeeld oppervlakkige afstroming van een helling onmiddellijk naar het gemodelleerde netwerk). In Mike11 worden de inloophydrogrammen afkomstig uit het hydrologisch model ingegeven in de netwerk file. Voor de locatie van de inloop moeten twee kilometreringen worden ingegeven (de opwaartse en de afwaartse) waartussen de inloop naar de rivier plaats vindt. Als het debiet verondersteld kan worden op één plaats toe te stromen, zijn beide kilometreringen aan elkaar gelijk.

Per invoer wordt ook een oppervlakte ingegeven. Op die manier wordt het mogelijk de totale afstroming van een deelstroomgebied over verschillende invoerpunten te verdelen.

3.5.2 Afwaartse randvoorwaarden

De afwaartse randvoorwaarden bestaan ofwel uit een Q/h relatie ofwel uit een gemeten waterstandsreeks.

3.6 Kalibratie en validatie

Hydrodynamische modellen bevatten nog een aantal onbekenden of onzekerheden:

- De algemene en bijzondere ladingsverliezen, ondermeer ter hoogte van structuren
- De ruwheid van de rivierbedding
- De ruwheid van de overstromingsgebieden.

Deze onbekenden of onzekerheden kunnen worden opgevangen door het model af te ijken aan de werkelijkheid. Hiervoor kunnen de waterstandsgegevens worden gebruikt die door het HIC in eigen opdracht en in opdracht van AMINAL Afdeling Water worden opgemeten.

De kalibratiefiguren waarbij waargenomen en gesimuleerde waterstanden met elkaar worden vergeleken worden telkens geanalyseerd op drie verschillende afwijkingen tussen de gemeten en de gesimuleerde waterhoogtes:

- verschil tophoogte per was
- algemeen verschil over de volledige tijdreeks
- algemeen verschil van de absolute waarden over de volledige tijdreeks

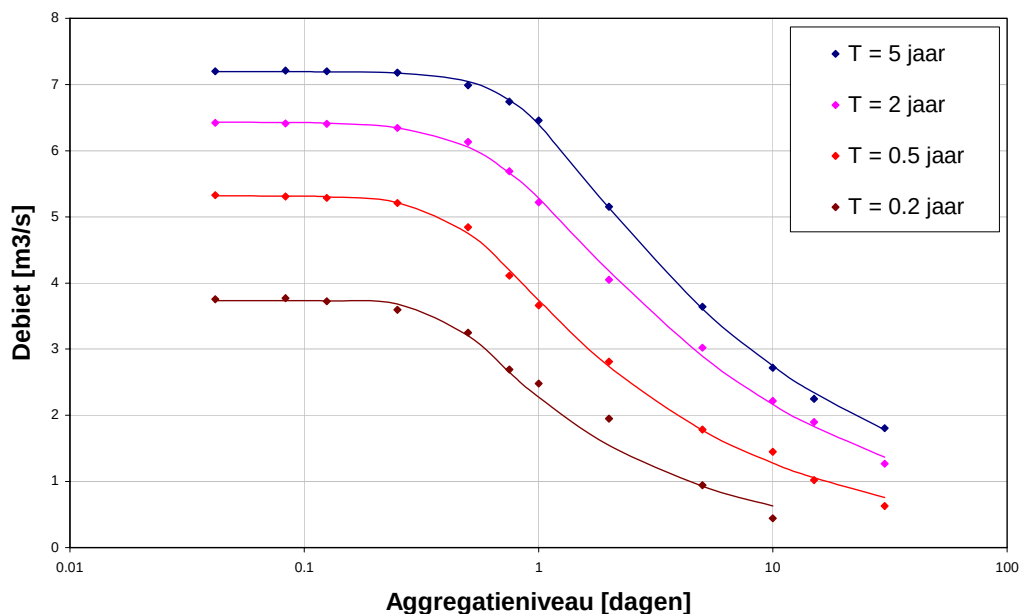
Volgens de ‘algemene methodologie’ gelden de grootteordes voor de fouten op de waterhoogte en de uitgestrektheid van de overstromingen als minimale kwaliteitseisen voor de kalibratie van het hydraulische model. Nog volgens de ‘algemene methodologie’ wordt gesteld dat bij een kwalitatief goede modellering de fouten op de waterhoogte van de grootteorde 5 à 10% zijn.

4 AFLEIDING EN DOORREKENING MAATGEVENDE SYNTHETISCHE HYDROGRAMMEN

4.1 Opstellen QDF-verbanden

De procedure voor extreme-waarden-analyse zoals hierboven reeds toegelicht is specifiek gericht op piekwaarden (bij de uurlijkse tijdstap van de debietreeks). De analyse kan evenwel ook uitgevoerd worden voor andere aggregatieniveaus (tijdsduren waarover de gegevens uitgemiddeld worden). Wanneer bewegende gemiddelden gebruikt worden, kunnen ook uurlijkse tijdreeksen aangemaakt worden met uitgemiddelde debieten voor aggregatieniveaus van 2 uur, 3 uur, 4 uur, enz. De extreme-waarden-analyse kan voor al deze aggregatieniveaus herhaald worden.

Op basis van de extreme-waarden-analyse kunnen voor elk aggregatieniveau de debietwaarden bepaald worden bij specifieke terugkeerperioden. Op die manier worden empirische verbanden bekomen tussen het debiet q , het aggregatieniveau of de tijdsduur D en de terugkeerperiode of de overschrijdingsfrequentie (het inverse van de terugkeerperiode T). Deze worden debiet-/duur/frequentie-verbanden (QDF-verbanden) genoemd. Analooch kunnen ook HDF-verbanden (waterhoogte/duur/frequentie-verbanden) gedefinieerd worden.



Figuur 4-1: Voorbeeld van een empirisch QDF-verband

Na kalibratie van de QDF-verbanden is het belangrijk om te controleren of de kalibratie geen onaanvaardbaar grote afwijkingen teweegbrengt met de optimaal gecalibreerde extreme-waarden-verdelingen voor de individuele aggregatieniveaus. Bij kleine aggregatieniveaus wordt de afwijking verklaard door de overstromingsinvloed.

4.2 Kansbepaling extreme waterlooptoestanden

Voor scenario-analyse (simulatie van hypothetisch toekomstige toestanden) dient de kansbepaling via hydrologische en hydraulische modellen te verlopen. Het is aanbevolen om voor het hydrologisch deelmodel een langdurige tijdreeks die representatief is voor het stroomgebied te simuleren. De statistische extreme-waarden-analyse wordt dan uitgevoerd op de gesimuleerde tijdreeks van neerslagafstromingsdebieten. Op basis van de resultaten van deze analyse worden daarna maatgevende hydrogrammen geconstrueerd, die verder gesimuleerd kunnen worden in het hydrodynamisch riviermodel.

Men kan een synthetische vorm zoeken waarvoor de terugkeerperiode voor elke tijdsduur wel identiek is aan de terugkeerperiode van het maatgevend hydrogram. Men spreekt in dit geval over een synthetisch samengesteld hydrogram of 'composiethydrogram'. Door zulk composiethydrogram te simuleren in het hydrodynamisch riviermodel wordt op elke plaats langs de rivier een riviertoestand met eenzelfde terugkeerperiode bekomen. Uiteraard kan zulke riviertoestand zich in werkelijkheid niet op elke plaats en op hetzelfde ogenblik voordoen. Het composiethydrogram laat dus niet toe om een 'werkelijk voorkomende' situatie te simuleren. Het is enkel een hulpmiddel om het schatten van de terugkeerperiode van een riviertoestand te vereenvoudigen. Aangezien de terugkeerperiode van een composiethydrogram geldt voor alle tijdsduren, dus ook voor het cumulatieve hydrogramvolume, kan men zelfs dezelfde maatgevende hydrogrammen gebruiken voor het gezamenlijk analyseren van meerdere indicatorvariabelen.

Voor elk deelbekken in het rivierbekken (met andere hydrologische modelresultaten) dienen afzonderlijk composiethydrogrammen opgesteld te worden. De tijdsverschuivingen tussen de hydrogrammen voor de individuele deelbekkens worden bepaald door de concentratietijden van de hydrologische deelstromen (voor de hydrogrampieken worden deze bepaald door de recessieconstanten van oppervlakte-afstroming). Deze laatste worden bepaald bij de calibratie van de hydrologische modellen. Bij het voorkomen van een dominante buirichting ($W \rightarrow O$ in Vlaanderen), bestaat er wel een gemiddelde tijdsverschuiving voor de piekneerslag. Voor de Vlaamse deelbekkens is deze evenwel verwaarloosbaar t.o.v. de uurlijkse tijdstap van de hydrologische simulatie. De tijdsverschuivingen die men minimaal doorvoert tussen de composiethydrogrammen van de individuele deelbekkens op basis van de recessieconstanten worden 'eerste-orde tijdsverschuivingen' genoemd.

Indien ook de composiethydrogrammen - die voor elke opwaartse waterlooptak afzonderlijk afgeleid zijn - worden gerout in het vereenvoudigd riviermodel dienen de afwaarts van de samenvloeiing gesimuleerde hydrogrammen overeen te komen met deze QDF-verbanden. Indien deze overschat worden door de composiethydrogrammen, dan is de ruimtelijke correlatie minder sterk dan wat ingerekend is via de concentratietijden. Meestal is de niet volmaakte correlatie van de neerslag boven de verschillende deelbekkens de hoofdoorzaak. Hierdoor treden neerslagafstromingsdebieten met dezelfde terugkeerperiode niet steeds gezamenlijk op boven de verschillende deelbekkens. Indien de afwijkingen beperkt zijn, kunnen correcties doorgevoerd worden om een betere overeenkomst van de QDF-verbanden te bewerkstelligen. De correctie kan meest eenvoudig gebeuren via een bijkomende tijdsverschuiving. Door de hydrogrampieken te verschuiven kan men afwaarts van de samenvloeiing lagere debietpieken bekomen. Uiteraard kan men met eenzelfde tijdsverschuiving niet voor alle aggregatieniveaus een goede overeenkomst bekomen met de QDF-relaties afwaarts van de samenvloeiing. Het centrale deel van het hydrogram is evenwel het belangrijkste. Deze dient een goede overeenkomst te hebben aangezien dit deel vooral de piekdebieten bepaalt onmiddellijk afwaarts van de samenvloeiing (kleine concentratietijd). Bij de praktische toetsing van de composiethydrogrammethode voor bijvoorbeeld de Dender en de Demer bleek de nodige tijdsverschuiving per samenvloeiing zich te beperken tot 1 uur, welke zich bevindt binnen de onzekerheidsmarge van de recessieconstante van oppervlakte-afstroming. De totaal doorgevoerde tijdsverschuiving tussen de composiethydrogrammen voor de individuele deelbekkens (dus de eerste-orde tijdsverschuiving aangevuld met de bijkomende tijdsverschuiving bij de correctie) wordt de 'tweede-orde tijdsverschuiving' genoemd.

5 OVERSTROMINGSKAART MET EEN TERUGKEERPERIODE VAN 100 JAAR

Het GIS wordt dus zowel als ‘pre-’ en ‘post-processing tool’ gebruikt. In eerste instantie zal het eendimensionaal hydraulisch model van de waterlopen (zonder modellering van de overstromingsgebieden) doorgerekend worden. Koppeling met het DHM zal ervoor zorgen dat de maximaal mogelijke (potentiële) overstromingszones kunnen geschat (1) en gevisualiseerd (2) worden. Voor deze zones wordt geometrie-informatie afgeleid uit het DHM (3) en in het riviermodel geïmplementeerd (4). Daarna kan de quasi tweedimensionale riviermodellering worden uitgevoerd. Een mogelijke deelmodule die als verbinding fungeert tussen het hydrodynamisch model en het DHM zal het inbrengen van de geometrie vereenvoudigen. De simulatieresultaten van het quasi tweedimensionale model kunnen dan wederom berekend (5) en gevisualiseerd (6) worden m.b.v. het GIS.

Het digitaal hoogtemodel, is het sleutelelement in de quasi tweedimensionale modellering. Niet alleen dient zij een hoge resolutie en nauwkeurigheid te hebben; er dient ook de nodige tijd besteed te worden aan controle, verificatie en eventuele verfijning van het DHM. De kwaliteit van het DHM zal in grote mate de kwaliteit van de overstromingskaarten bepalen.

De simulatie van het composiethydrogram met een terugkeerperiode van 100 jaar levert een maximale waterstand op in het hydrodynamisch riviermodel MIKE11. Deze maximale waterstanden worden nadien in een GIS (MIKE GIS v. 2005) omgeving gecombineerd met het Digitaal Hoogte Model van Vlaanderen (5x5m grid) om te komen tot de gemodelleerde overstromingskaart met een minimale overstromingsdiepte van 0.01 m. De overstromingen die op de kaarten zijn aangegeven omvatten zowel overstromingen vanuit de waterloop zelf als overstromingen omwille van afstromend regenwater/beekwater dat door opstuwing onvoldoende kan afgevoerd worden.