

Plan Beaufort 2014

Redundant* beschermen tegen extreem hoogwater

29 juni, 2014

Ing. G.A. Beaufort



**Redundant wordt hier gebruikt in de betekenis van 'fail-safe'. Daarmee wordt aangegeven, dat bij het (bijna) falen van bijvoorbeeld een dijk, geen voor de mens gevaarlijke situatie optreedt omdat een back-up systeem het gevaar opheft.*

Inhoud:

Waarom dit document?

Voorwoord (ontbreekt nog)

1. Samenvatting
2. Plan Beaufort
3. De zeven kunstwerken en dijkversterkingen

Aanbeveling (ontbreekt nog)

CV Ing. G.A. Beaufort

Waarom dit document?

Nederland beschermen tegen extreem hoogwater kan en moet veel beter. **Nu wordt aan redundantie* geen aandacht geschonken en dat is gevaarlijk. Plan Beaufort** geeft zicht op redundantie van ons gehele hoogwaterbescherming systeem van rivieren, meren, dijken, en zee **als één samenhangend geheel.**

Als Nederland moeten we een waterbouwkundige reputatie op wereldniveau handhaven. Dit plan draagt daaraan bij door twee verborgen gebreken te benoemen en die als kans benutten om nieuwe kennis en kunde te ontwikkelen waardoor onze waterbouwkundige reputatie geconsolideerd wordt. Door het toepassen van redundantie wordt een robuust en flexibel watersysteem gecreëerd. Het wordt optimaal regelbaar, is op essentiële delen zeer sterk maar vooral redundant. En daardoor ook toekomstbestendig.

Juni 2014, Ing. G.A. Beaufort

**Redundant wordt hier gebruikt in de betekenis van 'fail-safe'. Daarmee wordt gewoonlijk aangegeven dat bij het falen van het systeem (bijvoorbeeld een remsysteem van een auto of een medische apparaat) geen voor de mens gevaarlijke situatie optreedt omdat een back-up systeem de functie overneemt.*

1. Samenvatting

Plan Beaufort voor redundante* veiligheid tegen overstroming

Plan Beaufort is een redundant plan voor veiligheid tegen overstroming waarbij het Nederlandse rivieren-, meren- en dijksysteem als één samenhangend geheel wordt beschouwt. “Redundant” betekent dat als één onderdeel bezwijkt, de back-up van het geheel de falende functie overneemt. Concreet in dit plan: bij een dreigende- of echte dijkbreuk langs IJssel, Beneden-Rijn, Lek of IJsselmeer, kan daar de hoeveelheid rivierwater worden verminderd. Om dit mogelijk te maken moet door de Waal meer water naar zee kunnen stromen.

We leven op een tijdbom. Als maatgevend hoogwater optreedt komt die twee meter hoger dan in het “Rampjaar” 1995. Toen al traden zandmeevoerende wellen op en moesten 250.000 mensen worden geëvacueerd. Op plaatsen waar in 1995 zandmeevoerende wellen dicht achter de dijken optraden zullen ze zeker doorbreken als maatgevend hoogwater nu optreedt. Bovendien zijn er geen mogelijkheden om bij de dreiging van dijkdoorbraken het rivierwater om te leiden en veilig naar zee te laten stromen.

Er zal nú iets aan onze dijken en dijksystemen moeten gebeuren om een ramp te voorkomen. Daarvoor moet redundantie ingebouwd worden. Denkend aan de materiële schade, de doden en niet te vergeten de emotionele schade die overstromingen met zich mee brengen is de ramp vergelijkbaar met die van 1953.

Dit is waar Plan Beaufort over gaat: Nederland nog veiliger maken.

Professor Veerman geeft aan dat in 2050 18.000 m³/s Rijnafvoer en 1,00 m zeespiegelrijzing verwacht kan worden. Omdat het minstens 50 jaar duurt om het dijksysteem opnieuw te ontwerpen, voor te bereiden, te bouwen en het toetsysteem te verbeteren, net zo lang als het nu geduurd heeft sinds de watersnoodramp in 1953, is het van belang daar tijdig mee te beginnen: een van de strategische speerpunten van het Plan Beaufort.

Plan Beaufort kijkt verder dan de huidige hoogwaterbeschermingsprogramma's en de adviezen waar de deltacommissaris in september 2014 mee komt. Beiden zijn wellicht robuuster dan eerdere plannen maar niet redundant.

De huidige situatie van verbeteringen omvat slechts een gedeelte van wat uiteindelijk nodig is om Nederland écht veilig te maken. Technisch gezien voldoet het huidige systeem niet aan de meest basale en toetsbare norm die voor risicovolle industrieën als luchtvaart, chemische bedrijven, de olie-industrie en kernenergie gelden. In de luchtvaart zou het ondenkbaar zijn toestellen te laten vliegen met een soortgelijk veiligheidssysteem dat we nu hebben voor de hoogwaterbescherming.

**Redundant wordt hier gebruikt in de betekenis van 'fail-safe'. Daarmee wordt gewoonlijk aangegeven dat bij het falen van het systeem (bijvoorbeeld een remsysteem van een auto of een medische apparaat) geen voor de mens gevaarlijke situatie optreedt omdat een back-up systeem de functie overneemt.*

Plan Beaufort gaat over bescherming tegen extreem hoog water omdat dat de hoogste prioriteit heeft voor het functioneren van onze maatschappij, zodat ook onze kinderen en kleinkinderen straks de voeten droog houden.

De maximale belasting die onze dijken kan weerstaan is 12.000 m³/s, (opgetreden in 1993 en 1995.) Ons hele dijken- en kunstwerkensysteem is nog nooit belast onder extreme omstandigheden van 16.000 m³/s, waardoor onderzoek nodig is om aan te tonen dat het daaraan wel voldoet.

De huidige ontwerputgangspunten voldoen niet aan moderne eisen van risicobeperking voor overstroming omdat er geen redundantie is ingebouwd:

- Bij een dijkdoorbraak of een hogere rivieraanvoer dan maatgevende rivierafvoer, bezwijkt het systeem. Er is geen mogelijkheid ingebouwd om de waterstand te verlagen.
- Als de waterberging bij gesloten stormvloedkeringen vol is stromen de dijken over. Er is immers geen nooduitgang voor het nog steeds toestromende rivierwater.

In beide gevallen zijn er geen mogelijkheden om schade te voorkomen of te beperken. Een zodanig belangrijk systeem in stand houden zónder redundantie is gevaarlijk.

Rivierverruiming en dijkversterkingen zoals die wordt toegepast, zijn ontoereikend als oplossing voor de twee genoemde tekortkomingen.

Hoe kunnen we het dijken- en rivierensysteem robuust en redundant maken en in welke stappen doen we dat om op korte termijn een zo groot mogelijk veiligheidsrendement te krijgen?

Hiervoor acht ik zeven extra kunstwerken* noodzakelijk. Door deze kunstwerken wordt de rivierafvoer in geval van dreigende dijkdoorbraak gestuurd en kan water via de Haringvlietspui sluizen op zee worden geloosd, óók bij gesloten stormvloedkeringen (zie kaart). Dijken langs de belangrijkste afvoerroute van rivierwater van de Rijn en de Maas naar zee worden extra verhoogd, versterkt en overslagbestendig gemaakt.

Deze werken zouden als overdreven maatregelen geïnterpreteerd kunnen worden, ware het niet dat ze op langere termijn toch nodig zijn. Om de Neder-Rijn en Lek te ontzien, vanwege stijgende zeespiegel en om het huidige peil van het IJsselmeer te kunnen handhaven. Ook Dordrecht kan tijdelijk worden ingepolderd.

Door deze zeven kunstwerken en extra dijkversterkingen aan te leggen wordt snel redundantie bereikt en niet pas later na een (bijna) overstroming (zie kaart). Hierdoor bereiken we een samenhangend robuust en redundant geheel van dijken en kunstwerken dat Nederland veilig maakt.

In dit plan is het mogelijk de onderdelen te testen met een relevante proefbelasting. Door de

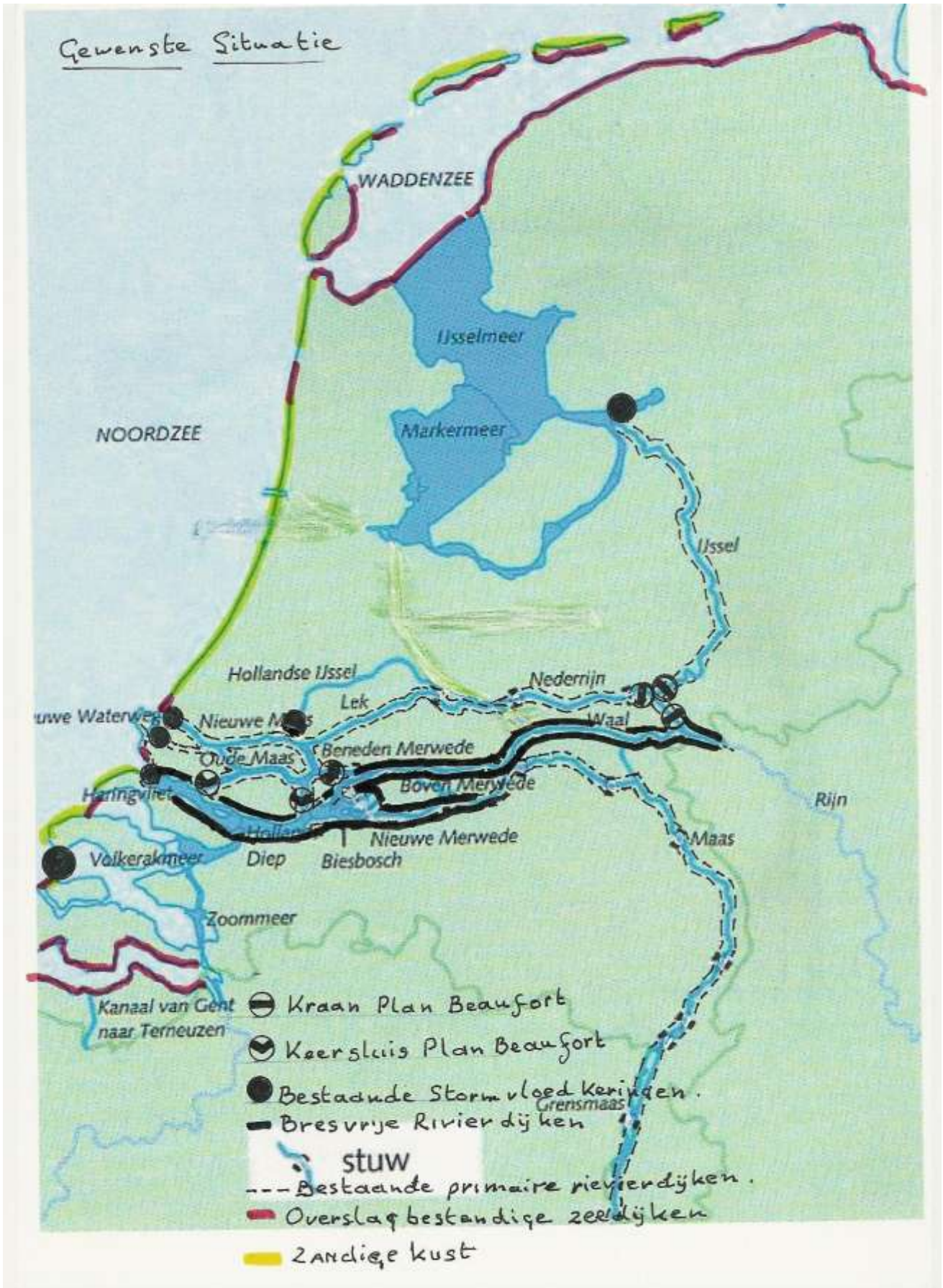
* 'kunstwerk' is het waterbouwkunde algemene woord voor constructie of bouwwerk zoals een sluis of een stormvloedkering.

extra 'regelkranen' en keersluizen te benutten kan water naar één riviertak of gebied worden geleid waar dan de waterstanden geleidelijk worden verhoogd tot aan de ontwerpbelasting.

Bij het huidige systeem wordt dat als geheel slechts bij extreme omstandigheden 'getest' zonder dat de dijken en kunstwerken zich van te voren 'bewezen' hebben.

In de industrie is het toestaan en het gebruik van een risicovol systeem (kinderzitjes voor in de auto, medicijnen, vliegtuigen) zonder een daadwerkelijke proefbelasting of uitvoerige testen op veiligheid verboden. Waarom gebeurt dat dan niet bij bescherming tegen overstroming?

De zeven kunstwerken (constructies of bouwwerken) van Plan Beaufort zijn: een tweede stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg, drie 'regelkranen' in de bovenrivieren, één bij Pannerden, de IJsselkop en de ingang van de Beneden-Rijn en drie keersluizen in de benedenrivieren: de Beneden-Merwede, Dordtse Kil en Spui. Een deel van de rivierdijken is weergegeven door een dikke lijn. Die dijken hebben extra versterking en verhoging nodig om ze meer water te kunnen laten afvoeren en ze bresbestendig te maken om zo de functionaliteit van het gehele systeem te verbeteren. Onder verwachte extreme omstandigheden maar ook als het ergens mis gaat of bijna mis gaat, kan er ingegrepen worden door water tegen te houden en een andere kant op te sturen waardoor het beheerst en dus veilig en onder natuurlijk verval via de Haringvlietspuisluizen naar zee kan afstromen.



2. Plan Beaufort

Waarom Plan Beaufort?

In iedere grote en belangrijke constructie -of het nu het wegennet, het vliegverkeer, het aardgasleidingennet of een olieraffinaderij is-, moet een bepaalde mate van robuustheid en redundantie zijn ingebouwd om veilig te kunnen functioneren.

De maatschappij is afhankelijk geworden van dit soort risicovolle bedrijven, vaak op een ongekend grote schaal. Om systemen die daarbij gebruikt worden veilig te laten functioneren zijn regels en systemen bedacht die ook steeds weer verder worden verbeterd, maar meestal pas na een ernstig ongeluk. Bij het programma 'aircraft investigation' wordt die voortgaande zoektocht naar verbetering voor het vliegbedrijf als documentaire gebracht. Dat programma geeft mooi weer wat het belang is van leren van fouten en hoe complex dat is. Dat leren dient meerdere doelen: herhaling van gemaakte fouten voorkomen, bestaande ontwerpen verbeteren en nieuwe ontwerpmethoden ontwikkelen.

Ons wegensysteem is ook zo'n grote technische installatie. Als er een ernstig ongeluk gebeurt waardoor een weg wordt afgesloten, of een brug weigert, dan is er sprake van falen van een deel van dat grote systeem. Redundantie is vanuit de klant (de automobilist) de mogelijkheid om een andere route te nemen. Vanuit de beheerder (Rijkswaterstaat) is redundantie de mogelijkheid van wegomleidingen, noodbediening voor bruggen, handbediening en reparatie.

Er is nu geen redundantie in het hoofdwatersysteem van primaire waterkeringen op systeem niveau. Bij individuele objecten als een stormvloedkering of schutsluis is wel in en bepaalde mate van redundantie voorzien.

Redundantie op systeemniveau is nodig om in geval van een dreigende of werkelijk opgetreden falen (dijkdoorbraak, stormvloedkering die niet sluit) maatregelen achter de hand te hebben waardoor de maatschappelijke gevolgen beperkt blijven en niet leiden tot grootschalige ontwrichting zoals dat bij iedere overstroming tot nu toe vaak gebeurt.

Dit is wat Plan Beaufort behelst: het systeem van primaire waterkeringen moet niet alleen robuust maar ook redundant gemaakt worden. Het is té belangrijk om het met alleen een robuust systeem te doen zoals nu voldoende wordt geacht.

Het systeem van primaire waterkeringen wordt beschouwd als één samenhangend geheel. Omdat alle onderdelen van de primaire waterkeringen door de mens gebouwd zijn wordt het gezien als een technische constructie met een lengte van 3.800 kilometer.

Wat als we zo doorgaan?

Doorgaan met de huidige oplossingen zo goedkoop mogelijk uitvoeren op basis van geavanceerde modelberekeningen, waarbij het te berekenen veiligheidsgetal als maatgevend

aangehouden wordt, is gezien de ontwikkelingen van risicobeperking in de industrie niet meer van deze tijd. Het niet tijdig aanpassen van het veiligheidsdenken op het juiste schaalniveau heeft wereldwijd al laten zien wat er ook kan overkomen: totale maatschappelijke ontwrichting door een 'onverwachte' gebeurtenis.

Wat gebeurt er als er meer dan 12.000 m³/s water via de Rijn ons land binnenstroomt? Eén ding is zeker: daar is geen ervaring mee. Te denken dat alle dijken 4.000 m³/s meer afvoer aan kunnen, is té optimistisch. Immers, worden de dijkbeheerders nu al in staat van paraatheid gebracht bij 8.000 m³/s, (de helft van de 16.000 m³/s dat nu als getal voor de maatgevende hoogwaterstand wordt aangehouden voor de Rijn). Hoeveel het in werkelijkheid zou kunnen worden, weten we niet. De Commissie Veerman adviseert om van 18.000 m³/s uit te gaan in 2050.

Als er iets mis gaat met een dijk, zijn er nu geen maatregelen mogelijk behalve zandzakken stapelen en zeilen op het buitentalud aanbrengen. Plus evacueren, maar daar is veel tijd voor nodig en dat kan niet meer als de calamiteit zich voltrekt.

Het ontwerp van het systeem dat we nu hebben en dat theoretisch amper voldoet bij een maatgevende waterstand van 16.000 m³/s (of 18.000 m³/s), zonder een echte proefbelasting, is op het randje voor het omgaan met het grootste risico dat we in Nederland lopen, dat van een overstroming.

Wat kunnen we doen?

Het Nederlandse hoofdwatersysteem dat ooit via natuurlijk verloop zijn weg vond, is geheel kunstmatig geworden. Het is nu een leidingen- en reservoirsysteem. De grote rivieren met hun dijken zijn daarbij de leidingen, het IJsselmeer, het benedenrivierengebied en de Zuid Hollandse en Zeeuwse wateren zijn reservoirs (van beperkte omvang) en de zee is een reservoir van oneindige omvang. Vanuit deze blik worden kansen zichtbaar om het systeem toekomstbestendiger, robuuster en redundant te maken. Dat is aanvullend op de activiteiten van de hoogwaterbeschermingsprogramma's en de adviezen van de Deltacommissie omdat die zich beperken tot een geringe mate van robuustheid.

Plan Beaufort beschrijft de twee systeembeperkingen, en komt met suggesties voor oplossingen.

Plan Beaufort legt uit waarom het huidige systeem niet goed genoeg is en adviseert hoe het zowel robuuster en redundant kan.

In de veiligheidsbenadering van een technisch systeem moeten juist die hypothetische gebeurtenissen als overbelasting of lokaal falen gebruikt worden om systemen door te lichten en robuust en redundant te maken. Van een gedegen ontwerp moet daarom uitgerekend worden in welke mate veiligheid geboden wordt (en of dat voldoende is), zowel voor het persoonlijke- als het groepsrisico.

De waterstanden worden nu op centimeters nauwkeurig uitgerekend en daar worden verbeteringswerken op gebaseerd. Voor een robuuste benadering is dat onvoldoende omdat er veel onzekerheden in de sterkte, de belasting en in de berekeningen en modelleringen zijn waarmee rekening gehouden moet worden. Om redundantie te bereiken moeten maatregelen mogelijk zijn als het fout gaat. Daarom moet bij het heroverwogen ontwerp van het primaire waterkeringensysteem als geheel zowel de robuustheid als de redundantie worden toegepast.

Redundantie via Plan Beaufort

Het sturen van rivierafvoeren.

De **eerste** kans om redundantie in te voeren in het systeem van de grote rivieren is het sturen van de rivier afvoerverdeling.

Er is nu slechts ervaring met opgetreden Rijnafoeren tot 12.000 m³/s, (in 1926, 1993 en 1995). Vergeleken met de huidige maatgevende afvoer van 16.000 m³/s of de toekomstige van 18.000 m³/s (zoals Veerman aanbeveelt), is dat gering te noemen. Toch traden er in 1993 en 1995 bij 12.000 m³/s al problemen op die 40 jaar onopgelost gebleven waren, zoals zandmeevoerende wellen (ofwel 'piping'). Gezien het grote percentage niet goedgekeurde dijken - en mijn vermoeden dat er ook onterecht dijken zijn goedgekeurd - moet aangenomen worden dat bij optredende afvoeren boven 12.000 m³/s tot 16.000 m³/s (of zelfs 18.000 m³/s) ernstige nog niet gebleken mankementen zullen optreden, (de waterstanden worden immers per 1.000 m³/s extra ongeveer 0,35 m hoger). Nu wordt de strategie van handhaven van de natuurlijke rivierwaterverdeling toegepast waardoor bij extreme waterstanden alle dijken in principe gelijk belast worden. Doorgaan met deze benadering vind ik onverantwoord.

Om in te kunnen grijpen als er ergens iets fout gaat of dreigt fout te gaan met de dijken langs het Pannerdensch Kanaal, de IJssel, de Beneden-Rijn, de Lek en het IJsselmeer, kunnen regelbare kunstwerken - die zonodig de hoeveelheid doorstromend water kunnen beperken - in de rivier worden gebouwd. De meest logische plaatsen voor deze 'regelkranen' zijn de drie riviersplitsingspunten: bij Pannerden en bij Arnhem in de IJssel en de Beneden- Rijn.

Concrete invulling van redundantie in Plan Beaufort voor rivierwaterstandverlaging.

Door middel van een 'regelkraan' kan de IJsselafoer beperkt worden tot nul. Dit geeft redundantie in twee noodsituaties: bij een dreigende of echte dijkbreuk langs de IJssel of om de toestroming van water naar het IJsselmeer te beperken als dat gevaarlijk hoog dreigt te worden. Het tegengehouden water, (1/9 van de Rijnafoer - bij 18.000 m³/s is dat dus 2.000 m³/s) moet via de Waal ongehinderd naar zee kunnen stromen. Om de waterstand op het Pannerdensch kanaal niet te hoog te laten worden, moet het regelwerk bij Pannerden die hoeveelheid water naar de Waal sturen.

Het reguleringswerk in de Beneden-Rijn kan de watertoevoer naar de Beneden-Rijn en Lek en naar Dordrecht en Rotterdam beperken. Omdat door die riviertak 2/9 van de Rijnafoer naar zee gaat, zou bij het volledig afschermen er 4.000 m³/s extra door de Waal gestuurd moeten worden (die dan 16.000 m³/s te verwerken zou krijgen). Verwacht wordt dat met een

vermindering van 2.000 m³/s voldoende redundantie wordt bereikt om zowel de dijken te ontlasten als de instroom van water naar Dordrecht en Rotterdam te verminderen (als dat gebied tijdelijk wordt afgesloten bij gesloten stormvloedkeringen).

Het moge duidelijk zijn dat de drie regelwerken Pannerden, IJsselkop en Beneden-Rijn elkaars functioneren beïnvloeden. Ze zijn ook deels elkaars back-up. In het meest bovenstrooms gelegen kunstwerk bij Pannerden worden twee schuiven achter elkaar geplaatst. Ingeschat wordt dat de twee reguleringswerken in IJssel en Beneden-Rijn voldoende hebben aan één schuif om tot een optimale robuustheid en redundantie van de drie ‘regelkranen’ te komen.

Concrete invulling van redundantie in Plan Beaufort voor de kans onafhankelijk worden van rivierwateropslag in het benedenrivierengebied.

De **tweede** belangrijke kans om redundantie aan te brengen is de afhankelijkheid opheffen van een beperkte bergingscapaciteit van rivierwater tijdens gesloten stormvloedkeringen.

Opslag van het continue doorstromende rivierwater in het benedenrivierengebied is nu nodig als de stormvloedkeringen, inclusief de Haringvlietspuisluizen, vanwege een stormvloed op zee gesloten zijn. Doordat de opslagcapaciteit beperkt is kunnen de stormvloedkeringen maar 35 uur gesloten blijven. Bij een langere sluitduur gaan dijken overstromen.

Plan Beaufort biedt een oplossing waarbij opslag overbodig wordt door de bouw van keersluizen in de Beneden- Merwede, de Dordtse Kil en het Spui. Door de drie keersluizen te sluiten worden Rotterdam en Dordrecht gevrijwaard van het stijgende rivierwater. Omdat het water op het Hollands Diep en het Haringvliet blijft stijgen (wat de bedoeling is), kan het naar zee blijven stromen via de open staande Haringvlietspuisluizen. De dijken langs die wateren moeten hoger worden om dat mogelijk te maken.

Door het vervallen van de noodzaak voor opslag kunnen de stormvloedkeringen net zo lang dicht blijven als noodzakelijk. Bij blijvende onzekerheid over de randvoorwaarden en de voorspelde klimaatverandering, is het opheffen van deze systeembeperkende eigenschap noodzakelijk. Het levert een veel degelijker en redundanter systeem op tegen overstromen op dan in plaats van het in meer opslagcapaciteit zoeken -die altijd beperkt blijft. Om rekening te houden met de onzekerheid over zeespiegelrijzing en de onzekerheden in rivierafvoer is het vrij kunnen lozen op zee via de Haringvlietspuisluizen een belangrijke uitlaatklep die blijvend kan worden toegepast als redundante maatregel.

Deel van de rivierdijken bresbestendig maken

De dijken langs de Waal, Merwede, Nieuwe-Merwede, Hollands Diep en Haringvliet moeten verhoogd worden en bresbestendig gemaakt om de toegenomen riviercapaciteit en bijbehorende hogere waterstand veilig te kunnen keren. Ook een deel van de dijken langs de Maas moeten worden verhoogd vanwege de doorwerking van hogere waterstanden die rivier op.

Tweede kering Nieuwe Waterweg

Om robuustheid en redundantie voor het kunnen afsluiten van de Nieuwe Waterweg te realiseren is een tweede stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg voorzien. Dit tweede kunstwerk werkt samen met de huidige Maeslantkering die daardoor niet alleen veiliger wordt. Daardoor wordt ook het maatgevend hoogwater in het Rotterdamse aanzienlijk lager.

Zandige kust, zand blijven toevoegen

De zandige kust, duinen, strand en vooroever, worden sinds 1991 onderhouden door zandsuppleties. Jaarlijks wordt systematisch 6 miljoen m³ zand op de kust aangebracht om erosie te compenseren en sinds het jaar 2000 zelfs 12 miljoen m³, om extra sterkte op te bouwen ter compensatie van zandverliezen in het verleden en om voorbereid te zijn voor de versnelde zeespiegelrijzing. Een nog robuustere oplossing is zandsuppletie in combinatie met benutting van de natuurlijke kustboogvormen en langere strekdammen loodrecht op de kust. De robuustheid wordt daardoor groter en de afhankelijkheid van regelmatige zandsuppleties kleiner.

Zeedijken overslagbestendig maken

Zeedijken worden incidenteel maximaal belast door een hoge waterstand die veroorzaakt wordt door stormvloed in combinatie met hoge golven. Om zeedijken robuust en redundant te maken is naast voldoende hoogte en sterkte daarom de overslagbestendigheid onontbeerlijk. Lokaal wordt hier al aandacht aan besteed maar het is belangrijke deze beleidslijn algemeen in te voeren.

Hoe verder?

Plan Beaufort gaat er vanuit dat de nieuwe Deltawet voldoende ruimte biedt om onderzoek te doen en te streven naar robuustheid en redundantie van het gehele systeem. Doorgaan op de huidige weg en naar robuustheid op deelsysteemniveau te kijken, is voorbijgaan aan de structuur en samenhang van het geheel. Doorgaan met gelimiteerde rivierwateropslag in het benedenrivierengebied bij gesloten stormvloedkeringen en een niet regelbare rivierafvoerdeling is voor een groot technisch systeem van dijken, meren en zee onverantwoord.

Regels voor robuustheid en controle.

In de technieken voor bouw en controle van technische leidingensystemen zijn meerdere technieken en systemen beschikbaar om robuustheid in het watersysteem te verwezenlijken. Het toepassen van het HAZOP*, -een verplichte methode om de leidingen in de olie industrie veilig te maken, te inspecteren en te modificeren.

**Een 'Hazard and Operability study' (HAZOP) is een gestructureerd systematisch onderzoek van een gepland of bestaand proces, onderneming of project, met de bedoeling problemen te onderkennen of te verhelpen en die bevindingen te evalueren die bedreigingen vormen voor mensen en de installatie zelf waardoor effectieve bedrijfsvoering of de omgeving gevaar loopt.*

Dit systeem is geschikt te maken voor de veiligheid met dijken en kunstwerken.

Resumé

Plan Beaufort gaat uit van het complete hoofdwatersysteem van Nederland inclusief de regelonderdelen en ziet het als één samenhangend dijken-, duinen- en waterwegennetwerk. Vanuit dat standpunt hebben we een prima basis om er een samenhangend, robuust en redundant geheel van te maken.

Voor redundantie zijn zeven nieuwe kunstwerken nodig die rivierafvoeren kunnen sturen en beheersen. Dijken langs de Waal, Merwede, Nieuwe Merwede, Hollands Diep, Haringvliet en Maas moeten worden verhoogd en versterkt. Door deze maatregelen kan bij extreme omstandigheden het rivierwater zonodig worden tegengehouden als er ergens een dijkdoorbraak dreigt of is opgetreden. Daardoor blijft het systeem als geheel functioneren terwijl tegelijkertijd de schade beperkt blijft.

Doordat de extra kunstwerken slechts bij extreme omstandigheden worden ingezet, hebben ze geen negatieve invloed op de scheepvaart, de natuur en de afvoer van water- en sediment. Noot: op de zoutindringing via de Nieuwe Waterweg wordt nog gestudeerd.

Tot slot een aantal onderzoeksvragen rondom Plan Beaufort 2014:

- Welk niveau van robuustheid en redundantie is er nodig voor het totale systeem van beschermen tegen extreem hoogwater in Nederland?
- Hoe werkt redundantie in het systeem door, zowel in veiligheid (investeringen) als in (vermeden) schade?
- Welke vervolgstudies zijn zinvol na de Delta-adviezen van 2014 om via integratie van Plan Beaufort voor maximaal maatschappelijk rendement?
- Passen de voorstellen voor redundantie in de Deltawet?
- Hoe wordt door een beter regelbaar rivierensysteem de veiligheid sneller bereikt en echt verbeterd?
- Hoe werkt onafhankelijk worden van de tijdelijke rivierwaterberging door in veiligheid en de kapitaalsinvestering?
- Hoe werkt robuustheid door op de veiligheid? (op individueel- en groepsrisico)
- Hoe werkt redundantie door op de veiligheid? (ontwerpen voor 16.000 m³/s of 18.000 m³/s, en dan nagaan wat er gebeurt bij 19.000 m³/s en daarvoor eventueel al wat te doen zoals grondreserveringen?)
- Hoe breed moet de Waal worden om geen opstuwning te hebben die bovenstrooms doorwerkt in Duitsland als we er ‘regelkranen’ en dergelijke in willen zetten? (m.a.w. hoe groot moet een volgende slag ‘Ruimte v d Rivier’ zijn en is dat zinvol?)
- Welke formele kennis kan geëxtraheerd worden door het begrip redundantie toe te passen bij Veiligheid tegen Overstromen?

3. De zeven kunstwerken en dijkversterkingen

Hierna treft u een eerste schets aan van de zeven kunstwerken, in de waterbouwkundige betekenis van constructies of bouwwerken, en de extra dijkversterking waarvan de noodzaak eerder werd uitgelegd. De genoemde functionele eisen en de keuze van het kunstwerktype is arbitrair en voorlopig. De keuze wordt gestuurd door de functionele en technische eisen van robuustheid en redundantie.

Algemeen

Om redundantie te bereiken op individueel kunstwerkniveau zijn een aantal maatregelen mogelijk die al vaak worden toegepast: dubbel uitgevoerde stroomtoevoer uit twee openbare stroomnetten die onafhankelijk van elkaar zijn, een lokale noodstroomvoorziening d.m.v. een handgestart aggregaat, mechanische koppeling van hijsinstallaties aan beide zijden van een schuif, contragewichten waardoor in geval van nood op handkracht gesloten kan worden, afstandbediening gecombineerd met lokale bediening enz.

Extra versterking van dijken waar geen omleiding van water naar zee mogelijk is, of waar veel meer water gekeerd moet kunnen worden omdat andere rivieren ontlast moeten worden, vergt bijzondere aandacht. Hoe bouw je in die dijken robuustheid en redundantie in?

Vaak gaat het bij het bereiken van een grote sluitbetrouwbaarheid van kunstwerken over technische details die wezenlijk zijn. Om een paar voorbeelden te noemen: dubbel uitvoeren van schuiven, schuiven over rollen laten bewegen, bewegende delen zo veel mogelijk boven water toepassen enz.

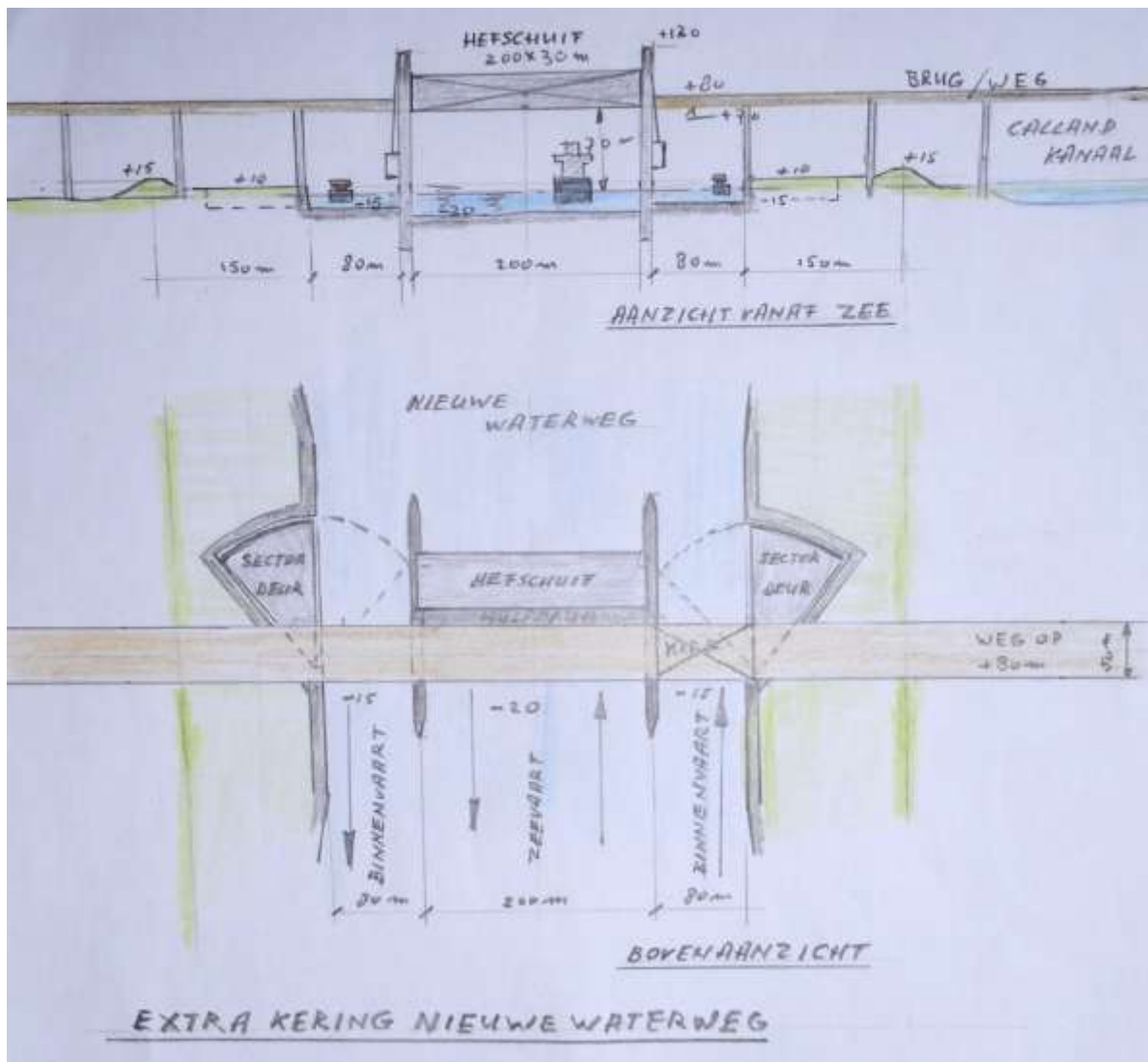
De argumentatie die gehanteerd is voor de voorlopige keuze van het type afsluitmiddel of schuif: in de kleinere openingen sectordeuren omdat die kunnen openen en sluiten bij stroming en verval en een onbeperkte doorvaarthoogte bieden. Ze zijn constructief gevoeliger dan hefschuiven omdat ze rondom een verticale as draaien met één draaipunt onder water en vanwege onderhoud, de deuren zelf bevinden zich immers grotendeels permanent onder water. Voor de grote openingen gaat de sterke voorkeur uit naar hefschuiven omdat alle bewegende delen zich in de open situatie of ruststand permanent boven water bevinden en er een mechanisch koppeling mogelijk is van de twee hijsmechanismen aan weerszijden van de schuif. Nadeel is beperking van doorvaarthoogte.

De zeven kunstwerken zelf:

Extra stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg

Voor de extra kering achter de Maeslantkering zijn de functionele eisen een hoge sluitbetrouwbaarheid voor een hoge veiligheid, snel kunnen sluiten en openen om de

scheepvaart weinig te hinderen en een doorvaarthoogte waardoorheen alle zeeschepen nu en in de toekomst kunnen passeren. De totale doorvaartbreedte is 360 m, net als die van de Maeslantkering. Vanwege de grote breedte is gekozen voor drie doorvaartopeningen: een middenopening van 200 m voor twee richtingen zeevaart en twee zijopeningen voor de binnenvaart van elk 80 m.



Voor de grote opening is gekozen voor een hefschuiif van 200 m breed met een doorvaarthoogte van 70 m. De schuif zelf heeft een hoogte van 30 m.

In iedere doorvaartopening voor de binnenvaart wordt één sectordeuren toegepast. Boven één van deze openingen wordt een basculebrugdeel ingebouwd om echt onbeperkte doorvaarthoogte te handhaven voor bijzondere transporten. Het kunstwerk kan indien gewenst voorzien worden van een brede weg op een hoogte van NAP +80 m.

In dit kunstwerk worden vier lagen van systemen om te sluiten aangebracht om lokale redundantie te maximaliseren: automatisch sluiten op basis van waterstanden, op afstand bediend sluiten, met de hand lokaal bediend sluiten en met de hand lokaal bediend sluiten volgens een noodprocedure.

‘Regelkraan’ Pannerden

Dit kunstwerk moet een deel van het doorstromende rivierwater kunnen tegenhouden vanwege een aantal functies: ontlasten dijken IJssel en Beneden-Rijn en Lek, ontlasten ‘kranen’ IJsselkop en ingang Beneden-Rijn als die gebruikt worden.



Binnenscheepvaart, water en sediment mag onder normale omstandigheden geen hinder ondervinden van deze ‘kraan’. Gekozen is voor twee hefschuiven achter elkaar vanwege de noodzakelijke hoge sluitbetrouwbaarheid en functie als achtervang van de twee andere ‘kranen’.

‘Regelkraan’ IJssel

Dit kunstwerk kan de dijken van de IJssel ontlasten en het peil van het IJsselmeer regelen door de hoeveelheid water van de IJssel te verminderen.

Gekozen is voor een enkele hefschuif omdat de ‘kraan’ Pannerden een deel van de functie over kan nemen als sluiten onverhoopt niet lukt.



‘Regelkraan’ Beneden-Rijn

Dit kunstwerk kan de dijken van de Beneden-Rijn en Lek en het waterpeil van het benedenrivierengebied bij Dordrecht - Rotterdam bij gesloten stormvloedkeringen helpen beperken door de hoeveelheid water die doorgelaten wordt te verminderen. Gekozen is voor een enkele hefschuif omdat de ‘kraan’ Pannerden een deel van de functie over kan nemen als sluiten onverhoopt niet lukt.

Drie keersluizen in het benedenrivierengebied.

Algemeen

De drie keersluizen in het benedenrivierengebied moeten rivierwater tegen kunnen houden als dit gebied tijdelijk moet worden ingepolderd bij langdurig gesloten stormvloedkeringen aan zee en een tegelijkertijd optredende hoge rivierafvoer. Naast beschermen van het leeuwendeel van het gebied tegen te hoog water wordt zo de waterstand op het Haringvliet en

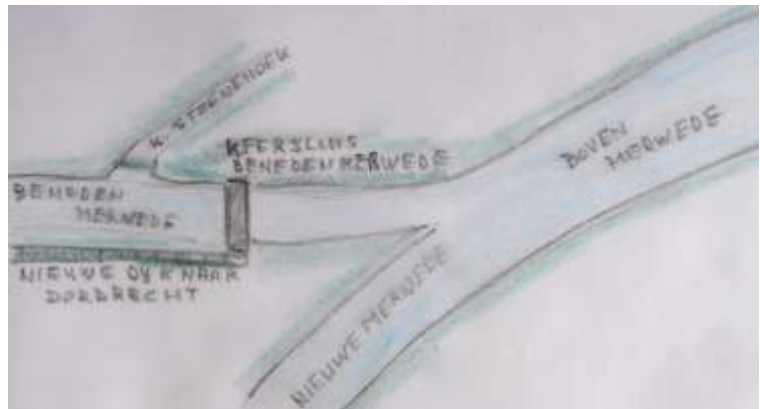
Hollands Diep hoger waardoor langer op zee gespuid kan worden via de Haringvlietspuisluizen. Voorlopig is gekozen voor een keermiddel of schuif.

Om de bergingscapaciteit voor rivierwater in het benedenrivierengebied te kunnen blijven benutten moeten de drie keersluizen voorzien worden van waterinlaat- mogelijkheden. Voor de eenvoud van de constructies heeft het de voorkeur dat te doen door middel van kleppen of schuiven in de deuren van de keersluizen. Een kleine sectordeur toevoegen voor dit nevendoel is een optie.

De keersluis Beneden Merwede

De locatie van deze keersluis is gekozen aan het begin van de Beneden- Merwede omdat dan een groot deel van de bebouwing en industrie langs deze rivier beschermd kan worden tegen extreem hoogwater op de rivier door sluiting van de keersluis.

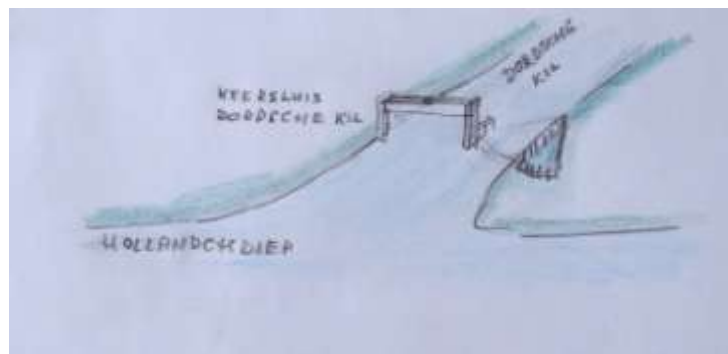
De keersluis wordt op de zuidoever van de Nieuwe Merwede door een nieuw aan te leggen dijk verbonden met het eiland van Dordrecht.



Scheepvaart, ook nieuwbouw van werven langs de Merwede, water en sediment moet onder normale omstandigheden kunnen passeren. Voorlopig is gekozen voor een hefdeur die een hoge doorvaarthoogte heeft, geschikt voor de nieuwbouw zeeschepen. Het kan zijn dat twee sectordeuren beter geschikt blijken bij nadere uitwerking.

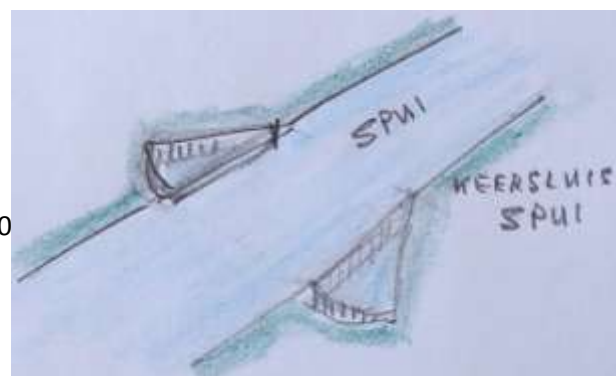
Keersluis Dordtse Kil

Bij de monding van de Dordtse Kil in het Hollands Diep wordt een keersluis gebouwd met twee deuren, een hefschuif van 120 m lengte en een sectordeur van 80 m om de zeevaart naar Moerdijk door te laten. Voor de locatie keuze moet rekening gehouden worden met de nabijgelegen HSL tunnel onder de Dordtse Kil.



Keersluis Spui

In het Spui, aan de Haringvlietzijde, wordt een keersluis gebouwd met twee sectordeuren



van 30 m. Zodoende kan de hoge recreatievaart ongehinderd passeren. Vanwege de beperkte hoeveelheid scheepvaart in dit vaarwater en de sterke stromingen die erosie veroorzaken zou een keersluis een afsluitdam met schutsluis een alternatieve oplossing kunnen zijn.

Extra dijkversterkingen

Extra versterking van dijken waar geen omleiding van water naar zee mogelijk is, of erger waar veel meer water gekeerd moet kunnen worden omdat andere rivieren in noodsituaties ontlast moeten worden, vergt bijzondere aandacht. Het betreft hier alle rivierdelen benedenstrooms van Pannerden via de Waal via de Haringvlietspuisluizen naar zee en een deel van de Maas. Hoe bouw je in die dijken robuustheid en redundantie in?

Robuustheid kan worden vergroot door de veiligheidsfactoren te vergroten en de hoogte en sterkte fors over te dimensioneren. Door tevens te kiezen voor bresbestendige (misschien zelfs overstromingsbestendige dijken) wordt redundantie ingebouwd waardoor de afhankelijkheid van de juistheid van het aangehouden maatgevende hoogwater afneemt. Zodoende kan langs die rivierdelen waar in geval van nood veel meer water doorheen wordt gestuurd voldoende robuustheid en redundantie worden verkregen.



CV Beaufort, dijkgerelateerd

Ing. Gé A. Beaufort werkte bij Rijkswaterstaat van 1969 tot zijn pensioen in 2010. Begonnen bij het Schelde- Rijnkanaal met dijken en baggerwerk. De Stormvloedkering Oosterscheldekering volgde met het ontwerpen van- en de aanleg van de drempels. Vanaf 1985 werkte hij aan de dijken voor de pomp-accumulatie-centrale met dijkhoogten van 25 m tot 100 m. Vervolgens aan dijkversterkingen te Sliedrecht, dijken bij Ramspol en het ontwikkelen van het kostenberekeningsstelsel voor dijkverbeteringen in heel Nederland, het ISOS project. Hij gaf bij de postacademische cursus van de TU Delft, het onderwerp 'modern dijkontwerp' en gaf een college van een dag per studiejaar over dijkontwerp aan de Universiteit Twente.

Uitgeleend aan ingenieursbureaus werd gewerkt aan de afsluitdam Saemangeum in Zuid Korea, het ontwerp van de afsluitdam in de Golf of Khambhat India, waterprojecten in Kenia, kustverdediging in Nicaragua en de Nederlandse oplossing voor de veiligheid van New Orleans. Momenteel is hij als gast verbonden aan Deltares, afdeling veiligheid.