

PM: Vattenkraftens förmågor i Gullspångsälvens avrinningsområde

**Samarbetsprojekt mellan Energimyndigheten, Svenska kraftnät och
Vattenmyndigheten Västerhavet i samverkan med övriga
vattenmyndigheter**

Svenska kraftnät

Svenska kraftnät är systemansvarig myndighet, med uppgift att på ett affärsmässigt sätt förvalta, driva och utveckla ett kostnadseffektivt, driftsäkert och miljöanpassat kraftöverföringssystem. Det omfattar ledningar för 400 kV och 220 kV med stationer och utlandsförbindelser. Svenska kraftnät utvecklar transmissionsnätet och elmarknaden för att möta samhällets behov av en säker, hållbar och ekonomisk elförsörjning. Därmed har Svenska kraftnät också en viktig roll i klimatomställningen.

Version Ange version
Org. Nr 202 100-4284

Svenska kraftnät
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se

Innehåll

Sammanfattning	5
1 Inledning.....	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte	6
1.3 Mål.....	7
1.4 Promemorians upplägg.....	7
2 Vattenkraftens förmågor och mått för att bedöma påverkan.....	8
2.1 Reglerförmåga	8
2.1.1 Mått för påverkan på reglerförmåga	8
2.1.2 Behov av vidareutveckling	9
2.2 Elproduktionsminskning.....	9
2.2.1 Mått för påverkan på elproduktion	9
2.2.2 Behov av vidareutveckling	10
2.3 Elberedskap.....	10
2.3.1 Mått för påverkan på elberedskap	10
2.3.2 Behov av vidareutveckling	10
2.4 Spänningsstabilitet i transmissionsnätet.....	11
2.4.1 Mått för påverkan på spänningsstabiliteten i transmissionsnätet.....	11
2.4.2 Behov av vidareutveckling	11
2.5 Frekvensreglering	11
2.5.1 Mått för påverkan på frekvensreglering.....	11
2.5.2 Behov av vidareutveckling	12
2.6 Övriga förmågor	12
3 Miljöscenarier och modellering	13
3.1 Modellering av hydrologi och vattenkraftverk.....	13
3.1.1 Avgränsningar och antaganden	14
3.1.2 Kalibrering av modellen och basscenario.....	15
3.1.3 Behov av vidareutveckling	16
3.2 Elsystemsmodellering.....	16
3.2.1 Behov av vidareutveckling	16

3.3	Miljöåtgärdsscenarier	17
3.3.1	Scenario 1.....	17
3.3.2	Scenario 2	18
3.3.3	Scenario 3	18
3.3.4	Behov av vidareutveckling	19
4	Tillämpning av metoder och mått i Gullspångsälvens avrinningsområde.....	20
4.1	Reglerförmåga	20
4.2	Elproduktionsminskning	20
4.3	Elberedskap.....	20
4.4	Spänningsstabilitet i transmissionsnätet	21
4.5	Frekvensreglering	21
5	Resultatets användbarhet som underlag för normsättningen i Gullspångsälven.....	22
6	Metoder och måtts användbarhet i andra avrinningsområden .	23
7	Övergripande slutsatser	24
	Källförteckning	25
	Bilaga 1: Beräkningsresultat relativt reglerbidrag	26

Sammanfattning

Detta PM är resultatet av ett samarbetsprojekt mellan Energimyndigheten, Svenska kraftnät och Vattenmyndigheten Västerhavet, i samverkan med övriga vattenmyndigheter. Projektet har resulterat i ökad förståelse för varandras uppdrag och en tydligare väg framåt för samarbete.

I detta projekt utvecklas metoder för att beskriva påverkan på vattenkraftens förmågor till följd av miljöåtgärder och tillämpning av dessa metoder i Gullspångsälvens avrinningsområde.

För att bedöma påverkan på reglerförmåga till följd av miljöåtgärder, används förändringen av det relativa reglerbidraget och en bedömning av behov för att ersätta den minskade reglerförmågan. Även elproduktionsminskningen kvantifieras. Påverkan på förmågorna frekvensreglering, spänningsstabilitet och elberedskap beskrivs översiktligt.

Modellresultaten för Gullspångsälvens avrinningsområde visar att Vattenmyndighetens utpekande av kraftigt modifierade vattenförekomster (KMV) och fastställande av mindre stränga krav (MSK) har minskat påverkan på reglerförmåga och elproduktion. Resultaten indikerar ändå en relativt hög påverkan på reglerförmåga och elproduktion. Detta beror till stor del på de miljöåtgärder som behövs för att tillgodose Natura 2000-krav.

Modelleringen och antaganden är av stor betydelse för slutresultaten och dess användning. Det är viktigt att det finns tid att genomföra känslighetsanalyser för att visa på robustheten i resultaten, vilket var begränsat i denna fallstudie. Vidare finns det ett utvecklingsbehov vad gäller utformning av modeller och miljöåtgärdsscenarioer samt för kvantifiering av kostnader kopplade till mindre stränga krav och undantag.

1 Inledning

Det här är ett samarbetsprojekt mellan Svenska kraftnät, Energimyndigheten (de bidrar med elsystemperspektivet) och Vattenmyndigheten i Västerhavets vattendistrikt i samverkan med övriga vattenmyndigheter (de bidrar med sin kunskap om miljökvalitetsnormer). Projektet genomförs som en fallstudie i Gullspångsälven och resultat och slutsatser kopplat till denna fallstudie redovisas i kapitel 4.

I promemorian används genomgående benämningen Gullspångsälven, vilket syftar på hela Gullspångsälvens avrinningsområde.

1.1 Bakgrund

Sveriges vattenkraft ska få moderna miljövillkor. Moderna miljövillkor innebär att verksamheten ska ha villkor som har fastställts utifrån miljöbalkens bestämmelser. Därför ska vattenkraft som inte har moderna miljövillkor omprövas enligt miljöbalken, däribland regler som följer av *Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område*, även kallat vattendirektivet, och rådets direktiv 79/409/EEG av den 2 april 1979 om bevarande av vilda fåglar (fågeldirektivet) och rådets direktiv 92/43/EEG av den 21 maj 1992 om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter, (Natura 2000). Omprövningen ska ske i enlighet med en nationell plan som har fastställts av regeringen.

I omprövningarna ska det bland annat ställas krav på sådana miljöanpassningar som behövs för att miljökvalitetsnormerna för vatten ska kunna följas. I vissa fall kan det innebära krav på miljöåtgärder som kan påverka vattenkraftens bidrag till ett driftsäkert elsystem (härefter kallat vattenkraftens förmågor). Eftersom påverkan på vissa förmågor hittills inte har kunnat vägas in i normsättningen finns risk för att gällande miljökvalitetsnormer leder till en större påverkan på ett driftsäkert elsystem än vad som hittills identifierats. För att det ska finnas förutsättningar att ta beslut om förbättrade miljökvalitetsnormer som väger in elsystemperspektivet behövs underlag som beskriver hur vattenkraftens förmågor påverkas av miljökrav som kan behövas för att följa de nu gällande miljökvalitetsnormerna.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att beskriva och analysera påverkan på en effektiv tillgång till vattenkraftsel som följd av miljöåtgärder i Gullspångsälven (hela avrinningsområdet). Konsekvenserna för alla vattenkraftens förmågor

(reglerförmågor på olika tidshorisonter, elproduktion, bidrag till kraftsystemstabilitet samt elberedskapsförmågor) inkluderas i projektet och målsättningen är att kunna beskriva vad som utgör en betydande negativ påverkan. Genom samarbete och transparens ska beskrivningar och metoder utformas på ett sådant vis att de kan bidra i arbetet med miljökvalitetsnormer. Underlag ska också utformas på ett sådant vis att de kan användas som stöd vid framtagande av underlag i andra avrinningsområden.

1.3 Mål

Projektet har till mål att

- > utveckla metoder och mått för att bedöma påverkan på vattenkraftens förmågor till följd av miljöåtgärder. (Se avsnitt 2)
- > analysera metoders och måtts styrkor och svagheter och identifiera behov för fortsatt arbete. (Se avsnitt 2 och avsnitt 3)
- > beskriva påverkan på vattenkraftens förmågor i Gullspångsälven till följd av miljöåtgärder. (Se avsnitt 3 och avsnitt 4)
- > få underlag som kan användas i/för normsättning av vattenkraftspåverkade vattenförekomster i Gullspångsälvens avrinningsområde. (Se avsnitt 5)
- > bedöma om metoder och mått är användbara i andra avrinningsområden. (Se avsnitt 6)

1.4 Promemorians upplägg

Promemorian är uppdelad efter målen med projektet. Den hydrologiska modelleringen och detaljerade resultat från den finns i underlagsrapporten *Modellering av effektiv tillgång till vattenkraftsel – Gullspångsälven*¹ (benämns fortsättningsvis som *underlagsrapporten*). Utöver modelleringen har även påverkan på elberedskap och kraftsystemstabilitet analyserats (resultaten redovisas översiktligt i detta PM).

Projektet har hållit fyra möten med en extern referensgrupp² och där har bland annat kraftverksägarna i Gullspångsälvens avrinningsområde varit inbjudna. Referensgruppen har haft möjlighet att komma med synpunkter under projektet. Kraftverksägarna har även bidragit med indata om kraftverken till modelleringen.

¹ Sweco 2023.

² För fullständig deltagarlista, se bilaga 1 i underlagsrapporten, Sweco 2023.

2 Vattenkraftens förmågor och mått för att bedöma påverkan

Detta kapitel svarar mot följande mål för projektet:

- > Att utveckla metoder och mått för att bedöma påverkan vattenkraftens förmågor till följd av miljöåtgärder.
- > Att analysera metoders och måtts styrkor och svagheter och identifiera behov för fortsatt arbete.

2.1 Reglerförmåga

Ett vattenkraftverks förmåga att reglera efter elsystemets behov (residuallasten³) beror på dess tekniska flexibilitet och tillgången till vatten i älvsystemet.

Utgångspunkten i analysen av påverkan på reglerförmågan är att beräkna hur möjligheten till lagring av energi och möjligheten till förändring av effekt på olika tidshorisonter kan påverkas i scenarierna.

Påverkan på reglerförmåga beräknas utifrån skillnader mellan ett referensfall (basscenario), som ska motsvara dagens situation med nuvarande villkor och begränsningar, och olika miljöåtgärdsscenarioer (se kapitel 3).

Förändringen av reglerförmåga mellan basscenariot och de olika miljöåtgärdsscenarioerna beskrivs genom att se förändringen av det relativa reglerbidraget samt ett mått som beräknar vilka egenskaper som krävs av en alternativ resurs för att ersätta minskad reglerförmåga till följd av miljöåtgärder.

2.1.1 Mått för påverkan på reglerförmåga

Mått 1: Förändring av relativa reglerbidraget

Relativa reglerbidraget visar kraftverks förmåga att bidra till balansering av elsystemet. Relativa reglerbidraget är en metod för att utvärdera reglerbidraget, det vill säga hur väl elproduktionen i ett eller flera kraftverk följer residuallasten. I reglerbidragsrapporten⁴ beskrivs metoden för beräkning av det relativa reglerbidraget. I reglerbidragsrapporten beräknas det relativa reglerbidraget utifrån svensk residuallast.

³ Residuallasten är den förbrukning i systemet som behöver balanseras (elanvändning minus elproduktion från vindkraft och solkraft).

⁴ Energimyndigheten 2016, ER 2016:11.

I projektet beräknas **minskning av det relativa reglerbidraget** (i procentenheter) och **relativ minskning av det relativa reglerbidraget** (i procent) för dygn, månad och säsong (år). Då beräkningarna baseras på andra år (både väderår och residuallast) än i reglerbidragsrapporten⁵ är de inte direkt jämförbara.

Mått 2: Ersättning av reglerförmåga

Påverkan på reglerförmågan bedöms också med en metod som utvecklats av Svenska kraftnät⁶. Ersättning av minskad reglerförmåga beräknas med tre olika mått: **mängd baseeffekt** (MW), **reglereffekt** (MW) och **energilager** (GWh). Beräkningarna görs utifrån att baseffekten, reglereffekten och energilagret tillsammans kan ersätta den minskade reglerförmågan till följd av miljöåtgärder.

2.1.2 Behov av vidareutveckling

Mått 1 och 2 fyller olika funktioner. Det relativa reglerbidraget (mått 1) visar reglerförmågan i relation till elsystemet i övrigt, medan måttet för ersättning av reglerförmåga (mått 2) beskriver vad som behövs för att ersätta den minskade reglerförmågan.

Fortsatt arbete behövs för att måtten ska utgöra stöd till normsättningen, och specifikt som underlag för metoder för att bedöma orimliga kostnader som skäl för undantag.

2.2 Elproduktionsminskning

2.2.1 Mått för påverkan på elproduktion

För att bedöma påverkan på elproduktion jämförs den totala produktionen i basscenario med de olika miljöåtgärdsscenarierna, skillnaden mellan elproduktion i basscenario och elproduktion i miljöåtgärdsscenario. Detta mått kan jämföras med riktvärdet om 1,5 TWh produktionsförlust på nationell nivå, eller med de HARO-värden som anger produktionsförlust i procent per huvudavrinningsområde. Eftersom HARO-värdena gäller för hela avrinningsområden går de inte direkt att översätta till delområden, men det är möjligt att relatera till dem.

⁵ Energimyndigheten 2016.

⁶ För beskrivning se sida 92 i rapport Svenska kraftnät 2023.

2.2.2 Behov av vidareutveckling

Det finns inget behov av vidareutveckling av detta mått. Det finns däremot ett behov av att bestämma metoder för uppskattningar av kostnader och värdering av ersättning för förmågan.

2.3 Elberedskap

För att bedöma vilka vattenkraftverk som har en teknisk förmåga att bidra med viktiga förmågor för elberedskap utvärderas varje enskilt vattenkraftverk.

Det går att läsa mer om elberedskap och vattenkraft i rapporten *Att kartlägga de konsekvenser för elsystemet som omprövning av vattenkraften medför m.m.*⁷. I bilagan till den rapporten finns även en beskrivning av metoden för utvärdering.

Ö-drift är ett geografiskt isolerat elnät utan förbindelse med omkringliggande elnät. Det innebär att produktion och förbrukning måste balanseras inom ö-nätet. Det betyder att samtliga vattenkraftens förmågor är viktiga för att kunna leverera el till samhällsviktiga aktörer.

En generell bedömning är att negativ påverkan på dessa förmågor vid normal drift även är negativa vid en situation där elnät drivs i ö-drift. Detta projekt har inte vidare analyserat hur stor påverkan blir på möjligheten till god elberedskap vid de olika miljöåtgärdsscenarierna.

2.3.1 Mått för påverkan på elberedskap

Utifrån tekniska egenskaper beskrivs vilka kraftverk som kan bidra i en ö-drift med dödnätstart, frekvensreglering eller spänningsreglering. Detta ger en indikation på vilka kraftverk som är viktiga för elberedskap, men översätts inte till en beskrivning av vilka anläggningar som är viktiga utifrån ett elberedskapsperspektiv.

2.3.2 Behov av vidareutveckling

Det pågår arbete för att utarbeta hur kraftverk med vikt för elberedskap ska beskrivas och hur underlag ska ges till vattenmyndigheterna (kan handla om säkerhetsskyddsklassificerade uppgifter). I denna rapport har vattenkraftverk med tekniska egenskaper som är viktiga för elberedskapen pekats ut. För att kraftverken i sig ska vara viktiga för elberedskapen behöver också dessa kraftverk kunna försörja till exempel samhällsviktig verksamhet.

⁷Svenska kraftnät [2023](#).

2.4 Spänningsstabilitet i transmissionsnätet

Den storskaliga vattenkraften, som antingen är direktansluten till transmissionsnätet eller som ligger ”elektriskt nära” transmissionsnätet, bidrar påtagligt till och har stor betydelse för spänningsstabilitet i transmissionsnätet. Dessa vattenkraftsaggregat kommer att bidra med samma spänningsreglering så länge de är infasade på nätet, oavsett om de levererar aktiv effekt på full- eller dellast. Det är inte uppenbart om en miljöåtgärd i ett kraftverk minskar eller ökar kraftverkets bidrag till spänningsstabiliteten. Krav om minimitappning genom turbin kan till exempel leda till att vissa aggregat är infasade under längre perioder och då bidrar mer till spänningsstabiliteten. Å andra sidan kan minimitappningar generellt leda till mindre tillgängligt vatten och att vissa aggregat då är infasade kortare perioder per år, vilket då har en negativ effekt på spänningsstabiliteten. Detta går att läsa mer om i rapporten *Att kartlägga de konsekvenser för elsystemet som omprövning av vattenkraften medför m.m.*⁸.

2.4.1 Mått för påverkan på spänningsstabiliteten i transmissionsnätet

Utifrån tekniska egenskaper beskrivs vilka kraftverk som har potential att bidra till transmissionsnätets spänningsstabilitet. Hur detta bidrag påverkas av miljöåtgärddscenarierna analyseras inte i denna rapport. I denna rapport ingår inte heller påverkan på lokala och regionala nät.

2.4.2 Behov av vidareutveckling

Det finns ett generellt behov av att utveckla metoder och mått för att bedöma effekter av miljöåtgärder på spänningsstabilitet på alla nätnivåer.

2.5 Frekvensreglering

För att hantera störningar i elsystemet behöver Svenska kraftnät ha tillgång till avhjälpande åtgärder och stödtjänster som kan balansera systemet på korta tidsintervall, typiskt sett sekunder och minuter. Möjligheterna för vattenkraftverk att bidra till avhjälpande åtgärder och stödtjänster kan begränsas genom miljöåtgärder.

2.5.1 Mått för påverkan på frekvensreglering

Frekvensregleringen värderas genom att beräkna värdet av de stödtjänster som vattenkraftverken bidrar med. Detta värde är beräknat utifrån en schablon baserat

⁸ Svenska kraftnät 2023.

på historiska värden (2020 till oktober 2023). Dessa år bedöms som de mest representativa för utvecklingen framöver. Schabloner används för att inte äventyra företagssekretessen. Värdering av vattenkraftverkens bidrag till stödtjänster görs i SEK/år.

Måttet beräknas utifrån värdet av stödtjänsterna i respektive elområde. Hur stor del av detta värde som riskerar att försvinna i och med miljöåtgärder beskrivs kvalitativt utifrån underlag från verksamhetsutövare och länsstyrelser.

2.5.2 Behov av vidareutveckling

Användningen av måttet för att utgöra stöd till normsättningen behöver vidareutvecklas. Fler fallstudier behövs för att klargöra om det är tillräckligt att bygga dessa analyser på ett kvalitativt resonemang och en värdering av stödtjänsterna.

2.6 Övriga förmågor

Påverkan på effekttillräcklighet och rotationsenergi analyseras inte i detta projekt. Svenska kraftnät bedömer att dessa faktorer framförallt behöver följas upp på nationell nivå och inte per avrinningsområde.

3 Miljöscenarier och modellering

Detta kapitel svarar mot följande mål för projektet:

- > Att utveckla metoder [...] för att bedöma påverkan på vattenkraftens förmågor till följd av miljöåtgärder.
- > Att analysera metodernas [...] styrkor och svagheter och identifiera behov för fortsatt arbete.
- > Att beskriva påverkan på vattenkraftens förmågor i Gullspångsälven till följd av miljöåtgärder.

3.1 Modellering av hydrologi och vattenkraftverk

Som underlag till beräkningar av de olika måtten görs en modellering av vattenkraftsanläggningar för hela Gullspångsälvens avrinningsområde i mjukvaran Mike Hydro Basin⁹.

Modellen utgår från:

- > Volymförändringar i noder (representation av magasin/lagring).
- > SMHI:s hydrologiska data (S-HYPE) för tillrinning i relevanta delavrinningsområdena.
- > Befintliga förutsättningar för reglering och kraftproduktion för kraftverk och regleringsdammar, inklusive tillståndsvillkor och vattenhushållningsbestämmelser, huvudsakligen insamlat från kraftverksägarna¹⁰.

Mer detaljerade beskrivningar av modelleringen finns i underlagsrapporten.

Modellering av hydrologi och elproduktion omfattar tre väderår¹¹:

- > Ett i genomsnitt torrare år (2010-2011)

⁹ DHI, Map-based modelling for Integrated water resource management, 2023.

¹⁰ De villkor och indata som ingår är de som har tillhandahållits av verksamhetsutövarna. Det har inte skett någon särskild kontroll av de uppgifter som har lämnats.

¹¹ Väderår sträcker sig från 1 oktober till sista september.

- > Ett i genomsnitt medelår (2012–2013)
- > Ett i genomsnitt våtare år (2014–2015)

De hydrologiska profilerna är ganska olika för de tre väderåren med låga eller höga flöde under olika perioder under året.

Tillrinningsserierna som används baseras på historiska data och dessa flöden är inte anpassade för framtida förändringar som kan ske på grund av klimatförändringar.

3.1.1 Avgränsningar och antaganden

För att kunna tolka resultaten är det viktigt att förstå modellens tekniska möjligheter, avgränsningar och antaganden. Det behövs osäkerhets- och känslighetsanalys för att ha information om osäkerheter och noggrannhet.

Känslighetsanalys

Beskriver hur osäkerheten i resultatet av en matematisk modell kan delas upp och fördelas på olika källor till osäkerhet i dess indata. En relaterad metod är osäkerhetsanalys, som har ett större fokus på osäkerhetskvantifiering och spridning av osäkerhet; helst bör osäkerhets- och känslighetsanalys köras parallellt.

Osäkerhetskvantifiering

En vetenskaplig kvantitativ karakterisering och uppskattning av osäkerheter i modeller. Man försöker fastställa hur troliga vissa resultat är om vissa aspekter av systemet inte är exakt kända. Skillnader i utgångsläge (t.ex. nederbörd) eller antaganden i modellen leder till olika resultat som endast kan förutsägas i statistisk mening.

Noggrannhet

En vetenskaplig kvantitativ karakterisering hur nära verkligheten modellens resultat ligger till det "verkliga" resultatet. Med andra ord kommer de ändringar i förmågor som scenarier förutspår stämma med verkligheten.

Möjligheten till validering och verifiering av vald modell och resultat har varit begränsade. Detta på grund av begränsningar i tid och resurser.

Följande antaganden och möjliga känslighetsanalyser skulle kunna göras för att ytterligare verifiera resultaten:

- > Effekt av förbestämd/tvingad fyllnadsgrad av magasinet vid början och slutet av det simulerade året
- > Effekt av sammanslagning av flera regleringsmagasin
- > Effekt av befintliga villkor och vattenhushållningsbestämmelser som till exempel minimitappningar och sänkingsgräns

- > Effekt av det specifika mönstret av flödesförhållanden (till exempel hög/låg vår eller höstflöde) utöver ”medelflöde” (våt/mellan/torr)
- > Betydelse av avvikelse av flöde (som redovisades i avsnittet kalibrering i underlagsrapporten) från naturlig vattenföring gjordes mot resultat av SMHI:s S-HYPE modellering, medan SWECO:s Mike Hydro modellerade naturlig vattenföring användes för övrig modellering.
- > Effekten av att 25 av de största vattenkraftverken (av totalt 56 vattenkraftverk) har följt residuallast eller naturlig vattenföring beroende på scenario, medan övriga producerar utifrån tillrinning.

Nedanstående begränsningar finns i modellen. De har hanterats på olika sätt i projektet (se underlagsrapporten), men leder till att tolkningarna av resultatet försvåras:

- > Modellen tillåter inte att optimera för residuallast och samtidigt ha krav på avvikelse från naturlig vattenföring.
- > Modellen tillåter inte att ha villkor för tappning genom turbin och fiskväg samtidigt.
- > Modellen tillåter inte att modellera eller villkora ändringar i vattenstånd nedströms kraftverk.

3.1.2 Kalibrering av modellen och basscenario

För att undersöka hur väl modellen beskriver Gullspångsälven genomförs en kalibrering av modellen. I första steget görs en hydrologisk kalibrering för väderyrarna 2010–2011 och 2012–2013 utan någon reglering. Naturliga vattenföringen i modellen Mike Hydro jämförs med SMHI:s naturliga vattenföring. I andra steget görs en produktionskalibrering mot produktionsserier som verksamhetsutövarna har tillhandahållit för att se hur kraftproduktionen i modellen stämmer gentemot historiska data. Kalibrering har skett steg för steg, där ingående parametrar har kontrollerats och verkningsgraden har lagts in. Sedan har en validering genomförts mot 2014–2015 för att se att modellen beter sig ändamålsenligt.

I basscenario körs modellen utan miljöåtgärder. I simuleringarna förenklas elsystemets behov till att följa residuallasten. Modelleringen bygger på perfekt prognos (”perfect foresight”). I verkligheten behöver vattenkraftsägare förhålla sig till osäkerheter i prognosen på både kort- och lång sikt. Detta leder till att produktionen blir mer optimal i modelleringen än i verkligheten. Genom att miljöåtgärdsscenarierna jämförs med ett modellerat basscenario har detta till viss del motverkats.

3.1.3 Behov av vidareutveckling

Det bedöms viktigt att framtida modeller, avgränsningar och antaganden valideras med osäkerhets- och känslighetsanalys för att ha information om osäkerheter och noggrannhet.

Det finns behov av utveckling av modeller som kan hantera hydrologiska krav i komplexa system samt att hitta lösningar på de modelltekniska begränsningar som identifierats i detta projekt. Det är också viktigt att systematiskt jämföra basscenario med historiska driftmönster och utveckla analysen av skillnader mellan dem.

3.2 Elsystemsmodellering

I detta projekt utgår vi från det fysiska behovet i elsystemet i form av den nordiska residuallasten¹². Residuallasten baseras på resultat från Svenska kraftnäts elsystemmodeller¹³. Detta görs för respektive väderår som ingår i projektet (2010–2011, 2012–2013 samt 2014–2015). Svenska kraftnät tar fram residuallasten för väderåren som ingår i detta projekt. Det som ingår i Svenska kraftnäts väderår är tillrinning, solinstrålning, vind- och temperaturserier.

Elsystemet som residuallasten baseras på är för år 2027¹⁴. Detta framåtblickande val av år för residuallasten görs eftersom elsystemet har ändrat sig mycket från 2010-talet (bland annat i form av mindre kärnkraft i Sverige, mer överföringskapacitet och mer vindkraft), och som följd av att elsystemet de senaste åren varit i en utmanande situation på grund av kriget i Ukraina. Andra halvan av 2020-talet bedöms därför vara mer representativt för elsystemet framöver. Residuallasten baseras på det synkrona nordiska elsystemet (Sverige, Norge, Finland och halva Danmark).

I modellen förenklas optimeringen mot elsystemet genom att modellen prioriterar att följa residuallasten i den mån det är möjligt utifrån givna villkor.

3.2.1 Behov av vidareutveckling

För kommande projekt finns ett behov av vidareutveckling för modelleringen, dess överensstämmande med faktiska driftmönster och val av år för residuallast och användningen i modelleringen.

¹² Residuallasten är den förbrukning i systemet som behöver balanseras (elanvändning minus elproduktion från vindkraft och solkraft).

¹³ Svenska kraftnät 2022.

¹⁴ För mer information se Svenska kraftnät 2022.

3.3 Miljöåtgärdsscenarioer

För att bedöma hur vissa miljöåtgärder påverkar vattenkraftens förmågor har tre olika miljöåtgärdsscenarioer tagits fram. Jämförelse mellan basscenario och miljöåtgärdsscenario bör ge underlag för beräkning av mått och analys av påverkan på förmågor samt vara underlag till normsättning.

Miljöåtgärderna i projektets miljöåtgärdsscenarioer är begränsade till ändringar i förutsättningar för flöden genom eller förbi kraftverket. Det innebär krav på flöden i fiskväg eller ursprungsfåra. Det är alltså vattenflöden som inte kan användas i kraftverket till elproduktion. Det finns även krav på minimitappning genom kraftverket. Dessutom finns det krav om avvikelse i flödet från olika referensflöden.

På grund av begränsningar i modellen ingår inte alla aspekter av god hydrologi eller god konnektivitet i modellen¹⁵. Till exempel ställs inga krav på vattenståndets förändringstakt i vattendrag eller magasinens avvikelse i vinter/sommarvattenstånd. Försämringsförbudet enligt vattenförvaltning¹⁶ har inte heller tagits hänsyn till.

En mer detaljerad beskrivning av krav i modellen finns i underlagsrapporten.

3.3.1 Scenario 1

Scenario 1 är en förenkling av normen God ekologisk status (GES) till vissa aspekter av god hydrologi och god konnektivitet i vattenförekomsten. Dessa kvalitetsfaktorer har förenklats till schabloniserade flöden i fiskväg och naturfåra samt för flöde nedströms kraftverk.

Scenario 1 är inte realistiskt för Gullspångsälven. Det är ett hypotetiskt scenario som inte uppnår juridiska krav kopplade till Natura 2000. I Gullspångsälven finns behov av särskilda miljöanpassningar för att nå en gynnsam bevarandestatus på biogeografisk nivå.

I modellen var det inte möjligt att samtidigt simulera miljökravet som är i överensstämmelse med en volymsavvikelse +/- 15 procent från naturlig vattenföring (klassgräns mellan god och måttlig status enligt bedömningsgrund för volymavvikelse¹⁷) och optimera för att följa residuallast. Därför delas scenario 1 upp i två varianter, 1a och 1b. I scenario 1a begränsas inte kraftverken av krav om

¹⁵ Enligt definitionerna i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2019:25) om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten.

¹⁶ Enligt 5 kap. 4 § miljöbalken får inte vattnets status försämrast. I basscenariot är det möjligt att statusen försämrast gentemot dagsläget.

¹⁷ Se HVMFS 2019:25 samt [Bedömningsgrunder för ytvattenförekomster](#).

volymsavvikelse, medan kraftverken i scenario 1b strikt behöver följa dygnsmedelvärde av den naturliga vattenföringen. 1a och 1b spänner på så vis upp ett utfallsrums för scenariots utgångspunkt. Det är sannolikt att en kombination av de kraven skulle hamna någonstans däremellan.

3.3.2 Scenario 2

Scenario 2 är en förenklad tolkning av God ekologisk status (GES) enligt scenario 1 tillsammans med de särskilda krav på miljöanpassningar som behövs för Natura 2000. Det innebär att de förenklingar för god hydrologisk regim och god konnektivitet som antas i scenario 1a och 1b också gäller i scenario 2a och 2b. För några kraftverk blir det mer omfattande åtgärder än i Scenario 1 eftersom också behov av Natura 2000 beaktas.

Scenario 2 är ett hypotetiskt scenario, liksom scenario 1. Det uppnår delvis juridiska krav genom att det beaktar särskilda miljöanpassningar för att nå en gynnsam bevarandestatus på biogeografisk nivå, men tillämpar inte juridiska krav för tillämpning av KMV eller undantag.

Efter att simuleringsarbetet avslutats har information framkommit om att vissa flöden för Gullspångs kraftverk inte överensstämmer med dagens tekniska förutsättningar och de särskilda kraven utifrån Natura 2000. Det innebär att i stället för 9 m³/s i minimitappning genom turbin och 6 m³/s för minimitappning i fiskväg bör det vara 6 m³/s för minimitappning genom turbin och 9 m³/s för minimitappning i fiskväg. Detta gör att påverkan på vattenkraftens förmågor (främst elproduktion) underskattas något.

3.3.3 Scenario 3

I scenario 3 kombineras åtgärdsbehov för anläggningar i prövningsgrupperna 108_E1 och 108_E2 utifrån normer som föreslogs i samrådet 2022¹⁸, för övriga anläggningar motsvarar åtgärdsbehov den förenklade tolkningen av god ekologisk status. Detta scenario ligger närmast beslutade normer men kan på grund av förenklingar och begränsningar i modeller inte likställas med de krav som normerna ställer.

De kraftverk som påverkar vattenförekomsten så att normförslag skiljer sig från god ekologisk status¹⁹ följer residuallasten (likt variant a i scenario 1 och 2), medan

¹⁸ Se Vattenmyndigheten i Västerhavet 2022. .

¹⁹ Det vill säga GEP, MEP eller MES pga. tillämpning av Särskilt krav utifrån Natura2000 eller/och sänkt krav utifrån utpekande som kraftigt modifierad vatten eller undantag mindre strängt krav

övriga kraftverk följer dygnsmedelvärde av den naturliga vattenföringen (likt variant b i scenario 1 och 2).

Miljöåtgärdsscenario 3 är därför endast delvis jämförbart med scenario 1 eller 2 eftersom åtgärdsomfattning (till exempel flödesstorlek i fiskväg/naturfåra) och följdning av residuallast eller naturlig vattenföring skiljer sig åt.

I jämförelse med scenario 1 och 2, är scenario 3 mer realistiskt och liknar mer normförslag från 2022 (numera beslutade normer). Det innebär att åtgärdsomfattningen är anpassad till att vattenförekomster är förklarade som kraftigt modifierade vatten, tillämpning av undantag (mindre stränga krav) och särskilda miljöanpassningar för bevarandemålen. Däremot så har det inte tagits hänsyn till att det är vissa specifika områden i en vattenförekomst som kan vara mer skyddsvärda än övriga delar, och som då kan tillåtas ha en större påverkan än vad som anges som krav nedan.

3.3.4 Behov av vidareutveckling

Det behövs utveckling av utformning av hydrologiska modelleringskrav i scenarier för att motsvara hydrologiska kravnivåer enligt vattenförvaltningen. Läs mer i Avgränsningar och antaganden. ,

4 Tillämpning av metoder och mått i Gullspångsälvens avrinningsområde

4.1 Reglerförmåga

Resultaten indikerar att reglerförmågan bibehålls i större utsträckning i scenario 3 än i scenario 1 och 2. Framförallt beror det på att klass-1 kraftverken inte begränsas av att följa naturlig vattenföring i scenario 3 på grund av att dessa vattenförekomster är klassificerade som kraftigt modifierade vatten (KMV). Samtidigt innebär scenario 3 krav om relativt stora minimitappningar för samtliga klass-1 kraftverk, vilket innebär en betydande negativ påverkan på reglerförmågan. Resultaten visar att det relativa reglerbidraget från Gullspångsälven minskar med cirka en tredjedel i scenario 3.

I samtliga scenarier står klass-1 kraftverken för majoriteten av reglerförmåga på dygn-, månad- och årsnivå i Gullspångsälven och det är framförallt krav på dem som leder till en minskning av reglerförmåga i miljöåtgärdsscenarierna.

4.2 Elproduktionsminskning

För scenario 3 beräknas elproduktionsminskningen för Gullspångsälvens avrinningsområde till 17 procent (medel över de tre modellerade åren). Scenario 2 har liknande produktionsförluster. Scenario 1 har lägre krav på minimitappningar i fiskväg/naturfåra, vilket ger en lägre produktionsförlust (5 respektive 10 procent produktionsförlust för variant a respektive b).

Gullspångsälven ingår i HARO-värdet för Göta älv. Detta HARO-värde är 4,8 procent²⁰. Det innebär inte att detta värde direkt går att använda för Gullspångsälven, eftersom Göta älv innehåller flera avrinningsområden och det är totalen av dessa som har riktvärdet 4,8 procent. Elproduktionsminskningen motsvarar en minskning med cirka 1,8 procent inom Göta älvs huvudavrinningsområde.

4.3 Elberedskap

²⁰ Havs- och vattenmyndigheten 2019.

Resultat för elberedskap ingår inte i den publika versionen av PM:et.

4.4 Spänningsstabilitet i transmissionsnätet

Gullspångs kraftstation har ett aggregat om 40 MVA och en modern spänningsregulator. Detta kraftverk har bidrar med spänningsstabilitet kopplat till transmissionsnätet. Aggregatet i Gullspångs kraftstation är tillräckligt stort för att kunna bidra till god spänningsstabilitet då det är tillgängligt, det vill säga infasat mot nät.

Övriga mindre aggregat i älven som är av typ synkrogenerator och utrustade med moderna spänningsregulatorer kan möjligen bidra marginellt på regionnätetsnivå. Påverkan på lokal- och regionnätetsnivå ingår inte i denna analys för att bedöma detta behövs underlag från lokala och regionala nätägare.

4.5 Frekvensreglering

Gullspångs kraftverk bidrar i dag med stödtjänster för frekvensreglering som motsvarar runt 0,3 procent av det totala värdet på stödtjänstmarknaden i Sverige. I elområde 3 finns det dock begränsat med resurser och Gullspångs kraftverk beräknas utifrån schabloner utgöra 2,5 och 4 procent av resurserna på flera av stödtjänstmarknaderna i detta elområde.

Det finns en generell brist i utbudet av anläggningar som kan leverera stödtjänster. Eftersom utbudet varierar efter tid på dygn och säsong ger varje enskilt kraftverk som redan deltar i marknaderna ett viktigt bidrag till förmågan att upprätthålla balansen i det nordiska synkronområdet.

Nuvarande villkor för mjuka flödesförändringar och vattenförvaltningens försämringsförbud begränsar möjligheten att bidra mer med stödtjänster för balansering av elsystemet. Det finns risk att nya miljövillkor leder till en minskad möjlighet att bidra med stödtjänster för balansering av elsystemet.

5 Resultatets användbarhet som underlag för normsättningen i Gullspångsälven

Detta kapitel svarar mot följande mål för projektet:

- > Att kunna använda underlaget från projektet i normsättning av vattenkraftspåverkade vattenförekomster i Gullspångsälvens avrinningsområde.

Modelleringsresultaten indikerar en betydande påverkan på flera av vattenkraftens förmågor. Samtidigt finns det osäkerheter och begränsningar i modelleringen, vilket innebär att det inte går att bedöma i hur stor utsträckning specifika miljöåtgärder påverkar de enskilda förmågorna hos enskilda anläggningar. Utfallet av projektet bekräftar i stora drag tidigare bedömningar som gjorts på ett mer kvalitativt sätt; att det finns en risk för avsevärd påverkan till följd av miljökrav på framförallt reglerförmåga och produktion. Simuleringsresultaten bekräftar också att

- > särskilda Natura 2000-krav sannolikt leder till en högre påverkan, och att sänkta krav utifrån förklarande av kraftigt modifierat vatten (KMV) leder till en lägre påverkan.
- > påverkan på reglerförmåga är beroende av i vilken omfattning avvikelse från naturlig vattenföring tillåts.

Resultat av modelleringen visar att de särskilda Natura 2000 kraven får stor påverkan. För de fall det strängaste kravet gäller finns det begränsade möjligheter till väsentliga ändringar i normsättningen för de vattenförekomster som är kopplade till Natura 2000. För övriga vattenförekomster ger modelleringsresultat i nuläget inte det underlag som behövs för att ytterligare anpassa normerna. Det beror på flera aspekter. Det skulle till exempel behövas fler miljöåtgärdsscenarioer för att ge bättre insikt i påverkan av och samband mellan enskilda åtgärder hos enskilda anläggningar och vattenförekomster i detta komplexa hydrologiska system.

6 Metoder och måtts användbarhet i andra avrinningsområden

Detta kapitel svarar mot följande mål för projektet:

- > Att bedöma om metoder och mått är användbara i andra avrinningsområden.

Projektet har visat att det finns en del utvecklingsbehov som redovisas i föregående kapitel. Dessa behöver vidareutvecklas innan en metod är klar för användning i andra avrinningsområden.

7 Övergripande slutsatser

Detta samarbetsprojekt mellan Energimyndigheten, Svenska kraftnät och vattenmyndigheten i Västerhavet, i samverkan med övriga vattenmyndigheter, har resulterat i ökad förståelse för varandras uppdrag och en tydligare väg framåt för samarbetet mellan ingående myndigheter. Med utgångspunkt för respektive myndighetsuppdrag kommer samarbete tas vidare för att utveckla arbetssätt som omfattar de behov som tidigare identifierats bland annat i rapporten *Att kartlägga de konsekvenser för elsystemet som omprövning av vattenkraften medför m.m.*²¹.

På en övergripande nivå kan följande slutsatser dras av projektet (se även avsnitten med *Behov av vidareutveckling* under aktuella kapitel):

- > Modelleringen och antaganden är av stor betydelse för slutresultaten och dess användning. Det är viktigt att det finns tid att genomföra känslighetsanalyser för att visa på robustheten i resultaten. Detta var begränsat i fallstudien i Gullspångsälven.
- > Flera mått och metoder har testats och utvecklats som är relevanta för det fortsatta arbetet. Det finns fortfarande utvecklingsbehov när det gäller kvantifiering av kostnader kopplade till mindre stränga krav och undantag.
- > Modellerade resultat för Gullspångsälven visar att utpekandet av kraftigt modifierade vattenförekomster (KMV) och fastställande av mindre stränga krav (MSK) har minskat påverkan på reglerförmåga och elproduktion.
- > Modellerade resultat för Gullspångsälven indikerar ändå en relativt hög påverkan på reglerförmåga och elproduktion. Detta beror till stor del på de miljöåtgärder som behövs för att tillgodose Natura 2000-krav.
- > För att kunna optimera normsättning på vattenförekomstnivå behövs en djupare förståelse av åtgärders påverkan på samband mellan hydrologi (tillgång till vatten) och påverkan på elsystemets förmågor i ett avrinningsområdesperspektiv.

²¹Svenska kraftnät [2023](#).

Källförteckning

Affärsverket svenska kraftnäts föreskrifter och allmänna råd om elberedskap, [SvkFS 2013:2](#).

DHI, Map-based modelling for Integrated water resource management, 2023, länk: <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-hydro-basin>.

Energimyndigheten, [Vattenkraftens reglerbidrag och värde för elsystemet – Rapport från Energimyndigheten, Svenska kraftnät och Havs- och vattenmyndigheten](#), 2016, ER 2016:11.

Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten [HVMFS 2019:25](#).

Havs- och vattenmyndigheten med flera 2019, [Förslag till nationell plan för omprövning av vattenkraft](#).

Havs- och vattenmyndighetens vägledning för föreskrift HVMFS 2019:25 - [Bedömningsgrunder för ytvattenförekomster](#).

Svenska kraftnät 2023, Svk 2023/610, [Att kartlägga de konsekvenser för elsystemet som omprövning av vattenkraften medför m.m](#)

Svenska kraftnät 2022, Svk 2022/3235, *Kortsiktig marknadsanalys 2022 – Analyser av kraftsystemet 2023-2027*.

Sweco på uppdrag av Svenska kraftnät, *Modellering av effektiv tillgång till vattenkraftsel – Gullspångsälven*, 2023-12-15.

Vattenmyndigheten i Västerhavet 2022, [Samrådshandling - Förslag till miljökvalitetsnormer för Gullspångsälven](#).

Bilaga 1: Beräkningsresultat relativt reglerbidrag

Relativa reglerbidraget	År	Månad	Dygn
2010 - 2011 (torrare väderår)			
Relativt reglerbidrag (%-enheter) – basscenario	0,23	0,18	0,19
Relativt reglerbidrag (%-enheter) – scenario 3	0,14	0,12	0,13
Förändring relativt reglerbidrag (%-enheter)	–0,09	–0,06	–0,06
2012 - 2013 (medel väderår)			
Relativt reglerbidrag (%-enheter) – basscenario	0,26	0,19	0,18
Relativt reglerbidrag (%-enheter) – scenario 3	0,20	0,10	0,09
Förändring relativt reglerbidrag (%-enheter)	–0,06	–0,09	–0,09
2014 - 2015 (våtare väderår)			
Relativt reglerbidrag (%-enheter) – basscenario	0,27	0,14	0,15
Relativt reglerbidrag (%-enheter) – scenario 3	0,21	0,10	0,10
Förändring relativt reglerbidrag (%-enheter)	–0,06	–0,04	–0,05

Tabell 1. Det relativa reglerbidraget från vattenkraften i Gullspångsälven med nordiska residuallasten år 2027 för basscenario och scenario 3 för de tre väderåren, och förändring av relativa reglerbidraget mellan scenario 3 och basscenario.

Källa: Svenska kraftnät.

Svenska kraftnät är systemansvarig myndighet, med uppgift att på ett affärsmässigt sätt förvalta, driva och utveckla ett kostnadseffektivt, driftsäkert och miljöanpassat kraftöverförings-system. Det omfattar ledningar för 400 kV och 220 kV med stationer och utlandsförbindelser. Svenska kraftnät utvecklar transmissionsnätet och elmarknaden för att möta samhällets behov av en säker, hållbar och ekonomisk elförsörjning. Därmed har Svenska kraftnät också en viktig roll i klimatomställningen.

SVENSKA KRAFTNÄT
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se

