

NOTAT

TIL: NVE v/Jan Sørensen
FRA: Statkraft Energi v/Vegard Pettersen

DATO:
4.7.2018

VILKÅRSREVISJONEN FOR AURAREGULERINGEN AURAS ROLLE I KRAFTSYSTEMET

Vi viser til mail fra NVE 9. april med spørsmål om hvilke typer og volum av systemstøtte Aura anlegget har levert, om anlegget er særlig viktig i noen perioder av året og i hvilke situasjoner Aura har vært viktig for kraftsystemet.

Introduksjon

Aurareguleringen ble bygget på 1950-tallet for å dekke husholdningenes og industriens behov. Anleggene ligger i et område med nærhet til industri på Sunndalsøra og Tjeldbergodden og er designet for jevn produksjon og har i dag en høy driftstid. Anleggene produserer nær 10 % av vannkraftproduksjonen i prisområde NO3, et område som i et normalår er et underskuddsområde. Redusert produksjon i Aura vil medføre økt behov for import til området. For NO3 har derfor Aura viktighet utover den betydning anleggene har for det øvrige systemet.

Kraftverkene i Aurareguleringen bidrar i dag med betydelige mengder fornybar og fleksibel kraftproduksjon: både stabil energi, rask tilpasning av produksjon gjennom døgn og uke, lagring av energi fra en sesong til en annen, og balanse- og systemtjenester. Statkraft vil i det følgende søke å belyse ved noen eksempler hvordan Aura-reguleringen bidrar i et systemperspektiv. I tillegg har vi inkludert, i vedlegg, en vurdering av verdien av Auras fleksibilitet basert på alternative energi- og effektkilder i et fremtidig europeisk perspektiv.

Økt andel uregulerbar energi som vind- og solkraft, markedsintegrering i Europa og en betydelig større utvekslingskapasitet ut av det nordiske systemet vil utfordre det nordiske kraftsystemet og gjøre det mer krevende å opprettholde god og sikker systemdrift. Fleksibel vannkraft har en viktig rolle i dette fremtidsbildet. Vilårsrevisjoner legger grunnlaget for 30 års fremtidig drift, det er derfor viktig å se revisjonen i et fremtidsperspektiv.

Auras rolle i kraftsystemet

I tillegg til at Aura bidrar med store mengder energi, har vi i det følgende forsøkt å illustrere Auras andre bidrag i kraftsystemet:

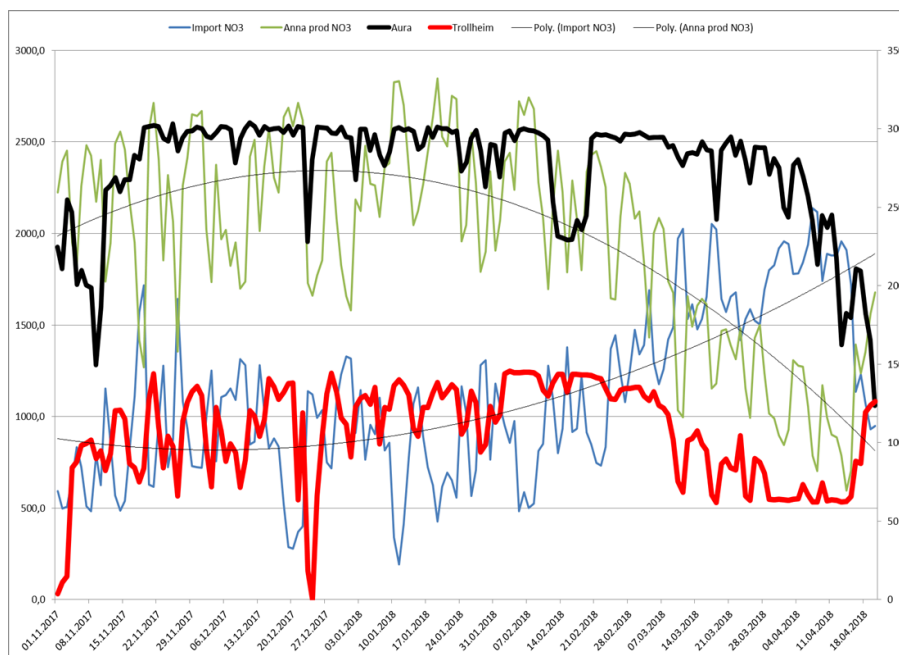
Aura har god reguleringsevne

Aura er et kraftverk som har god fleksibilitet ved at det har et årsmagasin med evne til å lagre energi til perioder hvor etterspørselen er høy. Videre har verket høy installert effekt og har peltonturbiner¹, noe som gjør anlegget spesielt godt egnet til å bidra med reguleringstjenester. Anlegget har utløp i fjord og ingen vilkår som begrenser produksjonen. Dette gjør at anlegget har god evne og mulighet til å tilpasse produksjonen etter variasjonen i etterspørsel. Eksempelvis vil en restriksjon på magasinet redusere reguleringsevnen.

Aura kan levere i eventuelle vårkniper

Våren 2018 illustrerer hvordan Aura bidrar til god forsyningssikkerhet i NO3. Aura har i dag god evne til å levere stabil energi gjennom hele vinteren og er i så måte et anlegg med god «kondisjon». Dette er illustrert i figur 1.

¹ Peltonturbiner: turbiner med stort driftsområde fra typisk fra under 10% til 100% av maks produksjon per turbin



Figur 1: Produksjon og import til i NO3 vinteren 2018. Kilde: Nord Pool og Statkraft

Midt-Norge gikk inn i vinteren 2017-18 med forholdsvis fulle reguleringsmagasin. En kald vinter medførte at det aller meste av produksjonskapasiteten i området produserte nær maksimalt og reguleringsmagasinene ble gradvis tappet ned. På senvinteren, som illustrert i figur 1, mister annen produksjon i NO3 gradvis evnen til å produsere (grønn graf) og importen dobler seg i samme periode for å kompensere for bortfall av lokal produksjon (blå graf). Dette skjedde blant annet fordi noen anlegg ble tomme for vann mens andre måtte redusere produksjon for å kunne møte produksjonsrestriksjoner som for eksempel minstevannføringer og magasinrestriksjoner.

Et av anleggene som reduserte produksjonen var Trollheim kraftverk (rød graf), som i starten av mars reduserte produksjonen til et minimum for å sikre at gjeldende minstevannføringskrav kunne dekkes. Aura var et av de få anlegg i området som fortsatt kunne produsere (sort graf)² og mot slutten av våren sto Aura alene for omtrent 1/3 av produksjonen i NO3.

Strengere restriksjoner i Aura reguleringen vil redusere denne evnen. I ytterste konsekvens vil en minstevannføring eller et krav om høy sommervannstand i Aura medføre at Aura-anlegget ikke kan bidra i like stor grad vinterstid, og dermed permittere 290 (310) MW i NO3 i vårknipa i et tørrår. Dette vil ha negative konsekvenser for forsyningssikkerheten i NO3.

Aura bidrar med betydelig primærregulering og spesialregulering

I tillegg har Aura-anlegget tilført betydelig med primærregulering (FCR, frekvensstabilisering) og har også bidratt med betydelig spesialregulering (balansere effektbehovet) i perioder når det har vært utfordringer med strømnettet i det omkringliggende området. Historikk for disse produkter er vist i tabellene i vedlegg A, og utdypet med noen eksempler under. I fremtiden vil også sekundærregulering kunne være aktuelt. Aura er en god kandidat for sekundærreserve fordi anlegget har lang brukstid og har flere pelton turbiner som kan rotere på lav effekt.

I perioden 2011 til 2017 har Aura levert primærreserver i størrelsesorden 3000 timer per vinter/sommer sesong. Dette utgjør en stor andel av de timene i året der Statnett kjøper inn større volum av primærregulering – og illustrerer at Aura har betydelig bidrag med hensyn på frekvensstabilisering.

² Nedkjøringen på slutten av perioden skyldes andre forhold enn mangel på vann.

For tertiærreserven *regulerkraft* (mFRR) varierer bidraget vesentlig fra et år til et annet. Aura har bidratt med både opp og nedregulering. For å kunne levere tertiærreserve kreves det at maskinene ikke kjører på fullt, men er klare til å endre produksjonen ved bestilling fra TSO. Volumene av tertiærreserven *spesialregulering*³ er betydelige sammenlignet med volum av regulerkraft. At Aura historisk er mye brukt til spesialregulering indikerer at Aura er det anlegget i området hvor det er billigst for samfunnet å bestille regulering når det er utfordringer i nettet lokalt og regionalt. Aura er mer brukt ved spesialregulering til oppregulering enn til nedregulering, det vil si at Statnett i disse situasjonene har vært redd for flaskehals inne i området og vært avhengig av lokal produksjon.

Et eksempel er sommeren 2014 hvor Aura ble oppregulert via spesialregulering med ~30 GWh. Hvis Aura da hadde hatt en minimums magasinrestriksjon hadde evnen til å levere oppregulering blitt redusert, som igjen ville medført at enten andre lokale verk hadde måttet oppregulere eller at Statnett hadde måttet tvangsutkoble forbruk. Tallene viser spesielt at Aura har fått bestilt betydelig spesialoppregulering om sommeren i både 2013, 2014 og 2015.

Revisjon av Aura-reguleringen - en av mange pågående revisjoner

Få, om noen norske kraftanlegg er alene kritiske for det nasjonale systemet. Derimot vil strengere restriksjoner på flere anlegg i sum kunne bidra til endring i prisnivå og gi større prisvariasjon, og avhengig av omfang, en forverret forsyningssikkerhet. Det er derfor viktig å ha en overordnet og helhetlig tilnærming til vilkårsrevisjoner. I tråd med oppdatert mal for revisjonsdokumenter, jobber Statkraft p.t. med å utvikle metoder for å kunne illustrere og svare på dette for de kommende revisjoner. Resultater fra dette arbeidet er ventet tidlig høst, og vil også ha resultater relevant for Aura-reguleringen.

Kraftsystemet gjennomgår omstilling – verdien av fleksibilitet er økende

Økt andel uregulerbar fornybar energi som vind- og solkraft, markedsintegrering i Europa og en betydelig større utvekslingskapasitet ut av det nordiske systemet vil utfordre det nordiske kraftsystemet og gjøre det mer krevende å opprettholde god og sikker systemdrift. De nordiske systemoperatørene (TSOene) estimerer at installert kapasitet basert på vindkraft vil tredobles i perioden 2010-2025. Utvekslingskapasiteten mellom Norden og kontinentet vil økes med 50 % innen 2025 sammenlignet med dagens nivå.

Med endret produksjonsmiks endres også karakteristikken til kraftsystemet. Utviklingen mot et mer klimavennlig kraftsystem øker det fremtidige behovet for reguleringsressurser og opprettholdelse av vannkraftens reguleringssevne er avgjørende for å kunne fase inn mer uregulerbar fornybar energi i tiden fremover.

De fire nordiske TSOene har utgitt en rapport «Challenges and Opportunities for the Nordic Power System» hvor de fremhever 4 hovedutfordringer for det Nordiske kraftsystemet fram mot 2025. Disse hovedutfordringene er:

- 1) Systemfleksibilitet (evne til å endre produksjon og/eller forbruk for å opprettholde balanse)
- 2) Tilstrekkelig produksjonskapasitet (både energi- og effekt)
- 3) Frekvenskvalitet (sikres gjennom ulike systemtjenester)
- 4) Inertia (roterende masse i kraftsystemet)

Kraftverkene i Aurareguleringen bidrar i dag på alle disse fire punktene. Både magasinrestriksjoner og minstevannføring vil imidlertid begrense anleggets fleksibilitet (1) og redusere kraftproduksjonen (2). Dette vil vi utdype i neste avsnitt. Evnen til å levere systemtjenester (3) og roterende masse (4) vil i mindre grad berøres direkte, men kostnaden ved å levere dette vil øke som en konsekvens av strengere vilkår for disponering av magasiner og vannføring på elvestrekninger.

Kraftsystemet skal ikke bare fungere i en normalsituasjon. Kraftsystemet må håndtere hele spekteret av fremtidige situasjoner - forbruksvariasjoner, værussikkerhet og uforutsette hendelser som f.eks. tekniske feil i nett og anlegg. Disse faktorene varierer over døgn, uke, sesong og mellom år og har ulik grad av betydning for systemdriften.

³ Spesialregulering er at Statnett bestiller, uavhengig av tilbudslisten for Regulerkraft, opp eller nedregulering fra et spesifikt anlegg pga lokale nettbegrensninger.

En viktig egenskap ved vannkraften i Norge er muligheten til å lagre vann. Vannmagasiner med reguleringsevne kan lagre energi i perioder med overskudd til perioder hvor den naturlige tilgangen til kraft er lav og forbruket er høyt. Hoveddelen av reguleringsevnen fra dagens vannkraft selges og leveres som del av spot-markedet. I tillegg bidrar regulerbar vannkraft med systemstøtte også gjennom balanse- og systemtjenester. Eksempler på dette er primær, sekundær og tertiærreserver, innstilling av statikk og roterende masse. Volum av system- og balansetjenester er med andre ord ikke alene tilstrekkelig for å illustrere et reguleringsanleggs betydning i kraftsystemet og ei heller alene tilstrekkelig for å vurdere den samfunnsøkonomiske nytten ved anleggets reguleringsevne.

Oppsummering

Det finnes ingen anerkjent metodikk for hvordan man beregner verdien av fleksibilitet som forsvinner. Det gjør det mer krevende når bortfall av effekt kan etablere presedens for senere beslutninger vedrørende flere andre større konsesjoner.

Det bør derfor etter Statkrafts mening legges til grunn en svært restriktiv praksis ved innføring av nye pålegg som reduserer anleggenes fleksibilitet.

Det vises for øvrig til Statkrafts tidligere innspill vedr. Aura Revisjonen – både Revisjonsdokument, Kommentarer til høringsuttalelsene, samt tilleggsinformasjon oversendt våren 2017.

Energimeldingen fremhever at stor regulerbar vannkraft er sentral for forsyningssikkerheten og at behovet for fleksibilitet vil øke: *Den store regulerbare vannkraften vil fortsatt være ryggraden i energisystemet vårt. Vannkraftproduksjon er viktig i et europeisk klimaperspektiv, og gjør at vi opprettholder forsyningssikkerheten i det norske og nordiske kraftsystemet. Behovet for reguleringsevne og fleksibilitet forventes å øke i årene som kommer (s. 187).*

Energimeldingen fremmer videre at *Energiproduksjon som bidrar med reguleringsevne eller gunstig produksjonsprofil over året og døgnet blir enda viktigere når en større andel av kraftproduksjonen ikke er regulerbar (s.187).* Slik Statkraft ser det, er Aura er et slikt anlegg.

Vi oppfordrer samtidig NVE til å ta kontakt med Statnett for å få deres vurdering av Aura-reguleringens betydning i kraftsystemet.

Vedlegg A: Historiske data for leverte balanse- og systemtjenester i perioden 2011-2017 fra Aura (Aura og Osbu kraftverker)

De 3 viktigste faktorene for å stabilisere kraftsystemet er primærregulering, sekundærregulering og tertiærregulering. Primærreserver er hurtige reserver som responderer automatisk på endringer i frekvens i kraftsystemet. Sekundærreserver er noe tregere og responderer på styresignal fra TSO, mens tertiærreserver er manuelt aktiverte.

Primærregulering – frekvens stabilisering

Primærreserver (FCR) Aura og Osbu kraftverker	Totalt volum [MW]	Antall timer
2011 sommer	20 408	3 524
2011/2012 vinter	9 009	3 152
2012 sommer	4 590	2 687
2012/2013 vinter	16 244	3 334
2013 sommer	17 414	3 412
2013/2014 vinter	17 209	3 568
2014 sommer	20 141	3 869
2014/2015 vinter	23 221	3 989
2015 sommer	17 205	3 493
2015/2016 vinter	17 493	3 782
2016 sommer	18 247	3 526
2016/2017 vinter	9 531	4 018

Sekundærregulering -

Aura leverer ikke sekundærreserver da Statnett ikke kjøper sekundærreserver i NO3 og NO4. Det er derfor ikke levert sekundærreserver i perioden 2011-2017. Det kan bli aktuelt og levere sekundærreserver fra Aura i fremtiden. Aura vil være godt egnet fordi den har lang brukstid og har flere peltonturbiner som kan rotere på lav effekt.

Tertiærregulering (mFRR) – balansere behov for effekt

RK ordinær Aura og Osbu kraftverker	Total volum opp [MWh]	Total volum ned [MWh]	Antall timer opp	Antall timer ned
2011 sommer	1 407	8 919	40	122
2011/2012 vinter	1 793	2 519	26	35
2012 sommer	10	856	1	11
2012/2013 vinter	63	3 394	2	32
2013 sommer	4 559	1 129	92	41
2013/2014 vinter	1 849	3 725	22	50
2014 sommer	2 238	4 226	38	93
2014/2015 vinter	25 139	1 440	326	43
2015 sommer	6 065	4 750	128	103
2015/2016 vinter	546	1 322	30	30
2016 sommer	4 891	3 849	112	101
2016/2017 vinter	1 969	4 299	63	72

RK spesialregulering Aura og Osbu kraftverker	Total volum opp [MWh]	Total volum ned [MWh]	Antall timer opp	Antall timer ned
2011 sommer	304	808	22	35
2011/2012 vinter	102	518	16	25
2012 sommer	-	16	-	3
2012/2013 vinter	30	317	3	19
2013 sommer	12 627	111	164	8
2013/2014 vinter	1 879	308	44	20
2014 sommer	31 567	4 673	407	26
2014/2015 vinter	8 144	582	140	15
2015 sommer	13 214	55	172	20
2015/2016 vinter	1 925	173	54	11
2016 sommer	1 821	245	42	22
2016/2017 vinter	152	98	7	2

Vedlegg B: Systembidrag som følger av Forskrift om Systemansvar

I henhold til Statnett sin veileder *funksjonskrav i kraftsystemet 2012* – stilles tekniske krav til produksjonsflåten. For enkelte av produktene gis regulant en kompensasjon av Statnett, såkalt administrativt satte priser. Disse produktene kommer i tillegg til markedsproduktene primær, sekundær og tertiærreserve, og gir også støtte og bidrag til nettsystemdriften.

Faktor	Aura	Kommentarer
Regulerstyrke/ krav til statikk	X	<ul style="list-style-type: none">• Krav om minimumleveranse av regulerstyrke (maks statikk 12) som muliggjør at aggregatet kan levere primærreserve.• Alle vannkraftanlegg bidrar – forutsatt at maskinen er i drift.• Regulant får kompensasjon fra TSO for grunnleveranse• Bidrag utover grunnleveransen bys inn til TSO ved markedsproduktet primærregulering
Reaktiv effekt/ spenningsregulering	X	<ul style="list-style-type: none">• Støtte til nettspenning• Et krav kun til anlegg over 10 MVA.• Kun mulig å levere når anlegget er i drift. Redusert driftstid gir redusert mulighet til spenningsregulering• Administrativt satt kompensasjon• Historisk har Aura bidratt med spenningsregulering
Roterende masse / inertia	X	<ul style="list-style-type: none">• Roterende masse er at et roterende aggregat vil gi en treghet som gjør at den motvirker hastighetsendringer og dermed er med på å stabilisere systemet.• Kun bidrag når maskinen roterer. Mindre brukstid gir mindre bidrag.• Aura, med Pelton turbiner, er en meget god kandidat i å bidra med roterende masse.• Ingen kompensasjon per i dag, kan bli marked i fremtiden.
Lastfølging / produksjonsflytting	X	<ul style="list-style-type: none">• Statnett kan flytte endring i produksjon opp til et kvarter tidligere eller senere enn planlagt.• Gjelder for alle maskiner, også Aura.• Overgang til 15 minutters avregning fra 2021 vil antagelig redusere behovet for denne type tjenester
PFK, systemvern	-	<ul style="list-style-type: none">• PFK står for ProduksjonsFraKobling.• Kun krav om leveranse hvis maskinen er i drift.• Lavere brukstid gir redusert evne til å bidra med PFK.• Aura har ikke PFK. I dag, men kan bli aktuelt i fremtiden.

Vedlegg C: Alternativer til fleksibel vannkraft

Dersom det innføres strengere restriksjoner i Aura reguleringen som medfører mindre produksjon, bør dette sees opp mot kostnadene ved å erstatte tilsvarende produksjon. En kortsiktig marginalbetragtning tilsier at denne produksjonen vil erstattes av kullkraftproduksjon i et normalår. I et mer langsiktig perspektiv kan det argumenteres med at denne kraften vil erstattes av ny fornybar kraftproduksjon som f.eks vindkraft.

Derfor bør det være et generelt prinsipp at den samfunnsøkonomiske gevinsten ved å fase inn ny vindkraft bør være større en den samfunnsøkonomiske gevinsten av å ikke legge strengere restriksjoner på eksisterende vannkraft. Særlig når man tar med i betraktningen at vindkraften som fases inn er uregulerbar, mens vannkraften som tas bort er fleksibel.

Det europeiske markedet vil etter utfasing av kull- og kjernekraftverk være hardt presset i en streng kuldeperiode midtvinters. Kulde sammenfaller gjerne med lite vind og begrenset solinnstråling. Variasjoner i etterspørsel innen døgnet vil langt på vei kunne dekkes av batterier eller pumpekraftverk. Men i en sammenhengende kuldeperiode vil det trenge en netto tilførsel av elektrisitet. Statkrafts analyser tilsier at gassturbiner (Open Cycle Gas Turbines) eller gassmotorer (Gas Engines) vil være den billigste måten å levere dette på. Dette understøttes av utviklingen i UK der myndighetene innfører et kapasitetsmarked for å gi aktørene nok incentiv til å investere.

Imidlertid må kapitalkost og OPEX fordeles på svært få driftstimer pr. år, og siden behovet for gass til oppvarming i en slik kuldeperiode er svært høyt vil spotmarkedsprisen ligge *vesentlig* over årsmiddelpris.

Kostnad på levert energi fra slike anlegg blir derfor svært høy, og kan i mange timer ses på som en alternativ verdi for den vedvarende høye produksjonen man vil kunne levere fra det fleksible norske vannkraftsystemet.

I etterkant av årtusenskiftet ble forsyningssikkerheten i Midt-Norge ansett som svært utsatt for tørrår. For å redusere denne risikoen bygde Statnett to reserve-gasskraftverk, Nyhamna og Tjeldbergodden, hver på 150 MW i tilknytning til landanlegg for gasstransport. Anleggene skulle kunne kjøres hvis Statnett vurderte det slik at kriteriene for SAKS (Svært Anstrengt KraftSituasjon) var oppfylt og at regionen trengte tilførsel av ekstra elektrisitet utover lokal produksjonskapasitet og import fra omkringliggende regioner. Med oppgraderingen av Nea-Järpstrømmen (2010) og åpningen av Ørskog-Fardal (2016) ble forsyningssikkerheten i Midt-Norge ansett som tilstrekkelig. Anleggene har derfor blitt vedtatt demontert og solgt.

Det er svært vanskelig å anslå den totale kostnaden for disse to anleggene over deres levetid, men iht Statnetts internett side var kostnadene for anlegg NOK 2,1. Imidlertid har driftskostnadene også være betydelig og et totalt anslag vil derfor trolig ligge rundt 3 milliarder.

Ved omfattende nye begrensninger på vannkraftens fleksibilitet vil slike behov kunne oppstå igjen. Alternativt må behov for fleksibilitet dekkes av import fra kostbare reserve-gasskraftverk i tilgrensende områder. I begge disse tilfellene vil det medføre en betydelig samfunnsøkonomisk kostnad.