



Miljöförbättringar i utbyggda älvar –
en arbetsgång för att prioritera mellan åtgärder

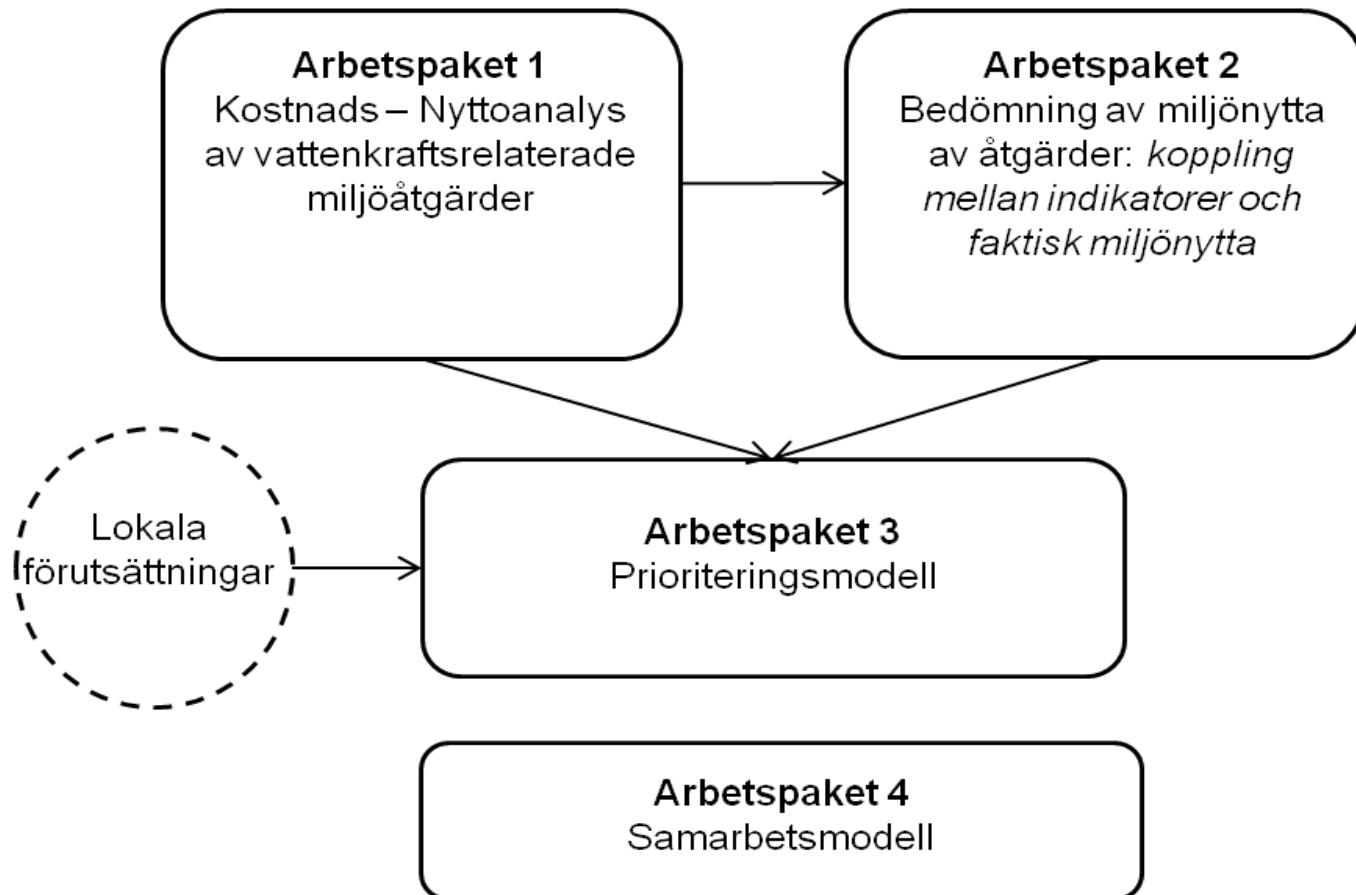


“Prio – KLIV”

Roland Jansson, Birgitta Malm Renöfält, Åsa Widén, Erik Degerman, Dag Wisaeus



Arbetsmodel Prio - KLIV



Planerade rapporter från PrioKLIV

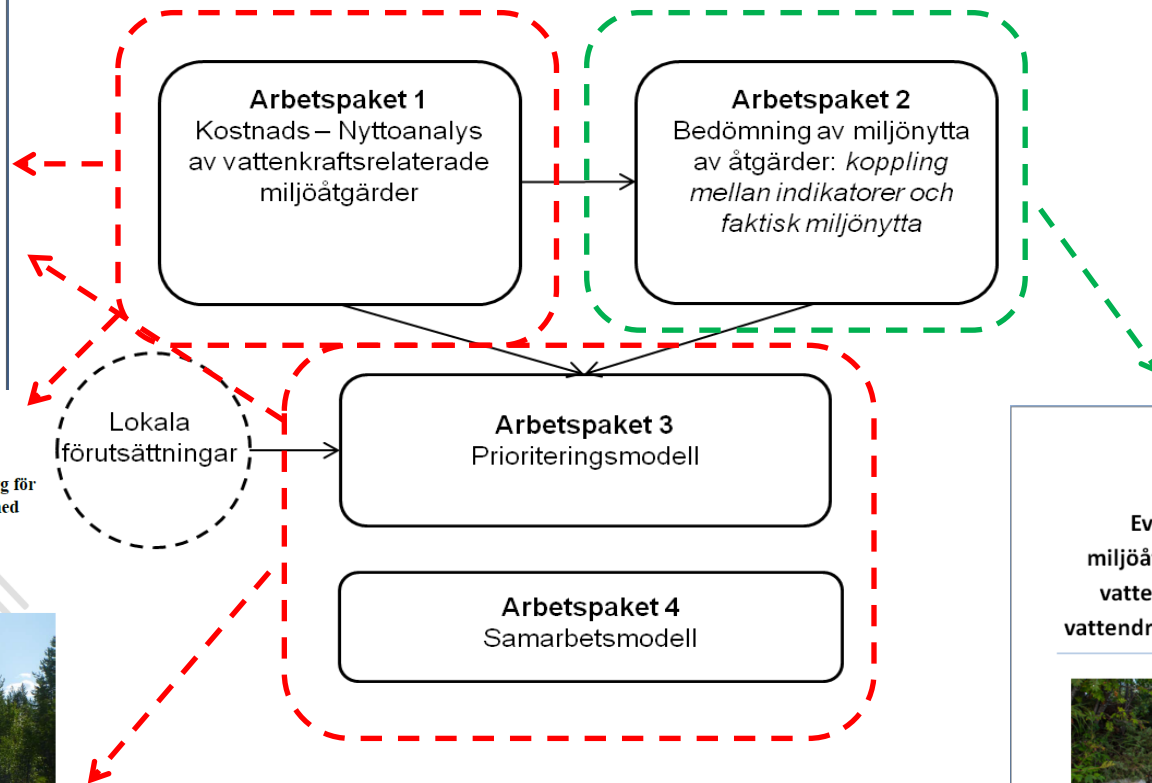
Vägledning för att identifiera regleringspåverkan och åtgärdspotential i vattenkraftspåverkade vattendrag



Scenarier för ekologisk reglering av vattenkraftspåverkade vattendrag: ett verktyg för prioritering av flödesrelaterade åtgärder med Umeälven som exempel



Åsa Widén, Dag Wisaeus, Roland Jansson, Birgitta Renöfalt, Erik Degerman

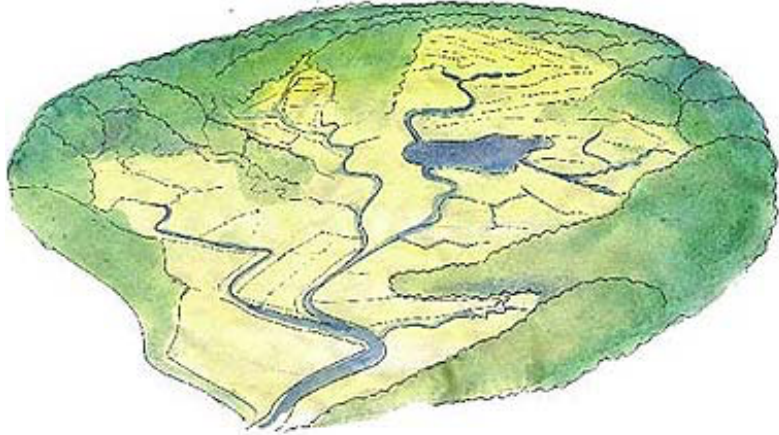


Evidensbaserade miljöåtgärder för att höja vattenkraftspåverkade vattendrags ekologiska status



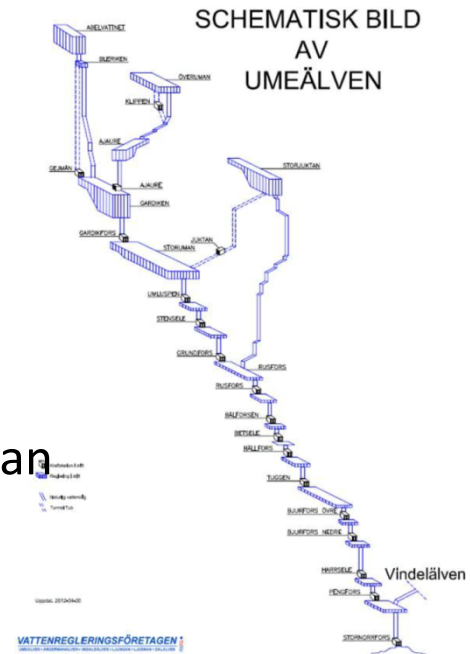
Avrinningsområdesperspektiv

Ekosystem

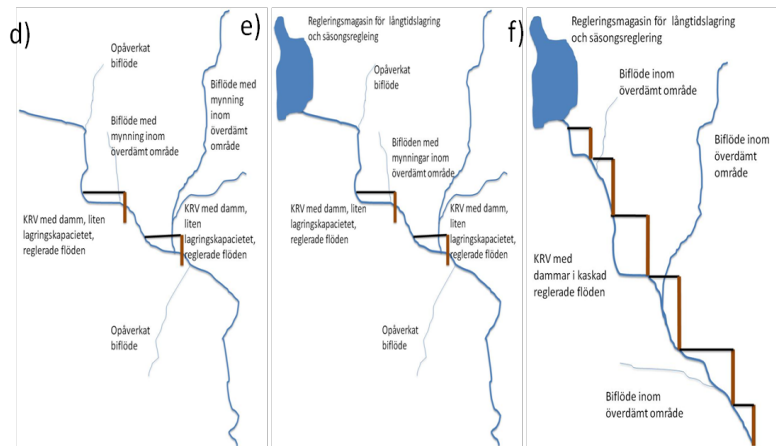
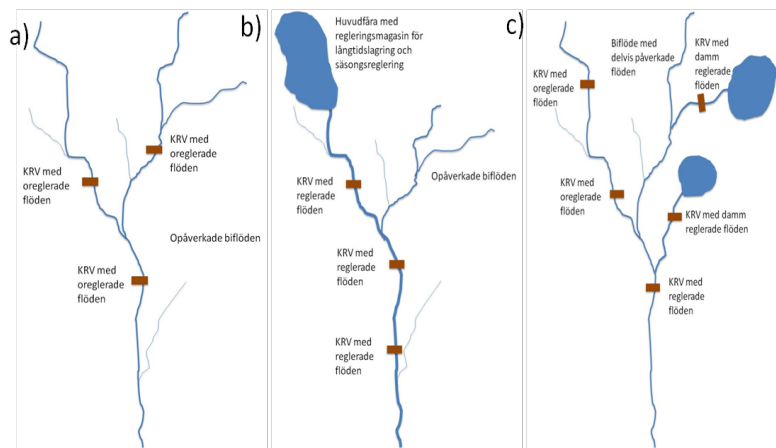


- Metod för konsekvensbeskrivning – fulla nyttan, fulla påverkan
- Produktionsförluster – interaktioner mellan kraftverk
- Miljönytta – interaktioner mellan vattenförekomster
- En åtgärd kan ha påverkan både upp- och nedströms i ett vattendrag.
- Produktionsförlusten kan uppstå i annat kraftverk än där miljönyttan hänförs.
- Hushållning av vatten
- Påverkan på infrastruktur
- Ekologisk reglering måste synkas i ett system!

Produktionssystem



Kartläggning teknisk genomförbarhet och begränsningar

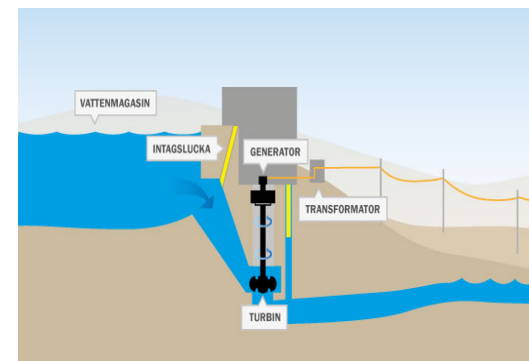


Basinformation reglering i avrinningsområde	Enhet
Vattendragslängd	km
Area ARO	km ²
Sammanlagd produktion	TWh
Betydelse i energisystemet	andel av produktion
Funktion i energisystemet	balans – och reglerkraft
Antal vattenförekomster (VFK)	
Andel VFK som är KRV	%
Outbyggda VFK	%
Verksamhetsutövare	Antal och lista
Antal storskaliga anläggningar (huvudfåra och biflöden)	>10MW
Antal småskaliga anläggningar (huvudfåra och biflöden)	<10MW
Kartbild	

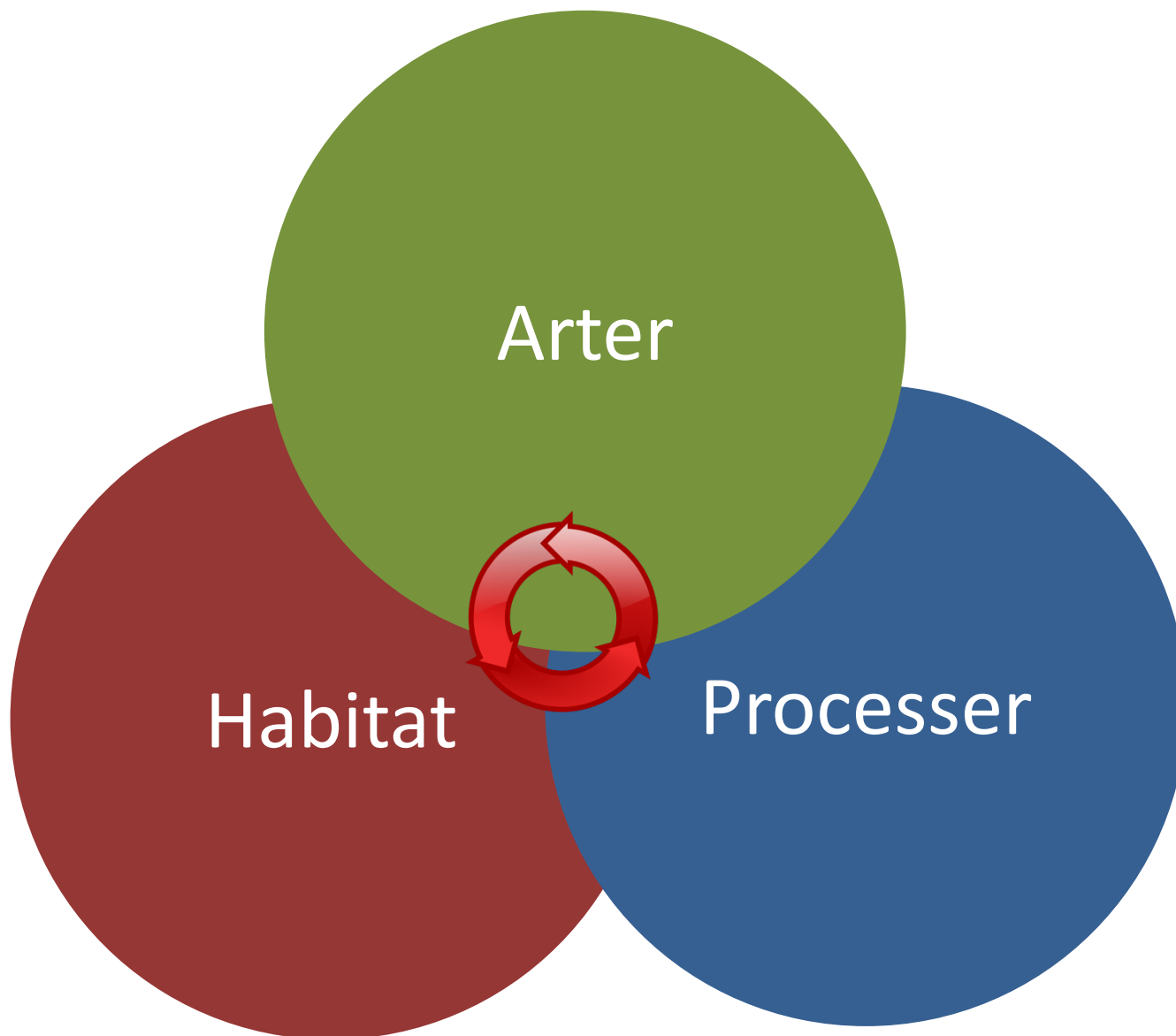
Information reglering dämningsområde	Enhet
Ägare	
Vattenförekomster i dämningsområdet	
Sjö-, älvmagasin eller båda (funktion i systemet)	
Normalproduktion/år	GWh
Effekt	MW
Strömkraftverk	ja/nej
Om ja, tar kraftverket emot reglerade flöden från ovanliggande kraftverk?	ja/nej
Om ja, nolltappning? (data på timnivå)	ja/nej
Om ja, finns det magasin med lagringsfunktion uppströms?	ja/nej
Om ja, finns all fallhöjd kvar och är forsarna intakta (eller överdämda)?	ja/nej
Om ja, påverkar regleringen vattenstånden i vattenförekomsten?	ja/nej
Om ja, finns det data för att mäta regleringspåverkan hydrologiskt och/eller morfologiskt?	ja/nej
Qmedel	m ³ /s
MLQ	m ³ /s
Qmax turbin	m ³ /s
Qmin turbin	m ³ /s
Vmagasin	mm ³
Fallhöjd (damm)	m
Fallhöjd (fiskväg)	m
Fallhöjd (turbin)	m
Turbintyp	
Antal turbiner	
Utbyggnadsvattenföring/turbin	m ³ /s
Totalverkningsgrad för anläggning	%
Gravitationskonstant (9,81 på våra breddgrader)	
Tunnel, omledning av vatten, längd	m
Regleringsgrad/dämningseffekt	
DG	möh
SG	möh
Minimitappning enligt dom	datum och m ³ /s
Övriga villkor vattendom	
Förekommer nolltappning? Antal perioder och längd. Behov av timdata.	
Förekommer korttidsreglering – vattenstånd? Behov av timdata.	
Förekommer korttidsreglering – flöden? Behov av timdata kan finnas.	
Betydelse för balans- och reglerkraft. Se strategin, relativt reglerbidrag	Värde/klass.
Torråra	Ja/Nej (antal om flera i dämningsområdet)
Torråra längd	m
Torråra, minimitappning	datum och m ³ /s
Utløpskanal längd	m
Dammsäkerhetsfrågor	
Överdämningsrisker vid höga flöden enligt plan LST, kritiska områden	
Tillstånd?	
Eventuella synpunkter tillsyn	

Teknisk genomförbarhet och begränsningar

- Vattenhushållningsbestämmelser
- Byggnation – vilka flöden och vattenstånd är anläggningen avsedd för.
 - Dammar
 - Maskiner
- Syftet är att ge maximera utrymme för reglering i kombination med åtgärd.
- Söka win-win lösningar.
- Produktionsoptimering av ekologisk reglering



Kartläggning naturvärden i avrinningsområdet



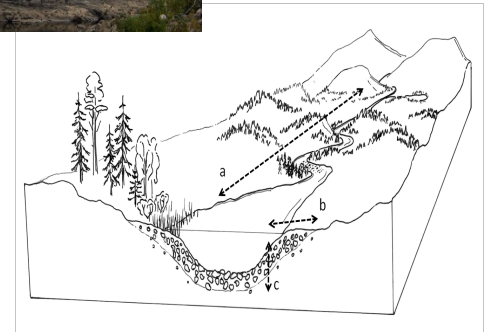
Kartläggning regleringspåverkan

Förändrad flödesregim

Förändrad geomorfologi

Förändrat/förlorat habitat

Förlust av konnektivitet



Bristanalys strömhabitat

Mindre vattendrag
Mannings $n = 0.05$

Lutning (%)	Vattenhastighet
0.1	0.21
0.2	0.29
0.3	0.36
0.4	0.41
0.5	0.46

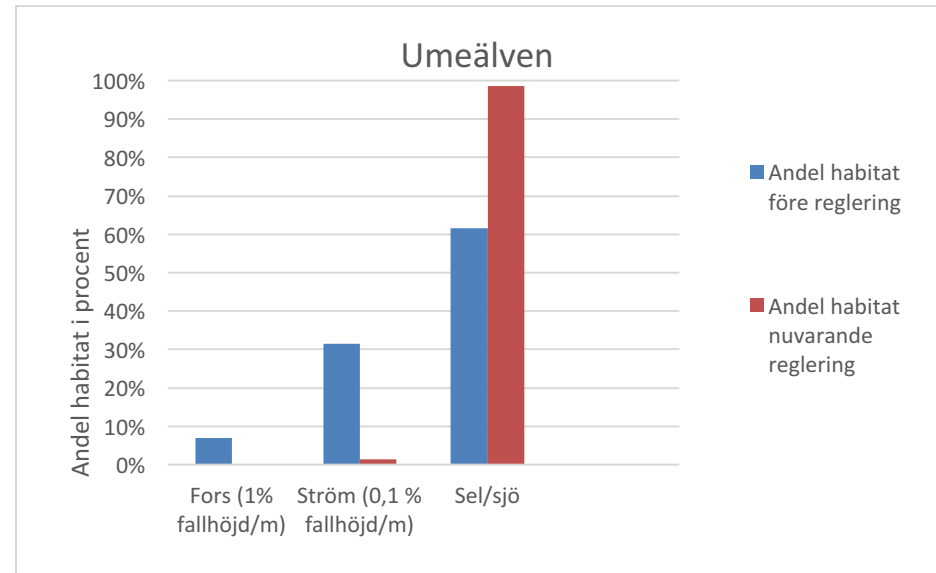
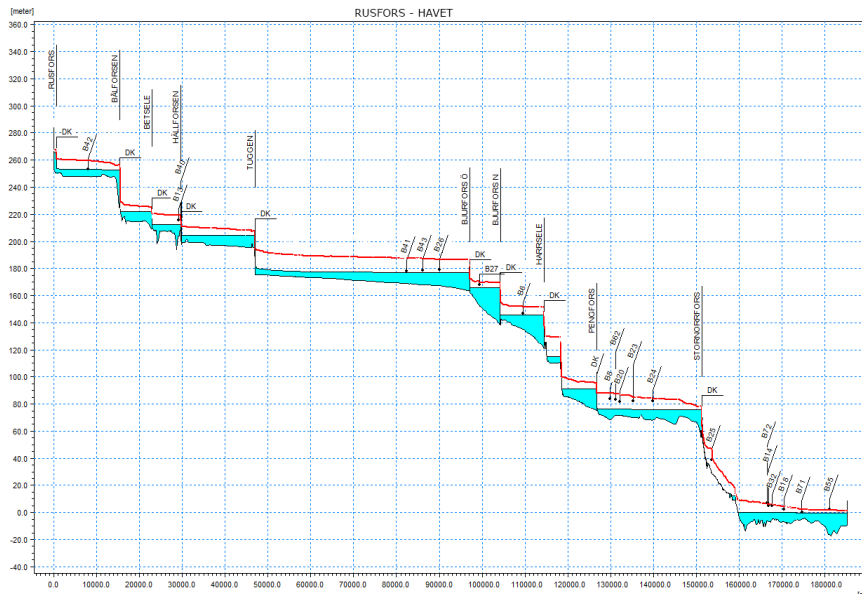
Större älv, slät botten
Mannings $n = 0.025$

Lutning (%)	Vattenhastighet
0.1	0.43
0.2	0.61
0.3	0.74
0.4	0.86
0.5	0.96

Större älv, större stenar block
Mannings $n = 0.04$

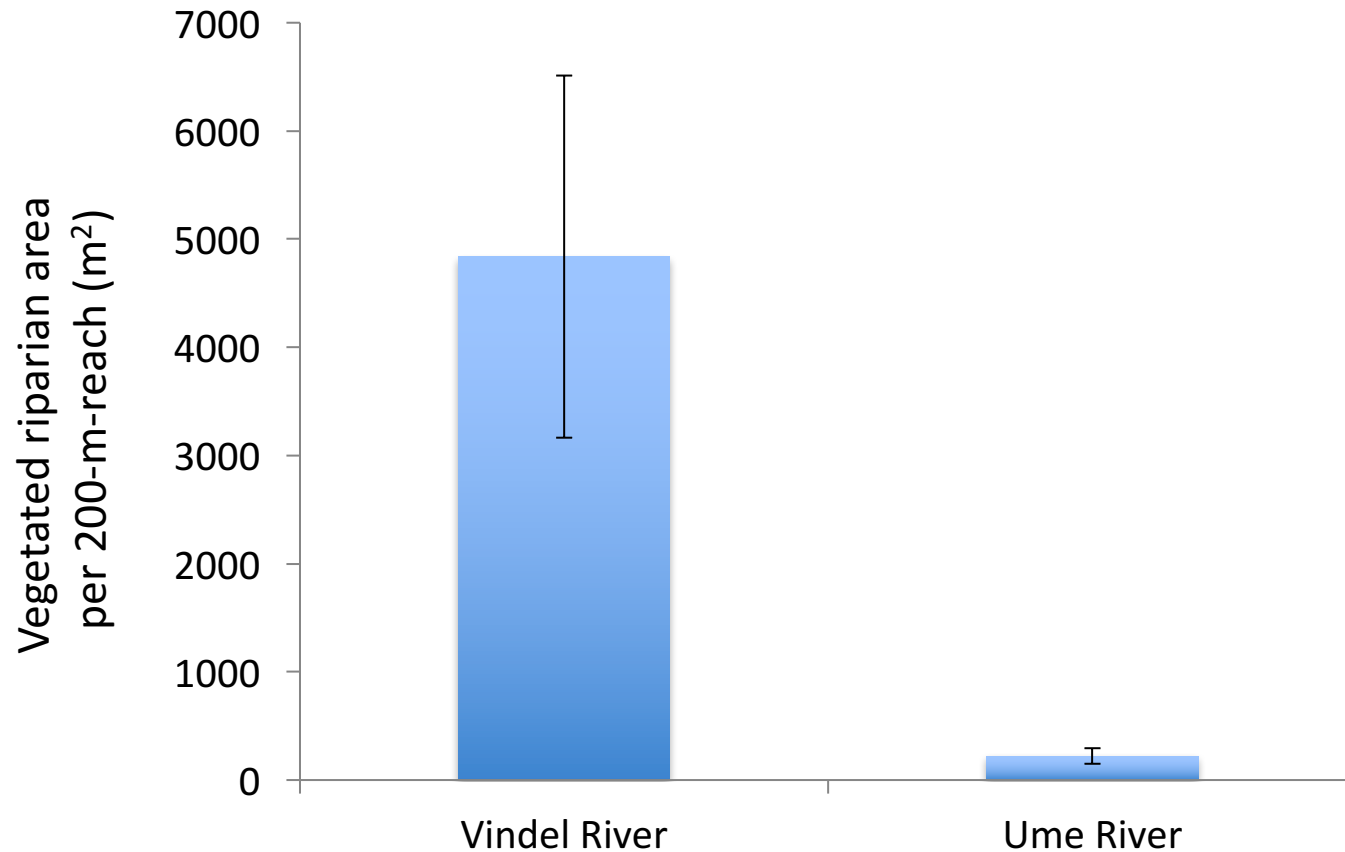
Lutning (%)	Vattenhastighet
0.1	0.27
0.2	0.38
0.3	0.47
0.4	0.54
0.5	0.6

Vattenhastighet 0,15-0,2: svagt strömmande
Vattenhastighet $> 0,3$ m/s: tydligt strömmande



Bristanaly's strandhabitat

Areal vegetationstäckt strand: älvmagasin vs. oreglerade stränder



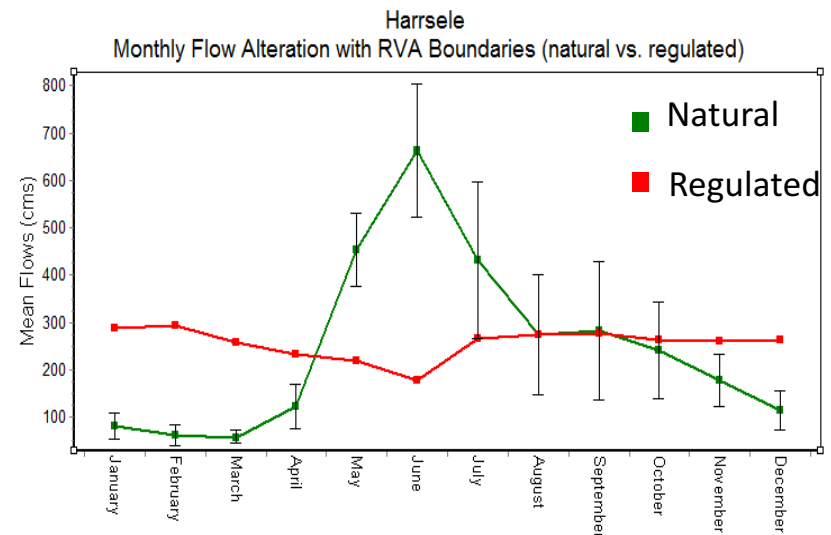
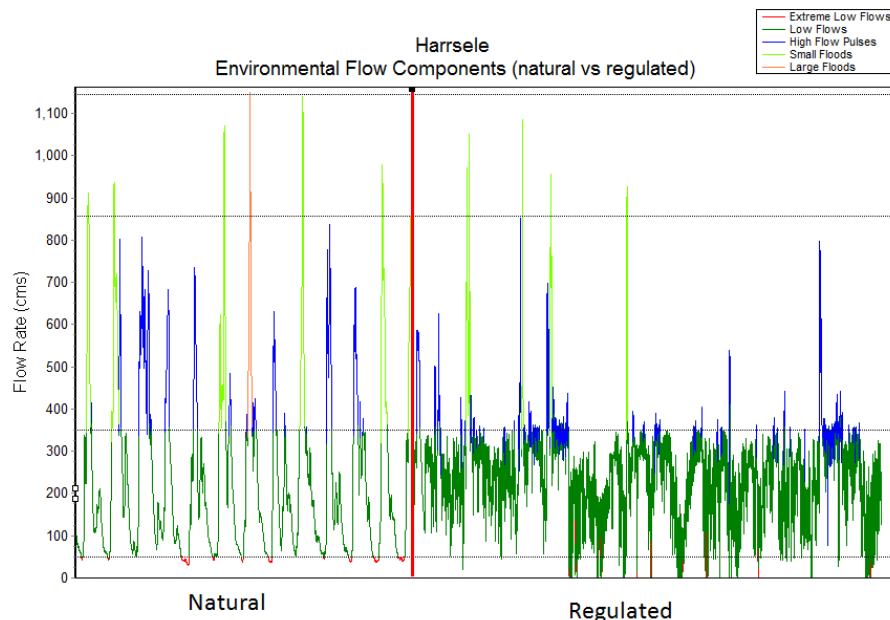
Kartläggning regleringspåverkan

Flöde

Finns olika metoder för detta, men för att få en bra och ekologisk relevant upplösning på flödesförändringar: metod som använder dygnsdata. Analysera förändringar i:

- magnitud
- timing
- frekvens
- ihållighet
- förändringshastighet

Index of Hydrological Alteration
Dundee Hydrological Regime Assessment Method (DHRAM)

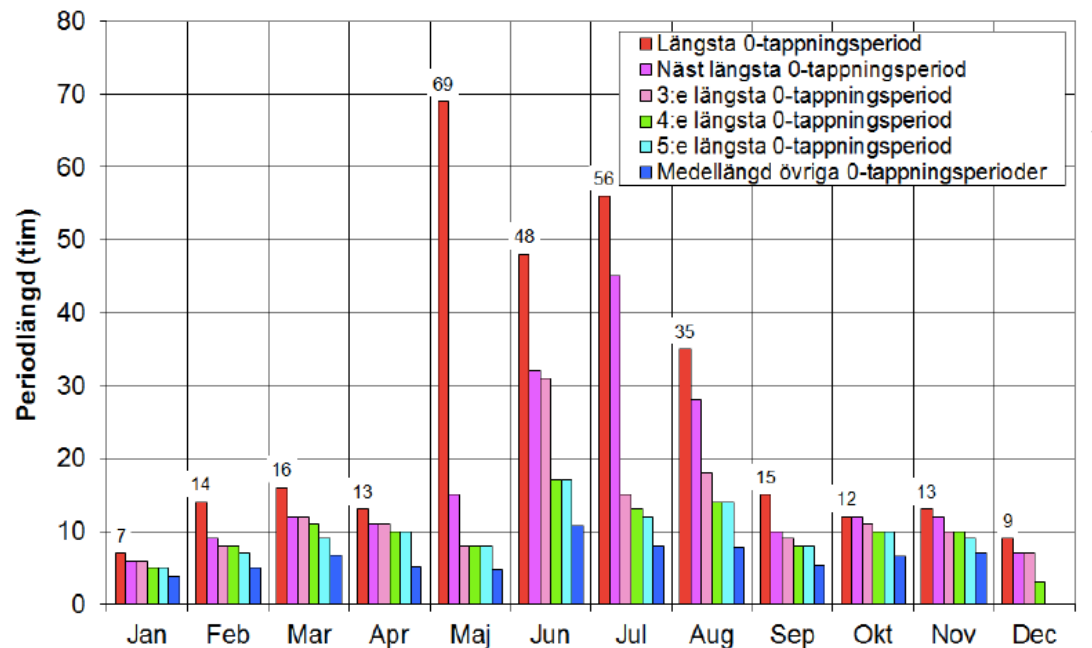


Kartläggning regleringspåverkan Flöde

Förändringar på kortare tidsintervaller: timdata

- Nolltappning
- Förändringshastighet; flöde, nivå

Längsta perioder med nolltappning 2003 (torrår) i Tuggens kraftverk



Ekologiska flöden

Ekologiskt anpassad vattenreglering: En reglering av flöden och vattenstånd som tillgodoser de ekologiska behoven i vattensystemen.



Vad säger vattendirektivet?

För naturliga vattenförekomster, ej kraftigt modifierade:

“en hydrologisk regim i överensstämmelse med att kunna uppnå miljö kvalitetsnormerna för naturliga vattenförekomster i enlighet med vattendirektivet”

- Ingen försämring av miljön
- Uppnår god ekologisk status
- Uppfyller habitat- och artdirektiv



Vad är ekologiska flöden i vattendirektivet?

För kraftigt modifierade vattenförekomster:

- *“en noggrann utvärdering av den hydrologiska regimen som ska uppnås måste göras i enlighet med definitionen för god ekologisk potential (GEP), tillsammans med åtgärder för att förbättra flödesförhållandena”*
- *“beroende på miljöförändringens natur och påverkansgrad kan den hydrologiska regimen som motsvarar GEP vara mycket nära ekologiska flöden”*
- Undantag kan vara godtagbara om den hydrologiska förändringen är stor. Ekologiska flöden måste definieras och nödvändiga åtgärder för att uppnå dem identifieras. Flödesregimen som genomförs i vattenförekomsten ska vara så nära ekologiska flöden som möjligt.

Ekologisk reglering

Basfunktioner

Vattenhushållningsbestämmelser som gynnar ekologiska processer eller strukturer

Basfunktion	Gynnade ekologiska processer	Miljönytta
Kontinuerligt flöde	Strömmande vatten, syresättning, ökad sedimentdynamik, transport av näring	Habitat för akvatiska organismer som fisk, makroeventebrater, filtrerare
Vatten i torrfåror och omlöp	Sträckor med turbulent flöde	Skapar habitat för forslevande organismer
Vatten i fiskvägar	Konnektivitet	Öppnar upp nytt habitat för fiskpopulationer
Säsongsvariation i vattenstånd under vegetationsperioden	Stress och störning från översvämning, groning och etablering av växter	Mer habitat för strandvegetation
Säsongsvariation i vattenflöden (vårflod)	Många processer	Skapar habitat för organismer på stränder och i vattnet

Verktyg – programvara

Optimering av produktion vid ekologisk reglering



- Simuleringsprogram
 - Behandlar varje kraftverk för sig
 - En ändring av regleringsförutsättningarna för ett magasin i nedre delen av en älv får då ingen påverkan på driftstrategierna i älvens övre kraftverk.
- Ett produktionsoptimeringsprogram som ProdRisk betraktar alla kraftverk och magasin som ett system där tappningar och regleringar genom en optimeringsprocess automatiskt anpassas efter givna begränsningar så att det totala årliga ekonomiska utbytet av produktionen i älvens samtliga kraftverk blir så stort som möjligt.
- En ändring av till exempel vattenhushållningsbestämmelserna för ett magasin i älvens mellersta del påverkar då hur ProdRisk fördelar och reglerar vattnet i älvens samtliga kraftverk, även de som är belägna långt uppströms det aktuella magasinet.
- När ett **alternativ med ekologiska regleringar ska studeras ändras begränsningar och randvillkor i indata till ProdRisk så att önskade ekologiska tappningar och regleringsförhållanden uppnås.** Med utgångspunkt från resultatfilerna går det därefter att studera hur produktionen och därmed vattnet flyttats från en säsong till en annan samt hur dygnsfördelningar ändrats jämfört med vid nuvarande förhållanden.
- Föreslagna flödes- och regleringsåtgärder bör vara tekniskt genomförbara.

Basfunktioner

Vattenhushållningsdefinitioner och variabler för att kvantifiera mängden skapat habitat i Umeälven

Basfunktion	Vattenhushållningsregler	Utvärdering
Kontinuerligt flöde	Minsta turbinvattenföring i alla kraftverk, alt. spill motsvarande MLQ	Teoretisk vattenhastighet i sektioner nedströms kraftverken
Vatten i torrfåror och omlöp	Flöde med säsongsvariation anpassat efter fårans bredd, 9 sträckor	Blötlagd yta, total skapad yta med turbulent flöde
Vatten i fiskvägar	3% av årsmedelflödet under fiskvandningsperioder till fiskväg vid 9 kraftverk	Tillgängliggjort habitat för befintliga fiskpopulationer på andra sidan dammen
Säsongsvariation i vattenstånd under vegationsperioden	Mellan 15/5 till 31/8 först högt vattenstånd, följt av en period med lågt vattenstånd	Yta habitat för strandväxter (area periodvis översvämmad finjordsstrand)
Säsongsvariation i vattenflöden (vårflod)	Veckomedelvärden för vattenflödet efterliknar naturliga flöden	Ej bedömd som rimlig i Umeälven

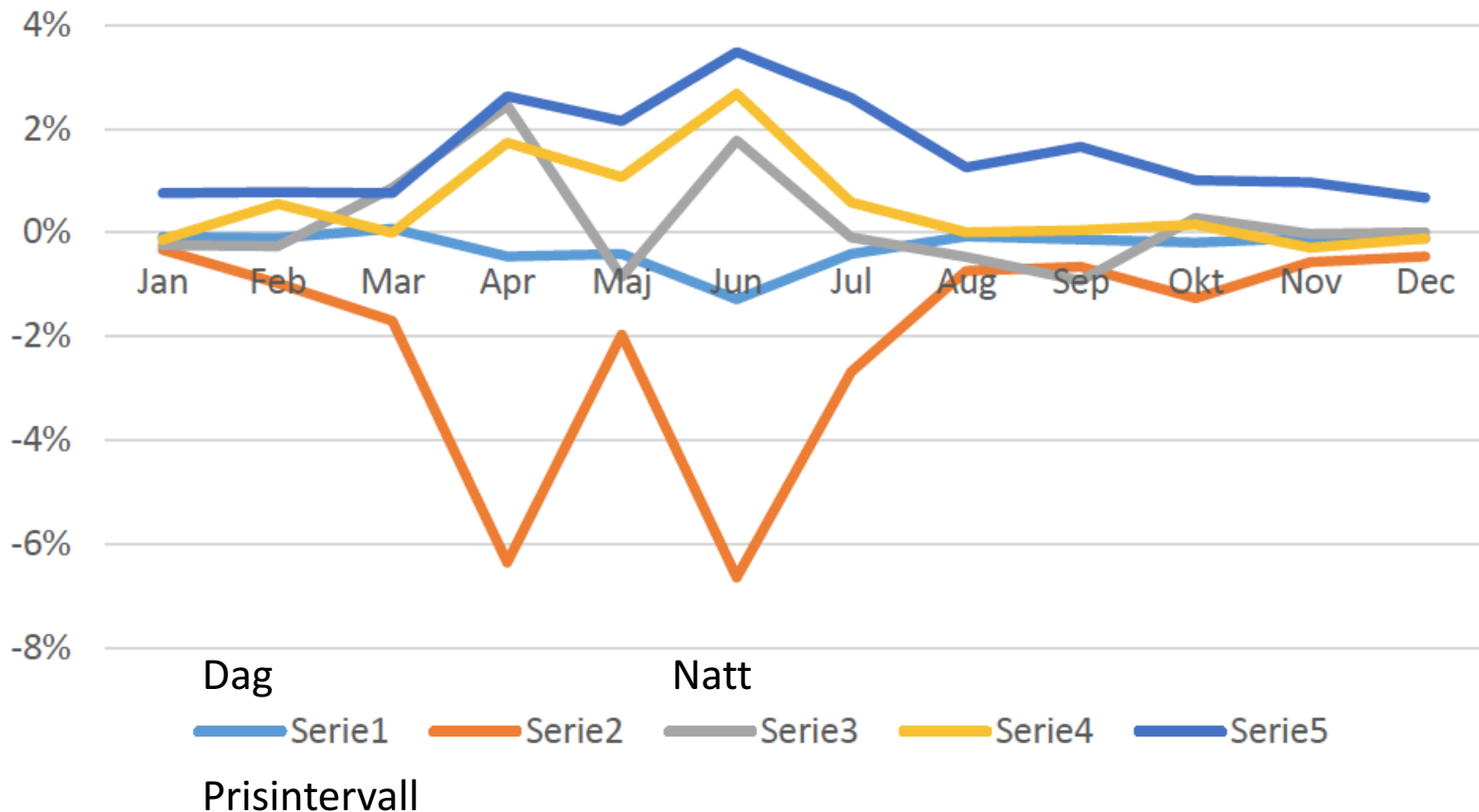
Beräkning av flödespåverkande åtgärders produktionspåverkan

basfunktioner	Produktions- bortfall (GWh)	Andel av produktion (%)	Produktions- bortfall (Mkr)	Andel av intäkt (%)
kontinuerligt flöde	39,4	0,51 %	15,2	0,7 %
kontinuerligt flöde + omlöp/torrfåror	158,0	2,05 %	48,3	2,2 %
kontinuerligt flöde + fiskvägar	100,2	1,30 %	31,8	1,4 %
kontinuerligt flöde + torrfåror/omlöp + + fiskvägar	212,7	2,76 %	64,9	2,9 %
kontinuerligt flöde + forsmiljöer + + fiskvandring + miljöanpassade vattenstånd	-	3,76%	-	-

Påverkan på reglerförmåga

Flytt av produktion inom dygnet

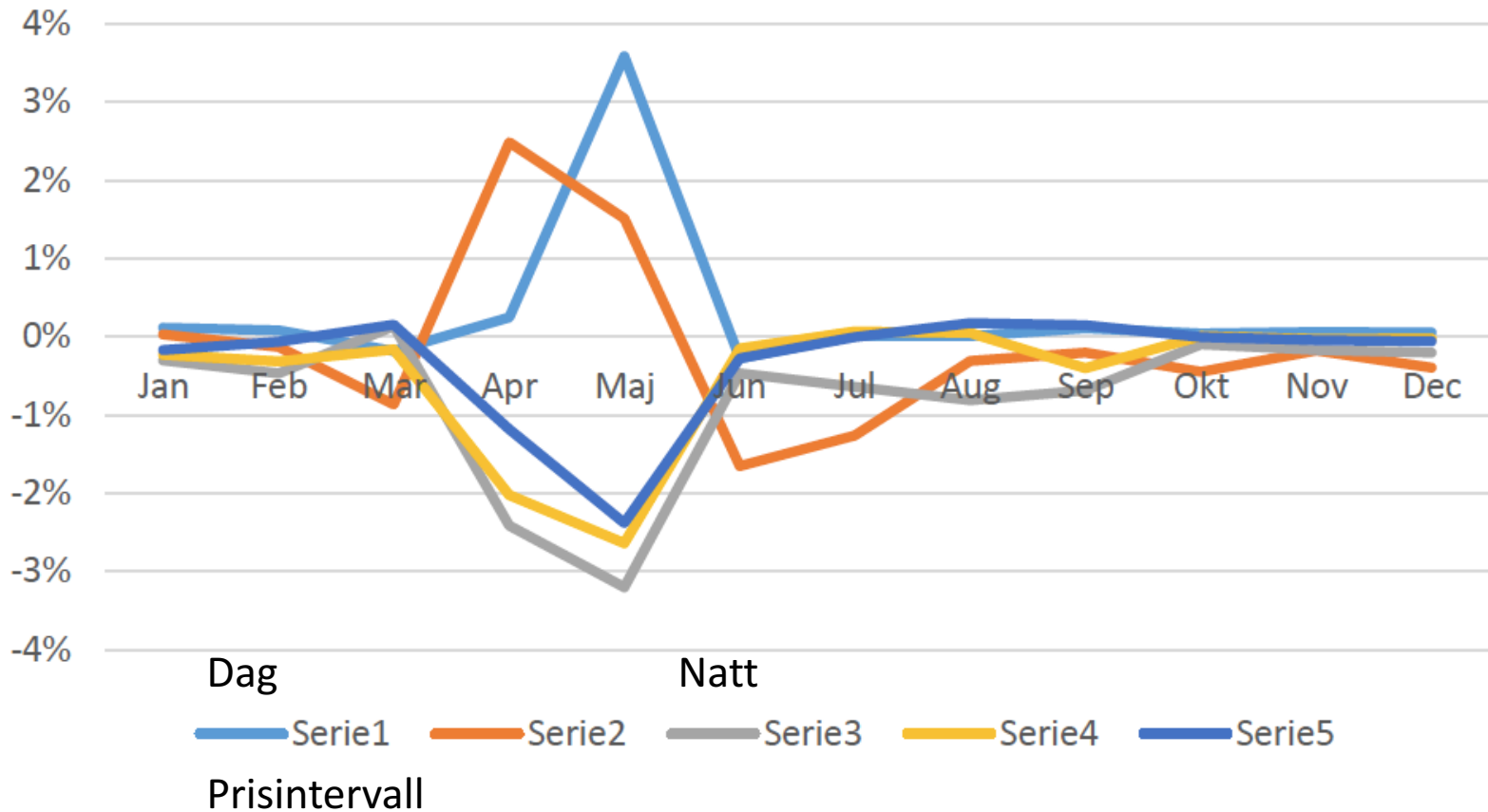
Tuggen, andel av produktion som bytt prisintervall i scenariot (kontinuerligt flöde)
27 % minskning av dagproduktion per år



Påverkan på reglerförmåga

Flytt av produktion inom dygnet

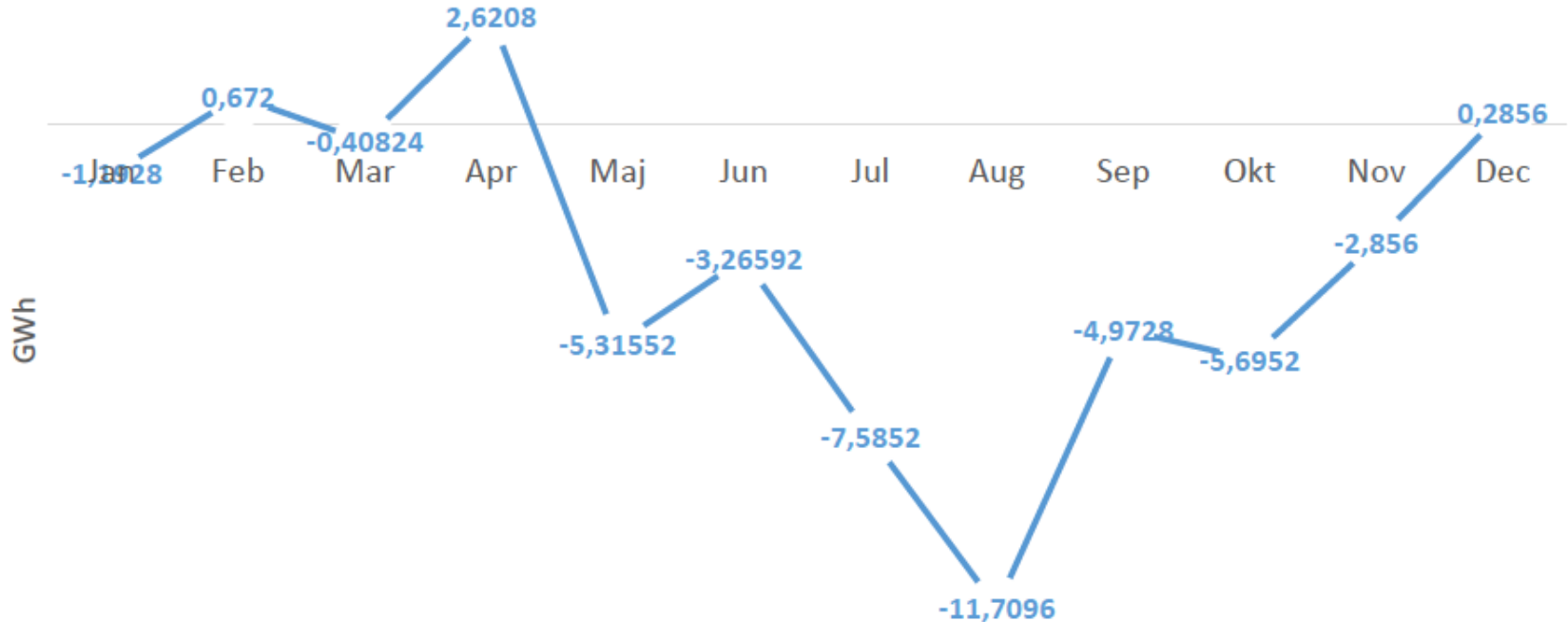
Abelvattnet, andel av produktion som bytt prisintervall i scenariot (kontinuerligt flöde)
7 % ökning av dagproduktion per år



Påverkan på reglerförmåga

Påverkan på produktion mellan säsonger

Förändring av produktion (GWh) per månad med kontinuerligt vattenflöde jämfört med dagens reglering
Umeälven nedströms Storuman



Produktionsvinst: ingen nolltappning kontinuerlig produktion av energi.

Produktionsförluster: (1) produktion under lägre verkningsgrad, (2) spill.

Bas för prioritering av åtgärder – väga miljönytta mot kostnad

basfunktioner	Kostnad (produktions- bortfall; %)	Miljönytta (area vunnet habitat för olika organismgrupper)
kontinuerligt flöde	0,51 %	Habitat för akvatiska organismer
kontinuerligt flöde + omlöp/torrfåror	2,05 %	Habitat för akvatiska och forslevande organismer
kontinuerligt flöde + fiskvägar	1,30 %	Habitat för akvatiska organismer samt vandringfisk
kontinuerligt flöde + torrfåror/omlöp + + fiskvägar	2,76 %	Habitat för akvatiska och forslevande organismer samt vandringfisk
kontinuerligt flöde + forsmiljöer + + fiskvandring + miljöanpassade vattenstånd	3,76 %	Habitat för akvatiska och forslevande organismer, vandringfisk, strandvegetation

Olika typer av miljöåtgärder



Primära åtgärder:

- Ekologiska flöden



Sekundära åtgärder:

- Fysiska strukturer



Tertiära åtgärder:

- Så, plantera, sätta ut, inplantera





Evidens för att föreslagna miljöåtgärder har avsedd effekt

Vetenskapligt stöd för att föreslagna miljöåtgärder gynnar viktiga ekologiska processer och/eller skapar habitat för vattendragsorganismer i utbyggda vattendrag

Evidenshierarki:

- 1. utvärderingar av restaureringsprojekt (meta-analyser och systematiska granskningar av data)**
- 2. bevis för att en åtgärd gynnar en specifik process**
- 3. orsakssamband mellan process/struktur och önskad respons**

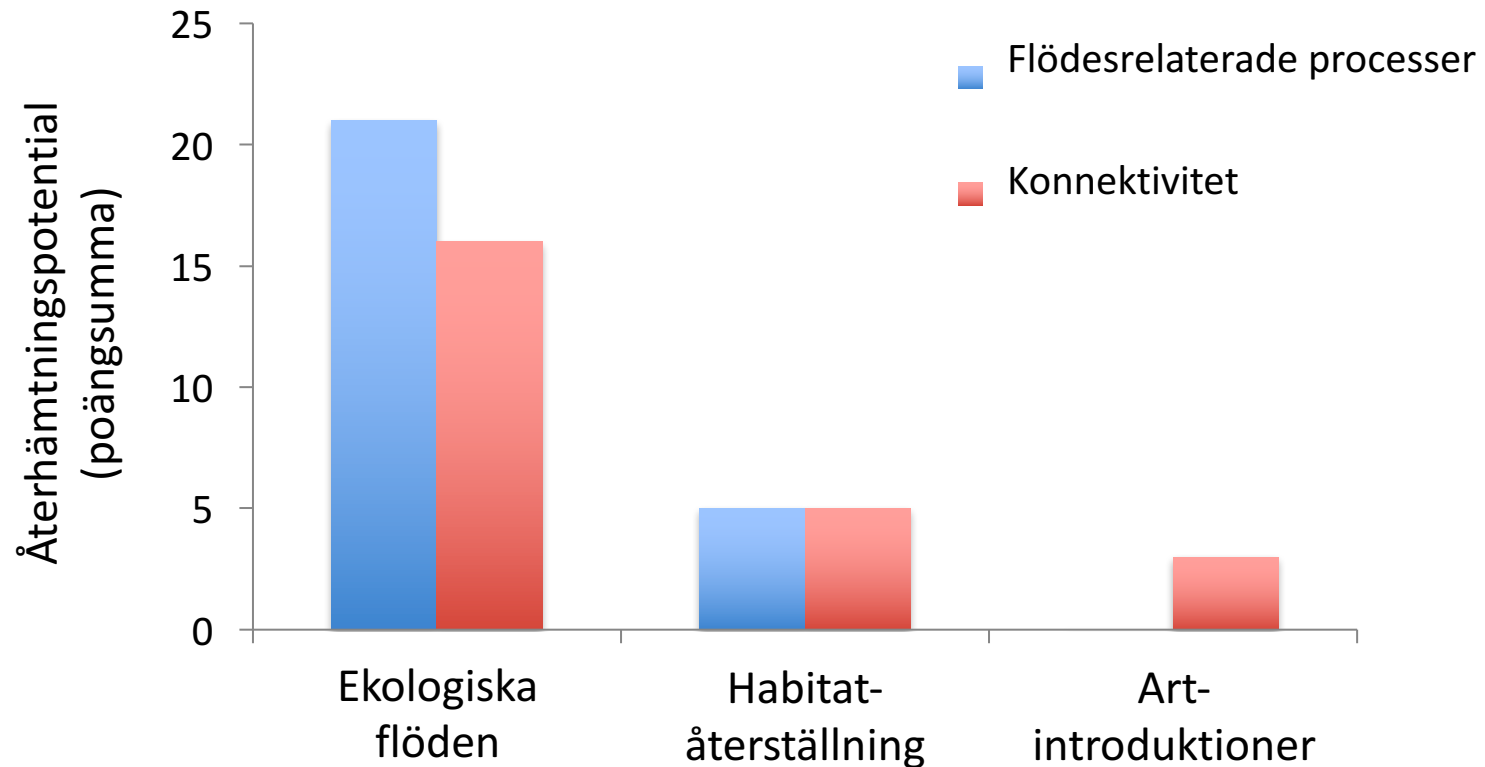
Process	Påverkade habitat	Ekologiska flöden	Habitatåterställning	Artintroduktioner
Flödeshastighet	Miljöer med forsande vatten	Undvika nolltappning	-	-
Flödesmagnitud	Akvatiska miljöer, forsar	Minimiflöden	-	-
Högflödespulser	Översvämningsmiljöer, sedimentdeposition	Högflödespulser	Lekgrusutläggning, muddring	-
Lågflödesperioder	Amfibisk vegetation	Låga vinterflöden	-	-
Vattenståndsvariation	Strandzoner	Efterlikna naturlig vattenståndsvariation	Stenblock i strandzoner	-
Termoreglering	Kallvattenrefugier	Högre flöden eller bottentappning	Skapa djuphål	-
Sedimentdynamik	Bottnar, sedimentdeposition	Högflödespulser	Lekgrusutläggning, muddring	-
Isdynamik	Strand- och grundområden	Undvika korttidsreglering	Stenblock i strandzoner	-

Process	Påverkade habitat	Ekologiska flöden	Habitat-återställning	Artintroduktioner
Uppströms-vandring av fisk	Rörelser mellan habitat för lek, uppväxt, föda och överlevnad försvårad	Fiskvägar, omlöp	Transport förbi dammarna	Utplantering av fisk
Nedströms-vandring av fisk	Rörelser mellan habitat för lek, uppväxt, föda och överlevnad försvårad	Fiskvägar, omlöp	Modifiera intag till kraftstationerna	Utplantering av fisk
Insektsdrift	Minskad omfattning och förflyttad i tid	Högflödespulser	-	-
Växtdiaspor-spridning	Minskad omfattning och förflyttad i tid	Spill genom utskov	-	Sådd
Näringstransport	Minskade koncentrationer av Si, Ca, Na, K och S, förändrad tidpunkt	Koordinerade högflödespulser	-	-
Utbyte med hyporheiska miljöer	Mindre vattenutbyte med grundvattenmiljöer	Undvika noll-tappning, säsongsvariation i flöden	Placera ut stockar och block för att öka turbulensen	-
Biflödes-mynningar	Barriärer	Säsongsvariation i flöden	Ta bort barriärer	-



“Evidensbaserade åtgärder” och potential för återhämtning av ekologiska funktioner

Förväntad återhämtning	Nära fullständig	Påtaglig	Någon
Poäng	3	2	1





Restaureringspotential med olika åtgärdstyper

Åtgärd	Stränder	Strömmande vatten	Konnektivitet	Rumslig skala
Ekologiska flöden	+++	+++	+++	++
Konnektivitets-skapande åtgärder	(+)	(+)	+++	++
Fysiska strukturer	+	++		+
Åtgärder för att justera temperatur och vattenkvalitet		++		+



Miljöåtgärder med kvantifierade miljönyttor och kostnader – utgångspunkt för prioritering

Åtgärd	Kostnad	Areal skapat habitat
Undvika nolltappning	39,5 GWh	282 ha
Habitatrestaurering i strömmande vatten	2,8 miljoner kr	240,5 ha
Vatten i torrfårar	140,1 GWh	129,2 ha
Vatten i omlöp	0.4 GWh	28,9 ha
Vatten i fiskvägar	100,1 GWh	17 ha



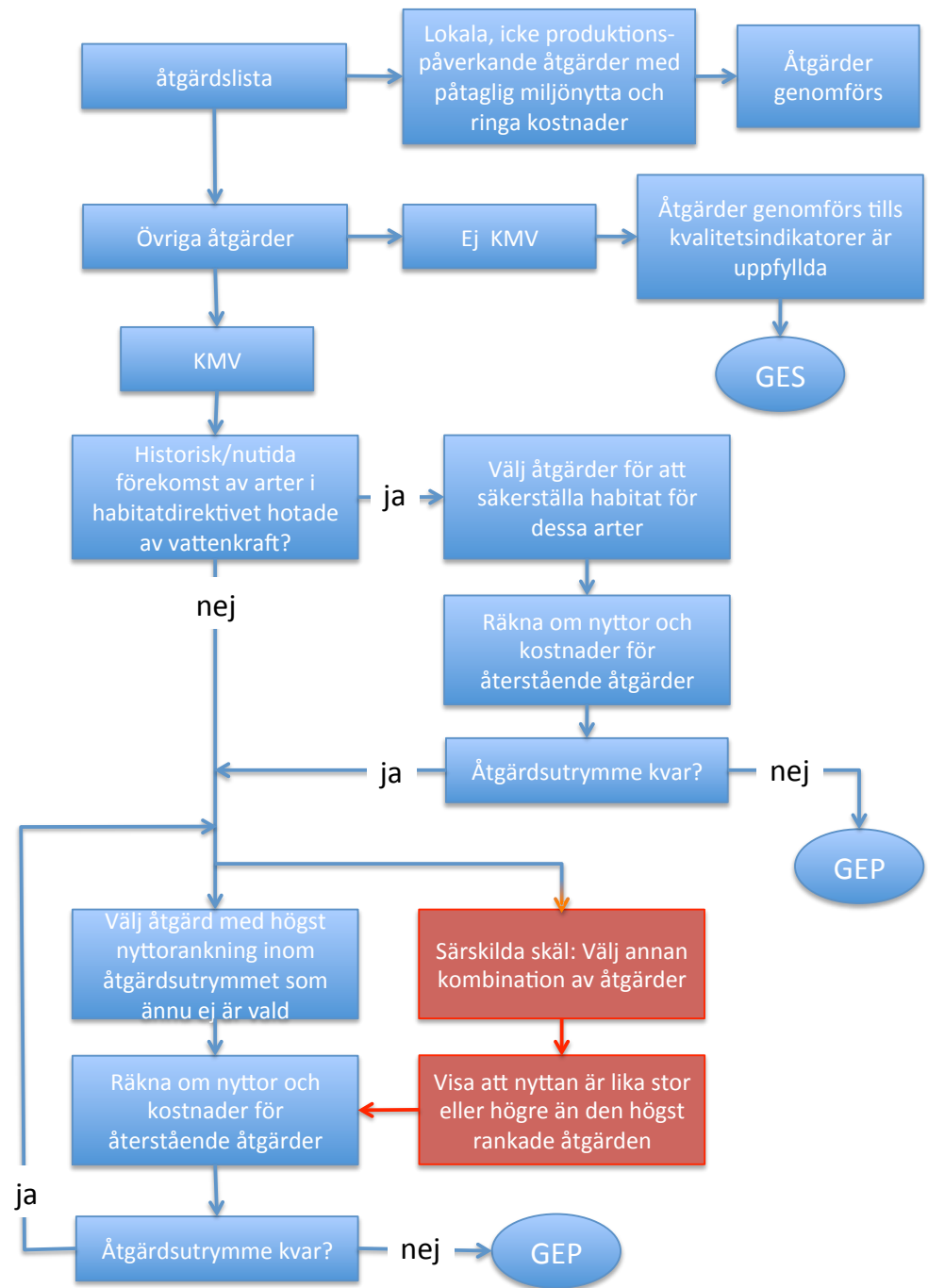
Miljöåtgärder med kvantifierade miljönyttor och kostnader – utgångspunkt för prioritering

Åtgärd	Kostnad	Areal skapat habitat
Undvika nolltappning	39,5 GWh	282 ha
Habitatrestaurering i strömmande vatten	2,8 miljoner kr	240,5 ha
Vatten i torrfåror	140,1 GWh	129,2 ha
Vatten i omlöp	0.4 GWh	28,9 ha
Vatten i fiskvägar	100,1 GWh	17 ha
Undvika nolltappning + fiskvägar + omlöp + torrfåror	212,7 GWh	457,1 ha



Arbetsgång för prioritering

1. Åtgärdsutrymme
2. Åtgärdslista
3. "Konsensusåtgärder"
4. KMV eller inte?
5. Hänsyn till särskilt skyddsvärda arter
6. Särskilda skäl att göra avsteg från prioriteringslistan
7. "Normal" prioritering





Åtgärdsutrymme

= förluster eller restriktioner en verksamhetsutövare i KMV anses få tåla innan det betraktas som "betydande negativ påverkan" enligt Vattendirektivet

- Produktionsbortfall
- Påverkan på balans- och reglerkraft
- Kostnader för att genomföra icke produktionspåverkande åtgärder

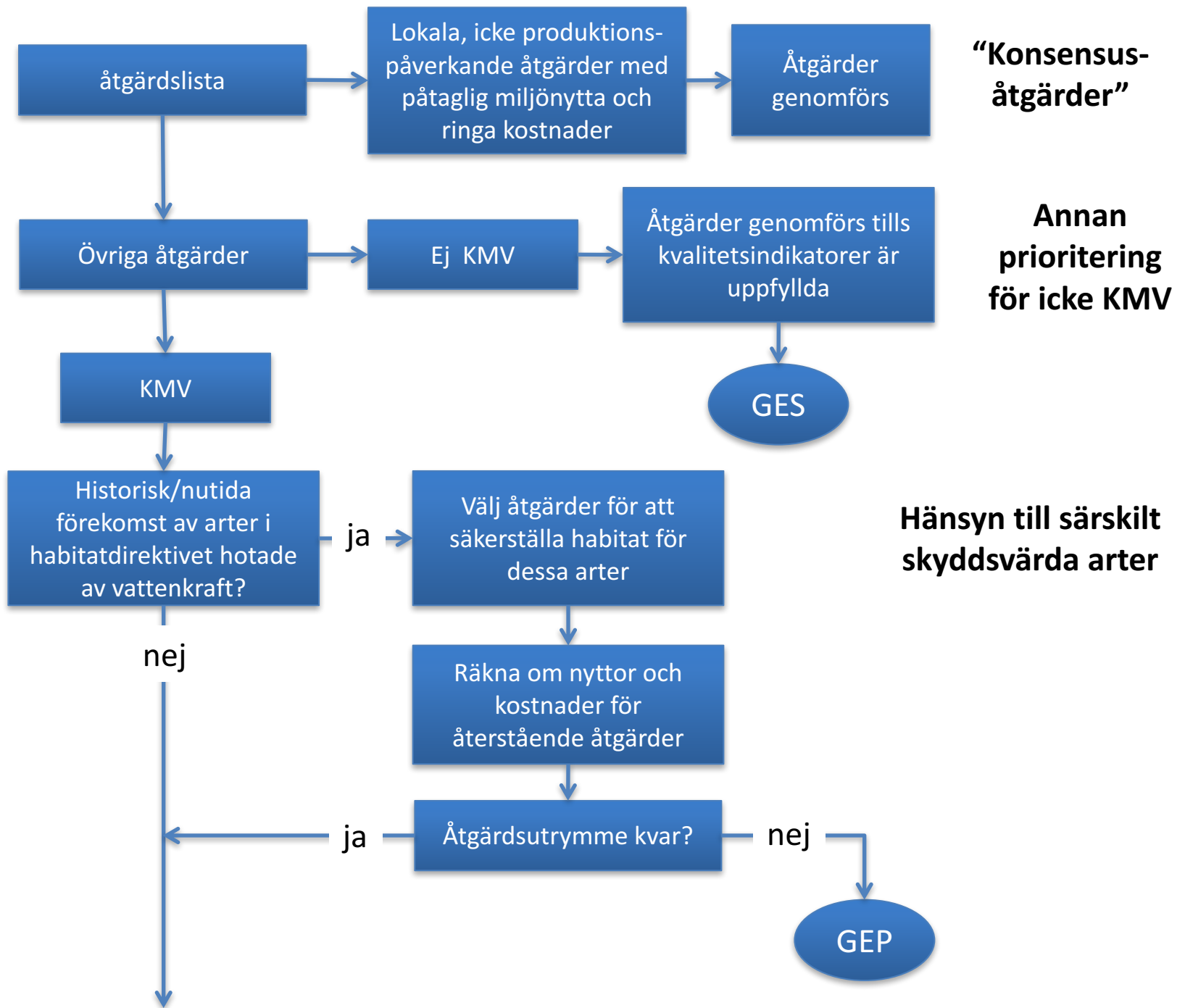
Nivån en politisk och juridisk fråga – "vad ekosystemen behöver" irrelevant

Enligt nationella strategin? Praxis från vattendomar? Samma för alla vattendrag?



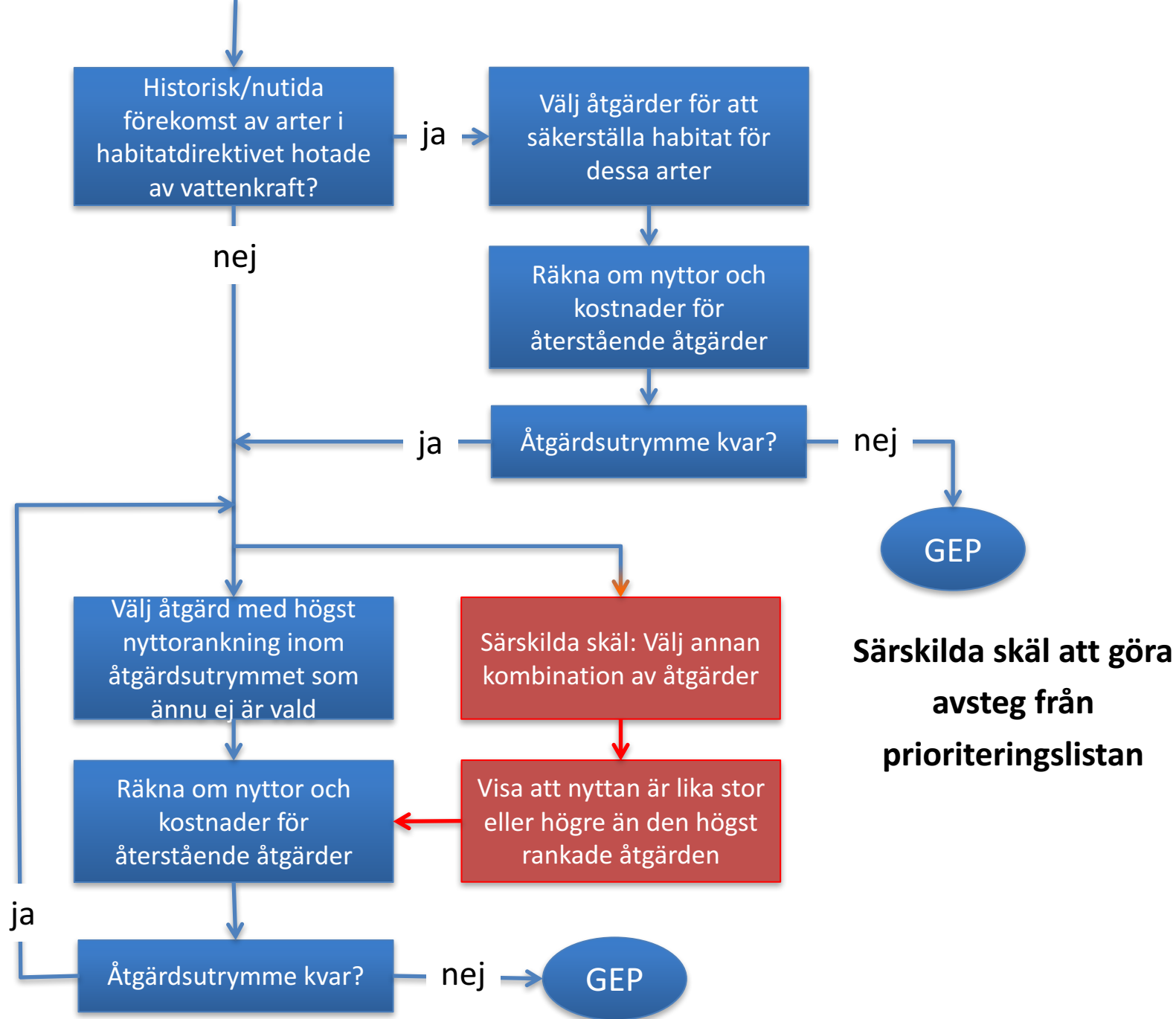
Åtgärdslista

Åtgärd	Kostnad	Areal skapat habitat
Undvika nolltappning	39,5 GWh	282 ha
Habitatrestaurering i strömmande vatten	2,8 miljoner kr	240,5 ha
Vatten i torrfåror	140,1 GWh	129,2 ha
Vatten i omlöp	0.4 GWh	28,9 ha
Vatten i fiskvägar	100,1 GWh	17 ha
O.S.V.		



Särskilt skyddsvärda arter

Namn	Habitattyp	Kritiskt habitat & process
Utter	Ström	Strömhabitat, stark ström vintertid
Grönfläckig padda	Våtmark	Kustnära våtmark med god solinstrålning
Klockgroda	Småvatten	Fiskfria småvatten
Större vattensalamander	Småvatten	Fiskfria småvatten
Asp	Ström	Näringsrik sjö, konnektivitet med rinnande vatten för lek
Harr	Ström	Strömhabitat
Lax	Ström	Strömhabitat, konnektivitet hav (Vänern)
Nissöga	Lugnvatten	Mjuk finsedimentbotten
Stensimpa	Ström	Strömhabitat, stenig strandzon i större sjö
Ål	Variabel	Honor sötvatten konnektivitet
Flodkräfta	Variabel	Steniga bottenar, ingen signalkräfta
Blodigel	Småvatten	Fiskfria småvatten
Flodpärlmussla	Ström	Strömhabitat , god tillgång på öring (lax)
Tjockskalig målarmussla	Ström	Strömhabitat, näringsrikedom
Sirlig skivsnäcka	Strand	Strandzon näringsrik sjö (Ringsjön)
Bred gulbrämad dykare	Småvatten	Fiskfria småvatten, sjöar
Bred paljettdykare	Småvatten	Djupa småvatten, gärna fiskfria och med mycket vegetation
Citronfläckad kärrtrollslända	Småvatten	Småvatten, sjöar och lugnflytande vattendrag
Grön flodtrollslända	Ström	Stora älvar i norra Sverige
Flytsvalting	Lugnvatten	Näringsfattiga-mesotrofa sjöar
Hänggräs	Strand	Blöta, blottlagda stränder påverkade av högvatten och is
Sjönajas	Lugnvatten	Mjukbotten i mesotrofa sjöar
Småsvalting	Lugnvatten	Sandiga grundbottenar, även brackvatten
Venhavre	Fors	Erosionsstränder vid fors
Ävjepilört	Strand	Grunda, leriga stränder
Hårklomossa	Svämzon	Svämzon, med naturliga översvämning (på sten, träd)
Späd bäckmossa	Block	På stenblock i bäckar (Värmland, Västerbotten)





Åtgärdslista

Åtgärd	Kostnad	Areal skapat habitat
Undvika nolltappning	39,5 GWh	282 ha
Habitatrestaurering i strömmande vatten	2,8 miljoner kr	240,5 ha
Vatten i torrfårör	140,1 GWh	129,2 ha
Vatten i omlöp	0.4 GWh	28,9 ha
Vatten i fiskvägar	100,1 GWh	17 ha
O.S.V.		



Planerade vetenskapliga artiklar från Priokliv

- Vägledning för att identifiera regleringspåverkan och åtgärdspotential (specialnummer av *Freshwater Biology*)
- Evidensbaserade miljöåtgärder för att höja vattenkraftspåverkade vattendrags ekologiska status (reviewartikel till ekologisk tidskrift förbereds)
- Scenarier för ekologisk reglering (vetenskaplig artikel planeras, men kanske inte som del av Priokliv)
- Skillnader i att restaurera ekosystem med pågående exploatering jämfört med återställning efter avslutad markanvändning

Uppdrag och resultat

Mål:

“att leverera en effektiv, praktisk och hos intressenterna accepterad arbetsgång för välgrundade beslut om prioritering av balanserade vattenkrafts-relaterade miljöåtgärder”

Resultat:

- Vägledning för inventering av tekniska förutsättningar, begränsningar och naturvärden
- Metoder för och resultat från analyser av ekologisk reglering
- Genomgång av evidensen för miljöåtgärders effektivitet
- Metoder för att kvantifiera åtgärdernas miljönyttor och kostnader för verksamhetsutövarna
- Prioriteringsmodell



Huvudresultat

- Kartering och analyser bör ske på avrinningsområdesnivå
- Att genomföra aspekter av ekologiska flöden ger stor miljönytta i förhållande till kostnaden
- Flödespåverkande miljöåtgärder har större potential att åstadkomma miljöförbättringar än åtgärder som modifierar strukturer
- Majoriteten av åtgärder med ringa produktionspåverkan gäller konnektivitet och fisk – potential att utveckla metoder för andra organismgrupper
- Åtgärdernas miljönyttor och kostnader kan kvantifieras med förhållandevis enkla metoder
- Åtgärder med störst potentiell miljönytta inom det politiskt satta åtgärdsutrymmet prioriteras
- Interaktioner och återkopplingar mellan miljöåtgärder gör att nyttor och kostnader måste räknas om i prioriteringsmodellen efter varje vald åtgärd

