

Verbetering Maasdijken Bommelerwaard

Globale technische toetsing bestaande waterkering en
ontwikkeling van verbeteringsvarianten

Opdrachtgevers: Polderdistrict Groot Maas en Waal
Rijkswaterstaat, Directie Oost Nederland

Grontmij Gelderland
Arnhem, juli 1996

Inhoudsopgave

O.N.: 1253341-2412

Doc.: GLD2470

1	Inleiding	3
	1.1 Algemeen	3
	1.2 Landmeetkundig werk	3
	1.3 Grondonderzoek	4
	1.4 Dijk tijdens hoogwater	4
2	Kruinhoogte en -breedte	5
	2.1 Bestaande kruinhoogte	5
	2.2 Maatgevend hoogwater	5
	2.3 Waakhoogte	7
	2.4 Benodigde kruinhoogte en -verhogin- gen	9
	2.5 Kruinbreedte	11
3	Stabiliteit en erosie	12
	3.1 Buitentalud	12
	3.2 Binnentalud	13
4	Opbarsten deklaag en "piping"	15
	4.1 Opbarsten deklaag	15
	4.2 "Piping" of zandmeevoerende wellen	16
5	Vreemde elementen in of bij de waterkering	18
	5.1 Bebouwing	18
	5.2 Kabels en leidingen	19
	5.3 Gemalen	19
	5.4 Loopgraven	20
	5.5 Kolken	21
	5.6 Oude kistdam bij Hedel	21

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Het Polderdistrict Groot Maas en Waal is gestart met de planvoorbereiding voor de verbetering van de Maasdijken in de Bommelerwaard. Daarbij wordt in opdracht van Rijkswaterstaat, directie Oost-Nederland het gedeelte rijksweg aan weerszijden van de sluis St. Andries meegenomen. Totaal bestaan de tracés uit de volgende deeltrajecten:

- Kloosterdijk- fort St. Andries, Dp 58-69;
- dijkkring Alem, Dp 0-45;
- Rossum- Kerkdriel, Hm 0-67;
- Kerkdriel- rijksweg A2, Hm 67-107;
- rijksweg A2- Bergse Maasdijk, Hm 107-198.

De planvoorbereiding vindt plaats conform de in de Wet op de Waterkering genoemde mer-procedure.

Daarbij wordt in de startnotitie de bestaande situatie in het studiegebied beschreven, de huidige tekortkomingen van de waterkering, de visie op het ontwerp en de vormgeving van de waterkering en de kansrijk te achten uitvoeringsalternatieven. Daarnaast wordt aangegeven welke alternatieven, varianten en effecten in de Projectnota/MER aan de orde komen.

Om de startnotitie op te kunnen stellen, moet globaal bekend zijn hoe de bestaande dijk is opgebouwd en met welke afmetingen. Tevens moet worden onderzocht welke bezwijkmechanismen mogelijk een rol van belang kunnen spelen. Als laatste moet een doorzicht worden geboden naar de reële verbeteringsmogelijkheden voor de waterkering.

In dit separate rapport bij de startnotitie worden de resultaten van de technische inventarisaties en onderzoeken weergegeven en worden in globale en technische zin de verbeteringsmogelijkheden aangegeven. Zodra deze in de Projectnota/MER meer in detail onderling moet worden afgewogen, zal een uitgebreid grond- en laboratoriumonderzoek plaatsvinden. Daarna worden de verbeteringen uitgebreid op de consequenties voor aanwezige waarden onderzocht en constructief gedetailleerd ontworpen.

1.2 Landmeetkundig werk

Om de afmetingen van de waterkering vast te stellen dient de dijk en de omgeving ervan landmeetkundig te worden vastgelegd. Omdat het bestaande materiaal van de Provincie ruim 20 jaar oud was en ingrijpend naverkend en ook uitgebreid zou moeten worden, is besloten het studiegebied terriestrisch en digitaal opnieuw op te nemen. De in het vroege voorjaar van 1996 opgenomen gegevens, zijn in principe beschikbaar op situatietekeningen schaal 1:1000 en dwarsprofieltekeningen schaal 1:100. De dwarsprofielen zijn om de 100 m opgenomen, met daartussen soms nog extra profielen als sterke afwijkingen optreden. Tevens zijn de maaiveldhoogten op vele plaatsen tussen de dwarsprofielen als extra uitgangsgegevens voor het ontwerp bepaald. Van de bebouwing is het vloerniveau en, indien aanwezig, het keldervloerniveau bepaald. De gegevens worden in hoofdstuk 2 gebruikt voor een eerste beoordeling van de geometrie van de waterkering.

1.3 Grondonderzoek

In een aantal fasen is langs en in de waterkering een grondonderzoek uitgevoerd.

In de tweede helft van de jaren '80 werd conform de toenmalige procedure een basisplan opgesteld voor de Maasdijken in de Bommelerwaard en rond Alem. Hierbij werd, behalve rond Alem, een zeer globaal onderzoek uitgevoerd, dat bestond uit 42 boringen in voor- of achterland van de dijk.

Eind jaren '80 zou worden gestart met de verdere planvoorbereiding en werd tussen Hedel en Ammerzoden over 3 km lengte al een uitgebreider grondonderzoek, bestaande uit 37 boringen en 7 sonderingen uitgevoerd.

Begin 1996 werd ook in de resterende delen het gedetailleerdere grondonderzoek uitgevoerd. Zoals al gesteld, is nog geen laboratoriumonderzoek verricht en kan bij knelpunten dit onderzoeksnet nog moeten worden verdicht. Totaal werden begin 1996 ruim 250 boringen en bijna 50 sonderingen uitgevoerd.

Alle sonderingen werden met meting van de plaatselijke wrijving en in de kruin van de dijk gemaakt, om de opbouw van de dijk en de ondergrond vast te kunnen stellen. In de volgende fase zal met boringen in de kruin de exacte opbouw van de dijk gedetailleerd worden vastgesteld. Wel zijn op de taluds aan de uiterwaard-zijde van de dijk al boringen van 1 m diepte gemaakt, om de kleikwaliteit te bepalen en de mogelijke erosiegevoeligheid van de afdeklaag op het buitentalud globaal aan te kunnen geven.

In voor- en achterland van de dijk (resp. uiterwaard- en polderzijde) zijn vele boringen uitgevoerd, om de opbouw en de dikte van de deklaag op het watervoerende zandpakket vast te stellen. Waar nodig zijn de boringen tot in het zandpakket verricht. In de uiterwaard, waar alleen bekend moet zijn of er klei van minimaal 1 m dikte aanwezig is, is de boringdiepte beperkt tot 2 m.

Alle uitgevoerde boringen en sonderingen zijn in tekeningen van de bodemopbouw samengebracht. Daarin wordt op een systematische wijze de beschikbare informatie van de bodemopbouw weergegeven. Deze tekeningen zijn van het gehele dijktracé vervaardigd, steeds per deeltraject van 2 km lengte.

De resulterende gegevens worden in de hoofdstukken 2 en 3 globaal omschreven en gebruikt voor een kwalitatieve beoordeling van de stabiliteit van de dijk, respectievelijk van het mogelijke gevaar voor opbarsten van de deklaag en het daaropvolgend ontstaan van "piping" (zandmeevoerende wellen).

1.4 Dijk tijdens hoogwater

Tijdens de meest recente en hoogste hoogwaterperioden over een lange periode, zoals opgetreden in december 1993 en januari 1995, zijn aan de onderhavige waterkeringen geen onoverkomelijke problemen opgetreden volgens de desbetreffende publicaties van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW).

In het algemeen is vanaf de rijksweg A2 de dijk kwelgevoeliger dan stroomopwaarts daarvan. Dit kan ook tijdens minder hoge hoogwaterperioden, zoals in het voorjaar van 1987 is opgetreden, worden geconstateerd.

De aanwezigheid van de kolken in het kwelgevoeliger deeltraject wijst erop dat in het verleden de dijk hier veelvuldig is bezweken. Deze doorbraken worden vooral in de 17e en 18e eeuw gedateerd. In hoofdstuk 4 wordt op de gevoeligheid van het deeltraject na de rijksweg A2 nader ingegaan.

2 Kruinhoogte en -breedte

2.1 Bestaande kruinhoogte

De landmeetkundige opnamen van begin 1996 geven de meest recente gegevens over de nu aanwezige kruinhoogten van de Maasdijken. In de navolgende tabel zijn de kenmerkende waarden van de kruinhoogte samengevat. De eraan ten grondslag liggende dwarsprofielen zijn veelal om de ongeveer 100 m opgenomen. De kruinhoogte is weergegeven voor deeltrajecten, die zijn begrensd door zogenaamde hectometerpunten, de door de dijkbeheerder vastgestelde punten per 100 m afstand langs de dijk. Deze zijn voor het rijkdijkgedeelte en de dijkring Alem als dijkpaal, resp. dwarsprofiel (Dp) vermeld en voor de rest van de Bommelerwaard als hectometerpunt (Hm).

Tabel 1: Bestaande kruinhoogten voor de Maasdijken Bommelerwaard

Dijkvak	Dp of Hm punten	Kruinhoogte (m+NAP)	Gemiddeld en kenmerkend (m+NAP)
Kloosterdijk	Dp 58-69	10,47-10,10	10,15
Alem	Dp 0-27	7,85-8,30	8,10
	Dp 28-42	7,20-7,55	7,35
	Dp 43-46	7,85-8,35	8,00
Rossum-Kerkdriel	Hm 0-21	7,90-8,50	8,20
	Hm 22-43	8,30-8,60	8,50
	Hm 44-67	7,65-8,30	7,95
Kerkdriel-rijksweg A2	Hm 68-107	7,40-8,15	7,65
rijksweg A2-Bergse Maasdijk	Hm 107-122	7,20-7,65	7,30
	Hm 123-142	6,50-7,10	6,90
	Hm 143-168	6,90-7,50	7,10
	Hm 169-198	6,70-7,50	6,90

2.2 Maatgevend hoogwater

In de Wet op de Waterkering (WoW) wordt voor de diverse te onderscheiden dijkringgebieden in Nederland de veiligheidsnorm aangegeven waarop de waterkering moet zijn berekend. Deze norm wordt langs de grote rivieren bepaald door een rivier-afvoer met een bepaalde kans van voorkomen. Door de Minister van Verkeer en Waterstaat wordt de bij die afvoer optredende waterstand vastgesteld langs de rivier. Deze stand wordt het maatgevend hoogwater (MHW) genoemd.

Voor de Maasdijken in de Bommelerwaard is de veiligheidsnorm bepaald op 1:1250 per jaar. Dit wil zeggen dat de Maasdijken een waterstand met een kans van voorkomen van 1 maal per 1250 jaar nog veilig moeten kunnen keren. De hierbij horende MHW-standen zijn door de Minister in 1986 vastgesteld en nogmaals bevestigd in 1994. De standen zijn in navolgende tabel samengevat. Voor de dijkring Alem is in de WoW ook een veiligheidsnorm van 1:1250 genoemd. In het Gelders Rivierdijken Plan (GRIP) geeft de Provincie aan, dat voor de kleine dijkringgebieden in de provincie, waartoe ook Alem behoort, een lager veiligheidsniveau geschikter kan zijn.

Een beleidsmatige afweging, waarbij dezelfde aspecten worden betrokken als door de Commissie Boertien is bestudeerd, moet dan worden uitgevoerd. Leidt dit tot een lagere veiligheidsnorm, dan dient de Provincie een verzoek tot wijziging in bij de Minister van Verkeer en Waterstaat. Ter orientatie voor het verschil in mogelijke consequenties van de nodige verbeteringen aan de waterkering, kan dienen dat het verschil in waterstand op de Maas bij Alem circa 0,6 m bedraagt tussen een kans van voorkomen van 1:1250 en 1:500 per jaar.

Tabel 2: MHW-hoogten op de Maas (1:1.250) in m+NAP

Kilometerraai Maas en plaatsaanduiding		MHW '86
209	Sluis St. Andries	7,30
210	Alem	7,20
211		7,15
212	Kerkdriel	7,10
213		7,00
214		6,95
215	Hoenzadriel	6,85
216		6,80
217	Rijksweg A2	6,70
218		6,60
219		6,50
220	Hedel	6,40
221		6,30
222		6,15
223		6,05
224	Ammerzoden	5,90
225	Well	5,80
226		5,65

Voor de Kloosterdijk geldt een afwijkende veiligheidsnorm. In het rapport "De Heerwaardense afsluitdijk" (RWS-DWW, juni 1995) wordt, voor deze scheidende dijk tussen de Waal en de Maas, aanbevolen uit te gaan van een waterstand op de Waal met een kans van voorkomen van 1:2000 per jaar. In genoemd rapport wordt voor de Kloosterdijk een MHW-stand genoemd van NAP +10,10 m bij Dp 58 tot + 10,05 m bij Dp 69. Hoewel een en ander nog door de Minister moet worden vastgesteld, wordt in voorliggend rapport verder van een veiligheidsnorm van 1:2000 uitgegaan. Zou deze norm toch lager kunnen worden, dan is het verschil met een overschrijdingsfrequentie van 1:1250 per jaar slechts 0,1 à 0,15 m.

2.3 Waakhoogte

De waakhoogte is berekend met de in de Leidraden en de, na het advies van de Commissie Boertien, opgestelde Handreikingen van de TAW genoemde methode. Uitgangspunt is in principe een toelaatbaar overslagdebiet van 1 l/s/m. Alleen in dorpen, waar in steile taluds veel bebouwing staat, verdient het aanbeveling uit te gaan van een toelaatbare overslag van 0,1 l/s/m. Ligt de bebouwing aan de binnenzijde echter op kruinniveau, dan wordt ook van 1 l/s/m uitgegaan. In het voorliggende geval is daarom overal 1 l/s/m aangehouden. In de planfase Projectnota/MER zal dit nader worden gedetailleerd, mede naar aanleiding van erosie-onderzoek aan bestaande binnentaluds. Als minimum waarde van de waakhoogte wordt 0,5 m toegepast.

De resulterende waarden voor de waakhoogte-berekeningen zijn in navolgende tabel weergegeven. Omdat nog niet bekend is welke taludhelling wordt toegepast voor het buitentalud en of wellicht de bestaande helling kan worden gehandhaafd, is het berekeningsresultaat van de waakhoogte voor 3 mogelijke hellingen aangegeven (1:2; 1:2,5; 1:3). Voor de aan te houden waarde van de waakhoogte wordt bij de bepaling van de kruinhoogte steeds uitgegaan van de bestaande buitentaludhelling.

Voor de Kloosterdijk is in het rapport van RWS-DWW een berekening van de waakhoogte uitgevoerd. Hieruit blijkt dat een minimale waakhoogte van 0,50 m voldoende is om de overslag te beperken tot een waarde onder de 1,0 l/s/m. Deze waarde is bij de langs de Kloosterdijk aanwezige binnentaludhellingen van 1:2,5 à 1:3 en de verder onbebouwde waterkering toelaatbaar.

Tabel 3: Waakhoogteberekening voor Maasdijken Bommelerwaard

Raai kenmerkend voor (Hm-punten)	Windsnel- heid (m/s)	Waterdiepte (m)	Effectieve strijklengte (m)	Significante golflengte (m)	Significante golfperiode (m)	Golflengte (m)	Waakhoogte in m bij helling buitentalud van:					
							1:2	1:2,5	1:3	1:2	1:2,5	1:3
							1 l/s/m			0,1 l/s/m		
Alem Dp 0-13	9,0	4	1365	0,24	1,77	3,70	0,50*	0,39*	0,31*	0,73	0,58	0,48*
DP 14-17	9,0	3	2400	0,29	1,96	4,52	0,64	0,50*	0,41*	0,91	0,72	0,60
Dp 18-26	9,0	3	670	0,18	1,50	2,65	0,32*	0,26*	0,21*	0,50*	0,40*	0,32*
Dp 27-29	10,5	3	2010	0,32	2,03	4,88	0,71	0,56	0,46*	1,02	0,80	0,67
Dp 30-46	13,0	3	1120	0,32	2,00	4,71	0,71	0,56	0,46*	1,01	0,80	0,66
Bommelerwaard Hm:												
0-30	10,0	3	2010	0,30	1,99	4,66	0,68	0,52	0,43*	0,96	0,76	0,63
30-50	9,0	4	1620	0,26	1,84	3,98	0,54	0,43*	0,35*	0,79	0,63	0,51
50-70	9,0	4	1350	0,24	1,77	3,68	0,50*	0,39*	0,31*	0,72	0,57	0,48*
70-95	9,7	3	1310	0,25	1,79	3,80	0,52	0,41*	0,33*	0,76	0,60	0,50*
95-123	11,0	4	1410	0,30	1,96	4,55	0,67	0,52	0,43*	0,95	0,75	0,62
123-144	9,0	4	1570	0,25	1,82	3,92	0,53	0,42*	0,34*	0,78	0,62	0,50*
144-160	12,4	3,5	930	0,29	1,89	4,22	0,62	0,49*	0,40*	0,88	0,70	0,58
160-190	11,0	3	730	0,23	1,68	3,35	0,46*	0,35*	0,30*	0,68	0,53	0,44*
190-200	13,0	3	1370	0,35	2,08	5,11	0,79	0,62	0,50*	1,10	0,87	0,72

* = minimale waakhoogte van 0,50 m toe te passen.

2.4 Benodigde kruinhoogte en -verhogingen

De onderhavige dijken moeten minimaal een zodanige kruinhoogte bezitten, c.q. krijgen dat het MHW voor dat dijkgedeelte (hoofdstuk 2.2) met de in hoofdstuk 2.3 berekende waakhogte kan worden gekeerd. Dit is in navolgende tabel per dijkgedeelte aangegeven. Daarin is tevens vermeld hoeveel de kruin eventueel moet worden verhoogd om aan de veiligheidsnorm te voldoen. Voor de kruinhoogte-bepaling is steeds uitgegaan van een toelaatbare golf-overslag van 1 l/s/m en de bestaande, vaak geknikte buitentaludhelling.

Voor de in het tracé Fort St. Andries- Kloosterdijk liggende sluis is de deurhoogte volgens informatie van de Dienstkring van Rijkswaterstaat, die afkomstig is van de ontwerp-tekeningen, NAP + 9,50 m. Dit betekent dat rekening houdend met een waakhogte van 0,50 m de deuren circa 1 m te laag zijn. In het totaal van de verbetering van de Heerewaardensche Afsluitdijk en Kloosterdijk moeten de sluisdeuren ook op de bij de veiligheidsnorm nodige hoogte worden gebracht.

Daar waar de kruinen van de dijk moeten worden verhoogd, kan dit gebeuren aan de rivierzijde, aan de landzijde, of door een zogenaamde vierkante verbetering, waarbij de as van de dijk op zijn huidige plaats blijft liggen. Het hangt van de aanwezige waardevolle elementen en de invloed daarop vanuit de verbeteringen af welke verbeteringswijze wordt gekozen.

Zijn de kruinverhogingen niet te groot en heeft een integrale kruinverhoging zeer ingrijpende consequenties, dan kan worden overwogen om naast de bestaande kruin een zogenaamde tuimelkade aan te leggen. De bestaande kruin met eventuele weg blijft dan gespaard en doet als hooggelegen aanberming dienst.

Ligt de bestaande kruin op of even boven MHW-niveau en heeft een algehele verhoging ingrijpende consequenties, dan kan bij een zeer kleine beschikbare ruimte worden overwogen alleen een keermuurconstructie aan te brengen. Deze doet alleen dienst als waakhogte en wordt voor de zekerheid met een scherm tegen onderloopsheid uitgevoerd.

Bij zeer kleine verhogingen tot ca. 1 dm kan de verhoging in asfalt worden uitgevoerd, waarna de wegberm wordt aangevuld tot wegpeil. Het is in die gevallen niet nodig de gehele weg op te nemen en daarna weer aan te brengen.

Tabel 4: Minimaal benodigde kruinhoogten en verhogingen

Dijkvak	Dp of Hm punten	Bestaande kruinhoogte (m+NAP)	Gemiddelde kruinhoogte (m+NAP)	MHW (m+NAP)	Nodige waakhoogte (m)	Minimale kruinhoogte (m+NAP)	Kruinverhoging (m)
Kloosterdijk	Dp 58-69	10,47-10,10	10,15	10,10 à 10,05	0,50	10,60 à 10,55	0,30 à 0,45
Alem	Dp 0-27	7,85-8,30	8,10	7,20 à 7,15	0,50	7,70 à 7,65	n.v.t.
	Dp 28-42	7,20-7,55	7,35	7,15	0,50	7,65	0,45 à 0,10
	Dp 43-46	7,85-8,35	8,00	7,15	0,50	7,65	n.v.t.
Rossum-Kerkdriel	Hm 0-21	7,90-8,50	8,20	7,20 à 7,15	0,55	7,75 à 7,70	n.v.t.
	Hm 22-43	8,30-8,60	8,50	7,15	0,50	7,65	n.v.t.
	Hm 44-67	7,65-8,30	7,95	7,10 à 7,00	0,57/0,52	7,67 à 7,52	n.v.t.
Kerkdriel-rijksweg A2	Hm 68-107	7,40-8,15	7,65	6,95 à 6,70	0,55/0,50	7,50 à 7,20	tot 0,10 max
rijksweg A2-Bergse Maasdijk	Hm 107-122	7,20-7,65	7,30	6,60	0,70	7,30	tot 0,10 max
	Hm 123-142	6,50-7,10	6,90	6,50 à 6,30	0,50	7,00 à 6,80	tot 0,50 max
	Hm 143-168	6,90-7,50	7,10	6,30 à 6,05	0,51/0,65	6,81 à 6,70	n.v.t.
	Hm 169-198	6,70-7,50	6,90	5,90 à 5,65	0,50/0,83	6,40 à 6,48	n.v.t.

2.5 Kruinbreedte

Voor de kruinbreedte wordt uitgegaan van een minimale waarde van 4,0 m. Dan bestaat de mogelijkheid om een inspectie-/onderhoudspad van 2,5 m breed te realiseren op de kruin, met aan weerszijden een berm van 0,75 m.

Omdat over grote lengten de kruin niet hoeft te worden verhoogd en ruim breder is dan 4,0 m, wordt de bestaande weg- en kruinbreedte daar ook gehandhaafd. Er wordt in het kader van de dijkverbetering dus geen wegverbetering toegepast, door bijvoorbeeld een smalle of zelfs afwezige berm langs de weg te verbreden. Ook het aanpassen van de verharding op de kruin, door de aanwezige beton tussen Hm 142 en 145, alsmede Hm 157,5 en 161,5 te vervangen door asfalt als de kruin zelf hoog genoeg is, vindt niet binnen het kader van de dijkverbetering plaats.

In het onderhavige dijkvak moet alleen tussen Hm 145 en 157,5 de kruinverharding worden aangepast. Daar ligt tussen Hedel en Ammerzoden alleen een fiets- en wandelpad in asfalt van 1,0 tot 1,5 m breedte op de kruin. Dit pad wordt verbreed tot 2,5 m breedte. Indien enigszins mogelijk zal dit op de bestaande kruin worden gerealiseerd. Slechts zeer plaatselijk zal de kruin echter wat moeten worden verbreed om de verharding aan te kunnen passen. Dit wordt uitgevoerd door de bestaande taluds onder de aanwezige hellingen door de zetten tot het bestaande kruinniveau. Doordat de kruin nu vaak iets bol ligt ontstaat zo voldoende breedte voor het pad met de bermen aan weerszijden. Het enige decimeters verlagen van de bestaande kruin om voldoende kruinbreedte te krijgen, wordt niet overwogen.

3 Stabiliteit en erosie

3.1 Buitentalud

De taludhellingen buitendijks variëren sterk langs het dijkvak. Taludhellingen van 1:3 of flauwer komen voor. Veelal echter zijn de hellingen steiler en zelfs waarden van bijna 1:1 komen, over wat kortere delen van de taluds, voor. Veelal zijn de taluds geknikt en komt bij de kruin een relatief steil deel en onderin bij het voorland een relatief flauw deel voor. De hoogte van de dijken ten opzichte van het voorland (de rivierzijde) bedraagt vaak circa 4 m. De waterdiepte tijdens MHW is daarbij circa 3 à 3,5 m. De voor de stabiliteit van het buitentalud bepalende snelle val van het buitenwater kan dus maximaal ook zo groot zijn. Omdat onderin het flauwere deel ligt, zal de kans op stabiliteitsverlies van het buitentalud hierdoor beperkt zijn. Daarom wordt ervan uitgegaan dat qua stabiliteit veelal het geknikte talud kan worden gehandhaafd. Dit heeft ook landschappelijk (slanke scherpe dijk) en vegetatiekundig (bovenzijde zuidtalud waardevol) voordelen. Een aanberming kan de toch plaatselijk te verwachten stabiliteitsproblemen voorkomen. Deze berm blijkt vaak niet breed te hoeven worden (ca. 5 m met 1:2 à 1:3 talud), maar wel relatief hoog (ca. 1 m boven maaiveld).

Wat betreft onderhoud en beheer mag het steile te sparen bovendeele niet te hoog zijn. Een maximale hoogte van 2 m wordt voor de te sparen steile delen aangehouden. De taluddelen mogen ook niet steiler dan 1:2 zijn, omdat anders onderhoud en beheer problematisch worden en de golfoverslag te groot wordt bij de bestaande kruinhoogtes en binnentaluds.

De buitentaluds zijn bijna nergens verdedigd. Alleen zeer plaatselijk bij Kerkdriel in het deel zonder voorland (zogenaamde schaarlijk) en iets stroomopwaarts van Hedel en van Ammerzoden in bochten over een zeer steil deel van het talud, wordt een basaltverdediging aangetroffen. Hiermee wordt aangegeven dat in het algemeen op de wat meer aangevallen plaatsen de dijken langs de Maas niet erg erosiegevoelig zijn geweest in het verleden. Het eventueel handhaven van de zeer steile, qua hoogte beperkte, verdedigde delen van de taluds moet grondmechanisch gedetailleerd worden onderzocht.

De kleiafdekking op het buitentalud is langs het dijkvak van wisselende kwaliteit. Het onderzoek heeft zich in deze fase nog beperkt tot een raming van de granulaire samenstelling. Tijdens het gedetailleerd grondonderzoek moeten van een aantal twijfelachtige plaatsen alsnog de Atterbergse grenzen worden bepaald om een eindoordeel te kunnen geven. Dat er geen klachten zijn over de erosie, komt ook omdat de dijken langs de Maas meestal niet zwaar worden aangevallen. Daarom wordt in deze fase van het onderzoek een afdeklaag van minimaal 0,5 m en bestaande uit minimaal zware zavel (lutumgehalte >18%) nog als technisch acceptabel gezien. Is de laag 1 m of meer dik, dan is matig lichte zavel nog acceptabel (lutumgehalte >12%). Vooralsnog wordt de kwaliteit van de afdeklaag op de buitentaluds twijfelachtig tot onvoldoende geacht voor de volgende deeltrajectjes van maximaal enige honderden meters lengte, waarbij tevens de motivatie voor de afkeuring is vermeld:

- Alem: noordzijde op diverse plaatsen, te dunne laag, soms zelfs direct zand, en nabij het dorp aan de zuid-zijde te licht van samenstelling;
- Rossum: direct buiten het dorp in de richting van de Burg. van Randwijkstraat, gelaagd met puin;

- Berm: te licht van samenstelling;
- Kerkdriel: aan oostzijde, te dunne laag en te licht van samenstelling;
- Hoenzadriel: stroomafwaarts, te dunne laag en te licht van samenstelling;
- Hedel: tussen Nieuwe Wiel en het gemaal, te licht van samenstelling, soms direct zand;
- Ammerzoden: iets stroomopwaarts waar vroeger huizen hebben gestaan, te licht van samenstelling, soms direct zand, funderingen en puin in talud;
- Well: midden in het gedeelte om het dorp evenwijdig aan de Maas, te licht van samenstelling.

De oplossing voor erosie-gevoelige buitentaluds is om de aanwezige klei-afdeklaag te vervangen door goede kwaliteit klei. Hiervoor is in deze situatie een laagdikte van 0,5 m voldoende.

Naast de problemen met de hierboven genoemde deeltrajectjes, is aandacht nodig voor de op een aantal plaatsen direct aan de buitenteen en zelfs op het talud tot de kruin aanwezige moestuinen. Omdat een graszode daar ontbreekt is de kans op erosie aanzienlijk. Er moet dan ook van worden uitgegaan, dat moestuinen op de buitentaluds waterkeringstechnisch niet acceptabel zijn en verwijderd moeten worden, cq. ingezaaid zullen worden. De aanwezigheid direct aan de buitenteen kan problematisch zijn als aangrijppunt van beginnende erosie en voor de doorgang bij onderhoud en beheer. Het hangt van de plaatselijke situatie en de bodemopbouw af hoe met moestuinen aan de buitenteen zal worden omgegaan.

3.2 Binnentalud

De hellingen van het binnentalud variëren sterk langs het dijkvak. Hele steile hellingen van meer dan 1:2 komen voor. Echter ook flauwer dan 1:3 is plaatselijk aanwezig. In tegenstelling tot het buitentalud, is bij het binnentalud meestal sprake van één doorgaand talud zonder knikken.

In de dorpen ligt de bebouwing regelmatig zo hoog, dat nauwelijks van een binnentalud kan worden gesproken. Soms zijn bij lager staande bebouwing onderaan het talud keermuurtjes aanwezig om het ruimtebeslag te beperken. In het landelijk gebied is de hoogte van het talud ten opzichte van het maai-veld in het achterland (de landzijde van de dijk) veelal circa 3 tot ruim 4 m. De stabiliteit van het binnentalud tijdens MHW zal, gezien de hoogte van de dijk en de veelal redelijk homogene kleiige dijkopbouw, op diverse plaatsen geen probleem zijn. Daar waar dikke dekklagen aanwezig zijn (zie hoofdstuk 4) en vooral indien daarin venige lagen voorkomen, bestaat kans op het ontstaan van dieper in de deklaag insnijdende glijvlakken, die de waterkering kunnen doen bezwijken. Daar is het aanbrengen van een gewichtsberm een mogelijke oplossing. Deze bermen kunnen zonder problemen weer aan de aanliggende eigenaren/gebruikers in gebruik worden gegeven. In het landelijk gebied is deze verbeteringswijze dus geschikt.

In de dorpen zal door de hoogstaande bebouwing weinig stabiliteitsverlies worden verwacht. Problemen kunnen ontstaan met in de bermzone aanwezige laagstaande bouwwerken of tuinrichtingen. Ingrijpende maatregelen kunnen daar wellicht worden voorkomen door het inbrengen van een stabiliteits- of spijkerwand in de dijk of bij de binnenteen. Ook het naar buiten brengen van de waterkering, waardoor de bebouwing buiten het beoordelingsprofiel valt, is een oplossing. In het brede grondlichaam dat dan ontstaat, is de nodige waterkering wel nader te definiëren. Daarbij worden aan de buiten de eigenlijke kering aanwezige overdimensionering minder hoge eisen gesteld dan aan de eigenlijke waterkering.

Waar uitgekende oplossingen in damwandconstructies of keerwanden worden voorgesteld, wordt voor de dimensionering uitgegaan van de aanwezige kruinhoogte en niet de minimaal nodige kruinhoogte, die iets lager ligt (hoofdstuk 2.4). Dit betekent dat een in geringe mate hoger "MHW" wordt aangehouden, dan door de minister is vastgesteld. Dit verschil is enige decimeters, maar verschaft tegen nagenoeg geen meerkosten voor ontwerp en uitvoering, een veel grotere toekomstwaarde. Normaal is namelijk een aanpassing van uitgekende oplossingen op een hoger MHW zeer ingrijpend en moet vaak de hele constructie worden vervangen. Door de in dit rapport voorgestelde ontwerpmethodiek kan een eventuele toekomstige beperkte MHW-verhoging door de uitgekende constructies worden opgenomen zonder aanpassingen. De toch al aanwezige kruinhoogte wordt zo maximaal uitgenut.

Ook bij tuininrichtingen aan de binnenteen bestaan de voor de dorpen beschreven oplossingen. Het aanwezig zijn van hoog opgaande beplanting op de binnentaluds van de dijk is technisch niet aan te bevelen. Is de kwaliteit van de kleiafdekking of de grasmat onder de beplanting matig, dan moet de beplanting worden verwijderd.

De bijvoorbeeld bij Ammerzoden veelvuldig aanwezige tuinafscheidingen op de binnentaluds zouden ook moeten worden verwijderd. Naast het landschappelijk belang (continuïteit van de dijk), speelt daarbij technisch een eenvoudiger onderhoud en de mogelijkheid om sneller noodmaatregelen te kunnen treffen een rol.

In de gedeelten waar de deklaag achter de dijk aan de landzijde dun is (zie hoofdstuk 4) zal de grondwaterdruk niet extreem hoog oplopen en is daarmee de kans op grote, diep in de dijk snijdende glijvlakken beperkt. Kleine glijvlakken in het binnentalud (zgn. micro-instabiliteit) zijn wel mogelijk als de dunne deklaag in het achterland van de onderliggende zandlaag zou worden afgedrukt. Een binnendijkse maaiveldverhoging (gewichtsbem) kan een en ander voorkomen. Een taludverflauwing over het onderste deel van het binnentalud, of het ontlasten van de overdruk door een (talud)filter, of een drainage bij de binnenteen (onderzijde van het binnentalud), zijn andere mogelijke oplossingen.

4 Opbarsten deklaag en "piping"

4.1 Opbarsten deklaag

Onder maatgevende omstandigheden staat voor de dijk het rivierwater op MHW-niveau en wordt getracht achter de dijk een maximaal waterniveau in de polder van gemiddeld maaiveldniveau aan te houden. De rivier staat in meer of mindere mate in verbinding met de zandlagen in de ondergrond. Er stroomt dan water naar de polder toe, de zogenaamde kwel. Door het waterstandsverschil aan weerszijden van de dijk, dat de "kerende hoogte" van de waterkering wordt genoemd, ontstaat aan de binnenteen een overdruk van het grondwater onder de deklaag in dat watervoerende zandpakket. Wordt deze overdruk groter dan het gewicht van deze deklaag, dan wordt deze deklaag opgeheven en barst op. Het spreekt vanzelf dat in die situatie de tegendruk achter de dijk kleiner wordt en er grotere kans op instabiliteiten van vooral het binnentalud ontstaan. Niet diep insnijdende glijvlakken kunnen ontstaan, die echter de inleiding kunnen zijn tot een totaal verlies van het waterkerend vermogen van de dijk. Omdat de grondwaterdrukken door het opbarsten in grootte worden beperkt, treden de gevaarlijker diep insnijdende glijvlakken veelal niet hierbij op. Zowel de hoeveelheid kwel als de te verwachten grondwateroverdrukken worden in grootte bepaald door o.a. de dikte en de (on)doorlatendheid van de deklaag en de zandondergrond.

De oplossing om opbarsten van deklagen te voorkomen, is het aanbrengen van een aanberming direkt achter de dijk. Door deze ophoging van 5 à 10 m lengte en ca. 0,5 m hoogte wordt voldoende gewicht verkregen om het opbarsten ver genoeg van de dijk te doen ontstaan. Op plaatsen waar dit, bijvoorbeeld door bebouwing, niet mogelijk is kan het aanbrengen van een damwandconstructie worden overwogen. De opbarstende deklaag is dan geen onderdeel meer van de waterkering.

De dikte van de deklagen en de daarmee samenhangende verticale hydraulische weerstand is uit het uitgevoerde grondonderzoek af te leiden. De dikte en het doorlaatvermogen van het watervoerende zandpakket onder de deklaag is uit de Grondwaterkaarten bekend.

De verticale weerstand van de deklaag is in het oostelijk gedeelte hoog, waardoor de grondwaterspanningen ook hoog kunnen oplopen. In het westelijk deel is de weerstand klein en zullen de grondwateroverspanningen beperkter van aard zijn.

De dikte van het groffe zandpakket onder de deklaag varieert van ca. 70 m in het oosten bij Rossum en Alem, afnemend tot ca. 50 m aan de westzijde bij de Bergse Maasdijk. Het doorlaatvermogen is afhankelijk van de grofheid en de dikte van het pakket en bedraagt bij Alem ca. 3500 m²/etm., afnemend tot ca. 2000 m²/etm. bij de Bergse Maasdijk.

Langs de Kloosterdijk lijkt, behalve bij het fort, een dikke deklaag aanwezig. Door de hoog gelegen van Heemstrabaan wordt opbarsten niet binnen de voor de dijk belangrijke zone verwacht.

Langs het dijkvak rond Alem is de deklaagdikte sterk wisselend. Aan de noordzijde worden zeer dunne lagen, soms echter ook dikke lagen gevonden. Tuusen Dp 0 en 9 en tussen Dp 13 en 15 is er een grote kans op opbarsten. Aan de oostzijde is de deklaag weer dik. Dit geldt ook aan de zuidzijde over grote gedeelten, echter niet rond Dp 32 en naar het dorp toe vanaf Dp 35. In deze gedeelten bestaat opbarstgevaar, voorzover geen hoger gelegen bebouwing aanwezig is.

Tussen Rossum en Kerkdriel is veelal de deklaag dik. Echter rond de Alemse Stoep komen wat stoorlagen van zand boven in de deklaag voor, die mogelijk in verbinding met de rivierzijde staan en opbarstverschijnselen kunnen veroorzaken. Omdat daar de wegen en daarmee de dijken breed zijn, zal dit voor een te definiëren beoordelingsprofiel niet altijd een probleem hoeven te zijn. Ook in de kom van Kerkdriel komen wat zand stoorlagen bovenin het bodenprofiel voor. Veelal staat daar weer wat hoger gelegen bebouwing.

De deklaag in het gedeelte tussen Kerkdriel en de rijksweg A2 bezit meestal een dikke deklaag. Stoorlagen van zand zijn beperkt van dikte en liggen wat dieper in de deklaag. Opbarstgevaar bestaat hier dan ook slechts plaatselijk en niet in een erg grote mate.

Stroomafwaarts van de rijksweg wordt de deklaag wel dunner, maar de dikte kan nog als redelijk worden omschreven. Rond de spoorbaan liggen wel stoorlagen bovenin de deklaag. De daar aanwezige (voormalige) kolken geven aan dat in het verleden de dijk niet altijd aan de verwachtingen heeft voldaan. Opbarstgevaar bestaat, maar het gevaar is nog niet echt groot. Echt dunne deklagen en soms zelfs in het geheel geen deklaag komen stroomafwaarts van de bebouwde kom van Hedel veelvuldig voor. Is de totale deklaag wat dikker, dan liggen daarin diverse stoorlagen van zand.

Ook hier is de aanwezigheid van een aantal kolken een bewijs dat de kwaliteit van de waterkering niet altijd was gegarandeerd. Dit beeld van dunne deklagen, of dikkere deklagen met stoorlagen bestaat tot de Bergse Maasdijk. Op veel plaatsen zal derhalve een soms zelfs groot opbarstgevaar bestaan. Uit de praktijk is bij hoogwaterstanden bekend dat bij hogere rivierstanden het deel stroomafwaarts van de rijksweg A2 veel kwelgevoeliger is dan het meer stroomopwaartse deel.

4.2 "Piping" of zandmeevoerende wellen

Is de deklaag opgebarsten, dan bestaat kans dat de stroomsnelheden van het uitstromende grondwater zo groot worden, dat er zand wordt meegevoerd. Daarbij kan de erosie terugschrijden onder de dijk door naar de rivier. Is eenmaal een open verbinding met de rivierzijde ontstaan, dan wordt de gang zo groot dat de dijk daarin wegzakt. Dit verschijnsel van de zandmeevoerende wellen is voor de rivierdijken één van de gevaarlijkste bezwijkmechanismes. Naast het opbarsten is het voor het ontstaan van deze wellen nodig dat de afstand tot de open verbinding met het rivierwater beperkt is. Als derhalve voor de dijk op het voorland weinig of geen klei ligt (minder dan 1 m dikte, of bij de Maasdijken over minder dan enige tientallen meters breedte), dan is tussen binnenteen en in de ondergrond indringend rivierwater de afstand zodanig dat "piping"-gevaar niet kan worden uitgesloten.

Geen tot weinig klei wordt langs de onderhavige dijken aangetroffen op het deeltraject tussen de Dp-punten 0 en 9 bij Alem. In combinatie met de dunne deklaag in het achterland moet op laaggelegen plaatsen in dit gedeelte binnen de dijkkring op "piping"-gevaar worden gerekend. Ditzelfde is het geval in de noord-oosthoek bij Dp 15 in de dijkkring Alem. Tussen Dp 41 en 46 bij het dorp is de deklaag aan de rivierzijde dan wel dun of zeer zandig, in het achterland staat echter de bebouwing van Alem zo hoog, dat het gevaar voor zandmeevoerende wellen niet aanwezig is.

Behalve een enkele zandstoorlaag, die echter weinig invloed heeft, in een overigens dikke deklaag, bestaat er gezien de overal aanwezige kleilagen in de uiterwaard voor de dijk, tot de rijksweg A2 geen gevaar voor "piping".

Ook vanaf de rijksweg tot de Rietwaard is nagenoeg overal klei aanwezig. De stoorlagen van zand in de deklaag zijn plaatselijk wel aanwezig, maar van beperkte invloed. Bij de kolk in de Rietwaard is weer geen klei voor de dijk aangetroffen. Daar geeft het globale onderzoek echter aan dat de deklaag aan de binnenkant van de dijk redelijk van dikte is en dit beperkt het gevaar op "piping" weer enigszins.

In het resterende deel tussen Ammerzoden en de Bergse Maasdijk, is op de plaatsen die in deze wat globaal van aard zijnde planfase werden onderzocht, voldoende klei aanwezig en wordt "piping" niet op uitgebreide schaal verwacht.

Maatregelen tegen het gevaar voor "piping" zijn het aanbrengen van een kleilaag buiten de dijk. De laagdikte onder een teelaardelaag is ca. 1 m minimaal. Alternatieve mogelijkheden zijn korte kwelschermen aan de binnenteen als de beschikbare ruimte zeer beperkt is, of het aanbrengen van een aanberming aan de binnenzijde van de dijk. Bij deze alternatieve mogelijkheden ligt een combinatie met de vergelijkbare maatregelen tegen stabiliteitsverlies voor de hand.

5 Vreemde elementen in of bij de waterkering

5.1 Bebouwing

Tijdens het landmeetkundig werk is de plaats van de bebouwing direct langs de waterkering vastgelegd. Tevens is in deze bebouwing het vloerpeil bepaald en de plaats en de diepte van eventueel aanwezige kelders of kruipruimtes. In het algemeen zijn in veel van de woningen kleinere kelders aanwezig. Alleen in het meer stroomopwaartse deel zijn enige panden in Rossum en Kerkdriel geheel onderkelderd, c.q. voorzien van een onderhuis. In de buitendijks gelegen woningen zijn veelal geen kelders aanwezig.

Problemen met de kelders treden op als deze zeer diep in het dijklichaam steken en vooral als in tegenover elkaar aan weerszijden van de kruin gelegen woningen kelders aanwezig zijn. Het probleem is dat bij de bouw van de panden met het waterkeringsaspect geen rekening is gehouden en de kelders dus kunnen bezwijken onder voor de waterkering maatgevende omstandigheden. Dit kan de aanleiding zijn tot het uiteindelijk bezwijken van de hele waterkering.

Voor de buitendijkse kelders geldt dat het onder water zetten ervan voldoende tegendruk geeft tegen de hoge waterstanden. De kelders zijn toch vaak lek en lopen al langzaam vol, waarbij op dat moment van zeer hoog water de woning al niet meer wordt bewoond. Dit geldt zeker bij eventuele onderhuizen. De problemen zijn hier dan ook beperkt van omvang.

Voor de binnendijkse kelders is het probleem dat de kelder waterdicht kan zijn uitgevoerd of later zo zijn gemaakt, maar bij bezwijken van vloer of wanden door wateroverdrukken alsnog zeer snel volloopt, waarbij zandtransport op gang kan komen. Deze vorm van "piping" kan waterkeringstechnisch voor niet zichtbare en onbeheersbare problemen zorgen.

Is de kelder klein, dan is de inhoud gering en daardoor de hoeveelheid verplaatst zand beperkt. Overwogen kan worden de kelder lek te maken en te houden en verder de kelder te sparen. Dit moet van geval tot geval worden bekeken.

Voor grote kelders echter verdient het aanbeveling om bij de constructie met de hoge waterstanden rekening te houden, of de kelder alsnog zo aan te passen. Als dit niet (meer) mogelijk is, dan dient ook hier ervoor te worden gezorgd dat de kelder lek is en tijdens hoogwater langzaam volloopt. In dat geval treedt, als de lekkage groot genoeg is, geen zandtransport op.

Bij binnendijkse onderhuizen is vaak geen van beide oplossingen mogelijk en dient ervoor te worden gezorgd dat de constructie buiten de waterkering komt te liggen. Dit kan gebeuren door in de waterkering een damwandconstructie aan te brengen die als vervangend binnentalud dienstdoet. Het spreekt dat het aanbrengen van deze planken trillingsarm tot -vrij moet gebeuren om schade te voorkomen aan de bebouwing.

Bij de verbetering van de Maasdijken in de Bommelerwaard zal er zoveel mogelijk naar worden gestreefd om het aanvullen van kelders te voorkomen. Deze oplossing is altijd waterkeringstechnisch mogelijk, maar geeft voor de woning zelf vaak technische problemen met zettingen en zettingsverschillen.

5.2 Kabels en leidingen

In de dijken zijn vooral in de bebouwde kommen veel kabels en leidingen aanwezig van de nutsbedrijven. De afmetingen zijn veelal van beperkte omvang en derhalve is waterkeringstechnisch het verwijderen ervan uit de waterkering niet van het hoogste belang. Dit handhaven in het waterkeringsprofiel wordt nog versterkt, doordat de bestaande kruin veelal hoger ligt, dan strikt genomen nog acceptabel zou zijn. De ligging van de kabels en leidingen zal dan ook veelal op of even boven MHW zijn, zoals bij nieuwe kabels en leidingen zou worden geëist.

Grotere problemen treden op bij dijkkruisingen van grote transportleidingen, vooral als deze onder hoge druk staan. In de volgende planfase zal worden onderzocht hoe hoog deze door de dijk lopen en of wordt voldaan aan de veiligheidszones uit de Leidraden van de TAW. Ook zullen de Pijpleidingcode-berekeningen worden gecontroleerd. Indien nodig moeten deze kruisingen worden aangepast aan de eisen wat betreft hoogte en/of constructie.

5.3 Gemalen

Langs het dijkvak liggen 3 gemalen, te weten het inlaatgemaal Stuffers, bij Hm 29 tussen Alemse Stoep en Kerkdriel, het inlaatgemaal Hedel, bij Hm 133,5 ter hoogte van de oude rijksweg bij Hedel, alsmede het gemaal Alem, bij Dp 23 aan de oostzijde van de dijkkring.

Vanuit het buitendijks gelegen gemaal Stuffers loopt een invoerleiding onder de dijk door naar de polder. Uit de informatie die van het Polderdistrict is ontvangen blijkt dat de afsluitbaarheid van de leiding eigenlijk alleen in het gemaal plaats kan vinden. De terugslagklep is van dit inlaatgemaal juist erop gericht om het polderwater tegen te houden bij lage Maas-standen. Er dient derhalve van te worden uitgegaan dat in ieder geval een tweede afsluitmiddel in de invoerleiding wordt aangebracht. Bij voorkeur moet dit in de binnenkruinlijn of in het binnendijkse banket gebeuren, zodat de plaats altijd bereikbaar is. Het gemaal dateert van 1962, zodat wordt verwacht dat constructief een en ander aan de eisen zal voldoen.

Vanuit het buitendijks gelegen gemaal Hedel loopt een invoerleiding onder de waterkering door naar de polder. Het hart van de leiding ligt op NAP +0,95m. De binnendiameter is 0,75 m. In het gemaal zit tussen de pomp en de invoerleiding een handbediende afsluiting. Uit de van het Polderdistrict ontvangen informatie blijkt niet of er een tweede afsluitmogelijkheid aanwezig is. Deze mogelijkheid dient dus waarschijnlijk te worden aangebracht en bij voorkeur in het tracé van de waterkering, of net binnendijks daarvan te worden gerealiseerd. De bereikbaarheid, ook onder voor de waterkering maatgevende omstandigheden, is dan optimaal gegarandeerd. Naar de constructieve kwaliteit van de invoerleiding moet ook onderzoek plaatsvinden en deze dient aan de eisen te worden aangepast.

Vanuit het binnendijks gelegen gemaal Alem loopt een gemetselde heul onder de dijk door. Deze is zowel aan de buiten- als aan de binnenzijde met een schuif afsluitbaar (mondeline informatie rayonmedewerker P.D.). Het onderzoek dient zich dus vooral te bewegen op de constructieve kwaliteit van de doorgang, terwijl de kwaliteit van de beide afsluitmiddelen moet worden gecontroleerd. Indien nodig moet aanpassing van doorgang en/of afsluitmiddelen plaatsvinden.

5.4 Loopgraven

Tegen het eind van de Tweede Wereldoorlog was de rivier de Maas enige tijd frontrivier. In de dijken aan de zijde van de Bommelerwaard zijn toen loopgraven aangelegd, mede om de oversteek van bevrijd naar bezet gebied te bemoeilijken. Volgens mondelinge informatie van bewoners die deze tijd hebben meegemaakt, werden op diverse plaatsen de loopgraven loodrecht op de lengterichting door de dijk heen gegraven en werd in het buitentalud de schutterspositie ingericht. De positie van één van deze loopgraven nabij Ammerzoden werd door een lid van de adviesgroep nog ongeveer herinnerd en aangewezen.

Bij dit punt (Hm 167) werd in april 1996 een globaal onderzoek uitgevoerd naar de eventuele aanwezigheid van oorlogsmateriaal en de wijze waarop de vermoedelijke loopgraaf is gedicht.

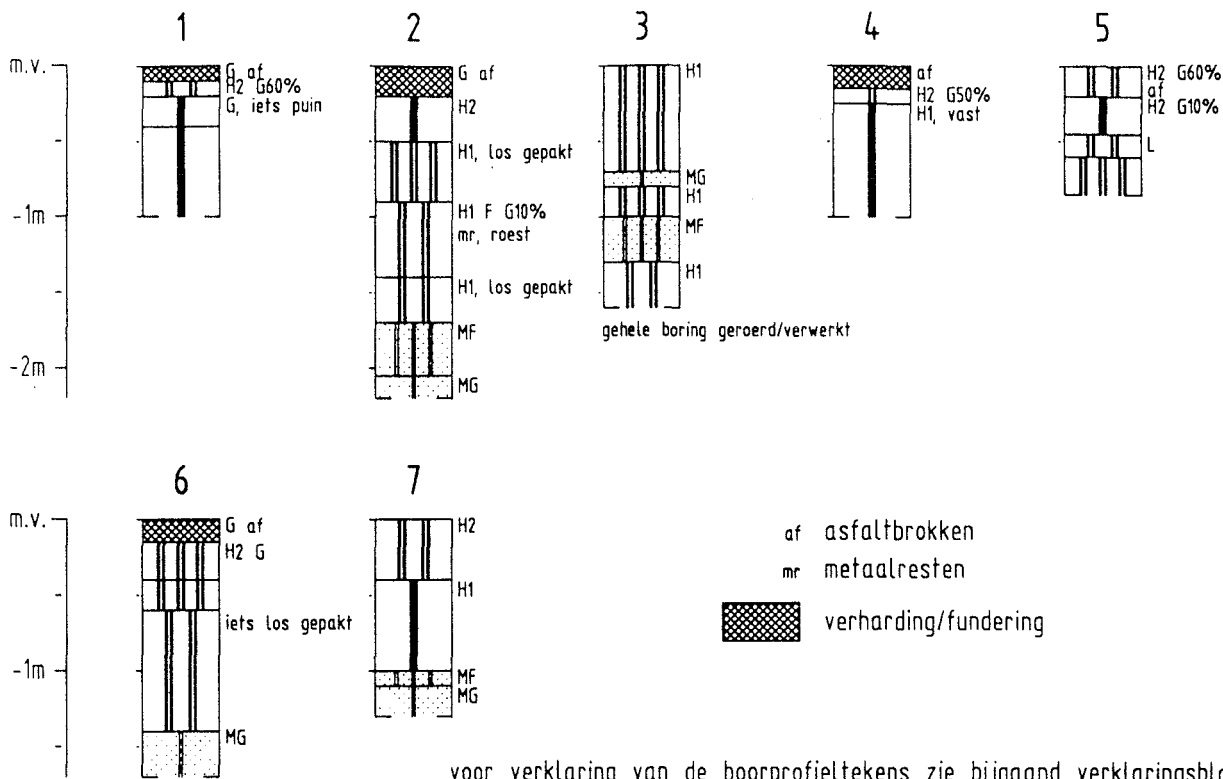
In het wegdek bleken kleine scheuren dwars op de rijrichting aanwezig en in het binnentalud werd een verzakking geconstateerd. Aan het uiterlijk van het buitentalud, dat op de steile bovenzijde van een basalt verdediging is voorzien, werd niets afwijkends gevonden.

Zowel aan de binnen- als de buitenkant van de weg werden boringen uitgevoerd in en naast de vermoedelijke plaats van de loopgraaf. De boor-resultaten zijn op de navolgende figuur weergegeven. De opbouw binnen en buiten de vermoedelijke loopgraaf is wisselend en geeft geen uitsluitsel. Eigenlijk alleen uit het geroerd zijn van het materiaal kan worden geconcludeerd, dat even stroomafwaarts van Hm 167 de grond op een later tijdstip dan de rest van de dijk is verwerkt en niet optimaal verdicht weer is aangebracht. Tevens wordt bij boring 2 (in de loopgraaf), afwijkend van de overige boringen, veel ijzerroest gevonden in de klei op 0,9 tot 1,4 m diepte. Daarbij zijn niet nader definieerbare harde ijzerconcreties gevonden.

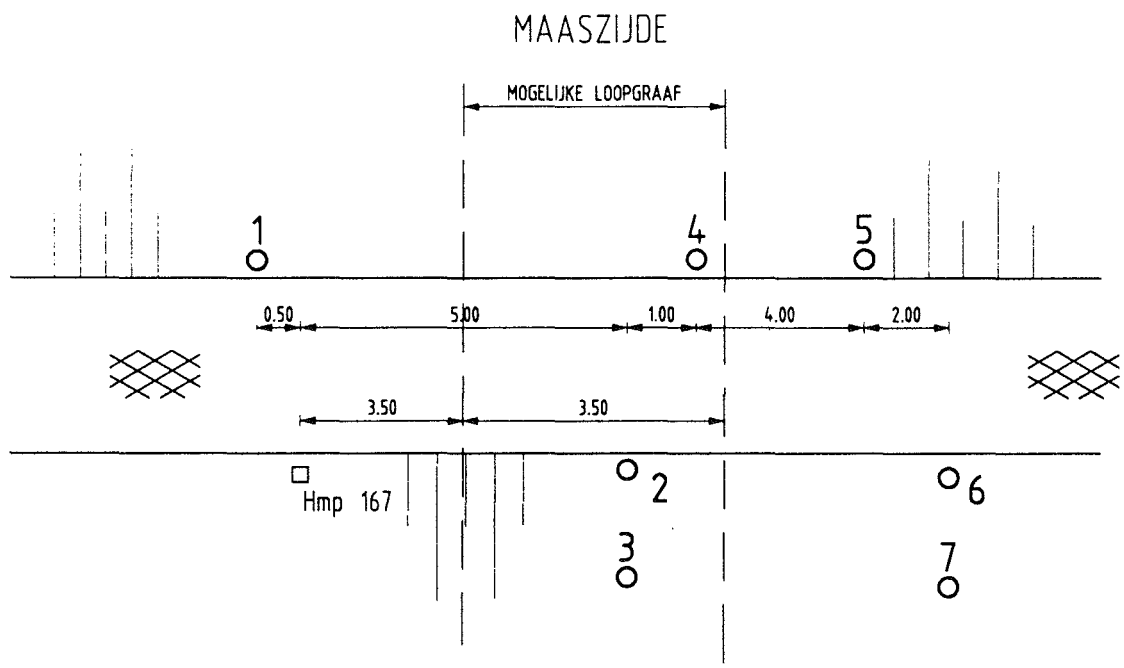
Onderzoek met een metaaldetektor, die een beperkte dieptewerking heeft, geeft aan dat op diverse plaatsen in de kruin van de dijk metaaldeeltjes aanwezig zijn. Het lijkt dat er meer materiaal in de loopgraaf ligt dan aan weerszijden. Vooral aan de stroomopwaartse zijde was het signaal veel minder frequent, stroomafwaarts geeft de detektor meer uitslag.

Concluderend kan worden gesteld dat even stroomopwaarts van Hm 167 zeer waarschijnlijk een loopgraaf door de dijk ligt. De waterkeringstechnische kwaliteit van het aanvulmateriaal in de loopgraaf is voldoende. De wat grotere doorlatendheid van het geroerde materiaal is door de hoge ligging op en boven MHW niet bezwaarlijk. In de loopgraaf liggen metaalresten. In hoeverre hierbij explosieven zijn, kan zonder een meer daarop gericht onderzoek niet worden bepaald.

In de volgende planfase zullen bij de Topografische Dienst uit de periode dat de Maas frontrivier was (eind 1944, begin 1945) militaire luchtfoto's bestudeerd worden. Daaruit kunnen de andere plaatsen worden bepaald waar loopgraven, maar mogelijk ook andere militaire constructies in het dijklichaam, of vlak daarbij aanwezig waren. Op plaatsen waar waterkeringstechnisch problemen worden verwacht, zal naar de aard van de restanten en van het aanvulmateriaal nader onderzoek worden uitgevoerd. Indien nodig dient dit materiaal door klei van de juiste samenstelling te worden vervangen.



voor verklaring van de boorprofieltkens zie bijgaand verklaringsblad



SITUATIESCHETS

NIET OP SCHAAL, maten in meters

Project **VERBETERING MAASDIJKEN BOMMELERWAARD**



Opdrachtgever **POLDERDISTRICT GROOT MAAS EN WAAL**

Onderdeel **BORINGEN T.P.V. LOOPGRAAF BIJ Hm 167**

Besteknummer

Formaat

Schaal

A4

1:50

Projectnummer

Tekeningnummer

Gew.

Datum

Get.

Gez.

Acc.

Datum

Bladnummer

1253341

44A-19666

DE

22-04-96

© Grontmij Groep Alle rechten voorbehouden

Minerale sedimenten

Indeling naar lutumgehalte (delen < 2 μm)
(voor waterafzettingen)

	zeer kleiarm zand	0 - 3%
	matig kleiarm zand	3 - 5%
	kleiig zand	5 - 8%
	zeer lichte zavel	8 - 12%
	matig lichte zavel	12 - 18%
	zware zavel	18 - 25%
	lichte klei	25 - 35%
	matig zware klei	35 - 50%
	zeer zware klei	> 50%

Indeling naar leemgehalte (delen < 50 μm)
(voor windafzettingen)

	zeer leemarm zand	0 - 5%
	matig leemarm zand	5 - 10%
	zwak lemig zand	10 - 18%
	sterk lemig zand	18 - 33%
	zeer sterk lemig zand	33 - 50%
	zandige leem	50 - 85%
	siltige leem	> 85%

Veen

	veen
	kleiig veen
	zandig veen

Waterbodems

	water
	bagger / slib

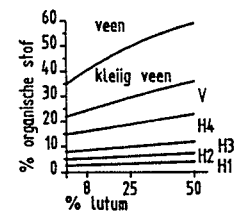
Aanduidingen (gebruikt in combinatie met voorgaande indeling)

Indeling van zand naar korrelgrootte

UF	uiterst fijn zand	M50-cijfer	50 - 105
ZF	zeer fijn zand	"	105 - 150
MF	matig fijn zand	"	150 - 210
MG	matig grof zand	"	210 - 420
ZG	zeer grof zand	"	420 - 2000

Indeling naar gehalte organische stof

H1	humusarm
H2	matig humeus
H3	zeer humeus
H4	humusrijk
V	veinig



Bijzondere afzettingen

LS	löss
KL	keileem
KZ	keizand
PZ	pre-glaciaal zand
PK	potklei

Toevoegingen

G	grindhoudend	L	gelaagd
P	puin	S	katteklei
R	houtresten	F	ijzerconcreties
M	schelpen	C	kalkconcreties
W	rietwortels	O	ongerijpt

Grondwaterstand en hydromorfe kenmerken

	bovenkant gleyzône
	grondwaterstand met opname datum
	onderkant gleyzône

Peilbuis- en monstertrajecten

	grondwaterstand	I	ongeroid grondmonster
	peilbuis	II	geroid grondmonster
	filter		

Plaatsaanduidingen van boringen, peilbuizen en sonderingen

1		plaats en nummer van boring	4		plaats en nummer van sondering
2		plaats en nummer van boring met peilbuis	5		plaats en nummer van boring met sondering
3		plaats en nummer van boring met twee of meer peilbuizen	6		plaats en nummer van sondering met peilbuis

5.5 Kolken

Langs de Maasdijken in de Bommelerwaard liggen een aantal kolken aan zowel de binnen- als de buitendijkse zijde. Ook een aantal gedempte kolken is aanwezig. Deze laatste zijn alleen van belang, omdat de bodemopbouw ter plekke ten opzichte van het meer normale verloop langs de dijk kan zijn veranderd bij de doorbraak.

Gedempte kolken zijn aangetroffen bij de dijkkring Alem (Moleneind bij Dp 13-14), een vermoedelijke (dijk kenmerkend bochtig) bij Hm 97 tussen Hoenzadriel en rijksweg A2 en om dezelfde reden een vermoedelijke bij Hm 138 in Hedel en een vermoedelijke bij Hm 165 bij Ammerzoden.

Restanten van kolken die vroeger veel groter zijn geweest liggen bij Hm 117-122 (Roomgat) tussen rijksweg A2 en spoorbaan bij Hedel en bij Hm 180 ter hoogte van Slot Well.

Kolken zijn nog aanwezig bij Hm 126-130 aan de binnendijkse zijde het Nieuwe Wiel, ontstaan in 1757 en liggend tussen de spoorbaan en de oude rijksweg bij Hedel. Even stroomafwaarts van Hedel liggen binnendijs tussen Hm 143 en 148 nog twee wielen (Dronkaardswiel), waar vroeger van drie wielen sprake is geweest. Ten slotte wordt bij Hm 159-160 buitendijs een wiel in de Rietwaard aangetroffen.

Ter plaatse van (vroegere) kolken is de bodemopbouw vaak erg verstoord. Door de doorbraak is de ondergrond verspoeld en over het achterland afgezet. Veelal wordt dan ook een zeer gelaagde opbouw aangetroffen, waarbij in de deklaag diverse zandstooralagen aanwezig zijn.

Ligt de kolk in de uiterwaard, dan is het intreepunt van het rivierwater dichtbij de dijk gelegen, hetgeen van invloed kan zijn op de grondwaterspanningen onder en achter de dijk en op de "piping"-gevoeligheid in het achterland. Maatregelen hiertegen kunnen zijn het aanbrengen van een weerstandbiedende laag in de kolk, of het aanbrengen van een aanberming achter de dijk. In probleemgevallen zou het aanbrengen van korte kwelschermen tegen "piping"-gevaar een oplossing kunnen zijn, waarbij het ruimtebeslag in het achter- en het voorland zeer beperkt kan worden gehouden.

Ligt de kolk in het achterland, dan blijkt vaak dat onder maatgevende omstandigheden, door uittredend water uit het talud van de kolk, de zandstooralagen niet stabiel zijn en uit gaan lopen. Uiteindelijk kan dan door nazakken een zo steil talud ontstaan in de kolk, dat een totale afschuiving de kolk in optreedt en het tegengewicht achter de dijk te klein wordt. Daardoor kan de stabiliteit van het binnentalud van de dijk in gevaar komen en daarmee de hele waterkering. Dit bezwijkproces kan worden tegengegaan door het uittreden van water uit het kolkstalud onder gecontroleerde omstandigheden plaats te doen vinden. Hiertoe kan het kolkstalud worden verflauwd met zand tot een helling van 1:5 à 1:6, of kan in alleen de oeverzone een filterconstructie worden aangebracht. Eventueel kan de stabiliteit van het binnentalud van de dijk nog worden verbeterd door een maaiveldaanvulling tussen teen van de dijk en insteek van de kolk, of kan een stabiliteitsscherm worden aangebracht. Deze laatste oplossing kan het kwelverloop naar de kolk toe beïnvloeden.

5.6 Oude kistdam bij Hedel

Uit de literatuur ("Tieler- en Bommelerwaarden, 1327-1977", Prof. mr. O. Moorman van Kappen, mr. Jan Korf, mr. O.W.A. Baron van Verschuer, 1977) is een kaart met dwarsprofiel bekend waarop langs het Nieuwe Wiel bij Hedel een kistdam is getekend in een daarna in 1757 verbeterde dijk. Van genoemd jaartal is bekend dat toen in de Bommelerwaard zware overstromingen plaatsvonden (verwijzing in "bijlagen Rapport Cie. Rivierdijken", bijlage 4, blz. 30, 1977).

De Stichting RAAP heeft meegedeeld niet naar de kistdam te hebben gezocht, omdat dit bij hen onbekend was. Booronderzoek is ook moeilijk, omdat van een toevaltreffer sprake moet zijn, wil een en ander worden gevonden. Door een sleuf te graven moet de kistdam aangetoond kunnen worden. Dit is echter niet uitgevoerd omdat er van kan worden uitgegaan dat in de dijk, die groten-deels uit klei bestaat, restanten van de kistdam aanwezig zullen zijn (mondelin-ge mededeling van projectleider van RAAP). Deze resten kunnen niet zichtbaar worden gemaakt, omdat een kerende werking niet meer aanwezig zal zijn en algehele verrotting dan zeer snel zal gaan.

Genoemde kaart is in copie hierna weergegeven. Tevens is op een hedendaagse rivierkaart van RWS aangegeven waar de verschillende onderdelen zich nu in de dijk bevinden. Op de kaart uit 1757 wijst het noordpijl naar linksonder.

Uit het dwarsprofiel kan worden afgeleid dat de hoogte van de kistdam bijna 3 m was bij een breedte van ca. 2,5 m en bestond uit twee verticaal in de grond geslagen palen, bovenaan gekoppeld en aan de landzijde nog door een schoor-paal gesteund. Daarvoor lag een ongeveer even hoge kade met een kruin-breedte van ruim 3 m en taludhellingen 1:1. Deze tijdelijke afdichtingen van een stroomgat zijn opgenomen in een bandijk met taludhellingen van ongeveer 1:2, een kruin van bijna 8 m breedte en een hoogte van ruim 4,5 m.

Ter verklaring van de teksten onder aan de oude kaart, hieronder de teksten in hedendaags Nederlands ("Groot Woordenboek der Nederlandse Taal", van Dale, 1995):

VERKLARING DER LETTEREN ABC

AA verbeeldt de kistdam door de gandel (=kil) in de Rijswaard (=nu Hedelse Waard) tot aan de rijsdam (=dam van wilgenhout) bij D.

B verbeeldt de doorbraak door voornoemde kistdam, hier stond 20 tot 25 voet (=ruim 6 à 7,5 m) water.

C de rijs- en gronddam om voornoemde doorbraak.

D de omgeschoven rijs- en gronddam door de gandel benedenstrooms.

E de gedeeltelijk nieuwgemaakte dijk, die dient voor de Zeeuwse Keur (=waar-schijnlijk dijk met bepaalde voorgeschreven afmetingen).

F aansluiting van voornoemde Zeeuwse Keur aan en op de gronddam of kade, die bij vervolmaking voor de Zeeuwse Keur dienst zal doen.

De gestippelde lijn langs de letters G verbeeldt de breedte of grondslag van de nieuw te maken bandijk, zowel boven- als benedenstrooms door de gandel.

In opdracht van de Heer Stadhouder P. Elsevier, heb ik ondergetekende en geadmitteerde (=toegelaten) landmeter, deze bovenstaande tekening van de situatie van de doorbraak bij Hedel, evenals de bekisting of bekraging(=voorlo-pig afsluiten van een gat dat door doorbraak in een dijk is ontstaan), de reeds bijna aangelegde Zeeuwse Keur en nog aan te leggen nieuwe bandijk bekeken en opgemeten en volgens bovenstaande schaal (1 Rijnlandse roede= 3,767 m, 1 Rijnlandse voet = 0,3139 m) op deze kaart gebracht en voltooid op 6 juni 1757. (Was getekend J. Leempoell).

