

# **Veiligheidsaspecten van de bypass Kampen**

## **actualisering onderzoek**

Auteurs: C.J.M. Vermeulen  
J.K. Leenders



# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond .....	1
1.2	Doelstelling van dit onderzoek .....	2
1.3	Leeswijzer .....	3
<b>2</b>	<b>Veiligheidsbeschouwing .....</b>	<b>5</b>
2.1	Inleiding .....	5
2.2	Effect van de bypass op de overstromingskans .....	6
2.3	Evacuatie .....	7
2.4	Vervolgonderzoek is nodig .....	8
<b>3</b>	<b>Modelberekeningen .....</b>	<b>9</b>
3.1	Scenario's .....	9
3.2	Overstromingsmodel .....	11
3.3	Schademodelering .....	16
<b>4</b>	<b>Overstromingspatroon .....</b>	<b>19</b>
4.1	Doorbraaklocatie De Zandjes .....	20
4.2	Doorbraaklocatie Kampen-Noord .....	25
4.3	Doorbraaklocatie Kampen-Zuid .....	30
4.4	Doorbraaklocatie Zalk .....	37
4.5	Doorbraaklocaties in de bypass .....	42
4.6	Slotopmerkingen bij het overstromingspatroon .....	47
<b>5</b>	<b>Schade en slachtoffers .....</b>	<b>49</b>
5.1	Doorbraaklocatie De Zandjes .....	49
5.2	Doorbraaklocatie Kampen-Noord .....	50
5.3	Doorbraaklocatie Kampen-Zuid .....	51
5.4	Doorbraaklocatie Zalk .....	52
5.5	Doorbraaklocatie in de bypass .....	53
5.6	Slotopmerkingen bij schade en slachtoffers .....	54
<b>6</b>	<b>Samenvatting .....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Referenties .....</b>	<b>59</b>
	<b>Bijlage A: Afkortingen .....</b>	<b>A-1</b>
	<b>Bijlage B: Rekenmethode bresdebiet bypass .....</b>	<b>B-1</b>
	<b>Bijlage C: Schadebepaling nieuwbouwlocaties HIS-SSM .....</b>	<b>C-1</b>

## Lijst van tabellen

Tabel 1:	Overzicht scenario's van deze studie. ....	10
Tabel 2:	Aanpassingen in hoogtegrijs voor de verschillende scenario's van deze studie ten opzichte van het overstromingsmodel uit 2006 (HKV, 2006b).....	11
Tabel 3:	Randvoorwaarden gebruikt in het overstromingsmodel.....	15
Tabel 4:	Nummering en naamgeving uitvoerlocaties, zoals opgenomen in Figuur 8.....	15
Tabel 5:	Aantal inwoners in dijkkring 11, dijkkring 11a en dijkkring 11b. ....	49
Tabel 6:	Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie De Zandjes. ....	49
Tabel 7:	Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie Kampen-Noord. ....	50
Tabel 8:	Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie Kampen-Zuid, zonder bypass. ....	51
Tabel 9:	Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie Kampen-Zuid, met bypass (onder- en bovengrens). ....	51
Tabel 10:	Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie Zalk. ....	52
Tabel 11:	Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie Bypass-Noord en Bypass-Zuid. ....	53

## Lijst van figuren

Figuur 1:	Situatie van dijkkring 11 (IJsseldelta), met bypass. ....	1
Figuur 2:	Dijkkring 11 (IJsseldelta).....	5
Figuur 3:	Doorbraaklocaties .....	9
Figuur 4:	Nieuwbouwlocaties situatie 2010 (A) en 2030 (B). ....	10
Figuur 5:	Basishoogtegrid en hoogtegrid voor situatie 2030, met bypass. ....	12
Figuur 6:	Basishoogtegrid en hoogtegrid voor situatie 2030, met bypass. ....	12
Figuur 7:	Bresgroei voor de verschillende doorbraaklocaties volgens Verheij & van der Knaap (2002).....	13
Figuur 8:	Uitvoerlocaties.....	16
Figuur 9:	Waterdiepte na doorbraak bij De Zandjes: zonder bypass (links) en met bypass (rechts), situatie 2010 (boven) en situatie 2030 (onder).....	20
Figuur 10:	Overstromingspatroon na een doorbraak bij De Zandjes in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	21
Figuur 11:	Arriveren waterfront na een doorbraak bij De Zandjes in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	22
Figuur 12:	Overstromingspatroon na een doorbraak bij De Zandjes in situatie 2030: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	23
Figuur 13:	Waterdiepte na doorbraak bij Kampen-Noord: zonder bypass (links) en met bypass (rechts), situatie 2010 (boven) en situatie 2030 (onder).....	25
Figuur 14:	Overstromingspatroon na een doorbraak bij 'Kampen-Noord' in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	26
Figuur 15:	Arriveren waterfront na een doorbraak bij 'Kampen-Noord' in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	27
Figuur 16:	Overstromingspatroon na een doorbraak bij 'Kampen-Noord' in situatie 2030: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	28
Figuur 17:	Schematische weergave van de waterstandsdeling boven de inlaat van de bypass door een bres bij Kampen-Zuid. ....	30
Figuur 18:	Waterdiepte na doorbraak bij Kampen-Zuid: zonder bypass (links) en met bovengrensbenadering voor de bypass (rechts), situatie 2010 (boven) en situatie 2030 (onder).....	31
Figuur 19:	Waterdiepte na doorbraak bij Kampen-Zuid met een ondergrensbenadering voor de bypass: situatie 2010 (boven) en situatie 2030 (onder).....	32
Figuur 20:	Overstromingspatroon na een doorbraak bij Kampen-Zuid in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	33
Figuur 21:	Arriveren waterfront na een doorbraak bij Kampen-Zuid in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	34
Figuur 22:	Overstromingspatroon na een doorbraak bij Kampen-Zuid in situatie 2030: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	35
Figuur 23:	Waterdiepte na doorbraak bij Zalk: zonder bypass (links) en met bypass (rechts), situatie 2010 (boven) en situatie 2030 (onder).....	37
Figuur 24:	Overstromingspatroon na een doorbraak bij Zalk in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	38
Figuur 25:	Arriveren waterfront na een doorbraak bij Zalk in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	39
Figuur 26:	Overstromingspatroon na een doorbraak bij Zalk in situatie 2030: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).....	40
Figuur 27:	Waterdiepte na doorbraak bij Bypass-Noord (links) en Bypass-Zuid (rechts): situatie 2010 (boven), en situatie 2030 (onder).....	42
Figuur 28:	Overstromingspatroon na een doorbraak in de keringen van de bypass in situatie 2010. ....	44
Figuur 29:	Arriveren waterfront doorbraak in de keringen van de bypass in situatie 2010. ....	45

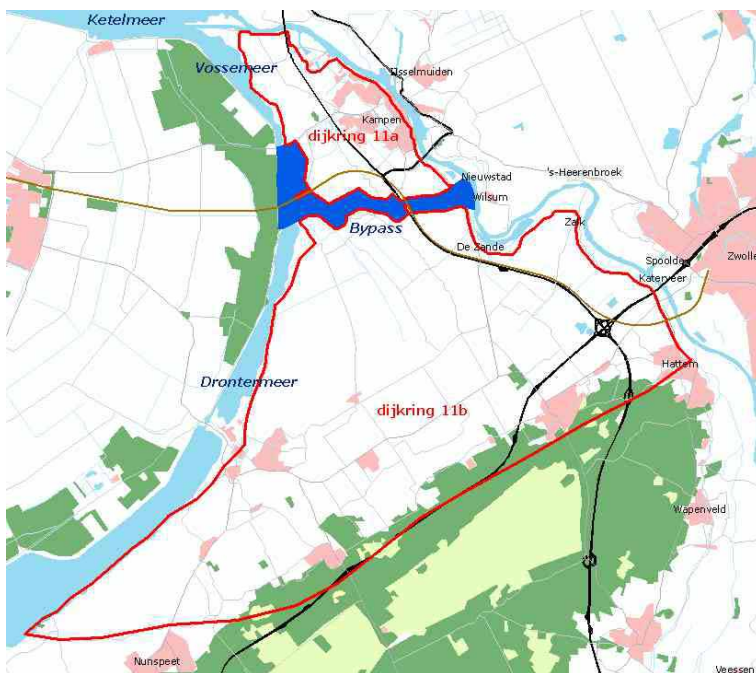
Figuur 30: Overstromingspatroon na een doorbraak in de keringen van de bypass in situatie 2030. .... 46

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Hoogwater in de benedenloop van de IJssel wordt bepaald door twee factoren: hoge IJsselafvoer en hoge waterstanden op het IJsselmeer en Ketelmeer. Een hoge IJsselafvoer wordt veroorzaakt door hoge waterstanden bij Lobith die deels via de IJssel worden afgevoerd naar het IJsselmeer. Hoge waterstanden in de IJsseldelta worden veroorzaakt door (een combinatie van) een hoge waterstand op het IJsselmeer/Ketelmeer en noordwesterstorm. De waterkeringen in dit gebied hebben een norm van 1/2.000 per jaar.

Om de toekomstig grotere waterafvoer van de IJssel te kunnen opvangen is in de Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier (PKB) gekozen voor het meer ruimte geven aan de Nederlandse rivieren. In de PKB zijn rivierverruimingsmaatregelen opgenomen gericht op het kunnen afvoeren van 16.000 m<sup>3</sup> per seconde bij Lobith in 2015, met een doorkijk naar de lange termijn 18.000 m<sup>3</sup> per seconde bij Lobith in 2050-2100. Bij Kampen is als maatregel in de PKB een zomerbedlaging over 22 km tussen Hattem en de IJsselmonding opgenomen, met als mogelijke vervolgmaatregel de aanleg van een bypass. De PKB biedt de mogelijkheid de volgorde in uitvoering om te wisselen. De regio heeft voorjaar 2009 voorgesteld beide maatregelen tegelijkertijd uit te voeren.



Figuur 1: Situatie van dijkkring 11 (IJsseldelta), met bypass.

De bypass loopt ten zuiden van Kampen en verbindt de IJssel met het Drontermeer en Vossemeer (Figuur 1). Door de bypass wordt dijkkring 11 gesplitst in twee kleinere 'dijkkringen': één ten noorden van de bypass, verder dijkkring 11a genoemd, en één ten zuiden van de bypass, aangeduid met dijkkring 11b.

Door DHV zijn in 2005 de effecten van overstromingen van de dijkkring 11 berekend (DHV, 2005). In 2006 zijn door HKV, in opdracht van het waterschap Groot Salland, voor vrijwel dezelfde locaties ook overstromingsberekeningen uitgevoerd (HKV, 2006b). Door verschillen in uitgangspunten in beide studies en de wijze waarop de resultaten zijn gepresenteerd zijn de beide studies niet met elkaar te vergelijken.

Sinds 2006 is het woningbouwprogramma gewijzigd, is de planopzet van de bypass aangepast en is de topografie gewijzigd waardoor de rapportages uit 2005 en 2006 niet meer aansluiten bij de huidige stand van zaken. De stuurgroep IJsseldelta-Zuid heeft besloten één nieuw rapport over schade en slachtoffers als gevolg van overstroming op te laten stellen, gebruik makend van de meest actuele inzichten en gegevens over de inrichting van dijkkring 11. Doel hiervan is bij de besluitvorming te kunnen beschikken over gegevens die corresponderen met de actuele situatie. De stuurgroep IJsseldelta-Zuid vertegenwoordigt de bij de bypass Kampen betrokken partijen:

- Ministerie van VenW;
- Ministerie van VROM;
- Ministerie van LNV
- Provincie Overijssel;
- Provincie Flevoland;
- Gemeente Kampen;
- Gemeente Zwolle;
- Gemeente Dronten;
- Gemeente Oldebroek;
- Waterschap Groot Salland;
- Waterschap Zuiderzeeland;
- Staatsbosbeheer.

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode van 15 april tot 11 juni 2009.

## 1.2 Doelstelling van dit onderzoek

De doelstelling van dit onderzoek is:

*Actualisering van de overstromings- en schadeberekeningen voor dijkkring 11 met en zonder de bypass Kampen ter beantwoording van de vraag in welke mate het al dan niet aanleggen van de bypass ten zuiden van Kampen nu en in de toekomst van invloed is op aantallen slachtoffers en schade.*

In het onderzoek worden de situaties met en zonder bypass bij Kampen met elkaar vergeleken voor de situatie 2010 en voor de situatie in 2030. De situatie 2010 is inclusief de A50, Hanzelijn en de bebouwing in 2009.

Voor alle situaties worden de overstromingspatronen en de resulterende schade en slachtoffers berekend voor dijkkring 11 (met onderscheid van het Noordelijk en Zuidelijk deel van de bypass).

Er is een kwalitatieve analyse uitgevoerd van het effect van de realisering van de bypass op de overstromingskansen van dijkkring 11.



## 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 geeft een inleiding op dit onderzoek. Hoofdstuk 2 geeft een veiligheidsbeschouwing van de verwachte effecten van de bypass op overstromingen in dijkkring 11. In hoofdstuk 3 tot en met 5 worden de gevolgen van een overstroming in dijkkring 11 berekend. Eerst wordt in hoofdstuk 3 de achtergronden van de modelberekeningen beschreven, waarna in hoofdstuk 4 de effecten van overstromingen voor de gekozen doorbraaklocaties worden beschreven. De schade en slachtoffers als gevolg van de overstromingen worden beschreven in hoofdstuk 5. Een samenvatting van de resultaten is beschreven in hoofdstuk 6.

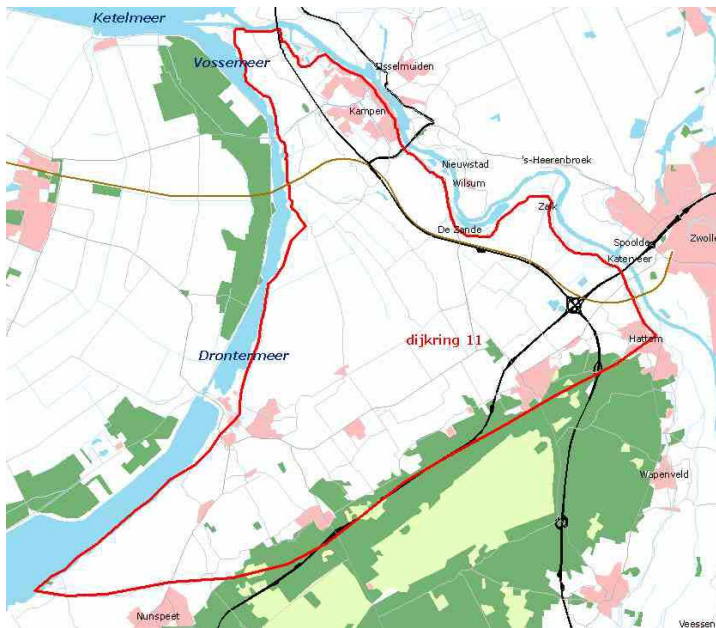
Bijlage A bevat een lijst met de gebruikte afkortingen en een verklarende woordenlijst. Bijlage B geeft de rekenmethode voor het debiet door de bres van de bypass en de schademethodiek voor nieuwbouwlocaties is beschreven in bijlage C.



## 2 Veiligheidsbeschouwing

### 2.1 Inleiding

De waterveiligheid in het gebied rondom Kampen wordt bepaald door een complex samenspel van factoren. Naast de afvoer van de IJssel en de waterstanden op het IJsselmeer (en daarmee op Ketelmeer en Vossemeer) tijdens een storm, speelt ook de bypass een rol in de bepaling van de waterveiligheid in de regio.



Figuur 2: Dijkkring 11 (IJsseldelta).

Dijkkringgebied 11 ligt in de provincies Gelderland en Overijssel. Aan de noord- en oostzijde ligt de IJssel en aan de westzijde het Vossemeer. Voor de keringen van dijkkring 11 geldt een vastgestelde veiligheidsnorm van 1/2.000 per jaar. Dat betekent dat de keringen bestand moeten zijn op zowel maatgevend hoogwater door opstuwing door storm op het IJsselmeer dat 1/2.000 per jaar kan optreden, als maatgevend hoogwater op de IJssel dat 1/2.000 per jaar kan optreden. In het overgangsgedebied tussen "meergedomineerd" en "riviergedomineerd" zijn de combinaties van hoogwater door opstuwing van het IJsselmeer en hoogwater door hoge rivierafvoer van belang. De keringen van dijkkring 11 hebben weinig overhoogte en oversterkte ten opzichte van dit veiligheidsniveau.

In het kader van het project "Ruimte voor de Rivier" moeten ook in de IJssel waterstanden worden verlaagd en de "Bypass Kampen" is één van de mogelijke maatregelen die bijdragen aan de verlaging van de waterstanden. In het ontwerp van de bypass wordt uitgegaan van een inlaatwerk die bij een IJsselaflow boven de 2400 m<sup>3</sup>/s (een 1/500 jaar gebeurtenis) wordt geopend. Via de bypass wordt dan maximaal 700 m<sup>3</sup>/s, circa een kwart van de IJsselaflow, afgevoerd naar het Vossemeer. Het verval over de bypass is onder deze omstandigheden circa 1,5 meter van IJsselas tot het Vossemeer. Bij stormopzet wordt het Vossemeer bij de Roggebotsluis afgesloten van het ketelmeer (stormkering Roggebotsluis). Dit voorkomt dat bij storm de bypass vanuit het Vossemeer volloopt. De wijze waarop de inlaat wordt aangestuurd zal in een later stadium worden vastgesteld.

De bypass heeft invloed op het overstromingsrisico van de dijkringen in de IJsseldelta. Overstromingsrisico wordt hier opgevat als:

$$\text{Overstromingsrisico} = \text{overstromingskans} \times \text{gevolg}$$

Dit rapport richt zich niet op het kwantitatief bepalen van het overstromingsrisico. Dit gebeurt al landelijk voor alle dijkringen (project Veiligheid Nederland in Kaart). De besluitvorming daarover is gepland voor 2012 en kan voor bepaalde dijkringen leiden tot aan passing van de huidige veiligheidsnorm. In dit rapport wordt een actualisering van eerdere onderzoeken uitgevoerd en richt zich op de gevolgen van een overstroming in dijkkring 11 onder maatgevende omstandigheden.

Voor het bepalen van de gevolgen is de gebruikelijke benadering gehanteerd door zowel naar schade als naar slachtoffers te kijken. De effecten van de bypass op de overstromingskans zijn nog niet in beeld gebracht en in de volgende paragraaf geven we een kwalitatief beeld van de effecten. Het effect van de gevolgen wordt in hoofdstukken 3 t/m 5 beschreven.

## 2.2 Effect van de bypass op de overstromingskans

Er zijn factoren die de overstromingskans kleiner maken, maar ook factoren die de overstromingskans groter maken. De volgende factoren spelen een rol:

### Verhoging veiligheid van dijkkring 11 door bypass

- Bij hoge IJsselafvoer wordt via de bypass tot maximaal 700 m<sup>3</sup>/s afgeleid waardoor de waterstanden op de IJssel zowel bovenstrooms als benedenstrooms van de bypass zullen dalen. Volgens ontwerpberekeningen levert dit waterstands daling op het traject van rivierkilometer 979 tot 980 (bij Zwolle) en daarmee een afname van de overstromingskans. Dit is uiteraard gunstig voor veiligheid van de keringen aan beide zijden van de IJssel (naast dijkkring 11, IJsseldelta, profiteren ook dijkringen 10 (Mastenbroek) en 53 (Salland) hier van);
- De dijken langs de IJssel bij Kampen zijn gevoelig voor piping. Door de waterstandsverlaging op de IJssel neemt het verval over de dijk af, waardoor het gevaar van piping afneemt;
- Een deel van de keringen langs de bypass wordt robuust ontworpen (klimaatdijken). Dit geeft voor dit deel van de keringen extra veiligheid.

### Verlaging veiligheid van dijkkring 11 door bypass

- De bypass splitst dijkkring 11 in twee delen waardoor de totale lengte aan keringen toeneemt (9,5 kilometer ten noorden van de bypass en 8,2 kilometer ten zuiden van de bypass). Met de extra lengte aan keringen neemt de overstromingskans voor de totale dijkkring 11 toe;
- De faalkans van de kunstwerken, zoals het inlaatwerk bij de IJssel en de stormkering Roggebotsluis, zijn van belang voor de veiligheid.

### Onzekerheden factoren in effectbepaling van de bypass op de overstromingskans

- Het effect van de bypass is onderbouwd met modelberekeningen. De aannamen en randvoorwaarden die in het model zijn gebruikt zijn hierin allesbepalend. Tot op heden zijn voor een twintigtal belastinggevallen (combinaties van rivierafvoer en extreme wind) de effecten van de bypass op de waterstanden in de IJssel doorgerekend. Een volledige analyse van alle relevante belastingssituaties (combinaties van wind, meerwaterstanden, IJsselafvoeren en werking van inlaatwerk en de stormkering Roggebotsluis) is echter nog

- niet uitgevoerd waardoor de effecten van de bypass op de overstromingskans van dijkkring 11 niet goed kunnen worden bepaald; Een volledige systeemanalyse van de bypass is nodig.
- Het open- en sluitregime van de inlaat van de bypass en de stormkering Roggebotsluis is nog niet bekend. De strategie tot openen (en sluiten) van de kunstwerken moet nog worden uitgewerkt en is van invloed op de overstromingskans van dijkkring 11. Met name de factor menselijk handelen is hierin van belang.

## 2.3 Evacuatie

Bij de bepaling van het aantal slachtoffers bij overstroming is geen rekening gehouden met evacuatie van mensen.

Om het aantal slachtoffers te beperken kan de dijkkring preventief worden geëvacueerd. Dit betekent dat de overstromingsdreiging voortijdig moet worden onderkend en dat besloten moet worden tot evacuatie. Algemeen wordt aangehouden dat dit proces twee dagen in beslag neemt (Kolen, 2009). De duur van de uitvoering is afhankelijk van de gekozen strategie. Literatuuronderzoek (Kolen, 2009) geeft aan dat 10 tot 20% van de bevolking geen gehoor geeft aan de oproep tot evacueren, deze blijven om voor hen moverende redenen, achter in het gebied. Dit betekent dat met preventief evacueren het aantal slachtoffers met 80 tot 90% reduceert.

In geval van een hoogwater op de rivier kan worden aangenomen dat er voldoende tijd is om de dreiging te onderkennen en te besluiten (vergelijk de Betuwe in 1995). Voor dijkkring 11 geldt dat niet in alle gevallen het mogelijk zal zijn om tijdig te besluiten tot evacueren. Bij storm of het plotseling falen van de waterkeringen zal er onvoldoende tijd zijn voor besluitvorming en uitvoering.

Het verplaatsen van mensen naar buiten de dijkkring in reactie op het ontstaan van een bres is vrijwel onhaalbaar gezien de snelheid waarmee de overstroming zich door het gebied verplaatst. Na een doorbraak is het daarom verstandiger om te vluchten naar een hogere plek (de zolder). In geval van een doorbraak door storm op het IJsselmeer is het, door de storm zelf, onmogelijk om mensen te verplaatsen of zelfs hulp te bieden in het gebied. Tenslotte zijn mensen slecht voorbereid op een mogelijke overstroming omdat deze gebeurtenissen zich vrijwel nooit voordoen (veiligheidsnorm is gemiddeld eens in de 2000 jaar).

## 2.4 Vervolgonderzoek is nodig

In het algemeen kan men zeggen dat de aanleg van de bypass een positief effect op de overstromingskansen zal hebben van de bestaande primaire a-waterkeringen van dijkkring 11 bij een overstroming vanuit de IJssel. Dit positieve effect geldt ook voor de naastgelegen dijkringen 10 (Mastenbroek) en dijkkring 53 (Salland).

Zonder aanvullende berekeningen is het niet mogelijk gedetailleerdere uitspraken te doen over het effect van de bypass op de overstromingskans in de IJsseldelta. Het aantal combinaties van belastingen (IJsselafvoer, meerpeil, wind, inlaatstrategie bypass, etc.) dat van belang is voor het afleiden van de veiligheid in de IJsseldelta is groot. Dit geldt overigens voor elk overgangsgedebiet tussen rivier en zee (zoals regio Rijnmond) en rivier en meer (zoals de IJsseldelta). De situatie in de omgeving van Kampen is zo gecompliceerd, dat alleen probabilistische berekeningen hier voldoende inzicht zullen bieden. Aanvullend onderzoek is noodzakelijk om de effecten van de bypass op de overstromingskansen in beeld te brengen ter voorkoming van allerlei ongewenste effecten na realisatie van de bypass (bijvoorbeeld dat de bypass veel minder water afvoert dan dat waarvan nu a-priori wordt uitgegaan). Voor de berekeningen is een waterbewegingsmodel in twee dimensies nodig in verband met de invloed van het Ketelmeer en het Vossemeer (en indirect op de IJsselwaterstanden) en aanvullingen op het Hydra\_VIJ-model.

Het geldende veiligheidsniveau 1/2.000 jaar is het uitgangspunt voor nu te treffen maatregelen. Vervolgonderzoek moeten uitwijzen op welke wijze de overstromingskansen verder kan worden beperkt in het ontwerp. Het beleid is gericht op het zo klein mogelijk maken van de overstromingskansen maar volledig uitsluiten is niet mogelijk. Door het rijk vindt apart onderzoek plaats naar de toekomstige te hanteren veiligheidsnormen, wat kan leiden tot een ander veiligheidsniveau voor dijkkring 10. Ook wordt onderzoek gestart naar de gevolgen van de door de Deltacommissie aanbevolen peilstijging van het IJsselmeer.

### 3 Modelberekeningen

Dit hoofdstuk zijn de achtergronden van de modelberekeningen beschreven. Eerst wordt een overzicht gegeven van de onderzochte overstromingsscenario's in deze studie (paragraaf 3.1). De uitgangspunten en randvoorwaarden van de overstromingsberekeningen (paragraaf 3.2) en in de schademodellering (paragraaf 3.3) zijn in aparte paragrafen beschreven.

#### 3.1 Scenario's

De doorbraaklocaties langs de IJssel en bypass zijn door het waterschap toegeleverd en worden representatief geacht voor het deel van de keringen langs IJssel en bypass. Figuur 3 geeft de doorbraaklocaties die zijn gebruikt: vier locaties langs de IJssel en twee vanuit de bypass. De locaties zijn zo gekozen dat de combinatie van het type belasting, gebiedskenmerken en gevolgen verondersteld wordt onderscheidend te zijn:

- Doorbraaklocatie 'De Zandjes' ligt ten westen van de Eilandbrug bij km 1002. De overstromingsdreiging ontstaat hier door stormomstandigheden op het Ketelmeer;
- Doorbraaklocatie 'Kampen-Noord' ligt ten noorden van Kampen en ten zuiden van de jachthaven (km 998). De overstromingsdreiging ontstaat hier door stormomstandigheden op het Ketelmeer. De locatie is stroomopwaarts van de Eilandbrug (N50) dichter gelegen bij het stedelijk gebied van Kampen;
- Doorbraaklocatie 'Kampen-Zuid' ligt ten zuiden van Kampen (km 993). De overstromingsdreiging ontstaat hier door een hoge IJsselafvoer;
- Doorbraaklocatie 'Zalk' ligt ten zuiden van het dorp Zalk (km 983). De overstromingsdreiging ontstaat hier door een hoge IJsselafvoer;
- Doorbraaklocatie 'Bypass-Noord' ligt bovenstrooms van het punt waar de Hanzelijn de bypass kruist, en resulteert in een overstroming van dijkkring 11a;
- Doorbraaklocatie 'Bypass-Zuid' ligt ter hoogte van Molenkolk en resulteert in een overstroming van dijkkring 11b.



Figuur 3: Doorbraaklocaties

Voor elk van deze doorbraaklocaties is onderzocht wat het effect is op schade en slachtoffers bij een overstroming als 1) de nieuwbouwplannen die op stapel staan in dijkkring 11 tussen 2010 en 2030 worden uitgevoerd en 2) als de bypass wel of niet wordt uitgevoerd.

**A: Situatie 2010**



**B: Situatie 2030**



Figuur 4: Nieuwbouwlocaties situatie 2010 (A) en 2030 (B).

Figuur 4 geeft een overzicht van de nieuwbouwlocaties in dijkkringgebied 11. Figuur 4A geeft de nieuwbouwlocaties die in 2010 al zijn gerealiseerd; dit is de referentiesituatie in deze studie. Figuur 4B geeft de nieuwbouwlocaties die voor de situatie van 2030. De informatie is gebaseerd op informatie van de nieuwe woongebieden conform de huidige stand van zaken volgens de gemeente Kampen, Hattem, Oldebroek en Elburg. Samenvattend betekent dit dat er voor de doorbraaklocaties langs de IJssel vier scenario's zijn onderzocht en voor de doorbraaklocaties langs de bypass twee scenario's (Tabel 1).

Scenario	Doorbraaklocatie	Omschrijving		
		Nieuwbouw	Bypass	
1	De Zandjes	Zonder (situatie 2010)	Zonder	
2	De Zandjes	Zonder (situatie 2010)		Met
3	De Zandjes		Met (situatie 2030)	Zonder
4	De Zandjes		Met situatie 2030)	Met
5	Kampen-Noord	Zonder (situatie 2010)	Zonder	
6	Kampen-Noord	Zonder (situatie 2010)		Met
7	Kampen-Noord		Met (situatie 2030)	Zonder
8	Kampen-Noord		Met (situatie 2030)	Met
9	Kampen-Zuid	Zonder (situatie 2010)	Zonder	
10	Kampen-Zuid	Zonder (situatie 2010)		Met
11	Kampen-Zuid		Met (situatie 2030)	Zonder
12	Kampen-Zuid		Met (situatie 2030)	Met
13	Zalk	Zonder (situatie 2010)	Zonder	
14	Zalk	Zonder (situatie 2010)		Met
15	Zalk		Met (situatie 2030)	Zonder
16	Zalk		Met (situatie 2030)	Met
17	Bypass-Noord	Zonder (situatie 2010)		Met
18	Bypass-Noord		Met (situatie 2030)	Met
19	Bypass-Zuid	Zonder (situatie 2010)		Met
20	Bypass-Zuid		Met (situatie 2030)	Met

Tabel 1: Overzicht scenario's van deze studie.



## 3.2 Overstromingsmodel

In deze studie is het overstromingsmodel Delft-FLS gebruikt zoals die ook in de studie van 2006 is gebruikt (HKV, 2006b). In dit model is de bypass niet hydraulisch doorgerekend, maar wordt als onttrekking aan de IJssel opgelegd. Deze onttrekking is afhankelijk van de afvoer op de IJssel.

### Hoogte

De hoogteligging van het maaiveld beïnvloedt tezamen met de bijbehorende ruwheid de stroming en berging van water in het gebied. Daarnaast wordt het overstromingsverloop met name beïnvloed door de hoger gelegen lijnelementen, zoals secundaire keringen en wegen. Voor de overstromingsberekeningen is gebruik gemaakt van vier verschillende grids van de bodemhoogte:

- situatie 2010, zonder bypass;
- situatie 2010, met bypass;
- situatie 2030, zonder bypass;
- situatie 2030, met bypass.

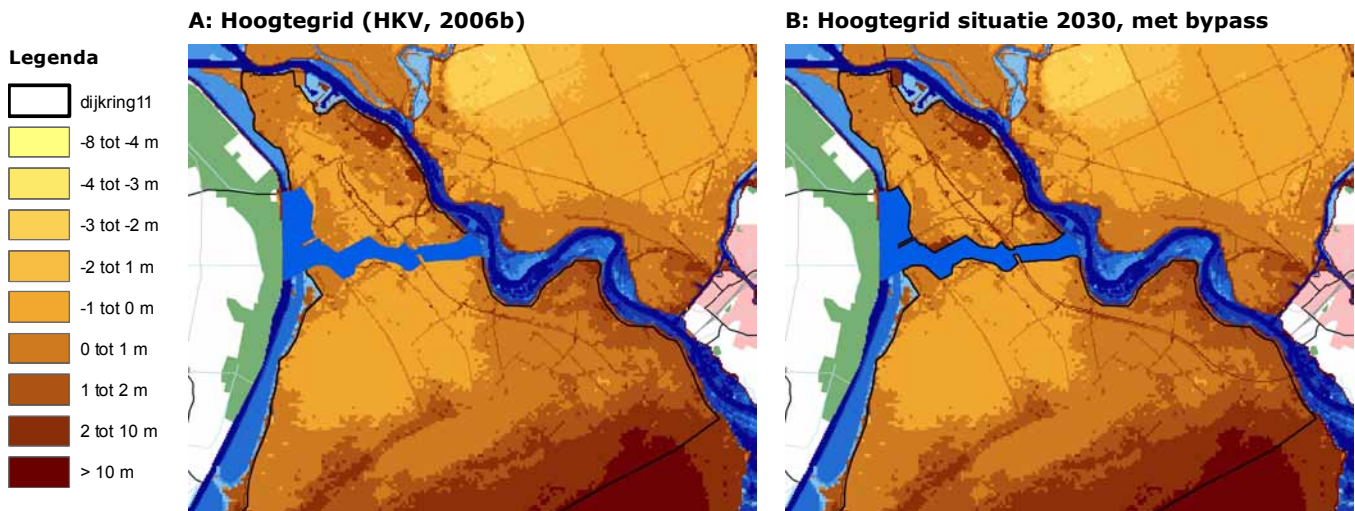
Als basis voor de hoogtegrids is het hoogtegrid gebruikt dat is toegepast in de eerder uitgevoerde studie van HKV in 2006 (HKV, 2006b). De aanpassingen die in de hoogtegrids zijn gedaan ten opzichte van de huidige situatie zijn opgenomen in Tabel 2. De hoogteligging is gebaseerd op informatie van de huidige stand van zaken volgens de gemeente Kampen, Hattem, Oldebroek en Elburg.

	Zonder bypass	Met bypass
<b>Situatie 2010</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ligging en hoogte van de Hanzelijn volgens de uitvoeringstekeningen dd 4 mei 2009;</li> <li>– verlegging van de Niersallee naar het toekomstig tracé;</li> <li>– ligging en hoogte van de A50 ten noorden van de Flevoweg;</li> <li>– ligging en hoogte van de primaire kering rondom de Zuiderzeehaven;</li> <li>– ligging en hoogte van de nieuwbouwlocaties, situatie 2010 (Figuur 4A).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– aanpassingen als in situatie 2010 zonder bypass;</li> <li>– toevoegen ligging van de bypass</li> </ul>
<b>Situatie 2030</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ligging en hoogte van de Hanzelijn volgens de huidige tekeningen;</li> <li>– verlegging van de Niersallee naar het toekomstig tracé;</li> <li>– ligging en hoogte van de A50 ten noorden van de Flevoweg;</li> <li>– ligging en hoogte van de primaire kering rondom de Zuiderzeehaven;</li> <li>– ligging en hoogte van de nieuwbouwlocaties, situatie 2030 (Figuur 4B).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– aanpassingen als in situatie 2030 zonder bypass;</li> <li>– toevoegen ligging van de bypass</li> </ul>

Tabel 2: *Aanpassingen in hoogtegrids voor de verschillende scenario's van deze studie ten opzichte van het overstromingsmodel uit 2006 (HKV, 2006b).*

Figuur 5 geeft een voorbeeld van de aanpassingen die zijn gedaan voor het hoogtegrid in de situatie 2030, met bypass ten opzichte van het basishoogtegrid uit de studie van 2006 (HKV, 2006b). In het basishoogtegrid zijn de primaire waterkeringen, de N50 ten zuiden van de Flevoweg, de geluidswal langs de N50 en de Flevoweg te herkennen als een verhoging in het terrein. In het hoogtegrid van de situatie 2030 met bypass, zijn daarnaast ook de waterkeringen

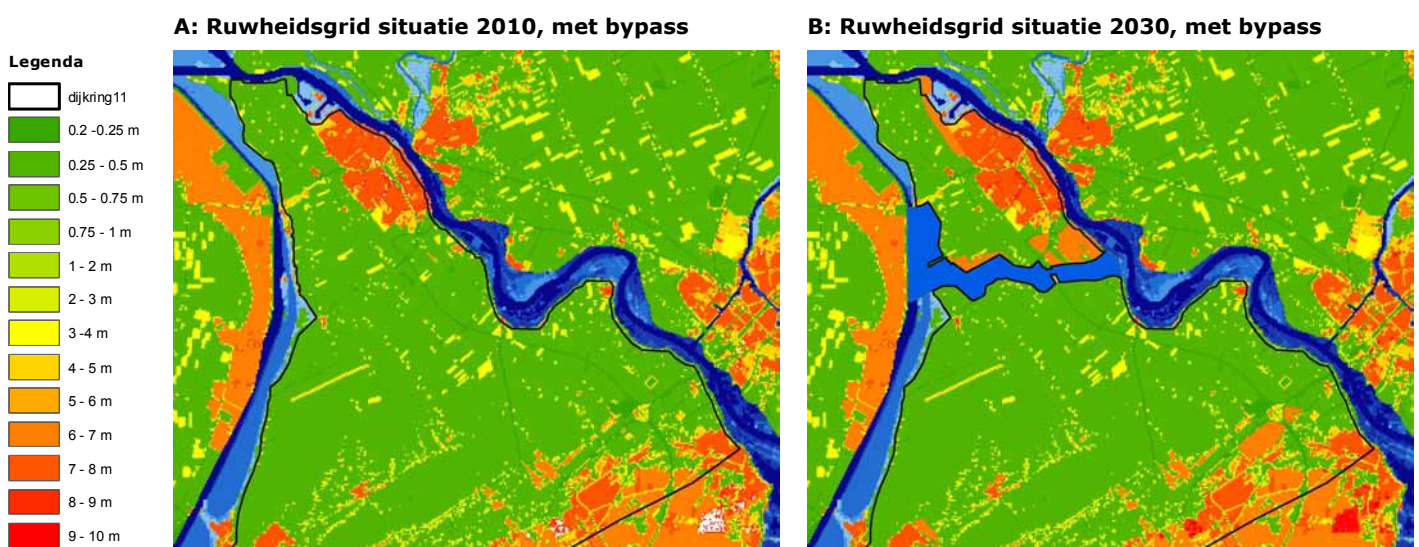
langs de bypass, de Hanzelijn, de N50 ten noorden van de Flevoweg en de ligging van de Zuiderzeehaven in het hoogtegrid te herkennen.



Figuur 5: Basishoogtegrid en hoogtegrid voor situatie 2030, met bypass.

**Ruwheid**

De ruwheden worden uitgedrukt met de ruwheidslengte van Nikuradse ( $k_N$ ). Deze representeert de ruwheid van het land: hoe lager de ruwheidscoëfficiënt, hoe gladder de bodembegroeiing, hoe makkelijker het water erover stroomt en hoe sneller de overstroming verloopt. In de situatie 2010 wordt de bodemruwheid zoals gebruikt in de studie van 2006, aangepast ter plaatse van de woonwijken. In de nieuwbouwlocaties is een  $k_N$ -waarde van 6,5 m aangenomen voor de bodem ter plaatse van de nieuw te bouwen woonwijken. Dit is conform de methode zoals gedaan in de studie van HKV in 2006. Deze  $k_N$ -waarde is een gemiddelde van een  $k_N$ -waarde van 8,0 m in stedelijk bebouwd gebied en een  $k_N$ -waarde van 5,0 meter voor bebouwing in het buitengebied. Voor de situatie 2030 zijn de extra nieuw te bouwen locaties op dezelfde manier aan het ruwheidsgrid toegevoegd.



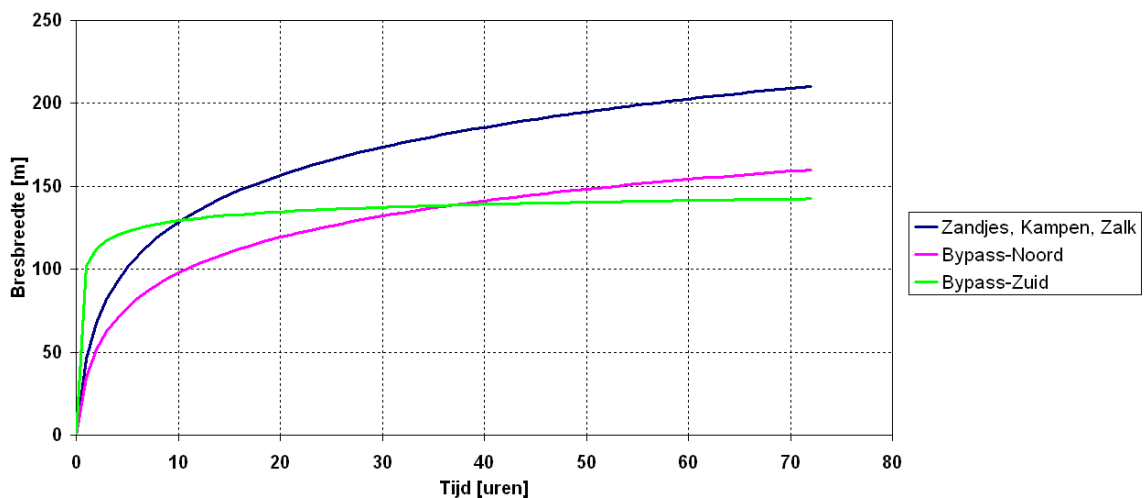
Figuur 6: Basishoogtegrid en hoogtegrid voor situatie 2030, met bypass.

Figuur 6 geeft een voorbeeld van de aanpassingen die zijn gedaan voor het ruwheidsgrid in de situatie 2030 ten opzichte van het basis ruwheidsgrid. De locaties met een  $k_N$ -waarde groter

dan 5 zijn in Figuur 6 in het oranje en rood weergegeven. In Figuur 6B zijn de nieuwbouwlocaties ten zuiden en zuidwesten van Kampen (Stationslocaties, afronding Onderdijks en de klimaatdijk) duidelijk te onderscheiden.

### Bresgroei

De bresgroei is gemodelleerd op basis van de formule van Verheij & van der Knaap (2002), waarin rekening wordt gehouden met het verval bij de bres en de samenstelling van de dijk. Voor de locaties langs de IJssel is het verschil in waterstand tussen rivier en maaiveld achter de dijk 3 meter. De samenstelling van de dijken van dijkkring 11 is zeer heterogeen. Voor de samenstelling van de dijk is daarom een 'conservatieve' aanname gedaan van een zanddijk. Volgens de formule van Verheij & van der Knaap ontstaat er in een zanddijk bij een verval van 3 meter een bres van 210 meter in 72 uur (Figuur 7).



Figuur 7: Bresgroei voor de verschillende doorbraaklocaties volgens Verheij & van der Knaap (2002).

Voor de doorbraaklocatie 'Bypass-Noord' is het verval over de bres maximaal 2,5 meter en voor de doorbraaklocatie 'Bypass-Zuid' is het verval maximaal 2,3 meter. Hier zijn de maximale bresbreedtes respectievelijk 160 meter en 140 meter.

De bresgroei is zo gemodelleerd dat deze gefaseerd in de breedte groeit, conform de formule van Verheij & van der Knaap (2002). De bres ontstaat op het moment dat de maximale waterstand bij de doorbraaklocatie optreedt. Op deze manier zijn de scenario's goed met elkaar te vergelijken. Voor de doorbraaklocaties in de bypass is het doorbraakmoment het moment van maximale waterstand op de IJssel op de plek waar de bypass aansluit op de IJssel.

Het debiet door de bres voor de doorbraaklocaties langs de IJssel wordt hydraulisch in het model bepaald en wordt onttrokken aan de IJssel. Het debiet door de bres in de bypass is bepaald met de methode in Bijlage B beschreven. Dezelfde methode is gebruikt in de studie van 2006 (zie Bijlage B).

## Onderdoorgangen

Aan het overstromingsmodel zijn zeven onderdoorgangen toegevoegd: vijf onder de Hanzelijn en twee onder de A50. Het gaat hierbij om:

1. Onderdoorgang onder de Hanzelijn bij kruising met de A50;
2. Onderdoorgang onder de Hanzelijn bij het toekomstige station;
3. Onderdoorgang onder de Hanzelijn van de (verlegde) Niersallee;
4. Fietstunnel onder de Hanzelijn bij de stationslocatie;
5. Fietstunnel onder de Hanzelijn bij de Bovenbroekweg;
6. Onderdoorgang onder de A50 bij kruising met de Flevoweg;
7. Onderdoorgang onder de A50 bij kruising met provinciale weg, nabij de Eilandbrug.

## Randvoorwaarden

De overstromingsdreiging in dijkkring 11 ontstaat door storm op het IJsselmeer of door hoogwater op de IJssel. De maatgevende omstandigheden langs de benedenloop van de IJssel worden vanaf de IJsselmonding tot net stroomopwaarts van Kampen vrijwel volledig bepaald door een hoge IJsselmeerwaterstand. De maatgevende omstandigheden langs de IJssel worden vanaf een aantal kilometers bovenstrooms van Kampen vrijwel volledig door de rivierafvoer bepaald. Tussen beide gebieden ligt een overgangsgebied, waar maatgevende omstandigheden kunnen ontstaan ten gevolge van een hoge IJsselmeerwaterstand in combinatie met een hoge rivierafvoer.

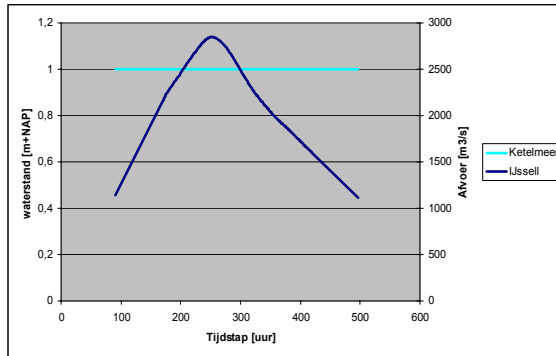
De doorbraaklocaties 'De Zandjes' en 'Kampen-Noord' liggen in het gebied dat storm gedomineerd is. De doorbraaklocatie 'Kampen-Zuid' ligt in het overgangsgebied, maar is nog wel nog wel afvoer gedomineerd. De overstroming bij 'Kampen-Zuid' is daarom onder rivier dominante omstandigheden gemodelleerd. Daar komt bij dat de duur van een afvoergolf op de IJssel veel langer is dan een stormopzet op het IJsselmeer. Dit betekent dat een overstroming in een rivierdominant scenario bij Kampen tot grotere waterdieptes zal leiden in Kampen en omgeving dan in een scenario met hoogwater op het IJsselmeer. De doorbraaklocaties 'Zalk', 'Bypass-Noord', en 'Bypass-Zuid' liggen in het gedeelte dat rivier gedomineerd is. De overstromingen bij deze doorbraaklocaties zijn daarom gemodelleerd in een rivierdominant scenario.

De randvoorwaarden op de IJssel en het Ketelmeer die zijn gehanteerd sluiten aan bij de meest recente inzichten (TMR2006), die ook zijn gebruikt in de recent door Deltares uitgevoerde quickscan. Tabel 3 geeft een overzicht van de randvoorwaarden die in het model zijn gebruikt.

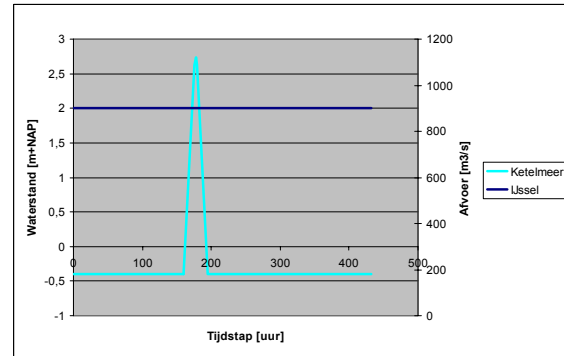
Voor het scenario met doorbraaklocatie 'Kampen-Zuid', dat gemodelleerd is onder rivier-dominante omstandigheden is het debiet op de IJssel met  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  verlaagd op de top. Dit is volgens de meest recente inzichten het debiet dat door de bypass stroomt bij een debiet van  $2846 \text{ m}^3/\text{s}$  op de IJssel (Quickscan). Dit betekent dat in dit scenario het maximale debiet op  $2146 \text{ m}^3/\text{s}$  is.

**Rivierafvoer dominant**

- Maximale afvoer 2846 m<sup>3</sup>/s (golf, zie figuur);
- Waterstand Ketelmeer: NAP+1,00 m (constant);
- Afvoer Vecht 25 m<sup>3</sup>/s (constant);
- Afvoer Sallandse Wetering 10 m<sup>3</sup>/s (constant);
- Ramspol open;
- Roggebotsluis open.

**Wind op IJsselmeer dominant**

- Maximale afvoer 900 m<sup>3</sup>/s (constant);
- Waterstand Ketelmeer: NAP+2,73 m (stormopzet 35 uur, zie figuur);
- Afvoer Vecht 25 m<sup>3</sup>/s (constant);
- Afvoer Sallandse Wetering 10 m<sup>3</sup>/s (constant);
- Ramspol dicht;
- Roggebotsluis dicht.



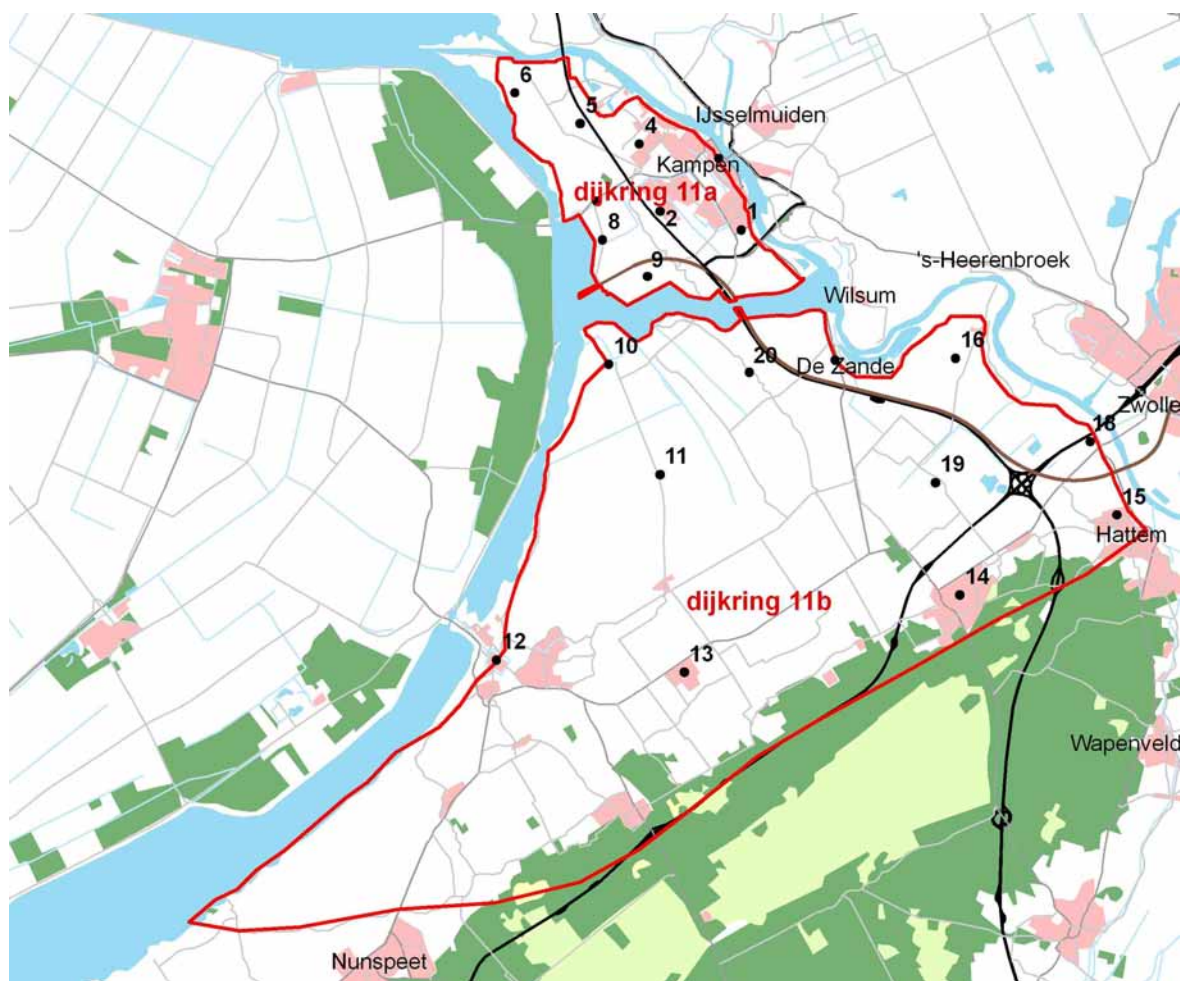
Tabel 3: Randvoorwaarden gebruikt in het overstromingsmodel.

**Uitvoerlocaties**

Het verloop van de waterdiepte is op verschillende plaatsen in het dijkkringgebied berekend (Figuur 8 en Tabel 4). In Hoofdstuk 4 zijn voor elk overstromingsscenario grafieken hiervan weergegeven.

Dijkkring 11a			Dijkkring 11b		
Nr	Naam	Maaiveldhoogte [m+NAP]	Nr	Naam	Maaiveldhoogte [m+NAP]
1	Kampen 1	0,71	10	Noordeinde	0,00
2	Kampen 3	0,96	11	Kerkdorp	-0,70
3	Kampen 6	2,60	12	Elburg	1,80
4	Kampen 7	0,79	13	Oldebroek	1,70
5	Erf 69	1,39	14	Wezep	6,60
6	Erf 71	2,06	15	Kberg	1,40
7	Erf 78	0,57	16	Zalk	0,63
8	Erf 82	0,55	17	De Zande	0,48
9	Reevhoeve	-0,24	18	A28	1,60
			19	Voskuil	1,20
			20	Extra	-0,98

Tabel 4: Nummering en naamgeving uitvoerlocaties, zoals opgenomen in Figuur 8.



Figuur 8: Uitvoerlocaties.

### 3.3 Schademodellering

De resultaten van de overstromingsberekeningen worden gebruikt om economische schade en slachtoffers te bepalen met HIS-SSM, versie 2.5 (de schade- en slachtoffermodule van Rijkswaterstaat Waterdienst, voorheen de DWW). De schade- en slachtoffermodule is ontwikkeld voor geheel Nederland om inzicht te krijgen in de schade en slachtoffers ten gevolge van een overstroming. Het gaat hierbij om de 'orde van grootte' van de getallen. Het instrument is met name geschikt om scenario's met elkaar te vergelijken en daarmee inzicht te krijgen in het effect in schade en slachtoffers van het ene scenario ten opzichte van het andere.

Bij de berekening wordt gebruik gemaakt van de standaardmethode met per locatie de maximale overstromingsdiepte, maximale stroomsnelheid en stijgsnelheid. In de berekening wordt geen rekening gehouden met een eventuele evacuatie (zie effectbeschrijving evacuatie in paragraaf 2.3). Er is gebruik gemaakt van de dataset 'SSM100NL2006' met het model 'Standaardmethode2008'.

De module bevat een database met hierin het grondgebruik, maar ook gegevens over bijvoorbeeld bewoning en arbeidsplaatsen. In deze studie is de schade in situatie 2010 en situatie 2030 berekend door het grondgebruik in HIS-SSM aan te passen voor de nieuwbouwlocaties (aanpassing van de dataset 'SSM100NL2006'). De aanpassingen die hiervoor

zijn uitgevoerd en de gegevens die daarvoor zijn gebruikt zijn opgenomen in Bijlage C. Er zijn geen aanpassingen in het model 'Standaardmethode2008'.

De totale schade die wordt berekend is de som van de directe schade (vanwege direct contact van objecten met water), directe schade door bedrijfsuitval en indirecte schade (bij toeleverende en afnemende bedrijven door doorsnijden van aan- en afvoerroutes). Voor het bepalen van de schade in situatie 2010 en 2030 is een prijspeil van het jaar 2010 gehanteerd.





## 4 Overstromingspatroon

Dit hoofdstuk beschrijft het overstromingspatroon bij de verschillende doorbraaklocaties. De verhoogde elementen van de N50, de geluidswal naast de N50 en de Hanzelijn en de ligging van de bypass blijken hierin zeer bepalend voor het overstromingspatroon. Het overstromingspatroon wordt beschreven aan de hand van het verloop van de overstroming in de tijd en de waterdieptes die op de uitvoerlocaties optreden.

In de situatie 2010 is de Hanzelijn opgenomen in de bodemhoogte, in de situatie 2030 zijn daarnaast ook de nieuwe woonwijken in de bodemhoogte en ruwheid verwerkt. Voor zowel de 2010 situatie als voor de 2030 situatie zijn twee scenario's uitgewerkt, een zonder bypass en een met bypass.

Voor elke doorbraaklocatie worden figuren gepresenteerd van het verloop van de waterdiepte als functie van de tijd voor de gedefinieerde uitvoerlocaties. Op 9, 16 en 136 uur na de doorbraak wordt het overstromingspatroon gepresenteerd voor 2010 en 2030; ook wordt het arriveren van het waterfront (1 centimeter waterdiepte) gegeven.

De resultaten worden per doorbraaklocatie besproken in de volgorde:

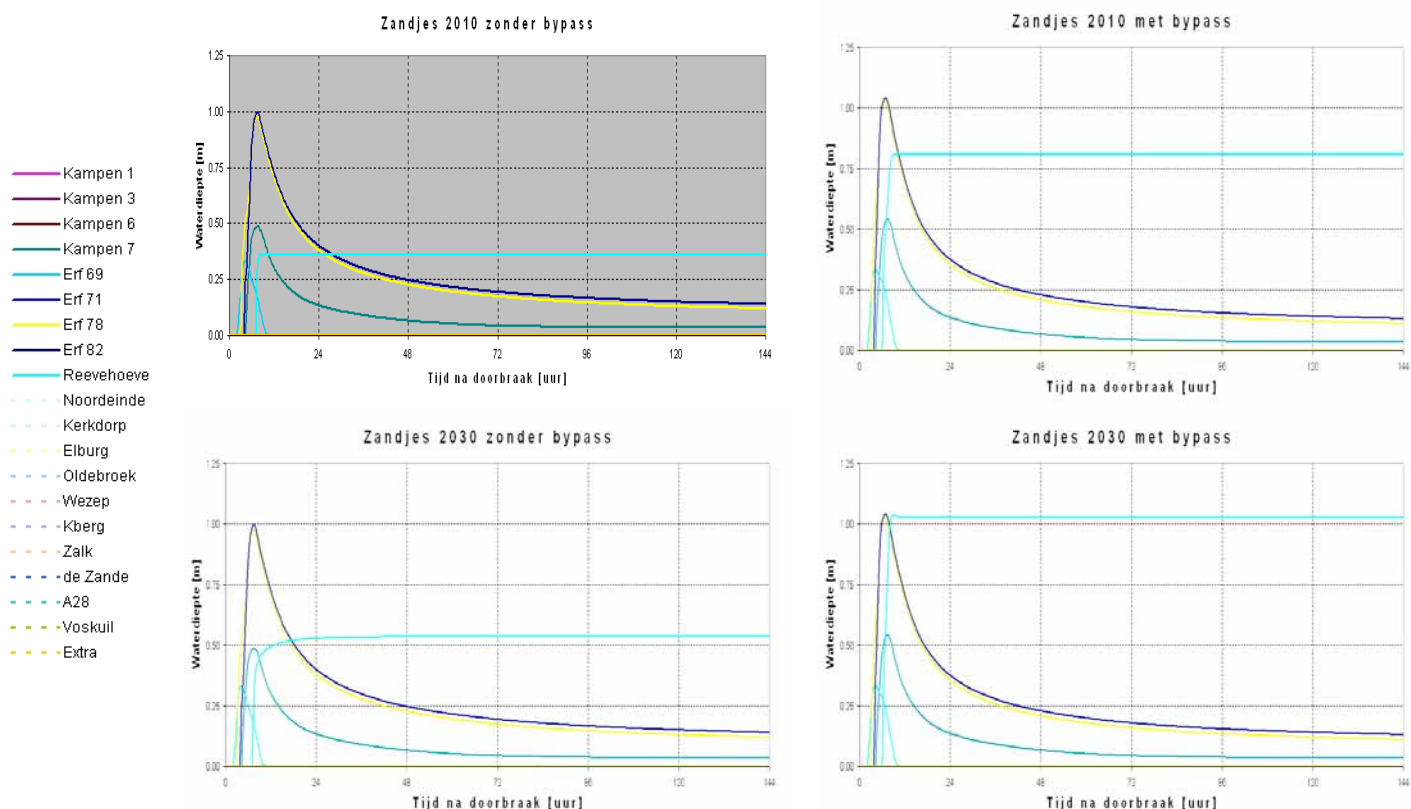
1. Doorbraaklocatie De Zandjes;
2. Doorbraaklocatie Kampen-Noord;
3. Doorbraaklocatie Kampen-Zuid;
4. Doorbraaklocatie Zalk;
5. Doorbraaklocatie Bypass (noord en zuid).

Het hoofdstuk wordt afgesloten met slotopmerkingen discussie over de resultaten van het overstromingspatroon.

## 4.1 Doorbraaklocatie De Zandjes

Er zijn vier berekeningen uitgevoerd waarbij een bres ontstaat bij 'De Zandjes' tijdens een storm op het Ketelmeer. Hierbij is uitgegaan van een maximale waterstand op het Ketelmeer van NAP+2,73 m en een afvoer op de IJssel van 900 m<sup>3</sup>/s.

De bres groeit in 72 uur uit tot een breedte van 200 meter, met een maximaal bresdebiet van circa 950 m<sup>3</sup>/s. In Figuur 9 is het verloop van de waterdiepte in de tijd gegeven.

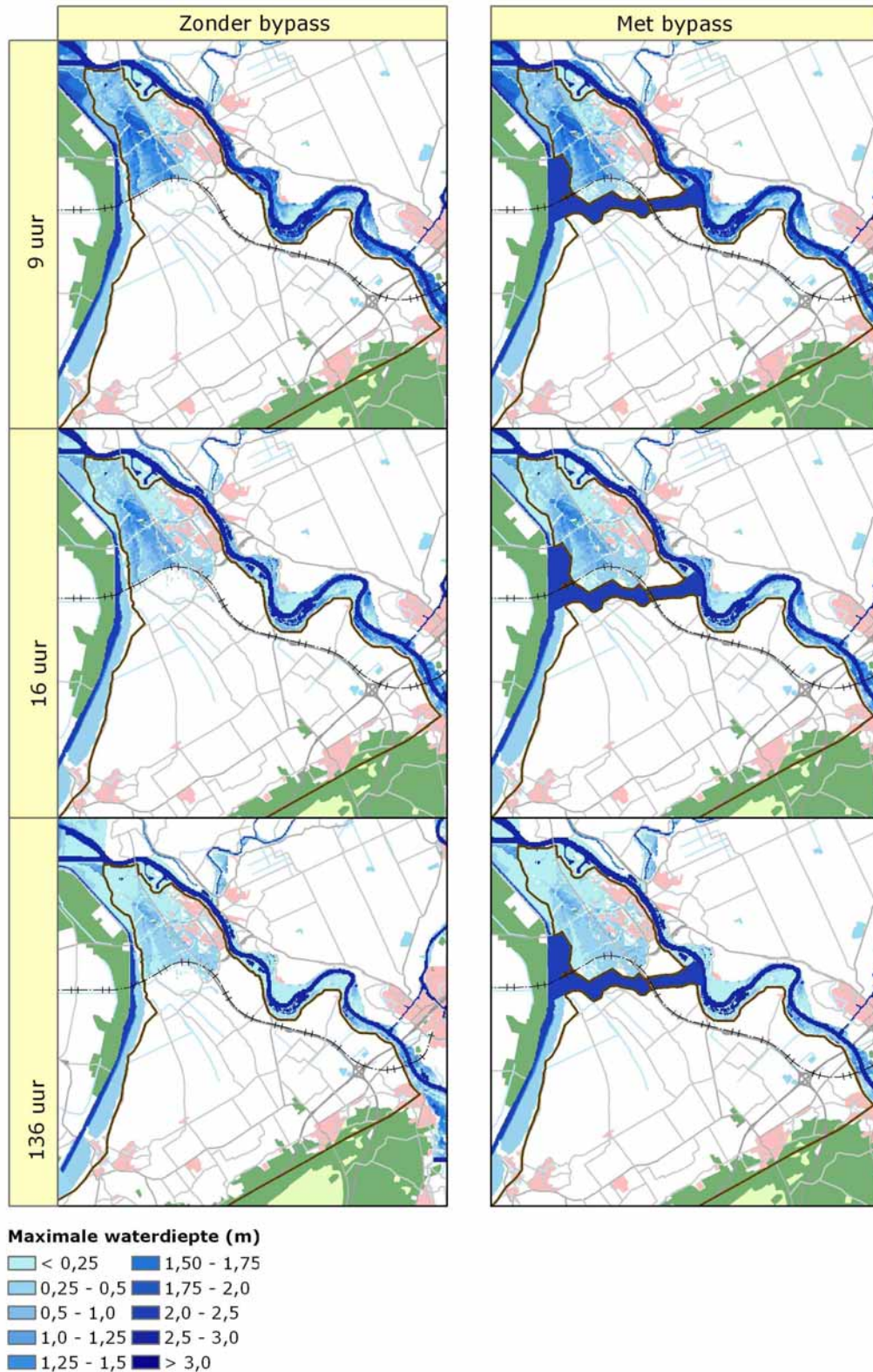


Figuur 9: Waterdiepte na doorbraak bij De Zandjes: zonder bypass (links) en met bypass (rechts), situatie 2010 (boven) en situatie 2030 (onder).

De maximale waterdiepte wordt binnen 12 uur bereikt en is circa een meter: zonder bypass net onder één meter waterdiepte en met bypass net boven de één meter waterdiepte. De bypass heeft dus een marginaal effect op de waterdiepte. Na 12 uur neemt de waterdiepte weer af, met uitzondering van de locatie "Reevehoeve". Deze locatie ligt ingesloten tussen de bypass en de Hanzelijn waar het water blijft staan<sup>1</sup>. In de situatie 2030 is de waterdiepte circa 20 cm hoger dan in 2010 door de nieuwbouw in dit deel; ook de bypass heeft een verhogend effect op de waterdiepte in dit gebied.

De overstroming blijft beperkt tot het gebied van dijkkring 11a (zie Figuur 10). Vooral het gebied ten westen van de A50 komt onder water te staan. De binnenstad van Kampen en de woonwijken daarom heen blijven droog. In de Maten en omgeving stijgt het water tot circa 25 cm boven maaiveld.

<sup>1</sup> In dit gebied is een schutsluis voorzien waarmee het water kan worden afgelaten, maar in het overstromingsmodel is dit niet meegenomen.

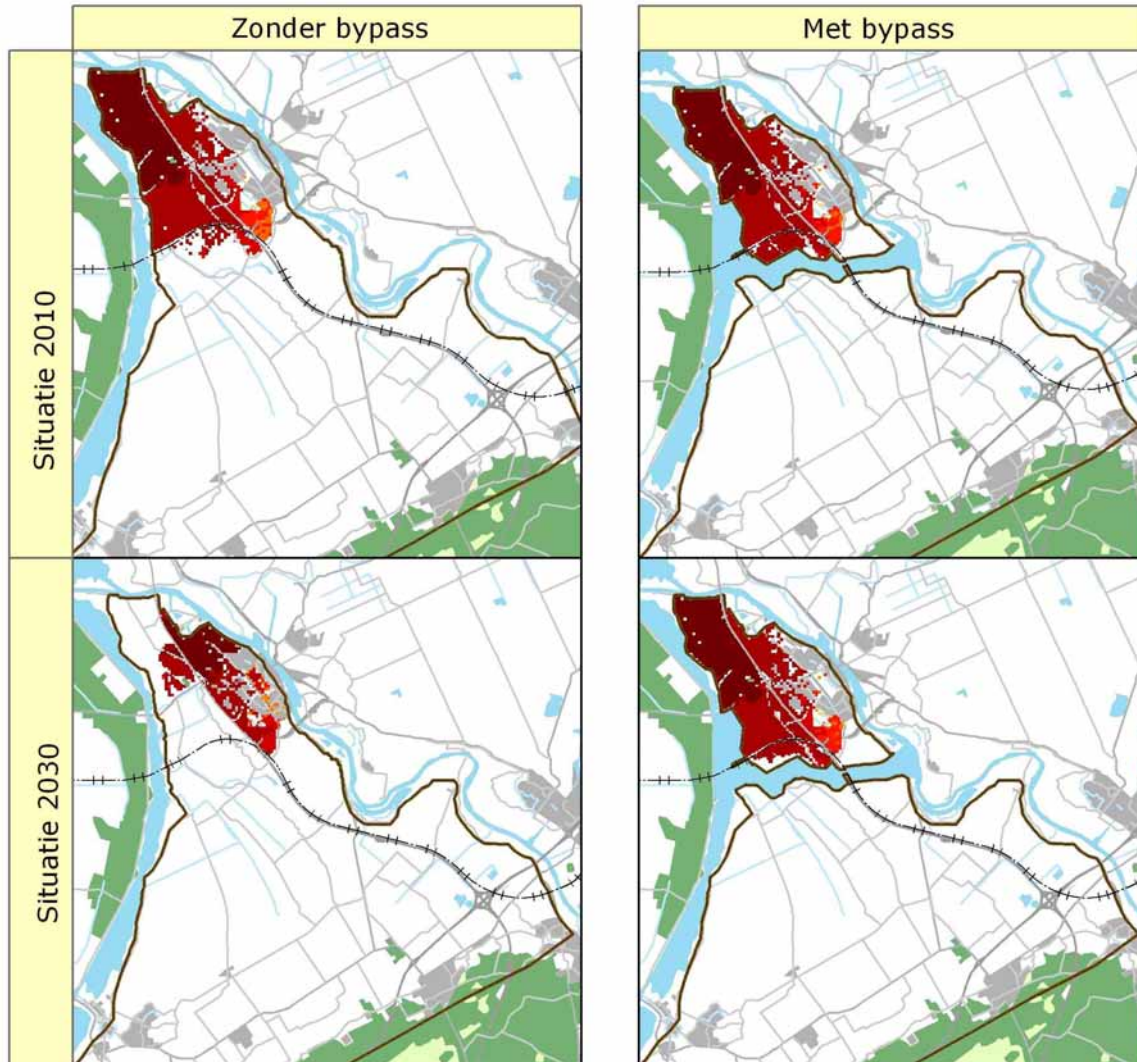


*Figuur 10: Overstromingspatroon na een doorbraak bij De Zandjes in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).*

Zonder bypass lopen alleen de lage delen ten zuiden van de Hanzelijn onder (bijvoorbeeld locatie Reevehoeve), met de bypass neemt dit duidelijk toe. Dit wordt veroorzaakt door de verlegde Dronterdijk in de situatie met bypass. Deze verlegging maakt het gebied kleiner



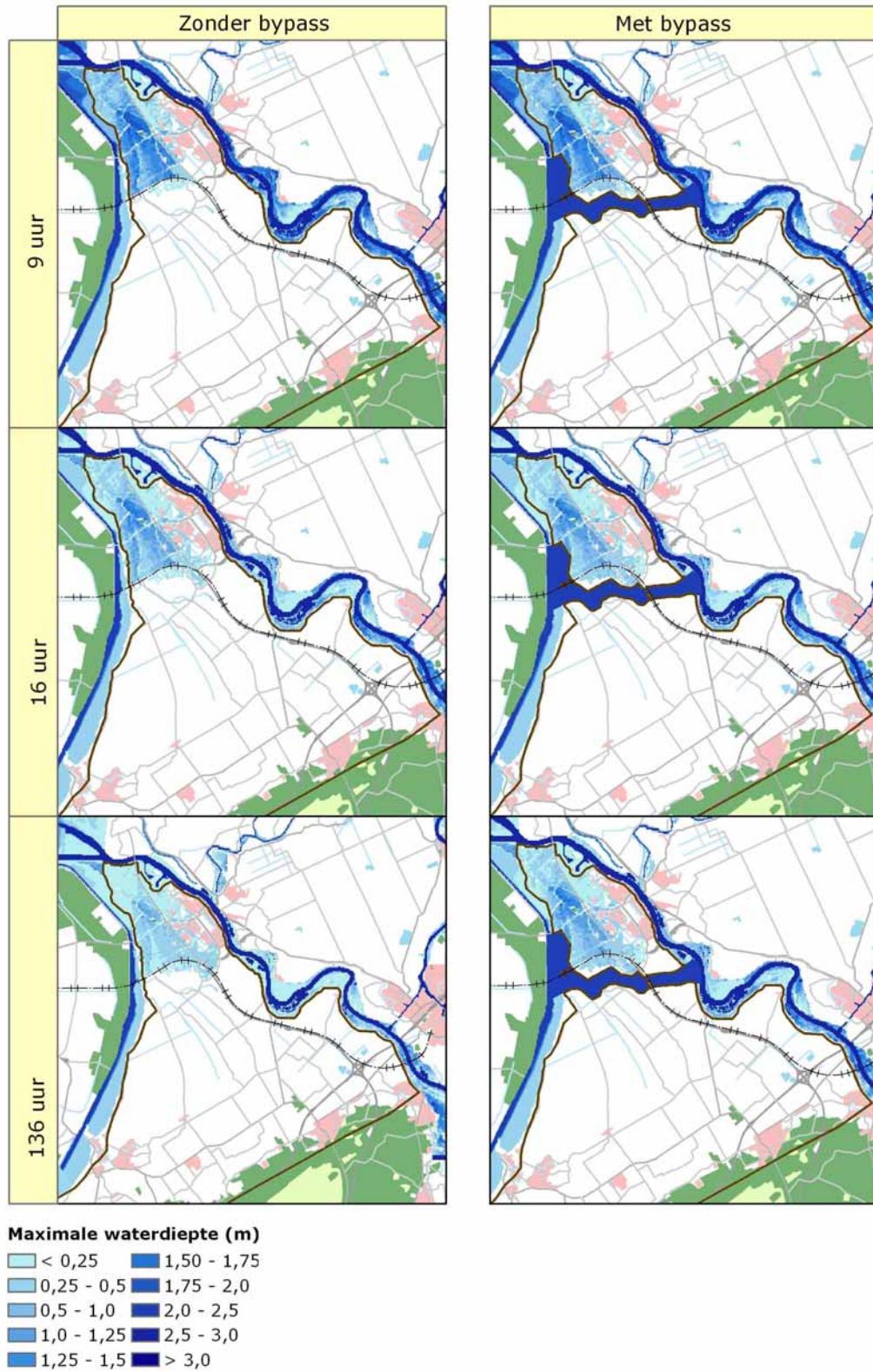
waardoor het water voorbij de Hanzelijn stroomt. Ook neemt de maximale waterdiepte in dijkkringgebied 11a toe (zie waterdiepte na 16 uur). Na circa 12 uur neemt de waterdiepte weer af omdat het hoogwater is afgenomen en het water terugstroomt in de IJssel. In de situatie 2030 treden er, in vergelijking met de situatie 2010, geen significant andere overstromingspatronen op. Dit geldt zowel voor het scenario met als zonder bypass.



**Arriveren waterfront**

- na 3 uur
- na 9 uur
- na 12 uur
- na 16 uur
- na 24 uur
- na 2 dagen
- na een week

Figuur 11: Arriveren waterfront na een doorbraak bij De Zandjes in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).



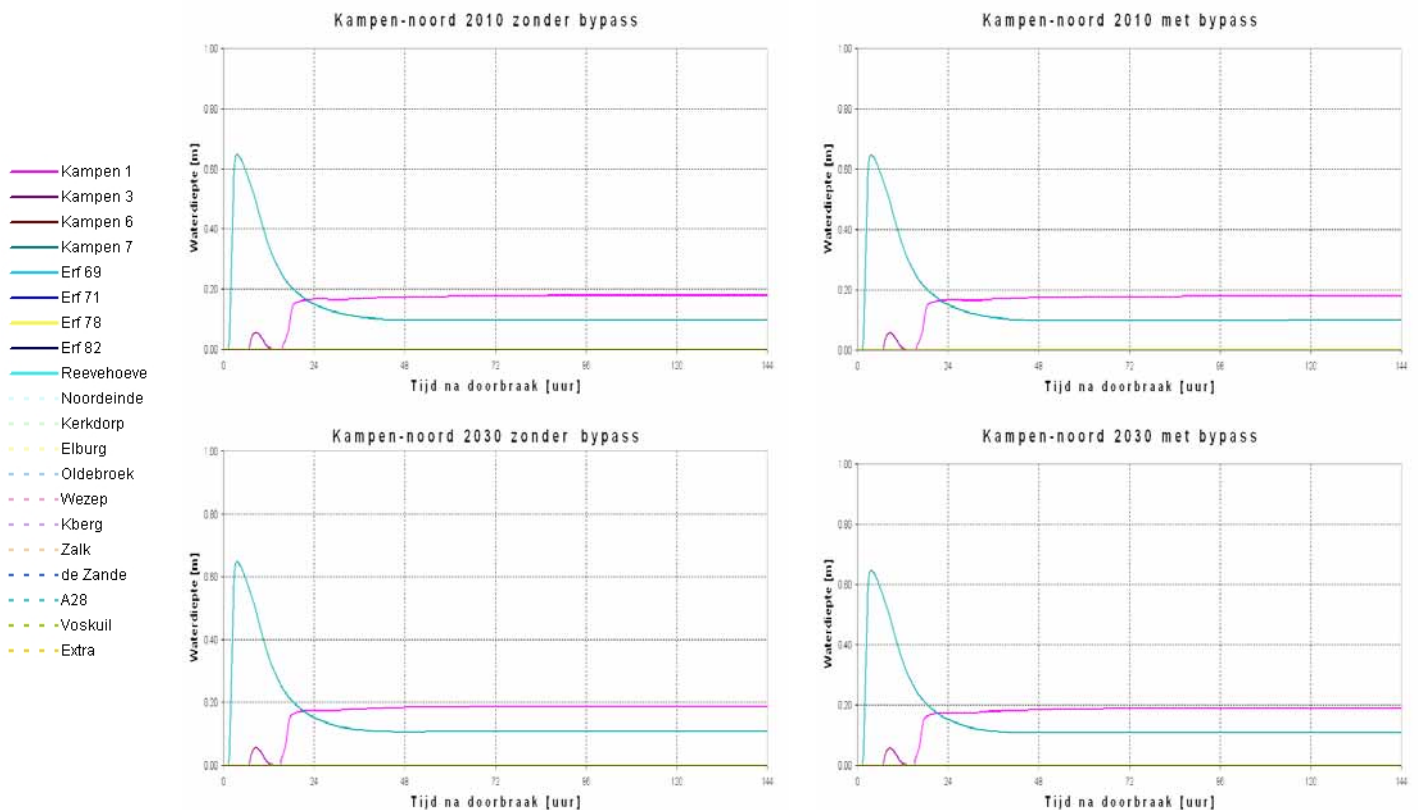
Figuur 12: Overstromingspatroon na een doorbraak bij De Zandjes in situatie 2030: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).

Conclusie bij bres bij De Zandjes.:

- In 2010 treedt na 12 uur een maximale waterhoogte boven maaiveld op van circa 1 meter met en zonder bypass. In 2030 is de maximale waterhoogte 1,2 meter;
- Bebouwde gebieden in Kampen blijven grotendeels droog, alleen in de Maten en omgeving stijgt het waterpeil maximaal 25 cm boven maaiveld;
- Na ongeveer een dag is het water peil gedaald tot minder dan 25 cm, met uitzondering van laaggelegen gebieden in de oksel van de Hanzelijn.

## 4.2 Doorbraaklocatie Kampen-Noord

Er zijn vier berekeningen uitgevoerd waarbij een bres ontstaat bij 'Kampen-Noord' tijdens een storm op het Ketelmeer. Hierbij is uitgegaan van een maximale waterstand op het Ketelmeer van NAP+2,73 m en een afvoer op de IJssel van 900 m<sup>3</sup>/s. De bres groeit in 72 uur uit tot een breedte van 200 meter, met een maximaal bresdebiet van circa 280 m<sup>3</sup>/s. In Figuur 13 is het verloop van de waterdiepte in de tijd gegeven.



Figuur 13: Waterdiepte na doorbraak bij Kampen-Noord: zonder bypass (links) en met bypass (rechts), situatie 2010 (boven) en situatie 2030 (onder).

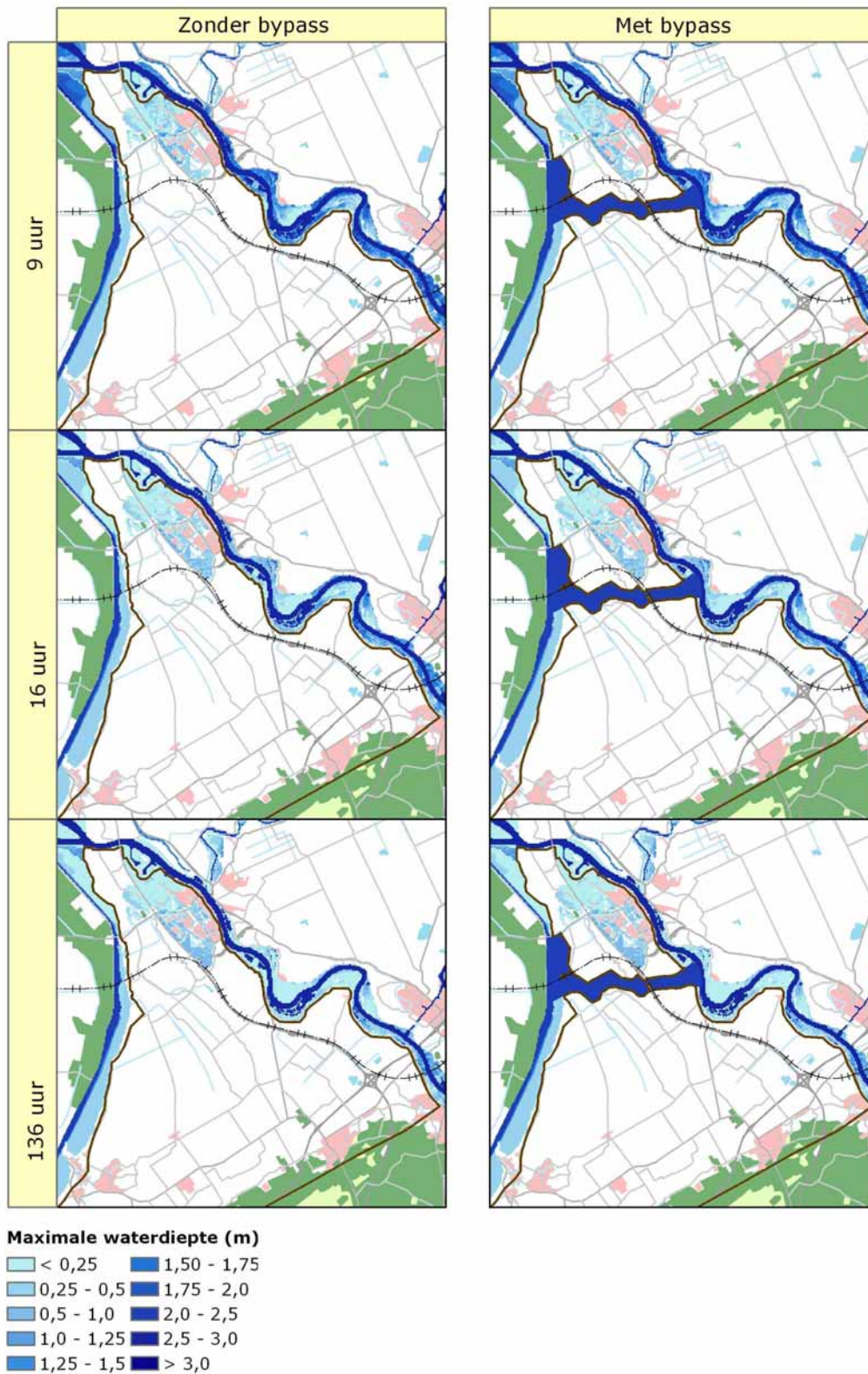
De maximale waterdiepte, bij "Kampen 7", wordt in 5 uur bereikt en is 0,65 meter; daarna zakt de waterdiepte tot 0,10 meter. De waterdiepte bij "Kampen 1" bereikt na 20 uur zijn maximale waterdiepte van 0,18 centimeter en blijft dan gelijk: het water kan daar niet weg. De bypass heeft in deze situatie weinig effect omdat het water niet zo ver zuidelijk in het gebied komt.

Het overstromingspatroon (Figuur 14) laat zien dat met of zonder bypass het water eerst ten noorden van Kampen, richting de N50 stroomt. Anderhalf uur na de dijkdoorbraak heeft het water de N50 bereikt. De N50 functioneert als tijdelijke barrière, en zorgt ervoor dat het water zich verspreid naar het noorden en de stad Kampen. Na 3 uur stromen de laaggelegen delen van de N50 over. Het water verspreidt zich verder richting het centrum van Kampen en ten westen van de N50. De meeste bewoonde gebieden in Kampen blijven (nagenoeg) droog. Op enkele plaatsen, waaronder de omgeving van de Maten, stijgt het water tot 25 cm boven maaiveld.

Het overstromingspatroon in de situatie met bypass is gelijk aan de situatie zonder bypass.

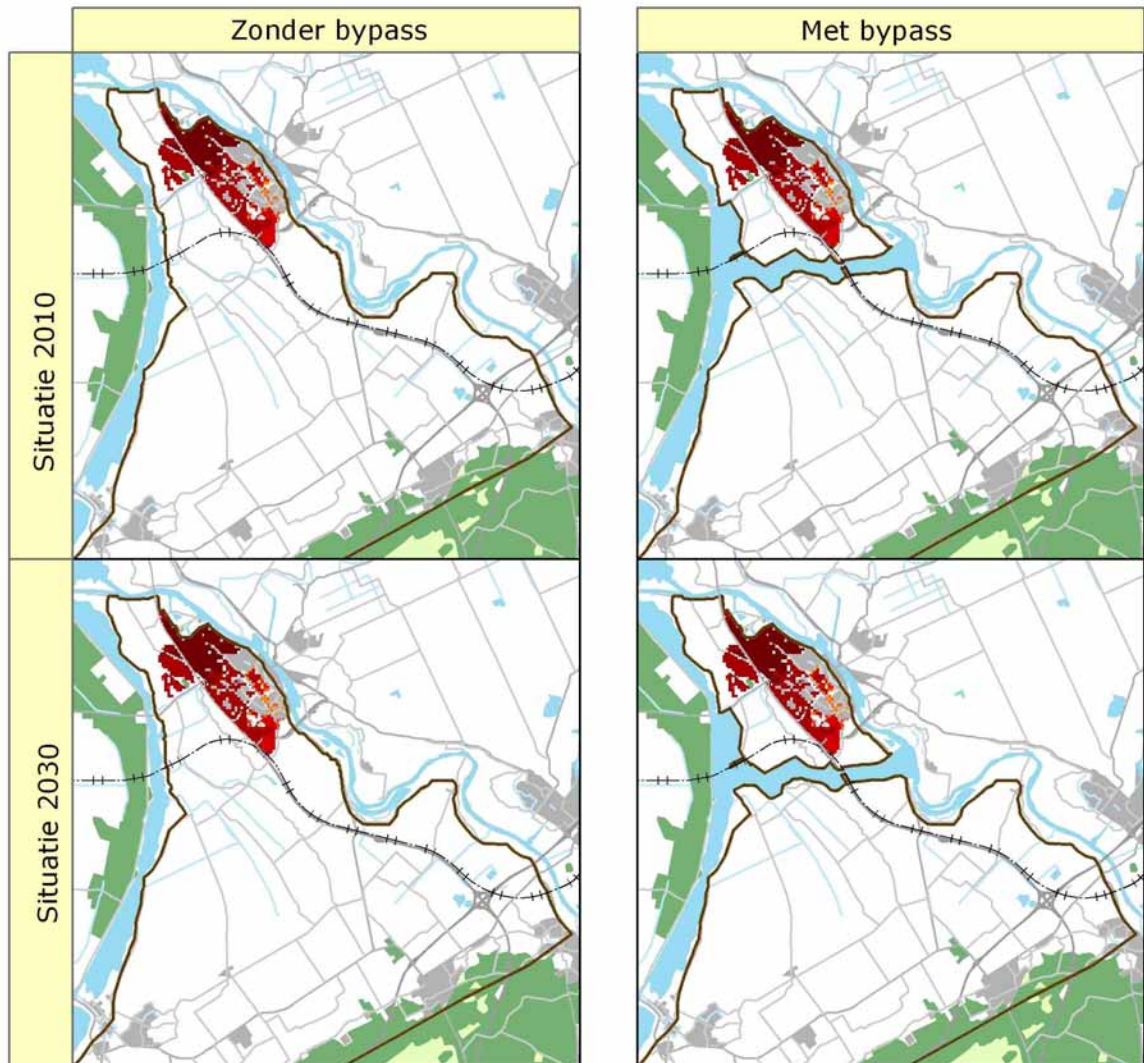


In vergelijking met de situatie 2010 treden er in de situatie 2030 waar de nieuwe woonwijken zijn meegenomen geen significant andere overstromingspatronen op. Dit geldt zowel voor het scenario met en zonder bypass.



Figuur 14: Overstromingspatroon na een doorbraak bij 'Kampen-Noord' in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).



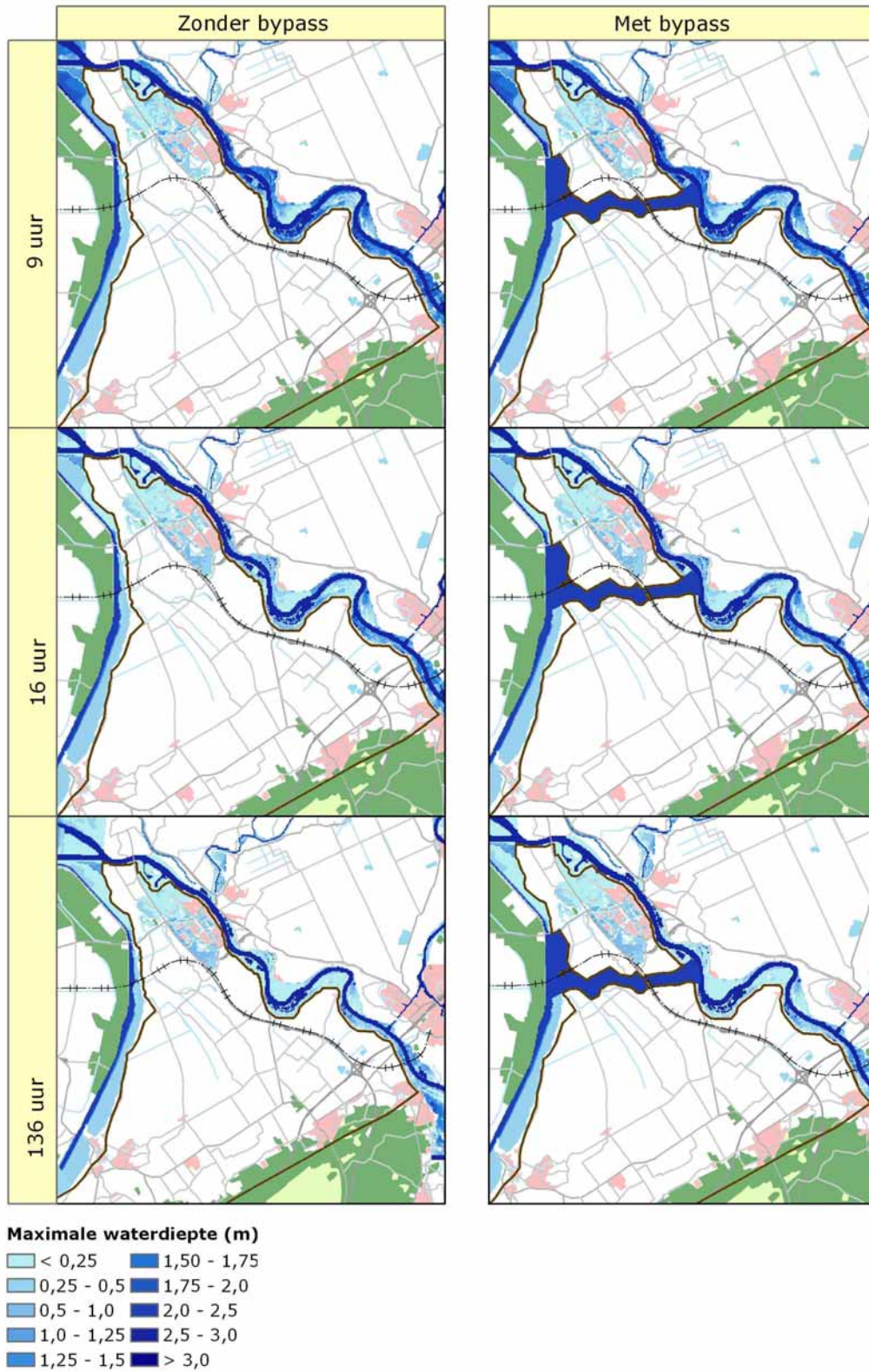


#### Arriveren waterfront

- na 3 uur
- na 9 uur
- na 12 uur
- na 16 uur
- na 24 uur
- na 2 dagen
- na een week

Figuur 15: Arriveren waterfront na een doorbraak bij 'Kampen-Noord' in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).

Aan het arriveren waterfront (Figuur 15) is ook te zien dat de bypass *geen* invloed heeft op het verloop van de overstroming. Ook de situatie in 2030 (Figuur 16) heeft geen significante invloed op het overstromingspatroon.



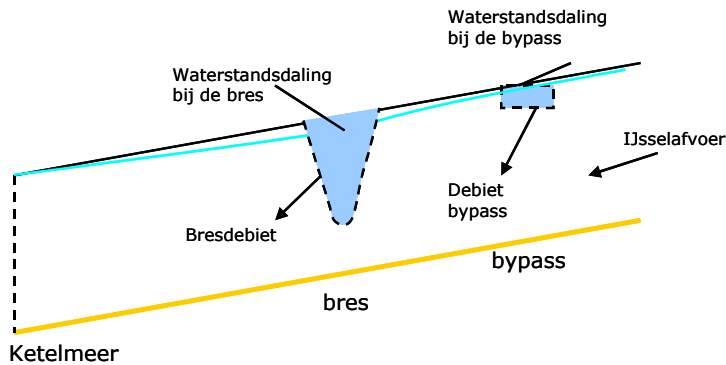
Figuur 16: Overstromingspatroon na een doorbraak bij 'Kampen-Noord' in situatie 2030: zonder bypass (links) en met bypass (rechts)

**Conclusie**

- Na 5 uur wordt in de buurt van de doorbraaklocatie een maximale waterdiepte van 65 cm bereikt. Deze neemt binnen 24 uur af naar 10 cm;
- Na 18 uur wordt in Kampen-Zuid een waterdiepte van 18 cm bereikt;
- De bypass heeft geen effect voor de waterdiepte en evenmin is er verschil in overstromingspatroon tussen 2010 en 2030.

### 4.3 Doorbraaklocatie Kampen-Zuid

Een doorbraak bij "Kampen-Zuid" heeft een waterstandsddaling op de IJssel tot gevolg waardoor het verval over de inlaat naar de bypass zal afnemen en er dus minder water naar de bypass zal stromen (Figuur 17). Dit effect wordt in het overstromingsmodel niet meegenomen. Hierdoor is met het bestaande model het overstromingspatroon niet eenduidig te berekenen.



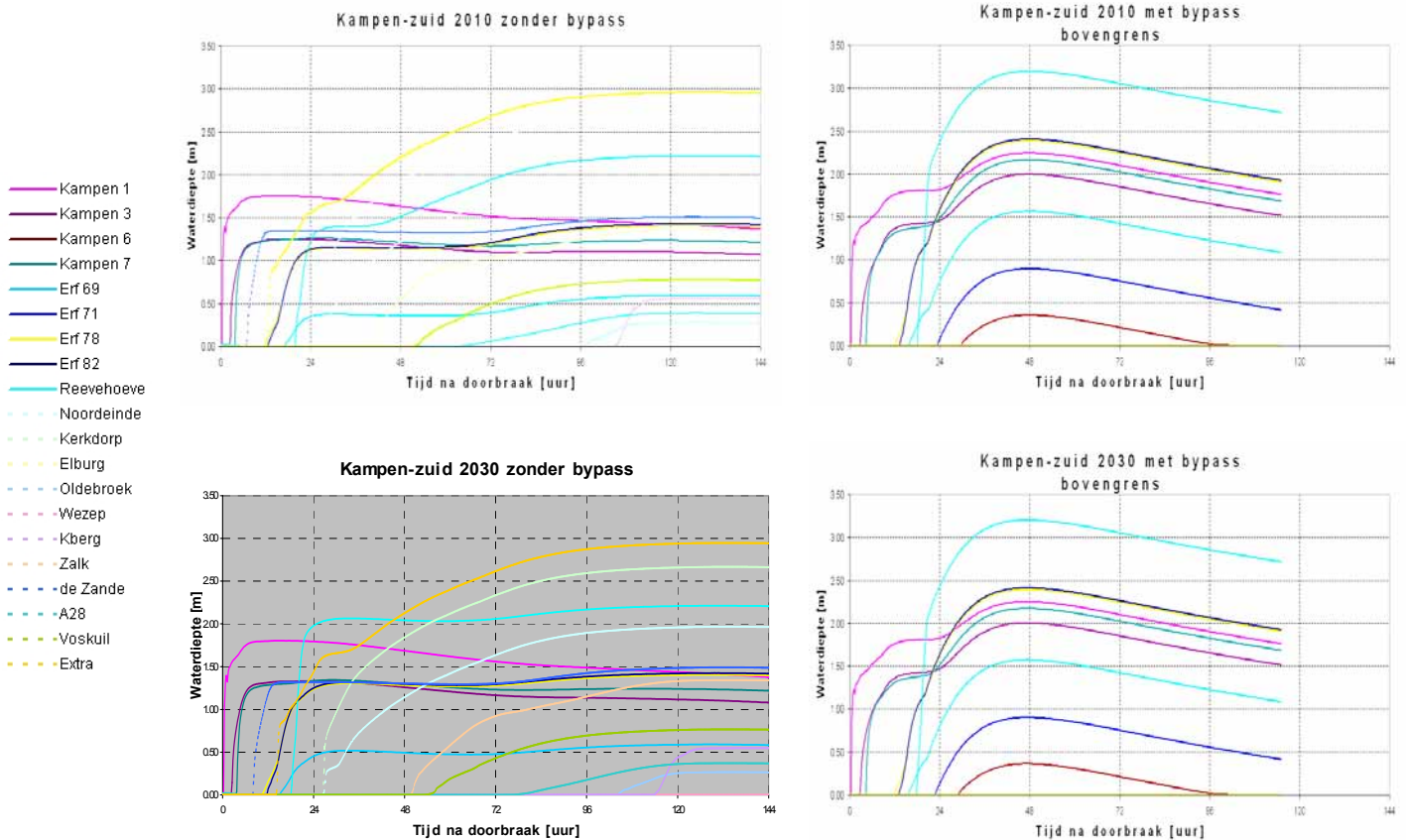
Figuur 17: Schematische weergave van de waterstandsddaling boven de inlaat van de bypass door een bres bij Kampen-Zuid.

Daarom wordt voor de doorbraaklocatie Kampen-Zuid een ondergrens en een bovengrens gehanteerd. Voor de ondergrens wordt aangenomen dat de bres de afvoer naar de bypass niet beïnvloedt; de piekafvoer op de IJssel bij Kampen-Zuid is  $2.146 \text{ m}^3/\text{s}$  (namelijk de maatgevende afvoer minus de  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  naar de bypass). Voor de bovengrens wordt uitgegaan van een maximaal debiet over de bres. Bij dit bresdebiet ( $660 \text{ m}^3/\text{s}$ ) neemt het verval over de inlaat van de bypass af tot  $127 \text{ cm}$ . Bij dit verval is het debiet naar de bypass tenminste  $354 \text{ m}^3/\text{s}$ . De bovengrens voor het debiet op de IJssel bij Kampen-Zuid is dus  $2.492 \text{ m}^3/\text{s}$ . In de analyse is uitgegaan van de situatie zonder zomerbedverlaging.

Er zijn zes berekeningen uitgevoerd waarbij een bres ontstaat bij 'Kampen-Zuid'. In de berekeningen is uitgegaan van een maximale IJsselafvoer van  $2.846 \text{ m}^3/\text{s}$  en een waterstand op het Ketelmeer van NAP+1,00 m. De bres groeit in alle gevallen in 72 uur uit tot een breedte van 200 meter. De ondergrens voor de overstromingsgevolgen is de situatie dat de afvoer naar de bypass niet wordt beïnvloedt; de piekafvoer op de IJssel bij Kampen-Zuid is dan  $2.146 \text{ m}^3/\text{s}$  met een maximaal bresdebiet van  $380 \text{ m}^3/\text{s}$ . De bovengrens voor de overstromingsgevolgen is de situatie waarin de afvoer naar de bypass daalt tot  $354 \text{ m}^3/\text{s}$ ; de piekafvoer op de IJssel bij Kampen-Zuid is dan  $2.492 \text{ m}^3/\text{s}$  met een maximaal bresdebiet van  $530 \text{ m}^3/\text{s}$ . In Figuur 18 is het verloop van de waterdiepte in de tijd gegeven.

Zonder bypass verspreidt de overstroming zich over het gehele dijkkringgebied 11. Locatie "Kberg" in het zuiden wordt na ruim 100 uur als laatste bereikt en bereikt een waterdiepte van iets meer dan 0,5 meter. De grootste waterdiepte wordt bereikt op locatie "extra" in dijkkringgebied 11b (bijna 3 meter).





**Figuur 18:** Waterdiepte na doorbraak bij Kampen-Zuid: zonder bypass (links) en met bovengrensbenadering voor de bypass (rechts), situatie 2010 (boven) en situatie 2030 (onder).

Met de bypass wordt de overstroming door de dijken van de bypass gekeerd en blijft dijkringgebied 11b droog. De waterdiepte in dijkringgebied 11a neemt met de bypass toe met circa 1 meter.

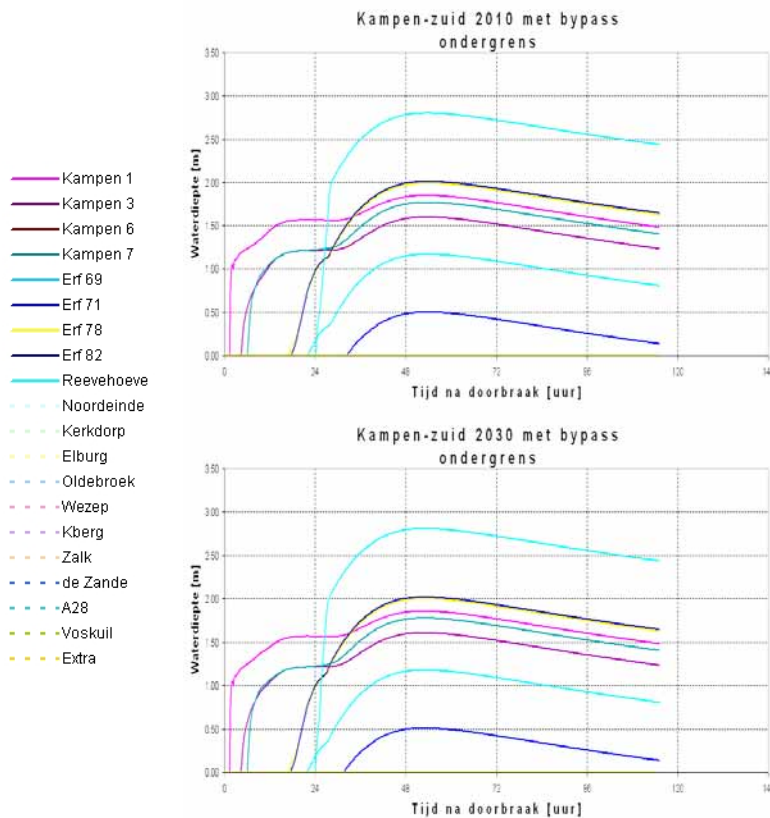
De locatie "Kampen 1" ligt vlak bij de doorbraaklocatie en in een half uur is de waterdiepte daar groter dan 0,5 meter. Na 6 uur staat ook op de locaties "Kampen 3" en "Kampen 7" meer dan een meter water; het water stijgt hier een meter binnen 1,5 uur. Zonder bypass wordt de maximale waterdiepte bij "Kampen 1" circa 1,75 meter (in 2030 1,85 meter); met bypass is dit maximaal 2,25 meter.

De A50 (of beter de dijk daarnaast) vormt een barrière voor het water naar het westen toe. Zonder bypass stroomt het water naar het zuiden en na 7 uur overstroomt reeds de locatie "De Zande". Het overstromingspatroon laat zien (Figuur 20) dat met of zonder bypass het water eerst naar het noorden stroomt en de N50 als tijdelijke barrière verspreiding naar het westen verhindert. Als het water voorbij de N307 is stroomt het voorbij de N50 de Polder Dronthen in naar het zuiden. Zowel de N307 als de Hanzelijn belemmeren hierbij de doorstroom van het water richting het zuiden.

Zonder bypass stroomt het water voorbij de Hanzelijn naar Kamperveen en Polder Oosterwolde tot aan Elburg (westen) en Hattermerbroek (oosten). Ook het Onderdijs ten oosten van de N50, overstroomt. De binnenstad van Kampen blijft droog. Met de bypass komt het water na tot de noordelijke dijk van de bypass. Het water bereikt na ruim 2 uur deze dijk ten oosten van de Hanzelijn en de N50 en na 16 uur de dijk ten zuiden van Polder Dronthen. Het stadscentrum

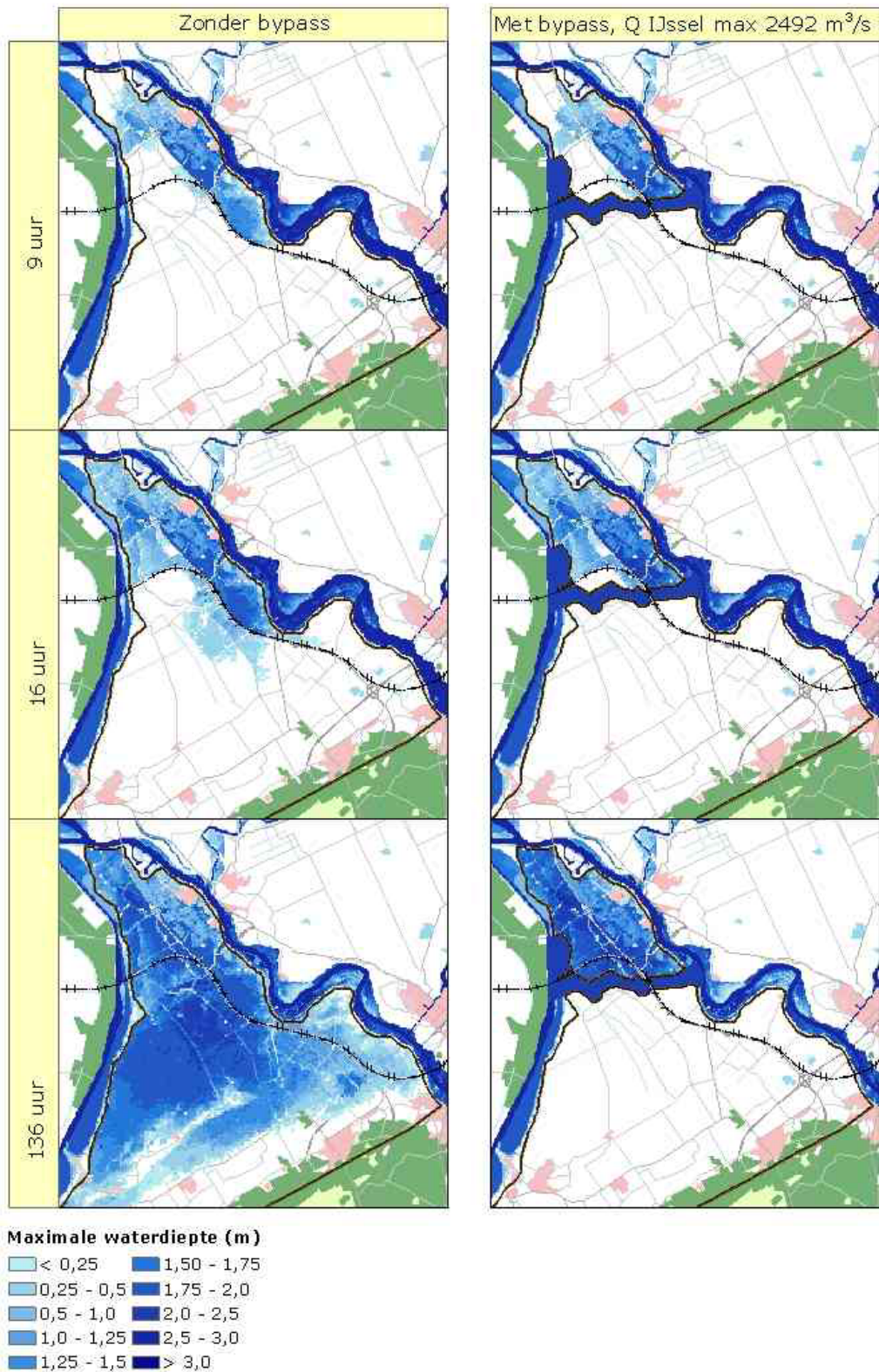
van Kampen loopt in dit scenario gedeeltelijk onder water. Dijkkring 11 overstroomt bijna compleet.

In Figuur 19 zijn de waterdiepten in dijkkring 11a gegeven met een piekafvoer op de IJssel bij Kampen-Zuid van 2.146 m<sup>3</sup>/s, een ondergrensbenadering voor het overstromingspatroon in de situatie met bypass.



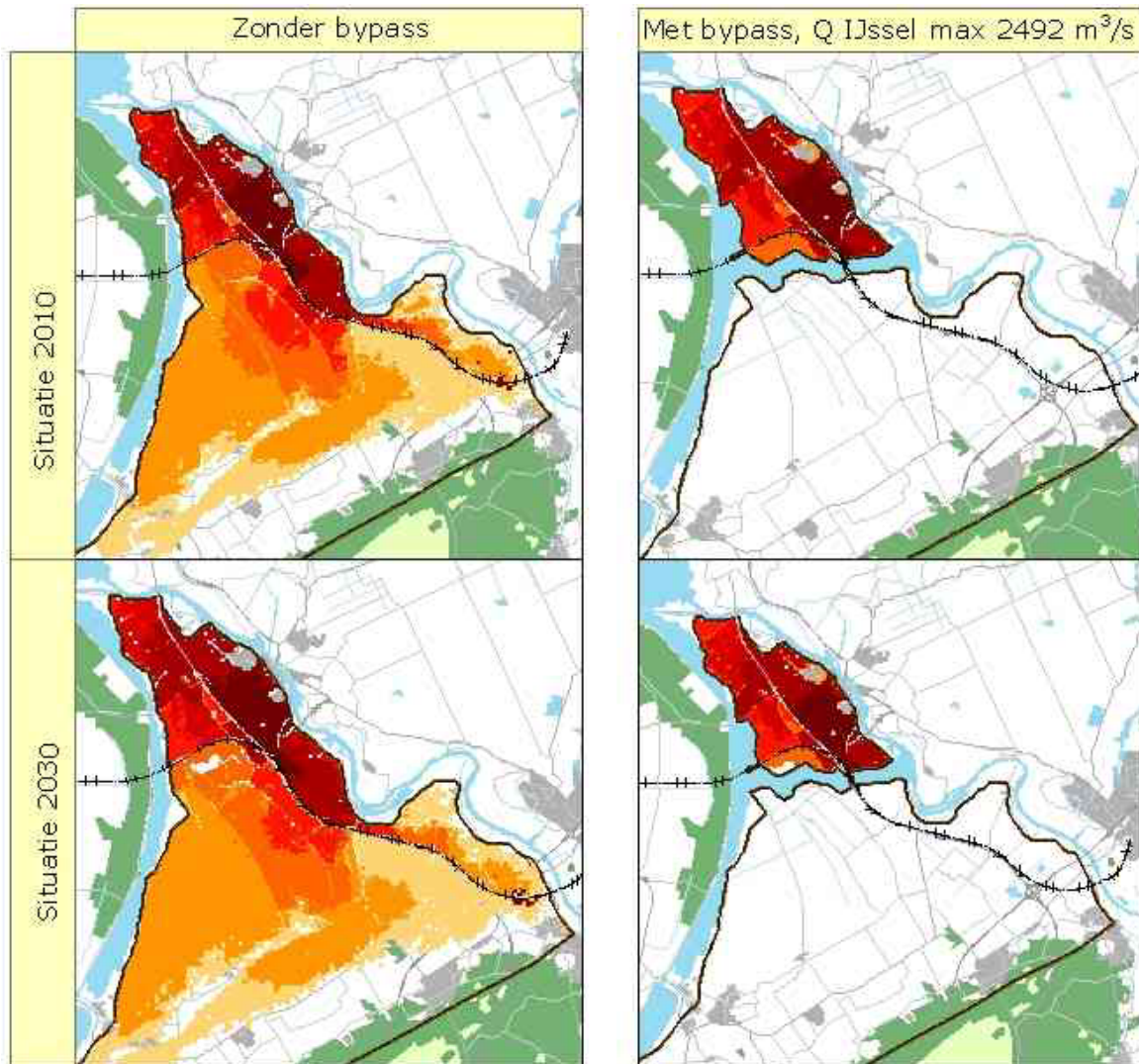
*Figuur 19: Waterdiepte na doorbraak bij Kampen-Zuid met een ondergrensbenadering voor de bypass: situatie 2010 (boven) en situatie 2030 (onder).*

Ten opzichte van de bovengrens verloopt het overstromingspatroon langzamer en nemen de maximale waterdiepten af met circa 40 centimeter.



*Figuur 20: Overstromingspatroon na een doorbraak bij Kampen-Zuid in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).*





**Arriveren waterfront**

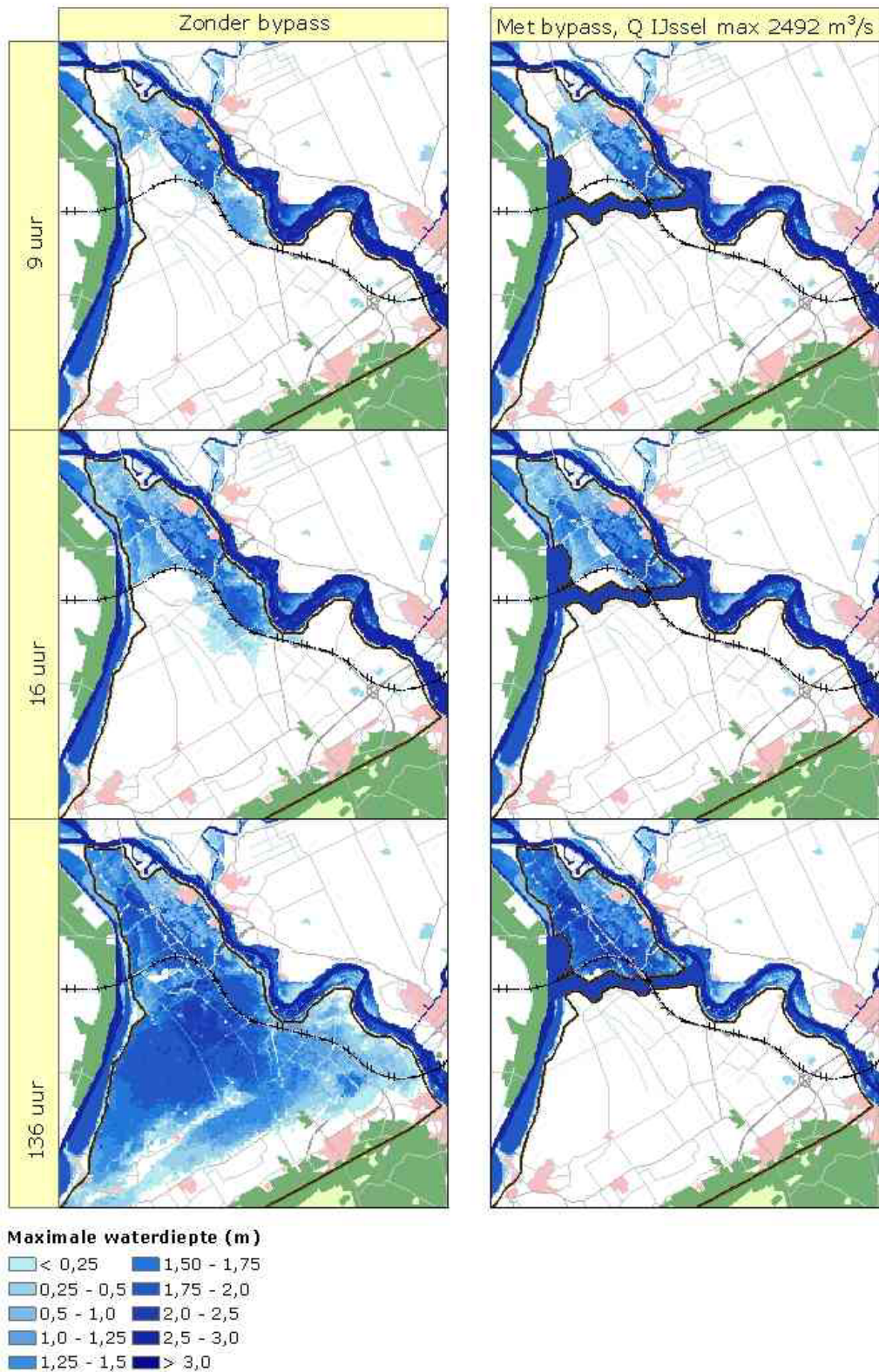
- na 3 uur
- na 9 uur
- na 12 uur
- na 16 uur
- na 24 uur
- na 2 dagen
- na een week

Figuur 21: Arriveren waterfront na een doorbraak bij Kampen-Zuid in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).

De invloed van de nieuwbouw is, met en zonder bypass, beperkt. Duidelijk is wel dat de nieuwe bebouwing aan de noordelijke dijk van de bypass (de klimaatdijk) droog blijft in 2030.

In vergelijking met de situatie 2010 treden er in de situatie 2030 waar de nieuwe woonwijken zijn meegenomen geen significant andere overstromingspatronen op. Dit geldt zowel voor het scenario zonder bypass als met bypass.





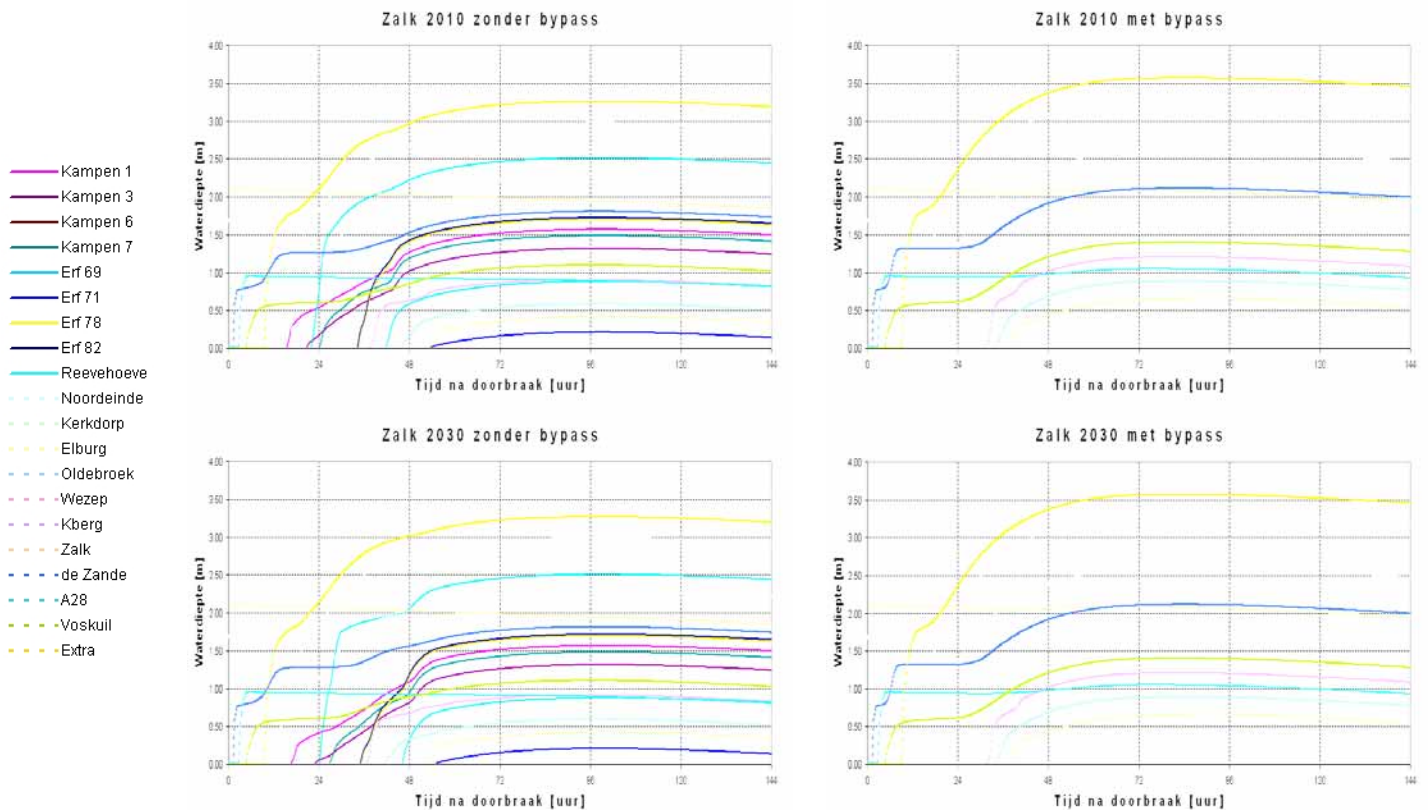
*Figuur 22: Overstromingspatroon na een doorbraak bij Kampen-Zuid in situatie 2030: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).*

### Conclusie

- Effect van de bypass is bepaald door een ondergrens en een bovengrens aan het overstromingspatroon te berekenen;
- De binnenstad van Kampen en de directe omgeving daarvan blijft droog;
- Er is weinig verschil in overstromingspatroon tussen situatie 2010 en 2030;
- Zonder bypass stroomt geheel dijkkring 11 onder met grootste waterhoogte van circa 3 meter nabij Kamperveen;
- Zonder bypass is de maximale waterdiepte in stedelijk gebied Kampen na 12 uur 1,8 meter. In de situatie 2030 wordt de maximale waterdiepte 1,9 meter na 48 uur;
- Door de bypass neemt de maximale waterdiepte toe met 60 tot 110 cm; het verschil tussen de ondergrens en bovengrens is 40-50 cm.

## 4.4 Doorbraaklocatie Zalk

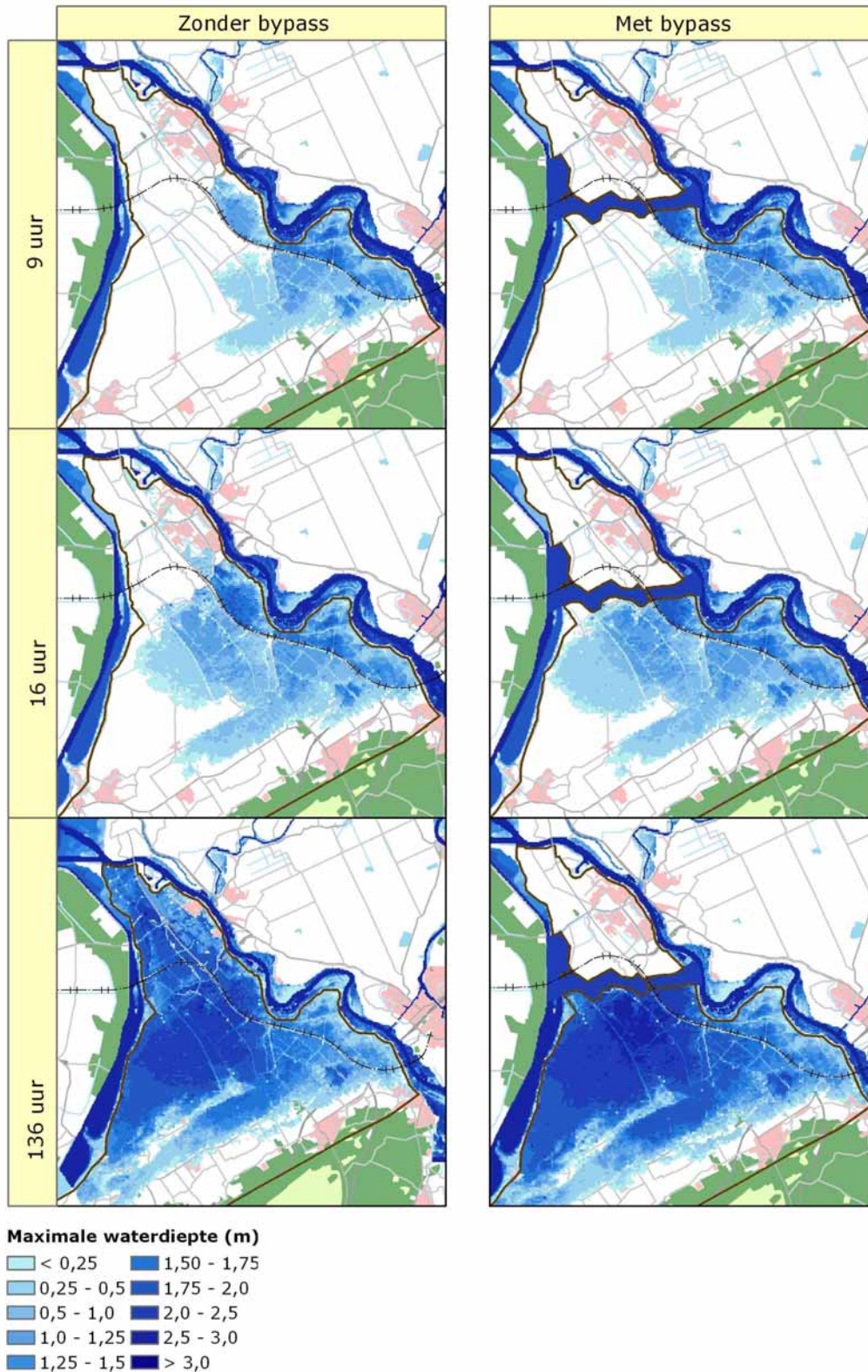
Er zijn vier berekeningen uitgevoerd waarbij een bres ontstaat bij Zalk. In de berekeningen is uitgegaan van een maximale IJsselafvoer van 2846 m<sup>3</sup>/s en een waterstand op het Ketelmeer van NAP+1,00 m. De bres groeit in 72 uur uit tot een breedte van 200 meter, met een maximaal bresdebiet van circa 1.200 m<sup>3</sup>/s. Het bresdebiet neemt daarna gestaag af met het verloop van de hoogwatergolf op de IJssel. In Figuur 23 is het verloop van de waterdiepte in de tijd gegeven.



Figuur 23: Waterdiepte na doorbraak bij Zalk: zonder bypass (links) en met bypass (rechts), situatie 2010 (boven) en situatie 2030 (onder).

Bij een overstroming op de doorbraaklocatie Zalk loopt vrijwel heel dijkkring 11 onder. Met de bypass blijft het noordelijk deel, dijkkring 11a, droog door de dijken langs de bypass. De waterdiepten in dijkkringgebied 11b nemen door de bypass met enkele decimeters toe. Zonder bypass is de maximale waterdiepte 3,3 meter (locatie "Extra"); met de bypass wordt dit 3,6 meter. De verschillen tussen 2010 en 2030 zijn klein.

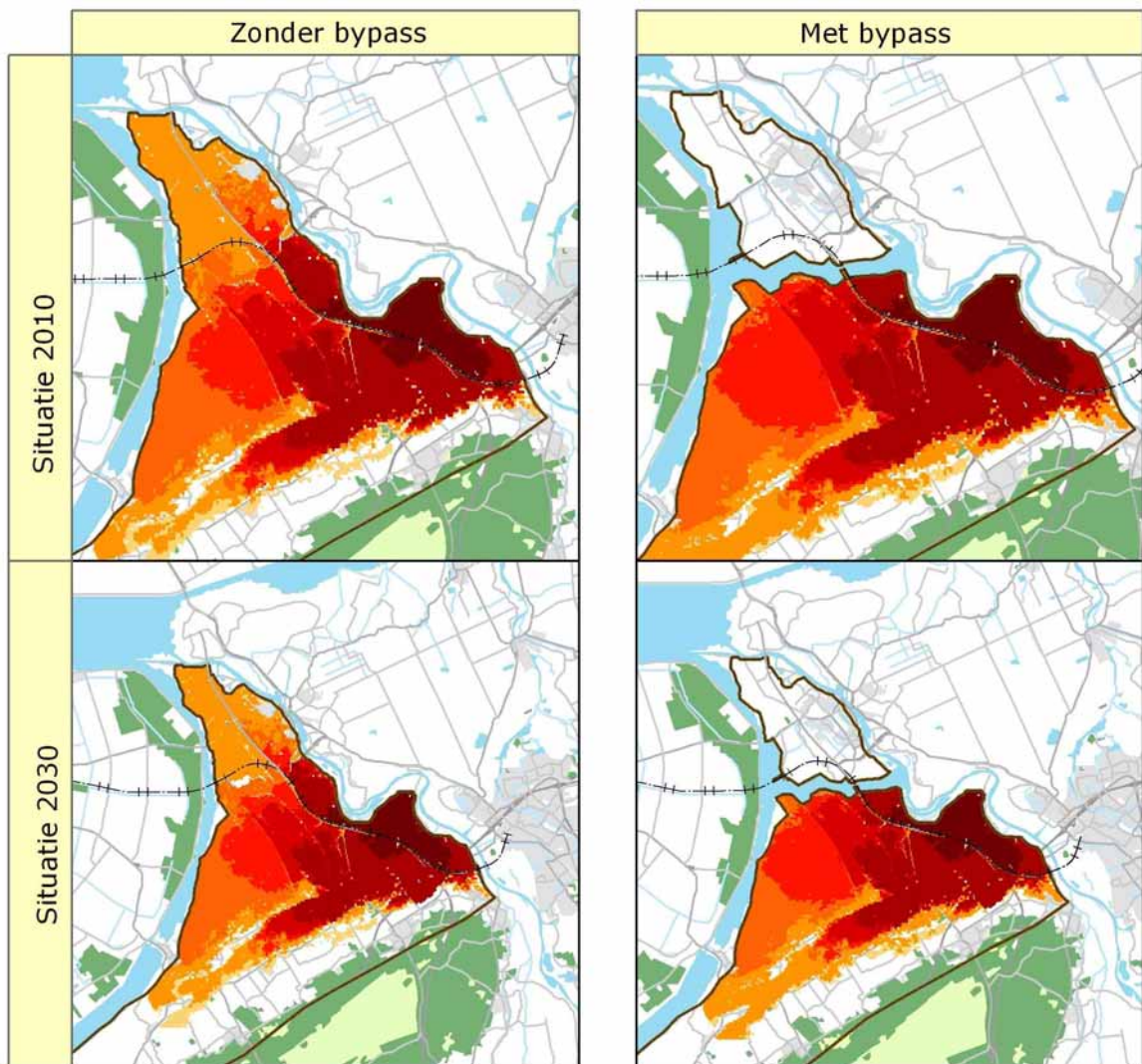




Figuur 24: Overstromingspatroon na een doorbraak bij Zalk in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).

In de situatie met en zonder bypass overstromt allereerst Hoog-Zalk ten oosten van de N50. Vervolgens stroomt het water over de N50 richting het (noord)westen. Langs de oostkant van de N50 blijft het naar het noorden stromen.

Met de bypass bereikt het water na 4 uur de zuidelijke dijk van de bypass, waarna uitbreiding van het overstroomd gebied alleen nog richting het zuidwesten kan plaatsvinden. Zonder de bypass vormt de N50 een barrière tegen verspreiding van het water richting het westen boven de N763, zodat Kampen eerder onderstroomt dan het gebied ten westen van de N50 bij Kampen. Zowel de Hanzelijn als de N307 vormen een tijdelijke barrière tegen verspreiding van het water richting het noorden. Zonder de bypass blijft uiteindelijk in het noorden alleen het stadscentrum van Kampen droog. In beide scenario's reikt het water in het zuiden van Elburg tot voorbij knooppunt Hattemerbroek.



#### Arriveren waterfront

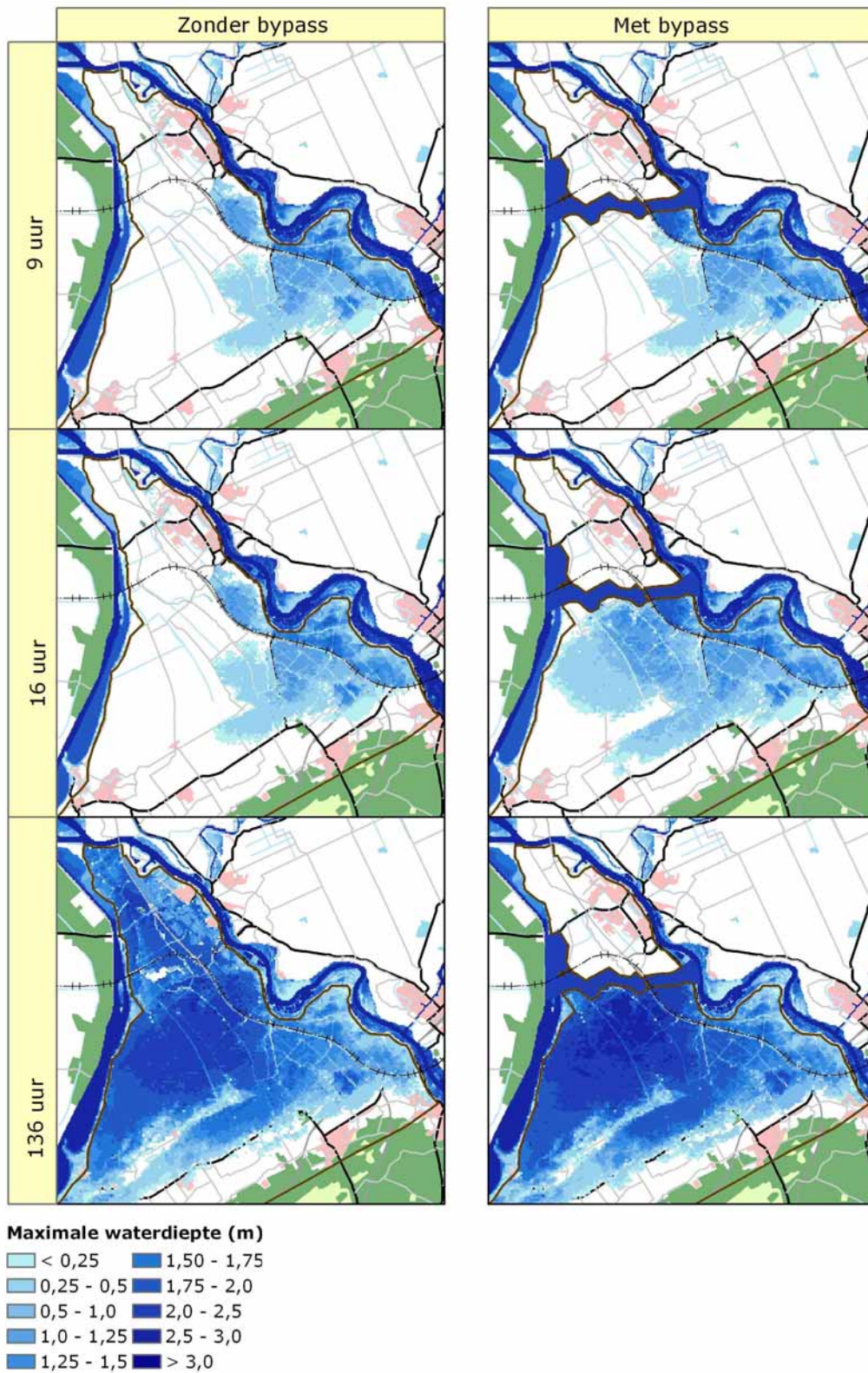
- na 3 uur
- na 9 uur
- na 12 uur
- na 16 uur
- na 24 uur
- na 2 dagen
- na een week

Figuur 25: Arriveren waterfront na een doorbraak bij Zalk in situatie 2010: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).

Figuur 25 toont aan dat met de bypass het water zich sneller verspreid over dijkkring 11b, omdat het door de bypass en kleiner gebied is geworden.



In de situatie 2030 treden er, in vergelijking met de situatie 2010, geen significant andere overstromingspatronen op. Dit geldt zowel voor het scenario zonder bypass als met bypass.



Figuur 26: Overstromingspatroon na een doorbraak bij Zalk in situatie 2030: zonder bypass (links) en met bypass (rechts).

### Conclusies

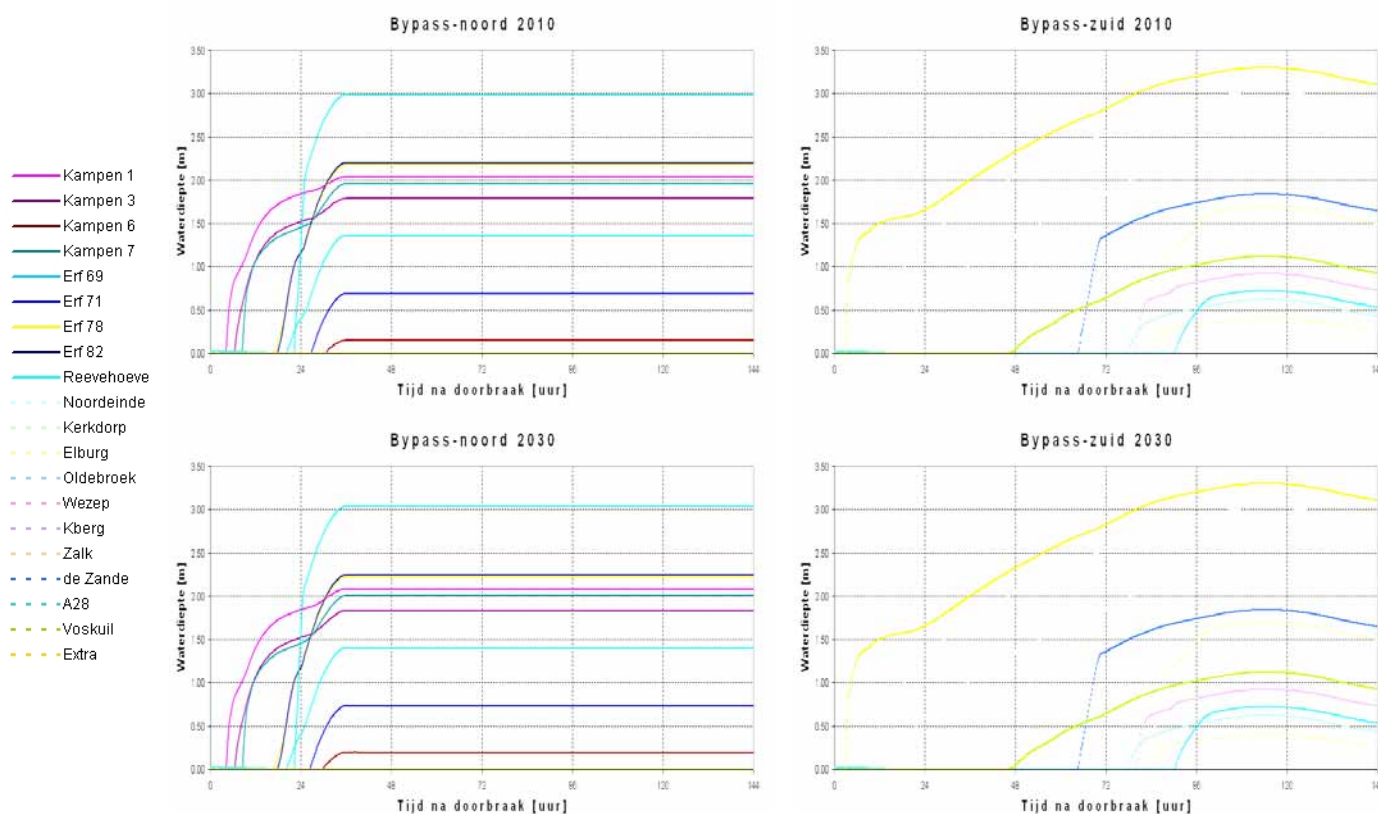
- Zonder bypass overstroomt gehele dijkkring 11, met grootse waterdiepte van 3,30 m nabij Kamperveen en waterdiepte in stedelijk gebied Kampen van circa 1,50 meter;
- Met bypass blijft Kampen en omgeving droog en stijgt water ten zuiden van de bypass tot een maximum van 3,60 nabij Kamperveen;
- Verschillen tussen 2010 en 2030 in overstromingspatroon zijn klein.

## 4.5 Doorbraaklocaties in de bypass

Er zijn twee berekeningen uitgevoerd waarbij een bres ontstaat in de noordelijke dijk van de bypass, waardoor alleen het gebied ten noorden van de bypass overstroomt. Deze bres is gesitueerd ten oosten van het knooppunt met de Hanzelijn.

Ook voor de zuidelijke dijk in de bypass zijn twee berekeningen uitgevoerd; de bres ontstaat bij Molenkolk, waardoor alleen het gebied ten zuiden van de bypass overstroomt.

In de berekeningen is uitgegaan van een maximale IJsselafvoer van 2.846 m<sup>3</sup>/s, hiervan stroomt maximaal 700 m<sup>3</sup>/s de bypass in. De bres op de locatie 'Bypass-Noord' groeit tot een breedte van 160 meter, voor de locatie 'Bypass-Zuid' wordt de bresbreedte 140 meter, met een maximaal bresdebiet van bijna 600 m<sup>3</sup>/s. Het debiet over de bres neemt snel toe en daarna weer af; voor Bypass-Noord duurt dit circa 36 uur, voor bypass-Zuid circa 120 uur. In Figuur 27 is het verloop van de waterdiepte in de tijd gegeven.



Figuur 27: Waterdiepte na doorbraak bij Bypass-Noord (links) en Bypass-Zuid (rechts): situatie 2010 (boven), en situatie 2030 (onder).

Na de doorbraak stroomt het water uit de bypass voor het grootste deel in het dijkkringgebied, slechts een klein deel stroomt door de bypass naar het Vossemeer. Dit wordt veroorzaakt door het relatief grote verval over de bres. De waterstanden in het Vossemeer (benedenstrooms van de bypass) zijn circa NAP+1,50 m. Het verval bij een bres ligt dan tussen de 1,5 en 2,5 meter. Met een bresbreedte van orde 100 meter zal orde 2/3 van de afvoer in de bypass de dijkkring instromen.

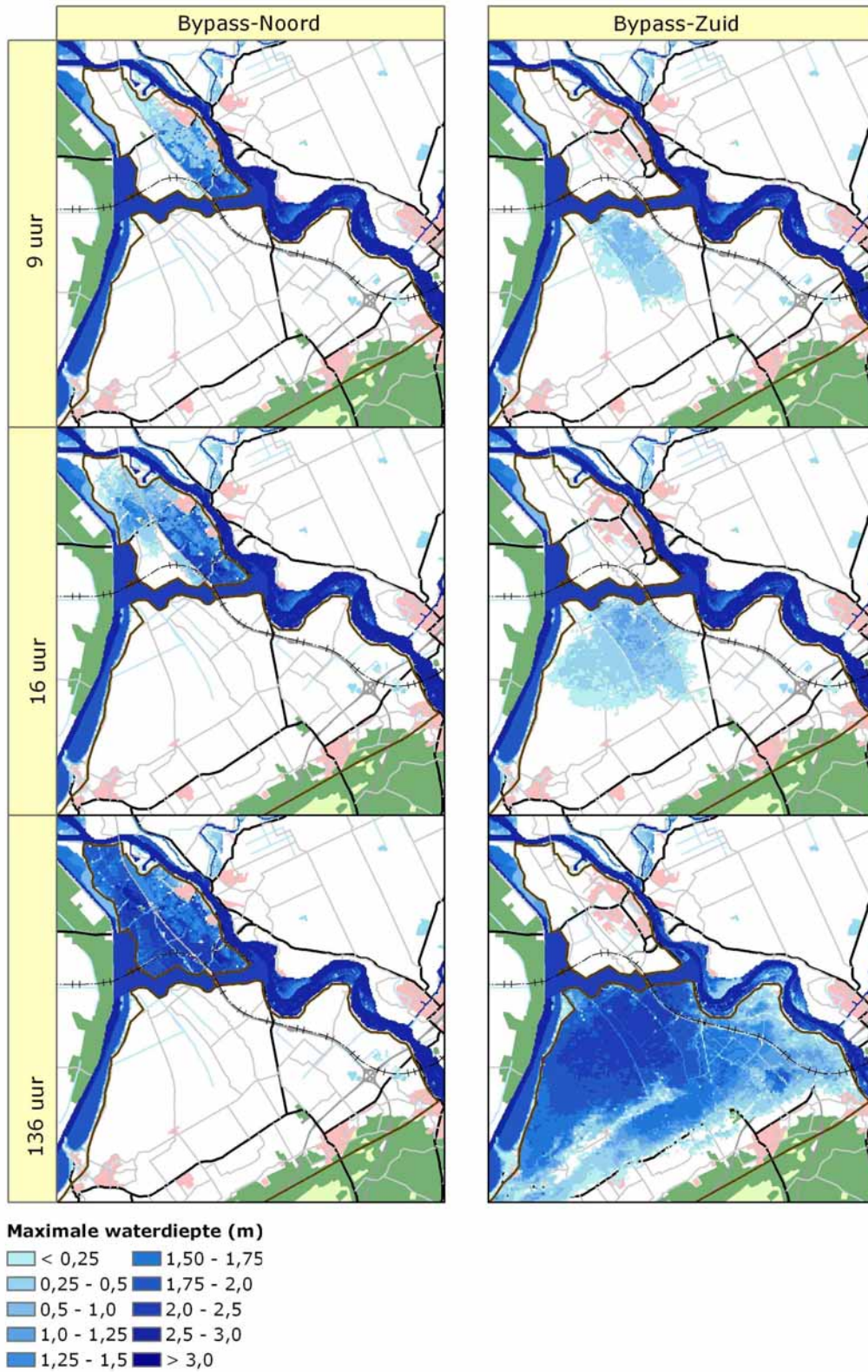


**Doorbraaklocatie Bypass-Noord**

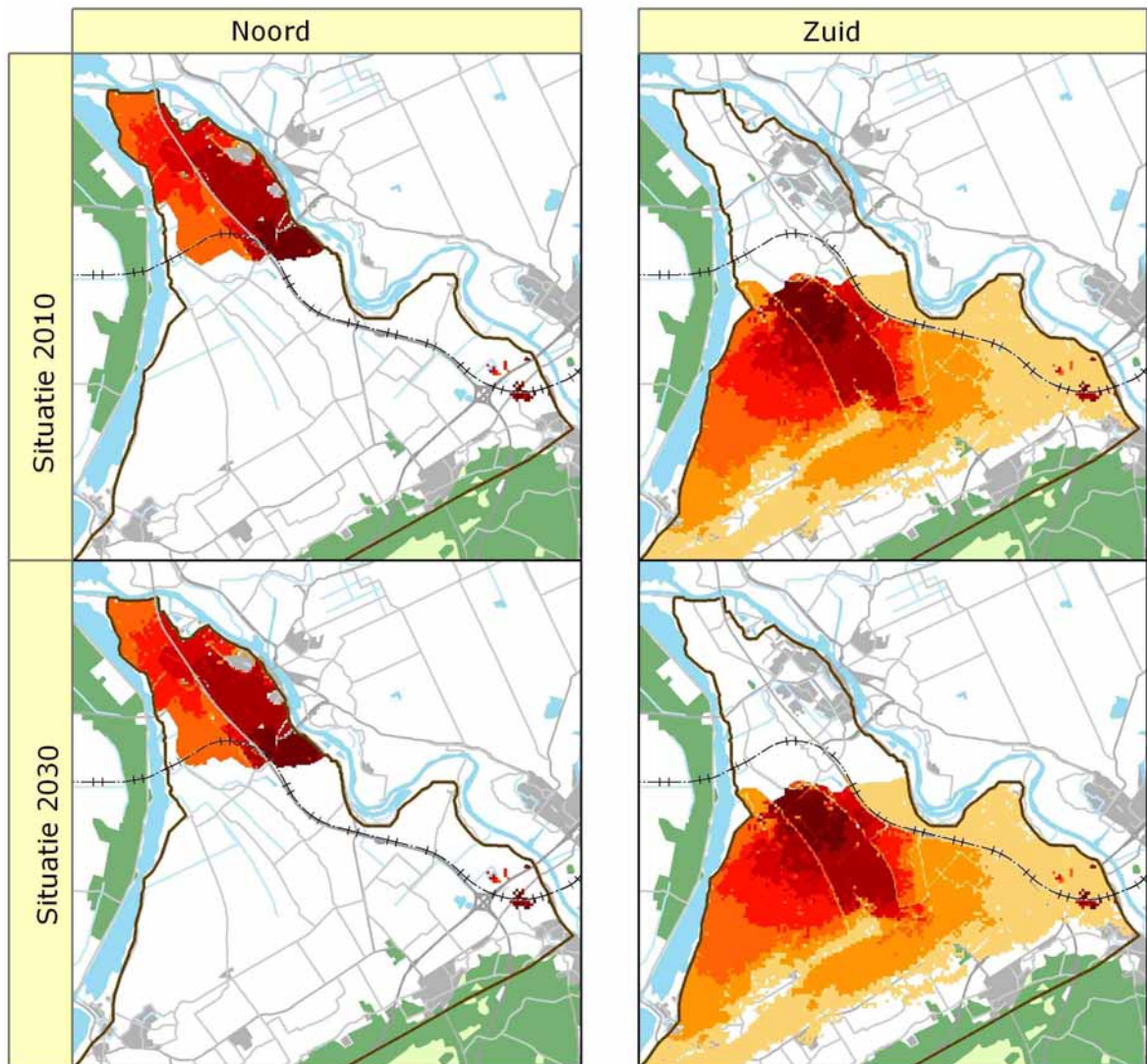
Het water stroomt in noordelijk richting en wordt in eerste instantie door de N764 tijdelijk opgehouden. Vervolgens stroomt het over de N764 en onder de Hanzelijn door waardoor Kampen vanuit het zuidwesten onderloopt. De N50 werkt hierbij als barrière zodat het water enkel vanuit het noordoosten Kampen instroomt en, behalve bij de kruising met de Hanzelijn, (nog) niet in westelijk richting. Na ruim 12 uur stroomt het water ten noorden van de N307 onder de N50 door en verspreidt het water zich naar zowel het noorden als naar het zuiden tot aan de bypass. De N307 en de Hanzelijn vormen hierbij een tijdelijk barrière. In beide scenario's blijft alleen het stadscentrum van Kampen droog. In vergelijking met de situatie 2010 treden er in de situatie 2030 waar de nieuwe woonwijken zijn meegenomen geen significant andere overstromingspatronen op.

**Doorbraaklocatie Bypass-Zuid**

Het water verspreidt zich in beide situaties eerst in zuidoostelijk richting Kamperveen. Het water stuwt zich op tegen de Hogeweg totdat deze overloopt in oostelijk richting en het water verspreidt zich dan ook sneller in westelijke richting. Na een dag bereikt het waterfront Elburg en nog een dag later Oosterwolde. De Hanzelijn fungeert als tijdelijk barrière voor verspreiding in oostelijke richting. In beide scenario's reikt het water uiteindelijk vanaf de zuidelijke dijk van de bypass tot de IJssel in het oosten, en tot het zuiden van Elburg tot voorbij knooppunt Hattemerbroek. In vergelijking met de situatie 2010 treden er in de situatie 2030 waar de nieuwe woonwijken zijn meegenomen geen significant andere overstromingspatronen op.



Figuur 28: Overstromingspatroon na een doorbraak in de keringen van de bypass in situatie 2010.



#### Arriveren waterfront

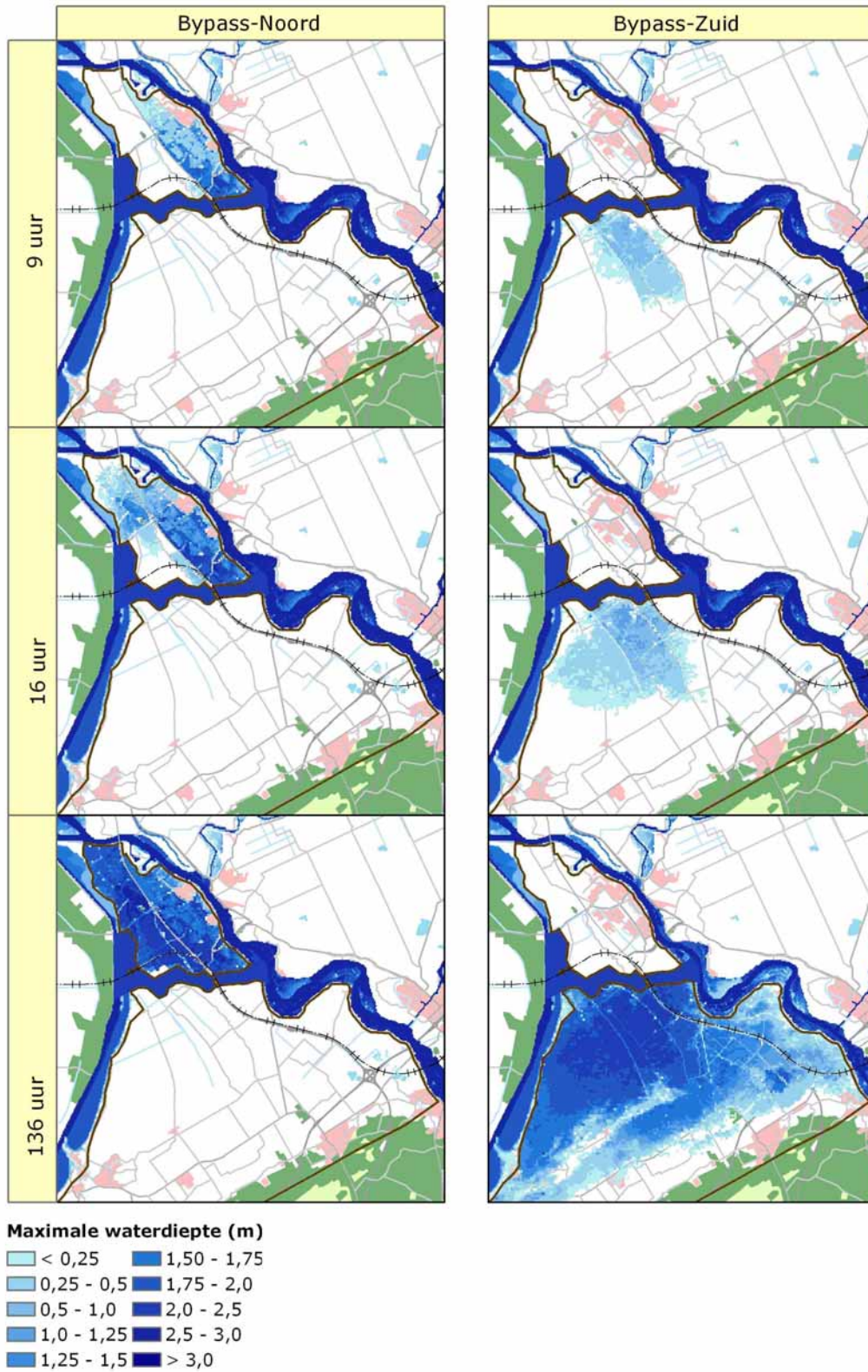
- na 3 uur
- na 9 uur
- na 12 uur
- na 16 uur
- na 24 uur
- na 2 dagen
- na een week

Figuur 29: Arriveren waterfront doorbraak in de keringen van de bypass in situatie 2010.

#### Conclusie

- Bij bres in de noordelijke dijk van de bypass wordt de maximale waterdiepte in stedelijk gebied 2 meter en in het buitengebied wordt die 2,5 meter;
- Bij een bres in de zuidelijke dijk van de bypass ontstaat na 12 uur de maximale waterdiepte nabij Kamperveen van 3 meter.





Figuur 30: Overstromingspatroon na een doorbraak in de keringen van de bypass in situatie 2030.

## 4.6 Slotopmerkingen bij het overstromingspatroon

Een doorbraak bij "Kampen-Zuid" zal een waterstandsdeling op de IJssel veroorzaken, vergelijkbaar met het effect van de bypass. Door deze waterstandsdeling is het verval over de inlaat bij de bypass lager en zal er minder water worden onttrokken dan beoogt. Het overstromingsmodel houdt hier geen rekening mee en voldoet daarom niet voor deze situatie. Daarom is voor doorbraaklocatie "Kampen-Zuid" een ondergrens en een bovengrens berekend voor de effecten van een doorbraak in dijkkring 11a. Voor de ondergrens is een piekafvoer op de IJssel bij Kampen-Zuid van 2.146 m<sup>3</sup>/s gehanteerd en voor de bovengrens een piekafvoer op de IJssel van 2.492 m<sup>3</sup>/s.

De bovengrens is bepaald door, uitgaande van een werkende bypass, de maximale waterstandsdeling bij de bypass te berekenen. Op basis van deze waterstandsdeling kan de maximale verlaging van het debiet over de bypass worden berekend. Op analoge wijze kan ook de ondergrens scherper worden gesteld: bij een IJsselafvoer van 2.146 m<sup>3</sup>/s bij Kampen-Zuid is het maximale bresdebiet 380 m<sup>3</sup>/s en zal maximaal 544 m<sup>3</sup>/s (in plaats van 700 m<sup>3</sup>/s) naar de bypass worden afgevoerd.

Voor de breslocaties "De Zandjes" en "Kampen-Noord" is uitgaan van een noordwesterstorm van 35 uur bij een gemiddelde meerwaterstand op het Ketelmeer van NAP-0,40 m. Als, na de storm de waterstanden op het Ketelmeer hoger zijn zal de buitenwaterstand hoger zijn en kan er meer water in dijkkring 11a stromen, waardoor de waterdiepten meer zullen toenemen. Het instroomdebiet zal echter beperkt zijn omdat het verval over de bres relatief klein is. Ook zal na de storm een aanvang gemaakt kunnen worden met het dichten van de bres.

In de overstromingsberekeningen is een conservatieve aanname gedaan met betrekking tot de samenstelling van de dijken. Voor de samenstelling is aangenomen dat het zanddijken zijn. In geval van kleidijken zal de bres zich minder snel en breed ontwikkelen. Voor de doorbraaklocatie "de Zandjes" betekent dit dat de uiteindelijke bresbreedte niet 200 meter, maar 50 meter, wordt. Op het overstromingspatroon heeft dit weinig effect: de resultaten zijn vergelijkbaar, maar er treedt een vertraging op in de stijgsnelheid. De verklaring hiervoor is dat de stormduur relatief kort is en de bres ontstaat op moment van de maximale waterstand (daarna nog 17,5 uur storm). In geval van een doorbraak zal het meeste water in de eerste uren na doorbraak binnenstromen waarbij voor zowel de een kleidijk als een zanddijk de bresbreedte nog beperkt is.

Ook voor de doorbraaklocatie "Bypass-Noord" is gekeken naar de gevoeligheid voor de bresbreedte, vooral omdat bij een bres in de dijken van de bypass relatief veel water vanuit de bypass het gebied instroomt (ongeveer 85%). Als uitgegaan wordt van een bresbreedte van 75 meter (in plaats van 160 meter) verloopt de overstroming trager, maar uiteindelijk komt er ordegruotte hetzelfde volume water in dijkkringgebied 11a. Ook bij een bresbreedte van 60 meter is de maximale waterdiepte 2,5 meter.



## 5 Schade en slachtoffers

Dit hoofdstuk geeft de resultaten van de schade- en slachtofferberekening voor elke doorbraaklocatie. De schade is het totaal bedrag in miljoenen euro berekend voor dijkkring 11 (IJsseldelta), 11a (IJsseldelta ten noorden van de bypass) en 11b (IJsseldelta ten zuiden van de bypass). De totale schade van dijkkring 11 kan hoger zijn dan de som van dijkring 11a en 11b door de schade in het gebied van de bypass. Het aantal getroffen personen representeert het aantal inwoners met overlast als gevolg van de overstroming. Deze zijn op honderdtal afgerond. Het aantal slachtoffers geeft een rekenkundige verwachting van het aantal mensen dat om zal komen als gevolg van de overstroming. Hierbij spelen factoren als waterdiepte, stroomsnelheid en stijgsnelheid een rol. In de berekeningen is *geen* rekening gehouden met evacuatie. De resultaten zijn weergegeven in tabellen waarbij de situatie met en zonder bypass naast elkaar is weergegeven en de situatie 2010 en 2030 onder elkaar.

	<b>Aantal inwoners, situatie 2010</b> [x 1000 personen]	<b>Aantal inwoners, situatie 2030</b> [x 1000 personen]
Dijkring 11	83,0	74,0
Dijkring 11a	35,5	30,4
Dijkring 11b	46,7	43,5

Tabel 5: Aantal inwoners in dijkkring 11, dijkkring 11a en dijkkring 11b.

### 5.1 Doorbraaklocatie De Zandjes

Tabel 6 geeft de resultaten van de schade- en slachtofferberekening voor een bres bij 'De Zandjes'. In dit scenario wordt in de situatie 2010 de schade in de gehele dijkkring in zijn geheel door de schade in dijkkring 11a bepaald. In de situatie 2030 zonder bypass, neemt de totale schade, getroffen personen en slachtoffers licht toe. De getallen liggen echter wel in dezelfde orde van grootte als in de situatie 2010. Dit wordt veroorzaakt doordat bij een doorbraak vanuit de Zandjes de nieuwbouwlocaties relatief weinig overstromen. De autoweg zorgt ervoor dat het water relatief lang ten westen van de A50 blijft, waar geen nieuwbouwlocaties liggen. Met bypass, neemt de schade en slachtofferaantal in dijkkring 11b licht toe. Ook deze ligt echter nog in dezelfde orde van grootte als zonder bypass.

	<b>Zonder bypass</b>			<b>Met bypass</b>		
	<b>Schade</b> [Meuro]	<b>Getroffenen</b> [x1000]	<b>Slachtoffers</b>	<b>Schade</b> [Meuro]	<b>Getroffenen</b> [x1000]	<b>Slachtoffers</b>
<b>Situatie 2010</b>						
Dijkring 11	206	7,9	10			
Dijkring 11a	206	7,9	10	241	10,7	10
Dijkring 11b	0	0	0	0	0	0
<b>Situatie 2030</b>						
Dijkring 11	262	9,6	10			
Dijkring 11a	262	9,6	10	305	12,3	10
Dijkring 11b	0	0	0	0	0	0

Tabel 6: Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie De Zandjes.

Conclusie:

- Bij een doorbraaklocatie bij 'De Zandjes' zorgt de toenemende economische waarde van het gebied (situatie 2030) voor een toename in de schade en slachtoffers;
- Het aantal schade en slachtoffers ligt echter in dezelfde orde van grootte in de situatie met en zonder bebouwing;
- Het aanleggen van de bypass heeft voor de doorbraaklocatie bij De Zandjes geen grote toename in de schade.

## 5.2 Doorbraaklocatie Kampen-Noord

Tabel 7 geeft de resultaten van de schade- en slachtofferberekening voor een bres bij 'Kampen-Noord' bij storm omstandigheden. In de situatie 2010 wordt de schade in de gehele dijkkring door de schade in dijkkring 11a bepaald. Met bypass is de totale schade, getroffen en slachtoffers gelijk aan de situatie zonder bypass.

Door de geplande ontwikkelingen tussen 2010 en 2030 neemt de totale schade en slachtoffers toe. Deze toename komt alleen door de nieuwbouwlocaties. Ook in de situatie 2030 zijn de schade, getroffen en slachtoffers gelijk in de situatie met en zonder bypass.

	Zonder bypass			Met bypass		
	Schade [Meuro]	Getroffenen [x1000]	Slachtoffers	Schade [Meuro]	Getroffenen [x1000]	Slachtoffers
<b>Situatie 2010</b>						
Dijkkring 11	351	15,5	20			
Dijkkring 11a	351	15,5	20	351	15,5	20
Dijkkring 11b	0	0	0	0	0	0
<b>Situatie 2030</b>						
Dijkkring 11	416	17,1	20			
Dijkkring 11a	416	17,1	20	416	17,1	20
Dijkkring 11b	0	0	0	0	0	0

Tabel 7: Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie Kampen-Noord.

Conclusie:

- Bij een overstroming met een doorbraaklocatie bij Kampen-Noord onder stormomstandigheden, blijft het aantal slachtoffers (20 als referentiewaarde) en de economische schade in 2010 gelijk bij de aanleg van wel of geen bypass;
- De toenemende economische waarde van het gebied (situatie 2030) veroorzaakt een extra toename in de schade van circa 17%. Het aantal slachtoffers is in 2030 gelijk bij wel of geen bypass aanleggen.



### 5.3 Doorbraaklocatie Kampen–Zuid

Tabel 8 geeft de resultaten van de schade- en slachtofferberekening voor een bres bij Kampen-Zuid zonder bypass. De schade in de dijkkring voor tweederde bepaald door de schade in dijkkring 11a. In de situatie 2030 neemt de totale schade, getroffen en slachtoffers ten gevolge van de toegenomen economische waarde in het gebied. De schade, getroffen en slachtoffers in dijkkring 11a nemen meer toe dan in dijkkring 11b.

	<b>Zonder bypass</b> <b>Qijssel max 2.846m<sup>3</sup>/s</b>		
	<b>Schade</b> <b>[Meuro]</b>	<b>Getroffenen</b> <b>[x1000]</b>	<b>Slachtoffers</b>
<b>Situatie 2010</b>			
Dijkkring 11	1508	38,9	140
Dijkkring 11a	937	22,1	100
Dijkkring 11b	560	16,8	40
<b>Situatie 2030</b>			
Dijkkring 11	1858	45,9	180
Dijkkring 11a	1206	26,9	140
Dijkkring 11b	637	18,8	40

Tabel 8: Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie Kampen-Zuid, zonder bypass.

In de situatie met bypass is een ondergrens en een bovengrens aan de schade en slachtoffers berekend (zie ook paragraaf 4.3). Met de bypass neemt de totale schade in dijkkring 11 hierdoor af, de schade in dijkkring 11a neemt toe door de bypass. Met de bypass neemt het aantal slachtoffers in dijkkring toe met een bovengrens van orde 50%

	<b>Met bypass – ondergrens</b> <b>Qijssel max 2.146 m<sup>3</sup>/s</b>			<b>Met bypass – bovengrens</b> <b>Qijssel max 2.492 m<sup>3</sup>/s</b>		
	<b>Schade</b> <b>[Meuro]</b>	<b>Getroffenen</b> <b>[x1000]</b>	<b>Slachtoffers</b>	<b>Schade</b> <b>[Meuro]</b>	<b>Getroffenen</b> <b>[x1000]</b>	<b>Slachtoffers</b>
<b>Situatie 2010</b>						
Dijkkring 11						
Dijkkring 11a	1090	21,8	130	1323	26,9	230
Dijkkring 11b	0	0	0	0	0	0
<b>Situatie 2030</b>						
Dijkkring 11						
Dijkkring 11a	1386	26,3	160	1675	31,3	290
Dijkkring 11b	0	0	0	0	0	0

Tabel 9: Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie Kampen-Zuid, met bypass (onder- en bovengrens).

## Conclusie:

- De toenemende economische waarde en meer inwoners van het gebied (situatie 2030) veroorzaakt een extra toename van het aantal slachtoffers opzichte van 2010 en een schadetoename van circa 30%;
- Met de bypass neemt de totale overstromingsschade af omdat het zuidelijke deel door de bypass wordt 'beschermd'. Beschouwd voor alleen dijkkring 11a neemt de totale schade door de bypass toe;
- Met de bypass zal het aantal slachtoffers liggen tussen minimaal gelijk en maximaal 50% extra ten opzichte van de situatie zonder de bypass.

## 5.4 Doorbraaklocatie Zalk

Tabel 10 geeft de resultaten van de schade- en slachtofferberekening voor een bres bij Zalk met rivier dominante omstandigheden. In dit scenario wordt in de situatie 2010 zonder bypass de schade in de gehele dijkkring voor de helft bepaald door de schade in dijkkring 11a. In de situatie 2030 zonder bypass is dit bijna driekwart. De totale schade, getroffen en slachtoffers nemen toe door de toename in economische waarde in het gebied.

	Zonder bypass			Met bypass		
	Schade [Meuro]	Getroffenen [x1000]	Slachtoffers	Schade [Meuro]	Getroffenen [x1000]	Slachtoffers
<b>Situatie 2010</b>						
Dijkkring 11	1737	42,9	150			
Dijkkring 11a	973	21,4	90	0	0	0
Dijkkring 11b	753	21,4	60	925	24,1	80
<b>Situatie 2030</b>						
Dijkkring 11	2119	46,6	180			
Dijkkring 11a	1234	26,0	120	0	0	0
Dijkkring 11b	869	23,5	60	1054	26,1	80

Tabel 10: Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie Zalk.

In de situatie met bypass ligt het schade en slachtofferaantal in dijkkring 11b in dezelfde orde van grootte. In dijkkring 11a is de schade en het slachtofferaantal tot nul gereduceerd, aangezien dit gedeelte van de dijkkring niet meer overstroomt. De totale schade en slachtoffers is door het aanleggen van de bypass ongeveer gehalveerd voor een doorbraaklocatie bij Zalk.

## Conclusie:

- Bij een overstroming met een doorbraaklocatie bij Zalk halveert bijna het aantal slachtoffers (van referentiewaarde 150 tot 80). De schade neemt door de bypass wel toe met circa 23%;
- De toenemende economische waarde van het gebied (situatie 2030) zorgt voor een toename in de schade met 30%;
- Het aantal slachtoffers is in 2030 ten opzichte van 2010 gelijk bij een bypass aanleggen en neemt zonder bypass toe met 20% (30 als referentiewaarde).

## 5.5 Doorbraaklocatie in de bypass

Tabel 11 geeft de resultaten van de schade- en slachtofferberekening voor een bres bij 'Bypass-Noord' en 'Bypass-Zuid'. De schade en slachtoffer aantallen zijn een orde tweemaal zo groot bij een bres in de noordelijk dijk van de bypass, dan in de zuidelijke dijk.

	Bypass-Noord			Bypass-Zuid		
	Schade [Meuro]	Getroffenen [x1000]	Slachtoffers	Schade [Meuro]	Getroffenen [x1000]	Slachtoffers
<b>Situatie 2010</b>						
Dijkkring 11						
Dijkkring 11a	1184	23,7	140	0	0	0
Dijkkring 11b	0	0	0	664	18,2	50
<b>Situatie 2030</b>						
Dijkkring 11						
Dijkkring 11a	1543	29,0	180	0	0	0
Dijkkring 11b	0	0	0	745	20,1	50

Tabel 11: Schade en slachtoffer berekening, doorbraaklocatie Bypass-Noord en Bypass-Zuid.

Door de toename in economische waarde van het gebied neemt de schade in 2030 toe. De toename is in dijkkring 11a groter dan in dijkkring 11b om twee redenen: 1) in dijkkring 11a wordt een sterkere ontwikkeling in economische activiteit verwacht en 2) in dijkkring 11a ontstaat een grotere waterdiepte. Voor dijkkring 11b, liggen de schade en slachtoffergetallen in de situatie 2010 in dezelfde orde van grootte als in de situaties 2030.

Conclusie:

- De omvang van schade en slachtoffers is bij een doorbraak van de noordelijke dijk van de bypass vergelijkbaar met een doorbraak bij in Kampen-Zuid;
- Bij een overstroming met een doorbraaklocatie vanuit de bypass zorgt de toenemende economische waarde van het gebied (situatie 2030) in dijkkring 11a voor een toename in de schade en slachtoffers;
- Voor dijkkring 11b ligt het aantal schade en slachtoffers in dezelfde orde van grootte in de situatie met en zonder bebouwing. Een doorbraak in het zuidelijke dijktracé van de bypass zorgt veroorzaakt een aantal slachtoffers en schade in orde grootte van 2/3 van een doorbraak in de IJsseldijk bij Zalk.

## 5.6 Slotopmerkingen bij schade en slachtoffers

In de berekeningen is uitgegaan van het functioneren van de bypass. Afhankelijk van de gehanteerde benadering wordt er maximaal 354 m<sup>3</sup>/s of 700 m<sup>3</sup>/s onttrokken aan de IJssel. In paragraaf 4.6 is aangegeven dat in de ondergrensbenadering de afvoer naar de bypass te hoog is: de afvoer naar de bypass zal bij een doorbraak bij Kampen-Zuid niet hoger zijn dan 544 m<sup>3</sup>/s. De realiteit zal daarom dichterbij de gepresenteerde bovengrens liggen dan bij de gepresenteerde ondergrens (Tabel 9).

Het effect van een bres bij "Kampen-Zuid" is, zonder hydraulische modelberekeningen, niet beter in te schatten. Voor een betere inschatting is het nodig dat het overstromingsmodel wordt aangepast zodanig dat de gevolgen van een bres langs de IJssel op de afvoer naar de bypass wordt meegenomen in de berekening.

## 6 Samenvatting

Hoogwater in de benedenloop van de IJssel wordt bepaald door twee factoren: hoge IJsselafvoer en hoge waterstanden op het IJsselmeer en Ketelmeer. Om de toekomstig grotere waterafvoer van de IJssel te kunnen opvangen is in de Planologische Kernbeslissing "Ruimte voor de Rivier" een zomerbedverdieping over 22 km tussen Hattem en de IJsselmonding opgenomen, met als mogelijke vervolgmaatregel de aanleg van een bypass bij Kampen. De bypass loopt ten zuiden van Kampen en verbindt de IJssel met het Drontermeer en Vossemeer.



De bypass splitst dijkkring 11 in twee kleinere 'dijkringen': dijkkring 11a ten noorden van de bypass en dijkkring 11b ten zuiden van de bypass. De stuurgroep IJsseldelta-Zuid heeft besloten een rapport over schade en slachtoffers als gevolg van overstroming op te laten stellen, gebruik makend van de meest actuele inzichten en gegevens over de inrichting van dijkkring 11. Hierin worden de gevolgen van een overstroming van dijkkring 11 (IJsseldelta), met en zonder de bypass, met elkaar vergeleken. Dit wordt gedaan voor zowel de huidige situatie als voor de situatie in 2030 waarin woningbouw en bedrijvenlocaties zijn ontwikkeld. In de berekeningen voor de situatie 2010 zijn ook de A50 en de Hanzelijn meegenomen.

De effecten op de overstromingskans zijn nog niet in beeld gebracht. Wel is een kwalitatief beeld gegeven van factoren die van invloed zijn op het verhogen en verlagen van de veiligheid door de bypass. In het algemeen kan men zeggen dat de aanleg van de bypass een positief effect op de overstromingskansen zal hebben van de bestaande primaire a-waterkeringen van dijkkring 11.

Deze actualisatie richt zich niet op het kwantitatief bepalen van overstromingsrisico's. Dat wordt landelijk voorbereid voor alle dijkringen. Besluitvorming is in 2012 gepland en kan voor bepaalde dijkringen leiden tot aanpassing van de huidige veiligheidsnorm. Deze actualisering richt zich op de gevolgen van een dijkdoorbraak.

De toegepaste rekenmethode van schade en slachtoffers is ontwikkeld voor geheel Nederland om inzicht te krijgen in de gevolgen van een overstroming. Het gaat hierbij om de 'orde van grootte' van de getallen. Het instrument is met name geschikt om scenario's met elkaar te vergelijken en daarmee inzicht te krijgen in het effect in schade en slachtoffers van het ene scenario ten opzichte van het andere. Bij de berekening wordt gebruik gemaakt van de standaardmethode met per locatie de maximale overstromingsdiepte, maximale stroomsnelheid en stijgsnelheid. In de berekening wordt geen rekening gehouden met een eventuele evacuatie. Preventief evacueren kan het aantal slachtoffers met 80-90 % reduceren. Als eenmaal een dijkdoorbraak plaatsvindt zijn evacuatiemogelijkheden naar elders nagenoeg onmogelijk. Wel is dan nog evacuatie naar bovenverdiepingen mogelijk.

Vergeleken zijn de gevolgen van een overstroming van dijkkring 11 (IJsseldelta), met en zonder de bypass voor de huidige situatie en de situatie in 2030 waarin nieuwe woningbouw- en bedrijvenlocaties zijn gerealiseerd. In de berekeningen zijn de meest actuele gegevens van de plannen en topografie verwerkt. Er zijn zes doorbraaklocaties onderzocht die representatief worden geacht voor de dijken van dijkkring 11 met bypass. Voor 20 punten is specifiek de ontwikkeling van de waterhoogte ten opzichte van maaiveld gerapporteerd. Voor de belasting van de dijken is uitgegaan van twee combinaties voor IJsselafvoer en waterstanden op het Ketelmeer.

Samengevat zijn de gevolgen van dijkdoorbraak in dijkkring 11:

Doorbraaklocatie De Zandjes

- In 2010 treedt na 12 uur een maximale waterhoogte boven maaiveld op van circa 1 meter met en zonder bypass. In 2030 is de maximale waterhoogte 1,2 meter;
- Bebouwde gebieden in Kampen blijven grotendeels droog, alleen in de Maten en omgeving stijgt het waterpeil maximaal 25 cm boven maaiveld;
- Na ongeveer een dag is het water peil gedaald tot minder dan 25 cm, met uitzondering van laaggelegen gebieden in de oksel van de Hanzelijn;
- Bij een doorbraaklocatie bij 'De Zandjes' zorgt de toenemende economische waarde van het gebied (situatie 2030) voor een toename in de schade en slachtoffers;
- Het aantal schade en slachtoffers ligt echter in dezelfde orde van grootte in de situatie met en zonder bebouwing;
- Het aanleggen van de bypass heeft voor de doorbraaklocatie bij De Zandjes geen grote toename in de schade.

Doorbraaklocatie Kampen-Noord

- Na 5 uur wordt in de buurt van de doorbraaklocatie een maximale waterdiepte van 65 cm bereikt. Dat neemt binnen 24 uur af naar 10 cm;
- Na 18 uur wordt in Kampen-Zuid een waterdiepte van 18 cm bereikt;
- De bypass heeft geen effect voor de waterdiepte en evenmin is er verschil in overstromingspatroon tussen 2010 en 2030;
- Bij een overstroming met een doorbraaklocatie bij Kampen-Noord onder stormomstandigheden, blijft het aantal slachtoffers (20 als referentiewaarde) en de economische schade in 2010 gelijk bij de aanleg van wel of geen bypass;
- De toenemende economische waarde van het gebied (situatie 2030) veroorzaakt een extra toename in de schade van circa 17%. Het aantal slachtoffers is in 2030 gelijk bij wel of geen bypass aanleggen.

Doorbraaklocatie Kampen-Zuid

- Effect van de bypass is bepaald door een ondergrens en een bovengrens aan het overstromingspatroon te berekenen;
- De binnenstad van Kampen en de directe omgeving daarvan blijft droog;

- Er is weinig verschil in overstromingspatroon tussen situatie 2010 en 2030;
- Zonder bypass stroomt geheel dijkkring 11 onder met grootste waterhoogte van circa 3 meter nabij Kamperveen;
- Zonder bypass is de maximale waterdiepte in stedelijk gebied Kampen na 12 uur 1,8 meter. In de situatie 2030 wordt de maximale waterdiepte 1,9 meter na 48 uur;
- Door de bypass neemt de maximale waterdiepte toe met 60 tot 110 cm; het verschil tussen de ondergrens en bovengrens is 40-50 cm;
- De toenemende economische waarde en meer inwoners van het gebied (situatie 2030) veroorzaakt een extra toename van het aantal slachtoffers opzichte van 2010 en een schadetoename van circa 30%;
- Met de bypass neemt de totale overstromingsschade af omdat het zuidelijke deel door de bypass wordt 'beschermd'. Beschouwd voor alleen dijkkring 11a neemt de totale schade door de bypass toe;
- Met de bypass zal het aantal slachtoffers liggen tussen minimaal gelijk en maximaal 50% extra ten opzichte van de situatie zonder de bypass.

#### Doorbraaklocatie Zalk

- Zonder bypass overstroomt gehele dijkkring 11, met grootse waterdiepte van 3,30 m nabij Kamperveen en waterdiepte in stedelijk gebied Kampen van circa 1,50 meter;
- Met bypass blijft Kampen en omgeving droog en stijgt water ten zuiden van de bypass tot een maximum van 3,60 nabij Kamperveen;
- Verschillen tussen 2010 en 2030 in overstromingspatroon zijn klein;
- Bij een overstroming met een doorbraaklocatie bij Zalk halveert bijna het aantal slachtoffers (van referentiewaarde 150 tot 80). De schade neemt door de bypass wel toe met circa 23%;
- De toenemende economische waarde van het gebied (situatie 2030) zorgt voor een toename in de schade met 30%;
- Het aantal slachtoffers is in 2030 ten opzichte van 2010 gelijk bij een bypass aanleggen en neemt zonder bypass toe met 20% (30 als referentiewaarde).

#### Doorbraaklocatie in de bypass

- Bij bres in de noordelijke dijk van de bypass wordt de maximale waterdiepte in stedelijk gebied 2 meter en in het buitengebied wordt die 2,5 meter;
- Bij een bres in de zuidelijke dijk van de bypass ontstaat na 12 uur de maximale waterdiepte nabij Kamperveen van 3 meter;
- De omvang van schade en slachtoffers is bij een doorbraak van de noordelijke dijk van de bypass vergelijkbaar met een doorbraak bij in Kampen-Zuid;
- Bij een overstroming met een doorbraaklocatie vanuit de bypass zorgt de toenemende economische waarde van het gebied (situatie 2030) in dijkkring 11a voor een toename in de schade en slachtoffers;
- Voor dijkkring 11b ligt het aantal schade en slachtoffers in dezelfde orde van grootte in de situatie met en zonder bebouwing. Een doorbraak in het zuidelijke dijktracé van de bypass zorgt veroorzaakt een aantal slachtoffers en schade in orde grootte van 2/3 van een doorbraak in de IJsseldijk bij Zalk.

### **Samenvattende conclusies**

Bij dijkdoorbraken ten noorden van de binnenstad van Kampen door hoogwater door storm is er geen verschil in aantallen slachtoffers. Bij een dijkdoorbraak door een hoge IJsselafvoer ten zuiden van de binnenstad van Kampen zal het aantal slachtoffers door de aanleg van de bypass minimaal gelijk blijven en maximaal met 50% toenemen, uitgaande dat de bypass functioneert.



Een dijkdoorbraak bij Zalk leidt met de bypass tot halvering van het aantal slachtoffers in dijkkring 11 omdat de bypass dan het noordelijk deel van de dijkkring 'beschermd'. Een vergelijkbaar patroon geldt voor de schadeontwikkeling.

In een vergelijking tussen de schade bij de verschillende doorbraaklocaties in 2010 en 2030 is sprake van een schade- en slachtoffertoename in 2030. Die wordt veroorzaakt door extra investeringen in woningen en bedrijven en de groei van het aantal inwoners. De aanleg van wel of geen bypass heeft hierop geen invloed.

Op de huidige beschikbare kennis van het effect van de bypass op de overstromingskans van dijkkring 11 is aanvulling noodzakelijk. Probabilistische berekeningen zijn nodig om het effect van de bypass onder verschillende omstandigheden (meerpeil, rivierafvoer, wind) te bepalen.

## 7 Referenties

- DHV, 2005: Bypass Kampen.  
Opdrachtgever provincie Overijssel, dossier W3147.01.005, concept, 23 mei 2005.
- Gemeente Elburg, 2007: Visie wonen en werken Elburg.  
Gemeente Elburg, <http://www.elburg.nl/content.jsp?objectid=41080>, 21 mei 2007.
- Gemeente Kampen, 2009: Kampen Structuurvisie 2030 – toekomstperspectief voor de IJsseldelta.  
KuiperCompagnons, april 2009.
- HKV, 2005: Aandachtspunten Bypass Kampen.  
Opdrachtgever waterschap Groot Salland, HKV, Pr1075.10, november 2005.
- HKV, 2006a: Bypass Kampen – Effect vegetatieontwikkeling op dimensionering.  
Opdrachtgever waterschap Groot Salland, HKV, Pr1075.20, maart 2006.
- HKV, 2006b: Bypass Kampen – overstromingsberekeningen.  
Opdrachtgever waterschap Groot Salland, HKV, Pr1075.30, juni 2006.
- HKV, 2006c: Bypass Kampen – risico-inventarisatie op basis van faalmechanismen.  
Opdrachtgever waterschap Groot Salland, HKV, Pr1075.30, juni 2006.
- Huizinga, H.J., A. Barendregt, en T.C. Meijerink, 2004: Bepaling schadekentallen voor de situaties 1960, 200 en 2040 in dijkkring 43.  
HKV, 2004.
- Kolen, B., 2009: Van dreigend hoogwater tot en met evacuatie.  
Opdrachtgever: Leven met Water, HKV, Pr1115.10, april 2009.
- Verheij H.J. en Van der Knaap, 2002: Modification breach growth model in HIS-OM.  
H.J. Verheij. (WL | Delft Hydraulics), Q3299, november 2002.
- Verkeer en Waterstaat, 2007a: Tracébesluit Hanzelijn – anticiperen Bypass IJssel.  
Verkeer en Waterstaat, mei 2007.
- Verkeer en Waterstaat, 2007b: Waterveiligheid Begrippen begrijpen.  
Verkeer en Waterstaat, november 2007.
- Waterdienst, 2009: Toekomstvastheid van de hoogwatergeul in de IJsseldelta.  
Quick scan naar de consequenties van het advies van de Deltacommissie voor de hoogwatergeul bij Kampen.  
Rijkswaterstaat, rapportnummer 2009.005, versie 3, definitief, 8 april 2009.



## **Bijlagen**



## Bijlage A: Afkortingen en verklarende woordenlijst

### A.1. Beschrijving methode

CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
DWW	Dienst Weg- en Waterbouw (het deel Waterbouw is opgegaan in de Waterdienst)
HIS	Hoogwater Informatiesysteem
NAP	Normaal Amsterdams Peil
PKB	Planologische KernBeslissing
SSM	Schade- en Slachtoffersmodule

### A.2. Verklarende woordenlijst

Bres	Gat in de waterkering waardoor water het gebied kan instromen.
Getroffenen	Het aantal inwoners met overlast als gevolg van de overstroming.
Gevolg	Gevolgen van overstroming worden uitgedrukt in het aantal slachtoffers door overstroming en de schade als gevolg van overstroming.
Maaiveld	De hoogte van het grondoppervlak.
Maatgevende omstandigheden	De omstandigheden (zoals rivierafvoeren, zeewaterstanden, wind en golven) die maatgevend zijn voor de hoogte en sterkte van de waterkeringen (VenW, 2007b).
Overstromingskans	De kans dat een dijk doorbreekt en de dijkkring onder water loopt (VenW, 2007b).
Piping	Onderloopsheid: de stroming van water onder de dijk door meevoering van zand en aarde. De dijk verliest hierdoor stabiliteit (VenW, 2007b).
Overstromingsrisico	De kans op een overstroming vermenigvuldigd met de gevolgen. Het overstromingsrisico neemt toe als de kans, de gevolgen of beide groter worden (VenW, 2007b).
Slachtoffers	Rekenkundige verwachting van het aantal mensen dat, als gevolg van de overstroming, zal omkomen.
Waterdiepte	Waterhoogte ten opzichte van maaiveld.



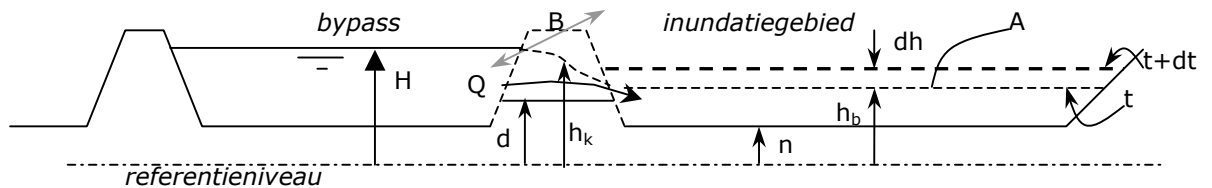


## Bijlage B: Rekenmethode bresdebiet bypass

Een eenvoudige methode om het volstromen van het gebied tussen de bypass en Kampen bij een dijkbreuk rond de Knoop te berekenen, is hieronder beschreven. De formules zijn afgeleid uit [Nortier, I.W. en de Koning, P., 1991]. De uitgangspunten van de methode zijn:

- de waterstand in de bypass blijft constant,
- de groei van de bresbreedte in de tijd is voorgeschreven,
- het bodemniveau in de bres is constant in de tijd.

Het vullen van het gebied is geschematiseerd als onderstaand geschetst.



De grootheden zijn als volgt gedefinieerd:

- $H$  = energiehoogte ( $\approx$  waterstand) in de bypass [m],
- $d$  = drempelniveau onder in de bres [m+NAP],
- $B$  = breedte van de bres (dwars op de bypass) [m],
- $Q$  = debiet door de bres [ $m^3/s$ ],
- $n$  = bodemniveau in het inundatiegebied [m+NAP],
- $h_b$  = waterstand in het inundatiegebied [m+NAP],
- $h_k$  = waterstand in de bres (kruin van de drempel) [m+NAP],
- $A$  = oppervlak van het inundatiegebied [ $m^2$ ],
- $dh$  = toename van de waterstand per tijdseenheid in het gebied [m],
- $t$  = tijd [s],
- $dt$  = tijdstap [s].

De rekenmethode is als volgt:

- De waterstand in het inundatiegebied neemt per tijdseenheid toe door de toestroom  $Q$  van water vanuit de bypass. In formulevorm,

$$Q \cdot dt = A \cdot dh \quad .$$

De waterstandstijging in het gebied is dus,

$$dh = Q / A \cdot dt \quad .$$

- De bres is geschematiseerd als een lange overlaat die volkomen of onvolkomen kan zijn. De afvoerformule van een volkomen overlaat, hangt niet af van de waterstand in het inundatiegebied en luidt,

$$Q = c_v \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g} \cdot B \cdot (H - d)^{3/2} \quad . \quad (A)$$

De coëfficiënt is voor een volkomen overlaat  $c_v = 1$  voor zeer gladde gestroomlijnde overlaten, anders is  $c_v = 0,64$  voor ruwe overlaten (veel verlies).

De afvoerformule van een onvolkomen overlaat, hangt wel af van de waterstand in het inundatiegebied en luidt,

$$Q = B \cdot (h_k - d) \sqrt{2g \cdot (H - h_k)} . \quad (B)$$

De waterstand  $h_k$  in de bres, boven de kruin van de drempel is ongeveer 10 % kleiner dan de benedenwaterstand  $h_b$  in het inundatiegebied. In de praktijk is  $h_b$  veelal bekend, maar  $h_k$  niet. Daarom gebruikt men vaak de formule:

$$Q = c_o \cdot B \cdot (h_b - d) \sqrt{2g \cdot (H - h_b)} . \quad (C)$$

De coëfficiënt is voor een onvolkomen lange overlaat  $c_o$  0,7 tot 1,4 waarbij  $c_o = 1,3$  voor een glooiend benedenbeloop met een klein verval en  $c_o = 0,9$  voor ruwe scherpe drempel (steen) met een groot verval.

- Na het ontstaan van de bres is de overlaat volkomen. Naar mate het gebied zich vult, wordt de overlaat onvolkomen. Het omslagpunt waarbij de overlaat van volkomen naar onvolkomen gaat, wordt bepaald door de stroomsnelheid op de drempel van de bres. Bij een volkomen overlaat is de snelheid op de drempel dusdanig dat het Froudegetal op de drempel één is. Voor een onvolkomen overlaat is het Froudegetal op de drempel kleiner dan één. De situatie met volkomen overlaat levert een Froudegetal op dat één of groter is. Zolang dat het geval is, is de stroming door de bres volkomen en geldt formule A. Is bij toenemende waterstand in het inundatiegebied het Froudegetal van de onvolkomen overlaat lager dan één, dan is de overlaat onvolkomen en geldt formule B. In de rekenmethode wordt iedere tijdstap gecontroleerd of het Froudegetal van de onvolkomen overlaat groter of kleiner dan één is. Op basis van die controle wordt gekozen voor de juiste formule.

Gegeven de waterstanden op een tijdstip  $t$  en de juiste formule voor het debiet door de bres, wordt de waterstandstoename  $dh$  in het inundatiegebied berekend op tijdstip  $t+dt$ . De waterstandstoename wordt dan bij de waterstand (van tijdstip  $t$ ) geteld;  $h+dh$ . Daarna wordt de gehele procedure herhaald voor de volgende tijdstap.

## Bijlage C: Schadebepaling nieuwbouwlocaties HIS-SSM

### C.1. Beschrijving methode

Voor de schadebepaling in de nieuwbouwlocaties worden twee methoden gebruikt: een voor woningbouwlocaties en een voor nieuwbouwlocaties.

#### Methoden woningbouwlocaties

Extra schade in woningbouwlocaties wordt berekend voor: schade aan woningen, schade in stedelijk gebied, aantal getroffen, aantal slachtoffers, schade aan auto's

- Schade aan woningen en stedelijk gebied van woningen wordt berekend aan de hand van de gegevens van de aantallen van nieuwgebouwde en nieuw te bouwen woningen. Conform de standaardmethode HIS-SSM versie 2.5;
- Aantal inwoners wordt bepaald door te rekenen met 1,8 inwoners per woning. In de beschouwing wordt dit vergeleken met werkelijke cijfers en prognoses die door gemeenten zijn toegeleverd;
- Aantal auto's wordt bepaald met de aanname van 0,42 auto per inwoner.

#### Methoden bedrijventerreinen

Aan de hand van de bestemming van het bedrijventerrein wordt aan elk bedrijventerrein een (combinatie van) schadecategorie toegewezen. (schadecategorieën zijn: Delfstoffen, Bouw, Handel/horeca, Transcom, Bank/verzekering, Overheid, Industrie, Nuts, Zorg & overig). In HIS-SSM is aan elk van deze schadecategorieën een schadebedrag gekoppeld. Dit schadebedrag wordt uitgedrukt in schade per arbeidsplaats. Het aantal arbeidsplaatsen wordt geschat door toepassen van methode Huizinga (2004).

$$\text{aantal arbeidsplaatsen} = \frac{\text{oppervlak bedrijventerrein/passend opp per arbeidsplaats}}{\text{per type werkgelegenheid}}$$

Waarbij het passend oppervlak per type werkgelegenheid volgens Huizinga (2004) is aangegeven in onderstaande tabel. In de derde kolom zijn de schadecategorieën van HIS-SSM toegekend aan de categorieën zoals door Huizinga (2004) onderscheiden.

Categorie Huizinga (2004)	'Passend oppervlak per arbeidsplaats'	Schadecategorie
Dienstverlening	100 m <sup>2</sup>	Handel/horeca, Bank/verzekering, Overheid, Nuts, Zorg & overig
Industrie	1000 m <sup>2</sup>	Delfstoffen, Industrie,
Transcom	5000 m <sup>2</sup>	Bouw, Transcom

## C.2 Gegevens woningbouwlocaties

### Gemeente Elburg

Naam	Oppervlak	Aantal woningen situatie 2010	Aantal woningen situatie 2030
Oostendorp	± 25 ha	0	625
Vossenakker	± 12 ha	0	160

### Gemeente Hattem/Oldebroek:

Naam	Oppervlak	Aantal woningen situatie 2010	Aantal woningen situatie 2030
Oosterwolde Groote Woldweg/Schiksweg	± 25 ha	0	50
Oosterwolde Groote Woldweg/Duinkerkerweg	± 59 ha	0	80
Oldebroek West	± 112 ha	102 (fase 1 al gerealiseerd)	589
Hattermerbroek Noord		0	300
Wezep Noord	± 42 ha	199 (fase 1 (79) en fase 2 (120) al gerealiseerd)	246

### Gemeente Kampen

Uitgegaan is van 3800 woningen, waarvan 22% in de stationslocatie, 48% in Onderdijks en afronding Onderdijks en 30% in de oksel.

Naam	Oppervlak	Aantal woningen Situatie 2010	Aantal woningen situatie 2030
Stationslocatie	± 26 ha	0	830
Onderdijks	± 112 ha	511	1094
Afronding Onderdijks	± 31	0	730
Oksel (klimaatdijk)	± 209	0	1140

## C.3 Gegevens bedrijventerreinen

### Gemeente Elburg – Broeklanden

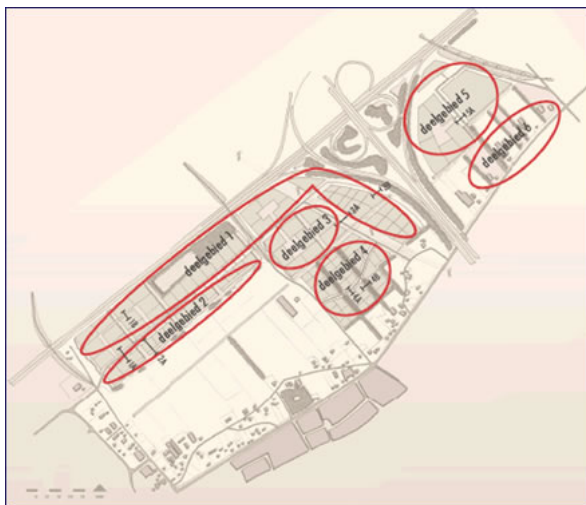
Volgens het bestemmingsplan van Broeklanden is het bedrijventerrein 20 ha groot, waarvan 13 ha voor bedrijven. Het gaat hierbij om kleine en middelgrote bedrijven met een milieuvriendelijke karakter. Voor HIS-SSM hanteren we daarom de schadecategorie 'Handel/horeca'. Het aantal arbeidsplaatsen wordt daarmee:

$$13\text{ha}/0,01 \text{ ha per arbeidsplaats} = 1300 \text{ arbeidsplaatsen}$$

Grondgebruik categorie	Oppervlak	Aantal arbeidsplaatsen Situatie 2010	Aantal arbeidsplaatsen Situatie 2030
Handel/horeca	13 ha	0	1300

### Gemeente Hattem/Oldebroek – Hattemerbroek

Volgens bestemmingsplan zijn er 6 deelgebieden te onderscheiden. Elk deelgebied is een schadecategorie van HIS-SSM toegekend en op basis van een oppervlakte-inschatting het bijbehorende aantal arbeidsplaatsen. Het totale gebied is 70 ha groot. Tot 2010 wordt de eerste 25 ha uitgegeven, en vanaf 2010 telkens 1 a 2 ha per jaar.



Deelgebied (zie figuur)	Grondgebruik categorie HIS-SSM	Oppervlak	Aantal arbeidsplaatsen Situatie 2010	Aantal arbeidsplaatsen Situatie 2030
1	Handel/horeca	25 ha	2500	2500
2	Handel/horeca	5 ha	0	500
3	Bank/verzekering	5 ha	0	500
4	Transcom	15 ha	0	300
5	Industrie(afvalverw)	15 ha	0	150
6	Handel/horeca	5 ha	0	500

## Gemeente Kampen – Stationslocatie, Zuiderzeehaven, Rijksweg A50, Melmerpark

### Stationslocatie

Volgens structuurvisie gaat het hierbij om het uitbreiden van dienstverlening ter plaatse van de stationsomgeving met 85.000 tot 110.000 m<sup>2</sup>.

<b>Grondgebruik categorie</b>	<b>Oppervlak</b>	<b>Aantal arbeidsplaatsen Situatie 2010</b>	<b>Aantal arbeidsplaatsen Situatie 2030</b>
Handel/horeca	10 ha	0	1000

### Melmerpark

Het Melmerpark is ± 13 ha groot, waarvan 8,5 ha door bedrijven wordt ingenomen (bestemmingsplan). Volgens website komt er 1 hotel, 6 gebouwen voor detail/handel en 3 kantoren. Deze categorieën vallen onder categorie Handel/horeca en 'banken/verzekeringen' van HIS-SSM. Verondersteld is dat in 2010 50 % van het park is gerealiseerd.

<b>Grondgebruik categorie</b>	<b>Oppervlak (inschatting van website)</b>	<b>Aantal arbeidsplaatsen Situatie 2010</b>	<b>Aantal arbeidsplaatsen Situatie 2030</b>
Handel/horeca	6,5 ha	325	650
Bank/verzekering	2 ha	50	100

### Bedrijvenpark Rijksweg A50

Het Bedrijvenpark Rijksweg A50 is ± 60 ha groot. De richtlijn is dat maximaal 30 % van het totaal bruto vloeroppervlak kantooruimte mag zijn, waarbij de overige 70 % gebruikt wordt voor bedrijfsmatige activiteiten. Dit is zeer breed, voor de schadepaling hanteren we daarom de schadecategorie 'Handel/horeca' en 'Overig'.. Verondersteld is dat in 2010 50 % van het park is gerealiseerd.

<b>Grondgebruik categorie</b>	<b>Oppervlak</b>	<b>Aantal arbeidsplaatsen Situatie 2010</b>	<b>Aantal arbeidsplaatsen Situatie 2030</b>
Handel/horeca	18 ha	900	1800
Overig	42 ha	2100	4200