

Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen

secretariaat: Johan de Wittlaan 3, Den Haag
postadres: Postbus 20906, 2500 EX DEN HAAG
tel. : 070 - 3518097/3519002
fax: 070 - 3518760

Aan de Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat
Mevrouw drs.J.M.de Vries
Postbus 20901
2500 EX DEN HAAG

contactpersoon
ir.A.W.v.d. Hoek

doorkiesnummer
070- 351 9002

datum
19 maart 1999

bijlage
1

ons kenmerk
TAW 99.21

uw kenmerk

Onderwerp
advies TAW inzake HYDRA-M

Geachte mevrouw De Vries,

Namens u is de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) gevraagd om advies uit te brengen over HYDRA-M, het nieuwe rekenmodel van Rijkswaterstaat voor de berekening van de kruinhoogten van de waterkeringen langs het IJsselmeer.

HYDRA-M is de opvolger van het oude rekenmodel PEILOF. Laatstgenoemd model bevatte een verouderde statistische methode voor de beschrijving van meerpeil en wind. Bovendien kon de berekeningswijze van het effect van dammen en ondiepe vooroevers op de waterstanden verbeterd worden. De berekeningen met HYDRA-M zijn onder meer van belang voor de thans in voorbereiding zijnde versterking van de IJsselmeerdijken in het kader van het Deltaplan Grote Rivieren.

Een belangrijke reden om advies aan de TAW te vragen wordt gevormd door het verschil in de uitkomsten tussen HYDRA-M en het oude model PEILOF. De uitkomsten van HYDRA-M zijn soms hoger en soms lager dan die van PEILOF.

Aan de TAW is verzocht in te gaan op de volgende vragen:

1. Wat is het oordeel van de TAW over de probabilistische wijze van kruinhoogteberekening?
2. Wat is het oordeel van de TAW over de binnen HYDRA-M gebruikte modellen en gegevens?
3. Zijn de onzekerheden en aannamen in het model en de effecten hiervan op de berekende kruinhoogte voldoende in beeld gebracht?
4. Hoe moet worden omgegaan met deze onzekerheden?

De probabilistische aanpak

Klassieke berekeningen bij het toetsen en ontwerpen van dijken zijn gebaseerd op de zogenaamde deterministische benadering. Hierbij wordt de onzekerheid rond elk van belang zijnde **aspect** apart beschouwd. Per aspect wordt in de berekeningen wat extra veiligheid ingebouwd. Populair gezegd wordt er van uitgegaan dat alles tegenzit. Veiligheid wordt op veiligheid gestapeld, waardoor het eindresultaat zeker aan de gestelde eisen zal voldoen.

Bij een probabilistische benadering wordt de onzekerheid rond het **eindresultaat** in kaart gebracht. Er wordt rekening gehouden met de kans dat er naast tegenvallers ook meevallers zijn. Natuurlijk moet ook bij deze benadering het eindresultaat aan de gestelde eisen voldoen.

In HYDRA-M wordt voor een deel volgens de probabilistische methode (op basis van kansverdelingen voor de belangrijkste parameters) de belasting op de dijken bepaald die behoort bij de in de Wet op de waterkering aangegeven veiligheidsnorm.

De TAW onderschrijft de gevolgde probabilistische aanpak voor de bepaling van de belastingniveau's en acht deze aanpak een verbetering ten opzichte van de benadering in het programma PEILOF.

De gebruikte kennis en rekenmodellen

In HYDRA-M zijn rekenmodellen gebruikt voor onder andere de bepaling van meerpeilstatistiek, windstatistiek, waterstromingen, golfontwikkeling, de invloed van dammen en voorlanden op golven en de golfoploop. De TAW is het in zijn algemeenheid eens met de wijze waarop de rekenmodellen zijn opgebouwd en toegepast. HYDRA-M geeft de huidige stand der techniek weer. Zoals gezegd vormen de verschillen in uitkomsten tussen HYDRA-M en PEILOF de aanleiding tot de vraag aan de TAW. De TAW constateert dat er onderzoek is gedaan naar de oorzaken van deze verschillen en dat voor die verschillen voldoende argumenten aangereikt konden worden. De verschillen, die optreden tussen de uitkomsten van HYDRA-M en die van het oude rekenprogramma PEILOF, zijn goed te verklaren vanuit de betere statistische beschrijving van de hydraulische belasting en de diverse verbeterde rekenmodellen.

Uiteraard zullen in de toekomst op verschillende onderdelen verbeteringen mogelijk zijn. In bijlage 1 wordt dit nader toegelicht. De belangrijkste verdere verbetering is te bereiken op het punt van de windstatistiek. Hiervoor zullen op meerdere plaatsen en gedurende langere perioden windmetingen moeten worden verricht. Overigens staat de beperktheid van de thans gehanteerde windgegevens het gebruik van HYDRA-M niet in de weg.

Voor de beschrijving van de waterbeweging is gebruik gemaakt van het rekenmodel WAQUA. Uit een nadere beschouwing door de TAW is gebleken dat in werkelijkheid snelle waterstandsveranderingen kunnen optreden welke niet zichtbaar worden gemaakt door het rekenmodel WAQUA. Het rekenmodel onderschat deze zogenaamde "oscillaties" systematisch. Om deze reden beveelt de TAW aan om bovenop de met HYDRA-M berekende uitkomst een toeslag toe te passen van 10 cm. Let wel, deze toeslag moet niet worden verward met eventuele toeslagen die verband houden met onzekerheden in de berekeningswijze.

Onzekerheden

Een rekenmodel zoals HYDRA-M, vormt een benadering van de werkelijkheid en bevat dus onzekerheden: enerzijds statistische onzekerheden (onzekerheden als gevolg van een gebrek aan voldoende historische waarnemingen), anderzijds modelonzekerheden (onzekerheden als gevolg van schematiseringen of een gebrek aan kennis).

In verband met vragen over het effect van de verschillende onzekerheden op de berekende kruinhoogten in HYDRA-M en over hoe hiermee moet worden omgegaan, is door de TU Delft een korte aanvullende studie uitgevoerd: 'Onzekerheidsanalyse HYDRA-M'. In de studie van de TU Delft zijn voor een tweetal locaties sommen gemaakt waarbij de invloed van de onzekerheden op de berekende kruinhoogten is bepaald. Hierbij zijn voor die twee locaties bij de gedane aannamen, onzekerheden gevonden in de orde van grootte van 4 tot 8 decimeter. Onzekerheden van vergelijkbare grootte worden gevonden bij de berekening van extreem hoge waterstanden langs de kust en op de rivieren.

De TAW heeft de uitkomst van de studie van de TU Delft vervolgens beschouwd op de manier waarmee de Deltacommissie in het verleden steeds is omgegaan met onzekerheden.

Bij het dimensioneren van dijken is sprake van onzekerheden met betrekking tot de **belasting op** de dijk (waterstanden, golven etc) en onzekerheden met betrekking tot de **sterkte van** de dijk (hoogte, stabiliteit, etcetera).

Kern van de benadering van de Deltacommissie is, dat voor de hydraulische belasting op de dijk (waterstand en golven) die bij de geldende veiligheidsnorm hoort, de gemiddelde schatting ("best guess") wordt aangehouden. De onzekerheid rondom deze schatting wordt niet vertaald in een extra toeslag op de hydraulische belasting waarmee gerekend moet worden.

Voor onzekerheden ten aanzien van de sterkte van een dijk worden in ontwerp-berekeningen wel extra reserves ingebouwd.

Doordat nu in HYDRA-M, voor wat betreft de belasting op de dijk, niet alleen met waterstanden maar ook met golfhoogte en golfperiode wordt gerekend bevat de berekening meer modelmatige stappen dan in het oude model PEILOF het geval was. Ondermeer betreft dat de omrekening van wind in golven.

Zulke modelmatige stappen hebben een onzekerheid in zich, die veroorzaakt wordt door het beperkte aantal natuurwaarnemingen en de beperkte kennis van fysische processen. In de TAW is aan de orde geweest dat de Deltacommissie haar conclusies baseerde op langjarige waterstands-metingen. Voor de toepassing van HYDRA-M in het IJsselmeer is, onder andere als gevolg van de aanleg van de Afsluitdijk, een veel kortere meetreeks beschikbaar. De methode in HYDRA-M is hierdoor gebaseerd op minder gevalideerde rekenmethoden. Overigens geldt het probleem van een korte meetreeks ook voor PEILOF.

Overwogen kan worden om de onzekerheden te verdisconteren door aan de "belasting-kant" een onzekerheidstoeslag in rekening te brengen.

Op dit moment kan echter nog niet bepaald worden welke onzekerheidstoeslag gekozen zou moeten worden. Wil men onzekerheden meenemen, dan moeten alle onzekerheden, zowel aan de belasting- als aan de sterkte-kant, gekwantificeerd worden en dat is met de huidige kennis nog niet mogelijk. Hierbij moet bedacht worden dat deze onzekerheden zowel tot onderschatting als tot overschatting leiden.

Een adequate en volledige onzekerheidsanalyse wordt pas mogelijk wanneer we verder gevorderd zijn met het onderzoeksprogramma Marsroute. In dit onderzoeksprogramma wordt gewerkt aan een nieuwe veiligheidsbenadering op basis van overstromingsrisico's en heeft het omgaan met onzekerheden nadrukkelijk een plaats.

Een en ander overziende adviseert de TAW om - overeenkomstig de wijze waarop vanaf de Deltacommissie tot op heden is omgegaan met onzekerheden - op de uitkomsten van HYDRA-M geen extra toeslagen in rekening te brengen voor statistische en modelonzekerheden.

Conclusies en aanbevelingen

De TAW is van mening dat met het rekenmodel HYDRA-M een flinke stap voorwaarts is gemaakt. HYDRA-M geeft de 'stand van de techniek' weer en vormt een duidelijke verbetering ten opzichte

van het oude rekenmodel PEILOF. HYDRA-M is, kortom, het best beschikbare instrument van dit moment om de kruinhoogten van de IJsselmeerdijken te bepalen. Het model kan ook worden toegepast voor andere wateren zoals bijvoorbeeld het Markermeer.

De geconstateerde verschillen tussen HYDRA-M en het oude programma PEILOF zijn goed te verklaren uit de betere statistische beschrijving van de belasting en de diverse verbeterde rekenmodellen.

In de toekomst zijn op diverse onderdelen verbeteringen mogelijk. De TAW is van mening dat hiertoe de komende jaren met name meer meetgegevens moeten worden ingewonnen, met name voor het verhogen van de betrouwbaarheid van de modellen die gebruikt zijn voor de bepaling van wind en het effect van wind op waterstand en golven.

In de waterstanden kunnen oscillaties optreden die niet door het waterbewegingsmodel WAQUA zichtbaar worden gemaakt. Ter verdiscontering van deze systematische fout beveelt de TAW aan om op de door HYDRA-M berekende kruinhoogten een toeslag in rekening te brengen van 10 cm.

Wat betreft het omgaan met onzekerheden adviseert de TAW, conform de in het verleden gevolgde aanpak, bovenop de uitkomsten van HYDRA-M op dit moment geen toeslagen in rekening te brengen voor statistische en model-onzekerheden. De TAW meent dat het onderzoek naar de overstromingskansen en -risico's in ons land (het marsroute-onderzoek), het aangewezen kaders is om het omgaan met onzekerheden in te passen in de nog (verder) te ontwikkelen veiligheidsbenaderingen.

Ik hoop met bovenstaande uw vragen naar genoegen te hebben beantwoord.

Hoogachtend,

ir. W. van der Kleij,
voorzitter TAW

Opmerkingen bij gebruikte kennis en modellen in HYDRA-M

Meerpeilstatistiek:

Voor de opstelling van de meerpeilstatistiek is gebruik gemaakt van metingen (over periode van 20 jaar) en van synthetische (door een model berekende) meerpeilen. Deze laatste zijn bepaald met het model BEKKEN. De TAW onderschrijft deze aanpak. Gemiddeld onderschat het model BEKKEN weliswaar de jaarlijkse extreme meerpeilen met 3 cm, maar dat wordt in het kader van HYDRA-M als acceptabel klein beschouwd.

Windstatistiek:

Het gebruikte Rijkcoort-Weibull model is het beste model van dit moment voor de bepaling van de windstatistiek. De aanbeveling van het RIZA om het model te baseren op langere meetreeksen moet worden uitgevoerd, maar intussen kan het huidige model met voldoende vertrouwen worden gebruikt.

Kanttekening hierbij is dat het Rijkcoort-Weibull model alleen de statistiek voor de potentiële windsnelheid van Schiphol geeft en de ruimtelijke variatie. Dit is nog niet de directe invoer voor de modellen WAQUA en HISWA. Ten behoeve van deze invoer worden in HYDRA-M vrij ondoorzichtige rekenslagen gemaakt om de potentiële windsnelheden uit het Rijkcoort-Weibull model om te zetten naar lokale rekenwindsnelheden op de roosterpunten. Onderzoek en metingen in de komende jaren moeten leiden tot een verbetering van de genoemde omzetting. De TAW onderschrijft in dit kader van harte het inmiddels gezamenlijk door RIZA en KNMI gestarte onderzoek terzake.

Modellering waterbeweging:

Binnen HYDRA-M wordt voor de modellering van de waterbeweging gebruik gemaakt van WAQUA. Ook dit model ziet de TAW als het meest geschikte model voor dit moment. WAQUA is binnen HYDRA-M op een goede manier toegepast. Door toevoeging van een gevoeligheidsanalyse met name voor de invloed van de grootte van de gebruikte tijdstap (bv. 1 i.p.v. 5 min) en de middelingsduur van de wind (10-min gemiddelde i.p.v. uur-gemiddelde) zou het rapport aan kwaliteit en overtuigingskracht kunnen winnen. Tevens zouden vergelijking met metingen in het verleden hiervoor wenselijk zijn.

Uit nadere bestudering van metingen is gebleken dat er oscillaties optreden in de waterstand, die niet zichtbaar worden gemaakt door het waterbewegingsmodel WAQUA. Derhalve beveelt de TAW thans aan om ter verdiscontering van oscillaties, op de kruinhoogte een toeslag toe te passen van 10 cm. Het betreft hier de verdiscontering van een systematische fout. Dit staat los van het in rekening brengen van onzekerheden. Voor de langere termijn zijn metingen en nader onderzoek nodig om het model WAQUA op dit punt te verbeteren.

Modellering windgolven:

Voor de modellering van de windgolven is gebruik gemaakt van het model HISWA. De TAW onderschrijft het gebruik van dit model. Belangrijkste actie binnen HYDRA-M terzake was het bepalen van geschikte parameterinstellingen waarmee de golfrandvoorwaarden voor de IJsselmeerdijken kunnen worden bepaald. Deze instellingen wijken af van de standaardinstellingen. Alhoewel de wetenschappelijke verantwoording en de gevolgde onderzoekslijn te wensen overlaat, zijn de bepaalde parameterinstellingen wel bruikbaar. Ze leveren hogere golven op dan bij de standaardinstellingen en representeren daarmee een veiligere situatie. De betrouwbaarheid van de resultaten lijkt echter niet significant te zijn toegenomen ten opzichte van het gebruik van de standaardinstellingen uit het verleden.

De komende jaren moeten onderzoeksinspanningen worden gepleegd om de gekozen instellingen te toetsen.

Ten aanzien van de instellingen is in HISWA aanvankelijk uitgegaan van maximale golfhoogten van 35% van de waterdiepte. Uiteindelijk is gebleken dat een percentage van 40 tot 50% beter in overeenstemming zou zijn met de werkelijkheid. De instellingen zijn hierop aangepast. De TAW beveelt aan dit o.a. op basis van metingen in het buitenland te verifiëren. Zo is terzake onderzoek uitgevoerd door Young en Verhagen in Australië op het ondiepe Lake George.

Modellering golven over dammen en ondiepe voorlanden:

De opzet om de invloed van dammen en ondiepe voorlanden mee te nemen voordat de golfloop of -overslag wordt bepaald is goed. De onzekerheid rond de invloed van dammen is op zich groot, maar voor het huidige HYDRA-M is het belangrijker dat het effect ervan in rekening wordt gebracht dan dat het effect nauwkeurig bekend is. Door waarnemingen en onderzoek kunnen deze onzekerheden worden verkleind.

De TAW is het eens met de wijze van modellering van de invloed van ondiepe voorlanden in HYDRA-M met ENDEC-berekeningen. Er bestaat onzekerheid over de juistheid van normale ENDEC-berekeningen bij een zeer flauw voorland (flauwer dan 1:100). In HYDRA-M is hiervoor een zelfde soort aanpassing gedaan als bij de golfgroei in HISWA. Dit geeft een veilige (hogere) golfhoogte, maar in de toekomst is nader onderzoek nodig. Hiermee is de TAW van mening dat de golfvorming over ondiepe voorlanden op een juiste manier worden berekend.

Modellering golfloop/overslag:

In HYDRA-M is voor de modellering van de golfloop en -overslag gebruik gemaakt van de golfloopformules van de TAW waarover binnenkort een Technisch Rapport Golfloop/overslag zal verschijnen. Dat rapport zal de basis vormen voor alle golfloop/overslagberekeningen in Nederland.

In HYDRA-M zijn de formules voor het merendeel geprogrammeerd in een module. Hierbij vervalt het ingenieursoog, hetgeen inhoudt dat alle mogelijkheden en situaties van tevoren onderkend moeten zijn. Dit leidt meestal tot programmatische uitwerking van procedures die verder reiken dan het Technisch Rapport. Voor een aantal onzekerheden binnen het Technisch Rapport is binnen HYDRA-M extra veiligheid ingebouwd. Het is van belang dat er in Nederland een uniform programma bestaat voor de berekening van golfloop/overslag. Voorsnog wordt het golfloopmodel binnen HYDRA-M hiervoor aangezien.

Het ophoopmodel in HYDRA-M is minder geschikt om een 'on gebruikelijk' golfbeeld te verwerken zoals dat ontstaat op een zeer ondiep voorland en bij taluds met meerdere bermen. In de toekomst is nader onderzoek nodig, en ook al gepland voor 1999, naar een betere beschrijving van de ontwikkeling van golven op ondiep voorland en de beschrijving van meervoudig gebroken taluds. Met die nieuwe inzichten zal de golfloopmodule verder kunnen worden verbeterd.