

## Memo

<b>Datum</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Aantal pagina's</b>
28 september 2010	1202129-011-ZWS-0002	19
<b>Van</b>	<b>Doorkiesnummer</b>	<b>E-mail</b>
Joost Stronkhorst/André Hendriks	+31 (0)88 33 58 295/088 3358429	joost.stronkhorst @deltares.nl/andre.hendriks@deltares.nl

**Onderwerp**  
Resultaten Blokkendoos Dijkkring 43  
Gericht op de drielaagse veiligheidsbenadering  
Voor de Gebiedspilot Dijkkring 43 in het traject Waterveiligheid 21e eeuw

---

### Inhoud

1. Inleiding
2. Blokkendoos Dijkkring 43
3. Effecten van de vier strategieën
4. Effecten van de afzonderlijke bouwstenen

Deze Deltares memo is opgesteld voor een rapportage van DHV over de Gebiedspilot Dijkkring 43 (in opdracht van Provincie Gelderland en Rijkswaterstaat) en zal als bijlage daarin worden opgenomen

## Memo

<b>Datum</b>	<b>Ons kenmerk</b>	<b>Pagina</b>
28 september 2010	1202129-011-ZWS-0002	2/19

### 1. Inleiding

#### *Aanleiding*

In de Gebiedspilot Dijkkring 43 hebben betrokken organisaties gezamenlijk een 4-tal strategieën ontwikkeld om de mogelijkheden van de drielaagse veiligheidsbenadering in dijkkring 43 te verkennen. De Blokkendoos Dijkkring 43 is een software applicatie die bedoeld is om de effecten van opgestelde strategieën te bepalen en te presenteren.

De drie *lagen* betreffen:

- overstromingen voorkomen (preventie);
- duurzame ruimtelijke inrichting om het gevolg van overstromingen te beperken; en
- rampenbeheersing bij overstroming (eveneens gevolgbeperking).

Voor elke laag zijn verschillende maatregelen denkbaar die bijdragen aan het vergroten van de waterveiligheid. De ontwikkelde strategieën omvatten selecties van maatregelen. De ruimtelijke verdeling van de bouwstenen in de vier ontwikkelde strategieën is beschreven in Bijlage 1 van DHV (versie 7-4-2010).

#### *Inhoud memo*

In paragraaf 2 van deze memo wordt een korte toelichting op de Blokkendoos gegeven. In Paragraaf 3 worden de overall effecten van de (4) strategieën besproken. Ten slotte worden in paragraaf 4 de strategieën ontrafeld en de effecten van de afzonderlijke bouwstenen gepresenteerd. De resultaten zijn samengevat in tabellen; voor de details wordt verwezen naar de analyserapporten in de Blokkendoos.

## Memo

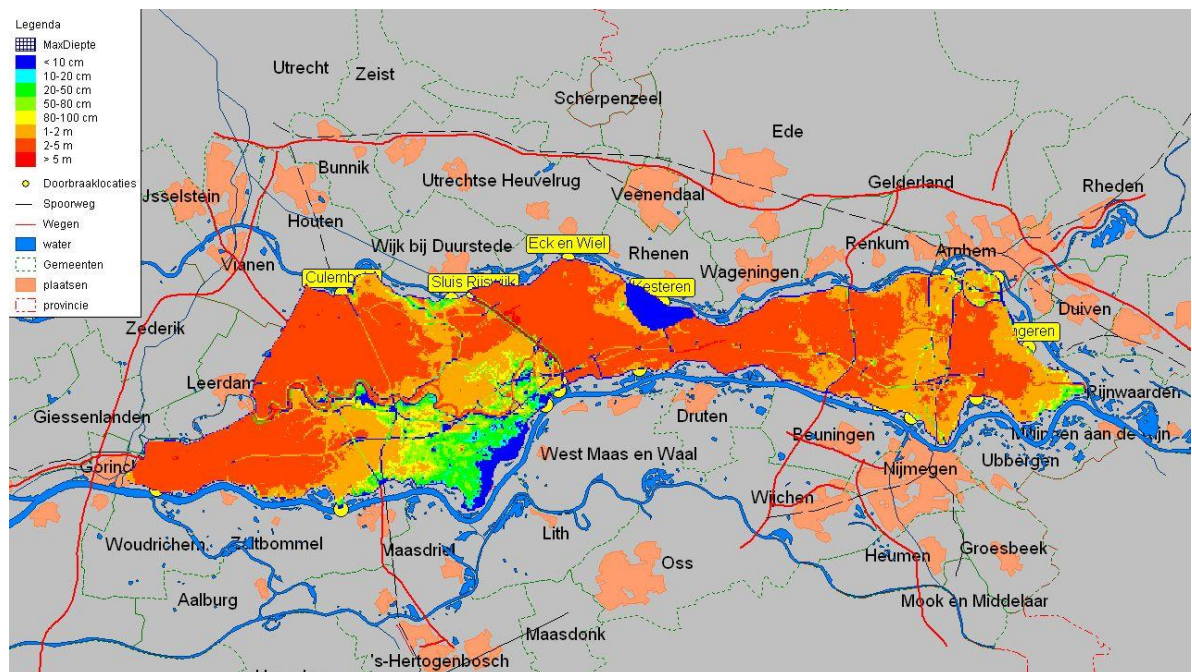
**Datum**  
28 september 2010

**Ons kenmerk**  
1202129-011-ZWS-0002

**Pagina**  
3/19

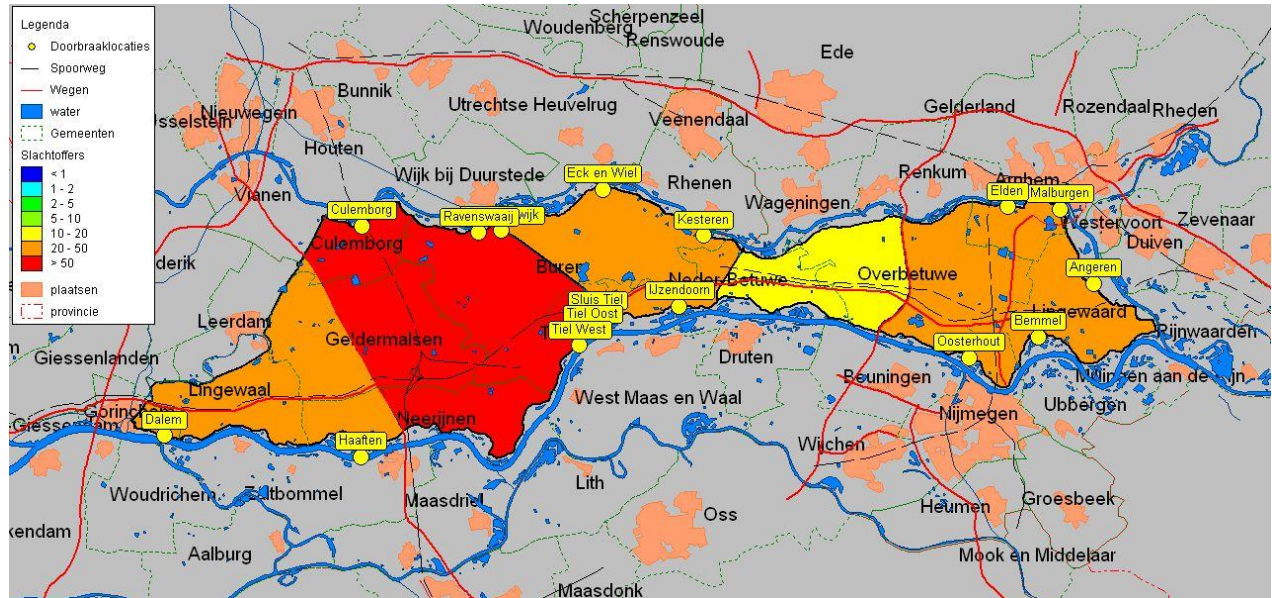
### 2. Blokkendoos Dijkkring 43

In de Blokkendoos is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande kennis over overstromingsscenario's (Figuur 1) en de mogelijke effecten van maatregelen. In de Blokkendoos wordt de term 'bouwstenen' gebruikt, waarmee een bepaald type maatregel wordt bedoeld voor een specifieke locatie in de dijkkring.



*Figuur 1. De Blokkendoos gebruikt de resultaten van overstromingsscenario's uit een rekenmodel. Dit figuur toont de waterdiepte in dijkkring 43 in geval van een bres bij Bemmel.*

Het rekenhart van de Blokkendoos zit onder de button 'analyse'. Hier kan de gebruiker zijn/haar eigen keuzes maken in bouwstenen, de effecten doorrekenen en de resultaten presenteren in de vorm van een tabel of kaart (zie ter illustratie Figuur 2).



Figuur 2. Een voorbeeld van een kaart in de Blokkendoos met resultaten voor de vijf deelgebieden (vakken).

De berekeningswijze, gebruikte overstromingsscenario's en gehanteerde aannames in de Blokkendoos zijn terug te vinden onder de buttons 'achtergronden' en 'overstromingen'.

## Effecten

De Blokkendoos geeft informatie over de volgende effecten:

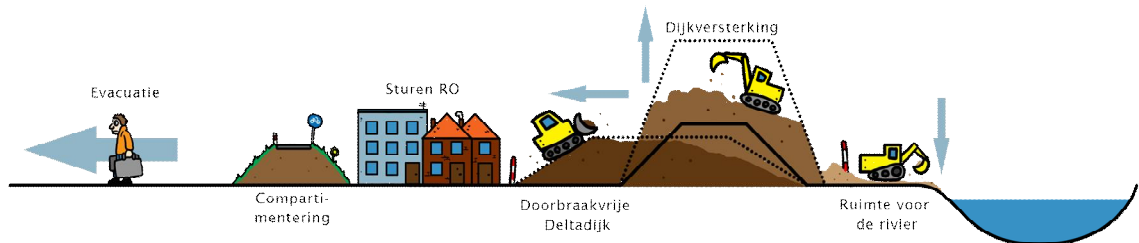
- Slachtofferrisico's: Het slachtofferrisico is uitgedrukt in termen van vermeden slachtoffers (absolute aantal) en reductie in individueel risico (personen per jaar),
- Schaderisico's: Het schaderisico is uitgedrukt in vermeden schade (miljoenen euro's M€) en gemiddelde jaarlijkse schadereductie (M€ per jaar) en
- Kosten van de maatregelen: de investeringskosten (M€) en de jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud (M€ per jaar).

Deze effecten kunnen per bouwsteen of een combinatie van bouwstenen worden bepaald. De effecten zijn weergegeven voor de situatie in de tweede helft van de 21e eeuw voor de dijkkring als geheel en voor vijf deelgebieden. Deze deelgebieden zijn van oost naar west: 1. Opperbetuwe, 2. Bovenbetuwe, 3. Nederbetuwe, 4. Tieler- en Culumborgerwaarde Oost en 5. Tieler- en Culumborgerwaarde West.

## Bouwstenen

In de Blokkendoos Dijkkring 43 zijn 66 bouwstenen opgenomen verdeeld over de drie veiligheidslagen:

- overstromingen voorkomen: 3 typen maatregelen met in totaal 13 bouwstenen
- duurzame ruimtelijke inrichting: 9 typen maatregelen met in totaal 43 bouwstenen
- rampenbeheersing bij overstroming: 2 typen maatregelen met in totaal 10 bouwstenen.



### Referentiewaarden

In de Blokkendoos zijn de effecten van bouwstenen afgezet tegen referentiewaarden voor het aantal slachtoffers en de schade die een overstroming tot gevolg kan hebben. Tabel 1 toont de referentiewaarden voor Dijkring 43 in de tweede helft van de 21e eeuw bij voortzetting van het huidige beleid (=handhaven van de wettelijke overschrijdingskans van 1: 1250 jaar door het nemen van rivierverruimingsmaatregelen wanneer dat nodig is). Er is rekening gehouden met diverse uitgangspunten, bijvoorbeeld een percentage preventieve evacuatie van 80% bij dreigende overstroming en een groei van de economische waarde van het gebied en een bevolkingsgroei volgens het PBL scenario voor 2040.

Het verwachte aantal slachtoffers dat valt bij een overstroming is geschat op 268 personen. De kans dat een overstroming plaats vindt is 1:1250 jaar zodat het gemiddelde individuele risico uitkomt op 0,22 personen per jaar. De verwachte schade bedraagt 17 miljard euro.

Tabel 1. Referentiewaarden (base case) voor de beoordeling van bouwstenen in de Blokkendoos Dijkring 43 in de tweede helft van de 21e eeuw bij voortzetting van het huidige beleid

Deelgebied >	1	2	3	4	5	Totaal
Absolute slachtoffers base case [pers.]	54	21	53	72	69	268
Individueel risico base case [pers./jr]	0,04	0,02	0,04	0,06	0,06	0,22
Absolute schade base case [M€]	4000	1538	3012	6439	2106	17096
Schaderisico base case [M€/jr]	3,20	1,23	2,41	5,15	1,69	13,68

### Onzekerheden

De Blokkendoos is niet bedoeld voor besluiten over specifieke uitvoeringsprojecten. Daarvoor zijn de uitkomsten van de Blokkendoos te globaal en onzeker. De werkelijkheid wordt in een rekenmodel als de Blokkendoos immers versimpeld, er zijn aannames gedaan en vuistregels gebruikt.

De Blokkendoos is vooral bedoeld voor het *onderling* vergelijken van verschillende maatregelen op effecten zoals slachtofferrisico's, vermeden schade en kosten. Het is goed om te beseffen dat er onzekerheden zijn in de uitkomsten. Die onzekerheden verschillen per effect en per maatregel.

Voor de kosten is gebruik gemaakt van algemene landelijke kentallen. De onzekerheid in de kosten bedraagt ongeveer 50%. Uiteraard kunnen de kosten verder uiteen liggen wanneer een maatregel op een geheel andere wijze wordt gerealiseerd. Bijvoorbeeld, een maatregel als 'bergende stroming' kan relatief goedkoop of juist duur uitvallen, afhankelijk of de benodigde grond wordt aangekocht of niet.



**Datum**  
28 september 2010

**Ons kenmerk**  
1202129-011-ZWS-0002

**Pagina**  
6/19

De onzekerheden in de gevolgschade zullen ook ongeveer 50% bedragen. De onzekerheden in de schattingen van 'vermeden schade' nemen echter toe, omdat dit het product is van overstromingskans en gevolgschade. De overstromingskans is afhankelijk van hoe en waar een bres ontstaat die tot een ongecontroleerde overstroming leidt; dat is moeilijk te voorspellen. De onzekerheid in de schatting van 'vermeden schade' zal kleiner zijn voor maatregelen die de overstromingskans doen afnemen. Bijvoorbeeld, een Deltadijk beoogt de kans op overstroming (nagenoeg) uit te sluiten, zodat de geschatte 'vermeden schade' bij deze maatregel een minder grote onzekerheid zal hebben.

De Blokkendoos laat dus zien in hoeverre de ene maatregel kansrijker lijkt dan de andere, maar kan absoluut niet gebruikt worden om te onderbouwen dat een bepaald pakket maatregelen voor een bepaalde prijs gerealiseerd kan worden.

## Memo

<b>Datum</b>	<b>Ons kenmerk</b>	<b>Pagina</b>
28 september 2010	1202129-011-ZWS-0002	7/19

### 3. Effecten van de vier strategieën

#### *Berekende effecten*

De gecombineerde effecten van alle bouwstenen in de vier strategieën uit de gebiedspilot zijn Tabel 2 weergegeven.

Strategie 1 t/m 3 realiseren een reductie in het aantal slachtoffers van 200-250; voor strategie 4 is dit beperkt tot ca 50 personen. De investeringskosten van de strategieën 2 t/m 4 bedragen 600 – 900 miljoen euro; strategie 1 is veel duurder en vergt ca. 3.3 miljard euro. De kosteneffectiviteit van alle strategieën is laag en ligt tussen 150-950 miljoen euro per persoon.

Figuur 3.toont de verdeling over de vijf deelgebieden van de slachtoffers in de referentiesituatie en de strategieën. Figuur 4 toont de verdeling van de schade in de referentiesituatie en de strategieën.

#### *Vergelijkbaarheid strategieën.*

Tabel 3 vat de resultaten samen. In de tabel is met arceringen aangegeven of er sprake is van significante verschillen tussen de uitkomsten of dat, rekening houdend met de onzekerheden in de schattingen , de uitkomsten binnen de foutenmarges liggen.

*Tabel 3. Samenvattingen uitkomsten strategieën. Uitkomsten met arceringen zijn significant verschillend ten opzichte van de andere strategieën*

Strategie	Investeringsen [M€]	Beheer & Onderhoud [M€/jr]	Annuiteit [M€/jr]	Totale Kosten [M€/jr]	Vermeden Schade risico [M€/jr]	Kosten / Vermeden schade risico [M€/M€]	Vermeden slachtoffers [-]	Vermeden Individueel risico [/jr]	Kosten / Vermeden ind. risico [M€-]
1	3383	39.8	170.4	210.2	13	16.17	249	0.20	1055.18
2	819	4.4	41.3	45.7	12	3.80	240	0.19	237.76
3	893	3.8	45.0	48.8	10	4.88	202	0.16	301.84
4	698	2.4	35.2	37.6	11	3.41	55	0.04	853.55

Uit de tabel blijkt dat de verhouding tussen de investering en het aantal vermeden slachtoffers het meest gunstig is bij strategieën 2 en 3 (laatste kolom). Bij Strategie 1 is sprake van een vergelijkbaar aantal vermeden slachtoffers, maar deze strategie is relatief kostbaar. Strategie 4 resulteert in een relatief beperkte reductie van het aantal slachtoffers.

Een andere vergelijking die gemaakt kan worden is die tussen de kosten (kolom 4) en het vermeden schaderisico (kolom 5). Strategieën 2, 3 en 4 tonen geen wezenlijk verschil in de verhouding tussen de netto kosten en het vermeden schaderisico; strategie 1 is daarentegen een stuk ongunstiger.

### *Wat niet in beschouwing is genomen*

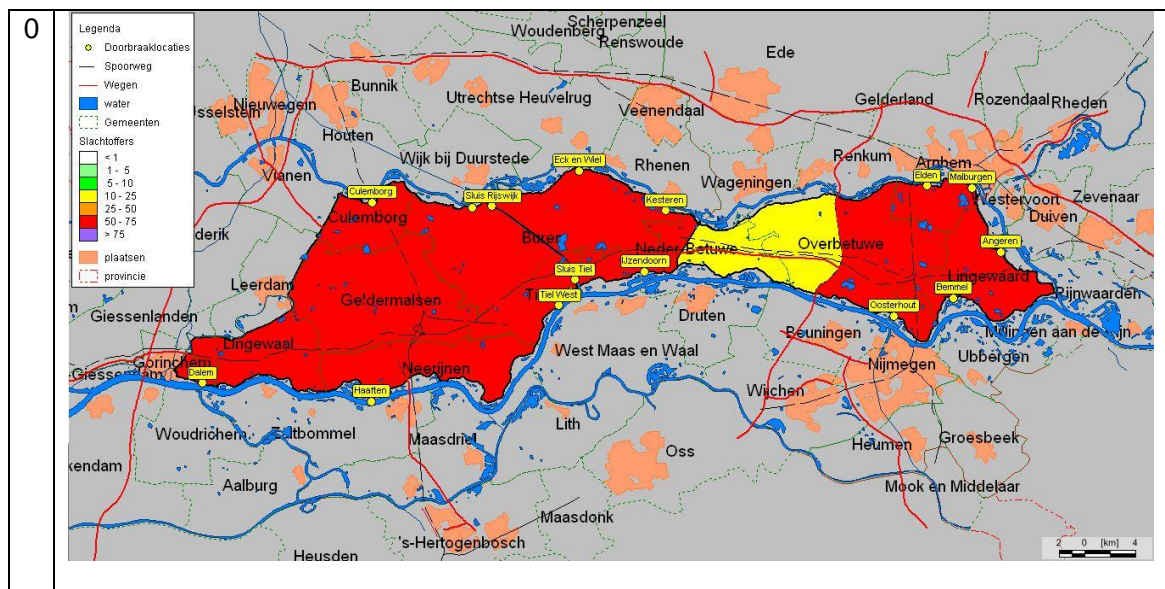
De Blokkendoos beschouwt de maatregelen zoals die zijn opgenomen in bijlage 1 van het DHV-rapport. Enkele onderdelen zijn echter niet bepaald, te weten:

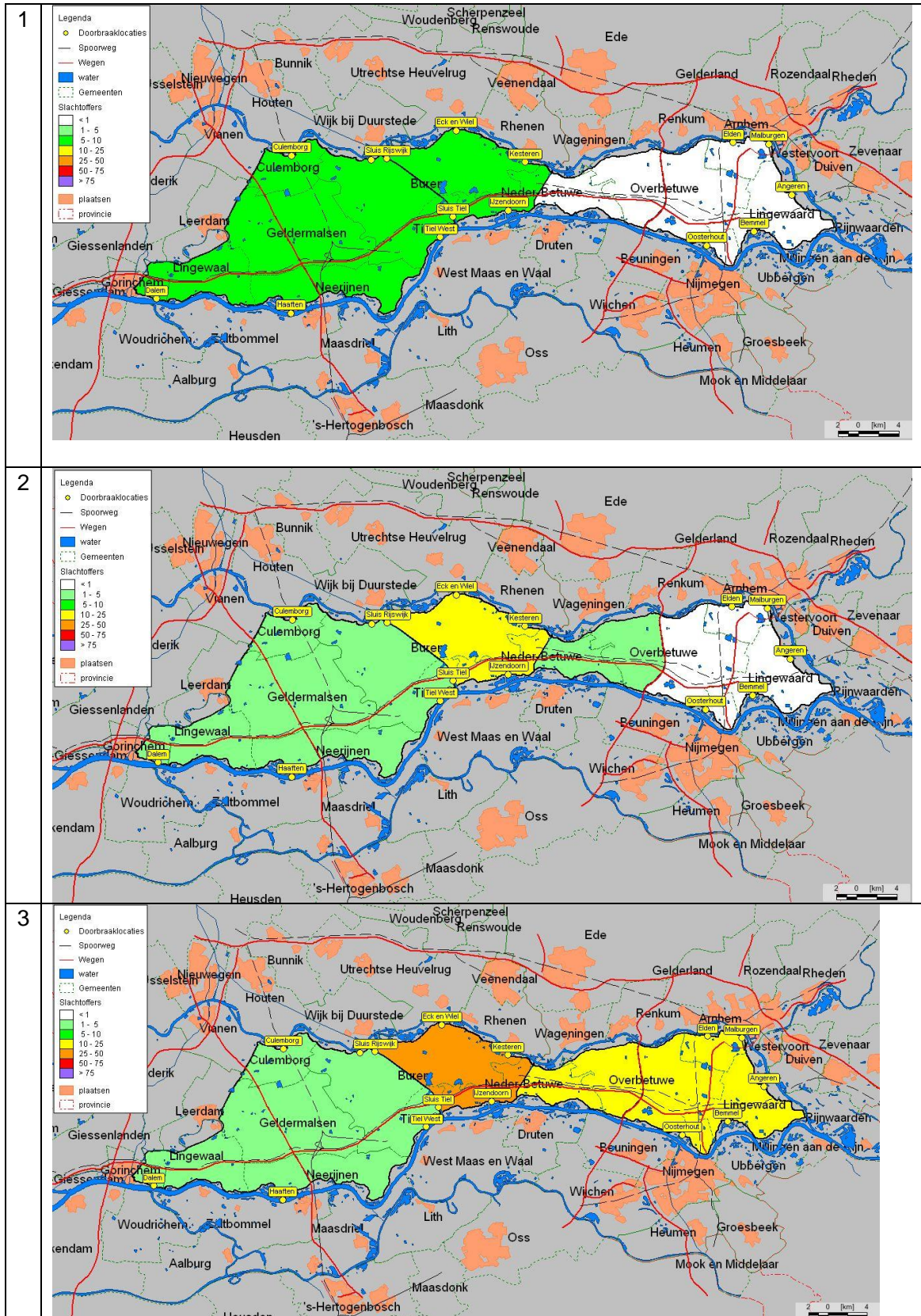
#### In Strategie 1:

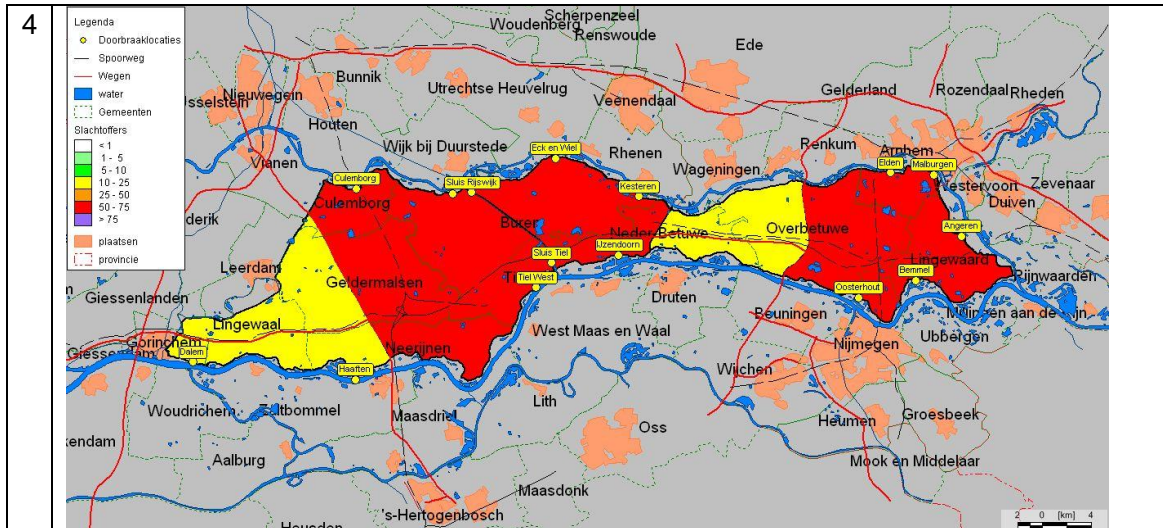
- in deze versie van de Blokkendoos zijn voor de overlaat in het oostelijke deel van de dijkkring overstromingsscenario's gebruikt waarbij nu nog geen rekening is gehouden met de aanwezigheid van geleidingskades; dat kan invloed hebben op de schatting van de schade- en slachtoffersrisico's bij deze bouwsteen.
- Evenzo is van de bouwsteen 'overlaat' het waterstandsverlagende effect op de Waal niet in de berekeningen verwerkt;
- Er zijn geen gegevens beschikbaar over het effect van het omvormen van de A50 tot een half hoge compartimenteringdam, zodat deze bouwsteen buiten beschouwing is gebleven.

#### Strategie 2:

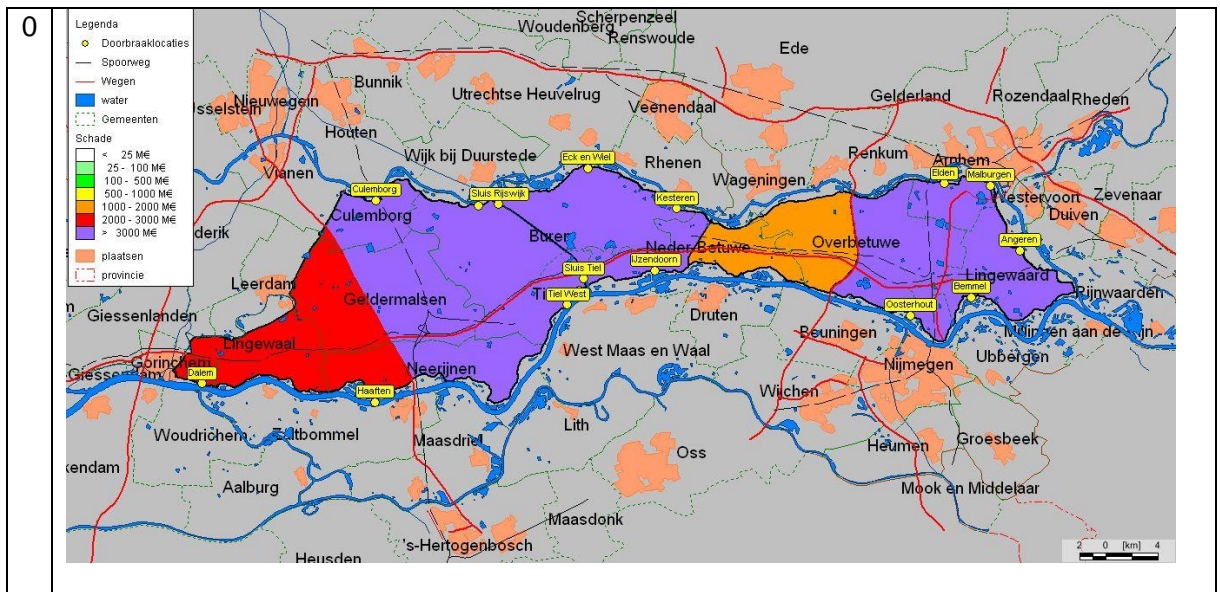
- Zoals hiervoor gezegd, er zijn geen gegevens beschikbaar over het effect van het omvormen van de A50 tot een half hoge compartimenteringdam, zodat deze bouwsteen buiten beschouwing is gebleven.

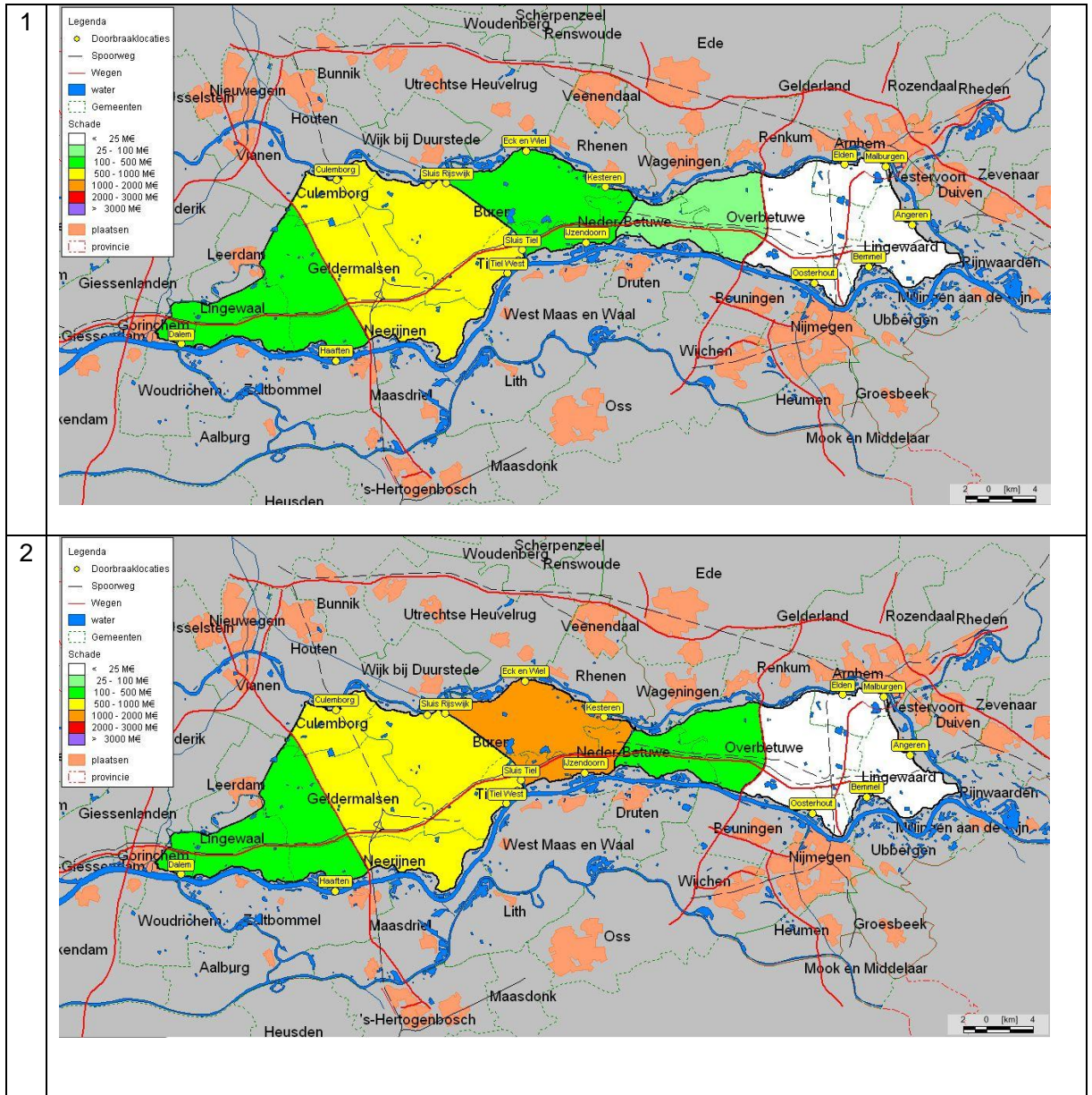


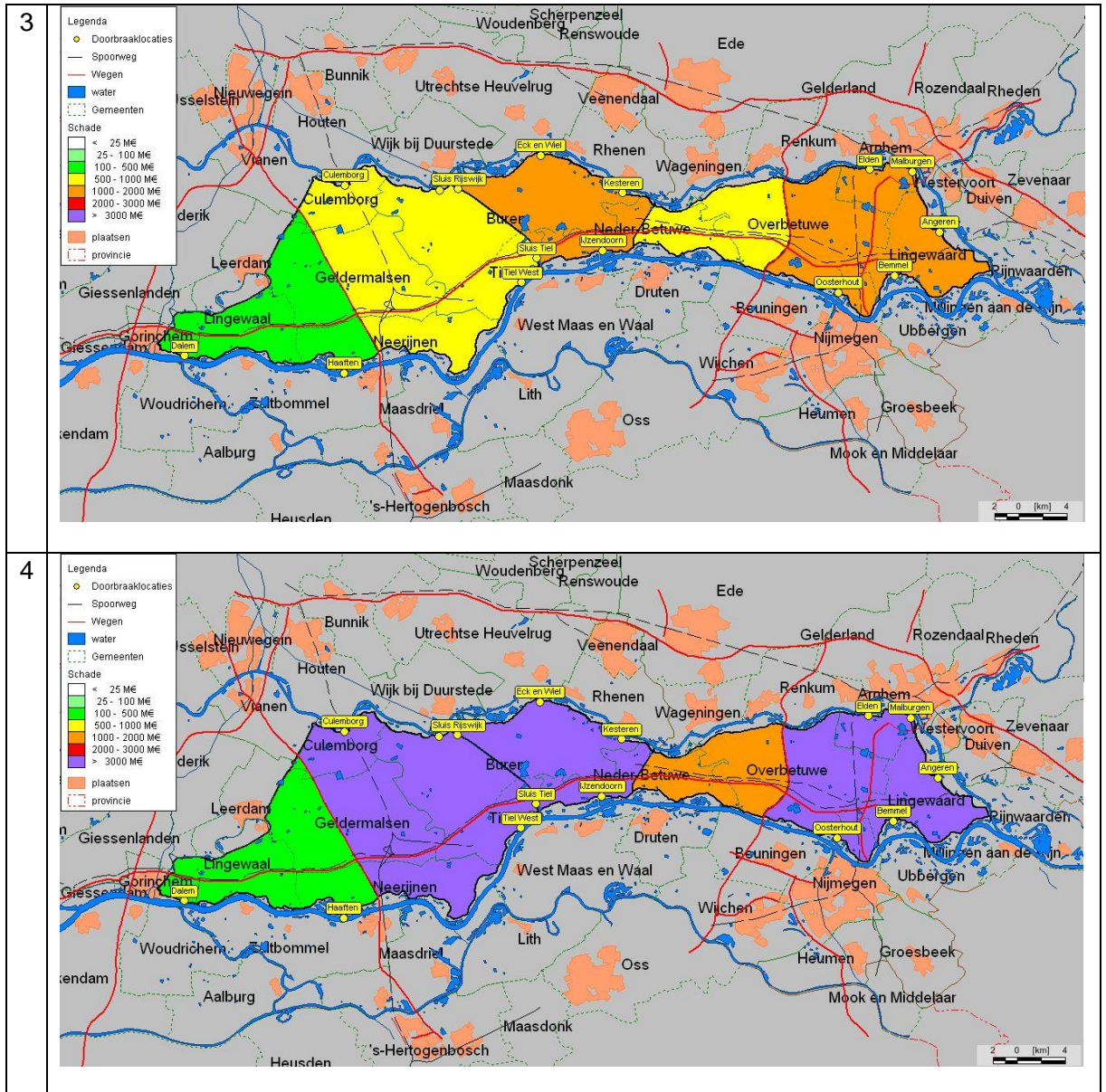




Figuur 3. De verdeling over de vijf deelgebieden van het aantal slachtoffers in de referentiesituatie (0) en in de strategieën 1, 2, 3 en 4.







Figuur 4. De verdeling over de vijf deelgebieden van de schade (M€) in de referentiesituatie (0) en in de strategieën 1, 2, 3 en 4





#### 4. Effecten van de afzonderlijke bouwstenen

De effecten van de afzonderlijke bouwstenen zijn in Tabel 4 weergegeven. Zij worden hier kort toegelicht.

De *investeringskosten* van de bouwstenen variëren van 0 euro voor rampenbeheersing, waarvoor uitsluitend personeelskosten in beschouwing zijn genomen, tot 1 miljard euro voor het ophogen van nieuwbouwwijken, het waterbestendig bouwen van alle nieuwbouw in de dijkkring of het aanleggen van een bergende stroming. De overige bouwstenen vereisen investeringen tussen 16 en 360 miljoen euro.

De *onderhoudskosten* variëren van 0 euro voor de bouwstenen 'ophogen nieuwbouwwijken' en 'waterbestendig bouwen' tot 35 miljoen euro per jaar voor het beheer van de bergende stroming; de overige bouwstenen kosten 0,1 -1 miljoen euro per jaar.

De *netto kosten*, d.i. de investeringskosten plus de onderhoudskosten minus de vermeden schade, variëren van -0,9 miljoen euro per jaar voor de deltadijk bij Tiel tot 79 miljoen euro per jaar voor de bergende stroming (negatieve netto kosten zijn feitelijk baten).

Het aantal *vermeden slachtoffers* is beperkt tot ca. 20 bij compartimentering van de A2 en loopt op tot ca. 250 personen bij een traditionele dijkverhoging van 60 cm of deltadijken. De bouwsteen compartimentering Betuwelinie blijkt een onbruikbare maatregel te zijn voor het beheersen van het slachtofferrisico omdat het aantal slachtoffers toeneemt.

De *costeneffectiviteit* van het beheersen van slachtofferrisico's varieert van -34 M€/persoon voor een deltadijk bij Tiel tot enkele honderden miljoen euro's per persoon voor diverse maatregelen in veiligheidslaag 'duurzame ruimtelijke inrichting' (bijvoorbeeld hoge evacuateroutes, compartimentering A2, groene rivier, ophogen nieuwbouw, waterrobuust bouwen).

Bouwstenen met relatief hoge kosteneffectiviteit per veiligheidslaag zijn:

- Veiligheidslaag 1: deltadijken (van -34 tot -2 M€/persoon),
- Veiligheidslaag 2: compartimentering Amsterdam Rijn kanaal (ARK; 14 M€/persoon) en
- Veiligheidslaag 3: trainingen rampenbeheersing (5 M€/persoon).

De overige bouwstenen hebben een relatief lage kosteneffectiviteit (>15 M€/persoon).

#### *Overall beeld:*

De combinatie van deltadijken rond KAN en bij Tiel en Culemborg resulteren naar schatting in 243 vermeden slachtoffers. Het zijn de meest kosteneffectieve bouwstenen in het beheersen van het slachtofferrisico. Vooral de deltadijk langs de Waal voor de stad Tiel en langs de Neder-Rijn voor de stad Culemborg levert meer baten op dan kosten. De bouwsteen 'deltadijk KAN-gebied' is minder kosteneffectief. Rond deelgebied 1 is namelijk een relatief lange deltadijk verondersteld waarvan delen langs landelijk gebied lopen; daarom vallen bij deze bouwsteen de kosten iets hoger uit dan de baten. Waarschijnlijk wordt de baten-kosten verhouding gunstiger wanneer alleen de stedelijke delen van deelgebied 1 als deltadijk zouden worden beschouwd.

De effectiviteit van *duurzame gebiedsinrichting* is, met uitzondering van compartimentering ARK, over het algemeen zeer laag. Voor *rampenbeheersing* blijkt het moeilijk te zijn om concrete bouwstenen te bedenken en het effect ervan te kwantificeren.

Tabel 4 . Effecten van de afzonderlijke bouwstenen in de Blokkendoos Dijkring 43.

Laag	Maatregel	vak 1	vak 2	vak 3	vak 4	vak 5	Investering (M€)	B&O (M€/j)	Netto Kosten (M€/j)	Vermede individueel risico (levens/j)	Kosten- effectiviteit (ME/leven)	# vermeden slachtoffers
1	dijkverhoging 30 cm	x	x	x	x	x	276	0,8	7,1	0,10	60	-
1	dijkverhoging 60 cm	x	x	x	x	x	364	1,1	8,4	0,20	49	250
1	deltadijk KAN	x					158	1,6	0,7	0,13	5,6	157
1	deltadijk Tiel				x		18	0,2	-0,9	0,03	-34	34
1	deltadijk Culemborg				x		18	0,2	-0,2	0,04	-6	52
1	deltadijk	x			xx		193	1,9	-0,5	0,20	-2,4	243
2	geleidingsdam en deltdijk om stad (A, N, groot)	xx					175	0,8	3,1	0,10	35,2	111
2	geleidingsdam en deltdijk om stad (A, N klein, E)	xx					159	0,7	2,8	0,10	33,3	104
2	geleidingsdam en deltdijk om stad (T, C)				xx		178	0,8	6,8	0,03	270	36
2	geleidingsdam en deltdijk om alle steden (groot)	xx			xx		352	1,5	11,6	0,10	107	135
2	compartimentering (incl uitlaat) ARK				x		88	0,7	0,7	0,05	14	59
2	compartimentering Betuweline			x			53	0,2	0	-0,28	-	-350
2	compartimentering Gorichem oost					x	56	0,4	1,8	0,04	45	50
2	compartimentering A2					x	310	0,9	13,2	0,02	876	23
2	half hoge compartimentering Betuweline			x			41	0,1	2,6	0,00	-	-3
2	ophogen nieuwbouw	x	x	x	x	x	1302	0	65	0,00	-	-
2	ophogen nieuwbouw					x	16	0	0,8	0,00	-	-
2	hoge evacuatieroutes	x		x	x	x	352	1	19	0,10	296	79
2	Bergende stroming (groene rivier)	x	x	x	x	x	1000	35	79	0,11	732	134
2	Waterbestending bouwen	x	x	x	x	x	1031	0	51	0,00	-	-
2	Waterbestending bouwen					x	9	0	0,3	0,00	-	-
2	Kwetsbare objecten zeker stellen	x	x	x	x	x	30	0,1	0,9	0,00	-	-
3	Opvangplekken	x	x	x	x	x	16	0,05	0,9	0,10	16	67
3	Training & paraatheid	x	x	x	x	x	0	1	0,3	0,06	4,9	80



**Datum**  
28 september 2010

**Ons kenmerk**  
1202129-011-ZWS-0002

**Pagina**  
17/19

*Combinatie van veelbelovende bouwstenen*

De meest kosteneffectieve bouwstenen van iedere veiligheidslaag zijn dus deltadijk, compartimentering Amsterdam-Rijnkanaal en trainingen rampenbeheersing. Deze drie bouwstenen kunnen gecombineerd worden tot nieuwe combinaties; zie Tabel 5 voor de beschouwde combinaties.

Een belangrijke boodschap uit deze analyse is dat de kosteneffectiviteit van de Compartimenteringdam langs het Amsterdam-Rijnkanaal daalt wanneer deze wordt gecombineerd met deltadijken

Datum 28 september 2010      Ons kenmerk 1202129-011-ZWS-0002      Pagina 18/19

Tabel 5. Effecten van combinaties van de bouwstenen met de hoogste kosteneffectiviteit per veiligheidslaag.

Laag	Maatregel	vak 1	vak 2	vak 3	vak 4	vak 5	Investering (M€)	B&O (M€/j)	Netto Kosten (M€/j)	Vermeden	Kosten- effectiviteit (M€/leven)	# vermeden slachtoffers
										risico (levens/j)		
1,2	deltadijk / compartimentering ARK	x /			xx/x		281	2,6	3,8	0,2	19	249
1,3	deltadijk / training	x/x	x/x	x/x	xx/x	/ x	193	2,9	0,5	0,2	2	250
2,3	compartimentering ARK / training	/ x	/ x	/ x	x/ x	/ x	88	1,7	1,2	0,1	12	122
1,2,3	deltadijk / compartimentering ARK/ training	x / /x	/ /x	/ /x	xx/x	/ /x	281	3,6	4,8	0,2	24	255

