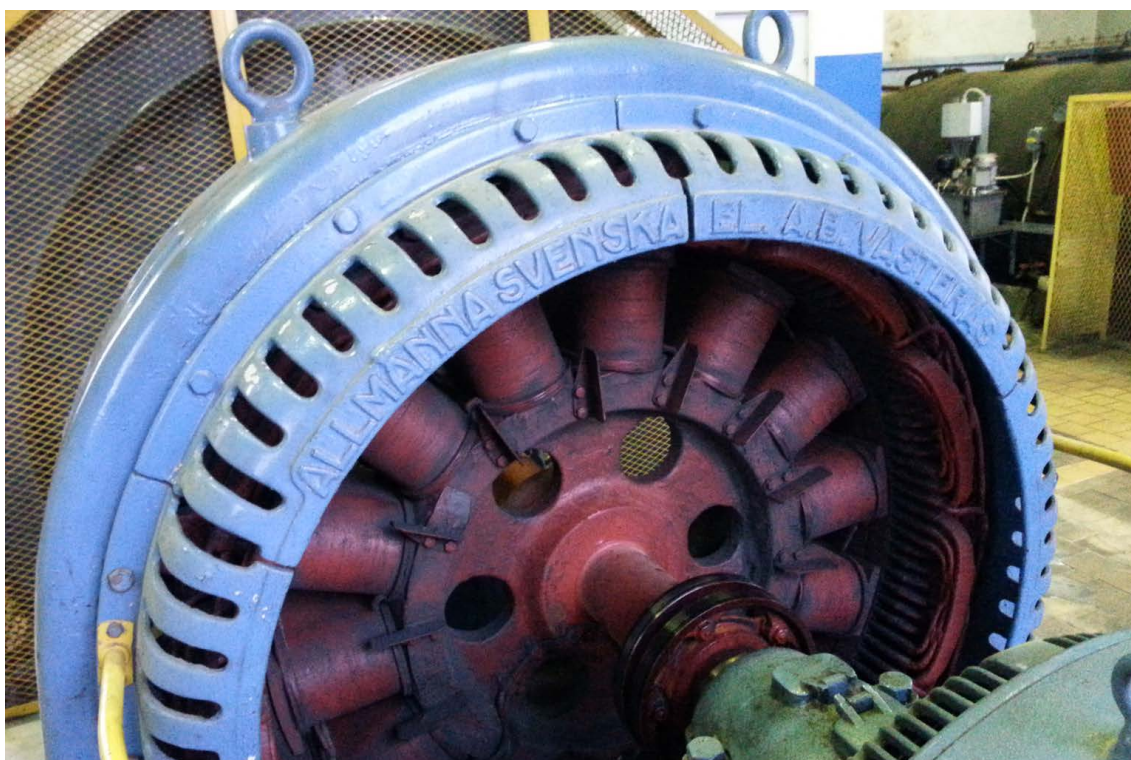


Den småskaliga vattenkraftens miljöpåverkan och samhällsnytta

En syntesstudie



Erik Lindblom, Kristina Holmgren

Författare: Erik Lindblom och Kristina Holmgren

Medel från: Svensk Vattenkraftförening, LRF, Svensk Energi och Stiftelsen IVL

Fotograf: Erik Lindblom

Rapportnummer: B 2258

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2016

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 010-788 65 00 Fax: 010-788 65 90

www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Förord

IVL Svenska Miljöinstitutet kontaktades under våren 2015 av Svensk Vattenkraftförening och Lantbrukarnas Riksförbund (LRF). De beskrev hur många av deras medlemmar var bekymrade över den småskaliga vattenkraftens framtid i bland annat ljuset av Vattenverksamhetsredningens förslag om nyprövning av vattenverksamheter. De upplevde att delar av debatten fördes på ett alltför förenklat vis där den samlade vattenkraftens miljöpåverkan ställdes mot den småskaliga vattenkraftens elproduktion. Diskussionen ledde till en syntesstudie om den småskaliga vattenkraftens miljöpåverkan och samhällsnytta som redovisas i den här rapporten. Studien har finansierats av Svensk Vattenkraftförening, Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) och Svensk Energi samt Stiftelsen IVL.

Studiens styrgrupp har bestått av:

- Erik Lindblom, projektledare, IVL Svenska Miljöinstitutet
- Gun Åhrling-Rundström, Svensk Energi
- Gunvor Axelsson, Svensk Vattenkraftsförening
- Mona Olsson Öberg, IVL Svenska Miljöinstitutet
- Ulf Wickström, Lantbrukarnas Riksförbund

Rapporten ska inte tolkas som ett ställningstagande från finansörerna, utan alla slutsatser i denna rapport är författarnas egna.

Innehållsförteckning

1	Inledning	9
1.1	Motiv för studien.....	9
1.2	Mål.....	10
2	Bakgrund	10
2.1	Geografisk och historisk översikt	10
2.2	Teknisk beskrivning av strömkraftverk och kraftverk med korttidsreglering	13
3	Metodik.....	14
3.1	Betraktade alternativ	14
3.2	Avgränsningar	14
3.3	Analysmodell.....	15
4	Resultat.....	18
4.1	Kultur och rekreation.....	18
4.2	Miljö.....	20
4.3	Elförsörjning	26
4.4	Miljöförbättrande åtgärder i små vattenkraftverk	29
5	Diskussion och slutsatser.....	31
5.1	Sammanfattande konsekvensanalys av en omfattande utrivning av småskaliga vattenkraftverk.....	31
5.2	Är det betraktade scenariot en realistisk tolkning av vattendirektivets krav?	34
5.3	Vilka kumulativa effekter kan uppstå vid en storskalig förändring av Sveriges hydrologiska landskap?	35
5.4	Vad tillför en ekosystemtjänstanalys när det saknas värderingsstudier av de olika tjänsterna?.....	37
5.5	Förslag på fortsatta utredningar	37
	Referenser	42

Sammanfattning

Den statliga Vattenverksamhetsutredningen föreslog 2014 bland annat att alla vattenkraftanläggningar som saknar tillstånd enligt miljöbalken bör nyrövas. Den nationella strategin för hållbar vattenkraft som kom 2015 slår fast att det krävs omfattande miljöförbättrande åtgärder för att Sverige ska klara åtagandet enligt EU:s vattendirektiv. Trots att Havs- och Vattenmyndigheten pekar på att faunapassager och ekologisk reglering är huvudinriktningen finns det en oro för att många små vattenkraftverk ska tvingas till nedläggning och utrivning på grund av höga process- och åtgärds kostnader. Det är alltså nödvändigt att klargöra det juridiska och finansiella ramverket för den småskaliga vattenkraftens framtida förändringar för att samhället ska lyckas genomföra en rättvis och hållbar omställning.

Den här studien analyserar det tänkbara scenariot att ett stort antal små vattenkraftverk rivs ut. Idag finns det knappt 2 000 små vattenkraftverk i drift och ytterligare flera tusen fördämningar orsakade av nedlagda kraftverk, flottningsföretag och väg- och järnvägsnätet. Skulle det bidra till en hållbar samhällsutveckling om några hundra av dessa kraftverk revs ut? För att svara på det måste både miljöpåverkan och samhällsnytta studeras. Analysen har gjorts utifrån tre perspektiv – EU:s ramdirektiv för vatten, ekosystemtjänster och nationella miljömål – och för tre aspekter – kultur och rekreation, miljö samt elförsörjning. Under studiens litteraturgenomgång blev det tydligt att det i publicerad litteratur finns en övervikt mot beskrivningar av den befintliga vattenkraftens miljöpåverkan. Den småskaliga vattenkraften beskrivs sällan separat utan klumpas oftast ihop med den storskaliga, vilket kan ge en felaktig eller svårtolkad bild. Den här studien har utöver miljöpåverkan fokuserat på den småskaliga vattenkraftens betydelse för kulturmiljön och elförsörjningen.

Det är väldokumenterat att vattenkraften har en stor påverkan på vattenmiljön. De allvarligaste störningarna orsakas av fördämningarna (barriäreffekter) samt korttidsreglering/nolltappning. Båda dessa undanröjs vid utrivning. Vattenmiljön och den biologiska mångfalden gynnas av att återskapa strömsträckor och minska antalet vandringshinder. Samtidigt är det stora skillnader mellan olika typer av anläggningar. Strömkraftverk, som utgör en stor del av de småskaliga vattenkraftverken, har mycket liten aktiv reglering. I de fallen kan en effektiv faunapassage återskapa vattendragets konnektivitet och alltså vara en tillräcklig miljöåtgärd. Studien drar också slutsatsen att det kan uppstå andra, kumulativa, effekter om många vattenkraftverk längs samma vattendrag eller i samma avrinningsområde skulle rivs ut. Till exempel kan det lokala mikroklimatet påverkas av att sjöarealen minskar med färre dammar. Risken för skred och sättningar kan öka till följd av förändrade grundvattennivåer. Markfuktförhållanden kan också påverka produktivitet i angränsande jordbruks- och skogsmark.

Många småskaliga vattenkraftanläggningar har höga kulturhistoriska värden. De är de äldsta tekniska installationerna som fortfarande är i drift och de påminner tydligt om hur Sveriges industrialisering och elektrifiering gick till. Värdena hänger starkt samman med en bibehållen verksamhet. Under de senaste åren har flera länsstyrelser arbetat med att dokumentera kulturmiljöer längs vatten, bland annat vattenkraftanläggningar. En av studiens slutsatser är att kunskapen om de här kulturhistoriska värdena bör fortsätta att dokumenteras, tillgängliggöras och användas professionellt vid beslut som rör anläggningarna.

Idag bidrar den småskaliga vattenkraften med enstaka procent till Sveriges totala elförsörjning. Samhällsnyttan av det här begränsade bidraget bedöms vara större än vad procentsatsen antyder och kunna bli än viktigare i framtiden. Till allra största del finns de små vattenkraftverken i södra Sverige, det vill säga i de elområden där elförbrukningen är större än elproduktionen. Den här obalansen kommer att öka i takt med att fler kärnkraftsreaktorer stängs. Dessutom kan vattenkraftverken försörja lokala elnät vid

stora strömbrott, till exempel efter stormar. Så kallad ö-drift ställer särskilda tekniska krav som bara vissa anläggningar uppfyller idag, men som fler kan uppgraderas med om det bedöms vara tillräckligt angeläget. Enligt flera bedömningar finns det också möjlighet att öka elproduktionen från små och medelstora vattenkraftverk om Sverige i framtiden skulle välja en sådan energipolitisk väg. Dessa möjligheter går i praktiken förlorade om de befintliga anläggningarna rivs ut. Tyvärr har det varit svårt att hitta den här informationen om just den småskaliga vattenkraften. Det beror på att elförsörjningen främst beskrivs på systemnivå. Det gör det svårt att ta ställning till både nytta och potential för enskilda anläggningar eller för olika delområden.

Enligt studien kan det finnas fler frågor som bör påverka beslut om utrivning eller andra miljöförbättrande åtgärder. Ett exempel är att det är svårt att jämföra sportfiskets ökade värde efter återställning av strömsträckor med minskade värden från andra rekreationsaktiviteter eller boendemiljö. Ekosystemtjänstperspektivet bedöms vara användbart för att identifiera möjliga motstående intressen. Andra exempel på frågeställningar som knappast har någon större betydelse i det enskilda fallet men där de kumulativa effekterna kanske kan få betydelse är hur vattenmiljöns motståndskraft mot invasiva arter förändras med ökad konnektivitet och vilken betydelse den småskaliga vattenkraftens fördämningar har vid översvämningar i ett förändrat klimat.

Den sammantagna slutsatsen blir att en helhetsbedömning krävs vid beslut om miljöförbättrande åtgärder och att den här bedömningen måste göras både på avrinningsområdesskala och för den enskilda anläggningen. Var i avrinningsområdet bör åtgärder prioriteras för att uppnå önskad miljöeffekt? Vilka hänsyn måste tas för att inte hota andra värden eller nyttor? Vilka krav är rimligt att ställa i det enskilda fallet utifrån vad som är miljömässigt motiverat, tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt? (Slutsatsen är giltig oavsett om det handlar om utrivning eller faunapassage och ekologisk reglering.) Den nationella strategin för hållbar vattenkraft utgår också från det nationella perspektivet och ska framöver konkretiseras genom ett antal pilotprojekt i avrinningsområdesskala. I stor utsträckning finns det redan tillräckligt kunskapsunderlag, men i flera fall beskrivs inte den småskaliga vattenkraftens roll eller betydelse specifikt. Inte minst därför är det viktigt att utnyttja expertis inom de olika ämnesområdena vid helhetsbedömningarna, så att den kunskap som finns tas till vara. Eftersom en helhetsbedömning måste väga samman vitt skilda aspekter – miljö, kulturhistoria, elförsörjning – är det viktigt att tydligt redovisa vilka prioriteringar som har gjorts och hur de motiveras.

Enligt studien är en multikriterieanalys en lämplig metod för beskrivning och bedömning på den övergripande skalan. Metoden gör det möjligt att dokumentera både vilka olika aspekter som ingår i bedömningen, hur dessa aspekter beskrivs och inte minst hur de har viktats sinsemellan. Förslaget är i linje med den metod för prioritering av åtgärder i vattenmiljön som Havs- och Vattenmyndigheten, Energimyndigheten och Riksantikvarieämbetet tillsammans håller på att utarbeta.

Summary

In 2014, the Swedish ministry inquiry on water activities (Vattenverksamhetsutredningen), proposed i.a. that environmental permits according to the current Environmental Code are to be required for all hydropower plants. The national strategy for sustainable hydropower, presented in 2015, states that substantial mitigation measures are required in order for Sweden to comply with EU's Water Framework Directive. Even though the Swedish Agency for Marine and Water Management are clear that fauna passages and ecological flow operations are the preferred alternatives there is a concern that many small hydropower plants will be forced to decommissioning and demolition. The primary reason is that the cost of licensing processes, mitigation measures and foreseen production loss is expected to be unreasonably high for the owner, in many cases private individuals. Thus it is necessary to clarify the legal and financial framework for the small-scale hydropower plants' future in order to achieve a fair and sustainable transformation.

This study analyses a scenario where a large number of small-scaled hydropower plants are decommissioned. Today there are nearly 2,000 small-scaled plants still operating, together with several thousand historical dams and barriers due to the road and railway networks. Would it contribute to a sustainable development if a few hundred of these operating plants were decommissioned? The analysis is based on three perspectives – the EU's Water Framework Directive, ecosystem services and Sweden's Environmental Objectives – and three aspects – culture and recreation, environment and electricity production. During the study it was apparent that literature on the existing hydropower's environmental impacts is dominating. The small-scaled hydropower is rarely described separately from the large-scaled, which can give an inaccurate impression.

It is well known that hydropower has a great impact on the aquatic environment. The most severe aspects are barrier effects and short-term flow operations. They are both eliminated if the dams are removed. The aquatic environment and biodiversity would benefit from recreating stretches of white-water and streams and connectivity. At the same time the differences between different hydropower categories should be considered. Stream power plants, with no or very limited active flow operations, constitutes a large part of the small-scaled hydropower plants. For many of them fauna passages and restored connectivity could be a sufficient mitigation measure. The study also concludes that a widespread demolition of dams in a catchment could cause cumulative effects, however of lower importance. It is possible that the local microclimate is affected by a decreased lake area. Changed groundwater levels can increase risks for landslides as well as affect nearby farmland and woodland.

Many small-scaled hydropower plants have high cultural values. They are our oldest technical installations still operating and a clear reminder of how Sweden was industrialised and electrified. The values are strongly related to the fact that the plants are still in operation. During the last years many county administrative boards have documented cultural sites by rivers and lakes, including hydropower plants. One conclusion of this study is that this knowledge of cultural values should be documented, made available and taken into consideration when making decisions regarding hydropower plants.

Small-scaled hydropower only contributes with a small percentage of Sweden's total electricity production, but the margin-benefit is larger, and is likely to increase even further in the near future. The majority of the small-scaled hydropower plants are located in southern Sweden, where electricity consumption exceeds production. This imbalance will increase as more nuclear reactors are decommissioned. The hydropower plants also have the possibility to provide electricity to the local grids in case of widespread power failure, e.g. after storms. So-called "island-operation" requires special technical installations, today only available

at a few plants. If deemed desirable more plants can be upgraded. According to estimations it is also technically possible to increase the total production from small-scaled hydropower if Sweden would chose to in the future. These potentials will in practice be lost if the plants are decommissioned. Unfortunately, it has been difficult to find this information given for small-scaled hydropower specifically. Electricity production is mainly described at a system level. This complicates the assessment of both benefits and potentials for individual plants or for different areas.

According to this study there might be more issues that will affect decisions on decommissioning or other mitigation measures. One example is the lack of valuation studies to compare sport fishing with other recreational activities that is dependent of flow regimes and aquatic environment. An ecosystem services approach could be a useful tool to identify conflicting interest. More examples where cumulative effects might be of some importance are how the aquatic environment's resilience to invasive species is affected by increased connectivity, and whether the impact of floods is increased with fewer dams in the landscape.

The overall conclusion is that a holistic assessment is required when deciding on mitigation measures and that these assessments must be made both on a catchment scale and for the individual hydropower plant. Where in the catchment should measures be prioritised to achieve the desired environmental improvement? Which considerations need to be taken not to threaten other values or services? Are the demands reasonable, with respect to what is environmentally motivated, technically possible and economically fair? (This conclusion applies to both decommissioning scenarios and fauna passages and ecological flow operations.) The national strategy for sustainable hydropower primarily also has this top-down approach, with a national perspective that will be broken-down to a catchment scale through a number of pilot projects. Generally there is sufficient knowledge, but not processed or presented to describe the small-scaled hydropower's role and importance. It is thus essential to involve experts from the different areas of expertise required to make well-informed, holistic decisions. It is equally important to explain and motivate how the prioritisation, or weighing, between the different aspects – environment, culture and recreation, electricity production – has been done.

The study suggests that a multi-criteria analytical hierarchy process is a useful tool to describe and assess measures on a strategic, i.e. catchment, scale. The method facilitates documentation of both which aspects are included in the model and how they are parameterized, as well as how they are weighed between themselves. This suggestion is in line with the decision support tool that is currently being developed by the Swedish Agency for Marine and Water Management, the Swedish Energy Agency and the Swedish National Heritage Board.

1 Inledning

1.1 Motiv för studien

Vattenkraften är viktig både för Sveriges elförsörjning, klimatpolitik och vattenmiljö.

Energimyndigheten och Havs- och Vattenmyndigheten konstaterar i sin gemensamma strategi för hållbar vattenkraft (2014) att den svenska vattenkraften är av stor betydelse både för direkt elproduktion och som reglerkraft till de övriga kraftslagen. Vattenkraften utgör en god grund för realiseringen av de svenska energipolitiska målen. Samtidigt bidrar vattenkraften till att många sjöar och vattendrag inte uppnår god ekologisk status genom att dämna av naturliga vandringsvägar och ändra flödesregimer. Hur Sverige förvaltar och utvecklar vattenkraften har därför stor betydelse för uppfyllandet av såväl de nationella miljömålen som internationella åtagandenⁱ och efterlevnaden av flera EU-direktivⁱⁱ. Vattenkraften har under senare år kritiserats i den svenska debatten för dess negativa miljöpåverkan, inte minst genom vandringshinder för fisk. För att hantera dessa motstående intressen leder Havs- och Vattenmyndigheten sedan 2011 på regeringens uppdrag Dialog Vattenkraft–Miljö (Havs- och Vattenmyndigheten 2015c, Internet). Syftet är att få en ökad samsyn och lägga grunden för en mer saklig och kompetensbaserad debatt gällande vattenkraftens för- och nackdelar för miljön.

Vattenverksamhetsutredningen har satt vattenkraften under ökat tryck. Idag präglas situationen av konflikt och misstro mellan aktörerna (Rudberg 2011). Ett resultat av den svenska tillståndsgivningen blir därmed att den potentiella effektivitetsökningen som är möjlig att uppnå vid förnyelse och renovering av äldre vattenkraftverk inte alltid nås. Vattenverksamhetsutredningen (SOU 2014:35) har också satt fokus på att tillstånden för en mycket stor andel av samtliga vattenkraftverk bör nyprövas enligt miljöbalken. Idag verkar de flesta enligt tillstånd utfärdade enligt äldre lagstiftning, ofta från 1918 eller tidigare (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Naturvårdsverket (2015b) instämmer i behovet av utökad om- och nyprövning och konstaterar att det finns exempel där den negativa miljöpåverkan är större än nyttan av elproduktionen – särskilt bland de småskaliga vattenkraftverken – men där mark- och miljödomstolen ändå meddelat ett tillstånd.

Den småskaliga vattenkraften behöver kunna diskuteras separat. När den svenska vattenkraftens miljöpåverkan och samhällsnytta diskuteras är det nödvändigt att beakta kraftverkens storlek. Stora och små vattenkraftverk skiljer inte enbart väsentligt i skala utan också i utformning och typ av påverkan. Av Sveriges totalt cirka 2 100 vattenkraftverk svarar de 208 största för cirka 95 % av elproduktionen (Energimyndigheten 2014). Den småskaliga vattenkraften står alltså för en liten andel av Sveriges totala elproduktion, men fyller en roll som lokal baskraft och bidrar till Sveriges förnybara elproduktion. Svensk Vattenkraftförening (SVAF) och i lägre grad Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) organiserar ägarna till och brukarna av en stor del av dessa kraftverk. SVAF och LRF upplever att argumentationen rörande den småskaliga vattenkraftens nytta och påverkan ofta är onyanserad, delvis byggd på missvisande jämförelser med den storskaliga vattenkraften och inte ger en rättvisande helhetsbeskrivning. Återkommande framförs att de små kraftverkens negativa miljökonsekvenser inte uppvägs av deras lilla bidrag till Sveriges elförsörjning och att de därför inte skulle få miljötillstånd om de

ⁱ Till exempel Sveriges åtaganden för Östersjön inom Helsingforskommissionen (HELOCM)

ⁱⁱ Å ena sidan EU:s direktiv om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor (2009/28/EG), å andra sidan i första hand ramdirektivet för vatten och de så kallade Natura 2000-direktiven, det vill säga direktiven om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område (2000/60/EG); bevarande av vilda fåglar (2009/147/EG) och bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter (92/43/EEG). Vidare finns kopplingar till översvämningsdirektivet (2007/60/EG), ålförordningen och den föreslagna laxförvaltningsförordningen

prövades mot dagens lagstiftning. SVAF och LRF menar att det bygger på en förenklad beskrivning av Sveriges produktion och distribution av elkraft och att den småskaliga vattenkraftens övriga positiva värden ofta förbises.

Oro för att den småskaliga vattenkraften hotas av omfattande nedläggning.

Riksantikvarieämbetet (2014, Internet) varnar för att kostnaderna i sig kan leda till nedläggningar, oavsett om anläggningen hade kunnat få miljötillstånd eller inte. Jonsson (2015) gör bedömningen att kostnaderna för miljöanpassning kan bli så höga jämfört med intäkterna att utrivning blir aktuellt för över 1 000 kraftverk. Enligt SVAF (2014) riskerar den kritiska synen på den småskaliga vattenkraftens samhällsnytta i kombination med kostsamma processer för nya miljötillstånd att slå ut många medlemmars verksamheter. Samma oro har medfört att LRF tillsammans med Svenskt Näringsliv (2014) har genomfört en konsekvensanalys av dammutrivningar till följd av Vattenverksamhetsutredningens förslag. Frågan om Vattenverksamhetsutredningens konsekvenser för den småskaliga vattenkraften har också varit föremål för flera interpellationer i riksdagenⁱⁱⁱ.

Sammantaget finns ett behov av en holistisk beskrivning av specifikt den småskaliga vattenkraften som beaktar dess särskilda förutsättningar. Utan det brister kunskapsunderlaget inför till exempel beslut om hur förslagen i Vattenverksamhetsutredningen ska genomföras, liksom för hur den allmänna debatten bör föras.

1.2 Mål

Vattenverksamhetsutredningen har i högsta grad aktualiserat frågan om den småskaliga vattenkraftens samhällsnytta, miljöpåverkan och framtid. Denna studie syftar till att ge en tydligare helhetsbild av den samlade frågeställningen och därigenom göra konkret nytta som kunskaps- och diskussionsunderlag vid kommande diskussioner om den småskaliga vattenkraften.

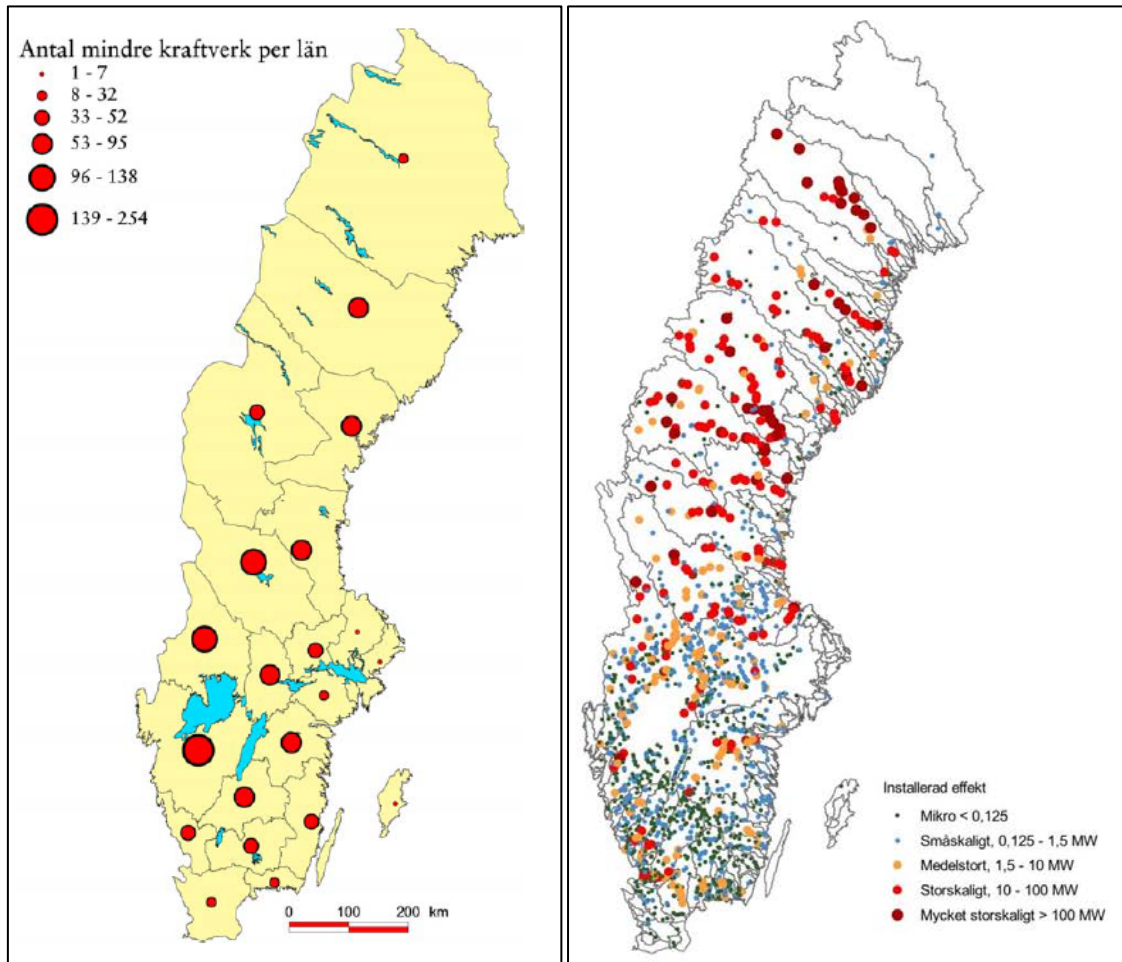
Målsättningen är att utifrån befintlig kunskap ge en helhetsbeskrivning av konsekvenserna av ett tänkbart framtida scenario där dagens småskaliga vattenkraftverk rivs ut i betydande omfattning.

2 Bakgrund

2.1 Geografisk och historisk översikt

Omkring tre fjärdedelar av vattendragen i Sverige är idag reglerade för vattenkraft (Jonsson 2015, Rudberg 2011). Kraftverken är spridda över hela landet, med en koncentration av mindre kraftverk i Västra Götaland, Värmland, Dalarna och Småland och färre men stora kraftverk i Norrland (Widmark 2002). Figur 1 visar den geografiska fördelningen i landet. Det totala antalet dammar och kraftverk i Sverige är osäkert. Enligt SOU 2013:69 finns det cirka 13 000 vattenkraftverk och dammar. Det inkluderar också dammar för bland annat gruvor, invallningar och sjöfart. Av dessa har drygt 3 700 tillstånd enligt någon lagstiftning. Knappt 3 300 har tillstånd enligt 1918 års vattenlag och knappt 100 enligt Miljöbalken (SOU 2014:35).

ⁱⁱⁱ Se till exempel interpellationer 2014/15:119 Hot mot småskalig vattenkraft, 2014/15:605 Den småskaliga vattenkraften 2014/15:619 Små vattenkraftverk, 2014/15:681 Stöd till de småskaliga vattenkraftverken i Sverige, 2015/16:57 Den småskaliga vattenkraftens betydelse för kulturmiljöer

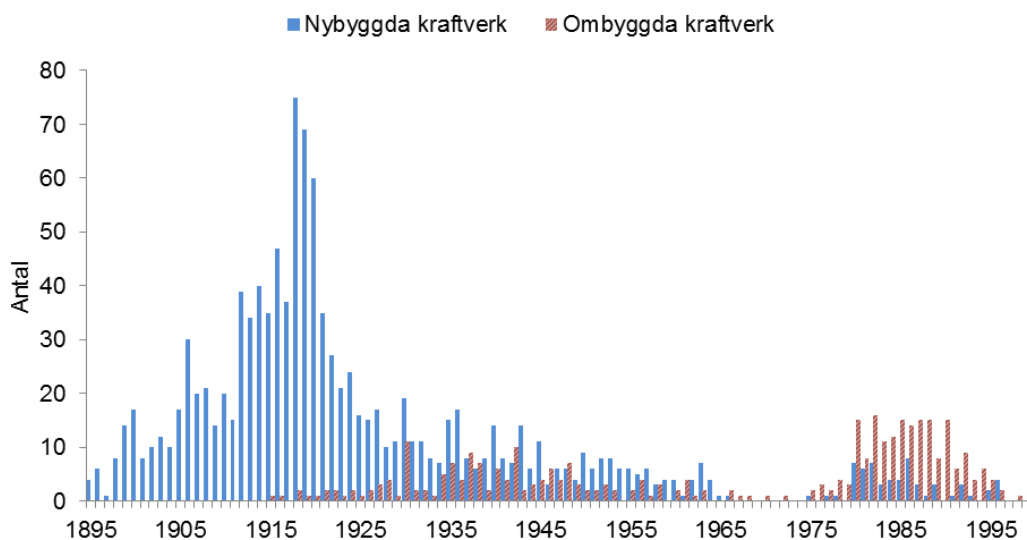


Figur 1. Geografisk spridning av små vattenkraftverk. Kartan till vänster är en länsvis sammanställning av antalet små kraftverk (<1,5 MW) baserat på en kombination av data från en studie av Riksantikvarieämbetet 1989 och Sveriges Energiföreningars Riksorganisation 1999 (Widmark 2002). Ju större röd cirkel, ju fler små vattenkraftverk i länet. Den högra visar läget för cirka 2 100 enskilda kraftverk, färgkodade efter produktionskapacitet (Havs- och Vattenmyndigheten 2014). I södra Sverige och upp längs kusten finns ett stort antal små kraftverk markerade i blågrönt. Medelstora kraftverk är orange och stora är röda eller mörkröda.

Vattenkraftens geografiska spridning har historiska orsaker. Vatten har sedan inlandsisens smältning för cirka 10 000 år sedan i hög grad format det svenska landskapet. Än i dag är Sverige starkt präglad av sjöar och vattendrag. Det finns omkring 100 000 sjöar som tillsammans täcker närmare 10 % av landets yta (Naturvårdsverket 2012) och omkring 192 000 km vattendrag (SMHI 2010). Det exakta antalet sjöar och sjöarealen förändras ständigt på grund av landhöjning, sjösänkning, indämning, erosion och igenväxning. Vattnet har under mycket lång tid använts för att utvinna kraft och har även på det viset påverkat och format samhällets utveckling. Tidigt användes vattenkraft för att frakta brännved och virke men även genom att placera vattenhjul direkt i forsar och fall för att mala mjöl i kvarnar, driva pumpar i gruvor med mera. Bruksorter växte senare fram i anslutning till strömmande vatten med möjlighet till vattendrivna anläggningar. Dit hörde sågverk, smedjor, pappersbruk och en rad andra industrier (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Allt effektivare vattenturbiner utvecklades under 1800-talet, vilket tillsammans med utvecklingen av den elektriska transmissionen ledde till att vattenkraften kunde försörja

fabriker och konsumenter med kraft på platser som låg långt från själva kraftverket. Efterhand utvecklades tekniken för överföring av el över större avstånd vilket gjorde det möjligt att bygga upp ett nät av högspänningsledningar och mer storskalig utbyggnad av större vattendrag (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Det första vattenkraftverket för elproduktion byggdes i mitten av 1880-talet. Utbyggnaden var som störst under 1900-talets första decennier. Under slutet av 1900-talet ökade ombyggnadstakten av befintliga vattenkraftverk. Figur 2 visar utbyggnads- och ombyggnadstakten 1895–2000.

De första vattenkraftverken var små anläggningar som försörjde enskilda industrier och tillhörande bostäder med el (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Utbyggnaden tog fart i och med att importen av lysfotogen upphörde i samband med första världskriget (Widmark 2002). Industriföretagen ledde elektrifieringen eftersom behovet först uppstod där, i kombination med att de hade kapital, teknisk kompetens och kontaktytor (Länsstyrelsen Kalmar län 2014). Även bygdeföreningar och kraftbolag anlade vattenkraftverk för att förse landsbygdens gårdar med elektriskt ljus (Widmark 2002). Många av kraftverken fick sina tillstånd enligt 1918 års vattenlag. Den underlättade en snabb utbyggnad av vattenkraften – liksom flottningsleder – som ett led i att bygga upp landet och tog därför mycket liten miljöhänsyn (Jonsson 2015, Rudberg 2011, Sjölander m.fl. 2009). Med undantag för 58 utpekade vattendrag, de så kallade Kungsådrorna, var samtliga vatten exploaterbara enligt 1918 års vattenlag (Rudberg 2011). I praktiken rädde också under lång tid politisk konsensus om behovet av vattenkraftsutbyggnaden (Rudberg 2011). 1918 års vattenlag var i kraft fram till 1983 och präglar fortfarande vattenkraftförvaltningens juridiska och administrativa system (Rudberg 2011). Under i stort sett hela 1900-talet byggdes vattenkraften ut i stadig takt, vilket gav industrin säker tillgång till elenergi samtidigt som landsbygden elektrifierades. I mitten av 1900-talet reglerades de stora norrländska älvarna, vilket i kombination med tron på kärnkraften minskade intresset för fortsatt vattenkraftsutbyggnad på 1960-talet (Widmark 2002). Förslaget på att bygga ut Vindelälven 1962 ledde till omfattande protester från naturskyddsförespråkare och resulterade i att regeringen avsåg planerna 1970 (Jonsson 2015). Oljekrisen på 1970-talet ökade det politiska intresset (Widmark 2002). 1975 beslutade riksdagen att den årliga vattenkraftsproduktionen skulle vara 66 TWh senast 1985, vilket också uppfylldes (Rudberg). Det skedde främst genom ökning av kapaciteten i befintliga, stora vattenkraftverk.



Figur 2. Antalet nybyggda respektive ombyggda kraftverk i Sverige 1895–2000. I Sverige finns totalt cirka 2 100 vattenkraftverk, figuren omfattar 1 171 av dessa. Det totala antalet är alltså cirka 50 % större, men figuren ger likväl en god illustration av utvecklingen över tid. Källa: Widmark 2002

Under de senaste decennierna har ingen nyetablering av större vattenkraftverk skett (Rudberg 2011). Istället har ett antal energipolitiska beslut påverkat främst den småskaliga vattenkraften. Riksdagen beslutade om investeringsstöd till små vattenkraftverk 1997 (Brandel 2000), samtidigt som elmarknaden avreglerades och försvårade konkurrensen för många elproducenter (Widmark 2002). Under 2000-talet har det så kallade "elcertifikatsystemet" utvecklats för att öka mängden förnybar el. Efter 2012 kan småskalig vattenkraft bara få elcertifikat om anläggningar byggs om så mycket att det kan jämföras med nybyggnation, samt bara under en tidsbegränsad period på 15 år (Jonsson 2015). Normalt krävs nya tillstånd för förändringarna i anläggningen, och i sådana processer ställs i vissa fall krav på ökad miljöanpassning enligt miljöbalken. I en studie av knappt 1 200 småskaliga vattenkraftverk konstaterades att minst 145 kraftverk – troligen över trehundra – lades ner under perioden 1989–1999, vilket var en tydlig ökning av nedläggningstakten (Widmark 2002). Nedläggningarna beror till stor del på att låga elpriser och höjd fastighetsbeskattning pressar de små kraftverkens lönsamhet (Tekniska Verken 2014).

2.2 Teknisk beskrivning av strömkraftverk och kraftverk med korttidsreglering

Den övervägande andelen små vattenkraftverk är så kallade strömkraftverk som enbart använder det direkt tillrinnande vattnet för sin drift utan egentlig reglering i kraftverksdammen (Penche 2004). Det enskilda kraftverket ingår emellertid ofta i reglerade system. I södra Sverige är det vanligt med små och ofta enkelt konstruerade dammar, vanligen i mindre sjöar. Många av dem var ursprungligen avsedda för kvarnar, flottning eller för att reglera sjönivån av något annat skäl. Idag används de för att reglera sjön och flödet i relation till mindre kraftverk längre ned i systemet. Även här hålls nivån uppe under hösten för att sedan sänkas av under vintern. Oftast är det frågan om förhållandevis små regleringsamplituder. Pegel som gör det möjligt att avläsa vattennivån saknas ofta liksom möjligheter till fjärrstyrning. I stället övervakas och justeras flödet manuellt (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Eftersom strömkraftverken inte kan lagra vatten för användning vid effekttoppar bidrar de inte till den nationella årsregleringen, men kan ändå bidra till kraftsystemets balans lokalt och regionalt.

Vattenkraft utnyttjar vattnets fallhöjd för att omvandla lägesenergi till elenergi. Det är mycket ovanligt att de naturliga förutsättningarna är tillräckliga. För att öka vattnets fallhöjd och samla vattnet till ett jämnare flöde anläggs kraftdammar (Brandel 2000, Widmark 2002). För att vinna ytterligare fallhöjd kan maskinhuset byggas längre ner i terrängen och vattnet ledas från dammen i en tub eller nivåkanal. Förbiledningen innebär i flera fall att naturliga strömsträckor torrläggas. Ofta är små kraftverk byggda tillsammans med dammen (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Till vattenkraftanläggningar kan, förutom själva dammen och kraftstationen, även föras intag, tunnlar för överledning, utloppskanaler, regleringsdammar, spegeldammar, faunapassager, fiskspärrar med mera (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Anläggningarnas utformning varierar mycket sinsemellan. Orsaken är att de byggts under olika tidsepoker och anpassats till skilda lokala förutsättningar. Det innebär att varje anläggning är unik i något avseende. Följande grundfunktioner är ändå gemensamma:

- **Damm:** Dammen har som regel luckor eller sättar så att vattenståndet kan regleras. Vid höga flöden, större än kraftverkets slukförmåga, passerar vatten överfallsutskov eller i vissa fall i spillfåra vid sidan om kraftverket. En stor del av regleringsdammarna är direkt knutna till ett kraftverk medan vissa enbart magasinerar vatten och reglerar flöden för systemet som helhet. Den så kallade spettluckan är en vanlig äldre konstruktion där en trälucka flyttas upp eller ned manuellt med spett. Moderna luckor är ofta av stål och regleras automatiskt.
- **Tub:** Saknas om maskinhus ligger i direkt anslutning till damm. Äldre tuber konstruerade av liggande plank och järnband eller gjutjärn. Nya konstrueras i trä, betong stål eller plast. De kan variera i längd

från meter upp till kilometer. Äldre tuber har ofta små diametrar. Vid renovering av äldre kraftverk byts tuben ofta ut till för att kunna öka effekten.

- Turbin och generator: Ofta kan även mycket gamla aggregat renoveras. Vanligast är francisturbiner. Cirka 1920 kom kaplanturbinen som är särskilt effektiv vid låga fallhöjder. Det finns även ett fåtal installerade peltonturbiner, som lämpar sig för de högsta fallhöjderna.
- Maskinhus: För att skydda maskineriet placerades det i ett maskinhus. Eftersom francisturbinen är lägre och därför mindre utrymmeskrävande än kaplanturbinen kan det vara svårt att modernisera de äldre verk där ett turbinbyte vore gynnsamt. Det finns exempel där man kunnat lösa det genom att bygga om maskinhuset, eller öppnat taket för att lyfta i och ur turbiner.

3 Metodik

3.1 Beträktade alternativ

Studiens utgångspunkt är att analysera konsekvenserna av ett tänkbart framtida scenario där dagens småskaliga vattenkraftverk rivs ut i betydande omfattning. Uttryck med MKB-terminologi betraktas följande alternativ:

- Nollalternativet är att en oförändrat stor del av Sveriges rinnande vatten är reglerade.
- Det betraktade alternativet är att dessa vattendrag på nytt blir oreglerade.

I vissa fall har även miljöanpassningar av vattenkraften, främst genom faunapassager, betraktats. På grund av studiens begränsningar har ingen fullständig alternativjämförelse av miljöanpassningar gjorts.

3.2 Avgränsningar

- Studien avgränsas till den småskaliga vattenkraften, vilket definieras som kraftverk med en installerad effekt <1,5 MW. I vissa jämförelser inkluderas även medelstora vattenkraftverk medelstora (1,5 MW–10 MW) och storskalig vattenkraft^{iv}.
- Studien görs på en övergripande nivå och är geografiskt avgränsad till Sverige. De faktiska förutsättningarna eller konsekvenserna för enskilda avrinningsområden, strömsträckor eller kraftverk bedöms därför inte. Det är viktigt att komma ihåg att det kan vara stora skillnader i både positiva och negativa värden mellan två olika vattenkraftverk. Ett exempel är två kraftverk med samma installerade effekt där den ena dammen anlagts ovan ett vattenfall som utgör naturligt hinder och den andra dämmer upp en strömsträcka. I det första fallet blir miljöstörningen i form av vandringshinder nära noll, men i det andra påtaglig.
- Vattenverksamhet regleras av lagstiftning. I många fall kan även miljöförbättrande åtgärder – på samma vis som effekthöjande eller andra åtgärder – kräva ändrade tillstånd efter en prövning i mark- och miljödomstol. De flesta små kraftverk har fått tillstånd under äldre lagstiftning och har inte prövats enligt nuvarande miljöbalk. Om och hur det ska ändras, till exempel genom nyprövning av alla äldre

^{iv} Inom EU sker indelningen vanligen bara i småskalig (<10 MW) och storskalig vattenkraft. Vi använder här huvudsakligen den äldre svenska definitionen som skiljer på små och medelstora vattenkraftverk inom det intervallet.

tillstånd, har utretts av bland annat Vattenverksamhetsutredningen och debatterats flitigt under senare år. Frågan kopplar även till hur Sverige har valt att implementera förnybarhetsdirektivet och vattendirektivet. Det ingår emellertid inte i den här studien att utreda för- och nackdelar med olika alternativ. Det gäller även juridiska aspekter av åtgärdsförslag.

- Studien omfattar inte att bedöma utvecklingen för den småskaliga vattenkraften, varken hur omfattande förändringar av dagens vattenkraftsutbyggnad som kan komma att ske i framtiden eller inom vilken tidsrymd det kommer att ske.

3.3 Analysmodell

Beskrivningen ska primärt göras ur tre perspektiv – EU:s ramdirektiv för vatten, ekosystemtjänster (EST) och nationella miljömål – och för tre aspekter – kultur och rekreation, miljö och elförsörjning. Alla kombinationer kommer inte att belysas, till exempel ingår inte kulturmiljö i ramdirektivet för vatten. I vissa fall kommer beskrivningen kanske att bli övergripande/generell, men så långt rimligt möjligt ska en samlad beskrivning ges för de tre perspektiven respektive aspekterna. Myndighetsutredningar har getts stor vikt vid litteraturgenomgången.

Studiens tre perspektiv på den småskaliga svenska vattenkraften förväntas samverka på följande vis: EU:s ramdirektiv för vatten är infört i miljöbalkens femte kapitel och vattenförvaltningsförordningen^v. Där ges – eller kommer att ge i de fall konsekvenserna för svensk lagstiftning inte är slutligt klarlagda, se till exempel Vattenverksamhetsutredningen – *ramarna* för hur och var småskalig vattenkraft får bedrivas. Vattenkraften får inte försämma ytvattenstatusen bortom vissa givna gränser och hamna i strid med direktivet. EST-perspektivet kartlägger *hur* vattenkraften påverkar miljön. Genom att jämföra dagens reglerade situation med tänkta oreglerade vattendrag, om än på en generaliserad skala, kan nyttor och belastningar identifieras. De nationella miljömålen, slutligen, ger vägledning hur den här påverkan ska värderas och vilka eventuella åtgärder som ska prioriteras. I de fall nytta står emot belastning beskriver miljömålen hur Sveriges riksdag har prioriterat det långsiktiga miljöarbetet. Modellen är inte heltäckande i den här utformningen. Vissa komplementära aspekter, bland annat ökad skredrisk vid förändrade grundvattennivåer, noteras därför utöver de tre överordnade aspekterna och tas även upp i den avslutande diskussionen.

Tabell 1. Schematisk beskrivning av vald analysmodell

	EU:s ramdirektiv för vatten	EST för sjöar och vattendrag	Det svenska miljömålssystemet
Kultur och rekreation		?	?
Miljö	?	?	?
Elförsörjning			?

^v Förordning (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön.

3.3.1 EU:s ramdirektiv för vatten

EU:s ramdirektiv för vatten^{vi} ger ramarna inom vilka alla beslut för eller emot småskalig vattenkraft måste rymmas. Direktivet syftar till att alla vattenförekomster i unionen ska ha god status inom överskådlig tid, ursprungligen angavs målet till 2015. Idag har 10 procent av de statusklassade vattendragen hög ekologisk status, vilket innebär ingen eller obefintlig mänsklig påverkan (Naturvårdsverket 2015b). De flesta finns i fjällkedjan, medan det i södra Sverige endast finns få vattendrag med hög status. Fysisk påverkan i vattenmiljön påverkar de flesta av målets preciseringar och är en av de främsta orsakerna till att målet inte nås (Naturvårdsverket 2015b). Vid konflikt med viktiga samhällsintressen kan vattenförekomster förklaras som kraftigt modifierade. Då ändras kravet från "god status" till "god ekologisk potential". Det betyder att oundvikliga störningarna av till exempel ett vattenkraftverk tillåts om alla andra åtgärder vidtas. Hittills har det skett för alla vattenkraftverk över 10 MW (Rudberg 2011). Det är inte uteslutet att utpekandet av kraftigt modifierade vatten kan komma att ändras framöver, bland annat som en konsekvens av Weserdomens^{vii} tolkning av icke-försämringsprincipen. Utöver ramdirektivet för vatten finns annan EU-lagstiftning som skärper eller understryker krav på vattenförvaltningen med avseende på specifika arter eller livsmiljöer, bland annat Natura 2000-direktiven^{viii} och ålförordningen^{ix}.

Direktivet är implementerat i svensk – liksom i övriga medlemsländers – lagstiftning och ställer bindande krav hur den nationella vattenförvaltningen ska ske. I Sverige är regeringen ytterst ansvarig för genomförandet (Ekelund Entson och Gipperth 2010). Sedan år 2004 är Sverige indelat i fem vattendistrikt, vilka utgör den geografiska och hydrologiska grunden för den nationella vattenförvaltningen. För varje distrikt finns en vattenmyndighet med en särskild vattendelegation som fattar beslut om antagande av miljö kvalitetsnormer, förvaltningsplaner och åtgärdsprogram inom distriktet. Mer korrekt vore därför kanske att påstå att analysen görs utifrån ett svenskt vattenförvaltningsperspektiv. Eftersom kraven som ställs på att uppfylla god ekologisk status härrör från vattendirektivet väljs ändå den rubriceringen.

3.3.2 Ekosystemtjänster från sjöar och vattendrag

Ekosystemtjänster kan kortfattat förklaras som "ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande" (TEEB 2010). Begreppet fokuserar med andra ord på människan och hennes beroende av naturen och underlättar för att synliggöra värden av ekosystem och undersöka samband mellan ekosystemförändringar och påverkan på människa och samhälle (Barton m.fl. 2012). Sveriges regering har beslutat att värdet av ekosystemtjänster ska vara allmänt kända och vägas in i samhällets beslutsfattande senast 2018 (Miljömålsportalen 2016, Internet). Kriström m.fl., (2010) pekar i slutrapporten för den tredje etappen av forskningsprogrammet Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten^x på att de nationella miljömålen och EU:s vattendirektiv gör ett ekosystemperspektiv närmast nödvändigt också för åtgärdsorienterad forskning. Trots det saknas det ännu uppföljningsmått för sjöar och vattendrags ekosystemtjänster (Naturvårdsverket 2015a). I den här studien är det därför bara möjligt att peka på *vilka* ekosystemtjänster som kan stärkas eller försvagas i olika alternativ, inte värdera *hur stora* förändringarna blir eller de samhällsekonomiska värdena av det. Kriström m.fl. (2010) konstaterade redan för flera år sedan att de samhällsekonomiska aspekterna av miljöförbättrande åtgärder måste ges stort

^{vi} Europaparlamentets och Rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område

^{vii} EU-domstolen dom i mål C461/13 (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. mot Förbundsrepubliken Tyskland)

^{viii} Egentligen fågeldirektivet 2009/147/EG och habitatdirektivet 92/43/EEG

^{ix} 1100/2007/EG, Regeringskansliet Jo2008/3901

^x Forskningsprogrammet har etablerats och finansierats av vattenkraftföretagen via Elforsk, Energimyndigheten, Fiskeriverket och Naturvårdsverket. Forskningsprogrammet har pågått i tre etapper, sedan 2000. Denna slutrapport avser etapp tre som pågått mellan 2006-2010. Forskningsprogrammets budget har i denna etapp varit cirka 20 miljoner kr. Mer information finns på www.vattenkraftmiljo.nu.

utrymme vid planeringen. Naturvårdsverket (2012) har redovisat en övergripande sammanställning av viktiga ekosystemtjänster i Sverige för regeringen utifrån miljömålssystemets naturtypindelning, enligt Tabell 2. Listan utgör inte någon fullständig eller slutlig sammanställning av sjöar och vattendrags ekosystemtjänster. Naturvårdsverket har valt att exkludera vattenkraft eftersom den enbart utnyttjar rent fysikaliska processer. Ekosystemtjänster förutsätter en levande (biotisk) komponent som till exempel reglerar kvaliteten så att vattnet lämpar sig för livsmedel, bevattning eller industriprocesser. Se bilaga Ekosystemtjänster för utförligare information.

3.3.3 Det svenska miljömålssystemet

Det svenska miljömålssystemet utgör ramverket för svensk miljöpolitik (Rudberg 2013). Det består av ett generationsmål, sexton miljö kvalitetsmål och tjugofyra etappmål. De är beslutade av riskdagen, men är inte bindande eller reglerade i lag. I dagsläget går det inte att utläsa en tydlig riktning för utvecklingen av miljön. Förbättringar har skett inom vissa områden, till exempel försurning, medan utvecklingen varit negativ för till exempel biologisk mångfald (Naturvårdsverket 2015b). Det finns dessutom potentiella motsättningar mellan och inom olika miljömål. Ett sådant exempel är begränsad klimatpåverkan och levande sjöar och vattendrag, kopplat just till vattenkraften (Naturvårdsverket 2015b). Se bilaga Svenska Miljömålssystemet för mer information.

Tabell 2. Några ekosystemtjänster av stort värde, knutna till sjöar och vattendrag (Naturvårdsverket 2012)

<i>Utvalda ekosystemtjänster</i>	<i>Exempel</i>
Livsmedel från sötvattensorganismer	Fångst från yrkesfiske och vattenbruk
Dricksvatten	Uttag av vatten med dricksvattenkvalitet
Icke-drickbart vatten	Bevattning i jordbruk och uttag till industri med vissa kvalitetskrav
Utspädning, infångning och återcirkulation	Renande och reglerande processer
Upprätthållande av livscyklar, skydd av habitat och genpooler	Livsmiljöer. Lek-, bo-, skydds- och rastplatser.
Kultur och naturarv	Landskap, historia och tillhörighet
Möjligheten till rekreationsaktiviteter	Upplevelser med koppling till vatten
Hälsa	Avkoppling, återhämtning
<i>Sekundära ekosystemtjänster</i>	
Global klimatreglering, flödesreglerande vattenmagasiner, andliga tjänster, bostadsrelaterade naturkvaliteter, byte och andra naturkvaliteter för nöjesjakt och sportfiske, resurs för forskning och miljöövervakning samt utbildning	

4 Resultat

4.1 Kultur och rekreation

Vattenverksamhetsutredningens förslag orsakade stor oro hos kulturmiljövårdande myndigheter. I en kommentar skrev Riksantikvarieämbetet (2014, Internet) att "(e)n stor del av vårt industriella kulturarv från medeltiden och framåt, är knutet till rinnande vatten och vattenkraft. Här finns lämningar och anläggningar som fortfarande fungerar, som kvarnar, sågar, hamrar och hyttor, trösklogar, flottningsanläggningar, damm- och översilningsångar. Visserligen ska kulturmiljövården beaktas enligt miljöbalken, men möjligheterna att tillgodose dessa värden kan bli begränsade med bindande miljökvalitetsnormer för vatten och med vattendistriktens åtgärdsprogram. Det finns hundratals anläggningar som vårdas av privatpersoner och ideella föreningar, bland annat arbetslivsmuseer. De har inte råd att vare sig söka tillstånd eller investera i eventuella fiskvägar. Utrivningarna riskerar bli många och omfattande. Utredningens förslag kommer med all säkerhet att medföra att riksdagens miljökvalitetsmål för Levande sjöar och vattendrag inte kan nås vad det gäller att bevara kulturmiljövården. Historiska miljöer som årligen besöks av tiotusentals människor kommer att förstöras."

Riksantikvarieämbetet har gett ut flera skrifter som tar upp vattenkraftens stora kulturhistoriska värden. Bland annat framhåller Brunnström och Spade (1995) liksom Widmark (2002) att elektriska kraftverk tillhör de tekniska anläggningar med längst drifttid i det dynamiska industrisamhället, eftersom de tidigt nådde optimal teknisk nivå. Det finns många exempel på vattenkraftverk som varit i obruten drift i uppemot etthundra år. De mycket långa drifttiderna tillsammans med de stora investeringar som krävdes har gjort att både teknisk och arkitektonisk/estetisk kvalitet genomgående varit hög (Brunnström och Spade 1995, Widmark 2002). På många sätt utgör vattenkraftverken den tydligaste symbolen för den svenska välståndsutvecklingen och 1900-talets svenska industrisamhälle (Brunnström och Spade 1995). Elkraftverken har ofta föregåtts av till exempel kvarnar eller sågar som drivits med vattenkraft, vilket gör att kontinuiteten kan sträcka sig ända tillbaka till medeltiden (Widmark 2002). Detta innebär att inte alla kraftverksmiljöer har samma kulturhistoriska värde. I en nationell kartläggning 1989–1993 ansågs en femtedel av anläggningarna vara särskilt bevarandevärda och ytterligare 15 % ansågs besitta enstaka framträdande bevarandekvaliteter (Brunnström och Spade 1995). Enligt Naturvårdsverket (2015) saknas det fortfarande ett tillräckligt kunskapsunderlag för kulturmiljövården, för att kunna nå både natur- som kulturmiljödelen i miljömålet Levande sjöar och vattendrag, uttryckt som att "anläggningar med stort kulturhistoriskt värde som använder vattnet som resurs kan fortsätta att brukas". Under 2013-2015 har nio länsstyrelser i södra Sverige gett bidrag till vattenanknutna kulturmiljöer inom projektet Vårda vattendragens kulturarv^{xi}. För närvarande ökar kunskapen om bland annat vattenkraftens och andra vattenanknutna miljöers kulturhistoriska värden genom flera liknande sammanställningar och tillgängliggörande av dokumentation och värdebeskrivningar. Exempel från södra Sverige är projektet INVÅVA^{xii} i Kalmar län, KulturAqua^{xiii} i Jönköpings län och VaKul^{xiv} i Västerhavets vattendistrikt.

^{xi} Projektet Vårda vattendragens kulturarv är en treårig (2013-2015) regional satsning där kulturmiljövården vid länsstyrelserna i Skåne, Halland, Västra Götaland, Blekinge, Kalmar, Kronoberg, Jönköping, Östergötland och Gotland deltar.

^{xii} Under 2014 påbörjade Länsstyrelsen i Kalmar ett projekt kallat INventering och Värdering av kulturmiljöer vid Vattendrag (INVÅVA). Avsikten med projektet är att i fält dokumentera kända miljöer i anslutning till länets vattendrag med målet att bedöma deras kulturhistoriska värden.

^{xiii} Länsstyrelsen i Jönköpings län bedriver sedan år 2004 ett specialriktat inventeringsprojekt av kulturmiljöer vid vatten där objekt och miljöer värderas. Resultatet av inventeringen kan sedan användas i tidiga planeringsstadium, till exempel vid biotopvårdande åtgärder i länets åar. Projektet lyfter samtidigt upp det allmänna kunskapsläget kring länets forn-, industri- och kulturlämningar samt deras historiska betydelse.

Vid värdering av kulturhistoriska miljöer saknas motsvarigheter till exempelvis rödlistan över hotade organismer eller förteckningar över naturtyper som är särskilt prioriterade inom EU. Istället görs värderingen med ledning av ett antal kriterier som på ett tillfredsställande vis ska återspegla ett komplext samspel av historiska fakta, fysiskt innehåll och omgivande miljö som tillsammans skapar värdet (Länsstyrelsen Kalmar län 2014). Två övergripande och återkommande typer av kriterier är dels miljöns förmåga att förklara historien, dels dess förmåga att förmedla intryck eller befästa värden. Brunnström och Spade (1995) använde till exempel tolv kriterier för att rangordna de inventerade kraftverken med avseende på angelägenhetsgraden av ett framtida bevarande; ålder, byggteknik, el-/maskinteknik, arkitekturhistoriskt värde, upplevelsevärde, arkitektoniska detaljer och konstnärlig utsmyckning, ursprunglighet, kontinuitet, sällsynthet, representativitet, miljö och tillgänglighet för besökare.

Drygt 12 % av samtliga 9 200 dammar – inte enbart vattenkraftanläggningar – som finns i SMHI:s dammregister ligger i vattenområden som omfattas av riksintresseområden^{xv} för kulturmiljön (Lantbrukarnas Riksförbund och Svenskt Näringsliv 2014). Det är sannolikt att dammarna i många fall bidrar till de kulturhistoriska värdena. Trots att det därutöver är dokumenterat att ett stort antal vattenkraftverk har höga kulturhistoriska värden är det endast ett fåtal kulturmiljöer vid vattendrag som har ett långsiktigt skydd. Många kulturmiljöer vid sjöar och vattendrag är utsatta och förfaller. Upphört brukande, exploatering, igenväxning och bristande hänsyn i samband med biologisk återställning är några av hotbilder (Naturvårdsverket 2015b). De kulturhistoriska värdena är delvis knutna till att kraftanläggning fortfarande är i drift (Widmark 2002). Att riva ut dammen och bevara kraftstationen är sällan lämpligt ur ett kulturhistoriskt perspektiv, av flera skäl. Dammen är en viktig del av anläggningen i sin helhet, vilket gör att en rivning försvårar förståelsen för var industrier etablerades och hur landsbygden elektrifierades (Widmark 2002). Skador på kulturarvet försämrar helt enkelt våra möjligheter till upplevelse av landskapet och dess historia och kan försämrade möjligheten till vissa former av friluftsliv (Naturvårdsverket 2012). Dessutom upphör underhållet om driften upphör, vilket gör det allt dyrare att restaurera och återuppta anläggningen i drift om så önskas (Widmark 2002). Skulle det ändå ske har man ökat risken att en eventuell upprustning görs utan tillräcklig hänsyn till historiska och estetiska värden (Widmark 2002). Ett exempel på att kulturmiljön tillmäts ett konkret värde av miljöbalken är Miljööverdomstolens beslut 2008:46 som avslag en ansökan om utrivning just för att bevara befintliga kulturmiljöer.

Historiskt har vatten varit av central betydelse för livsmedelsförsörjning, produktion och vardagsbestyr - och även i folktron (Länsstyrelsen Kalmar län 2014). Vattenmiljöer är ännu idag av stor betydelse för hur vi upplever och använder naturen genom olika typer av friluftsliv och rekreationsaktiviteter – samtidigt som upplevda störningar och bristande underhåll tyder på att miljöernas värden för friluftslivet riskerar att minska (Naturvårdsverket 2015b). Eftersom vattenmiljöerna erbjuder så skiftande möjligheter till rekreation och friluftsliv rymmer de ibland vissa motsättningar mellan bevarande av kulturarv och möjligheten till en grön infrastruktur för biologisk mångfald samt produktion av livsmedel från sötvattenorganismer – ökat tryck från turismen betyder alltså både hot och möjligheter för kulturmiljöns värden (Naturvårdsverket 2012). Vattenkraften är sedan lång tid en integrerad del av det svenska landskapet – ofta är kraftverken placerade i natursköna och ibland dramatiska omgivningar vilket ytterligare ökar upplevelsevärdet (Brunnström och Spade 1995, Brandel 2000). De kan även gynna badplatser och kanotleder (Brandel 2000). De här aktiviteterna utgör i olika grad också grund för

^{xiv} VaKul är ett projekt för att sammanföra natur- och kultur-intressen inom vattenförvaltningen. Syftet är att rädda värdefulla kulturmiljöer samtidigt som biotoper kan återställas eller förbättras vid den pågående restaureringen av våra vattendrag.

^{xv} I Sverige finns cirka 1 700 områden som är av riksintresse för kulturmiljövärden enligt 3 kap miljöbalken. De är mycket varierande till såväl till storlek som kulturhistoriskt innehåll. Riksintresseområden ska skyddas mot förändringar i markanvändning som hotar områdets nationella värden, men innebär inget strikt skydd av området i sin helhet.

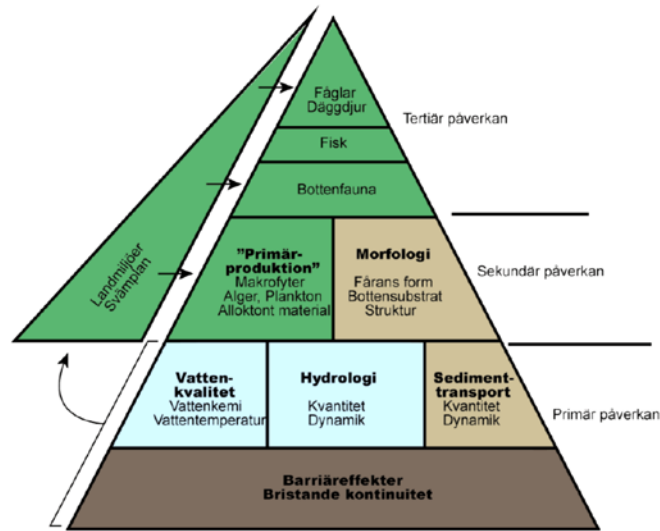
turismverksamhet. Även kraftverken i sig, i flera fall drivna av privatpersoner och hembygdsvöreningar av teknik- och kulturhistoriska skäl, kan främja den lokala turismen. De ekosystemtjänster och naturturism som är knutna till det oreglerade och mer mångformiga hydrologiska landskapet missgynnas å andra sidan påtagligt av vattenkraften. Sportfisket är antagligen det friluftsintrasse som oftast anses hamna i konflikt med regleringen av vattendrag. I en gemensam rapport av Sportfiskarna, Älvräddarna, WWF och Naturskyddsföreningen skriver Jonsson (2015) att miljöanpassning av svensk vattenkraft som stärker fiskpopulationerna skulle ge stora värden tillbaka för sportfisket, fisketurismen och även yrkesfisket. Författaren konstaterar samtidigt att det råder brist på väl underbyggda värderingsstudier av inte minst miljöåtgärder inom vattenkraften. Det gör det svårt att närmare ange hur stora värden som skulle skapas genom exempelvis turism av specifika åtgärder. Även om de siffror som anges för potentiellt nya arbetstillfällen och nya intäkter från restaurerade strömsträckor har ifrågasatts av Stage (2015, Internet) är rapporten ett av många exempel på utredningar som visar vattenkraftens negativa påverkan på fisk och sportfisket.

En annan typ av besläktade värden förknippade med vissa av de små vattenkraftverken är deras betydelse för enskilda människors boende- och uppväxtmiljöer. Dessa värden är ännu svårare att kvantifiera, eftersom de helt avgörs av de individer som har en särskild relation till kraftverket eller dammen. För att kunna ta hänsyn till det krävs därför att berörda individer tillfrågas. Vid samråd om nya faunapassager ställer närboende ofta frågor om hur utsikt och ljudmiljö kommer att påverkas (Pettersson 2016, personlig kommentar).

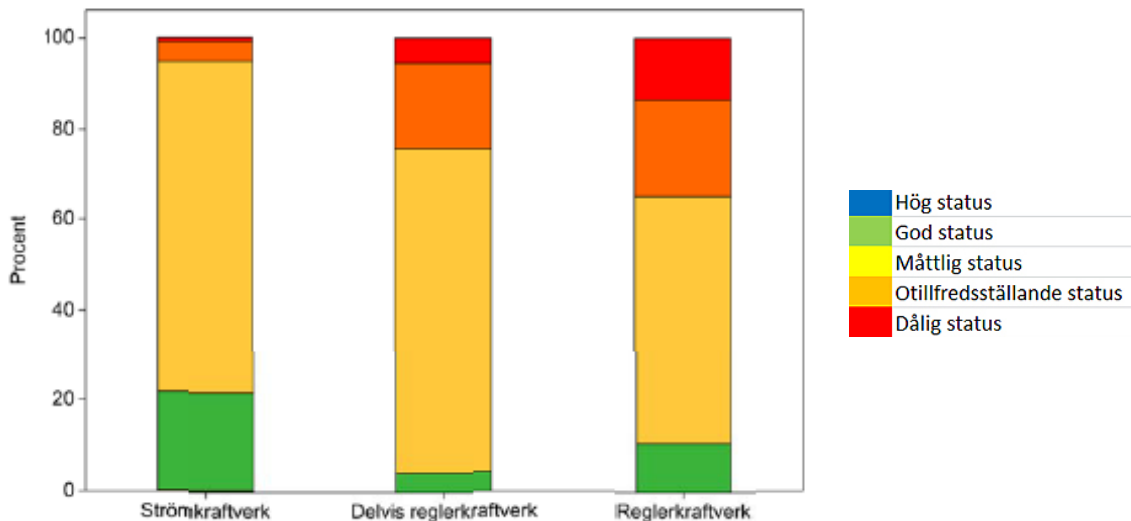
4.2 Miljö

Fysisk påverkan är det största problemet för vattenmiljön i Sverige och en stor del av påverkanstrycket kommer från vattenkraften (Havs- och Vattenmyndigheten 2014, Naturvårdsverket 2015b). Ett vattenkraftverk med tillhörande damm förändrar vattenmiljön och därmed de akvatiska ekosystemen på flera olika vis, Figur 3. Det kan ta flera år innan en ny jämvikt inträder och de samlade konsekvenserna av en ny damm kan observeras (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Detsamma gäller för en utrivning.

Den enskilda vattenkraftanläggningens störning på ekosystemet – och därmed den potentiella miljönyttan med att återskapa naturliga förhållanden – beror på ett stort antal sam- och motverkande faktorer, bland andra anläggningens tekniska utformning, de geologiska och hydrologiska förutsättningarna i avrinningsområdet, klimat, regleringspåverkan uppströms och nedströms, den akvatiska faunans och florans artsammansättning och effekter av annan mänsklig aktivitet (Havs- och Vattenmyndigheten 2014). Den småskaliga vattenkraftens effekter skiljer sig därför generellt från de stora kraftverkens både på grund av skala, geografisk lokalisering och skillnader i drift och utformning. Det framgår tydligt av Figur 4:s jämförelse av ekologisk status för vattenförekomster med olika typer av vattenkraftverk. Omkring 20 % av vattenförekomsterna med strömkraftverk – vilket uteslutande är små kraftverk – uppnår god ekologisk status, medan endast någon enstaka procent har dålig ekologisk status. För vattenförekomster med reglerkraftverk – stora, medelstora och ett antal små kraftverk – är andelen med dålig eller otillfredsställande ekologisk status närmare 40 %. Även mellan små vattenkraftverk kan skillnaderna med andra ord vara stora, från näst intill obefintliga störningar till torrläggning av strömsträckor.



Figur 3. Schematisk bild av vattenkraftens miljöpåverkan. På primärnivån påverkas vattensystemets grundläggande abiotiska faktorer. Påverkan är omedelbar. Sekundärnivån består av de fysiska förändringarna av vattendragsmiljön och förutsättningarna för primärproduktion. De tar flera år innan de slår igenom och kan gradvis fortgå under lång tid. Tertiärnivån beskriver effekterna på faunan i och i anslutning till vattendragen. Komplexa interaktioner kan uppstå i ekosystemet innan (om) en ny jämvikt inträder, vilket även det kan ta många år. Kopplat till detta är interaktionen mellan vatten- och landmiljön. Källa: Havs- och Vattenmyndigheten 2013b, efter Petts 1984.



Figur 4: Ekologisk status uttryckt i procent av de vattenförekomster där det förekommer vattenkraftverk. Bedömningen om det är ett strömkraftverk eller reglerkraftverk har utgått från regleringsgraden vid vattenkraftverken. Andelen vattenförekomster med blå/hög ekologisk status är försumbar. Data avseende ekologisk status är hämtad från VISS baserat på statsklassningen beslutade av Vattendelegationerna 2009-12-22. Källa: Havs- och Vattenmyndigheten 2014.

Dammarna utgör vattenkraftens allvarligaste störning på vattenmiljön (Havs- och Vattenmyndigheten 2014). De orsakar både vandringshinder och förlust av reproduktionsområden på grund av indämning, oavsett kraftverkets storlek. En fördämning påverkar dessutom vattennivåer och flöden i systemet. Vissa effekter uppstår alltid oavsett om det är ett strömkraftverk eller ett reglerkraftverk (Havs- och Vattenmyndigheten 2013a). Regleringens påverkan på vattendragets hydrologi är generellt lägre för den småskaliga vattenkraften på grund av den stora andelen strömkraftverk, även om korttidsreglering förekommer. Storskaliga regleringseffekter, så kallad omvänd vattenföring, orsakas däremot inte av den småskaliga vattenkraften. Även flera andra miljöstörningar, till exempel att fiskar – särskilt ålar – skadas och dödas vid vandring nedåt genom kraftverkens turbiner, påverkan på sedimentation och erosion, vattenkemi och vattentemperatur bedöms generellt orsakas i mindre eller mycket mindre grad av små kraftverk än stora. Strömkraftverkens påverkar vattenmiljön främst genom utjämnade flöden, sänkt vattenhastighet och förlust av strömsträckor samt fragmentering på grund av fördämningen (Havs- och Vattenmyndigheten 2013a). Konkurrensstarka arter och arter knutna till stillastående eller lugnflytande vatten gynnas på bekostnad av akvatiska evertebrater arter som är särskilt anpassad till lokala förhållanden. Det leder till en likriktning av artsammansättningen på landskapsnivå. I sammanfattning bedöms den småskaliga vattenkraftens allvarligaste ekologiska effekter vara:

1. Barriäreffekten: Dammar skapar vandringshinder – barriäreffekter – i vattensystemet. De begränsar eller hindrar fisk och andra akvatiska organismer att förflytta sig till bland annat lek- eller uppväxtområden uppströms, men även nedströms transport av sediment, organiskt material, frön med mera i systemet (Jonsson 2015, Havs- och Vattenmyndigheten 2013b, Havs- och Vattenmyndigheten 2014, Sjölander m.fl. 2009). Vandringshindret är i de allra flesta fall fullständigt för vandring uppströms, partiellt för vandring nedströms. Denna störning kan minskas genom lämpligt utformad faunapassage istället för utrivning av dammen. Ett fåtal dammar har anlagts vid naturliga vandringshinder – ofta högre vattenfall – och orsakar i de fallen ingen ytterligare barriäreffekt.
2. Förlust av reproduktionsområden på grund av indämning: Denna störning är ofta partiell då inte hela reproduktionsområdet däms över eller då det finns andra reproduktionsområden kvar i samma vattensystem. Denna störning åtgärdas inte av faunapassager.
3. Korttidsreglering: Ekosystemet förändring beror på hur mycket vattendragets reglerade flöden skiljer sig från naturtillståndet (Havs- och Vattenmyndigheten 2013a). Förhållandevis få sjömagasin är korttidsreglerade och då med en måttlig regleringsamplitud, det vill säga skillnaden mellan lägsta och högsta vattennivå (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Vid den minoritet av de små vattenkraftverken där det förekommer korttidsreglering orsakas i vissa fall mycket stor stress på det akvatiska ekosystemet. Allvarligast är så kallad nolltappning, som periodvis torrlägger vattendraget nedströms dammen och kan slå ut all produktion av strömlevande insekter och försvåra födosök för många fiskarter vilket sammantaget kan orsaka totalskada på vattendraget (Jonsson 2015, Sjölander m.fl. 2009). Nolltappning är tillåtet för vissa dammar, men inte alla. Torrläggning av forssträcker kan också orsakas av förbiledningar. Korttidsreglering bidrar även till ökad erosion.

I norra Sverige, med utpräglade vintrar och kraftiga vårfloder orsakar den storskaliga vattenkraftens reglering en omvänd vattenföring. Regleringsmagasinen fylls på under vår och sommar för att sedan tömmas utefter behov under vinterhalvåret. Vattenföringen blir därför onaturligt hög vintertid när fiskar och bottendjur är inställda på att gå på sparlåga och lägre än naturligt under vårfloden, som är av stor betydelse både för de akvatiska ekosystemen och omgivande markområden som är beroende av och anpassade till översvämningar, till exempel svämskogar och strandängar (Jonsson 2015, Sjölander m.fl. 2009). Den småskaliga vattenkraften bidrar bara i låg grad till det här fenomenet, främst på grund av den

begränsade regleringskapaciteten. Även lokaliseringen i landets mellersta och södra delar, mildrar effekterna. Eftersom en stor del av vinternederbörden faller som regn i landets södra delar varierar vattennivåerna naturligt mer än i norra Sverige och vårfloden inte lika markant.

Knappt hälften av Sveriges 13 000 bedömda vattendrag har god eller hög status avseende konnektivitet; när det gäller sjöar har 60 procent god eller hög status avseende konnektivitet (Naturvårdsverket 2015b). Det är värt att komma ihåg att det långt ifrån bara är kraftverksdammar som orsakar dessa vandringshinder. Bland annat gamla flottningsföretag och vägnätet står för en stor andel av hindren (Naturvårdsverket 2015b).

4.2.1 Erosion och sedimenttransport

Erosion och sedimenttransport är en naturlig del av vattendragens processer av mycket stor betydelse för att forma landskapet. Vid en utrivning av en befintlig damm ökar flödesvariationen och därmed den högsta strömhastigheten i vattendraget. Det ökar erosionen och minskar sedimentationen. Sett till ett helt vattensystem innebär det att den totala sedimenttransporten från uppströms liggande sträckor till havet ökar jämfört med ett reglerat vattensystem där dammar ofta utgör ett totalt hinder för det grövre material som transporteras längs botten medan suspenderat material kan fortsätta genom mindre kraftverk (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). För en enskild strömsträcka kan sedimenttransporten öka väsentligt. På vissa håll i södra Sverige är sedimentation i kraftverksdammar så stor de måste muddras med jämna mellanrum (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Ökad sedimenttransport kan samtidigt minska erosionen, eftersom vattnets förmåga att bära sedimentpartiklar är mättat^{xvi} (Havs- och Vattenmyndigheten 2013a, Havs- och Vattenmyndigheten 2013b).

Konsekvenserna av en förändrad erosion och sedimenttransport kommer att variera mellan och inom olika vattensystem. I sedimenten som idag fångas i bland annat små kraftverksdammar binds också organiskt material, näringsämnen och miljögifter. Anläggandet av våtmarker och fångdammar är en miljöåtgärd för att minska kväve- och fosforbelastningen på bland annat Östersjön. En omfattande utrivning av kraftverksdammar ökar istället belastningen på nedströms liggande delar. I kombination med friare vattenvägar skulle översvämningarna och spridning av sediment över svämplan öka. Naturlig spridning av sediment är ofta viktigt för att tillföra näringsämnen och organiskt material. En ökad borttransport av sediment från uppströms delar av vattensystemen kan rensa naturligt grusiga och steniga bottenar och på så vis återskapa vissa lekbottnar för till exempel öring och asp.

I ekosystemtjänsttermer kommer vattensystemens förmåga till infångning och återcirkulation av ämnen och partiklar att förändras. Det är inte möjligt att avgöra om förändringen sammantaget är positiv eller negativ, eftersom mycket kunskap saknas om såväl mängd och sammansättning av sediment som kommer att omfördelas, som om skillnader mellan olika system. Förändringarna kan antas få vissa positiva följd effekter för ekosystemtjänsten skydd av habitat, främst i tidigare uppdämda uppströms liggande delar av vattensystemen, men kanske också negativa följd effekter för samma tjänst vid utloppen om närsaltsbelastningen ökar.

4.2.2 Vattenkvalitet

En återgång till mer oreglerade vattensystem bedöms få begränsade effekter på vattnets fysikaliska och kemiska sammansättning. Den studerade litteraturen ger inte närmare svar på vilka parametrar som kommer att förändras. Allmänt gäller att vattenkvaliteten kan påverkas både av reducerad vattenföring, förändringar i sedimentation och retention samt av effekterna av överdämning av landområden (Havs- och

^{xvi} Motsatsen, sedimentomättat vatten, beskrivs ibland som "hungrigt". Se Kondolf (1997).

Vattenmyndigheten 2013b). Korttidsreglering kan orsaka snabba variationer även i vattenkvaliteten som en följd av förändrade proportioner mellan det vatten som tappas från damm uppströms och det yt- och grundvatten som tillförs vattendraget nedströms (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b).

Även vattentemperaturen bedöms kunna bli lägre vintertid i vissa vattendrag efter en utrivning, vilket i så fall skulle gynna kallvattenarter. I dagens utbyggda vattendrag med förhållandevis kontinuerligt flöde, utan stora dammar och där strömkraftverk dominerar, blir effekterna på vattentemperaturen mindre omfattande. Så är fallet i huvuddelen av vattendragen i södra Sverige (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b).

4.2.3 Morfologi

Morfologin – vattendragets form och struktur – är en av kvalitetsfaktorerna i vattendirektivets statusbegrepp. En otillfredsställande eller dålig hydromorfologisk status är ett hinder för att en vattenförekomst ska uppnå god ekologisk status enligt vattendirektivet. Eftersom god status även ingår som en precisering av miljömålet Levande sjöar och vattendrag är det en önskvärd förändring även ur det perspektivet. Att återställa de reglerade vattendragens morfologi innebär i första hand att riva ut fördämningarna för att återfå naturliga flödesregimer. I vissa fall har kraftverken inneburit fler fysiska ingrepp i vattendragen, såsom stenarmerade sektioner närmast nedströms kraftverket och rensning och sprängning nedströms kraftverket för att öka fallhöjd eller avbördning (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). En återställd form – morfologi – betyder att vattenförekomsternas utseende förändras. En konsekvensanalys av en utrivning av Svartåfors vattenkraftstation i Östergötland visar att i det fallet skulle Mölorpesjön i praktiken försvinna när vattennivån sjunker som mest 10–12 meter (Tekniska Verken 2014). Strandlinjen skulle i det fallet förflyttas upp emot etthundra meter och sjön övergå till en å med ett antal mindre öar.

Ur ett ekosystemtjänstperspektiv blir bedömningen däremot svårare, eftersom de reglerade vattendragen skulle förändras kraftigt vid en återställd morfologi – med flera följeffekter. Redan små förändringar i hydrologin leder till att ett nytt hydrologiskt jämviktsläge eftersträvas (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Väsentligt ändrad reglering eller utrivning av fördämningar kan därmed återskapa en naturligare hydrologi med ökad erosion uppströms, ökad sedimentation nedströms och en förflyttning av meanderslingor. Dagens åkerareal är ett direkt resultat av 1800- och 1900-talets utdikningar som möjliggjordes bland annat genom regleringar av sjöar och vattendrag (Länsstyrelsen Kalmar län 2016, Internet). En helt oreglerad hydrologi – en utrivning inte bara av vattenkraftens fördämningar i landskapet – skulle sannolikt minska den totala åkerarealen. Dessutom skulle en naturligare morfologi och hydrologi leda till större och mer frekventa översvämningar. Sammantaget bedöms livsmedelsproduktionen från strandnära områden som idag är jordbruksmark påverkas negativt. Upprätthållande av livscyklar, skydd av habitat och genpools bedöms gynnas av ett mer mångformigt hydrologiskt landskap med högre konnektivitet. Förutsättningarna för utspädning, infångning och återcirkulation förändras kraftigt, både positivt och negativt i olika delar. På samma vis påverkas rekreativiteterna olika inom och mellan olika vattensystem. Litteraturen svarar inte på om de positiva eller negativa förändringarna skulle överväga. Kultur- och naturarv bedöms påverkas i huvudsak negativt på grund av förlusten av kulturhistoriskt värdefulla anläggningar. Landskapets flödesreglering minskar med färre dammar och snabbare strömhastigheter. SMHI:s vattenwebb (SMHI 2016, Internet) visar att regleringsvolymerna i lejonparten av de mindre vattendragen är så små att samhällets motståndskraft mot frekventare översvämningar i ett förändrat klimat generellt inte bedöms försvagas. Däremot bedöms bostadsrelaterade naturkvaliteter kunna påverkas negativt i högre utsträckning, till följd av ökad risk för översvämning av källare och tomter samt för sättningar och skred när grundvattennivåer förändras till följd av den förändrade morfologin. Hur stor påverkan på dessa ekosystemtjänster skulle bli hänger tätt samman med

vilken vattenförekomst som återställs – inte minst hur reglerat det är av andra verksamheter. Vilka ekosystemtjänster som skulle påverkas i det enskilda fallet kan variera kraftigt mellan olika anläggningar och lokaliseringar.

4.2.4 Växt- och djurliv

Många bottenlevande arter och växter skulle gynnas av ett mer naturligt hydrologiskt landskap. Generellt så har oreglerade vattendrag en högre produktionsförmåga än ett reglerat. Orsakerna är att dammarna minskar transporten av frön och organiskt material som tillförs från landmiljön – i första hand löv och andra växtdelar – samt att de har färre strömpartier som är viktiga för att bearbeta och sönderdela detta material (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Jämfört med ett opåverkat vattendrag orsakar vattenkraftverken en mindre naturlig artsammansättning, men inte nödvändigtvis reducerat artantal (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). För sträckor med strömkraftverk är det totala *artantalet* bottenlevande samlare och predatorer detsamma som i oreglerade vattendrag, men *antalet* samlare och predatorer är lägre än i oreglerade vattendrag (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). För små och branta vattendrag är skillnaden liten när det gäller diversiteten av bottenjur mellan reglerade och oreglerade vattendrag, förutsatt att nolltappning inte förekommer. Flodpärlmusslan är ett annat exempel på en art som med stor sannolikhet skulle återhämta sig. Den påverkas negativt både av minskad produktion i vattendragen och av att öring och lax störs, då de är värddjur för musslan under dess första livsfas (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Denna förbättring kan delvis uppnås även med faunapassager. Antalet skulle öka jämfört med idag.

Fiskar är den organismgrupp som bedöms gynnas mest av återställda vattensystem. Vattenkraftens – och andra verksamheters och vägnätets – fragmentering av det svenska vattenlandskapet orsakar stora negativa konsekvenser för flera fiskarter och har varit föremål för omfattande studier (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Kraftverksdammarna bidrar också till att reproduktionsområden gått förlorade på grund av överdämning. Av de elva primärt sötvattenslevande fiskar som omfattas av art- och habitatdirektivet är det åtta som inte har gynnsam bevarandestatus i hela landet, delvis till följd av vandringshinder (Naturvårdsverket 2015). Fiskpopulationen riskerar även att delas upp i delbestånd som är genetiskt isolerade från varandra (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Däremot gynnas arter som är anpassade för sjöar i reglerade – fragmenterade – system. Litteraturen särredovisar inte i vilken grad den småskaliga vattenkraften är orsak till dessa störningar jämfört med stora kraftverk eller andra verksamheter. Det går därför inte heller i det här fallet att göra någon kvantitativ bedömning av hur stor förändringen skulle bli vid en utrivning av de småskaliga kraftverksdammarna. Klart är ändå att lax, havsöring och flodnejonöga som leker i sötvatten och växer upp i havet, så kallade anadroma arter, enklare skulle nå sina reproduktionsområden jämfört med dagens situation då de hindras i vandringshinder från havet upp i vattendragen (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Ål är en så kallad katadrom art och har en motsatt livscykel med lek i havet och har sedan lång tid svårt att nå sina uppväxtmiljöer i sötvatten. Även östersjöbestånd av harr och sik, som reproducerar sig i tillflöden, har drabbats i de fall dammar förekommer i utloppen till havet (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Det finns även exempel på att gädda, abborre och sik har nått nya områden uppströms till följd av att sjöregleringar dämt över naturliga vandringshinder (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Sådan ytterligare spridning är vanligen önskad varför man på vissa håll byggt effektiva vandringshinder i vattendragen. Nackdelen är att också de naturligt förekommande fiskarternas vandringshinder hindras.

Även fåglar och däggdjur som är beroende av strömvattenmiljöer, till exempel strömstare och utter påverkas som en följd av habitatförändringar (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). En förändrad insektsproduktion påverkar födotillgången även för landlevande, insektsätande fåglar.

I vissa fall finns även risk för negativa effekter. Utrivningar kan försvaga lokala populationer. Till exempel finns det lokaler nedströms kraftverk som gynnar hög algproduktion och med bättre förutsättningar för etablering av fleråriga växter (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Redan måttliga vattenståndsförändringar påverkar makrofytvegetationen^{xvii} så att vissa arter missgynnas medan andra kan öka sin utbredning (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Allvarligare är förmodligen att en ökad konnektivitet också underlättar spridningen av sydliga invasiva arter^{xviii} som gynnas av ett varmare klimat (Jansson m.fl., 2015). Sammantaget bedöms de positiva förändringarna överväga med stor marginal.

En naturligare artsammansättning och fördelning mellan olika artgrupper och arter är positivt ur såväl ett vattendirektivs- som ett ekosystemtjänst- och miljömålsperspektiv. Det bedöms gynna upprätthållande av livscyklar, skydd av habitat och genpooler generellt i samtliga eller de flesta vattensystem. Stärkta eller återställda fiskpopulationer bedöms särskilt gynna tjänsterna livsmedel från sötvattenorganismer och möjligheten till rekreationsaktiviteter – främst sportfiske.

4.3 Elförsörjning

Totalt sett används i Sverige cirka 135–150 TWh el per år. Ett normalår produceras cirka 67 TWh el från svenska vattenkraftverk (baserat på produktionen år 1986–2003, med en variation mellan cirka 50–80 TWh/år). Fördelningen av produktionen i storskaliga, medelstora, småskaliga och mikrovattenkraftverk som anges i Tabell 3 baserat på Havs- och Vattenmyndigheten (2013b) samt Östlund (2014).

För att ge perspektiv på den småskaliga vattenkraftens bidrag till produktionen kan nämnas att de småskaliga kraftverken <1,5 MW tillsammans har en årlig produktion som motsvarar den totala elförbrukningen i Uppsala kommun 2014 (SCB 2015) och de medelstora kraftverken svarar för en produktion motsvarande elförbrukningen i Kronobergs län 2014 (Regionfakta 2016-03-14).

Tabell 3 Elproduktion i svenska vattenkraftverk efter storlek.

	<i>Installerad effekt per anläggning</i>	<i>Antal</i>	<i>Andel av normalårsproduktionen från vattenkraft, % (TWh)</i>
Storskaliga vattenkraftverk	>10 MW	208	94 % (63 TWh)
Medelstora vattenkraftverk	1,5–10 MW	Cirka 200	4,3 % (2.9 TWh)
Småskaliga vattenkraftverk	1,5 MW–0,125 MW	Cirka 670	<1,6 % (1,1 TWh)
Mikrovattenkraft	<125 kW	Cirka 1 030	<0,5 % (< 0.3 TWh)
TOTALT		2 100	100 % 67 TWh/år

^{xvii} Makrofytt är ett samlingsnamn för stora vuxna vattenväxter.

^{xviii} Av de närmare 2 000 främmande arter som finns i Sverige skapar cirka 380 problem för naturen och människan och kallas därför "invasiva främmande arter".

4.3.1 Vattenkraftens betydelse för elsystemet

Elsystemet bygger på att det i varje ögonblick finns balans mellan produktion och användning av el. Produktion och användning måste alltså hela tiden vara lika stora. I det svenska elsystemet är det Svenska kraftnät som ansvarar för balansen i delsystem för de kortaste tidsperspektiven (sekunder, timmar) medan de balansansvariga företagen ansvarar för de längre tiderna (dygn och säsong). Vattenkraften kan bidra på i stort sett samtliga tidsskalor; genom årsregleringen i vattenmagasinen flyttas vatten från sommar till vinter då vi använder mest el. Genom veckoregleringen flyttas vatten från helg till vardagar. Genom dygnsregleringen flyttas vatten från natt till dag. Största värdet av vattenkraft som reglerkälla kan vara för dygnsregleringen. Det kan här handla om att under några timmar hantera skillnader på flera tusen MW (Energimyndigheten 2014). Utöver vattenkraften som utgör den största delen av regleringen i elbalansen i Sverige bidrar också elnät mellan länder, så kallade överföringsförbindelser, till att jämna ut för variationer i elanvändning och elproduktion.

Enskilda vattenkraftverk och avrinningsområden har olika betydelse för elsystemet. Betydelsen avgörs framförallt av förutsättningarna för reglering och produktion (Energimyndigheten 2014). I sitt underlag till den övergripande nationella strategin för prioritering mellan energi- och miljöintresset för vattenkraft har Energimyndigheten värderat Sveriges vattenkraftsanläggningar ur energisynpunkt utifrån tre indikatorer: effekt, produktion och reglerförmåga. Effekt och produktion har tillsammans getts samma betydelse som reglerförmåga. Effekt har getts något högre vikt än produktion. Det är de 208 största vattenkraftsanläggningarna i Sverige som har betydelse för reglerfunktionen och står för 100 % av den automatiska frekvensregleringen och för nästan all manuell balansreglering. De olika kraftverkens delaktighet i regleringen är dock inte en direkt återspeglning av deras reglerförmåga. Att delta i balansregleringen ställer krav på välutvecklade simulerings- och optimeringssystem och att man har tillgång till pris- och tillrinningsprognoser för att kunna göra en korrekt prissättning. Två vattenkraftverk som har likvärdig reglerförmåga är inte nödvändigtvis lika delaktiga i balansregleringen. Delaktigheten beror till stor del på ägarnas fokus på handelsaktiviteter. (Energimyndigheten 2014). Även de medelstora vattenkraftverken har delaktighet i frekvensregleringen, medan de små- och mikrokraftverken inte bidrar till detta. I en pro memoria från Energimyndigheten och Svenska kraftnät (2015-11-17) beskrivs en metod för att bedöma vattenkraftens reglerförmåga och värde för elsystemet. Man påpekar att det är en komplex uppgift att definiera vad reglerförmåga är och en ännu större utmaning att beräkna och tilldela varje enskilt kraftverk korrekt betydelse utifrån sin delaktighet i regleringsarbetet. I denna pro memoria påpekas att vid situationer då överföringskapaciteten för ett kraftflöde i sydlig riktning är maximalt utnyttjad ökar betydelsen av produktion som ligger närmare användningen. Det är viktigt att ta i beaktande i vilket elområde vattenkraftverket ligger. Man påpekar också att det främst är viktigt för den storskaliga vattenkraften men även för den småskaliga vattenkraften, som till största delen finns i södra Sverige, och som där utgör ett viktigt effekttidbidrag.

Svensk Energi (2015) beskriver de fyra elområden som man har delat in landet i och inom vilka förutsättningarna är ganska olika. I de nordligaste elområdena råder ett elöverskott, så tillvida att produktionen överstiger konsumtionen, medan det omvända råder i de sydligare områdena. En viktig del i det svenska elsystemet handlar därför om att föra producerad el från norr till söder. Detta ger också en grund för att förstå att var i landet elproduktionen sker spelar roll för den nytta produktionen har. Detta medför att produktion av el i de sydligare elområdena ger större nytta eftersom de kan konsumeras lokalt, bidra till ökad stabilitet i elnätet och leder till mindre distributionsförluster (på grund av kortare distributionsavstånd).

Ytterligare en aspekt kring lokal elproduktion är möjligheten till ö-drift vid extrema situationer. I sin rapport om erfarenheter efter Gudrun skriver Energimyndigheten (2005) att ö-drift är ett område att

utveckla ytterligare för att bättre hantera storskaliga störningar. Här kan även den småskaliga vattenkraften spela en roll. Björnstedt (2009) påpekar att just småskalig vattenkraft är ett av de kraftproduktionslag som är bäst distribuerade. De har dessutom en hög tillgång på kontrollerbar primärenergi. Dock lämpar sig inte alla produktionsanläggningar för ö-drift utan tekniska justeringar. Vi har inte hittat någon uppgift på vilka eller hur många anläggningar det rör sig om.

4.3.2 Vattenkraftens betydelse i det framtida energisystemet

Energimyndigheten bedömer att reglerbehovet i det framtida energisystemet kommer att öka (Energimyndigheten 2014). Teknikutveckling kan bidra till framtida förändringar i reglerbehov och reglering kan komma att göras mer i användarledet. Klimatförändringar kommer att innebära ökade flöden. Troligen ökar även mängden spill i vattenkraftverken vid ökade nederbördsmängder, vatten som inte kan utnyttjas för elproduktion. Enligt Havs- och vattenmyndigheten och Energimyndigheten (2014) är det främst följande trender som pekar mot att vattenkraften kommer att fortsätta spela en viktig roll för det framtida hållbara energisystemet:

- Elproduktionen från vindkraft ökar i Sverige och dess grannländer. I första hand ökar detta behovet av dygns- och timreglering.
- Mängden solel ökar kraftigt (visserligen från låga nivåer), något som också kräver reglerresurser
- En eventuell avveckling av kärnkraften
- Minskat uppvärmningsbehov i bostäder leder till minskad lönsamhet för fjärrvärmeproduktion (vilket i sin tur leder till minskad lönsamhet för kraftvärmeproduktion)
- Kraftig utbyggnad av egenproduktion (mikroproduktion) förändrar även användarmönster vilket medför att framtida elsystem kan behöva hantera mer ojämn elproduktion
- Elektrifiering av vägtrafik
- Nya lagringstekniker för el

Också Svensk Energi (2015) gör bedömningen att vattenkraftens roll och potential blir ännu viktigare när vi har ett system med en större mängd elproduktion som varierar med vädret (mer sol- och vindkraft). Man lyfter också fram att om kärnkraften avvecklas så försvinner en stor del av den planerbara kraftproduktionen ur systemet. Till det kan läggas att samtliga kärnkraftsreaktorer ligger i de två sydligaste elområdena och därmed bidrar nedstängningen av dessa till ökad obalans mellan produktion och konsumtion i området. Detta medför att ny produktion främst behöver tillkomma i de sydligare elområdena.

Svensk Energi (2015) uppskattar att det finns en potential till att bygga ut vattenkraften i vattendrag med befintliga vattenkraftverk om cirka 6 TWh (baserat på en inventering från 2011). I den utredningen analyserades dock inte elområde 4 (det sydligaste elområdet) till fullo. För elområde 3 bedömdes att det finns en potential att utnyttja ytterligare 2,2 TWh/år. Svensk Energi (2015) framhåller att effektutbyggnad är en viktig bit för att öka reglerkrafttillgången, men det är inte säkert att den är direkt proportionerlig eftersom många andra faktorer (som till exempel serie- och parallellkopplade vattenkraftverk) spelar in. För elområde 3 bedömdes den möjliga ökningen av effektkapacitet till 25 %. Ökad effektkapacitet kan nås på olika sätt bland annat genom att bygga om befintliga aggergat eller att bygga ut stationer med fler aggergat. Enligt ett examensarbete från KTH (Ström 2012) finns i många småskaliga vattenkraftverk (<

2 MW) en potential till att öka effekten genom renovering. Genom en enkätundersökning omfattande 9 % av de småskaliga vattenkraftverken visade det sig att om urvalet var representativt för hela gruppen (samtliga småskaliga vattenkraftverk) så skulle potentialen till ökning kunna vara så stor som 6 TWh. Rudberg (2011) påpekar att många av vattenkraftverk i Sverige är gamla och i behov av renovering och det är troligt att renovering av befintliga kraftverk kommer att stå för den huvudsakliga ökningen av produktionen. Dessutom kommer dessa renoveringar till att bidra till energieffektivisering.

Naturvårdsverket (2015b) beskriver den framtida energisituationen som en kombination av ökade krav på förnybar elproduktion (genom EUs målsättningar), globalt ökad energikonsumtion – vilket kan påverka både fossibränslepriser och biobränslepriser. Med sådana effekter kan inhemsk elproduktion bli ännu viktigare än idag. Man skriver också att till följd av förväntade klimatförändringar kan den svenska vattenkraftproduktionen komma att öka.

4.4 Miljöförbättrande åtgärder i små vattenkraftverk

Behovet av miljöförbättrande – eller andra – åtgärder, deras utformning med mera kan skilja mycket från ett vattenkraftverk till ett annat. Litteraturen är trots det samstämmig på två punkter:

- Funktionella passager för fisk och andra vattenlevande organismer är alltid önskvärt
- Nolltappning och korttidsreglering bör alltid undvikas

Havs- och Vattenmyndigheten (2015d) uttrycker det till exempel som att de allra viktigaste åtgärderna vid vattenkraftverken är ”en ekologiskt anpassad vattenreglering och installation av faunapassager”. Havs- och Vattenmyndigheten (2015a) har gjort en sammanställning av hur dessa åtgärder kan genomföras mer konkret för att nå god ekologisk status och god ekologisk potential i vattenförekomster med vattenkraft. De tar också upp flera andra åtgärder för vattenkraften och delar in dem i fem kategorier; åtgärder för konnektivitet, ekologisk anpassning av vattenreglering i vattendrag, åtgärder för att bevara eller förbättra de fysiska habitaterna, för fysikaliskt-kemiskt tillstånd samt i dämningsområdet. Naturvårdsverket och dåvarande Fiskeriverket gav 2008 ut handboken *Ekologisk restaurering av vattendrag*, med utförliga beskrivningar av metoder och arbetsgång för biologisk återställning som fungerar även för reglerade vatten. Widmark (2002) ger även exempel på lyckosamma restaureringsåtgärder ur ett kulturhistoriskt perspektiv, där man lyckats återuppta driften efter decennielånga uppehåll och samtidigt bevara ursprungligt utseende. Naturskyddsföreningen försöker uppmuntra till miljöanpassningar av vattenkraften genom märkningen Bra Miljöval.

4.4.1 Åtgärder för konnektivitet

För de små vattenkraftverken som till största del är strömkraftverk eller har en begränsad reglering är det framförallt åtgärder inriktade på ökad konnektivitet som är prioriterade. Idag är det bara en tiondel av alla vattenkraftverk som har någon form av faunapassage och de är i flera fall gamla med otillfredsställande funktion (Havs- och Vattenmyndigheten 2015a, Jonsson 2015). Det finns en lång rad olika typer av artificiella passager – trappor, rännor, naturlika bäckar, omlöp eller inlöp – som har utvecklats och förbättrats under senare år (Sjölander m.fl. 2009, Jonsson 2015). Hur faunapassagen bör utformas beror på flera faktorer (Havs- och Vattenmyndigheten 2015a):

1. Är det tillräckligt att fisk kan vandra i systemet eller ska även andra organismer och frön transporteras fritt?

2. Ska vandring säkerställas både i uppströms- och nedströmsriktning?
3. Hur påverkar de lokala förutsättningarna?

Utrivning av kraftverksdammen är den mest långtgående åtgärden för att återställa vattendragets konnektivitet. Det har också gjorts i en del fall, med Himleån i Halland som det kanske mest omfattande exemplet. Under 1990-talet löstes alla sju fallrättigheter in och dammar och kraftverk revs, i kombination med många andra restaurerande åtgärder, med positiva resultat i och omkring ån (Jonsson 2015). En uppföljning av dammutrivning i Nissan visade istället en minskning av vissa djurgrupper, sannolikt orsakat av den ökade sedimenttransporten (Renöfält m.fl. 2013). Generellt är det främst dammar som inte längre används och är bristfälligt – eller alltför kostsamt – underhållna som har rivits ut (Sjölander m.fl. 2009).

Eftersom utrivning för med sig många andra, ofta oönskade, konsekvenser är det vanligare att försöka hitta miljöförbättrande åtgärder som gör det möjligt att fortsätta bedriva kraftproduktion och bevara de kulturhistoriska åtgärder, med acceptabel miljöpåverkan. Bland positiva exempel kan nämnas kraftbolaget Tranås Energi's arbete i Svartån och Bulsjön i Småland och fiskevårdsåtgärderna i Sävåprojektet (Tranås Energi 2016, Internet; Länsstyrelsen Västra Götalands län 2016, Internet). I båda fallen har man anlagt faunapassager och förbättrat bottnarna för lekande fisk utan att skada de kulturhistoriska värdena. I centrala Tranås har faunapassagen utformats som ett omlöp som blivit ett uppskattat inslag i stadsbilden. Vid Jonsereds vattenkraftverk har informationsskyltar satts upp om fabriksområdets historia och beskrivning av kulturvärdena. Arbetet har skett i samverkan mellan ägare och myndigheter. Andra exempel är fiskvandringssvågar i centrala Uppsala, Falkenberg och Norrköping som ökat intresset för vattenkraftverk i kulturmiljöer (Jonsson 2015). Det finns med andra ord ingen nödvändig motsättning mellan miljöanpassande åtgärder och bevarande av kulturvärden.

4.4.2 Ekologisk anpassning av vattenreglering i vattendrag

För samtliga små vattenkraftverk är det ur ett ekologiskt perspektiv kritiskt att undvika nolltappning och hastiga flödesförändringar, liksom torrläggning av strömsträckor på grund av förbiledning i tuber eller rännor (Sjölander m.fl. 2009). Havs- och Vattenmyndigheten (2013a) konstaterar i sin genomgång av ekologisk vattenreglering att en minimitappning förbi samtliga kraftverk skulle ge direkta förbättringar i livsmiljön för strömlevande fisk. Det skulle också öka produktionen av strömlevande insekter – vilket även gynnar omgivande landmiljöer – och förbättrad vattenkvalitet. Så långt möjligt ska de naturliga flödesregimerna med högst flöden under vårfloed och höstregn och lägre under vinter och högsommar eftersträvas (Sjölander m.fl. 2009). Det innebär att även återkommande högflöden är en viktig del av miljöanpassad vattenreglering (Havs- och Vattenmyndigheten 2015a). Havs- och Vattenmyndigheten (2013a) har gjort en sammanställning av olika metoder för beräkning av ekologiska flöden.

4.4.3 Åtgärder för att bevara eller förbättra de fysiska habitaterna, för fysikaliskt-kemiskt tillstånd samt i dämningssområdet

Beroende på vattenkraftverkets storlek i förhållande till vattensystemet, det vill säga dess påverkansgrad, kan andra åtgärder vara aktuella även för små vattenkraftverk. De kan innebära anpassningar av utskov och spillöppningar, anpassningar av åfaran nedströms ett regleringsmagasin, motverka onaturlig erosion och sedimentation med mera (Havs- och Vattenmyndigheten 2015a, Sjölander m.fl. 2009).

4.4.4 Behov av holistiskt betraktelsesätt även vid åtgärdsförslag för ett enskilt vattenkraftverk.

Eftersom många vattensystem är reglerade i flera steg kan nyttan av enskilda åtgärder riskera att begränsas av förutsättningar uppströms eller nedströms. Ett holistiskt synsätt där systemeffekter också undersöks är därför nödvändigt, men svårt att genomföra (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Grunderna för den nödvändiga helhetssynen och samverken läggs i vattendirektivets modell för vattenförvaltning, som utgår just från avrinningsområden istället för administrativa gränser (Kriström m.fl., 2010). Antag till exempel att man planerar att öka konnektiviteten i ett vattendrag genom att anlägga faunapassager. För det första måste man känna till om det finns andra vandringshinder upp- eller nedströms och hur de i så fall påverkar den eller de populationer som åtgärderna ska gynna. För det andra måste man också vara uppmärksam på hur den sammantagna effektiviteten beror av antalet faunapassager. Om någon nedströmspassage har en effektivitet lägre än 100 % begränsas den maximala effektiviteten även för uppströms faunapassager.







I ett pilotprojekt i Vilhelmina har Sjölander m.fl. (2009) tagit fram ett förslag på ett holistiskt arbetssätt, den så kallade Ångermanälvsmodellen, som de delat in i 16 steg. De omfattar en kartläggning av vattendragets nuvarande status och gällande vattendomar eller miljödömmar, vilket är mycket viktigt men tidsödande. Utifrån det identifieras och prioriteras vattensystemets värden och åtgärder föreslås och kostnads-nyttoanalyseras. Under hela processen är det viktigt att samråda med berörda aktörer och sakägare. En erfarenhet är att det i hög grad saknas biologiska undersökningar av vattnets status (Sjölander m.fl. 2009). Även Havs- och Vattenmyndigheten (2013b) pekar på att det generellt finns ett behov av utökad kartläggning av vattenkraftens konsekvenser för den akvatiska miljön. I framtiden kommer det att krävas mer precisa mätningar av påverkan både för att verifiera statusklassningen och för att ta fram lämpliga miljöåtgärder (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Inom ramen för den nationella strategin för hållbar vattenkraft kommer fyra pilotprojekt i Lule älv, Dalälven, Nissan och Emån att utveckla arbetssätt och sprida erfarenheter till andra län och vattensystem om hur åtgärder kan prioriteras ur ett helhetsperspektiv (se till exempel Länsstyrelsen Dalarnas län 2015, Internet).

5 Diskussion och slutsatser

5.1 Sammanfattande konsekvensanalys av en omfattande utrivning av småskaliga vattenkraftverk

Fortsatt dialog om den småskaliga vattenkraftens värden är nödvändig. Den övergripande slutsatsen är att det är nödvändigt med en fortsatt nationell dialog om hur den småskaliga vattenkraftens och berörda vattenmiljöers värden ska viktas sinsemellan. Både förespråkare för utrivning och för bevarande av småskalig vattenkraft har goda argument för sin ståndpunkt, vilket framgår av Tabell 4. Samtidigt är flera av de identifierade konsekvenserna svåra att jämföra, både på grund av att de kan värderas olika och för att de är knapphändigt beskrivna i det genomgångna materialet.

Tabell 4. Översikt av förändringar vid en hydrologisk återställning av reglerade vattensystem med små vattenkraftverk. Gröna plus indikerar en bedömd förbättring jämfört med dagens situation, ett rött minus en försämring. De små gröna och röda cirklarna anger att det kan finnas mindre positiva respektive negativa effekter

	EU:s ramdirektiv för vatten	EST för sjöar och vattendrag	Det svenska miljömålssystemet
Kultur och rekreation			
Miljö			
Elförsörjning			

Genomgången litteratur har en slagsida mot den samlade vattenkraftens negativa miljöpåverkan. Det finns väldigt mycket skrivet om vattenkraften. Den här studien har i hög grad förlitat sig på de litteratursammanställningar som främst Havs- och Vattenmyndigheten har gjort och inte följt referenserna till den bakomliggande vetenskapliga litteraturen. Mycket kunskap har också tagits fram genom forskningsprogrammet Vattenkraft – miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten. Däremot avhandlas sällan den småskaliga vattenkraften separat, vilket inneburit en utmaning när mer generella vattenkraftsbeskrivningar har studerats. En annan återkommande utmaning har varit att lejonparten av den tillgängliga litteraturen – särskilt den del som avhandlar vattenkraftens ekologiska effekter – fokuserar på att följa upp och beskriva vilka förändringar som *redan har skett*. Den här studien försöker istället skifta perspektivet och bedöma vilka förändringar som *kommer att uppstå* om dagens situation förändras. Studien utgår i den här delen från antagandet att vattenkraftens dokumenterade effekter på ett oreglerat vattendrag återställs efter en utrivning. Det studerade materialet styrker detta, men innehåller alltför få uppföljningar av faktiska utrivningar för att verifiera antagandet och utesluta att irreversibla effekter har uppstått. En tredje utmaning är att det studerade materialet har så stor slagsida mot beskrivning av miljöeffekter. Det avspeglas delvis av den här rapporten, där resultatkapitlet ägnar sex sidor åt miljö och två sidor vardera åt kultur och rekreation respektive elförsörjning. Det är alltså inte ett medvetet uttryck för aspekternas inbördes betydelse.

Utrivning återskapar ett naturligare hydrologiskt landskap – med mångfacetterade konsekvenser. En omfattande utrivning av små vattenkraftverk skulle återkapa ett mer naturligt hydrologiskt landskap. Det skulle underlätta uppfyllandet av god status enligt vattendirektivet i många svenska vattenförekomster och stärka både biologisk mångfald och bevarandestatusen för flera hotade arter i vattenmiljön. Samtidigt kan höga kulturhistoriska värden äventyras, medan möjligheter till rekreation, turism och andra ekosystemtjänster är mer svårbedömda. Utifrån det studerade materialet går det inte att avgöra om till exempel sportfisket sammantaget kommer att gynnas mer än vad badplatsverksamheter kommer att missgynnas. Det finns fortfarande för få studier av värdet på olika ekosystemtjänster för att kunna dra några kvantifierade bedömningar av effekter. Se också avsnitt 5.4 Vad tillför en ekosystemtjänstanalys när det saknas värderingsstudier av de olika tjänsterna?. Motsvarande mångfacetterade bild gäller vid utvärderingen ur ett miljömålsperspektiv. De samlade konsekvenserna kan med andra ord bedömas både som övervägande positiva eller negativa, helt beroende på hur man väljer att vikta de olika aspekterna kultur och rekreation, miljö och elförsörjning.

Studien vågar ändå dra ett antal mer konkreta slutsatser efter genomgång av litteraturen:

- Ett hydrologiskt och naturvetenskapligt systemperspektiv är viktigt för att kunna bedöma effekter av en miljöförbättrande åtgärd. Risken är annars stor att de önskade effekterna uteblir på grund av förhållanden uppströms eller nedströms.
- Om inte de kulturhistoriskt mest värdefulla anläggningarna fredas kommer en omfattande utrivning av den småskaliga vattenkraften att försämra möjligheten att leverera kulturella ekosystemtjänster. Det blir också svårare att nå det nationella miljömålet Levande sjöar och vattendrag, eftersom bevarade av natur- och kulturmiljövärden ingår som en precisering. Samtidigt som det finns rekreationstjänster som är knutna till befintliga miljöer skulle till exempel sportfiske och forsränning kunna gynnas av en lägre grad av reglering i det hydrologiska landskapet.
- Vår analysmodell fångar inte riktigt in nyttan av elförsörjningen. Elförsörjningsaspekten ingår inte i EU:s ramdirektiv för vatten och anses inte heller vara en ekosystemtjänst. Klart är ändå att även om den småskaliga vattenkraften i bidrar till liten andel av landets totala elproduktion så har den flera egenskaper som gör den önskvärd i energisystemet förutom att den är inte beroende av fossila bränslen. Först och främst produceras en stor andel i elområden med generellt kraftunderskott samtidigt som lokal produktion ger också mindre överföringsförluster. Den bidrar den till stabilitet i energisystemet. Dessutom finns en potential att utveckla ö-driftsmöjligheten. Eftersom kraftverken är spridda över stor del av de mer tätbefolkade delarna av Sverige kan de vara värdefulla vid nödsituationer, till exempel efter stormar. Genom att avveckla och riva ut vattenkraftverk minskar vattenkraftsproduktionen något, samtidigt som man i praktiken omöjliggör en modernisering och uppgradering (inklusive effektutbyggnad) av de anläggningarna.
- En omfattande utrivning av fördämningar i vattenmiljön – både aktiva och nedlagda kraftverksdammar, gamla flottningsföretag och vägnätets hinder – skulle göra det väsentligt enklare för Sverige att uppfylla EU:s ramdirektiv för vatten. Alternativet är att i mycket större omfattning än idag peka ut reglerade vatten som kraftigt modifierade i kombination med anläggande av fungerande faunapassager för att uppfylla krav på konnektivitet.
- Vattenmiljön och den biologiska mångfalden gynnas av att återskapa strömsträckor och minska antalet vandringshinder. Det bedöms samtidigt gynna sportfiskets möjligheter till fångst av matfisk och rekreation.
- Det finns i många fall diffusa eller sekundära effekter av en förändrad hydrologi som kan vara svåra att värdera och kanske blir betydelsefulla först i kombination med flera åtgärder i samma vattensystem. Ekosystemtjänstperspektivet kan underlätta vid kartläggningen av dessa. Omfattningen och förhållandet mellan förändringarna – markanvändning, ämnestransport, rekreation med mera – har inte kunnat kvantifieras. Det svenska miljömålssystemet framhåller däremot det ursprungliga som odelat positivt, varför en återgång till oreglerade vatten är eftersträvsvärt ur det ekologiska perspektivet. Det här resonemanget utvecklas i avsnitt 5.2 Är det betraktade scenariot en realistisk tolkning av vattendirektivets krav?

Studien är ett steg på väg mot ökad förståelse om en omfattande utrivning – men fortsatta utredningar behövs. Några ord bör också sägas om studiens avgränsning och angreppssätt. Eftersom inga beslut är fattade om och i så fall hur Sveriges vattenkraftverk ska ny- och omprövas kan det visa sig att scenariot om utrivningar aldrig blir verklighet. Den nationella strategin nämner överhuvudtaget inte utrivningar. Trots det finns det en oro för – och förhoppning om – utrivningar i olika läger. Det har hur

som helst inte ingått i studien att konkretisera eller utvärdera sannolikheten för det hypotetiska scenariot. Det skulle ha krävt en fördjupning i de juridiska och ekonomiska ramarna som inte rymdes i studien.

Studien brottas också med ett oundvikligt motsattsförhållande mellan att å ena sidan *precisera* beskrivning och bedömning av en omfattande utrivning av småskaliga vattenkraftverk och å andra sidan *generalisera* för att rymma den stora variationen mellan olika lokaliseringar och utformningar av de små vattenkraftverken. Det kan därför inte nog understyrkas att studiens resultat och slutsatser inte kan tillämpas på enskilda vattenkraftverk. Även om det *generellt* är positivt ur vattendirektivsperspektivet att riva ut fördämningar finns det *enskilda fall* där naturliga vandringshinder gör att den hydromorfologiska statusen inte har tagit skada, precis som vattenkraftverken *generellt* bär höga kulturhistoriska värden trots att *enskilda fall* av olika skäl saknar dem. Ett tänkbart nästa steg för att ge en mer differentierad beskrivning av den småskaliga vattenkraften är att screena åtgärdsbehovet och värden med hjälp av en multikriterieanalys, vilket skisseras i avsnitt 5.5 Förslag på fortsatta utredningar

5.2 Är det betraktade scenariot en realistisk tolkning av vattendirektivets krav?

För de första ska det konstateras att den nationella strategin för hållbar vattenkraft inte nämner utrivning av kraftdammar. För det andra är det uppenbart att många små vattenkraftverk kommer att behöva genomföra miljöförbättrande åtgärder för att Sverige ska uppfylla kraven i vattendirektivet. I dessa fall uppstår en intressekonflikt mellan den enskilde och det allmänna, som den här syntesstudien inte har behandlat. Hur allvarlig och svårlöst den intressekonflikten är beror på fallspecifika faktorer som är mycket svåra att generalisera. Den småskaliga vattenkraften har ett reellt kommersiellt värde för sina ägare. I vissa fall kan en kraftanläggning ha varit i en och samma familjs ägo och drift under generationer, med de affektionsvärden och kanske direkt koppling till boendemiljön som det medför, i andra fall ägs kraftverket av ett bolag utan personliga band till anläggning. Kostnaderna – både direkta i form av utredningar och processdeltagande och indirekta genom minskad produktion – kan bli betydande. Det är inte självklart varken att de alltid står i proportion till nyttan eller att den kan bäras av en enskild kraftverksägare. Faktum är att bland andra Riksantikvarieämbetet (2014, Internet) varnar för att kostnaderna i sig kan leda till nedläggningar, oavsett om anläggningen hade kunnat få miljötillstånd eller inte. Jonsson (2015) gör bedömningen att kostnaderna för miljöanpassning kan bli så höga jämfört med intäkterna att utrivning blir aktuellt för över 1 000 kraftverk. Även om det är spekulationer pekar det på att de juridiska och ekonomiska förutsättningarna är avgörande för en framgångsrik och hållbar omställning av det hydrologiska landskapet. Även en utrivning medför kostnader. Kan den enskilde inte bära de kostnaderna finns risken för konkurs och att kraftverket istället lämnas utan huvudman och ändå blir statens ansvar. Samtidigt kan miljöförbättrande åtgärder skapa stora värden, bland annat genom att gynna fisketurismen eller genom att kombinera miljöinvesteringen med en uppgradering i teknik. Renoveringen av 39, huvudsakligen stora, vattenkraftstationer har gett ungefär 24 gånger så stor produktionsökning som det totala bortfallet till följd av samtliga omprovningar 1990–2010 (Rudberg 2013). Kostnadsnyttokalkylerna kommer alltså att skilja mycket mellan olika anläggningar och inte minst mellan olika aktörer. En åtgärd som kan vara gynnsam för allmänna intressen kan vara mycket kostsam för den enskilde. Dessa svåra avvägningsfrågor är en anledning till att förslagen i Vattenverksamhetsutredningen orsakat så stor debatt. Det här har studerats av bland andra Krüström m.fl. (2010) genom fallstudier i Emån och Ljungan. En utvärdering av forskningsresultaten framhöll värdet av de här kostnadsnyttokalkylerna och föreslog en ytterligare förfining av metoden.

Det finns alternativ till det scenario som den här studien har betraktat. Generaldirektörerna Erik Brandsmaa (Energimyndigheten) och Björn Risinger (fram till nyligen Havs- och Vattenmyndigheten, nu Naturvårdsverket) har på eget initiativ lämnat ett förslag till regeringen där kostnaderna för

”faunapassager och andra miljöförbättrande åtgärder, kostnader för prövningen, utrivningskostnader för det fall miljöskäl medför att anläggningar för vattenproduktion behöver läggas ned samt produktionsförlust med anledning av beslutade åtgärder eller beslutad nedläggning” ska delas ”av vattenkraftägare solidariskt, den enskilde utövaren av vattenkraftproduktion samt staten” (Energimyndigheten 2015). På så vis skulle inte enskilda ägare behöva bära orimliga åtgärdskostnader ensamma. Havs- och Vattenmyndigheten (2015d) har också gått vidare med strategiarbetet genom att ta fram ett utkast till hur man bör prioritera vilka vattenkraftverk som är i störst behov av att vidta miljöförbättrande åtgärder ur ett naturvärdesperspektiv. I förslaget uttrycks en tydlig ambition till en samlad bedömning vid prioritering av åtgärder. Fokus ligger också på en ekologiskt anpassad vattenreglering och installation av faunapassager. Utrivning nämns enbart en gång och då i en bilaga som inte författats av Havs- och Vattenmyndigheten.

Med ovanstående reservationer – att det är okänt hur många vattenkraftverk som kan bli föremål för utrivning, hur kostnader och ansvar ska fördelas, hur faunapassager och andra åtgärder värderas i förhållande till utrivning och vilka vattenkraftverk som fredas från utrivning, antingen genom att pekas ut som kraftigt modifierade vatten eller på annat vis – är studien uppbyggd kring ett scenario där en omfattande utrivning av den småskaliga vattenkraften kommer att ske. Läsaren måste därför komma ihåg att det betraktade scenariot kan visa sig vara orealistiskt. Det finns viktiga juridiska och ekonomiska frågeställningar som inte ingår i studien, men som är nödvändiga att klargöra i något skede.

5.3 Vilka kumulativa effekter kan uppstå vid en storskalig förändring av Sveriges hydrologiska landskap?

I dagsläget är det inte känt hur många eller vilka vattenkraftverk som kommer att rivras ut. Det finns ännu inga beslut på om eller hur Vattenverksamhetsutredningens förslag kommer att genomföras. Vissa bedömningar talar trots det om att flera hundra små vattenkraftverk kan komma att rivras ut till följd av krav på miljöåtgärder. En utrivning av kanske hälften av de vattenkraftverk som är i drift, sannolikt i kombination med motsvarande omfattande åtgärder för återställa flottningsleder och andra ingrepp i vattenmiljön, skulle innebära en betydande omvandling av det hydrologiska landskapet. Dagens vattensystem är oomtvistligt strikt tämjda jämfört med en förindustriell epok. Dessa regleringar – särskilt för den småskaliga vattenkraften – skedde i de flesta fall för hundra år sedan eller mer. Nya naturtillstånd har därför hunnit inträda. En kartanalys visar att det finns drygt 1 100 dammar av olika slag i eller i direkt anslutning till naturreservat och Natura 2000-områden, det vill säga områden med höga naturvärden (Lantbrukarnas Riksförbund och Svensk Energi 2014).

Studiens upplägg gör det omöjligt att uttala sig om effekterna i något enskilt fall. De lokala förutsättningarna – topografiskt, hydrologiskt, ekologiskt, tekniskt med mera – kan vara väsensskilda mellan två olika vattenkraftverk. Studien beskriver istället de förväntade ”medeleffekterna”, det vill säga de förändringar som oftast bedöms komma att ske i områden där tillräckligt många små kraftverk rivs ut. Det betraktade scenariot utgår från en mer storskalig och genomgripande omvandling av det hydrologiska landskapet som resultat av en utbredd utrivning av småskaliga vattenkraftverk. Därför behöver även kumulativa effekter bedömas. Begränsas den framtida utrivningen till enstaka anläggningar kommer de lokala förutsättningarna i högre grad att styra typ och omfattning av effekterna. En bedömning av en storskalig påverkan till följd av kumulativa effekter av många utrivningar är svår att genomföra, bland annat eftersom vattenkraftens effekter är svåra att särskilja från annan mänsklig påverkan på den här skalan och därför är bristfälligt beskrivna (Havs- och Vattenmyndigheten 2013b). Havs- och Vattenmyndigheten (2013b) konstaterar att även den småskaliga vattenkraften gemensamt orsakar en ökad vintervattenföring, reducerad vårflod och lägre försommarflöden med förändringar i näringsbalans, flöden av organiskt kol samt temperatur- och syrgasförhållanden jämfört med ett oreglerat system – trots

att varje enskild sjö eller damm regleras med liten amplitud. Det hydrologiska landskapet är mer homogent idag till följd av den utbyggda vattenkraften med färre strömpartier (Havs- och Vattenmyndigheten 2014). Sjöar och vattendrag påverkar omgivande miljö på stora avstånd. Till exempel påverkas fåglars migrationsmönster av förändringar i vattendrag (Havs- och Vattenmyndigheten 2013a). Antaget att denna situation förändras och återgår till ett mer opåverkat, förindustriellt, tillstånd bedöms de storskaliga effekterna kunna omfatta bland annat:

- En större – mer otämjd – flödesvariation. Färre fördämningar ger en minskad sjöareal i landskapet. Även med oförändrat medelflöde kommer transporthastigheten att öka och mindre vatten kvarhållas i uppströms delar av landskapet. Vattnets uppehållstid minskar i de uppströms delarna. Längre ner i systemen kommer meandringen att öka, liksom svämplan och deltan.
- Ovanstående effekter kommer att påverka grundvattennivåer lokalt eftersom vattensamlingar bidrar till högre grundvatten. Även mikroklimatet kan påverkas av en omfördelning av vattensamlingarnas temperaturutjämnande och luftfuktighetshöjande egenskaper.
- Erosion och sedimentationen påverkas av vattenflödena. Sediementtransporten bedöms bli mer storskalig. Med färre fördämningar kommer en större del av uppströms eroderat material att transporteras längre sträckor än idag. Sedimentationen i nedströms liggande delar, både i sjöar, på svämplan och i Östersjön kommer att öka, vilket i huvudsak bedöms vara positivt för miljön men i vissa fall negativt för jordbruks- eller skogsmarker.
- Erosion och sedimenttransport har i sin tur betydelse för landskapets retentionsförmåga, det vill säga förmåga att kvarhålla organiskt material och andra ämnen. Sannolikt finns både näringsämnen och miljöstörande ämnen lagrade i kraftverksdammarnas sediment, vilka i någon grad kommer att resuspendera och transporteras längre nedströms vid en utrivning. Utöver denna ursköljning efter utrivningen kommer en större andel även av framtida belastning – inte minst näringsämnen från jordbruket – att nå till exempel Östersjön. Det kan motverkas om vattendragen tillåts svämma över så att sedimenten kan avsättas på svämplan istället för att nå hela vägen till utloppen.
- De akvatiska ekosystemen skulle gynnas kraftigt av en återställd konnektivitet och ett mer mångformigt hydrologiskt landskap. Fler strömsträckor, färre vandringshinder, upphörd nolltappning och naturliga flödesvariationer korttidsreglering kommer att öppna upp för vandrande fisk och andra organismer att återta tidigare lekområden, stärka ekologiska samband och återställa konkurrensförhållanden mellan vandrande och stationära arter.
- Dessa förändringar kommer att – beroende på omfattning – att direkt påverka både samhället och enskilda individer. Dagens markanvändning, bebyggelse och infrastruktur har anpassat sig till de etablerade förhållandena, ofta sanktionerade och rentav genomdrivna av samhället genom planläggning och reglering. Skredrisker kommer att öka i vissa områden och hota byggnader, vägar och järnvägar. Ansvars- och kostnadsfördelning för en sådan samhällsomställning styrs av lagstiftning och ingår inte i den här studien. Så länge det inte går att avfärda utbredda förändringar av det här slaget vore det angeläget att belysa de här juridiska frågorna.

Trots att det finns uppenbara potentiella kopplingar mellan en omfattande utrivning av småskalig vattenkraft och andra viktiga samhällsaspekter – jord- och skogsbruk, bebyggd miljö, skredrisker med mera – saknas ännu en konsekvensbedömning på landskaps- och samhällsnivå. Viss ledning kan eventuellt finnas i klimat- och sårbarhetsanalyser, men de har förträdesvis gjorts för större tätorter och vattenkraften påverkar främst landsbygden. Behovet av en sådan konsekvensbedömning förstärks av det förändrade klimatet.

5.4 Vad tillför en ekosystemtjänstanalys när det saknas värderingsstudier av de olika tjänsterna?

En omställning av Sveriges hydrologiska landskap av den omfattning som kan anas av Vattenverksamhetsutredningens förslag och den nationella strategin för prioritering mellan elförsörjning- och miljöintresset för vattenkraft bör vara ett typexempel på sådana beslut som ska väga in värdet av ekosystemtjänster enligt regeringen. För att nå längre i en sådan analys jämfört med den här studien krävs:

- Ett noggrannare val av modell för, eller urval av, ekosystemtjänster. I den här studien har Naturvårdsverkets (2012) förslag använts, trots att det exkluderar vattenkraften som sådan och uttalat inte är komplett. Det är fullt möjligt att modifiera någon av de etablerade ekosystemtjänstmodellerna för att bättre passa analys av förändringar i vattenkraftssystemet, till exempel med ledning av VALUESHEDS (Barton m.fl. 2012). Vi bedömde att framtagandet av en egen uppsättning ekosystemtjänster, oavsett att det vore en intressant och angelägen uppgift, skulle ha tagit för mycket resurser ifrån studiens huvudsakliga syfte.
- Fler värderingsstudier av ekosystemtjänster från sjöar och vattendrag. I brist på sådana studier går det inte att kvantifiera de studerade förändringarna. Istället har ekosystemtjänstperspektivet begränsats till att försöka systematisera förändringarna av en utrivning av småskalig vattenkraft. Perspektivet kan därmed sägas ha ett pedagogiskt värde och kan även användas för att föreslå indikatorer vid konkreta alternativjämförelser, enligt Tabell 5.












5.5 Förslag på fortsatta utredningar

Strategisk miljöbedömning av den småskaliga vattenkraftens omställning. Det finns, som nämnts ovan, lyckade exempel på faunapassager och andra miljöförbättrande åtgärder som gjort det möjligt att stärka och återskapa de ekologiska värdena med bibehållna kulturella och rekreativa värden utan förlust av elproduktion. Det finns också exempel på ekologiskt framgångsrika utrivningar av dammar med låga eller inga kultur- och produktionsvärden. Det visar att ingetdera alternativet – utrivning eller faunapassage – förbehållslöst kan framhållas framför det andra. Slutsatsen blir ständigt att det krävs en situationsanpassad bedömning, utifrån ett helhets- och systemperspektiv. Nästa steg bör därför vara att vidareutveckla arbetssätt och metoder som underlättar det. När omfattningen klarnar för omställningen av den småskaliga vattenkraften kan det sannolikt behövas en bredare konsekvensanalys, enligt principerna för miljöbedömningar av planer och program (Naturvårdsverket 2016, Internet).

En fortsatt utredning av det juridiska och finansiella ramverket för den småskaliga vattenkraftens framtida förändringar är nödvändig för att samhället ska lyckas genomföra en rättvis och hållbar omställning.

Varje kraftverk är unikt – men beslut om miljöförbättrande åtgärder måste fattas utifrån en helhetsbedömning av både miljöpåverkan och samhällsnytta. Det står klart att Sverige står inför omfattande miljöförbättrande åtgärder i vattenmiljön för att leva upp till åtagandet i EU:s ramdirektiv för vatten. Det kommer till tydligt uttryck bland annat i Havs- och Vattenmyndighetens och Energimyndighetens nationella strategi för vattenkraften. Som konstaterats tidigare separeras den småskaliga vattenkraften sällan från den storskaliga. Istället diskuteras antingen vattenkraft generellt, vilket gör det svårt att särskilja den storskaliga från den småskaliga vattenkraftens effekter, eller så avhandlas ett specifikt fall utan att resultaten generaliseras. Eftersom varje vattenförekomst och kraftverk är unikt – skala, lokalisering, teknik, ålder med mera – krävs en bedömning i det enskilda fallet av vilka värden som kan vinnas, vilka som hotas och vilken åtgärd som är bäst lämpad för att uppnå största möjliga nytta. Samtidigt krävs ett helhetsperspektiv så att summan av åtgärderna uppnår de övergripande målen.

Tabell 5. Ett försök till en kvalitativ sammanställning av de betraktade scenariernas konsekvenser ur ett ekosystemtjänstperspektiv. Tjänsterna är hämtade från Naturvårdsverket (2012), med undantag för Livsmedel från omgivande åkermark och Skogsproduktion, som Naturvårdsverket inte tar upp för naturtypen sjöar och vattendrag. De olika bedömningarna är hämtade från kapitel 4.2 Miljö

<i>Utvalda ekosystemtjänster</i>	<i>Förändring vid en omfattande utrivning av småskalig vattenkraft</i>	<i>Förändring vid omfattande utbyggnad av faunapassager</i>
Livsmedel från sötvattensorganismer Dricksvatten Icke-drickbart vatten Utspädning, infångning och återcirkulation Upprätthållande av livscyklar, skydd av habitat och genpooler Kultur- och naturarv Möjligheten till rekreativitet, inklusive byte och andra naturkvaliteter för nöjesjakt och sportfiske Hälsa	      	  
<i>Sekundära ekosystemtjänster</i>		
Flödesreglerande vattenmagasiner, bostadsrelaterade naturkvaliteter Global klimatreglering, andliga tjänster, resurs för forskning och miljöövervakning samt utbildning Livsmedel från omgivande åkermark Skogsproduktion	   	

Det finns få exempel på försök till samlade bedömningar, även om det ofta framhålls att det är önskvärt att det görs. Den här studien har försökt göra en samlad bedömning genom att betrakta tre aspekter – kultur och rekreation, miljö samt elförsörjning – ur tre perspektiv. Både ekosystemtjänst- och miljömålsperspektivet kan sägas syfta till holistiska betraktelsesätt. Ekosystemtjänstperspektivet når förmodligen längst genom att försöka omfatta alla ekosystemets nyttor. Resultaten pekar tydligt på att det tydligaste motsatsförhållandet i flera fall kan stå mellan utrivning i miljöförbättrande syfte och bevarande av kulturhistoriskt viktiga anläggningar och miljöer. Det kan jämföras med Havs- och Vattenmyndighetens och Energimyndighetens nationella strategi för vattenkraften som uttalat fokuserar på avvägningen mellan kraven i EU:s vattendirektiv och förnybarhetsdirektiv. Eftersom strategin inte har något kulturmiljödirektiv att ta hänsyn till finns en risk för att den småskaliga vattenkraften – trots att den utgör ungefär 90 % av antalet kraftverk i landet – framstår som rimlig och nödvändig att avvara på grund av de utvärderingskriterier som har prioriterats. Pilotprojekten i Lule älv, Dalälven, Nissan och Emån blir därför särskilt viktiga för att hitta metoder och förhållningssätt som tillåter en samlad och holistisk bedömning. Vår slutsats är att det är nödvändigt att prioritera miljöskydd enligt vattendirektivet och miljömålen med hänsyn tagen till samtliga övriga värden som påverkas på ett accepterat, konsekvent och transparent vis. Klassiskt används kostnad/nyttokalkyler, men eftersom flera olika typer av värden ingår får kalkylen inte förenkla analysen alltför mycket eftersom man då riskerar att få ett falskt svar. Ett sätt att bidra till en överblick är att beskriva dagens bestånd av små vattenkraftverk med hjälp av en multikriterieanalys.

Multikriterieanalys kan användas för att översiktligt rangordna vilka anläggningar som bör prioriteras för olika typer av åtgärder. En multikriterieanalys, MKA, är ett strukturerat angreppssätt för att beskriva hur väl olika alternativ uppfyller ett eller flera önskade syften. Syftena beskrivs med ett antal kriterier som definieras i analysen. Varje kriterium värderas för sig på lämpligt sätt och därefter vägs de ingående kriterierna samman till en samlad bedömning. Multikriterieanalys är ett vanligt beslutsstödsverktyg, bland annat har Naturvårdsverket (2009) tagit fram en tillämpning för hållbar efterbehandling av förorenad mark. I det här fallet skulle de små kraftverken översiktligt kunna beskrivas med ett antal kategorier av kriterier. Data, det vill säga *värderingen* av respektive kriterium, bör kunna hämtas från kartstudie, allmänt tillgängliga källor och en enkät till vattenkraftägarna. Klart är att flera kriterier samvarierar. De småskaliga vattenkraftverken är företrädesvis omkring etthundra år gamla, lokaliserad i södra och mellersta Sverige, i relativt små vattendrag. Eftersom bland annat klimatet skiljer mellan södra och norra Sverige och vattenflöden är beroende både av klimat och vattendragets storlek finns det därför förstärkande och försvagande samband mellan den småskaliga (liksom den storskaliga) vattenkraftens olika miljöeffekter oberoende av teknisk utformning. En fördjupad studie skulle kunna kartlägga dessa närmare och på så vis underlätta analys och bedömning av olika förändringsscenarier. Precisionen i tillgänglig statistik är betydligt bättre för elförsörjningsperspektivet, med en heltäckande sammanställning av olika kraftverks och kraftverkskategoriers elproduktion på årsbasis. När värderingen är genomförd kan olika scenarier indikativt studeras genom att ansätta olika *viktningar* av kriterierna. Till exempel kan kraftverken grupperas utifrån ekologiska värden (ekologi viktas högst). Det skulle bland annat visa hur stora kulturella värden som hotas av en utrivning av de kraftverken. Alternativt kan mer komplexa scenarier betraktas genom att identifiera vilka kraftverk som har tillräckligt få nedströms fördämningar i kombination med acceptabel kostnad för anläggning av faunapassage för att få fram en delmängd av små kraftverk där utrivning inte bör vara förstahandsalternativet. Tabell 6 ger exempel på tänkbara kriterier i olika kategorier.

Tabell 6. Tänkbara kriterier för en utvärdering av olika framtidsscenarioer rörande den småskaliga vattenkraften

<i>Anläggningen</i>	<i>Kultur och rekreation</i>	<i>Ekologi</i>	<i>Elförsörjning</i>
Befintliga miljöåtgärder (enkät: faunapassage, naturlig reglering)	Befintligt kulturmiljövärde enligt genomförd inventering (annars okänd)	Ekologiska värden enligt förekomst av rödlistade arter, prioriterade naturtyper, naturreservat, Natura	Elområde (kartanalys)
Grov skattning av kostnad för faunapassage utifrån höjd och längd för att passera fördämningen (kartanalys)	Ägandeform som indikator på anläggningens affektionsvärde (enkät: bolagsägt, nyligen avyttrat, privatägt)	2000-områden, ekologisk status upp- och nedströms (VISS, ArtDatabanken, Kartverket Skyddad Natur)	Installerad effekt (enkät)
Regleringsregim (enkät: strömkraftverk med/utan torrläggning på grund av förbiledning, regleringsamplitud, nolltappning)	Rekreativitet (enkät)	Antal fördämningar upp- och nedströms (VISS? Enkät?)	Potentiell produktionsökning (enkät)
Prognos för frivillig ny-/omprovning (enkät)	Annan näringsverksamhet som nyttjar kraftverksmiljön (enkät)	Närhet till havet (kartanalys)	Möjlighet till ö-drift (enkät)
		Naturligt vandringshinder (kartanalys, enkät)	

En liknande ansats har också indikerats av Havs- och Vattenmyndigheten (2015b). Myndigheten framhåller att miljöintresset ska avvägas mot energi- och kulturmiljöintressena. I dagsläget finns ett utkast till prioritering av åtgärder i vattenkraften utifrån naturvårdssynpunkt (Havs- och Vattenmyndigheten 2015d). Det syftar till att bli ett stöd för de myndigheter och branschföreträdare som ska arbeta vidare med detaljerade åtgärdsstrategier för de olika avrinningsområdena i enlighet med vad som pekas ut i den nationella strategin. Utkastet utgår naturligt nog från naturmiljön och inte kraftverket. Arbetsgången inleds med en nulägesbeskrivning där naturvärdesklassificering av olika geografiska delområden är central. Därefter vidtar att analysera hur stor påverkan varje kraftverk har för att på så vis kunna beräkna ett så kallat prioritetsvärde, som utgörs av den åtgärdsgynnande arealen multiplicerat med samma områdes naturvärdesklass. Det här motsvarar *viktningen* i resonmanget ovan. Beräkningen kan även kompletteras med expertbedömningar. Resultatet blir en rangordning efter hur stor potential varje kraftverk har för naturvärdesgynnande åtgärder. Därefter ska en avvägning mot övriga intressen göras och fördjupade utredningar genomföras för att kunna föreslå lämpliga åtgärder. Än så länge saknas metoderna för de här avvägningarna. Utkastet konstaterar att de ska tas fram i samverkan med Energimyndigheten, Svenska kraftnät respektive Riksantikvarieämbetet. Dessa avvägningar skulle kunna användas som scenarier i en multikriterieanalys enligt ovan. De kommer att beskriva hur de centrala myndigheterna anser att *värderingen* mellan olika intressen bör göras.

Utveckling av nya tekniker för vattenkraftsproduktion och miljöåtgärder. Havs- och vattenmyndigheten samordnar ett arbete med att ta fram en vägledning för lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraften (Havs- och Vattenmyndigheten 2016, Internet). I arbetet deltar

experter från bland annat branschen och myndigheter. Ett tydligt exempel på förbättringspotentialen i det här arbetet är Hertingprojektet i Ätran, där nya fiskpassagelösningar markant har förbättrat passagemöjligheterna för lax, ål och havsnejonöga (Calles m.fl. 2015). En fortsatt utveckling – och användning! – av bästa möjliga teknik kan med andra ord väsentligt förbättra dagens ekologiska situation med bevarade anläggningar. RESTOR Hydro (2016, Internet) har utrett det motsatta scenariot att bevara och utveckla den småskaliga vattenkraften. En utbyggd småskalig vattenkraft skulle sannolikt öka behovet av nya tekniska lösningar, till exempel skruvturbiner och mikrokraftverk utan dämning, som tillåter elproduktion med minimerad miljöstörning. Även utrivningsmetoder kan behöva utvecklas för att eliminera vandringshinder utan att förlora den gamla dammens vattenspegel. De här lösningarna bedöms framförallt bli aktuella i processens nästa steg, när de övergripande besluten har fattats om vilka anläggningar som i första hand är aktuella för vilken typ av åtgärder.

Referenser

Barton, D., H. Lindhjem, K. Magnussen and S. Holen (2012) VALUESHEDS – Valuation of Ecosystem Services from Nordic Watersheds. TemaNord- rapport 2012–506.

Björnstedt, J. 2009. Island Operation with Induction Generators – Frequency and Voltage Control. Licentiate Thesis. Department of Measurement Technology and Industrial Electrical Engineering. Lund University.

Calles O., Christiansson J., Kläppe S., Alenäs I., Karlsson S., Nyqvist D. och Hebrand M. 2015. Slutrapport Hertingprojektet – Förstudie och uppföljning av åtgärder för förbättrad fiskpassage 2007-2015 . Naturresurs rinnande vatten, Karlstads universitet.

Brandel 2000. Miljökonsekvensbeskrivning m.m. för små vattenkraftverk. Handbok för utarbetande av MKB annat beslutsunderlag för små vattenkraftverk. EB 3:2000. ISBN 91-89184-18-1.

Brunnström, L. och Spade, B. 1995. Elektriska vattenkraftverk: Kulturhistoriskt värdefulla anläggningar 1891-1950. Riksantikvarieämbetet. ISBN: 987-91-7209-722-3 (PDF).

Ekelund Entson, M. och Gipperth, L. 2010. Mot samma mål? – Implementeringen av EU:s ramdirektiv för vatten i Skandinavien. Upplaga 2. Juridiska institutionens skriftserie. Handelshögskolan vid Göteborgs universitet. Skrift 6 2010.

Energimyndigheten 2005. Erfarenheter efter Gudrun – Reservkraft, prioritering och ö-drift med reservkraft. ER 2005:32, Eskilstuna, Sverige.

Energimyndigheten 2014. Vad avgör ett vattenkraftverks betydelse för elsystemet. Underlag till nationell strategi för åtgärder inom vattenkraften. Statistiska meddelanden ER2014:12. Eskilstuna, Sverige: Energimyndigheten.

Energimyndigheten 2015. Ett förslag till prövning av vattenkraftproduktion. Dnr 15-10053. 1 december 2015

Energimyndigheten & Svenska Kraftnät, 2015-11-17. PM "Vattenkraftens reglerförmåga och värde för elsystemet" Utkast.

Energimyndigheten och Havs och Vattenmyndigheten 2014. Nationell strategi för hållbar vattenkraft; Energimyndigheten och Havs och Vattenmyndigheten: Eskilstuna och Göteborg, 30 juni 2014.

Havs- och Vattenmyndigheten 2013a. Ekologiska flöden och ekologiskt anpassad vattenreglering. Underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:12

Havs- och Vattenmyndigheten 2013b. Vattenkraftens påverkan på akvatiska ekosystem – en litteratursammanställning. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:10.

Havs- och Vattenmyndigheten 2015a. Miljöåtgärder i vattenkraftverk. Sammanställning av åtgärder för att nå god ekologisk status och god ekologisk potential i vattenförekomster med vattenkraft. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2015:26.

Havs- och Vattenmyndigheten 2015b. Presentation vid Umeälvprojektets slutseminarium 2015-05-22. Tillgänglig via Projekt Umeälvens hemsida <http://umealven.se/wp-content/uploads/2014/01/Ume%C3%A4lvprojektet-Strategin-150522.pdf>. 2016-06-17.

Havs- och Vattenmyndigheten 2015c, Internet. Dialog om vattenkraft och miljö 2014. <https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/samverkansomraden/energi/dialog-om-vattenkraft-och-miljo-2014.html>

Havs- och Vattenmyndigheten 2015d. Metod för prioritering av åtgärder i vattenkraften utifrån naturvårdssynpunkt Underlag till fördjupningen av strategin för åtgärder i vattenkraften. Utkast 151118.

Havs- och Vattenmyndigheten 2016, Internet. Bästa möjliga teknik. <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledningar/provning-och-tillsyn/dammar-och-vattenkraftverk/basta-mojliga-teknik-for-vattenkraften.html>. Sidan publicerad 2014-09-17.

Havs- och Vattenmyndigheten och Energimyndigheten 2014. Strategi för åtgärder i vattenkraften. Avvägning mellan energimål och miljö kvalitetsmålet Levande sjöar och vattendrag. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2014:14. ISBN 978-91-87025-59-4.

Jansson, R., C. Nilsson, E. C. H. Keskitalo, T. Vlasova, M.-L. Sutinen, J. Moen, F. Chapin III, K. Bräthen, M. Cabeza, T. V. Callaghan, B. Van Oort, H. Dannevig, I. A. Bay-larsen, R. A. Ims, and P. Aspholm. 2015. Future changes in the supply of goods and services from natural ecosystems: prospects for the European north. *Ecology and Society* 20(3): 32.

Jonsson M., 2015. Rikedomar runt rinnande vatten. De ekonomiska värdena av en miljöanpassad vattenkraft.

Kondolf G, 1997. Hungry Water: Effects of Dams and Gravel Mining on River Channels. *Environmental Management* Vol. 21, No. 4, pp. 533–551.

Kriström B, Calles O, Greenberg L, Leonardsson K, Paulrud A, Ranneby B och Sandberg S 2010. Vattenkraft – miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten. Slutrapport, etapp 3, Elforsk rapport 10:90. November 2010.

Lantbrukarnas Riksförbund och Svenskt Näringsliv 2014. Vattenverksamhetsutredningen – konsekvensanalyser. Översiktlig utredning av potentiella risker med damnutrivningar och upphörande av markavvattning som en följd av Vattenverksamhetsutredningen. April 2014.

Länsstyrelsen Dalarnas län 2015. Hållbar vattenkraft i Dalälven. Pressmeddelande 2015-10-22. http://www.mynewsdesk.com/se/lansstyrelsen_i_dalarnas_lan/pressreleases/haallbar-vattenkraft-i-dalaelven-1239572. 2016-03-17.

Länsstyrelsen Kalmar län, 2014. Vattenkraftverksprojektet 2012–2013 ett kulturhistoriskt projekt om de elproducerande vattenkraftverken i Kalmar län. Kulturmiljö och vattenförvaltning – planeringsunderlag för södra Östersjöns vattendistrikt, delprojekt 3

Länsstyrelsen Kalmar län 2015, Internet. Upptäck kulturarv vid sjöar och vattendrag – en spännande historia! http://www.lansstyrelsen.se/kalmar/sv/miljo-och-klimat/miljomal/projekt/kulturmiljoer-vid-vattendrag/Pages/kulturarven_vid_sjoar_o_vattendrag.aspx. 2016-01-13.

- Länsstyrelsen Västra Götalands län 2016, Internet. Sävåprojektet – åtgärder.
<http://projektwebbar.lansstyrelsen.se/saveaprojektet/Sv/atgarder/Pages/default.aspx>.
- Miljömålsportalen 2016, Internet. Biologisk mångfald. Tio etappmål.
<http://www.miljomal.se/sv/etappmalen/Biologisk-mangfald/>. Sidan senast uppdaterad: 2014-03-03
- Naturvårdsverket 2009. Multikriterieanalys för hållbar efterbehandling – Metodutveckling och exempel på tillämpning. Rapport 5891. ISBN 978-91-620- 5891-3.pdf
- Naturvårdsverket 2011. Miljöförbättrande åtgärder för vattenmiljöer påverkade av vattenkraft. En studie om svenska hushållens preferenser och betalningsvilja. Rapport 5656, december 2006.
- Naturvårdsverket, 2012. Sammanställd information om ekosystemtjänster. Skrivelse 2012-10-31. Ärendenr: NV-00841-12
- Naturvårdsverket, 2015a. Guide för värdering av ekosystemtjänster. Rapport 6690, augusti 2015.
- Naturvårdsverket, 2015b. Mål i sikte. Analys och bedömning av de 16 miljökvalitetsmålen i fördjupad utvärdering. Volym 2; Rapport 6662; Naturvårdsverket: Stockholm, Sweden, Maj, 2015; Miljödepartementet. Ärendenr: NV-00841-12.
- Naturvårdsverket 2016, Internet. Miljöbedömningar av planer och program.
<http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Ovriga-vagledning/Miljobedomningar-av-planer-och-program/>. Sidan senast uppdaterad: 23 november 2015.
- Naturvårdsverket och Fiskeriverket, 2008. Ekologisk restaurering av vattendrag. Naturvårdsverket ISBN 978-91-620-1270-0. Fiskeriverket ISBN 978-91-972770-4-4.
- Penche, C. 2004. Små vattenkraftverk - en handbok. In: Rundqvist, J., Söderberg, C. & Bergander, B. (eds.). The European Small Hydropower Association, ESHA.
- Pettersson L, 2016. TerraLimno Gruppen. Personlig kommentar.
- Regionfakta, 2016-03-14. www.regionfakta.com
- Renöfält BM, Lejon AGC, Jonsson M & Nilsson C, 2013. Long-term Taxon-specific Responses of Macroinvertebrates to Dam Removal in a Mid-sized Swedish Stream. *River research and applications* 29, 1082–1089.
- RESTOR Hydro 2016, Internet. Unleash microhydro potential in Europe. <http://www.restor-hydro.eu/en/>. 2016-02-23.
- Riksantikvarieämbetet 2014, Internet. Ny lag förödande för kulturmiljöer vid vatten.
<http://www.raa.se/2014/01/ny-lag-forodande-for-kulturmiljoer-vid-vatten/>. Uppdaterad 3 februari 2014. 2016-01-13.
- Rudberg P., 2011. Constant Concessions Under Changing Circumstances: the Water and Renewable Energy Directives and Hydropower in Sweden. Second Revised Edition. Stockholm Environment Institute, Project Report – 2011. ISBN 978-91-86125-30-1.

Rudberg P., 2013. Sweden's Evolving Hydropower Sector: Renovation, Restoration and Concession Change. Stockholm Environment Institute, Project Report 2013-01.

SCB, 2015. Kommunal och regional energistatistik. Slutanvändning (MWh), efter län och kommun, förbrukarkategori samt bränsletyp. År 2009 – 2014.
http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__EN__EN0203/SlutAnvSektor/?rxid=1530d764-d175-4a95-a3ce-4898b8d129e3

Sjölander E, Strömberg M., Degerman E., Göthe L., och Jougda L., 2009. Åtgärdsplanering i reglerade vattendrag – arbetsgång och åtgärdsförslag i övre Ångermanälven. Skogsstyrelsen januari 2009. ISSN 1100-0295.

SMHI 2016, Internet. Vattenwebb regleringar. <http://vattenwebb.smhi.se/regulations/>. 2016-04-12

SMHI 2010. Sveriges vattendrag; 44-2010; Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI): Norrköping, Sweden, 2010

SOU I vått och torrt - förslag till ändrade vattenrättsliga regler; Statens Offentliga Utredningar (SOU) 2014:35; Regeringskansliets förvaltningsavdelning: Stockholm, 2014.

SOU Ny tid ny prövning – förslag till ändrade vattenrättsliga regler. Statens Offentliga Utredning (SOU) 2013:69. Delbetänkande av Vattenverksamhetsutredningen Stockholm 2013.

Stage, J. 2015, Internet. REPLIK: Miljöåtgärder blir inte bättre för samhällsekonomin ju dyrare de är. <http://www.second-opinion.se/energi/view/3024>. Publicerad 11 november 2015. 2016-01-14.

Ström, M. 2012. Småskalig vattenkraft - Dagsläge och framtidsplaner. Examensarbete KTH, Industriell teknik och management. Stockholm, Sverige.

Svensk Energi 2015. Potential att utveckla vattenkraften – från energi till energi och effekt. Rapport december 2015.
http://www.svenskenergi.se/Global/Dokument/publikationer/Potential%20att%20utveckla%20vattenkraften_vers151125_Web.pdf

Svensk Vattenkraftförening 2014. Nya kraven innebär konkurs för många. Debattartikel i Svenska Dagbladet, 2014-10-11, <http://www.svd.se/nya-kraven-innebar-konkurs-for-manga>

TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan, London.

Tekniska Verken 2014. Konsekvensbeskrivning utrivning av vattenkraftstation – Exemplet Svartåfors. Rapport 412.

Tranås Energi 2016, Internet. Vattenkraft. <http://www.tranasenergi.se/privat/elproduktion/vattenkraft/>

Widmark D., 2002. Småskalig vattenkraft och kulturmiljövård. Riksantikvarieämbetet kunskapsavdelningen PM 2002:6.

Östlund 2014. Många bäckar små, blir det bättre då? En studie om den småskaliga vattenkraftens för- och nackdelar ur ett miljöperspektiv. Kandidatuppsats. Miljö- och utvecklingsprogrammet, Institutionen för naturvetenskap, teknik och miljö. Södertörns Högskola.

Bilaga: Ekosystemtjänster

Ekosystemtjänster är de produkter och tjänster som naturens ekosystem ger oss människor och som bidrar till vårt välbefinnande. Det handlar om vanliga produkter som spannmål, kaffebönor och träråvara samt tjänster som att rena vatten, reglera klimat och pollinera växter. Under åren 2014 till 2017 driver Naturvårdsverket, tillsammans med flera aktörer, en satsning för att uppmärksamma värdet av biologisk mångfald och ekosystemtjänster och deras betydelse för oss människor^{xix}. Genom att värdera ekosystemtjänster synliggör vi hur människans välbefinnande och välfärd är helt beroende av fungerande natur. Många värden reflekteras inte i marknadspriser. Att underskatta värdet av någon av dessa olika tjänster i ekonomiska termer riskerar leda till dåligt grundade beslut som leder till förorening, förlust av arter och andra nyttor^{xx}.

Det finns för närvarande tre stora internationella system för klassificering av ekosystemtjänster – Millenium Ecosystem Assessment (MEA), The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) och Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) – med lite olika perspektiv och syften och därmed olika styrkor och svagheter. De har stora överensstämmelser och inkluderar alla de olika huvudgrupperna av ekosystemtjänster. På senare år har CICES fått ett allt större genomslag inte minst i EU. CICES förordas också av Naturvårdsverket^{xxi}. Systemet delar in ekosystemtjänster i försörjande, reglerande och kulturella tjänster^{xxii}. Det är en vidareutveckling från MEA^{xxiii} som även inkluderar stödjande ekosystemtjänster. Även TEEB exkluderar stödjande tjänster men har lagt till klassen habitattjänster^{xxiv} ^{xxv}. Dessa senare klassificeringar – och flera andra främst från den miljöekonomiska vetenskapen – tar fasta på att det i många sammanhang är viktigt att undvika dubbelräkning^{xxvi}. Ibland talas om intermediära tjänster eller komponenter som ger upphov till slutliga tjänster^{xxvii}. Med andra ord är ekosystemtjänstbegreppet vedertaget på övergripande nivå, samtidigt som det kan skilja sig åt i de detaljerade beskrivningarna. Försörjande tjänster innefattar produkter som vi använder som mat och råvaror (till exempel ved, fibrer och oljor men också dricksvatten). Reglerande tjänster som ekosystemen levererar är bland annat att rena mark och vatten från föroreningar genom nedbrytning, minska erosion och dämpa översämningar. En annan viktig tjänst är att fungerande ekosystem reglerar nivån av skadedjur. Med begreppet kulturella tjänster menas att människan använder naturen och dess varierande ekosystem för rekreation och för att få stillhet och ro men också för existentiella upplevelser och för att människan uppskattar vackra vyer. Naturen används också då vi gläds åt, fascinerats av eller lär oss om specifika arter och djurgrupper. Med stödjande tjänster menas till exempel fotosyntes och näringsrecirkulation men också näringsvävar och biologisk mångfald. De stödjande tjänsterna är alltså nödvändiga för att de övriga ekosystemtjänsterna ska kunna levereras. I litteraturen förekommer flera andra slags kategoriseringar av ekosystemtjänster med åtföljande terminologier^{xxiv}. Figur 5 ger ett exempel på olika ekosystemtjänster. Tabell 7 är en förteckning över ekosystemtjänster i nordiska sötvatten.

^{xix} Naturvårdsverket 2015, Internet. Ekosystemtjänster. <http://www.naturvardsverket.se/ekosystemtjanster>. 2016-03-14.

^{xx} UK National Ecosystem Assessment, 2011

^{xxi} Naturvårdsverket, 2012. Sammanställd information om ekosystemtjänster. Skrivelse 2012-10-31. Ärendenr: NV-00841-12

^{xxii} Haines-Young, R. och M. Potschin (2011). "Common international classification of ecosystem services (CICES): 2011 Update." Nottingham: Report to the European Environmental Agency.

^{xxiii} Millenium Ecosystem Assessment 2005. Ecosystems and human well being.

^{xxiv} De Groot, R.S., M.A. Wilson och R.M. Boumans (2002). "A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services." *Ecological Economics* 41(3): 393-408.

^{xxv} TEEB, 2010. The Economics of Ecosystem and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. TEEB, ISBN 978-3-9813410-3-4.

^{xxvi} Fisher, B., R.K. Turner och P. Morling (2009). "Defining and classifying ecosystem services for decision making." *Ecological Economics* 68(3): 643-653.

^{xxvii} Se till exempel Boyd, J. och S. Banzhaf (2007). "What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units." *Ecological Economics* 63(2): 616-626.



Figur 5. Illustration över skogens ekosystemtjänster^{xxviii}.

^{xxviii} Regeringskansliet Miljödepartementet, Internet. Ekosystemtjänster i skogen. <http://www.regeringen.se/contentassets/b25a66487e604dd78820ce3c7da3f14f/plansch-fran-grafiken-ekosystemtjanster-i-skogen-a3-format>. 2016-03-14. Lätt modifierad.

Tabell 7. Ekosystemtjänster i nordiska sötvatten (Magnussen, Hasler och Zandersen 2014)

Section	Division	Group	Class		
Provisioning	Nutrition	Biomass	Algae and their outputs		
			Aquatic animals and their outputs		
			Plants and algae from in-situ aquaculture		
			Animals from in-situ aquaculture		
	Water	Water	Surface water for drinking		
			Ground water for drinking		
			Water for agriculture		
			Process water for industry		
			Materials	Biomass	Fibres and other materials from algae and animals for direct use or processing
					Materials from algae and seagrass for agricultural use
Water	Water	Surface water for non-drinking purposes			
		Ground water for non-drinking purposes			
Regulation & Maintenance	Energy	Biomass-based energy sources	Plant-based resources		
	Mediation of waste, toxics and other nuisances	Mediation by biota	Bio-remediation by micro-organisms, algae, plants, and animals		
			Filtration/sequestration/storage/accumulation by micro-organisms, algae, plants, and animals		
	Mediation of flows	Mediation by ecosystems	Filtration/sequestration/storage/accumulation by ecosystems		
			Dilution by atmosphere, freshwater and marine ecosystems		
		Mass flows	Mass flows	Mass stabilisation and control of erosion rates	
				Buffering and attenuation of mass flows	
	Liquid flows	Liquid flows	Hydrological cycle and water flow maintenance		
			Flood protection		
			Maintenance of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Maintaining nursery populations and habitats
Sediment formation and composition					Decomposition and fixing processes
Water conditions	Water conditions	Chemical condition of freshwaters			

Section	Division	Group	Class
			Chemical condition of salt waters
		Atmospheric composition and climate regulation	Global climate regulation by reduction of greenhouse gas concentrations in the atmosphere
Cultural	Physical and intellectual interactions with biota, ecosystems, and land-/seascapes [environmental settings]	Physical and experiential interactions	Experiential use of aquatic plants and animals and land/seascapes in different environmental settings
			Physical use of land/seascapes in different environmental settings
		Intellectual and representative interactions	Scientific
			Educational
			Heritage, cultural
			Entertainment
			Aesthetic
	Spiritual, symbolic and other interactions with biota, ecosystems, and land-/seascapes [environmental settings]	Spiritual and/or emblematic	Symbolic
		Other cultural outputs	Existence
			Bequest

Bilaga: Svenska miljömål av relevans för småskalig vattenkraft

Det svenska miljömålssystemet utgör ramverket för svensk miljöpolitik^{xxix}. Det består av ett generationsmål, sexton miljö kvalitetsmål och tjugofyra etappmål som är beslutade av riksdagen, men inte bindande eller reglerade i lag. Generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att miljö kvalitetsmålen ska nås. Generationsmålet är därför vägledande för miljöarbetet på alla nivåer i samhället. Miljö kvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till. Etappmålen är steg på vägen för att nå generationsmålet och ett eller flera miljö kvalitetsmål. De sexton miljömålen är:

- Begränsad klimatpåverkan
- Frisk luft
- Bara naturlig försurning
- Giftfri miljö
- Skyddande ozonskikt
- Säker strålmiljö
- Ingen övergödning
- Levande sjöar och vattendrag
- Grundvatten av god kvalitet
- Hav i balans samt levande kust och skärgård
- Myllrande våtmarker
- Levande skogar
- Ett rikt odlingslandskap
- Storslagen fjällmiljö
- God bebyggd miljö
- Ett rikt växt- och djurliv

Den småskaliga vattenkraftens tydligaste koppling till miljömålssystemet är till målet om levande sjöar och vattendrag: *Sjöar och vattendrag ska vara ekologiskt hållbara och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljö värden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras, samtidigt som förutsättningar för friluftsliv*

^{xxix} Rudberg P., 2013. Sweden's Evolving Hydropower Sector: Renovation, Restoration and Concession Change. Stockholm Environment Institute, Project Report 2013-01.

värnas. Regeringen har fastställt elva preciseringar av miljökvalitetsmålet Levande sjöar och vattendrag, varav fem bedöms ha direkt betydelse för den småskaliga vattenkraften:

- **God ekologisk och kemisk status:** Sjöar och vattendrag har minst god ekologisk status eller potential och god kemisk status i enlighet med förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön.
- Oexploaterade och i huvudsak opåverkade vattendrag
- Ytvattentäckters kvalitet
- **Ekosystemtjänster:** Sjöar och vattendrags viktiga ekosystemtjänster är vidmakthållna.
- **Strukturer och vattenflöden:** Sjöar och vattendrag har strukturer och vattenflöden som ger möjlighet till livsmiljöer och spridningsvägar för vilda växt- och djurarter som en del i en grön infrastruktur.
- Gynnsam bevarandestatus och genetisk variation
- Hotade arter och återställda livsmiljöer
- Främmande arter och genotyper
- Genetiskt modifierade organismer
- **Bevarade natur- och kulturmiljövärden:** Sjöar och vattendrags natur- och kulturmiljövärden är bevarade och förutsättning finns för fortsatt bevarande och utveckling av värdena.
- **Friluftsliv:** Strandsmiljöer, sjöar och vattendrags värden för fritidsfiske, badliv, bätliv och annat friluftsliv är värnade och bibehållna och påverkan från buller är minimerad

Även flera av de andra miljömålen har kopplingar till vattenkraften, om än inte den småskaliga vattenkraften specifikt. Tydligast är kopplingen till det första miljömålet, begränsad klimatpåverkan. I lägre grad finns även kopplingar till miljökvalitetsmålen hav i balans, myllrande våtmarker, storslagen fjällmiljö respektive ett rikt växt- och djurliv.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 00 Fax: 010-788 65 90
www.ivl.se