



Verkenning stabiliteit afvoerwaarde lozingsvergunningen

Verkenning van de stabiliteit van de P90-waarde
voor lozingsvergunningen



RIWA-Maas



RIWA-Maas



Verkenning stabiliteit afvoerwaarde lozingsvergunningen



Verkenning van de stabiliteit van de P90-waarde
voor lozingsvergunningen

Eindrapport

Auteurs

Roy Daggenvoorde
Sjoukje de Lange
Pepijn van Denderen

PR5462.10

juli 2025

Kernboodschap

De P90-waarde, die in de immissietoets als basis dient voor lozingsvergunningen, blijkt op de Maas gevoelig voor jaarlijkse variatie en onduidelijkheden in de berekeningsmethode. Daarom hebben wij onderzoek gedaan naar de robuustheid, transparantie en klimaatgevoeligheid van deze waarde.

De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek zijn:

- De jaarlijkse afvoervariatie is groot en maskeert langjarige klimaatrends in historische reeksen.
- De P90-waarde¹ vertoont een variatie van circa 20% tussen opeenvolgende jaren, afhankelijk van natte of droge jaren in de tienjaarreeks.
- De toegepaste P90-methodiek is niet eenduidig vastgelegd in het handboek; keuzes over jaarindeling of aggregatieniveau beïnvloeden het resultaat.
- Klimaatverandering leidt op termijn tot lagere P90-waarden, maar de methode blijft technisch klimaatrobuust: de onderschrijdingsduur blijft gelijk als de P90 mee ontwikkelt.
- In de praktijk is de P90-waarde in het afgelopen decennium meerdere keren vijf weken lang overschreden, terwijl op basis van het jaarlijkse 10^e percentiel gemiddeld slechts twee weken te verwachten is.
- In droge zomers is de periode met overschrijdingen langer. Zo is in 2018 de vergunningswaarde in 5 maanden tijd 88% van de tijd overschreden. De overschrijdingen volgen elkaar snel op, de onderbrekingen van de overschrijdingen zijn mogelijk te kort voor de waterkwaliteit om te herstellen en om bufferbekkens bij te vullen.

Deze bevindingen onderstrepen de noodzaak voor een robuustere en transparantere onderbouwing van de P90-waarde. Daarnaast is het aan te bevelen om de vergunningswaarden periodiek te toetsen aan de actuele P90-waarde. Zo ontstaat inzicht in de risico's voor innamepunten bij langdurige lage afvoeren.

Onderbouwing van deze kernboodschap en aanbevelingen voor het vervolg zijn te vinden in voorliggende rapportage.

¹ de lage Maasafvoer die 90% van de tijd wordt overschreden, op basis van een tienjarige afvoerreeks

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	1
1.3	Leeswijzer	2
2	Methodiek	3
2.1	Bepaling afvoer voor vergunning (P90)	3
2.1.1	Validatie P90-methode	4
2.2	Data	4
2.2.1	Meetgegevens – historische P90	4
2.2.2	Klimaatscenario's – P90 in de toekomst	5
3	Resultaten	6
3.1	Trends in representatieve afvoer	6
3.1.1	Historische trends in P90	6
3.1.2	Vergunningswaarden versus historische P90	8
3.1.3	Klimaatscenario's: P90 in de toekomst	10
3.2	Onderschrijdingsduur	12
3.2.1	Historische onderschrijdingsduur	12
3.2.2	Klimaatscenario's en onderschrijdingsduur	17
4	Discussie	19
4.1	Stabiliteit en kwetsbaarheden in de P90-methodiek	19
4.2	Klimaatinvloed op afvoer – inzichten uit historische metingen	19
4.3	Klimaatrobustheid van de P90-methodiek	20
4.4	Onderschrijdingsduur als kritieke factor voor waterkwaliteit	20
5	Conclusies	21
5.1	Beantwoording van de onderzoeksvragen	21
5.2	Conclusies op basis van discussie	21
5.3	Aanbevelingen	22
6	Referenties	23
	Bijlagen	24
A	Ondersteunende figuren	24

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

RIWA-Maas is het internationale samenwerkingsverband van drinkwaterbedrijven die de Maas als bron voor de productie van drinkwater gebruiken. Een goede kwaliteit van het Maaswater is hiervoor van groot belang. Ondanks grote uitdagingen door lozing van afvalstoffen door fabrieken, slagen de drinkwaterbedrijven om het Maaswater te zuiveren (ILT, 2024). Echter om deze kwaliteit te behouden, is voortdurende aandacht en inzet vereist van drinkwaterbedrijven, overheden en andere belanghebbenden. RIWA streeft daarom naar meer grip op lozingen in de Maas.

Voor elke lozing op Rijkswater is een vergunning van Rijkswaterstaat vereist, inclusief een immissietoets (voor regionale wateren zijn waterschappen het bevoegd gezag). Deze toets hanteert een worstcasescenario: de maximale dagvracht van de lozing wordt afgezet tegen de gemiddelde lage Maasafvoer die 90% van de tijd wordt overschreden (de zogeheten P90-waarde). Deze toets staat toe dat milieukwaliteitseisen 10% van de tijd worden overschreden, omdat strengere normen in de praktijk weinig extra milieuwinst opleveren (Ministerie van I&W, 2019).

Een actuele en representatieve P90-waarde is cruciaal om de waterkwaliteit in de overige 90% van de tijd te waarborgen. Verouderde of onjuiste P90-waarden kunnen leiden tot hogere concentraties verontreiniging, wat negatieve gevolgen heeft voor drinkwaterbedrijven en het halen van KRW-doelstellingen.

Tot 2020 werd de P90-waarde gebaseerd op afvoerdata uit 2002–2011. Sindsdien wordt jaarlijks een tienjarige reeks gebruikt, waardoor de P90-waarde over de tijd varieert. Er is echter geen overzicht van hoe deze waarde zich ontwikkelt en wat de invloed van klimaatverandering is. Dit verkennende onderzoek brengt die ontwikkeling in kaart.

1.2 Doel

Sinds 2020 wordt de representatieve lage afvoer (P90) jaarlijks bepaald op basis van een voortschrijdend tienjarig gemiddelde (Sterk Consulting, 2020). Hierdoor is de P90-waarde niet meer statisch, maar verandert deze van jaar tot jaar. Bij de invoering van deze methodiek is aanbevolen om na vijf jaar te evalueren hoe deze jaarlijkse variatie doorwerkt in vergunningverlening en wateronttrekkingen.

Dit onderzoek vormt de eerste evaluatie van die systematiek. Het doel is:

Inzicht krijgen in de stabiliteit van de P90-waarde en de gevolgen daarvan voor wateronttrekkingen, met name voor drinkwaterproductie.

Om dit doel te bereiken worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Hoe wordt de P90-waarde bepaald?
2. Hoe varieert de P90-waarde op basis van historische afvoerdata?
3. Hoe verandert de P90-waarde onder invloed van klimaatverandering?

4. Hoe ontwikkelt de duur waarin de P90-waarde wordt onderschreden, en wat betekent dit voor de inzet van bufferbekkens bij drinkwaterbedrijven?

De eerste vraag beschrijft de rekenmethode achter de P90-bepaling. De tweede en derde vragen onderzoeken hoe de P90-waarde zich ontwikkelt in de tijd, zowel terugkijkend als vooruitkijkend. De vierde vraag richt zich op de praktische gevolgen van langdurige lage afvoeren voor drinkwateronttrekkingen.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de huidige methodiek voor het bepalen van de P90-waarde. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd. Dit hoofdstuk is verdeeld in twee delen:

- het eerste deel behandelt trends in de P90 op basis van historische gegevens en klimaatscenario's;
- het tweede deel analyseert de duur waarin de P90-waarde wordt onderschreden.

In hoofdstuk 4 worden de resultaten geduid en in perspectief geplaatst. Op basis daarvan worden conclusies getrokken in Hoofdstuk 5, waarin ook de aanbevelingen voor het vervolg staan.

2 Methodiek

Dit hoofdstuk gaat in op de eerste onderzoeksvraag: *Hoe wordt de P90-waarde bepaald?*
De bepaling van de P90-waarde volgt de richtlijnen uit het Handboek immissietoets (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019). Zoals daar letterlijk staat:

"Concreet wordt in de immissietoets uitgegaan van de gemiddelde 90-percentielswaarde lage afvoer, gebaseerd op de meest recente beschikbare afvoergegevens van de laatste tien jaren."

Deze definitie vormt de basis voor vergunningverlening en het bepalen van de toetswaarden. Omdat het handboek verder weinig details geeft over de exacte berekeningswijze, beschrijft dit hoofdstuk (paragraaf 2.1) de aannames en keuzes die in dit onderzoek zijn gemaakt voor de bepaling van de P90-waarde.

Vervolgens (paragraaf 0 2.2) worden de gebruikte databronnen toegelicht, zowel voor historische afvoergegevens als voor toekomstige scenario's. Voor de analyse bepalen we de representatieve afvoer op basis van metingen bij Eijsden en Megen, en gebruiken we modelresultaten voor de Maasafvoeren gekoppeld aan de KNMI'23 klimaatscenario's.

2.1 Bepaling afvoer voor vergunning (P90)

Tussen 2012 en 2020 werd de representatieve lage afvoer (P90) berekend op basis van de afvoerreeks van 2002 tot 2011. Informatie over de gebruikte data vóór 2002 is niet beschikbaar. Sinds 2020 wordt de P90-waarde bepaald op basis van de meest recente tien jaar (Sterk Consulting, 2020).

Het Handboek immissietoets (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019) schrijft voor dat de vergunningswaarde gebaseerd is op de "gemiddelde 90-percentielswaarde" van de afvoer. Omdat het handboek hierin geen verdere specificaties geeft, bestaan er meerdere interpretaties bij het bepalen van de P90:

- Gebruik van daggemiddelde afvoeren of fijnmazige (bijvoorbeeld 10-minuten) afvoergegevens;
- Berekening op basis van kalenderjaren (1 januari tot 31 december) of hydrologische jaren (1 april tot 1 april);
- De P90 direct berekenen over de volledige tienjaarsreeks of eerst de P90 per jaar bepalen en daarna middelen.

Voor dit onderzoek zijn, in overleg met experts en op basis van statistische kennis, de volgende keuzes gemaakt:

- Gebruik van daggemiddelde afvoeren, zodat kortdurende pieken en dalen (zoals hydropieken en getij) geen invloed hebben op de P90; deze zijn minder relevant voor waterkwaliteit.
- Berekening van de P90 op basis van de tien meest recente volledige kalenderjaren (1 januari t/m 31 december). *Ter illustratie: de P90 van 2015 wordt berekend met data van 1 januari 2004 tot en met 31 december 2014.*
- Bepaling van de P90 over de volledige tienjaarsreeks, in plaats van eerst per jaar en dan middelen, omdat deze laatste methode statistisch niet correct is.
- Voor toekomstige scenario's gebruiken we modelresultaten (reeks van 240 jaar, verdeeld over acht ensembles van 30 jaar). Hiermee bepalen we per klimaatscenario de P90-waarde.

2.1.1 Validatie P90-methode

De bovengenoemde keuzes zijn gebaseerd op overleggen met experts van Rijkswaterstaat, RIWA en Deltares, aangezien de exacte methodiek niet gedetailleerd is vastgelegd. Ter validatie is de P90-waarde, berekend volgens onze methode, vergeleken met de huidige vergunningswaarde uit de immissietoets.

Bij Eijsden is de vergunningswaarde volgens de immissietoets (www.immissietoets.nl) 38,5 m³/s voor 2025. Onze berekeningen laten een waarde van 39,2 m³/s zien voor 2022 en 54,8 m³/s voor 2023. Dit bevestigt een vergelijkbare ordegrrootte, ondanks flinke jaarlijkse schommelingen. Daarnaast is het belangrijk te vermelden dat de immissietoetswaarde gebaseerd is op modelresultaten, terwijl wij gebruikmaken van meetgegevens. Het jaar 2024 ontbreekt in de meetreeks van Rijkswaterstaat (www.waterinfo.nl), waardoor een vergelijking voor de geldende waarde van 2025 momenteel niet mogelijk is.

2.2 Data

Voor het bepalen van de P90-waarde maken we gebruik van twee typen gegevens: historische meetgegevens en modelresultaten op basis van klimaatscenario's. De kenmerken van deze gegevens worden hieronder toegelicht.

2.2.1 Meetgegevens – historische P90

Voor de representatieve afvoer gebruiken we afvoergegevens van twee meetlocaties langs de Maas: Eijsden (zuid) en Megen (noord), weergegeven in Figuur 1. De belangrijkste kenmerken van deze datasets staan in Tabel 1.



Figuur 1. Locaties (Eijsden, zuid; Megen, noord) van de gebruikte historische datareeksen.

Tabel 1. Belangrijkste karakteristieken van de historische datareeksen

Locatie	Tijdreeks	Frequentie	Type meting
Eijsden	1950-2023	1950-2009: dagelijks 2009-nu: 10 minuten	Qh-relatie
Megen	1992-2023	10 min	Stroomsnelheidsmeting

Bij beide locaties is de afvoer binnen één dag sterk variabel. Bij Eijsden worden deze variaties veroorzaakt door hydropieken (van Denderen, 2024), terwijl bij Megen het getij de belangrijkste oorzaak is. Het Handboek immissietoets (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019) schrijft voor om uit te gaan van de netto afvoer. Daarom bepalen wij op basis van de 10-minuten-afvoergegevens de daggemiddelde afvoer, waarmee kortdurende pieken worden uitgevlakt.

2.2.2 Klimaatscenario's – P90 in de toekomst

Voor de toekomstige P90-waarden gebruiken we de KNMI'23 klimaatscenario's, die specifiek zijn afgeleid voor Eijsden. Deze scenario's zijn beschikbaar voor de jaren 2033, 2050, 2100 en 2150 en bevatten een laag (L), midden (M) en hoog (H) emissiescenario, gecombineerd met een nat (n) en droog (d) klimaatjaar. In totaal omvat dit 15 scenario's, waaronder een referentiescenario voor het huidige klimaat (2033L), zoals weergegeven in Tabel 2.

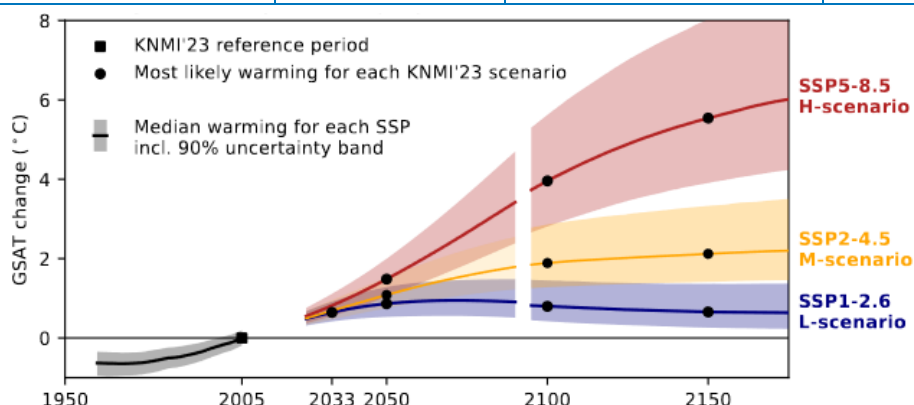
De Maas- en Rijnafvoeren onder deze klimaatscenario's zijn door Deltares (2023) vastgesteld. Het referentiescenario 2033L vertegenwoordigt het huidige klimaat. Door de uitkomsten van andere scenario's te vergelijken met dit referentiejaar, worden de effecten van klimaatverandering geïsoleerd, waardoor de interpretatie niet wordt beïnvloed door methodekeuzes. De emissiescenario's verschillen als volgt:

- **Laag (L):** Uitstootvermindering conform het klimaatakkoord van Parijs.
- **Midden (M):** Uitstoot blijft ongeveer gelijk aan het huidige niveau.
- **Hoog (H):** Uitstoot neemt toe tot 2080.

Figuur 2 toont de mondiale temperatuurstijging volgens het IPCC, dit vormt de basis voor de KNMI'23-scenario's (KNMI, 2023). Deze scenario's staan ook in Figuur 2, hierin staan ook de 5 en 95% betrouwbaarheidsbanden.

Tabel 2. Overzicht van de KNMI'23 klimaatscenario's. n = nat, d = droog

Tijd	Laag (L)	Midden (M)	Hoog (H)
2033 (referentie)	2033L		
2050		2050Mn	2050Hn
		2050Md	2050Hd
2100	2100Ln	2100Mn	2100Hn
	2100Ld	2100Md	2100Hd
2150		2150Mn	2150Mn
		2150Md	2150Hd



Figuur 2 De mondiale opwarming (Global Surface Air Temperature) in tijd gedefinieerd door het IPCC met de laag, midden en hoge KNMI'23 scenario's met de daarbij horende 5 en 95% bandbreedte (KNMI, 2023).

3 Resultaten

3.1 Trends in representatieve afvoer

In dit hoofdstuk analyseren we de trends in de representatieve lage afvoer (P90), op basis van zowel historische meetgegevens als klimaatscenario's. Daarbij beantwoorden we twee onderzoeksvragen:

- Hoe varieert de P90 op basis van historische data?
- Hoe verandert de P90 onder invloed van klimaatverandering?

We behandelen eerst de historische trends en verschillen tussen Eijsden en Megen, vervolgens de relatie met vergunningswaarden, en sluiten af met de ontwikkeling van de P90 onder verschillende KNMI'23-klimaatscenario's.

3.1.1 Historische trends in P90

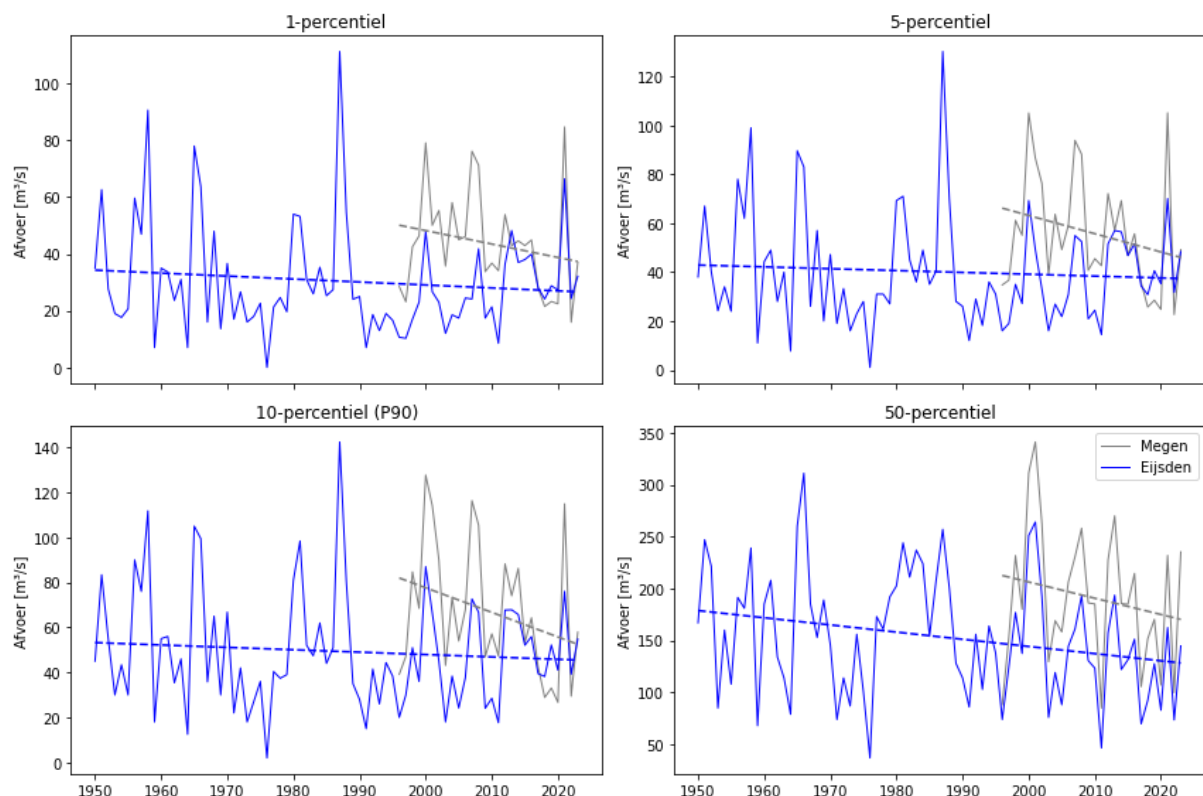
Afvoerpercentielen over tijd

Figuur 3 toont de ontwikkeling van de 1e, 5e, 10e en 50e percentielen van de daggemiddelde afvoer bij Eijsden en Megen. Deze percentielen geven inzicht in hoe vaak een bepaalde afvoerwaarde wordt overschreden. Zo vertegenwoordigt het 10e percentiel de P90-waarde.

- In **Eijsden** is er **geen duidelijke trend** zichtbaar in de lage percentielen (1, 5, 10%). De trendlijnen zijn vrijwel horizontaal. De mediane afvoer (50^e percentiel) neemt echter wel licht af over tijd.
- In **Megen** zien we een **duidelijke afname** in de lage percentielen én de mediane afvoer.

Dit betekent dat in Eijsden de mediane afvoer dichterbij de lage afvoeren komt te liggen, zonder dat de lage afvoeren zelf dalen. In Megen dalen de lage afvoeren wel, wat wijst op een dalende P90.

De jaarlijkse variatie in lage afvoeren is groot ($>30 \text{ m}^3/\text{s}$), veroorzaakt door het verschil tussen natte en droge jaren. Deze variatie is groter dan de waargenomen trend over de afgelopen decennia ($\sim 10\text{--}20 \text{ m}^3/\text{s}$ verandering per 10 jaar).



Figuur 3. De 1, 5, 10 en 50 percentielen van de gemeten dagafvoeren in Megen (grijs) en Eijsden (blauw).

Ontwikkeling van de P90-waarde

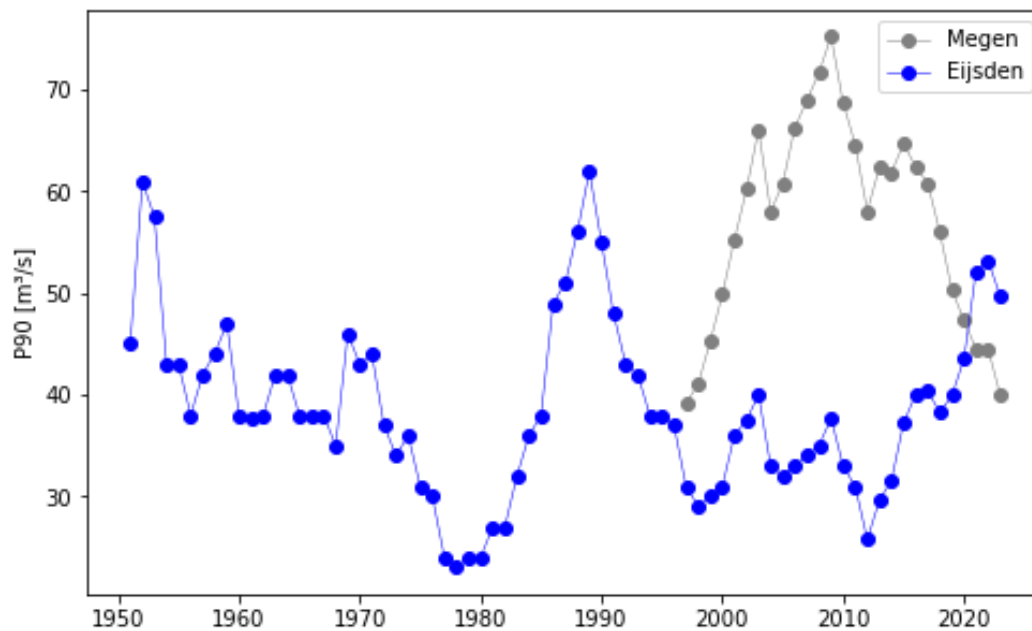
Figuur 4 toont de ontwikkeling van de P90-waarde (10^e percentiel over de afgelopen 10 jaar). Hierin is geen duidelijke trend zichtbaar, maar wel sterke jaar-op-jaar variatie.

Opvallende jaar-op-jaarveranderingen:

- In **Megen** daalt de P90 van 66,1 naar 58,0 m³/s tussen 2003 en 2004 (–12,3%), doordat het droge jaar 2003 aan de tijdreeks wordt toegevoegd.
- In **Eijsden** stijgt de P90 van 43,5 naar 52,2 m³/s tussen 2020 en 2021 (+20%), doordat het droge jaar 2009 wegvalt uit de tijdreeks.

In de afgelopen 15 jaar is de **P90 in Eijsden gestegen**, wat kan duiden op een toename van de zomerafvoer. In **Megen is de P90 gedaald**, wat wijst op afname van afvoer. Deze trend wordt bevestigd door de percentielenanalyse in Figuur 3 en verdere onderbouwing in Bijlage A (Figuur 13 en 17).

Een mogelijke verklaring voor de afname bij Megen is de afname in aanvoer vanuit zijrivieren (Kramer, 2021). Voor de stijging in Eijsden is geen eenduidige verklaring; mogelijk speelt bovenstroomse sturing (bijvoorbeeld door waterkrachtcentrales) een rol, maar dit is niet nader onderzocht.

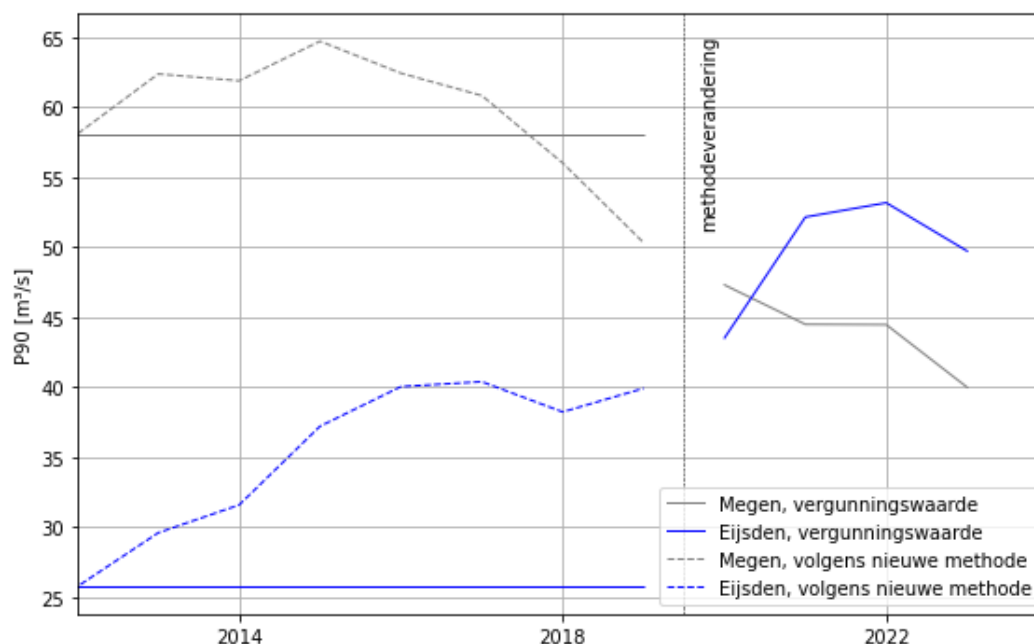


Figuur 4. De P90-waarde voor Megen en Eijsden. De P90 is berekend met het 10^e-percentiel van voorafgaande 10 jaren. Zie Bijlage A voor het 10^e percentiel in het desbetreffende jaar.

3.1.2 Vergunningswaarden versus historische P90

De vergunningswaarde wordt in principe gebaseerd op de P90 van de afgelopen 10 jaar (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019). Figuur 5 toont de ontwikkeling van deze waarde.

Tot 2020 werd gewerkt met vaste P90-waardes (op basis van 2002–2011), met als gevolg een relatief lage vergunningswaarde, mede door meerdere droge jaren in deze periode. Na 2020 is de methode aangepast: de P90 volgt uit de actuele 10-jarige tijdreeks. Dit leidt bij Eijsden tot een sprongsgewijze stijging van de P90 van $\sim 26 \text{ m}^3/\text{s}$ naar $\sim 45\text{--}55 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figuur 5. De vergunningswaarde (P90) voor Eijsden en Megen, met hierin de methodeverandering in 2020 meegenomen. Voor 2020 is de waarde zoals bepaald met de nieuwe methode gestippeld weergegeven.

Tabel 3 toont de P90-waardes per jaar, uitgebreid met de percentielswaarden van het betreffende jaar en de verhouding ten opzicht van de P90:

- De geldende vergunningswaarde (kolom 2);
- De actuele P90 op basis van de voorgaande 10 jaar (kolom 3);
- Het 10^e percentiel van het betreffende jaar (kolom 4);
- Welk percentiel de vergunningswaarde had in dat jaar (kolom 5).

Als dit percentiel hoger is dan 10, is de waarde vaker onderschreden dan bedoeld. Figuur 6 visualiseert de informatie uit Tabel 3.

Belangrijkste observaties:

- In Eijsden werd de vergunningswaarde vóór 2020 vrijwel nooit overschreden (de waarde was te laag). Na 2020 werd de waarde juist wel onderschreden, zoals in 2020 en 2022.
- In Megen resulteert de nieuwe methode in een lagere vergunningswaarde, maar is geen duidelijke trend zichtbaar in het aantal onderschrijdingen.

De resultaten onderstrepen het belang van een actualiseerbare P90-methode die rekening houdt met recente droge of natte jaren.

Tabel 3. Een indicatie van de vergunningswaarde (P90) in verhouding met de daadwerkelijke 10-percentiel afvoer, voor Eijsden en Megen. De vergunningswaarden (P90) zijn berekend via het handboek (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019), en met een 10-jarig datareeks. Deze twee methodes komen overeen voor alle jaren na 2020. Bovendien is de 10-percentiel van het desbetreffende jaar weergegeven, en het percentiel dat de vergunningswaarde in het betreffende jaar had. Als dit percentiel lager is dan 10, is de vergunningswaarde een acceptabele maat voor het betreffende jaar. Als het percentiel hoger is dan 10, wordt de vergunningswaarde in dat jaar vaker onderschreden dan gewenst.

Jaar	Eijsden				Jaar	Megen			
	Vergun- nings- waarde (geldend)	P90 o.b.v. 10- jaarreeks	10 ^e percentiel per jaar	Percentiel Ver- gunnings- waarde		Vergun- nings- waarde (geldend)	P90 o.b.v. 10- jaarreeks	10 ^e percentiel per jaar	Percentiel Ver- gunnings- waarde
2012	25.8	25.8	67.7	0.0	2012	58.1	58.1	88.2	1.9
2013	25.8	29.6	67.8	0.0	2013	58.1	62.4	74.1	5.8
2014	25.8	31.6	65.7	0.0	2014	58.1	61.9	86.2	3.3
2015	25.8	37.2	52.1	0.0	2015	58.1	64.7	53.3	11.8
2016	25.8	40.0	55.9	0.0	2016	58.1	62.4	64.3	6.8
2017	25.8	40.4	39.5	0.8	2017	58.1	60.8	42.5	19.7
2018	25.8	38.2	38.2	1.6	2018	58.1	56.0	28.9	36.2
2019	25.8	39.9	52.2	0.8	2019	58.1	50.3	33.1	25.8
2020	43.5	43.5	41.0	11.7	2020	47.3	47.3	26.7	21.0
2021	52.2	52.2	76.1	0.0	2021	44.5	44.5	114.9	0.0
2022	53.2	53.2	39.2	19.2	2022	44.5	44.5	29.5	19.7
2023	49.7	49.7	54.8	6.6	2023	40.0	40.0	57.9	1.4



Figuur 6. Overzicht van de vergunningswaarde (zwart), de P90 berekend via een 10-jarige datareeks (blauw; deze twee lijnen komen overeen na 2020), en het 10^e percentiel in het desbetreffende jaar (geel). Als de gele lijn lager is dan de vergunningswaarde, dan is de desbetreffende vergunningswaarde eigenlijk niet geschikt voor dat jaar, en zal de waarde vaker worden overschreden dan gewenst. De afstand tussen de gele en zwarte lijn geeft de intensiteit van deze overschrijding aan.

3.1.3 Klimaatscenario's: P90 in de toekomst

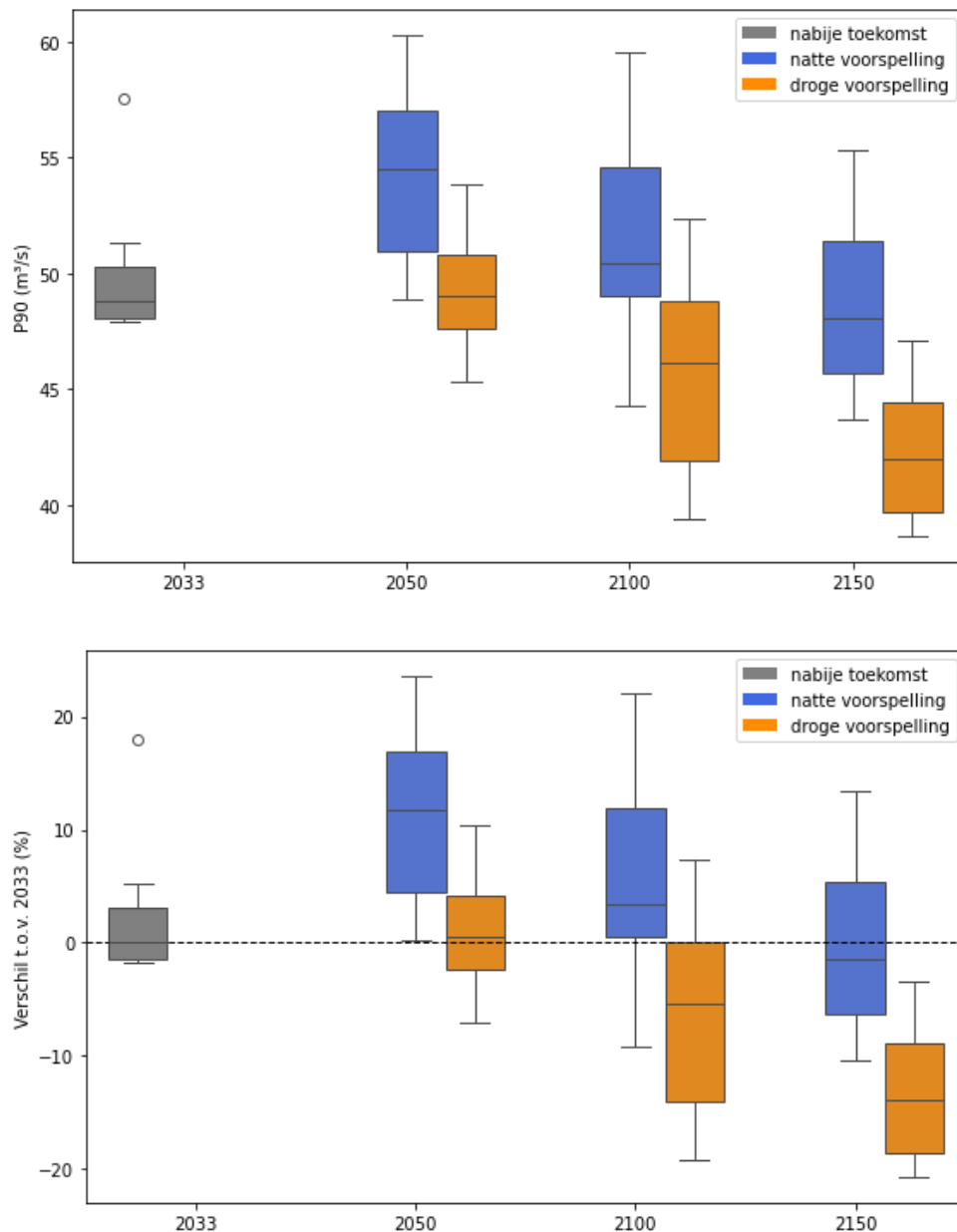
Op basis van de KNMI'23-klimaatscenario's is voor elk toekomstig tijdvak (2050, 2100, 2150) een verwachte P90 bepaald. Figuur 7 toont de verdeling van P90-waardes onder zowel natte (blauw) als droge (oranje) klimaatscenario's. Het bovenste figuur toont de absolute waardes, het onderste figuur de procentuele veranderingen.

Belangrijkste trends:

- Voor natte scenario's zien we in eerste instantie een lichte toename van de P90 ten opzichte van het huidige klimaat (2033), gevolgd door een afname richting 2150.
- Voor droge scenario's blijft de P90 tot 2050 vergelijkbaar met nu, en neemt daarna licht af.
- In alle scenario's neemt de spreiding (onzekerheid) van de P90 toe naarmate we verder de toekomst in gaan.

De resultaten laten zien dat de P90-waarde klimaatgevoelig is, en op termijn waarschijnlijk daalt (5 tot 10 m³/s, oftewel 10 tot 20%). Dit maakt het noodzakelijk om de P90-waarden periodiek te actualiseren, zodat deze passend blijven bij de afvoercondities in het heersende klimaat.

De P90-waarde voor het huidige klimaat (49,0 m³/s), 2033 in Figuur 7, ligt hoger dan de P90 waarde in de huidige immissietoets (38,5 m³/s). Dit verschil is te verklaren door het verschil tussen metingen en modelresultaten. De P90-waarde is wel vergelijkbaar qua ordegrrootte met de P90-waarde in 2023 op basis van metingen: 54,8 m³/s.



Figuur 7. De P90 waarden voor ieder klimaatscenario, gebaseerd op 240 jaar. Boven: in absolute waarden. Onder: in percentage ten opzichte van het referentiescenario "nabije toekomst". Het gekleurde vak representeert de middelste 50% van de data, het interkwartielbereik (Q1 tot Q3), met de mediaan als centrale lijn. De lijnen (whiskers) geven de data binnen 1,5 maal de interkwartielafstand aan. Waarden buiten dit bereik (uitschieters, outliers) worden aangeduid met een bolletje. Een natte (blauw) en droge (oranje) voorspelling zijn gegeven. De variatie in de boxplots zijn veroorzaakt door de hoge, midden en lage scenario's.

3.2 Onderschrijdingsduur

In deze paragraaf onderzoeken we hoe lang en hoe vaak de afvoer onder de vergunningswaarde ligt. We beantwoorden de hoofdvraag:

- Hoe varieert de onderschrijdingsduur van de P90-waarde over tijd?

We analyseren de jaarlijkse frequentie en duur van onderschrijdingen, bekijken hoe vaak langdurige periodes voorkomen, we evalueren ook de effecten van klimaatverandering op deze onderschrijdingsduur.

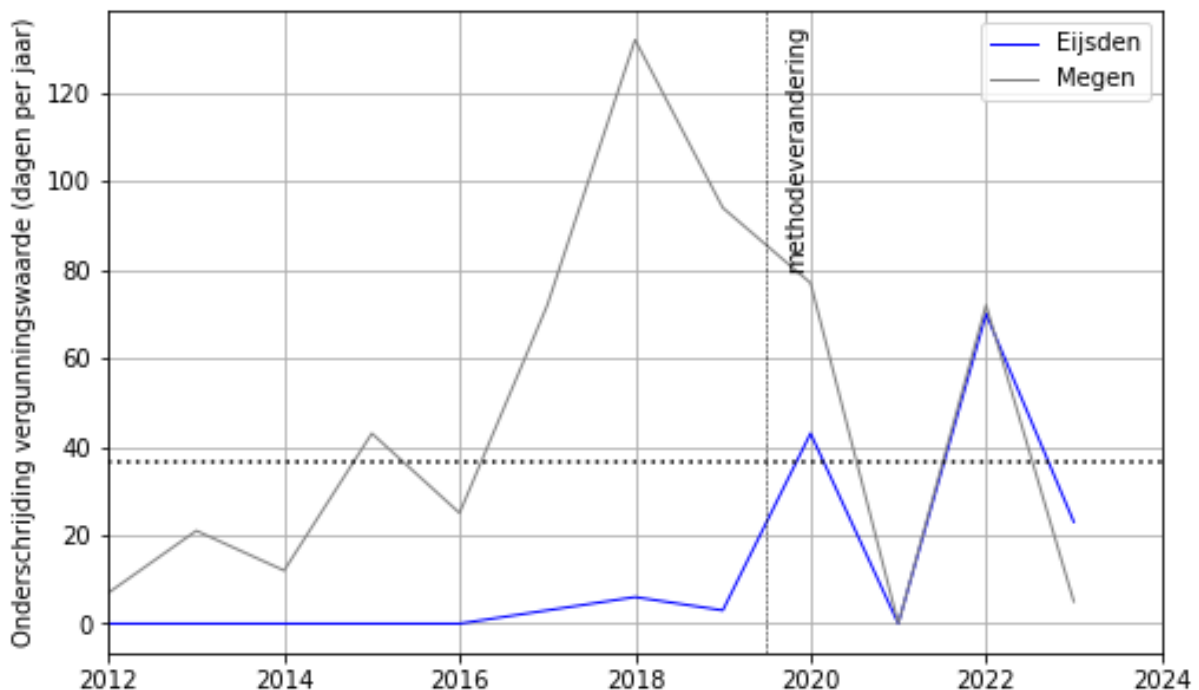
3.2.1 Historische onderschrijdingsduur

Aantal dagen onderschrijding per jaar

De vergunningswaarde is gebaseerd op de P90: een waarde die in principe in 10% van de tijd mag worden overschreden, oftewel gemiddeld 36,5 dagen per jaar. In de praktijk varieert dit aantal dagen sterk tussen de jaren.

Figuur 8 toont het aantal dagen per jaar waarin de afvoer onder de vergunningswaarde ligt:

- In droge jaren kan het aantal dagen met onderschrijding fors hoger liggen. Zo werd in Megen in 2019 de vergunningswaarde gedurende 132 dagen overschreden (~33% van het jaar).
- Ook in andere jaren (bijv. 2018 en 2022) overschrijdt het aantal onderschrijdingsdagen de verwachte 36,5 dagen ruimschoots.



Figuur 8. De hoeveelheid dagen per jaar waarin de vergunningswaarde wordt overschreden.

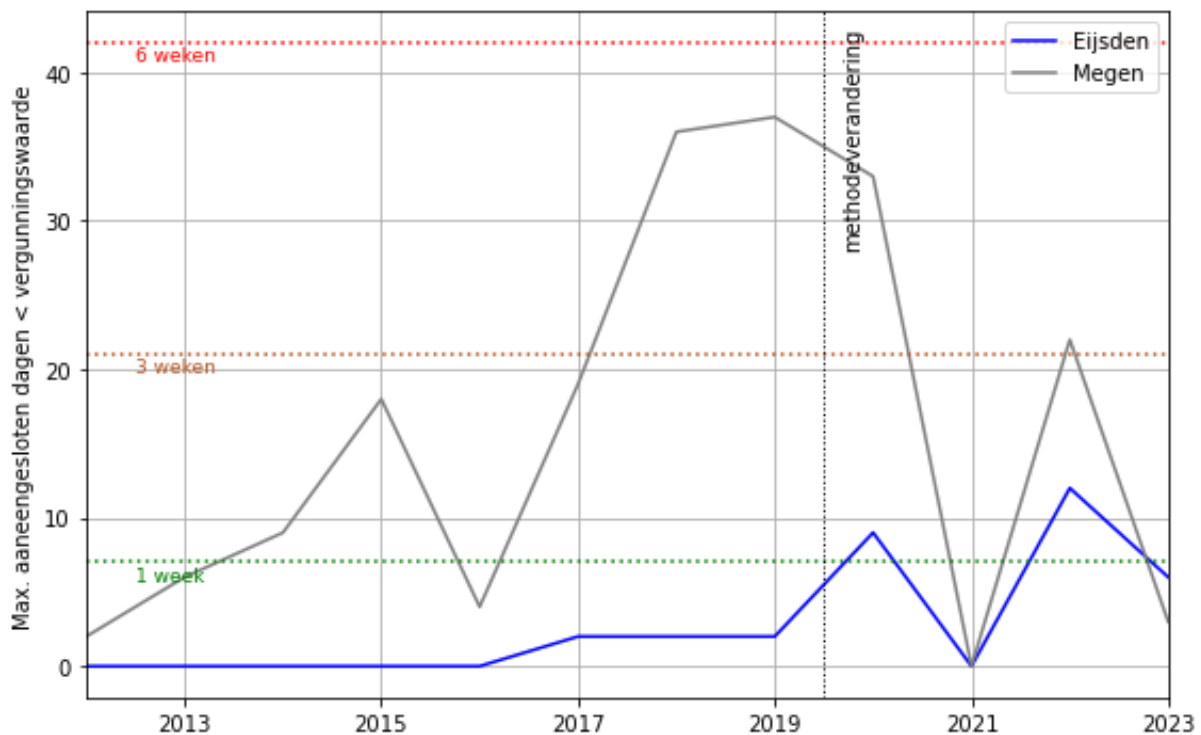
Maximale aaneengesloten onderschrijding per jaar – Onderschrijdingsduur

Niet alleen het aantal dagen, maar vooral de langst aaneengesloten periode van onderschrijding is van belang voor toepassingen zoals drinkwaterinname. Figuur 9 toont deze maximale jaarlijkse onderschrijdingsduur.

Belangrijkste observaties:

- In Megen werd de vergunningswaarde gedurende ≥ 1 week overschreden in 58% van de jaren (2012–2023), tegenover 17% in Eijsden.
- In Megen kwam een aaneengesloten overschrijding van ≥ 3 weken voor in 33% van de jaren, met uitschieters tot 5 weken in 2019. Ook in 2018 en 2020 werd bijna 5 weken overschreden.
- In Eijsden bleef de maximale aaneengesloten overschrijding altijd onder de 3 weken.

De horizontale lijnen in Figuur 9 geven indicatieve buffercapaciteiten aan van drinkwaterbedrijven (1 tot 6 weken). Dit illustreert dat locaties bij Megen in meerdere jaren problemen zouden kunnen ondervinden als de buffercapaciteit onvoldoende is om een innamestop van enkele weken te overbruggen.



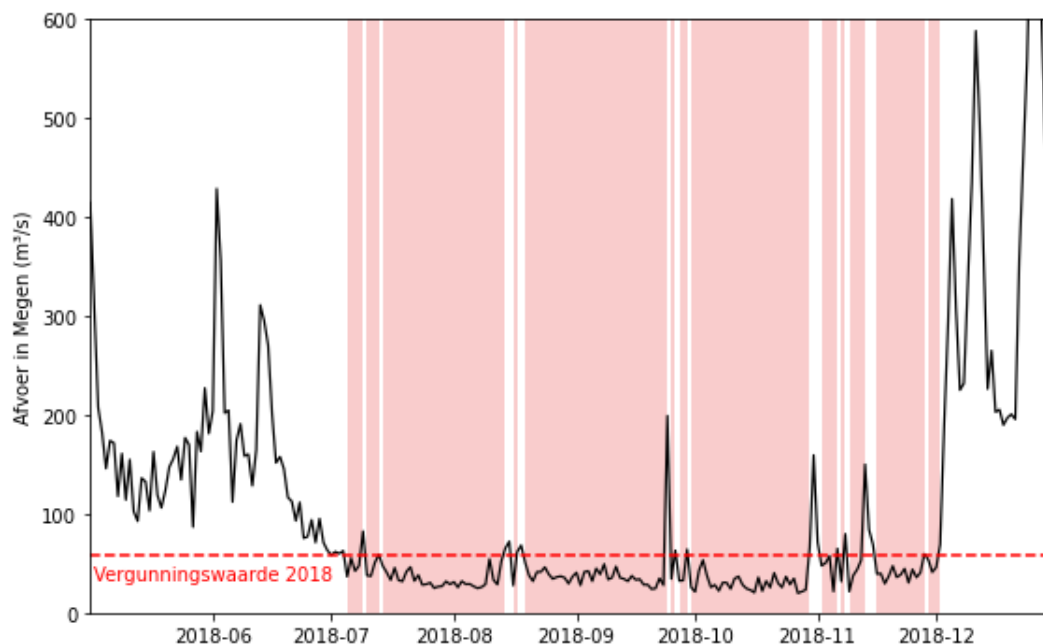
Figuur 9. De maximale hoeveelheid aaneengesloten dagen per jaar dat de afvoer onder de vergunningswaarde valt.

Overschrijdingsperiodes door de zomer heen – Overschrijdingsduur

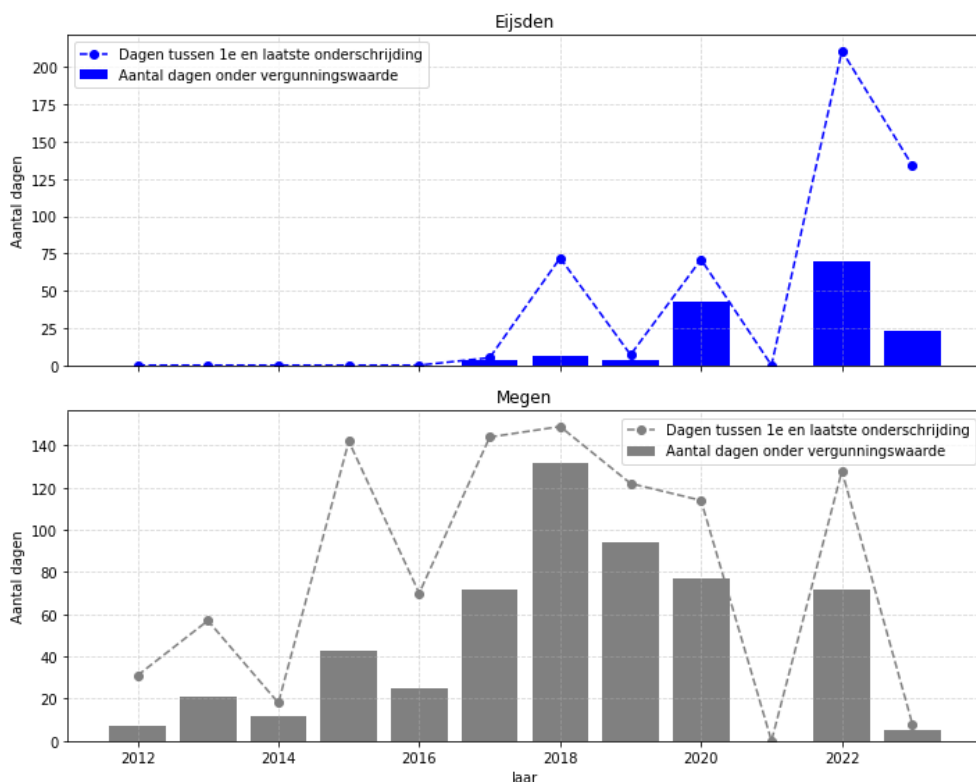
Overschrijdingen vinden plaats in de zomerperiode. Dit betekent dat na een periode van overschrijding binnen enkele dagen een nieuwe overschrijdingsperiode kan beginnen.

In 2018 duurde de langste aaneengesloten periode van overschrijding 37 dagen. In totaal werd de vergunningswaarde gedurende 132 dagen niet gehaald. Deze dagen vielen vrijwel volledig in de zomer- en herfstperiode (Figuur 10). De 132 overschrijdingsdagen vonden plaats binnen een periode van 150 dagen – dat is 88% van de tijd, binnen vijf maanden. De korte tussenliggende pieken lijken onvoldoende om 1) verontreiniging weg te spoelen en 2) de spaarbekkens van drinkwaterbedrijven weer aan te vullen.

Figuur 12 toont het aantal dagen tussen de eerste en laatste onderschrijding (lijn) en het totale aantal dagen met onderschrijding (balk). Hoe dichter de balk bij de lijn ligt, hoe dichter de onderschrijdingsdagen op elkaar volgen – en hoe minder hersteltijd er is voor spoeling van verontreiniging en aanvulling van buffers.



Figuur 10. De periodes in 2018 in Megen waar de vergunningswaarde werd overschreden. De gebeurtenissen zijn duidelijk geclusterd tussen juli en november.



Figuur 11. Het aantal dagen tussen de eerste en laatste onderschrijding vergeleken met de totale hoeveelheid dagen dat de vergunningswaarde werd overschreden in dat jaar. Hoe dichter de bar bij de lijn komt, hoe dichter de onderschrijdingsdagen op elkaar zitten, hoe minder dagen er zijn om de verontreiniging weg te spoelen en de buffers op te vullen.

Vergelijking met 10e percentiel van het jaar zelf – natuurlijke variatie

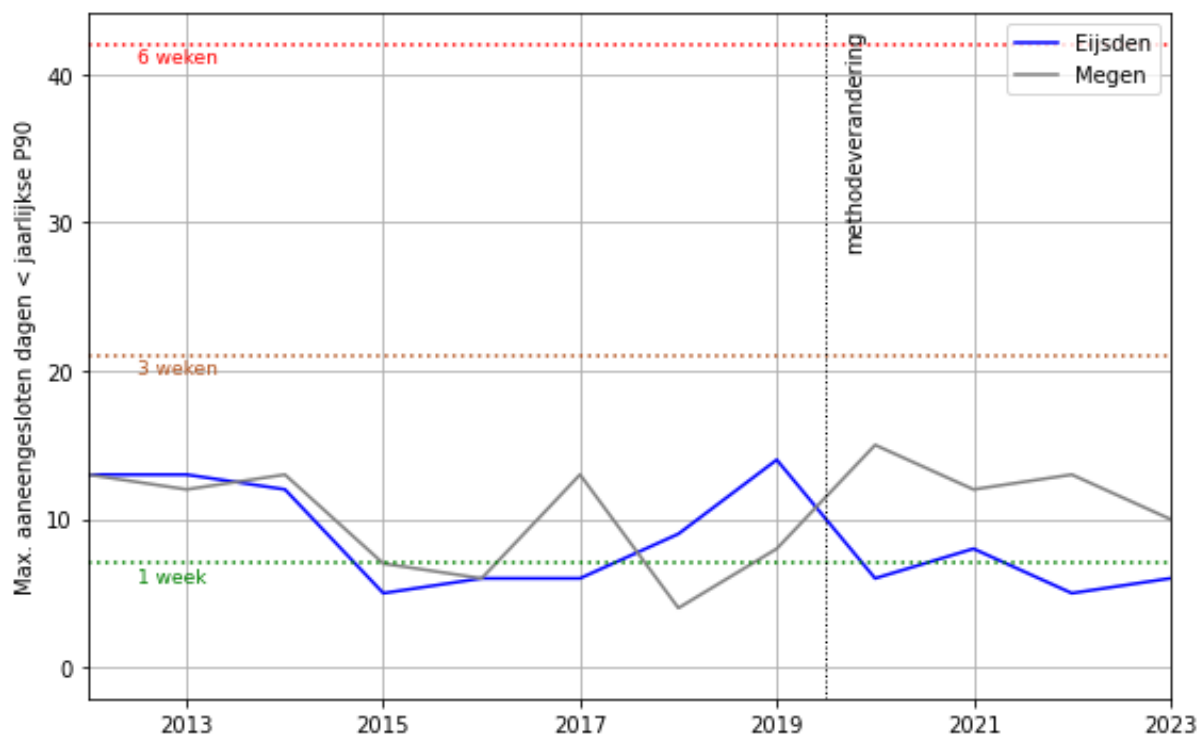
Afvoer kent altijd natuurlijke variatie, ongeacht van de vergunningswaarde bestaan altijd onderschrijdingsperiodes. Figuur 10 laat zien dat de verwachte onderschrijdingsperiode door natuurlijke variatie ongeveer 10 dagen is, als uitgegaan wordt van een vergunningswaarde die 10% van een jaar mag worden onderschreden. Van de 36,5 verwachte onderschrijdingsdagen, zijn er dus 10 opeenvolgend.

Figuur 10 toont de maximale aaneengesloten onderschrijdingsduur van het 10^e percentiel van elk jaar (ongeacht de vergunningswaarde):

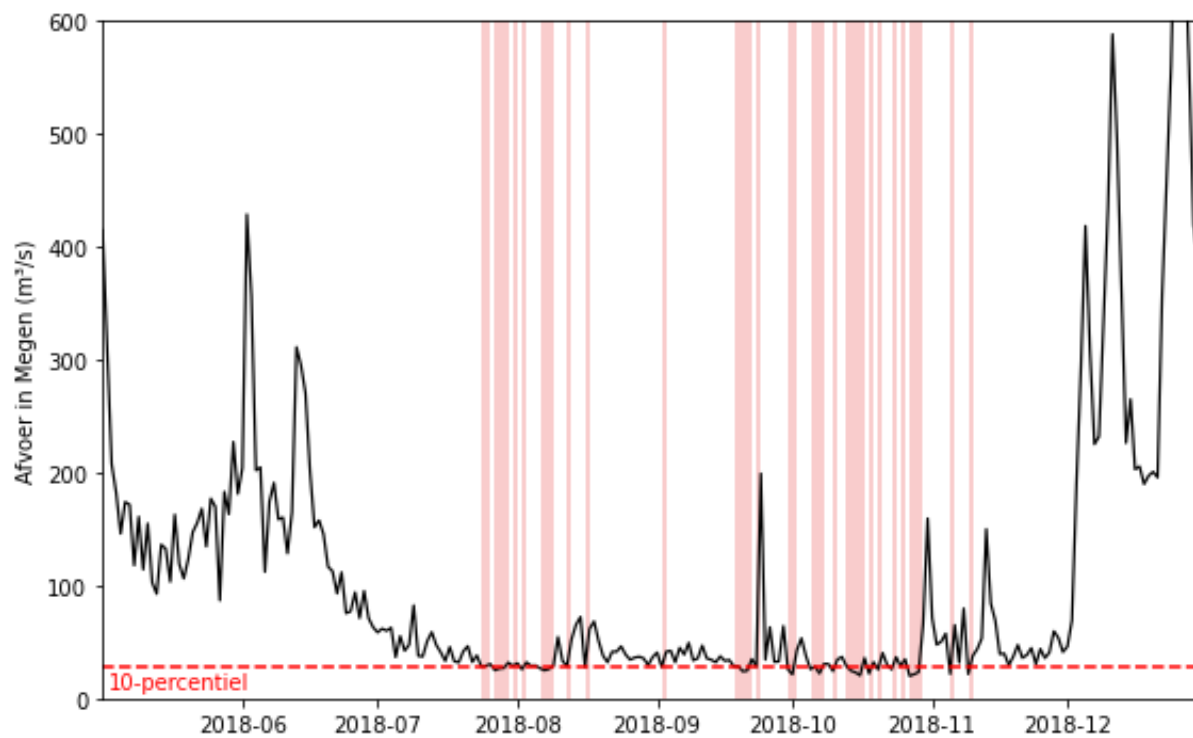
- Jaarlijks komt een periode van 10–15 dagen met lage afvoer onder het 10^e percentiel voor.
- Deze maximale duur varieert weinig tussen jaren.

De onderschrijdingsdagen vinden ook bij deze lagere vergunningswaarde plaats in de zomer (Figuur 13). De onderbrekingen van de onderschrijdingsperiodes zijn wel langer en de periodes dus korter dan bij de vergunningswaarde op basis van de P90 (Figuur 10).

Dit bevestigt dat langdurige lage afvoeren inherent zijn aan de natuurlijke variabiliteit van de Maas. Het benadrukt het belang van een minimale buffercapaciteit van ten minste 2 weken bij innamepunten – ongeacht de gekozen vergunningswaarde.



Figuur 12. De maximale hoeveelheid aaneengesloten dagen per jaar dat de afvoer onder het 10^e percentiel van het desbetreffende jaar valt.



Figuur 13. De periodes in 2018 in Megen waar de 10-percentiel waarde werd onderschreden. De gebeurtenissen zijn onregelmatig verdeeld tussen juli en november.

3.2.2 Klimaatscenario's en onderschrijdingsduur

Scenario's met meebewegende P90

De onderschrijdingsduur verandert niet door klimaatverandering. Dit komt doordat de P90 mee verandert met de afname van de afvoer en daardoor de onderschrijdingsduur van de P90 ook.

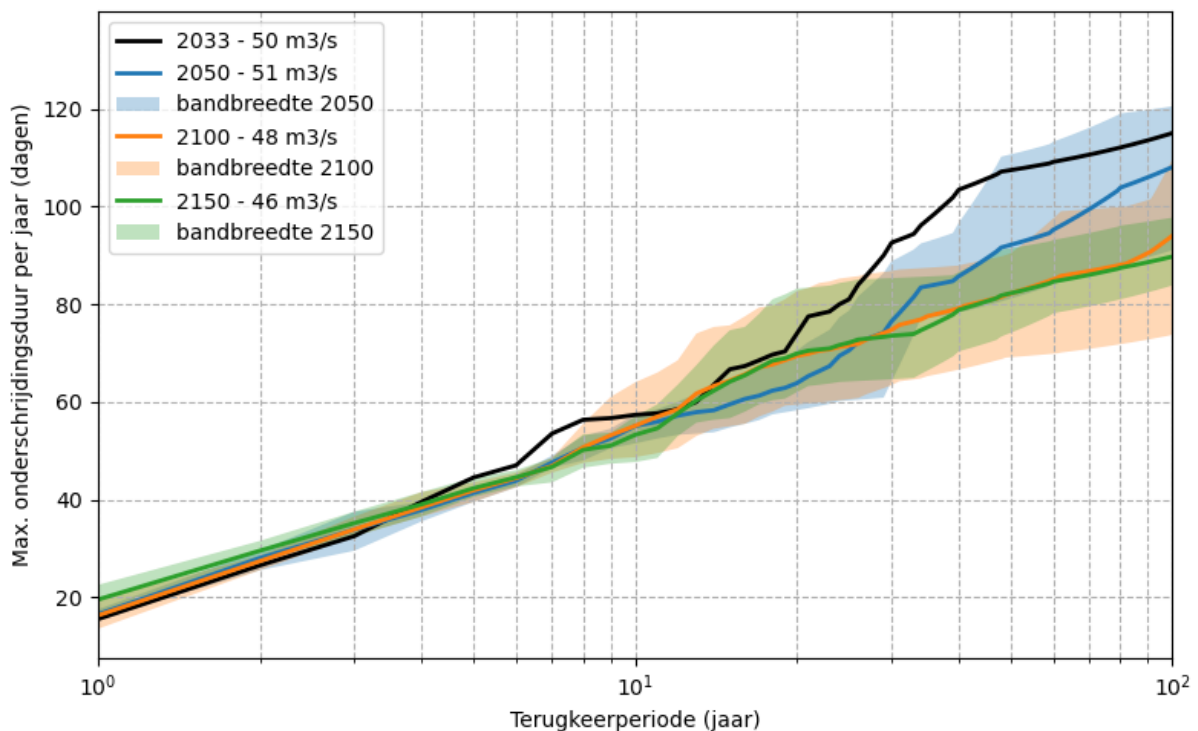
In Figuur 14 zijn de klimaatscenario's uitgewerkt naar de maximale onderschrijdingsduur per jaar met een terugkeerperiode. Bijvoorbeeld een onderschrijdingsperiode van 60 dagen komt onder het huidige klimaat (2033) gemiddeld eens iedere 10 jaar voor.

Figuur 14 laat zien hoe de onderschrijdingsduur per terugkeerperiode ontwikkelt in de tijd, gebaseerd op de KNMI'23-klimaatscenario's. De P90 beweegt hierbij mee met het klimaat.

Belangrijkste inzichten:

- Een onderschrijding van twee weken komt jaarlijks voor (terugkeerperiode 1).
- Een onderschrijding van ~55 dagen heeft een terugkeerperiode van 10 jaar.
- Deze waarden blijven vrijwel constant over de toekomstscenario's heen (2050–2150), wel daalt de P90-waarde (zie legenda).
- Voor hogere terugkeertijden is het verschil groter, maar hiervoor is de hoeveelheid data beperkt.

Conclusie: de duur van onderschrijdingen bij een meebewegende P90 verandert weinig over tijd, wat de klimaatbestendigheid van deze methode ondersteunt. Wel blijft van belang dat de P90 zelf afneemt in toekomstige scenario's (zie legenda Figuur 14).



Figuur 14. De terugkeerperiode (jaar) voor de maximale onderschrijdingsduur per jaar (maximale aaneengesloten dagen) voor de klimaatscenario's. De bandbreedte is de minimale en maximale waarde gebaseerd op het natte, droge, hoge en lage scenario voor dat jaar. De bijbehorende gemiddelde P90 is weergegeven in de legenda.

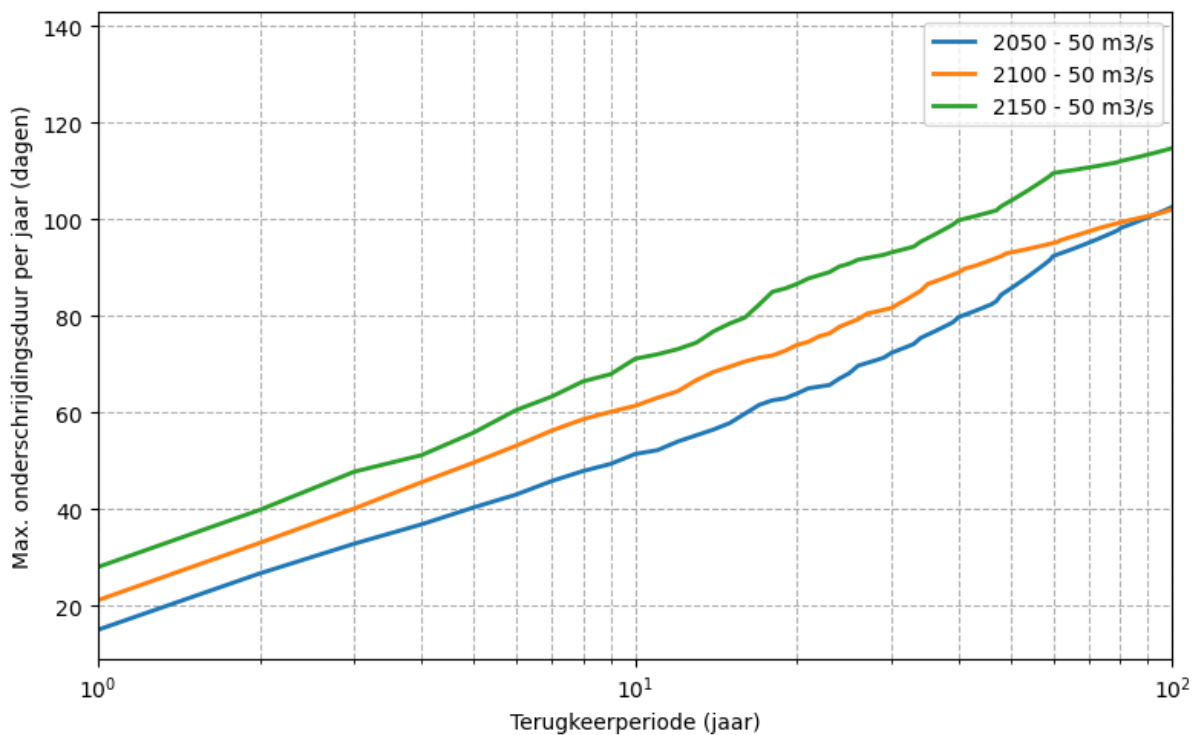
Scenario's met vaste P90

Wanneer de P90 niet mee verandert met het klimaat, zien we wel een duidelijke toename in onderschrijdingsduur. In Figuur 12 is de P90-waarde gefixeerd op 50 m³/s, behorend bij het referentiejaar 2033.

Belangrijke trends:

- Bij een terugkeerperiode van 10 jaar stijgt de onderschrijdingsduur van 50 dagen (2050) naar 63 dagen (2150).
- Dit toont dat zonder aanpassing van de vergunningswaarde, de frequentie én duur van onderschrijdingsperiodes zal toenemen.

De analyse van terugkeerperioden is niet toegepast op de historische meetreeksen. Deze zijn namelijk te kort (33–75 jaar) ten opzichte van de 240 jaar synthetische KNMI-data die nodig zijn voor statistische betrouwbaarheid.



Figuur 15. De terugkeerperiode (jaar) voor de maximale onderschrijdingsduur per jaar (maximaal aaneengesloten dagen) voor de klimaatscenario's, gebaseerd op de P90 van het jaar 2033 (50 m³/s).

4 Discussie

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen uit dit verkennende onderzoek besproken aan de hand van vier centrale thema's: de P90-methodiek, de invloed van klimaat op rivierafvoer, de onderschrijdingsduur en de klimaatrobustheid van de huidige werkwijze. De discussie vormt de onderbouwing voor de conclusies in hoofdstuk 5.

4.1 Stabiliteit en kwetsbaarheden in de P90-methodiek

De huidige P90-methodiek is gebaseerd op een tijdreeks van tien jaar aan daggemiddelde afvoergegevens. Hoewel deze lengte volgens experts (Sterk Consulting, 2020) in de meeste gevallen voldoende zou zijn om uitschieters te dempen, blijkt uit dit onderzoek dat de P90-waarde in de praktijk behoorlijk instabiel is. Jaar-op-jaar variaties van circa 20% zijn niet ongebruikelijk. Dit heeft als gevolg dat de zogenoemde 'vergunningsafvoer' – de basis voor waterkwaliteitsbeoordeling – sterk fluctueert op basis van toevallige droge of natte jaren.

Deze gevoeligheid kan ertoe leiden dat de uitkomst van de P90-methodiek sterk afhankelijk is van het moment waarop de vergunning wordt aangevraagd. In een relatief natte of droge periode kan dit resulteren in een hoger of lager uitvallende vergunningswaarde. Dit werpt de vraag op in hoeverre de methode voldoende robuust is om structurele veranderingen te onderscheiden van natuurlijke variatie tussen jaren.

Daarnaast zijn er methodologische keuzes die niet eenduidig zijn vastgelegd in het Handboek Immissietoets (Ministerie van I&W, 2019), zoals:

- het gebruik van daggemiddelde versus uur- of weekgemiddelde afvoeren;
- de keuze voor kalender-, hydrologisch of schuivend jaar bij bepaling van de afvoerstatistiek;
- het berekenen van de P90 over tien jaren gecombineerd, of eerst per jaar en vervolgens gemiddeld.

Deze keuzes hebben aantoonbare invloed op de uitkomst van de P90 en daarmee op de beoordeling van waterkwaliteit.

4.2 Klimaatinvloed op afvoer – inzichten uit historische metingen

De trends in historische zomerafvoeren laten een tegenstrijdig beeld zien: bij Megen is sprake van een daling, terwijl bij Eijsden juist een lichte stijging optreedt (zie Figuur 3). De mogelijke oorzaken hiervan zijn deels speculatief. Voor Megen zijn verminderde toevoer vanuit zijrivieren (zoals de Roer en de Geul), of verhoogde wateronttrekking in Nederland mogelijke verklaringen. Voor de stijgende trend bij Eijsden kunnen factoren als bovenstroomse stuwsturing, koelwaterlozingen of het verdwijnen van droge jaren uit de 10-jaarsreeks een rol spelen.

Opvallend is dat deze trends consistent zijn over meerdere percentielen (1%, 5%, 10%), wat betekent dat de keuze van het exact gebruikte percentiel voor het bepalen van de P90 in de praktijk weinig invloed heeft op de trendanalyse.

Wel laten de mediaanwaarden een duidelijke afname zien. Dit wijst op een structurele afname van de mediane afvoer, terwijl lage afvoeren door stuwbeheer kunstmatig in stand worden gehouden. Dit benadrukt het sterk gereguleerde karakter van de Maas.

Daarnaast zien we dat zowel de P90 op basis van metingen en die op basis van klimaatscenario's 10-20% afwijkt van de P90-waarde in de immissietoets.

4.3 Klimaatrobuustheid van de P90-methodiek

De P90-waarde neemt af in toekomstige klimaatscenario's, zoals verwacht onder invloed van klimaatverandering. Toch blijkt uit analyse dat de duur van overschrijding – gemeten in aaneengesloten dagen per jaar onder de vergunningswaarde – niet significant toeneemt in de toekomst wanneer de P90 jaarlijks wordt aangepast aan de nieuwe hydrologische realiteit.

Dit wijst erop dat de huidige methodiek op zichzelf *klimaatrobuust* is, zolang de actualisatie van de P90 consequent wordt uitgevoerd. De methodiek past zich automatisch aan veranderende omstandigheden aan, en borgt daarmee dat de acceptatie van lage afvoer (10% van de tijd) in verhouding blijft tot het verwachte klimaatregime.

Een belangrijke kanttekening is echter dat dit alleen geldt zolang de P90 daadwerkelijk periodiek wordt herzien. Wanneer een vaste P90 zou worden aangehouden, neemt de frequentie én duur van overschrijding onder toekomstige klimaatcondities duidelijk toe (zie Figuur 15).

4.4 Overschrijdingsduur als kritieke factor voor waterkwaliteit

Hoewel de P90-methodiek afvoerpercentielgericht is, ligt de grootste kwetsbaarheid voor waterkwaliteit bij de duur van overschrijding. Een kortstondige overschrijding heeft doorgaans weinig effect op de waterkwaliteit en kan door bufferbekkens bij innamepunten goed worden opgevangen. Langdurige overschrijdingen, met name in droge zomers, leiden echter tot cumulatieve achteruitgang van de waterkwaliteit – zeker wanneer emissies constant blijven.

Uit analyse blijkt dat de vergunningsafvoer in recente jaren (bijvoorbeeld 2018, 2019 en 2020) tot wel vijf weken aaneengesloten is overschreden. De waterkwaliteit staat in deze perioden langdurig onder druk. De vraag die hierbij opkomt is of de buffercapaciteit van innamepunten voldoende is voor dergelijke lange periodes.

Bovendien zijn deze overschrijdingsperiodes niet losstaand, ze worden kort onderbroken door iets hogere afvoer en vervolgens weer overschreden. Deze kortdurende hogere afvoer is waarschijnlijk onvoldoende voor het herstel van de waterkwaliteit in de Maas en het waterpeil in de bufferbekkens. Zo zijn er meerdere jaren (o.a. 2018, 2019, 2020 en 2022) waar over een periode van meerdere maanden meer dan 50% van de tijd de vergunningswaarde wordt overschreden.

De overschrijdingsduur verdient daarom nadrukkelijk een plek in de immissietoets. Niet alleen het aantal dagen per jaar met lage afvoer is relevant, maar vooral de duur van de overschrijdingsperiode. Dit bepaalt in de praktijk de impact op drinkwatervoorziening.

5 Conclusies

In dit hoofdstuk staan de belangrijkste inzichten uit dit verkennende onderzoek samengevat. Allereerst beantwoorden we de onderzoeksvragen, waarmee we het onderzoeksdoel wordt behaald. Vervolgens beschrijven we de conclusies op basis van de discussie. Tot slot geven we aanbevelingen voor vervolgonderzoek en beleidsontwikkeling.

5.1 Beantwoording van de onderzoeksvragen

1. **Hoe ontwikkelt de P90-waarde zich in de tijd op basis van historische gegevens?**
De P90 vertoont sterke interjaarlijkse fluctuatie. In Megen is sprake van een afnemende zomerafvoer; in Eijsden neemt de afvoer juist licht toe. Klimaattrends zijn op korte termijn moeilijk te onderscheiden vanwege de overheersende natuurlijke variatie.
2. **Hoe stabiel is de huidige P90-methodiek, en hoe gevoelig is deze voor de keuze van rekenparameters?**
De methodiek is instabiel door gebruik van korte reeksen. Berekeningskeuzes (zoals tijdsvenster, aggregatieniveau en statistische benadering) zijn niet eenduidig vastgelegd, wat leidt tot mogelijke verschillen in uitkomsten. Dit maakt de methode gevoelig en in sommige gevallen lastig reproduceerbaar.
3. **Hoe ontwikkelt de onderschrijdingsduur zich in de tijd en onder verschillende klimaatscenario's?**
Historisch blijkt de P90-waarde soms langdurig onderschreden te worden, tot wel vijf weken. Onder klimaatscenario's verandert de onderschrijdingsduur nauwelijks zolang de P90 periodiek wordt aangepast. Een vaste P90-waarde leidt daarentegen wel tot toenemende duur.
4. **In hoeverre is de P90-methodiek klimaatrobuust?**
De methodiek is klimaatrobuust zolang zij meebeweegt met de afvoercharacteristieken van het moment. De duur van onderschrijding blijft daarmee in de toekomst vergelijkbaar met de huidige situatie. Dit vereist wel regelmatige herziening van de P90 op basis van actuele gegevens.

Het doel van dit onderzoek was: **inzicht krijgen in de stabiliteit van de P90-waarde en de gevolgen daarvan voor wateronttrekkingen, met name voor drinkwaterproductie.**

Met de antwoorden op de onderzoeksvragen is dit doel bereikt.

5.2 Conclusies op basis van discussie

De analyse van historische afvoergegevens, de evaluatie van de P90-methodiek, de toepassing van klimaatscenario's en antwoorden op de onderzoeksvragen leiden tot de volgende overkoepelende conclusies:

- **De invloed van natuurlijke jaarlijkse variatie in afvoer is groter dan de klimaattrends.** Natte en droge jaren wisselen elkaar af en veroorzaken sterke fluctuaties in de P90, soms tot 20% tussen opeenvolgende jaren. Dit betekent:
 - Deze variabiliteit domineert de langjarige trends meer dan klimaatverandering, maar de P90 is geen juiste maat om met deze variabiliteit om te gaan

- Het moment van aanvragen van de vergunning is sterk bepalend voor de hoogte van de vergunningswaarde. Als bedrijven op het juiste moment hun vergunning aanvragen, kan deze significant positiever uitvallen.
- [De P90-methodiek is gevoelig voor toeval en rekenkeuzes](#). De huidige werkwijze met een 10-jarige tijdreeks maakt de methode kwetsbaar voor willekeurige fluctuaties. Daarnaast zijn belangrijke stappen in de berekening — zoals de keuze van daggemiddelden, het type hydrologisch jaar, of de wijze van middelen — niet eenduidig vastgelegd in het handboek Immissietoets. Deze keuzes beïnvloeden de uitkomst merkbaar.
- [Klimaatverandering beïnvloedt de P90-waarde in de toekomst, vooral na 2050](#). Volgens klimaatscenario's neemt de P90 af in droge scenario's en stijgt deze in natte scenario's tot circa 2050. Na die periode is in vrijwel alle scenario's een afname zichtbaar.
- [De P90 is meerdere keren langdurig onderschreden](#). In de afgelopen tien jaar is in verschillende jaren een aaneengesloten onderschrijdingsduur van vijf weken waargenomen. Dit heeft gevolgen voor de waterkwaliteit en doet een beroep op de bufferbekkens bij innamepunten.
- [Onderschrijdingen zijn niet losstaand](#). Onderschrijdingen vinden plaats in droge zomers, in deze droge zomers is de langste onderschrijding niet de enige onderschrijding. Zo is in 2018 gedurende 5 maanden de vergunningswaarde 88% van de tijd onderschreden. Dit betekent dat de afname van waterkwaliteit en peil in bufferbekkens langer duurt dan enkel de onderschrijdingsperiode.
- [De onderschrijdingsduur neemt niet toe onder klimaatscenario's, zolang de P90 wordt geactualiseerd](#). De methode past zich aan veranderende omstandigheden aan, waardoor de duur van onderschrijding relatief stabiel blijft. In die zin is de methodiek klimaatrobuust.

5.3 Aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- [Leg de berekeningswijze van de P90 explicieter vast](#) in richtlijnen en handboeken, om consistentie en reproduceerbaarheid te waarborgen.
- [Overweeg een langere tijdreeks \(bijv. 30 jaar\)](#) voor het bepalen van de P90, of probeer een andere, stabielere afvoerstatistiek te definiëren om de jaarlijkse variatie in de vergunningswaarde te beperken.
- [Betrek onderschrijdingsduur expliciet in de immissietoets](#), zodat beter wordt gestuurd op risico's voor waterkwaliteit en innamezekerheid. Hiervoor is een andere parameter dan de P90 nodig, welke dit is moet nog worden uitgezocht.
- [Blijf de P90 regelmatig actualiseren](#), zoals ook de huidige praktijk is. Hiermee speel je in op klimaatverandering (niet op interjaarlijkse variatie).
- [Voer nadere analyse uit naar het effect van stuwbeheer en onttrekkingen](#) op de lage afvoer bij locaties als Megen.
- [Vergelijk actuele afvoerwaarden met de P90's in bestaande vergunningen](#). Dit geeft inzicht in de actualiteit en houdbaarheid van de verleende lozingsruimte.
- [Voer een modelstudie uit naar de impact van lage afvoer op waterinname](#), om te bepalen hoe snel na onderschrijding de waterkwaliteit te laag wordt, hoelang een innamestop duurt, en of dit past bij de buffercapaciteit.
- [Valideer de P90-bepalingsmethode met de gesimuleerde datareeks](#), om te toetsen of de gehanteerde aannames in dit onderzoek leiden tot consistente resultaten met de werkelijke vergunningswaarden.

6 Referenties

Deltares, 2023

Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse. In opdracht van Rijkswaterstaat. Rapportnummer 11209265-002-ZWS-0003.

van Denderen, 2024

Hydropieken in de Grensmaas. HKV. In opdracht van Rijkswaterstaat.

Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), 2024

Drinkwaterkwaliteit 2023. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Ministerie van I&W, 2019

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat - Handboek Immissietoets.
https://iplo.nl/publish/pages/130130/handboek_immissietoets_oktober2019_2.pdf

KNMI, 2023

KNMI National Climate Scenarios 2023 for the Netherlands. Scientific report 23-02

KNMI. Accessed juli 2025

Klimaat. <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/klimaat>

Kramer, 2021

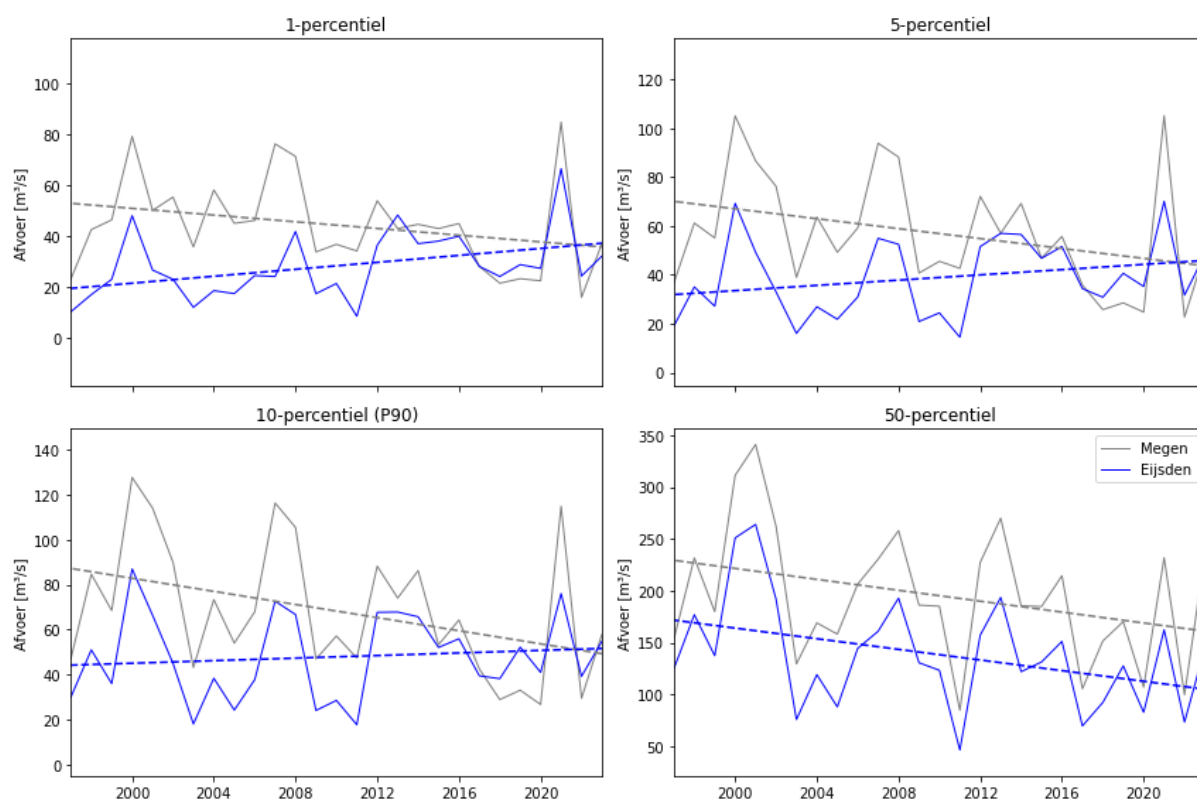
Lage afvoeren in de Maas, in opdracht van RIWA-Maas.

Sterk Consulting, 2020

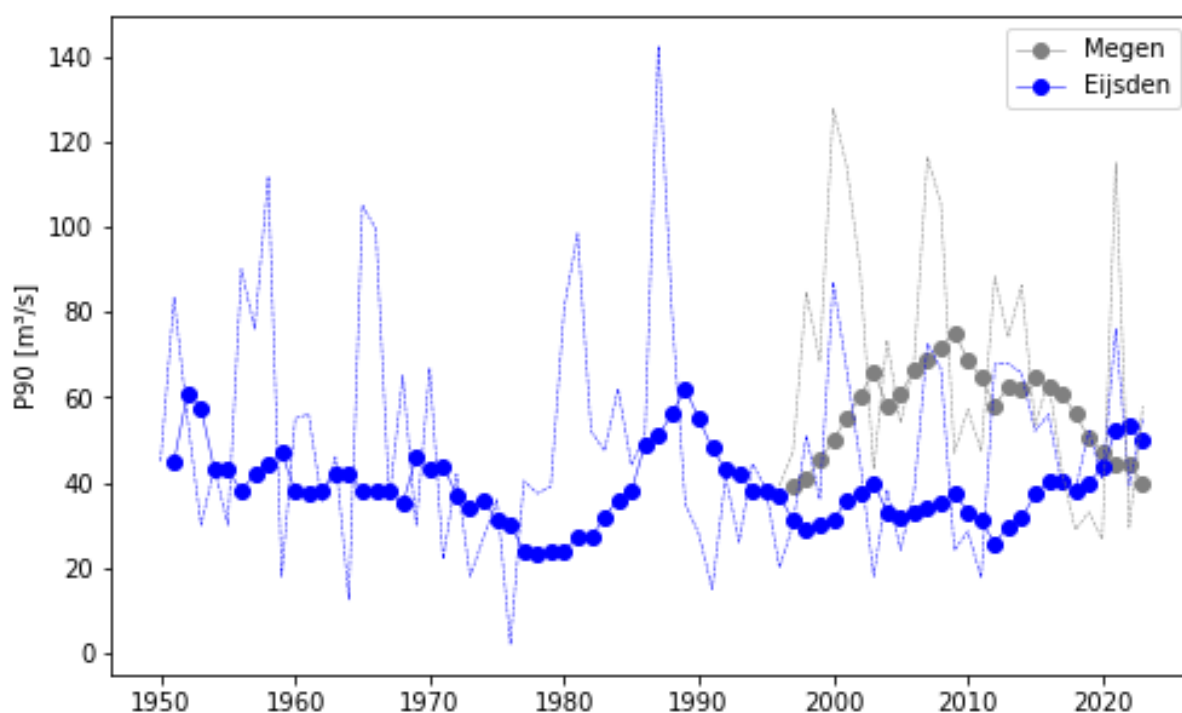
Nut en noodzaak van het debietafhankelijk maken van industriële lozingen Overzicht van het juridisch instrumentarium bij lage afvoerdebieten in oppervlaktewaterlichamen als gevolg van extreme droogte. In opdracht van: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat Directoraat-generaal Water en Bodem

Bijlagen

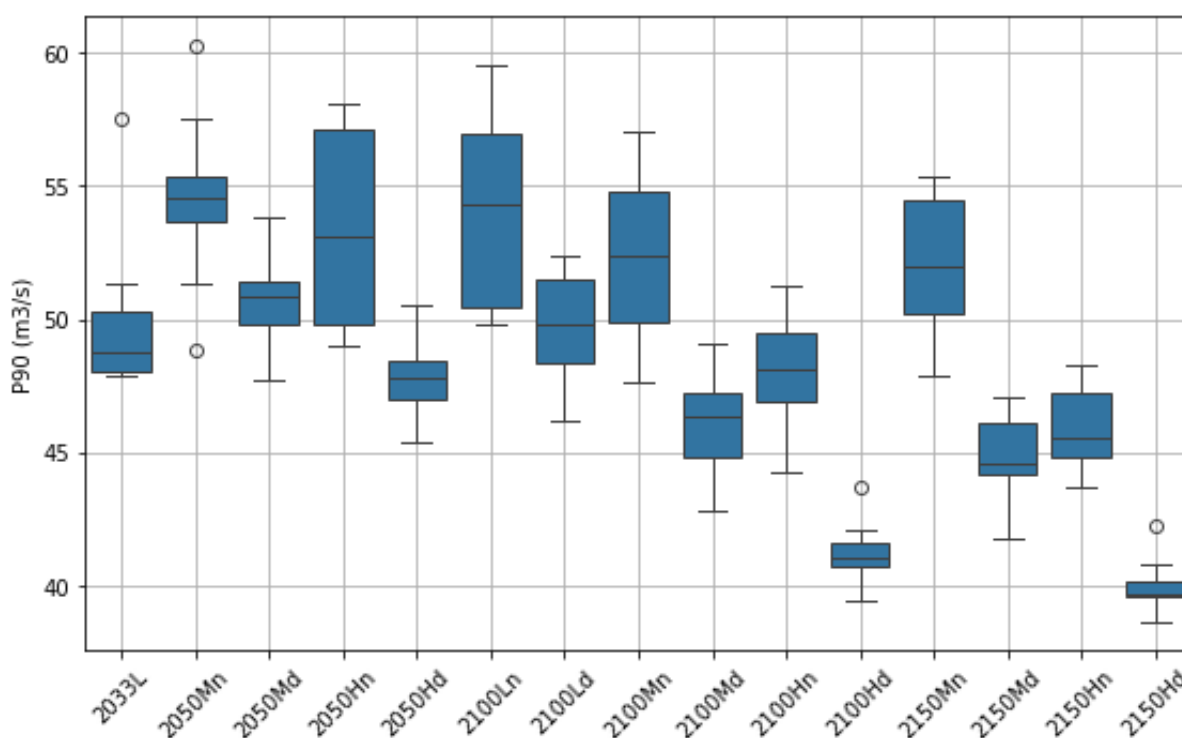
A Ondersteunende figuren



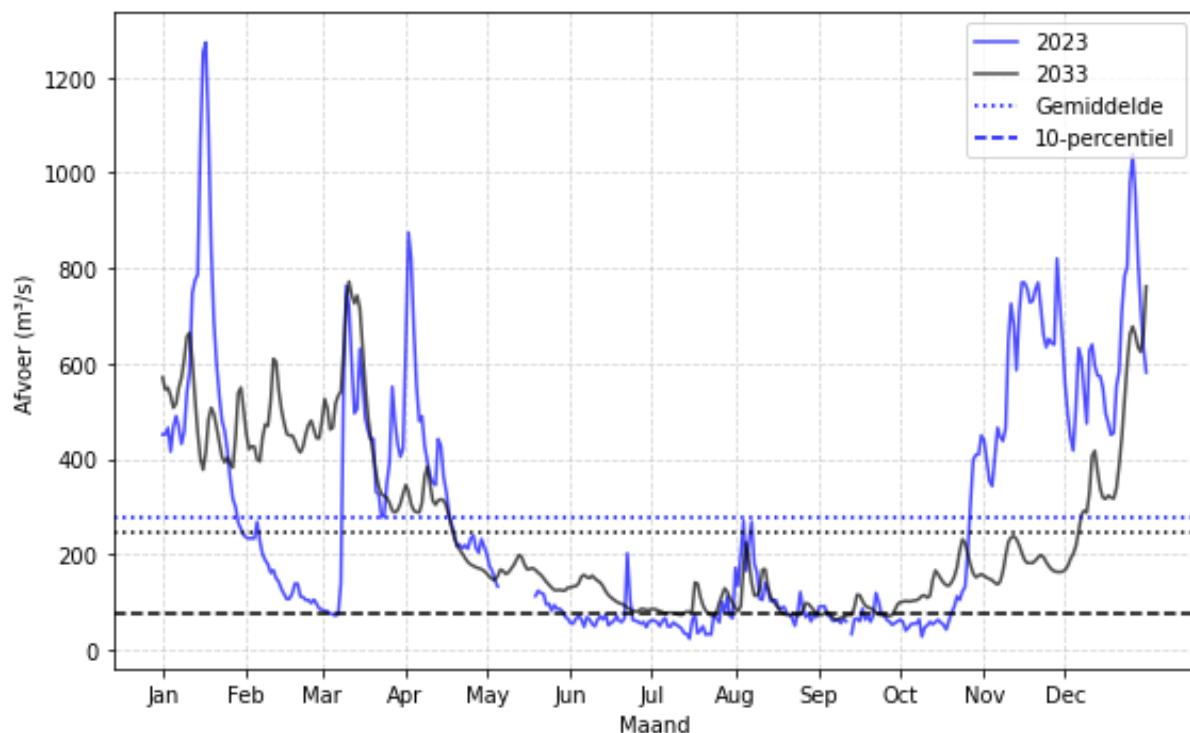
Figuur 16. De 1, 5, 10 en 50 percentielen van de gemeten dagafvoer in Megen (grijs) en Eijsden (blauw), ingezoomd op trends vanaf 1996.



Figuur 17. De P90-waarde voor Megen en Eijsden. De P90 is berekend met het 10-percentiel van voorafgaande 10 jaren. De P90-waarde van het daadwerkelijke jaar (berekend met het 10-percentiel van het desbetreffende jaar) is weergegeven met een gestippelde lijn.



Figuur 18. De P90 waarde van de 15 doorgerekende KNMI-scenario's.

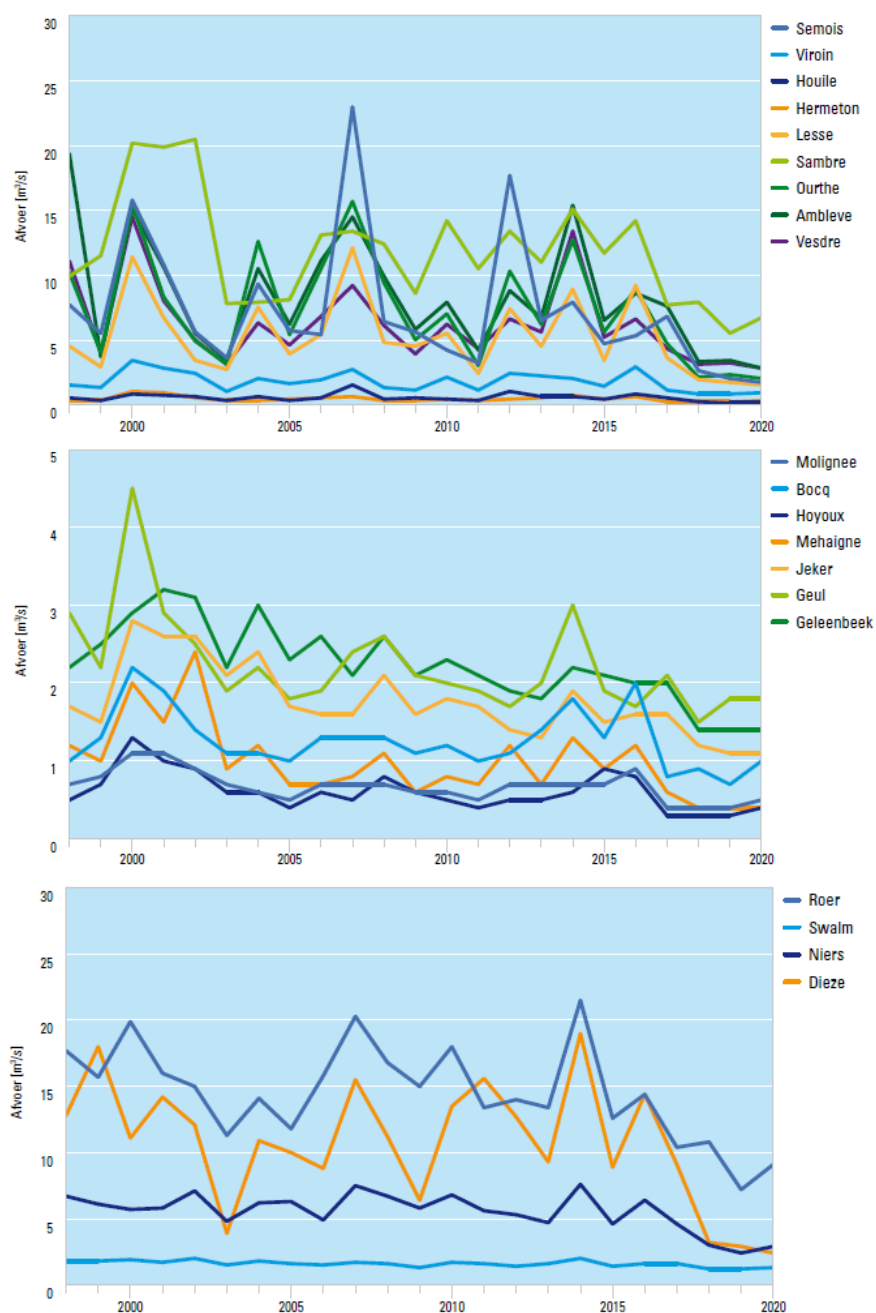


Figuur 19. Vergelijking in afvoer in Eijsden tussen het huidige klimaat (2023) en het referentiescenario van het KNMI (2033 een voorbeeldjaar uit de ensembles van de klimaatscenario's (gemiddeld over de 8 scenario's).

Droge zomers					
Jaar	Q juli [m³/s]	Q aug [m³/s]	Q sept [m³/s]	Q okt [m³/s]	Q nov [m³/s]
2003	87	67	65	81	90
2011	78	106	86	85	70
2017	78	77	109	121	242
2018	70	65	64	57	70
2019	58	57	49	129	256
2020	63	48	59	114	109

Natte zomers					
Jaar	Q juli [m³/s]	Q aug [m³/s]	Q sept [m³/s]	Q okt [m³/s]	Q nov [m³/s]
2000	287	180	155	240	521
2001	131	110	250	226	355
2007	206	226	143	136	243
2012	225	111	90	214	238
2014	163	190	142	198	243
2016	198	137	83	83	134

Figuur 20. Overzicht van natte en droge zomers in de Maas (Kramer, 2021).



Figuur 21. Zomerafvoeren van zijrivieren van de Maas rivier. Alle rivieren in de lijst die boven Geul genoemd staan (exclusief de Geul zelf) zijn bovenstrooms van Eijsden. Alleen Dieze ligt benedenstrooms van Megen. (Kramer, 2021)



HKV lijn in water BV

Locatie Lelystad

Botter 11-29
8232 JN Lelystad

Locatie Delft

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

Locatie Amersfoort

Berkenweg 7
3818 LA Amersfoort

0320 294242
info@hkv.nl
www.hkv.nl