

Projektbeskrivning

Klimatförändringarnas inverkan på vattenkraftens produktions- och reglerförmåga

Projektsammanfattning

Projektet ska bidra till att öka kunskapen om hur klimatförändringarna vid 1,5 och 2 graders höjning av jordens medeltemperatur påverkar den svenska vattenkraftens produktions- och reglerförmåga. Vidare ska projektet analysera hur förändrade förutsättningar för vattenkraften kan komma att påverka den långsiktiga utvecklingen av Sveriges elsystem och hur detta i sin tur ställer nya krav på vattenkraften. Det övergripande syfte är att visa hur vattenkraften vid ett förändrat framtida klimat kan fortsätta att vara en reglerande, säker och effektiv energiresurs.

Projektet lägger samtidigt grunden för att kunna inkludera klimatförändringarna i kommande långtidsprognoser. Behovet av detta har påtalats bl.a. av Energimyndigheten. I projektet beaktas även aspekter kring hur förändrade hydrologiska förutsättningar för vattenkraften kan komma att påverka faktorer kopplade till dammsäkerhet och miljöprovningar inom ramen för den nationella planen för omprövning av vattenkraften.

Motivering

Jordens medeltemperatur har stigit med ca 1 grad jämfört med förindustriell tid. På nordliga breddgrader är temperaturförändringen väsentligt högre. Vintertid har medeltemperaturen i norra Sverige ökat med ca 3 grader. Jordens medeltemperatur förväntas ha ökat med 1,5 grader inom perioden 2035 – 2045. Der motsvarar en ökning på 4,5 – 6 grader i medeltemperatur vintertid i norra Sverige. Om inte mycket kraftfulla åtgärder vidtas kommer jordens medeltemperatur att ha ökat med 2 grader någon gång efter 2045.

Den globala temperaturökningen får mycket stor påverkan på Sveriges klimat, med förändrade klimatzoner, ändrade nederbördsmonster, påverkan på snöförhållanden och avsmältning, påverkan på isläggningen, högre vattentemperaturer, ökad avdunstning, etc. Det påverkar i sin tur energisystemet på flera sätt. Energisystemets sårbarhet ökar samtidigt som produktionsförutsättningarna för olika energislag förändras.

Påverkan på vattenkraften bedöms bli särskilt märkbar på grund av förändrade hydrologiska förutsättningar. Många anläggningar och miljötillstånd kopplade till vattenkraften är idag anpassade till dagens och historiska flödesmonster. Det innebär att klimatförändringar kan antas få stor påverkan på såväl den framtida driften av vattenkraften som framtida miljötillstånd. Även förändringar i vattentemperaturen, ökad avdunstning och isläggning samt vattenstånd påverkar vattenkraftens produktionsförutsättningar. Samtidigt blir konsekvenserna sannolikt olika beroende på dels var kraftverken är lokaliserade, dels om det är kraftverk med stora magasin eller strömkraft.

Vattenkraftens produktionsförutsättningar påverkas också av hur klimatförändringarna påverkar produktionsförutsättningarna för andra kraftslag och inte minst den totala efterfrågan på energi. Till detta kommer att omställningen av energisystemet i sig förändrar förutsättningarna för vattenkraften.

Det är viktigt att få en samlad bild av vattenkraftens förmåga att balansera elsystemet i ett framtida förändrat klimat, beaktat hur energisystemet i övrigt förändras samt vilka behov som skapas utifrån

detta. Genom en tidig insikt om hur klimatförändringarna påverkar vattenkraften och vilka utmaningar detta i sin tur leder till skapas förutsättningar att kunna planera för och vidta de åtgärder som säkerställer att vattenkraften förblir en säker och effektiv energiresurs även i ett framtida förändrat klimat.

Bakgrund

De klimatförändringar vi står inför i Sverige innebär generellt en kortare vintersäsong som minskar möjligheten för vatten att bindas i form av snö och is, men också en ökad vinternederbörd. Konsekvensen av detta är att årscykeln för flöden i snödominerade vattendrag, den så kallade hydrografen, får ett lägre högsta flöde samt att det inträffar tidigare på våren.

Tillsammans med en förväntad ökande nederbörd i Sverige, så medför ett varmare klimat också en ökad avdunstning från mark och vattendrag. Effekten är störst i södra Sverige och kan ändra vattenbalansen så att medelflödet minskar, trots den ökade nederbördsmängden.

För vattenkraftstationerna kan det innebära förändringar i hur magasinerna fylls över året och större variationer i fyllnadsgraden mellan våt- och torrår. Det påverkar dels årsproduktionen och produktionsmönstret för vattenkraften, dels den lokala miljön runt älvarna och magasinerna. Dessa faktorer har också stor betydelse för de ekonomiska förutsättningarna för vattenkraften och enskilda kraftstationers lönsamhet.

I en rapport från dåvarande Elforsk 2014 (Metodbeskrivning och jämförande studie av dimensionerande flöden för dammanläggningar med två generationer klimatscenarier, Elforsk rapport 14:27) redovisades beräkningar av den framtida förändringen av flöden i sju områden av relevans för vattenkraft- och gruvindustrin. Beräkningarna baserades på 36 regionala klimatscenarier för perioden fram till slutet av seklet. Rapporten lyfte fram ett antal tendenser. För anläggningar belägna längst i nordväst förväntades flödena öka på grund av ökningar i de viktigaste faktorerna såsom dimensionerande nederbördssekvens (både toppvärde och totalvolym), medeltillrinning och snömagasin. Även längst i söder förväntades flödena öka på grund av motsvarande ökningar i dimensionerande nederbördssekvens. I små avrinningsområden där extrema nederbördshändelser också idag är den dominerande orsaken till extrema flöden, förväntades flödena kunna öka ytterligare. En generell slutsats i rapporten var att den tidpunkt på året då de mest extrema beräknade flödet förväntades inträffa kommer att bli mer utspridd i ett förändrat klimat. I rapporten gjordes dock ingen samlad bedömning av förändrade produktionsförutsättningar för vattenkraften och hur det i sin tur påverkar energisystemet

Mycket har hänt sedan Elforsks rapport 2014. Utvecklingen har bl.a. tagit stora steg framåt vad gäller enskilda regionala klimatmodeller och deras upplösning i rummet, kvalitén i deras simulering av snö och även vad gäller utveckling av hydrologiska modeller anpassade för klimatsimuleringar. Vi har idag också en större insikt om de osäkerheter som klimatscenarierna är behäftade med och kan bättre förstå och analysera osäkerheterna i energisystemens framtida utveckling. Utsläppsscenarioer har dessutom börjat inrikta sig mer på utsläppsminskningar i linje med Parisavtalet och många fler modeller finns tillgängliga jämfört med för några år sedan. Det gör det möjligt att med ökad precision analysera förändringar i flöden i olika delar av landet, med fokus på hur olika typer av vattendrag påverkas ur ett vattenkraftsperspektiv.

Inom ramen för det pågående projektet "Klimatförändringarnas inverkan på energisystemet" som leds av Energiforsk har man identifierat ett behov av att mer fördjupat kunna beskriva vattenkraftens förutsättningar och förmåga att i ett förändrat klimat kunna balansera ett framtida energisystem. Det handlar om mycket komplexa samband. För att beskriva dessa förändringar krävs avancerad

modellering dels av hydrologin i ett förändrat klimat, dels av vattenkraftssystemet med nya hydrologiska indata. Detta ska sedan kombineras med en iterativ modellering av el/energisystemet, vilket i sig också kräver modellutveckling av energisystemmodellerna.

Mål

Det övergripande syfte med projektet är att visa hur vattenkraften vid ett förändrat framtida klimat kan fortsätta att vara en reglerande, säker och effektiv energiresurs. Projektet ska därvid bidra till att öka kunskapen om hur klimatförändringarna vid 1,5 och 2 graders höjning av jordens medeltemperatur påverkar den svenska vattenkraftens produktions- och reglerförmåga. Vidare ska projektet analysera hur förändrade förutsättningar för vattenkraften kan komma att påverka den långsiktiga utvecklingen av Sveriges el- och energisystem och hur detta i sin tur ställer nya krav på vattenkraften.

Projektet har följande delmål:

- Beskriva förändrade hydrologiska förutsättningar för vattenkraften samt även förändringar i övriga klimatrelaterade förutsättningar för vattenkraften
- Beskriva hur vattenkraften och produktionspotentialen från vattenkraft på stationsnivå påverkas av klimatförändringar
- Beskriva hur körmönstren för vattenkraften kan komma att förändras på grund av klimatförändringarna i kombination med omställningen av energisystemet
- Utveckla vattenkraftmodellerna och energisystemmodellerna för att bl.a. möjliggöra att klimatförändringarna på sikt kan inkluderas i framtida långtidsprognoser för energisystemets utveckling
- Ge kompletterande underlag för framtida analyser av klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten
- Ge kompletterande underlag för framtida analyser av miljömässiga frågeställningar relaterade till klimatförändringarnas påverkan på vattenkraften

Genomförande

Projektet är upplagt som ett multidisciplinärt forskningsprojekt i nära samverkan mellan forskare och experter från Chalmers, KTH, SMHI, Profu och Energiforsk. Även vattenkraftföretagen och Energiföretagen Sverige kommer att delta aktivt i arbetet, dels med egen expertis, dels med indata till modelleringen av vattenkraften i olika älvsträckor.

Projektet är indelat i fem arbetspaket. Följande arbetspaket ingår i projektet (se bilaga 1 för utförligare beskrivningar):

AP1. Klimatparametrar och hydrologisk modellering

AP2. Konsekvenser på stationsnivå

AP3. Konsekvenser på elsystemnivå

AP4. Konsekvenser för energisystemets och elsystemets långsiktiga utveckling

AP5. Syntes och sammanfattande slutsatser

Projektet inleds med att i AP1 ta fram hydrologiska klimatscenarier baserat på ett antal regionala klimatmodeller med hög upplösning (12 km). Dessa hydrologiska data översätts sedan i AP2 till indata till modeller av det svenska vattenkraftssystemet. I projektet används KTH:s modeller av ett

antal älvar. I AP3 undersöks hur förändrade förutsättningar för vattenkraften påverkar elsystemet. Här tillämpas en elsystemmodell som ger en nettolast med hög tidsupplösning. Nettolasten används för att indikera hur värdet av vattenkraften varierar över tid.

Resultatet efter ett antal iterationer är en elsystemsammansättning som är förenlig med vattenkraftens förutsättningar i ett varmare klimat. Installerad effekt, årsproduktion och produktionsmönster hos olika elproduktionstekniker jämförs sedan med motsvarande resultat med dagens vattenkraftproduktion. Även förändringar i installerad effekt och laddning/urladdning av variationshanteringstekniker fångas i analysen.

I AP4 analyseras hur klimatpåverkan på vattenkraftens regler- och produktionsmöjligheter under olika förutsättningar i övrigt för energisystemet kan komma att påverka den långsiktiga utvecklingen för Sveriges energisystem. För att studera detta implementeras kunskapen från de två föregående arbetspaketen i en tredje grupp av energimodeller, nämligen *långsiktiga energisystemmodeller*. Dessa modeller används typiskt för att analysera energisystemets långsiktiga utveckling mot exempelvis 2050 och beskriver generellt sett hela energisystemet och inte bara elsystemet.

I AP5 sammanställs resultaten från de olika delaktiviteterna och en helhetsbedömning görs.

Till projektet är knutet en styrgrupp med representanter från berörda myndigheter, energiföretagen och specifikt vattenkraftföretagen och vattenregleringsföretagen.

Projektet kommer att samverka med ett antal pågående forsknings- och utvecklingsprojekt, bl.a. projekten NEPP och Klimatförändringarnas inverkan på energisystemet. Vidare kommer samverkan att sökas med SINTEF i Norge.

Tidplan

Projektstart hösten augusti 2020 och projektslut december 2022

Kostnader

Projektet är kostnadsberäknat till 5.4 Mkr i direkta kostnader, varav 4 Mkr söks i anslag från Energimyndigheten och 1.4 Mkr finansieras av Energiforsk via vattenkraftföretagen och övriga intressenter. Till detta kommer egeninsatser från vattenkraftbolagen motsvarande ca 0.5 Mkr

Kostnaderna fördelas enligt följande:

- SMHI: 800 000 SEK
- Chalmers: 2 400 000 SEK
- KTH: 700 000 SEK
- Profu: 900 000 SEK
- Energiforsk: 600 000 SEK
- Vattenkraftföretagen eget arbete: ca 500 000 SEK

Redovisning och spridning av resultat

Resultat redovisas dels i vetenskapliga artiklar från Chalmers och KTH, dels genom att Energiforsk sprider resultat från projektet genom seminarier och workshops samt resultatblad och en slutrapport.

Projektet vänder sig särskilt till vattenkraftföretagen, berörda myndigheter, politiker och beslutsfattare i näringslivet. Centralt i projektet är en nära samverkan med vattenkraftföretagen vilket säkerställer en effektiv resultatöverföring till energisektorn.

Nyttiggörande/användning

Resultaten kommer att användas av vattenkraftföretagen som planeringsunderlag för framtida åtgärdsprogram för att säkerställa den svenska vattenkraftens långsiktiga produktions- och reglerförmåga samt för bedömningar av framtida dammsäkerhet. Resultaten kan också läggas till grund för politiska beslut och myndigheters arbeten där hänsyn tas till klimatförändringarnas påverkan på vattenkraften och energisystemet inkluderat miljöprövningar inom ramen för den nationella planen för omprövning av vattenkraften.

Resultaten lägger också grunden till att på sikt kunna inkludera klimatförändringarna i framtida långtidsprognoser för energisystemets utveckling.

Metoder och indata kommer att implementeras i modellverktyg hos bl.a. Chalmers, KTH och Profu. Metoder som utvecklas inom projektet kommer att vara öppet tillgängliga.

Stimulanseffekt

Projektet kommer ge en stimulans till ökade satsningar inom vattenkraftområdet för att säkerställa vattenkraftens långsiktiga produktions- och reglerförmåga. Projektet kommer också att ge underlag till handling och investeringar även inom andra delar av energisystemet. Slutligen kommer projektet identifiera kritiska kunskapsluckor och därmed motivera ökad och effektiv fortsatt forskning och utveckling på området, både i industrin och inom akademien.

AP1 Hydrologisk modellering

I det här arbetspaketet kommer SMHI att:

- Ta fram nya hydrologiska klimatscenarier för 1,5 och 2 graders höjning av jordens medeltemperatur
- Analysera förändringar i flöden i olika delar av landet, med fokus på hur olika typer av vattendrag påverkas ur ett vattenkraftsperspektiv.

Det första steget innebär att hämta regionala klimatdata från modeller i den nuvarande state-of-the-art ensemblen Euro-CORDEX, med en rumslig upplösning på cirka 12,5 km. Som ett första steg i att ta fram hydrologiska klimatscenarier måste först systematiska avvikelser (bias) i klimatmodellerna hanteras. Den hydrologiska modellen är kalibrerad mot observationer och för stora avvikelser i klimatmodellen gör att resultaten blir missvisande. Dessa avvikelser är typiskt i form av för ofta förekommande småregn, eller en systematisk över eller underskattning av temperatur. Genom så kallad biaskorrektur (till exempel Yang m.fl. 2010) mappas klimatmodellens utdata om till att ha liknande medel och extremer som de observationsdata som modellen är kalibrerad med.

Den hydrologiska modellen S-HYPE (Lindström m.fl., 2010; Strömqvist m.fl., 2012) är den operationella modellen för den hydrologiska övervakning och prognoser vid SMHI, och har använts i tidigare analyser av klimatförändringar i Sverige (till exempel Arheimer m.fl., 2017). Modellen simulerar Sveriges hydrologi i över 35'000 delavrinningsområden. Eftersom det är en operationell modell inkluderar den rutiner för att beskriva nuvarande operationell reglering av flöden. Förutom vattenföring beskriver modellen även vattentemperatur i vattendrag, vilket är utvecklat för beräkningar av vattenkvalitet, men som även kan vara av intresse för kraftindustrin.

Vattenkraft finns utbyggt i de flesta delar av Sverige, fast de kraftverken med störst kapacitet är i de stora älvarna i norr, men stor påverkan av snötillgång. Analysen i steg 2 kommer att beskriva väntade förändringar i vattendrag med olika förhållanden och därmed olika förväntade konsekvenser av ett förändrat klimat. Förutom vårens smälttopp i hydrografen kommer SMHI att studera förändringar i frekvensen av långa torkperioder samt ovanligt våta perioder. Variationer från år till år påverkar hur flexibel elproduktion måste vara för att snabbt kunna ställa om.

Organisation: Arbetet genomförs av SMHI

Arheimer, B., Donnelly, C., & Lindström, G. (2017). Regulation of snow-fed rivers affects flow regimes more than climate change. *Nature communications*, 8(1), 1-9.

Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömqvist, J. and Arheimer, B., 2010. Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales. *Hydrology Research* 41.3–4, 295-319

Strömqvist, J., Arheimer, B., Dahné, J., Donnelly, C. and Lindström, G., 2012. Water and nutrient predictions in ungauged basins – Set-up and evaluation of a model at the national scale. *Hydrological Sciences Journal* 57(2):229-247

Yang, W., Andreásson, J., Graham, LP., Olsson, J., Rosberg, J. and Wetterhall, F. (2010) Distribution-based scaling to improve usability of regional climate model projections for hydrological climate change impacts studies. *Hydrology Research*, 41.3–4, 211-228.

AP2 Konsekvenser på stationsnivå

Målet med arbetspaketet är att utvärdera hur ett varmare klimat påverkar det svenska vattenkraftssystemet. Ett varmare klimat förändrar tillrinningen till vattendragen. För vattenkraftstationerna kan det innebära en förändring av årsproduktionen, produktionsmönstret, vattenföringen i älvarna och nivåer i magasinen. Dessa förändringar påverkar i sin tur den lokala miljön runt älvarna och magasinen, rollen hos vattenkraften i elsystemet och enskilda kraftstationers lönsamhet.

I arbetspaketet omsätts resultat från AP1 till indata till modeller av det svenska vattenkraftssystemet. I projektet används KTH:s befintliga modeller av ett antal större älvar. Utöver modellering av de största älvarna behandlas också några mindre älvar mer kvalitativt. Projektet kommer dessutom att via Energiföretagen Sverige få tillgång till indata och magasinsprofiler samt älviskisser som använts i energiföretagens NAP-arbete. Utöver information om vattenkraftssystemets begränsningar och tillrinning behöver modellerna någon indikation på hur värdet av vattenkraftproduktionen varierar över tid för att leverera en produktionsplanering. Här samarbetar AP2 med AP3, som undersöker hur förändrade förutsättningar för vattenkraften påverkar elsystemet. I AP3 tillämpas en elsystemmodell som ger en nettolast med 3 timmars tidsupplösning. Nettolasten används för att indikera hur värdet av vattenkraften varierar över tid.

Resultaten från vattenkraftmodellerna jämförs med resultat där dagens tillrinning tillämpas. Tre fall undersöks:

- 1) Dagens tillrinning och dagens efterfrågan på el
- 2) Framtida tillrinning och dagens efterfrågan på el (isolerar effekterna av förändrad tillrinning)
- 3) Framtida tillrinning och omfattande elektrifiering

Resultaten kvantifieras i termer av förändrad produktion per säsong och station, förändrade nivåer i magasinen och förändrade flöden i älvarna. Dessa resultat diskuteras sedan utifrån ett lokalt miljöperspektiv och ett lönsamhetsperspektiv. I arbetspaketet ställs också samman underlag som bedöms ha betydelse relaterat till framtida dammsäkerhet och miljötillstånd

Organisation: Arbetet genomförs främst av Chalmers och KTH

AP3 Konsekvenser på elsystemnivå

Målet med arbetspaketet är att undersöka hur de förändrade förutsättningar för vattenkraftproduktion som ett varmare klimat innebär påverkar el- och energisystemet. Ett varmare klimat kan påverka vattenkraftens årsproduktion, möjligt effektuttag och reglerförmåga. Hur elsystemet påverkas av detta utvärderas i termer av installerad effekt, årsproduktion och produktionsmönster för olika elproduktionstekniker liksom installerad effekt och laddning/urladdning av olika variationshanteringstekniker.

För att utföra analysen behövs en metod som kombinerar en god beskrivning av vattenkraften med en god representation av hur variabilitet och variationshantering påverkar elsystemet. Det finns i dagsläget inget enskilt modellverktyg som svarar upp mot de behoven. Det finns ett stort antal produktionsplaneringsmodeller (dispatchmodeller) som fångar variabilitet och inkluderar olika variationshanteringsstrategier, t.ex. EPOD, BALMOREL och APOLLO. Investeringsmodeller för elsystemet med förmåga att ta hänsyn till variationshantering finns hos Chalmers (H2D och ENODE). I samtliga av dessa elsystemmodeller är representationen av vattenkraften begränsad till en aggregerad vattenkraftstation och ett aggregerat vattenkraftlager per prisområde. Det är oklart i

vilken utsträckningen en sådan representation fångar klimatets påverkan på vattenkraften. För den analysen behöver elsystemmodellerna kompletteras med mer detaljerade modeller av vattenkraften. KTH:s modell av det svenska vattenkraftssystemet som nyttjas i AP2 har fullgod detaljeringsgrad för ändamålet. Genom att kombinera en detaljerad vattenkraft modell med en investeringsmodell för elsystemet förväntar vi oss att kunna adressera vattenkraftens roll i elsystemet vid ett varmare klimat.

Modellerna kombineras i ett antal steg:

- 1) Elsystemmodellen får ny, aggregerad, tillrinningsprofil baserat på arbetet i AP1 och AP2.
- 2) Elsystemmodellen föreslår elsystemsammansättning till följd av den nya tillrinningsprofilen. Ett resultat av elsystemmodellen är en vattenkraftbehovskurva med 3h tidsupplösning.
- 3) Vattenkraftbehovskurvan ges till vattenkraftmodellen, som försöker produktionsplanera vattenkraften utifrån denna samt data från AP1 och AP2. Vattenkraftmodellen indikerar om det finns tillfällen då vattenkraften inte kan möta behovet. Resultaten ges som en fix vattenkraftproduktion till elsystemmodellen eller som nya begränsningar av vattenkraftproduktionen i elsystemmodellen.
- 4) Elsystemmodellen ger en ny systemsammansättning utifrån ökad information om vattenkraften.
- 5) Om förändringen av elsystemsammansättningen mellan steg 1 och steg 4 är liten är vi nöjda med resultatet. Annars återupprepas 1-4.

Resultatet efter iterationerna är en elsystemsammansättning som är förenlig med vattenkraftens förutsättningar i ett varmare klimat. Installerad effekt, årsproduktion och produktionsmönster hos olika elproduktionstekniker jämförs sedan med motsvarande resultat med dagens vattenkraftproduktion. Även förändringar i installerad effekt och laddning/urladdning av variationshanteringstekniker fångas i analysen. Pumpkraftverk kan här komma att inkluderas i analyserna.

Uppvärmningen antas öka med tiden, vilket innebär att tillrinningen till vattenkraftssystemet beror på vilket år i framtiden analyserna ska spegla. Även andra förutsättningar för elsystemet förväntas ändras över tid. I Sverige förväntar vi oss framförallt en omfattande elektrifiering av transport och industrisektorn vilket innebär en ökad årskonsumtion av el liksom en förändrad förbrukningsprofil. En del av den nya efterfrågan på el skulle också kunna vara flexibel över tid, vilket påverkar värdet av vattenkraftens reglering. I arbetet fångas de här effekterna in igenom att studera tre olika fall, precis som i AP2:

- 4) Dagens tillrinning och dagens efterfrågan på el
- 5) Framtida tillrinning och dagens efterfrågan på el (isolerar effekterna av förändrad tillrinning)
- 6) Framtida tillrinning och omfattande elektrifiering

Organisation: Arbetet genomförs av Chalmers, KTH och Profu

AP4 Konsekvenser för elsystemets långsiktiga utveckling

Syftet med detta arbetspaket är att analysera hur klimatpåverkan på vattenkraftens regler- och produktionsmöjligheter under olika förutsättningar i övrigt för energisystemet kan komma att påverka den långsiktiga utvecklingen för Sveriges energisystem. För att studera detta implementeras kunskapen från de två föregående arbetspaketen i en tredje grupp av energimodeller, nämligen *långsiktiga energisystemmodeller*. Dessa modeller används typiskt för att analysera energisystemets

långsiktiga utveckling mot exempelvis 2050 och beskriver generellt sett hela energisystemet och inte bara elsystemet. Därigenom kan man exempelvis studera samspelet mellan elsystemet och andra delar av energisystemet. Ett annat viktigt användningsområde för dessa modeller är energi- och klimatpolitisk styrmedelsanalys. Med tanke på systemgränsen (många olika sektorer), det långa och dynamiska tidsperspektivet samt viss tyngdpunkt på styrmedelsbeskrivningen är detaljrikedomen för elsystemet av praktiska skäl ofta något lägre än i de mer renodlade elsystemmodellerna som nämnts i samband med AP3. Det kan exempelvis handla om att tidsupplösningen inom ett år är lägre eller så kan beskrivningen av driftparametrar i termiska kraftverk vara förenklad. Det finns därför all anledning att utnyttja de detaljerade elsystemmodellerna tillsammans med energisystemmodeller som har en vidgad systemgräns.

I AP4 kommer vi huvudsakligen TIMES-NORDIC-modellen att utnyttjas för att studera hur den långsiktiga utvecklingen för Sveriges energisystem kan komma att påverkas av förändrade villkor för vattenkraftproduktionen. En förändrad tillrinning och förändrade produktionsförutsättningar påverkar elsystemet direkt och resten av energisystemet (t ex värmemarknaden) indirekt genom förändrade elprissignaler. Samtliga dessa mekanismer inkluderas i modellverktyget.

TIMES-NORDIC är en energisystemmodell som beskriver hela det stationära energisystemet i Sverige och el- och fjärrvärmesystemen i de övriga tre nordiska länderna samt i Tyskland, Polen och de tre baltiska länderna. Modellverktyget används löpande av såväl Energimyndigheten, Naturvårdsverket som inom olika forskningsprojekt (exempelvis NEPP, Nordic ETP samt Nordic Clean Energy Scenarios). Av ovan nämnda skäl är modellbeskrivningen av vattenkraften i de nordiska länderna relativt förenklad. I AP4 kommer vi därför att närmare undersöka hur resultaten från AP2 och AP3 på bästa sätt kan utnyttjas i TIMES-NORDIC, givet de modellmässiga begränsningar som finns, för att förbättra alternativt förändra modellbeskrivningen av vattenkraften och se hur detta inverkar på modellresultaten. Vi avser därför att göra om en specifik modellberäkning från Energimyndighetens senaste "Långsiktiga scenarier", med den förändrade beskrivningen av vattenkraften, och jämföra med den tidigare modellkörningen, det vill säga före modellutvecklingssteget.

Utvärderingen kommer att visa i vilken utsträckning energisystemmodelleringen för den långsiktiga utvecklingen för Sveriges energisystem lyckas återge effekterna av de förändrade förutsättningarna för vattenkraften. Utfallet kommer därmed att identifiera behovet av kompletterande modellstöd, exempelvis från detaljerade elsystemmodeller där man bättre kan återge vattenkraftens produktionsförmåga (AP3), om betydelsen av vattenkraft generellt och klimatförändringar i synnerhet bedöms vara av stor betydelse i kommande modellstudier.

Organisation: Arbetet genomförs främst av Profu och Chalmers

AP5 Syntes och sammanfattande slutsatser

I denna aktivitet sammanställs resultaten från de olika delaktiviteterna och en helhetsbedömning görs. Det övergripande syfte är att ta fram en helhetsbedömning av vattenkraften som en reglerande, säker och effektiv energiresurs i ett förändrat framtida klimat. I detta ingår att närmare beskriva vattenkraftens roll i det framtida energisystemet med hänsyn taget till:

- Klimatförändringar vid 1,5 och 2 graders höjning av jordens medeltemperatur
- Den framtida elmarknadens behov av variabilitetshantering, leveranssäkerhet och en elproduktion. Tidsperspektiven är här 2030, 2045 med utblickar mot tiden därefter.

Arbetet genomförs i samarbete med projektet "Klimatförändringarnas inverkan på energisystemet" för att fånga resultatet där övriga delar av energisystemet analyseras. Ambitionen är att ta fram en

helhetsbedömning av vattenkraftens roll utifrån de analysresultat som anger hur övriga energisystemet påverkas av ett förändrat klimat samt energisystemets utveckling i övrigt (baserat på några olika framtidsbilder av hur energisystemet har ställts om till 2045 och tiden därefter). I arbetspaketet ställs också samman underlag som bedöms ha betydelse relaterat till framtida dammsäkerhet och miljötillstånd

Arbetspaketet är tänkt att omfatta följande arbetsmoment:

- Syntes av modellutvecklingsarbetet och resultaten från detta (sammanläggning av AP2-AP4)
- (Beroende av hur väl modellutvecklingen lyckas) ta fram en helhetsbedömning av vattenkraftens förmåga att balansera energisystemet i ett framtida förändrat klimat, beaktat hur övriga energisystemet förändras samt vilka behov som skapas utifrån detta (sker i samarbete med projektet "Klimatförändringarnas inverkan på energisystemet").
- Beskriva relevanta mått för att utvärdera vattenkraftens roll för energisystemet, beaktat klimatförändringar, samhällsbehov och den nationella planen för omprövning av vattenkraften.
- Behov av fortsatt arbete och forskningsinsatser

Organisation: Arbetet genomförs av Profu, Chalmers och Energiforsk