

9.5 - 201

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA DELFT
Tel. 015 - 699111

Notitie: WBA-M-88139

file: Kampen.001

van : ir Peter Struik, ir Dico C. van Ooijen
Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
m.m.v. Drs.ir.J.K.Vrijling, Dir. Sluizen en Stuwen.
aan : Rijkswaterstaat, Dir. Overijssel
datum: 88-10-24

Betreft: Hoogwaterkering Kampen
t.p.v. 'IJselfront'.

Inleiding.

De regionale directie Overijssel heeft de Dienst Weg- en Waterbouwkunde verzocht te bezien of zij een bijdrage kan leveren aan de onderbouwing van de minimaal gehanteerde waakhoogte van 0,50 m. in het stedelijke gebied van Kampen.

Daarbij zou tevens aangegeven dienen te worden op welke wijze een reductie van de minimaal gehanteerde waakhoogte verkregen kan worden.

De vraag komt voort uit het gevoelen dat een bestraat en bebouwd gebied als het rivierfront van Kampen bij gelijke 'kruin'hoogte, sterker is dan een 'groene dijk' met normale afmetingen, terwijl in de praktijk geen onderscheid wordt gemaakt tussen de gehanteerde waakhoogten bij de verschillende waterkeringen.

Tevens is verzocht de notitie van drs.ir.J.K.Vrijling die door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen als voorbeeldnotitie is aanvaard, bij de aanpak te betrekken.

Huidige vigerende beleid t.a.v. waakhoogte.

In de huidige richtlijnen, zowel als in de huidige praktijk wordt de minimale waakhoogte gesteld op 0,5 m. Deze minimale waakhoogte dient gezien te worden als een 'onzekerheidsbuffer', waarin onzekerheden in de sterkte en in de belasting worden opgevangen, zodat met een bepaalde grote zekerheid (= een bepaalde kleine onzekerheid) de sterkte groter is dan de belasting.

In veel gevallen zal de waakhoogte overigens groter zijn dan de minimale waakhoogte. Dit is o.a. afhankelijk van de golfhoogte voor de waterkering en de buitendijkse vorm van de waterkering.

Voorgestelde aanpak.

In deze notitie wordt een aanpak gehanteerd die niet overeenkomt met het huidige vigerende beleid.

In feite worden redenen aangegeven waarom in dit geval de waakhogte lager kan c.q. hoger dient te zijn dan in routinegevallen wordt gehanteerd.

Allereerst wordt getracht een afweging te maken tussen de sterkte (impliciet wordt veiligheid in de sterkte-kant meegenomen) van een 'groene dijk', zoals die boven- en benedenstrooms van Kampen voorkomt, en de waterkering in het bebouwde gedeelte van Kampen tussen de Bovenhaven en de Jachthaven Buitenhaven.

In het vervolg van de notitie wordt dit bebouwde deel 'IJsselfront' genoemd.

Vervolgens wordt getracht de aangegeven meer-sterkte van het IJsselfront t.o.v. de 'groene dijk' om te zetten in een reductie van de hoogte van de waterkering, waardoor een lager IJsselfront even sterk zou zijn als een naastliggende groene dijk.

Daarbij treden een aantal complicaties op die aangegeven zullen worden.

Daarna wordt m.b.v. een hoogwaardige (tweede orde) kansberekening conform de in de inleiding genoemde T.A.W-notitie aangegeven hoe groot de waakhogte bij Kampen zou moeten zijn afgaande op onzekerheden in de aannamen. De onzekerheden zullen daarbij worden aangegeven.

Er wordt een uitwerking van de aanpak gegeven met waarden zoals deze in de huidige discussie over waakhogten worden gehanteerd.

Hieruit worden conclusies getrokken over de minimaal te hanteren waakhogte.

Als laatste worden overwegingen gegeven waarom juist ter plaatse van een omgeving als het IJsselfront bij Kampen een hoger sterkte/veiligheidsniveau gewenst is dan in buitengebieden.

Als denkmodel voor de versterking van de waterkering is uitgegaan van een waterkering in de directe omgeving van de huidige waterkering. Daarbij is voor de berekening van overloop en golfoverslag uitgegaan van verticale constructies (b.v. damwand), die zich ten zuiden van de brug achter de bebouwing van het IJsselfront bevinden en ten noorden van de brug vóór de bebouwing. (i.v.m. golfaanval)

Uitwerking.

Een 'groene dijk' wordt ontworpen met een kruinhoogte van maatgevend hoogwater (verder MHW) plus de waakhogte.

Deze waakhogte is gelijk aan de berekende maximale golfoploophogte met een minimum van 0,5 m.

In het gedeelte waar de waterkering in de toekomst achter de huizen van het IJsselfront ligt wordt ervan uitgegaan dat geen noemenswaardige golfwerking zal optreden. Hier wordt dan ook uitgegaan van de minimale waakhogte van 0,5 m.

In formule: $H_{\text{kruin}} = \text{MHW} + 0,5 \text{ m.}$

Overigens geldt deze 0,5 m. uitsluitend wanneer de golfoploop beneden deze waarde blijft en de loodrecht aankomende golven derhalve minder hoog zijn dan ca. 0,2 m. bij een 1:3 talud, of minder dan ca. 0,4 m. bij een verticale wand.

Evenwijdig aan het IJsselfront lopende strijkgolven dienen ook minder dan ca. 0,4 m. hoog te zijn.

Berekeningen hebben aangetoond dat tussen de brug en de buitenhaven, waar de waterkering vóór de bebouwing wordt gedacht, de invloed van golven op de hoogte van de waterkering niet bij voorbaat mag worden uitgesloten. Oriënterende berekeningen met een windsnelheid van 30 m/s (overschrijdingsfrequentie ca. 1/1400 per jaar) uit ca. N.N.W. resulteren in golven van ca. 0,7 m. hoogte vóór de kade. Door de geringe waterdiepte (0,9 à 1,0 m.) op de kade worden deze golven gereduceerd tot een golfhoogte van ca. 0,5 m. t.p.v. de waterkering. Indien voor de golfoploop voor een verticale wand ca. 1,1 maal de golfhoogte wordt gehanteerd komt men tot het punt waar niet meer de minimale waakhogte, maar de waakhogte door golfoploop dient te worden gehanteerd.

Deze materie dient nader bestudeerd te worden afhankelijk van het te kiezen alternatief voor verbetering.

Het IJsselfront biedt, vanwege bestrating en vanwege flauwe taludhellingen en relatief grote breedte op een vrij hoog niveau, op het oog meer veiligheid dan een te definiëren 'standaard groene dijk'.

Voor het doelmatige keren van hoogwater is het in principe niet noodzakelijk dat het IJsselfront meer veiligheid biedt dan de 'standaard groene dijk'.

Er wordt getracht om de overmaat aan veiligheid t.p.v. het IJsselfront om te zetten in een reductie van de waakhogte. De 'standaard groene dijk' wordt hier gedefinieerd als een dijk met een binnen- en buitentalud van 1:3 en een kruinbreedte van 4 meter, waarop een halfverhard inspectiepad aanwezig is. Als startsituatie wordt in deze notitie aangenomen dat doorgaand falen en derhalve inundatie optreedt wanneer de waterstand hoger wordt dan de laagste kruinhoogte van de 'groene dijk'.

Omdat bij het IJsselfront een sterkte wordt toegerekend aan de bestratingen en de bebouwing, houdt dit in dat de kruinhoogte een nader aan te geven 'overstromingshoogte' lager is dan MHW + 0,5 m.

Dit houdt in dat als bij de groene dijk de waterstand tegen de kruinlijn staat, er over de waterkering bij het IJsselfront water over de waterkering stroomt en het achtergelegen gebied instroomt.

Deze 'overstromingshoogte' wordt begrensd door een aantal criteria. De volgende criteria worden hierbij gehanteerd:

1. het overstromend debiet aan water moet acceptabel geborgen kunnen worden.
Hierbij wordt als acceptabel aangenomen dat het overstromende water in de waterlopen van de polder beneden maaiveld geborgen dient te kunnen worden.
Daarbij kan op diverse plaatsen een aanzienlijke stroom water zijn weg banen door de stad Kampen.

Met behulp van formules voor de lange overlaat wordt een benadering verkregen voor de debieten over de waterkering. Hierbij wordt uitgegaan van de volgende formules:

$$\begin{aligned} \text{stroomsnelheid} & : v = \sqrt{2g \cdot (1/3 \cdot H)} \\ \text{specifiek debiet} & : q = 2/3 \cdot H \cdot v \\ \text{Debiet} & : Q = q \cdot l \end{aligned}$$

waarin 'H' het hoogteverschil is tussen de buitenwaterstand en de hoogte van de overlaat en 'l' de lengte van de overlaat (dwars op de stroomrichting). Bij dikkere waterlagen dan ca. 0,2 m. zullen de debieten over een muur groter zijn dan de hier berekende. Bij de berekening van het debiet Q is uitgegaan van een lengte van overlopen van 2 km. Wordt deze overstromingslengte minder, dan neemt het overstromende debiet Q lineair af.

Aangenomen mag worden dat het overstromende debiet Q niet meer dan ca. een factor 2 à 3 zal afwijken.

Verval H [m.]	snelheid v [m/s]	spec.debiet q [m ² /s] [m ³ /ms]	Debiet Q [m ³ /s]
0,05	0,58	0,02	40
0,07	0,47	0,02	44
0,10	0,81	0,05	100
0,15	1	0,1	200
0,20	1,15	0,15	300
0,25	1,29	0,22	440
0,30	1,41	0,28	560
0,35	1,52	0,35	700
0,40	1,63	0,43	860
0,45	1,73	0,52	1040
0,50	1,82	0,60	1200

- De overstroomde constructie dient stabiel te zijn. Deze kan en dient hierop te worden ontworpen. Dit stelt dus geen beperking aan de overstromingshoogte.
- De omgeving van de kering dient begaanbaar te blijven. Deze eis komt enerzijds voor uit de verantwoordelijkheid van de dijkbeheerder om eventuele schade aan de waterkering te kunnen herstellen of verdere schade te kunnen tegengaan. Daartoe dient het mogelijk te zijn met een materieel in de omgeving van de kering te komen.

Tevens dient er rekening mee te worden gehouden dat bewoners uit de omgeving van de waterkering tijdens het overlopen van de kering zullen trachten te vluchten naar minder angstaanjagende oorden. Daaruit volgt de voorwaarde dat de omgeving achter de waterkering beloofbaar moet zijn. Uit proefnemingen blijkt dat volwassenen mannen zich in sterk stromend water met een laagdikte groter dan 0,3 à

0,4 m. niet meer staande kunnen houden. De veiligheid van lichtere personen, zoals vrouwen of kinderen komt reeds in gevaar bij minder sterk stromend water, waarvan hier wordt uitgegaan.

Op die plaatsen waar de waterkering gevormd zou worden door een verticale constructie (denk aan een muurtje) zal de overstroomde lengte van de waterkering veel groter zijn dan de breedte van de straten loodrecht op de waterkering. Daardoor zal in deze straten een aanzienlijk grotere waterstroomdiepte optreden dan de overloophoogte van de waterkering. Op grond van de lokale situatie wordt hiervoor een factor 5 aangehouden.

Wanneer hiermede rekening wordt gehouden zal geen grotere 'acceptabele overstromingshoogte' kunnen worden toegelaten dan ca. 0,07 m.

Hierbij zal in enkele straten reeds een waterstroomdiepte van ca. 0,3 à 0,4 m. ontstaan met zodanige snelheden dat doorwaden niet mogelijk is zonder meegesleurd te worden.

Bij het criterium 'het overstromend debiet moet acceptabel geborgen kunnen worden' wordt voor de polder het volgende aangenomen: oppervlakte 1350 ha., 6% oppervlaktewater en het overstromende water verspreidt zich direkt over de gehele polder. Bij een verlaging van 0,07 m. van het IJsselfront stroomt 44 m³/s de polder in. Dit betekent een peilstijging van ca. 0,20 m/uur. Komt de waterstand boven maaiveld, dan wordt de stijging ca. 0,01 m/uur. Afhankelijk van de drooglegging zou het ca. 2 à 4 uren duren voordat dit criterium maatgevend wordt.

Bij de beredeneerde 'overstromingshoogte' van 0,07 m. die de waterkering langs het IJsselfront lager kan zijn dan de 'standaard groene dijk' bij gelijk veiligheidsniveau wordt ofwel het criterium betreffende de berging van het water (criterium 1) ofwel het criterium inzake beloopbaarheid (criterium 3) maatgevend.

Samengevat levert dit als tussenresultaat het volgende beeld:

- 'standaard groene dijk' faalt als waterstand = hoger dan kruinhoogte; Het IJsselfront faalt als waterstand = hoger dan kruinhoogte + ca. 0,07 m.
- Bij gelijke sterkte/veiligheid van een groene dijk en van de waterkering bij het IJsselfront zou de laatste ca. 0,07 m. lager kunnen zijn dan een 'groene dijk'.

Berekening waakhoogte uit onzekerheden in randvoorwaarden.

Dit gedeelte correspondeert met de door de T.A.W.-notitie betreffende 'De waakhoogte bij dijken die niet door golfaanval worden belast' van Drs.ir.H.K.Vrijling. De uitwerking is echter geschied met een benaderde hoogwateroverschrijdingsfrequentielijn van Kampen, terwijl ook voor het overige specifiek de randvoorwaarden voor Kampen zijn gehanteerd.

Er zijn een groot aantal faalmechanismen van belang bij de beoordeling van de veiligheid van een waterkering. De mechanismen die van oudsher de meeste aandacht krijgen zijn golfoverslag en overlopen.

Om voldoende veiligheid te bieden tegen deze bedreigingen dient de dijk gedurende de planperiode te voldoen aan een eis m.b.t. de kerende hoogte. Deze bestaat uit de hoogte van het M.H.W. vermeerderd met de relatieve zeespiegelrijzing en de golfoploophoogte of minimaal 0,5 m. waakhogte.

In het waterkeringenbeleid worden in het algemeen de volgende argumenten aangehouden voor een minimum waakhogte van 0,5 m.

Dit betreft de volgende onzekerheden in de waterstand:

- de onzekerheid in de extrapolatie van de hoogwateroverschrijdingsfrequentielijn. Dit betekent dat de werkelijk optredende waterstand langs de rivier (bijv. bij Kampen) bij een afvoer in Lobith van 16500 m³/s kan afwijken van de voorspelde MHW. Deze standaardafwijking wordt voor de rivierinvloed geschat op 0,2 m. De waterkering bij het IJsselfront wordt echter niet uitsluitend belast door een hoge rivierafvoer, maar tevens door een hoge stand van het IJsselmeer. De hoge rivierafvoer en de hoge IJsselmeerstand zijn statistisch vrijwel onafhankelijk van elkaar. De standaardafwijking op de hoge stand van het IJsselmeer wordt eveneens aangenomen op 0,2 m. In het gebied waarin deze twee invloeden tezamen de MHW voor de dijk bepalen, (dit noemt men het overgangsgebied) wordt deze samengestelde standaardafwijking bepaald uit de wortel uit de som der kwadraten van de afzonderlijke standaardafwijkingen, zodat deze ca. 0,3 m. wordt. De verwachtingswaarde van de waterstand is de M.H.W. In de berekening is, afgaande op berekende onzekerheden in de hoogwateroverschrijdingsfrequentielijn gerekend met een standaardafwijking van 0,20 m.
- lokale afwijkingen van de waterstand door lokale windeffecten, waardoor lokaal een opwaaiing kan ontstaan. De standaardafwijking van deze effecten, die in zeegebieden seiches worden genoemd, wordt geschat op 0,1 m., terwijl de verwachtingswaarde nul is.
- de eventuele aanwezigheid van golven, waar in het ontwerp (uitgaan van minimale waakhogte) geen rekening mee is gehouden. Zeker in het gedeelte waar de waterkering vóór de huizen van het IJsselfront wordt gerealiseerd zal het noodzakelijk zijn daarmee rekening te houden. De verwachtingswaarde voor golven is ten noorden van de brug ca. 0,4 m., terwijl ten zuiden van de brug (achter de bebouwing) een verwachtingswaarde van 0,0 m. wordt aangehouden. De standaardafwijking wordt in beide gevallen geschat op 0,1 m. Voor het gedeelte ten noorden van de brug zijn geen berekeningen uitgevoerd.
- De gemiddelde waarde van de N.A.P.-daling (zeespiegelrijzing) wordt aangehouden op 0,2 m. per eeuw. Hierbij is dus geen rekening gehouden met de momenteel in onderzoek zijnde extremere verhogingen die in de orde van 0,8 m. voor de komende eeuw worden geschat.

De verwachtingswaarde voor de bepaling van de N.A.P.-daling is 0,1 m. bij een planperiode van 50 jaar, terwijl de standaardafwijking wordt aangehouden op 0,1 m.

- Ook de begaanbaarheid van de waterkering is een argument om waakhogte toe te passen. Dit is voor de situatie bij het IJsselfront de reden om geen grotere 'acceptabele overstromingshoogte' van de waterkering toe te staan dan ca. 0,07 m.

Dit betreft de volgende onzekerheden in de kruinhoogte:

- hoogte van de kruin.
De aanleghoogte van een groene dijk is niet op centimeters nauwkeurig. De nauwkeurigheid bij realisatie van een damwandconstructie zal groter zijn. Naast aanlegnauwkeurigheid is ook de verlaging van de kruin door schade van belang. Voordat de schade hersteld wordt zal een bepaalde verlaging zijn opgetreden. Vooral wanneer hekken dwars over de dijk staan kunnen verlagingen ten gevolge van betreden door vee optreden. Beschadigingen van een harde constructie of een constructie met een zeer brede kruin is minder waarschijnlijk. De verwachtingswaarde van deze afwijking is nul, terwijl voor de 'groene dijk' een standaardafwijking van 0,1 m. en voor het IJsselfront van 0,05 m. wordt gehanteerd.
- de onzekerheid over de zettingen en de seculaire zettingen in het IJsselfront. Aangezien in het verleden juist de nederzettingen op de betere ondergrond werden gevestigd, wordt er van uitgegaan dat het IJsselfront op een zandondergrond ligt, zonder veen- of aanzienlijke kleilagen in de ondergrond. Hierdoor wordt de onzekerheid inzake zettingen gelijk 0 gesteld. Voor de 'groene dijk' wordt wel met een standaardafwijking gerekend 0,1 m. voor (seculaire) zettingen.

Dit betreft de volgende onzekerheden in het algemeen:

- begaanbaar houden van de dijk tijdens extreem hoog water ten behoeve van inspectie en eventuele reparatie of evacuatie. Hiervoor worden geen waarden gehanteerd.
- om een inundatiefrequentie in de buurt van de vastgestelde ontwerpfrequentie van een dijkring (voor IJsseldelta 1/2000 per jaar) te realiseren dient voor de inundatiefrequentie per dijkvak en per mechanisme een factor 10 à 30 kleinere waarde te worden aangehouden. Doet men dit niet, dan wordt een inundatiefrequentie voor de dijkring gerealiseerd die een factor 10 à 30 hoger is dan de ontwerpfrequentie (voor IJsseldelta zou dit een inundatiefrequentie opleveren van ca. 1/200 per jaar)
Dit onderwerp wordt in de verdere uitwerking meegenomen. Deze gedachte dat de inundatiefrequentie per dijkvak en per mechanisme een factor 10 à 30 lager ligt dan de ontwerpfrequentie wordt uiteengezet in de genoemde TAW-notitie.

Een samenvatting van de hierboven aangegeven verwachtingswaarden en standaardafwijkingen is weergegeven in Tabel 1. Voor alle variabelen die een onzekerheidselement bevatten is gekozen voor de normale verdeling.

Tabel 1.

	verwachtings waarde (m.)	standaardafwijking (m.)	
	Groene dijk en IJsselvr.	Groene dijk	IJsselfront
waterstand:			
- extrapol. freq.lijn	0,0	0,2 *	0,2 *
- lokale windeffecten	0,0	0,1	0,1
- golven	0,0 **	0,1	0,1
- N.A.P.-daling	0,1	0,1	0,1
kruinhoogte:			
- dijkhoogte (incl. 0,5 m. waakh.)	0,0	0,1	0,05
- zettingen	0,0 ***	0,1	0
* in overgangsgebied met 0,3 te rekenen.			
** deze situatie geldt slechts bij damwand achter de huizen. bij damwand voor de huizen dient de golfoploop nog apart te worden gezien.			
*** te voorziene zettingen dienen apart in rekening gebracht te worden.			

Voor de hoogwateroverschrijdingsfrequentielijn is een Gumbel-verdeling gekozen. Er is gebruik gemaakt van een benaderde hoogwateroverschrijdingsfrequentielijn. Deze lijn is samengesteld door enerzijds uit te gaan van het M.H.W.-punt in de grafiek; dit punt is nauwkeurig vastgesteld uitgaande van 75 jaar afvoermetingen te Lobith.

Anderzijds is uitgegaan van maandelijkse extreme waarden (149 waarnemingen) tussen 1975 en 1987 en tevens het hoogwater van maart 1988. Deze tijdsperiode is beschouwd omdat in 1975 de dijk Enkhuzen - Lelystad is gesloten en derhalve trendbreuk kan zijn opgetreden.

De lijn geldt voor Kampen - Bovenhaven, rivierkm. 994,5 ; M.H.W. ter plaatse NAP +3,32 bij 1/2000 (= $5 \cdot 10^{-4}$).

Hiervoor geldt de volgende Gumbel-verdeling:

$$1 - F_{hw}(x) = 1 - e^{-e^{\frac{(x - 1,178)}{0,2896}}}$$

Aangezien de verdeling voor $x = 3,32$ niet exact de juiste overschrijdingsfrequentie van $5 \cdot 10^{-4}$ vindt is vervolgens een verschuiving van 0,06 m. toegepast, waardoor in het gebied van de hoge standen een juiste frequentie wordt berekend.

Ook de frequenties die met onzekerheden zijn berekend zijn verschoven over deze zelfde 0,06 m.

De kans op overlopen van de waterkering is voor verschillende hoogten van de waterkering berekend, rekening houdend met bovengenoemde onzekerheden.

Ter vergelijking is de kans op overlopen ook berekend door alleen rekening te houden met het gemiddelde van NAP-daling (0,1 m.).

Tabel 2: De onderstaande tabel geeft de resultaten.

Dijkhoogte	min. waakhoogte na 50 jaar.	kans met onzekerheden na 50 jaar.	kans zonder onzekerheden na 50 jaar.
NAP + 3.30	-0.12	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$
NAP + 3.40	-0.02	$1,2 \cdot 10^{-3}$	* $5,3 \cdot 10^{-4}$
NAP + 3.50	0,08	$8,4 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$
NAP + 3.60	0,18	$5,9 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$
NAP + 3.70	0.28	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$
NAP + 3.80	0.38	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
NAP + 3.90	0.48	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$9,5 \cdot 10^{-5}$
NAP + 4.00	0.58	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-5}$
NAP + 4.10	0.68	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-5}$
NAP + 4.20	0.78	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$
NAP + 4.30	0.88	* $5,3 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$
NAP + 4.40	0.98	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$
NAP + 4.50	1,08	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$

Uitgaande van de gedachte dat de inundatiefrequentie per dijkvak en per faalmechanisme een factor 10 à 30 lager hoort te liggen dan de ontwerp frequentie, (hier is een factor 10 aangehouden) kan uit bovenstaande tabel de daarbij behorende waakhoogte worden afgeleid.

De uit deze gegevens afgeleide waakhoogte (zie de in de tabel met * aangegeven waarden) bedraagt $0,88 + 0,02 = 0,9$ m.

Er is tevens een berekening voor het IJssel front uitgevoerd, waarbij de daarvoor aangegeven onzekerheden uit Tabel 1 zijn gehanteerd. De standaardafwijking voor zetting en dijkhoogte zijn kleiner, waardoor ook de resultaten van de berekeningen iets beter zijn; de verschillen zijn echter minder dan 0,03 m., doordat andere onzekerheden (waterstand en extrapolatie) een dominante invloed hebben. De resultaten leiden dan ook niet tot andere conclusies.

Conclusie.

In het eerste deel van de notitie is getracht aan te tonen dat een 'harde constructie' zoals een damwandconstructie lager zou kunnen zijn dan een even veilige 'standaard groene dijk'.

Bij het uitgangspunt dat de 'groene dijk' en het IJsselfront een gelijkwaardige sterkte/veiligheidsniveau dienen te hebben, bij een gelijke planperiode van 50 jaar kan de waterkering langs het IJsselfront derhalve ca. 0,07 m. lager zijn dan de aansluitende 'groene dijk'

De waakhoogte-berekeningen zijn vrijwel conform de T.A.W.-nota berekend, echter specifiek voor de situatie van Kampen.

De genoemde nota, die een berekening inhoudt ter plaatse van Sliedrecht, is door de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen als voorbeeldberekening aangenomen.

De grote waakhoogte van 0,9 m. wordt berekend uit de onzekerheden van de verschillende randvoorwaarden die voor de dijk in rekening gebracht dienen te worden. Uit deze berekeningen blijkt dat de huidige toegepaste minimale waakhoogte van 0,5 m. eerder aan de lage dan aan de hoge kant is.

Bezien in het licht van de waakhoogteberekeningen wordt het dan ook niet verantwoord geacht om de eerder beredeneerde hoogtereductie (ca. 0,07 m.) van een damwandconstructie toe te passen.

Er wordt ten stelligste geadviseerd om niet naar beneden af te wijken van de gebruikelijke waakhoogte van 0,5 m.

Tevens dient voor de NAP-daling per planperiode van 50 jaar een extra hoogte te worden gerealiseerd van 0,1 m.

Voor het gedeelte ten noorden van de brug zal de invloed van golven op de waterkering nader moeten worden bezien.

Overwegingen om in woongebieden een hoger veiligheidsniveau te handhaven.

Naast het in de conclusies verwoorde advies om beslist geen waakhoogte toe te passen die lager is dan het momenteel gehanteerde minimum van 0,5 m. zijn er overwegingen aan te voeren om juist in stedelijke gebieden een hoger sterkte- c.q. veiligheidsniveau te hanteren, zodat falen met grote zekerheid niet ter plaatse van het stedelijk gebied plaats vindt. Tevens kan de overlast door werkzaamheden aan de waterkering daarmee gereduceerd worden.

A. Planperiode.

De uitvoering van de waterkering binnen Kampen zal ongetwijfeld kapitaalintensiever zijn dan een waterkering in het buitengebied.

Ook zal de uitvoering in een stedelijk gebied aanzienlijk meer overlast opleveren dan bij een waterkering in het buitengebied.

Dit zijn beide steekhoudende argumenten om een langere planperiode dan 50 jaar in overweging te nemen.

Wanneer de planperiode van 50 jaar naar 100 jaar wordt aangepast zal dit direkt een verhoging van 0,1 m. geven voor de N.A.P.-daling (zeespiegelrijzing).

Tesamen met enige vergroting van de onzekerheid in de randvoorwaarden (een langere planperiode geeft een grotere onzekerheid) resulteert dit in een verhoging van ca. 0,1 m. Wanneer de planperiode op 50 jaar blijft dient over 50 jaar een aanpassing van de hoogte te worden overwogen.

B. Vluchtplaats.

In situaties waarbij inundaties optreden in het achterland zou een bevolkingsconcentratie als Kampen, waarvan het centrum voor een groot deel hooggelegen is goede diensten kunnen bewijzen.

Hierbij dient bedacht te worden dat ook bij inundaties bij het optreden van MHW door falen van de waterkering buiten Kampen, de polder nooit tot een niveau van MHW zal vollopen. Dit komt doordat het inunderen zelf tijd neemt door het bergend vermogen van de polder. Na enige dagen zal de hoge rivierstand bij het gefaalde dijkvak reeds zakken.

De lagere delen van Kampen kunnen dan echter wel inunderen. Derhalve zal een aanzienlijk deel van het hoger gelegen Kampen als vluchtplaats dienst kunnen doen voor de lagere delen van Kampen en de omgeving van Kampen.