



Onderzoek noodwaterkeringen Rijnland

Voor
Hoogheemraadschap van Rijnland
Postbus 156
2300 AD LEIDEN

Nelen & Schuurmans
Postbus 1219
3500 BE Utrecht

www.nelen-schuurmans.nl

Projectgegevens

Dossier : S0093
Datum : 19-6-2017

Niets uit deze rapportage mag worden veeleelvoudigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.



Samenvatting

Aanleiding

Het boezemstelsel van het hoogheemraadschap van Rijnland bestaat uit een uitgebreid netwerk van vaarten, sloten en meren met een totaal oppervlak van zo'n 4500 hectare. In deze boezem bevinden zich 87 noodwaterkeringen, die in geval van een calamiteit kunnen worden ingezet om de boezem te compartimenteren in 9 kleinere eenheden. Hierdoor kan het leeglopen van de hele boezem in geval van een boezemkadebreuk naar een lager gelegen polder worden beperkt.

De kosten voor het beheer en onderhoud van deze constructies verschillen aanzienlijk per type noodwaterkering. Terwijl tegelijkertijd nut en noodzaak weer afhankelijk is van de afname van de schade die met deze kering kan worden bereikt. In voorliggende studie zijn de kosten en baten van de noodwaterkeringen onderzocht, waarmee het hoogheemraadschap een afweging kan maken over het wel of niet in stand houden van deze constructies.

Werkwijze

Als eerste zijn alle noodwaterkeringen geïnventariseerd. Vervolgens is het nut en de noodzaak onderzocht van het gebruik van de noodwaterkeringen bij: a) een boezemkadebreuk, b) voor het beperken van windopzet en c) bij het isoleren van een calamiteuze lozing. Vervolgens zijn de kosten en baten geschat voor het in stand houden van de noodwaterkeringen.

Technische staat

Verspreid over de boezem zijn er 4 balgstuwen, 3 klepstuwen, 23 schotbalkkeringen, 1 hefdeur, 1 roldeur, 31 keersluizen, 5 schutsluizen en 18 overige (kleine) keringen. Op de balgstuwen na, zijn alle keringen direct inzetbaar. De balgstuw in Aalsmeer is verwijderd. De balgstuw in Oude Wetering kan niet gebruikt worden en van de balgstuwen in Leimuiden en Lisse is niet bekend of ze gebruikt kunnen worden. Het gevaar bestaat dat bij het testen van deze balgstuwen, ze niet meer teruggevouwen kunnen worden in de drempel waarin ze onder water liggen. De geschatte herstellkosten bedragen 1 miljoen euro per balgstuw.

Boezemkadebreuk

Uit de uitgevoerde analyses blijkt dat bij een boezemkadebreuk, door het snel sluiten van noodwaterkeringen, veel schade in de aanliggende polder kan worden voorkomen. Bij de kleine compartimenten is de afname van de schade door de noodwaterkeringen zo'n 70% tot 80% is. Terwijl bij grote compartimenten de afname van de schade beperkt is tot zo'n 30%.

Windopzet

Bij hevige wind is het effect van de inzet van de Rijndijksluizen voor het beperken van de windopzet gering. Het nut is afhankelijk van de locatie en windkracht beperkt tot 1 tot 10 cm en dit dan in gebieden die niet erg kwetsbaar zijn voor een beetje windopzet. Terwijl het sluiten van de Rijndijksluizen moet plaatsvinden vóór het aanwakkeren van de wind en gedurende de afsluiting de afvoer van het achterliggende afgesloten gebied ernstig gestremd is.



Calamiteuze lozing

De inzet van de noodwaterkeringen bij calamiteuze lozingen kan in hele specifieke omstandigheden nuttig zijn. Dit afhankelijk van de ligging van de kering en locatie van de calamiteuze lozing, maar over het algemeen zijn de compartimenten te groot. Het aanbrengen van olieschermen in de directe nabijheid van de lozing is veel effectiever.

Kosten en baten

De kosten en baten zijn niet per noodwaterkering, maar per compartiment bepaald. Het is immers een combinatie van noodwaterkeringen die gelijktijdig moeten worden gesloten en gezamenlijk een gedeelte van de boezem afsluiten om schade te voorkomen. Uit de analyse blijkt dat de kosten per compartiment verschillen, maar beperkt zijn. De geschatte kosten voor het goedkoopste compartiment (Vlietlanden) bedragen € 1 200.- per jaar en voor het duurste compartiment (de Kaag en omgeving) € 87 000.- per jaar. Deze kosten zijn opgebouwd uit een afschrijving op het achterstallige onderhoud aan de balgstuwen, een jaarlijkse inspectie en het 1 x in de 5 jaar testen van de noodwaterkeringen.

De baten per compartiment zijn vele malen groter. Wanneer wordt uitgegaan van een bezwijkkans van 1 x per 10 000 jaar per 10 km boezemkade levert de schade aan de polders die met de noodwaterkeringen kan worden voorkomen zo'n € 3.2 miljoen/jaar op. De werkelijke baten zijn aanzienlijk hoger, omdat de eventuele schade aan boezemkades, boezemland en de indirecte schade door bijvoorbeeld het uitvallen Schiphol, de A4 of A44 hierbij nog moeten worden opgeteld.

Wel kan nog aanzienlijk veel meer schade worden voorkomen - tot zo'n € 6.6 miljoen per jaar - wanneer de calamiteitenorganisatie in staat is om meteen in de directe nabijheid van de bres de boezem te dichten. De huidige hoeveelheid stortsteen en onge vulde bigbags zijn hiervoor onvoldoende.

Conclusie

Op basis van de uitgevoerde analyses wordt geadviseerd om de huidige noodwaterkeringen voor het compartimenteren van de boezem in stand te houden. In de huidige situatie zijn er geen keringen die vanwege grote kosten en kleine opbrengst kunnen worden afgestoten. Ook voor de 4 balgstuwen, met geschatte kosten voor noodzakelijke reparaties van 4 miljoen euro, loont het om ze te handhaven. Eventueel zouden ze wel kunnen worden vervangen door een goedkoper alternatief met stortsteen in netten. Alleen is het sluiten van een balgstuw sneller en eenvoudiger te organiseren dan het onverwacht in de stromende regen aanvoeren en aanbrengen van een stortstenen dam in bijvoorbeeld de Ringvaart. Terwijl gelijktijdig grote groepen mensen de polder proberen uit te komen.

Aanbeveling

Voor de toekomst wordt geadviseerd om enkel de kleinere noodwaterkeringen met duur achterstallig onderhoud op te geven indien zij in niet al te grote eenvoud te dichten en te bereiken boezemwatergangen liggen. Hiervoor hoeven geen nieuwe noodwaterkeringen te worden aangelegd.

Aanbevolen wordt wel om een aantal nieuwe depots in te richten met voldoende stortsteen in netten die als mobiele flexibele noodwaterkering kunnen worden ingezet. Ook na het inzetten van de noodwaterkeringen, zal namelijk altijd nog in de directe nabijheid van een bres (maximaal enkele honderden meters) de boezem moeten worden gedicht om schade aan polders en boezemland te beperken. In de huidige situatie zijn er wel al 3 depots met 500 m³ stortsteen en 5 locaties met 200 onge vulde big-bag's, maar deze hoeveelheden zijn volstrekt onvoldoende om meerdere kleine en grote boezemwatergangen snel te dichten. De geschatte kosten voor het inrichten van 5 nieuwe depots met 500 m³ stortsteen in netten bedraagt € 1.000.000.-.



Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Werkwijze.....	1
1.4	Randvoorwaarden en uitgangspunten.....	2
2	Noodwaterkeringen in Rijnland.....	3
2.1	Compartimenteren van de boezem	3
2.2	Vaste noodwaterkeringen in de boezem.....	3
2.2.1	Balgstuwen	4
2.2.2	Klepstuwen	5
2.2.3	Schotbalkkeringen	5
2.2.4	Hefdeuren en schuiven	7
2.2.5	Keersluizen / schutsluizen	7
2.2.6	Roldeuren	9
2.2.7	Overige keringen	9
2.3	Mobiele noodwaterkeringen	10
2.4	Inzetbaarheid noodwaterkeringen	10
3	Wat leveren ze op?	12
3.1	Algemeen	12
3.2	Inzet noodwaterkeringen bij een boezemkadebreuk	12
3.2.1	Analyse van 32 doorbraken.....	12
3.2.2	Polders: ingestroomd volume en gevolgschade	14
3.2.3	Schade aan boezemkades en boezemland	15
3.3	Inzet noodwaterkeringen voor het beperken van opwaaiing.....	17
3.4	Inzet noodwaterkeringen bij een calamiteuze lozing	18
4	Kosten en baten van de noodwaterkeringen.....	19
4.1	Algemeen	19
4.2	Afname van instroomvolume door noodwaterkeringen	19
4.3	Afname van schade door noodwaterkeringen	19
4.4	De baten van de noodwaterkeringen	20
4.5	Kosten voor het in stand houden van de noodwaterkeringen	21
4.6	Verhouding kosten en baten	22
4.7	Ongewenste neveneffecten	23
4.8	Afstoten van noodwaterkeringen?	24
5	Conclusies en aanbevelingen	25
5.1	Conclusies.....	25
5.2	Aanbevelingen	26
I.	Kadebreuk Wilnis 2003.....	27
II.	Inflatiecorrectie 2004→2016.....	31
III.	Inzet van keringen per compartiment	32
IV.	Geschatte kosten per compartiment.....	34



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het boezemstelsel van het hoogheemraadschap van Rijnland bestaat uit een uitgebreid netwerk van vaarten, sloten en meren met een totaal oppervlak van zo'n 4500 hectare. Om te voorkomen dat deze boezem leegloopt in geval van een boezemkadebreuk bevinden zich verspreid over de boezem 87 noodwaterkeringen. Deze kunnen in geval van een calamiteit worden ingezet om de boezem te compartimenteren in kleinere eenheden.

De noodwaterkeringen bestaan uit BWO-keringen en Rijndijksluizen. BWO-keringen waren onderdeel van de Wet Bescherming Waterstaatswerken in Oorlogstijd. Deze wet is in 1992 komen te vervallen, maar de noodwaterkeringen zijn nog steeds bruikbaar voor het compartimenteren van de boezem tijdens een calamiteit, zoals een kadebreuk, hevige wind of een calamiteuze lozing. Deze waren in beheer bij de provincie, maar sinds 2004 bij het hoogheemraadschap. De Rijndijksluizen zijn 39 voornamelijk keersluizen in de zuidelijke dijk van de Oude Rijn.

De kosten voor het beheer en onderhoud van deze constructies verschilt aanzienlijk per type noodwaterkering. Het Hoogheemraadschap van Rijnland wil dan ook een afweging kunnen maken over het wel of niet in stand houden van deze constructies.

1.2 Doel

Het doel van voorliggende studie is het bepalen van het nut en de noodzaak van de noodwaterkeringen in Rijnlands boezem, waarmee een onderbouwde keuze kan worden gemaakt voor het al dan niet operationeel houden van deze noodwaterkeringen. De keuze moet worden onderbouwd vanuit de inzetbaarheid tijdens verschillende soorten calamiteiten en de mogelijkheid van alternatieve noodmaatregelen.

Deze studie bouwt voort op in 2004 uitgevoerd onderzoek naar dezelfde 87 noodwaterkeringen. Daar waar mogelijk is gebruik gemaakt van de toen uitgevoerde analyses.

1.3 Werkwijze

Tijdens dit onderzoek is een gefaseerde aanpak uitgevoerd:

- Als eerste zijn de noodwaterkeringen geïnventariseerd. Vertrekpunt waren de keringen die ook in 2004 onderzocht zijn. Onderzocht is welke nog steeds en welke niet meer inzetbaar zijn;
- Vervolgens zijn de schadeberekeningen uit 2004 geactualiseerd naar 2016. Hiervoor is per schadeberekening uit 2004 getoetst of in de desbetreffende polder wel of geen grote veranderingen in de ruimtelijke ordening hebben plaatsgevonden die de schade nu aanzienlijk zouden vergroten. Daarnaast zijn de schadebedragen geïndexeerd naar het prijspeil van 2016 met de inflatiepercentages van het CBS (Zie Bijlage II).
- Hierna is de efficiëntie van de noodwaterkeringen, maar ook van flexibelere alternatieven onderzocht;
- Als laatste zijn alle bevindingen vastgelegd in dit rapport.



1.4 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Bij de uitvoering van het onderzoek zijn de volgende randvoorwaarden en uitgangspunten gehanteerd:

- Voor dit onderzoek is niet getest of de noodwaterkeringen in de praktijk ook naar behoren functioneren c.q. of overal alle onderdelen compleet zijn.
- In de overstromingsberekeningen is er vanuit gegaan dat de keringen bij een boezemkadebreuk nagenoeg direct en instantaan worden gesloten. In de praktijk zal hier afhankelijk van de kering en het tijdstip op de dag enige tijd mee gemoeid gaan. Hierdoor kan het berekende nuttig effect t.o.v. de praktijk iets worden overschat;
- Per berekening zijn de gevolgen na een periode van 48 uur gebruikt om scenario's met elkaar te vergelijken. Door het hoogheemraadschap is ingeschat dat het mogelijk is om ook zonder de noodwaterkeringen, maar met andere middelen, binnen twee etmalen het inundatieproces te stoppen;
- Bij de berekening van de schade is alleen de directe schade meegenomen. Indirecte economische gevolgschade door bijvoorbeeld het stilvallen van de luchthaven Schiphol is niet meegenomen. De bepaalde baten zijn dus een onderschatting van de werkelijke baten.

In Wilnis brak op 26 augustus 2003 een boezemkade door van de ringvaart van Polder Groot-Mijdrecht. Over een lengte van 60 meter schoof de kade de polder in. In Bijlage I is uitgewerkt wat er toen gebeurde. Om het water te stoppen zijn er 2 BWO-keringen gesloten en 2 noodkeringen aangelegd.

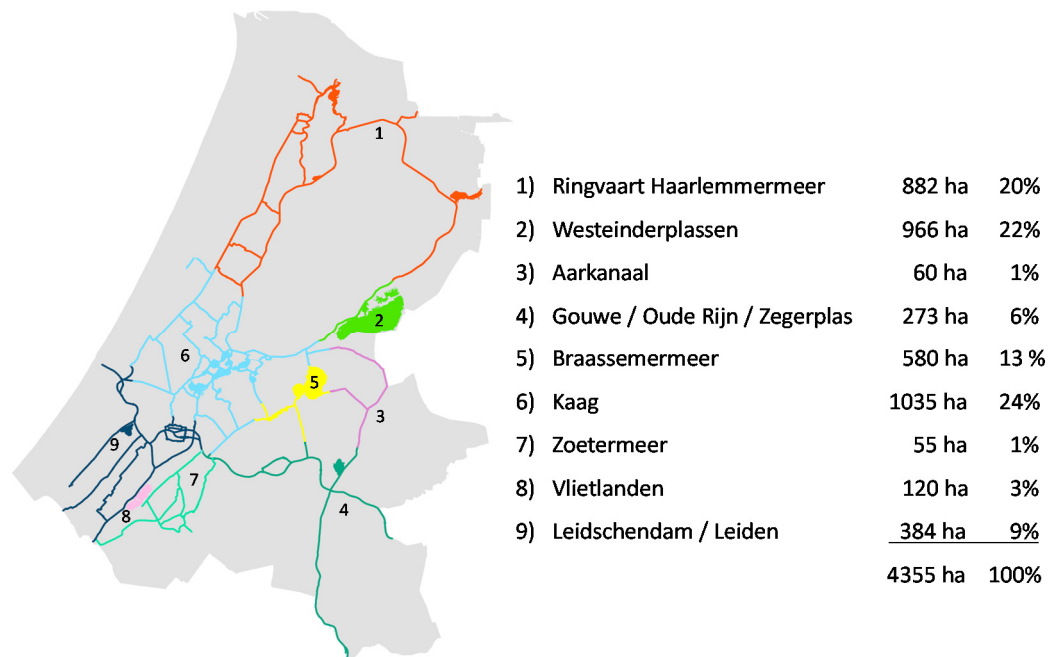




2 Noodwaterkeringen in Rijnland

2.1 Compartimenteren van de boezem

De boezem van Rijnland kan met behulp van noodwaterkeringen worden verdeeld in 9 compartimenten. In *Figuur 2-1* zijn de locatie en het oppervlak van de compartimenten weergegeven. Let op dat in dit figuur omwille van het overzicht in kleur enkel de primaire hoofdwatertgangen zijn opgenomen. Het verschil in omvang van de compartimenten is erg groot. Vooral bij de grootste compartimenten kan bij een boezemkadebreuk nog een aanzienlijk stuk boezem leeglopen in de achter de breuk gelegen polder.



Figuur 2-1. De 9 compartimenten in Rijnlands boezem met hun (relatieve) oppervlak

2.2 Vaste noodwaterkeringen in de boezem

Afhankelijk van de breedte en diepte van de watergang en de eventuele aanwezigheid van bruggen zijn er verschillende soorten noodwaterkeringen. In Tabel 2-1 zijn de 87 vaste keringen geordend opgenomen. Voor het compartimenteren van de boezem conform paragraaf 2.1 zijn er 33 keringen in het primaire stelsel en 11 in het secundaire stelsel. De 42 overige keringen in kleine watergangen zijn niet nodig voor deze compartimenten, maar voor het van de boezem isoleren van bijvoorbeeld doodlopende langgerekte stukken van de boezem. Naast vaste noodwaterkeringen zijn er ook mobiele noodwaterkeringen. Deze worden in paragraaf 2.3 besproken.



Tabel 2-1. Noodwaterkeringen in de boezem van Rijnland

Type kering	Primaire stelsel	Secundaire stelsel	Overige keringen	Totaal
Balgstuw	4			4
Klepstuwen	3			3
Schotbalken	16	3	5	24
Hefdeuren		1		1
Roldeuren	1			1
Keersluis	9	4	18	31
Schutsluis			5	5
Overige keringen			18	18
Totaal	33	8	46	87

2.2.1 Balgstuwen

In totaal zijn er 4 balgstuwen: drie in de Ringvaart van de Haarlemmermeer bij Lisse, Aalsmeer, en Leimuiden en de vierde in de Oude Wetering tussen de Ringvaart en het Braassemermeer. Een balgstuw bestaat uit een rubberen balg, die opgevouwen in een grote drempel op de bodem ligt. Binnen een half uur kan de balg worden volgepompt met water, waarmee de watergang kan worden afgesloten (Zie [Figuur 2-4](#)). De huidige technische toestand is dat de Balgstuw in Aalsmeer is verwijderd. De balgstuw in Oude Wetering is verzwaaard met betonnen Stelconplaten, omdat deze bij de laatste test niet goed terugvouwde in de drempel. Van de andere 2 is onbekend of zij inzetbaar zijn.



Figuur 2-2. De 40 jaar oude balgstuw bij Aalsmeer (links) is in 2014 uit de Ringvaart getild.

Tabel 2-2. Balgstuwen in Rijnland

Locatie	Watergang	Breedte (m)	Drempeldiepte (mNAP)
Lisse	Ringvaart	26.75	-4.00
Aalsmeer	Ringvaart	29.15	-4.20
Leimuiden	Ringvaart	36.35	-4.20
Oude Wetering	Oude Wetering	36.00	-4.20



2.2.2 Klepstuwen

Een klepstuw bestaat uit een op de bodem scharnierende klep. Onder normale omstandigheden ligt deze plat en is er voor scheepvaart en aan- en afvoer van water geen belemmering. Indien gewenst kan de klep mechanisch omhoog getrokken worden en de watergang (gedeeltelijk) worden afgesloten. In de boezem van Rijnland bevinden zich drie klepstuwen. Deze zijn alle 3 inzetbaar en worden door Rijnland bediend / beheerd.



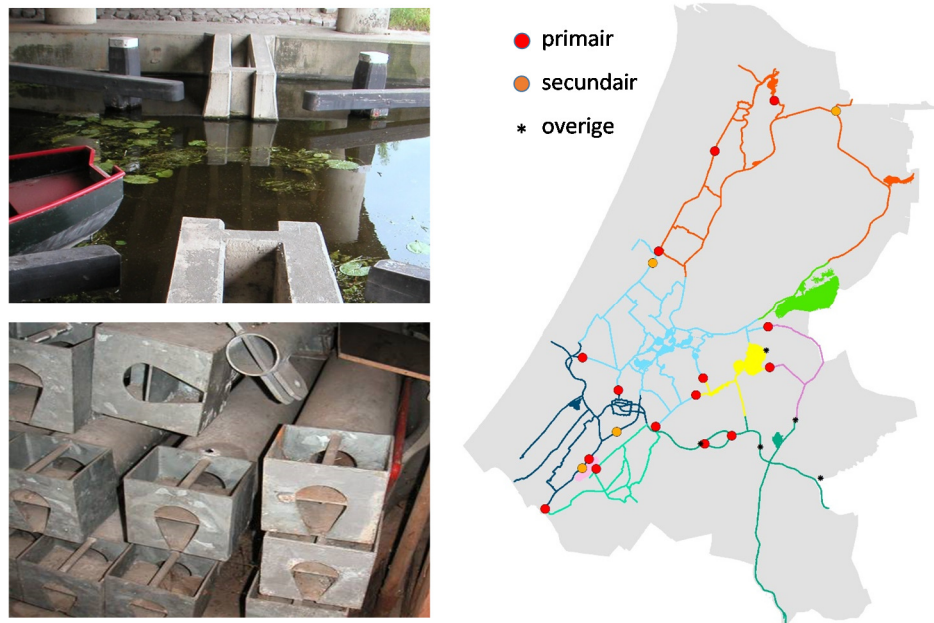
Figuur 2-3. Klepstuwen in Rijnland: Leiderdorp, Alphen aan de Rijn en Ter Aar.

Tabel 2-3. Klepstuwen in Rijnland

Locatie	Watergang	Breedte (m)	Drempeldiepte (mNAP)
Leiderdorp	Zijl	36.18	-4.75
Alphen aan de Rijn	Heymanswetering	36.00	-4.30
Ter Aar	Aarkanaal	26.00	-3.90

2.2.3 Schotbalkkeringen

Schotbalkkeringen bestaan uit een sponning in het landhoofd van een brug of sluis waarin schotten of balken kunnen worden gestapeld om een watergang af te sluiten. Deze balken of schotten zijn vaak in de nabijheid van de constructie aanwezig en kunnen met een kraan of takel in de sponning worden geplaatst. Op de waterbodem is een vlakke drempel aanwezig waarop de schotbalken steunen. Bij brede watergangen bevinden zich meerdere schotbalksponningen parallel. Hiervoor bevindt zich dan één of meerdere pijlers in de watergang.



Figuur 2-4. Schotbalkkeringen in Rijnland

Tabel 2-4. Schotbalkkeringen in de boezem van Rijnland. Nr 1 t/m 15 in het primaire stelsel. 16 t/m 18 in het secundaire stelsel. 19 t/m 23 in kleine boezemwatergangen

	Locatie	Watergang	Breedte (m)	Diepte (mNAP)	Wekend?
1	Hrlemmerl & Sprnw	Binnenliede	2*4.50	-3.00	uit bedrijf
2	Heemstede	Leidse Trekvaart	NA	NA	ja
3	Lisse	Haarlemmertrekv.	2*5.70	-2.85	ja
4	Kaag en Braassem	Leidsevaart	5.6 + 3.5	NA	ja
5	Kaag en Braassem	Drecht	6.0	-3.20	ja
6	Rijnsburg	Oegstgeesterkan.	2*2*7.0	-4.10	ja
7	Leiden	Haarlemmertrekv.	2*7.05	NA	ja
8	Kaag en Braassem	Does	3*4.5+1.7	-3.00	ja
9	Kaag en Braassem	Rijpwetering	4.9+2*2.35	NA	ja
10	Leiderdorp	Kering in de Does	2*5.65	-2.40	ja
11	Leidschendam	Starrevaart	5.43	-2.10	ja
12	Leidschendam	Vinkesloot	4.00	-2.30	ja
13	Leidschendam	Bakkersloot	6.00	-2.60	ja
14	Alphen aan de Rijn	Lagewaardse Rijn	3.05	-1.70	ja
15	Alphen aan de Rijn	Lagewaardse Rijn	3.20	-1.70	ja
16	Leiderdorp	Oude Rijn	11.5	-4.00	ja
17	Lisse	Spoorsloot	2.00	-1.60	uit bedrijf
18	Leiden	Vrouwenvaart	5.34	-2.00	ja
19	Leidschendam	Weegsloot	4.00	-4.00	ja
20	Kaag en Braassem	Joost Stollensloot	3.40	-1.90	onbekend/stuk
21	Alphen aan de Rijn	Kromme Aar	3.18	-1.55	ja
22	Alphen aan de Rijn	Hondsdijsse Polder	3.30	-1.70	ja
23	Alphen aan de Rijn	Ziende Zwammerd	5.00	-2.60	ja
24	Nieuwkoop	Schoutenvaart	4.50	-2.00	ja



2.2.4 Hefdeuren en schuiven

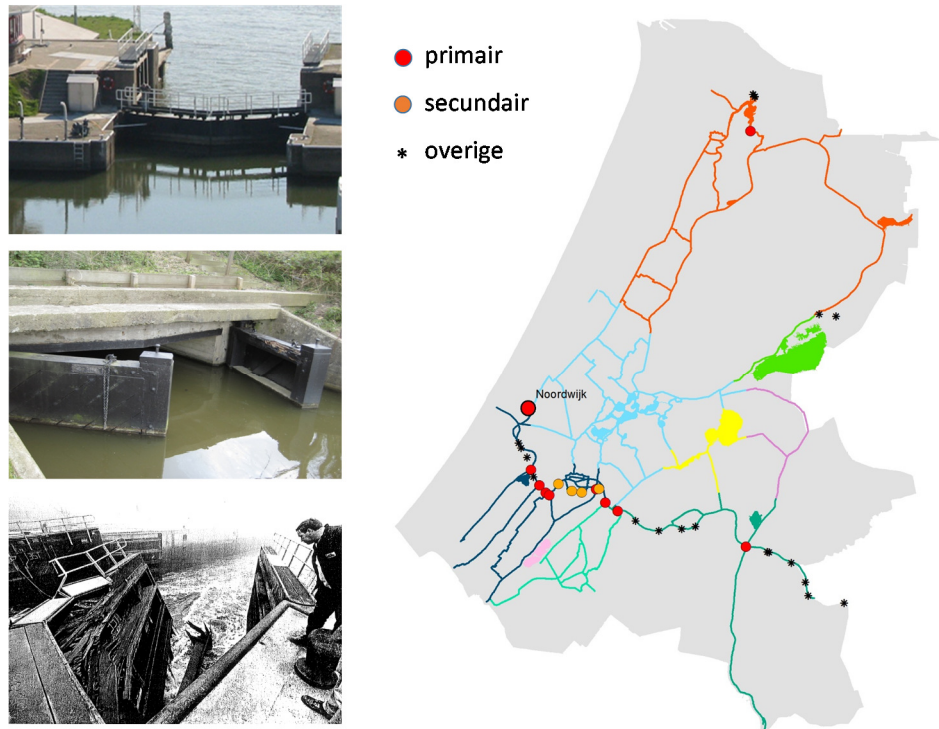
Een hefdeur bestaat uit een schot dat zich al boven de af te sluiten watergang bevindt. Door de schuif verticaal te laten zakken kan de watergang worden afgesloten. Hefdeuren zijn goed te sluiten in snelstromend water en zijn tweezijdig kerend. Binnen Rijnland is er één hefdeur; aan de Stommeerkade in Aalsmeer met een breedte van 5.25 en één drempeldiepte op -2.00 mNAP.



Figuur 2-5. Hefdeur boven de Stommeerkade in Aalsmeer.

2.2.5 Keersluizen / schutsluizen

Een keersluis bestaat uit een constructie waarin met twee puntdeuren, die aan weerszijden van een watergang aanwezig zijn, een afsluiting kan worden gerealiseerd. In principe is deze constructie eenzijdig kerend, tenzij een dubbele constructie is aangebracht, zoals bij een schutsluis voor de scheepvaart. Ter plaatse van de Oude Rijn dijk zijn veel van deze constructies aangebracht die doorgaans alleen water keren uit noordelijke richting. De zogenaamde Rijn dijksluizen. Met deze sluizen kan bij noordwesten wind scheefstand van de boezem door opwaaiing worden beperkt.



Figuur 2-6. Puntdeuren van een schutsluis (boven) en keersluis (midden). De foto onder toont de puntdeuren van de zeesluis te Delfzijl. De sluiswachter was op 22 maart 2000 de deuren vergeten te sluiten! Toen het water eenmaal stroomde klapten de deuren met een grote knal uit de taatspot

Tabel 2-5. De 18 Keerlsuizen binnen Rijnland's boezem. 1 t/m 9 liggen in primaire watergangen. 10 t/m 13 in secundaire watergangen en 14 t/m 31 in nog kleinere boezemwatergangen

	Keersluis	Watergang	Gemeente	Werkend?
1	Binnenliede	Binnenliede	Haarlemmerl & Spaarnw	uit bedrijf
2	Wassenaarsesluis	Zijlwatering	Valkenburg	ja
3	Veenwateringsluis	Veenwatering	Leiden	ja
4	Dobbewateringsluis	Dobbewatering	Leiden	ja
5	Waddingerbrugsluis	Korte Vlietkanaal	Leiden	ja
6	Sluis Wilhelminabrug	Rijn Schie kanaal	Leiden	ja
7	Meerburgersluis	Meerburgwatering	Zoeterwoude	ja
8	Weipoortsesluis	Weipoortse Vliet	Zoeterwoude	ja
9	Gouwe Keersluis	Gouwe	Alphen aan de Rijn	ja
10	Boshuizersluis	Boshuizervaart	Leiden	ja
11	Neksluis	Vliet	Leiden	ja
12	Molensluis	Stadsmolensloot	Leiden	ja
13	Roomburgersluis	Roomburgerwatering	Leiden	ja
14	Dorpsstraat		Aalsmeer	ja
15	Molenvliet	Molenvliet	Aalsmeer	Ja
16	Woerdersluis	Mooie Nel	Haarlem	ja
17	Boezemsluis te Spndm	Mooie Nel	Haarlem	ja
18	Kleine Wateringsluis	Kleine Watering	Katwijk	ja
19	Grote Wateringsluis	Valkenburgse Watering	Katwijk	ja
20	Torenvlietsluis	Slotwatering	Katwijk	ja
21	Korte Wateringsluis	Korte Watering	Katwijk	ja
22	Hogeveensesluis	Hoogeveensche vaart	Alpen aan de Rijn	ja
23	Oostvaartsluis	Oostvaart	Alpen aan de Rijn	ja
24	Hoornsluis	Vorb. Riethoornsche polder	Alpen aan de Rijn	ja
25	Sluis van Nijverheid		Alpen aan de Rijn	ja
26	Steektersluis	Vorb. polder Steekt	Alpen aan de Rijn	ja
27	Sluis op Halfweg		Bodegraven	ja
28	Sluis van Hubert		Alpen aan de Rijn	ja
29	Reeuwijkse sluis	Vorb. polder Reeuwijk	Bodegraven	ja
30	Lodewijksluis		Alpen aan de Rijn	ja
31	Zuidzijdermolensluis		Bodegraven	onbekend



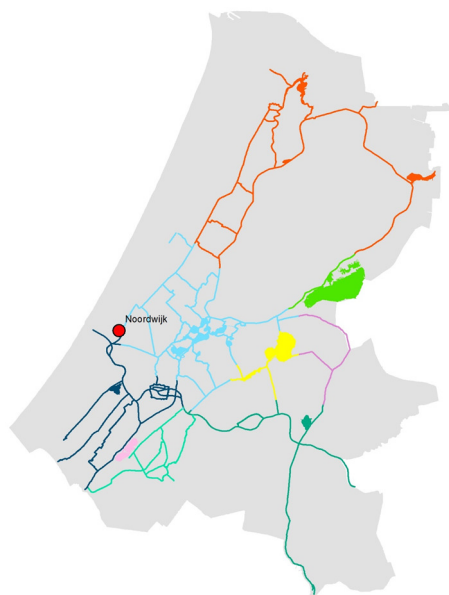
Naast de keersluizen zijn er ook 5 schutsluizen. Deze liggen niet in de boezem, maar vormen vooral keringen op de rand van de boezem met HDSR of AGV en zijn onder normale omstandigheden gesloten. Deze schutsluizen zijn:

1. Nieuwe Meerschutsluis in Amsterdam, 2 roldeuren breed 12.00, drempel -4.00 mNAP;
2. Haarlemmertrekvaartschutsluis in Amsterdam, breed 6.15, drempel -3.00 mNAP;
3. Tolhuissluis in Uithoorn, 2 stuks, br 4.00, dr -2.49 mNAP en br 8.15, dr -2.95 mNAP;
4. Groote Sluis in Spaarndam, breed 12.00, diepte -5.00 mNAP;
5. Kolksluis in Spaarndam, breed 6.20, diepte -2.66 mNAP.

2.2.6 Roldeuren

Een roldeur bevindt zich naast de watergang en kan rollend in de watergang worden geschoven zodat afsluiting plaatsvindt. Om de roldeur te sluiten moet de deur uit de deurkas worden gerold en met de voorzijde goed in de tegenovergelegen sponning worden gedrukt. Dit laatste is belangrijk, omdat de deur anders een goed aanslag mist en bij toenemend drukverschil over de deur kan gaan schuiven.

Binnen Rijnland bevindt zich één roldeur in de Jan Zwanenbrug over de Maandagse Watering in Noordwijk. Deze bestaat uit twee deuren van 7.30 meter en een drempeldiepte van -2.85 mNAP. De roldeur is inzetbaar en in beheer bij Rijnland.



Figuur 2-7. Roldeur in Rijnland bij Noordwijk

2.2.7 Overige keringen

Naast de hiervoor uitgewerkte keringen zijn er nog een achttien andere constructies die als noodwaterkering (kunnen) functioneren. Dit zijn vooral afsluitbare duikers en rioolschuiven.

Tabel 2-6 Overige boezemwaterkeringen binnen Rijnland in voornamelijk kleine boezemwatergangen

	Locatie	Watergang	Gemeente	Werkend?
1	Afsl. duiker Ø 700mm	Dijksloot Leimuiden	Leimuiden	onbekend
2	Afsl. duiker Ø 800mm	Amsterdamse Vaart	Haarlem	ja
3	Damwandkering met vijzel	Fuikvaart	Haarlem	ja
4	Afsl. rioolbuis Ø 400mm	Dijksl. Rijnsaterwoude	Kaag en Braassem	onbekend
5	Afsl. duiker Ø 400mm	Leimuiden ZO Tolbrug	Kaag en Braassem	onbekend
6	Schotten (8 stuks)	Oosteinderweg	Aalsmeer	opgedoekt
7	Rioolschuif	Catharinastraat	Leiden	onbekend
8	Rioolschuif	Rijnstroomstraat	Leiden	onbekend
9	Rioolschuif	Kettingstraat	Leiden	onbekend
10	Rioolschuif	Bruggestraat	Leiden	onbekend
11	Rioolschuif	Hoge Rijndijk 334	Leiden	onbekend
12	Afsluitbare duiker	Hoge Rijndijk /RW 4	Leiden	onbekend
13	Afsl. duiker (5 stuks)	A44 viaduct	Leiden	onbekend
14	Rioolschuif	Waddingerbrug	Leiden	onbekend
15	Rioolschuif	Cronesteinkade	Leiden	onbekend
16	Big-Bags	Van Cleefkade	Aalsmeer	ja
17	Big-Bags	Polanenkade	Hrlemmerl & Sprnw	ja
18	Sluisdeur	Bakkersloot	Leidschendam	onbekend



2.3 Mobiele noodwaterkeringen

Naast de vaste noodwaterkeringen uit de vorige paragraaf kan gebruik worden gemaakt van 'mobiele' noodwaterkeringen. Hiervoor beschikt het hoogheemraadschap verdeeld over diverse depots over stortsteen, onge vulde big-bags en zandzakken. De locaties zijn verspreid gekozen zodat materiaal snel ter plaatse kan zijn om een alternatieve noodwaterkering te kunnen realiseren. In zowel Spaarndam, Leidschendam, Bodegraven, Ter Aar en Lijnden liggen 200 onge vulde big-bags. In Alphen a/d Rijn, Nieuwe Wetering en Lijnden ligt ook nog per locatie 500 m³ stortsteen. Deze hoeveelheden zijn voldoende om een gemiddelde watergang af te dammen.

Om dit materiaal aan te brengen is materieel nodig in de vorm van vrachtwagens, graafmachines en kranen. Het transport en het aanbrengen van stortsteen, big-bags en zandzakken kost tijd. Hiervoor zijn er wel afspraken met loonwerkers, maar er is geen exact draaiboek dan wel (logistiek) getest of het snel aanvoeren en afdichten wel lukt. Stortsteen zakt bijvoorbeeld weg in een veenbodem en in de nabijheid van de boezem zijn mogelijk ook nog rijplaten nodig om met zwaar materieel tot aan de waterkant te komen.

Ter illustratie. De Ringvaart rond de Haarlemmermeer is om en nabij 30 meter breed en 4 meter diep. Om het dwarsprofiel van de ringvaart rond de Haarlemmermeer op twee plekken af te dammen is twee keer een ½ * 8 meter breed * 4 meter hoog * 30 meter lange dam nodig. Dit komt overeen met 960 m³ aan stortsteen/big-bags.

In de huidige situatie is er dan ook te weinig materiaal om op meerdere plekken simultaan bijvoorbeeld de Ringvaart rond de Haarlemmermeer af te dammen. Aanbevolen wordt om op meer depots voldoende stortsteen in netten op voorraad te hebben om snel in te kunnen grijpen. Voor 5 nieuwe depots worden de kosten geraamd op 1 miljoen euro:

- 5 locaties a 500 m ² en € 150.-/m ²	→ € 375.000,-
- inrichting 5 locaties (verharding, hekwerk, loods)	→ € 500.000,-
- stortsteen in netten 5 keer 500 m ³	→ € 125.000,-

2.4 Inzetbaarheid noodwaterkeringen

De inzetbaarheid van de noodwaterkeringen is door Rijnland onderzocht. In [Tabel 2-7](#) en in Bijlage III en IV zijn de belangrijkste resultaten uit de inventarisatie weergegeven. Het gaat vooral om de benodigde tijdsduur voordat een compartiment is gesloten, er van uitgaande dat alle noodwaterkeringen gelijktijdig worden gesloten. Verder is het aantal noodwaterkeringen per compartiment weergegeven en de jaarlijkse kosten per compartiment. Hierin zitten wel dubbeltellingen aangezien veel noodwaterkeringen voor meer dan één compartiment kunnen worden ingezet.

Een groot compartiment zoals 6 (Kaag e.o.) vraagt een grote inspanning. Hiervoor moeten 13 noodwaterkeringen worden gesloten, terwijl de inspanning voor kleine compartimenten zoals 3, 7 en 8 beperkt is.

Uit de tabel valt verder op dat de tijd die nodig is om een compartiment te sluiten varieert van minimaal 3 uur tot maximaal 7 uur. Hierbij is de tijd die verstrijkt, totdat de calamiteit bij Rijnland bekend is, niet meegerekend.



Tabel 2-7. Kenmerken inzetbaarheid noodwaterkeringen per compartiment

Nr	Naam	Tijds- duur	Aantal man- uren	Aantal mensen	Stuks materieel	Aantal nwk	Jaarlijkse kosten (10 ³ €)
1	Haarlemmermeer e.o.	5	61	13	6	7	56
2	Westeinderplassen e.o.	5	40	8	2	4	55
3	Aarkanaal e.o.	6	82	17	3	3	3
4	Gouwe, Z'plas, Oude R	6	165	35	6	8	7
5	Braassemermeer e.o.	7	126	24	6	5	30
6	Kaag e.o.	7	274	55	18	13	87
7	Zoetermeer e.o.	5	52	15	6	5	2
8	Vlietlanden	3	18	6	3	3	1
9	Leiden/L'dam/Wassen	7	203	38	21	18	9



3 Wat leveren ze op?

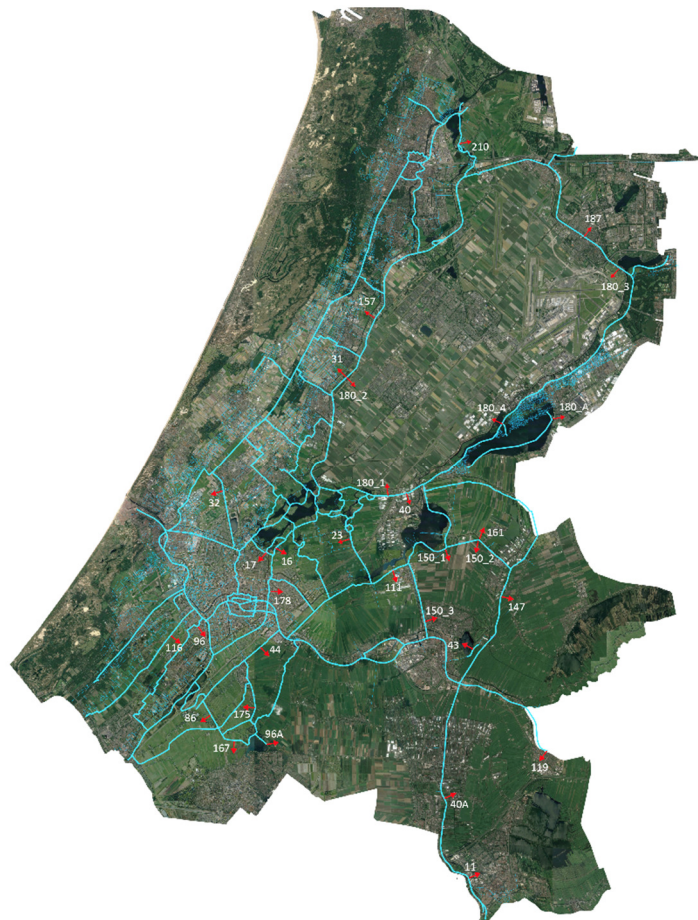
3.1 Algemeen

In verschillende situaties is het inzetten van de noodwaterkeringen nuttig. In paragraaf 3.2 is onderzocht hoeveel schade met de noodwaterkeringen bij een boezemkadebreuk kan worden voorkomen. In paragraaf 3.3 is onderzocht hoeveel ze opleveren bij het voorkomen van opwaaiing door extreme noordwesten wind. In paragraaf 3.4 ten slotte wat de bijdrage van de noodwaterkeringen is bij een calamiteuze lozing.

3.2 Inzet noodwaterkeringen bij een boezemkadebreuk

3.2.1 Analyse van 32 doorbraken

De noodwaterkeringen zijn aangelegd om de boezem te kunnen compartimenteren bij een boezemkadebreuk. Om een goed beeld te krijgen van de schade die met de noodwaterkeringen bij een boezemkadebreuk kan worden voorkomen, zijn voor dit onderzoek, verspreid over Rijnlands boezem, 32 potentiële doorbraken onderzocht (*Figuur 3-1*). De locaties zijn zo gekozen dat inzicht wordt verkregen in het gehele spectrum aan mogelijke gevolgen. Hierbij is rekening gehouden met de omvang van het boezemstelsel in de nabijheid van de breuk, de grootte en de diepte van de aanliggende polders en de bebouwingsgraad van deze polders.



Figuur 3-1. Doorbraaklocaties en richting van de aanliggende volgestroomde polder



De gevolgen van deze 32 doorbraken, voor de polder die vol en boezem die leegloopt, zijn berekend met een hydrodynamische overstromingsmodel van de boezem en polders (Sobek 1D-2D). De schade in de polders is berekend met behulp van de Schade- en Slachtoffermodule van Rijkswaterstaat (HIS-SSM). Waarbij de schade nog wel is aangepast aan het prijspeil van 2016 en waar noodzakelijk gecorrigeerd voor grote veranderingen in de ruimtelijke ordening. Deze aanpassingen zijn nodig, omdat a) het jaartal voor het prijspeil en b) de landgebruikskaart in HIS-SSM is gebaseerd op het prijspeil en het landgebruik in 2004.

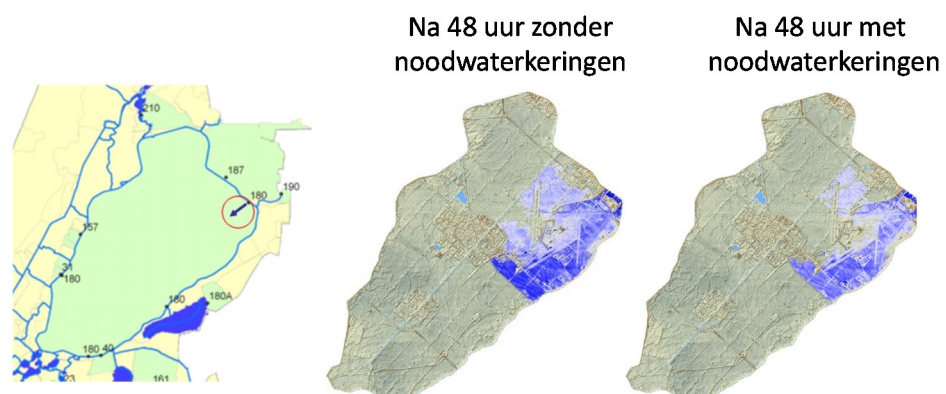
Voorbeeld doorbraak Ringvaart Haarlemmermeer bij Badhoevedorp/Schiphol

Ter illustratie is één van deze berekeningen, die van de Haarlemmermeer nabij Schiphol In (zie [Figuur 3-2](#) links), hier verder uitgewerkt. Voor deze doorbraaklocatie is berekend dat zonder inzet van de noodwaterkeringen na 48 uur ruim 17 miljoen m³ water uit de Ringvaart de polder is binnengestroomd. Met de inzet van de noodwaterkeringen is er na 48 uur circa 10 miljoen m³ de polder is ingestroomd. Hierbij is er vanuit gegaan dat het sluiten van de noodwaterkeringen nagenoeg gelijktijdig met de doorbraak plaatsvindt.

Bij een dijkdoorbraak verspreidt het water zich na de bres eerst radiaal over het maaiveld tot de eerste (grote) watergang. Vanaf deze watergang verspreidt het water zich vervolgens via het netwerk aan waterlopen over de polder. Waarna het vanaf het laagste punt in de polder uit de watergang op het maaiveld stroomt. In [Figuur 3-2](#) in het midden en rechts zijn de gevolgen voor de Haarlemmermeerpolder na 48 uur na de doorbraak met en zonder de inzet van de noodwaterkeringen weergegeven.

Het laagste punt in de Haarlemmermeerpolder bevindt zich weliswaar bij Nieuw-Vennep, maar te zien is dat de Geniedijk het water ophoudt. De Geniedijk is ook aangelegd (1888-1903) om bij een (opzettelijke) inundatie van het zuidelijk deel van de Haarlemmermeer te voorkomen dat het noordelijk deel inundeerde. Maar dit werkt dus kennelijk ook andersom.

De berekeningen zijn uitgevoerd tot 48 uur na een doorbraak om het effect van de inzet van noodwaterkeringen niet te overschatten. Theoretisch zou de Ringvaart (of de boezem) tot op de bodem van de Ringvaart leeg kunnen lopen door het grote verschil in volume tussen de boezem en de Haarlemmermeer. Dat kan tot meer dan drie weken duren, waarbij de stroomsnelheid al lang enorm is afgenomen. Aangenomen is echter dat ook zonder de noodwaterkeringen binnen 48 uur actie is ondernomen om het inundatieproces op één of andere manier te stoppen.



Figuur 3-2. Doorbraaklocatie in het noordoosten van de Haarlemmermeerpolder (rode cirkel) en het overstroomde gebied na 48 uur zonder (midden) en met noodwaterkeringen (rechts)



3.2.2 Polders: ingestroomd volume en gevolgschade

In *Tabel 3-1* zijn de resultaten opgenomen van deze 32 doorbraken met en zonder de inzet van de noodwaterkeringen. Per doorbraak is het de aanliggende polder ingestroomde volume opgenomen en de berekende schade. De grootste volumes worden berekend bij een doorbraak naar de Haarlemmermeerpolder. Bij de Haarlemmermeer kan met de noodwaterkeringen om en nabij de helft van het ingestroomde volume en de schade worden voorkomen. Terwijl bij de overige (kleinere) polders het effect veel meer spreiding vertoont afhankelijk van de afmetingen van het compartiment (*Figuur 2-1*). Bij een groot compartiment en diepe polder stroomt de polder dan met of zonder noodwaterkeringen hoe dan ook vol. Terwijl in een klein compartiment en een hooggelegen polder wel het ingestroomde volume sterk kan worden beperkt.

Tabel 3-1. Ingestroomd volume en de gevolgschade met en zonder noodwaterkeringen

Nr	Naam polder	Volume (*10 ⁶ m ³)		Schade(*10 ⁶ €)	
		Inzet noodwaterkeringen:		zonder	met
210	Verenigde Binnenpolder	5.5	4.2	9.1	7.8
190	Osdorperbinnenpolder	3.9	2.9	45	33
187	Middelveldsche Akerpolder	10.3	5.3	119	61
180-1	Haarlemmermeerpolder	25.6	10.8	1 590	667
180-2	Haarlemmermeerpolder	18.6	7.1	1 160	439
180-3	Haarlemmermeerpolder	17.7	10.1	1 070	610
180-4	Haarlemmermeerpolder	36.7	23.5	2 280	1 460
157	Vosse- en Weerlanerpolder	3.9	3.2	29	25
31	Elsbroekerpolder	0.8	0.7	0.2	0.2
180A	Horn- en Stommeerpolder	11.5	9.0	940	760
161	Wassenaarsche polder	9.5	0.9	41	4.5
147	Ver. Bloklandsche en Korteraarse polder	4.8	0.6	123	23
119	Polder Reeuwijk	3.6	1.2	19	6.2
40	Gogerpolder	9.0	0.9	471	85
40A	Gouwepolder	9.5	1.0	80	10
11	Polder Bloemendaal	5.9	0.5	78	7.0
96A	Polder de Noordplas	3.3	0.7	99	20
111	Polder Oudendijk	13.1	7.5	128	81
150-1	Polder Vierambacht	34.7	9.4	336	141
150-2	Polder Vierambacht	9.5	0.8	144	13
150-3	Polder Vierambacht	30.6	5.8	305	85
23	Akkersloot-, Hertogs- en Blijverspolders	3.5	3.0	35	32
16	Polder Boterhuis	3.6	2.8	5.7	4.8
17	Polder Broek en Simontjes	0.4	0.4	0.4	0.4
167	Zoetermeersche Meerpolder	4.5	0.7	9.7	1.8
175	Zwel- en Groote Blankaartpolder	2.0	0.5	17	5.2
86	Meeslouwerpolder	6.0	0.7	51	11
116	Papenwegse polder	0.8	0.1	1.2	0.1
43	Polder Oudshorn	1.6	0.7	14	5.8
44	Grote Polder (gem. Zoetermeer)	4.2	0.5	8.3	1.3
96	Noord Hoflandsche polder	0.6	0.2	0.5	0.2
178	Zijllaan- en Meijepolder	2.2	1.0	16	7.8



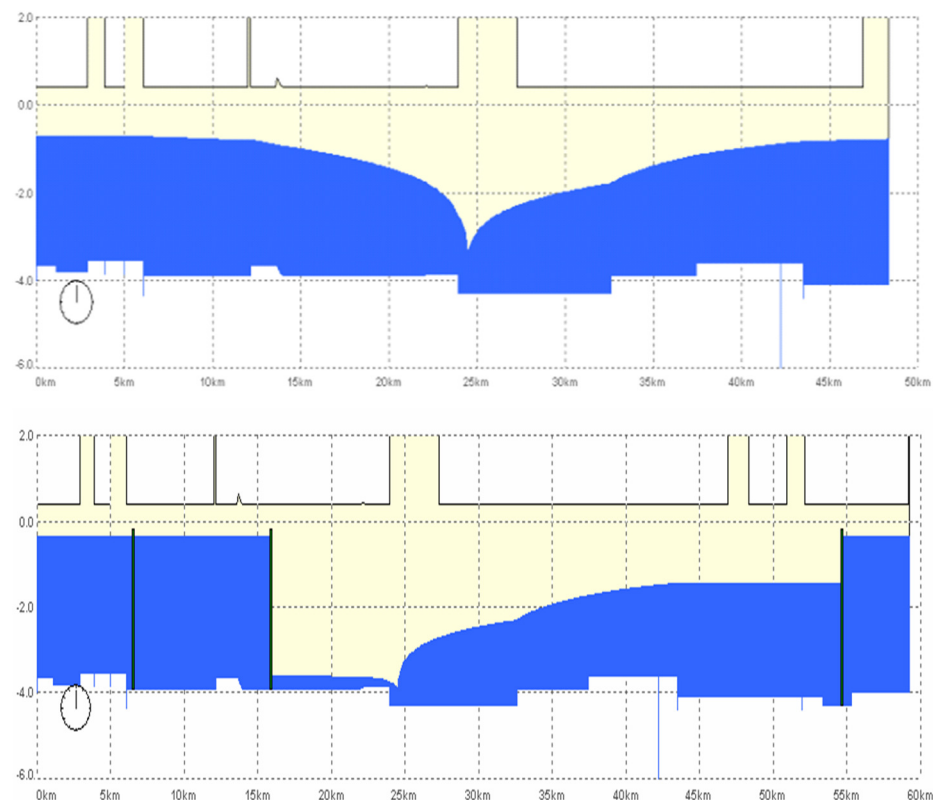
Wat de schades in [Tabel 3-1](#) betreft moet worden opgemerkt dat dit de directe schade betreft door het 'nat' worden van gebouwen, gewassen en infrastructuur. Indirecte economische schade, doordat bijvoorbeeld de A4 onbegaanbaar of Schiphol dagen onbereikbaar is, is niet meegenomen.

3.2.3 *Schade aan boezemkades en boezemland*

Doordat bij een doorbraak van een boezemkade direct veel water de naastgelegen polder instroomt, zal de waterstand in de boezem nabij de bres flink dalen. In [Figuur 3-3](#) is de waterstand met en zonder noodwaterkeringen weergegeven in een lengteprofiel van de Ringvaart aan de oostzijde van de Haarlemmermeer bij de doorbraak uit [Figuur 3-2](#).

Zonder noodwaterkeringen ([Figuur 3-3](#) boven) kan theoretisch 100% van de boezem water leveren. Door wrijving en energieverliezen is op kilometers afstand de doorbraak zelfs na 48 uur nauwelijks merkbaar. De beperkende factor is namelijk niet de afmetingen van de bres, maar de aanvoercapaciteit van de ringvaart (de breedte van de bres groeit dan ook naar 2 keer de breedte van de ringvaart).

Met noodwaterkeringen ([Figuur 3-3](#) onder) kan maar 20% van de boezem water leveren. Hierdoor daalt het gedeelte tussen de bres en de dichtstbijzijnde noodwaterkering snel. Aan deze zijde raakt het water op. In het gedeelte waar de eerstvolgende noodwaterkering verder weg ligt daalt het waterpeil gestaag. Ook hier is na 48 uur nog steeds water aanwezig in het compartiment. Om deze toestroom van water te stoppen zijn daarom naast de noodwaterkeringen aanvullende ingrepen noodzakelijk. (de compartimenten zijn te groot c.q. de noodwaterkeringen liggen te ver weg)



Figuur 3-3. Verlaging van de waterstand in de ringvaart van de Haarlemmermeer op 48 uur na doorbraak zonder (boven) en met (onder) noodwaterkeringen



Deze aanvullende maatregelen zijn bijvoorbeeld het afdammen van de ringvaart nabij de bres met big-bag's, stortsteen, het slaan van een damwand, of afdichten met draglineschotten of rijplaten. Hierbij moet rekening worden gehouden met de stroomsnelheid. Deze stroomsnelheid is echter afhankelijk van de afstand tot de bres.

In de bres, vooral bij de diepe polders, is sprake van schietend water waardoor in de bres zelf zeer grote stroomsnelheden optreden (tot meer dan 5 m/s). Een ingreep direct in de bres is daarom technisch ook moeilijk. Om inzicht te krijgen in de stroomsnelheden is in [Tabel 3-2](#) voor zowel een brede boezemwatergang in een groot compartiment, als ook voor een smalle boezemwatergang in een klein compartiment bepaald welke stroomsnelheden optreden.

Tabel 3-2. Stroomsnelheden in breed en smal boezemwater op verschillende afstanden van de bres

Locatie	Moment en situatie	Stroomsnelheden op afstand x [m] van de bres			
		100 m	500 m	1000 m	2000 m
Groot compartiment en breed boezemwater	Direct na doorbraak	1,4 m/s	1,2 m/s	1,0 m/s	0,7 m/s
	Zonder keringen na 48 uur	1,1 m/s	0,85 m/s	0,7 m/s	0,5 m/s
	Met keringen na 48 uur	1,0 m/s	0,7 m/s	0,6 m/s	0,4 m/s
Klein compartiment en smal boezemwater	Direct na doorbraak	0,9 m/s	0,55 m/s	0,45 m/s	0,3 m/s
	Zonder keringen na 48 uur	0,7 m/s	0,5 m/s	0,4 m/s	0,2 m/s
	Met keringen na 48 uur	0,2 m/s	0,15 m/s	0,1 m/s	0,05 m/s

Bij het brede boezemwater en grote compartiment neemt de stroomsnelheid geleidelijk af met de afstand tot de bres. In breed boezemwater treden op 1000 m afstand nog stroomsnelheden op van 1 m/s. De afname door compartimentering is beperkt vanwege de grote afmetingen van het compartiment: er is voldoende aanvoer van water en het boezemwater is de beperkende factor.

Bij het smalle boezemwater en kleine compartiment liggen de stroomsnelheden onder de 1 m/s. Op een afstand van 1000 m zijn de stroomsnelheden gehalveerd. Door het instellen van een compartiment nemen de stroomsnelheden sterk af doordat de hoeveelheid water binnen kleinere compartimenten de beperkende factor wordt en niet de afmetingen van het kanaal.

Als gevolg van een snelle peildaling op de boezem kan schade ontstaan aan boezemkaden en boezemland. Dit omdat de nog met water gevulde zware kades de drooggevalle boezem in neigen te schuiven. In een klein compartiment daalt het water sneller dan in een groot compartiment, waardoor meer schade aan boezemkade en boezemland kan ontstaan. Het is dan ook gewenst om zo snel mogelijk de waterstand in een zo groot mogelijk gebied te herstellen om de schade aan boezemkaden en boezemland te voorkomen of beperken.

Om een beeld te krijgen van de maximale omvang van de schade aan boezemkaden en boezemland is een analyse uitgevoerd uitgaande van een forse peildaling van meer dan 1 m en een duur van enkele dagen (Zie [Figuur 3-4](#)). Hierdoor is de inschatting weliswaar een worst-case inschatting, maar geeft wel inzicht in wat er in het ergste geval kan plaatsvinden. De schade aan boezemland als gevolg van daling van het boezempeil kan in een groot compartiment circa € 0,7 miljard bedragen. Deze schade wordt hoofdzakelijk bereikt door schade aan woningen op de boezemkaden of in de directe nabijheid van de boezem. In sommige gevallen betekent dit dat de schade in de polders kleiner is dan de gevolgen voor de boezemkaden en het boezemland. Het middel (noodwaterkeringen) is dan erger dan de kwaal (boezemkadebreuk).



Figuur 3-4. Uitsnede van de resultaten van de analyse van de schade aan boezemkaden en boezemland, in rood is de beschadigde oever (links) en de beschadigde woningen (rechts) weergegeven. Grijs en groen gearceerde oever c.q. woningen worden niet beschadigd

Dit betekent dat alle maatregelen, zoals de inzet van mobiele noodwaterkeringen, bij een boezemkadebreuk zich snel moet concentreren rond de bres of zo dicht mogelijk bij de bres. De rest van de boezem kan dan weer op peil worden gebracht en blijven functioneren, zodat schade aan boezemkaden en boezemland kan worden beperkt.

3.3 Inzet noodwaterkeringen voor het beperken van opwaaiing

Bij extreme wind vanuit het zuidwesten of noordwesten kan de boezemwaterstand door opwaaiing aanzienlijk scheef staan. Een selectie van de bestaande noodwaterkeringen, de 39 Rijndijksluizen, kunnen deze opwaaiing beperken. In [Figuur 3-5](#) is de ligging van de Rijndijksluizen aangegeven.



Figuur 3-5. De Rijndijksluizen langs de Oude Rijn



Met hetzelfde computermodel van de boezem is geanalyseerd in hoeverre de Rijndijksluizen opwaaiing kunnen beperken. Uit de analyses blijkt dat inzet vooral nuttig is bij wind uit het noordwesten om schade in het zuidoosten te voorkomen. Door de inzet van de Rijndijksluizen kan de opwaaiing in het zuidoostelijke deel van het boezemstelsel dan met maximaal 10 cm worden beperkt. In de meer kwetsbare gebieden (het gebied rond Stompwijk) in het zuidwestelijke deel van het beheersgebied Rijnland bedraagt de beperking van de opwaaiing slechts enkele centimeters.

Om de Rijndijksluizen in te zetten voor het beperken van opwaaiing moet op voorhand worden ingeschat of er door opwaaiing hoge waterstanden zullen optreden. De sluizen zullen dan ook vooraf moeten worden gesloten waarna geen verdere ingreep meer mogelijk is. Een nadeel hierbij is dat na het sluiten van de Rijndijksluizen geen afvoer meer plaats kan vinden via de afgesloten takken. Voor de aanliggende polders zal dan een maalstop moeten worden afgekondigd. Gelet op de beperkte winst (10 cm) en de nadelen (het abrupt sluiten van 39 Rijndijksluizen en de maalstop) is het discutabel of inzet van Rijndijksluizen nodig is.

3.4 Inzet noodwaterkeringen bij een calamiteuze lozing

Het instellen van compartimenten met noodwaterkeringen bij een calamiteuze lozing is niet effectief. Individuele noodwaterkeringen kunnen nuttig worden ingezet bij een calamiteuze lozing in de buurt van een noodwaterkering. Hiermee kan de stroming worden geremd of gestuurd of kan een kwetsbaar gebied worden beschermd. De inzet van de noodwaterkeringen alléén is echter niet voldoende. Aanvullende maatregelen zijn nodig om de verontreiniging te isoleren en te verwijderen. Hiervoor bestaan ook andere mogelijkheden, aangezien bij het isoleren van een lozing geen waterdruk hoeft te worden gekeerd zodat ook lichte constructies kunnen worden toegepast, zoals olieschermen (kunststof zeilen met een drijflichaam in de waterlijn en ingenaaide ketting op de bodem).

In tegenstelling tot bij een boezemkadebreuk stroomt het boezemwater veel minder hard, waardoor meer tijd beschikbaar is om een goede afweging te maken. Hierbij kan dan rekening worden gehouden met:

- › de concentratie en hoeveelheid verontreiniging;
- › de schadelijkheid voor mens, dier en plant;
- › de toestand van de stof (verdampen, bezinken e.d.);
- › de (verwachte) stroming in de boezem;
- › de mogelijkheden om water om te leiden of af te voeren.



4 Kosten en baten van de noodwaterkeringen

4.1 Algemeen

De vraag voor deze studie is of het wel of niet nuttig is om de huidige noodwaterkeringen, operationeel te houden. Om deze vraag te kunnen beantwoorden moeten de kosten van het in stand houden van de noodwaterkeringen worden afgewogen tegen de baten. De kosten zijn ingeschat door Rijnland. Het bepalen van de baten is lastiger. In dit hoofdstuk is stapsgewijs het nut van de noodwaterkeringen in beeld gebracht.

4.2 Afname van instroomvolume door noodwaterkeringen

Door het instellen van de compartimenten neemt het volume water dat bij een boezemkadebreuk de aanliggende polder binnenstroomt af. Deze afname verschilt per locatie door verschillen in afmetingen van het boezemcompartiment dat leegstroomt en polder die volloopt. In [Tabel 4-1](#) is per compartiment het gemiddelde bepaald van de doorbraken uit paragraaf 3.2.1.

De afname van het volume is het grootst in de kleinste compartimenten: na 2 dagen is daar onvoldoende water beschikbaar. In de grote compartimenten is na 2 dagen nog water beschikbaar, zodat daar de afname geringer is. De relatieve invloed is het kleinst in compartiment 2 (Westeinderplassen e.o.). Hier is zoveel water direct beschikbaar dat het effect van de noodwaterkeringen beperkt is tot 33 % na 48 uur.

Tabel 4-1. Invloed van compartimentering op het instroomvolume na 48 uur per compartiment

Nr	Naam compartiment	Volume (*10 ⁶ m³)		Vershil
Inzet noodwaterkeringen:		zonder	met	
1	Haarlemmermeer e.o. 882 ha	9	5	44%
2	Westeinderplassen e.o.966 ha	24	16	33%
3	Aarkanaal e.o. 60 ha	8	0.7	88%
4	Gouwe, Z'plas, Oude Rijn 273 ha	10	1.8	80%
5	Braassemermeer e.o. 580 ha	24	8	67%
6	Kaag e.o. 1035 ha	8	4	50%
7	Zoetermeer e.o. 55 ha	4	0.6	85%
8	Vlietlanden 120 ha	-	-	-
9	Leiden, L'dam, Wassenaar 384 ha	1.2	0.4	50%

4.3 Afname van schade door noodwaterkeringen

Wanneer door de inzet van de noodwaterkeringen een kleiner gebied overstroomd, leidt dit tot minder schade. Van de doorbraken uit paragraaf 3.2.1 is voor [Tabel 4-2](#) de gemiddelde gevolgschade per compartiment met en zonder de inzet van de noodwaterkeringen berekend. Vervolgens is per compartiment de gemiddelde afname van de schade bepaald.

De grootste schade treedt op bij inundatie vanuit compartiment 2 (Westeinderplassen) in de Haarlemmermeerpolder. De hoogte en de afname van de gevolgschade wordt kleiner bij de kleinere compartimenten. Met uitzondering van compartiment 3, waarmee het vollopen



van Polder Vierambacht (met Alphen aan de Rijn) en de Verenigde Bloklandsche en Korteraarse Polder (met Ter Aar) kan worden beperkt.

Tabel 4-2. Afname van de schade na 48 uur per compartiment

Nr	Naam compartiment	Schade (*10 ⁶ €)		Verschil (*10 ⁶ €)
		Inzet noodwaterkeringen:		
		zonder	met	
1	Haarlemmermeer e.o. 882 ha	347	168	179
2	Westeinderplassen e.o. 966 ha	1 606	1 107	499
3	Aarkanaal e.o. 60 ha	103	14	89
4	Gouwe, Z'plas, Oude Rijn 273 ha	99	23	76
5	Braassemmermeer e.o. 580 ha	232	111	121
6	Kaag e.o. 1035 ha	420	158	262
7	Zoetermeer e.o. 55 ha	37	8	29
8	Vlietlanden 120 ha			
9	Leiden, L'dam, Wassenaar 384 ha	6	3	3

4.4 De baten van de noodwaterkeringen

De baten van de noodwaterkeringen worden bepaald door de afname van de schade door de inzet van de noodwaterkeringen. Om de afname van de schade (in €'s) te kunnen vergelijken met de jaarlijkse kosten (€'s per jaar) is het nodig om de schade te vertalen naar de afname van het risico (€'s per jaar). Hiertoe moet de afname van het schadebedrag vermenigvuldigd met de kans van optreden. Het maakt immers flink uit of de gevolgschade uit [Tabel 3-1](#) elk jaar of één keer per 1000 jaar optreedt.

De kans of frequentie waarmee een kade bezwijkt, is echter niet exact bekend. Wel kan een bandbreedte worden aangegeven gebaseerd op de normering van de boezemkaden:

- Indien alle boezemkaden op exact de strengste norm worden onderhouden (kadeklasse V) bedraagt de genormeerde faalkans per 10 km boezemkaden 1/1000.
- Indien de boezemkaden op de gemiddelde kadeklasse III worden onderhouden bedraagt de genormeerde faalkans 1/100 per 10 km boezemkaden.
- De boezemkaden kunnen echter ook (plaatselijk) veel sterker zijn dan voor de norm minimaal noodzakelijk is, bijvoorbeeld 1/10 000 per 10 km.

De eenheid kans per 10 km is het gevolg van dat de kans op een doorbraak bij een lange dijk/boezemkade groter is dan bij een korte dijk. Deze keuze is hier arbitrair. Bij een (veel) gedetailleerdere analyse zal de lengte aan boezemkaden moeten worden opgedeeld in gelijkvormige aaneengesloten dijkvakken of dijktrajecten. Deze variëren in lengte doorgaans tussen de 100 m en 30 km.

In [Tabel 4-3](#) is voor de drie genoemde faalkansen (1/100, 1/1000 en 1/10 000 per 10 km) de afname van het risico bepaald door de inzet van de noodwaterkeringen. Als wordt uitgegaan van zwakke boezemkaden (1/100 per 10 km) hebben de noodwaterkeringen veel meer nut t.o.v. een situatie met sterke (1/10 000 per 10 km) boezemkaden.

Wanneer elk dijkvak van 10 km in deze compartimenten gemiddeld 1 x per 10 000 jaar faalt, leveren de noodwaterkeringen gezamenlijk een reductie van het risico 2.2 miljoen euro per jaar op. In de praktijk zal het bedrag aan de ene kant groter zijn doordat de indirecte schade a.g.v. het niet meer kunnen gebruiken van A4/Schiphol e.d. nog niet is meegenomen. Aan de andere kant, wanneer per compartiment op meer locaties, en dan vooral in de haarvaten van het boezemstelsel, simulaties van overstromingen en schadeberekeningen worden uitgevoerd, zal het bedrag weer afnemen.



Tabel 4-3. Afname van risico per compartiment

Nr	Naam compartiment	Lengte boezemkaden	Afname schade	Afname risico (baten) (*1000 €/jaar)		
				1/100	1/1000	1/10 000
	Sterkte per dijkvak:	(km)	(*10 ⁶ €)			
1	Haarlemmermeer e.o.	532	179	95 000	9 500	950
2	Westeinderplassen e.o.	145	499	72 000	7 200	720
3	Aarkanaal e.o.	39	89	3 500	350	35
4	Gouwe, Z'plas, Oude Rijn	145	76	11 000	1 100	110
5	Braassemermeer e.o.	59	121	7 200	720	72
6	Kaag e.o.	494	262	130 000	13 000	1 300
7	Zoetermeer e.o.	78	29	2 300	230	23
8	Vlietlanden	8		-	-	-
9	Leiden, L'dam, Wassenaar	299	3	920	92	9
	totaal	1800		321 920	32 192	3 219

(reproduceren?: Haarlemmermeer e.o. bestaat met 532 km kade uit 53.2 dijkvakken van 10 km. Als elk dijkvak 1x in de 10 000 jaar faalt. Dan faalt het compartiment 53.2 x in de 10 000 jaar. Bij een gemiddelde afname van de schade van 179 miljoen door de inzet van de noodwaterkeringen, is de afname van het risico $53.2/10000 * M€ 179 = M€ 0.95/\text{jaar}$).

4.5 Kosten voor het in stand houden van de noodwaterkeringen

Jaarlijkse inspectie

De huidige kosten voor het in stand houden van de noodwaterkeringen bestaan uit het 1 á 2 keer per jaar inspecteren van de noodwaterkeringen en grootschalig onderhoud. In de praktijk bestaat de inspectie bij de kleine noodwaterkeringen uit het controleren of de spindel nog omhoog of omlaag is te draaien. Bij de schotbalkkeringen op het controleren of de schotbalken nog intact zijn en de set aan balken nog compleet. De keersluizen, en klepstuwen worden doorgaans 2 x per jaar (maart en september) getest. Deze testen bestaan uit het kortstondig een stukje sluiten en direct weer openen van de kering. Het volledig sluiten en openen wordt liever niet getest i.v.m. het doorvaarbaar houden van de watergang en het risico dat de kering wel sluit, maar niet meer opent. De kosten voor deze testen zijn op jaarbasis geschat op €100.- per kering.

1 x in de 5 jaar testen

De grote keringen in het primaire boezemstelsel worden zo'n 1 x in de 5 jaar getest. Bij diverse (kleine) keringen wordt het volledig sluiten van de keringen slechts incidenteel getest. Hierdoor is er mogelijk onvoldoende kennis en ervaring aanwezig die nodig is voor een snelle en adequate inzet van alle keringen. Aanbevolen wordt om elke kering eigenlijk 1 x in de 5 jaar ook daadwerkelijk een keer volledig te sluiten (zo'n 17 keringen per jaar). Dit om te voorkomen dat er, op het moment dat ze echt nodig zijn, gebreken naar voren komen. Per kleine kering wordt het testen geschat op € 1500.- (3 man + kraan in 4 uur) en het testen van een grote kering op € 10 000.- (6 man, 2 vaartuigen, organisatie).

Onderhoud aan de balgstuwen

Wat grootschalig onderhoud betreft zijn de 4 balgstuwen de enige constructies waar grootschalige maatregelen gewenst zijn. De rubberen balgen zijn 50 jaar oud en ook de drempel waarin zij liggen is op leeftijd. De balgstuw bij Aalsmeer is niet meer aanwezig. Enkel de betonnen vloer waarop de drempel lag bestaat nog. De balgstuw bij Oude Wetering is verzaagd met Stelconplaten, omdat deze niet meer goed terugvouwde in de drempel. De geschatte reparatiekosten kosten voor de 4 balgstuwen bedragen €1 000 000.- per stuw.



In [Tabel 4-4](#) zijn de jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud weergegeven per compartiment. Hierin zitten wel dubbeltellingen aangezien verschillende noodwaterkeringen een functie hebben voor meer dan één compartiment.

Tabel 4-4. Kosten noodwaterkeringen per compartiment per jaar. Hierbij is rekening gehouden met een afschrijving van de ter vervangen rubberen balgen in 40 jaar

Nr	Naam	Jaarlijkse kosten (*1000 €/jaar)
1	Haarlemmermeer e.o.	56
2	Westeinderplassen e.o.	55
3	Aarkanaal e.o.	3
4	Gouwe, Z'plas, Oude Rijn	7
5	Braassemermeer e.o.	30
6	Kaag e.o.	87
7	Zoetermeer e.o.	2
8	Vlietlanden	1
9	Leiden, L'dam, Wassenaar	9

4.6 Verhouding kosten en baten

Om het nut van de inzet van de noodwaterkeringen per compartiment te kunnen beoordelen is per compartiment de kosten-baten ratio bepaald. Voor de kosten-baten ratio worden de kosten uit [Tabel 4-4](#) gedeeld door de baten uit [Tabel 4-3](#). Bij een kosten-baten ratio kleiner dan 1.0 leveren de keringen meer op dan ze kosten en bij groter dan 1.0 kosten ze meer dan ze opbrengen.

Bij alle compartimenten geldt dat de kosten-baten verhouding kleiner is dan 1.0. Zelfs wanneer de faalkans van de boezemkaden 1/10 000 per 10 km bedraagt, is het zinvol ze te handhaven. De noodwaterkeringen die het minst op leveren zijn de noodwaterkeringen van compartiment 9 Leiden/Leidschendam/Wassenaar. Niet omdat ze zoveel kosten, maar door de geringe schade die kan worden voorkomen. Verder geldt dat pas als de keringen nog een orde sterker zijn (1 x per 100 000 jaar per 10 km) de compartimenten overbodig zijn.

Tabel 4-5. Kosten baten verhouding per compartimenteringskering bij verschillende sterktes per dijkvak

Nr	Naam compartiment	Kosten / Baten (-)		
	Sterkte per dijkvak:	1/100	1/1000	1/10 000
1	Haarlemmermeer e.o.	0.0006	0.006	0.06
2	Westeinderplassen e.o.	0.0008	0.008	0.08
3	Aarkanaal e.o.	0.0009	0.009	0.09
4	Gouwe, Z'plas, Oude Rijn	0.0006	0.006	0.06
5	Braassemermeer e.o.	0.004	0.04	0.4
6	Kaag e.o.	0.0007	0.007	0.07
7	Zoetermeer e.o.	0.0009	0.009	0.09
8	Vlietlanden	-	-	-
9	Leiden, L'dam, Wassenaar	0.01	0.1	1.0



4.7 Ongewenste neveneffecten

De compartimenten hebben een aanzienlijk nuttig effect voor het terugdringen van de schade in de polders. Maar er is ook een ongewenst neveneffect van de inzet van de compartimenten op afstand van de doorbraaklocatie. In paragraaf 3.2.3 is beschreven dat bij een snelle daling van de boezemwaterstand de met water gevulde zware kades de drooggevalle boezem in neigen te schuiven. Bij een complex vermaasd netwerk aan watergangen kan dit om kilometers boezemkade gaan als niet snel wordt ingegrepen.

Om de gevolgen per compartiment in beeld te brengen is een analyse per compartiment uitgevoerd. Hierbij is uitgegaan van een worst-case scenario waarbij het waterpeil in elk compartiment met meer dan een meter daalt en deze daling ook enkele dagen aanhoudt. Uit de analyse blijkt dat de aanwezigheid van bebouwing grote invloed heeft op de hoogte van de schade aan boezemkaden en boezemland. In [Tabel 4-6](#) is afname van de schade in de polders door de noodwaterkeringen en de totale potentiële schade per compartiment aan de boezemkaden weergegeven.

In de meeste gevallen is de schade aan boezemkaden en boezemland groter dan de afname van de schade binnen polders. Dit wordt weliswaar veroorzaakt doordat voor de schade aan boezemkaden en boezemland is uitgegaan van een extreme situatie: 1 meter daling gedurende enkele dagen in het hele compartiment. De exacte daling en de duur bij een boezemkadebreuk varieert uiteraard met de locatie en de afmetingen van de bres.

Wel geldt dat door snel en adequaat ingrijpen door het aanleggen van een flexibele mobiele noodwaterkering in de directe nabijheid van de breslocatie, aanzienlijk meer schade kan worden voorkomen. Kennelijk is het nuttiger om eigenlijk direct op de bres in plaats van op het sluiten van het compartiment te focussen. Door op verschillende depots netten met stortsteen klaar te hebben liggen voor het geval van een calamiteit en het aanvoeren van stenen en in het water aanbrengen af en toe te oefenen, kan tegen om en nabij dezelfde jaarlijkse kosten veel meer schade worden voorkomen.

Tabel 4-6. Potentiële schade aan boezemkaden en boezemland per compartiment

Nr	Naam	Afname van schade (miljoen €)	Pot. schade boezem (miljoen €)
1	Haarlemmermeer e.o.	179	829
2	Westeinderplassen e.o.	499	174
3	Aarkanaal e.o.	89	55
4	Gouwe, Z'plas, Oude Rijn	76	268
5	Braassemermeer e.o.	121	187
6	Kaag e.o.	262	675
7	Zoetermeer e.o.	29	165
8	Vlietlanden		1
9	Leiden, L'dam, Wassenaar	3	511



4.8 Afstoten van noodwaterkeringen?

Samengevat leveren de huidige keringen - ongeacht alle aannames - veel meer op dan de jaarlijkse kosten. Inclusief de balgstuwen. Wel geldt dat veel meer schade kan worden voorkomen door direct ingrijpen in de nabijheid van de bres.

De vervolgvraag is wel of er niet ook noodwaterkeringen zijn die kunnen vervallen. In de resultaten van de vorige paragrafen is al laten zien dat vooral de noodwaterkeringen van compartiment 9 Leiden/Leidschendam/Wassenaar weinig opleveren. Binnen het compartiment bestaan 18 noodwaterkeringen. Hiervoor is nagegaan welke noodwaterkeringen eventueel overbodig zijn en eenvoudig met een flexibele oplossing als netten met stortsteen kunnen worden vervangen.

Van de 18 noodwaterkeringen in compartiment 9 hebben 13 keringen ook een functie voor het instellen van aangrenzende compartimenten (zoals de klepstuw bij Leiderdorp die ook compartiment 6 de Kaag beschermt). Vijf keringen zijn ook van nut als Rijndijksluis. Met deze laatste keringen kunnen kwetsbare gebieden bij calamiteuze lozingen worden beschermd en kan de opwaaiing worden beperkt. Voor de kleinere noodwaterkeringen geldt dat de jaarlijkse kosten zo beperkt zijn, dat een eventuele besparing ook gering is. Uit het oogpunt van kosten zijn er dan ook geen noodwaterkeringen die moeten vervallen. Het compartiment scoorde vooral slecht, omdat de gevolgschade in de aanliggende polders met of zonder noodwaterkeringen beperkt blijft.

Ook voor de balgstuwen geldt dat de kosten beperkt zijn. De geschatte noodzakelijke reparaties kosten weliswaar 1 miljoen euro per balgstuw. Maar na een grondige renovatie kunnen de balgstuwen weer 30 á 40 jaar mee. Terwijl de schade die met de keringen kan worden voorkomen aanzienlijk is. Wel kan worden overwogen of ze niet beter kunnen worden vervangen door een ander type kering, zoals een klepstuw of een schotbalkkering in het landhoofd van een brug.



5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Het Hoogheemraadschap van Rijnland i.o. heeft de zorg over een uitgebreid boezemstelsel met circa 1800 km boezemkaden. Rijnland beschikt over 87 noodwaterkeringen in het boezemstelsel, waarmee in geval van een calamiteit, zoals een boezemkadebreuk, de boezem kan worden opgedeeld in 9 compartimenten.

Het doel van voorliggende studie was het bepalen van het nut en de noodzaak van de noodwaterkeringen in Rijnlands boezem, waarmee een onderbouwde keuze kan worden gemaakt voor het al dan niet operationeel houden van deze noodwaterkeringen. Deze keuze is onderbouwd door de inzetbaarheid tijdens boezemkadebreuk, voor het beperken van windopzet en isoleren van calamiteuze lozingen te onderzoeken.

Boezemkadebreuk

Uit de uitgevoerde analyses blijkt dat bij boezemkadebreuk veel schade in de aanliggende polder kan worden voorkomen door het sluiten van noodwaterkeringen. Bij kleine compartimenten is de afname van de schade zo'n 70% tot 80%, terwijl bij grote compartimenten de afname van de schade zo'n 30% is.

Maar het compartimenteren is niet genoeg. Door het afsluiten van een compartiment zal de boezemwaterstand in het compartiment sneller gaan dalen en hierdoor kan aanzienlijke schade aan boezemkade en in het boezemland ontstaan (de met grondwater gevulde zware kades missen plotsklaps de tegendruk van het water en zakken in de drooggevallede watergang). Het kan zelfs voorkomen dat de gevolgschade aan de boezemkades en boezemland groter is dan de inundatieschade in de polder.

Om dit te voorkomen is snel ingrijpen gewenst. Om deze reden is het afhankelijk van de locatie soms slimmer om direct te focussen op het direct zo dicht mogelijk rond de breuk isoleren van de locatie met 'mobiele flexibele noodwaterkeringen' en het compartiment weer op peil te brengen. Aanbevolen wordt dan ook om voldoende flexibele noodkeringen beschikbaar te hebben.

Windopzet

Bij hevige wind is het effect van de inzet van de Rijndijksluizen voor het beperken van windopzet beperkt. Het nut is afhankelijk van de locatie en windkracht beperkt tot 1 tot 10 cm en dit dan in gebieden die niet erg kwetsbaar zijn voor een beetje windopzet. Het sluiten van de keringen moet daarvoor wel voor het aanwakkeren van de wind gebeuren en gedurende de afsluiting is de afvoer van het achterliggende gebied ernstig gestremd.

Calamiteuze lozingen

De inzet van de noodwaterkeringen bij calamiteuze lozingen kan in specifieke omstandigheden nuttig zijn. Dit afhankelijk van de ligging van de kering en locatie van de calamiteuze lozing, maar over het algemeen zijn de compartimenten te groot. De noodwaterkeringen zijn dan ook nooit voldoende en er zullen vrijwel altijd aanvullende maatregelen nodig zijn in de directe nabijheid van de lozing, zoals olieschermen, om de calamiteuze lozing te isoleren en deze vervolgens te verwijderen.

Handhaven of afstoten?

In voorliggende studie is een kosten baten analyse uitgevoerd. Hierbij zijn de baten bepaald als de schade die met de noodwaterkeringen kan worden voorkomen. En de kosten gelijk aan de som van 1) de kosten voor het wegwerken van achterstallig onderhoud, 2) een jaarlijkse inspectie en 3) het 1 x in de 5 jaar testen van alle noodwaterkeringen.



Uit de analyse blijkt dat voor de meeste noodwaterkeringen de kosten zeer beperkt zijn en baten aanzienlijk. Hierbij geldt hoe zwakker de boezemkades hoe efficiënter de keringen. Verder geldt dat veel schade in de eerste uren optreedt en dan ook een snelle inzet gewenst is.

In de huidige situatie zijn er geen keringen die vanwege grote kosten en kleine opbrengst kunnen worden afgestoten. Ook voor de 4 balgstuwen, met geschatte kosten voor noodzakelijke reparaties van 4 miljoen euro, loont het om ze te handhaven.

Uit de kosten-baten analyse blijkt dat er één compartiment is waarvan inzet van de noodwaterkeringen niet veel oplevert. Dit is compartiment 9 Leiden/Leidschendam/Wassenaar waarvan vooral de schade gering is door de geringe diepte van de aanliggende polders. Voor dit compartiment is het wellicht slimmer om direct de bres te isoleren door of de boezemwatergangen te dempen of het aanleggen van een vingerling op het maaiveld in de polder.

Verder wordt opgemerkt dat de gevolgen van een doorbraak naar de Haarlemmermeerpolder erg groot zijn in vergelijking tot de andere polders waarvoor de gevolgen van kadebreuk in beeld zijn gebracht. Dit door de diepe ligging van de Haarlemmermeer, de grote meren in de directe nabijheid en de grote economische schade voor de economie. Een (super)snelle inzet van de rond de Haarlemmermeer gelegen compartimenten 1, 2 en 6 is daarom erg belangrijk.

5.2 Aanbevelingen

Op basis van de uitgevoerde analyses wordt geadviseerd om de huidige noodwaterkeringen voor het compartimenten van de boezem in stand te houden. Voor de toekomst wordt geadviseerd om enkel noodwaterkeringen met achterstallig onderhoud op te geven, indien zij in niet te grote eenvoudigheid te dichten boezemwatergangen liggen.

Aanbevolen wordt om de twee grootste compartimenten 1) Ringvaart Haarlemmermeer e.o en 6) De Kaag e.o. te verkleinen om de schade door een boezemkadebreuk te beperken. Hiervoor hoeven geen nieuwe noodwaterkeringen (balgstuwen/klepstuwen) te worden aangelegd, maar kunnen bijvoorbeeld een aantal depots worden ingericht met voldoende stortsteen in netten, welke als mobiele noodwaterkering in de buurt van de bres kunnen worden ingezet.

De inzet van alleen de huidige noodwaterkeringen alleen is onvoldoende voor een adequate calamiteitenbestrijding. Aanvullende voorzieningen in de vorm van mobiele noodwaterkeringen moeten snel in de buurt van de bres worden ingezet om de overlast in de polders en aan de boezem te beperken. De huidige beschikbare mobiele noodwaterkeringen (3 keer 500 m³ stortsteen, 5 keer 200 ongevulde big-bags en zandzakken) zijn van essentieel belang, maar volstrekt onvoldoende. Aanbevolen wordt om 5 nieuwe depots aan te leggen met ieder 500 m³ stortsteen. Daarnaast wordt aanbevolen om te verkennen hoe deze mobiele noodwaterkeringen kunnen worden ingezet in de directe nabijheid van een bres. Het benodigde budget voor 5 nieuwe depots is geraamd op circa € 1.000.000,-.



I. Kadebreuk Wilnis 2003

DE DOORBRAAK

Iets voor 2 uur in de vroege ochtend van dinsdag 26 augustus 2003 breekt in het centrum van Wilnis (gemeente De Ronde Venen) de boezemkade van de Ringvaart van de polder Groot- Mijdrecht door. Over een lengte van 60 meter schuift de kade nagenoeg horizontaal naar binnen. Daarbij is de kade aan de westelijke rand ongeveer 5,5 meter en aan de oostelijke rand ongeveer 7,5 meter naar binnen verschoven.

Vlak na het afschuiven stroomde over de gehele breedte van 60 meter het water de polder in. Na korte tijd was het water in de ringvaart al dusdanig gedaald, waardoor enkel nog water tussen de randen van de bres en de afgeschoven moot grond doorstroomt. In de uren die volgen is niet meer de grootte van de bres, maar de aanvoercapaciteit van de Ringvaart de beperkende factor voor de hoeveelheid water dat de polder instroomt. De Ringvaart heeft een streefpeil van -2.15mNAP en is in het midden slechts 1.5 meter diep.



Figuur 5-1. Afgeschoven veenkade te Wilnis in augustus 2003

Het maaiveld in de polder Groot Mijdrecht ligt op -5.90 mNAP en het streefpeil van de Ringvaart op -2.15 mNAP. Een deel van de woningen in de polder gelegen woonwijken Veenzijde 1 en Veenzijde 2 lopen onder water.

Direct na de eerste meldingen komt de hulpverlening op gang. Al snel is duidelijk dat het om een ingrijpende gebeurtenis gaat. De gemeente De Ronde Venen stelt zijn rampenplan in werking. De burgemeester vraagt via de commissaris van de koningin om provinciale bijstand voor de crisiscommunicatie. Daarnaast kondigde hij voor het getroffen gebied een noodverordening af. Meer dan 1500 bewoners worden geëvacueerd naar onder andere een opvang in sporthal de Meijert.

SLUITEN VAN DE KERINGEN

Iets na 2 uur op 26 augustus 2003 ontvangt Kees van Son een telefoontje van Dirk van Yperen, die in Wilnis woont (beide DWR/Waternet). Telefonisch besluiten ze dat de noodkering in de Heulbrug in Vinkeveen dichtgezet moet worden en spreken zij af elkaar

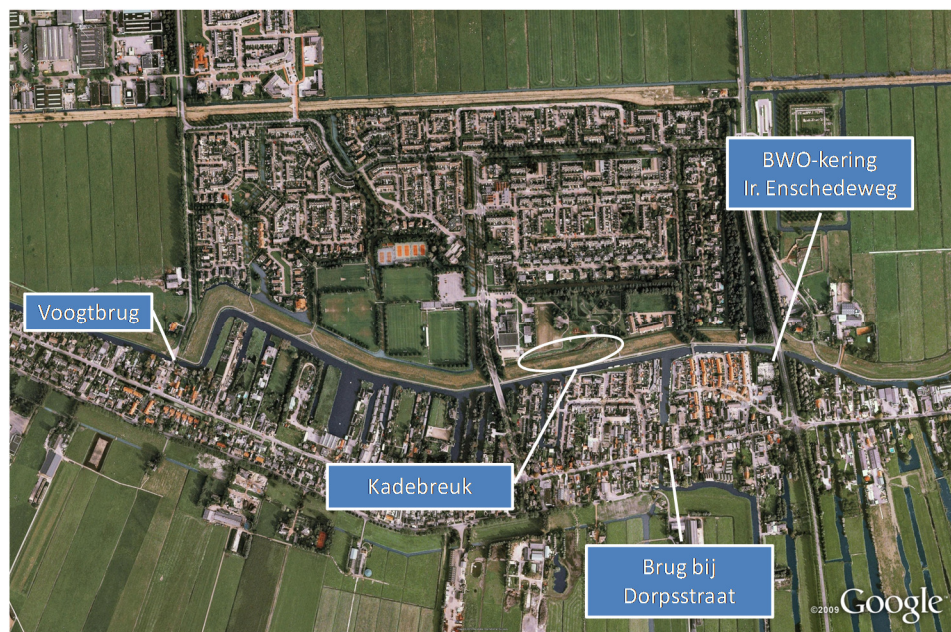


bij de kering te ontmoeten. Wanneer zij om ongeveer half 3 in Vinkeveen aankomen, zien zij dat er al een flinke stroming ontstaan is. Daarnaast is het peil ongeveer 30 cm lager dan normaal. Na kort overleg blijft Dirk van Yperen in Vinkeveen en rijdt Kees van Son door naar Wilnis.

Ondanks de omstandigheden was het niet moeilijker dan zonder stroming, om de schotten van de Heulbrug dicht te krijgen. Het eigengewicht was genoeg om de schotten te laten zakken. De schotten gebruikt bij de Heulbrug zijn voorzien van wielen die door de sponning rollen (mondelinge mededeling Yperen/van Son).

Als Kees van Son rond 3 uur in Wilnis aankomt stroomt het water ongeveer 30 cm hoog door de straten. Het is donker, omdat de stroom is uitgevallen. De brandweer is al bezig de BWO-kering bij de Ir. Enschedeweg in Wilnis dicht te zetten. Omdat deze BWO-kering dichterbij de bres is dan de Heulbrug in Vinkeveen, is hier de stroming vanzelfsprekend hoger dan bij de Heulbrug. Het is dan ook aanzienlijk lastiger om de BWO-kering te sluiten.

Om het water verder te stoppen wordt besloten om twee noodkeringen aan te brengen: bij de Voogtbrug en de brug bij de Dorpsstraat. Bij de Voogtbrug en de Dorpsstraat bevinden zich namelijk vernauwingen in de watergang. Hier probeert men met alles dat snel aangevoerd kon worden de watergang af te sluiten: draglineschotten, hooibalen, zand en klei.



Figuur 1-2. Locatie van de breuk en aangebrachte noodkeringen

Rond 6 uur is de aanvoer van water bij de BWO-kering bij de Ir. Enschedeweg en de Voogtbrug gestopt. In de uren die volgen wordt bij de BWO-kering bij de Ir. Enschedeweg vervolgens nog een extra kleidam aangebracht als versteviging en bij de Voogtbrug wordt een extra verbreding aangebracht.

Door het dichtmaken van 2 van de 3 aanvoerroutes is de stroming via de watergang bij de Dorpsstraat toegenomen. Het dichtmaken van deze watergang gaat dan ook een stuk lastiger. Een houten schot is niet voldoende om het water te keren en daarom wordt ook een ijzeren schot geplaatst. Als het hoofd-poldergemaal Padmos wordt uitgezet en stobalen worden gebruikt, lukt het rond 07.30 uur de watertoevoer grotendeels te stoppen. Na het aanbrengen van klei is de toevoer om 08.30 uur geheel afgesloten.



Waternet (toen DWR) heeft goede contacten met de diverse aannemers uit de buurt. Tussen 2 en 3 uur s 'nachts zijn al diverse aannemers gebeld en stonden meteen 'standby' om indien nodig een 2^e kordon van keringen rond de eerste drie in Wilnis aan te leggen. Onder andere: Kromme Mijdrecht, De Hoef, Groot Heijcop, oude spoorbrug in Vinkeveen (nabij het opslagterrein van de aannemer VOB bv.), Westveensebrug, Joosterdam.

WEGPOMPEN VAN HET WATER

Normaal stroomt het water via de duikers in de oude spoordijk richting gemaal Winkel. Deze duikers kunnen echter zoveel water als nu de polder is ingestroomd niet aan, waardoor de woonwijk een vijver is geworden. Rond 8.30 uur start de noodbemaling om het water met diverse tractorpompen uit de 2 woonwijken te pompen. Gemaal Winkel heeft die dag 227 000 m³ water extra uitgemalen.

Rond 16.00 uur is het water uit de straten weggestroomd in de sloten en begon de gemeente met het schoonvegen van de straten. Aan het begin van de avond keren de meeste bewoners weer terug naar hun woning.



Figuur 1-3. Water in de wijk Veenzijde-Wilnis

Gedurende de avond en nacht worden de schoonmaakwerkzaamheden bemoeilijkt door de hoeveelheid kijkers en de auto's die de wijk uit willen. Ondanks inspanningen van de aanwezige politie lukt het hen niet om de kijkers op afstand te houden. De doorgang van de vrachtwagens met klei wordt belemmerd en soms ontstaan gevaarlijke situaties, bijvoorbeeld rondom de bres.



Figuur 1-4. Zicht op de bres en kijkers op de brug



Behalve schade in de polder (Wilnis-Veenzijde) ten gevolge van het water, heeft het leegstromen van de Ringvaart ook ernstige gevolgen voor de ten zuiden van de ringvaart gelegen wijk Wilnis-Veldzijde. Ten eerste zakken enkele woonboten scheef in de modder. Daarnaast is door de verandering in het grondwaterpeil de veenbodem van het bovenland ingeklonken en treedt schade op aan tuinen en funderingen van huizen en openbare voorzieningen, zoals de riolering, wegen en verlichting.

Bovendien heeft het leegstromen van de Ringvaart gevolgen voor het dijklichaam zelf. Het doel is om zo snel mogelijk water in de Ringvaart te laten om gevolgschade zoveel mogelijk te voorkomen. Door het gedeelte van de Ringvaart dat leeg staat in te delen in compartimenten, kan per deel weer water in de Ringvaart terug gebracht worden. De Ringvaart wordt in zes compartimenten opgedeeld. Omdat de leegstand ook effect heeft op het dijklichaam wordt besloten op diverse plekken steunbermen aan te brengen om de dijk te verstevigen.



Figuur 1-5. Ingezakte boezemkade en tuin als gevolg van het droogvallen van de Ringvaart

OORZAAK

Voor de oorzaak van de verschuiving van de dijk bij Wilnis staat de volgende conclusie in het onderzoek "Kadeverschuiving Wilnis" van Geo-Delft uit januari 2004:

"Door een langdurige extreme droge periode hebben krimp en gewichtsverlies horizontale vervormingen van de veenkade veroorzaakt, waardoor infiltratie van het boezemwater naar het diepe pleistocene zand heeft plaatsgevonden en uiteindelijk de gehele dijk is bezweken."

Als gevolg van de dijkafschuiving in Wilnis is de aandacht voor de stabiliteit van veenkaden sterk toegenomen. De totale lengte aan kaden is circa 3500 km. De meesten liggen in Friesland, Groningen, Noord-Holland en het Utrechtse-Hollandse veenweidegebied. De dijken die er het meeste risico liepen liggen in Zuid-Holland, ten westen van Utrecht en in het zuiden van Noord-Holland.

De dijkafschuiving in Wilnis heeft ook het belang van het flexibel en snel kunnen compartimenteren van de boezem benadrukt. Dit aan de ene kant om te voorkomen dat de aanliggende polder volloopt, maar ook om de schade in de omgeving van het drooggevallene boezemcompartiment zo klein mogelijk te houden.



II. Inflatiecorrectie 2004→2016

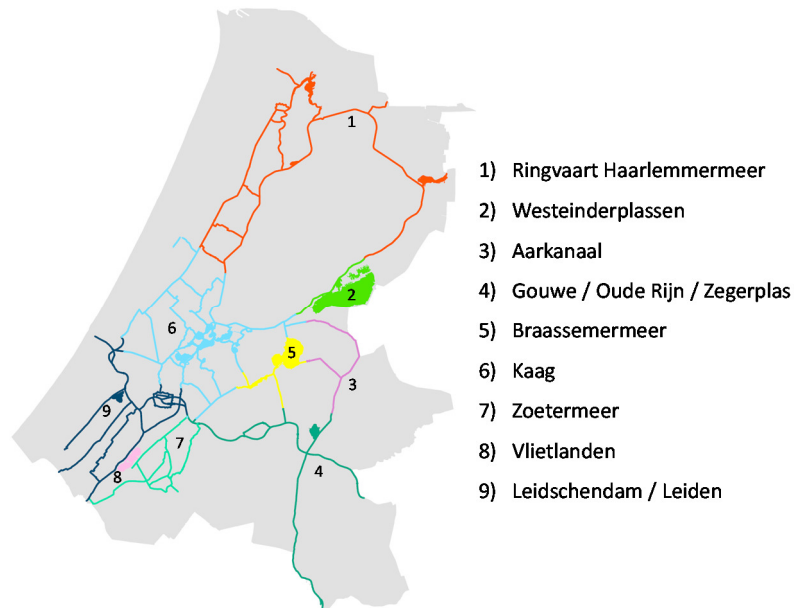
Met de HIS Schade en Slachtoffermodule is in deze studie de schade geschat bij verschillende boezemkadebreuken. Deze module is in 2004 ontwikkeld in opdracht van Rijkswaterstaat. Het prijspeil is dan ook gebaseerd op de waarde van productiemiddelen, zoals bebouwing, goederen en diensten in 2004. Dit maakt dat de schade in 2017 door inflatie aanzienlijk groter zal zijn. Om hiervoor te corrigeren zijn de gemiddelde inflatiecijfers van de afgelopen jaren gebruikt om een correctiefactor naar het prijspeil van 2016 te bepalen. Deze inflatiecijfers en de correctiefactor staan in de tabel hieronder.

Jaar	Inflatie	Correctiefactor naar prijspeil 2016
2016	0.32 %	0.00 %
2015	0.64 %	0.32 %
2014	0.98 %	0.96 %
2013	2.53 %	1.95 %
2012	2.47 %	4.53 %
2011	2.34 %	7.11 %
2010	1.28 %	9.62 %
2009	1.19 %	11.02 %
2008	2.49 %	12.34 %
2007	1.61 %	15.14 %
2006	1.17 %	16.99 %
2005	1.67 %	18.36 %
2004	1.24 %	20.34 %



III. Inzet van keringen per compartiment

Binnen de boezem van Rijnland kunnen 9 compartimenten worden onderscheiden. Per compartiment zijn hierna de belangrijkste kenmerken geïnventariseerd.



1 Ringvaart Haarlemmermeer 882 ha water / 532 km kade

- Sluiten: 5 uur met 13 mensen (61 manuren)
- Nodig: 2 boten, 2 kranen, 2 takels
- 7 keringen: 2 balgstuwen, 3 schotbalken, 2 hefdeuren/schuiven

2 Westeinderplassen 966 ha water / 145 km kade

- Sluiten: 5 uur met 8 mensen (40 manuren)
- Nodig: 2 boten, - kranen, - takels
- 4 keringen: 2 balgstuwen, 2 hefdeuren/schuiven

3 Aarkanaal 60 ha water / 39 km kade

- Sluiten: 6 uur met 17 mensen (82 manuren)
- Nodig: 2 boten, 1 kranen, - takels
- 3 keringen: 1 klepstuw, 2 schotbalken

4 Gouwe, Oude Rijn, Zegerplas 273 ha water / 145 km kade

- Sluiten: 6 uur met 35 mensen (165 manuren)
- Nodig: 3 boten, 1 kranen, 2 takels
- 8 keringen: 2 klepstuwen, 3 schotbalken, 3 keersluizen



5 Braassemermeer 510 ha water / 59 km kade

- Sluiten: 7 uur met 24 mensen (126 manuren)
- Nodig: 4 boten, 2 kranen, - takels
- 5 keringen: 1 balgstuw, 1 klepstuw, 3 schotbalken

6 Kaag e.o. 1035 ha water / 494 km kade

- Sluiten: 7 uur met 55 mensen (274 manuren)
- Nodig: 7 boten, 5 kranen, 6 takels
- 13 keringen: 3 balgstuwen, 1 klepstuw, 1 roldeur, 8 schotbalken

7 Zoetermeer e.o. 55 ha water / 78 km kade

- Sluiten: 5 uur met 15 mensen (52 manuren)
- Nodig: - boten, 4 kranen, 2 takels
- 5 keringen: 2 keersluizen, 3 schotbalken

8 Vlietlanden 120 ha water / 8 km kade

- Sluiten: 3 uur met 6 mensen (18 manuren)
- Nodig: - boten, 1 kranen, 2 takels
- 3 keringen: 3 schotbalken

9 Leidschendam / Leiden 384 ha water / 299 km kade

- Sluiten: 7 uur met 38 mensen (203 manuren)
- Nodig: 3 boten, 12 kranen, 6 takels
- 18 keringen: 1 klepstuw, 1 roldeur, 1 hefdeur/schuiven, 9 keersluizen, 6 schotbalken



IV. Geschatte kosten per compartiment

Hieronder de geschatte kosten per jaar per compartiment. Deze kosten bestaan uit een afschrijving op achterstallig onderhoud van de balgstuwen (eenmalig € 1 miljoen, technische levensduur 40 jaar, 25 000 per jaar). Een jaarlijkse inspectie van € 100,- per constructie. En 1 x in de 5 jaar volledig testen van de constructie. Hiervan zijn de kosten geschat op € 1.500,- per keer voor een gemiddelde constructie en € 10.000,- per keer voor de balgstuwen en klepstuwen.

Nr	Naam	Onderhoud (€)	Jaarlijkse inspectie (€)	1/5 jaar testen (€)	Totaal (€)
1	Haarlemmermeer e.o.	50 000	700	5 500	56 200
2	Westeinderplassen e.o.	50 000	400	4 600	55 000
3	Aarkanaal e.o.		300	2 600	2 900
4	Gouwe, Z'plas, Oude Rijn		800	5 800	6 600
5	Braassemermeer e.o.	25 000	500	4 900	30 400
6	Kaag e.o.	75 000	1 300	10 700	87 000
7	Zoetermeer e.o.		500	1 500	2 000
8	Vlietlanden		300	900	1 200
9	Leiden, L'dam, Wassenaar		1 800	7 100	8 900