

Klimaatadaptatiestrategie voor het internationaal Rijndistrict



Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport Nr. 219



Colofon

Uitgegeven door de

Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR)

Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Koblenz, Duitsland

Postbus 20 02 53, 56002 Koblenz, Duitsland

Telefoon: +49-(0)261-94252-0, fax +49-(0)261-94252-52

E-mail: sekretariat@iksr.de

www.iksr.org

ISBN 3-941994-78-6

© IKS-R-CIPR-ICBR 2015

Klimaatadaptatiestrategie voor het internationaal Rijndistrict

Leeswijzer

Dit groeidocument zal op basis van voortschrijdend inzicht in klimaatverandering en de gevolgen daarvan verder worden ontwikkeld.

Inhoudsopgave

Samenvatting en toekomstige kernactiviteiten	3
• Uitgangssituatie	3
• Mogelijkheden voor de adaptatie aan de verwachte effecten van de klimaatverandering in het internationaal Rijndistrict	4
• Rekening houden met toekomstige socio-economische ontwikkelingen en participatie van alle actoren	5
1. Inleiding	6
1.1 Overzicht van de ICBR-publicaties over klimaatverandering	6
1.2 Werkwijze voor de ontwikkeling van een klimaatadaptatiestrategie voor het Rijnstroomgebied	7
2. Directe effecten van de klimaatverandering in het Rijnstroomgebied	8
2.1 Effecten op het afvoerregime van de Rijn	8
<i>Algemene opmerkingen</i>	8
<i>Ontwikkeling in de twintigste eeuw</i>	9
<i>Ontwikkeling in de eenentwintigste eeuw</i>	9
2.2 Effecten op de watertemperatuur van de Rijn	11
3. Effecten van de waterhuishoudings- en watertemperatuurverandering op de waterkwaliteit en het ecosysteem	14
3.1 Effecten op de waterkwaliteit	14
<i>Afvoerderelateerde effecten</i>	14
<i>Temperatuurgerelateerde effecten</i>	15
3.2 Effecten op het ecosysteem	15
4. Effecten op de gebruiksfuncties van water	17
5. Mogelijke actieterreinen en maatregelen voor de adaptatie aan de verwachte effecten van klimaatverandering	18
5.1 Grondbeginselen van mogelijke adaptatiemaatregelen	18
5.2 Mogelijke maatregelen met betrekking tot de waterhoeveelheid	19
<i>Overstromingsrisicobeheer</i>	19
<i>Laagwaterbeheer</i>	20
5.3 Mogelijke maatregelen met betrekking tot de waterkwaliteit	20
5.4 Mogelijke maatregelen met betrekking tot het ecosysteem	22
5.5 Mogelijke maatregelen met betrekking tot andere sectoren	23
Bijlage 1: Selectie van publicaties over de adaptatie aan de klimaatverandering op internationaal en nationaal niveau	25
Bijlage 2: “Richtwaarden voor de gevoeligheid” hoogwater (oriënteringsgrootheden voor mogelijke adaptatiemaatregelen)	30
Bijlage 3: “Richtwaarden voor de gevoeligheid” laagwater	31

Samenvatting en toekomstige kernactiviteiten

• **Uitgangssituatie**

In het Rijnstroomgebied is er enerzijds een veelheid aan kennis vergaard over de reeds in de twintigste eeuw waargenomen effecten van de klimaatverandering op het afvoerregime van de Rijn en op de ontwikkeling van de watertemperatuur sinds 1978. Anderzijds zijn er de afgelopen jaren op basis van klimaatprojecties meetpuntgerelateerde simulaties uitgewerkt in verband met de ontwikkeling van de waterhuishouding en de watertemperatuur in het stroomgebieddistrict Rijn in de nabije toekomst (tot 2050) en in de verre toekomst (tot 2100).

Uit de projecties blijkt dat de ontwikkeling tot 2050 wordt gekenmerkt door een zich voortzettende luchttemperatuurstijging, met een over de periode 2021-2050 berekend gemiddelde voor het gehele Rijnstroomgebied van +1 à 2 °C ten opzichte van de periode 1961-1990.

De winterprojecties tot 2050 tonen een matige toename van de neerslag. De toename van de winterneerslag, die als gevolg van de temperatuurstijging bovendien steeds vaker in vloeibare vorm valt, kan leiden tot een matige toename van de gemiddelde afvoer, de laagwaterafvoer en - voor het gebied benedenstrooms van Kaub - de hoogwaterafvoer.

De zomerprojecties laten voor de neerslag tot 2050 geen duidelijke tendens zien. De afvoer in de zomer blijft min of meer onveranderd ten opzichte van de huidige situatie.

Uitgaande van de resultaten van de bekeken modelketens wordt aangenomen dat de stijgende luchttemperatuur het aantal hoogwatergebeurtenissen, maar ook extreme gebeurtenissen in het stroomgebieddistrict zal doen toenemen en de waterhuishouding bijgevolg ingrijpend zal veranderen. Deze ontwikkelingen kunnen in de loop van de 21e eeuw toenemen in intensiteit. Hogere luchttemperaturen (tot 2100 bedraagt de geprojecteerde stijging +2 tot +4 °C) zorgen verder ook voor hogere watertemperaturen.

De richting die de veranderingen in de **waterhuishouding** opgaan, waarvan enkele in de nabije toekomst (tot 2050) nog gematigd zijn, wordt duidelijk bij beschouwing van het einde van deze eeuw:

- a. Hydrologisch winterhalfjaar:
 - toename van de neerslag in de winter;
 - toename van de afvoer;
 - vroeger smelten van sneeuw/eis/permafrost, opschuivende sneeuwgrens;
- b. Hydrologisch zomerhalfjaar:
 - afname van de neerslag (maar mogelijk vaker zware neerslaggebeurtenissen in de zomer);
 - afname van de afvoer;
 - toename van laagwaterperiodes;
- c. Toename van kleine tot middelgrote hoogwatergebeurtenissen, toename van de piekafvoer van zeldzame hoogwatergebeurtenissen lijkt mogelijk, maar de omvang hiervan kan niet zonder twijfel worden gekwantificeerd.

Uit de simulaties voor de nabije toekomst blijkt dat het aantal dagen met **watertemperaturen** boven 25 °C zal toenemen ten opzichte van de referentiesituatie; bij lage afvoeren (Q_{min}) kan er sprake zijn van een verdubbeling. In de verre toekomst zal het aantal dagen waarop de temperatuur de waarde van 25 °C overschrijdt fors toenemen. Dit geldt ook voor de overschrijding van de grens van 28 °C in de verre toekomst.

Deze mogelijke effecten van de klimaatverandering vergen een aanpassing in het waterbeheer. Desbetreffende maatregelen moeten samen worden bekeken met klimaatadaptatiemaatregelen die in andere sectoren worden genomen en met wisselwerkingen tussen de maatregelen onderling.

Verdere elementen met betrekking tot overstromingspreventie zijn opgenomen in het eerste overstromingsrisicobeheerplan (ORBP) Rijn, deel A, en met betrekking tot laagwater in het tweede stroomgebiedbeheerplan (SGBP) Rijn, deel A.

Monitoring en periodieke controle van de kennis

Een basisvoorwaarde voor de registratie van toekomstige veranderingen in het waterbeheer is de voortzetting van de intensieve monitoring van de afvoer, de watertemperatuur en de (chemische en biologische) waterkwaliteit in het internationaal Rijndistrict. Meetprogramma's en meetnetten moeten zo nodig worden aangepast.

De kennis over de klimaatgerelateerde veranderingen in het internationaal Rijndistrict, die is vergaard in het kader van verschillende studies naar scenario's, moet bij voortschrijdend inzicht worden geactualiseerd. Daarbij moet er gelijke tred worden gehouden met nieuwe IPCC-inzichten en aansluiting worden gezocht bij de zesjarencyclus in de implementatie van EU-richtlijnen die van belang is voor de stroomgebieddistricten (2021, 2027).

- **Mogelijkheden voor de adaptatie aan de verwachte effecten van de klimaatverandering in het internationaal Rijndistrict**

Het doel van adaptatiemaatregelen in het waterbeheer is om de fundamentele beschermings- en gebruiksfuncties van wateren ook in een veranderd klimaat te garanderen. Acties op dit gebied vinden vooral plaats in het kader van het waterbeheer en, wanneer het gaat om maatregelen in het stroomgebied, ook in het kader van ruimtelijke ordening en structuurplannen.

Hierbij dient er te worden gestreefd naar de nationale en grensoverschrijdende (internationale) integratie van alle voorgenomen maatregelen in de verschillende beschermings- en gebruikssectoren.

1. De maatregelen op het gebied van preventie, paraatheid en crisisbeheersing die in regionale of nationale overstromingsrisicobeheerplannen worden vastgelegd voortzetten en intensiveren, op basis van de bestaande APH-maatregelen, om het huidige overstromingsrisico te verminderen. In het licht van de verwachte toename van hoogwatergebeurtenissen en de mogelijke toename van extreme gebeurtenissen worden de geplande maatregelen om meer ruimte te creëren voor de (tijdelijke) retentie van hoogwater in de toekomst belangrijker, hetzelfde geldt voor de grondige bewustmaking van de bevolking en voor overstromingspreventie;
2. Overstromingsgevoelige zones in verstedelijkte gebieden aanwijzen en vrijhouden, en zorgen voor decentrale waterretentie in het stroomgebied als geheel;
3. Rekening houden met de hierboven genoemde maatregelen bij de totstandbrenging van het overstromingsrisicobeheerplan conform ROR (2015) en de verdere ontwikkeling van dit plan (2021), ook in combinatie met het derde stroomgebiedbeheerplan conform KRW;
4. Preventieve waterbeheersmaatregelen voor kritieke laagwaterperiodes uitwerken en paraat houden (rekening houdend met de problematiek van de waterhoeveelheid en de temperatuur) inclusief grensoverschrijdende afstemming van deze maatregelen;
5. Wateren in een zo natuurlijk mogelijke staat herstellen en vervolgens behouden en leefgebieden aaneenschakelen, zoals bepaald in de milieudoelstellingen van de KRW. Wederzijdse synergie-effecten benutten en versterken;

6. Maatregelen in het waterbeheer invulling geven rekening houdend met socio-economische ontwikkelingen en tevens afstemmen op maatregelen in andere sectoren (drinkwatervoorziening, wateronttrekking, elektriciteitsopwekking, scheepvaart, landbouw, visserij en recreatie).

- **Rekening houden met toekomstige socio-economische ontwikkelingen en participatie van alle actoren**

Gelet op de in projecties uitgedrukte, toekomstige evoluties moeten er specifieke, regionale adaptatiestrategieën worden ontwikkeld. Dit impliceert dat de strategieën steunen op een zo breed en concreet mogelijke gegevensbasis over de veranderingen in het waterbeheer.

De functies en de bescherming van de Rijn en zijn zijrivieren moeten op elkaar worden afgestemd, opdat het gebruik dat toekomstige generaties zullen maken van de rivier en de activiteiten die zij er zullen ontplooien niet op het spel worden gezet. Deze afstemming is bijzonder relevant, omdat bestaande problemen als gevolg van de klimaatverandering waarschijnlijk nog zullen toenemen in intensiteit. Verder is bekend dat menselijke activiteiten een uitwerking hebben op het afvoerregime. Deze invloed is in de loop der tijd groter geworden en de toekomstige ontwikkeling kan, mede gelet op de onbekende sociaaleconomische ontwikkeling, niet worden voorzien.

Bij de uitwerking van het onderhavige document voor het Rijnstroomgebied is er rekening gehouden met de kerninhoud van reeds gepubliceerde nationale en internationale klimaatadaptatiestrategieën (zie bijlage 1).

Om de voorlopige ICBR-klimaatadaptatiestrategie verder te ontwikkelen en het draagvlak voor de uitvoering ervan op de meest uiteenlopende gebieden te vergroten, moet de communicatie met de hoofdfactoren, de gebruikers (bijv. landbouw, ruimtelijke ordening, scheepvaart, energiesector, drinkwaterbedrijven, enz.) en de erkende waarnemers in de ICBR evenals de interactie met het brede publiek worden bevorderd.

Er zijn verschillende mogelijkheden denkbaar om belangengroepen of burgers meer te betrekken:

- actieve deelname van en samenwerking met erkende waarnemers, zoals niet-gouvernementele en andere organisaties (bijv. de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) en andere riviercommissies) in de ICBR-overleggroepen;
- eventueel oprichting van een nieuwe projectgroep (PG) KLIMA waarin vertegenwoordigers van verschillende sectoren samenwerken om een breder technisch veld te bestrijken en te voorzien in specifieke onderzoeksbehoeften;
- regelmatige informatie-uitwisseling in de vorm van gemeenschappelijke projecten, workshops, enz.;
- bewustmaking van het publiek of andere actoren door middel van communicatieactiviteiten, voorlichtingsmateriaal, de ICBR-website, ...

1. Inleiding

De **Rijnministersconferentie van 2007** heeft op basis van het destijds beschikbare vierde IPCC-evaluatierapport uit 2007 (IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change) benadrukt dat de effecten van de klimaatverandering ook al op het gebied van water duidelijk merkbaar zijn en dat het neerslagpatroon in de toekomst zal veranderen. In Noordwest-Europa moeten we, in van regio tot regio verschillende mate, bedacht zijn op veranderde hoogwatersituaties, langere laagwaterperiodes, hogere oppervlaktewatertemperaturen en een veranderde aanvulling van het grondwater. Deze veranderingen hebben niet alleen betrekking op het waterbeheer, maar ook op het grond- en watergebruik.

Veranderingen van klimaatparameters beïnvloeden de hydrologische processen en hebben daarom gevolgen voor de waterhuishouding in stroomgebieden en het afvoerregime in wateren. Ook de warmtehuishouding van wateren ondervindt invloed van een verandering van de luchttemperatuur.

De Rijnministersconferentie van 2007 heeft de noodzaak benadrukt om naast de maatregelen voor de reductie van de uitstoot van broeikasgassen **strategieën te ontwikkelen voor de adaptatie van het waterbeheer aan de klimaatverandering**. In dit kader heeft ze de ICBR de opdracht gegeven om in een eerste stap gemeenschappelijke scenario's uit te werken voor de verwachte veranderingen in het afvoer- en temperatuurregime in het internationaal stroomgebied Rijn in de 21e eeuw. In een vervolgstap moeten de effecten op het waterbeheer, het grond- en watergebruik en alle waterrelevante sectoren in het Rijnstroomgebied worden weergegeven. Mogelijke adaptatiemaatregelen moeten dus interdisciplinair worden ontwikkeld en op elkaar afgestemd.

De **Rijnministersconferentie van 2013** heeft de ICBR de opdracht gegeven om in **2014** een voorlopige **klimaatadaptatiestrategie** voor het Rijnstroomgebied te ontwikkelen op basis van de evaluatie van verrichte studies in verband met de afvoerhuishouding (hoog- en laagwater) en de watertemperatuur. Daarbij moeten er toekomstgerichte, duurzame verzorgingsbenaderingen voor het waterbeheer worden ontwikkeld en voorstellen voor maatregelen voor de adaptatie aan de verwachte effecten van de klimaatverandering worden onderzocht uitgaande van de bestaande beheersmaatregelen in de staten/regio's.

In het onderhavige rapport wordt in hoofdstuk 2 een samenvatting gegeven van de informatie over mogelijke effecten van de klimaatverandering op het afvoerregime van de Rijn (hoofdstuk 2.1) en op de watertemperatuur (hoofdstuk 2.2), die is bijeengebracht voor het internationale Rijnstroomgebied.

De hieruit voortvloeiende effecten op de waterkwaliteit en het ecosysteem zijn weergegeven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden de effecten op de actuele gebruiksfuncties van water beschreven.

Hoofdstuk 5 bevat als uitgangspunt voor een adaptatiestrategie mogelijke actieterreinen en maatregelen voor de adaptatie aan de verwachte effecten van de klimaatverandering.

1.1 Overzicht van de ICBR-publicaties over klimaatverandering

1. **ICBR-rapport 174:** Literatuurevaluatie "Analyse van de stand van de kennis over de veranderingen die zich tot dusver hebben voorgedaan in het klimaat en over de gevolgen van de klimaatverandering voor de waterhuishouding in het Rijnstroomgebied", 2009
2. **ICBR-rapport 188:** Studie naar scenario's voor het afvoerregime van de Rijn, 2011
3. **ICBR-rapport 198:** Laagwaterperiodes in het Rijnstroomgebied in 2011, 2012
4. **ICBR-rapport 204:** Actuele stand van de kennis over mogelijke effecten van veranderingen in het afvoerregime en de watertemperatuur op het ecosysteem van de Rijn en mogelijke handelingsperspectieven, 2013

5. **ICBR-rapport 209:** Presentatie van de ontwikkeling van de temperatuur van het Rijnwater op basis van gevalideerde temperatuurmetingen in de periode 1978-2011, 2013
6. **ICBR-rapport 213:** Inschatting van de gevolgen van de klimaatverandering voor de toekomstige ontwikkeling van de temperatuur van het Rijnwater op basis van klimaatscenario's - samenvatting, 2014
7. **ICBR-rapport 214:** Estimation of the effects of climate change scenarios on future Rhine water temperature development, 2014

Bijlage 1 bevat een selectie van publicaties over klimaatadaptatiestrategieën op internationaal en nationaal niveau.

1.2 Werkwijze voor de ontwikkeling van een klimaatadaptatiestrategie voor het Rijnstroomgebied

Zoals bij de coördinatie van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW, richtlijn 2000/60/EG) en de Europese Richtlijn over overstromingsrisico's (ROR, richtlijn 2007/60/EG) in de ICBR heeft het onderhavige document betrekking op het deel A-waternet (deel A = deelstroomgebieden > 2.500 km²).

De klimaatadaptatiestrategie van het Rijnstroomgebied dient als ondersteuning van overeenkomstige activiteiten op het niveau van internationale deelstroomgebieden (zoals bijv. Moezel-Saar) of op nationaal dan wel regionaal niveau.

De ICBR-werkgroepen hebben de mogelijke, specifieke effecten op de beschermingsdoelen geanalyseerd en daarbij gekeken naar de gevoeligheden en risico's waar deze beschermingsdoelen op het gebied van waterkwantiteit, ecologie en waterkwaliteit aan zijn blootgesteld. Voor deze analyse hebben de werkgroepen gebruik gemaakt van de bevindingen uit de bovengenoemde onderzoeken (waargenomen veranderingen van klimaatparameters en toekomstscenario's in de vorm van geprojecteerde bandbreedtes), die ze hebben uitgediept voor hun interesseveld. De ICBR-werkgroepen hebben onderling informatie uitgewisseld tijdens interdisciplinaire vergaderingen, die tevens zijn bijgewoond door internationale intergouvernementele organisaties (igo's) en niet-gouvernementele organisaties (ngo's).

Tijdens een multidisciplinaire ICBR-workshop op 30 en 31 januari 2013 zijn de verwachte effecten van de klimaatverandering op de verschillende gebieden van het waterbeheer weergegeven en hebben ca. 80 deskundigen mogelijke oplossingsrichtingen besproken. De uitkomst hiervan is meegenomen in het onderhavige document.

In de producten van de ICBR die verband houden met de implementatie van de KRW, de ROR en het programma Rijn 2020 moet er rekening worden gehouden met de effecten van de klimaatverandering en met mogelijke adaptatiemaatregelen. De klimaatadaptatiestrategie van de ICBR kan ook hierbij van nut zijn en met name worden gebruikt voor de internationale delen van de plannen. Waar mogelijk moeten win-winbenaderingen¹ en no-regretmaatregelen² op de voorgrond worden geplaatst.

Een belangrijke rol komt toe aan kennisontwikkeling, bijv. met betrekking tot de nauwkeurigheid van klimaatscenario's, de ontwikkeling van warmtelozingen en kosten-batenanalyses.

Ook aan laagwater, dat vooral in de zomer gepaard kan gaan met hoge watertemperaturen, moet in het licht van de verwachte ontwikkelingen meer aandacht worden besteed.

1 Win win: maatregelen die meerdere doelen tegelijkertijd dienen.

2 No regret: maatregelen die hoe dan ook de juiste kant opgaan.

2. Directe effecten van de klimaatverandering in het Rijnstroomgebied

Veranderingen van klimaatparameters beïnvloeden de hydrologische processen en hebben daarom gevolgen voor de waterhuishouding in stroomgebieden en voor het afvoerregime en de warmtehuishouding in wateren.

2.1 Effecten op het afvoerregime van de Rijn³

Algemene opmerkingen

De ICBR heeft in juli 2011 de resultaten van de "Studie naar scenario's voor het afvoerregime van de Rijn" gepubliceerd (ICBR-rapport 188, 2011), na eerst een literatuurevaluatie te hebben uitgevoerd (ICBR-rapport 174, 2009). De Studie naar scenario's is in nauwe samenwerking met de Commissie voor de Hydrologie van de Rijn (CHR) opgesteld, die ook het project "RheinBLick2050" heeft uitgevoerd, en bevat een primeur voor een groot, internationaal stroomgebied in Europa: er zijn concrete afvoersimulaties voor de nabije (tot 2050) en de verre toekomst (tot 2100) in berekend op representatieve meetpunten aan de Rijn en de Moezel.

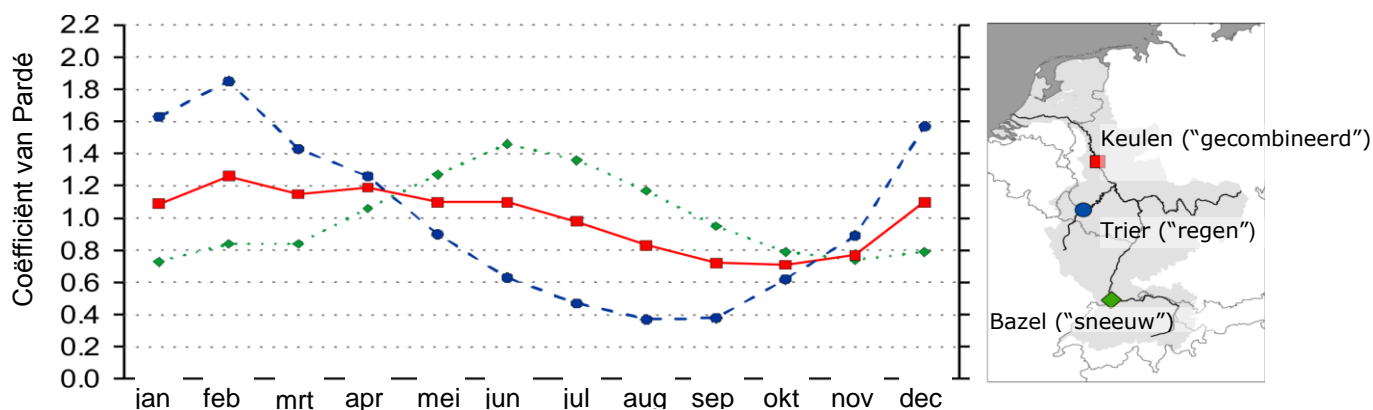
Het afvoerregime beschrijft het algemene afvoergedrag van rivieren ten aanzien van de langjarig gemiddelde jaarlijkse gang en de kenmerkende ontwikkelingen van extreme hoog- en laagwatersituaties (Belz et al., 2007). In het Rijnstroomgebied bestaat er een overlap tussen verschillende afvoerregimes (figuur 1).

Het zuidelijke gebied rond de Alpen (meetpunt Bazel) wordt gekenmerkt door de afwisseling tussen de vorming van een sneeuwdek in de winter en het smelten van de sneeuw in de zomer en door relatief veel zomerneerslag ("sneeuwregime" of nivaal regime). Deze omstandigheden hebben tot gevolg dat laagwatersituaties voornamelijk in de winter en hoogwatersituaties voornamelijk in de zomer optreden.

Kenmerkend voor de rivieren uit het Middelgebergte (Neckar, Main, Nahe, Lahn, Moezel, enz.; meetpunt Trier) is een "regenregime" (of pluviaal regime). Hoogwater zien we hier hoofdzakelijk in de winter en laagwater in de zomer.

Door de overlapping van de twee regimes verdeelt de afvoer zich Rijnaafwaarts steeds gelijkmatiger over het jaar ("gecombineerd regime"; meetpunt Keulen).

3 Zie ICBR-rapport 188



Figuur 1: Typisch afvoerregime in het Rijnstroomgebied volgens Pardé⁴; referentieperiode 1961-1990 (zie ICBR-rapport 188)

Ontwikkeling in de twintigste eeuw⁵

De winterneerslag is in het gehele Rijnstroomgebied toegenomen (+10% tot +20%). In de Alpen valt de toename iets zwakker uit. De zomerneerslag is amper veranderd (-5% tot +5%).

In de lijn van het voorgaande ligt dat ook de afvoerparameters MQ⁶ en NM7Q⁷ op de meetpunten langs de hoofdstroom van de Rijn een duidelijk stijgende tendens laten zien in de winter (meestal +10% tot +15% voor MQ en +15% tot +20% voor NM7Q). In de zomer bedraagt de daling voor MQ en NM7Q wel 8%. Dit moet grotendeels worden geïnterpreteerd als het resultaat van stijgende temperaturen (meer verdamping) in combinatie met stagnatie in de neerslagontwikkeling en tevens afname van het sneeuwvolume in de Alpen.

De gemiddelde hoogwaterafvoer (MHQ), die voor gehele hydrologische jaren (november-oktober) is geëvalueerd, neemt met ongeveer +10% toe. Deze toename lijkt bij nadere beschouwing van de gegevens niet te worden veroorzaakt door een stijging van de extreme afvoerpieken⁸, maar veeleer door een opeenstapeling van gemiddelde en hoge hoogwaterafvoeren.

Ontwikkeling in de eenentwintigste eeuw

De temperatuurontwikkeling tot 2050 wordt volgens de beschikbare projecties gekenmerkt door een zich voortzettende temperatuurstijging, met een over de periode 2021-2050 berekend gemiddelde voor het gehele Rijnstroomgebied tussen +1 °C en +2 °C ten opzichte van het heden (1961-1990). In 2100 zou er sprake kunnen zijn van een stijging tussen +2 °C en +4 °C. De stijgende tendens is in het zuiden (Alpen) duidelijker dan in het noorden.

De neerslag laat in de periode 2021-2050 geen duidelijke veranderingen zien in de zomer, maar in de periode 2071-2100 moet er worden uitgegaan van afnames. In de winter tonen de neerslagprojecties voor de periode 2021-2050 gematigde toenames die over de hele Rijn bekeken tussen 0% en +15% bedragen, terwijl de geprojecteerde neerslagtoename in de periode 2071-2100 tussen +5% en +20% bedraagt. Dat betekent dat de neerslagtrends die zijn bepaald voor de twintigste eeuw zich voortzetten.

4 Coëfficiënt van Pardé = verhouding van de langjarig gemiddelde maandafvoer tot de langjarig gemiddelde jaarafvoer

5 Vergelijking tussen de waarnemingen in de periode 1901-1930 en de periode 1971-2000

6 Rekenkundig gemiddelde van alle dagafvoeren in overeenkomstige tijdspannes (bijv. hydrologische halfjaren, maanden) van de bekeken periode (bijv. 2021-2050)

7 Laagste rekenkundig gemiddelde van de afvoer over zeven dagen in overeenkomstige tijdspannes (bijv. hydrologische halfjaren) van de bekeken periode (bijv. 2021-2050)

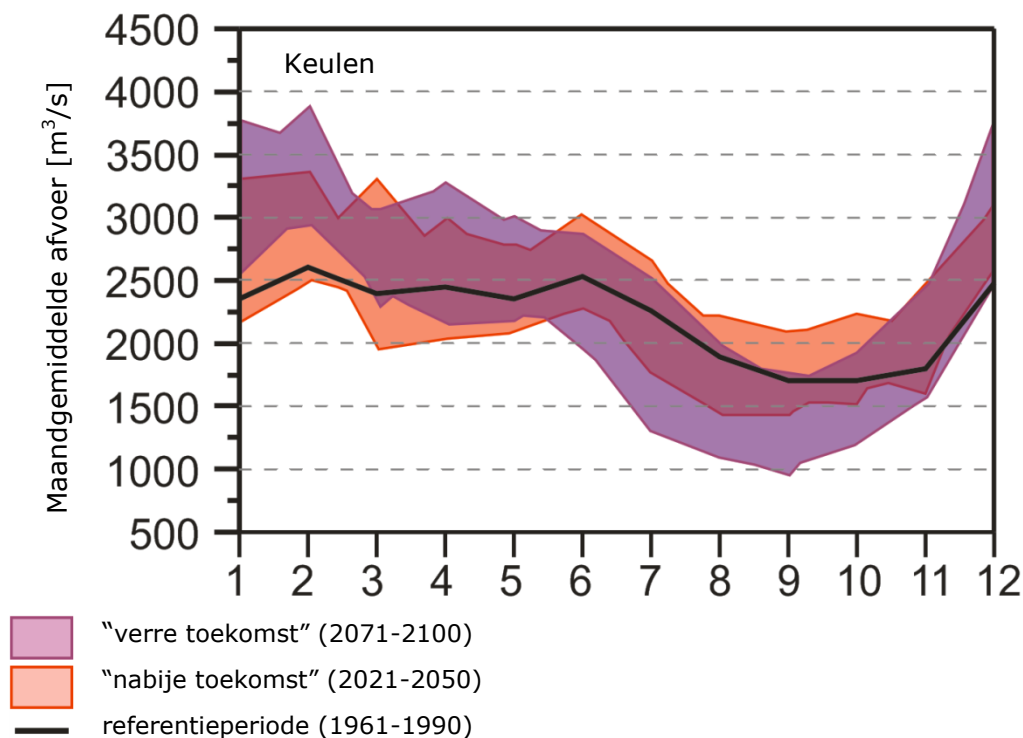
8 Hier: hoogste gemiddelde dagafvoeren

Met deze neerslagontwikkelingen gaan overwegend gematigde veranderingen in de Rijnafvoer voor de nabije toekomst gepaard. In de periode 2021-2050 blijven de gemiddelde afvoer en de laagwaterafvoer (MQ en NM7Q) in de zomer bijvoorbeeld min of meer onveranderd ten opzichte van de huidige situatie. De projecties voor de periode 2071-2100 resulteren in afnames in de gemiddelde afvoer en de laagwaterafvoer in de zomer (in het algemeen tussen -10% en -25%).

In het winterhalfjaar zorgt een toename van de winterneerslag, die als gevolg van de temperatuurstijging bovendien steeds vaker in de vorm van regen in plaats van sneeuw valt, voor een toename van de gemiddelde afvoer en de laagwaterafvoer, die in de periode 2021-2050 gemiddeld ongeveer +10% bedraagt (bandbreedte: 0% tot +20% en 0% tot +15% voor respectievelijk MQ en NM7Q). Met betrekking tot de hoogwaterafvoer benedenstrooms van het meetpunt Kaub worden meestal ranges geregistreerd van -5% tot +15%, van 0% tot +20% en van -5% tot +25% voor respectievelijk "frequente", "middelgrote" en "extreme" hoogwatersituaties. Voor Basel, Maxau en Worms worden in het KLIWA-project wegens tekortkomingen in de methode nog geen uitspraken gedaan met betrekking tot HQextreem.

In de periode 2071-2100 komt de stijging van de gemiddelde afvoer en de laagwaterafvoer in de winter grotendeels overeen met de stijging van de gebiedsneerslag. Voor de hoogwaterafvoer zetten de bevindingen voor de nabije toekomst zich over het algemeen voort.

In figuur 2 worden deze tendensen in de maandgemiddelde afvoer verduidelijkt voor het meetpunt Keulen.



Figuur 2: Bandbreedte van in modelsimulaties berekende, gemiddelde afvoeren op het meetpunt Keulen - klimaatprojecties voor de periodes 2021-2050 en 2071-2100 en een referentiesimulatie (periode 1961-1990). Gegevens: CHR-Rheinblick2050 (2010); figuur: BfG-M2 (2014).

Gedetailleerde resultaten zijn te vinden in de tabellen 4 en 5 van de Studie naar scenario's voor het afvoerregime van de Rijn (ICBR-rapport 188).

Samenvattend kan uit de stand van de kennis worden opgemaakt dat de klimaatverandering en de daarmee gepaard gaande stijgende temperaturen tot 2050 en 2100 zouden kunnen leiden tot de onderstaande neerslag- en afvoerveranderingen in het Rijnstroomgebied. Enkele veranderingen zijn in de nabije toekomst nog gematigd, maar de richting die de verandering zou kunnen opgaan, wordt duidelijk bij beschouwing van de verre toekomst, d.w.z. het einde van deze eeuw:

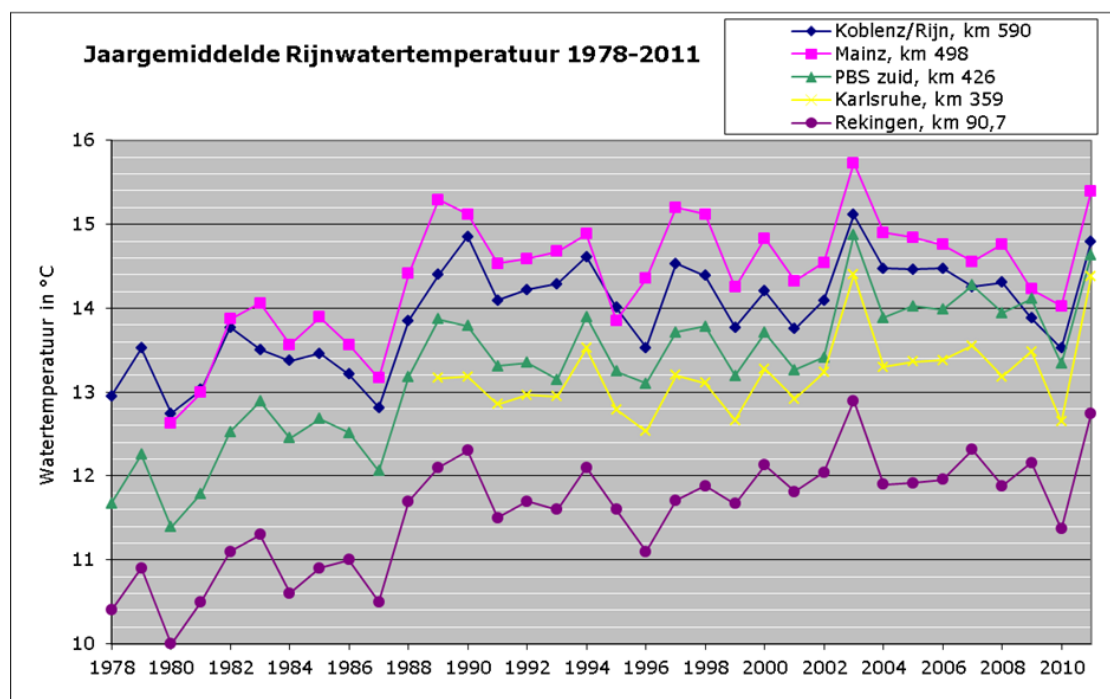
- a. Hydrologisch winterhalfjaar:
 - toename van de neerslag in de winter;
 - toename van de afvoer;
 - vroeger smelten van sneeuw/eis/permafrost, opschuivende sneeuwgrens;
- b. Hydrologisch zomerhalfjaar:
 - afname van de neerslag (maar mogelijk vaker zware neerslaggebeurtenissen in de zomer);
 - afname van de afvoer;
 - toename van laagwaterperiodes;
- c. Toename van kleine tot middelgrote hoogwatergebeurtenissen, toename van de piekafvoer van zeldzame hoogwatergebeurtenissen lijkt mogelijk, maar de omvang hiervan kan niet zonder twijfel worden gekwantificeerd.

Bijlage 2 en bijlage 3 bestaan uit tabellen waarin de bandbreedte van mogelijke procentuele afvoerveranderingen wordt weergegeven voor verschillende hydrologische grootheden als uitdrukking van de mogelijke effecten van de klimaatverandering op verschillende meetpunten aan de Rijn in de nabije toekomst, tot eind 2050.

Deze bandbreedtes worden in de tabellen gerelateerd aan andere statistische grootheden om de randvoorwaarden voor verschillende gebruiksfuncties van water te verduidelijken, met name voor de bevoegde autoriteiten. Door een vergelijking te maken met de randvoorwaarden kunnen dus de mogelijke effecten van de klimaatverandering op de verschillende gebruiksfuncties worden ingeschat.

2.2 Effecten op de watertemperatuur van de Rijn

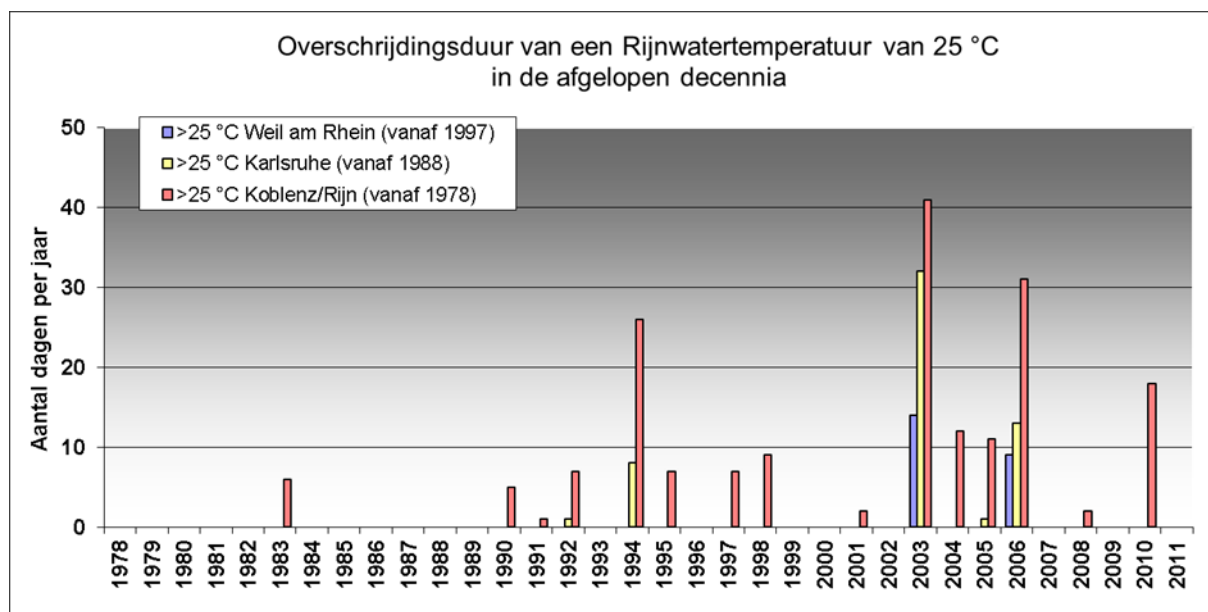
Het is aangetoond dat de watertemperatuur tussen 1978 en 2011 gemiddeld met 1 à 1,5 °C is gestegen (zie ICBR-rapport 209).



Figuur 3: Jaargemiddelde temperatuur van het Rijnwater tussen 1978 en 2011 op vijf meetlocaties in de Hoogrijn, de Duits-Franse Bovenrijn en de Middenrijn Bron: ICBR-rapport 209

Antropogene warmtelozingen dragen op regionale schaal (tussen Bazel en Worms) bij tot een extra stijging van de watertemperatuur (in de Duits-Franse Bovenrijn is bijv. 1 à 1,4 °C meetbaar). Als er geen rekening wordt gehouden met warmtelozingen vertoont de watertemperatuur tussen Bazel en Werkendam een stapsgewijze opwarming. Het stilleggen van kerncentrales in het Rijnstroomgebied heeft geleid tot een meetbare afname van de gemiddelde temperatuurstijging en zou een rol kunnen hebben gespeeld in de buitengewoon lage watertemperaturen in de winter van 2011/2012 (elf dagen onder 3 °C). De verdere ontwikkeling moet worden afgewacht, aangezien deze waarneming slechts op één meetjaar is gebaseerd.

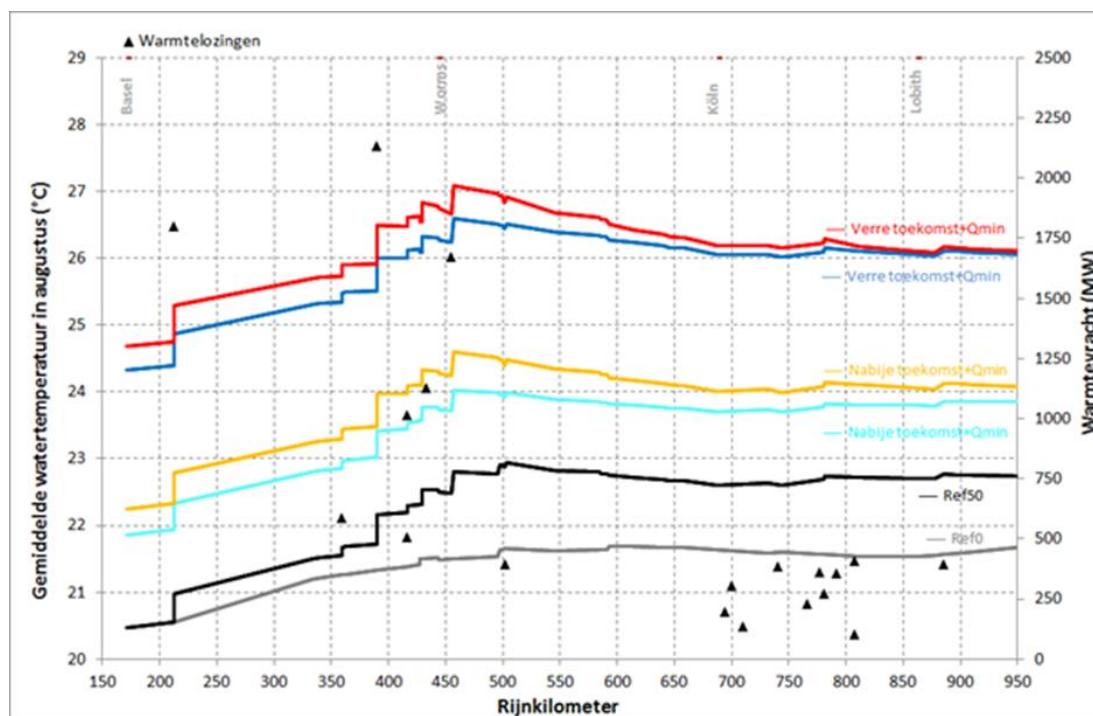
Uit de analyse van de overschrijding van bepaalde thermische drempelwaarden, zoals bijv. 22 °C of 25 °C, blijkt dat het jaarlijkse aantal overschrijdingsdagen het afgelopen decennium duidelijk is gestegen ten opzichte van de twee voorgaande decennia (zie figuur 4).



Figuur 4: Overschrijdingsduur van een Rijn-WT van 25 °C in de afgelopen drie decennia.
Bron: ICBR-rapport 209

Als aanvulling op het rapport over de langjarige ontwikkeling van de temperatuur van het Rijnwater in de periode 1978-2011 (ICBR-rapport 209, 2013) heeft de ICBR een rapport uitgegeven over de **inschatting van de gevolgen van de klimaatverandering voor de ontwikkeling van de temperatuur van het Rijnwater** in de nabije toekomst (2021-2050) en in de verre toekomst (2071-2100) (samenvatting in ICBR-rapport 213 en uitgebreide versie in ICBR-rapport 214, 2014). Het Rijngebied is het eerste stroomgebied in Europa waarvoor een dergelijke blik in de toekomst is geworpen. De inschatting is gebaseerd op de klimaatscenario's die zijn vastgelegd in de Studie naar scenario's voor het afvoerregime van de Rijn (zie ICBR-rapport 188).

Terwijl de over de loop van de Rijn gemiddelde augustustemperatuur in de nabije toekomst ("Near Future", NF, 2021-2050) circa 1,5 °C hoger zal zijn dan in de referentieperiode (2001-2010), ligt de stijging van de Rijn temperatuur in de verre toekomst ("Far Future", FF, 2071-2100) in de orde van grootte van 3,5 °C (zie figuur 5). In beide gevallen wordt de opwarming veroorzaakt door het klimaat, zonder aanvullend effect van warmtelozingen (zie ICBR-rapport 214, uitgebreide versie, en ICBR-rapport 213, samenvatting).



Figuur 5: Gemiddelde watertemperatuur in augustus (in °C) in het lengteprofiel van de Rijn zoals gesimuleerd door LARSIM (Basel-Worms) en SOBEK (Worms-Werkendam)

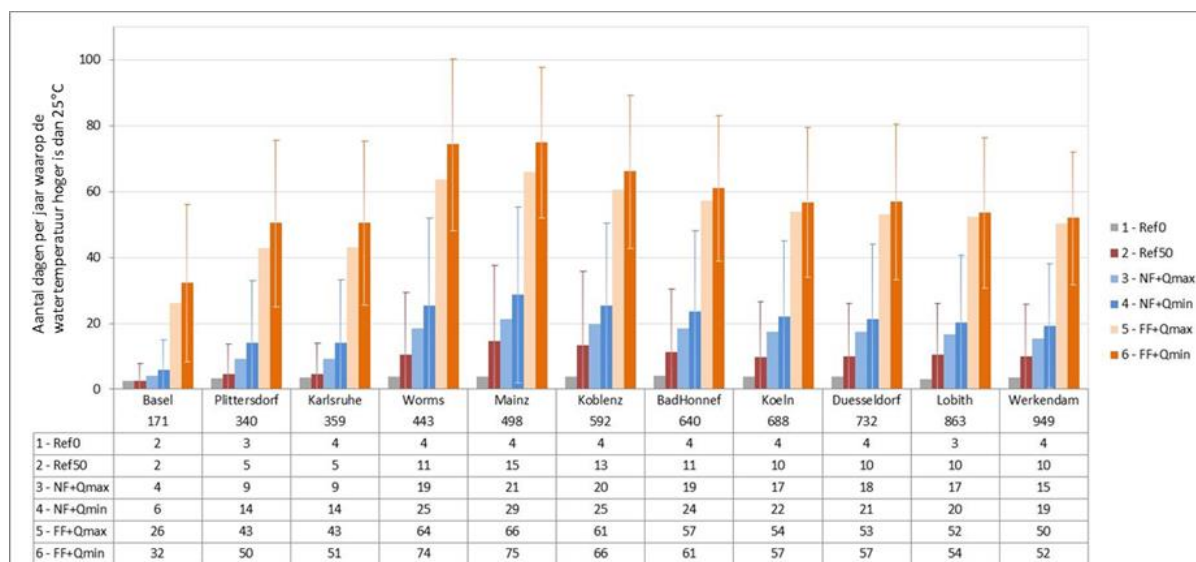
Bron: ICBR-rapporten 213 en 214, driehoekjes = warmtelozingen > 200 MW

In figuur 6 (vgl. ICBR-rapport 213) is het gemiddelde aantal dagen per jaar weergegeven waarop de watertemperatuur in de modelsimulaties hoger zal zijn dan 25 °C.

- Uit de simulaties voor de nabije toekomst blijkt dat het aantal dagen met watertemperaturen boven 25 °C zal toenemen ten opzichte van de referentiesituatie, waarin rekening wordt gehouden met 50% van de in 2010 vergunde warmtelozingen⁹ (Ref50); bij lage afvoeren (Qmin) kan er sprake zijn van een verdubbeling.
- In de verre toekomst zal het aantal dagen waarop de temperatuur de waarde van 25°C overschrijdt fors toenemen. In Worms zal bijvoorbeeld het jaarlijkse aantal dagen met een overschrijding stijgen van 11 naar 64 tot 74 in de verre toekomst. Met andere woorden: in de verre toekomst zal de gemiddelde watertemperatuur in Worms in de zomer circa tien weken lang hoger zijn dan 25 °C.
- Jaren zonder overschrijding van een watertemperatuur van 25 °C worden in de verre toekomst daarentegen een zeldzaamheid. Dit geldt ook voor de overschrijding van de grens van 28 °C in de verre toekomst.

Verder zijn er ook berekeningen uitgevoerd om het aantal dagen te bepalen waarop de watertemperatuur lager zal zijn dan 3 °C, omdat deze fases een positief effect hebben op de verspreiding van macrozoöbenthossoorten die kenmerkend zijn voor de Rijn en tevens warmteminnende exoten terugdringen. In de nabije toekomst zal het aantal dagen met een watertemperatuur onder 3 °C op het traject tot Worms afnemen van tien naar nul ten opzichte van de referentiesituatie zonder warmtelozingen. Op het traject tot Lobith, dat minder wordt beïnvloed door warmtelozingen, schommelt het aantal dagen waarop de watertemperatuur niet hoger is dan 3 °C tussen vier en zes als er rekening wordt gehouden met 50% van de in 2010 vergunde warmtelozingen. In de nabije toekomst (NF) daalt dit aantal naar één à drie en in de verre toekomst (FF) naar nul à één.

⁹ Doordat er inmiddels meerdere (productie-eenheden in) kerncentrales zijn stilgelegd in het Rijnstroomgebied zijn deze aannames nu al achterhaald. Betrouwbare prognoses van de ontwikkeling van de warmtelozingen zouden de prognoses in verband met de watertemperatuur verder kunnen verbeteren.



Figuur 6: Gemiddeld aantal dagen per jaar waarop de watertemperatuur in de loop van de Rijn in de nabije en in de verre toekomst hoger zal zijn dan 25 °C. Bron: ICBR-rapporten 213 en 214

NF = Near Future / nabije toekomst, FF = Far future / verre toekomst; Qmin = lage afvoer, Qmax = hoge afvoer; ± = standaarddeviatie (bandbreedte van de afzonderlijke maximumwaarden) bij Ref50 (rekening houdend met 50% van de vergunde warmtelozingen), NF+Qmin en FF+Qmin

3. Effecten van de waterhuishoudings- en watertemperatuurverandering op de waterkwaliteit en het ecosysteem

De werkgroep Ecologie heeft de effecten van fenomenen van de klimaatverandering op de aquatische en amfibische habitats in het Rijnstroomgebied samengevat en beoordeeld in het in 2013 gepubliceerde ICBR-rapport 204, getiteld "Actuele stand van de kennis over mogelijke effecten van veranderingen in het afvoerregime en de watertemperatuur op het ecosysteem van de Rijn en mogelijke handelingsperspectieven". De werkgroep Waterkwaliteit/Emissies heeft de voorbijge en toekomstige veranderingen in de watertemperatuur geanalyseerd in de ICBR-rapporten 209 (2013), 213 en 214 (2014). In het onderhavige hoofdstuk wordt er een gestructureerde samenvatting gegeven van alle ICBR-resultaten.

3.1 Effecten op de waterkwaliteit

De effecten van de veranderingen van het afvoerregime en de watertemperatuur op de fysisch-chemische en chemische kwaliteit van de Rijn en zijn zijrivieren kunnen vooralsnog niet worden gekwantificeerd. Er kunnen wel bepaalde kwalitatieve constatering worden gedaan:

Afvoergelateerde effecten

Zowel hoog- als laagwaterafvoeren hebben een invloed op de waterkwaliteit:

Bij hoogwater en overstromingen

- worden er tijdelijk aanmerkelijk grotere hoeveelheden nutriënten en eventueel ook verontreinigende stoffen stroomafwaarts vervoerd, die een flink deel uitmaken van de jaarvracht;
- kan er sprake zijn van verontreinigingen als gevolg van olie die vrijkomt uit tanks, of andere schade die als gevolg van extreme gebeurtenissen wordt aangericht aan industriële installaties, gebouwen, enz.;

- kunnen historisch verontreinigde sedimenten worden opgewerveld. In het Sedimentmanagementplan Rijn (ICBR-rapport 175) zijn er al zestien gebieden aangewezen waar een risico op resuspensie als gevolg van hoogwater bestaat.

Bij een toename van de neerslagintensiteit

- kan er door afspoeling een lokale toename zijn in de vracht van verontreinigende stoffen en nutriënten, zowel uit diffuse bronnen (bijv. in landbouwgebieden en als gevolg van bodemuitspoeling in het algemeen) als uit puntbronnen (bijv. uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's));
- kunnen er lokaal knelpunten en overstortsituaties ontstaan in gemeentelijke rioelstelsels en rwzi's, wat kan leiden tot zuurstoftekorten in het ontvangende water. Dit is vooral het geval in zijrivieren met een hoog aandeel afvalwater en in door stuwen gereguleerde riviertrajecten.

Bij **laagwater**

- kan de concentratie van alle stoffen in het water in principe toenemen, althans als er evenveel afvalwater geloosd, waardoor de waterkwaliteit verandert;
- kan er ook sprake zijn van minder diffuse emissies naar het water, als er als gevolg van lagere neerslaghoeveelheden minder bodemuitspoeling plaatsvindt;
- kan de afvoer grotendeels uit rwzi-effluent bestaan, vooral in de grote zijrivieren van de Rijn waarvan het stroomgebied dichtbevolkt is;
- kan er in de Rijndelta verzilting optreden.

Temperatuurgerelateerde effecten

De temperatuur is een belangrijke parameter voor de waterkwaliteit. Ze is bepalend voor de snelheid van alle chemische processen, zoals bijv. de mineralisatie, ze beïnvloedt de oplosbaarheid van stoffen en speelt een rol in het behouden van het evenwicht in het water en in zelfreinigende processen.

Temperatuurstijgingen als gevolg van de klimaatverandering leiden tot lagere gehalten aan opgeloste zuurstof in het water en eventueel tot hogere dag/nacht-fluctuaties in de zuurstofconcentraties, theoretisch lagere pH-waardes en een snellere mineralisatie. Daarbij komen er koolstofdioxide, nitraat, fosfaat en sulfides vrij. Hogere temperaturen kunnen er tevens voor zorgen dat er als gevolg van denitrificatie meer stikstof wordt afgebroken.

Ook het calciumcarbonateevenwicht, dat een belangrijke rol speelt in de kwaliteit en de productiviteit van het water, is afhankelijk van de temperatuur en de pH-waarde.

3.2 Effecten op het ecosysteem

In aquatische ecosystemen is de klimaatverandering voor de meeste organismen een extra stressfactor bovenop de reeds bestaande belastingen als gevolg van uiteenlopende antropogene invloeden. Dit geldt in het bijzonder voor het Rijnstroomgebied met zijn grote bevolkingsdichtheid, sterke industrialisatie en intensieve landbouw.

Hoogwater is een natuurlijk fenomeen, uiterwaarden zijn voor hun voortbestaan afhankelijk van periodieke overstromingen. Het overgrote deel van de organismen die in en aan het water leven, kan hoogwater zonder problemen doorstaan.

Bij **laagwater** kan de temperatuur en tegelijkertijd het zuurstofverbruik in wateren toenemen, verder kan de concentratie van ziekteverwekkers en chemische contaminanten stijgen.

De **temperatuur** is voor planten en dieren een van de belangrijkste milieufactoren, want ze stuurt onder andere de voortplanting, groei, ontwikkeling en migratie. Voortplanting, groei, Entwicklung und migratie. Effecten ondervinden vooral koudbloedige organismen, zoals vissen en macrozoöbenthos, die geen eigen lichaamswarmte produceren, maar

waarvan de lichaamstemperatuur zich aanpast aan de omgevingstemperatuur (zie ICBR-rapport 204).

Stijgende watertemperaturen kunnen de soortensamenstelling en de dominantiestructuur in rivieren veranderen. Bijzonder gevoelig zijn soorten die gebonden zijn aan lage temperaturen. Hun arealen kunnen naar het noorden of naar hoger gelegen wateren verschuiven. Soorten die bestand zijn tegen grote temperatuurschommelingen en warmteminnende soorten, waaronder heel wat exoten, die tot dusver veeleer voorkwamen in de monding van rivieren, profiteren van de temperatuurstijging en kunnen zich verder stroomopwaarts vestigen. Dit geldt vooral voor macrozoöbenthos en vissen, maar ook voor macrofyten.

Hoge temperaturen hebben nog een ander effect: ze verhogen het metabolisme. Een temperatuurstijging met 10°C verdubbelt het energieverbruik voor de grondstofwisseling (Q10-regel). Als er niet genoeg voedsel beschikbaar is, raakt het immuunsysteem verzwakt. Bovendien wordt de verspreiding van ziekteverwekkers, parasieten, enz. bevorderd.

Voor organismen zijn zowel de gemiddelde temperatuur als de maximumtemperatuur relevant. Over de maximumtemperaturen voor vissen is veel bekend.

De kritische temperatuur (CTMax of CTMin) is bereikt als vissen niet meer in staat zijn om de omgeving waar dodelijke temperaturen heersen te ontvluchten. Als temperaturen de kritische boven- of ondergrens naderen, kan er een duidelijke gedragsverandering worden waargenomen. Er is bijvoorbeeld sprake van temperaturen die leiden tot vermijdingsgedrag, desoriëntatie of ontregeling. In de optimale temperatuurbreedte nemen vissen voedsel op en vertonen ze geen tekenen van temperatuurgerelateerd abnormaal gedrag. De voorkeurstemperatuur is de temperatuurrange waarbinnen vissen in een temperatuurgradiënt verblijven.

Conform de inmiddels ingetrokken EU-viswaterrichtlijn¹⁰ bedraagt de maximumtemperatuur die niet mag worden overschreden 21,5°C in water voor zalmachtigen (water waarin koudwatervissen / zalm- en forelachtigen leven) en 28°C in water voor karperachtigen (water waarin warmwatervissen / karperachtigen leven). Zuurstofgehalten onder 4 mg/l in water voor karperachtigen en onder 6 mg/l in water voor zalmachtigen zijn kritiek voor de vissoorten in kwestie.

In wateren waarin vissoorten voorkomen die koud water nodig hebben voor hun voortplanting mag de watertemperatuur in de paaitijd niet hoger worden dan 10°C, want anders rijpen de geslachtsklieren van sommige soorten niet goed. De temperatuurgrenzen mogen echter in 2% van de tijd worden overschreden.

Watertemperaturen die in de winter niet of slechts zelden onder 3°C dalen, bevorderen de voortplanting en verspreiding van de meeste warmteminnende exoten. Is het water vaak en langdurig warmer dan 10 °C, dan wordt de winterslaap van veel waterorganismen verstoord.

Naast de maximumtemperatuur is vooral de duur van hete periodes bepalend voor het overleven van waterorganismen. In de zomer van 2003 was de temperatuur in de hoofdstroom van de Rijn bijvoorbeeld 41 dagen lang hoger dan 25°C, waardoor schelpdieren en alen in groten getale bezweken. In 2006 duurde de hitte 31 dagen en toen was er geen sprake van massale sterfte.

Vooraf in de uitloop van grote meren kunnen er hoge temperaturen worden gemeten, omdat het water hier sterker opwarmt dan in rivieren. Zo kwamen er als gevolg van de extreme hitte in de zomer van 2003 in het Rijntraject direct benedenstrooms van de uitloop van het Bodensee ongeveer 50.000 vlagzalmen om (20,9 ton vis). Bij Stein am Rhein werd er op 12 augustus 2003 op vier meter diepte een watertemperatuur van 25,9°C gemeten; in de oeverzone steeg het kwik tot boven de 27°C.

10 Richtlijn 2006/44/EG van 6 september 2006 betreffende de kwaliteit van zoet water dat bescherming of verbetering behoeft teneinde geschikt te zijn voor het leven van vissen

Bodemmateriaal

De primaire bronnen voor **sedimentproductie** in het Europese gebergte raken langzamerhand uitgeput. Dit fenomeen wordt in mindere mate veroorzaakt door klimaatverandering en in meerdere mate door de vele antropogene ingrepen die zijn gericht op het beperken van de emissie van bodemmateriaal, bijv. de herbebossing van hellingen (Malavoi en Bravard 2010¹¹).

Bovendien zullen er ongetwijfeld indirecte veranderingen voortvloeien uit de wijziging van de **landbouwpraktijken** (meer akkerland, minder grasland en een wellicht stijgende irrigatiebehoefte).

4. Effecten op de gebruiksfuncties van water

De gevolgen van de klimaatverandering hebben effecten op verschillende gebruiksfuncties van water. Gebruikers zullen zelf (ook) (moeten) anticiperen dan wel reageren om negatieve effecten van klimaatverandering te verminderen/beperken/compenseren of teniet te doen.

Hoogwater en een toename van de neerslagintensiteit kunnen gevolgen hebben voor:

- de **kwaliteit van** het ruwwater voor **de drinkwatervoorziening**: eventueel verslechtering;
- **hoogwaterveiligheid/gebruik van de ruimte**: de grotere overstromingskans leidt tot een verandering van het beschermingsniveau en de risicosituatie, c.q. beperking van het gebruik van **woongebieden, industriebedrijven, MKB's en dienstverlenende bedrijven** in de buurt van water;
- **hydro-elektriciteit**: beperking van de elektriciteitsproductie als de waterbouwkundige constructies op door stuwen gereguleerde trajecten ook worden gebruikt om hoogwater te reguleren (buitengewone bedrijfsvoering van de waterkrachtcentrales aan de Duits-Franse Bovenrijn);
- de **scheepvaart**: frequentere beperking dan wel stremming als de waterstanden te hoog zijn;
- de **landbouw** en de **recreatieve functie van wateren, uiterwaarden en natte natuur**: ondergelopen gebieden kunnen tijdelijk niet worden gebruikt.

Laagwater en een stijging van de watertemperatuur kunnen gevolgen hebben voor:

- de **drinkwatervoorziening**: daling van het grondwaterpeil, verslechtering van de waterkwaliteit (bijv. oeverfiltraat), beperking van de drinkwaterwinning bij lage afvoeren;
- **warmtekrachtcentrales en industriebedrijven**: beperking van de productie door een tekort aan koel- en industriewater, en hoge watertemperaturen;
- **hydro-elektriciteit**: beperking van de elektriciteitsproductie bij lage afvoeren;
- de **scheepvaart**: beperking van de vervoerde hoeveelheden of eventueel het scheepsverkeer als geheel bij geringe diepgang;
- de **landbouw**: tekort aan irrigatiewater voor de akkerbouw, vooral de groenteteelt;
- de **binnenvisserij**: lokaal en/of regionaal, eventueel vissterfte en verandering van de soortengemeenschap.

11 Eléments d'hydromorphologie fluviale - Ed Onema - Collection Comprendre pour agir - <http://www.onema.fr/IMG/pdf/elements-dhydromorphologie-fluviale.pdf>

5. Mogelijke actieterreinen en maatregelen voor de adaptatie aan de verwachte effecten van klimaatverandering

5.1 Grondbeginselen van mogelijke adaptatiemaatregelen

De volgende grondbeginselen zouden voor het gehele Rijnstroomgebied moeten gelden:

1. Adaptatiemaatregelen hebben - voor zover mogelijk - een positieve invloed op het afvoerregime als geheel, d.w.z. op beide extreme situaties, te weten hoog- en laagwaterfases, bijv. het bevorderen van waterretentie in het stroomgebied en de lokale infiltratie van hemelwater.
2. Flexibele win-win- en no-regretmaatregelen (maatregelen die ondanks eventuele onzekerheden in ieder geval nuttig zijn) verdienen de voorkeur als het gaat om adaptatie (bijv. maatregelen voor natuurlijk herstel, teeltvrije oeverzones, het ruimtelijk reserveren en vrijhouden van overstromingsgebieden in het kader van planologische voorzorg).
3. Rekening houden met grensoverschrijdende effecten en onderlinge samenwerking tussen alle staten in het stroomgebied zijn belangrijke elementen.
4. Veel maatregelen zijn nauw verbonden met andere toekomstige ontwikkelingen, bijv. socio-economische en demografische veranderingen of veranderingen in het landgebruik (bijv. toegenomen maïsteelt voor biodiesel) en de landbouwpraktijken. De effecten van dergelijke veranderingen op de waterkwaliteit- en kwantiteit kunnen op korte termijn geprononceerder zijn dan de (langetermijn)effecten van de klimaatverandering. Hiermee wordt ook rekening gehouden bij de uitwerking van adaptatiemogelijkheden.
5. Maatregelen kunnen verschillen van regio tot regio, omdat er rekening moet worden gehouden met lokale omstandigheden. Bij het stellen van prioriteiten of het leggen van de nadruk op bepaalde maatregelen wordt er ook bedacht dat niet alle maatregelen in het gehele Rijnstroomgebied kunnen worden geïmplementeerd, omdat er per regio verschillende omstandigheden heersen.
6. Maatregelen kunnen op verschillende manieren worden geclassificeerd, bijv. op basis van hun reikwijdte of hun uitvoeringstermijn: maatregelen op lange termijn (bijv. voor 2050), maatregelen op middellange termijn en maatregelen op korte termijn (bijv. cyclus van zes jaar van de ROR en de KRW).
7. De klimaatbestendigheid van lopende en toekomstige maatregelen wordt gecontroleerd op nationaal en zelfs lokaal niveau.
8. Er wordt rekening gehouden met de rendabiliteit van maatregelen (afweging van de kosten, kosten-batenanalyse).
9. Er wordt rekening gehouden met het effect van adaptatiemaatregelen in het waterbeheer op maatregelen voor de adaptatie aan en de voorzorg tegen de klimaatverandering op andere gebieden dan het waterbeheer.
10. Er wordt rekening gehouden met en gebruik gemaakt van de positieve effecten van de klimaatverandering op sommige gebruiksfuncties.
11. De ontwikkelingen/veranderingen in de effecten van de klimaatverandering worden op gezette tijden gemonitord.
12. De klimaatscenario's en hydrologische scenario's worden regelmatig geactualiseerd.
13. De strategie wordt geëvalueerd en eventueel aangepast rekening houdend met de zesjarencyclus in de implementatie van de EU-richtlijnen op het gebied van waterbeheer.

5.2 Mogelijke maatregelen met betrekking tot de waterhoeveelheid

Overstromingsrisicobeheer

Tijdens de twaalfde Rijnministersconferentie op 22 januari 1998 in Rotterdam is het "Actieplan Hoogwater" (APH) goedgekeurd. De aanleiding voor de opzet van dit Actieplan, dat sinds 2001 deel uitmaakt van het "Programma voor de duurzame ontwikkeling van de Rijn - Rijn 2020", waren de overstromingen in december 1993 en in januari/februari 1995. In het kader van de implementatie van de ROR en de totstandbrenging van een gemeenschappelijk, overkoepelend overstromingsrisicobeheerplan moeten de maatregelen van de lidstaten op de actieterreinen preventie, bescherming en paraatheid worden samengevoegd.

De voorzorgsmaatregelen in verband met hoogwater die in het kader van het APH zijn genomen om het overstromingsrisico te verminderen gaan de goede kant op. Om de effecten van klimaatveranderingen in de toekomst beter te kunnen beoordelen, moeten de actuele, grote bandbreedtes in de mogelijke, toekomstige ontwikkeling van de hoogwaterafvoer worden verkleind door nader onderzoek. Gelet op de klimaatverandering, de verwachte toename van hoogwatergebeurtenissen en de mogelijke toename van extreme gebeurtenissen kan het zijn dat tot dusver geplande maatregelen niet volstaan. Daarom kan er in de tweede cyclus van het overstromingsrisicobeheerplan rekening worden gehouden met recentere onderzoeksresultaten.

Daarenboven zal de nadruk worden gelegd op volledig en integraal overstromingsrisicobeheer dat alle handelingsopties conform ROR omvat. Het toekomstige overstromingsrisicobeheerplan van de ICBR is de opvolger van het APH. Behalve diverse maatregelen die zijn gericht op de verbetering van de waterretentie in het gehele stroomgebied, via het behoud en/of de verruiming van overstromingsgebieden, het in natuurlijke staat herstellen van zones, extensivering, de aanleg van retentiegebieden en de verbetering van bouwkundige voorzorgsmaatregelen, behoren bewustmaking, crisisbeheersing en rampenbestrijding tot de kernelementen.

Maatregelen en activiteiten kunnen zijn:

1. Rekening houden met klimaatverandering in de overstromingsrisicobeheerplannen op basis van de inschatting van de gevoeligheid in de bekeken overstromingsscenario's;
2. Bewustmaking van het publiek - verbetering van de persoonlijke voorzorg, gedragsverandering en vermindering van de kwetsbaarheid, bouwkundige voorzorgsmaatregelen;
3. Verbetering van de hoogwaterverwachting en -waarschuwing;
4. Waterretentie aan de Rijn: overstromingsgebieden weer in gebruik nemen en hoogwaterretentie vergroten, potentiële overstromings- en retentiegebieden op lange termijn reserveren;
5. Decentrale waterretentie (in de vlakte, verbetering van de infiltratie) en waterretentie in het Rijnstroomgebied (zijrivieren en hun stroomgebied);
6. Planologische voorzorgsmaatregelen: verharding reduceren en overstromingsgebieden vrijhouden (ruimtelijke ordening en structuurplannen);
7. Technische voorzieningen ter bescherming tegen overstromingen aanleggen voor zover deze het bereiken van de KRW-milieudoelstellingen niet in de weg staan of het overstromingsrisico in stroomopwaarts op stroomafwaarts gelegen andere landen niet versterken;
8. Financiële voor- en nazorg; herstel;
9. Calamiteitenplannen en respons op overstromingen: rampenpreventie, rampenbestrijding en rampenoefeningen.

Laagwaterbeheer

Laagwaterbeheerskwesties zijn in 2003 behandeld in verband met maatregelen als gevolg van de hoge watertemperatuur in de Rijn (zie ICBR-rapport 142 (2005) en ICBR-rapport 152 (2007)) en in 2011 in verband met maatregelen als gevolg van laagwater (zie ICBR-rapport 198).

Tijdens de vijftiende Rijnministersconferentie op 28 oktober 2013 in Bazel hebben de Rijnministers besloten dat er gelet op de verwachte ontwikkeling meer aandacht moet worden besteed aan laagwatergebeurtenissen, die vooral in de zomer gepaard gaan met hoge watertemperaturen.

De volgende maatregelen zouden denkbaar kunnen zijn:

1. Rekening houden met klimaatverandering bij de planning en de opzet van maatregelen voor laagwaterbeheer;
2. De compatibiliteit en coherentie tussen maatregelen voor laagwaterbeheer en maatregelen voor overstromingsrisicobeheer garanderen;
3. Voorlichting en bewustmaking van het publiek (en verschillende watergebruikers) - gedragsverandering gericht op voorzorg en verantwoordelijkheid, bevordering van een zuinige omgang met water;
4. Ontwikkeling/beschikbaarstelling/verbetering van laagwaterverwachtingen en -meldingen/-waarschuwingen;
5. Overstromingsgebieden weer in gebruik nemen, bijv. door dijken te verleggen en/of retentiegebieden aan te leggen (om de afvoer te vertragen / water te bergen in geval van hoogwater);
6. Decentrale waterretentie (in de vlakte) en waterretentie in het Rijnstroomgebied (zijrivieren en hun stroomgebied) om het grondwaterpeil te handhaven dan wel het grondwater aan te vullen; deze maatregelen zijn ook bevorderlijk voor het behoud / de bescherming van uiterwaarden / waterrijke gebieden;
7. Gebruikersgelerateerde analyse van het laagwaterbeheer voor en na een laagwaterperiode (inclusief administratief en juridisch kader);
8. Bouwkundige voorzorgsmaatregelen, technische oplossingen (bijv. opvang van hemelwater), alternatieve toepassingen.

Over het geheel genomen kan worden gesteld dat veel genoemde maatregelen die van belang zijn voor het toekomstige hoogwaterbeheer ook een positief effect hebben op het laagwaterbeheer.

5.3 Mogelijke maatregelen met betrekking tot de waterkwaliteit

De inzet voor de waterkwaliteit is één van de oudste taken van de ICBR, die na het Sandoz-ongeluk in 1986 een enorme impuls heeft gekregen dankzij de totstandbrenging van het Rijnactieprogramma, dat in 2001 is overgegaan in het "Programma voor de duurzame ontwikkeling van de Rijn - Rijn 2020". De ICBR geeft in het kader van de lopende werkzaamheden al invulling aan de mogelijke actieterreinen voor het behoud en de verbetering van de waterkwaliteit.

De effecten van klimaatgerelateerde veranderingen in de afvoer en de watertemperatuur op de waterkwaliteit vergen - naast lopende maatregelen - eventueel aanvullende of nieuwe maatregelen, die moeten zijn gericht op de vermindering van de negatieve effecten op de waterkwaliteit. Daarbij kan het onder meer gaan om ongewenste waarden van fysisch-chemische parameters, zoals temperatuur, zuurstof, zout, nutriënten en specifieke verontreinigingen, bijv. microverontreinigingen, waartoe ook pesticiden behoren.

Huidige actieterreinen zijn:

1. De **verbetering van de waterkwaliteit** is een beheersdoel in het internationaal Rijnndistrict. Stoffen in het Rijnwater mogen noch afzonderlijk, noch in onderlinge interactie nadelige effecten hebben op de levensgemeenschappen van planten, dieren en micro-organismen en de waterkwaliteit dient zodanig te zijn dat de drinkwaterwinning niet wordt bemoeilijkt. Dit doel geldt ook in het licht van de klimaatverandering.
2. Hoewel er aan het intensieve gebruik van het Rijnstroomgebied niets is veranderd, is de waterkwaliteit van de Rijn en veel van zijn zijrivieren aanzienlijk verbeterd. Dit is voornamelijk te danken aan de **reductie van de emissie van schadelijke stoffen en nutriënten uit industrie en stedelijke gebieden**, bijv. door de bouw van riool- en afvalwaterzuiveringsinstallaties, de veilige opslag van watergevaarlijke stoffen, het voorkomen van ongelukken, enz. De maatregelenprogramma's in de eerste KRW-beheercyclus (2009-2015) zijn gericht op een verdere reductie van de emissie van stoffen naar het water. Omdat in 2015 niet alle reductiedoelstellingen zijn bereikt, zal er in het kader van het tweede KRW-stroomgebiedbeheerplan (2016-2021) en de verdere uitvoering van het programma Rijn 2020 meer aandacht worden besteed aan chemische emissiereductiemaatregelen en hun wisselwerking met andere beleidsterreinen.¹²
3. Daarbij vormt de vermindering van de verontreiniging uit **diffuse bronnen** (onder andere stikstof, op regionaal niveau ook fosfor, gewasbeschermingsmiddelen, PCB's, PAK's, zink en koper) een bijzondere uitdaging, gelet op de mogelijk toenemende frequentie van episodes met zware neerslag en hoogwater. In dit verband bestaan er nog andere maatregelen, zoals het optimaliseren van het gebruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen en het stimuleren van biologische landbouw (maatregelen die ook andere gebieden/sectoren betreffen).
4. Het risico op **resuspensie van historisch verontreinigd sediment** neemt mogelijk toe als gevolg van frequentere hoogwatersituaties. 8 van de 22 in het Sedimentmanagementplan Rijn (2009) aangewezen risicogebieden zijn gesaneerd. De Rijnministers hebben in 2013 bekrachtigd dat ze vast van plan zijn om de voorgestelde maatregelen in het Sedimentmanagementplan Rijn voor alle risicogebieden uit te voeren.
5. Als er aanzienlijke hoeveelheden schadelijke stoffen terechtkomen in de Rijn worden alle Rijnsoeverstaten en vooral de instanties in de benedenstrooms gelegen gebieden gewaarschuwd in het kader van het **Waarschuwings- en Alarmplan Rijn (WAP)**. Zo kunnen veroorzakers worden opgespoord.
6. Sinds 1954 wordt er op zes meetlocaties **zicht gehouden op schadelijke stoffen en nutriënten**. In 2012 is deze monitoring uitgebreid naar acht hoofdmeetlocaties aan de hoofdstroom van de Rijn en meerdere locaties aan de Moezel en de Saar (IKSMS). De jaarlijkse balans van de resultaten van deze monitoring wordt gepubliceerd op internet (<http://maps.wasserblick.net:8080/iksr-zt/>). Op tal van andere meetlocaties, ook aan de zijrivieren van de Rijn, vindt er nationale monitoring plaats. Hierbij zou voortaan bijzondere aandacht moeten worden besteed aan het verband met de effecten van hoog- en laagwater, waterschaarste en een stijging van de watertemperatuur.
7. In extreem hete periodes, gecombineerd met laagwater, kunnen antropogene **warmtelozingen** (bijv. van warmtekrachtcentrales) bijdragen tot de overschrijding van ecologisch relevante richtwaarden voor de gevoeligheid (watertemperatuur, zuurstofgehalte). In laagwaterperiodes zou de monitoring op regionaal niveau gaandeweg kunnen worden geïntensiveerd. Gebruikers en pers worden op de hoogte gehouden van de situatie. Er kunnen eventueel maatregelen ter reductie

12 Ministerieel communiqué, paragrafen 12 en 13

van de onttrekking en lozing van water worden genomen. Er zijn al regionale warmtemodellen (bijv. het warmtemodel van de Neckar, de benedenloop van de Main, de Boven- en de Middenrijn) of alarmplannen ontwikkeld (bijv. het alarmplan van de Main, het actieplan om de geloosde warmte op grote rivieren in Rijnland-Palts bij hoge watertemperaturen te reduceren), teneinde in kritieke fases adequate maatregelen te kunnen treffen ten behoeve van de watergesteldheid.

5.4 Mogelijke maatregelen met betrekking tot het ecosysteem

Net zoals bij de waterkwaliteit geeft de ICBR ook in het kader van de lopende werkzaamheden op ecologisch gebied al invulling aan een groot aantal mogelijke actieterreinen om negatieve effecten van afvoer- en watertemperatuurveranderingen als gevolg van klimaatverandering op planten en dieren te verminderen. Vooral het bereiken van de ecologische doelstellingen van de KRW kan de veerkracht (het weerstandsvermogen) van wateren tegenover veranderde klimaatomstandigheden mede verhogen. Bij de waterafhankelijke beschermde gebieden zijn het de doelstellingen van de Habitat- en de Vogelrichtlijn (Natura 2000) die hiertoe kunnen bijdragen. Wederzijdse synergie-effecten, ook met de ROR, zouden moeten worden benut.

Gelet op de veelheid van maatregelen die al zijn genomen om het ecosysteem veerkrachtiger te maken, is het van belang om bij elke toekomstige maatregel te overwegen hoe de effecten van hoog- en laagwater en van de stijging van de watertemperatuur verder kunnen worden gereduceerd (bijv. door schaduwrijke gebieden aan te leggen, refugia bereikbaar te maken, de waterretentie te vergroten en vooral door te zorgen voor intensieve monitoring in kritieke periodes). Mogelijkheden hiervoor zijn bijvoorbeeld:

1. **Bescherming en herstel van leefgebieden:** De leefgebieden van planten en dieren moeten worden beschermd en teruggebracht in een seminatuurlijke staat. Voor de Rijn en zijn zijrivieren gaat het daarbij bijvoorbeeld om:
 - vrij afstromende trajecten, vooral met paaigronden voor reofiele vissoorten;
 - aan de hoofdstroom aangetakte strangen, meestromende nevengeulen en andere nevenwateren;
 - brakwaterzones (natuurlijkere zoet-zout gradiënt);
 - natuurlijk heringerichte oevers (aan kleine en middelgrote zijrivieren verdient het aanbeveling om struikgewas te planten of zelfstandige begroeiing toe te laten om de stijging van de watertemperatuur te beperken door middel van schaduwwerking);
 - alle leefgebieden ter vervanging van biotopen die als gevolg van waterbouwkundige maatregelen zijn verdwenen uit het stroombed, evenals hun kwalitatieve verbetering.
2. **Aaneenschakeling van leefgebieden:** De meeste vissen en ongewervelde dieren kunnen in geval van kritieke watertemperaturen en zuurstoftekort door middel van migratiebewegingen uitwijken naar een gunstigere omgeving, voor zover die bestaat en bereikbaar is. Hierbij speelt het Rijndal tussen de Duits-Franse Bovenrijn en de Rijndelta een bijzondere rol als uitgestrekt migratiegebied. Belangrijk zijn ook de bereikbaarheid van hoger gelegen trajecten in de zijrivieren van de Rijn en laterale verbindingen naar zijrivieren in de uiterwaard, die dankzij hun schaduwrijke plekken en opwellingen van koud grondwater in hete zomers fungeren als lokaal refugium. Ook terrestrische biotopen langs de rivieren zouden adequaat met elkaar moeten worden verbonden. De realisatie van het "Biotopverbond Rijn"¹³ en het

13 www.iksr.org - documenten/archief - brochures - Biotopverbond Rijn", ICBR 2006

verdere herstel van de passeerbaarheid van de programmawateren voor trekvissen in het Rijnstroomgebied¹⁴ zullen hieraan een belangrijke bijdrage leveren.

Voorbeelden van **nationale programma's** op deze actieterreinen **in het Rijnstroomgebied** zijn:

- "Rivieren revitaliseren" (Flussrevitalisierungen) in Zwitserland¹⁵
- "Groene en blauwe basisstructuur" (Trame verte et bleue) in Frankrijk¹⁶
- "Geïntegreerd Rijnprogramma" (Integriertes Rheinprogramm) in de Duitse deelstaat Baden-Württemberg¹⁷
- "Actie blauw plus" (Aktion Blau Plus) in de Duitse deelstaat Rijnland-Palts¹⁸
- "Levende wateren" (Lebendige Gewässer) in de Duitse deelstaat Noordrijn-Westfalen
- "Ruimte voor de rivier" in Nederland¹⁹

- 3. Ecologische bescherming tegen overstromingen:** Vanuit het oogpunt van de natuurbescherming verdienen beschermingsmaatregelen tegen overstromingen die rekening houden met de ecologische functies van oeverstructuren en uiterwaarden waar mogelijk de voorkeur boven technische beschermingsmaatregelen tegen overstromingen. Zo moeten het ecologisch inunderen van polders of het verleggen van dijken bijv. worden beschouwd als win-winmaatregelen die zowel bevorderlijk zijn voor de ontwikkeling van de biodiversiteit als voor de reductie van het schadepotentieel en de risico's in overstromingsgebieden.
- 4. Waterkwaliteit:** Omdat vervuild of zuurstofarm water voor planten en dieren een extra stressfactor is bovenop de klimaatverandering zou de waterkwaliteit verder moeten worden verbeterd en behouden (zie hierboven).
- 5. Watertemperatuur:** De extra, antropogene stijging van de watertemperatuur door warmtelozingen zou tot een minimum moeten worden beperkt en het bereiken van de goede ecologische toestand of het goede ecologische potentieel niet in de weg mogen staan. Als zijwateren zijn verbonden met de hoofdstroom kunnen vissen uit de Rijn koelere (bijv. lommerrijke) zijtakken- en rivieren gebruiken als lokaal refugium.
- 6. Monitoring van de levensgemeenschappen (biocenoses):** Klimaatgerelateerde wijzigingen in de biocenoses worden eventueel pas op lange termijn zichtbaar. Daarom is een solide gegevensbasis, zoals bijeengebracht in het bestaande ICBR-meetprogramma biologie en in nationale meetnetten, belangrijk voor de ontwikkeling van instrumenten voor gerichte monitoring.

5.5 Mogelijke maatregelen met betrekking tot andere sectoren

In dit hoofdstuk worden mogelijke maatregelen beschreven die vanuit het oogpunt van de ICBR verband houden met andere gebruiksfuncties (sectoren) en geen raakvlakken hebben met de eerder ter sprake gebrachte onderwerpen overstromingsrisico- en laagwaterbeheer, waterkwaliteit en ecosysteem. In deze analyse gaat het er niet om te achterhalen hoe de

14 "Masterplan trekvissen Rijn" - ICBR-rapport 179 (2009) & "Voortgang in de uitvoering van het Masterplan trekvissen Rijn in de Rijnsoeverstaten in de periode 2010-2012" - ICBR-rapport 206, www.iksr.org

15 zie BAFU / EAWAG 2010 *Nadere precisering volgt*

16 zie www.legrenelle-environnement.fr/-Trame-verte-et-bleue-.html

17 zie www.rp.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1188090/index.html

18 zie <http://www.wasser.rlp.de/servlet/is/2038/>

19 zie www.ruimtevoorderivier.nl/

afzonderlijke sectoren reageren op de klimaatverandering of welke socio-economische ontwikkelingen er worden verwacht (opbouw/ontwikkeling van de samenstelling van de bevolking, eventuele veranderingen in het landgebruik, toekomstige energievoorziening).

Omdat de ICBR de opdracht heeft gekregen om bij het opstellen van de klimaatadaptatiestrategie rekening te houden met socio-economische ontwikkelingen worden er mogelijke maatregelen in deze andere sectoren genoemd:

Mogelijke maatregelen met betrekking tot

1. **Drinkwatervoorziening:** Distributienetten aan elkaar koppelen, waterbeheer, lekkages minimaliseren;
2. **Wateronttrekkingen:** De hoeveelheid reguleren, uitzonderingsbepalingen;
3. **Elektriciteitsproductie in warmtekrachtcentrales**²⁰: Gebruik van koeltorens, voorzieningszekerheid en effecten op het milieu tegen elkaar afwegen. Vergunningen en uitzonderingsbepalingen in verband met de lozing van koelwater uit warmtekrachtcentrales en industriebedrijven controleren/aanpassen; bij laagwater eventueel teruggaan in de productie;
4. **Hydro-elektriciteit:** Een biologische minimumafvoer vaststellen voor waterkrachtcentrales in een afgetakt kanaal om het leven, de migratie en de voortplanting van aquatische soorten te garanderen. Als de afvoer in de rivier onder de vastgestelde waarde daalt, moeten de waterkrachtcentrales worden stilgelegd;
5. **Binnenvisserij:** De vangst van een of meer vissoorten in bepaalde delen van stilstaande of stromende wateren verbieden als dit in droge en/of hete periodes lokaal gerechtvaardigd is om de visfauna te beschermen;
6. **Scheepvaart / waterwegen:** Minder lading innemen of de scheepvaart beperken bij laagwater, scheepsgrootte aanpassen, de vaargeul verdiepen om scheepvaart ook bij laagwater te garanderen;
7. **Landbouw:** Bestaande praktijken aanpassen (hemelwater opvangen, geschikte soorten kiezen die minder water nodig hebben, waterbesparende irrigatietechnieken toepassen, zoals druppelbevloeiing, enz.);
8. **Recreatie:** Door middel van natuurpaden wijzen op de rijkdom van de natuur, maar ook op de ontwikkelingen als gevolg van klimaatverandering, op het gevaar van hoogwater, enz.

In het stroomgebied in het algemeen en in grensoverschrijdende gebieden in het bijzonder zou er in de toekomst hetzij in het kader van de ICBR, hetzij op bilateraal niveau nog meer aandacht moeten gaan naar internationale afspraken over voorgenomen projecten. Dit geldt met name voor het uitwisselen van informatie, voordat er in extreme situaties nationale maatregelen worden genomen in grenswateren. Om onzekerheden bij gebruikers te voorkomen, zouden simultaan aan beide kanten van een grenswater soortgelijke voorschriften moeten gelden.

Van groot belang voor de nationale autoriteiten zijn een stevige basis voor de besluitvorming, een geschikt plan voor noodsituaties alsmede een goede communicatie van de genomen besluiten.

Voor een eensgezind optreden in extreme situaties zou het bevorderlijk zijn als er aanbevelingen werden uitgewerkt, waarbij de ICBR als platform zou kunnen dienen. Deze aanbevelingen zouden monitoringstrategieën, informatiestrategieën en criteria voor de verlening van uitzonderlijke vergunningen moeten bevatten.

20 Als gevolg van de stapsgewijze sluiting van kerncentrales en de groei van duurzame energieën is de elektriciteitsproductie in warmtekrachtcentrales nu al en in de toekomst aan veranderingen onderhevig in Duitsland. Gelet op de invloed op de warmtevracht zijn betrouwbare prognoses van de verdere ontwikkeling een belangrijk uitgangspunt voor de verbetering van de prognoses van de ontwikkeling van de temperatuur in rivieren en tevens een basis voor de besluitvorming over noodzakelijke maatregelen op dit gebied.

Bijlage 1: Selectie van publicaties over de adaptatie aan de klimaatverandering op internationaal en nationaal niveau

Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR)

“Wärmebelastung der Gewässer im Sommer 2003 - Zusammenfassung der nationalen Situationsberichte”, ICBR, rapport 142, www.iksr.org (alleen beschikbaar in het Duits en het Frans)

“Maatregelen inzake de warmtebelasting van de Rijn tijdens extreem warme en droge periodes - Overzicht en samenstelling van de nationale rapporten”, ICBR, rapport 152, 2006, www.iksr.org

“Analyse van de stand van de kennis over de veranderingen die zich tot dusver hebben voorgedaan in het klimaat en over de gevolgen van de klimaatverandering voor de waterhuishouding in het Rijnstroomgebied”, ICBR, rapport 174, 2009, www.iksr.org

“Sedimentmanagementplan Rijn”, ICBR, rapport 175, 2009, www.iksr.org

“Studie naar scenario's voor het afvoerregime van de Rijn”, ICBR, rapport 188, 2011, www.iksr.org

“ICBR-workshop: Effecten van de klimaatverandering op het stroomgebied van de Rijn” (30 en 31 januari 2013 in Bonn), www.iksr.org

“Actuele stand van de kennis over mogelijke effecten van veranderingen in het afvoerregime en de watertemperatuur op het ecosysteem van de Rijn en mogelijke handelingsperspectieven”, ICBR, rapport 204, 2013, www.iksr.org

“Presentatie van de ontwikkeling van de temperatuur van het Rijnwater op basis van gevalideerde temperatuurmetingen in de periode 1978-2011”, ICBR, rapport 209, 2013, www.iksr.org

“Inschatting van de gevolgen van de klimaatverandering voor de toekomstige ontwikkeling van de temperatuur van het Rijnwater op basis van klimaatscenario's” - samenvatting, ICBR, rapport 213, 2014, www.iksr.org

“Estimation of the effects of climate change scenarios on future Rhine water temperature development” - Extensive version (alleen beschikbaar in het Engels), ICBR, rapport 214, 2014, www.iksr.org

“Communiqué van de vijftiende Rijnministersconferentie op 28 oktober 2013 in Bazel”, ICBR 2013

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

“Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation”, IPCC, 2012; <http://www.ipcc.ch>

“Climate change and water”, IPCC Technical Paper VI, 2008; <http://www.ipcc.ch>

“Climate Change 2007: Synthesis Report”, IPCC, 2007
http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf

UN Economic Commission for Europe (UN-ECE)

“Guidance on Water and Adaptation to Climate Change”, UN-ECE, UN Publications, 2009
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/documents/Guidance_water_climate.pdf

UN Framework Convention on Climate change (UNFCCC), Submitted National Communications

http://unfccc.int/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/items/4903.php

Europese Unie

European Commission, The "Blueprint to safeguard Europe's water resources", 2013
http://ec.europa.eu/environment/water/index_en.htm

European Commission, Guidelines on developing adaptation strategies, 2013
http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/docs/swd_2013_134_en.pdf

Gegevensbank Europees Milieuoagentschap (EEA) klimaatadaptatiestrategie:
<http://www.eea.europa.eu/themes/climate/national-adaptation-strategies>

"Background Document on the Inventory of Measures", "Inventory of Measures" Project ClimWatAdapt, 2010

"Full 2nd workshop report" en "Tool for the selection of adaptation measures",
ClimWatAdapt workshop, maart 2011: <http://www.climwatadapt.eu>; tool:
<http://www.tiamasg.com/mDSS/wDSS1/#/Start>

"Thematic workshop on Climate Change and Flooding - 8-10 September 2009, Karlstad, Sweden", Report on Proceedings and Key Recommendations, CIS/Working group F, 2011
"Draft Report of the Working Group F Climate Change Adaptation workshop" (Draft version no. 3, 04.04.2013), CIS/Working group F, 2011 <https://circabc.europa.eu>

"The european environment state and outlook 2010 – Mitigating climate change", EEA Report, 2010

<http://www.eea.europa.eu/soer/europe/mitigating-climate-change>

"River basin management in a changing climate – Guidance document No. 24", Common Implementation Strategy (CIS) for the WFD (2000/60/EC), Technical Report, 2009

http://ec.europa.eu/environment/water/adaptation/index_en.htm

"Report on good practice measures for climate change adaptation in river basin management plans", EEA-EIONET, 2009 http://icm.eionet.europa.eu/ETC_Reports/

Strategic Initiative Cluster "Adaptation to the Spatial Impacts of Climate Change".
<http://www.sic-adapt.eu/>

Internationale Commissies ter Bescherming van de Moezel en de Saar (IKSMS)

Bepaling van de mogelijke effecten van de klimaatverandering op het stroomgebied van de Moezel en de Saar, brochure FLOW-MS, 2013

<http://www.iksms-cipms.org/servlet/is/60264/Broschuere-Klimawandel.pdf?command=downloadContent&filename=Broschuere-Klimawandel.pdf>

Internationale Commissie ter Bescherming van de Donau River (IKSD)

"ICPDR Strategy on Adaptation to Climate Change"

<http://www.icpdr.org/main/activities-projects/climate-adaptation>

<http://www.icpdr.org/main/climate-adaptation-strategy-published-print>

Internationale Maascommissie (IMC)

Resultaten van het AMICE-project (stand: april 2013) <http://www.amice-project.eu>

Alpengebied

"Adaptation to climate change in the Alpine Space (AdaptAlp)", <http://www.adaptalp.org/>

"Climate change, impacts and adaptation strategies in the Alpine Space" (CLIMCHALP), zie ook op <http://www.adaptalp.org/>

Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR)

"Klimaatverandering en Rijnvaart", besluit 2011-II-9 van de najaarszitting 2011 van de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) van 30 november 2011, CC/R 2011 II, p. 75. <http://ccr-zkr.org/13020400-de.html>

Internationale Commissie voor de Hydrologie van de Rijn (CHR)

"Socio-economic influences on the discharge of the River Rhine", seminar 26-27 March 2014, Bregenz (Oostenrijk) <http://www.chr-khr.org>

Duitsland

"DAS - Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel", Bundeskabinett, 2008 <http://www.bmu.de/klimaschutz/downloads/doc/42783.php>

Strategiedocument "Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft - Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen", LAWA, maart 2010 http://www.lawa.de/documents/LAWA_Strategiepapier_1006_d07.pdf

"Klimawandel – Herausforderungen und Lösungsansätze für die deutsche Wasserwirtschaft", DWA-Themen, DWA, 2010

"Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen", LAWA, maart 2010

"Leitlinien für ein nachhaltiges Niedrigwassermanagement", LAWA, 2007

"Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Szenarien und nationale Aufgaben", UBA, 2006 <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3545.html>

"Climate change in Germany: vulnerability and adaptation of climate sensitive sectors", UBA, 2005 <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2974.pdf>

"Development of a „Screening Tool“ for climate proofing of water management Measures", UBA, 2013

"Hochwasser-Abflussprojektionen und Auswertungen", KLIWA – Vijfde KLIWA-symposium, KLIWA-rapport nummer 19, december 2013 <http://www.kliwa.de>

Competence Centre for Climate Change and Adaptation, www.anpassung.net

"Klimawandel im Süden Deutschlands: Ausmaß – Auswirkungen – Anpassung", KLIWA – Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft, 2012 <http://www.kliwa.de>

"Klimawandel und Wasserwirtschaft: Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel", Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, 2011 http://www.umwelt.nrw.de/klima/pdf/broschuere_klima_und_wasser.pdf
<http://www.klimawandel.nrw.de>

Regering van het Duitse district Unterfranken, 2012: "Alarmplan für den bayrischen staugeregelten Main" - Gewässerökologie <http://www.regierung.unterfranken.bayern.de/aufgaben/6/3/00756/index.html>

Nederland

“Een frisse blik op warmer water”, RWS/STOWA, Amersfoort, oktober 2011

“Impact klimaat op oppervlaktewater als bron voor drinkwater – van knelpunten naar maatregelen”, RIVM, 2013

“Invloed van steden en klimaatverandering op de Rijn en de Maas”, Deltares, 2010

“Nationaal Waterplan 2009 – 2015”, ministerie van Infrastructuur en Milieu, december 2009. <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/vragen-en-antwoorden/wat-is-het-nationaal-waterplan.html>

“Deltaprogramma 2015”, ministerie van Infrastructuur en Milieu, ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, september 2014

- <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/deltaprogramma> (Nederlands)
- <http://www.deltacommissaris.nl/english/> (Engels)
- http://www.deltacommissaris.nl/english/Images/Deltaprogramma_ENG1_tcm310-286802.pdf (Engelstalig rapport)

“Water shortage and climate adaptation in the Rhine Basin”, Inspiration Document Based on the International Rhine Basin Conference (29-31 oktober 2012, Kleve), Provincie Gelderland, 2013, www.gelderland.nl/klimaatconferentie2012

Frankrijk

Project “Explore 2070”, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2010-2012), <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Evaluation-des-strategies-d.html>

“Plan national d'adaptation au changement climatique 2011-2015”, Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, juli 2011

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-Plan-national-d-adaptation,22978.html>

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/The-national-climate-change.html> (Engels)

Oudere onderzoeken en rapporten van het ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique – Frans centrum voor de observatie van de effecten van de opwarming van de aarde) <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Publications-de-l-ONERC-.html>

Zwitserland

“Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz - Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder”, eerste deel van de strategie van de Bondsraad van 2 maart 2012

<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01673/index.html?lang=de>

“Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz im Sektor Wasserwirtschaft Beitrag des Bundesamtes für Umwelt zur Anpassungsstrategie des Bundesrates”, januari 2012

<http://www.bafu.admin.ch/klimaanpassung/index.html?lang=de>

“Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer”, syntheserapport over het project “Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz” (CCHydro), 2012

<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01670/index.html?lang=de>

“Nachhaltige Wassernutzung”, nationaal onderzoeksprogramma NFP61

<http://www.nfp61.ch/D/Seiten/home.aspx>

“Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz” – rapport van de Zwitserse Bondsraad over het postulaat “Wasser und Landwirtschaft. Zukünftige Herausforderungen”. BAFU, 17 oktober 2012.

<http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/28597.pdf>

Oostenrijk

“Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel”, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2012.

http://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/anpassungsstrategie/strategie-kontext.html

“Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft” (uitgebreide versie), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2010.

http://www.lebensministerium.at/publikationen/wasser/wasserwirtschaft_wasserpolitik/anpassungsstrategien_an_den_klimawandel_fuer_oesterreichs_wasserwirtschaft.html

“Klima|Wandel|Anpassung”, <http://www.klimawandelanpassung.at/>

“Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014”, Austrian Panel on Climate Change, 2014. <http://www.apcc.ac.at/>

ÖWAV-ExpertInnenpapier “Klimawandelauswirkungen und Anpassungsstrategien in der österreichischen Wasserwirtschaft”, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, 2014

<http://www.oewav.at/Page.aspx?target=65710&mode=form&app=134598&edit=0¤t=175698&view=134599&predefQuery=134639>

Luxemburg

“Paquet Climat”, Partnerschaft für Umwelt und Klima / Partenariat pour la protection de l'environnement et du climat, 2011)

http://www.developpement-durable-infrastructures.public.lu/fr/developpement-durable-infrastructures/partenariat/Paquet_Climat_integral.pdf

“Synthesedokument der Groupe de pilotage für eine nationale Nachhaltigkeitsstrategie”, Luxemburg. www.developpement-durable-infrastructures.public.lu

België

“Belgian national climate change adaptation strategy”, Nationale klimaatcommissie, 2010

<http://www.flanders.be/en/publications/detail/belgian-national-climate-change-adaptation-strategy>

“Nationaal klimaatplan van België 2009-2012 – inventaris van de maatregelen en stand van zaken”, 2008 www.climat.be/files/7813/8262/1900/PNC_2009-2012-2.pdf

Bijlage 2: "Richtwaarden voor de gevoeligheid" hoogwater

(oriënteringsgrootheden voor mogelijke adaptatiemaatregelen)

Actierreinen	Richtwaarde	Kenmerkende grootheid	Maatgevende grootheid	Mogelijke gevolgen/scenario's (tot 2050): bandbreedte (basis voor de discussie over adaptatiemaatregelen)
Hoogwaterrisicobeheer	Beschermingsniveau/veiligheid	MHQ (in m ³ /s)	Lobith: 6.680 m ³ /s (NL gegevens)	0 tot +20%
			Keulen: (MHQ jaar): 6.610 m ³ /s MHQ (hydr. zomerhalfjaar, mei-okt): 4.000 m ³ /s MHQ (hydr. winterhalfjaar, nov-apr): 6.510 m ³ /s	0 tot +20%
			Kaub: (MHQ jaar): 4.370 m ³ /s MHQ (hydr. zomerhalfjaar, mei-okt): 3.240 m ³ /s MHQ (hydr. winterhalfjaar, nov-apr): 4.260 m ³ /s	-5% tot +25%
			*Worms: (MHQ jaar): 3.480 m ³ /s MHQ (hydr. zomerhalfjaar, mei-okt): 2.870 m ³ /s MHQ (hydr. winterhalfjaar, nov-apr): 3.310 m ³ /s	-10% tot +20%
			*Maxau: (MHQ jaar): 3.240 m ³ /s MHQ (hydr. zomerhalfjaar, mei-okt): 2.850 m ³ /s MHQ (hydr. winterhalfjaar, nov-apr): 2.980 m ³ /s	-5% tot +15%
			*Bazel: (MHQ jaar): 3.070 m ³ /s MHQ (hydr. zomerhalfjaar, mei-okt): 2.880 m ³ /s MHQ (hydr. winterhalfjaar, nov-apr): 2.520 m ³ /s	-5% tot +10%
		HQ10 (in m ³ /s)	Lobith: 9.500 m ³ /s	-5% tot +15%
			Keulen: 8.870 m ³ /s	-5% tot +15%
			Kaub: 5.800 m ³ /s	-15% tot +15%
			Worms: 4.750 m ³ /s	+7% (KLIWA)
			Maxau: 4.100 m ³ /s	0% tot +5% (KLIWA)
			Bazel: 3.980 m ³ /s	0% tot +5% (KLIWA)
		HQ100 (in m ³ /s)	Lobith: 12.700 m ³ /s (BFG) - NL: 12.675 m ³ /s	Lobith: 0 tot +20%
			Keulen: 12.000 m ³ /s	0 tot +20%
			Kaub: 8.000 m ³ /s	-5% tot +20%
			Worms: 6.000 m ³ /s (zonder inzet van retentie: 6.300 m ³ /s)	+5% (KLIWA; voor HQ100 en HQ200)
			Maxau: 5.000 m ³ /s (zonder inzet van retentie: 5.300 m ³ /s)	0% tot 5% (KLIWA; voor HQ100 en HQ200)
			Bazel: 4.780 m ³ /s	0% tot 5% (KLIWA; voor HQ100 en HQ200)
		HQextreem (in m ³ /s)**	Lobith: 16.000 m ³ /s	-5% tot +20%
			Keulen: 15.250 m ³ /s (maximumwaarde, geen maatgevende afvoer)	-5% tot +25%
			Kaub: 10.400 m ³ /s	-5% tot +25% (geen KLIWA-gegevens beschikbaar)
	*Worms: 7.600 m ³ /s (maximaal mogelijke afvoer zonder rekening te houden met dijkdoorbraken)		-15% tot +30% (geen KLIWA-gegevens beschikbaar)	
	*Maxau: 6.500 m ³ /s (maximaal mogelijke afvoer zonder rekening te houden met dijkdoorbraken)		-20% tot +35% (geen KLIWA-gegevens beschikbaar)	
	*Bazel: 5.480 m ³ /s (gedefinieerd als HQ1000)		-20% tot +35% (geen KLIWA-gegevens beschikbaar)	
	Scheepvaart	HVQ (in m ³ /s) HVV (in cm of m)	Lobith: 5.675 m ³ /s	0 tot +20% (tendensen voor HQ100)
			Keulen: 830 cm = 6.960 m ³ /s	0 tot +20% (tendensen voor HQ100)
			Kaub: 640 cm = 5.100 m ³ /s	-5% tot +20% (tendensen voor HQ100)
*Worms: 650 cm = 4.310 m ³ /s			+5% (KLIWA; tendensen voor HQ100)	
*Maxau: 750 cm = 2.800 m ³ /s			+4% (KLIWA; tendensen voor HQ100)	
*van Bazel tot Rheinfelden: 2.500 m ³ /s			+3% (KLIWA; tendensen voor HQ100)	

Opmerking:

Luxemburg ligt niet aan de hoofdstroom van de Rijn (geen meetpunten in de bovenstaande tabel). Toch zijn er verschillende adaptatiemaatregelen voor het waterbeheer uitgevoerd. Duitsland (meetpunten Kaub en Keulen): Er worden aanvullende KLIWA-resultaten verwacht.

Nederland (Lobith):

- HQ100 (in m³/s): bij Lobith lijkt 0-10% realistischer (dijkoverstromingen);

- HQextreem (in m³/s) (volgens Nederland is het belangrijk om HQextreem mee te nemen als kenmerkende grootheid): het voor Lobith gehanteerde getal voor de toename van de maatgevende afvoer voor 2050 bedraagt ongeveer 6%.

*: Voor de meetpunten Bazel, Maxau en Worms aan de Duits-Franse Bovenrijn is er "geen uitspraak mogelijk" over mogelijke effecten van de klimaatverandering bij MHQ en HQextreem, omdat de modelresultaten een marge $\geq 50\%$ vertonen en/of er sprake is van tekortkomingen in de methode (vgl. ICBR-rapport 188, p. 17).

** : Op dit moment wordt er in het KLIWA-project geen onderzoek gedaan naar HQextreem.

Legenda:

HQ10: afvoer bij een hoogwater met een herhalingsstijd van 10 jaar (grote kans op overstromingen)

HQ100: afvoer bij een hoogwater met een herhalingsstijd van 100 jaar (middelgrote kans op overstromingen)

HQextreem: afvoer bij een buitengewoon hoogwater (kleine kans op overstromingen)

MHQ: rekenkundig gemiddelde van de hoogste dagafvoeren in overeenkomstige tijdsruimtes (bijv. hydrologische halfjaren) van de bekeken periode

HVV: Hoogste Vaarbare Waterstand (in m)

HVQ: afvoer bij de Hoogste Vaarbare Waterstand

Bibliografie:

Informatie "maatgevende grootheid": nationale gegevens: meetpunten in DE: Duitse delegatie en BFG (Duits hydrologisch jaarboek), meetpunt in NL (Lobith): Nederlandse delegatie, meetpunt in CH (Bazel): Zwitserse delegatie

Informatie "klimaat-effect (...)":

- ICBR-rapport 188, 2011

- Resultaten van het KLIWA-project, stand: september 2014

Bijlage 3: "Richtwaarden voor de gevoeligheid" laagwater

(oriënteringsgrootheden voor mogelijke adaptatiemaatregelen)

Actieterreinen	Richtwaarde	Kenmerkende grootheid	Maatgevende grootheid	Mogelijke gevolgen/scenario's (tot 2050): bandbreedte (basis voor de discussie over adaptatiemaatregelen)
Laagwaterbeheer	Laagwaterbeheer	NM7Q (in m ³ /s)	Lobith: 624 m ³ /s (laagste NM7Q van de afgelopen 100 jaar) (Rheinblick2050) 1.150 m ³ /s (gemiddelde NM7Q over 30 jaar) (CHR- studie)	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
			Keulen: 702 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
			Kaub: 536 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
			Worms: 444 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
			Maxau: 393 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
			Bazel: 475 m ³ /s (periode 1869-2009, gerelateerd aan het Zwitserse, zogenaamde NQ-jaar dat loopt van mei tot april) (CH: correct is eigenlijk MNM7Q, omdat het gaat om het langjarige gemiddelde van de jaarlijkse NM7Q- waarden)	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
	Zoetwatervoorziening	Minimumdebiet (in m ³ /s)	Lobith: 1.100 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
	Scheepvaart	OLR (in m ³ /s)	Lobith: 1.020 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
			Keulen: 145 cm = 935 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
			Kaub: 80 cm = 750 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
			Worms: 65 cm = 670 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
			Maxau: 360 cm = 585 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)
Bazel: ca. 490 m ³ /s	-10% tot +10% (tendensen voor NM7Q zomerhalfjaar)			
<p><i>Opmerking:</i> Luxemburg ligt niet aan de hoofdstroom van de Rijn (geen meetpunten in de bovenstaande tabel). Toch zijn er verschillende adaptatiemaatregelen voor het waterbeheer uitgevoerd. Bij laagwater is het maximale effect geen stijgende laagwaterafvoer, maar wel de grootste daling van de laagwaterafvoer.</p>				
Legenda:				
NM7Q: laagste rekenkundig gemiddelde van de afvoer over zeven dagen in overeenkomstige tijdspannes (bijv. hydrologische halfjaren) van de bekeken periode				
OLR: afvoer bij de Overeengekomen Laagste Rivierstand				
Bibliografie:				
Informatie "maatgevende grootheid": nationale gegevens: meetpunten in DE: Duitse delegatie en BfG (Duits hydrologisch jaarboek), meetpunt in NL (Lobith): Nederlandse delegatie, meetpunt in CH (Bazel): Zwitserse delegatie				
Informatie "klimaatteffect (...)": ICBR-rapport 188, 2011				