

BESCHOUWINGEN OVER DE GROTE DOORSTEEK EN DE TIJDYNAMICA VAN HET SCHELDEBEKKEN.

Nota opgesteld door **ir. E. Smets**,
Hoofdingenieur-directeur van Bruggen en Wegen,
Directeur van het Waterbouwkundig Laboratorium.

BESCHOUWINGEN OVER DE GROTE DOORSTEEK EN DE TIJDYNAMICA VAN HET SCHELDEBEKKEN.

Nota opgesteld door **ir. E. Smets**,
Hoofdingenieur-directeur van Bruggen en Wegen,
Directeur van het Waterbouwkundig Laboratorium.

Onderhavig verslag bevat vier bijlagen ; een afzonderlijke lijst met literatuurverwijzingen is niet opgenomen, voor de continuïteit van het betoog zijn ze - waar nodig - binnen de tekst van het verslag aangeduid.

TAAKSTELLING

Op verzoek vanwege de heer Lode Hancké, Volksvertegenwoordiger en Voorzitter van de S.P.-Fractie in de Vlaamse Raad, zijn in het Waterbouwkundig Laboratorium twee onderscheiden berekeningsgangen uitgevoerd, in de zomerperiode 1992 en in januari 1993, met betrekking tot de oude idee van het einde van de vorige eeuw in verband met de Grote Doorsteek ("la Grande Coupure") in de Schelde stroomafwaarts Antwerpen, het betrof toentertijd dus een ontwerp van bochtafsnijding of een zeker rechte trekken van de Scheldebedding.

Met zijn schrijven van 4 september 1991 heeft de heer Johan Sauwens, op dat ogenblik Gemeenschapsminister van Openbare Werken en Verkeer, aan het Laboratorium de opdracht gegeven tot een beperkte studie aangaande de hydraulische implicaties van zulke hypothetische of veronderstelde Grote Doorsteek, waarbij hij tevens schrijft dat "de studie tegelijkertijd een bijdrage moet leveren tot een verbeterd inzicht in de evolutie en de gedragingen van de Schelde".

NABEREKENING OVER DE GROTE DOORSTEEK

Op het einde van de negentiende eeuw (dus in de tijd van de gedachten over een mogelijke Grote Doorsteek) kende men inderdaad de opkomst van de laboratoria voor het hydraulisch onderzoek op verkleinde fysische modellen of op de zogeheten schaalmodellen doch men was nog ver verwijderd van de opkomst van de elektronische ordinateuren of rekenmachines om de stromingsproblemen van de mechanica der fluïda vlot langs numerieke weg te kunnen oplossen. Daartoe of daarvoor moest in ons land gewacht worden tot de tijd van de Wereldtentoonstelling 1958 te Brussel en de mogelijkheden aldaar geboden door de eerste elektronische rekenmachines van I.B.M.. In de huidige moderne tijd is het dan wel redelijk even terug te grijpen naar de gestelde oude gedachte van het einde van vorige eeuw nopens een ingreep op het verloop van de Zeeschelde (zijnde de Schelde opwaarts van de Belgisch-Nederlands grens). Vandaar de hoger gebruikte bijvoeglijke naamwoorden "hypothetisch" of "verondersteld".

Het uitgangspunt voor het nu uitgevoerde rekenwerk is een gedeelte uit de licentiaatsverhandeling van de heer L. Hancké, voorgelegd bij de Vrije Universiteit Brussel in 1972, onder de leiding of het promoterschap van Professor H. Balthazar; het betreft de bladzijden VIII-1 tot 14. De verhandeling in haar geheel vormt een prachtige brok geschiedenis van de Stad Antwerpen en haar haven om en bij de vorige eeuwwisseling, ze heeft als titel "De haven van Antwerpen 1890-1914 en de zogenaamde Grote Doorsteek".

De Grote Doorsteek is geschetst in bijlage 1 van deze werknota, de bijlage is ontnomen aan de vermelde licentiaatsthesis. De Grote Doorsteek was gesteld vanaf de plaats van de huidige Van Cauwelaert- en Boudewijnsluizen tot bij de Rede van Antwerpen; zie ook een stuk actuele Scheldekaart in bijlage 2, waarop de veronderstelde Grote Doorsteek is weergegeven.

Het gebruikte ééndimensionaal hydrodynamisch-numeriek model (in afkorting een H.-N. model) voor de hier bedoelde berekeningen is hetgene ontworpen door ir. E. Laforce en beschreven in zijn verslag "Mathematisch model van het tijgebied van de Schelde. Model 331-1, 1977" en bijgewerkt wat de bathymetrie van de Schelde betreft - of de geometrie van het wiskundig model - in zijn verslag "Wiskundig model van de Schelde. Actualisatie

Sigmaplan. Model 440 - Rapport 3, 1990".

Het in het Waterbouwkundig Laboratorium door ir. E. Laforce ontwikkeld rekenprogramma is gesteund op het meest eenvoudig numeriek rekenschema voor de uitwerking van de stromingsvergelijkingen (de continuïteitsvergelijking en de dynamische vergelijking gesteund op de wet van Bernoulli), te weten de expliciete haasje-over-methode, in het Laboratorium in gebruik vanaf het einde der vijftiger jaren, ontwikkeld en terdege getoetst in de rekenactiviteiten alhier van de heren ir. G. Claeys en ir. H. Holsters.

Eéndimensionaal betekent hier dat de Schelde en elk van haar bijrivieren worden betrokken op een stroomlijn die verondersteld wordt samen te vallen met een gekozen aslijn van de rivier in kwestie.

Bijlage 3 geeft zeer schematisch een overzicht van de aan de getijbeweging onderworpen rivieren van het Scheldebekken, vanaf de monding bij Vlissingen naar uiterst opwaarts. De dwarsdoorsneden of -profielen waarin respectievelijk waterstanden z (het vertikaal getij) en stroomsnelheden u (het horizontaal getij) worden berekend, zijn op een zogeheten geschrante wijze aangeduid, omwille van de gebruikte haasje-over-methode : de berekeningspunten voor waterstanden z en stroomsnelheden u zijn namelijk verschoven ten opzichte van elkaar in een berekeningsvlak afstand x en tijd t .

De oorsprong $x=0$ van het wiskundig model is gelegen bij Vlissingen en de oriëntatie van de abscissen of afstanden x en van de stroomsnelheden u of debieten Q is positief aangenomen van Vlissingen naar opwaarts, bijvoorbeeld naar Gent toe wat de Schelde betreft.

De eindige stapgrootten Δx en Δt , in afstand en tijd, zijn onderling zodanig gekozen of bepaald dat voldaan is aan de voorwaarden voor consistentie, convergentie en stabiliteit in het numeriek rekenproces van het ééndimensionaal H.-N. model.

De geometrie van de numerieke Schelde is weergegeven in tabelvorm in de vermelde verslagen van ir. E. Laforce, voor de dwarsdoorsneden $A(z,x)$ en de kombergingsbreedten $B(z,x)$.

Het rekenwerk is in het Laboratorium op degelijke wijze uitgevoerd door de heer ing. L. Moreau, eerstaanwezend industrieel ingenieur, op de rekeninstallatie Hewlett Packard A-700.

Als uitgangsgesgevens werden, zoals vermeld, de bestanden van Model 440 voor de Actualisatie van het Sigmaplan op de Schelde genomen, ditmaal echter vertrekkend met

het gemiddeld cyclisch getij te Vlissingen als ingangsfunctie of opgelegde afwaartse randvoorwaarde waarmee het coöscillerend getij uit de zuidelijke Noordzee wordt overgedragen aan de Westerschelde. Als vergelijkingsmateriaal of als vergelijkingsbasis beschikken we inderdaad het best over een gemiddeld getijverloop in het Scheldebekken (gemiddeld over een langdurige periode), ontnomen aan het "Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1971-1980", gepubliceerd in het Tijdschrift der Openbare Werken van België, afleveringen 2 en 3 van 1984.

Uit hoofde van de geometrie hebben we dus twee gegevenstoestanden :

- 1° een oorspronkelijke actuele Schelde zoals wij ze nu kennen (een toestand T0);
- 2° een Schelde met de veronderstelde Grote Doorsteek tussen een raai Liefkenshoek-Lillo (dwarsprofiel z32) en het Steen te Antwerpen (dwarsprofiel z39), toestand T1 genaamd; zie bijlage 3 voor de verdeling van de dwarsprofielen of berekeningspunten in het wiskundig Scheldemodel.

Voor de Grote Doorsteek is de langse geometrie of het langsprofiel tussen Liefkenshoek en het Steen te Antwerpen ingekort van 14,750 km (T0) tot 12 km (T1), met een geleidelijke overgang van de dwarse geometrie (oppervlakte van dwarsdoorsnede en breedte, in functie van de waterdiepte) tussen de vermelde dwarsprofielen (dit dus zonder een bijkomende uitdieping te beschouwen), en zonder enige verdere stromingsfunctie voor de afgesneden Scheldebocht.

Twee onderscheiden berekeningsgangen werden uitgevoerd :

- 1° met reële bovendebieten, afkomstig van de bovenrivieren, die in feite gering of (zeer) klein zijn in het Scheldebekken;
- 2° met bovendebieten gelijk nul gesteld (bij de stuwen, bijvoorbeeld, in de opwaartse uiteinden van het getijgebied, waar het getij wordt tegengehouden).

Voor het gedeelte van de Schelde dat ons aanbelangt, de Antwerpse regio, zijn de verschillen in de resultaten tussen de twee berekeningsgangen onbeduidend.

De verhoging van de hoogwaterstanden bij de toestand T1 (Grote Doorsteek) ten opzichte van de toestand T0 (actuele of werkelijke Schelde) is van de orde van grootte van 5 cm bij Liefkenshoek en bij Antwerpen. De laagwaters verlagen met ongeveer dezelfde

waarde. De tijverschillen of de tijgolfhoogten zijn daarmee verhoogd met waarden van ongeveer 9 tot 16 cm, tussen respectievelijk Liefkenshoek en Antwerpen.

De invloed vanwege een veronderstelde Grote Doorsteek op de getijwaterstanden in de Schelde bij Antwerpen is dus miniem te heten; dit geldt ook voor de beïnvloeding in het opwaarts tijgebied.

Het weze zeer duidelijk gesteld dat het gebruik of de toepassing van een tweedimensionaal horizontaal H.-N. model of van een driedimensionaal H.-N. model, uitgaande van een zo volledig als mogelijk uitgeschreven stelsel van stromingsvergelijkingen, beter uitsluitsel of meer diepgaande inzichten kan opleveren in de hier behandelde problematiek, vooral met betrekking tot de gedragingen van de meanderende vaargeul binnen de meanderende Schelderivier.

De koppeling met een numeriek zandtransportmodel moet hierbij ook mogelijk zijn. Het Waterbouwkundig Laboratorium beschikt evenwel niet over deze laatste H.-N. modellen. Bij gebrek aan het nodige academisch gevormd personeel is dit uiterst belangrijk gedeelte van ons werk verloren gegaan of achterop geraakt, vanaf het einde der zeventiger jaren. Onze zusterinstelling in Duitsland, de "Bundesanstalt für Wasserbau, Aussenstelle Küste", in Hamburg-Wedel, beschikt over een dergelijk ver doorgedreven H.-N. model voor de Elbe-tijrivier (met eindige differenties en/of eindige elementen), vanaf de Duitse Bocht tot in Geesthacht. Het schaalmodel van de Elbe ligt er stil en verlaten bij ; het wordt enkel nog gebruikt voor het visueel maken van bepaalde, meer ingewikkelde stromingsverschijnselen zoals wervelbewegingen of die stromings- en golvenverschijnselen die nu algemeen worden aangeduid als "discontinuïteiten in de waterkolom". De meeste onderzoeksthema's aangaande de stromingen in de Elbe (in problemen met vaste of beweegbare bedding of bodem) worden nu aangepakt met hydrodynamisch-numerieke modellering.

Er is niet gewerkt op de effecten vanwege een Grote Doorsteek op de stormtij-indringing in de Schelde opwaarts Antwerpen; het lijkt op het eerste gezicht duidelijk dat een betrekkelijk ruwe ingreep zoals een Scheldebocht-afsnijding afwaarts de Rede van Antwerpen de stormtijwateren wel veel gemakkelijker naar opwaarts zal overdragen. Voor zulk hydraulisch onderzoek is evenwel het gebruik van een tweedimensionaal hydrodynamisch-numeriek model aangewezen of nodig.

Met betrekking tot de invloed van een Grote Doorsteek op de meanderende vaargeul, met opeenvolgende holle en bolle kronkels of over het eventuele ontstaan van een meanderend gedeelte binnen zulke Grote Doorsteek en in de aanneming van de huidige stabiele toestand van de Schelde zoals wij ze nu kennen, kan wellicht een kleine of beperkte lessenaar-studie gebeuren aan de hand van, bijvoorbeeld, twee recente werken terzake :

- 1° A.E. Scheidegger : "Theoretical Geomorphology". Third, Completely Revised Edition. Springer-Verlag, Berlin, 1991.
- 2° S. Ikeda, G. Parker (Samenstellers) : "River Meandering". American Geophysical Union, Water Resources Monograph 12, Washington, D.C., 1989.

In dit opzicht van meandergedragingen zij tevens verwezen naar de meest moderne aanpak of studie van meanderende rivierenstelsels, te weten in de fractale meetkunde ; uitgaande van de zogenoemde fractale dimensies van een rivier, en voortgaande op het werk van, bijvoorbeeld, Jens Feder : "Fractals" (Plenum Press, New York, London, 1989). Of ingaan op reeds enkele publikaties in die aard in het Amerikaanse vaktijdschrift "Water Resources Research" van de American Geophysical Union.

Hiervoor zou men evenwel moeten kunnen beschikken over een doorgedreven kennis van of over de topografische en geomorfologische karakteristieken van de opeenvolgende meandervormen in de Schelde en bijrivieren, vanaf de monding naar opwaarts in het tijgebied. Desnoods kan daarvoor worden uitgegaan van het verslag van de heren ir. J. Claessens, ir. I. Coen en ir. P. Roovers : "Topografische kenmerken van het Scheldebekken", Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout, 1978 ; alsook van meer recent kaartenmaterieel over het Scheldebekken, bij de Antwerpse Zeehavendienst.

Over het studiegebruik van de fractalen in dit gedeelte van de hydraulica bestaat in het Waterbouwkundig Laboratorium geen enkele theoretische en praktische ervaring.

Er weze nog vermeld dat een groot aantal boeiende elementen over mogelijke verbeteringswerken aan de Schelde, vooropgesteld aan het einde van de negentiende eeuw en waarbij de Grote Doorsteek, is terug te vinden in een historisch document onder de titel "Recueil de documents relatifs à l'Escaut maritime" (1907) ; waarvan de bron luidt : Commission instituée par Arrêté Royal du 31 Mai 1907 pour l' étude des questions relatives à l'amélioration de l'Escaut en rade et en aval d'Anvers, Administration des Ponts et Chaussées, Ministère des Travaux Publics, Bruxelles.

DE GETIJDENDYNAMICA IN HET SCHELDEBEKKEN

Terugkerend op de uitdrukking gesteld door de heer Minister J. Sauwens dat "de studie tegelijkertijd een bijdrage moet leveren tot een verbeterd inzicht in de evolutie en de gedragingen van de Schelde", volgt de uiteenzetting hierna waar wij echter vooreerst opmerken dat de twee hierboven vermelde berekeningsgangen uitgevoerd door ing. L. Moreau, helemaal geen inzicht kunnen geven in de tijddynamica van de Schelde ; hiertoe is meer doorgedreven onderzoek nodig zoals hieronder gepoogd wordt te verklaren. Daarbij moeten wij terugkeren in de geschiedenis, van achteren naar voren.

Wij stellen daartoe dat de Schelde eigenlijk een vlakterivier is waarvan de oppervlakte van dwarsdoorsnede alsook de zogeheten kombergingsbreedte exponentieel afnemen vanaf de riviermonding naar opwaarts in het land ; dit trechtvormig verloop is kenmerkend voor vele vlakterivieren in het noordelijk halfmond zoals de Elbe, de Thames, de Delaware, enzovoort.

Over de Schelde zijn misschien genoeg beschrijvende documenten terug te vinden "van de bron tot de monding" ; bijvoorbeeld, zuiver uit oogpunt van geografie en natuurlijk verloop. Doch op het gebied van het ons aanbelangend vakgebied hydraulica der tijrivieren, zijn de uitgevoerde studies over de Schelde eerder aan de schaarse kant te heten. Door de vele verzamelde waarnemingsgegevens gedurende decennia, is de Schelde nochtans een uiterst boeiende studiebron uit oogpunt van de dynamica der getijgolvenbewegingen in het rivierenstelsel van de Westerschelde en de Zeeschelde. Trouwens gaat het hier tevens over belangrijke en noodzakelijke studies met betrekking tot het binnendringen van stormtijgolven en de nautische aspecten bij de vaart van steeds grotere scheepseenheden in beperkte wateren en naar moeilijker haventoeegangen toe.

Wat deze getijdynamica van de Schelde betreft, speelt het langsprofiel of het bodemverloop opwaarts in de Schelde, vanaf Temse naar Gentbrugge, wel een aparte rol ; hetgeen tot uiting komt in het verloop van de verhanglijnen of de ogenblikkelijke getijwaterlijnen in de Schelderivier.

Welnu, de meest recente studie nopens de getijdynamica in de Schelde is de eindverhandeling "Analytische studie van een exponentiële getijrivier in casu de Schelde" van de heren ir. P. Beevers en ir. E. Cox, uitgewerkt bij de Faculteit Toegepaste Wetenschappen van de Katholieke Universiteit Leuven, onder leiding van de verslaggever,

tijdens het academiejaar 1981-1982. Deze studie is gesteund op Engelse, Duitse, Canadese en Amerikaanse voorbeelden en bronmaterieel.

De getijgolvenbeweging in de Schelde heeft een gemengd karakter van lopende en staande golven, waarbij de voortplanting van de hoogwaters en van de laagwaters langsheen de waterloop zich niet volgens dezelfde wetmatigheden voordoet. De lengte van de getijgolf in de Schelde is nagenoeg tweemaal de lengte van het getijgebied in de Schelde, tussen Vlissingen en Gentbrugge.

De betrekkingen tussen waterstand, tijgolfhoogte, stroomsnelheid en golfsnelheid zijn geheel verschillend voor de exponentiële tijrivier Schelde ten opzichte van de enige theoretische betrekking ter zake die enkel geldt voor prismatische kanalen of kanalen met constante dwarsdoorsnede en welke terug te vinden is in om het even welk cursus-werk over de niet-permanente stromingsverschijnselen. Deze laatste eenvoudige theoretische uitdrukking is te zien als : de gemiddelde stroomsnelheid staat in een verhouding tot de golfsnelheid zoals de golfhoogte tot de gemiddelde waterdiepte.

Een bijzondere gevolgtrekking uit deze studie Beevers-Cox is als volgt te formuleren. Afwaartse verruimingen van het dwarsprofiel (door aanleg- of instandhoudingsbaggerwerken) vergroten het hydraulisch vermogen van de invallende getijgolf wat zich, ten gevolge van het exponentieel verlopend vernauwingseffect, uit in de stijging van de tijgolfhoogten of de tijverschillen naar opwaarts toe. Het overstromingsgevaar kan hierdoor toenemen. Ten gevolge van het bodemverloop echter dat naarmate men zich naar opwaarts verplaatst, meer gaat stijgen, wordt de stijging van de tijgolfhoogte meer gedempt of afgeremd. Dergelijke beschouwingen kunnen het bestaan verklaren van een zogenoemd amplitude-maximum in de rivier (in de zin van een maximum van de dubbele amplitude of van het tijverschil of de tijgolfhoogte), dat zich situeert in het Schelde-gedeelte Hemiksem-Schelle (vroeger in de geschiedenis), Temse - St. Amands (meer recent).

Na de stormvloedramp in het Scheldebekken op zaterdag 3 januari 1976 en volgend eveneens op de kabinetsnota van donderdag 18 maart 1976 vanwege de heer ir. J. Demoen, zijn allerlei grafische elementen bij elkaar gebracht door de heer ir. A. Sterling, op dat ogenblik Directeur van het Waterbouwkundig Laboratorium, met betrekking tot de getijden in het Scheldebekken. In deze niet uitgegeven studiedocumenten (grafieken) valt op te merken dat de getijdynamica - of eenvoudiger uitgedrukt, het getijverloop - in de Schelde fel veranderd is tussen 1842 en 1976 en dat inderdaad de maxima van de tijgolfhoogten en van de hoogwaterstanden nu verder doorgedrongen zijn in de Schelde dan voorheen ; hieraan is evenwel een limiet gesteld zoals aangetoond in de studie

Beevers-Cox, in de zin dat deze maxima in de Schelde niet onbeperkt kunnen oplopen tot in Gentbrugge.

Een andere, bijzondere doch meer arbeidsintensieve weg om door te dringen in de getijdendynamica of in de evolutie van de getijdegrootheden in tijd en ruimte langsheen een trechtervormige tijrivier, wordt gegeven door een tamelijk regelmatige herhaling (alle 5 of 10 jaren) van een doorgedreven harmonische of anharmonische frequentie-analyse van de waargenomen getijwaterstandskrommen op enkele plaatsen in het Scheldebekken, volgens technieken uiteengezet en zeer duidelijk uitgeschreven in de eindverhandeling of het afstudeerwerk en in de doctoraatsthesis van de heer dr. ir. Ivar Hermans, voor welke beide onderzoekswerken de verslaggever promotor was (bij de Katholieke Universiteit Leuven) :

"Voorspelling van maritieme getijden" (mei 1985) ;

"Optimalisering van de harmonische modellering van zeegetijden met toepassing op de Belgische Kust" (juni 1990).

Deze activiteiten zijn eveneens verlopen in samenwerking met collega's van de Koninklijke Sterrenwacht van België te Ukkel.

Soortgelijk rekenwerk is enkele jaren geleden ook uitgevoerd door de heer dr. F. De Meyer van het Koninklijk Meteorologisch Instituut te Ukkel, in de ontleding van getijwaarnemingen over een betrekkelijk lange meetperiode bij het fundamenteel getijdenmeetstation te Prosperpolder op de Schelde, volgens de door hem ontwikkelde M.I.S.O.-methode (multiple input - single output), een zeer aparte ontledingstechniek aanleunend bij de systeemtheorie waarbij tevens de meteorologische invloeden of parameters betrokken worden zoals de wind en de atmosferische drukking.

De resultaten van dit onderzoek, ook enig in de geschiedenis van de Schelde-hydraulica, zijn nooit gepubliceerd. Een gebrek aan belangstelling vanuit de belanghebbende middens is hieraan niet vreemd.

Er zij nog gewezen op de mogelijkheid vormen van correlatie-bewerkingen uit te voeren tussen de getijwaarnemingen op verscheidene maregraafstations in het Scheldebekken, aangaande een verbeterd inzicht in de getijdendynamica.

Verder teruggaande in de geschiedenis, was er in 1958 de studie van de heer ir. L.

Bonnet, op vraag van en uitgegeven door het Stadsbestuur van Antwerpen, over "De bevaarbaarheid der Schelde voor zeeschepen met grote diepgang".

Deze studie is op haar beurt gesteund op het vroegere werk van ir. L. Bonnet onder de titel "Contribution à l'étude théorique des fleuves à marée et application aux rivières à marées du bassin de l'Escaut maritime" (Antwerpen, juli 1920, 336 bladzijden), gepubliceerd in het Tijdschrift der Openbare Werken van België, in de afleveringen 3, 4, 5 en 6 van 1922 en in de afleveringen 1, 2, 3 en 5 van 1923. Deze theorie van L. Bonnet, een eerste analytische studie over het tijregime in de Schelde met zogenoemde gesloten formules, werd numeriek toegepast met behulp van de rekenlat ; ook in een toepassing betreffende de Grote Doorsteek, zie daarover verder.

Op het zogeheten plan Bonnet van 1958 ter verbetering van de toegankelijkheid van het Antwerpse havengebied, werd in de periode 1959-1961 een uitstekende commentaarstudie uitgevoerd door de heren ir. H. Holsters en ir. O. D'Heygers, bijeengebracht in een inwendig verslag van het Waterbouwkundig Laboratorium (mei 1961), in twee gedeelten respectievelijk : "Kritisch onderzoek van de berekeningsmethode Bonnet voor de verbetering van de Zeeschelde" en "Nota over de studie van de heer Bonnet aangaande de bevaarbaarheid der Schelde voor schepen met grote diepgang", waarbij toentertijd reeds werd gewezen op de verwaarlozing door ir. L. Bonnet van de nautische aspecten (of facetten van belang bij de scheepvaart) bij het opvaren van de grote tankschepen, elementen die van zulkdanig groot belang zijn in deze actuele tijd.

Dit verslag Holsters-D'Heygers is een prachtig studiedocument aangaande de dynamica van tijrivieren met, bijvoorbeeld, ook de behandeling van de energiebalans van een trechtervormige tijrivier.

Ook dienen nog vermeld te worden de studieverlagen van de heer ir. H. Holsters uitgewerkt en opgesteld vanaf het einde der vijftiger jaren, gedurende ongeveer 10 jaren, gebundeld in zijn rapporten M en B over het "Scheldeprobleem" (gebundelde inwendige nota's in het Waterbouwkundig Laboratorium).

Analytische studies over de dynamica der (exponentiële of trechtervormige) tijrivieren hebben natuurlijk hun nadelen of tekortkomingen (denken wij hier slechts aan de geometrie in het algemeen en aan de weerslag van het grillig bodemverloop in het bijzonder) doch zij hebben ook belangrijke voordelen. Vooreerst nopens het fysisch

inzicht aangaande de gedragingen van de getijgolf dat men aan de hand van de gesloten formules kan verkrijgen. De effecten vanwege, bijvoorbeeld, de convergentie in de geometrie en de demping van de tijgolf, de verstrooiing van de hydraulische energie, kan men zich met behulp van de wiskundige uitdrukkingen goed voor de geest halen. Op wetenschappelijke manier kan men bepaalde globale gedragingen van de getijgolf beschrijven ; alsook is men daardoor in staat in enige mate toekomstige veranderingen in die gedragingen ten gevolge van gewijzigde randvoorwaarden of wijzigingen in de geometrie (dwarsdoorsneden, breedtes, waterdiepten), te voorspellen.

Een meer moderne aanpak, in een onderdeel van een algehele studie over getijdynamica, is voorgesteld door de verslaggever en co-auteurs in een publikatie "A new method of cubature using spline functions" (door P. Dierckx, E. Smets, R. Piessens, M. Temmerman, in Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Jahrgang 34, Heft 2, 1981).

Het betreft hier een aanpak langs half-analytische weg en half-numerieke weg, nodig of te gebruiken ook in een analytische benadering met zogeheten gesloten formules zoals bedoeld in het theoretisch werk van de heren L. Bonnet, H. Holsters, O. D'Heygers, P. Beevers en E. Cox.

In de bladzijden 295 tot 306 van zijn studieverlag van juli 1920 maakt ir. L. Bonnet een toepassing van zijn analytische theorie op het probleem van de Grote Doorsteek.

Hij beschouwt daarin wel een verdieping van de Scheldebedding van nagenoeg 2 m, vanaf de raai Liefkenshoek-Lillo tot opwaarts de Rede van Antwerpen en aansluitend een verdieping van ongeveer 1 m tot aan de Rupelmonding.

Hierdoor wijst ir. L. Bonnet op diepgaande wijzigingen in het hydraulisch regime van de stroom, bij de Grote Doorsteek of in het Antwerpse en ook naar opwaarts in het getijgebied van het Scheldebekken.

De kritiek van de heren ir. H. Holsters en ir. O. D'Heygers op het plan Bonnet 1958 (gesteund op diens ouder studiewerk van 1920) is evenwel eerder vol negatieve elementen.

Het loont dus wel de moeite, alvast vanuit academisch of wetenschappelijk oogpunt, het oud probleem van een veronderstelde Grote Doorsteek van de Schelde bij en juist afwaarts Antwerpen aan te vatten met de moderne hulpmiddelen, te weten, bijvoorbeeld, een tweedimensionaal horizontaal (of verticaal gemiddeld over de waterdiepten) hydrody-

namisch-numeriek model, met hieraan gekoppeld een eenvoudig numeriek zandtransport-model.

Het is nochtans spijtig dat in academische middens zo weinig interesse bestaat of op te wekken is voor dit ouder hydraulisch probleem over een betrekkelijk ruwe ingreep in het meanderend verloop van een tijrivier als de Schelde, waarvoor nagenoeg een eeuw geleden de toenmalige groten van de hydraulische wetenschap, zoals Georg en Ludwig Franzius, wel belangstelling aan de dag legden ; getuige daarvan de briefwisseling weergegeven in het vermelde werk "Recueil de documents relatifs à l'Escaut maritime " (1907), in de tijd van de Antwerpse burgemeester Jan Van Rijswijck.

De academische centra die beschikken over de door ons bedoelde hydrodynamisch-numerieke stromingsmodellen, zijn als volgt aan te duiden.

- In de Universiteit Luik de groep GHER (GeoHydrodynamical and Environmental Research) of "Modelenvironment", geleid door Professor J.C.J. Nihoul, op de Campus Sart-Tilman.
- In de Katholieke Universiteit Leuven, bij het Laboratorium voor Hydraulica, geleid door Professor J. Berlamont, op de Campus Heverlee.

Voor het overige, helaas, is de wiskundige modellering in de hydraulica en in de oceanografie daaraan gekoppeld, het privilege geworden van enkele studiebureaus. Vermits het hier evenwel gaat over aangelegenheden van nationaal of gewestelijk doch van openbaar belang (bescherming tegen calamiteiten als stormvloeden met dijkdoorbraken en overstromingen, veilige begeleiding van de zeescheepvaart bij ook ongunstige weersomstandigheden, milieuhydraulisch modelonderzoek voor rivieren en randzeeën), zouden zulke studies met H.-N. modellen rechtstreeks moeten behoren tot, en uitgevoerd en opgevolgd door, onze Overheidsdiensten. Indien dit niet het geval is, zoals op het huidig ogenblik, hebben de Overheidsdiensten geen enkele controlemogelijkheid meer over of nopens de berekenings- of studieresultaten uit wiskundige modellen die voor vele hydraulische toepassingen meer en meer belangrijk worden dan fysische schaalmodellen, zoals in de hydraulica van de tijrivieren en in de dynamische oceanografie.

Door personeelsgebrek in de Openbare Diensten van het Departement Leefmilieu en Infrastructuur in het algemeen en door de tanende of wegslinkende personeelsbezetting van het Waterbouwkundig Laboratorium in het bijzonder, kunnen onze Diensten deze geciteerde zo noodzakelijke onderzoekstaken niet behoorlijk vervullen of op zich nemen hetgeen bovendien alles behalve kostenbesparend is.

Daarmee dit pleidooi, en verzoekt de verslaggever in deze lijnen van onderhavige werknota, voor een lichte verandering ten gunste in deze voorgelegde materie van personeelsbezetting ten behoeve van hydraulisch onderzoekswerk in onze Openbare Diensten.

Zoniet verliezen wij ook wel - wat het Waterbouwkundig Laboratorium betreft - de betekenis van een "centre of excellence" (in academische termen uitgedrukt), en dit insgelijks tegenover bepaalde universitaire onderzoekseenheden die beginnen te fungeren of te draaien als grote studie bureaus. De Overheid is ten slotte toch gelast met alles wat de grote infrastructuurwerken aangaat : ontwerpstudie, uitvoering, opvolging en onderhoud, enzovoort.

Een instelling als het Waterbouwkundig Laboratorium van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap zou moeten kunnen beschikken over minstens één zulk numeriek stromingsmodel (in twee en/of drie ruimtelijke dimensies), om nog niet te spreken van de milieuhydraulische rekenmodellen, in eigen beheer opgebouwd en uitgebaat, en dus niet afkomstig van, bijvoorbeeld, Amerikaanse of Nederlandse instanties. De methode van de eindige elementen biedt daarbij de grote voordelen in verband met de keuze of het vastleggen van het aantal ruimtelijke dimensies. In deze rekenmethode is, bijvoorbeeld, een ééndimensionaal model gewoonweg een bijzonder geval van een tweedimensionale stromingsmodelopbouw zoals ooit is aangetoond in werk uitgevoerd onder leiding van de verslaggever, in de eindverhandelingen van ir. Filip Meuleman "Berekening van de getijdebeweging in de Schelde met de eindige-elementenmethode" (1985-1986) en van ir. Griet Vereecke "Tweedimensionale getijberekening met behulp van eindige elementen" (1985-1986).

Een prachtig studiedocument over de eigenlijke voordelen van de rekenmethode van de eindige elementen is voor de verslaggever steeds gebleven, een brief vanwege de confrater William H. McAnally, een ingenieur van het hydraulisch laboratorium van het Amerikaans Leger in Vicksburg ; deze nota is getoond in bijlage 4 aan onderhavige werknota.

Op fysische schaalmodellen kunnen ook geen windeffecten op een stromende watermassa worden weergegeven en bestudeerd. Denken wij maar aan het belang van dit feit in de navorsingen over de indringing van stormtijgolven in een getijdegebied.

Het Waterbouwkundig Laboratorium heeft daarom zulke numerieke rekenmodellen broodnodig en dient zich op dat vlak, als overheidsinstelling, onafhankelijk te kunnen opstellen ten opzichte van alle buitenstaanders. Denkend aan de hoogdagen van de zestiger jaren in deze Dienst, moge dit verslag dan ook weerklinken als een soort noodkreet of noodroep.

Gesteund op het toenmalig werk van de school van Professor W. Hansen in het "Institut für Meereskunde" van de Universiteit Hamburg, is door het eenvoudig maar baanbrekend pionierswerk van de heren ir. G. Claeys en ir. O D'Heygers, in samenwerking met ir. H. Holsters (weze het ook voor de Scheldebocht van Bath in twee horizontale dimensies, in 1967), in de zestiger jaren in het Waterbouwkundig Laboratorium een ervaring opgesteld die helemaal niet kan worden veronachtzaamd ; die wij echter niet meer waar kunnen maken en waarvan op dit ogenblik langs wellicht een verre omweg of langs een uitgesproken driftverschijnsel de studiebureaus de vruchten en dus de franken plukken, een doenwijze die - nogmaals uitgedrukt - onze gemeenschap onnodig veel geld kost.

In juli 1993 ontving de verslaggever een artikel vanwege (door gemeenzaam lidmaatschap van de American Geophysical Union) een oudere kennis sinds 1973, Professor Frank Press, Massachusetts Institute of Technology, geofysicus en één van de meest vooraanstaande en gezaghebbende Amerikaanse wetenschapsmensen van dit ogenblik ; die onder meer door zijn ontledingswerk van seismische gegevens (bij de leiding van een Antarctica-expeditie tijdens het Internationaal Geofysisch Jaar 1957-1958) de theorie heeft voor waar bevonden dat Zuidpoolland inderdaad een vasteland is en geen vlottende massa van ijs en aardpuinoverblijfselen. Hij heeft ook het baanbrekend werk verricht nopens het experimenteel aantonen van het bestaan van de eigentrillingen van de Aarde in de ruimte, na de zware Chili-aardbeving van 1960 ; zoals wij ook bij twee gelijkaardige aardschokken die eigentrillingen hebben waargenomen en opgetekend in onze diepe boorput in Heibaart-Loenhout, te weten bij de aardschok bij Anchorage (Alaska) op Paaszaterdag 28 maart 1964 en bij de aardschok op het eiland Hokkaido (Japan) op donderdag 16 mei 1968. Deze twee opnamen zijn uitgewerkt door de verslaggever en de bevindingen ter zake zijn opgenomen in de internationale vakliteratuur.

Professor F. Press is de wetenschappelijke adviseur geweest van de Amerikaanse presidenten J.F. Kennedy, G. Ford en J. Carter, daarna gedurende 12 jaren voorzitter van de Nationale Academie voor Wetenschappen van de Verenigde Staten van Amerika. Zijn geschriften vormen cursus-materieel in de Licenties Geologie en Geografie van de Faculteit Wetenschappen van de Katholieke Universiteit Leuven.

Het bedoelde en niet zo eenvoudig artikel is in feite een vraaggesprek verschenen in het tijdschrift *Physics Today* van juli 1993, pp. 61-66, van de American Physical Society.

Het betreft een algemeen werkdocument en beleidsnota over wetenschapsbeleid en algemene opleiding en over de onderlinge verbondenheid van wetenschap, technologie en economische groei, van belang misschien voor de huidige Amerikaanse problemen ter zake maar evenzeer toepasbaar op ons bestel dienaangaande, het is waarlijk een nota voor het overheidsbeleid inzake (intellectuele) vorming in het algemeen en over de samenwerking tussen de academische centra en de overheid in het bijzonder, met het oog op wetenschappelijk onderzoek plus toepassingen voor het algemeen belang waarbij dus ook economische groei.

De algehele problematiek van de Schelde is voor onze natie een aangelegenheid van algemeen en openbaar belang, dus een politiek-gebonden materie.

F. Press beklemtoont dat de wetenschapsmensen in de universitaire centra publieke fondsen verkrijgen niet enkel voor opleiding doch ook voor onderzoek.

Daarom mag het politiek gebeuren met daarbinnen zware onderzoeksthema's van nationaal (voor ons, hydraulisch) belang hun niet ontgaan, of mogen zij die thema's niet gewoonweg terzijde schuiven. Zij moeten er de nodige belangstelling voor opbrengen en wetenschappelijk onderzoek daaromtrent stimuleren, involgen, laten uitvoeren ("... since public funds are involved, scientists cannot disdain the political process", citaat uit dit boeiend wetenschapsdocument, met een werk-testament van Frank Press, bij het neerleggen van zijn hoog ambt in de Nationale Academie voor Wetenschappen).

Vandaar dat de verslaggever opkomt met de idee een universiteitskern te betrekken in een academische navorsing nopens de oude gedachte van de Grote Doorsteek, om ze op haar technische waarde na te trekken met de moderne hulpmiddelen. Het betreft hier dus geen taak voor een studiebureau doch - uit oogpunt van deontologie - wel voor een academische instelling voor wetenschappelijk onderzoek.

BESLUIT

Aan de hand van het ééndimensionaal wiskundig stromingsmodel voor het Scheldebekken is in het Waterbouwkundig Laboratorium aangetoond, dat de hypothetische uitvoering van de Grote Doorsteek, zoals gesteld op het einde van de vorige eeuw, en zonder verruiming van de dwarsdoorsnede, slechts een onbeduidende weerslag heeft op het getijregime in de Schelde bij en opwaarts Antwerpen. Op zijn minst vanuit academisch oogpunt is het nochtans aangewezen beroep te doen op een tweedimensionaal horizontaal hydrodynamisch-numeriek stromingsmodel, gekoppeld met een eenvoudig numeriek zandtransportmodel, om een nauwkeuriger onderzoek uit te voeren in verband met de hydraulische gevolgen vanwege een Grote Doorsteek, aangaande de gedragingen van een meanderende vaargeul in en bij de verlegde Scheldebedding.

Wat de getijdendynamica in het Scheldebekken betreft, kan beroep worden gedaan op andere studievormen dan de gewone zuiver numerieke modellering, zoals aangeduid is in de vorige bladzijden.

Uit het eenvoudig numeriek rekenwerk uitgevoerd door ing. L. Moreau, zijn in de zin van getijdendynamica geen bevindingen op te maken.

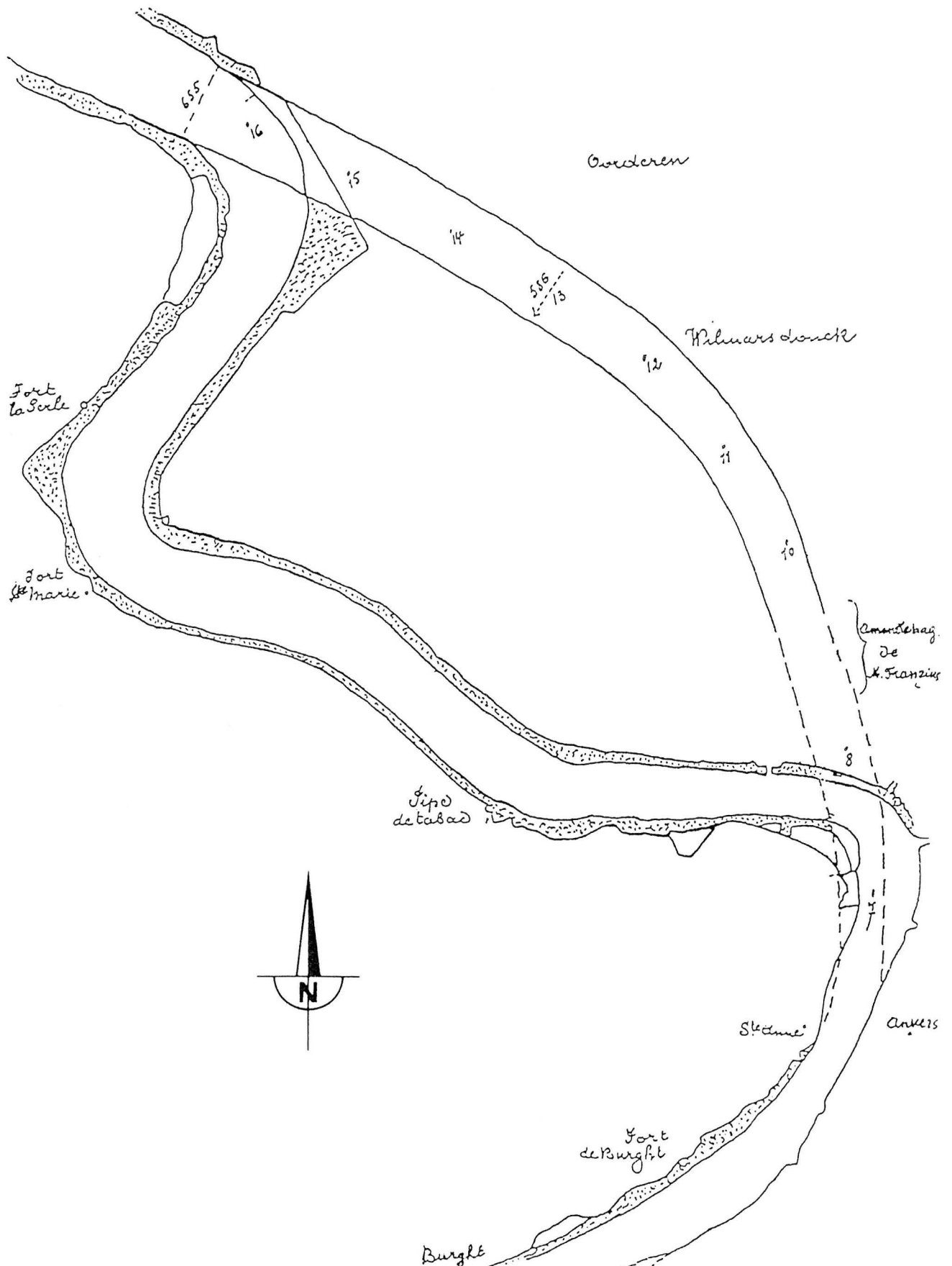
Borgerhout-Antwerpen, 18 augustus 1993.

De Hoofdingenieur-directeur van Bruggen en Wegen,
Directeur van het Waterbouwkundig Laboratorium,

ir. E. Smets.

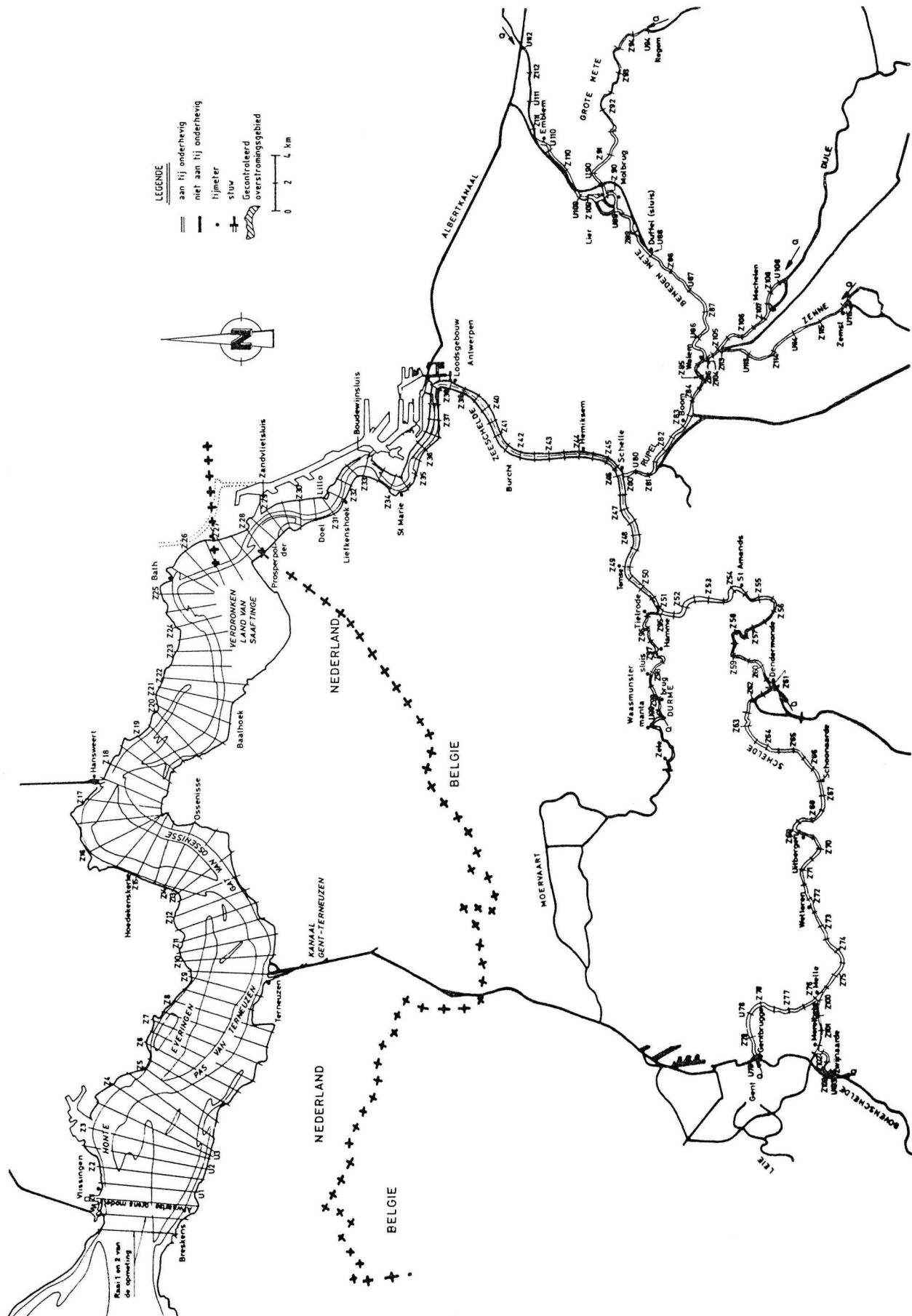


SCHESTS van de GROTE DOORSTEEK





SITUATIEPLAN van het WISKUNDIG
MODEL van de SCHELDE (Model 440)





BRIEF van 19 MAART 1985, VANWEGE
WILLIAM H. Mc ANALLY, ENGINEER (*)

(*) Estuaries Division, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Department of the Army,
Vicksburg, Mississippi, U.S.A..

Last July at the Estuary Study Group Meeting in Oxford, Jean Berlamont told me that you were interested in why I believe the finite element method to be superior to finite differences for some hydraulic modeling problems.

The following list gives what I consider to be advantages of the finite element approach.

a. Curved boundaries are represented more realistically by isoparametric element sides with continuous slopes. (Boundary-fitted coordinates in finite difference models may approach this ability soon; sacrificing, however, some of their computational efficiency.)

b. Variable resolution meshes are accommodated more easily and with fewer cases of over-resolution in space.

c. Modifications to a computational mesh are easily made after initial development of the mesh (this has been true only in the last five years). Since unforeseen mesh changes occur in most studies, this facility gives real cost and time savings.

d. Boundary condition specifications are handled in a more flexible fashion, permitting natural and essential boundary conditions to be mixed and interior boundary condition (stagnation points, inflows, or other anomalies) to be specified in a straightforward manner. Solutions near the boundaries are superior, since no artificial methods (e.g. imaginary computation points) are needed to complete the solution.

e. The solution is truly continuous (except derivatives) over the domain of interest, not averaged into blocks. This is particularly important in transport studies where comparable resolution of the concentration or flux fields in finite differences would require half an order of magnitude more computation points.

f. The persistent finite difference problem of accurately centering differences for the advective terms does not occur.

g. Mixed interpolation functions are handled easily.

Having used and observed use of a number of two-dimensional numerical models, I have concluded that some models employing the finite element method produce superior results in many cases. After observing this, I have given some thought as to why it is so. It appears that the natural strengths listed above, which are not used in all finite element models, can be tapped by careful construction of the programs. Items e - g in particular are important to the functioning of a superior numerical model.

Some of these points are obviously subject to debate. Also, some problems (e.g., water levels) are handled very adequately by almost any numerical method. As a final qualification, the skill of the person applying the model is nearly always more important to the results than is the model itself.

Perhaps this will help you to see why I view the finite element method to be the numerical modeling technique of choice in two-dimensional models. I suspect that the same will be true in three-dimensional models as well.

