



Verkenning effect KNMI'23 scenario's H-nat en M-nat op rivierafvoeren en waterstanden

Achtergrondrapport bij het ENW-advies: Omgaan met klimaatverandering in
de hydraulische ontwerpbelastingen voor waterkeringen

1 Inleiding

De verkenning in dit achtergrondrapport is uitgevoerd in het kader van het ENW-advies over de omgang met klimaatverandering bij het ontwerp van waterkeringen. De conceptresultaten¹ van deze doorrekening zijn ter beschikking gesteld aan het ENW voor een verkenning van het potentiële effect van klimaatverandering op rivierafvoeren en ontwerpwaterstanden en dienen niet voor andere doeleinden te worden gebruikt.

Voor de rivierafvoeren zijn door het KNMI per KNMI'23-uitstootscenario twee varianten beschouwd: een 'nat' scenario waarin de winters sterk vernatten en de zomers licht verdrogen. En een 'droog' scenario waarin de winters licht vernatten en de zomers sterk verdrogen. De neerslagreeksen die volgen uit 'nat' voor het hoge (H) en gematigde uitstootscenario (M) zijn doorgerekend in GRADE om te komen tot statistiek van rivierafvoeren voor H-nat en M-nat. In deze achtergrondrapportage is een verkenning uitgevoerd naar de verandering van de ontwerpwaterstanden in de tijd voor deze scenario's.

Dit achtergrondrapport is als volgt opgebouwd. Eerst worden in hoofdstuk 2 de aanpak en uitgangspunten bondig gepresenteerd. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de veranderingen in de rivierafvoeren besproken. De resulterende veranderingen in waterstanden komen aan bod in hoofdstuk 4. Ten slotte worden in hoofdstuk 5 de conclusies gegeven.

2 Aanpak en uitgangspunten

Om een beeld te verkrijgen van de verandering van de ontwerpwaterstanden in de tijd volgens H-nat en M-nat is de volgende aanpak gevolgd:

1. Eerst is voor zowel M-nat als H-nat bepaald hoe de rivierafvoeren veranderen in de tijd. Dit is gedaan door voor verschillende zichtjaren (2050 en 2100) de afvoeren volgens M-Nat en H-nat uit GRADE3.1 te vergelijken met de afvoeren volgens BOI-2023. Er is gekeken naar afvoeren met terugkeertijden² van 300, 1.000, 3.000 en 10.000 jaar voor de Maas en naar afvoeren met terugkeertijden van 100, 1.000, 10.000 en 100.000 jaar voor de Rijn.

¹ Voor de extreme rivierafvoeren op Rijn en Maas bij de KNMI'23 scenario's wordt gebruik gemaakt van conceptresultaten uit het project GRADE van december 2024 die specifiek voor deze effectanalyse ter beschikking zijn gesteld aan het ENW. Het gaat om rivierafvoeren Rijn en Maas zonder model- en statistische onzekerheden en noodmaatregelen uit GRADE3.1.

² Een terugkeertijd is de inverse van een overschrijdingskans. Met "een afvoer met een terugkeertijd van 100 jaar" wordt dus bedoeld op een afvoer met een overschrijdingskans van 1/3000 per jaar.

2. Vervolgens zijn de veranderingen in de rivierafvoeren op basis van vuistregels vertaald naar veranderingen in waterstanden:

- 100 m³/s extra afvoer bij Borgharen is orde 10cm waterstandsverhoging op de Maas.
- 100 m³/s extra afvoer bij Lobith is orde 3,5cm waterstandsverhoging op de Waal.

Deze relaties variëren in werkelijkheid enigszins met de herhalingstijd en ze kennen ook een onzekerheid. In deze verkenning zijn deze nuances genegeerd.

In deze verkenning zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De statistische onzekerheden ten aanzien van de kansverdelingen van de afvoeren voor de Rijn (Lobith) en de Maas (Borgharen) zijn genegeerd. Dit is gedaan omdat de resultaten met deze onzekerheden uit GRADE3.1 voor KNMI'23 op dit moment nog niet volledig zijn uitgekristalliseerd.
- Langs de Maas is rekening gehouden met overstromingen in Wallonië.
- Langs de Rijn is rekening gehouden met overstromingen in Duitsland. In KNMI'23 is dit meegenomen in het gebruikte SOBEK3 1D2D model. Dit leidt tot een maximale afvoer rond 17.800 m³/s.

3 Verandering rivierafvoeren volgens M-nat en H-nat

Resultaten voor Maas (Borgharen)

In Tabel 1 is getoond hoe de Maas-afvoeren met terugkeertijden van 300 tot 10.000 jaar toenemen richting 2050 en 2100, uitgaande van de KNMI'23-scenario's M-nat en H-nat. Ten behoeve van de reproduceerbaarheid zijn de berekeningsresultaten bewust niet afgerond.

Tabel 1 Verandering afvoer Maas [m³/s].

		Zichtjaar 2050		Zichtjaar 2100	
		M-Nat	H-Nat	M-Nat	H-nat
Terugkeertijd (jaar)	300	242	144	247	605
	1.000	224	124	223	704
	3.000	280	130	271	837
	10.000	388	191	372	968

Opvallend is dat H-nat niet consequent (voor alle zichtjaren) tot hogere afvoeren leidt dan M-Nat. Voor het zichtjaar 2050 geeft M-nat hogere afvoeren dan H-Nat, voor het zichtjaar 2100 is dat andersom. Dit komt vermoedelijk doordat de verandering van de afvoer in KNMI'23 een functie is van processen zoals verdamping en sneeuwval, al zijn er mogelijk ook andere oorzaken. Daardoor volgt de ontwikkeling van de afvoer niet simpelweg de ontwikkeling van de temperatuur.

Resultaten Rijn (Lobith)

In Tabel 2 is getoond hoe de Rijn-afvoeren met terugkeertijden van 100 tot 100.000 jaar toenemen richting 2050 en 2100, uitgaande van de KNMI'23-scenario's M-nat en H-nat. Ten behoeve van de reproduceerbaarheid zijn de berekeningsresultaten bewust niet afgerond.

Tabel 2. Verandering afvoer Rijn bij Lobith [m³/s].

		Zichtjaar 2050		Zichtjaar 2100	
		M-Nat	H-Nat	M-Nat	H-Nat
Terugkeertijd (jaar)	100	821	790	1044	1781
	1.000	669	532	1031	2327
	10.000	1133	914	1390	2025
	100.000	727	611	863	1273

Ook voor de Rijn geldt dat H-nat niet consequent tot hogere afvoeren leidt dan M-nat. Richting 2050 leidt M-nat tot hogere afvoeren; richting 2100 is dat H-nat.

Bij een terugkeertijd van 100.000 jaar loopt het effect van klimaatverandering op de afvoer van de Rijn bij Lobith sterk terug, ongeacht het scenario (M-nat of H-nat) of het zichtjaar (2050 of 2100). Dit komt door het optreden van overstromingen in Duitsland (aftopping) bij extreme rivierafvoeren. Hierdoor is de afvoer bij Lobith fysisch begrensd.

4 Verandering ontwerpwaterstanden volgens M-nat en H-nat

Op basis van de eenvoudige vuistregels uit paragraaf 2 zijn voor de veranderingen in de rivierafvoeren uit Tabel 1 en Tabel 2 inschattingen gemaakt van de bijbehorende veranderingen in waterstanden.

Resultaten Maas

In Tabel 3 is voor de Maas getoond hoe de waterstanden met terugkeertijden van 300 tot 10.000 jaar toenemen richting 2050 en 2100, uitgaande van de KNMI'23-scenario's M-nat en H-nat. De waterstandsverschillen zijn weergegeven in meter. De berekeningsresultaten zijn afgerond op de eerste decimaal vanwege de relatief grote onnauwkeurigheid door het gebruik van vuistregels voor de relatie tussen afvoer en waterstand. De berekeningsresultaten zijn afgerond op de eerste decimaal vanwege de relatief grote onnauwkeurigheid door het gebruik van vuistregels voor de relatie tussen afvoer en waterstand.

Tabel 3. Verandering waterstanden Maas [m].

		Zichtjaar 2050		Zichtjaar 2100	
		M-Nat	H-Nat	M-Nat	H-nat
Terugkeertijd (jaar)	300	0,2	0,1	0,2	0,6
	1.000	0,2	0,1	0,2	0,7
	3.000	0,3	0,1	0,3	0,8
	10.000	0,4	0,2	0,4	1,0

Resultaten Waal

In Tabel 4 is voor de Waal getoond hoe de waterstanden met terugkeertijden van 100 tot 100.000 jaar toenemen richting 2050 en 2100, uitgaande van de KNMI'23-scenario's M-nat en H-nat. De waterstandsverschillen zijn wederom weergegeven in meter en afgerond op de eerste decimaal.

Tabel 4. Verandering waterstanden Waal [m].

		Zichtjaar 2050		Zichtjaar 2100	
		M-Nat	H-Nat	M-Nat	H-nat
Terugkeertijd (jaar)	100	0,3	0,3	0,4	0,6
	1.000	0,2	0,2	0,4	0,8
	10.000	0,4	0,3	0,5	0,7
	100.000	0,3	0,2	0,3	0,4

Voor een terugkeertijd van 100.000 jaar liggen de veranderingen in de waterstand volgens M-nat en H-nat relatief dicht bij elkaar, in zowel 2050 als 2100. Dit komt door het effect van overstromingen in Duitsland (aftopping) dat bij relatief hoge rivierafvoeren merkbaar wordt.

5 Conclusies

- Richting 2100 is sprake van een wezenlijke verandering van de ontwerpwaterstanden langs de Maas en de Waal op basis van conceptresultaten van GRADE berekeningen van de KNMI'23-scenario's M-nat en H-nat (enkele decimeters). De verandering wordt langs de Waal bij een terugkeertijd van 100.000 jaar wel sterk gedempt door het optreden van overstromingen in Duitsland (aftopping).
- De verschillen tussen de ontwerpwaterstanden volgens de KNMI'23-scenario's M-nat en H-nat zijn voor zichtjaar 2050 gering (grootweg 10-20 cm). Dit geldt zowel voor de Maas als de Waal. Voor zichtjaar 2100 zijn de verschillen tussen M-nat en H-nat langs de Waal nog steeds gering (grootweg 10-20cm), maar langs de Maas zijn relatief grote verschillen zichtbaar (tot grootweg 60cm).
- Een opvallend element in de berekeningsresultaten voor de KNMI'23-scenario's M-nat en H-nat is dat de afvoer niet consequent hoger is volgens H-nat dan volgens M-nat. Tot 2050 geeft M-nat hogere afvoeren en waterstanden dan H-nat, daarna is dat andersom.