

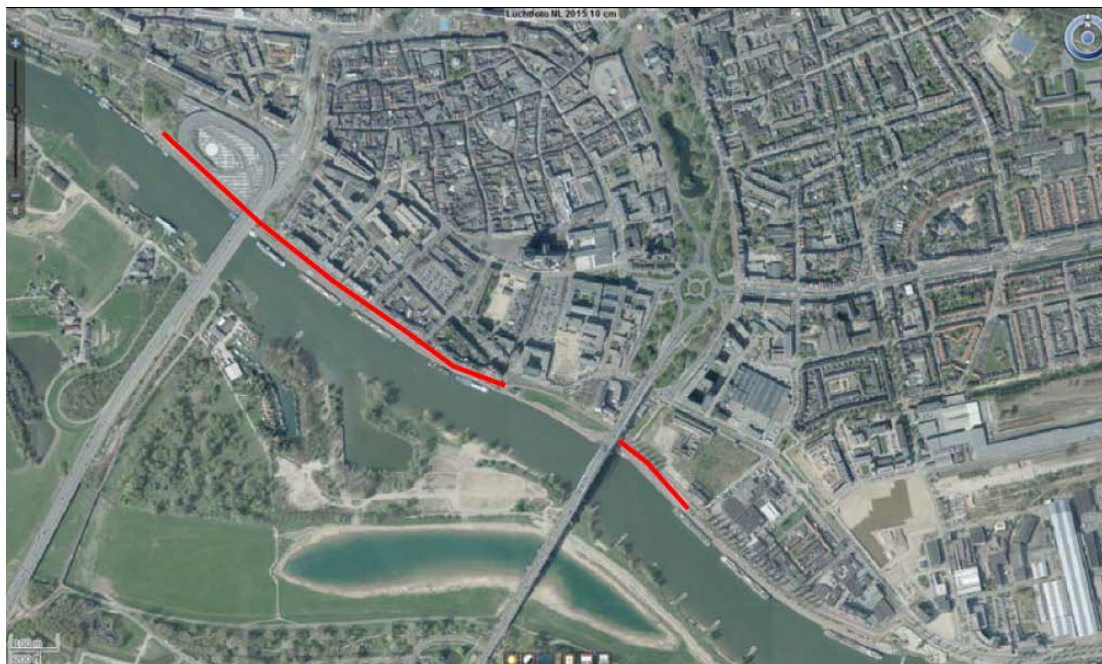
Notitie

Contactpersoon	Nander van der Plicht en Paul van der Wal
Datum	9 juli 2018
Kenmerk	N001-1264652NPL-V03-evp-NL

Golfoverslag bij de Rijnkade

1 Inleiding

Waterschap Rijn en IJssel verbetert de komende jaren de Rijnkade in Arnhem. De Rijnkade in Arnhem is onderdeel van dijktraject 47-1 en is in de derde toetsronde [4] afgekeurd. In een Nadere Veiligheidsanalyse [5] is deze afkeuring nogmaals bevestigd, maar nu ook met inachtneming van de nieuwste beoordelingsregels en nieuwe veiligheidsnormen.



Figuur 1 Locatie projectgebied

Om een gefundeerde keuze te maken wat de hoogte van de nieuwe kade wordt, is inzicht in het effect van golfoverslag over de kade op de overlast in het achterliggende gebied benodigd.

In voorliggende notitie worden voor de volgende varianten inzichtelijk gemaakt waar het water heen stroomt en hoe hoog op verschillende plekken in de stad het water op straat zou staan bij een hoogwater:

- Wateroverlast bij een overslag van 5 l/s/m over de kade
- Wateroverlast bij een overslag van 10 l/s/m over de kade
- Wateroverlast bij een vaste kadehoogte van NAP +14,65 m

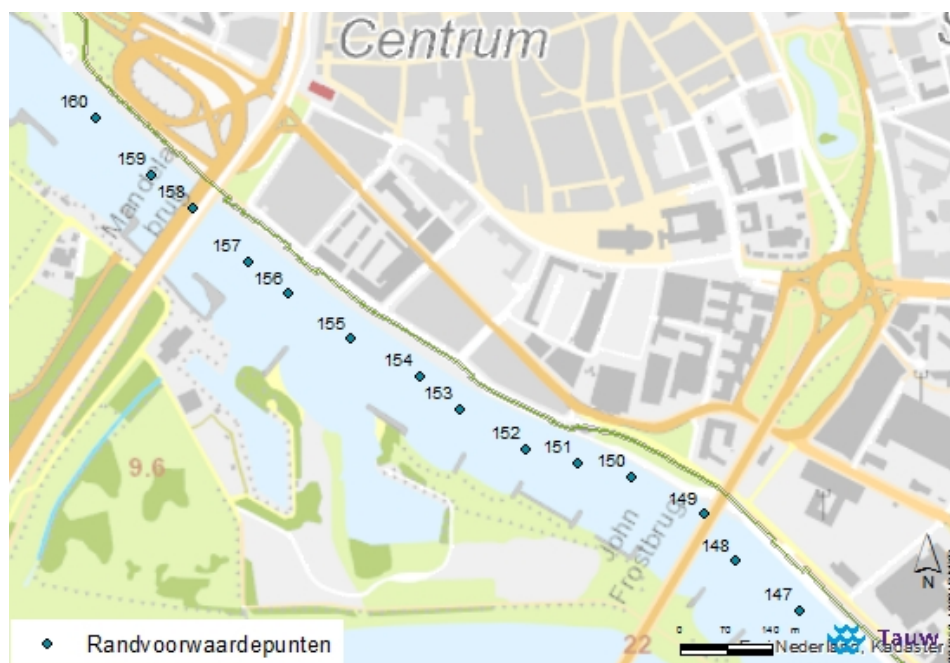
2 Hydraulische randvoorwaarden

2.1 Randvoorwaardepunten

Bij het bepalen van de hydraulische belastingen voor de Rijnkade te Arnhem wordt gebruik gemaakt van de uitgangspunten zoals vermeld in het Ontwerpinstrumentarium (OI2014v4) [1].

Met het Hydra-NL rekenmodel (versie 2.3.5) zijn de hydraulische randvoorwaarden bepaald met de database WBI2017_Bovenrijn_47-1_52-1_v03.

Het betreft de randvoorwaardepunten 147 tot en met 160 van dijktraject 47-1. Het figuur hieronder geeft de ligging van deze randvoorwaardepunten weer.



Figuur 2 Ligging hydraulische randvoorwaardepunten

2.2 Afvoerstatistiek en onzekerheidstoeslag

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd bij de bepaling van de hydraulische randvoorwaarden:

- De GRADE-afvoerstatistiek bij het klimaatscenario Warm+ voor het zichtjaar 2100 wordt toegepast in Hydra-NL, afgetopt op 18.000 m³/s
- Bepaling golfrandvoorwaarden bij zichtjaar 2100
- Vanuit Hydra-NL wordt de onzekerheidstoeslag meegenomen gebaseerd op de parameters uit de WBI-database
- Uit een studie van Deltares [3] blijkt dat er bij een afvoer groter dan 17.000 m³/s bij Lobith binnen het rekenmodel te veel water richting de Neder-Rijn en Lek wordt gestuurd en bij een afvoer kleiner dan 17.000 m³/s te weinig water. Dit scenario heeft de naam 'Lek Ontzien' gekregen. Naast het toepassen van de onzekerheidstoeslag [2] wordt daarom een correctie meegenomen voor het scenario 'Lek Ontzien' [3]

Werkwijze correctie scenario 'Lek Ontzien'

Op de volgende wijze, conform [3], wordt de correctie voor Lek Ontzien afgeleid:
MHW en/of HBN bepalen conform werkwijze OI2014v4

- Vaststellen wat de afvoer in het illustratiepunt is
- Bij de gevonden afvoer de correctie voor Lek doorvoeren
- Ontzien bepalen op basis van onderstaande tabel

Tabel 1 Correctie waterstand in [m] voor Lek Ontzien

Afvoer Lobith in m³/s						
Zichtjaar	<16.000	16.000	16.500	17.000	18.000	20.000
2100	0,00	0,02	0,01	0,01	-0,01	-0,43

2.3 Bepaling faalkans-eis OI2014

Binnen de systematiek van het OI2014v4 wordt een faalkansbegroting gebruikt om de overstromingskansnorm over de verschillende faalmechanismen te verdelen. De faalkanseis die per doorsnede aan een faalmechanisme wordt gesteld wordt als volgt bepaald:

$$P_{eis,dsn,FM} = \frac{P_{eis} \cdot \omega}{N}$$

Waarbij:

$P_{eis,dsn,FM}$	faalkans-eis op doorsnedeniveau (per jaar)
P_{max}	dijktrajectnorm (maximaal toelaatbare waarde, per jaar)
Ω	faalkansruimtefactor (-)
N	lengte-effectfactor (-)

De faalkansbegroting voor het faalmechanisme overslag (HT) zoals die in het OI2014 is opgenomen wordt gehanteerd. Dit geeft een faalkansruimtefactor van 0,24.

Als dit wordt vertaald volgens de bovenstaande formule naar de faalkans op doorsnedeniveau geeft dit bij een maximaal toelaatbare kans voor dijktraject 47-1 van 1/1.000 per jaar een ontwerpeis van 1/4.167 per jaar ($0,24 \cdot 1/1000$).

2.4 Uitkomsten berekening hydraulische randvoorwaarden

In de onderstaande tabellen staan voor alle drie de varianten de uitkomsten van de berekeningen, die met Hydra-NL zijn gemaakt. Voor dijkpaal 22, randvoorwaarden punt 150, zijn voor de groene dijk geen hydraulische belastingen berekend, omdat dit buiten de scope van dit project valt. Om bij de overstromingsbeelden een zo compleet mogelijk plaatje te kunnen maken, is voor dit traject wel een overslagdebiet bij een vaste hoogte van NAP +14,65 m berekend.

Tabel 2 Resultaten berekeningen van de benodigde kadehoogte bij 5 l/s/m overslag

Randvoor- waarden punt	Dijkpaal	Bestaande hoogte Rijnkade	Benodigde kadehoogte bij 5 l/s/m	Hoogte tekort
		[m+NAP]	[m +NAP]	[m]
147	25	15,00	14,87	-
148	24	14,86	14,99	0,13
149	23	14,87	14,91	0,04
150	22	14,83	-	-
151	21	14,82	14,31	-
152	20	14,78	14,86	0,08
153	19	14,57	14,74	0,17
154	18	14,60	14,73	0,13
155	17	14,57	14,74	0,17
156	16	14,45	14,76	0,31
157	15	14,60	14,78	0,18
158	14	14,62	14,88	0,16
159	13	14,59	14,92	0,23
160	11/12	14,62	14,75	0,13

Tabel 3 Resultaten berekeningen van de benodigde kadehoogte bij 10 l/s/m overslag

Randvoor- waarden punt	Dijkpaal	Bestaande hoogte Rijnkade	Benodigde kadehoogte bij 10 l/s/m	Hoogte tekort
		[m+NAP]	[m +NAP]	[m]
147	25	15,00	14,63	-
148	24	14,86	14,70	-
149	23	14,87	14,65	-
150	22	14,83	-	-
151	21	14,82	14,25	-
152	20	14,78	14,57	-
153	19	14,57	14,48	-
154	18	14,60	14,47	-
155	17	14,57	14,48	-
156	16	14,45	14,48	0,03
157	15	14,60	14,49	-
158	14	14,62	14,54	-
159	13	14,59	14,57	
160	11/12	14,62	14,44	

*Tabel 4 Resultaten berekeningen golfoverslagdebiet bij kadehoogte NAP+14,65m*

Randvoorwaarden punt	Dijkpaal	Overslagdebiet
		[l/s/m]
147	25	9,5
148	24	12,4
149	23	10,3
150	22	0,2
151	21	3,0
152	20	7,4
153	19	5,7
154	18	5,7
155	17	5,8
156	16	5,8
157	15	7,0
158	14	7,0
159	13	7,5
160	11/12	5,4

3 Overstromingsbeelden

3.1 Inleiding

Voor het bepalen van het overstromingsbeeld is gebruik gemaakt van de Tygron engine (versie 2018.2.2.1). Dit model is in staat oppervlaktestroming als gevolg van golfoverslag te modeleren en hieruit de wateroverlast te bepalen.

In het model zijn de golfoverslagdebieten ingevoerd, die voortkomen uit de in de inleiding genoemde varianten. Voor de 5 en de 10 l/s/m is een uniform golfoverslagdebiet gebruikt. Voor de variant met een vaste kadehoogte van NAP +14,65 m is voor elk deel van het traject het dichtstbijzijnde randvoorwaardenpunt bepaald. Vervolgens zijn de golfoverslagdebieten bepaald in Hydra-NL van deze punten aan de delen van het traject gekoppeld.

De uitkomsten van deze berekeningen zullen worden gepresenteerd in de vorm van een kaart met de maximale waterdiepte ten tijde van de gebeurtenis.

3.2 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd bij de bepaling van de overstromingsbeelden:

- Het rioolstelsel is op het moment van de golfoverslag vol en wordt dus niet meegenomen bij de berekening van het overstromingsbeeld
- Tijdens de golfoverslag vindt er geen neerslag plaats
- Er stroomt geen water dat als golfoverslag over de kade heen slaat terug de Rijn in
- De verschillende leidraden geven geen uitsluitel over hoe lang de piek van een hoogwater duurt. In de schematiseringshandleiding grasbekleding [6] wordt benoemd dat de top van het hoogwater 6 uur aanhoudt. Maar de duur dat de totale overslag over de kade aanhoudt is waarschijnlijk wel langer. De exacte duur van de overslag is niet gedetailleerd te bepalen. Daarom is het overstromingsbeeld als gevolg van overslag berekend bij een overslagduur van zowel 6 als 12 uur

3.3 Conclusies

De uitkomsten van de berekeningen staan in bijlage 1 in kaarten gepresenteerd.

Wat aan de resultaten te zien is in de wateroverlastbeelden, is hieronder kort samengevat:

- Bij een hoger golfoverslagdebiet stijgt de wateroverlast
- Het noordwestelijke deel van het centrum ligt hoger waardoor daar pas bij een groter overslagdebiet of langere belastingduur wateroverlast zal zijn
- De lage delen van het Roermondplein hebben ook bij lage golfoverslagdebieten te maken met wateroverlast
- Voor het Statenkwartier ligt een (natuurlijke) verhoging, waardoor dit alleen bij een belasting van 12 uur overstroomt
- Het beeld van wateroverlast met een vaste kadehoogte van NAP +14,65 m ligt tussen die van de uniforme debieten 5 en 10 l/s/m
- Ten oosten van de John Frostbrug is het golfoverslagdebiet bij een vaste kadehoogte van NAP +14,65 m relatief hoger, wat resulteert in meer wateroverlast in het Statenkwartier
- Ook bij hogere overslagdebieten blijft het lagergelegen Airborneplein vrij van water

4 Referenties

1. Achtergrondrapport Ontwerpinstrumentarium OI2014v4 Rijkswaterstaat, februari 2017
2. Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden - Aanvulling OI2014, versie 4, Rijkswaterstaat, 2016
3. Memo Werkwijze bepaling Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden voor Grebbedijk en Rijnkade Arnhem, Deltares, 26 april 2016
4. Derde Toetsing Dijkkring 47, Harde Kaden Centrum Arnhem, Arcadis, 1 juli 2010
5. Rijnkade Arnhem - Nadere veiligheidsanalyse, Tauw, 8 maart 2017
6. Schematiseringshandleiding grasbekleding, Rijkswaterstaat, 1 december 2016



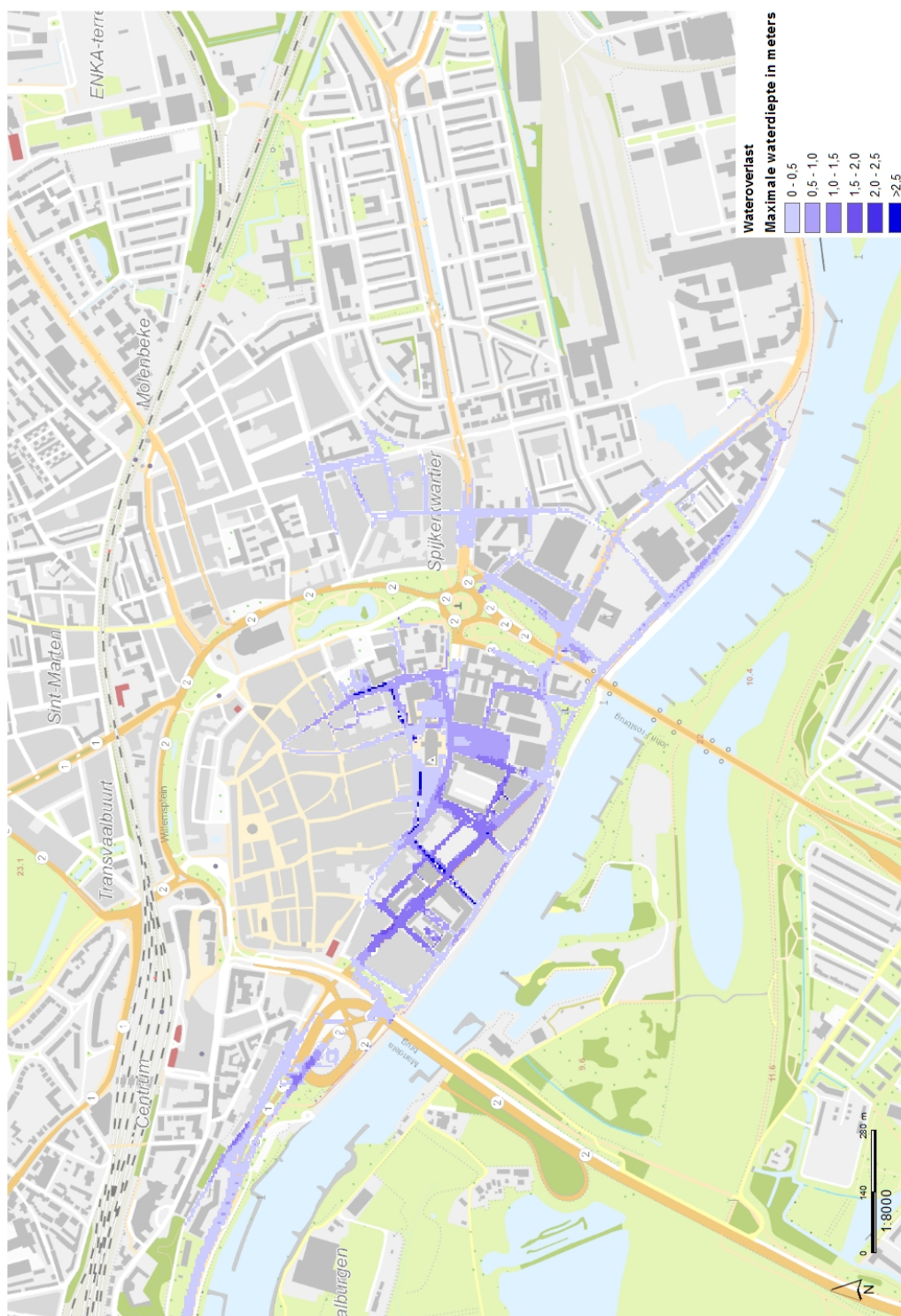
Bijlage 1 Overstromingsbeelden

In deze bijlage staan de overstromingsbeelden bij:

- 5 l/s/m golfoverslag en 6 uur belasting
- 5 l/s/m golfoverslag en 12 uur belasting
- 10 l/s/m golfoverslag en 6 uur belasting
- 10 l/s/m golfoverslag en 12 uur belasting
- Een vaste kadehoogte van NAP +14,65 m en 6 uur belasting
- Een vaste kadehoogte van NAP +14,65 m en 12 uur belasting

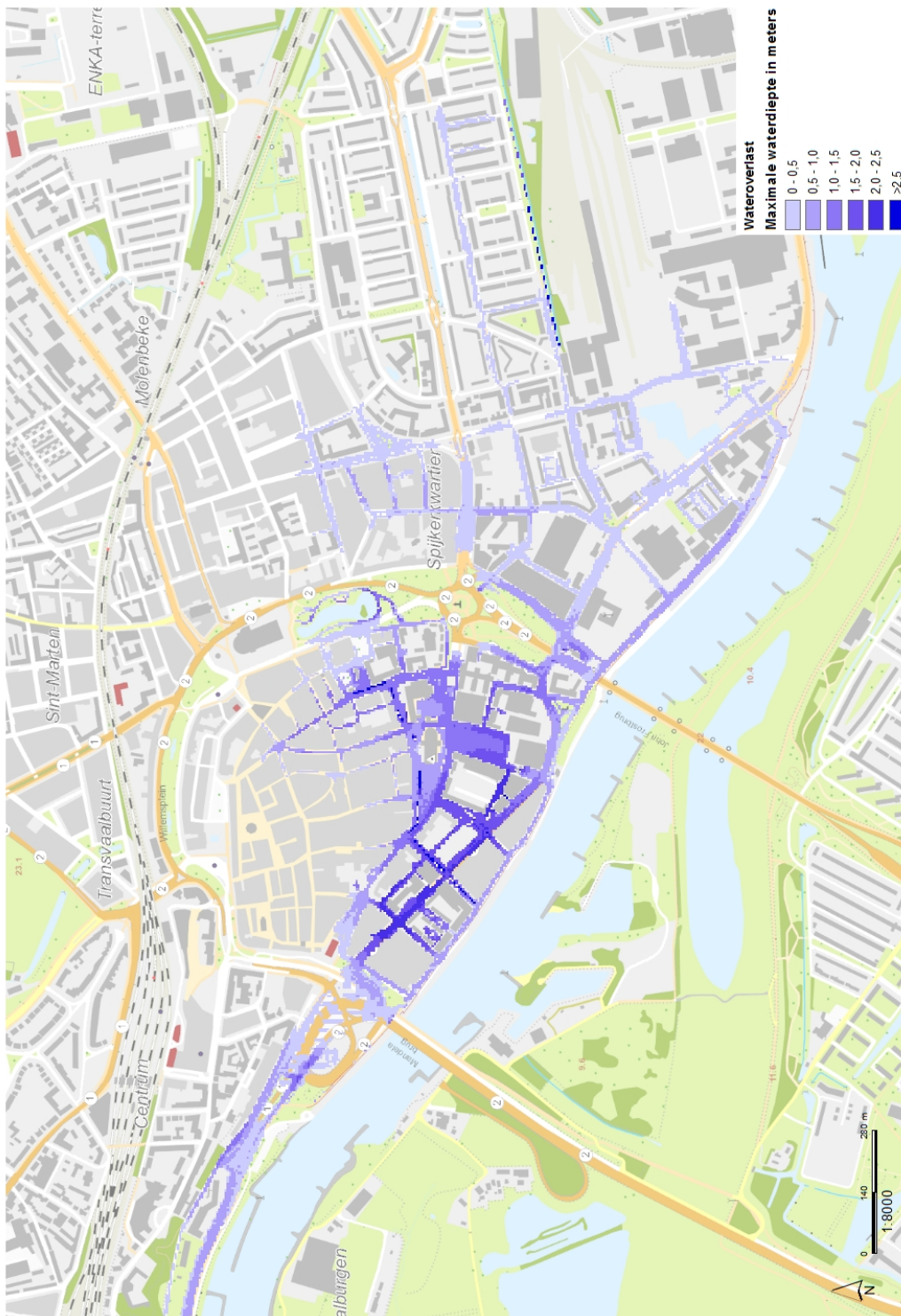
Tauw

Wateroverlast door overslag bij de Rijnkade, scenario met 5 l/m/s en 6 uur belasting



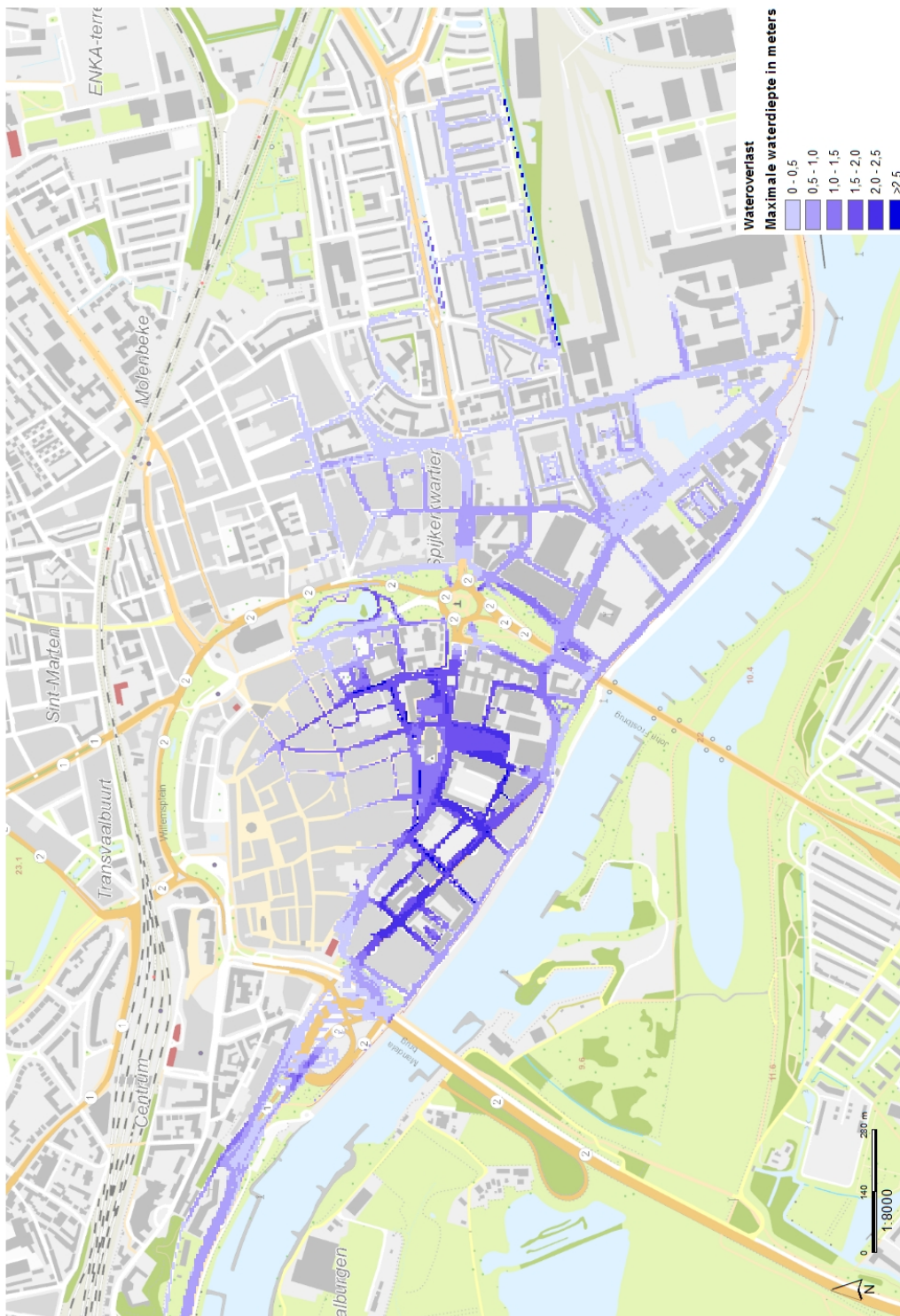
Tauw Wateroverlast door overslag bij de Rijnkade, scenario met 5 l/m/s en 12 uur belasting

Tauw

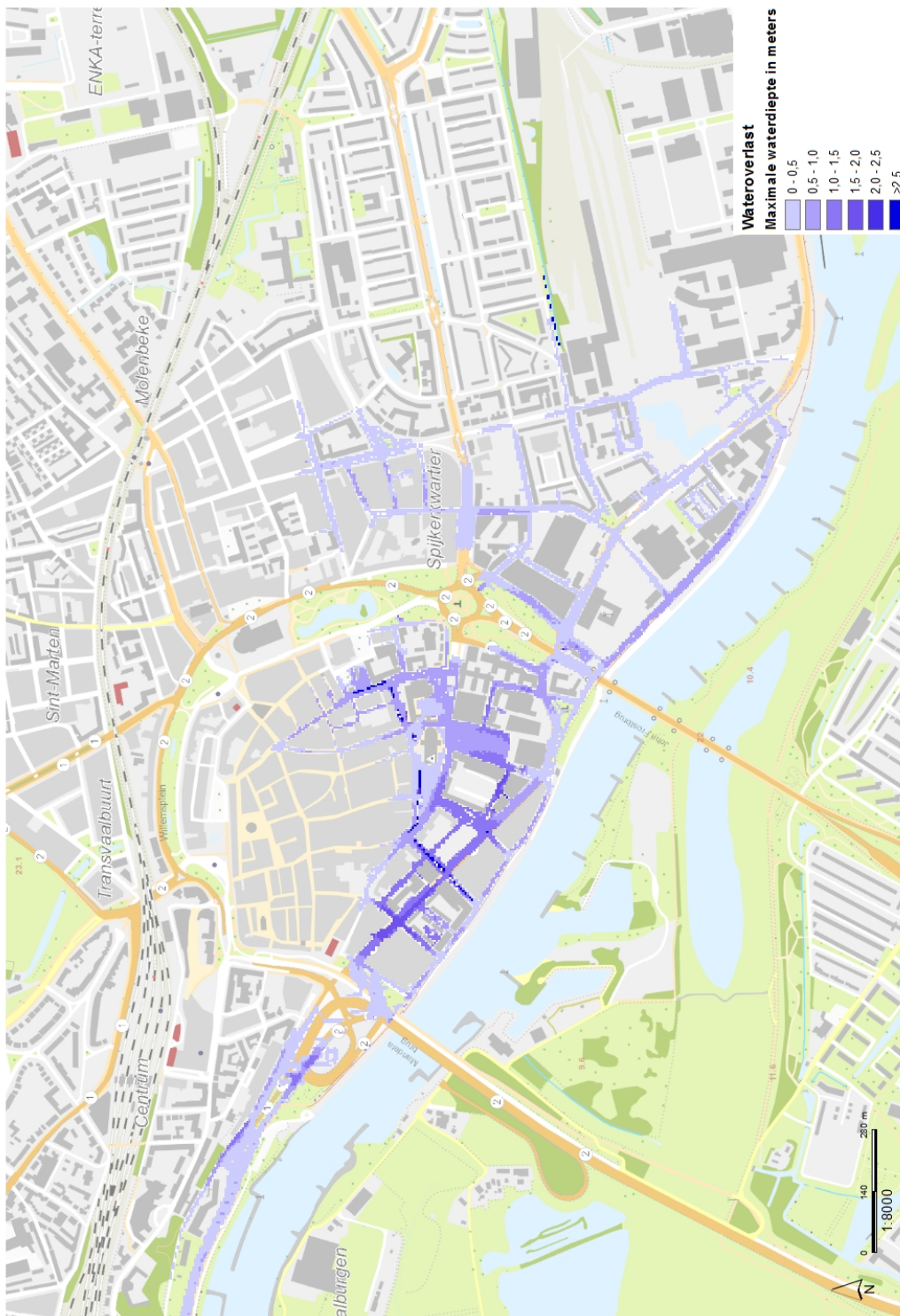




Tauw Wateroverlast door overslag bij de Rijnkade, scenario met 10 l/m/s en 12 uur belasting



Tauw Wateroverlast door overslag bij de Rijnkade, scenario met kadehoogte 14,65 en 6 uur belasting



Tauw Wateroverlast door overslag bij de Rijnkade, scenario met kadehoogte 14,65 en 12 uur belasting

