Utgivningsår 2014

Vad avgör ett vattenkraftverks betydelse för elsystemet

Underlag till nationell strategi för åtgärder inom vattenkraften

ER 2014:12

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas via
www.energimyndigheten.se
Orderfax: 08-505 933 99
e-post: energimyndigheten@cm.se

© Statens energimyndighet

ER 2014:12

ISSN 1403-1892

Förord

Energimyndigheten och Havs- och vattenmyndigheten har tillsammans tagit fram en övergripande nationell vattenkraftsstrategi som underlag för prioritering mellan energi- och miljövärden. Denna rapport redovisar Energimyndighetens del i arbetet och visar i vilka avrinningsområden den för energisystemet viktigaste vattenkraften finns.

Syftet är att strategin ska utgöra ett geografiskt underlag och användas framför allt i länsstyrelsernas åtgärdsarbete och av Mark- och miljödomstolarna. Detaljerna för enskilda vattenkraftsanläggningar hanteras även fortsättningsvis i den individuella prövningen. För det arbetet kommer vägledningar om kraftigt modifierade vatten och bästa möjliga teknik att visa vilka konkreta åtgärder som är lämpligt att utföra i vattenkraftsanläggningar.

Eskilstuna i juni 2014

Erik Brandsma	Katarina Jacobson
Generaldirektör	Projektledare

Innehåll

Sammanfattning **5**

1 Inledning **7**

1.1 Bakgrund ... 7
1.2 Uppdraget ... 7
1.3 Syfte ... 8
1.4 Avgränsningar ... 8
1.5 Vattenkraften bidrar till energi- och miljömål ... 8

2 Vattenkraften idag **11**

2.1 Andel vattenkraft i energisystemet ... 11
2.2 Geografisk lokalisering ... 13
2.3 Potential för ökning ... 13

3 Vattenkraftens betydelse för reglerfunktionen **17**

3.1 Balansreglering och effektreserv ... 18
3.2 Vattenkraften som medel för att reglera variationer i elanvändning och elproduktion ... 20
3.3 Andra alternativ till reglerkraft ... 23
3.4 Konsekvenser av att använda annat än vattenkraft för reglering ... 24

4 Framtidens energisystem **27**

4.1 Två framtida scenarior ... 28
4.2 Vattenkraftens betydelse för det framtida elsystemet ... 29

5 Vattenkraftsanläggningar med betydelse för reglerfunktionen **33**

5.1 Indikatorer ... 34
5.2 Älvar/avrinningsområden där de viktigaste anläggningarna finns ... 38

6 Elproduktion och god vattenmiljö? **41**

7 Energimyndighetens slutsatser **43**

Bilaga: Sammanställning av index **45**

Referenser **49**

Sammanfattning

Enskilda vattenkraftverk och avrinningsområden har olika betydelse för elsystemet. Betydelsen avgörs framförallt av förutsättningarna för reglering och produktion. Den primära målgruppen för denna rapport är länsstyrelserna och Mark- och miljödomstolarna som hanterar den individuella prövningen av enskilda vattenkraftsanläggningar.

Sverige ser ut att nå förnybartdirektivets mål för 2020. Mer behöver göras för att ramvattendirektivet samt art- och habitatdirektivet ska kunna uppfyllas. Mer kommer också att behöva göras för att nå energi- och klimatmål efter 2020. Oavsett om det kommer ett separat förnybartmål till 2030 eller inte så kommer den förnybara andelen energi att behöva öka ytterligare. Detta för att de svenska miljömålen ska kunna nås. Det kommer ibland behövas prioriteringar mellan olika mål.

Energimyndigheten och Havs- och vattenmyndigheten har tillsammans tagit fram en övergripande nationell strategi[1] som underlag för prioritering mellan energi- och miljöintresset. Ett sådant arbete är också enligt EU-kommissionen ett krav för att Sverige ska kunna tillämpa vissa undantag i ramvattendirektivet. Vatten ska kunna klassas som kraftigt modifierade och på så sätt omfattas av något lägre miljökrav än övriga vatten.

Strategin visar i vilka avrinningsområden energi- respektive miljövärdena bör prioriteras och kan därmed utgöra ett stöd i Vattenmyndigheternas arbete. Detaljerna för enskilda vattenkraftsanläggningar hanteras även fortsättningsvis i den individuella prövningen i Mark- och miljödomstolarna och genom vattendomarna. Denna rapport redovisar Energimyndighetens del i arbetet och visar i vilka avrinningsområden den viktigaste vattenkraften finns.

Det är vattenkraftens reglerfunktion som gör den unik i energisystemet. Genom att vattenkraften erbjuder en möjlighet att justera för variationer i elanvändning och elproduktion så bidrar det till att elsystemet hela tiden hålls i balans.

De indikatorer som Energimyndigheten har valt för att värdera Sveriges vattenkraftsanläggningar ur energisynpunkt är effekt, produktion och reglerförmåga. Indikatorerna har värderats inbördes. Effekt och produktion har tillsammans getts samma betydelse som reglerförmåga. Effekt har getts något högre vikt än produktion.

Det är de största vattenkraftsanläggningarna i Sverige (208 st) som har betydelse för reglerfunktionen. De står för 100 procent av den automatiska frekvensregleringen och för nästan all manuell balansreglering. Motsvarande uppgifter saknas för de längre tidsskalorna i regleringen, dvs. för dygn, veckor, säsong och år. De 208 största anläggningarna står för 94 procent av produktionen. Övriga vattenkraftsanläggningar är inte oviktiga, men de har marginell betydelse som reglerkällor. De kan vara värdefulla ur andra aspekter såsom för den lokala miljön och produktionen samt för kulturmiljön.

[1] Strategi för åtgärder inom vattenkraften.

De för energisystemet viktigaste vattenkraftsanläggningarna finns i Luleälven, Göta älv, Ångermanälven, Indalsälven, Umeälven, Skellefteälven, Dalälven, Ljusnan och Ljungan.

Energimyndigheten bedömer att reglerbehovet kommer att öka i framtiden. Teknikutveckling kan bidra till framtida förändringar i reglerbehov, och reglering kan komma att göras mer i användarledet. Klimatförändringar innebär ökade flöden. Troligen ökar även mängden spill i vattenkraftverken vid ökade nederbördsmängder, vatten som inte kan utnyttjas för elproduktion.

Potential för ökning av vattenkraft i Sverige finns, enligt Energimyndighetens bedömning, framför allt i befintliga vattenkraftsanläggningar i de älvar som i denna rapport pekas ut som viktiga för energisystemet. Ökningar bör också kunna fås i andra anläggningar, om de görs miljöanpassat, och där miljöintresset och andra intressen så medger.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Sverige behöver uppnå mål inom ramvattendirektivet, art- och habitatdirektivet samt klimatmål och mål inom förnybartdirektivet. Genom det arbete som genomförts inom vattenförvaltningen i landet har det konstaterats att fysisk påverkan är ett av de största miljöproblemen i inlandsvatten. Vattenkraften innebär en betydande påverkan. Även för att uppfylla art- och habitatdirektivet, dvs. att bevara livsmiljöer samt skydda vilda djur och växter, behöver åtgärder genomföras i vatten påverkade av vattenkraftanläggningar.

Samtidigt behöver den förnybara energin få öka. Vattenkraften förväntas dock inte öka särskilt mycket i Sverige. Vattenkraften har unika egenskaper och utgör en mycket viktig energikälla i energisystemet. Energi kan lagras genom vatten i magasin, och utnyttjas när den behövs. Vattenkraften används som reglerkälla för variationer i elanvändning och elproduktion. För att den förnybara elproduktionen ska kunna öka behöver elsystemets reglerförmåga och effektbalans hanteras.

1.2 Uppdraget

Energimyndigheten har samarbetat med Havs- och vattenmyndigheten för att ta fram en nationell strategi för åtgärder inom vattenkraften där både miljömål och energimål ska kunna uppnås, i möjligaste mån. Det kommer krävas åtgärder som minskar vattenkraftens miljöpåverkan. Det kan också krävas åtgärder som ger möjlighet till ökad produktion och reglering för att framtida energibehov ska klaras.

Strategin ska inte ses som en slutlig avvägning mellan områdena energi/miljö för enskilda vattenförekomster/vattenkraftverk. Den ska utgöra ett övergripande underlag för Vattenmyndigheterna, länsstyrelsernas åtgärdsarbete och för Mark- och miljödomstolarna. Strategin ska visa i vilka avrinningsområden energiintresset respektive miljöintresset bör prioriteras. Detaljerna för enskilda vattenkraftsanläggningar hanteras även fortsättningsvis i den individuella prövningen hos Mark- och miljödomstolarna.

Energimyndighetens uppgift i samarbetet är att visa vilka avrinningsområden som är viktigast för energisystemet. Havs- och vattenmyndigheten har gjort motsvarande arbete för miljöområdet och visar vilka vatten som bör prioriteras för miljöåtgärder. Därefter har de båda myndigheterna tillsammans gjort en sammanvägning av de båda intressena, vilken redovisas i en nationell strategi för åtgärder inom vattenkraften[2]. Strategin behövde vara klar till sommaren 2014 för att kunna utgöra underlag i länsstyrelsernas arbete med kommande åtgärdsprogram. Arbetet inom vattenförvaltningen bedrivs i sexårscykler. Inför nästkommande åtgärdscykel bör strategin troligen utvecklas.

[2] Strategi för åtgärder inom vattenkraften.

1.3 Syfte

Att vattenkraften är mycket värdefull för det svenska energisystemet är de flesta överens om. Syftet med denna rapport är att på ett överskådligt sätt bryta ned och beskriva vad detta värde består av.

Den primära målgruppen för denna rapport är länsstyrelserna, Vattenmyndigheterna och Mark- och miljödomstolarna. Hantering av individuella prövningar och arbetet med vattenförvaltningen innebär avvägningar mellan olika intressen och denna rapport kommer i dessa fall att vara ett stöd i värderingen av energiintresset. Givetvis kan rapporten även vara till nytta även för andra som är intresserade av vattenkraftens roll i energisystemet.

1.4 Avgränsningar

Strategiarbetet med Havs- och vattenmyndigheten omfattar inte några andra områden än energi och miljö. Denna rapport omfattar energiområdet.

1.5 Vattenkraften bidrar till energi- och miljömål

Den svenska energipolitiken bygger på samma grundpelare som energisamarbetet inom EU. Politiken syftar till att förena ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet. Den ekologiska hållbarheten behöver stärkas för vattenkraften, men utan större påverkan på försörjningstrygghet eller att elpriserna stiger kraftigt.

Följande energimål har beslutats i Sverige till år 2020:

- 50 procent förnybar energi
- 10 procent förnybar energi inom transportsektorn
- 20 procent effektivare energianvändning mellan 2008 och 2020
- 40 procent minskade utsläpp av klimatgaser (jämfört med 1990) för den icke handlande sektorn, varav 2/3 inom Sverige

Idag ser prognosen för måluppfyllelse bra ut, möjligvis med undantag för energieffektiviseringsmålet, som är svårare att bedöma måluppfyllelsen för. Det målet är sektorsövergripande och innebär att energiintensiteten, mätt som tillförd energi per BNP-enhet i fasta priser, ska minska med 20 procent. Även vattenkraften kan påverka energieffektiviseringsmålet. Eftersom vattenkraft som energikälla har hög verkningsgrad skulle minskad vattenkraftsproduktion troligen kunna minska möjligheterna att nå effektiviseringsmålet. Detta under förutsättning att produktionen ersätts med förbränningsbaserad elproduktion med lägre verkningsgrad. Även förnybartmålet och klimatmålet är förstås områden där vattenkraften bidrar positivt, och Sverige är redan idag på väg att uppfylla förnybartmålet. Dock varierar både energianvändning och produktion utifrån bland annat väder och temperatur.

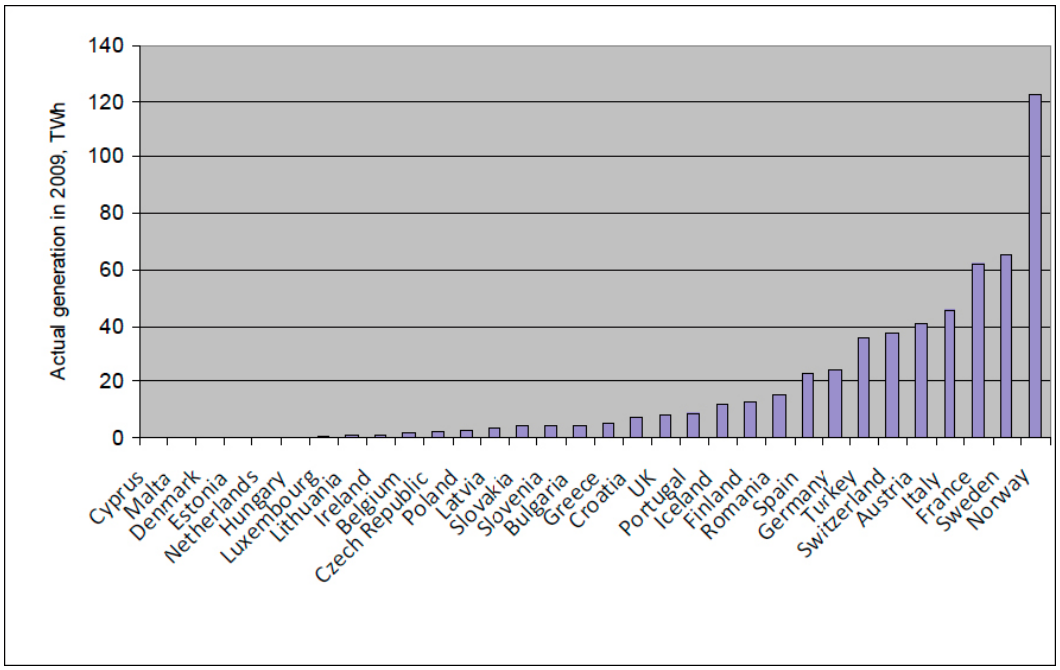
I skrivande stund, sommaren 2014, pågår för närvarande förhandlingar inom EU om energi- och klimatmål för 2030. Även om det inte kommer separata mål om andel förnybar energi och energieffektivisering efter 2020 kommer ytterligare arbete inom dessa båda områden behövas för att framtida klimatmål ska kunna nås.

Den förnybara elproduktionen ökar, framförallt genom vindkraft och biokraft. Förutom att utgöra en viktig del av andelen förnybar energi används vattenkraften för att reglera för variationer i elproduktion och elanvändning. Annan förnybar elproduktion (sol- och vindkraft) är av intermittent karaktär – dvs. väderberoende, variabel, icke-styrbar – vilket i sig innebär behov av att på annat sätt kunna reglera för sådana variationer. Vattenkraften bidrar starkt till att Sverige har hög andel förnybar energi.

När det gäller miljömålet Levande sjöar och vattendrag återstår en hel del arbete. En av regeringen fastlagda preciseringar till målet innebär att ”oexploaterade och i huvudsak opåverkade vattendrag har naturliga vattenflöden och vattennivåer bibehållna”.

2 Vattenkraften idag

Figur 1 nedan visar vattenkraftsproduktionen inom Europa. Norge har mest vattenkraft, följt av Sverige. Norge är sjunde land i världen när det gäller vattenkraftsproduktion. Efter Kina, Brasilien, USA, Kanada, Ryssland och Indien. Sverige är tionde landet i världen[3].



Figur 1 Vattenkraftsproduktion inom Europa (TWh, 2009)

Källa: Hydroelectric (deras beräkning med input från World atlas and industry guide (Hydropower and Dams)).

2.1 Andel vattenkraft i energisystemet

Användningen av förnybar energi i förhållande till slutlig energianvändning uppgick år 2012 till 51 procent[4]. Den totala mängden förnybar energi i Sverige uppgick 2012 till 207 TWh. De största bidragen kom från biobränslen (118 TWh) och vattenkraft (69 TWh, vilket utgör 33 procent.).

Den förnybara elproduktionen[5] uppgick 2012 till 88 TWh, varav vattenkraften alltså stod för 69 TWh[6].

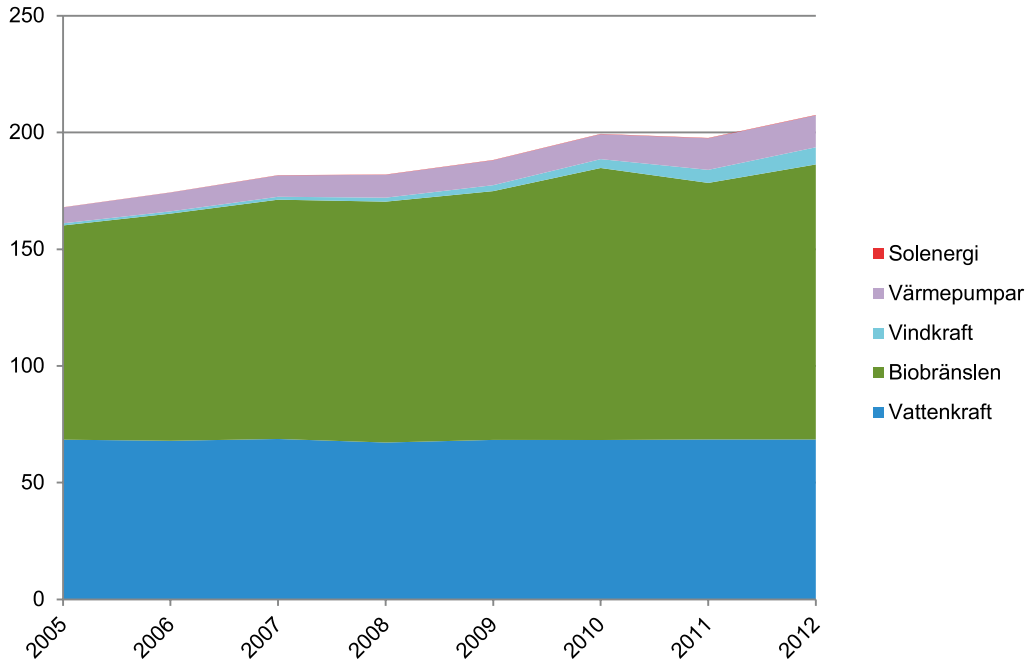
---

[3] Peter Rudberg SEI (2013).

[4] Energiindikatorer 2014.

[5] Med normalårskorrigerad vatten- och vindkraft enligt förnybartdirektivet.

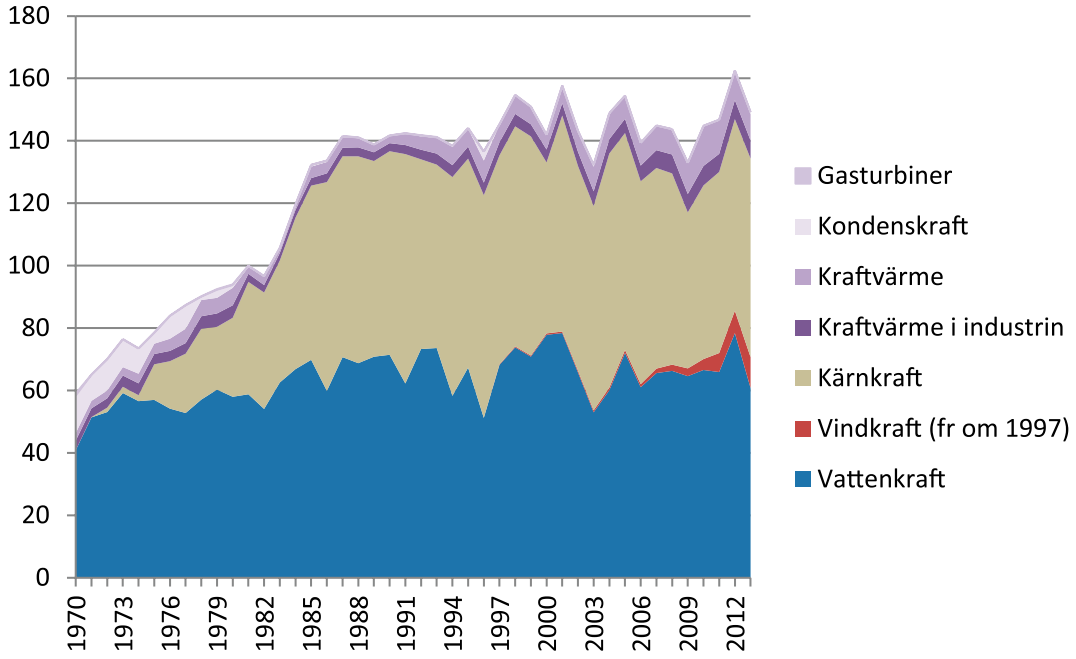
[6] Normalårskorrigerad, dvs. ej detsamma som den faktiska produktionen (78 TWh 2012).



Figur 2 Förnybar energi enligt förnybartdirektivet, TWh 2005–2012

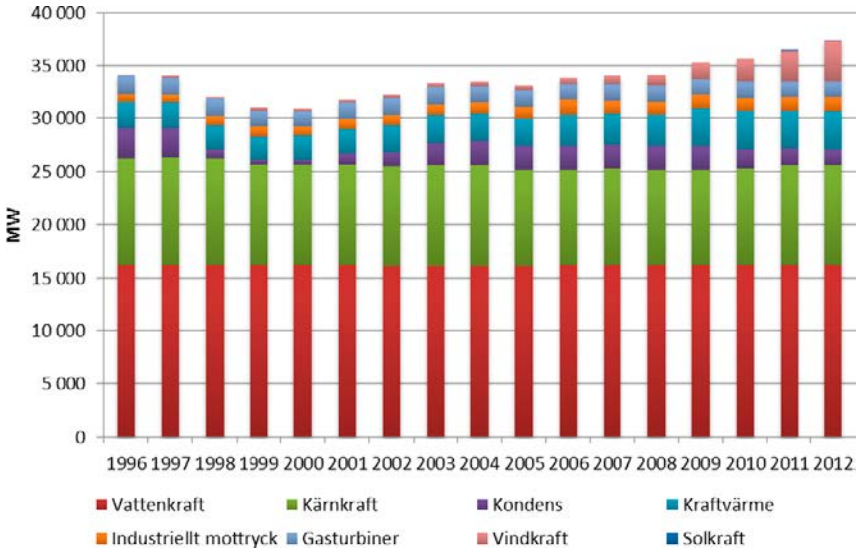
Källa: Energiindikatorer 2014

Vattenkraften är förstås framför allt beroende av mängden nederbörd under året. Genomsnittlig vattenkraftsproduktion i Sverige är 67 TWh, baserat på produktionen år 1986 – 2013. Den lägsta produktionen hittills är 51 TWh och inträffade år 1996 som var ett torrår, och den högsta produktionen är 79 TWh år 2001 och 2012 som var våtår.



Figur 3 Elproduktion 1970–2013 (TWh)

I Figur 4 nedan visas elmarknadens installerade kapacitet i Sverige. All kapacitet finns dock inte tillgänglig samtidigt[7]. Tillgängligheten i kärnkraftverk beror av driftsituationen. Tillgängligheten i vindkraft är beroende på om och var det blåser. Svenska kraftnät räknar med att sex procent av den installerade kapaciteten i vindkraft finns tillgänglig vid högsta eleffektbehov. Tillgängligheten i vattenkraft beror på nederbörden. All vattenkraftskapacitet kan inte användas samtidigt. Den tillgängliga effekten för olika kraftslag är alltså inte jämförbar.



Figur 4 Installerad elproduktionskapacitet i Sverige per kraftslag, 1996–2012 (MW)

Källa: Svensk Energi. Figur 17 i Energiläget 2013.

2.2 Geografisk lokalisering

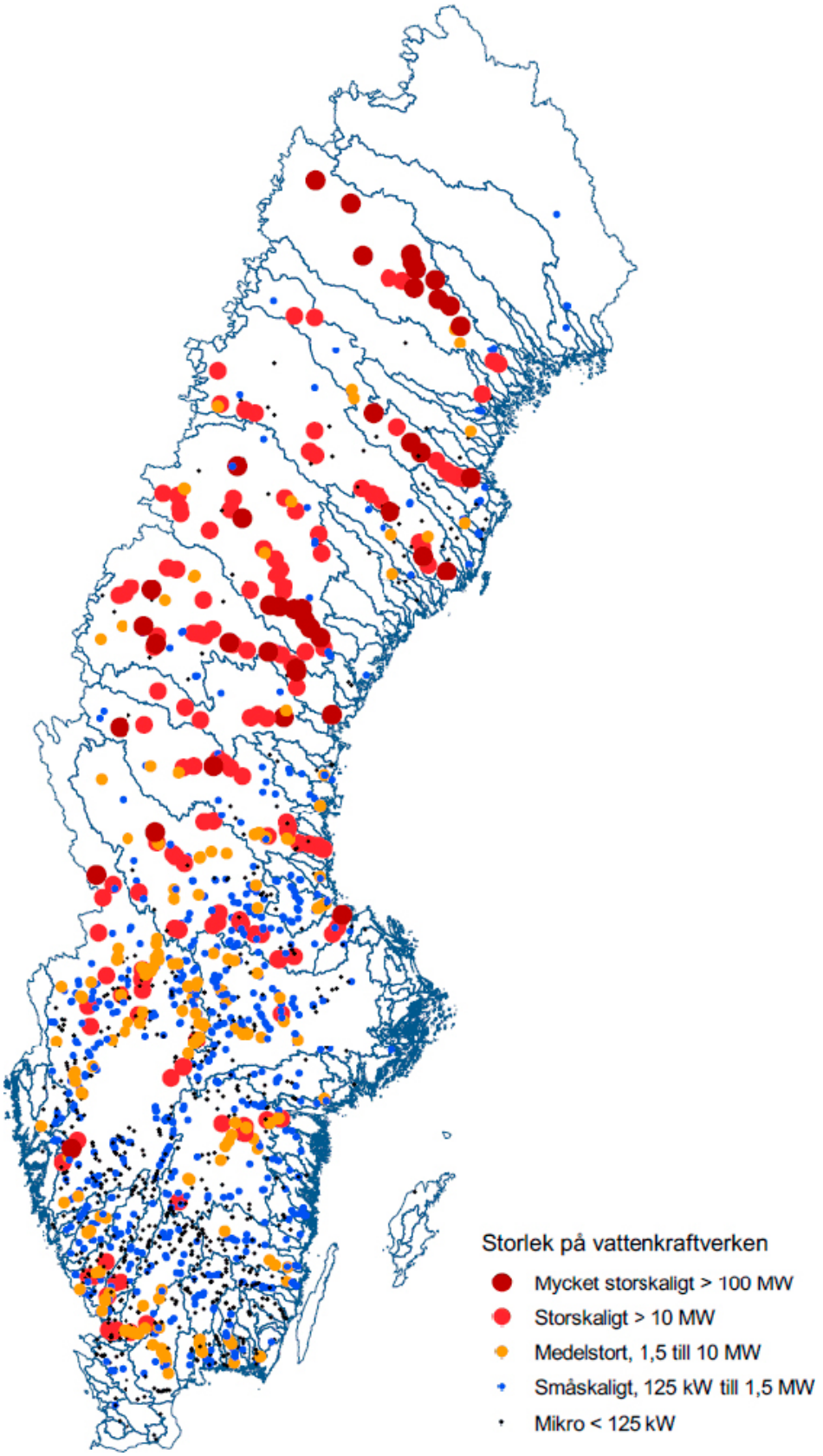
Sverige har cirka 2100 vattenkraftverk varav 208 verk med installerad effekt över 10 MW. Dessa vattenkraftverk står för 96 procent av 16 200 MW totalt installerad effekt samt för 94 procent av normalårsproduktionen.

2.3 Potential för ökning

Vattenkraft är tillsammans med vindkraft, solel och avfallskraftvärme de produktionsslag som har lägst produktionskostnader när anläggningarna finns på plats.

Potential för ökning av vattenkraft i Sverige finns, enligt Energimyndighetens bedömning, framför allt i befintliga vattenkraftsanläggningar i de älvar som i denna rapport pekas ut som viktiga för energisystemet. Ökningar bör också kunna fås genom effektiviseringar i andra anläggningar, om de görs miljöanpassat, och där miljöintresset så medger.

[7] Energiindikatorer ER:2014:10.



Figur 5 Sveriges vattenkraftsanläggningar

I ett arbete[8] från 2004 som Luleå tekniska universitet och Uppsala universitet genomförde åt Energimyndigheten kom man fram till en potential om ytterligare cirka 3 TWh i befintliga vattenkraftsanläggningar[9]. Detta genom åtgärder framför allt på turbin- och generatorsområdena. Del av denna potential bör idag vara utnyttjad. De ökningar som har redovisats inom elcertifikatsystemet visar att det har skett effektiviseringsåtgärder vid existerade kraftverk som har ökat produktionen med cirka 0,4 TWh sedan 2003.

Enligt en rapport från norska forskningsorganisationen SINTEF kan ökade flöden p.g.a. klimatförändringar medföra att den svenska elproduktionen ökar med mellan 5,8 – 6,2 TWh/år till år 2050[10]. Det finns dock olika scenarior och olika modeller med en stor spridning i resultat. Resultaten bör beaktas med viss försiktighet. Det är oklart hur den ökade nederbörden kan utnyttjas med dagens vattenkraftssystem. Troligen ökar mängden spill från vattenkraftverken vid ökade nederbördsmängder, det vill säga vatten som inte kan utnyttjas för elproduktion.[11]

Det behövs ytterligare analyser för att avgöra hur dagens vattendomar, eller skärpta vattendomar, påverkar mängden spill. Dessutom krävs sannolikt tekniska anpassningar inte minst när det gäller dammsäkerhet och avbördningskapacitet.

---

[8] Vattenkraftens utvecklingspotential i befintliga anläggningar. Mats Leijon m fl. 2004.

[9] Teknisk potential utan bedömning av om den är kostnadseffektiv.

[10] Climate change 2020 – 2050 Consequences for the NordPool electricity market, TR A7060, den 1 mars 2011.

[11] L. Söder. Dec 2013.

3 Vattenkraftens betydelse för reglerfunktionen

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. Svenska kraftnät (Svk) ansvarar för balansen i elsystemet för de kortaste tidsperspektiven medan de balansansvariga företagen ansvarar för de lite längre tiderna.

I sin roll som systemansvarig myndighet för elsystemet har Svk ansvar för att se till att balanseringen mellan produktion och användning av el ständigt upprätthålls. Detta som en del av uppgiften att svara för den övergripande säkerheten i elförsörjningen. För att tillgodose behovet ansvarar Svk för att tillhandahålla en effektreserv[12] samt för balansregleringen som används för att kompensera för avvikelser från prognoser för elproduktion och elanvändning.

Elnätet måste också anpassas till de energikällor som bidrar till elproduktionen. Den omfattande vindkraftsutbyggnaden innebär att kraftsystemet genomgår stora förändringar. Om Europa ska få ett ekologiskt hållbart elsystem med integrerade nät för förnybar elproduktion såsom vattenkraft, vindkraft och solel kommer dessa förändringar pågå i decennier. Med ett ökat inslag av slumpmässighet i tid och volym kommer svårigheten att prognosticera förutsättningarna för att klara balansen mellan elproduktion och elanvändning att öka. Högre krav kommer att ställas på tillgången till reglerresurser.

Idag regleras elbalansen i Sverige främst genom vattenkraften eftersom man genom den snabbt kan öka eller minska inmatningen till elnätet. Elnät mellan länder, överföringsförbindelser, bidrar också till att jämna ut för variationer i elanvändning och elproduktion.

Det finns olika tidsperspektiv i balanseringen av elsystemet. Alla typer av reglering är förstås viktiga och har ett samband. 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 megawatt. Genom balansregleringen upprätthålls jämvikten mellan elproduktion och elanvändning i varje stund. Under avsnitt 3.1 beskrivs balansregleringen.

[12] Effektreserven utnyttjas endast under extrema situationer, t.ex. vid hög elanvändning i kombination med haveri av produktions- eller transmissionskapacitet.

Det är de största vattenkraftsanläggningarna i Sverige (208 st) som har betydelse för reglerfunktionen. De står för 100 procent av den automatiska frekvensregleringen och för nästan all manuell balansreglering[13]. Energimyndigheten har inte fått tillgång till motsvarande uppgifter för de längre tidsskalorna i regleringen, dvs. för dygn, veckor, säsong och år.

De olika reglerobjektens delaktighet i regleringen är dock inte en direkt återspegling av vattenkraftverkens 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 nödvändigtvis inte lika delaktiga i balansregleringen. Delaktigheten beror till stor del på ägarnas fokus på handelsaktiviteter.

Svk har information om vilka anläggningar som används för manuell reglering[14]. Det är anläggningar i de nio största älvarna som används till det. Svk har inte information om vilka anläggningar som används för den automatiska regleringen.

SMHI är troligen den myndighet som har bäst kunskap om hur landets vatten regleras, åtminstone på de längre tidssnitten. Detta bl.a. genom modellberäknad data. Reglerad och naturlig vattenföring kan jämföras.

3.1 Balansreglering och effektreserv

Balansregleringen säkerställer att elproduktion och elanvändning är på samma nivå i varje stund. Det ska enligt ellagen finnas någon som är balansansvarig för varje elleverans. Den som är balansansvarig tecknar ett avtal om balansansvar med Svk. Den balansansvarige ska därefter löpande planera för och åstadkomma balans mellan tillförseln och användningen av el för de leveranser som denne har balansansvar för.

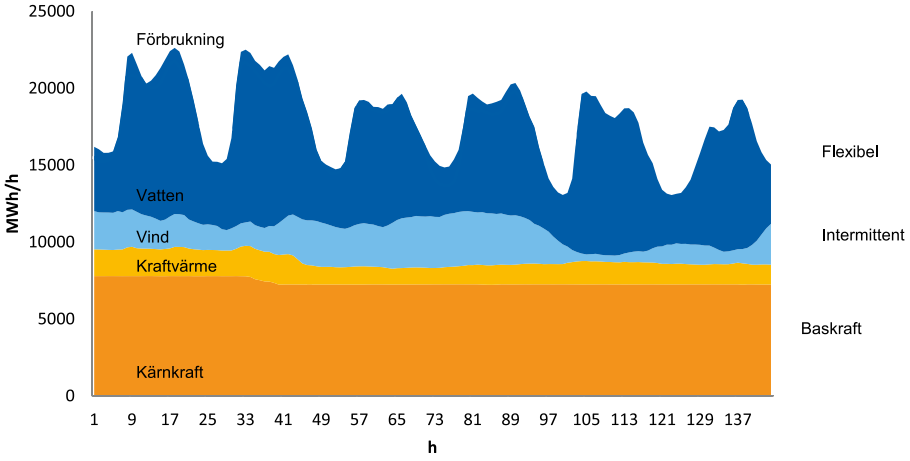
En betydande andel av balansregleringen tillgodoses med hjälp av produktionsplanering (dygnsplanering), där produktionen från alla ingående kraftslag planeras i förväg. Detta efter en prognos för elanvändningen. Dygnsplaneringen är, efter avregleringen av elmarknaden, marknadsbaserad och genomförs en gång per dygn via den nordiska elbörsen Nord Pool[15]. Dygnsplaneringen vid Nord Pool resulterar i att produktionskapacitet aktiveras för att tillgodose elanvändarnas behov under nästkommande dygns varje timme. För vattenkraften är dygnsplaneringen en förutsättning för att kunna optimera vattenhushållningen längs en hel älv. Genom dygnsplaneringen ökar möjligheterna att maximera nyttan av vattenkraftens flexibilitet. Figuren nedan visar variationen av elproduktion och elanvändning i Sverige under slutet av november 2013. Balansregleringen utförs uteslutande med vattenkraft.

---

[13] Svk.

[14] Avser produkten FRR-M.

[15] Nord Pool är den nordiska elbörs som startades 1996 av Sverige och Norge. Medlemsländer är numera även Danmark, Finland och Estland.



Figur 6 Variationer i elanvändning och elproduktion. Från slutet av november 2013.

Under drifttimmen tar Svk över ansvaret från de balansansvariga för totalbalansen i hela Sverige. Hur bra prognoser för användning och produktion som de balansansvariga än tar fram uppstår nästan alltid mindre obalanser i landets elsystem. För att skapa balans kan Svk beordra ökad eller minskad elproduktion i Sverige eller i grannländerna. För att möjliggöra detta avropar Svk automatiska och manuellt aktiverade reglerresurser från vattenkraftsproducenter och från användare.

Vid obalanser där frekvensen avviker från 50 Hz reagerar de automatiska reglerresurserna direkt och återställer frekvensen i nätet. För att återställa de automatiska reglerresurserna och återföra frekvensen till 50 Hz avropas manuellt aktiverade reglerresurser. Om frekvensen exempelvis faller (användningen är större än produktionen) måste frekvensen regleras genom att produktionen ökas, och tvärtom. Finjusteringen av frekvensen (primärregleringen) sker idag med automatik genom att vattenkraftverken producerar mer eller mindre el. Både små (<10 MW) och stora kraftverk bidrar till detta.

Förfarandet med att först planera produktionen för nästkommande dygn med hjälp av en prognos och sedan automatisk reglera för att vid varje ögonblick erhålla en balans har tillämpats sedan elektrifieringen i början av 1900-talet.

För att kunna öka eller minska produktionen behövs en viss ledig kapacitet, en effektreserv. Man skiljer mellan uppreglering (ökad produktion) och nedreglering (minskad produktion). Det kan också handla om minskad eller ökad användning. Det är en uppgift för systemoperatören Svk att säkerställa att denna reserv är tillgänglig. Svk ställer inga krav på att de balansansvariga ska bidra till reglerkraftsmarknaden. Däremot har Svk ansvar för att det finns reserver, t.ex. gasturbiner, för situationer när inga bud finns på reglerkraftsmarknaden. I yttersta fall, om reglerkraft eller överföringskapacitet saknas, måste bortkoppling tillgripas.

Svk anordnar en separat börs för balanskraft och säkerställer därmed att balansen upprätthålls. Detta genom att avropa produktionshöjningar, produktionsminskningar eller minskningar i elanvändning.

Frekvensen är densamma för alla länder inom det sammankopplade nordiska systemet som består av Sverige, Norge, Finland och östra delen av Danmark. Avtal om frekvensreglering och driftsreserv görs för systemet som helhet. Tjänsten kan utväxlas mellan länderna till en viss grad.

3.2 Vattenkraften som medel för att reglera variationer i elanvändning och elproduktion

Vattenkraft används för reglering för alla olika tider. Från år och säsong ner till sekundsnabbt.

Vattenkraftverk kan identifiera sjunkande/ökande frekvens och öka/minska mängden vatten till turbinerna vilket gör att produktionen ökar/minskar, vilket i sin tur stabiliserar frekvensen. Detta kallas primärreglering och är det första steget i den så kallade frekvensregleringen vars syfte är att upprätthålla balans mellan elanvändning och elproduktion. För primärregleringen finns två olika produkter, frekvensstyrd störningsreserv (FCR-D) och frekvensstyrd normaldriftreserv (FCR-N).

Nästa steg i frekvensregleringen är sekundärregleringen som innebär att det i vissa kraftverk automatiskt mäts av om frekvensen avviker från 50Hz, vilket i sin tur gör att kraftverken ändrar sin produktion. Denna produkt kallas (FRR-A)[16]. I ett sista steg kan manuella beslut tas om vilka kraftverk som ska startas eller stoppas (FRR-M)[17].

3.2.1 Automatisk reglering

Frekvensstyrd störningsreserv FCR-D

Frekvensstyrd störningsreserv behövs när en stor produktionsenhet eller elledning plötsligt inte levererar. När en stor obalans mellan elanvändning och elproduktion uppstår faller frekvensen i elsystemet snabbt. Det är det största dimensionerande felet i landet som bestämmer behovet av FCR-D. Reserven aktiveras när frekvensen faller under 49,9 Hz och ska vara fullständigt aktiverad vid 49,5 Hz. Det totala behovet av FCR-D i Norden varierar beroende på aktuellt dimensionerande fel, och fördelningen mellan länderna ska vara i proportion till felet i respektive land.

FCR-D uppgår till storleksordningen 1000 MW. Kravet är att 50 procent av avvikelsen vara återställd inom fem sekunder. Inom 30 sekunder ska hela avvikelsen vara återställd.

[16] Frequency Restoration Reserve-Automatic.

[17] Frequency Restoration Reserve-Manual.

Frekvensstyrd normaldriftreserv FCR-N

Frekvensstyrd normaldriftreserv är långsammare än FCR-D. Här ingår variationer för t.ex. elanvändning och för variationer i vindkraftsproduktion. Syftet med FCR-D är att hålla frekvensen inom bandet 49,9 till 50,1 Hz.

Den totala mängden FCR-N i Norden är 600 MW, för såväl ned- som uppreglering. Den (årliga) fördelningen mellan länderna beror av elanvändningen i landet året innan.

Automatisk frekvensstyrd störningsreserv FRR-A

Den automatiska reserven (FRR-A) går in om frekvensen avviker från 50 Hz i syfte att avlasta FCR-N.

3.2.2 Manuell aktiv reserv

Den manuella aktiva reserven delas in i:

– Snabb aktiv störningsreserv

– Reglerkraftsmarknaden

Snabb aktiv störningsreserv FRR-M

Storleken på den snabba aktiva störningsreserven (FRR-M) bestäms av det dimensionerande felfallet i landet. Detta kan vara en produktionsenhet, en ledning eller en transformator. I Sverige är det oftast block 3 (1400 MW) i Oskarshamns kärnkraftverk som utgör detta fall. Om denna enhet oväntat faller bort kommer FCR-D att kompensera för produktionsförlusten mycket snabbt (5 till 30 sekunder). Ytterligare produktionsbortfall skulle kunna innebära brist på reserver. FCR-D måste därför återställas inom 15 minuter, vilket i första hand sker genom aktivering av marknadsbud från reglerkraftsmarknaden och om detta inte är möjligt med den snabba aktiva störningsreserven.

Reglerkraftsmarknaden

Svenska kraftnät köper reglerkraft genom att begära in bud för varje timme under året från intresserade aktörer på producent- och förbrukningssidan. För varje leveranstimme rangordnas buden efter pris. Rangordningen görs av samtliga bud inom Norden.

För att kunna delta i manuella regleringen krävs att anläggningen/resursen[18] har minst en volym om 10 MW i elprisområde 1–3 och 5 MW i elprisområde 4.

[18] Ägaren kan tillhandahålla resursen med hjälp av flera anläggningar.

3.2.3 Reglering inom dygn, vecka och säsong

Vattenkraften bidrar till alla typer av reglering. Nedan följer en kortfattad beskrivning av regleringsformer indelade enligt tidsskala.

Säsongsreglering

Den grundläggande förutsättningen för den årscykliska regleringen är att vatteninnehållet i ett antal stora magasin kan tillåtas variera mellan sina övre och nedre gränser[19]. Det medför att vatten kan lagras i magasinen under perioder med hög tillrinning (t.ex. vårflod) för att sedan utnyttjas vid ett senare tillfälle när behovet av el ökar. Magasinen med de största volymerna och därmed de största variationerna finns i allmänhet i de övre delarna av de vattenkraftproducerande älvarna. I grova drag kan sägas att ungefär hälften av den producerade vattenkraftsenergin i Sverige kan tillgodogöras tack vare lagringsmöjligheterna i de stora årsmagasinen. I stället för att spillas bort när tillrinningen är mycket hög under vårflod och under nederbördsrika perioder lagras produktionen. Vattenkraftsmagasinens lagringskapacitet är cirka 30 TWh och uppskattningsvis används ca 8000 MWh/h för denna reglering.

Veckoreglering

Eftersom elanvändningen ofta varierar med ett mönster som kopplar till veckan så finns ett behov av veckoplanering för att balansera användning och produktion av el. Vattenkraften används för denna typ av behovsbalansering. Det är inte bara de största magasinen överst i älvarna som utnyttjas. Även reservoarer längre ned i älvarna kan bidra till veckoregleringen. Uppskattningsvis används ca 6000 MWh/h för denna reglering.

Korttidsreglering

Vattenkraften används till korttidsreglering som innebär att skillnaden mellan användning och produktion under dygnet balanseras. En stor del av balansen mellan användning och produktion under dygnet är planerbar. Det finns en återkommande regelbundenhet i användningen och en möjlighet att förutse variationer i tillrinning då vädret inom dygnet kan prognosticeras väl. Vattenkraftens korttidsreglering kan indelas i dygnsplanering och den underliggande planeringen som behövs för att tillgodose behovet av denna faktiska reglering. Vattenkraften används även kontinuerligt för att balansera kraftsystemet på en kortare tidskala, dvs. reglering inom timmen (frekvensreglering). I elhandeln kan man handla på spotmarknaden Nordpool för det kommande dygnet. För balanskorrigeringarna på kortare tidskala finns en s.k. ELBAS marknad som syftar till balansera avvikelser i produktion och användning på timmen. Uppskattningsvis används ca 3–4000 MWh/h till dygnsplanering sommartid och ca 5–6000 MWh/h vintertid.

[19] Svk PM Sture Larsson 2011 02 25.

Svk är inte direkt inblandad i regleringen på de lite längre tidsperioderna. Det är marknaden, samspelet mellan producenter och användare av el som lägger grunden för den.

3.3 Andra alternativ till reglerkraft

Om det skulle behövas andra reglerresurser än de som finns i dag (vattenkraft) skulle troligen den kvarvarande vattenkraften ”trimmas” så långt som möjligt till att börja med.

Ett ändrat driftsätt för vattenkraften skulle ställa krav på tekniska lösningar både på apparat- och stationsnivå för att säkerställa robusthet vid ändrad belastning. Livslängdspåverkande mekanismer och designkriterier blir även viktiga inför uppgradering/nybyggnad av befintlig vattenkraft.

Ökade export- och importmöjligheter av el skulle leda till bättre förutsättningar för balansering av näten – vinden blåser alltid någonstans och solen skiner mer i södra Europa än i norra. På sikt skulle flexibel användning, andra energilager och samverkan mellan olika energibärare kunna bidra. Vindkraft skulle möjligen också kunna delta i regleringen.

Gas (naturgas eller biogas) är bra som reglerkraft, men kan kräva stora och dyra investeringar. Gaskraftens miljöbelastning ska också beaktas i denna avvägning. Naturgas är ett fossilt bränsle och tillgången är begränsad.

Kärnkraft förekommer som reglerkälla i andra länder, men behöver vara anpassad för det. Majoriteten av världens kärnkraftverk används som baslastanläggningar[20]. I exempelvis Frankrike deltar dock kärnkraft aktivt i reglering och minskar lasten på helger och nätter. Den används även för primär- och sekundärreglering.

Svensk kärnkraft används som baslast och används inte för att reglera övrig kraftproduktion och elanvändning. Det finns inga tekniska hinder för att använda den svenska kärnkraften för långsam reglering, så kallad lastföljning. Från början var det tänkt att verken skulle användas för lastföljning under senare delen av deras livslängd. Dessa förutsättningar förändrades dock i och med upphävandet av avvecklingsbeslutet. Det senaste decenniet har livslängen på reaktorerna förlängts genom uppgradering och modernisering av anläggningarna. Förutsättningarna för möjlighet till lastföljning har därmed förändrats. De genomförda effekthöjningarna har inte påverkat de tekniska möjligheterna för att reglera. Däremot är viljan hos ägarna av att använda kärnkraft som lastföljare troligen mindre om stora investeringar lagts på att förlänga livslängden på de befintliga verken, eftersom effektförändringar förkortar kärnkraftverkens livslängd. Enligt rapporten från Elforsk skulle det rent tekniskt vara möjligt även med primärreglering med hjälp av kärnkraft, dock har det aldrig förekommit i Sverige. Det skulle krävas installationer på flera hundra miljoner kronor, och år av installationsarbeten för att anpassa verken.

[20] Elforsk rapport 12:08.

Pumpkraft diskuteras ibland i Sverige som möjlig reglerkraft. Dvs. vattenkraft som pumpas upp till ett magasin för att senare kunna utnyttjas för elproduktion och reglering. Pumpkraft är en stor och dyr investering och kräver ett nettotillskott av energi för förluster i pumpningen. För att pumpkraft skulle bli intressant för investerarna på elmarknaden skulle det krävas kraftigt volatila elpriser för att det skulle vara lönsamt att investera i sådan teknik[21]. Eftersom denna prisvolatilitet dessutom måste kvarstå under hela anläggningens kalkylerade livslängd, vanligen från 30 år och uppåt, blir investeringen kopplad till en stor risk. Instabila elpriser är något man snarast vill undvika från samhällets sida. Förutsättningarna kan ändras i framtiden.

Bättre batterier och lagringsmöjligheter än idag skulle kunna bidra till regleringen i framtiden.

Utbyggnad av elnät inom landet och utbyggd överföringskapacitet i Europa kan avlasta behovet av reglerkraft, både med avseende på dygnsplanering och för reglering inom timmen. Detta genom att variationer i elanvändning och variationer i elproduktion från sol och vind sprids över ett större område. Utvecklingen mot nationella kapacitetsmarknader för el styr dock snarare mot färre överföringsförbindelser. Flera länder på kontinenten har beslutat, eller är på gång att besluta, om nationella kapacitetsmarknader[22]. Producenter får här betalt för att hålla extra effekt tillgänglig. Effekt som kan garanteras och som snabbt kan användas för att balansera för variationer i t ex sol- och vindkraft. I länder som inte har vattenkraft kommer troligen befintliga anläggningar för kärnkraft och fossil kraft att gynnas av kapacitetsmarknader.

3.4 Konsekvenser av att använda annat än vattenkraft för reglering

Teknikutveckling kan innebära förändringar när det gäller framtida behov av vattenkraft som reglerresurs. Det är i dagsläget svårt att spekulera i den frågan, men teknikutvecklingen kommer troligen att behövas. Om utgångspunkten för resonemanget här är att vi till att börja med behöver ungefär samma nivå på reglerresursen som idag, och att vattenkraften inte kan användas i samma utsträckning, måste andra reglerresurser till. Detta får konsekvenser. Om fossil energi används istället kommer utsläppen av växthusgaser att öka. Om biogas används för elproduktion får vi inte dessa konsekvenser. Råvaror för produktion av biogas är begränsade och starkt beroende av styrmedel för att kunna utvecklas[23]. Den realiserbara biogaspotentialen till år 2030 bedöms kunna variera från 1,2 – 2,5 TWh (inga ytterligare styrmedel) till 11–22 TWh (vid gynnsamma styrmedel och god prisutvecklingen för fossila bränslen).

---

[21] Market Requirements for Pumped Storage Profitability Expected Costs and Modelled Price Arbitrage Revenues, Including a Case Study of Juktan. Karin Salevid, Uppsala universitet.

[22] System där producenter får betalt för att kapacitet ska finnas tillgänglig vid behov, något som främst gynnar kärnkraft och fossil elproduktion.

[23] Rapport B2013:02. Realiserbar biogaspotential i Sverige år 2030 genom rötning och förgasning.

De ökade investeringar som krävs för att svensk kärnkraft skulle kunna användas för reglering skulle troligen innebära högre elpriser än idag. Livslängden på de befintliga kärnkraftverken skulle förkortas.

Teknikutveckling brukar leda till att kostnader på sikt går ner. Än så länge är batterier dyra och reglering med hjälp av energilagring skulle troligen även det innebära högre elpriser än idag. Miljöbelastningen från batterier skulle behöva beaktas.

Om vindkraftanläggningar deltar i reglering skulle det ibland innebära att elproduktion behöver ”spillas”.

4 Framtidens energisystem

I aktuell rapport redovisas i första hand dagsläget för vattenkraftens roll i energisystemet, men det är förstås viktigt att även blicka framåt. Vattenkraften kommer att behöva spela en fortsatt mycket viktig roll i arbetet mot ett hållbart energisystem. Elanvändningen till år 2030 kan komma att minska något jämfört med idag. Elens andel av energianvändningen kommer dock med största sannolikhet att öka.

El används för uppvärmning i allt fler länder. I Sverige är den totala elanvändningen inom sektorn Bostäder- och service relativt konstant sedan ett tiotal år[24]. El för uppvärmning minskar medan hushållselen ökar något. I Norge, för att nämna ett viktigt grannland, är el dominerande i hushållssektorn. Elanvändningen där har ökat kraftigt sedan sjuttiotalet. I början av 2000-talet fanns en nedåtgående trend, men elanvändningen har ökat igen under senaste år[25].

Förändringarna kommer inte att ske över en natt. Prisbilden kan förändras. Andra kraftslag och tekniker än de som används idag kan bli lönsamma.

Några trender när det gäller elproduktion/elanvändning:

- Vindkraft ökar i Sverige och i grannänder. Detta innebär behov av reglerresurser om all ny vindkraftsproduktion ska kunna tas till vara. I första hand ökar behovet av dygnsreglering och reglering inom timmen.
- Mängden solceller ökar kraftigt i Sverige, om än från mycket låga nivåer. Även den kräver reglerresurser.
- Av havsenergiteknikerna är det endast vågkraft som bedöms kunna bidra till omställningen av det svenska energisystemet i någon större utsträckning.

  Vågkrafttekniken är ännu så länge ganska outvecklad, men flera länder forskar på området, bland andra Sverige. Sedan några år finns ett projekt utanför Lysekils kust med vågaktiverade kraftverk. En fördel är att vågkraft är mindre intermittent än vad till exempel vindkraft är. Det stora teknikgenombrottet har dock ännu inte kommit.
- Kraftigt utbyggd egenproduktion av el, s.k. mikroproduktion, kan förändra användarmönster eftersom elanvändaren då själv kan producera sin el. Det innebär också att elnätet behöver utvecklas för att hantera en mer ojämn elproduktion.
- Energieffektivisering kan bidra på två fronter. Dels genom energieffektivisering i vattenkraftverken vilket ger mer el för samma mängd vatten, dels genom effektivisering i användarledet så att inte lika mycket el efterfrågas.

  Allt fler energieffektiva hus och passivhus minskar värmebehovet vilket kan göra fjärrvärmen mindre lönsam. Detta minskar i sin tur lönsamheten och intresset för kraftvärme (där en del är elproduktion).

[24] Energiläget 2013, fig 3.

[25] NVE Energistatus, fig 4.3 (2011).

- En partiell elektrifiering av vägtrafiken kommer att medföra ökad efterfrågan på el. Ökningen blir dock sannolikt förhållandevis liten och sker gradvis över ganska lång tid[26]. En ökad elektrifiering av vägtrafiken medför en ökad variabel elanvändning[27]. Även om ökningen i belastning är låg i förhållande till den totala belastningen kan det bli lokala påfrestningar på elnäten.
- Utvecklingen för kärnkraften är osäker men får stor betydelse.
- Anpassning av elanvändning i användarledet kan minska behovet av reglerkraft.

  Balansering av elsystemet har hittills främst gjorts med hjälp av produktionsledet. Man kan också balansera i användarledet. Elanvändarna skulle i högre grad än idag kunna anpassa sin användning efter tillgången. Utvecklingen av så kallade smarta nät kan bidra till en sådan utveckling. En statlig utredning kring detta pågår, ”Samordningsråd med kunskapsplattform för smarta elnät”. Rådet kommer att i december 2014 lämna slutbetänkande innehållande en handlingsplan för utvecklingen av smarta elnät i Sverige för åren mellan 2015–2030.

  Om olika lagringstekniker skulle få genomslag i framtiden kan trycket på vattenkraften som reglerresurs komma att minska. Bättre och billigare batterier än vad som finns idag skulle då kunna användas för att lagra energi från blåsiga och soliga dagar.
- Elnätutbyggnaden inom och mellan länder kommer att behöva fortsätta.

Det behövs studier för att få mer fullständiga svar om framtida reglerbehov. Inte minst beror ju svaren dessutom på omvärldsförändringar som inte är så lätta att förutsäga. Svenskt vattenkraftcentrum (SVC) har olika forskningsprojekt kring reglerkraftsperspektivet[28].

4.1 Två framtida scenarior

Utformningen av det framtida energisystemet, och teknikutvecklingen inom området, avgör hur stort reglerbehovet kommer vara. Utifrån olika scenarior för utveckling kan reglerbehovet bedömas översiktligt[29]. Ett scenario kan vara att den förnybara elproduktionen ökar kraftigt samtidigt som kärnkraften i landet behålls. Ett annat scenario kan vara att den förnybara elproduktionen ökar kraftigt[30], och att kärnkraften avvecklas.

---

[26] SOU 2013:84 Kapitel 11.2 sid 503.

[27] SOU 2013:84 Kapitel 11.8.6 sid 532.

[28] Verksamma högskolor och universitet inom SVC är CTH, LTU, KTH, UU. Det finns även projekt inom ELforsk och Elektra samt STandUp för Energy. Ex) Utvecklingsbehov inom reglerkraftsområdet ur ett vattenkraftperspektiv, Elforsk 10:11.

[29] M Bollen, okt 2013.

[30] Mycket intermittent kraft, ingen fördelning i produktionsslag har tillhandahållits av Energimyndigheten.

Ökad andel förnybart samt kärnkraft

I det här scenariot kommer en stor del av produktionen från förnybara källor. Basproduktionen från kärnkraft. Kombinationen av förnybart och kärnkraft innebär att kärnkraften inte kan användas för att snabbt justera för variationer. Den här kombinationen innebär troligen ett ökat behov av HVDC[31]-förbindelser till kontinenten.

Fortsatt användning av kärnkraft i Sverige innebär antingen att gamla anläggningar effektiviseras eller att nya anläggningar byggs på de gamla lokaliseringarna. Båda fallen innebär större enheter än idag vilket i sin tur innebär ökat behov av reglerresurser. Detta eftersom man med reserven måste kunna hantera ett större bortfall.

Mer förnybar el i kombination med kärnkraft som behålls/byggs ut innebär behov av elexport samt fler och större HVDC-förbindelser med kontinenten. En störning i en HVDC-förbindelse kan i ett sådant scenario utgöra det dimensionerande produktionsbortfallet.

Behovet av frekvensstyrd normaldriftreserv kommer att öka (fördubblas).

Ökad andel förnybart samt kärnkraftsavveckling

I det här scenariot ersätts kärnkraften av annan produktion. Eftersom det i andra länder huvudsakligen är kärnkraft och gaskraft som används som reglerkraft utgörs regleringskällan i det här scenariot av gas.

Om kärnkraften ersätts av gaskraft minskar produktionsenheterna i storlek vilket innebär minskat behov av störningsreserv. Sekundärregleringens manuella del kommer då inte längre att dimensioneras av storleken på den största anläggningen utan av den lägsta förväntade nivån på produktion från (sol- och) vindkraft. Den typen av regleringsbehov kommer i det här scenariot att öka jämfört med idag.

Precis som i föregående fall kommer behovet av frekvensstyrd normaldriftreserv att öka, lika mycket i detta scenario.

4.2 Vattenkraftens betydelse för det framtida elsystemet

Vattenkraften har en mycket viktig funktion i elsystemet. Elsystemet är omfattande och komplext och innehåller reglerfunktionen från sekunder, minuter, timmar och veckor till säsong och år[32]. I samtliga dessa tidsperspektiv används vattenkraftens reglermöjligheter. För samtliga av dessa funktioner sker också ett nordiskt samarbete.

---

[31] High voltage direct current, en teknik för överföring av elkraft över långa avstånd med låga förluster.

[32] L. Söder dec 2013.

Vindkraftens andel ökar i elsystemet. Det finns stora utmaningar med att upprätthålla den kontinuerliga balansen på ett ekonomiskt, miljömässigt och tillförlitligt sätt i ett elsystem med stora mängder vindkraft. Vattenkraftens roterande maskiner bidrar med svängmassa/rotationsenergi till kraftsystemet, vilket bidrar till att upprätthålla stabilitet i systemet. Svängmassa är avgörande för hur snabbt och med vilken amplitud som frekvensen i elsystemet kan förändras och återställas vid snabba variationer i produktion eller förbrukning. Det finns också några specialfall som innebär särskilda utmaningar för ett sådant system.

Hantering av den kontinuerliga balanshållningen

Balansen i produktion och användning måste upprätthållas, för alla tidsskalor. Med större mängder vindkraft ökar osäkerheter eftersom vindkraftsprognoser har betydligt sämre noggrannhet än motsvarande prognoser för elanvändning. En viktig ekonomisk fråga för ekonomisk drift är också vilken verkningsgrad som erhålls hos kraftverken om de måste hållas beredda för ändringar i produktionsnivå. Den kontinuerliga balanshållningen gäller såväl teknisk kapacitet att öka annan produktion när vindkraften minskar, som att minska annan produktion på ett ekonomiskt sätt när vindkraften ökar.

Det behövs också en tillräcklig grad av styrbarhet i systemet. Mycket vindkraft med lägre styrbarhet måste kompenseras med större styrbarhet från andra källor. Styrbarhet av vattenkraftsresurser innebär reglering i älvar.

Låg vindkraftsproduktion och hög elanvändning

Dessa situationer är dimensionerande för hur mycket kapacitet som totalt behöver installeras. Frågeställningen brukar kallas ”effektbalansfrågan”. Utmaningen idag är att det relativt sällan, vart femte eller vart tionde år kan bli mycket hög elanvändning samtidigt som produktionen är låg. Det kan samtidigt vara motsvarande situation i grannländerna vilket minskar möjligheten till import. Även den varierande vindkraftsproduktionen får förstås betydelse.

Hög vindkraftsproduktion och låg elanvändning

Dessa situationer kan hanteras på olika sätt men har en väsentlig betydelse för hur systemet bör dimensioneras. Konsekvenserna av en situation med mycket vindkraft och låg elanvändning kan bli mycket låga elpriser och att vatten måste spillas förbi turbinerna samt/eller att all vindkraft inte kan utnyttjas.

Om vattenkraftens reglerfunktion minskar blir situationen troligen än mer komplex. Det är mycket svårt att bedöma konsekvenserna av förändrade vattendomar. Det är många tidsskalor som behöver studeras, från sekunder till år. Utvecklingen i Sverige och i grannländer för kärnkraft, kraftvärme, vindkraft, solkraft, elanvändning, elpriser etc. är osäker. Liksom elhandelsmöjligheter och klimateffekter. Lennart Söder har på Energimyndigheten uppdrag gjort en förenklad, kvantitativ bedömning[33]. I andra rapporter[34] från KTH finns liknande arbeten.

---

[33] Om vattenkraftens betydelse för det framtida svenska kraftsystemet. Dec 2013.

[34] Balansering av storskalig vindkraftsutbyggnad i Sverige med hjälp av den svenska vattenkraften. Fredrik Obel, KTH. På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige. Version b3. L Söder.

Utgångspunkter för den förenklade analysen är ett elsystem med 99 procent förnybar el[35] och med dagens nivå för elanvändning. En simulering har gjorts för en vinterviecka och för en sommarvecka. Analysen visar att den önskade användningen av vattenkraften är oregelbunden under vinterveckan och att den behöver användas maximalt under vissa timmar. Det finns så kallade ramper, kraftig ändring i användning under kort tid, om 8000 MW under ett par timmar[36]. Under sådana perioder ändras vattenstånden i magasinen snabbt. Under den simulerade sommarveckan finns situationer med mycket sol och blåst då sol- och vindkraft behöver spillas för att vattenkraftens nivå inte kan sänkas ytterligare. För sommarveckan finns relativt många timmar då vattenkraften körs på lägsta tillåtna nivå.

[35] 65,7 TWh vattenkraft, 46,8 TWh vindkraft, 11,6 TWh solkraft, industriellt mottryck 6,4 TWh, underskott / kondens 1,3 TWh, övrig produktion / CHP 13,9 TWh, ingen kärnkraft. Summa 145,7 TWh.

[36] Se exempelvis fig 6 för variationer under sen höst i dagens system.

5 Vattenkraftsanläggningar med betydelse för reglerfunktionen

Genom magasineringen kan vattnet sparas tills det behövs som bäst. Flerårsregleringen sker i de största magasinen där skillnaden mellan våtår, normalår och torrår kan utnyttjas. Ofta ligger de största magasinen längst upp i systemet. Mellan vattenkraftsstationerna är magasinen ofta mindre. Det behövs förstås en samordning av vattenhushållningen i hela älvsystemet. De nedströms liggande magasinen behöver kunna ta hand om vattnet som kommer uppströms ifrån.

Tanken när man byggde upp vattenkraften på 1900-talet var framför allt att klara tidens industriella kraftbehov. Med en produktion som startade på morgonen och gick ner på kvällen. För det behovet har anläggningarna, tillsammans med älvens fysiska förutsättningar som gräns, försetts med vattenvägar, tunnlar och maskiner av olika väl avvägda dimensioner sinsemellan. Det har ofta funnits naturliga sjöar i de övre delarna av älvarna[37]. Sjöar som har kunnat användas som vattenmagasin. Mellan dessa övre sjöar har lutningen på älven varit som störst. Vattenkraftanläggningar i Sverige kännetecknas av relativt låga fallhöjder, högre i de övre delarna av älven och lägre i de nedre. I kombination med relativt goda geologiska förutsättningar har detta ofta lett till att svenska vattenkraftsstationer är placerade under mark med långa tunnlar och kanaler. Detta gäller särskilt för de övre delarna av älvarna. För sjöar och magasin har regleringen inneburit varierande grad av nivåskillnader, upp till drygt 30 meter (Suorva). För vissa älvar där det inte funnits tillräckligt med sjöar har större artificiella vattenmagasin anlagts, exempelvis Trängslet i Dalälven och Höljes i Klarälven.

De tidigare Vattendomstolarna har fastställt vattenhushållningsbestämmelser som innefattar detaljerade regler för hur regleringsmagasinen ska skötas. Årsregleringen handhas som regel av vattenregleringsföretag. Korttidsregleringen av kraftverksägaren. Kraftverksägarnas önskemål om tappning måste samordnas enligt lag om fler än två ägare är verksamma inom samma älv. Vattenregleringsföretag sköter den övergripande vattenhushållningen i ett 120-tal regleringsmagasin i sju av de tio största utbyggda älvarna. För övriga stora utbyggda älvar som deltar i regleringen sköter Vattenfall vattenhushållningen i Lule älv och Göta älv, Fortum sköter Klarälven.

[37] Hydro Power in Sweden, s.19-

5.1 Indikatorer

I strategiarbetet som Energimyndigheten utfört tillsammans med Havs- och vattenmyndigheten är energiintresset lika viktigt som miljöintresset. Havs- och vattenmyndigheten har använt fler indikatorer än Energimyndigheten. När energi- och miljövärderingen viktades samman gavs de båda områdena lika stor betydelse. Antalet indikatorer inom respektive område spelar ingen roll i den sammantagna värderingen.

De indikatorer som Energimyndigheten har valt för att värdera Sveriges vattenkraftsanläggningar ur energisynpunkt är

- reglerförmåga
- effekt
- produktion

Energimyndigheten har värderat indikatorerna inbördes. Effekt och Produktion ges tillsammans samma betydelse som Reglerförmåga. Effekt ges något högre vikt än Produktion.

Indikator	Viktning
Reglerförmåga (älvens genomsnittliga regleringsgrad x medelflöde i älvens mynning)	2
Effekt	1,1
Produktion	0,9

Värderingen utgår från anläggningsnivå för två av indikatorerna (effekt, produktion) men har i totala värderingen summerats ihop till ett värde för hela avrinningsområdet för respektive indikator. För reglerförmågan har den genomsnittliga regleringsgraden för älven använts samt flödet i älvens mynning. Det är därefter, i den sammanvägda värderingen, hela älven kan pekas ut som viktig eller ej för Sveriges energisystem. Ett sammantaget index redovisas för varje avrinningsområde.

I bilagan redovisas värden på effekt, produktion och reglerförmåga för alla avrinningsområden.

Det finns en betydelse av att ha vattenkraftsanläggningar i södra Sverige där den huvudsakliga elanvändningen finns. Värdet är effektrelaterat och förbättrar även elnätets stabilitet i det lokala och regionala nätet. Det finns ett värde av att ha en descentraliserad produktionsapparat. Att ha möjlighet att köra ö-drift eller återstarta nätet vid blackout. Inför eventuell utveckling av nationella strategin bör dessa frågor beaktas.

Vattenkraften bidrar till nätnyttan som reglerkraftsresurs på olika tidsskalor beroende på hur tillförseln av el från förnybara energiresurser varierar. Reglering kan behövas inom timmen upp till dygn/vecka/säsong. Primärreglering är ett samlingsnamn på den snabbaste regleringen, som görs automatiskt och styrs av

frekvensen i elnätet. I Sverige används vissa vattenkraftverk för denna funktion. Om frekvensen i nätet avviker från 50 Hz är det ett tecken på obalans och då kan dessa vattenkraftverk antingen öka eller minska produktionen för att återställa balansen. I samband med den individuella prövningen av vattenkraftsanläggningar skulle uppgifter om nätnytta kunna hämtas in. Nätnytta är dock troligen något som förändras över tid.

Indikatorerna har valts för att ge en bild över vattenkraftens betydelse ur energisystemsynpunkt. Det är dock endast indikatorer och det är viktigt att notera att den bild som ges är en verklighetsförenkling. Detta gäller inte minst det mått som använts för att visa på ett avrinningsområdes reglerförmåga. Göta älv blir enligt denna metod Sveriges viktigaste avrinningsområde avseende reglering. Vänerns storlek får genomslag och leder till detta resultat.

Här tillkommer dock en rad begränsningar framförallt i möjligheten att korttidsreglera som inte beaktas enligt detta mått på reglerförmåga. Erosionsrisk, ekologiska hänsyn, anläggningens utformning, dammsäkerhet m.m. innebär restriktioner i hur stora flödesvariationer som kan accepteras. Detta är som sagt aspekter som inte fångas upp av de indikatorer Energimyndigheten tagit fram.

5.1.1 Reglerförmåga (flöde x regleringsgrad)

Magasinsvolym visar kraftverkets reglerförmåga i alla tidsperspektiv av regleringsarbetet. Reglerförmågan beror förstås även av tillstånden och de villkor och restriktioner de föreskriver. Magasinen utgör en möjlighet att kunna förse hela älven med vatten under perioder på året då efterfrågan är stor. Magasinen har också en viktig funktion i att kunna lagra vatten under perioder med höga tillrinningar längs älven då kraftverken nedströms ligger nära sin maxkapacitet.

Vattnet som tappas från kraftverk belägna högt uppe i systemen kommer också att ge produktion i många nedströms liggande kraftverk, och dess värde blir därigenom högt. Ju större ett magasin är desto mer flexibelt är i regel kraftverket eftersom man vid behov har möjlighet att köra anläggningen på hög eller liten nivå, inom vattendomen. Magasinsvolym kan även visa potential för framtida ökning. Uppgifterna om magasinsvolym har dock inte varit tillgängliga och magasinsvolym har därför inte använts som indikator. Istället har regleringsgrad och flöde använts som indikator för reglerförmåga.

Regleringsgraden beräknas som $V/\Sigma Q$ där V är den totala regleringsvolymen i systemet, dvs. summan av de regleringsvolymer som finns uppströms den valda punkten, och ΣQ är den årsvattenföring (egentligen volym) som rinner genom den valda punkten. Sjöar med stor regleringsvolym (ex. Vänern) ger förstås stort utslag på regleringsgraden nedströms. Eftersom det är förhållandet mellan regleringsvolymen och årsvattenföringen som ger utslag kan även en liten sjö ha hög regleringsgrad[38].

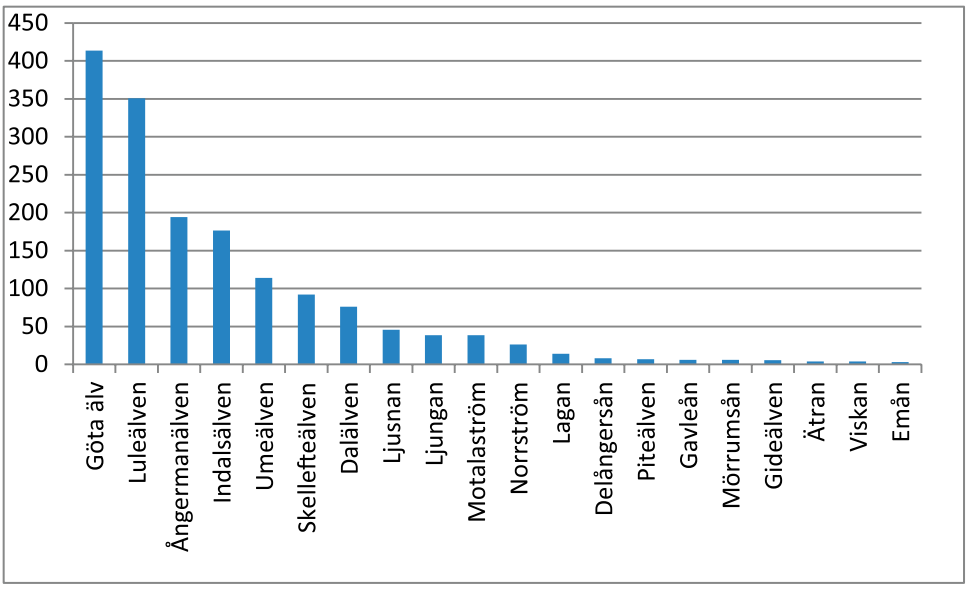
[38] T.ex. sjön Letten i norra Värmland – den är liten men har ändå betydligt större regleringsgrad än Vänern eftersom regleringsvolymen är stor i förhållande till årsvattenföringen (sjön har ett litet avrinningsområde och därför inte så stor genomströmning = låg årsvattenföring).

Regleringsgrad kan sägas utgöra en övre gräns för reglerförmågan. Tekniska möjligheter och villkor för anläggningarna, och hur dessa kan samverka, styr sedan hur älven kan användas i regleringen.

Regleringsgraden, hur mycket av årsavrinningen som kan lagras i magasin, motsvarar i medel 49 procent i de storskaliga kraftverken (över 10 MW). Motsvarande siffra för mindre kraftverk, under 10 MW, är 9 procent vilket tyder på att dessa är en i huvudsak oreglerbar energikälla, visserligen på längre tidsavsnitt än vindkraft[39].

Medelflöde (MQ) som här använts brukar även benämnas medelvattenföring. Flödet anger vattenflödet under en längre tidsperiod, vanligtvis 30 år.

Uppgifterna rörande regleringsgrad och flöde har hämtats från SMHI:s vattenwebb[40]. Värdena har multiplicerats till ett värde ”reglerförmåga”.



Figur 7 De tjugo avrinningsområdena med högst reglerförmåga (m^3/s)

5.1.2 Effekt

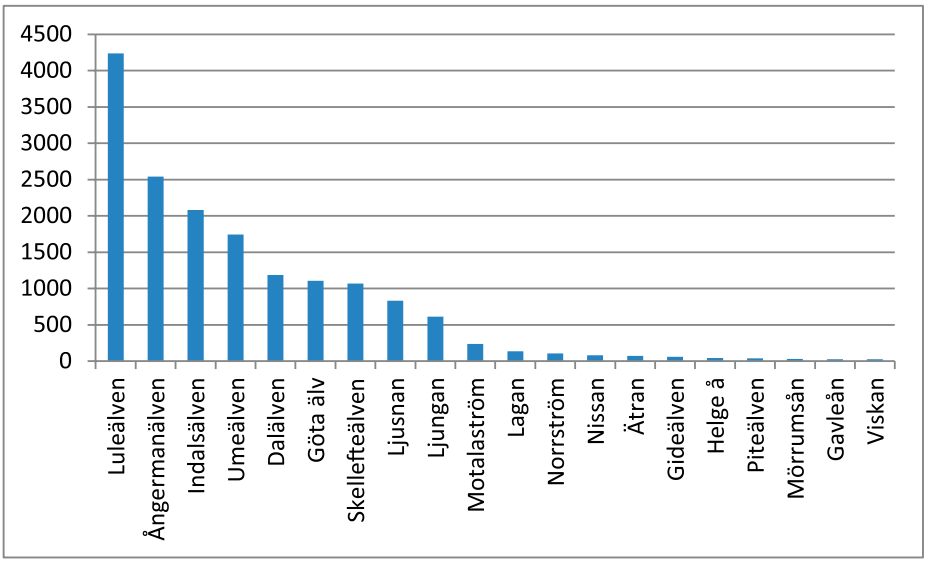
Installerad effekt är den maximala effekt som anläggningen är dimensionerad för att klara. Maximal effekt ger anläggningens maximala energiproduktion under en viss tid. Effekten beror både av yttre förutsättningar (fallhöjd, flöde) och av teknisk prestanda hos anläggningen.

Uppgifterna för de stora kraftverken (> 10 MW) är i första hand hämtade från Vattenregleringsföretagen (för de sex älvar de ansvarar för), i övrigt har uppgifter från Vattenfall använts. För de små kraftverken har huvudsakligen HaV:s uppgifter använts och där det saknats uppgifter har privatpersonen Kuhlins uppgifter använts[41].

[39] HaV.

[40] (HYPE version 4_3_1, 2012).

[41] www.vattenkraft.info



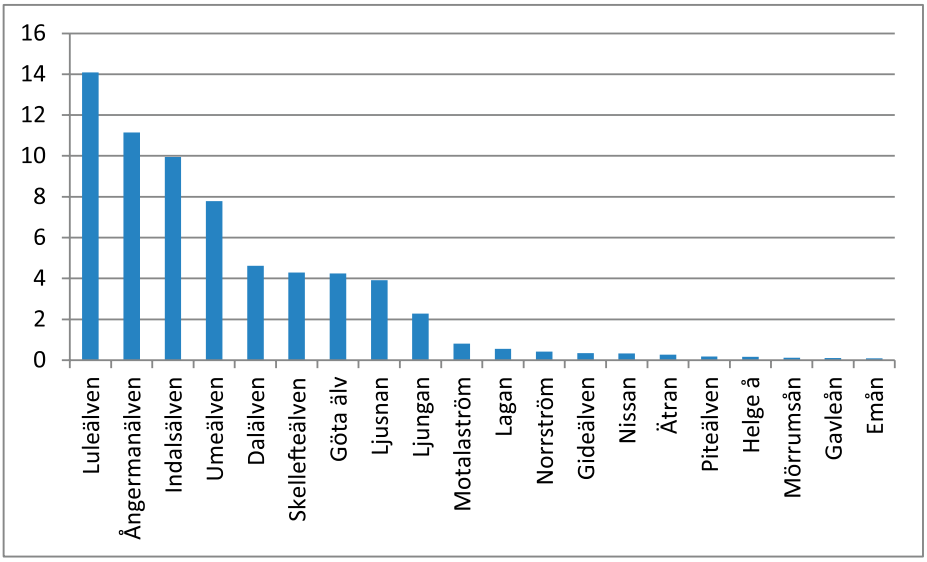
Figur 8 De tjugo avrinningsområdena med mest installerad effekt i vattenkraftsproduktion (MW)

5.1.3 Produktion

Produktion som indikator säger inget om regleringsmöjligheten utan är viktig främst ur ett energiperspektiv. Här har årsproduktionen för normalår använts.

Uppgifterna för de stora kraftverken (> 10 MW) är i första hand hämtade från Vattenfall. Regleringsföretagen lämnar inte ut uppgifter om produktion. För de små kraftverken har huvudsakligen HaV:s uppgifter använts och där det saknats uppgifter har privatpersonen Kuhlins uppgifter använts.

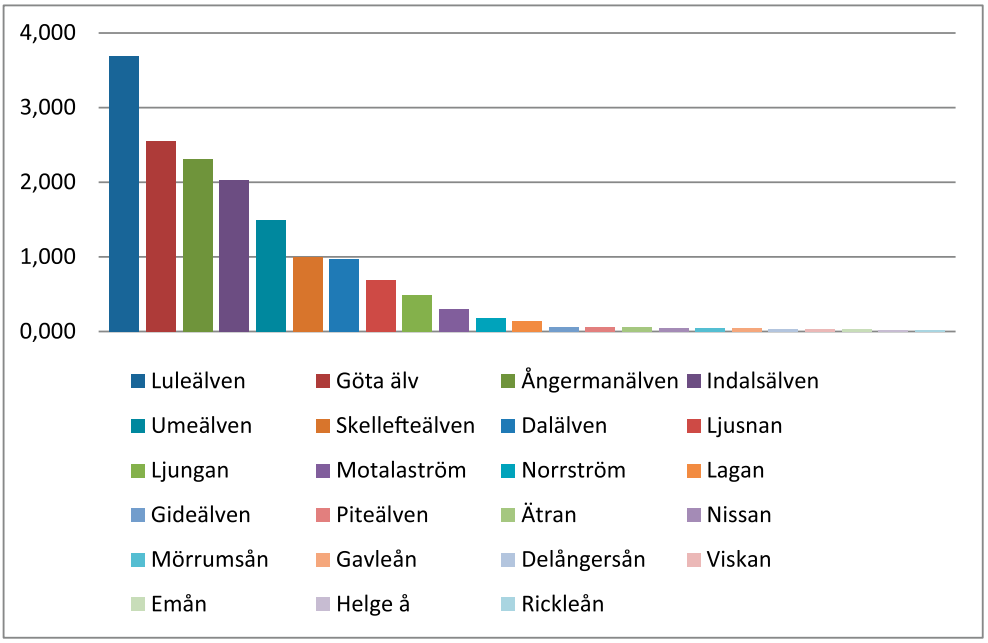
Värdering med avseende på Effekt och Produktion ger liknande utfall. De tolv största älvarna är i samma turordning för båda indikatorerna, förutom att Göta älv och Skellefteälven byter plats.



Figur 9 De tjugo avrinningsområdena med mest årlig produktion från vattenkraft (TWh)

5.2 Älvar/avrinningsområden där de viktigaste anläggningarna finns

Utifrån beräkningar med hjälp av ovan nämnda indikatorer följer att Luleälven, Göta älv, Ångermanälven, Indalsälven, Umeälven, Skellefteälven, Dalälven, Ljusnan och Ljungan är de nio viktigaste avrinningsområdena[42]. I figuren nedan visas alla avrinningsområden med index om minst 0,02. I bilagan redovisas alla avrinningsområden.

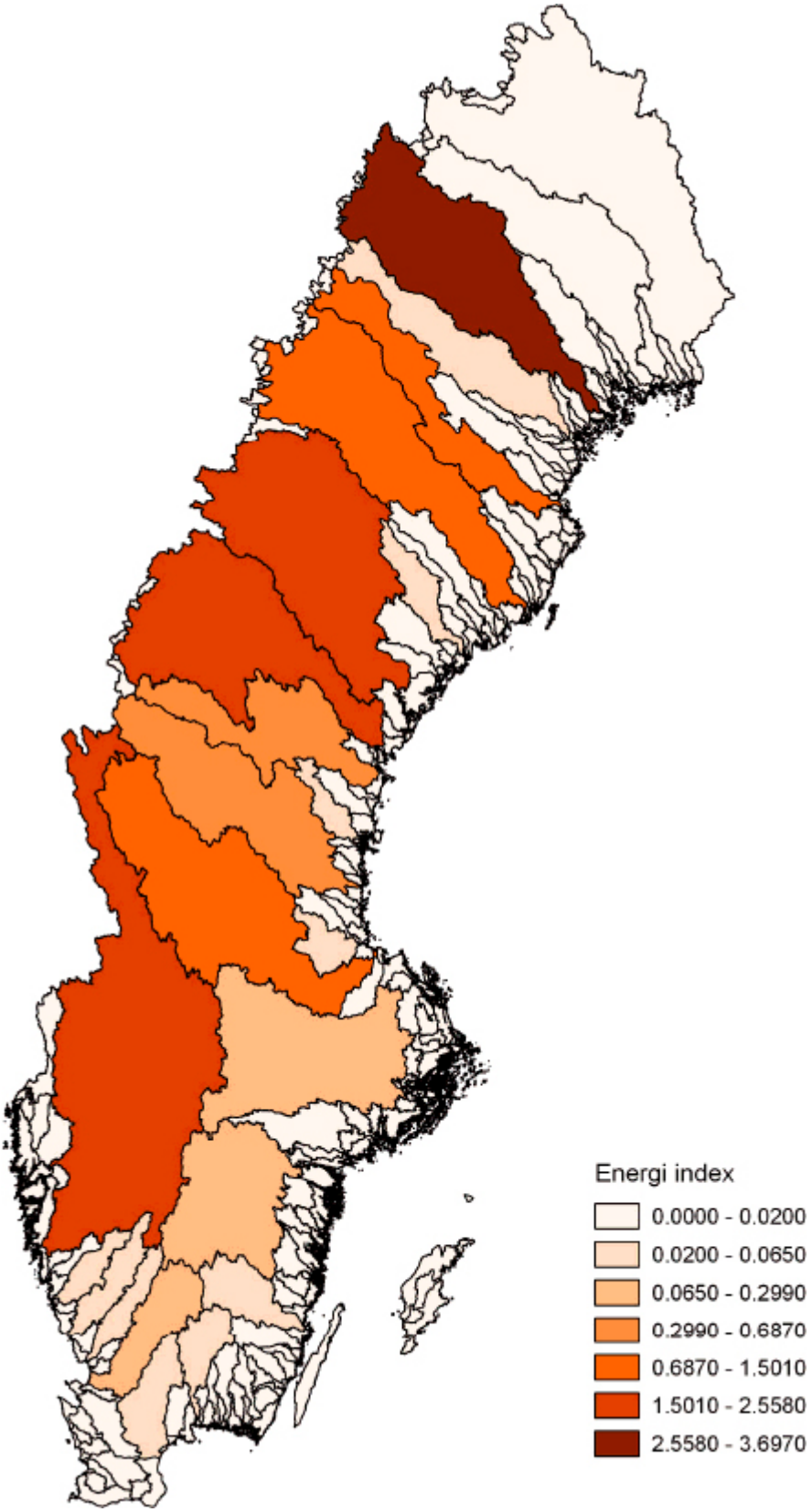


Figur 10 Avrinningsområden med den viktigaste vattenkraften, index 0,02 och högre

I elprisområde 4 uppgår högsta värde på index till 0,044 (Mörrumsån). Även Lagan, Ätran och Nissan ligger i prisområde 4. I elprisområde 3 finns Göta älv vars avrinningsområde inkluderar Klarälven, samt Dalälven vilka är den näst största respektive den sjunde största utan extra påslag för läge nära elanvändarna.

I den sammantagna värderingen blir ordningen bland älvarna en annan jämfört med om endast värdena för effekt och produktion skulle ha beaktas. Detta eftersom reglerförmågan får stort genomslag i och med att den indikatorn getts störst betydelse. Göta älv som har stor reglerförmåga seglar i sammantagna värderingen upp på andra plats trots att älven hamnar en bit ner i listan för produktion och effekt. Dalälven halkar ner något i betydelse i den sammantagna värderingen eftersom reglerförmågan är mindre än för övriga stora älvar. Luleälven har högst värde m a p alla indikatorer utom för reglerförmåga där älven är näst störst efter Göta älv.

[42] Det är också dessa älvar som bidrar till manuella regleringen, den produkt inom primär- och sekundärreglering det finns information kring.



Figur 11 Avrinningsområden med den viktigaste vattenkraften

6 Elproduktion och god vattenmiljö?

Det finns uppenbara målkonflikter i energisystemet. Klimatet är globalt och utsläppen av växthusgaser likaså. Utsläppen måste minska för att inte orsaka stora klimatförändringar med enorma konsekvenser för människa och miljö. Men vissa sätt att minska de globala utsläppen får lokala konsekvenser. Vattenkraft är förnybar och reglerbar men kan inverka negativt på det lokala ekosystemet. Vattenkraft kan även påverka regionalt och globalt. Förlust av biologisk mångfald är ett globalt problem. Negativa effekter kan minskas genom olika åtgärder, men aldrig helt elimineras. Här krävs en balans som ger en godtagbar lösning.

De storskaliga vattenkraftverken är i huvudsak lokaliserade till nio avrinningsområden, av totalt 90 avrinningsområden med vattenkraftverk, av totalt 330 avrinningsområden i landet. De nio områdena täcker stor yta, mycket vatten.

Vattenkraftverk leder till förändrade biologiska livsmiljöer. Vid mer än 90 procent av vattenkraftverken i Sverige saknas åtgärder för att uppnå spridningsvägar för vattenlevande organismer[43]. Det saknas vandringsvägar för fisk och andra organismer. Det kommer dock inte behövas vandringsvägar i alla dessa vatten. Ibland har det funnits naturliga vandringshinder innan utbyggnad och i vissa vatten saknas habitat uppströms vilket minskar nyttan av en vandringsväg.

Vattenkraften byggdes ut under en period när energiintresset i samhällsnyttan prioriterades starkt och när klimatproblemen inte var kända. Det är vattenkraftens reglerförmåga som gör den unik i elsystemet. Eftersom det är storskalig vattenkraft som används för reglering, är det också den storskaliga vattenkraften som blir särskilt viktig för elsystemet. Det är samtidigt den storskaliga utbyggnaden som inneburit störst påverkan på miljön. Det kan därför tyckas märkligt om sådana anläggningar skulle prioriteras ner när det gäller miljöåtgärder. Energimyndigheten anser dock att tidigare grunder för utbyggnad till viss del måste accepteras. Det finns ett behov av reglering som är svårt att uppfylla på andra sätt.

Med kunskapen om att vattenkraften är en viktig energikälla inom EU, finns en möjlighet för medlemstaterna att använda klassificeringen ”kraftigt modifierade vatten” som innebär något lägre miljömål än vad ”god ekologisk status” innebär. Havs- och vattenmyndigheten arbetar med att ta fram en vägledning på området som beräknas vara klar hösten 2014. Under vissa förutsättningar kan dessutom undantag även från det lägre miljömålet ”god ekologisk potential” tillämpas.

I rapporten som redovisar den gemensamma strategin finns en närmare beskrivning av hur de båda myndigheterna ser på balansen i åtgärdsarbetet för en god vattenmiljö samt för möjlighet till elproduktion och balanskraft. I rapport från Havs- och vattenmyndigheten redovisas strategins vattenmiljöarbete.

---

[43] HaV.

7 Energimyndighetens slutsatser

Vattenkraften är mycket betydelsefull för elsystemet. Vattenkraftens reglerförmåga och att den utgör förnybar elproduktion gör den unik. Anläggningar som kan användas för magasinering av vatten och för balansering av elanvändning/elproduktion är därmed de viktigaste. Vattenkraften utgör basen i vårt elsystem, och åtgärder inom vattenkraften måste vägas mot det.

Det är de största vattenkraftsanläggningarna i Sverige (208 st) som har betydelse för reglerfunktionen. Det är Luleälven, Göta älv, Ångermanälven, Indalsälven, Umeälven, Skellefteälven, Dalälven, Ljusnan och Ljungan som är viktigast för reglerfunktionen (i nämnd ordning). De står för 94 procent av produktionen och för nästan 100 procent av reglerfunktionen. Övriga vattenkraftsanläggningar är inte oviktiga, men de har marginell betydelse som reglerkällor. De kan vara värdefulla ur andra aspekter. För den lokala miljön och produktionen, för kulturmiljön.

Energimyndigheten bedömer att behovet av reglerkraft kommer att öka i framtiden. Det är samtidigt svårt att bedöma hur framtidens elsystem kommer att se ut. Osäkerheterna är många. Klimatförändringar kan påverka vattentillgången. Teknikutvecklingen kommer att kunna bidra till förändringar. Kanske kan användarledet anpassa sin elanvändning mer efter utbudet. Men detta beror på hur batterier och lagringstekniker kommer att kunna utvecklas, och hur prisbilden kommer att se ut. Med dessa osäkerheter bedömer Energimyndigheten att vattenkraftens reglerfunktion generellt inte bör minskas.

Potential för ökning av reglerkraft i Sverige finns, enligt Energimyndighetens bedömning, framför allt i befintliga vattenkraftsanläggningar i de älvar som i denna rapport pekas ut som viktiga för energisystemet. Ökningar bör också kunna fås i andra anläggningar, om de görs miljöanpassat, och där miljöintresset så medger.

Sverige ska uppnå de nationella miljö- och energimålen samt EU:s direktiv. Det är dock troligt att alla mål inte kommer kunna uppnås överallt i landet. Prioriteringar kommer ibland behöva göras mellan exempelvis miljö- och energiintresset. Genom Havs- och vattenmyndighetens och Energimyndighetens gemensamma projekt levereras en geografisk prioritering för att, så långt som möjligt, uppnå alla berörda energi- och miljömål på nationell nivå. Denna rapport utgör Energimyndighetens del i det arbetet.

Genom att göra en geografisk och underbyggd prioritering finns en strategi i arbetet med att uppfylla energi- och miljömålen. Ambitionsnivån för vardera målet kan utgöra grund för hur långt prioriteringen ska drivas. Detaljerna för enskilda vattenkraftsanläggningar hanteras även fortsättningsvis i den individuella prövningen i Mark- och miljödomstolarna och genom vattendomarna. Ett steg i taget ger också marknaden tid till anpassning. Det krävs samtidigt en tydlighet i krav och prioriteringar inför denna anpassning.

Bilaga: Sammanställning av index

VATTENDRAG	HARO	Regl.grad (%)	Medelflöde (MQ) (m^3/s)	Regl.förmåga (Regl.grad x MQ)	Effekt (kW)	Produktion (kWh/år)	Prisområde	Reglerförmåga normerad	Effekt normerad	Produktion normerad	Index
Luleälven	9000	66,20	530,00	350,86	4 235 600	14 084 770	SE1	0,85	1,00	1,00	3,697
Göta älv	108000	72,30	572,00	413,56	1 104 892	4 247 435	SE3	1,00	0,26	0,30	2,558
Ångermanälven	38000	36,20	537,00	194,39	2 539 360	11 152 180	SE2	0,47	0,60	0,79	2,312
Indalsälven	40000	37,10	476,00	176,60	2 079 331	9 951 429	SE2	0,43	0,49	0,71	2,030
Umeälven	28000	24,40	467,00	113,95	1 743 240	7 780 470	SE2	0,28	0,41	0,55	1,501
Skellefteälven	20000	52,90	174,00	92,05	1 066 670	4 290 500	SE1	0,22	0,25	0,30	0,996
Dalälven	53000	20,80	365,00	75,92	1 187 000	4 620 408	SE3	0,18	0,28	0,33	0,971
Ljusnan	48000	19,60	234,00	45,86	829 578	3 910 770	SE2	0,11	0,20	0,28	0,687
Ljungan	42000	27,40	141,00	38,63	612 550	2 288 000	SE2	0,09	0,14	0,16	0,492
Motalaström	67000	41,00	94,00	38,54	236 342	803 200	SE3	0,09	0,06	0,06	0,299
Norrström	61000	16,50	160,00	26,40	106 763	414 533	SE3	0,06	0,03	0,03	0,182
Lagan	98000	16,80	83,90	14,10	136 731	549 367	SE3/SE4	0,03	0,03	0,04	0,139
Gideälven	34000	14,70	38,70	5,69	61 000	341 100	SE2	0,01	0,01	0,02	0,065
Piteälven	13000	3,94	178,00	7,01	40 000	185 000	SE1	0,02	0,01	0,01	0,056
Ätran	103000	7,05	57,30	4,04	69 967	264 435	SE3/SE4	0,01	0,02	0,02	0,055
Nissan	101000	2,28	44,80	1,02	81 822	335 542	SE3/SE4	0,00	0,02	0,02	0,048
Mörrumsån	86000	20,30	29,00	5,89	30 298	120 866	SE4	0,01	0,01	0,01	0,044
Gavleån	52000	29,40	21,00	6,17	25 586	103 727	SE3	0,01	0,01	0,01	0,043
Delångersån	45000	42,80	18,60	7,96	1 930	8 900	SE2	0,02	0,00	0,00	0,040
Viskan	105000	9,43	40,80	3,85	24 442	87 207	SE3	0,01	0,01	0,01	0,031
Emån	74000	10,90	30,20	3,29	21 412	95 316	SE3/SE4	0,01	0,01	0,01	0,028
Helge å	88000	0,00	48,30	0,00	43 906	170 946	SE4	0,00	0,01	0,01	0,022
Rickleån	24000	18,00	16,60	2,99	10 080	47 550	SE1	0,01	0,00	0,00	0,020
Nyköpingsån	65000	14,40	22,30	3,21	5 444	22 485	SE3	0,01	0,00	0,00	0,018
Ronnebyån	82000	14,20	9,39	1,33	15 069	54 550	SE4	0,00	0,00	0,00	0,014

VATTENDRAG	HARO	Regl.grad (%)	Medelflöde (MQ) (m^3/s)	Regl.förmåga (Regl.grad x MQ)	Effekt (kW)	Produktion (kWh/år)	Prisområde	Reglerförmåga normerad	Effekt normerad	Produktion normerad	Index
Skräbeån	87000	31,70	8,38	2,66	867	3 710	SE4	0,01	0,00	0,00	0,013
Nätraån	37000	10,20	12,40	1,26	12 200	52 000	SE2	0,00	0,00	0,00	0,013
Botorpströmmen	71000	38,60	5,19	2,00	5 731	16 655	SE3	0,00	0,00	0,00	0,012
Rönne å	96000	6,47	25,00	1,62	3 881	12 050	SE4	0,00	0,00	0,00	0,010
Örekilsälven	110000	3,27	24,10	0,79	4 660	19 525	SE3	0,00	0,00	0,00	0,006
Alsterån	75000	3,58	11,30	0,40	7 482	35 035	SE4	0,00	0,00	0,00	0,006
Storån	70000	24,80	3,65	0,91	4 590	8 800	SE3	0,00	0,00	0,00	0,006
Iggesundsån	45046	0,00	18,60	0,00	10 500	50 000	SE2	0,00	0,00	0,00	0,006
Kävlingeån	92000	9,85	11,60	1,14	175	950	SE4	0,00	0,00	0,00	0,006
Rolfsån	106000	4,79	13,90	0,67	3 622	12 799	SE3	0,00	0,00	0,00	0,005
Mieån	85000	24,70	2,55	0,63	1 295	4 425	SE4	0,00	0,00	0,00	0,004
Öreälven	30000	0,00	38,20	0,00	5 570	30 180	SE2	0,00	0,00	0,00	0,003
Bureälven	21000	4,42	11,00	0,49	1 956	7 050	SE1	0,00	0,00	0,00	0,003
Lögdeälven	32000	0,00	20,70	0,00	4 988	30 200	SE2	0,00	0,00	0,00	0,003
Enningdalsälven	112000	4,27	14,80	0,63	77	215	SE3	0,00	0,00	0,00	0,003
Bäveån	109000	7,33	4,54	0,33	2 539	6 240	SE3	0,00	0,00	0,00	0,003
Harmångersån	44000	0,00	13,60	0,00	3 175	15 435	SE2	0,00	0,00	0,00	0,002
Hagbyån	78000	9,57	3,38	0,32	61	250	SE4	0,00	0,00	0,00	0,002
Söderköpingsån	68000	0,00	5,17	0,00	1 845	16 050	SE3	0,00	0,00	0,00	0,002
Testeboån	51000	0,00	12,50	0,00	2 450	11 895	SE2/SE3	0,00	0,00	0,00	0,001
Hamrångeån	50000	0,00	5,15	0,00	1 831	14 300	SE2	0,00	0,00	0,00	0,001
Kilaån	66000	7,54	2,94	0,22	695	1 925	SE3	0,00	0,00	0,00	0,001
Lyckebyån	80000	0,00	6,12	0,00	2 930	8 270	SE4	0,00	0,00	0,00	0,001
Åbyälven	17000	0,00	15,90	0,00	2 150	9 000	SE1	0,00	0,00	0,00	0,001
Bräkneån	84000	6,41	2,97	0,19	263	1 017	SE4	0,00	0,00	0,00	0,001
Torneälven	1000	0,00	422,00	0,00	1 865	7 700	SE1	0,00	0,00	0,00	0,001
Suseån	102000	0,00	9,11	0,00	1 255	5 500	SE4	0,00	0,00	0,00	0,001
Lillpiteälven	14000	0,00	6,98	0,00	870	3 500	SE1	0,00	0,00	0,00	0,000

VATTENDRAG	HARO	Regl.grad (%)	Medelflöde (MQ) (m^3/s)	Regl.förmåga (Regl.grad x MQ)	Effekt (kW)	Produktion (kWh/år)	Prisområde	Reglerförmåga normerad	Effekt normerad	Produktion normerad	Index
Tämnarån	54000	0,00	10,60	0,00	780	3 850	SE3	0,00	0,00	0,00	0,000
Fylleån	100000	0,00	8,92	0,00	688	2 900	SE4	0,00	0,00	0,00	0,000
Gunneboån	70071	0,00	0,38	0,00	755	2 187	SE3	0,00	0,00	0,00	0,000
Tvååkers kanal	103104	0,00	1,82	0,00	652	2 140	SE3/SE4	0,00	0,00	0,00	0,000
Nianån	46000	0,00	2,44	0,00	600	2 000	SE2	0,00	0,00	0,00	0,000
Genevadsån	99000	0,00	4,20	0,00	387	1 500	SE4	0,00	0,00	0,00	0,000
Tyresån	62000	0,00	1,64	0,00	400	1 000	SE3	0,00	0,00	0,00	0,000
Nättrabyån	81000	0,00	3,18	0,00	314	1 280	SE4	0,00	0,00	0,00	0,000
Sävarån	26000	0,00	13,60	0,00	253	1 400	SE2	0,00	0,00	0,00	0,000
Ljungbyån	77000	0,00	4,16	0,00	345	950	SE4	0,00	0,00	0,00	0,000
Sangisälven	3000	0,00	13,40	0,00	300	1 000	SE1	0,00	0,00	0,00	0,000
Noraån	37038	0,00	2,26	0,00	250	1 200	SE2	0,00	0,00	0,00	0,000
Gnarpsån	43000	0,00	3,02	0,00	225	1 300	SE2	0,00	0,00	0,00	0,000
Hultån	66067	0,00	0,79	0,00	350	700	SE3	0,00	0,00	0,00	0,000
Marströmmen	72000	0,00	3,62	0,00	290	677	SE3	0,00	0,00	0,00	0,000
Utansjöån	38039	0,00	2,42	0,00	270	600	SE2	0,00	0,00	0,00	0,000
Virån	73000	0,00	3,71	0,00	175	700	SE3	0,00	0,00	0,00	0,000
Kungsbackaån	107000	0,00	5,93	0,00	155	600	SE3	0,00	0,00	0,00	0,000
Bruatorpsån	79000	0,00	3,15	0,00	160	460	SE4	0,00	0,00	0,00	0,000
Vindån	69000	0,00	1,72	0,00	55	200	SE3	0,00	0,00	0,00	0,000
Stensån	97000	0,00	4,74	0,00	54	155	SE4	0,00	0,00	0,00	0,000
Alterälven	12000	0,00	4,12	0,00	35	100	SE1	0,00	0,00	0,00	0,000
Kleveån	108109	0,00	0,77	0,00	35	50	SE3	0,00	0,00	0,00	0,000
Tavelån	27000	0,00	4,78	0,00	30	40	SE2	0,00	0,00	0,00	0,000
Verkaån	88089	0,00	1,62	0,00	10	10	SE4	0,00	0,00	0,00	0,000

Referenser

Avfall Sverige. Realiserbar biogaspotential i Sverige år 2030 genom rötning och förgasning. Rapport B2013:02.

Bollen Math. About the future need for operating reserve in Sweden. Okt 2013. PM till Energimyndigheten. Dnr 13-6837.

Elforsk. Lastföljning i kärnkraftverk. Rapport 12:08.

Elforsk. El från nya och framtida anläggningar 2011. Rapport 11:26.

Energimyndigheten. Energiindikatorer 2014, ER 2014:10.

Energimyndigheten. Energiläget 2013. ER 2013:05.

Energimyndigheten. Utmaningar för den nordiska elmarknaden. ER 2013:14.

Energimyndigheten. Vattenkraften och energisystemet, ER 2008:24.

Energimyndigheten. Långsiktsprognos 2012, en konsekvensanalys av gällande styrmedel inom energi- och klimatområdet. ER 2013:03.

Energimyndigheten. Samarbetsmekanismer enligt förnybartdirektivet. ER 2011:16.

Sintef. Climate change 2020 – 2050 Consequences for the NordPool electricity market, TR A7060. (Mars 2011.)

Svenska kraftnät. Faktablad om vattenkraften.

Svenska kraftnät. Effektreserven, En uppföljning och analys av avvecklingen av den svenska effektreserven. 2013/576.

Svenska kraftnät. PM Vattenkraftens reglerförmåga. Sture Larsson 2011-02-25.

Svenska kraftnät. Muntliga kontakter.

Svensk Energi. Muntliga kontakter.

Söder Lennart. På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige. Version 3.0. Okt 2013.

Söder Lennart. PM Om vattenkraftens betydelse för det svenska framtida kraftsystemet. Dnr 13-6837. Dec 2013.

Rudberg Peter. SEI. Constant Concessions Under Changing Circumstances: the Water and Renewable Energy Directives and Hydropower in Sweden (2011).

Rudberg Peter. SEI. Sweden's Evolving Hydropower Sector: Renovation, Restoration and Concession Change (2013).

SOU 2013:84 Fossilfrihet på väg, Betänkande av utredningen om fossilfri fordonstrafik.

Vattenfall, Skanska, VBB. Hydro Power in Sweden. 1987.

Ett hållbart energisystem gynnar samhället

Energimyndigheten arbetar för ett hållbart energisystem, som förenar ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.

Vi utvecklar och förmedlar kunskap om effektivare energianvändning och andra energifrågor till hushåll, företag och myndigheter.

Förnybara energikällor får utvecklingsstöd, liksom smarta elnät och framtidens fordon och bränslen. Svenskt näringsliv får möjligheter till tillväxt genom att förverkliga sina innovationer och nya affärsidéer.

Vi deltar i internationella samarbeten för att nå klimatmålen, och hanterar olika styrmedel som elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter. Vi tar dessutom fram nationella analyser och prognoser, samt Sveriges officiella statistik på energiområdet.

Alla rapporter från Energimyndigheten finns tillgängliga på myndighetens webbplats www.energimyndigheten.se.

Energimyndigheten

Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se