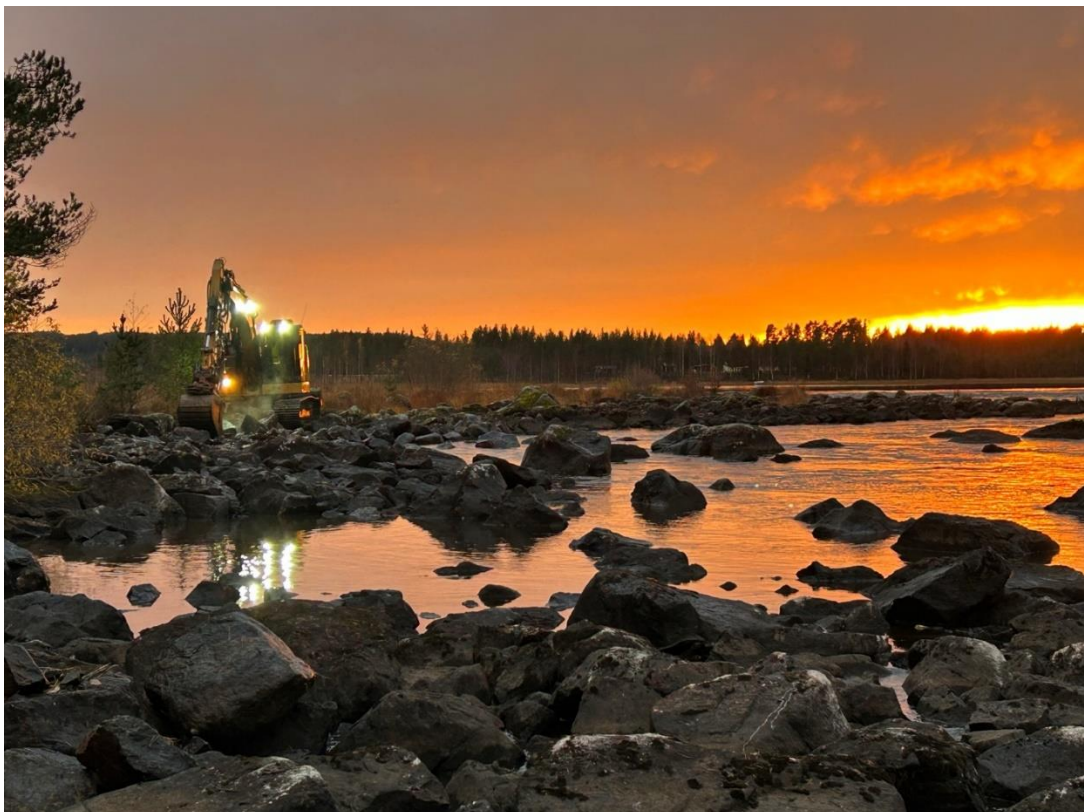


Restaurering av vattendrag inför klimatförändringar – en verktygslåda

Författare: Åsa Widén¹ och Birgitta Malm-Renöfalt²



1. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö (VFM)
2. Umeå Universitet, Institutionen för Ekologi, Miljö och Geovetenskap (EMG)

Sammanfattning

Klimatförändringars effekter på vattendrag beaktas allt för sällan i restaureringsarbetet oavsett om vattendraget är reglerat eller oreglerat. Vårt budskap är att vi behöver komma igång med implementeringen av klimatförändringar i restaureringsekologin för att inte riskera att åtgärder är verkningslösa eller i värsta fall kontraproduktiva. Klimatförändringsaspekter bör inkluderas redan i förstudie och projektplanering samt förankras genom klimatmodeller och mätningar/inventeringar i fält. Åtgärder för reglerade vattendrag är i första hand hydrologiska åtgärder som kombineras med morfologiska åtgärder.

Innehåll

Restaurering av vattendrag inför klimatförändringar – en verktygslåda	1
1. Introduktion	4
2. Definition restaurering och målbild.....	4
3. Historisk tillbakablick	5
4. Naturvärden, biologisk mångfald och landskapsperspektiv	6
5. Klimatförändring och varför restaurering är viktigt	8
6. Riskanalyser och osäkerheter med restaurering i ett klimatperspektiv	8
7. Att tänka på före restaurering startar med klimatförändringsperspektiv	8
9. Behov av akut åtgärdsplan i nuläget med tanke på klimatförändringar	13
10. Restaureringsåtgärder	14
11. Uppföljning	23
12. Litteratursökning	24
13. Diskussion och slutsatser.....	34
14. Referenser.....	36

1. Introduktion

Ekosystemen knutna till sötvatten tillhör de mest artrika men också de mest påverkade i världen. Populationer av ryggradsdjur knutna till dessa ekosystem minskade 83% mellan 1970 till 2014 (WWF). Även om dessa system utgör en relativt liten areal (endast 2,3%) så hyser de minst 9,5% av världens djurarter. Detta innebär att det finns ett stort behov av restaureringsåtgärder globalt (Tickner et al., 2020). Med det sagt så vill vi inte säga att det inte pågår restaureringsåtgärder runt om i världen, tvärtom det är en stor verksamhet som omsätter miljarder (Whol et al., 2015), men trots ett omfattande restaureringsarbete är behovet av att öka takten av restaurering stort eftersom det finns en pågående exploatering av vattendrag med bland annat vattenkraft, dammar, bevattning, överexploatering av fiske, industriella behov och vattenförsörjning till städer samt ovanpå detta ett ökat påverkanstryck på grund av klimatförändringar (Vörösmarty et al., 2010), vilket påverkar biodiversiteten i sötvattens ekosystem negativt (Reid et al., 2019).

Dammar och kraftverk fragmenterar vattendrag samt förändrar naturliga flöden och biogeokemiska processer (Poff et al., 1997; Stoffels et al., 2022) vilket i sin tur orsakar förlust av habitat och biologisk mångfald (Liermann et al., 2012). I ett globalt perspektiv ökar exploateringen av vattendrag (Grill et al., 2015) och endast 37% av världens vattendrag som är längre än 1000 km rinner fritt i sin hela längd och med endast 23% som rinner utan hinder till havet (Grill et al., 2019).

Ramdirektivet om vatten föreskriver att klimatförändringseffekter ska inkluderas i restaureringsarbetet för sjöar (Heerdt et al., 2007) och vattendrag . Birgitta, kan du komplettera? Vad säger direktivet egentligen?

I denna rapport kommer vi i första hand att ta upp potentiella åtgärder i vattendrag påverkade av dammar och vattenkraft i ett klimatperspektiv. Vi ser emellertid att det finns ett behov av att även studera potentiella åtgärder i ljuset av det kumulativa påverkanstryck som finns mot sötvattens ekosystem och att detta bör kartläggas och beaktas inför restaurering.

2. Definition restaurering och målbild

Ekologisk restaurering definieras som det arbete som sker för att det skall kunna ske en återhämtning av ett degraderat ekosystems ekologiska integritet, genom att återinföra processer som är nödvändiga för upprätthålla det naturliga ekosystemet, vilket även kan gynna t.ex. ekosystemtjänster som rekreation och friluftsliv (Whol et al., 2015). Vi inkluderar även skötsel och teknik i begreppet eftersom många slag av påverkanskällor kräver kunskap kring båda ämnena. Med teknik avses t.ex. tillräcklig kunskap om dammar och kraftverks konstruktion (turbiner, tunnelutlopp mm) och dess funktion i det reglerade vattendraget och i energisystemet samt påverkan på ekosystemet.

Det har diskuterats vad det naturliga ekosystemet är, vilket är en relevant fråga. När i tiden existerade detta? En vanlig utgångspunkt är det pre-industriella systemet för att förstå historiska förändringar som orsak av naturliga och antropogena störningar och eventuella irreversibla förändringar som kan ha inträffat (Palmer et al., 2005). I denna rapport tänker vi att målbilden kan peka mot den tidpunkt då vattendragets ekosystem saknade påverkan från den eller de största påverkanskällan/orna. Mycket pågående restaurering av vattendrag i Sverige görs i sträckor som använts för att flotta timmer. Eftersom denna aktivitet har upphört kan man relativt okontroversiellt genomföra restaureringar med det naturliga vattendraget som målbild. Den största pågående påverkanskällan i svenska vattendrag är dock vattenkraft, och här blir det naturliga vattendragets ekosystem inte alltid ett realistiskt mål eftersom man i många fall kan anta att kraftverken kommer att vara kvar i en överskådlig framtid. I vissa fall kommer dock en utrivning av dammar och kraftverk att ske och då är det relevant att restaurera med ett naturligt vattendrag som målbild. I vattendrag där kraftverk och dammar inte rivs ut blir målbilden istället att restaurera med syfte att viktiga processer i så hög grad som möjligt ska

närma sig det naturliga ekosystemet. Det är viktigt att enas om en konkret målbild, men också att beakta osäkerheter och ekologiska tillstånd som kan bli verklighet i framtiden. Målen bör därför inte formuleras som ett specifikt tillstånd utan ses mer som ett spann av förhållanden som vi strävar efter (Jansson et al., 2020).

Klimatförändringar kan innebära att en återgång till ett historiskt tillstånd inte längre är möjligt. Idag finns det många metoder för att restaurera vattendrag och sjöar som skulle kunna lindra effekter av klimatförändringar eller att gynna vattendragets förmåga att anpassa sig till ett förändrat klimat. Oftast är åtgärderna inte ett färdigt svar på hur arbetet ska ske utan ett gemensamt tema för sådana åtgärder är att de bringar ekosystemen närmare ett historiskt referenstillstånd genom att återinföra naturliga processer eller återintroducera försvunna strukturer.

Nya klimatförhållanden som påverkar processer och artsammansättningar är en utmaning för projektledningen och de bör därför tänka annorlunda för hur de sätter mål för restaurering och val av referensförhållanden.

Ett rimligt sätt att identifiera referenstillstånd vid ekologisk restaurering i ett förändrat klimat är att antingen utnyttja opåverkade system eller historisk information som utgångspunkt för att identifiera referensförhållanden, och sedan använda sig av modeller och prognosverktyg för att förutsäga hur dessa system kommer att förändras. Modellerna kommer att bli ett viktigt verktyg för att lindra klimatförändringseffekter.

3. Historisk tillbakablick

Metoder för att restaurera vattendrag är i ständig utveckling och som en del av detta är det förståeligt att en del av de metoder som vi använder idag kan komma vara mindre vanliga i framtiden. Genom att förstå vår historia kan vi förstå vår framtid bättre och undvika misstag.

Fram till slutet av 1900-talet syftade morfologiska förändringar i vattendragen till att förbättra navigering och minska riskerna för förlust av liv och egendom. Under denna förvaltningsparadigm, modifierades hela vattendrag i Europa, Eurasien och Nordamerika (Whol et al., 2015), vanligtvis med den kumulativa effekten av att vattendragen blev fysiskt förenklade och ekologiskt mindre mångfaldiga och funktionella (Poff et al., 2007). Ett vanligt exempel från Sverige är flottningens negativa påverkan på vattendrags ekosystem t.ex. med rensningar och dammar (Nilsson et al., 2005; Törnlund, 2002). Omfattningen av flottningsrensningar och byggnation av flottningsdammar är svårt att förstå idag. Verksamheten är dock väldokumenterad i olika arkiv och i modern forskning (Törnlund, 2002). Biotopkartering är en metod för att beskriva påverkan på ett vattendrag, både själva fåran och dess stränder. I Ljungan bedömdes 47 % av den karterade sträckan vara kraftigt rensad eller omgrävd, och ytterligare cirka 30 % måttligt rensad, vilket motsvarar 75% av Ljungans vattendragslängd. Det är oftast lugnflytande sträckor som lämnats orörda, medan strömmande och forsande sträckor i stort sett genomgående har påverkats av flottledsrensning. Som en konsekvens av den omfattande påverkan sker återställning av flottlederna i form av fysisk restaurering där sten och grus återförs till älvfåran samtidigt som avstängda sidofåror öppnas. En allt mer växande insikt och erkännande av hur allvarligt och omfattande dessa olika tekniska (med maskin utförda) ingrepp har förändrat vattendrag har i sin tur bidragit till ett utbrett arbete för att restaurera vattendrag. Inledningsvis fokuserade restaureringen på fysisk förändring av morfologin med syfte att skapa fiskhabitat som fortfarande kvarstår som ett primärt mål och accelererade under 1980-talet. Under senare hälften av 1900-talet utvecklades restaurering till att även omfatta att förbättra vattenkvaliteten. Tonvikten på vattenkvalitet var driven till en början i USA, genom 1972 års Clean Water Act och

samhällelig oro över vattenföroreningar, och därefter, i Europeiska unionen, genom Eu's vattendirektiv (EU 2000/60).

Forskning under denna tid tydde på att restaurering av strandvegetation i vissa fall kan påverka näringsflödet till vattendrag (Stutter et al., 2021). Som ett resultat av vattenkvalitetskraven har restaureringsmålen breddats till att inkludera både en begränsning av punktföroreningar och icke-punktkällor, men också en inriktning på att återställa strandvegetation, kantzonering, svämskogar och våtmarker för att förbättra hindra att föroreningar hamnar i vattendraget samt att bevara biodiversitet.

Ekologisk reglering är en metod för hydrologisk restaurering som vanligtvis definieras som den kvantitet, kvalitet och tidpunkt av flödet som behövs för att bevara ett sötvattens ekosystem samt mänskligt försörjning och välbefinnande (Poff & Matthews, 2013). Det överordnade syftet med ekologisk reglering är att ändra storleken och tidpunkt av flöden från vattenkraftverk eller dammar för att mer spegla den naturliga flödesregimen (Poff et al., 1997) eller normativa (Stanford et al., 1996) flödesregimer som gynnar nedströms vattendragssträckor och deras strandekosystem (Bunn & Arthington, 2002). Med normativa menas de flödesregimer som designas med avsikt att undvika harmfula flöden, mesta möjliga flödesanpassning med tanke på att verksamheten ska kunna fortgå (Acreman et al., 2014).

Idén om att återinföra naturliga flöden eller komponenter av naturliga flöden och vattenstånd bör dock tillämpas på ett vetenskapligt grundat sätt och ta itu med verkligheten som ett komplext socialt-ekologiskt-ekonomiskt system, där olika intressen konkurrerar om vattnet som resurs. Utvecklingen av ekologisk reglering som metod utgår från den naturliga flödesregimen (Poff et al., 1997) och landar i att ekologisk reglering tros bli ett viktigt verktyg i restaureringsarbetet i ett klimatperspektiv (Poff & Matthews, 2013; Poff et al., 2015).

4. Naturvärden, biologisk mångfald och landskapsperspektiv

Biologisk mångfald innebär att inhemska arter med bevarad genetisk särprägel och variation, skall ges möjlighet att leva i sin naturliga miljö (Degerman & Näslund, 2021). Naturen skall vara sådan att den har förutsättningar att vara som när negativ mänsklig påverkan saknas. Miljön skall ha kvar sina naturliga processer och strukturer i så stor utsträckning att inhemska arter ska kunna fullfölja sin livscykel. Ett område med god biologisk mångfald har många arter, strukturer och processer som är representativa för ett opåverkat landskap. Inom ekologin är ett centralt koncept att ett ekosystem med en naturlig diversitet av livsmiljöer har många nischer som kan exploateras av många arter, vilket skapar hög biologisk mångfald (Tews et al., 2004). När älvar kanaliseras, däms och torrläggs försvinner många typer av habitat och med dem dess flora och fauna. Ett ekosystem med en hög naturlig biologisk mångfald har högre motståndskraft (resiliens) mot klimatförändringar jämfört med ett påverkat ekosystem och därför behöver vi förstå ett vattendrags omgivning och naturvärden som ett av målen i klimatarbetet (Donadi et al., 2021).

I ett restaureringsperspektiv är nuvarande, angränsande naturvärden och de potentiella naturvärden som kan skapas genom restaurering viktigt. Ökade naturvärden i allmänhet är ett vanligt restaureringsmål och vi förtydligar därför hur naturvärdet bestäms. I begreppet naturvärde förenas övergripande biologisk mångfald och ekosystemtjänster medan bristanalyser värderar viktiga habitat/processer/arter för naturtypen och slutligen identifieras brister och påverkan som minskar ekosystemets biologiska mångfald och ekosystemtjänster. Kort kan man säga att ett naturvärde kan förklaras genom;

- (1) Hur naturligt ett ekosystem är gällande biologisk mångfald och dess representativitet.

- (2) Samhällsnyttan dvs nyttan av de ekosystemtjänster som kan erhållas.
- (3) Bristanalys, hur viktiga kritiska habitat, processer och arter, ”funktionalitet” är för vattendragets ekosystemfunktion,
- (4) Bristanalys, hur stor bristen är av en art, struktur, habitat eller process är oavsett funktion.

Den rumsliga skalan av naturvärdesaspekterna kan variera från den lokala upp till den nationella eller rent av globala skalan. En art, en process eller ett habitat kan vara viktigt i alla dessa skalor. Naturvärdet är alltså relativt samt skalberoende och på så sätt svårt att kvantifiera vilket också medför att en förbättring av ekosystemet ibland är svår att kvantifiera. Vi behöver därför vara ödmjuka inför vilka resultat om efterfrågas och mål som sätts i ett restaureringsprojekt.

En fors är ett exempel på en viktig ekosystemtjänst. Forsen gynnar vattenlandskapets bearbetning av dött organiskt material genom att syresättningen av vattnet ökar och skapar habitat för ett antal specialiserade arter. Samtidigt är det ett sällsynt habitat i dagens vattenlandskap, i och med att mycket av den påverkan som skett i vattendragen har gjorts just i forsar. De har också ett stort estetiskt värde. En damm eller trösklar i kaskad som rivs ut kan ha en potential morfologiskt att bli en fors och unikt habitat på olika skalor i landskapet med ett högt tillskapat värde.

Naturvärden sätts ofta i relation till andra värden. Som exempel kan en fors som naturvärde ställas mot hur värdefullt ett nyttjande forsens är för samhället; ett samhällsvärde. Samhällsvärdet av forsens mäts ofta i ekonomiska termer eller i tillförd nytta mätt i energi och är därmed enklare att konkretisera och visualisera. Forsen som ett lokalt naturvärde kan ibland väga lätt mot samhällets behov nationellt av energi eller reglerkraft. Men om många lokala naturvärden tillsammans har använts som samhällsvärde (vattenkraft), blir det lokala naturvärdet av större betydelse då det är allt sällsyntare och får då ett större värde nationellt och globalt.

För att förstå värdet hos ett ekosystem är bristanalysen en viktig komponent i beskrivning av naturvärdet och i förlängningen även beskrivning av åtgärdspotentialen. När en viktig ekosystemfunktion/komponent blivit en brist jämfört med ett referenstillstånd för naturtypen ökar naturvärdet för de återstående delarna av denna ekosystemfunktion, både lokalt, regionalt och nationellt. Alltså bör vi för att identifiera naturvärdet, se både till ekosystemets funktion i ett referens- eller naturligt tillstånd jämfört med idag och funktionens potential i ett perspektiv med klimatförändringar. Med funktion omfattas inte enbart fysiska processer utan även samspelet mellan de förekommande arterna. Förlust av en art, eller introduktion av en främmande art, kan radikalt förändra ett ekosystems funktion och dess ekosystemtjänster. Tidpunkten för t.ex. kläckning av vissa insektsarter kan t.ex. vara viktig för andra arter som fåglar som ger sina ungar föda och är anpassade till att just den gruppen insekter kläcker vid en speciell tidsperiod (Renner & Zohner, 2018). Detta är ett exempel på en något som kan ske på grund av klimatförändringar.

Det är också viktigt att beakta landskapsperspektivet eftersom restaureringslokalens naturvärden inte bara relaterar till de lokala naturvärden på den aktuella platsen utan även på läget i avrinningsområdet med tanke på att en organism möjlighet att sprida sig dit (Ricklefs & Latham, 1993). Naturvärdet är också beroende av hur unikt habitatet är det omgivande landskapet. Om forsens och arterna är sällsynta och unika i landskapet, desto större är naturvärdena, vilket innebär att de är viktigare för biologisk mångfalden lokalt och regionalt, men kanske även nationellt, jämfört med om det är en mer allmänt förekommande naturmiljö (Margules & Pressey, 2000; Margules & Usher, 1981).

5. Klimatförändring och varför restaurering är viktigt

I Sverige medför klimatförändringar förändrade nederbördstrender som vanligtvis innebär torrare somrar och ökad nederbörd under vintern, som i kombination med ökad temperatur kommer att påverka tillrinningen i sjöar och vattendrag (Renner & Zohner, 2018). Detta innebär att även sötvattnekosystem förändras eftersom de påverkas och anpassar sig efter förändringarna i klimatet.

Restaureringsmetoder som syftar till att återskapa naturliga processer kombinerat med återskapande och byggnation av strukturer i vattendrag och sjöar innebär att vattendrag och sjöar blir mer motståndskraftiga mot effekterna av klimatförändringar jämfört med ett vattendrag där mänskliga påverkanskällor redan påverkat naturliga processer och strukturer. Därför är restaurering ett verktyg som rätt utfört ger ökad återhämtningsförmåga för ekosystem som är mer motståndskraftigt mot störningar, inklusive sådana som skapas eller blir vanligare till följd av klimatförändringar. Resultatet är förstås helt beroende av om vi restaurerar efter avslutad verksamhet som t.ex. vid utrivning av en damm eller flottningsåterställning, eller om verksamheten som skapar problemet kommer att vara i drift under överskådlig framtid (se avsnitt 10). Oavsett vilket klimatscenario som vi studerar så kommer miljöförhållanden som flöde och temperatur förändras över tid vilket förändrar ekosystemet. Detta innebär att varje restaureringsprojekt bör anta ett hållningssätt att restaurera mot icke-stationära förhållanden (Stein et al., 2022).

6. Riskanalyser och osäkerheter med restaurering i ett klimatperspektiv

I samband med genomförande av restaureringsåtgärder bör det ingå en riskanalys i projekten – vad kan gå fel och hur ska det undvikas (Stein et al., 2022)?

I ekologisk reglering och annan restaurering måste tillvägagångssätten bygga på vår nuvarande förståelse för att hantera vattenresurser i avrinningsområden med vattenkraft och vattenbrist samt inkludera övervägande av ökande extrema händelser som temperaturer, torka och/eller stora nederbördsmängder. Riskhantering, kompromissanalys, adaptiv hantering och deltagandeanalys kommer att bli alltmer nödvändiga för att omsätta vetenskap i praktiken (Poff et al., 2016). För att hantera osäkerheter förknippade med det föränderliga landskapet finns det ett behov av att utveckla konsekventa metoder för att hantera ekologiska flöden och restaurering på ett öppet sätt med medverkan från ett brett spektrum av intressenter, verksamhetsutövare, myndigheter, berörda enheter och samhällsorganisationer. Bedömningar och genomförande måste vara robusta under föränderliga klimatförhållanden, lagstiftning, ekonomier och sociala värden.

7. Att tänka på före restaurering startar med klimatförändringsperspektiv

Klimatförändringseffekter och risker bör tas med redan i planeringsfasen. Riskfaktorerna kopplas till målbilderna och där analyseras vad som kan förändras i ekosystemet kopplat till exempelvis förändrade vattentemperaturer, syrenivåer och flöden. Ett exempel kan vara att man restaurerar för att stärka en öringspopulation som målbild. Här behöver man fundera vad som händer med örings habitat med ökade temperaturer och förändrade flöden. Man behöver vi tänka på att skapa refuger med kallt vatten och beskuggning, men att man även behöver kartlägga arter som gynnas av varmare vatten t.ex. gädda, deras eventuellt ökande utbredning och hur de påverkar öringen. När det gäller flöden så behöver man tänka på att reproduktionsområden inte spolats bort vid höga flöden eller att öringen faktiskt leker på områden som inte kommer att torrläggas vid en eventuellt torrare period. Därför behöver vi en praktisk integrering av klimatförändringsperspektivet i restaureringsarbetet som tas in

redan på planeringsstadiet och kan formuleras som en riskanalys där man kartlägger vilka faktorer relaterat till klimatförändringar som kan påverka projektet. Tidsperspektivet varierar med detaljnivån och målbilderna, men bör vara så långt som våra klimatscenarios sträcker sig i tid, med förbehåll att upplösningen minskar. Denna approach kräver långsiktighet med en förmåga att anpassa metoder och uppföljning samt att man utgår från tillräckligt bra data både på kommande klimatändringseffekter och på data på nuvarande förhållanden (exempelvis, nuvarande vattentemperaturer på daglig basis). Om inte detta görs kan restaureringsåtgärdernas resultat i framtiden inte bara bli verkningslösa, utan i värsta fall till och med kontraproduktiva.

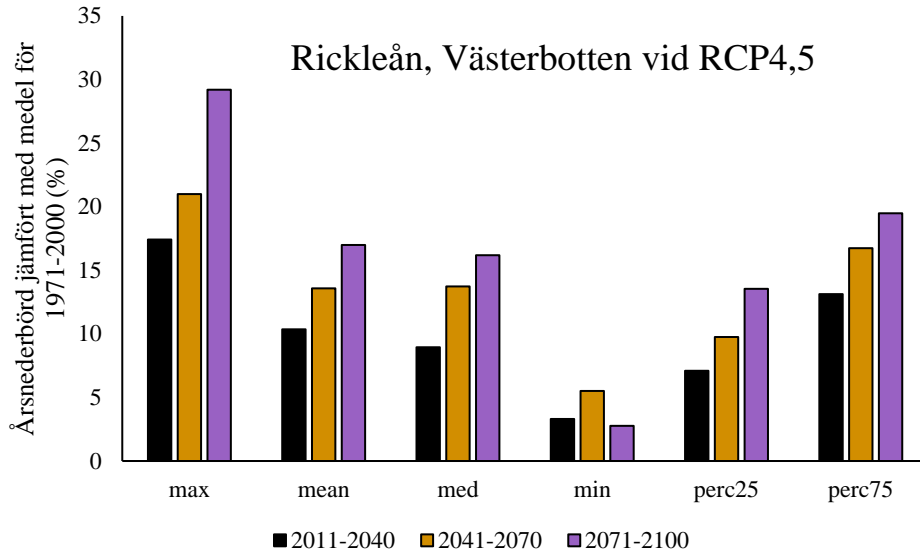
(Hilderbrand et al., 2005) skriver i sin artikel ”Myter om restaureringsekologi” om olika myter, eller fallgropar, kopplat till olika metoder, målbilder och arbetssätt. En metod som fungerar i ett vattendrag kanske inte fungerar i ett annat vattendrag och det är viktigt att reflektera över ett projekts specifika utmaningar och förutsättningar innan man sätter igång ett projekt. Restaurering är ibland komplicerat och ekosystemet kan vara svårt att förstå. Det kan vara svårt att lista ut vad som behövs göras och hur man skall tänka. De myter han tar upp är ; 1) *Kopian* – denna myt handlar om tron att man kan återställa eller skapa ett ekosystem som är en kopia av ett tidigare eller idealiskt tillstånd. Underförstått är att ekosystemet är förutsägbart. *Drömmarnas fält* – denna myt innebär att man enbart fokuserar på fysikalisk-kemiska förhållanden och att ekosystemet kommer att läka bara vi ger de rätta förutsättningarna och tid. *Snabbspolning*– denna myt innebär en övertro på att vi kan snabba på ekosystemets utveckling genom att utföra rätt åtgärder, medan det i själva verket ofta behövs tid efter åtgärd. *Kokboken* - när en viss restaureringsmetod är framgångsrik i ett område eller i ett ekosystem vill man gärna tillämpa samma tekniker i andra restaureringsinsatser ibland utan vetskap om och under vilka förutsättningar resultaten är repeterbara. *Styra och kontrollera eller Sisyfosmetoden*– Här utgår man från att naturen är kontrollerbar. Om man botar symptomen så ordnar sig resten.

Trots de bästa intentioner kan det vara lätt att använda hamna i någon av fallgroparna utan att reflektera och på så sätt försvåra hela projektet samt kanske till och med utföra fel åtgärd. Resultatet är att vi inte uppnår den effekt som vi önskar.

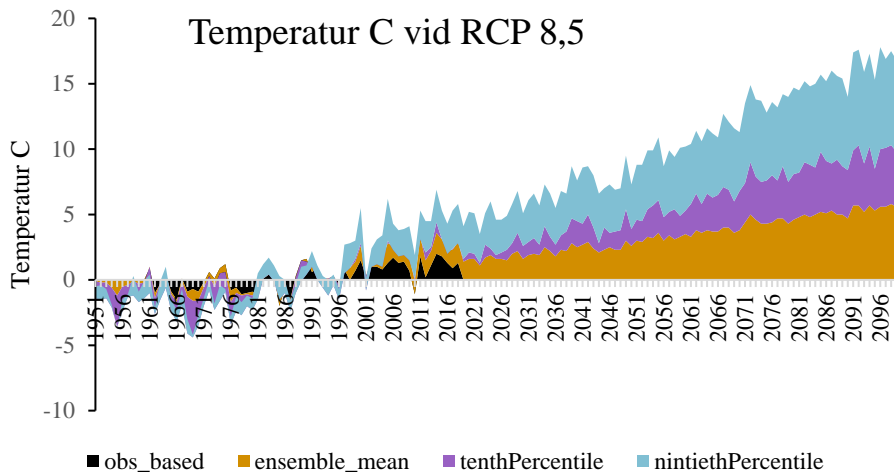
8. Förväntade effekter på våtmarker, sjöar och vattendrag kopplat till klimatförändringar

Tillrinningen förväntas öka i Sverige i kombination med högre temperaturer oavsett vilket ICCP-scenario som man studerar. För att bilda sig en uppfattning om hur nederbörd (hydrologi) och temperatur kan förändras inför en restaureringsinsats kan man använda SMHIs modeller. I figur 2 har vi med hjälp av SMHIs verktyg ”Fördjupad klimatscenariotjänst” ([Fördjupad klimatscenariotjänst | SMHI](#)) tagit fram en prognos för 2070 och 2100. Nederbörden visar percentiler som ger en bild på spridning av mängden nederbörd från lite till mycket. Max och medelvärden ökar medan minimivärden minskar och trenden är att extremerna ökar. På motsvarande sätt kan verktyget användas för att studera temperatur (figur 3).

Vid restaurering är det bra att förstå vilka effekter klimatförändring kan komma att få på ett vattendrags ekosystem och organismer då organismer har ofta gränser för temperaturer som de tål.



Figur 2. Modellerad årsmedelnederbörd för Rickleån vid RCP 4,5.



Figur 3. Modellerad temperatur med percentiler vid klimatscenario RCP 8,5 i Sverige

Klimatförändringar kommer att påverka förutsättningarna för ekosystemen i vattendrag. Tabell 1 ger exempel på potentiella effekter som klimatförändringar kan få i Sverige. De restaureringsprojekt som genomförs idag kan använda nedan lista för testa huruvida arbetet inkluderar klimatförändringsaspekter. Se även avsnitt 10 nedan.

Tabell 1. Potentiella effekter av klimatförändringar på sjöar och vattendrag. Tabell med inspiration från (Palmer et al., 2009; Jansson et al., 2020)

Aspekt av klimatförändring	Exempel på påverkan	Relaterade stressorer som kan förvärra förändring	Exempel på tänkbara åtgärder som kombineras med andra relevanta åtgärder	Geografi
Högre temperatur	Minskning av arter anpassade låga temperaturer Sämre vattenkvalitet	Avsaknad av skuggande träd i strandzonen Avsaknad av djuphål som refug	Plantera lövträd längs stranden och ta bort barrträd Skapa en tydlig huvudfåra med djuphål Riv ut objekt som trösklar som sänker vattenhastigheten	Hela landet
Tidigare snösmältning	Längre vegetationsperiod Sämre vattenkvalitet	Ökad korttids- och flödesreglering	Ekologisk reglering Kontrollera syresättning	Norra och mellersta Sverige
Kortare period med istäcke				
Fler nollgraders övergångar	Mer bottenis och isdämmen	Kanalisering	Ekologisk reglering Riv ut objekt som trösklar som sänker vattenhastigheten	Hela Sverige
Högre nederbörd	Förändrade strömfåror Sämre vattenkvalitet	Vattenlagring i dammar och korttidsreglering	Förändrad lagringsgrad Ekologisk reglering	Södra Sverige
Kraftigare nederbörd	Mortalitet under översvämning Erosion Turbiditet	Kanalisering, dikning, flödesreglering, markanvändning i avrinningsområdet	Anpassad morfologi i fåra så att vattnet ges möjlighet att breda ut sig.	Hela landet
Lägre nederbörd	Mindre vattendrags- och sjöhabitat	Flödesreglering och vattenuttag	Anpassad morfologi i fåra.	Hela landet mest i sydost
Fler torrperioder	Mortalitet under torrperioder Mindre vattendrags och sjöhabitat	Flödesreglering och vattenuttag	Ekologisk reglering	Norrland

Restaurering av vattendrag inför klimattförändringar – en verktygslåda

Tidigare vårfloed av lägre magnitud	Arters livshistoria matchar inte flödesregimen och mindre yta strandzon	Flödesreglering	Ekologisk reglering	Norrland
Högre flöden under vinterhalvåret	Erosion Mortalitet under översvämning	Dikning, markanvändning i avrinningsområdet	Ekologisk reglering	Hela landet
Längre period med temperatursprångskikt i sjöar	Syrebrist som medför att bottnar släpper näring	Övergödning	Ekologisk reglering	Södra Sverige

9. Behov av akut åtgärdsplan i nuläget med tanke på klimatförändringar

Det finns allt fler belägg för att klimatinducerade förändringar av miljöfaktorer som förändringar i vattenflöden, vattentemperatur och konnektivitet, utgör ett ledande hot mot vattendragens biodiversitet (Comte et al., 2021; Knouft & Ficklin, 2017).

(Tickner et al., 2020) utvecklade en plan för att bevara och återskapa diversitet i sötvattens ekosystem och vända den nedåtgående trenden för biologisk mångfald. Denna plan kan ses som en övergripande checklista på sex huvudgrupper som bör beaktas vid planering av restaurering och som i förlängningen ger vägledning i processen mot moderna miljövillkor i Sverige enligt nationella provningsplanen (Swedish Energy Agency, 2019).

En restaureringsplan för ett avrinningsområde skall säkerställa biologisk mångfald och att den akvatiska miljön inte försämras vilket kan formuleras som att ”icke-försämringskravet” enligt Weserdomen (Mål C-461/13, Weserdomen §§ 17-20) säkerställs. Weserdomen tydliggör EU:s vattenpolitik och Ramvattendirektivets funktion. Varje enskild vattenförekomst är i lag skyddad mot försämrad status, medan kvalitetsfaktorer och parametrar är de verktyg som används för att klassa respektive vattenförekomsts status. För svensk vattenförvaltning innebär Weserdomen främst att vattnens ekologiska status och potential skall uppvärderas och ges samma rättsliga ställning som hänsyn till vattnens kemiska status vid såväl provning som omprovning av tillstånd för vattenverksamheter.

Beroende på målbild så är det klokt att ha fakta på vilka miljöproblem och flaskhalsar som kan finnas i ett vattendrags ekosystem.

Checklista för att bevara och återskapa biologisk mångfald

- I. Skydda och restaurera kritiska bristhabitat. Finns det i tillräcklig mängd och rätt kvalitet?
- II. Finns det behov av införandet av ekologisk reglering?
- III. Är vattenkvalitén säkerställd?
- IV. Finns det förvaltning av sötvattensarter och dess bestånd mot överexploatering?
- V. Finns det förvaltning för att undvika och åtgärda etablering av invasiva arter i sötvatten?
- VI. Finns det konnektivitet? Om inte finns det förvaltning för att restaurera konnektivitet?

10. Restaureringsåtgärder

(Degerman & Näslund, 2021) har skrivit en handbok ”Fysisk restaurering av akvatiska miljöer” där det finns presenterar i stort sett alla tillgängliga traditionella metoder som används i Sverige. Boken kan laddas ner på [Fysisk restaurering av akvatiska miljöer – vattendrag och sjöar med kantzon och våtmarker - Restaurering i vatten - Miljöpåverkan och åtgärder - Havs- och vattenmyndigheten \(havochvatten.se\)](https://havochvatten.se).

Restaureringsåtgärder med fokus på ett helt avrinningsområde kan delas in i sex huvudgrupper och därefter anpassas till det aktuella vattendraget/avrinningsområdet med ett fokus på klimatförändringarnas påverkan på nederbörd och temperatur.

A. Hydrologi – ekologisk reglering.

- a. Ekologiskt flöde vid dammar med konstruktioner för flödesreglering genom luckor och/eller turbiner. Flödesreglering kan vara omfattande och designas enligt det naturliga flödets paradig (Poff et al., 1997) eller så kan man designa flödet med syftet att förändra de mest skadliga flödesmönstren eller genomföra de mest kostnadseffektiva förändringarna av flödet (Acreman et al., 2014), vilket kan innebära t.ex. minskad korttidsreglering i älvmagasin gällande vattenstånd och flöde.
- b. Utrivning av konstruktioner som påverkar flöde och vattenstånd (dammar, trösklar och andra fysiska konstruktioner) placerat i en kraftverksdamm eller vattendragsfåra, där huvudverksamheten inte upphör. I detta fall återfår vattendraget inte sina naturliga flöden då det kan finnas påverkanskällor uppströms det utrivna objektet som ger reglerade flöden (Bellmore et al., 2019; Doyle et al., 2005). För att få naturliga flöden krävs ekologisk reglering.
- c. Anpassade vattenstånd vilka efterliknar naturliga vattenstånd för att gynna svämplan, svämskogar och strandvegetation.

B. Morfologi (vattendragets fåra och dess omgivning)

Anpassning av fårans morfologi vilket resulterar i ökad ekosystemfunktion och ett naturligt utseende. Detta kan utgöras av till exempel;

- a. Borttagning av konstruktioner byggda under flottningseran i Sverige.



Figur 4.a. Kulturobjekt i Juktån. 4.b. Tröskel som dämmer i Juktån.

- b. Borttagning av trösklar och andra dämmande konstruktioner som byggts och som inte har en funktion i vattendragets energisystem eller ekosystem.
- c. Öppna alla avstängda sidofåror med syftet att öka habitatet och retentionen i landskapet.
- d. Borttagning av trummor utan funktion, vilket gynnar habitat, hydrologi och konnektivitet.

- e. Borttagning av sprängsten med skarpa kanter från fåran (forsla bort, gräv ned).
 - f. Återskapa habitat för strandvegetation. Genom att bygga stränder med låg lutning och fint substrat återskapas livsmiljöer för artsammansättning, zonerings av gräs, örter, vide och träd återetableras.
 - g. Återskapa lekmiljö för öring och harr.
 - h. Lägg till stenblock med varierande storlek i vattendraget och skapa en varierad miljö.
 - i. Tillsätt sand, grus och sten i fåran som återskapar naturliga förhållanden i vattendraget.
 - j. Återskapa djupt vatten för att skapa en distinkt kanal med skugga från träden, som kan ge skydd vid höga vattentemperaturer.
 - k. Skapa möjlighet för vatten i vattendraget att svämma ut lateralt för att underlätta vid extrema höglöden.
 - l. Öka retentionen med alla ovan beskrivna åtgärder för att mildra effekterna under hydrologiskt torra år.
- C. Konnektivitet
- a. Longitudinell konnektivitet (fiskvägar och omlöp för olika organismer)
 - b. Lateral konnektivitet (strandvegetation och stränder)
 - c. Horisontell konnektivitet för utbytet mellan grundvatten och fårans vatten (hyporeiskt flöde).
- D. Ombyggnad av en damm bör alltid inkludera en miljöanpassning (Kondolf & Yi, 2022). Många kraftverk är byggda under 1950-1960 då liten miljöhänsyn togs och vid ombyggnad av damm eller kraftverket är det därför viktigt att miljöåtgärder beaktas.
- E. Utrivning av damm, kraftverk eller annan konstruktion. I detta fall återfår vattendraget sina naturliga flöden om det inte finns påverkanskällor uppströms det utrivna objektet som ger reglerade flöden (Bellmore et al., 2019; Doyle et al., 2005).
- F. Våtmarksrestaurering – för klimatet och biologisk mångfald (Tickner et al., 2020). Goyette et al. (2023) visade att förändringar i hydrologi på grund av klimaförändringar varierar mellan olika regioner och att för att mildra dessa förändringar bör en ökning av våtmarkstäckningen vara mellan 20 % och upp till 150 %.
- a. Återskapande av våtmarker innebär att källor till avledning av vatten åtgärdas, t.ex. igenläggning av diken och kanaler.
 - b. Våtmarker längs vattendrag är hotade biologiska hotspots som är beroende av översvämningar (se punkt A.c. ovan). Vid reglering av vattendrag påverkas svämskogar negativt då vårfloedsflöden kan upphöra.
- G. Vattenkvalitet beskrivs som exempelvis syresättning, pH, näringstillgång (fosfor och kväve), konduktivitet, som ska vara inom ett intervall som fungerar för vattendragets organismer och som gynnar ekosystemets processer t.ex. nedbrytning.

Klimatåtgärder för vattendrag i ett avrinningsområdesperspektiv

En lösning för att stoppa de ökande negativa effekterna av antropogen påverkan och påverkan från klimatförändringar skulle vara att dels att arbeta för ett ökat skydd av natur (d.v.s. skydd av orörda och nästan orörda områden) och dels med restaurering (d.v.s. återställa en påverkad plats till ett så naturligt tillstånd som möjligt. I boreala och arktiska regioner finns det fortfarande oreglerade vattendrag och relativt orörda avrinningsområden som vi kan använda som förebild när vi projekterar åtgärder (Heino, 2022).

Några enkla råd på vägen (omarbetad efter Heino, 2022):

1. Restaurera områden som ligger i anslutning till områden med höga naturvärden så att det ges möjlighet till kolonisation.
2. Upprätta konnektivitet (korridorer) mellan områden med höga naturvärden
3. Sträva efter att skapa en varierad miljö med naturlig flödesdynamik
4. Restaurera slätterängar och andra kulturmiljöer som är skapad av människan längs vattendrag. De tillför biologisk mångfald och utgör en ekosystemtjänst
5. Bjud in och tillåt de människor som bor efter vattendraget, som är intresserade eller organisationer att vara med i projektet. Samverkan är ett verktyg som fungerar!
6. Gör en riskanalys med tanke på klimatförändringseffekter!

Landskapets vattenhållande förmåga - öka retentionen av vatten som skydd för uttorkning

Många studier om torka tar hänsyn till nederbörd och potentiella effekter på evapotranspiration. Vattenretention i avrinningsområdet är en faktor som spelar en avgörande roll för att bestämma riskerna för hydrologisk torka (Yang et al., 2018). Förändringar i retention sker t.ex. genom direkt dränering av våtmarker, vattendragskanalisering, uppdämning samt vattenuttag för bevattning och andra ändamål. På avrinningsområdesnivå kan den negativa påverkan på retentionen vara avsevärd. Om alla ”mindre” åtgärder i form av t.ex. igenläggning av diken kartläggs på avrinningsområdesnivå kan den totala summan av ökad retention vara väsentlig. Flertalet av de åtgärder som anges nedan ger ökad retention.

Bygga små dammar för att öka retentionen och bevara diversitet. Små tjärnar kan ge både ökad retention och fågelhabitat. Tjärnarna fylls på vid högre flöden och vattnet sipprar långsamt ut. Små fiskfria tjärnar tjärnar även som fågelhabitat och häckning.

Återskapa våtmarker längs vattendrag och sjöar

Påverkan från mänsklig aktivitet och klimatförändringar, har minskat konnektiviteten i våtmarkers hydrologi avsevärt, vilket resulterat i en allvarlig fragmentering av våtmarker, en minskning av våtmarksarealen och en försämring av hydrologiska funktioner, vilket i sin tur resulterat i en försämrad resiliens i landskapet mot effekterna av översvämningar och torka (Meng et al., 2020).

Internationellt pågår arbeten för att stärka våtmarker där Colombiafloden är ett exempel (Moskal, 2015). I projektet upprättas ett förslag på klimatåtgärder av olika slag som är intressanta.

Exempel på vad som genomförs;

- Installation, modifiering eller borttagning av vattenhanterings-/retentionsstrukturer
- Hantering av vattenstånd genom dammar, kraftverk eller liknande

- Plantering av inhemska arter
- Kontroll av invasiva, icke-inhemska arter
- Skötsel av strandvegetation
- Stängsel och betesskötsel runt våtmarker
- Utbyggnad av buffertområden kring våtmarker som är skyddade från utveckling och vegetationsborttagning
- Reglerande åtgärder på våtmarker för att undvika, minimera eller mildra påverkan, samt minska störningar
- Hydrologiska åtgärder (ekologisk reglering)
- Skydd av våtmark genom biotopskydd, naturreservat eller långvariga markäggaravtal
- Implementering av riktmärken för frivilligt förvaltningsprogram
- Åtgärder för förvaltning av vilda djur (fokuserade på vilda djur som använder dessa våtmarker)

Byggnation av naturanpassade strandskydd mot erosion i reglerade magasin

Naturanpassade erosionsskydd med syfte att vegetera stränder ökar retention i strandlinjen då vattenhastigheten avtar och vegetationen skyddar stranden. I reglerade magasin med korttidsreglering trycker vattnet in i grundvattenutflöden och skapar stora kaviteter. Strändernas förmåga att behålla vattnet minskar och grundvattenutflödet ökar. Det finns flertalet metoder som beskrivs i SGIs rapport 28, (Danielsson et al., 2016). I samband med restaureringsplaner bör skydd av stränder tas med. Som exempel har det i Umeälven byggts naturanpassade erosionsskydd (Figur x).



Figur 5. Exempel på block som har lagts ut som strandskydd i Umeälven, Bjurfors Övre magasin. Foto: Åsa Widén

Vattendragets morfologi

Återskapa vattendragets morfologi och stränder genom att åtgärda kanalisering, diken, bankar, vallar, trösklar (Dunbar et al., 2010)(Serra-Ilobet et al., 2022).

Återskapa stränder i strömmande och turbulenta sträckor. I oreglerade vattendrag är stränderna ofta flikiga och har grundområden som sträcker sig ut i vattnet. Detta ger ett mer varierat habitat och ökar vattendragets förmåga att hålla kvar vattnet.

Led in vatten i strandzon så att stranden blir blötare och retentionen ökar.

Delta- och mynningsområden

Mynningsområden och deltan är beroende av vattendragets flöden (tillräckligt med vatten, sediment och näringsämnen) för att bevara biologisk mångfald, funktioner och värden samt att förhindra spridningen av främmande fiskarter och makrofyter i vattendraget, inträngningen av salthaltigt vatten i mynningsområdet, underskott/överskott av transport av sediment/näringsämnen och försämring av strandlivsmiljöer. Åtgärdsförslag omfattande ekologisk reglering för delta- och mynningsområden är ovanliga (Ib et al., 2020) och ofta förbisedda, men bör inkluderas med tanke på extremare temperaturer och flöden.



Figur 6. Kantzoner i Pengån i Västerbotten. Foto: Tiina Kumpula

Bevara och återskapa vattendragets kantzoner.

Kantzoner är viktiga i skogslandskapet bland annat för att undvika temperaturtoppar i vattendraget. Nelson & Palmer, (2007) visade att antalet temperaturökningar i vattnet under en sommar ökade i

direkt relation till att kantzonen minskade. ($n = 16$ sites; $P = 0.001$; $r^2 = 0.58$). Sammansättning av trädslag är också av betydelse, där lövträd med en zonering av strandvegetation gynnar födoväven (Figur x). Löv som föda för insekter i vattnet är betydligt mer lättsmält än barr från tall och gran.

Skapa strandskogar, exempel: [Creating Riverwoods: Riparian Planting - YouTube](#)



Figur 7. Vindelälven uppströms bron i Rödå vid forsande sträcka. Vattendragets strandlinje är varierad med flikar av vegetation som finns ute i vatten. Foto: Åsa Widén

Miljöförbättrade åtgärder vid ombyggnation

Vid renovering av dammar bör potentialen av miljöåtgärder övervägas med ökad miljöanpassning som mål (Kondolf & Yi, 2022). Även om avlägsnande av dammar i vissa fall är ett praktiskt sätt att förbättra vattendragets tillstånd och lösa säkerhetsproblemen med åldrande dammar, är verkligheten den att de flesta dammar som finns i dag kommer att finnas kvar under överskådlig framtid. Därför är det absolut nödvändigt att vi förstår vilka alternativ som finns för att renovera dammar med dålig miljöprestanda. Miljöprestanda bör sättas med tanke på klimatförändringar. Som exempel kan turbiner behövas byggas om så att de klarar att producera energi på en mindre vattenvolym eller att det finns möjlighet till ekologisk reglering på annat sätt samt att konnektivitet finns. Många kraftverk och dammar är äldre och renoveringsbehoven för dem kommer att öka kontinuerligt, vilket pekar på att det kommer att vara en vanlig situation.

Ekologisk reglering

Det är viktigt att ekologisk reglering kombineras med andra restaureringsåtgärder såsom restaurering av morfologi (habitat), konnektivitet och vattenkvalitet (Abell et al., 2023; Arthington et al., 2023) för att uppnå förväntad miljönytta och mål. I den vetenskapliga litteraturen beskrivs flöde som den mest viktiga variabeln, långsiktigt kan vara det mest robusta verktyget för ett reglerat vattendrag.

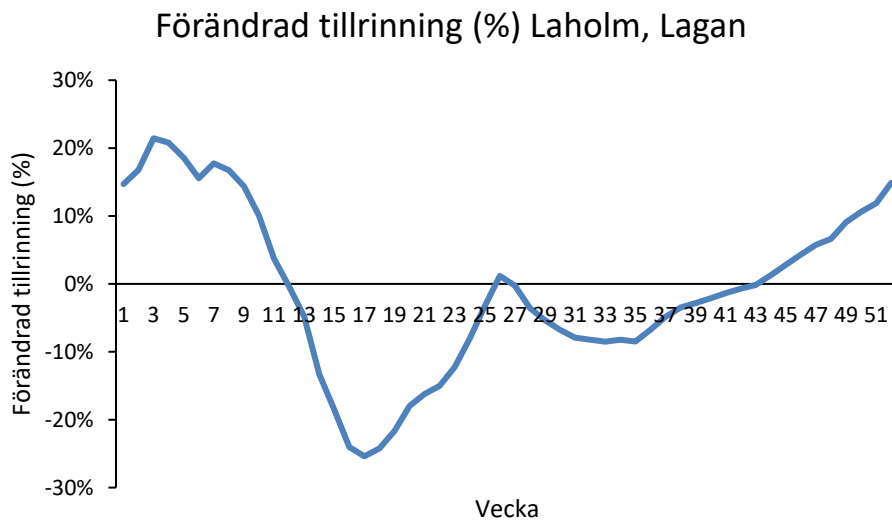
Ekologiska flöden/reglering erbjuder en viktig strategi för att hjälpa till att kompensera för de skadliga effekterna av förändrad hydrologi vid klimatförändringar och förlust av konnektivitet genom att återställa kritiska funktionella delar av flödesregimer (Yarnell et al., 2020; Stein et al., 2022; Wineland et al., 2022).

Modellering av ekologiska flöden ger resultat som visar på konsekvenser för samhället (energi) och miljö för vattendraget. Vi förordar mer dynamiska modeller för att beskriva miljönyttorna som omfattar påverkan på processer i vattendraget, gynnad areal av bristhabitat, areal tillgängliggjord genom förbättringar av konnektivitet samt förändringar för olika arter orsakade av till hydrologiska förändringar på varierande rumsliga och tidsmässiga skalor.

Umeå Universitet har i samarbete med Statkraft modellerat olika scenarios i ett klimatförändringsperspektiv. Nedan ger vi några exempel som rapporterats från projekten från Ljungan och Lagan.

I rapporterna beskrivs nyttan av föreslagna miljöförbättringsåtgärder av hur stor areal av strömvattenhabitat som har tillgängliggjorts eller förbättrats, omfattningen av minskad påverkan från korttidsreglering, förbättrad konnektivitet i form av arealen tillgängliggjort habitat och vattendragslängd.

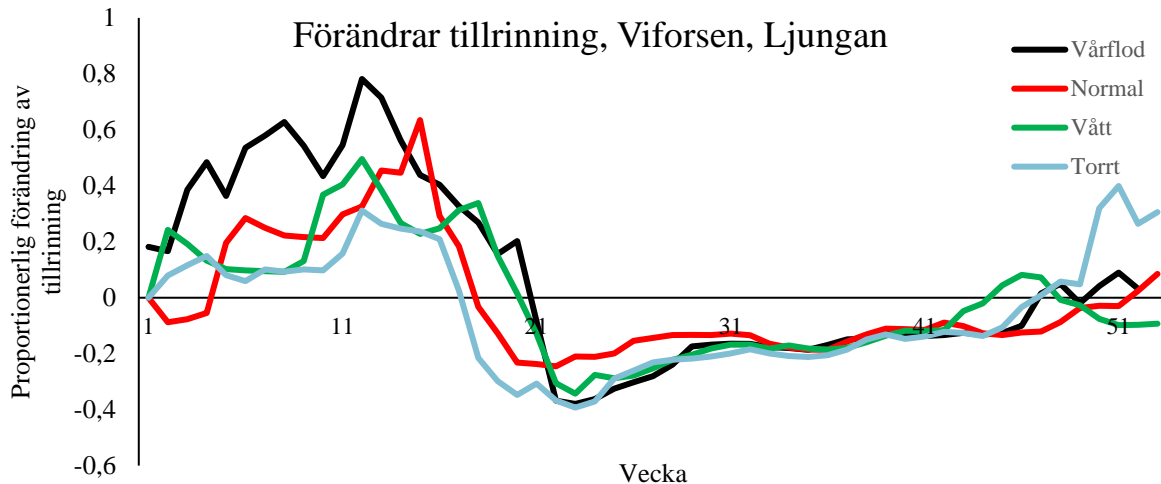
Lagan (Widén, Jansson, et al., 2022) Som en orsak av framtida klimatförändringar, pekar modellerna på att tillrinningen totalt sett ökar i Lagans avrinningsområde, vilket är vatten som kan användas för produktion och/eller miljöförbättringar. Ökningen består av framför allt av blötare vintrar medan somrarna blir torrare. Detta medför att det under perioder kan bli en vattenbrist i Lagan, ett avrinningsområde som förutom vattenkraft även försörjer delar av södra Sverige med dricksvatten, samt bevattningsvatten. Detta pekar på att en vattenresursplan kan behövas eftersom vattnet ska räcka till många intressen. Enligt modellerna kommer perioden början av maj till september (upp mot 5 månader) erhålla en minskad tillrinning på upp till 25% jämfört med nuvarande tillrinning (Figur 8).



Figur 8. Jämförelse av prediktioner för tillrinning vid Laholms kraftverk för nuvarande förhållanden och klimat 2040. Figuren visar den proportionella förändringen per vecka i medel.

Ljungan (Widén, Ahonen, et al., 2022). I Ljungan har vi studerat effekterna av det framtida klimatet. För år 2040 beräknas produktionen av elektricitet öka med i medel 3,1% jämfört med nuvarande förhållanden för hela avrinningsområdet. Ekologisk reglering har modellerats med 13 scenarios och resultaten varierar gällande produktionspåverkan från att produktionen ökar med 1,2% (nolltappningsförbud nedströms Holmsjön i framtida klimat 2040) till en minskning av produktionen med 15,2% (statiska spill till torrfårar motsvarande medellågvattenföring (MLQ)). Samtliga scenarios med ekologisk reglering har påverkan på när produktionen av elektricitet sker över året, månad, vecka, dygn och timme. Det innebär att vi i modellerna flyttar produktionstillfället från tider med stora behov från samhället av elektricitet till tillfällena med lägre behov från samhället.

Vårflodsflöden minskar i magnitud i förutsägelser för 2040 jämfört med nuvarande förhållanden och inträffar lite tidigare på våren samt att flödet ökar under vintermånader oberoende hydrologisk typ av år (Figur 9 nedan).



Figur 9. Jämförelse av prediktioner för tillrinning och flöde genom Viforsens kraftverk för nuvarande förhållanden och klimat 2040. Figuren visar den proportionella förändringen per vecka för olika hydrologiska år.

Påverkan från andra påverkanskällor och bevarande av biologisk mångfald

Klimatförändringar kommer som tidigare nämnts i sig själva medföra en negativ påverkan på ekosystemen knutna till rinnande vatten genom ökade extremer av både hög- och lågflöden, förändrad säsongsmässighet och påverkan på andra viktiga livsmiljöfaktorer som temperatur och syretillgång. Men de kommer också sannolikt att förvärra påverkan från andra typer av mänskliga aktiviteter. Överexploatering från sportfiske är i sig ett problem i populära fiskesträckor (Jeanson et al., 2021). Läger man på klimatförändringseffekter på detta med t.ex. ökad stress genom varmare vatten som kan ligga på gränsen till vad flera arter klarar av, sjukdomar etc., så kan den kumulativa effekten leda till att fiskbestånden även i oreglerade vattendrag påverkas negativt. Detta kräver en ökad kunskap om hur man vårdar ett fiskbestånd för att undvika överfiske och för hög påverkan under stressperioder. I en allt mer stressad miljö avseende hydrologi och vattentemperatur är det viktigt att ha regler för sportfisket med tanke på att catch & release är allt mer vedertaget (reviewed in Gale et al. 2011; Whitney et al. 2016) samt att fiskevårdsområden ges tillräckligt med utbildning för att klara av utmaningen.

Bevattnings är en annan påverkanskälla som kan komma vara viktig att reglera i ett förändrat klimat. Med allt torrare somrar antas att vattenuttag för bevattnings av grödor att öka. Inför ett restaureringsprojekt måste det därför vara ett självklart moment för de regioner i Sverige som får torrare somrar och där vattendraget finns i jordbrukslandskapet att ta hänsyn till detta. Genom att börja fördela vattnet som resurs minskar risker för att det blir så lite vatten att vattenbristen blir en störning på ekosystemet. Detta har inte varit vanligt i Sverige, men kan bli aktuellt vid torra somrar i framtiden.

En annan påverkanskälla som kan förvärras på grund av klimatförändringar är invasiva arter. För habitatet onaturliga och invasiva arter kan öka sitt utbredningsområde som svar på ökad störning och varmare temperatur. Är flödesregimen förändrad på grund av reglering kan detta i sig gynna invasiva arter som oftare är generalister, snabba kolonisatörer, och tåliga för störning. Restaurering kan i sig medföra en kortvarig störning, dels genom att man t.ex. blottar bar mark där invasiva arter kan etablera sig, och dels att man t.ex. öppnar upp fria vandringsvägar där invasiva arter kan ta sig förbi. I en

restaureringssituation är det viktigt att kartlägga risken med invasiva arter och följa upp vad som händer efter restaurering.

I takt med att antalet gruvor växer bör rutiner för kontroll av utsläpp upprättas t.ex. tungmetaller som zink som är skadliga i akvatisk miljö. Ett vattendrag som utsätts för allt mer stress behöver ha en ökad kontroll och tillsyn för att skötseln ska vara långsiktigt hållbar. Säkerställ halter med provtagning i vatten och sediment med syfte att minska det totala antalet påverkanskällorna.

11. Uppföljning

De klimatförändringar vi förväntar oss se utgörs av olika scenarios som baseras på modeller som har inneboende osäkerheter i form av t.ex. befolkningsutveckling, omställningsarbetet mot förnyelsebara energikällor, ekonomi och världsfred. Vi har i och med klimatförändringarna en ökad osäkerhet om i vilken riktning ekosystemet kommer att utvecklas efter restaurering och det i sig kräver nya strategier, metoder och analyser. Ett exempel kan vara att vi restaurerar ett vattendrag som historiskt sett varit ett öringvatten för att få tillbaka öring. Då kan klimatförändringar med varmare vatten innebära att man gynnar gädda vilket medför ett ökat predationstryck. Det är svårt att återfå öringspopulationen som missgynnas av vattentemperaturökning då predationstrycket från gädda är högt. Ett annat exempel kan vara att isförhållanden förändras från att vara stabila till att stranden får ökad erosion relaterat till en återkommande mekanisk isrivning, vilket skulle kunna vara ett problem vid restaurering av stränder, men som kan lösas med att bygga t.ex. naturanpassade erosionskydd. I exemplen ovan behöver man redan i planeringen av projektet fånga upp ”nya” aspekter av restaurering och att dessa aspekter också behöver fångas upp av uppföljningen. Alla aspekter går inte att förstå före genomförandet av restaureringen, men kan aktualiseras i uppföljningen då målen är adaptiva och kräver att man utvärderar arbetet (punkt 1 och 2, i nedan avsnitt). Risker och kritiska faser bör analyseras före restaureringen genomförs och man bör löpande ha en beredskap för det som händer i ekosystemet, vilket aktualiseras i uppföljningen (punkt 3). Uppföljningen bör upprepas över en längre period för att det ska finnas möjlighet förstå utvecklingen och vid behov justera både åtgärder och mål (punkt 4). Utan en upprepad uppföljning så har vi ingen kunskap om ekosystemet respons på åtgärderna.

(Jansson et al., 2020) föreslår ett antal förändringar av hur man ser på uppföljning av ekosystem efter restaureringsinsatser:

(1) Ekosystemens utveckling eller återhämtning efter genomförda åtgärder borde ses som en korridor snarare än en enskild stig eller bana.

(2) Innebörden i och vilken tid det förväntas ta att uppnå olika mål bör baseras på scenarier för framtida klimat.

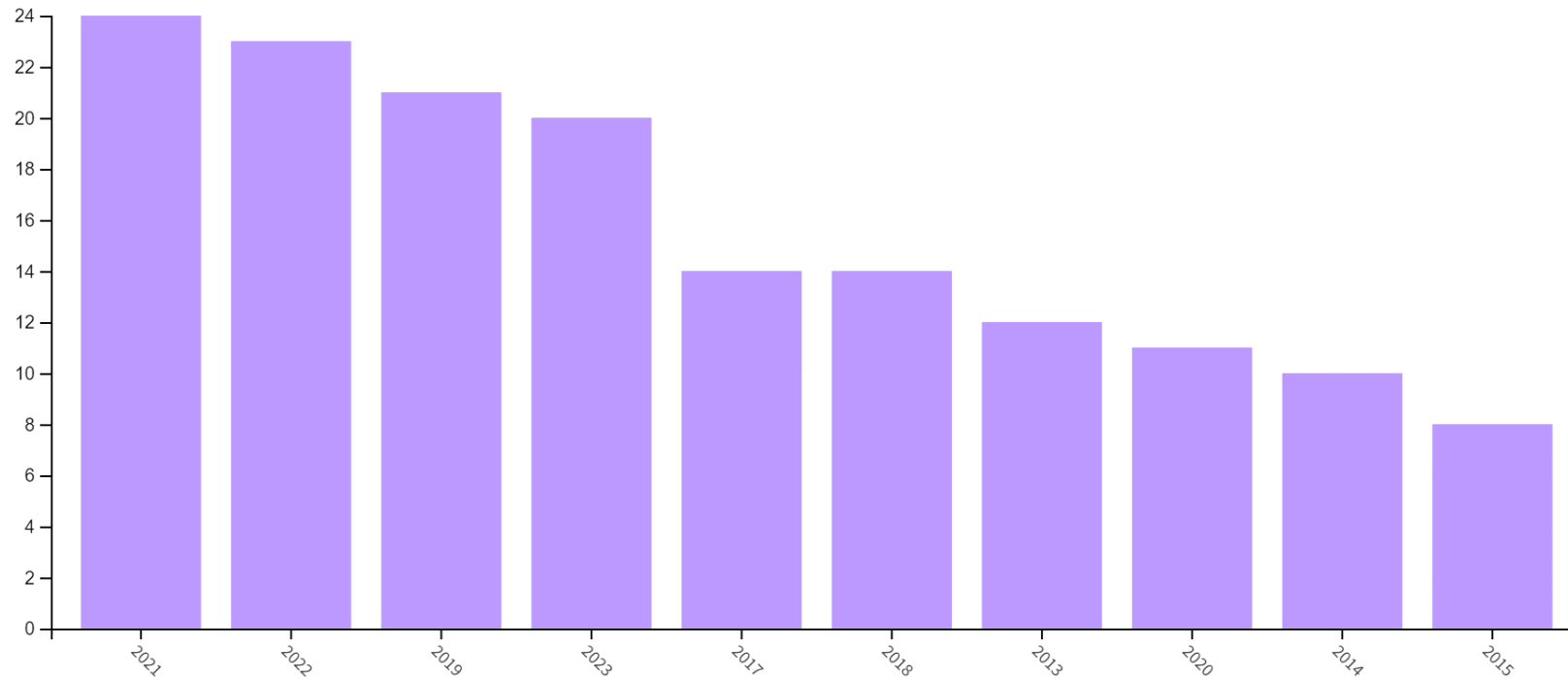
(3) Det bör göras analyser av potentiella risker och kritiska faser i återhämtningsprocessen, för att öka chansen att förutse när ekosystem förändras från ett tillstånd till ett annat och undvika extrema klimathändelser.

(4) Utvärderingar av resultaten av restaureringsinsatser bör göras flera gånger, för att kunna justera åtgärder och mål i respons på en föränderlig verklighet.

12. Litteratursökning

Litteratursökning skedde med hjälp av databasen, Web of science och inkluderade sökorden: river* restor* manag* climat* chang*. Sökningen gav 3287 träffar. Vi har läst review-artiklar (199 st) för att fånga upp så mycket kunskap som möjligt. Vi inledde med att läsa abstract och letade efter artiklar som beskriver åtgärder eller forskningsresultat relevanta för restaureringsåtgärder för att minska klimatpåverkan för svenska förhållanden.

Antalet artiklar som publiceras ökar varje år och vi väljer att tolka det som att frågorna blir allt viktigare globalt.



Figur 10. Fördelning av publikationer per år. Källa: web-of-science

Tabell x. Nedan ges författare, år, titel samt abstract för den forskning som skett sedan 2019 som är relevant.

FÖRFATTARE	ÅR	TITEL	ABSTRACT
YING XIONG, SIHAO MO, HAIPENG WU , XINYU QU, YUANYUAN LIU, LU ZHOU. (XIONG ET AL., 2023)	2023	Influence of human activities and climate change on wetland landscape pattern—A review	Wetlands (rivers, lakes, swamps, etc.) are biodiversity hotspots, providing habitats for biota on the earth. In recent years, wetlands have been significantly affected by human activities and climate change, and wetland ecosystems have become one of the most threatened ecosystems in the world. There have been many studies on the impact of human activities and climate change on wetland landscapes, but there is still a lack of relevant reviews. This article summarizes the research on the impact of global human activities and climate change on wetland landscape patterns (vegetation distribution, etc.) from 1996 to 2021. Human activities such as dam construction, urbanization, and grazing will significantly affect the wetland landscape. Generally, dam construction and urbanization are generally believed to harm wetland vegetation, but appropriate human behaviors such as tillage benefit wetland plants' growth on reclaimed land. Prescribed fires in non-inundation periods are one of the ways to increase the vegetation coverage and diversity of wetlands. In addition, some ecological restoration projects have a positive impact on wetland vegetation (quantity, richness, etc.). Under climatic conditions, extreme floods and droughts are likely to change the wetland landscape pattern, and excessively high and low water levels will restrict plants. At the same time, the invasion of alien vegetation will inhibit the growth of native vegetation in the wetland. In an environment of global warming, rising temperatures may be a "double-edged sword" for alpine and higher latitude wetland plants. This review will help researchers better understand the impact of human activities and climate change on wetland landscape patterns and suggests avenues for future studies.
MARC STUTTER A,C, NIKKI BAGGALEY A , DAIRE Ó HUALLACHÁIN B , CHEN WANG A (STUTTER ET AL., 2021)	2021	The utility of spatial data to delineate river riparian functions and management zones: A review	Riparian zones of rivers are transitional environments between land and water ecosystems with distinct hydrological gradients, soils and habitats strongly related to their functioning. When these functions are intact, they integrate multi-directional processes across the land-river channel (e.g. canopy shade effects on the stream, flood inundation effects on the land) with mutual beneficial effects. In many managed landscapes these functions have been degraded. To restore them, considerable efforts have been directed over the last 20 years to understand and place effective riparian "buffer" zones, particularly to enhance water quality and biodiversity. Since water quality targets are not easily met by current practices in many managed landscapes (as additive pressures increase), catchment managers will have to increasingly restore riparian functions to enhance aquatic ecosystem resilience to land and climate change. Targeting effective restoration within site-specific contexts requires availability of spatial data, in combinations that inform on individual and multiple functions. There are accelerating developments with spatial data, arising from increased spatial resolution of key underlying datasets, availability of soil and landcover data and increasing secondary derived attributes. Hence, a review is timely into the best practices in the use of these data for delineating riparian functions and management zones for rivers. Our review evaluates the application of spatial data and is structured around three conceptual methods of riparian delineation; fixed width, variable width by river corridor features and variable width by context of local pressures or required outcomes. We explore process representation and incorporation into management across main riparian functions (hydrological connectivity, water quality, shading, resource transfers and habitat provision). Translating spatial data into functions informs the ability to go beyond contemporary, generally fixed width approaches using basic structural components towards planning to better target functional attributes to optimise ecosystem protection.
ALENA HAVRDOVÁ , JAN DOUDA, JANA DOUDOVÁ (HAVRDOVÁ ET AL., 2023)	2023	Threats, biodiversity drivers and restoration in temperate floodplain forests related to spatial scales	Floodplain forests offer a diversity of habitats and resources for a very wide range of plant and animal species. They also offer many benefits to humankind and are considered essential to the mitigation of the effects of climate change. Nevertheless, throughout the world they are suffering the most intense of anthropogenic pressures so are, of all ecosystems, among the most endangered. Here, we bring together and synthesise existing ecological understanding of the mechanisms underlying the high heterogeneity and diversity of temperate floodplain forests and of the pressures threatening their high biological value due to habitat homogenisation. Floodplain forests depend on the periodic disturbances under which they evolved, including fluvial dynamics, traditional management practices and the activities of herbivores. However, they have been heavily degraded by climate change, invasion of exotic species, river-flow regulation, landscape fragmentation, eutrophication and the cessation of traditional management. We can now observe two general trends in temperate floodplain forests: (1) Due to intensive landscape exploitation, they are now more open and thus prone to the spread of competitive species, including of invasive exotics and (2) Due to the cessation of traditional management, along with modified hydrological conditions, they are composed of species in the later successional stages (i.e., more shade-tolerant and mesic) while light-demanding species are quickly vanishing. Restoration practices have brought about contrasting results when restoration of floodplains to their natural states has been problematic. This is likely because of interplay between various natural and artificial processes not previously taken into proper consideration. We would like to draw attention to the fact that restoration projects or the preservation of existing

<p>DANIEL DÍAZ-ALBA A, ANNIE L. HENRY B, DIEGO GARCÍA DE JALÓN A, MARTA GONZÁLEZ DEL TANAGO A, VANESA MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ (GONZ ET AL., 2023)</p>	<p>2023</p>	<p>Salix regeneration in fluvial landscapes: Empirical findings based on a systematic review</p>	<p>floodplain forest ecosystems should combine the restoration of watercourses with the mitigation of other important threats acting at different scales of the landscape (spread of invasive species, eutrophication of watersheds and inappropriate forest management) Riparian vegetation is highly dependent on dynamic river systems at all life stages. However, anthropogenic pressures have modified natural river landscapes, reducing their extent and causing severe limitations to the natural recruitment of riparian species. In particular, the recruitment of Salix species (willows) is highly dependent on fluvial processes. A comprehensive understanding of the drivers of Salix recruitment is crucial to effectively restore and conserve riparian biodiversity. To date however, there has been no systematic review of the drivers of Salix recruitment in riparian ecosystems. We provide a synthesis of Salix recruitment requirements from the scientific literature throughout the world. Our results show that the proportion of species studied compared to existing species is low worldwide, revealing a need for more research on Salix recruitment. We identified 19 abiotic factors concerning Salix recruitment, which we classified into four groups. The most studied abiotic factors are those related to soil (35%) and hydrology (25%). Within those categories, soil moisture and flow regime are the most frequently studied, while interstitial soil temperature, precipitation, geomorphologic dynamism, and atmospheric CO2 content are among the least studied factors. We identified 6 types of environmental pressures. Flow regulation followed by invasive vegetation competition are the most studied pressures, while the effects of climate change and extreme climatic events on willow recruitment have received little attention. Additionally, there has been little consideration of the interactions of multiple anthropogenic pressures. Therefore, we recommend comparative studies and experiments including several species to fill this knowledge gap. Our synthesis of the factors that influence Salix recruitment, such as optimal temperature ranges and elevations, can be incorporated into management practices to promote successful native riparian tree regeneration. Further research on how both abiotic factors and anthropogenic pressures affect Salix regeneration would greatly contribute to conservation of fluvial landscapes, and increase the success of restoration initiatives.</p>
<p>BARTŁOMIEJ WYZGA A, (AMIROWICZ ET AL., 2021)</p>	<p>2021</p>	<p>Scientific monitoring of immediate and long-term effects of river restoration projects in the Polish Carpathians</p>	<p>Relatively short time that passed since the onset of river restoration activities worldwide and a scarcity of monitored restoration projects cause that scientific evidence of changes in restored rivers is still meagre, particularly with respect to innovative restoration techniques and long-term effects of restoration activities. Restoration projects realized in the first half of the 2010s in three Polish Carpathian watercourses resulted in establishing of an erodible corridor in reaches of the Biała and the Raba rivers and installation of block ramps in the deeply incised channel of Krzczonówka Stream downstream of a lowered check dam. Environmental monitoring was conducted in the initial and final phases of the restoration projects and is to be repeated 5 years after their completion. This paper (i) introduces the area of the restoration projects, (ii) informs on their objectives and implementation, (iii) outlines the methodology of the environmental monitoring and of the analysis of immediate and long-term effectiveness of the projects in improving the ecological state of the watercourses and reducing flood hazard, and (iv) overviews papers presenting outcomes from the initial phase of the monitoring. The analysis of the monitoring data will increase knowledge on effects of the innovative, cost-effective restoration measures that could be widely used in the Carpathian context, and thus will be useful for changes in the management of degraded mountain rivers.</p>
<p>MULUGETA DADI BELETE (BELETE, 2021)</p>	<p>2021</p>	<p>Review of the underpinning reasons and field demonstrations to incorporate ecohydrologic strategy into landscape restoration in water-limited ecosystems</p>	<p>Landscape restoration refers to the process of assisting the recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged, or destroyed. It has become an important theme of recent scientific and policy work. Despite the myriads positive impacts of restoration practices in developing countries, there are also numbers of socio-economic, technical, as well as governance limitations that need to be addressed innovatively. This research synthesizes the top-ten limitations that indicate inadequacy of the existing water resources management practices to enhance ecosystem sustainability potential. In parallel, the research advocates and demonstrates the pressing need of ecohydrology as a scientific paradigm. The identified limitations comprise: (1) underutilized role of dual regulation between ‘biota and hydrology’; (2) the significant size of scarce productive lands that are forced to be out of production due to sizes of the physical land management technologies; (3) tendencies to over-engineer the environment; (4) less focus on water and nutrient cycle regulation; (5) tendency of considering the biological measures as a mere stabilizers of the physical measures instead of its opportunity for dual regulation (which is one of the ecohydrologic principles); (6) failure to target multiple ecosystem services as outcomes; (7) failure to provide immediate benefits to the farmers; (8) recommending passive restoration of extremely degraded landscapes which actually need ecologically assisted; (9) the need of climate-smartness of landscape restoration practices; and (10) tendency to be sectoral instead of systemically operating. The research also demonstrated that ecohydrologic strategy can address these gaps through its low-cost and high-impact practices.</p>
<p>IVAN RADELYUK A,B, LINUS ZHANG A, DAULET ASSANOV C, GULIRA MARATOVA D, KAMSHAT TUSSUPOVA A (RADELYUK ET AL., 2022)</p>	<p>2022</p>	<p>A state-of-the-art and future perspectives of transboundary rivers in the cold climate – a systematic review of Irtysh River</p>	<p>Study region: Irtysh River Basin, a transboundary river laying in the North hemisphere and serving as a home for around 15 million people in China, Kazakhstan, and Russia. Study focus: Considering existing pressures of climate change and anthropogenic activities on water resources, this research aims to evaluate recent (2010–2022) trends in research about a state-of-the-art of the river in a matter of relationships between hydrological budget, water quality, biodiversity, and policy issues. A literature review was carried out in English, Chinese, and Russian languages for defining key issues in the river management. New hydrological insights for the region: Melting of permafrost, glaciers, and snow in the upstream mountains of the River should be considered as one of the key processes in the hydrological budget. However, the high impact of evapotranspiration rate could offset the effect of the increased melting rate along the basin. Efficient operating of existing large dams and reservoirs and the planning of future installations deserves special attention in assurance of the respective water level for restoration of the ecological diversity</p>

<p>ANGELA H. ARTHINGTON M.FL (ARTHINGTON ET AL., 2023)</p>	<p>2023 Accelerating environmental flow implementation to bend the curve of global freshwater biodiversity loss</p>	<p>of the basin. Implementation of water-saving techniques and restoration of tributaries of Irtysh also play a significant role in keeping the resilience of the river. Handling historical and existing contamination will also guarantee restoration of the river health. The basin management still lacks tripartite agreement, however the principles of hydrosolidarity and no-harm effect are followed by involved countries</p> <p>Environmental flows (e-flows) aim to mitigate the threat of altered hydrological regimes in river systems and connected waterbodies and are an important component of integrated strategies to address multiple threats to freshwater biodiversity. Expanding and accelerating implementation of e-flows can support river conservation and help to restore the biodiversity and resilience of hydrologically altered and water-stressed rivers and connected freshwater ecosystems. While there have been significant developments in e-flow science, assessment, and societal acceptance, implementation of e-flows within water resource management has been slower than required and geographically uneven. This review explores critical factors that enable successful e-flow implementation and biodiversity outcomes in particular, drawing on 13 case studies and the literature. It presents e-flow implementation as an adaptive management cycle enabled by 10 factors: legislation and governance, financial and human resourcing, stakeholder engagement and co-production of knowledge, collaborative monitoring of ecological and social-economic outcomes, capacity training and research, exploration of trade-offs among water users, removing or retrofitting water infrastructure to facilitate e-flows and connectivity, and adaptation to climate change. Recognising that there may be barriers and limitations to the full and effective enablement of each factor, the authors have identified corresponding options and generalizable recommendations for actions to overcome prominent constraints, drawing on the case studies and wider literature. The urgency of addressing flow-related freshwater biodiversity loss demands collaborative networks to train and empower a new generation of e-flow practitioners equipped with the latest tools and insights to lead adaptive environmental water management globally. Mainstreaming e-flows within conservation planning, integrated water resource management, river restoration strategies, and adaptations to climate change is imperative. The policy drivers and associated funding commitments of the Kunming–Montreal Global Biodiversity Framework offer crucial opportunities to achieve the huEnviron. Rev. 00: 1–27 (2023) dx.doi.org/10.1139/er-2022-0126 1 Environ. Rev. Downloaded from cdnsciencepub.com by SLU on 10/18/23 Canadian Science Publishing 2 Environ. Rev. 00: 1–27 (2023) dx.doi.org/10.1139/er-2022-0126 man benefits contributed by e-flows as nature-based solutions, such as flood risk management, floodplain fisheries restoration, and increased river resilience to climate change.</p>
<p>ABIGAIL J. LYNCH M.FL. (LYNCH ET AL., 2023)</p>	<p>2023 Future-proofing the emergency recovery plan for freshwater biodiversity</p>	<p>Freshwater biodiversity loss is accelerating globally, but humanity can change this trajectory through actions that enable recovery. To be successful, these actions require coordination and planning at a global scale. The Emergency Recovery Plan for global freshwater biodiversity aims to reduce the risk for freshwater biodiversity loss through six priority actions: (1) accelerate implementation of environmental flows; (2) improve water quality to sustain aquatic life; (3) protect and restore critical habitats; (4) manage exploitation of freshwater species and riverine aggregates; (5) prevent and control nonnative species invasions in freshwater habitats; and (6) safeguard and restore freshwater connectivity. These actions can be implemented using future-proofing approaches that anticipate future risks (e.g., emerging pollutants, new invaders, and synergistic effects) and minimize likely stressors to make conservation of freshwater biodiversity more resilient to climate change and other global environmental challenges. While uncertainty with respect to past observations is not a new concern for freshwater biodiversity, future-proofing has the distinction of accounting for the uncertainty of future conditions that have no historical baseline. The level of uncertainty with respect to future conditions is unprecedented. Future-proofing of the Emergency Recovery Plan for freshwater biodiversity will require anticipating future changes and developing and implementing actions to address those future changes. Here, we showcase future-proofing approaches likely to be successful using local case studies and examples. Ensuring that response options within the Emergency Recovery Plan are future-proofed will provide decision makers with science-informed choices, even in the face of uncertain and potentially new future conditions. We are at an inflection point for global freshwater biodiversity loss; learning from defeats and successes can support improved actions toward a sustainable future</p>
<p>MORGAN L. PICZAK M.FL (PICZAK ET AL., 2020)</p>	<p>2023 Protecting and restoring habitats to benefit freshwater biodiversity</p>	<p>Freshwater biodiversity is under great threat across the globe as evidenced by more severe declines relative to other types of ecosystems. Some of the main stressors responsible for these concerning trends is habitat fragmentation, degradation, and loss stemming from anthropogenic activities, including energy production, urbanization, agriculture, and resource extraction. Habitat protection and restoration both play an integral role in efforts to save freshwater biodiversity and associated ecosystem services from further decline. In this paper, we summarize the sources of threats associated with habitat fragmentation, degradation, and loss and then outline response options to protect and restore freshwater habitats. Specific response options are to legislate the protection of healthy and productive freshwater ecosystems, prioritize habitats for protection and restoration, enact durable protections, conserve habitat in a coordinated and integrated manner, engage in evidence-based restoration using an adaptive management approach, ensure that potential freshwater habitat alterations are mitigated or off-set, and futureproof protection and restoration actions. Such work should be done through a lens that engages and involves local community members. We identify three broad categories of obstacles that could arise during the implementation of the response options outlined: (a) scientific (e.g., inaccessible data or uncertainties), (b) institutional and management (e.g., capacity issues or differing goals across agencies), and (c) social and political (e.g., prioritizing economic development over conservation initiatives). The protection and restoration of habitats is key to Bend the Curve for freshwater biodiversity, with a</p>

<p>ANNA-LISA MAAß M.FL. (MAAß ET AL., 2021)</p>	<p>2021 Human impact on fluvial systems in Europe with special regard to today's river restorations</p>	<p>comprehensive, connected, and coordinated effort of response options needed to protect intact habitats and restore fragmented, degraded, and lost habitats and the biodiversity and ecosystem services that they support.</p> <p>Climate, geology, geomorphology, soil, vegetation, geomorphology, hydrology, and human impact affect river–food- plain systems, especially their sediment load and channel morphology. Since the beginning of the Holocene, human activity is present at different scales from the catchment to the channel and has had an increasing influence on fluvial systems. Today, many river–foodplain systems are transformed in course of river restorations to “natural” hydrodynamic and morphodynamic conditions without human impacts. Information is missing for the historical or rather “natural” as well as for the present-day situation. Changes of the “natural” sediment fluxes in the last centuries result in changes of the fluvial morphology. The success of river restorations depends on substantial knowledge about historical as well as present-day fluvial morphodynamics. Therefore, it is necessary to analyze the consequences of historical impacts on fluvial morphodynamics and additionally the future implications of present-day human impacts in course of river restorations. The objective of this review is to summarize catchment impacts and river channel impacts since the beginning of the Holocene in Europe on the fluvial morphodynamics, to critically investigate their consequences on the environment, and to evaluate the possibility to return to a “natural” morphological river state.</p>
<p>LISE COMTEA, M.FL. (COMTE ET AL., 2021)</p>	<p>2021 Climate and land-use changes interact to drive long-term reorganization of riverine fish communities globally</p>	<p>As climate change unfolds, changes in population dynamics and species distribution ranges are expected to fundamentally reshuffle communities worldwide. Yet, a comprehensive understanding of the mechanisms and extent of community reorganization remains elusive. This is particularly true in riverine systems, which are simultaneously exposed to changing temperature and streamflow, and where land-use change continues to be a major driver of biodiversity loss. Here, we use the most comprehensive compilation of fish abundance time series to date to provide a global synthesis of climate- and LU-induced effects on riverine biota with respect to changes in species thermal and streamflow affinities. We demonstrate that fish communities are increasingly dominated by thermophilic (warm-water) and limnophilic (slow-water) species. Despite being consistent with trends in water temperature and streamflow observed over recent decades, these community changes appear largely decoupled from each other and show wide spatial variation. We further reveal a synergy among climate- and land use-related drivers, such that community thermophilization is heightened in more human-modified systems. Importantly, communities in which species experience thermal and flow regimes that approach or exceed their tolerance thresholds (high community sensitivity), as well as species-poor communities (low community resilience), also display faster rates of compositional change. This research illustrates that quantifying vulnerability of riverine systems to climate change requires a broadening from a narrower thermal focus to more integrative approaches that account for the spatially varying and multifaceted sensitivity of riverine organisms to the interactive effects of water temperature, hydrology, and other anthropogenic changes.</p>
<p>SAMANTHA J. CAPON AND NEIL E. PETTIT (PETTIT, 2018)</p>	<p>2018 Turquoise is the new green: Restoring and enhancing riparian function in the Anthropocene</p>	<p>Riparian ecosystems are hotspots for ecological restoration globally because of the disproportionately high value and diversity of the ecological functions and services which they support and their high level of vulnerability to anthropogenic pressures, including climate change. Degraded riparian ecosystems are associated with many serious anthropogenic problems including increased river bank erosion, water quality decline, increased flood risk and biodiversity loss. Conventional approaches to riparian restoration, however, are frequently too narrow in focus – spatially, temporally, ecologically and socially – to adequately or equitably address the goals to which they aspire. Climate change, along with the intensification of other human pressures, means that static, historically oriented restoration objectives focused solely on prior ecological composition and structure are unlikely to be defensible, achievable or appropriate in the Anthropocene. Conversely, openended restoration strategies lacking clear objectives and targets entail substantial risks such as significant biodiversity losses, especially of native species. A functional approach to planning and prioritising riparian restoration interventions offers an intermediate alternative that is still framed by measurable targets but allows for greater consideration of broader temporal, spatial and cultural influences. Here, we provide an overview of major riparian functions across multiple scales and identify key drivers of, and threats to, these. We also discuss practical approaches to restoring and promoting riparian functions and highlight some key concerns for the development of policy and management of robust riparian restoration in the Anthropocene.</p>
<p>ROSSA O'BRIAIN (O'BRIAIN, 2019)</p>	<p>2019 Climate change and European rivers: An eco-hydromorphological perspective</p>	<p>Climate change is expected to modify temperature and precipitation patterns throughout Europe, leading to warmer drier summers; wetter, milder winters; and an extended growing season. Alterations to feedbacks between important eco-physical structuring processes driven by climate change may modulate river morphology, floodplain characteristics, and their biological communities. Current understanding is reviewed and synthesised to explore the potential responses, mechanisms, and ramifications of climatic shifts for the European riverscape. Fundamental drivers of change are expected to be (a) disturbance deviation beyond the historical norm and (b) vegetation morphodynamics, a key river process where ecological and fluvial-geomorphological attributes interact to shape the physical environment. Increased seasonal temperature, summer drought, and winter flooding may affect the colonisation, growth, and mortality of plant species with consequences for riverscape structure and function as succession patterns adjust with repercussions for hydraulics and sediment dynamics. Such opposing winter and summer climate regimes are likely to impact vegetation patch dynamics, reflected in an increasingly variable patch mosaic as disturbance intensity deviates further from historical background conditions. How changes to climate drivers manifest themselves in individual river systems will also be affected by attributes such as catchment</p>

<p>MOHD SHARJEEL SOFI M.FL. (SOFI ET AL., 2020)</p>	<p>2020</p>	<p>The natural flow regime: A master variable for maintaining river ecosystem health</p>	<p>topography, geology, vegetation type, and previous human alterations. Where large scale change occurs, it will have consequences for the type and function of biological communities inhabiting the riverscape. Conventional engineering responses to meteorological disturbance will amplify the effect on river biota by reducing their ecological resilience, highlighting the need for a management response that integrates ecological and societal benefits simultaneously.</p> <p>River health is sustained by time-based variation in their flows, and the maintenance of natural flow regime is essential for keeping the rivers healthy. However, the dynamism in natural flow regime now stands altered by changing climate, and the omnipresent regulation of river flows throughout the world has severely impacted the river health. It is well documented that harnessing and altering the flow of the rivers and streams comes at a huge cost. Numerous rivers in the world have stopped supporting socially and economically important native species or sustain vibrant ecosystems that offer valuable goods and services. The alteration of the natural flow regime has led to the collapse of many healthy and resilient river ecosystems throughout the world. Therefore, to ensure appropriate naturalized flow regimes for riverine organisms and a sustainable nexus between energy demand, water requirements and climate, more understanding is required to study the consequences of alteration in natural flow regime triggered by climate change and anthropogenic interventions. Moreover, conservation and management practices must be firmly based on scientific principles to restore the integrity of river ecosystems. The current approaches often fail to take into consideration a basic fundamental principle that the integrity of the river ecosystem is largely determined by the natural dynamic character of their flow regimes. In this synthesis, we try to explain how the maintenance of the natural flow regime is an essential requirement for maintaining river ecosystem health.</p>
<p>JANI HEINO & SAIJA KOLJONEN (HEINO, 2022)</p>	<p>2021</p>	<p>A roadmap for sustaining biodiversity and ecosystem services through joint conservation and restoration of northern drainage basins</p>	<p>1. Freshwater ecosystems and their biota are more seriously threatened than their marine and terrestrial counterparts. A solution to halt increasing negative impacts of anthropogenic development would be to reconsider the basics of nature conservation (i.e. protection of pristine and near-pristine areas) and restoration (i.e. returning an impacted site to as natural condition as possible) through inclusion of the knowledge on abiotic and biotic dynamics of rivers draining pristine catchments. In boreal and Arctic regions, such comparisons are still possible because in addition to harbouring strongly modified drainage basins, some of the most natural drainage basins are also situated in these high-latitude areas. 2. A suitable approach for simultaneous planning of joint river conservation and restoration would be to (i) examine how well different kinds of rivers are covered by existing protected area networks and (ii) to restore parts of degraded rivers to facilitate colonization by aquatic and riparian organisms that have found havens in existing protected areas. This joint approach is a two-way road, as conservation and restoration benefit from each other by allowing river networks to facilitate movements of organisms and matter, thereby mimicking natural riverine meta-systems in anthropogenically modified drainage basins, with restored sites acting as stepping-stones between protected areas. 3. We argue that existing policy instruments should consider the fact that river ecosystems are spatially and temporally dynamic meta-systems. These characteristics should be given due attention in conservation and restoration rather than relying on a static approach where a snap-shot classification of river reaches is thought to be enough without considering underlying ecological dynamics. Taking ecological dynamics into account would contribute to sustainable management and maintenance of biodiversity and ecosystem services.</p>
<p>ANNA SERRA-LLOBET M.FL. (SERRA-LLOBET ET AL., 2022)</p>	<p>2022</p>	<p>Restoring Rivers and Floodplains for Habitat and Flood Risk Reduction: Experiences in Multi-Benefit Floodplain Management From California and Germany</p>	<p>Conventional flood control has emphasized structural measures such as levees, reservoirs, and engineered channels—measures that typically simplify river channels and cut them off from their floodplain, both with adverse environmental consequences. Structural measures tend to be rigid and not easily adapted to increased flooding regimes resulting from environmental change. Such actions also limit the natural hydrologic benefits of floodplains such as storing floodwaters, improving water quality, providing habitat for invertebrates and fish during periods of inundation, and supporting a multitude of cultural services. As these benefits are more widely recognized, policies are being adopted to encourage projects that reduce flood risks and restore floodplain ecosystems, while acknowledging the social-ecological context. The number of such projects, however, remains small. We assessed four multi-benefit floodplain projects (two in California, United States, and two in Germany) and characterized their drivers, history, and measures implemented. In both United States cases, the dominant driver behind the project was flood risk reduction, and ecosystem restoration followed, in one case inadvertently, in the other as a requirement to receive a subsidy for a flood risk reduction project. One German case was motivated by ecosystem restoration, but it was more widely accepted because it also offered flood management benefits. The fourth case was conceived in terms of balanced goals of flood risk reduction, ecosystem restoration, and recreation. We conclude that projects that both reduce flood risk and restore ecosystems are clearly possible and often cost-effective, and that they could be more widely implemented. The principal barriers are often institutional and regulatory, rather than technical.</p>
<p>ERIC D. STEIN, AVRIL C. HORNE, REBECCA E. THARME AND JONATHAN TONKIN (STEIN ET AL., 2022)</p>	<p>2022</p>	<p>Editorial: Environmental flows in an uncertain future</p>	

<p>RICK J. STOFFELS PAUL HUMPHRIES NICK R. BOND AMINA E. PRICE (STOFFELS ET AL., 2022)</p>	<p>2022</p>	<p>Fragmentation of lateral connectivity and fish population dynamics in large rivers</p>	<p>Lateral Hydrological Connectivity (LHC) has been extensively fragmented in river– floodplain ecosystems of the world. Uncertainties about how LHC affects fishes are great, impeding the design of effective rehabilitation strategies. Existing conceptual frameworks do not provide sufficient mechanistic detail to support the novel decision problems river managers face. We offer a framework of how LHC affects fishes in river– floodplain ecosystems that is, process-based, integrates all life-stages and is spatial; these features, we argue, are required to assess risks and opportunities associated with different LHC rehabilitation strategies. Within river–floodplain segments, LHC affects population processes through five ‘effect-classes’: effects of floodplain habitat (1) and channel habitat (2); effects of material subsidies from the floodplain to the channel (3) and vice versa (4); and effects of connectivity on lateral dispersal (5). The relative influence of these effect-classes on processes varies among species and life-stages. At the scale of the drainage basin, inter-segment variation in geomorphology generates a longitudinal source-sink structure to habitat quality and quantity, pointing to a need to better understand fish metapopulation dynamics in river–floodplain ecosystems. Given the significant investment in trying to restore river–floodplain ecosystems, we highlight potentially costly and ineffective LHC management decisions. These include certain heavily engineered LHC rehabilitation strategies that do not promote critical population processes at a local scale, and at basin scales implementing strategies that do not facilitate the metapopulation processes that promote species’ persistence.</p>
<p>TEPPO VEHANEN , TAPIO SUTELA AND ARI HUUSKO (VEHANEN & SUTELA, 2023)</p>	<p>2023</p>	<p>Potential Impact of Climate Change on Salmonid Smolt Ecology</p>	<p>The migratory life history of anadromous salmonids requires successful migration between nursery, feeding, and spawning habitats. Smolting is the major transformation anadromous salmonids undergo before migration to feeding areas. It prepares juvenile fish for downstream migration and their entry to seawater. We reviewed the effects of climate change on smolt ecology from the growth of juveniles in fresh water to early post-smolts in the sea to identify the potential effects of climate change on migratory salmonid populations during this period in their life history. The focus was especially on Atlantic salmon. The shift in suitable thermal conditions caused by climate change results in Atlantic salmon expanding their range northward, while at the southern edge of their distribution, populations struggle with high temperatures and occasional droughts. Climatic conditions, particularly warmer temperatures, affect growth during the freshwater river phase. Better growth in northern latitudes leads to earlier smolting. Thermal refuges, the areas of cooler water in the river, are important for salmonids impacted by climate change. Restoring and maintaining connectivity and a suitably diverse mosaic habitat in rivers are important for survival and growth throughout the range. The start of the smolt migration has shifted earlier as a response to rising water temperatures, which has led to concerns about a mismatch with optimal conditions for post-smolts in the sea, decreasing their survival. A wide smolt window allowing all migrating phenotypes from early to late migrants’ safe access to the sea is important in changing environmental conditions. This is also true for regulated rivers, where flow regulation practices cause selection pressures on migrating salmonid phenotypes. The freshwater life history also affects marine survival, and better collaboration across life stages and habitats is necessary among researchers and managers to boost smolt production in rivers. Proactive measures are recommended against population declines, including sustainable land use in the catchment, maintaining a diverse mosaic of habitats for salmonids, restoring flow and connectivity, and conserving key habitats</p>
<p>ALBERT ROS HEIKE SCHMIDT-POSTHAUS ALEXANDER BRINKER (SCHMIDT- & BRINKER, 2022)</p>	<p>2021</p>	<p>Mitigating human impacts including climate change on proliferative kidney disease in salmonids of running waters</p>	<p>Over the last two decades, an increasing number of reports have identified a decline in salmonid populations, possibly linked to infection with the parasite <i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i> and the corresponding disease, that is, proliferative kidney disease (PKD). The life cycle of this myxozoan parasite includes sessile bryozoan species as invertebrate host, which facilitates the distribution of the parasite in running waters. As the disease outcome is temperature dependent, the impact of the disease on salmonid populations is increasing with global warming due to climate change. The goal of this review is to provide a detailed overview of measures to mitigate the effects of PKD on salmonid populations. It first summarizes the parasite life cycle, temperature-driven disease dynamics and new immunological and molecular research into disease resistance and, based on this, discusses management possibilities. Sophisticated management actions focusing on local adaptation of salmonid populations, restoration of the riverine ecosystem and keeping water temperatures cool are necessary to reduce the negative effects of PKD. Such actions include temporary stocking with PKD-resistant salmonids, as this may assist in conserving current populations that fail to reproduce.</p>
<p>JASON H. KNOUFT AND DARREN L. FICKLIN (KNOUFT & FICKLIN, 2017)</p>	<p>2017</p>	<p>The Potential Impacts of Climate Change on Biodiversity in Flowing Freshwater Systems</p>	<p>Ongoing increases in air temperature and changing precipitation patterns are altering water temperatures and flow regimes in lotic freshwater systems, and these changes are expected to continue in the coming century. Freshwater taxa are responding to these changes at all levels of biological organization. The generation of appropriate hydrologic and water temperature projections is critical to accurately predict the impacts of climate change on freshwater systems in the coming decade. The goal of this review is to provide an overview of how changes in climate affect hydrologic processes and how climate-induced changes in freshwater habitat can impact the life histories and traits of individuals, and the distributions of freshwater populations and biodiversity. Projections of biological responses during the coming century will depend on accurately representing the spatially varying sensitivity of physical systems to changes in climate, as well as acknowledging the spatially varying sensitivity of freshwater taxa to changes in environmental conditions.</p>
<p>MARGARET PALMER AND ALBERT RUHI</p>	<p>2019</p>	<p>Linkages between flow regime, biota, and ecosystem</p>	<p>River ecosystems are highly biodiverse, influence global biogeochemical cycles, and provide valued services. However, humans are increasingly degrading fluvial ecosystems by altering their streamflows. Effective river restoration requires advancing our mechanistic understanding of how flow regimes affect biota and ecosystem processes. Here, we review emerging advances in hydroecology relevant to this goal. Spatiotemporal</p>

(M. PALMER & RUHI, 2019)	processes: Implications for river restoration	variation in flow exerts direct and indirect control on the composition, structure, and dynamics of communities at local to regional scales. Streamflows also influence ecosystem processes, such as nutrient uptake and transformation, organic matter processing, and ecosystem metabolism. We are deepening our understanding of how biological processes, not just static patterns, affect and are affected by stream ecosystem processes. However, research on this nexus of flow-biota-ecosystem processes is at an early stage. We illustrate this frontier with evidence from highly altered regulated rivers and urban streams. We also identify research challenges that should be prioritized to advance process-based river restoration.
SARAH M. YARNELL M.FL. (YARNELL ET AL., 2020)	2019 A functional flows approach to selecting ecologically relevant flow metrics for environmental flow applications	The science and practice of environmental flows have advanced significantly over the last several decades. Most environmental flow approaches require quantifying the relationships between hydrologic change and biologic response, but this can be challenging to determine and implement due to high data requirements, limited transferability, and the abundance of hydrologic metrics available for evaluation. We suggest that a functional flows approach, focusing on elements of the natural flow regime known to sustain important ecosystem processes, offers a pathway for linking understanding of ecosystem processes with discrete, quantifiable measures of the flow regime for a broad range of native taxa and assemblages. Functional flow components can be identified as distinct aspects of the annual hydrograph that support key biophysical processes, such as wet season flood flows or spring recession flows, and then quantified by flow metrics, such as 5% exceedance flow or daily percent decrease in flow, respectively. By selecting a discrete set of flow metrics that measure key functional flow components, the spatial and temporal complexity of flow regimes can be managed in a holistic manner supportive of multiple ecological processes and native aquatic species requirements. We provide an overview of the functional flows approach to selecting a defined set of flow metrics and illustrate its application in two seasonally variable stream systems. We further discuss how a functional flows approach can be utilized as a conceptual model both within and outside of existing environmental flow frameworks to guide consideration of ecological processes when designing prescribed flow regimes.
JONATHAN M. ABELL M.FL. (ABELL ET AL., 2023)	2023 Large foodplain river restoration in New Zealand: synthesis and critical evaluation to inform restoration planning and research	
AMANDA L. JEANSON M.FL. (JEANSON ET AL., 2021)	2021 A bright spot analysis of inland recreational fisheries in the face of climate change: learning about adaptation from small successes	
	2020 Impacts of multiple stressors on freshwater biota across spatial scales and ecosystems	Climate and land-use change drive a suite of stressors that shape ecosystems and interact to yield complex ecological responses (that is, additive, antagonistic and synergistic effects). We know little about the spatial scales relevant for the outcomes of such interactions and little about effect sizes. These knowledge gaps need to be filled to underpin future land management decisions or climate mitigation interventions for protecting and restoring freshwater ecosystems. This study combines data across scales from 33 mesocosm experiments with those from 14 river basins and 22 cross-basin studies in Europe, producing 174 combinations of paired-stressor effects on a biological response variable. Generalized linear models showed that only one of the two stressors had a significant effect in 39% of the analysed cases, 28% of the paired-stressor combinations resulted in additive effects and 33% resulted in interactive (antagonistic, synergistic, opposing or reversal) effects. For lakes, the frequencies of additive and interactive effects were similar for all spatial scales addressed, while for rivers these frequencies increased with scale. Nutrient enrichment was the overriding stressor for lakes, with effects generally exceeding those of secondary stressors. For rivers, the effects of nutrient enrichment were dependent on the specific stressor combination and biological response variable. These results vindicate the traditional focus of lake restoration and management on nutrient stress, while highlighting that river management requires more bespoke management solutions.
SOLANGE FILOSO M.FL. (BEZERRA ET AL., 2017)	2017 Impacts of forest restoration on water yield: A systematic review	While most studies reported a decrease in water yields, meta-analyses from a sub-set of studies suggest the potential influence of temporal and/or spatial scales on the outcomes of forest cover expansion or restoration projects. Given the many other benefits of forest restoration, improving our understanding of when and why forest restoration can lead to recovery of water yields is crucial to help improve positive outcomes and prevent unintended consequences. Our study identifies the critical types of studies and associated measurements needed.
DAVID TICKNER M.FL. (TICKNER ET AL., 2020)	2020 Bending the Curve of Global Freshwater Biodiversity Loss: An Emergency Recovery Plan	Despite their limited spatial extent, freshwater ecosystems host remarkable biodiversity, including one-third of all vertebrate species. This biodiversity is declining dramatically: Globally, wetlands are vanishing three times faster than forests, and freshwater vertebrate populations have fallen more than twice as steeply as terrestrial or marine populations. Threats to freshwater biodiversity are well documented but coordinated action to reverse the decline is lacking. We present an Emergency Recovery Plan to bend the curve of freshwater biodiversity loss. Priority actions include accelerating implementation of environmental flows; improving water quality; protecting and restoring critical habitats; managing the exploitation of freshwater ecosystem resources, especially species and riverine aggregates; preventing and controlling nonnative species invasions; and safeguarding and restoring river connectivity. We recommend adjustments to targets and indicators for the Convention on Biological Diversity and the Sustainable Development Goals and roles for national and international state and nonstate actors.

<p>ELLEN WOHL, STUART N. LANE, AND ANDREW C. WILCOX (WHOL ET AL., 2015)</p>	<p>2015 The science and practice of river restoration</p>	<p>River restoration is one of the most prominent areas of applied water-resources science. From an initial focus on enhancing fish habitat or river appearance, primarily through structural modification of channel form, restoration has expanded to incorporate a wide variety of management activities designed to enhance river process and form. Restoration is conducted on headwater streams, large lowland rivers, and entire river networks in urban, agricultural, and less intensively human-altered environments. We critically examine how contemporary practitioners approach river restoration and challenges for implementing restoration, which include clearly identified objectives, holistic understanding of rivers as ecosystems, and the role of restoration as a social process. We also examine challenges for scientific understanding in river restoration. These include: how physical complexity supports biogeochemical function, stream metabolism, and stream ecosystem productivity; characterizing response curves of different river components; understanding sediment dynamics; and increasing appreciation of the importance of incorporating climate change considerations and resiliency into restoration planning. Finally, we examine changes in river restoration within the past decade, such as increasing use of stream mitigation banking; development of new tools and technologies; different types of process-based restoration; growing recognition of the importance of biological-physical feedbacks in rivers; increasing expectations of water quality improvements from restoration; and more effective communication between practitioners and river scientists</p>
<p>A. A. WHIPPLE AND J. H. VIERS (WHIPPLE & VIERS, 2019)</p>	<p>2019 Coupling landscapes and river flows to restore highly modified rivers</p>	<p>Modifications to landscapes and flow regimes of rivers have altered the function, biodiversity, and productivity of freshwater ecosystems globally. Reestablishing geomorphological and hydrological conditions necessary to sustain ecosystems is a central challenge for restoration within highly altered systems. Meeting this challenge requires simultaneously addressing multiple and interacting stressors within the context of irreversible changes and socio-economic constraints. Traditionally, river restoration approaches either physically change the landscape or channel (channel-floodplain manipulation) or adjust hydrology (environmental flows), and such actions are often independent. We juxtapose these two subfields of river restoration, which have undergone parallel transformations, from goals of reproducing static representations of form and flow regime to goals of reestablishing processes. The parallel transformations have generated shared ideas, which point to benefits of coupling channel-floodplain manipulation and environmental flow actions to achieve process-based goals. Such coupling supports comprehensive river restoration efforts aimed at supporting resilient ecosystems within human dominated landscapes in a nonstationary climate. We identify four elements of coupled approaches for restoring highly modified rivers: (1) identify physical and ecological process potential given interactive effects of altered landscapes and flows; (2) consider capacity for sustaining identified processes under potential future change; (3) model alternatives for coupled restoration actions to support identified processes; and (4) evaluate alternatives using metrics representing integrative effects of coupled actions. We suggest these emergent elements contribute to the development of standard practices for restoring highly modified rivers and encourage an increasing number and quality of coupled applications.</p>
<p>CARLES IBÁÑEZ, NUNO CAIOLA AND OSCAR BELMAR (IB ET AL., 2020)</p>	<p>2020 Environmental Flows in the Lower Ebro River and Delta: Current Status and Guidelines for a Holistic Approach</p>	<p>Deltas are a particular type of estuarine system in which the dependence on river flow (water, sediments and nutrients) is very strong, especially in river-dominated deltas such as the Mediterranean ones, but environmental flow (e-flow) proposals for deltaic systems are scarce. The Ebro Delta is one of the largest wetland areas in the western Mediterranean and one of the most important estuarine systems in Europe. The aim of this paper is to review the state of the art regarding e-flows and to carry out a critical analysis of the proposals for the lower Ebro River and Delta, in order to highlight the possible environmental and socioeconomic impacts arising from the e-flow regime currently approved. Additionally, based on existing scientific information, methods to establish an e-flow regime that allows the maintenance of the main socio-ecological functions and values are discussed; including those functions and values for which not enough information is available. The study concludes that the currently approved e-flows are not suitable for maintaining most functions and values, as they would not prevent the proliferation of alien fish species and macrophytes in the river, the intrusion of the salt wedge in the estuary, the deficit of sediment/nutrient transport and the degradation of riparian habitats or the decline of coastal fisheries. Socioeconomic consequences on coastal fisheries, river navigation, salt water intrusion, sediment deficit, biodiversity, water quality, aquaculture and hydropower are also considered. Other e-flow proposals such as the proposed by the Catalan government would be more suitable to maintain the main socioecological functions and values of the lower Ebro River and Delta. Nevertheless, additional studies are needed to validate e-flows in some relevant aspects such as the capacity of the river to transport sediments to the delta to avoid coastal regression and mitigate the effects of sea level rise and subsidence, as well as the capacity of floods to control the spread of macrophytes. The lower Ebro River and delta is among the case studies where more quantitative and qualitative criteria to set e-flows with a holistic approach have been established.</p>
<p>MATHIAS KONDOLF AND JAEUNG YI (KONDOLF & YI, 2022)</p>	<p>2022 Dam Renovation to Prolong Reservoir Life and Mitigate Dam Impacts</p>	<p>: Dams are essential to society, yet have tremendous environmental impacts, for which there is an increasing interest in mitigation. At the same time, sedimentation threatens the sustainability of reservoir storage and reservoir functions. We use the term dam renovation to encompass a wide range of measures, including dam rehabilitation, a term commonly used for structural retrofits, typically of the dam structure or spillway, fishway retrofits for migratory fish passage, reservoir reoperation, which involves modifying dam operations to improve flow regimes for ecological purposes, and sustainable sediment management, which includes measures to pass sediment through or around dams, as well as other mechanical measures to restore sediment connectivity. Compared to dam renovation, an inordinate amount of literature has been published on the topic of dam</p>

removal. While in some cases dam removal is a practical way to improve river condition and to resolve the safety problems of aging dams, the reality is that most dams in existence today will remain for the foreseeable future, provided they do not fill with sediment, or their structures deteriorate to the point of failure. Thus, it is imperative that we understand the options available to renovate dams with poor environmental performance or whose sustainability is threatened.

För att få effektiva och för ekosystemet fungerande restaureringsåtgärder måste klimatförändringar inkluderas i arbetet redan vid planeringsstadiet. Tyvärr saknas integrering av klimatförändringar ofta i restaureringsprojekt, och det saknas kunskap inom detta forskningsområde (Jansson et al., 2020).

För att utformning, skötsel och styrning av restaureringsprojekt utifrån ett klimatförändringsperspektiv ska vara möjliga att inkluderas i projekten så behövs det utbildning av utövare så att det finns tillräcklig kunskap hos projektledningen för att klara av utmaningen. Åtgärder och angreppssätt som traditionellt varit framgångsrika kanske inte längre fungerar utan att de kombineras med klimatåtgärder. Några tänkbara konsekvenser och frågeställningar som inte ofta övervägs i nuvarande projekt.

- Har vattendraget och sjön tillräckligt med syre för att målarter ska ha hållbara bestånd?
- Finns det åtgärder som skapar tillräckligt stora refuger vid höga vattentemperaturer?
- Finns det en plan för om nya arter etablerar sig (t.ex. invasiva, gädda, kanadaröding)?

Frågorna är specifika för varje vattendrag och det kan bli otroligt viktigt i vissa projekt att projektledningen och utövare ställer frågan – vilka åtgärder ska vi göra i vårt projekt för att skydda vattendragets ekosystem mot klimatförändringar? Lika naturligt som det är att biotopkartera och åtgärdskartera ett vattendrag, lika naturligt borde det vara att ”klimatkartera” ett vattendrag. Det kan ske genom att använda bästa tillgängliga data för hydrologi och temperatur samt förståelse för de effekter som de har på ekosystemet. Bästa tillgängliga data används till att anpassa åtgärder till osäkerheter och oförutsägbarheter som klimatförändringar kan ha på ekosystemet. Under genomförandet kommer det att uppstå nya situationer rent praktiskt och det kan bli svåra överväganden om vad som är bästa lösningen för torra år och blöta år. Hydrologiska variationer kan vara upphov till att åtgärder i värsta fall motverkar varandra. T.ex. om vi anpassar fåran för torra förhållanden och bygger stränder för strandvegetation, kan dessa stränder med finjordar bli bortspolade vid höga flöden. Vi behöver därför börja tänka att vi måste anpassa våra metoder till att extremer kan bli mer vanliga och ske under en årstid som vi inte vana med.

Metoder för uppföljning behöver anpassas till ett varmare klimat och att vi ser till att vi har tillräcklig kunskap för att förstå vilka climateffekter som pågår i vattendraget. Vattendragets uppföljning behöver utvecklas med fler komponenter (t.ex syre, vattentemperatur, eDNA) som kombineras mer traditionella metoder.

Om vi inte klimat-anpassar restaureringsåtgärder i framtiden, risker vi inte bara att de kan vara meningslösa, utan i värsta fall till mer skada än till hjälp för ekosystemet.

Slutligen så ser vi ett behov av att utveckla miljöbevakning av vattendrags biologiska mångfald. Klimatförändringar kan komma att förändra artsammansättningen och ekologiska funktioner. Det är viktigt att vi förstår att nu sker det en förändring så att vi kan anpassa t.ex. uttag av ekosystemtjänster. T.ex. kan ett fiskevårdsområde behöva anpassa fiskeregler så att det inte fiskas för mycket eller vid låga flöden och höga vattentemperaturen. Att vi inte ensidigt fiskar på arter som är mest känslig för klimatförändringseffekter. Ett annat exempel är att vi i reglerade vattendrag förstår vilka effekter på ekosystemet som ökar påverkan på vattendraget och vad det innebär för organismerna.

14. Referenser

- Abell, J. M., Pingram, M. A., Özkundakci, D., David, B. O., Scarsbrook, M., Wilding, T., Williams, A., Noble, M., Brasington, J., & Perrie, A. (2023). Large floodplain river restoration in New Zealand : synthesis and critical evaluation to inform restoration planning and research. *Regional Environmental Change*. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01995-z>
- Acreman, M., Arthington, A. H., Colloff, M. J., Couch, C., Crossman, N. D., Dyer, F., Overton, I., Pollino, C. A., Stewardson, M. J., & Young, W. (2014). Environmental flows for natural, hybrid, and novel riverine ecosystems in a changing world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *12*(8), 466–473. <https://doi.org/10.1890/130134>
- Amirowicz, A., Bednarska, A., Bylak, A., Wy, B., Hajdukiewicz, H., Renata, K., Kukuła, K., Liro, M., Radecki-pawlik, A., & Zawiejska, J. (2021). Scientific monitoring of immediate and long-term effects of river restoration projects in the Polish Carpathians. *Ecohydrology & Hydrobiology*, *21*, 244–255. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2020.11.005>
- Arthington, A. H., Tickner, D., McClain, M. E., Acreman, M. C., & Anderson, E. P. (2023). Accelerating environmental flow implementation to bend the curve of global freshwater biodiversity loss. *Environmental Reviews*, *27*, 1–27.
- Belete, M. D. (2021). Ecohydrology & Hydrobiology Review of the underpinning reasons and field demonstrations to incorporate ecohydrologic strategy into landscape restoration in water-limited ecosystems. *Ecohydrology & Hydrobiology*, *21*(3), 529–542. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2021.08.004>
- Bellmore, J. R., Pess, G. R., Duda, J. J., O’Connor, J. E., East, A. E., Foley, M. M., Wilcox, A. C., Major, J. J., Shafroth, P. B., Morley, S. A., Magirl, C. S., Anderson, C. W., Evans, J. E., Torgersen, C. E., & Craig, L. S. (2019). Conceptualizing Ecological Responses to Dam Removal: If You Remove It, What’s to Come? In *BioScience* (Vol. 69, Issue 1, pp. 12–14). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy152>
- Bezerra, O., Weiss, K. C. B., Filoso, S., & Palmer, A. (2017). Impacts of forest restoration on water yield : A systematic review. *PLOS One*, 1–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.371/journal.pone.0183210>
- Bunn, S. E., & Arthington, A. H. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management*, *30*(4), 492–507. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2737-0>
- Comte, L., Olden, J. D., Tedesco, P. A., Ruhi, A., & Giam, X. (2021). *Climate and land-use changes interact to drive long-term reorganization of riverine fish communities globally*. *118*(27), 1–9. <https://doi.org/10.1073/pnas.2011639118>
- Danielsson, P., Kling, J., Rydell, B., & Kiilsgaard, R. (2016). *Naturanpassade*

erosionsskydd i vattendrag En förstudie. www.swedgeo.se

- Degerman, E., & Näslund, I. (2021). *Fysisk restaurering av akvatiska miljöer.* Havs och Vattenmyndigheten.
- Donadi, S., Degerman, E., McKie, B. G., Jones, D., Holmgren, K., & Sandin, L. (2021). Interactive effects of land use, river regulation, and climate on a key recreational fishing species in temperate and boreal streams. *Freshwater Biology*, 66(10), 1901–1914. <https://doi.org/10.1111/fwb.13799>
- Doyle, M. W., Stanley, E. H., Orr, C. H., Selle, A. R., Sethi, S. A., & Harbor, J. M. (2005). Stream ecosystem response to small dam removal: Lessons from the Heartland. *Geomorphology*, 71(1–2), 227–244. <https://doi.org/10.1016/J.GEOMORPH.2004.04.011>
- Dunbar, M. J., Pedersen, L. M., Cadman, D., Extence, C., Waddingham, J., Chadd, R., & Larsen, S. E. (2010). River discharge and local-scale physical habitat influence macroinvertebrate LIFE.pdf. *Freshwater Biology*, 55, 226–242. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02306.x>
- Gonz, M., Díaz-alba, D., Henry, A. L., García, D., & Jal, D. (2023). Salix regeneration in fluvial landscapes : Empirical findings based on a systematic review. *Ecological Engineering*, 193(May). <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.107010>
- Goyette, J. O., Savary, S., Blanchette, M., Rousseau, A. N., Pellerin, S., & Poulin, M. (2023). Setting targets for wetland restoration to mitigate climate Change effects on watershed hydrology. *Environmental Management*, 71(2), 365–378. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01763-z>
- Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A. E., Macdonald, G. K., Zarfl, C., & Liermann, C. R. (2015). An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. *Environmental Research Letters*, 10(1). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/1/015001>
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., Babu, S., Cheng, L., Crochetiere, H., Macedo, H. E., Filgueiras, R., Goichot, M., Higgins, J., Hogan, Z., Lip, B., McClain, M. E., Meng, J., Mulligan, M., Liermann, C. R., ... Tockner, K. (2019). Mapping the world's free-flowing rivers. *Nature*, 569, 215–221. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1111-9>
- Havrdová, A., Douda, J., & Doudová, J. (2023). Threats , biodiversity drivers and restoration in temperate floodplain forests related to spatial scales. *Science of the Total Environment*, 854(May 2022). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158743>
- Heerd, G., Schep, S. A., & Janse, J. H. (2007). Climate change and the EU Water Framework Directive : How to deal with indirect effects of changes in hydrology on water quality and ecology ? Climate change and the EU Water Framework Directive : how to deal with indirect effects of changes in hydrology. *Water Science & Technology*, February.

<https://doi.org/10.2166/wst.2007.532>

- Heino, J. (2022). REVIEW A roadmap for sustaining biodiversity and ecosystem services through joint conservation and restoration of northern drainage basins. *Ecological Solutions and Evidence*, *October 2021*, 1–10. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12142>
- Hilderbrand, R., Watts, A., & Randle, A. (2005). The myths of restoration ecology. *Ecology*, *10*(1), 1–19. <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art19/%0ATable>
- Ib, C., Caiola, N., & Belmar, O. (2020). Environmental Flows in the Lower Ebro River and Delta : Current Status and Guidelines for a Holistic Approach. *Water*, *12*(2670). <https://doi.org/doi:10.3390/w12102670>
- Jansson, R., Renöfält, B. M., & Widén, Å. (2020). *Restaurering av sjöar och vattendrag i ett framtida klimat* (Issue December). Naturvårdsverket.
- Jeanson, A. L., Thiem, A. J. L. J. D., Danylchuk, T. H. A. J., & Arlinghaus, T. D. B. R. (2021). A bright spot analysis of inland recreational fisheries in the face of climate change : learning about adaptation from small successes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *31*(2), 181–200. <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09638-y>
- Knouft, J. H., & Ficklin, D. L. (2017). The Potential Impacts of Climate Change on Biodiversity in Flowing Freshwater Systems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *48*, 111–133. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022803>
- Kondolf, M., & Yi, J. (2022). Dam renovation to prolong reservoir life and mitigate dam impacts. *Water*, *14*(1464). <https://doi.org/https://doi.org/10.390/w14091464>
- Liermann, C. R., Nilsson, C., Robertson, J., & Ng, R. Y. (2012). Implications of dam obstruction for global freshwater fish diversity. *BioScience*, *62*(6), 539–548. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.6.5>
- Lynch, A. J., Hyman, A. A., Cooke, S. J., Capon, S. J., & Franklin, P. A. (2023). Future-proofing the emergency recovery plan for freshwater biodiversity. *Environmental Reviews*, 1–16. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1139/er-2022-0116>
- Maaß, A. L., Schüttrumpf, H., & Lehmkuhl, F. (2021). Human impact on fluvial systems in Europe with special regard to today ' s river restorations. *Environmental Sciences Europe*. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00561-4>
- Margules, C. R., & Pressey, R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, *405*(6783), 243–253. <https://doi.org/10.1038/35012251>
- Margules, C., & Usher, M. B. (1981). Criteria used in assessing wildlife conservation potential: A review. *Biological Conservation*, *21*(2), 79–109.

[https://doi.org/10.1016/0006-3207\(81\)90073-2](https://doi.org/10.1016/0006-3207(81)90073-2)

- Meng, B., Liu, J. ling, Bao, K., & Sun, B. (2020). Methodologies and management framework for restoration of wetland hydrologic connectivity: A synthesis. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 16(4), 438–451. <https://doi.org/10.1002/ieam.4256>
- Moskal, M. (2015). Can we conserve wetlands under a changing climate? *Project Overview Description for NW CSC-Funded Research Project*. <https://www.nwclimatescience.org/projects/can-we-conserve-wetlands-under-changing-climate>
- Nelson, K. C., & Palmer, M. A. (2007). Stream temperature surges under urbanization and climate change: Data, models, and responses. *Journal of the American Water Resources Association*, 43(2), 440–452. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2007.00034.x>
- Nilsson, C., Lepori, F., Malmqvist, B., Törnlund, E., Hjerdt, N., Helfield, J. M., Palm, D., Östergren, J., Jansson, R., Brännäs, E., & Lundqvist, H. (2005). Forecasting Environmental Responses to Restoration of Rivers Used as Log Floatways: An Interdisciplinary Challenge. *Ecosystems*, 8(7), 779–800. <https://doi.org/10.1007/s10021-005-0030-9>
- O’Brian, R. (2019). Climate change and European rivers: An eco-hydromorphological perspective. *Ecohydrology*, 12(2099), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/eco.2099>
- Palmer, M. A., Bernhardt, E. S., Allan, J. D., Lake, P. S., Alexander, G., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C. N., Follstad Shah, J., Galat, D. L., Loss, S. G., Goodwin, P., Hart, D. D., Hassett, B., Jenkinson, R., Kondolf, G. M., Lave, R., Meyer, J. L., ... Sudduth, E. (2005). Standards for ecologically successful river restoration. In *Journal of Applied Ecology* (Vol. 42, Issue 2, pp. 208–217). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01004.x>
- Palmer, M. A., Lettenmaier, D. P., Poff, N. L., Postel, S. L., Richter, B., & Warner, R. (2009). Climate change and river ecosystems: protection and adaptation options. *Environmental Management*, 44, 1053–1068. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9329-1>
- Palmer, M., & Ruhi, A. (2019). Linkages between flow regime, biota, and ecosystem processes: Implications for river restoration. *Science*, 365(6459). <https://doi.org/10.1126/science.aaw2087>
- Pettit, N. E. (2018). Turquoise is the new green : Restoring and enhancing riparian function in the Anthropocene. *ECOLOGICAL MANAGEMENT & RESTORATION*, 19(August). <https://doi.org/10.1111/emr.12326>
- Piczak, M. L., Perry, D., Cooke, S. J., Harrison, I., Benitez, S., Koning, A., & Peng, L. (2020). Protecting and restoring habitats to benefit freshwater biodiversity. *Environmental Reviews*, 00, 1–19. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1139/er-2023-0034>

- Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegard, K. L., Richter, B. D., Sparks, R. E., & Stromberg, J. C. (1997). *The Natural Flow Regime A paradigm for river conservation and restoration*.
- Poff, N. L., Brown, C. M., Grantham, T. E., Matthews, J. H., a. Palmer, M., Spence, C. M., Wilby, R. L., Haasnoot, M., Mendoza, G. F., Dominique, K. C., & Baeza, A. (2015). Sustainable water management under future uncertainty with eco-engineering decision scaling. *Nature Climate Change*, 6(September), 1–23. <https://doi.org/10.1038/nclimate2765>
- Poff, N. L., & Matthews, J. H. (2013). Environmental flows in the Anthropocene : past progress and future prospects. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 667–675. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.006>
- Poff, N. L., Olden, J. D., Merritt, D. M., & Pepin, D. M. (2007). Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(14), 5732–5737. <https://doi.org/10.1073/pnas.0609812104>
- Poff, N. L., Schmidt, J. C., Kumar, A., Zarfl, C., Winemiller, K. O., Poff, N. L., Arthington, A. H., Kennedy, T. A., Naiman, R. J., Olden, J. D., Kiernan, J. D., Pittock, J., Hartmann, J., Estrin, J., Jager, H. I., & Poff, N. L. (2016). How dams can go with the flow. *Science*, 353(6304), 1099–1100. <https://doi.org/10.1126/science.aah4926>
- Radelyuk, I., Zhang, L., Assanov, D., & Maratova, G. (2022). Regional Studies A state-of-the-art and future perspectives of transboundary rivers in the cold climate – a systematic review of Irtysh River. *Journal of Hydrology*, 42(July).
- Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T. J., Kidd, K. A., McCormack, T. J., Olden, J. D., Ormerod, S. J., Smol, J. P., Taylor, W. W., Tockner, K., Vermaire, J. C., Dudgeon, D., & Cooke, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94, 849–873. <https://doi.org/10.1111/brv.12480>
- Renner, S. S., & Zohner, C. M. (2018). Climate Change and Phenological Mismatch in Trophic Interactions Among Plants , Insects , and Vertebrates. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 49(165).
- Ricklefs, R. E., & Latham, R. E. (1993). Global patterns of diversity in mangrove floras. *Species Diversity in Ecological Communities*, May, 215–229.
- Schmidt-, A. R. H., & Brinker, P. A. (2022). Mitigating human impacts including climate change on proliferative kidney disease in salmonids of running waters. *Journal of Fish Diseases*, August 2021, 497–521. <https://doi.org/10.1111/jfd.13585>
- Serra-Ilobet, A., Jähnig, S. C., Geist, J., Kondolf, G. M., Damm, C., Scholz, M., Lund, J., Opperman, J. J., & Yarnell, S. M. (2022). Restoring Rivers and Floodplains for Habitat and Flood Risk Reduction : Experiences in Multi-Bene fi t Floodplain Management From California and Germany. *Policy and Practice*

- Reviews*, 9(March), 1–24. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.778568>
- Sofi, M. S., Rashid, I., & Kuniyal, J. C. (2020). The natural flow regime : A master variable for maintaining river ecosystem health. *Ecohydrology*, 13(June), 1–12. <https://doi.org/10.1002/eco.2247>
- Stanford, J. A., Ward, J. V, Liss, W. J., Frissell, C. A., Williams, R. N., Lichatowich, J. A., & Coutant, C. C. (1996). A general protocol for restoration of regulated rivers. *Regulated Rivers: Research & Management*, 12, 391–413. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(199607\)12:4/5<391::AID-RRR436>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199607)12:4/5<391::AID-RRR436>3.0.CO;2-4)
- Stein, E. D., Horne, A. C., Tharme, R. E., & Tonkin, J. (2022). Editorial: Environmental flows in an uncertain future. *Frontiers in Environmental Science*, 10(November), 1–5. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1070364>
- Stoffels, R. J., Humphries, P., Bond, N. R., & Price, A. E. (2022). Fragmentation of lateral connectivity and fish population dynamics in large rivers. *Fish and Fisheries*, 23(3), 680–696. <https://doi.org/10.1111/faf.12641>
- Stutter, M., Baggaley, N., Daire, Ó., & Wang, C. (2021). Science of the Total Environment The utility of spatial data to delineate river riparian functions and management zones : A review. *Science of the Total Environment*, 757, 143982. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143982>
- Swedish Energy Agency. (2019). *Förslag till nationell plan för omprövning av vattenkraft* (pp. 1–106).
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M. C., Schwager, M., & Jeltsch, F. (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31(1), 79–92. <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x>
- Tickner, D., Opperman, J. J., Abell, R., Acreman, M., Arthington, A. H., Bunn, S. E., Cooke, S. J., Dalton, J., Darwall, W., Edwards, G., Harrison, I. A. N., Hughes, K., Jones, T. I. M., Leclère, D., Lynch, A. J., Leonard, P., McClain, M. E., Muruvu, D., Olden, J. D., ... Young, L. (2020). Bending the Curve of Global Freshwater Biodiversity Loss : An Emergency Recovery Plan. *BioScience*, 70(4). <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa002>
- Törnlund, E. (2002). *“flottningen dör aldrig”* (Issue 27).
- Vehanen, T., & Sutela, T. (2023). Potential Impact of Climate Change on Salmonid Smolt Ecology. *Fishes*, 8(832). <https://doi.org/10.3390/fishes8070382>
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C., Liermann, C. R., & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555–561. <https://doi.org/10.1038/nature09549>

- Whipple, A. A., & Viers, J. H. (2019). Coupling landscapes and river flows to restore highly modified rivers. *Water Resources Research*, 55(6), 4512–4532. <https://doi.org/10.1029/2018WR022783>
- Whol, E., Lane, S. N., & Wilcox, A. C. (2015). The science and practice of river restoration. *Water Resources Research*, 5974–5997. <https://doi.org/10.1002/2014WR016874>.Received
- Widén, Å., Ahonen, J., Renöfält, B. M., & Jansson, R. (2022). Ljungan inför miljöprovning av vattenkraften : naturvärden , flöden och strömhabitat samt möjliga miljönyttor. *Umeå Universitet*, 1–187.
- Widén, Å., Jansson, R., Ahonen, J., & Malm-, B. (2022). *Lagan inför miljöprovning av vattenkraften*. <https://umu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1725269&dswid=-4247>
- Wineland, S. M., Basagaoglu, H., Fleming, J., Friedman, L., Nava, L., Neeson, T. M., Ortiz-Partida, P., Paladion, S., Plassin, S., Gomez-Quiriga, G., Saiz-Rodrigues, R., Wagner, K., Weber, N., Winterle, J., & Wootten, A. M. (2022). The environmental flows implementation challenge : Insights and recommendations across water-limited systems ao g. *WIREs Water*, March 2021, 1–24. <https://doi.org/10.1002/wat2.1565>
- Xiong, Y., Mo, S., Wu, H., Qu, X., Liu, Y., & Zhou, L. (2023). Influence of human activities and climate change on wetland landscape pattern — A review. *Science of the Total Environment*, 879(February 2022). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163112>
- Yang, H., Piao, S., Huntingford, C., Ciais, P., Li, Y., Wang, T., Peng, S., Yang, Y., Yang, D., & Chang, J. (2018). Changing the retention properties of catchments and their influence on runoff under climate change. *Environmental Research Letters*, 13(9), 1–11. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aadd32>
- Yarnell, S. M., Lusardi, R. A., Howard, J., Stein, E. D., Webb, J. A., Grantham, T., Zimmerman, J., Peek, R. A., & Sandoval-solis, S. (2020). *A functional flows approach to selecting ecologically relevant flow metrics for environmental flow applications*. November 2019, 318–324. <https://doi.org/10.1002/rra.3575>

Webb-referenser

[Fördjupad klimatscenariotjänst | SMHI](#) (2023-11-21)

