

Kwantificering van onzekerheden in rivieroverstromingsmodellering

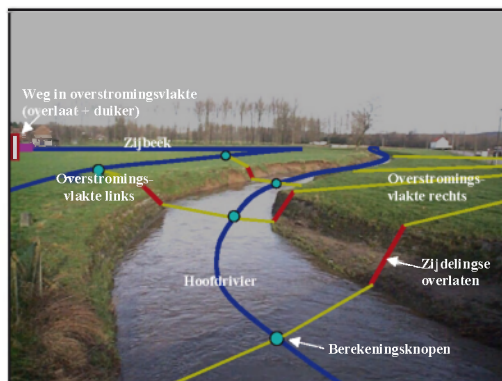
Bij de modellering van rivieroverstromingen, volgens de quasi-tweedimensionale methode zoals die door de Vlaamse wateradministraties gebruikt wordt, zijn tal van onzekerheden betrokken. In het kader van een doctoraatsstudie aan de Afdeling Hydraulica van de K.U.Leuven (Luis Timbe, 2001-2007) zijn de voornaamste bronnen van onzekerheid in kaart gebracht en gekwantificeerd voor de Dender als testcase. Ze variëren van fouten in de neerslaginvoer en de hydrologische modellering, over benaderingen in de hydrodynamische modellering en de schematisatie van de overstromingsgebieden en de oever- of dijkoverloep, tot de onzekerheden in de statistische berekeningen en de overstromingskartering via GIS. De analyse laat toe prioriteiten te definiëren voor toekomstige modelverfijning en toekomstig wetenschappelijk onderzoek m.b.t. dit type overstromingsmodellering.

Inleiding

Modellering van overstromingen en overstromingsgebieden gebeurt door de Vlaamse wateradministraties door middel van een ééndimensionaal (1D) hydrodynamisch model en een quasi-tweedimensionale (2D) modelleringmethode. De quasi-2D methode laat toe om een optimaal evenwicht te bekomen tussen modelnauwkeurigheid en rekentijd. Tweedimensionale overstromin-

gen kunnen met het 1D-systeem gemodelleerd worden, mits gebruik te maken van 2D-spatiale gegevens over de topografie langsheen het overstromingsgebied. De overstromingsgebieden worden gemodelleerd via een netwerk van (eventueel fictieve) 1D-riviertakken en overlaten met de rivier (Figuur 1; Willems et al., 2002c). Geospatiale data worden gebruikt voor zowel voor- als naverwerking bij de overstromingsmodellering.

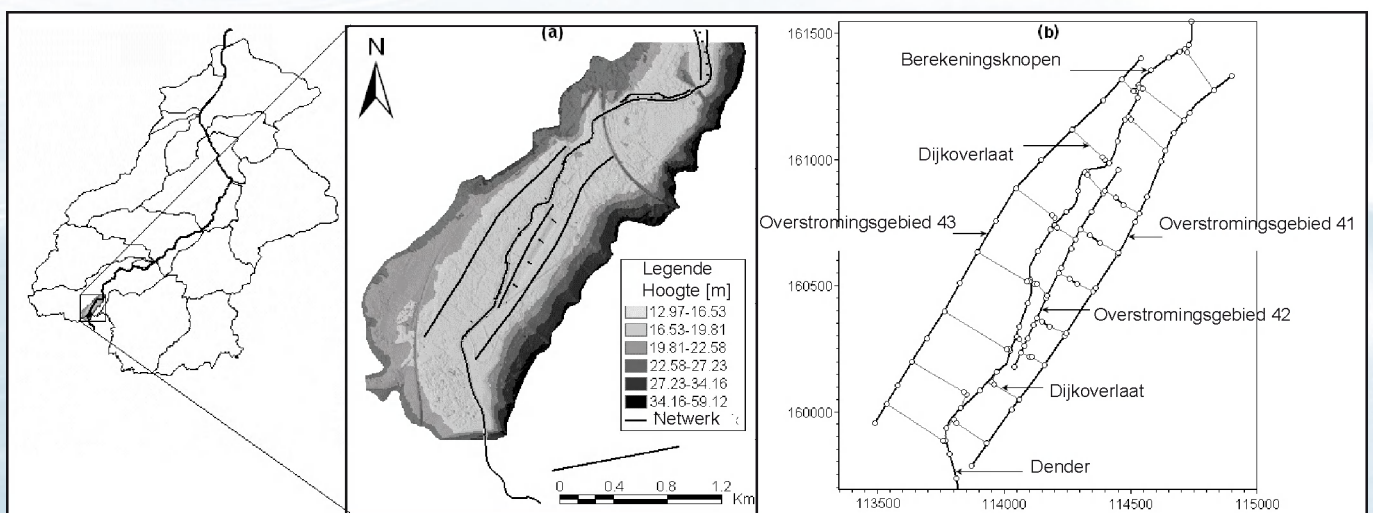
Figuur 1: Quasi-2D hydrodynamische overstromingsmodellering.



Ééndimensionale, quasi-tweedimensionale of volledige tweedimensionale modellering ?

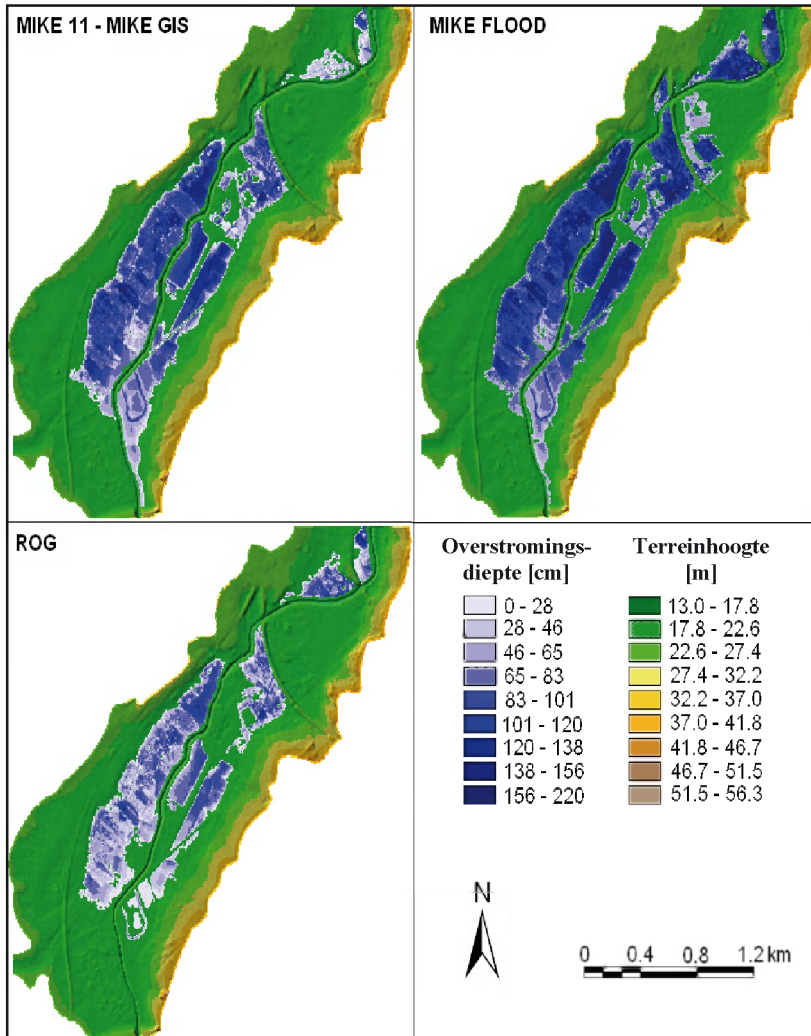
Het voorliggend artikel beschrijft de resultaten van een doctoraatsstudie aan de K.U.Leuven (Luis Timbe, 2001-2007). In deze studie is een meest efficiënte methode voor quasi-2D hydraulische overstromingsmodellering ontwikkeld en geëvalueerd voor de Dender. De evaluatie omvat de analyse van de invloed van de resolutie van het digitale hoogtemodel (DHM), de topografische resolutie van het hydraulisch model, de nauwkeurigheid in het combineren van DHM-terreinhoogten met dwarssectieopmetingen, enz. Voor het deelgebied Overboelare (opwaarts in

Figuur 2: Overstromingsgebied opwaarts langs de Dender te Overboelare: (a) het digitaal hoogtemodel en het rivierenetwerk; (b) de quasi-2D schematisatie.

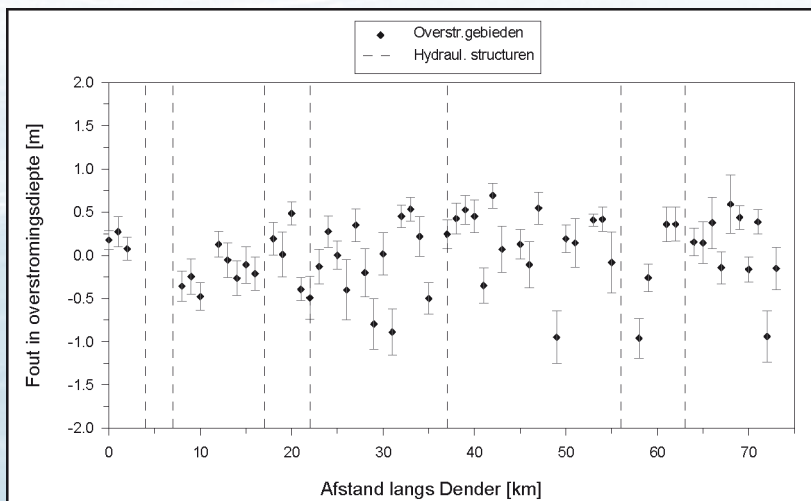


het Denderbekken) is een vergelijking gemaakt tussen een quasi-2D en een volledige 2D-implementatie op basis van de MIKE11 en MIKE21 / MIKE FLOOD riviermodelleringspakketten van DHI Water & Environment (zie de quasi-2D sche-

Figuur 3: Vergelijking maximale uitgestrektheid overstroming voor de Dender te Overboelare in december 2002: quasi-tweedimensionaal model (MIKE 11 – MIKE GIS), volledig tweedimensionaal model (MIKE FLOOD) en historische overstromingskaart Vlaamse Overheid (ROG).



Figuur 4: Modelfouten in de overstromingsdiepte (samen met de 95% betrouwbaarheidsintervallen) voor de verschillende overstromingsgebieden langs de Dender en de historische overstromingen van december 1993, januari 1995 en december 2002.



matisatie van het Overboelare-gebied in Figuur 2). De vergelijking toont aan dat beide methoden nagenoeg identieke resultaten opleveren, maar dat de volledige 2D-benadering grote beperkingen oplevert op het vlak van rekentijd. De quasi-2D aanpak wordt dus aanbevolen voor het modelleren van grote overstroombare gebieden en wanneer lange-termijn simulaties worden beoogd. Deze conclusie volgend, werd in de studie voor het volledige Denderbekken een quasi-2D hydraulisch model opgebouwd. Dit gebeurde in nauwe samenwerking met het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse Overheid (Rombaux & Willems, 2003; Vaes & Willems, 2002; Willems et al., 2002a, 2002b). Het model werd gecalibreerd en gevalideerd op basis van de simulatie van historische tijdreeksenperiodes. Gesimuleerde en opgemeten waterhoogten zijn vergeleken op- en afwaarts van de acht hydraulische regelstuwen langs de Dender. Anderzijds werden synthetische maatgevende hydrogrammen, de zogenaamde compositiehydrogrammen (Vaes & Willems, 2002; Vaes et al., 2002), afgeleid en gesimuleerd, en de nauwkeurigheid in de berekening van debiet- en hoogwaterkwantielen (bij bepaalde terugkeerperioden in het bereik van 1 tot 1000 jaar) gevalideerd op basis van een lange-termijn historische tijdreeks simulatie voor de periode 1986-2002.

Een halve meter onzekerheid op de overstromingsdiepte !

Op basis van de resultaten van de hydraulische modellering zijn overstromingskaarten aangemaakt, voor zowel de recente historische overstromingen als voor welbepaalde terugkeerperioden of voorkomingskansen op basis van de compositiehydrogrammsimulaties. Deze kaarten zijn op basis van historische overstromingsinformatie (van wateradministraties en via satellietbeelden) grondig gevalideerd (voorbeeld Figuur 3) en de totale onzekerheid in overstromingshoogten of -diepten, -oppervlakten en -volumes ingeschat (Willems & Timbe, 2002). Voor de verschillende overstromingsgebieden langs de Dender heeft de totale onzekerheid (of modelfout) op de overstromingsdiepte een gemiddelde standaarddeviatie van 50 cm (Figuur 4).

Waar komt deze onzekerheid vandaan?

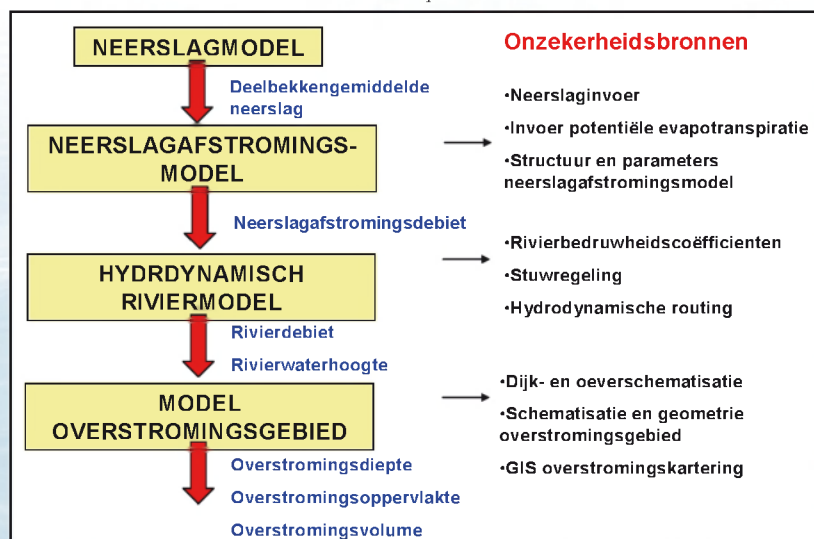
In een gedetailleerde onzekerheidsanalyse werd de totale onzekerheid in de overstromingsvariabelen opgedeeld in de verschillende bijdragende onzekerheidsbronnen. Dit is gerealiseerd door middel van gevoeligheidsanalyse via het model en propagatieberekeningen van modelfouten die afzonderlijk werden gekwantificeerd voor de neerslagafstromingsmodellering en opwaarts debiet, de ruwheid van het rivierbed (Manning coëfficiënt), de regeling van de hydraulische stuwen, de modelschematisatie van de overstromingsgebieden en de dijken, enz. (Figuur 5).

Tabel 1 geeft een overzicht van de gekwantificeerde onzekerheden voor het modelresultaat van de overstromingsdiepte in het overstromingsgebied van Overboelare (meest opwaarts overstromingsgebied langs de Dender). Zij zijn voorgesteld als de standaarddeviatie op de overstromingsdiepte, en als percentage in de totale variantie. Er is voor dit overstromingsgebied vastgesteld dat ongeveer 80% van de totale variantie in de modelresultaten langsheen het overstromingsgebied het gevolg is van de onzekerheid in de modellering van de dijken (modellering overtoppingsvolume). Reductie van deze onzekerheidsbron verdient daarom primaire aanbeveling bij toekomstig onderzoek naar overstromingsmodellering langs rivieren in Vlaanderen. De neerslagonzekerheid en de onzekerheid in de neerslagafstromingsmodellering, die door hydrologen vaak als belangrijk wordt ingeschat, blijkt wel een belangrijke bijdrage te leveren tot de totale onzekerheid in de debietsimulatie, maar deze bijdrage vermindert sterk wanneer ze wordt gepropageerd naar de waterhoogten en overstromingsvariabelen. Langs de Dender is dit het gevolg van de sterke invloed van de stuwregeling. Voor andere rivieren of meer afwaarts langs de rivier kunnen deze resultaten echter sterk verschillen.

Tabel 1: Relatieve bijdragen van verschillende onzekerheidsbronnen in de totale onzekerheid op de overstromingsdiepte langs de Dender te Overboelare.

Onzekerheidsbron	Standaardafwijking [cm]	[%]
Totale onzekerheid	30.0	100
Manning coëfficiënt	4.7	2.5
Stuwregeling	9.5	10.0
Opwaarts debiet	7.1	5.6
Schematisatie dijk- en overstromingsgebied	27.2	81.9

Figuur 5: Overzicht deelmodellen bij rivieroverstromingsmodellering, samen met de voornaamste uitvoervariabelen en de verschillende onzekerheidsbronnen per deelmodel.



Referenties

Rombauts, S., Willems, P., 2003, 'Inventarisatie, opmaak van numerieke hydrologische modellen en opstellen van compositiehydrogrammen voor het Denderbekken', Rapporten voor het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse Overheid, door Afdeling Hydraulica K.U.Leuven, april 2004, 620 p.

Timbe, L., 2007, 'River flooding analysis using quasi-2D hydraulic modelling and geospatial data', Doctoraatsthesis Faculteit Ingenieurswetenschappen K.U.Leuven, 26 juni 2007.

Vaes, G., Willems, P., 2002, 'Onderzoek naar het effect van compositiehydrogrammen voor de berekening van overstromingsvlaktes met een-dimensionale hydraulische modellen', Rapport voor het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse Overheid, door de Afdeling Hydraulica van de K.U.Leuven, maart 2002, 93 p.

Vaes, G., Willems, P., Berlamont, J., 2002, 'Selectie en compositie van representatieve hydrogrammen voor riviermodellering', Water, nr. 1, mei 2002.

Willems, P., Timbe, L., 2002, 'Flood risk and damage assessment using modelling and earth observation techniques (FAME) – Dender case report', Deelrapport 'Quasi 2D flood modelling: use of SAR information for model calibration and validation' voor de European Space Agency ESA, door Afdeling Hydraulica van de K.U.Leuven, September 2002, 72 p.

Willems, P., Timbe, L., Campling, P., 2002a, 'Dwarssectieverwerking en DTM-correctie voor quasi 2D hydraulische overstromingsmodellering: methodologie, toepassing Mike11-Dendermodel, en nauwkeurighedsanalyse', Rapport voor het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse Overheid, door de Afdeling Hydraulica van de K.U.Leuven, maart 2002, 78 p.

Willems, P., Timbe, L., Popa, D., 2002b, 'Mike11 model Dender, versie april 2002', Rapport Afdeling Hydraulica K.U.Leuven, april 2002, 131 p.

Willems, P., Vaes, G., Popa, D., Timbe, L., Berlamont, J., 2002c, 'Quasi 2D river flood modelling', In: River Flow 2002, Ed. D. Bousmar and Y. Zech, Swets & Zeitlinger, Lisse, Volume 2, 1253-1259. (ISBN 90 5809 509 6)

L. Timbe en P. Willems

Katholieke Universiteit Leuven,
Afdeling Hydraulica
Kasteelpark Arenberg 40, 3001 Heverlee (Leuven)
Tel. 016 32 16 58, Fax 016 32 19 89
E-mail: Patrick.Willems@bwk.kuleuven.be