

## Svar til spørsmål fra NVE datert 01.07.2022



Svar fra Skagerak Kraft AS på vegne av Sundsbarm kraftverk DA, datert 05.05.2023

## Innhold

1	Oppsummering .....	4
2	Bakgrunn .....	6
2.1	Innledning .....	6
2.2	Tidligere innsendt materiale .....	7
3	Om Sundsbarm kraftverk .....	9
3.1	Kort om kraftverket og kraftproduksjonen .....	9
3.2	Marked .....	11
3.2.1	Markedsmessige vurderinger av Sundsbarm kraftverk .....	11
3.2.2	Markeder .....	11
3.2.3	Nytt «Regulerkraft-marked» – mFFR EAM .....	13
4	Tekniske muligheter i Sundsbarm kraftverk (spørsmål 1, 2, 4 og 5) .....	15
4.1	Eksisterende maskin .....	15
4.2	Nytt løpehjul - løsning og kostnader .....	15
4.3	Nytt aggregat 2 .....	16
4.4	Nytt aggregat 2 med pumpemuligheter .....	16
4.5	Markedsmessige muligheter med ny maskinpark .....	17
4.6	Omløpsløsninger (spørsmål 4 og 5) .....	18
5	Om vassføring og temperaturforhold i Vallaråi (spørsmål 1 m.fl.) .....	18
5.1	Restfelt - egenskaper .....	18
5.2	Sundsbarm kraftverk og Vallaråi – vassføringsforhold .....	20
5.3	Sundsbarm kraftverk og Vallaråi – vasstemperaturforhold .....	25
5.4	Hydrologisk sammenligning med andre kraftverk med avløp i elv .....	26
6	Fiskefaglige forhold (spørsmål 1) .....	27
6.1	Status tidligere, pågående og planlagte undersøkelser .....	27
6.2	Vannstandsendringer og fisk .....	28
6.2.1	Ny kartlegging av Vallaråi for bedret kunnskapsgrunnlag .....	28
6.2.2	Resultater av kartleggingen .....	29
6.3	Vanntemperatur og fisk .....	35
6.3.1	Eksisterende kunnskap .....	35
6.3.2	Resultater .....	35
6.4	Gevinster for miljøet ved endret driftsmønster og andre tiltak? .....	36
6.5	Andre miljøtema- gassovermetning .....	37
7	Vurdering av alternative vassføringsregimer i Vallaråi (spørsmål 2) .....	37

7.1	Utvikling av eksisterende maskinpark med mulighet for å kjøre på lavere laster/driftsvassføringer.....	38
7.1.1	Nytt løpehjul .....	38
7.1.2	Nytt aggregat 2 .....	38
7.2	Kjørerestriksjoner som beskrevet av NVE.....	38
7.3	Tilpasset drift i tørre perioder om sommeren .....	42
8	Forholdet til Seljordsvatnet og campingplassene i tørre perioder (spørsmål 7).....	44
8.1	Om bruken av luka på Hagadrag og vannstander i Seljordsvatn .....	44
8.2	Nærmere om praktisk drift for å sikre minstevassføringskravene i Bøelva.....	45
9	Vanntemperatur og sjikting i Sundsbarmvatnet (spørsmål 3).....	48
9.1	Vanntemperatursjikting i Sundsbarmvatn.....	48
9.2	Hva oppnår en med å bygge om? Virker det? .....	49
9.3	Spesifisering av kostnader ved ombygging inntak.....	49
10	Fiskepassasjer til Flatdal (spørsmål 6).....	50
10.1	Mulige løsninger og kostnader .....	50
10.2	Oppsummering .....	52

# 1 Oppsummering

NVE fremmet i e-post av 01.07.2022 ytterligere spørsmål tilknyttet vilkårsrevisjonssaka for Sundsbarm kraftverk. Skagerak Kraft AS svarer på NVEs spørsmål på vegne av Sundsbarm kraftverk DA (SK). Det må påpekes at flere av problemstillingene er komplekse og har krevd faglig ekstern bistand. Arbeidet har vært basert på tverrfaglig samarbeid på en rekke fagområder, og da spesielt knyttet til bruk av og utvikling av eksisterende maskinpark og konsekvenser ved driftsrestriksjoner på eksisterende maskinpark.

Vilkårsrevisjonssaker går over flere år. Det er derfor utfordrende for alle involverte å ha oversikt over sakens dokumenter, hvilken informasjon som foreligger hvor og hva som er gjeldende versjon. SK har derfor valgt å sette spørsmålene inn i en større sammenheng og gi brukere/lesere av dokumentet en innføring i hva som er skrevet om temaet og tilstøtende temaer tidligere i revisjonsprosessen.

I kap. 2 gjengis NVEs spørsmål og det gis referanser til tidligere relevant innsendt materiale i vilkårsrevisjonssaka.

I kap. 3 gis en kort presentasjon av Sundsbarm kraftverk med tilhørende reguleringsanlegg og hvilke muligheter kraftverket har for å agere i ulike markeder, både eksisterende og kommende markeder.

I kap. 4. gis en kort presentasjon av eksisterende maskinpark, plan for å bytte ut eksisterende løpehjul, muligheten for etablering av et nytt aggregat og hvilke markedsmuligheter som oppnås med utvikling av maskinparken. SK er innstilt på å i løpet av kort tid å sette i gang arbeidet med bytte ut eksisterende løpehjul. Det kan åpne opp for en mer fleksibel bruk av dagens maskinpark.

I kap. 5 redegjøres det for vassførings- og temperaturforhold i Vallaråi og egenskaper for restfeltet til Vallaråi. Restfeltet til Vallaråi er stort, og middelvassføringen på ca. 7,7 m<sup>3</sup>/s utgjør nesten 50% av tilsiget fra hele det naturlige tilsigsfeltet. Det store restfeltet sikrer en naturlig dynamikk i vassdraget, og at vassføringen opprettholdes også i tørre perioder.

I kap. 6 gis en vurdering av fiskefaglige forhold i Vallaråi nedstrøms avløp Sundsbarm kraftverk. Basert på dagens kunnskap ser det ut til at tilvekst og tetthet av aure i Vallaråi skiller seg relativt lite ut i sammenligning med andre elver i regionen til tross for endringer i vassføring og temperatur forårsaket av driften av Sundsbarm kraftverk. I arbeidet med fiskefaglige vurderinger så kommer USN med følgende faglige råd:

- Etablere dataserier for vanntemperaturer oppstrøms og nedstrøms Sundsbarm kraftverk.
- Fortsette med undersøkelser og kunnskapsinnhenting, bl.a. knyttet til genetikk på aure i Seljordsystemet. Tidligere masteroppgave indikerer at ørret i Seljord kan deles inn i flere «familier» og derav at (stor)aure kan produseres i flere vassdrag tilknyttet Seljord.
- Vurdere bygging av flere kiler mhp eldre ungfisk av aure, og at det tilstrebes etablert gyteområder når akkumulerte masser ved kraftverksavløp må fjernes for å unngå tørrlegging av oppveksthabitat (masser fra restfelt samles opp her).
- Bruk av grønn laser (LiDAR) for å kunne estimere effekter av lave vassføringer mhp vanndekket areal/dybder for å få mer kunnskap om fare for stranding av aure og gyteområder.

USN påpeker at effekten av variasjon i vanntemperatur på aurens vekst med dagens driftsmønster er usikker. Vi har for lite kunnskap om dette i dag. På sesongbasis antas det en redusert vekst når produksjonsvann senker vanntemperaturen i vekstsesongen, og denne kompenseres neppe fullt ut ved varmere vann senere i sesongen (utvidet vekstsesong pga. regulering). Effekten av

døgnvariasjoner i temperatur på aurens vekst er usikker. Kunnskap, inkludert teori, metoder og erfaring knyttet til dette er i dag også begrenset/manglende, både nasjonalt og internasjonalt. På grunnlag av manglende kunnskap mener SK at det er vanskelig å vurdere/foreslå alternative kjøremønstre med hensyn på temperatur og vekst hos aure.

SK er innstilt på å følge opp anbefalingene fra USN. SK er bl.a. i gang med å få på plass nye målestasjoner, jfr. kap. 5.2., oppstrøms og nedstrøms Sundsbarm kraftverksavløp. Videre har SK satt i gang et FoU-prosjekt på grønn laser i samarbeid med NTNU for å kunne få mer kunnskap om faren for stranding av aure ved lave vassføringer, og vurdering av ulike habitatforbedrende tiltak for aure jfr. kap. 6.2.

Kap. 6.2 viser at det trolig er liten fare for stranding ved vassføringer over 1,5 m<sup>3</sup>/s i restfeltet. Det er sjelden vassføringen er så lav i restfeltet og antall stopp av kraftverket i slike perioder er begrenset, jfr. kap. 5.2. Antall situasjoner med fare for stranding antas å være lav. Vi vil som nevnt jobbe videre med å få bedre kunnskap om vanndekt areal ved lave vassføringer, og eventuelt avdekke en kritisk grense (vassføring og vanndekket areal) for stranding. Denne grensen vil kunne benyttes ved driftsplanlegging for tilpasset nedkjøring av kraftverket ved lave vassføringer i restfeltet.

I kap. 7 har vi vurdert fordeler og ulemper ved:

- Utvikling av eksisterende maskinpark med mulighet for å kjøre på lavere laster/driftsvassføringer (kap. 7.1).
- Kjørerestriksjoner som beskrevet av NVE (kap. 7.2).
- Tilsigstilpasset produksjon i tørre perioder i sommermånedene (kap. 7.3).

SK vil i løpet av kort tid starte prosessen med å skaffe et nytt løpehjul for Sundsbarm kraftverk som vil muliggjøre drift på et større driftsområde enn i dag, ned mot ca. 4,2 m<sup>3</sup>/s som beskrevet i kap. 4.2. Når løpehjulet er installert kan det i samarbeid med løpehjulsleverandør testes ut om det er teknisk mulig/forsvarlig å drifte aggregatet på enda lavere vassmengder. Utvikling av eksisterende maskinpark vil kunne være gunstig for miljøet da det vil muliggjøre drift/tapping på langt lavere vassføringsnivåer enn med dagens maskinpark. Dersom det installeres et nytt aggregat 2 vil en kunne drifte anlegget ned mot 2 m<sup>3</sup>/s.

SK vil på det sterkeste fraråde at det innføres restriksjoner knyttet til minimums- eller maksimums driftsvassføring. Restriksjonene vil innebære at en mister betydelig med fleksibilitet i magasindisponeringen og mulighet til å tilpasse produksjonen ift. varierende etterspørsel og varierende produksjon av uregulerbar kraft. Det vil være svært uheldig i en situasjon med stadig økende etterspørsel etter systemtjenester og muligheter til å balansere uregulerbar kraftproduksjon, fra sol-, vind- og vannkraftverk uten magasin. Vi kan vi heller ikke se at slike restriksjoner vil gi kjente miljøgevinster. Når det gjelder variasjon i vassføring og vanndekt areal mener SK at det er unaturlig/feil med hensyn til miljø å se isolert på vassføringen fra kraftverket. Det kritiske er samlet vassføring og variasjon i Vallaråi.

Tilsigstilpasset drift (tilpasset nedkjøring av kraftverket ved lave vassføringer i restfeltet) vil f.eks. kunne skje ved at en etter «ordinær stopp» fortsetter å drifte anlegget på minimumsvassføring i en time ved vannføringer lavere enn 1,5 m<sup>3</sup>/s.

I kap. 8 beskrives ulike forhold som påvirker vannstanden i Seljordsvatn, bruken av luka ved Hagadrag og praktisk drift for å sikre minstevassføringskravet i Bøelva. SK kan ikke se at restriksjoner på minimums og maksimums driftsvannføring er fordelaktig for vannstanden i Seljordsvatn, snarere tvert imot fordi faren for flom øker.

I kap. 9 har vi supplert tidligere innsendt materiale knyttet til vanntemperatur og sjikting i Sundsbarmvatnet. Ut fra NVE rapport nr. 3/2010 og den kunnskap vi har om denne type bygg- og anleggstiltak har vi tidligere antydnet kostnader i størrelsesorden 50-150 MNOK, eksklusive produksjonstap i byggeperioden. Usikkerheten er imidlertid svært stor, og vi kan ikke utelukke at kostnadene vil bli enda høyere. Kostnadene er uansett så høye at vi anser tiltaket som uaktuelt.

Undersøkelser fra Norconsult viser at det er egnede gyte- og oppvekstområder for aure oppstrøms Lakshølfoss. Beregningene viser et teoretisk produksjonspotensial på opptil 439%, inkludert dagens produksjon av stedegen aurebestand. USN viser til at en eventuell tilrettelegging for oppvandring i fossene vil «bryte ned den naturlige genetiske strukturen» jfr. USN rapport 123/2023. Det betyr at genetisk mangfold innad og mellom bestander i systemet vil utfordre forvaltningsmålene gitt i Naturmangfoldloven. I tillegg er det også ut ifra dagens kunnskap stor usikkerhet knyttet til hvor stor andel av ungfisk som faktisk blir stor aure. Her vil næringsforhold i Seljordsvatn være avgjørende i tillegg til lokale konkurranseforhold i vassdraget.

Kostnader for anbefalte vandringsløsninger forbi Lakshølfoss og Eisanfoss er estimert til henholdsvis 20 og 17 mill. NOK., totalt ca. 37 mill. NOK. Kostnadsanslagene har stor usikkerhet og tar ikke hensyn til driftskostnader. SK fraråder derfor at det legges til rette for vandringsløsninger forbi dagens naturlige barrierer ved Lakshølfoss og Eisanfossen.

## 2 Bakgrunn

### 2.1 Innledning

NVE fremmet i e-post av 01.07.2022 følgende «ytterligere spørsmål» tilknyttet vilkårsrevisjonssaka for Sundsbarm kraftverk:

*«Viser til møte 31. mars i år om problemstillinger tilknyttet storørreten som gyter i Vallaråi. Som nevnt trenger NVE noen vurderinger av ulike mulige pålegg.»*

1. *Vi trenger vurdering av noen scenarier for begrensninger i driftsvannføringen for å begrense variasjonen i vanntemperatur og vannstand i Vallaråi. Vi ønsker vurdering fra fiskefaglig hold av fordelene for bestanden av storørret i forhold til dagens situasjon.*
  - a. *Driftsvannføringen gjennom kraftverket kan ikke variere mer enn fra maksimalt 12-14 m<sup>3</sup>/s og minimalt 2 m<sup>3</sup>/s i den viktigste vekstperioden for ørretyngel. Vi antar at viktigste perioden er 1. juni til 31. august.*
  - b. *Det er fint med vurdering av ulike maksimums- og minimumsstørrelser på driftsvannføringen gjennom kraftverket innenfor de rammer som settes i a.*
2. *Videre ønsker vi vurdering (anslagsvis) av konsekvenser for kraftproduksjon og økonomi ved slike begrensninger på driftsvannføringen. Vi ønsker også grove anslag over nødvendige investeringer.*

*Videre trenger vi noen vurderinger tilknyttet andre tiltak.*

3. *Finnes det informasjon om vanntemperatur og sjikting i Sundsbarmvatn, med tanke på om det er betydelig forskjell i temperatur på overflatevann og dypere vann? Dette gjelder særlig i den viktigste perioden for ørretyngel, anslagsvis juni til august. Kan dere gi noe nærmere anslag for investering enn mellom 50 og 150 mill. kr, som nevnt i deres kommentarer til høringsinnspill datert 16.5.2018?*
4. *Kan dere si noe om muligheten for, og etableringskostnader tilknyttet, omløpsventil i kraftverket.*

5. *Det er også fint om kostnadene for omløpsventil kan drøftes i forbindelse med etablering av et mulig ekstra aggregat i kraftverket.*
6. *Fordeler for storørret ved å etablere fiskepassasje forbi Lakshølfossen og andre oppstrøms fosser opp mot Flatdal, med tanke på at storørreten kan få utvidet gyte- og oppvekstareal oppstrøms. Her bør det også gis en grov vurdering av konsekvenser for eventuelle andre fiskebestander, og grovt anslag over kostnader knyttet til etablering av fiskepassasjene. (Dette er også tatt opp i vår epost av 19. januar i år).*

*Betydning for andre forhold:*

7. *Eventuell mulighet til å produsere på lavere vannføringer enn med dagens aggregat, kan gi positive virkninger for campingplasseiere ved Seljordsvatn. Hvis jeg har forstått det riktig så kjøres Sundsbarm kraftverk deler av sommeren kun et par dager i uka, for å unngå for stort flomtap i Oterholtfoss. Det betyr vel at vannstanden i Seljordsvatn vil være høyere like etter at kjøringen avsluttes enn like før kjøringen startes igjen. Og dette kan oppleves som lite heldige variasjoner av campingplasseier og andre grunneiere ved Seljordsvatn. Har dere noen kommentarer til dette?»*

*NVE mener vurderingene må foreligge innen 1. oktober i år. NVE antar at spørsmålene kan besvares uten omfattende feltarbeid.*

*Hvis noe er uklart, eller dere mener at andre løsninger eller scenarier bør vurderes, så ta gjerne kontakt.»*

Skagerak ønsker på vegne av Sundsbarm kraftverk DA (SK) å gi kvalitativt gode svar på NVEs spørsmål. Det må i denne sammenheng understrekes at flere av problemstillingene er komplekse og krever bidrag og avklaringer på en rekke fagområder internt i Skagerak, bl.a. spørsmål knyttet til bruk av eksisterende maskinpark og muligheter som utløses ved reinvesteringer i maskinparken. Skagerak ba og fikk derfor utsatt frist til månedsskiftet april/mai 2023.

Vilkårsrevisjonssaker går over flere år og det er utfordrende for alle involverte å ha oversikt over sakens dokumenter, hvilken informasjon som foreligger hvor og hva som er gjeldende versjon. SK har derfor valgt å sette spørsmålene inn i en større sammenheng og gi brukere/lesere av dokumentet en innføring i hva som er skrevet om temaet og tilstøtende temaer tidligere i revisjonsprosessen.

## 2.2 Tidligere innsendt materiale

Sundsbarm kraftverk, reguleringsområdet, hydrologiske forhold, vannveier, disponering av vann og kjøremønster er beskrevet i flere av dokumentene som tidligere er sendt inn i saken. Her følger en kort oversikt over hva som er skrevet hvor:

### *Revisjonsdokumentet*

Kapittel 3 omhandler tekniske anlegg, kapittel 5 beskriver manøvreringspraksis og kapittel 6 omhandler kraftproduksjon og betydning av de ulike elementer. I vedlegg 2 til revisjonsdokumentet er det gitt en oversikt over historiske vannstander.

### *Kommentarer av innkomne merknader etter NVEs høring og supplering av revisjonsdokument*

Beskrivelsene i revisjonsdokumentet med vedlegg ble så oppdatert og komplettert i SKs kommentarer til høringsuttalelsene, datert 16.05.2018. Hva angår hydrologi, magasindisponering og produksjonsmønster vil vi vise spesielt til kap. 3.15 i notatet og vedlegg 9 og 10. I vedlegg 10 «*Kraftproduksjon og magasindisponering*» datert 15.05.2018 beskrives dagens manøvreringspraksis i kapittel 2, mens konsekvenser ved foreslåtte restriksjoner er beskrevet i kapittel 3 og 4. I kapittel 5

gis det en kort beskrivelse av hvordan kraftproduksjonen påvirker vassføringen i Vallaråi. Vedlegg 9 «Hydrologi og potensielt produksjonstap som følge av minstevassføringslipp», datert 11.04.2018, inneholder hydrologiske data samt beregninger av potensielt produksjonstap som følge av minstevassføringslipp.

#### *Kommentarer av innkomne merknader etter NVEs befarings – del 1 og del 2*

Etter befaringsen med NVE i september 2019 fikk de som var med på befaringsen anledning til å presisere sine krav. Sundsbarm Kraftverk drøftet og kommenterte de innkomne innspillene i notat sendt til NVE datert 27.3.2020. Minstevassføring og Vallaråi var noen av temaene som ble kommentert i dette notatet.

I notatet «Sundsbarm kraftverk Kommentarer til innkomne innspill etter NVEs synfaring hausten 2019 – del 2. Svar på nokre avklarande spørsmål frå NVE i e-post dagsett 24.04.2020.» kommenterer Sundsbarm kraftverk innkomne innspill som ikke tidligere er kommentert. Tema er blant annet Vallaråi, og tilsig og reguleringsområde til Seljordsvatnet, samt hvordan produksjon i Sundsbarm kraftverk påvirker vannstand i Seljordsvatnet. Notatet inneholder også en kort beskrivelse av forholdene ved utløpet av Seljordsvatnet.

#### *Svar på ytterligere spørsmål fra NVE*

I 2021 svarte Sundsbarm kraftverk på ytterligere spørsmål som NVE oversendt 11.01.2021. Spørsmål og svar omhandler blant annet hydrologiske forhold i Vallaråi og i hele øst-vassdraget av reguleringsområdet, blant annet kurver for vassføringer i våte, tørre og middels år. I dette notatet ble det også kommentert hvilke hovedtall for magasiner og tilsig som bør benyttes.

I januar 2022 sendte NVE nye spørsmål som ble besvart med notatet «Svar på spørsmål fra NVE», datert 20.01.2022. Her var det blant annet anslag på vassføring ved enkelte punkter i øst-vassdraget under befaringsen 3. september 2019. Skagerak påpekte at i Grovåi var det måling av vassføring, mens for de andre punktene som ble etterspurt ble vassføringen beregnet ved å skalere verdier fra kjente målestasjoner. Det er beskrevet hvilke målestasjoner som ble benyttet til dette. Her ble det også svart på spørsmål om forventet vassføring i Åmotsdal og Flatdal ved gitte slipp av minstevassføring fra Grovåi og Bjåen.

#### *Beskrivelse av restfelt til Vallaråi*

Restfeltet til Vallaråis egenskaper er beskrevet i følgende dokumenter som tidligere er sendt inn i forbindelse med vilkårsrevisjonssaka:

Revisjonsdokumentet innsendt 06.06.2016:

- Kap 4.2.5 Vassføringer i Flatdalsåi før og etter regulering
- Kap 4.2.6 Vassføringer i Vallaråi før og etter regulering
- Vedlegg 10 til revisjonsdokumentet

Kommentarer til høringsuttalelser innsendt 16.05.2018:

- Kap 3.15 «Hydrologi og Produksjon» og 3.16 «Vassførings- og vannstandsmålinger»
- Vedlegg 9: notatet «Hydrologi og potensielt produksjonstap som følge av minstevassføringslipp» Skagerak notat datert 11.04.2018

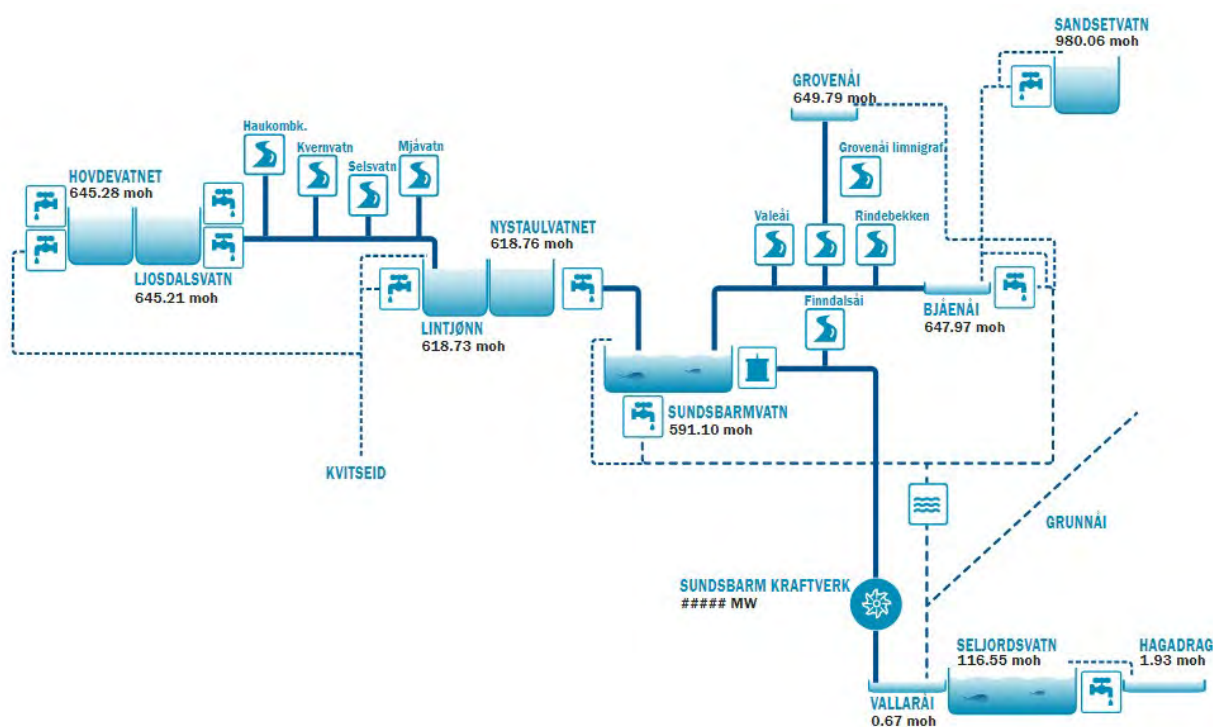
Notat innsendt 27.03.2020: «Kommentarer til innkomne innspill etter NVEs befarings»

- Avsnitt 6.4 Seljordsvassdraget – Austvassdraget



Notat «Sundsborn kraftverk – vilkårsrevisjon av reguleringskonsesjon. Svar på ytterligere spørsmål fra NVE oversendt 11.01.2021» som omhandler følgende tema relatert til egenskaper til restfeltet til Vallaråi:

- Hydrologiske kurver gjennom året som viser dagens slipp fra inntaket i Grovåi for vått, middels og tørt år
- Hydrologiske kurver gjennom året som viser tilsiget til inntakene for vått, middels og tørt år i Grovåi, «Bjånelvi» og Valeåi
- Hydrologiske kurver gjennom året for Solstad bru ved Åmotsdal kirke, Rjukanfoss og Lakshølfoss



Figur 1. Vannsystem Sundsbarmreguleringen, situasjonsbilde.

### 3 Om Sundsbarm kraftverk

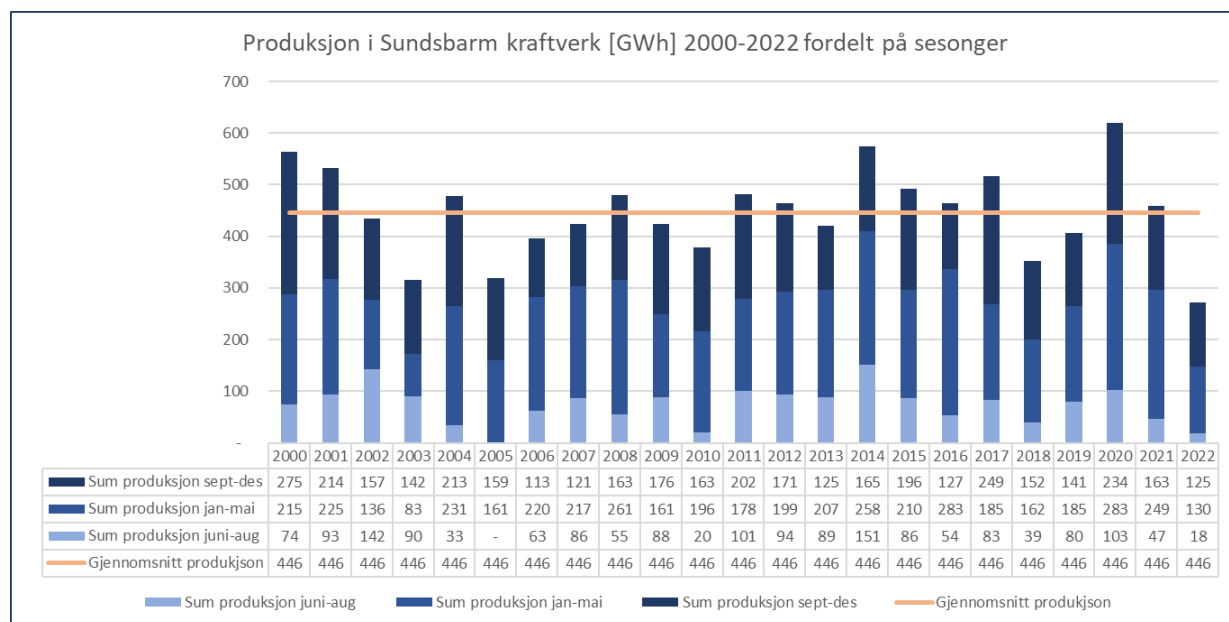
#### 3.1 Kort om kraftverket og kraftproduksjonen

Sundsborn kraftverk ble satt i drift i 1970. I Sundsbarm kraftverk er det ett aggregat på 103 MW, med bestpunkt på ca 90 MW. Både maskinhall og tunnel ble i sin tid bygget for å gi plass til to aggregater med samlet effekt inntil 160 MW, jfr. kap. 4.3 som beskriver konsesjonsgitt løsning. En viktig hensikt med byggingen av Sundsbarm kraftverk var å kunne levere «toppkraft», og kraftverket leverer rett inn på 300 kV-linjene til Statnett. Sundsbarm kraftverk er bygget for hurtige start/stopp og regulering av last for å kunne understøtte behovet i kraftnettet. Turbinen er av typen Francis og man har i drift av kraftverket ikke kunnet produsere på lave laster. Kraftverket har vært driftet i området 60-103 MW, tilsvarende driftsvassføringer på 14,5-24 m<sup>3</sup>/s (avhengig av vannstanden i Sundsbarmvatn).

Sundsbarm kraftverk har en total reguleringsgrad på ca. 66%. Tilsiget varierer mye fra år til år, noe som innebærer at produksjonen varierer tilsvarende, jfr. Figur 2. Hovedmagasinet, Sundsbarmvatn, tappes normalt ned om vinteren og fylles om våren/sommeren. Sundsbarmvatn holdes de aller fleste år over 603 moh., gjerne i området 605-608 moh., i sommerhalvåret. Flomvann fra Sundsbarmvatn renner over Mandalsdammen og nedover Mandalsåi som har liten kapasitet for å håndtere flomvassføringer. I vanddisponeringen i Sundsbarm tas det derfor ekstra grep for å minimalisere risiko for vassføring over dammen.

I sommermånedene er både produksjonsmengde og produksjonsmønster avhengig av tilsiget. I tørre perioder om sommeren er det vanlig at Sundsbarm kraftverk må produsere for å bidra med vann til Seljordsvatnet dersom lokaltilsiget til Seljordsvatnet er for lavt til å sikre kravet til vassføring ved Hagadrag (i Bøelva som renner fra Seljordsvatnet forbi Bø til Nordsjø). I kalde perioder vinterstid holdes produksjonen i kraftverket jevn for at is ikke skal skape problemer i Bøelva.

Siden år 2000 har årsproduksjonen variert fra 271,8 GWh (2022) til 619,2 GWh (2020), se Figur 2. Middelproduksjonen i perioden 2000-2022 er 446 GWh. Produksjonen i sommerperioden fra 1. juni til 1. september har disse årene variert mellom 18 GWh i 2022 (sett bort fra i 2005 da kraftverket hadde en lang revisjon i hele vår og sommerperioden) og 155 GWh i 2014. Både produksjonsmønster og mengde er altså påvirket av tilgang på vann og tilsigsprofiler i tillegg til prisforventning. Vinteren 2014 var det store snømengder, mens vinteren 2022 bød på lite snø etterfulgt av en vår og sommer med lite nedbør og lave tilsig. Høsten 2000 var det mye regn og høyt høsttilsig. Sommeren 2020 var det mye nedbør og høyt sommertilsig. Og i perioden august/september i 2015 kom det svært mye nedbør og høyt tilsig. Historien viser oss at i noen somre er det høyt kjørepress for å unngå flomspill og flomfare, mens andre somre kan det være lengre perioder med lite nedbør og lavt tilsig. Som Figur 2 viser er det dermed stor variasjon i årsproduksjon, i tillegg er det store forskjeller mellom produksjonsvolumene i sesongene.



Figur 2 Produksjon i Sundsbarm kraftverk i GWh for årene 2000-2022 fordelt på sesonger.

I perioder med god demping og normale prognoser kan man ha relativt lang tidshorisont (sesong) i planlegging av produksjon og vanddisponering. Ved inngangen til sommeren må en ta høyde for at det kan bli både lite og mye nedbør. I perioder med lite eller høyt tilsig må produksjonsplanleggingen skje med en langt kortere tidshorisont.

I perioder med mye nedbør og høyt tilsig til Seljordsvatnet og fare for skadeflom nedstrøms Sundsbarm kraftverk og det er tilstrekkelig demping i Sundsbarmvatnet, kan Sundsbarm kraftverk stoppes og dermed bidra til å redusere flommen.

## 3.2 Marked

### 3.2.1 Markedsmessige vurderinger av Sundsbarm kraftverk

Spot-, regulerkraft- og primærreguleringsmarkedet har vært dominerende i reguleringen av last og frekvensen i kraftsystemet i Norge. Reguleringsbehovet har vært styrt av Statnett ved telefonhenvendelser til driftssentralene, og ved å regulere andelen primærreserve i kraftverkene med statikkinnstilling på aggregatene.

Økt variasjon i forbruk og produksjon har medført økt variasjon i frekvens som igjen har medført økt behov for raskere og hyppigere regulering av kraftproduksjonen. Nye balansemarkeder er derfor utviklet, basert på automatikk og algoritmer. Krav til kvalitet på regulering av kraftverket er styrt av behovet i kraftsystemet, og de forskjellige markedene gir ulike profiler på regulering av effekt. Hvert kraftverk har også ulike egenskaper for regulering som medfører ulik variasjon i last. Tekniske egenskaper til kraftverkene, og ulike hensyn i vassdragene vil begrense mulighetsrommet for regulering.

### 3.2.2 Markeder

Markedet går i retning av kortere tidsoppløsning, og man har i senere tid sett at man får korte og raske reguleringer av kraftverkene. I spotmarkedet er det stor variasjon i pris over døgnet, forårsaket av økt variasjon i (uregulerbar)produksjon og forbruk. Økt variasjonen medfører større frekvensavvik som må reguleres.

Dersom man ønsker å endre produksjonsplan eller utnytte muligheter i Intradag kan man kjøpe og selge i markedet time for time i driftsdøgnet. Dette kan gjøres for å bedre virkningsgrad, slippe start/stopp av aggregater eller tilpasse produksjonen endret tilsig til kraftverket. Dette er et viktig supplement i balansemarkedet.

Det er tre typer marked for regulering av frekvens som styres av Statnett:

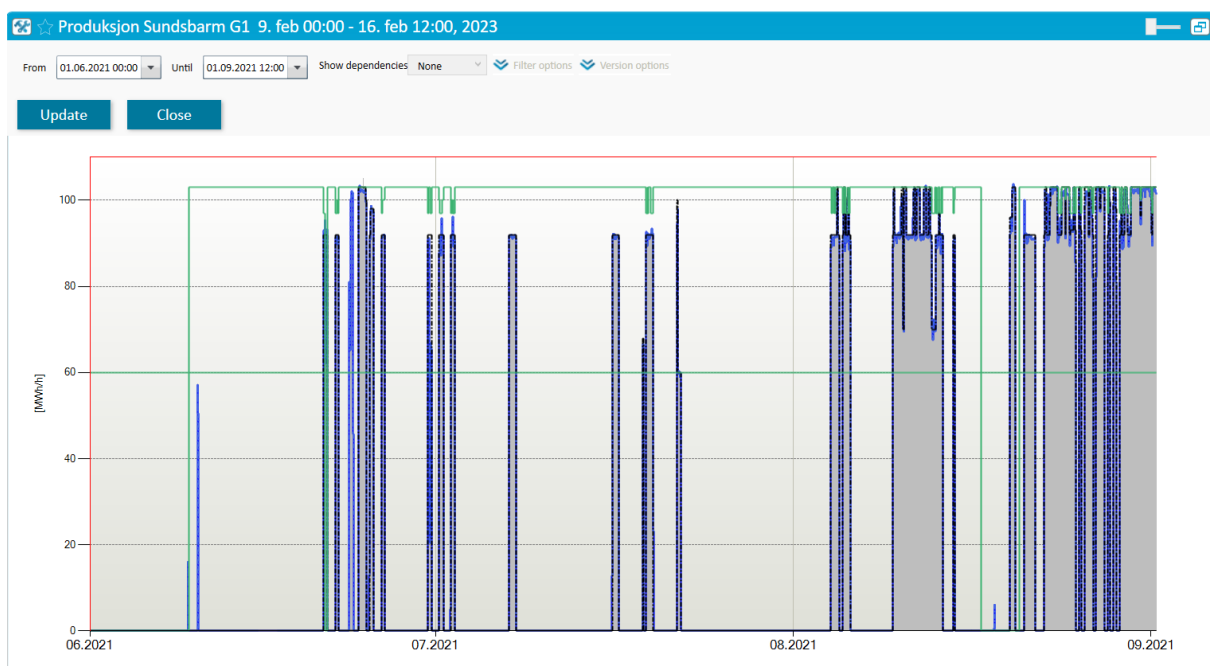
- Primærreserve er regulering som følge av endring i frekvensen og statikkinnstillingen på kraftverket, og regulerer hyppig med mindre effektendringer (Sundsbarm 3 til 6 MW opp og ned).
- Sekundærreserve, aFRR, er reguleringer på roterende maskiner som ligger med en grunnlast, og endringene blir styrt av en sentral regulator (LFC) direkte til driftssentralene og kraftverket:
  - Francisaggregat (Sundsbarm), gir ca. +/- 20 – 30 %, dvs. 40 – 60 % av det totale driftsområdet til kraftverket.
  - Peltonaggregat gir opptil +/- 40 % regulering, totalt 80 % av driftsområdet kan bli brukt til regulering.
- Tertiærregulering er tradisjonell «Regulerkraft» som tidligere ble aktivert etter pris og pr telefon til driftssentralen. I dag blir aktiveringen sendt ut med elektronisk sending og akseptert på driftssentralene som sender signalet til aktuell generator som skal reguleres. Det er tre ulike typer aktivering:
  - Ordinær regulering av mFRR (manuell frequency restorage reserve) til markedspris som blir satt av den beste prisen som det aktiveres til.

- Spesialregulering, som aktiveres til den pris som aktuelle kraftverk er bydd inn på, og som ofte er gitt av flaskehalsen i nettet eller lokale behov.
- Kvartersregulering aktiveres ofte i timeskiftovergangene fra/til planverdi, planverdi som gir start eller stopp påvirkes ved at oppstart/stopp utsettes et kvarter eller starter/stoppes et kvarter før planen.

Produksjonen i Sundsbarm kraftverk meldes i dag primært i spotmarkedet, «Regulerkraft» og aFRR-markedet. Med minimumseffekt på 60 MW, kan Sundsbarm delta med +/- 20 MW i aFRR-markedet slik at produksjonen varierer i området 60-103 MW. Det vil si at driftsvassføringen varierer i området 14,5 m<sup>3</sup>/s – 24 m<sup>3</sup>/s gjennom de timene som Statnett har kjøpt kapasitet. I RK-markedet kan kraftverket både meldes helt til stopp eller ned til 60 MW, eller tilsvarende aktiveres fra stillstand og i området 60 MW til 103 MW.

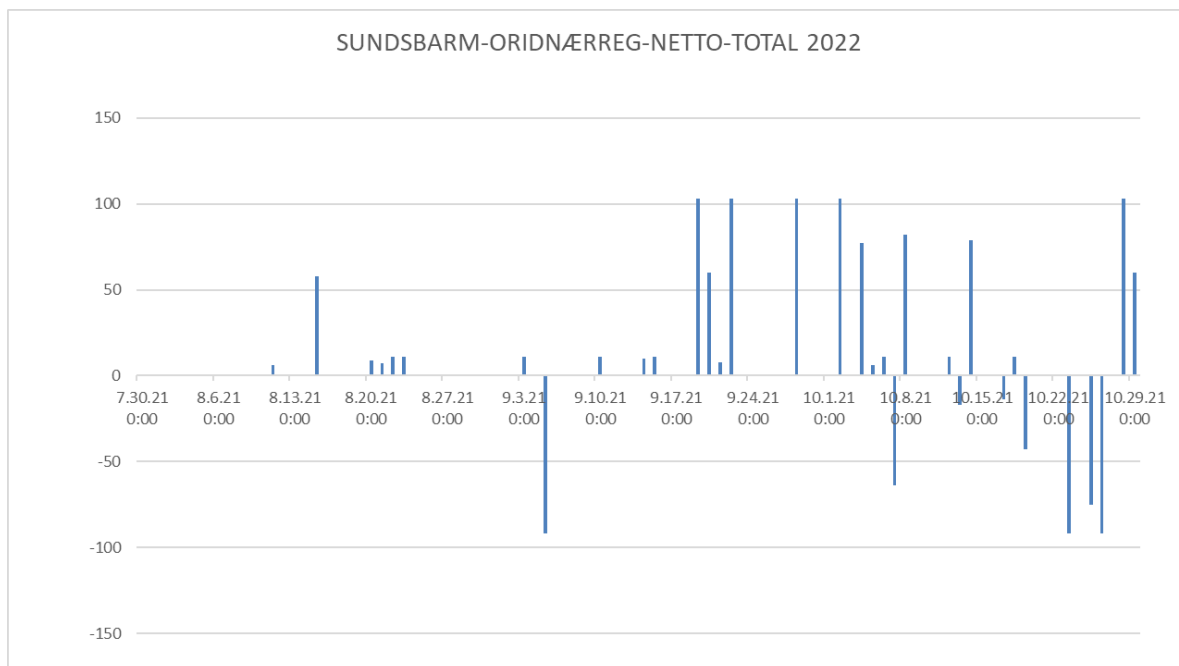
I kalde perioder når man må ta hensyn til isproblematikk i Bølva og kraftverket må kjøres jevnt, begrenses muligheten for å levere systemtjenester fra Sundsbarm kraftverk. Kraftverket blir tatt ut av Regulerkraftmarkedet i slike perioder for å unngå ujevn vassføring. Figur 3 viser et eksempel på kjøremønster fra juni til september 2021. Perioden omfatter tørre perioder som man også måtte produsere for å fylle etter med vann til Seljordsvatnet og minstevassføring fra Hagadrag. Man ser her at det er solgt balansetjenester i deler av de periodene som man produserer på sommeren for minstevassføring ved Hagadrag.

I tørre perioder når det er behov for en viss mengde vann for å sikre minstevassføring, kan det også være nødvendig produsere for å dekke kravet til minstevassføring i Bølva. Da er det mulig å delta i balansemarkedene i perioder når en må produsere.



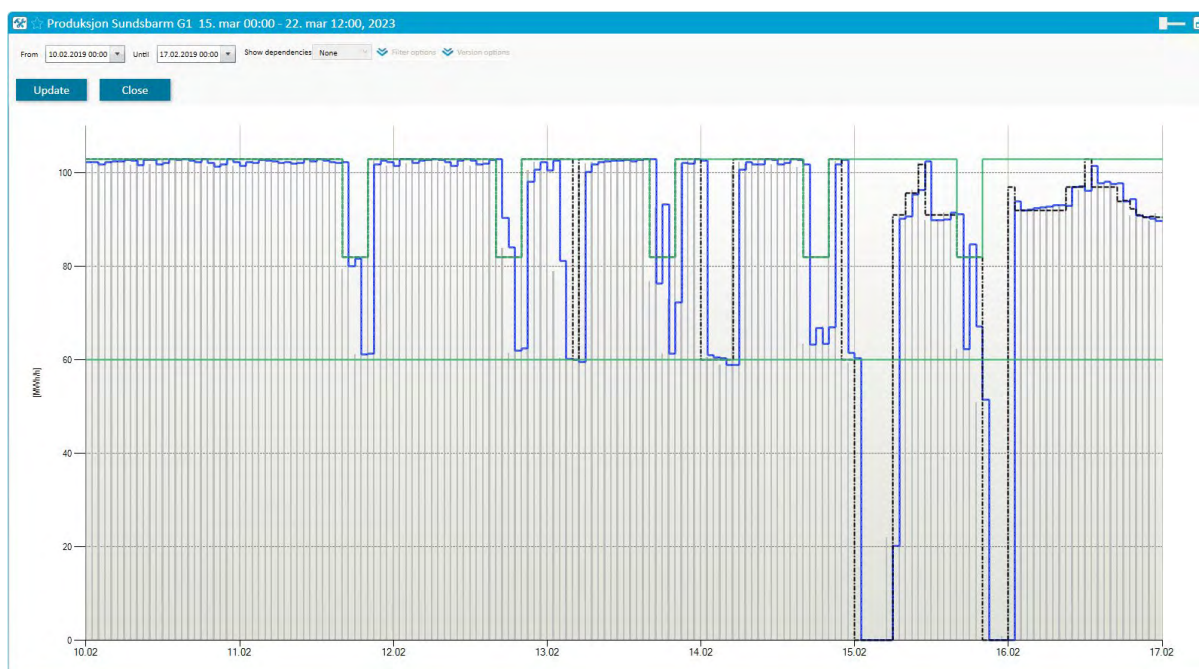
Figur 3: Eksempel på kjøremønster i perioden juni til august 2021. Dette omfatter tørre perioder som man også måtte produsere for å fylle etter med vann til Seljordsvatn og minstevassføring fra Hagadrag.

Figur 4 viser et eksempel på hvordan Regulerkraft har vært aktivert i Sundsbarm kraftverk med manuelle aktiveringer pr telefon i 2021.



Figur 4: Eksempel på regulerkraft aktivert opp eller ned i Sundsbarm kraftverk. Merk at dette ikke gir et riktig bilde av kjøremønsteret, som vil være mye jevnere og periodevis produksjon.

Figur 5 viser et eksempel på regulering i aFRR-markedet hvor det er benyttet kapasitet 20 MW opp og ned i en firetimers periode på kveld. Dette viser hvordan Sundsbarm kan bli regulert av LFC-regulator hos Statnett. Det er aktiveringer av kapasiteten (+/- 20 MW) som er solgt i aFRR-markedet.

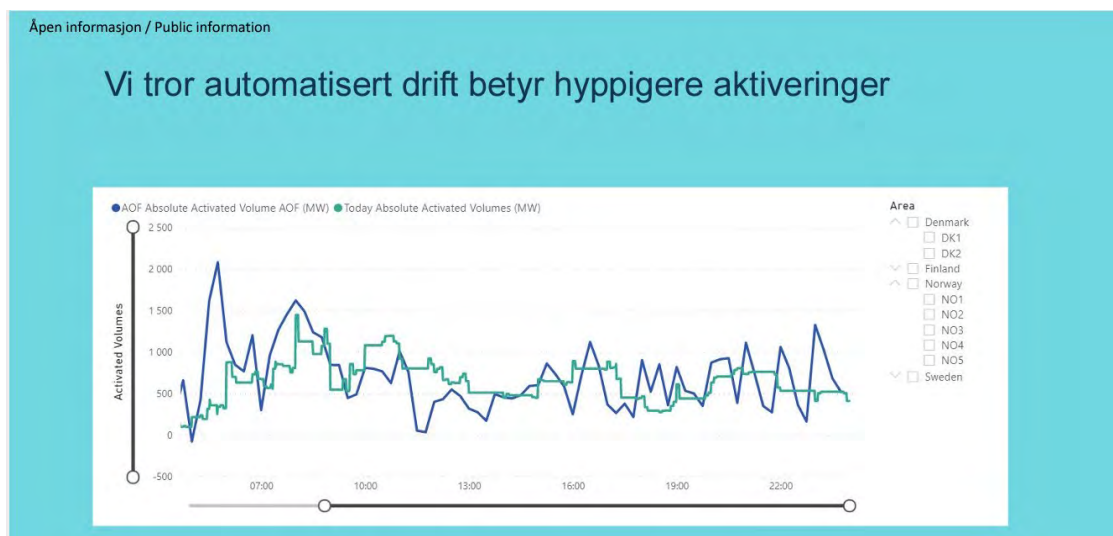


Figur 5: Eksempel på regulering i aFRR markedet, hvor en kapasitet på 20 MW opp og ned er benyttet i en firetimers periode på kveldstid.

### 3.2.3 Nytt «Regulerkraft-marked» – mFRR EAM

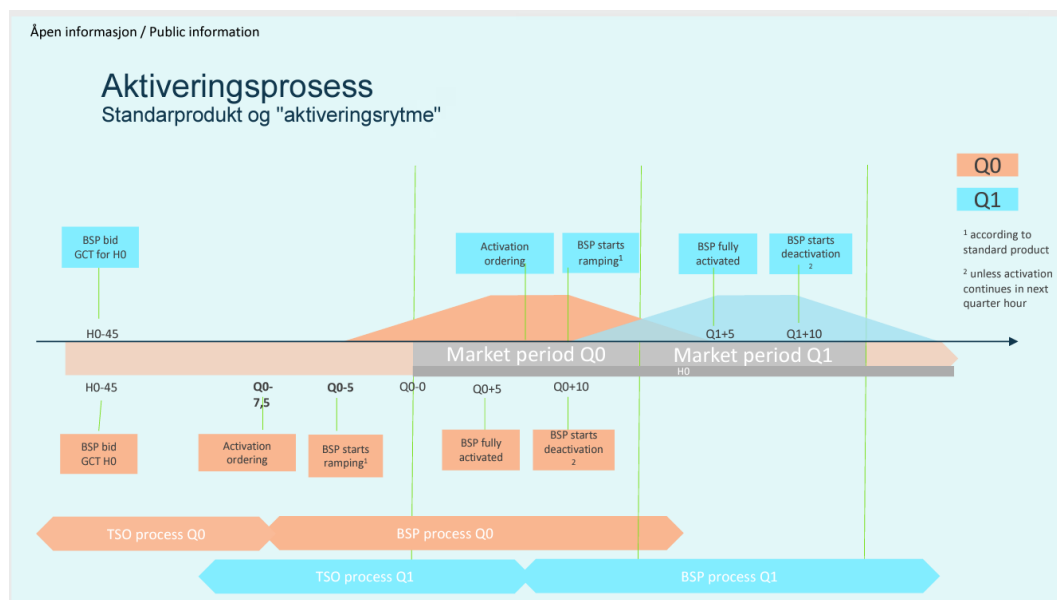
mFRR EAM, (manual Frequency restorage reserves Energy Activation Market) skal erstatte RK-markedet. RK-markedet er under utvikling, og det blir regulert pr. i dag ved elektronisk bestilling som kan gi hyppige bestillinger med både små og store volum med kort varighet, dette gir signal om

hvordan det nye markedet kommer til å bli. mFRR EAM er nå under utvikling og startes opp i løpet av 2023.



Figur 6: Fra Statnett sin vurdering av nytt marked.

mFRR EAM blir aktivert automatisk med minimum et kvarter og opplasting og nedlasting vil skje som Figur 7 viser, det vil si at alt som blir anmeldt må kunne leveres etter den profilen som er angitt. Dersom det er tekniske forhold på kraftverket eller andre fysiske forhold i vassdraget som krever tilpasset drift, må dette hensyntas ved anmelding av volum og varighet. Stoptid, oppstarttid og svingninger i vannveien må hensyntas, slik at vannveien blir stabil, eller aggregatet blir startklart før ny aktivering kan skje. Effekten som anmeldes kan være fra stillstand til maks last, fra maks last til stopp, eller til tomgang (0 MW). Det er ikke adgang til å legge inn begrensninger på minimum varighet, fordi når behovet opphører vil aktiveringen bli avslutta.



Figur 7: mFRR EAM markedet slik det beskrives av Statnett.

Sundsborn kraftverk har som tidligere nevnt begrenset reguleringsområde, og reguleringen må foregå mellom 60 MW og 103 MW, eller ned til stopp. Det er altså ingen mulighet for Sundsbarn kraftverk å regulere ned til lavere laster eller tomgang. Nye markeder styres med automatikk og

aktiveres med kvartersoppløsning etter egen profil (Figur 7). Profilen opplastes til aktivert effekt 5 minutt før kvarteret starter og laster opp jevnt i 10 minutter, kjører aktivert effekt i 5 minutter og laster ned tilbake til plan i løpet av 10 minutter med mindre man får en fortsatt aktivering.

Dette vil gi en jevnest mulig regulering på et kvarter, men kan gi hyppig regulering med korte intervaller. For Sundsbarm kraftverk gjelder 4 minutt tid til oppstart, og 15 minutter stopptid. Dette krever hviletid på 15 minutter, noe som betyr at det går en halv time fra stopp til ny aktivering, og aggregatet/vannveien er klar for ny regulering.

## 4 Tekniske muligheter i Sundsbarm kraftverk (spørsmål 1, 2, 4 og 5)

### 4.1 Eksisterende maskin

Turbinen i Sundsbarm Kraftverk er en vertikal Francis, med nominell fallhøyde på 460 mVS, nominell effekt på 103 MW og turtall på 500 o/min. Løpehjulet er produsert og installert i 1970 og er 53 år gammelt.

Det er målt virkningsgrad for løpehjulet 3 ganger i løpet av levetiden, og resultatene fra disse har vært bestemmende for ønsket driftsområde, for å optimalisere vannforbruket. Best virkningsgrad oppnås ved ca 90 MW, og virkningsgraden synker med 2% ved kjøring på 60 MW. Vassføringen ved 60 MW er ca 14,5 m<sup>3</sup>/s, avhengig av vannstand i Sundsbarmvatn. Siden idriftsettelsen har driftsområdet for kraftverket vært begrenset til å ligge mellom 60 -103 MW, både av hensyn til levetid for løpehjulet og virkningsgrad/ressursutnyttelse.

For Francis turbiner er det vanlig at det i lavlastområdet kan oppstå ustabil vannstrømning og dermed vibrasjoner og større belastninger for løpehjulet. Det er derfor normalt å unngå drift ved lav last og opp til 30-40% av nominell last. Norconsult foretok i 2022 vibrasjonsmålinger som viser at drift under 45 MW bør unngås.

Løpehjulet har gått langt over levetiden sin, fordi det har blitt driftet i ett gunstig driftsområde. Endringer av driftsmønster på dagens løpehjul frarådes.

### 4.2 Nytt løpehjul - løsning og kostnader

Dagens moderne løpehjul kan ha et driftsområde som er adskillig utvidet i forhold til eldre løpehjulsdesign. Nye moderne løpehjul har også ofte bedre virkningsgrad. Skagerak kjenner til at det er levert løpehjul til to kraftverk som er nær Sundsbarm i fartstall (Forhold mellom vannmengde og fallhøyde som bestemmer formen på løpehjulet), hvor begge går pent fra lav til 100% last. Dette gjelder Trollheim Kraftverk, Statkraft og Usta Kraftverk, Hafslund-Eco.

Skagerak har sett på muligheten for å erstatte eksisterende løpehjul. Dette vil kunne åpne opp for en annen bruk av kraftverket enn i dag ved å kunne utvide mulig driftsområde, med et bruksområde mellom ca. 13,5 MW og 103 MW. Framtidige driftsvassføringer vil kunne være fra ca. 4,2 m<sup>3</sup>/s og oppover. Virkningsgraden vil fortsatt være best innenfor dagens foretrukne driftsområde. Drift på vassføringer under 4,2 m<sup>3</sup>/s kan også vise seg å være mulig med et nytt løpehjul. En slik bruk av løpehjulet må imidlertid testes ut i samarbeid med aktuell leverandør før en kan konkludere med at en slik drift er teknisk mulig/forsvarlig. Virkningsgraden vil i så fall bli svært lav.

Installasjon av nytt løpehjul vil innebære full turbinrehabilitering, for klargjøring for nye 30 år med sikker drift. Ett nytt løpehjul og oppgraderte ledeskovltetninger og spaltinger vil medføre økt virkningsgrad og dermed økt produksjon. Budsjettpris er 25 MNOK, og med økt virkningsgrad har Skagerak konkludert med at dette har positiv nåverdi. Gammelt løpehjul vil trolig kunne stå seg i 10 år til, og hjulbyttet utgjør en framskyndet reinvestering.

### 4.3 Nytt aggregat 2

Kraftstasjonen ble i sin tid bygget med plass for to aggregater og vannvegen er dimensjonert for inntil 160 MW. Opprinnelig konsesjon for Sundsbarm kraftverk var for en slik løsning. I brev av 27.09.1966, godkjenner industridepartementet en planendringssøknad fra Sundsbarm kraftverk DA datert 23.06.1966, for en reduksjon av installert effekt til dagens løsning med ett aggregat. Dette er tidligere beskrevet i vårt notat av 15.05.2018 hvor vi kommenterte innkomne uttalelser ved NVEs høring av vilkårsrevisjonsdokumentet.

Statnett SF har tidligere, senest i 2006-2007, bedt SK om å se på muligheten for å sette inn ett ekstra aggregat for å styrke kraftforsyningen og tilgjengelige effektreserver (RKOM), og det ble fremforhandlet et avtaleutkast mellom SK og Statnett for bygging av et nytt aggregat 2. Sentrale energistyresmakter har altså helt fra behandlingen av konsesjonssøknaden, hvor Sundsbarm kraftverk blir beskrevet som et «topplastverk», og frem til i dag hatt et ønske om økt effektinstallasjon i Sundsbarm kraftverk. SK har imidlertid ikke så langt funnet lønnsomhet i en slik effektutvidelse, bl.a. som følge av endring i grunnrenteskattereglene i 2007.

Behovet for regulerbarkraft og effekt i samfunnet er økende, og vi har de siste årene sett på lønnsomheten ved å installere et nytt aggregat 2 på inntil 60 MW i Sundsbarm. Et nytt aggregat 2 vil øke vassføringen gjennom kraftverket med inntil 14 m<sup>3</sup>/s, fra ca. 24 m<sup>3</sup>/s i dag til ca. 38 m<sup>3</sup>/s. Driftstiden for Sundsbarm vil kunne reduseres fra 4000 til ca. 2700 h/år.

Med installasjon av ett nytt moderne aggregat 2 med ytelse inntil 60 MW kan hele driftsområdet, 0 til 60 MW kunne benyttes. Dette tilsvarer vassføringer fra ca. 2 til 14 m<sup>3</sup>/s. Bestpunkt for en slik maskin vil ligge i området 50 – 55 MW. Sundsbarm kraftverk vil da kunne driftes i hele driftsområdet fra ca. 2 til inntil 38 m<sup>3</sup>/s med begge aggregatene i drift.

Forholdene ligger godt til rette for effektutvidelser inntil ca. 60 MW, i det både stasjon og vannveg er bygd for et aggregat 2. SK ser at det kan være mulig å få til lønnsomhet ved en slik utvidelse i et fremtidig kraftmarked og ønsker å vurdere denne muligheten nærmere og eventuelt legge frem en sak for konsesjonsbehandling. Modeller og analyser som benyttes, beskrives og er utarbeidet i forbindelse med utarbeidelsen av dette notatet, se spesielt kap. 6, vil bli benyttet og videreutviklet i det videre arbeidet.

I spørsmål 5, jfr. kap. 2.1 spør NVE om hva som vil bli kostnadene ved å etablere en omløpsløsning i forbindelse med etablering av et nytt aggregat. Som nevnt i kap. 4.6 ser ikke SK behov for etablering av slike løsninger. Kostnadene ved å etablere omløpsløsninger er langt lavere dersom det kan gjøres i forbindelse med etablering av nye aggregat.

### 4.4 Nytt aggregat 2 med pumpemuligheter

Som nevnt i kap. 4.3 vurderer SK å installere et nytt aggregat på inntil 60 MW i Sundsbarm. I arbeidet med å vurdere et nytt aggregat 2 på inntil 60 MW har en også vurdert et konsept hvor en pumper vann fra Seljordsvatn/Vallaråi opp til Sundsbarmvatn ved at nytt aggregat 2 etableres med pumpemuligheter.

Dette kan gjøres ved å etablere en tunnel på ca. 2,5 km fra Seljordsvatn sør-øst for sentrum og inn under avløpstunellen fra Sundsbarm kraftverk. Her må en etablere en pumpeinstallasjon for å løfte vann fra nivået i Seljordsvatn på ca. 115 moh med inntil ca. 10 m. Nødvendig effekt for pumping av 14 m<sup>3</sup>/s vil være ca. 1,5 MW. Lønnsomhet av en slik endring av anleggsegenskapene til kraftverket vil være at det vil være tilgjengelig en større energimengde i magasinet over året enn uten pumping og med en forventning om at kraft vil være tilgjengelig til lav pris i perioder med høy uregulerbar kraftproduksjon.



Konseptet vil påvirke vassføringen i Vallaråi fra Lakshøl til Seljordsvatn når en pumper. Pumpeinstallasjonen vil imidlertid kunne brukes for å heve lavvassføringen i elva ved pumping av for eksempel 1 – 3 m<sup>3</sup>/s opp i avløpet og la denne vannmengden renne tilbake i elva og med i størrelse 2 – 400 kW kan en da holde vassføringen i elva i de forlengede periodene hvor kraftverket står eller pumper. Det vil også være mulig å slippe hele eller deler av vassføringen fra produksjonen ut i Seljordsvatn gjennom pumpetunellen.

Muligheten for å kombinere et nytt aggregat 2 med pumpeløsninger er fortsatt på idéstadiet. Idéen vil inngå som et alternativ i det videre arbeidet med å vurdere lønnsomhet, fordeler og ulemper ved installasjon av et nytt aggregat 2, jfr. kap. 4.3.

#### 4.5 Markedsmessige muligheter med ny maskinpark

##### **Nytt løpehjul**

Nytt løpehjul gir mulighet for å drifte med et langt større driftsområde ca. 13 MW-103 MW, tilsvarende fra ca. 4,2 m<sup>3</sup>/s til 24 m<sup>3</sup>/s.

Det nye løpehjulet vil på samme måte som det som det gamle bli benyttet for å optimalisere kraftproduksjonen, dvs. minst mulig vannforbruk pr. produsert energienhet. Drift på lavere lastområder gir produksjonstap og vil dermed begrense lønnsomheten ved å levere systemtjenester. Drift av kraftverket for å levere systemtjenester på lavere lastområder vil derfor være avhengig av høy betalingsvilje i markedet og dermed begrense denne type leveranser.

Nytt løpehjul med større driftsområde gir muligheter i mFRR EAM markedet, dersom man byr inn i markedet nedregulering fra 103 til ca. 13,5 MW. Da kan vi regulere ned lasten med ca. 90 MW (43 MW i dag) og opp igjen uten stopp. Det gir mulighet til å unngå at man får stopptid og oppstartstid når man regulerer. Å kunne kjøre ned til 13,5 MW, eller tomgang gir en fin mulighet til å delta i mFRR EAM markedet på nedregulering fordi aktiveringsprosessen er automatisk og med korte tidsmarginer. Frem til nå har tidsmarginene vært innenfor et kvarter.

##### **Nytt aggregat**

Med installasjon av ett nytt moderne aggregat 2 med ytelse inntil 60 MW, kan nesten hele driftsområdet fra 0 til 60 MW benyttes. Dette tilsvarer vassføringer fra ca. 2 til 14 m<sup>3</sup>/s. Bestpunkt for en slik maskin vil ligge i området 50 – 55 MW. Sundsbarm kraftverk vil da kunne produsere i hele driftsområdet fra ca. 2 til inntil 38 m<sup>3</sup>/s, tilsvarende opp til ca. 160 MW, med begge aggregatene i drift. Mulighetene for å kunne levere effekt og systemtjenester vil dermed bli kraftig utvidet i hele effektområdet. Kraftverket vil da kunne driftes med akseptabel/god virkningsgrad på de fleste lastområdene, med unntak av de aller laveste vassføringene/lastområdene.

##### **Nytt aggregat med pumping**

Mulighetene for å levere systemtjenester vil i utgangspunktet stort sett være de samme som ved å sett inn ett nytt aggregat.

Forretningsidéen er å pumpe vann fra Seljordsvatn/restfeltet i perioder med godt tilsig og lav etterspørsel i markedet og å spare dette vannet i Sundsbarmvatnet til perioder med større etterspørsel. En vil også kunne bidra med leveranse av større volum effekt tjenester enn i dag i perioder hvor markedet/samfunnet etterspør denne type tjenester.

Pumping vil oftest foregå i perioder med mye vassføring i restfeltet og/eller høy vindkraftproduksjon fordi det da ofte vil være lave priser i markedet. Bruken av en slik pumpe må avstemmes med miljøkrav i Vallaråi og Bøelva, herunder minstevassføring.

Pumpen vil teoretisk også kunne brukes for å levere systemtjenester. SK vil understreke at muligheten for å etablere et aggregat med pumpemuligheter er på idéstadiet. SK vil se nærmere på denne muligheten i forbindelse med vurdering av et nytt aggregat 2 i Sundsbarm.

#### 4.6 Omløpsløsninger (spørsmål 4 og 5)

Hensikten med å installere omløpsløsninger i vannkraftverk er å hindre raske vannstandsreduksjoner ved utfall av kraftverk. Utfall av kraftverk kan ha flere årsaker, blant annet teknisk svikt i anlegg, elektriske feil på nett, ekstreme værforhold, lynnedslag, blokkering av inntak (f.eks. is, drivved), eller menneskelige feil. Hovedhensikten er å unngå at fisk eller andre vannlevende arter strander i grunne områder når vannstanden i elva synker unaturlig raskt.

I Sundsbarm kraftverk er det for perioden 2006 til 2022 registrert kun syv utfall med varighet en til 17 timer (median tre timer) fordelt på vinter (79%) og sommer (21%). Ved utfallene varierte restvassføringer i Vallaråi mellom 1,6 m<sup>3</sup>/s (varighet to timer) til 6,4 m<sup>3</sup>/s (varighet 17 timer).

Sundsbarm kraftverk er et stabilt anlegg med lite eller ubetydelig ikke-planlagt utetid. Disse driftserfaringene tilsier at det ikke er behov for å installere omløpsløsninger i Sundsbarm kraftverk. Vi vi også påpeke at de få registrerte utfallene stort sett har skjedd på vinteren, når resttilsig har motvirket tørrlegging av elvebunn og dermed gitt lite eller ingen negativ påvirkning på vannmiljø.

Antatt miljøkonsekvens av dette er lite eller begrenset grunnet lite tørrlagt areal i elven ved resttilsig og/eller kort varighet, jfr. kap 6.2. I og med at Skagerak vurderer at nytteverdiene ved å etablere nye omløpsløsninger i Sundsbarm kraftverk vil være minimal har vi ikke sett på hvordan dette kan etableres i praksis og hvilke ombygninger og installasjoner (f.eks. omløpsventil) som kan være aktuelle. Erfaringer fra tilsvarende verk er at dette er kompliserte og kostbare løsninger. I kritiske situasjoner kan en kjøre aggregatet i tomgang som vil gi 1 – 2 m<sup>3</sup> uten nettilkobling. Beredskapsklassen for Sundsbarm kraftverk setter krav til reservekraftaggregat for å holde nødvendig driftsutstyr i gang.

## 5 Om vassføring og temperaturforhold i Vallaråi (spørsmål 1 m.fl.)

### 5.1 Restfelt - egenskaper

Vallaråis restfelt og dets egenskaper er grundig beskrevet i tidligere innsendt materiale, jfr. kap. 2.1.

Lakshølfossen utgjør et naturlig vandringshinder for fisk i Seljordsvatn som benytter Vallaråi som gyteområde. Sundsbarm kraftverk har avløp i Lakshøl like nedenfor fossen.

Sundsbarm kraftverk har inntak i et stort inntaksmagasin, Sundsbarmmagasinet på ca. 8,7 km<sup>2</sup>, 612,2 moh., med avløp i Seljordsvatn på ca. 16,6 km<sup>2</sup>. Vannstanden i magasinene blir av denne grunn i liten grad påvirket av "topplastkjøring". Som nevnt i kap.3 var det en forutsetning for reguleringskonsesjonen at SK skulle bygges for topplastkjøring, hovedsakelig om vinteren men også om sommeren.

**Tabell 1** viser vassføringen i Lakshølfossen før og etter utbyggingen av Sundsbarm og Hjarthøla kraftverk. Som vi ser, er restvassføringen i dag om lag halvparten av hva vassføringen hadde vært uten reguleringer/overføringer.

**Tabell 1** Vallaråi ved innløpet til Lakshølfossen. Naturfelt før og etter utbygging av Sundsbarm kraftverk.

	Feltareal (km <sup>2</sup> )	Årsmiddel (m <sup>3</sup> /s)	Al. lav. vf. (m <sup>3</sup> /s)	5-pers, år (m <sup>3</sup> /s)	5-pers, som (m <sup>3</sup> /s)	5-pers, vinter (m <sup>3</sup> /s)
Før reg.	514,9	16,27	1,47	1,36	1,44	1,30
Etter reg.	245,2	7,73	0,76	0,70	0,77	0,65

**Tabell 2** viser vassføringen i Vallaråi like etter avløpet fra Sundsbarm kraftverk.

**Tabell 2** Vallaråi ved avløpet til Sundsbarm kraftverk. Naturfelt før og etter utbygging av Sundsbarm kraftverk.

	Feltareal (km <sup>2</sup> )	Årsmiddel (m <sup>3</sup> /s)	Al. lav. vf. (m <sup>3</sup> /s)	5-pers, år (m <sup>3</sup> /s)	5-pers, som (m <sup>3</sup> /s)	5-pers, vinter (m <sup>3</sup> /s)
<b>Før reg.</b>	514,9	16,27	1,47	1,36	1,44	1,30
<b>Etter reg.</b>	245,2	19,34	1,20	1,37	0,95	2,20

På strekningen mellom Lakshøl og Seljordsvatn er elveløpet godt definert med bratte elvekanter og flat elvebunn, jfr. bildene på Figur 8, Figur 22 og Figur 23.



*Figur 8* Vallaråi fra Sundsbarm kraftverk til utløp i Seljordsvatn. Bilder hentet fra HIT skrift nr. 4/2011.

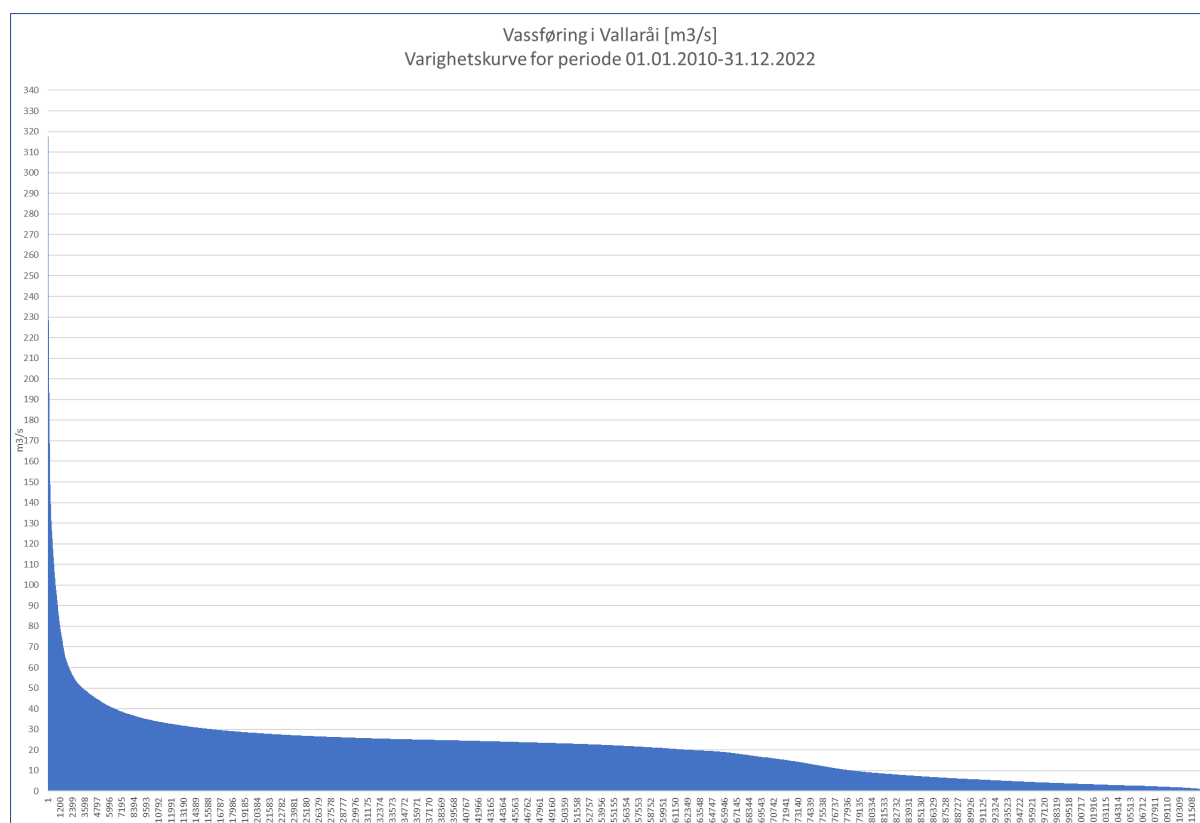
Elveløpet er godt egnet for å håndtere varierende vannmengder fra Sundsbarm kraftverk. I perioder med liten vassføring i restfeltet vil det kunne bli liten vassføring i Vallaråi når det ikke er produksjon ved Sundsbarm kraftverk. Perioder med lav vassføring var også vanlig før utbyggingen av Sundsbarm

kraftverk, jfr. [Tabell 1](#). I kap. 6 redegjør vi nærmere for arbeidet med å bedre kunnskapen om bl.a. vanddekt areal ved ulike vassføringer.

## 5.2 Sundsbarm kraftverk og Vallaråi – vassføringsforhold

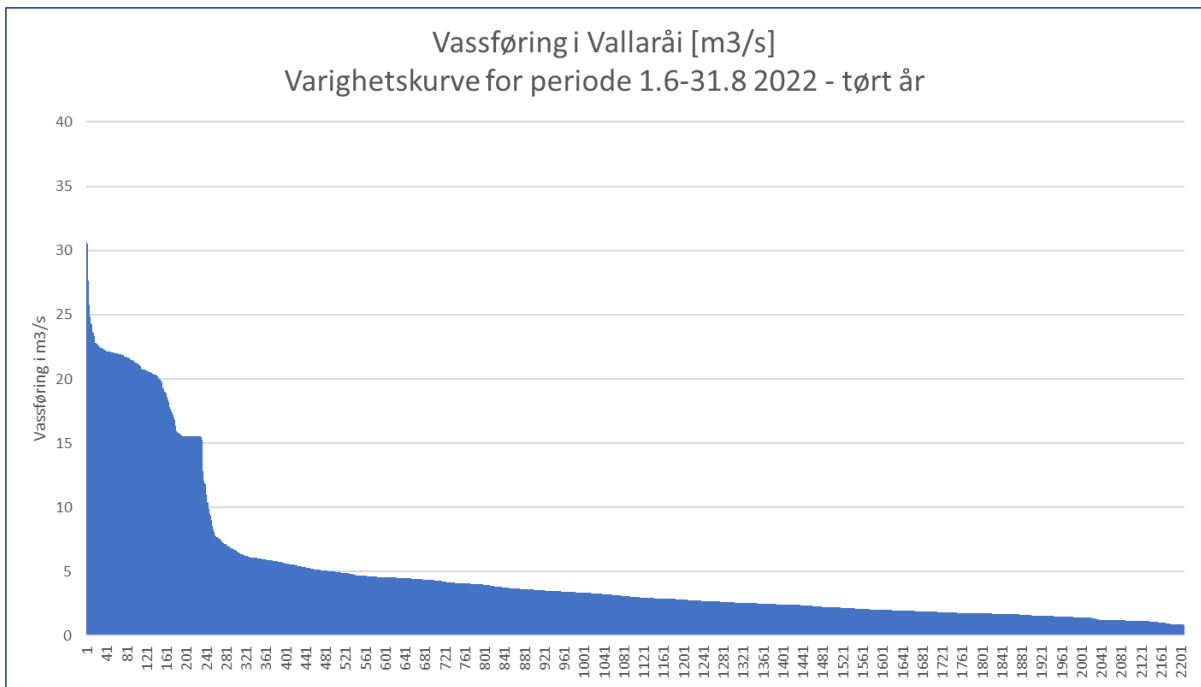
Vassføringen i Vallaråi mellom avløpet til Sundsbarm kraftverk og Seljordsvatnet er som tidligere beskrevet påvirket av vann fra restfeltet, slipp av minstevassføring, eventuelt flomtap fra Sundsbarmvatn og bekkeinntakene, samt produksjonsvassføring fra Sundsbarm kraftverk.

I Figur 9 vises varighetskurve for målt vassføring i Vallaråi i perioden 01.01.2010 til 31.12.2022.

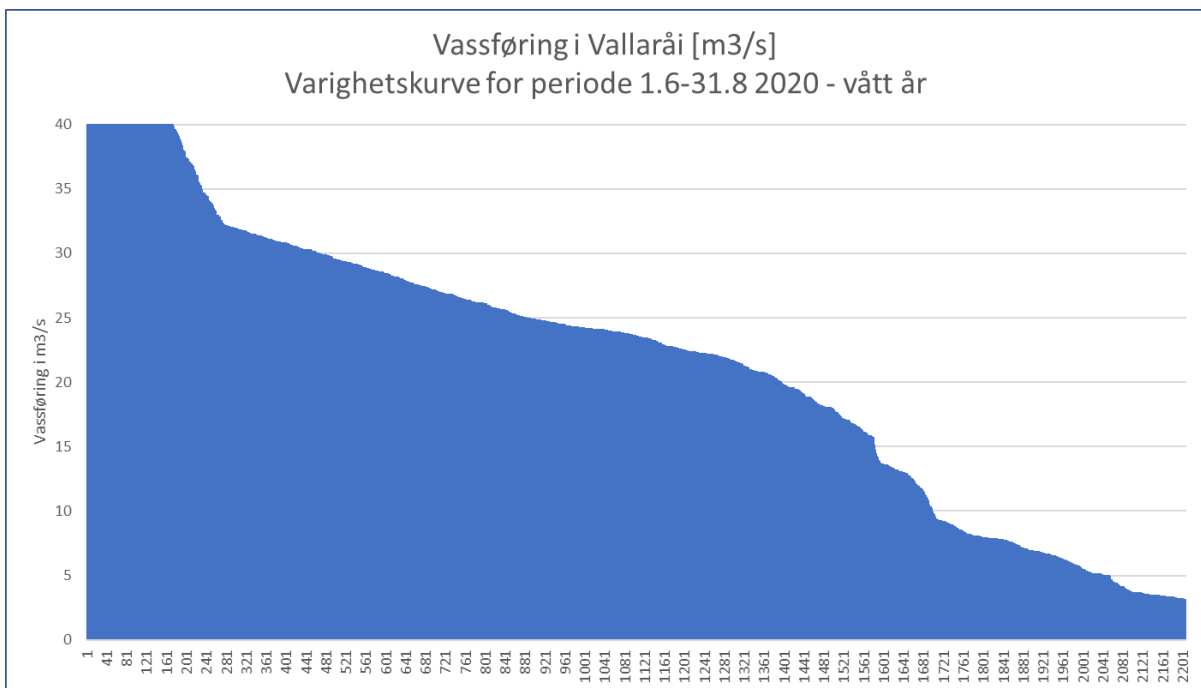


Figur 9 Varighetskurve med timesverdier for målt vassføring i Vallaråi ndf. Sundsbarm kraftverk i perioden 01.01.2010-31.12.2022.

I Figur 10 og Figur 11 har vi lagt varighetskurver for en tørr sommer (2022) og en våt sommer (2020). Den laveste målingen sommeren 2022 var på 0,83 m<sup>3</sup>/s. Sommeren 2020 var laveste målte verdi 3,18 m<sup>3</sup>/s. Den laveste målte verdien i perioden fra 01.01.2010 til 31.12.2022 ble målt 28.07.2018 og var på 0,63 m<sup>3</sup>/s. Det må påpekes at det var ønskelig begrense produksjonen i 2022 på grunn av lavt tilsig til Sundsbarmmagasinet og ressursituasjonen i Norge, og all kraftproduksjonen i Sundsbarm var for å sikre minstevassføringskravet i Bøelva.

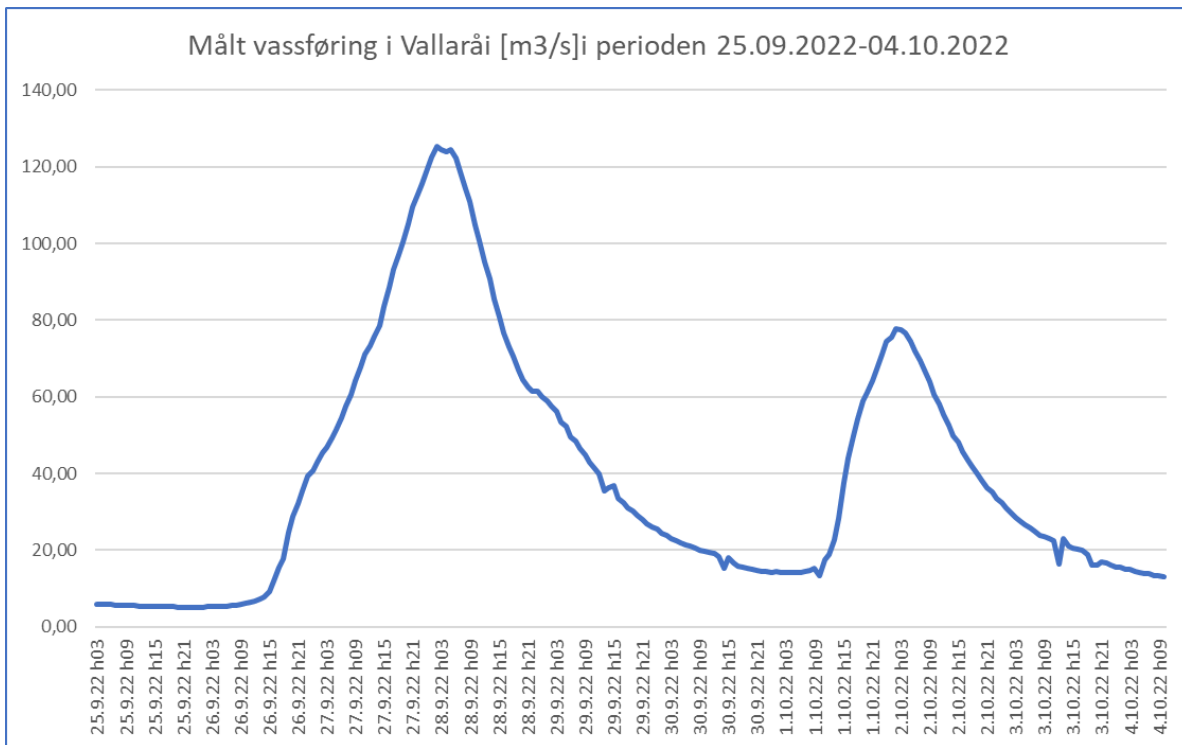


Figur 10 Varighetskurve med timesverdier for målt vassføring i Vallaråi ndf. Sundsbarm kraftverk i perioden fra 1. juni til 31. august 2022 (tørt år).



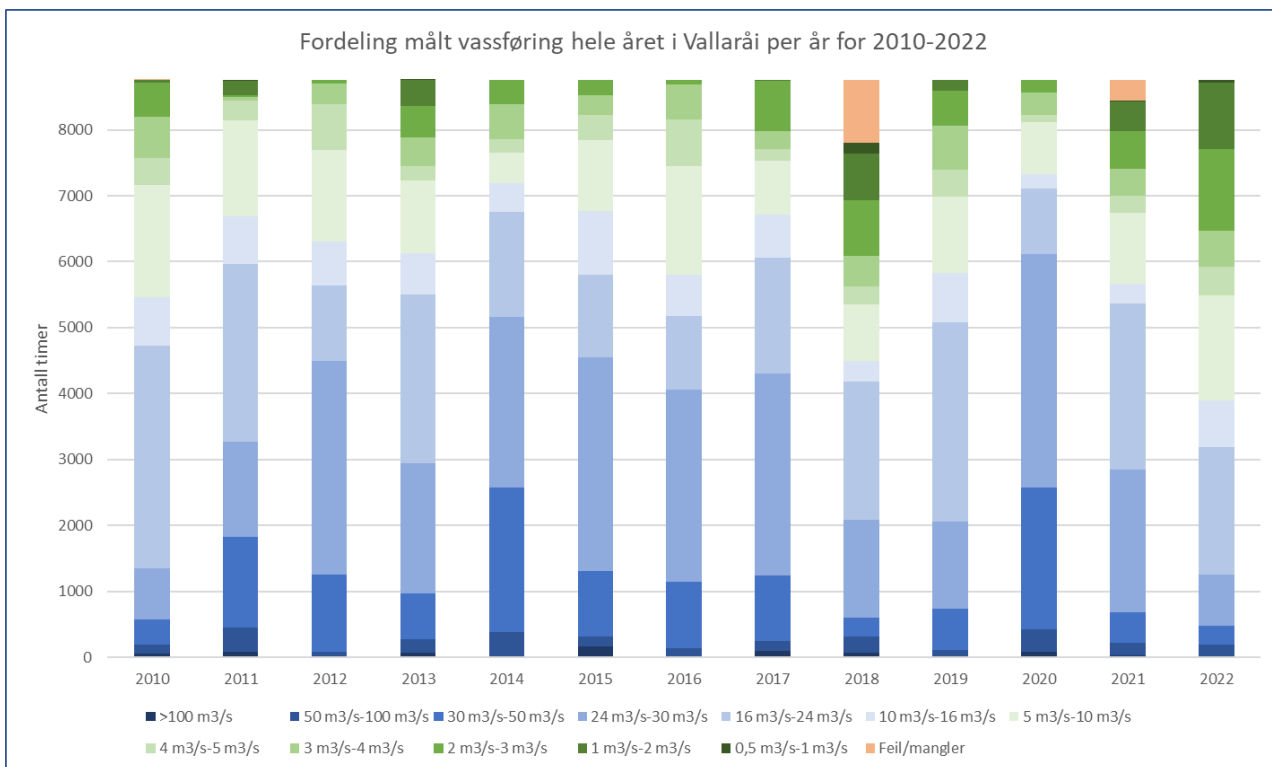
Figur 11 Varighetskurve med timesverdier for målt vassføring i Vallaråi ndf. Sundsbarm kraftverk i perioden fra 1. juni til 31. august 2020 (vått år).

Vassføringen varierer når Sundsbarm kraftverk starter, stopper eller regulerer produksjonen, men vi ser også at vassføringen stiger raskt i perioder med mye nedbør og høyt tilsig til restfeltet. Tilsvarende kan vassføringen synke raskt når tilsiget er på retur. Et ferskt eksempel på dette hadde vi i månedsskiftet september/oktober 2022. Som vist i Figur 12 ser vi vassføringen økte fra om lag 5 m<sup>3</sup>/s til over 120 m<sup>3</sup>/s på under to døgn. I denne perioden var det ingen produksjon i Sundsbarm kraftverk slik at endringen i vassføring viser eksempel på hvor fort vassføringen i restfeltet kan endre seg.



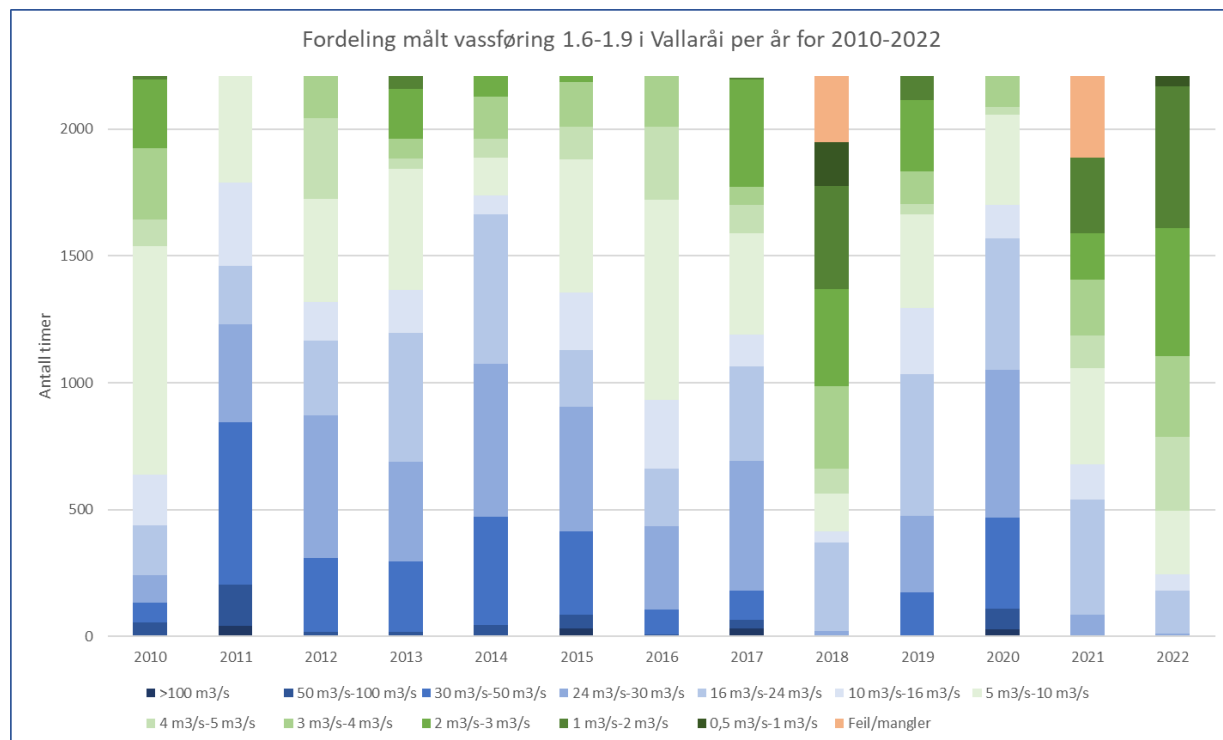
Figur 12 Målt vassføring i Vallaråi i månedsskiftet september/oktober 2022. Sundsbarm kraftverk hadde ingen produksjon i denne perioden.

Figur 13 viser hvordan målt vassføring i Vallaråi fordeler seg i størrelse gjennom årene 2010-2022. Vi ser at det er store forskjeller fra år til år. I 2020 var vassføringen  $> 5 \text{ m}^3/\text{s}$  i over 8000 av årets 8760 timer, mens i 2022 var vassføringen lavere enn  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  i over 3000 timer. I 2014 var vassføringen  $> 24 \text{ m}^3/\text{s}$  i over 5000 timer av året.



Figur 13 Fordeling av målt vassføring i Vallaråi per år i perioden 2010-2022.

Figur 14 viser tilsvarende oversikt over målte timesverdier i sommerperioden 1.6.-1.9. for årene 2010-2022. Her kommer det enda tydeligere fram hvor store variasjoner det er i vassføringen i Vallaråi om sommeren fra år til år. I 2018 og 2022 var det mange timer med vassføring under 3 m<sup>3</sup>/s, mens det i 2011 var ingen målinger av vassføring under 5 m<sup>3</sup>/s. I årene 2011, 2016 og 2020 viste ingen målinger under 3 m<sup>3</sup>/s i perioden 1. juni til 31. august.

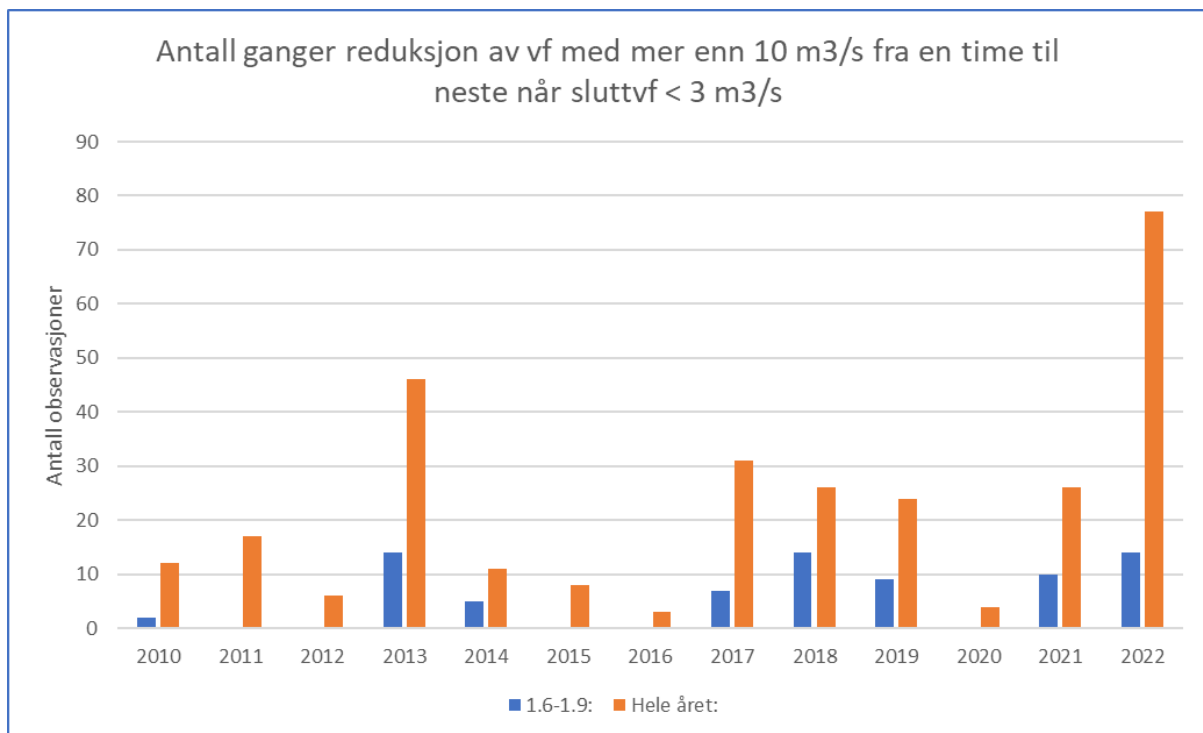


Figur 14 Fordeling av målt vassføring i Vallaråi i perioden 1.6-1.9 for årene 2010-2022.

Endring i vassføring fra en time til neste time kan skyldes både at tilsig forandrer seg og endring av produksjon i Sundsbarm kraftverk.

Den naturlige variasjonen kan gi store endringer i vassføring, trolig forårsaket av liten dempningseffekt i restfeltet, som vist i Figur 12. En endring i vassføring på over 10 m<sup>3</sup>/s fra en time til neste time når man ender på en vassføring på under 3 m<sup>3</sup>/s vil i hovedsak skyldes en stans i Sundsbarm kraftverk. For å synliggjøre hvor ofte dette skjer har vi regnet ut antall ganger vassføringen er redusert med over 10 m<sup>3</sup>/s fra en time til neste når man har en restvassføring på hhv under 3 og under 1,5 m<sup>3</sup>/s, se Figur 15 og Figur 16.

I 2022 var det mange slike hendelser når man ser på hele året, men de fleste skyldtes at man hadde mange start og stopp av kraftverket i vintermånedene og da var også restvassføringen lav.

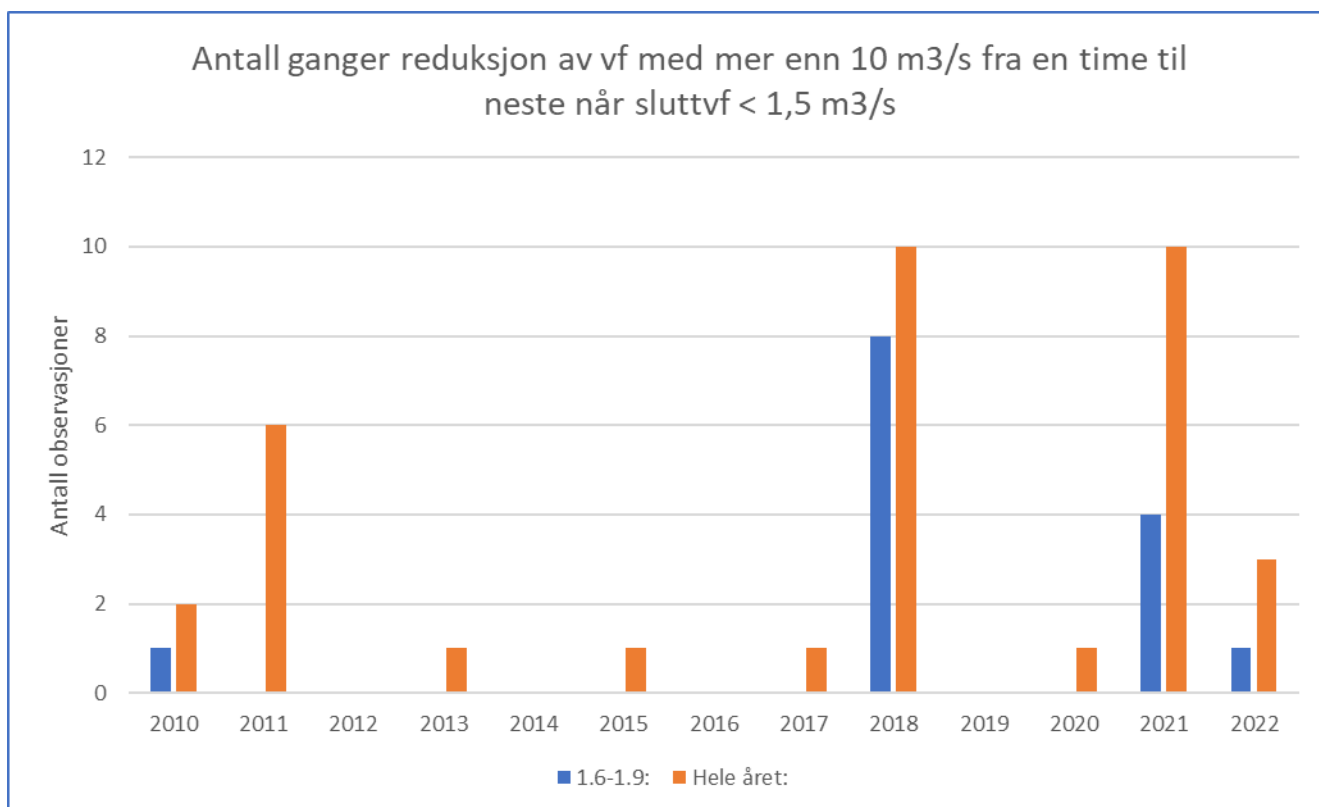


Figur 15 Antall ganger vassføringen i Vallaråi endres med mer enn 10 m<sup>3</sup>/s fra en time til neste time når restvassføringen er under 3 m<sup>3</sup>/s.

Også her ser vi store variasjoner fra år til år. Årene 2011, 2012, 2015, 2016 og 2020 hadde ingen observasjoner av at vassføringen ble redusert til under 3 m<sup>3</sup>/s fra en time til neste i løpet av sommerperioden, mens de tørre somrene 2018 og 2022 begge hadde 14 hendelser der vassføringen endte på under 3 m<sup>3</sup>/s etter en vassføringsreduksjon på over 10 m<sup>3</sup>/s. En periode i juli 2018 var vassføringsmålingen ut av drift. Det var trolig en håndfull hendelser i denne perioden.

Som Figur 16 viser er det sjelden vassføringen reduseres til under 1,5 m<sup>3</sup>/s. I 2022 skjedde dette en gang om sommeren, mens sommeren 2018 var det flere slike reduksjoner. Hendelsene andre deler av året skyldes stans av kraftverket vinterstid når det også kan være lav restvassføring. Hendelsene somrene 2018 og 2022 skyldtes at Sundsbarm kraftverk måtte bidra med vann til Seljordsvatnet for å sikre minstevassføringen i Bøelva.



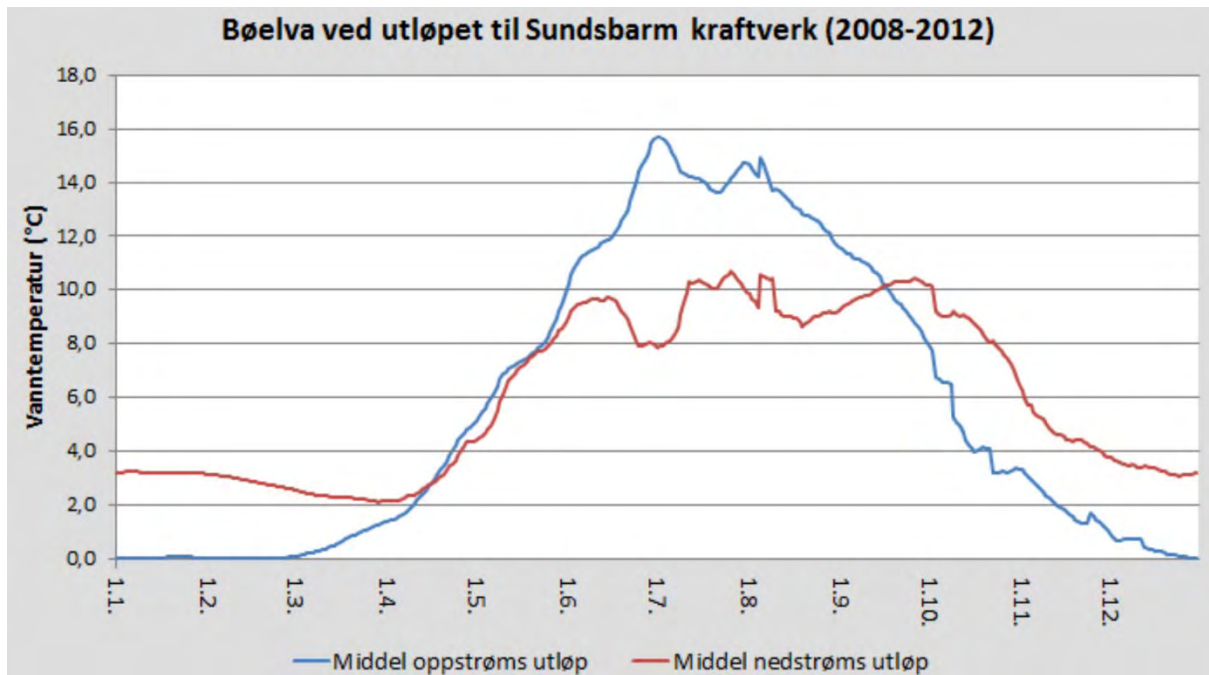


Figur 16 Antall ganger vassføringen i Vallaråi endres med mer enn 10 m<sup>3</sup>/s fra en time til neste time når restvassføringen er under 1,5 m<sup>3</sup>/s.

SK er ferd med å få på plass målinger, modeller og verktøy som vil øke kunnskapen om vannstands-, vassførings- og temperaturforhold i Vallaråi nedstrøms kraftverket og i restfeltet. Vi vil bl.a. etablere nye målestasjoner for vanntemperatur og vassføring, utvikle en egen tilsigsmodell for restfeltet til Vallaråi og modell for vannstandsendringer for ulike kjøringar av kraftverket. Mye av dette vil være på plass i løpet av 2023, og vil muliggjøre bedre vanndisponering, flomhåndtering og oppfølging av minstevassføringskrav i Bøelva.

### 5.3 Sundsbarm kraftverk og Vallaråi – vasstemperaturforhold

Vasstemperaturen i Vallaråi nedstrøms Sundsbarm kraftverk er endret fra naturlige forhold grunnet bunninntak i Sundsbarmmagasinet på ca. 38 m dyp, i tillegg til at høyereliggende felt er overført til Sundsbarmvatnet. Vasstemperaturen i Vallaråi nedstrøms kraftverksavløpet vil være påvirket av blandingsforholdet med restvassføring gjennom året, men det forventes kaldere vann enn normalt på sommersesongen og varmere vann i vintersesongen. I restfeltet kan man forvente at vasstemperaturen er noe høyere i dag, spesielt på forsommeren med mye snøsmelting. Figur 17 viser eksempel på forskjell i vanntemperatur for perioden 2008 til 2012 målt oppstrøms (kun restfelt) og nedstrøms (med driftsvann) kraftverksavløp. På grunn av manglende data før regulering og begrenset med data på vanntemperatur etter regulering er det vanskelig å vurdere endring i vanntemperatur over tid på grunn av regulering. Fra 2023 etableres det nå permanente målestasjoner for både vassføring og vanntemperatur oppstrøms og nedstrøms kraftverksavløpet. For mer informasjon om vanntemperatur i Vallaråi, [se USN rapport 123/2023, vedlegg 1](#).



Figur 17 Gjennomsnittlig vanntemperatur (døgn) like oppstrøms og like nedstrøms avløp Sundsbarm kraftverk..

#### 5.4 Hydrologisk sammenligning med andre kraftverk med avløp i elv

Det er mange kraftverk i Norge med avløp i elv. Det som er spesielt med forholda i Vallaråi ift. mange tilsvarende kraftverk er at:

- Avstanden mellom kraftverksavløp og nærmeste større innsjø er kort, dvs. ca. 1,6 km.
- Nesten 50 % av det naturlige tilsiget til Lakshøl, ved avløpet til Sundsbarm kraftverk, er uregulert. Dvs. at det er en betydelig restvassføring som bidrar til vassføringen når kraftverket ikke er i drift.
- Elveløpet i Vallaråi har i de aller fleste situasjoner gode egenskaper ift. å håndtere endringer i vassføringen, med tanke på vanddekt areal og fare for stranding av fisk se kap. 6.

Den reguleringen/kraftverket vi kjenner til som ligner mest på forholda i Vallaråi er Tokke-Vinje reguleringen, dvs. i Tokkeåi nedstrøms Lio kraftverk. Tokkeåi er gyte- og oppvekstelv for storaure i Bandak. Storaurebestanden i Bandak er kategorisert i kat. 1, svært stor verdi, og kandidat til nasjonalt storaurevassdrag. Seljordsvatn er kategorisert som kat. 2.

Skagerak har utarbeidet en egen hydrologisk sammenligning mellom forholda i Tokkeåi og Vallaråi, se vedlegg 2. Denne sammenligningen viser at også denne reguleringen skiller seg vesentlig fra forholdene i Vallaråi på flere sentrale punkter:

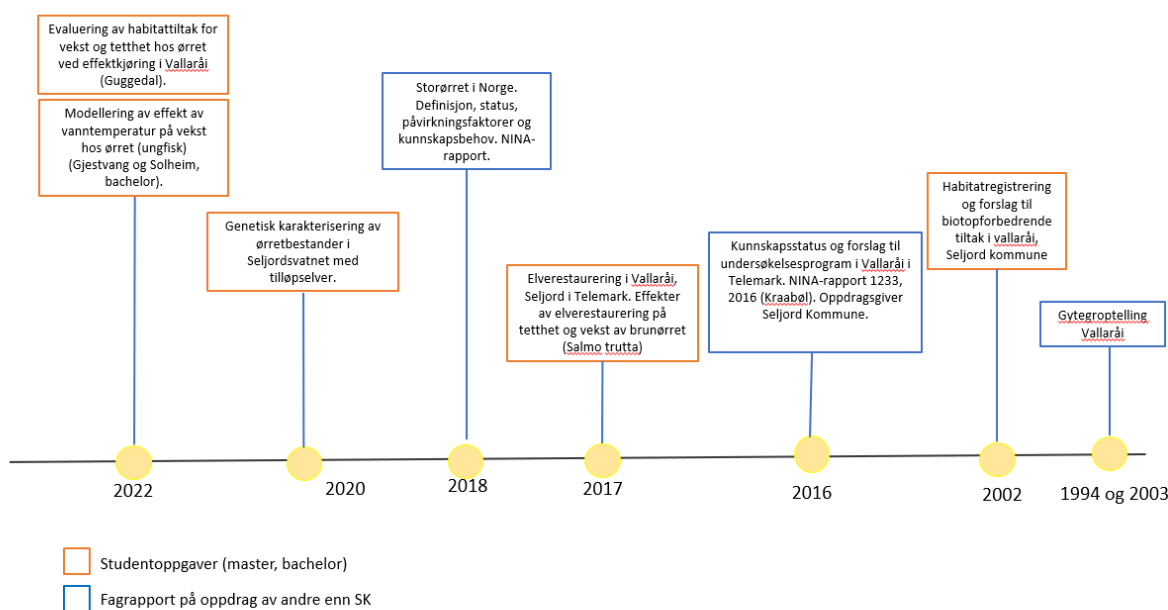
- Den årlige middelvassføringen i Tokkeåi er redusert med om lag 83 %, mens den har økt med om lag 19 % i Vallaråi.
- Avstanden mellom kraftverk og nærmeste større innsjø i Tokkeåi er lengre, om lag 6 km, dvs. om lag 4,4 km lengre.
- Elveløpet i Tokkeåi har en annen topografi både i lengde- og tverrprofil, og er dermed mindre robust for å håndtere endringer i vassføringen.
- Restvassføringen er lavere i Tokkeåi enn i Vallaråi.

Dette medfører at selv om Sundsbarm kraftverk har et større nedslagsfelt og har noe høyere slukeevne enn Lio kraftverk, så vil Vallaråi være mer robust til å håndtere varierende driftsvassføringer., se kap. 6.

## 6 Fiskefaglige forhold (spørsmål 1)

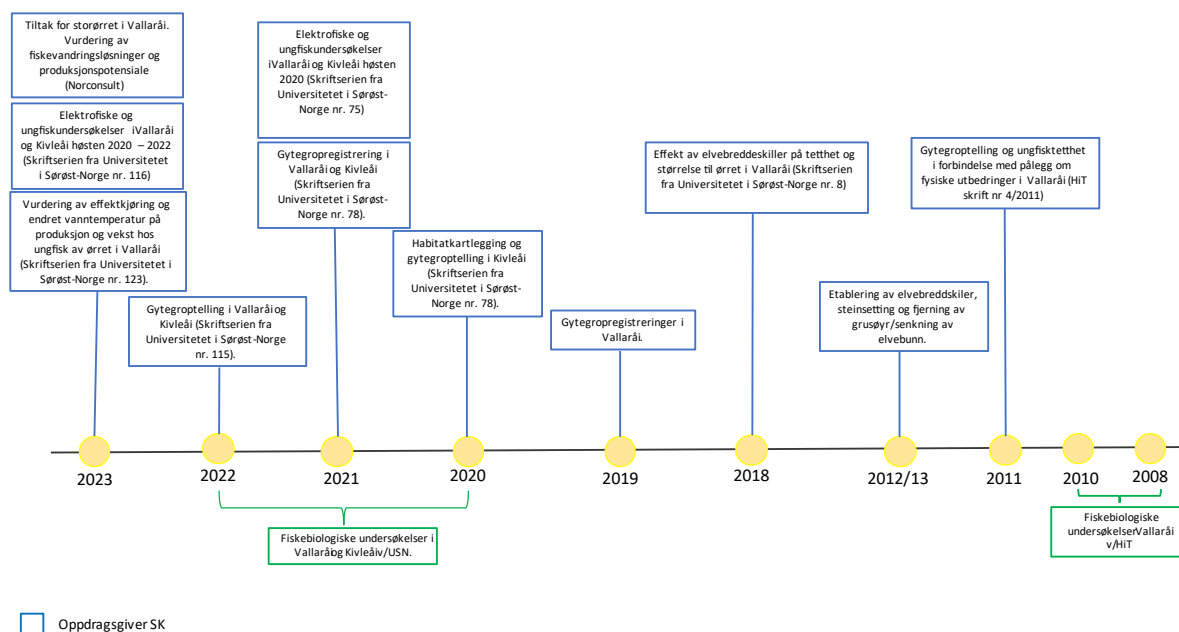
### 6.1 Status tidligere, pågående og planlagte undersøkelser

Vallaråi har i en lengre tid vært et viktig studieområde for å kartlegge levevilkår for stor aure. Siden 1994 og frem til i dag har det blitt utarbeidet flere fagrapporter og studentoppgaver. Figur 18 viser en sammenstilling av de fleste rapporter, noen av studentoppgavene og tiltak utført.



Figur 18 Oversikt over tidligere tiltak, fagrapporter og studentarbeid utført i Vallaråi fra 1994 og frem til 2023.

Skagerak Kraft har siden 2008 engasjert USN til å utføre flere undersøkelser i Vallaråi og Kivleåi. Hovedfokuset av disse undersøkelsene har vært ungfisktetthet, gyteområder og effekt av tiltak utført i Vallaråi. En sammenstilling av fiskeribiologiske undersøkelser på oppdrag fra SK er presentert i Figur 19.



Figur 19 Oversikt over tidligere undersøkelser utført i Vallaråi på oppdrag fra Skagerak Kraft.

## 6.2 Vannstandsendringer og fisk

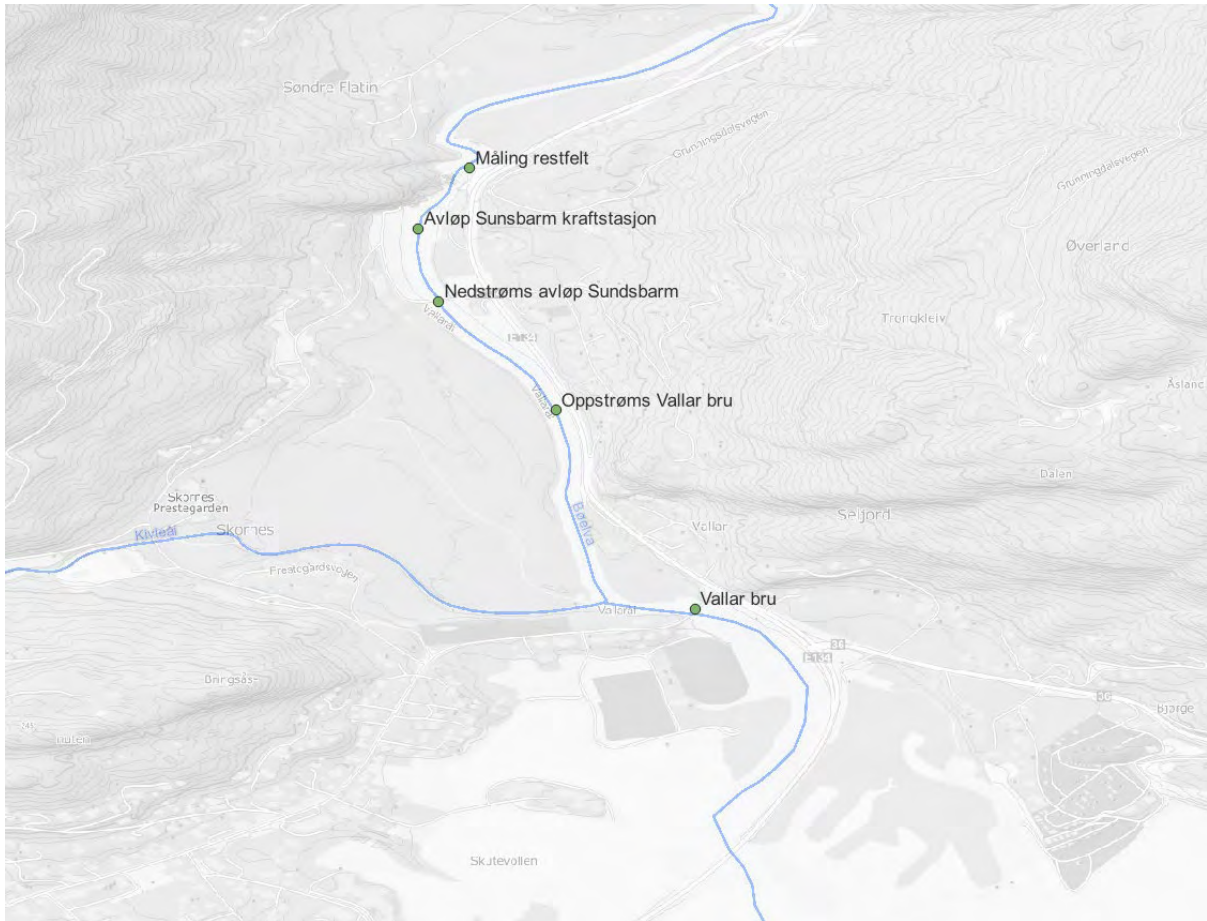
### 6.2.1 Ny kartlegging av Vallaråi for bedret kunnskapsgrunnlag

Evaluering av effekt av vannstandsendringer og strandingsrisiko for aure i Vallaråi nedstrøms kraftverksavløpet ble gjennomført på bakgrunn av tre ulike kartlegginger.

Første kunnskapsinnhenting ble gjennomført som en evalueringsstudie fra USN, ved Jan Heggenes, med mål om å vurdere grad av produksjonsbegrensning av aure i Vallaråi nedstrøms kraftverket. For detaljer, se USN rapport 123/2023 «Vurdering av effektkjøring og endret vanntemperatur på produksjon og vekst hos ungfisk av ørret i Vallaråi». Denne vurderingen anbefalte kartlegging av strandingsrisiko mhp vanndekket areal og ulike vassføringer. Dette ble fulgt opp gjennom to supplerende kartlegginger; måling av vannstandsending i elva vha trykksensorer under ulike kjøremønster, og hydraulisk modellering ved ulike vassføringer.

Andre kartlegging ble gjennomført som en intern test 09.02.2023 av Skagerak Kraft hvor Sundsbarm kraftverk ble kjørt på ulike vassføringer og ved ulike nedkjøringer. Vannstandsendinger ble målt med trykksensorer (Where2O loggere) utplassert i elva ved ulike lokaliteter nedstrøms kraftverksavløpet for å se på senkningshastigheter ved ulike forhold/vannmiljø i elven, jfr. Figur 20. Senkningshastigheten er definert som hastigheten i endring i vannstand fra starten til slutten av en reduksjon i vassføring, uttrykt som cm pr time for hele episoden (Miljøvirkninger av effektkjøring, CEDREN, 2016). Gjennomsnitt per time er beregnet ut ifra tre minutt loggerintervall. Vanndekket areal ved ulike vassføringer ble kartlagt med drone og georefererte bilder på testdagen.

Tredje kartlegging ble gjennomført med ny teknologi, grønn LiDAR (NVE Rapport 2/2023) for kartlegging av elvebunnen vha fly 31.01.2023. Samtidig ble det kartlagt med høgoppløselig flyfoto. Datainnsamlingen vil danne grunnlaget for å dokumentere sammenheng mellom vassføring, vanndekket areal, tørrlagt areal og tørrlegging av gyte- og oppvekstområder ved hjelp av hydraulisk modellering (HEC-RAS 2D). Arbeidet er under gjennomføring per april-23 som et FoU-samarbeid mellom NTNU og Skagerak Kraft. Arbeidet ferdigstilles 15.juni 2023, og vil ettersendes NVE.

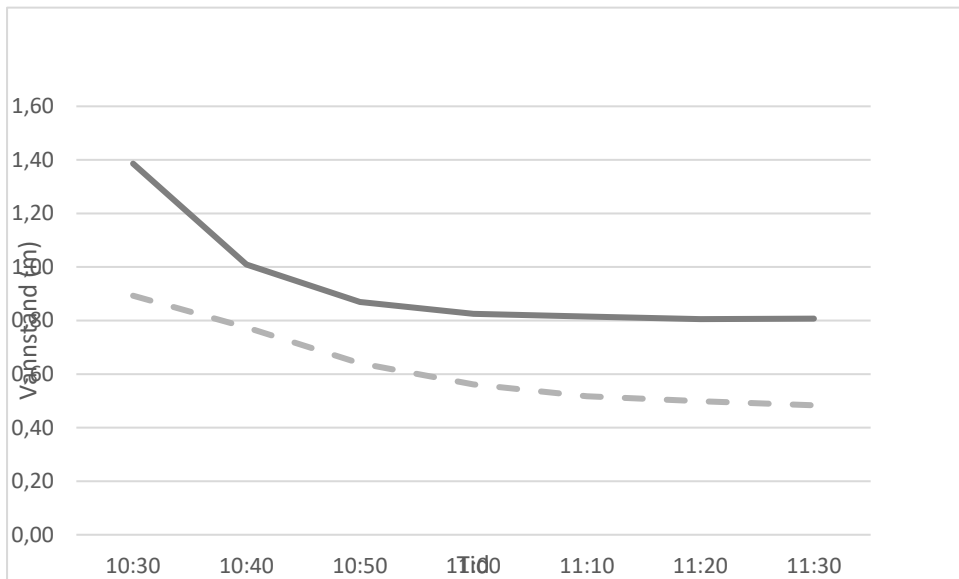


Figur 20 Oversikt over utplassering av vannstandsloggere for å måle vannstandsendringer ved ulike testkjøringer av Sundsbarm kraftverk (09.02.2023). Testen ble gjennomført av Skagerak Kraft.

### 6.2.2 Resultater av kartleggingen

I arbeidet med å vurdere om det er produksjonsbegrensning av aure i Vallaråi nedstrøms kraftverket eller ikke så konkluderer USN følgende: «Sammenlignet med andre elver i regionen, er det 'moderat' tetthet og vekst for ørret i Vallaråi. Fordeling av gyteplasser med hovedgytefelt øverst på elvestrekningen, synes ikke være en begrensende faktor, ut ifra dokumentert fordeling og tettheter av 0+. Kaldere vann i ørretens vekstsesong medfører sannsynligvis redusert vekst, særlig for 0+. Økt dødelighet pga. stranding er sannsynlig, men bratte elvekanter gjør vesentlige deler av Vallaråi mindre utsatt. Sammenheng vannføring-vanddekket areal bør undersøkes. Forsøk med bygging av elvebreddekanaler som er mer robuste mot stranding og skaper gunstig habitat for større ørret rekrutter, har gitt lokalt betydelig større tettheter av eldre rekrutter. Det indikerer at produksjon av større rekrutter kan økes ved habitattiltak. Omfanget på utvandring av ørretrekrutter til Seljordvatn (smoltfeller) er ikke undersøkt, og anbefales gjort».

Som en oppfølging av USNs anbefalinger gjennomførte SK en kartlegging 09.02.2023 av vanndekket areal og raske vannstandsendringer i Vallaråi nedstrøms kraftverksavløp som grunnlag for å vurdere strandingsrisiko for aure. Det ble tatt i bruk drone og filming for vanndekket areal, og trykkloggere for vannstandsendringer. Kartlegging av strandingsrisiko for aure med trykkloggere, drone og filming 09.02.2023 i Vallaråi nedstrøms kraftverksavløp utført av SK, ga grunnlag for beregning av vannstandsendringer ulike steder nedstrøms Sundsbarm kraftverk. Beregnet resttilsig denne dagen var 3,2 m<sup>3</sup>/s. Eksempel på vannstandsendinger ved to ulike lokaliteter i Vallaråi, avløp kraftverk og nedstrøms ved Vallar bru, når kraftverket går fra full produksjon (103 MW) til stopp (0 MW) er gitt i Figur 21 som eksempel.



Figur 21 Måling av vannstand ved avløp kraftverk (solid linje) og nedstrøms ved Vallar Bru (stiplet linje) når kraftverket går fra 103 MW til 0 MW.



*Figur 22 Bilde fra filming ved Sundsbarm bru opp mot avløp kraftverk ved to ulike vassføringer; full last i kraftverket + resttilsig ca.  $27\text{m}^3/\text{s}$  (øverste bilde), og ved stopp i kraftverket og kun resttilsig;  $3,2\text{m}^3/\text{s}$ . Tørrlagte arealer sees på kantene av elva nedenfor snøen.*

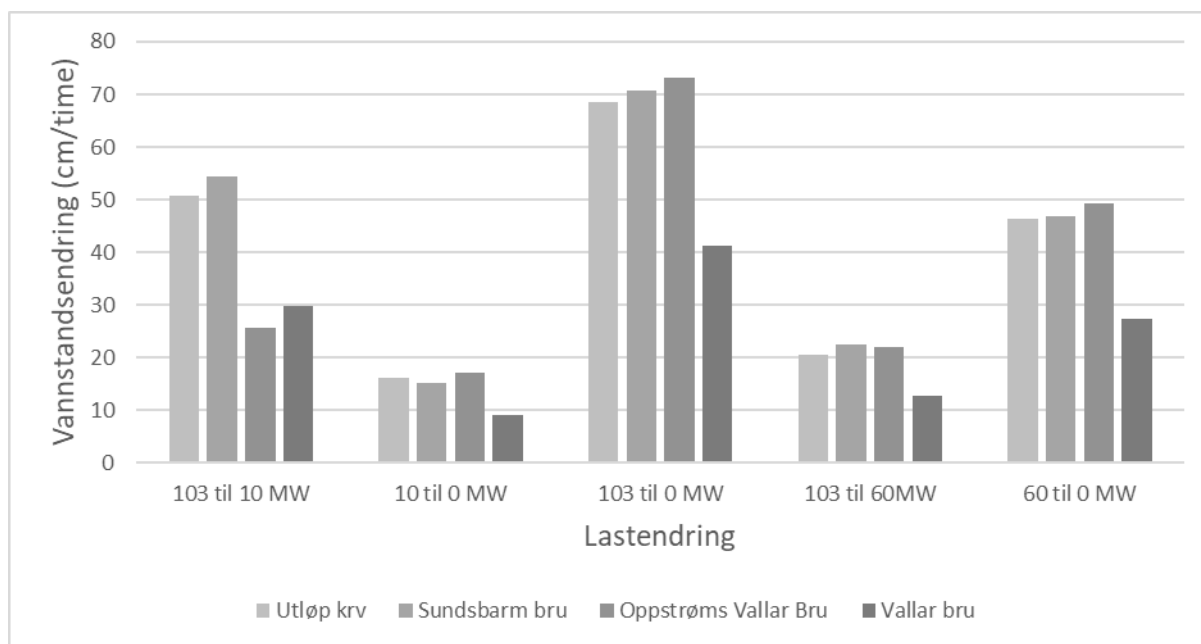


Figur 23 Bilde fra filming ved Sundsbarm bru og nedstrøms ved to ulike vassføringer; full last i kraftverket + resttilsig ca.  $27\text{m}^3/\text{s}$  (øverste bilde), og ved stopp i kraftverket og kun resttilsig;  $3,2\text{m}^3/\text{s}$ . Tørrlagte arealer sees på kantene av elva nedenfor snøen.

Resultater fra kartleggingen som ble gjennomført viser at vannstandsendringer ved typiske driftsmønster isolert sett er høyere enn anbefalte grenseverdier for risiko for stranding av fisk;  $13\text{ cm/time}$  for 'moderat negativ påvirkning' og over 'stor negativ påvirkning',  $13\text{—}20\text{ cm/t}$ , på målte lokaliteter jamfør *håndboka Miljøvirkninger av effektkjøring: Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri* (CEDREN, 2016). For å vurdere fare for stranding ble det gjennomført en kartlegging og beregning av vanddekket areal ved ulike vassføringer ved hjelp av ortofoto (drone) og hydraulisk modellering (basert på grønn laser). Dette ga grunnlag for vurdering av hastighet på vannstandsending og kartlegging av potensielt strandingsutsatte områder. Foreløpige resultat



(hydraulisk modell er ikke endelig bekreftet) viser at utstrekning av vanddekket areal ved for eksempel 3,2 og 1,5 m<sup>3</sup>/s er tilnærmet like med få strandingsutsatte områder for fisk (Figur 25). En mulig årsak til liten endring i tørrlagte områder er utformingen av elvebunnen i Vallaråi; elven er kanalisert, og har et par store dype kulper, blant annet ved utløp Kivleåi og ved Vallar bru over til Seljord sentrum. Evaluering av vanddekket areal og fordeling av gytegroper fra kartlegging 2022 (USN rapport 123/2023) viser at ingen groper eller gytefelt blir tørrlagt ned mot 1,5 m<sup>3</sup>/s. Videre arbeid og vurdering av strandingsrisiko ved lavere vassføringer enn 3,2 m<sup>3</sup>/s vil gjennomføres ved hjelp av hydraulisk modellering som et FoU-prosjekt med NTNU, og ettersendes.



Figur 24 Beregning av vannstandsending (cm) per time ved ulike lokaliteter nedstrøms kraftverksavløpet i Vallaråi.

Figur 24 viser beregning av vannstandsending (cm) per time ved ulike lokaliteter nedstrøms kraftverksavløpet i Vallaråi. Observerte ulikheter i resultatene reflekterer ulike egenskaper ved elvebunnen. 103, 60 og 10 MW tilsvarer henholdsvis ca. 24, 14 og 3,2 m<sup>3</sup>/s. Resttilsig testdagen 09.02.2023 ble beregnet til 3.25 m<sup>3</sup>/s, altså ved 0 MW last. Kilde: Skagerak Kraft, 5 minutt loggerintervall.



Figur 25 Vanndekket areal ved hydraulisk simulering (blå farge) 1,5 m<sup>3</sup>/s og flyfoto 3,2 m<sup>3</sup>/s (grønt underlag, synlig i kantene; kartlagt med drone og fly).

Foreløpig resultat indikerer liten eller neglisjerbar forskjell mellom 3,2 og 1,5 m<sup>3</sup>/s. Modellen er ikke endelig kvalitetssikret. Grønne felter er tørrlagte områder. Brune punkter er registrerte gytegroper for stor (> 1m<sup>2</sup> grop) aure fra kartlegging høsten 2022 (digitalisert fra USN rapport 123/2023). Gyteområder er noenlunde stabile mhp. lokalisering i elv over tid. Øverste figur illustrerer hele strekningen nedstrøms Vallaråi. Nederste del av figuren viser et utsnitt hvor noe tørrlegging (grønn farge) langs kanter vises som forskjell mellom 3,2 og 1,5 m<sup>3</sup>/s.

## 6.3 Vanntemperatur og fisk

### 6.3.1 Eksisterende kunnskap

Kunnskap om vanntemperatur og biologi for aure og laks i nordiske vassdrag er gjengitt i vitenskapelig artikkel fra Heggenes & Stickler et al. (2021). Artikkelen viser til at vanntemperatur er en av de viktigste faktorene for vekst hos vannlevende organismer, for eksempel fisk og bunndyr. Artikkel viser til at vekst hos fisk forekommer mellom 2°C og 19°C, og med maks effektivitet ved ca. 9°C. I elver regulert for vannkraft (høytrykk anlegg) kan derimot vanntemperatur bli påvirket i stor grad ved normalt kaldere vann om sommeren og varmere vann om vinteren pga. bunttapping fra høyereliggende magasin. Samtidig viser kunnskapssammenstillingen til store kunnskapsmangler knyttet til vanntemperatur i regulerte vassdrag og effekter på fisk.

### 6.3.2 Resultater

For å vurdere effekter av raske vannstandsendringer og endret vanntemperaturregime i Vallaråi på (stor)aure nedstrøms kraftverksavløpet ble det gjennomført en evaluering av USN ved professor Heggenes. For detaljer, se vedlegg 3, «*Vurdering av effektkjøring og endret vanntemperatur på produksjon og vekst hos ungfisk av ørret i Vallaråi*», 123/2023. I hovedsak ser rapporten på følgende deltema; i) Vekst ovenfor og nedenfor Sundsbarm kraftverksavløp; ii) Evaluere effekt av variasjon i vanntemperatur på årlig vekst av aure ved dagens driftsmønster og iii) Kvalitetsikre bacheloroppgave om vanntemperatur og vekst hos aure i Vallaråi (Gjestvang og Solheim, 2022). Oppsummert er det store usikkerheter og manglende kunnskap om hvordan effektkjøring og raske vannstandsendringer påvirker vekst hos aure. Undersøkelser av årsyngel i Vallaråi viser moderat vekst sammenliknet med andre regionale elver basert på dagens kunnskap. Tettheter av aure i Vallaråi er i samme størrelsesorden som i andre undersøkte større elver i regionen ([USN rapport 116/2023](#)). Nedenfor gis et kort sammendrag fra hver delvurdering gjennomført av USN mars 2023:

Vekst ovenfor og nedenfor Sundsbarm kraftverksavløp: «*Sammenlignet med andre elver i regionen er 0+ vekst i Vallaråi gjennomgående moderat (Heggenes 2023), men mellom-elv sammenligninger er usikre ettersom det bringer inn ulike forhold i ulike elver. Dessverre kan det ikke gjøres noen direkte før-etter sammenligninger innen Vallaråi. Derimot kan vekst og tetthet sammenlignes oppstrøms og nedstrøms kraftverket. Dessverre finnes det per i dag ikke data på ørretens vekst på oppstrøms restvannføring for sammenligning*».

Evaluere effekt av variasjon i vanntemperatur på årlig vekst av aure ved dagens driftsmønster: «*En vekstmodell for ørret kan med rimelig presisjon brukes for å beregne forventet vekst for et kjent temperaturregime. I Vallaråi forskyver reguleringen vekstsesongen mot høsten (kaldere vann på sommeren og varmere vann på høsten). Effektkjøring endrer i tillegg temperatur på døgnbasis. På sesongbasis antar modellen full kompensatorisk vekst, men dette er lite undersøkt. Det er derfor usikkert om senere vekst tidlig i sesongen i Vallaråi blir full kompensert med vekst sent i sesongen. Ørretens fødemotivasjon er lavere senere i sesongen, noe som kan indikere kun delvis kompensatorisk vekst. Vekstmodellen har en minste tidsoppløsning på et døgn, med konstant temperatur. Vi har lite og til dels motstridende kunnskap om hvordan (døgnbaserte) temperaturvariasjoner påvirker ørretens vekst. Det er her behov for en større forskningsinnsats*».

Kvalitetsikre bacheloroppgave om vanntemperatur og vekst hos aure i Vallaråi (Gjestvang og Solheim, 2022): «*Simuleringer med vekstmodell og tilgjengelige temperaturdata fra Vallaråi ble gjennomført med data fra restvannføring oppstrøms og regulert vannføring nedstrøms Sundsbarm kraftverk. Resultatene indikerte redusert vekst hos 0+ nedstrøms kraftverket pga. kaldere vann om sommeren, men dette ble (mer enn) kompensert av vekst utover en forlenget vekstsesong pga. høstvarm elv. Disse resultatene må imidlertid vurderes i lys av modellens begrensninger mht. tidsoppløsning, kompensatorisk vekst, og fødemotivasjon over en vekstsesong som er forsinket og forlenget av reguleringen. Det synes sannsynlig at simuleringer med vekstmodell alene gir for optimistiske vekstestimerer*». Konklusjonen fra bacheloroppgaven og vekst simuleringer viser litt bedre vekst nedstrøms kraftverket sammenliknet med ovenfor kraftverksavløpet. Dette skyldes i hovedsak to forhold: modellen simulerer et større vekttap gjennom vinteren for aure på kaldere vann oppstrøms kraftverket (dag 1 – ca. dag 100) slik at veksten ved sesongstart er lavere, og veksten varer ca. en måned lengre sent på høsten i det varmere vannet nedstrøms kraftverket. Det knyttes usikkerhet til resultatene grunnet mulig for optimistisk kompensatorisk vektøkning på slutten av sesongen ut ifra modellen. Det er kunnskapsmangler tilknyttet kompensatorisk vekst.

#### 6.4 Gevinster for miljøet ved endret driftsmønster og andre tiltak?

Basert på dagens kunnskap ser det ut til at tilvekst og tetthet av aure i Vallaråi ikke skiller seg vesentlig sammenliknet med andre elver i regionen til tross for endringer i vassføring og temperatur forårsaket av driften av Sundsbarm kraftverk. USN kommer i ovennevnte rapport 123/2023 med faglige råd knyttet til å:

- Etablere dataserier for vanntemperaturer oppstrøms og nedstrøms Sundsbarm kraftverk.
- Fortsette med undersøkelser og kunnskapsinnhenting, bl.a. knyttet til genetikk på aure i Seljordsystemet. Tidligere masteroppgave indikerer at aure i Seljord kan deles inn i flere «familier» og derav at (stor)aure kan produseres i flere vassdrag tilknyttet Seljord.
- Vurdere bygging av flere kiler mhp eldre ungfisk av aure, og at det tilstrebes etablert gyteområder når akkumulerte masser ved kraftverksavløp må fjernes for å unngå tørrlegging av oppveksthabitat (masser fra restfelt samles opp her).
- Bruk av grønn laser (LiDAR) for å kunne estimere effekter av lave vassføringer mhp vanndekket areal/dybder for å få mer kunnskap om fare for stranding av aure og gyteområder.

USN påpeker at effekten av variasjon i vanntemperatur på aurens vekst med dagens driftsmønster er usikker. Vi har for lite kunnskap om dette i dag. På sesongbasis antas det en redusert vekst når produksjonsvann senker vanntemperaturen i vekstsesongen, og denne kompenseres neppe fullt ut ved varmere vann senere i sesongen. Effekten av døgnvariasjoner i temperatur på aurens vekst er usikker, og krever egne undersøkelser. På grunnlag av manglende kunnskap mener SK at det er vanskelig å vurdere/foreslå alternative kjøremønstre med hensyn på temperatur og vekst.

Skagerak er innstilt på følge opp anbefalingene fra USN og er bl.a. i ferd med å få på plass nye målestasjoner, jfr. kap. 5.2., og har satt i gang et FoU-prosjekt i samarbeid med NTNU for å kunne få mer kunnskap om faren for stranding av aure ved lave vassføringer, jfr. kap. 6.2.

Kap. 6.2 viser at det trolig er liten fare for stranding ved vassføringer over 1,5 m<sup>3</sup>/s i restfeltet. Det er sjelden vassføringen er så lav i restfeltet og antall stopp av kraftverket i slike perioder er begrenset, jfr. kap. 5.2. Antall situasjoner med fare for stranding er altså trolig lav. Vi vil som nevnt jobbe videre med å få bedre kunnskap om vanndekt areal ved lave vassføringer, og eventuelt avdekke en kritisk grense for stranding. Denne grensen vil kunne benyttes ved driftsplanlegging for tilpasset nedkjøring

av kraftverket ved lave vassføringer. I kap. 7 har vi sett nærmere på hvordan dette kan gjøres i praksis, dvs. tilsigsbasert drift i tørre perioder om sommeren.

I spørsmål 1, jfr. kap. 2.1, ber NVE om at vi vurderer en løsning hvor «*Driftsvannføringen gjennom kraftverket kan ikke variere mer enn fra maksimalt 12-14 m<sup>3</sup>/s og minimalt 2 m<sup>3</sup>/s i den viktigste vekstperioden for ørretyngel. Vi antar at viktigste perioden er 1. juni til 31. august.*» I kap. 7 har vi vurdert hvilke konsekvenser dette vil få for vanndisponering og markedsdeltagelse. Som nevnt ovenfor er det vanskelig å argumentere for hvilke gevinster dette eventuelt vil gi for aure med tanke på temperaturforhold. Når det gjelder variasjon i vassføring og vanndekt areal mener SK at det er unaturlig/feil med hensyn til miljø å se isolert på vassføringen fra kraftverket. Det kritiske er som nevnt ovenfor samlet vassføring og variasjon i Vallaråi.

Utvikling av eksisterende maskinpark vil kunne være gunstig for miljøet da det vil muliggjøre drift/tapping på langt lavere vassføringsnivåer enn med dagens maskinpark. Konsekvenser for vanndisponering og markedsdeltagelse ved en mer fleksibel maskinpark drøftes også nærmere i kap. 7.

### 6.5 Andre miljøtema- gassovermetning

Ved gassovermetning i regulerte vassdrag risikerer fisk og bunndyr å bli rammet av gassblæresyke, tilsvarende som dykkersyke hos mennesker. I følge NORCE kan gassovermetning gi dødelige effekter når overmetningen er over 110%, eller langvarig negative effekter på overlevelse og vekst hos blant annet laks og aure. Gassovermetninger over 110% er derimot ikke unaturlig ved naturlige forhold, og effekter hos de fleste organismer og i økosystemet er fortsatt ukjente. Gjennom prosjektet SUPERSAT kartlegges norske regulerte vassdrag for risiko for gassovermetning i ulike risiko klasser 1-9.

Som del av prosjektet SUPERSAT ble Sundsbarm inkludert i overvåkning av gassovermetning da anlegget ble klassifisert som risikoklasse 6 (høy risiko). I samarbeid med NORCE ble måleinstrumenter etablert for perioden 2021-2022. Resultater fra denne perioden viser overmetning høyere enn 110% i perioden 27.09.22 til 30.09.22, med maks overmetning 116%. I denne perioden var kraftverket ikke i drift. Det ble derimot registrert en naturlig flom fra resttilsaget ovenfor Sundsbarm kraftverk med høyeste vassføring målt til 125 m<sup>3</sup>/s. Dette indikerer at fossen oppstrøms avløp Sundsbarm, Lakshølfoss, naturlig bidrar med gassovermetning ved flom selv ved høyere vanntemperaturer.

## 7 Vurdering av alternative vassføringsregimer i Vallaråi (spørsmål 2)

I dette kapittelet ser vi nærmere på alternative vassføringsregimer, nevnt i kap. 6.4, og hvilke konsekvenser dette vil gi for kraftproduksjonen. Følgende alternativer/løsninger vurderes:

- Utvikling av eksisterende maskinpark med mulighet for å kjøre på lavere laster/driftsvassføringer (kap. 7.1).
- Kjørerestriksjoner som beskrevet av NVE (kap. 7.2).
- Tilsigstilpasset produksjon i tørre perioder i sommermånedene (kap. 7.3).

I kap. 8.2 er det beskrevet hvordan SK de siste årene har sett på måter å optimalisere bruken av luka på/i Hagadrag for å sikre minstevassføringskrav i Bøelva. Dette vil kunne redusere antall start og stopp av Sundsbarm kraftverk i lavvassperioder.

## 7.1 Utvikling av eksisterende maskinpark med mulighet for å kjøre på lavere laster/driftsvassføringer

### 7.1.1 Nytt løpehjul

SK vil i løpet av kort tid starte prosessen med å skaffe et nytt løpehjul for Sundsbarm kraftverk som vil muliggjøre drift på et større driftsområde enn i dag, ned mot ca. 4,2 m<sup>3</sup>/s som beskrevet i kap. 4.2.

Når løpehjulet er installert kan det i samarbeid med løpehjulsleverandør testes ut om det er teknisk mulig/forsvarlig å drifte aggregatet på enda lavere vassmengder.

Markedsmessige muligheter ved nytt løpehjul er nærmere beskrevet i kap. 4.5. Vanndisponeringen vil i hovedsak bli nokså lik den som er med eksisterende løpehjul, men en vil ha større fleksibilitet til å tilpasse produksjonen ift. forbruksmønsteret over døgnet (behov i markedet).

Et nytt løpehjul vil ha bedre virkningsgrad enn dagens og gi noe økt produksjon. Det nye løpehjulet vil som det eksisterende ha vesentlig dårligere virkningsgrad ved kjøring på lave vassføringer og slitasjen på løpehjul/aggregat vil være langt høyere enn med produksjon på høyere vassføringer. Drift over lengre perioder på lave vassføringer er derfor ikke å anbefale. Dersom en kjører jevnt på minimumslast (13,5 MW, tilsvarende 4,2 m<sup>3</sup>/s) i ei uke produseres 2,26 GWh. Dersom en i stedet produserer samme vassmengde med bestpunkt 90 MW produseres 2,89 GWh. Dette utgjør en forskjell på 0,62 GWh. Dersom kraftprisen er gjennomsnittlig 50 øre/kWh i perioden gir dette et inntektstap på ca. kr 310 000,- pr uke. Krafttapet ved redusert virkningsgrad innebærer at en må benytte 0,85 m<sup>3</sup>/s ekstra for å produsere samme kraftmengde.

SK vil frarå drift på lavere driftsvassføringer over tid både av hensyn til betydelig tap i virkningsgrad og slitasje på maskineri. Nytt løpehjul vil gi mulighet for tilsigtilpasset drift ved å kunne kjøre kortere perioder på lav last f.eks. i forbindelse med stopp av kraftverket, se kap. 7.3.

### 7.1.2 Nytt aggregat 2

På sikt kan det bli aktuelt å sette inn et nytt aggregat 2 på inntil 60 MW, som vil åpne opp for å kunne kjøre jevnt på vassføringer helt ned mot 2 m<sup>3</sup>/s, jfr. kap. 4.3. En slik løsning avhenger av lønnsomhet og at myndighetene gir tillatelse til et nytt aggregat.

Med installasjon av ett nytt moderne aggregat 2 med ytelse inntil 60 MW kan nesten hele driftsområdet fra 0 til 60 MW benyttes. Dette tilsvarer vassføringer fra ca. 2 til 14 m<sup>3</sup>/s. Bestpunkt for en slik maskin vil ligge i området 50 – 55 MW. Sundsbarm kraftverk vil da kunne produsere i hele driftsområdet fra ca. 2 til inntil 38 m<sup>3</sup>/s, tilsvarende opp til ca. 160 MW, med begge aggregatene i drift. Mulighetene for å kunne levere effekt og systemtjenester vil dermed bli kraftig utvidet i hele effektområdet. Kraftverket vil da kunne driftes med akseptabel/god virkningsgrad på de fleste lastområdene, med unntak av de aller laveste vassføringene/lastområdene.

Med et nytt aggregat 2 vil vanndisponeringen i Sundsbarmreguleringen endre seg. Konsekvensene for vanndisponering må utredes nærmere før det kan legges frem en søknad om et nytt aggregat 2.

## 7.2 Kjørerestriksjoner som beskrevet av NVE

I spørsmål 1, jfr. kap. 2.1, ber NVE om en vurdering av en løsning hvor «*Driftsvannføringen gjennom kraftverket kan ikke variere mer enn fra maksimalt 12-14 m<sup>3</sup>/s og minimalt 2 m<sup>3</sup>/s i den viktigste vekstperioden for ørrettyngel. Vi antar at viktigste perioden er 1. juni til 31. august.*»

For å analysere konsekvenser av vanndisponering og kraftproduksjon ved innføring av slike restriksjoner har vi benyttet modellene Prodrisk v10, med tilsig fra SHyFT, og SHOP. Dagens løpehjul

kan ikke benyttes til kjøring på så lave vassføringer, jfr. kap. 4. Analysene er derfor gjort med antatt virkningsgradkurve for eventuelt nytt løpehjul. For ordinær drift på vassføringer under ca. 4,2 m<sup>3</sup>/s må det settes inn et nytt aggregat 2 i Sundsbarm kraftverk. Ved bytting av løpehjul er SK innstilt på i samarbeid med leverandør å teste ut muligheter for å drifte aggregatet på enda lavere vassmengder. Virkningsgraden vil da være svært lav.

Vi har vurdert NVEs beskrevne scenarier til minimums- og maksimumsrestriksjoner hver for seg og samlet.

### **Minimumsrestriksjon**

En minimumsrestriksjon innebærer produksjon hver time i hele sommerperioden uavhengig av restvassføringen i Vallaråi. En produksjon på 2,0 m<sup>3</sup>/s eller 4,2 m<sup>3</sup>/s i perioden 1. juni – 31. august krever et vannforbruk på hhv 16 Mm<sup>3</sup> og 33,4 Mm<sup>3</sup>. SK ser for seg følgende konsekvenser ved en slik restriksjon:

- Magasindisponering påvirkes da det må settes av en vannreserve for å sikre at vassføringskravet kan oppfylles i tørre somre med lite tilsig. En får dermed insitament for høyere vannstand i Sundsbarmmagasinet ved inngangen til sommeren. En restriksjon med minimal driftsvassføring om sommeren får derfor konsekvenser for vanddisponeringen hele året.
- Virkningsgraden er svært lav ved drift på så lave vassføringer. Med dagens løpehjul er ikke en slik bruk av maskineriet mulig. Med et nytt løpehjul vil det kunne være mulig å produsere med så lave vassføringer i korte perioder med de begrensninger som er nevnt i kap. 4.2. En er altså avhengig av et nytt aggregat 2 for å kunne produsere på så lave driftsvassføringer over tid. Dersom en likevel antar at en kan bruke det nye løpehjulet ville en i en typisk sommer med denne restriksjonen kjøre på minimumslast i om lag halve perioden mellom 1. juni og 1. september. Dersom en kjører med 13,5 MW, tilsvarende et vannforbruk på ca. 4,2 m<sup>3</sup>/s, i halve perioden gir dette et tap på ca. 4,6 GWh i forhold til å kjøre samme vannmengde på bestpunkt (19,5 GWh konservativt anslått). Med en kraftpris på 50 øre/kWh, utgjør dette i ca. 2,3 mill.kr pr. år. Resten av sommeren har vi antatt at det produseres på bestpunkt.
- Produksjon vil skje uavhengig av etterspørsel. En må dermed produsere i perioder med lav etterspørsel og/eller overskudd av uregulerbar kraft. Dersom en antar at oppnådd kraftpris reduseres med 10 øre/kWh vil det utgjøre en samfunnsøkonomisk kostnad på ca. 1,49 mill.kr pr. år, forutsatt at dette skjer halve sommeren (14,9 GWh).
- Noen sommersesonger vil kravet innebære at en totalt sett produserer mer enn det en ønsker i perioden fordi det er ønske om å spare vann til senere.
- Det vil ikke være mulig med revisjonsstans i Sundsbarm kraftverk i perioden 1.6-31.8 fordi kraftverket må være operativt. En må dermed legge revisjoner til andre tider av året. Dette gir mindre fleksibilitet og økt flomfare i revisjonsperioden. Det innebærer også økt fare for at perioder med revisjonsstans legges til perioder som viser seg å få stor etterspørsel etter kraft og systemtjenester.
- I flomperioder i Vallaråi må en også kjøre når det er ønske om å holde igjen vann i Sundsbarmmagasinet både med tanke på vanddisponering og fare for skadeflom.
- Kontinuerlig drift innebærer at en vil ha roterende reserve tilgjengelig hele sommeren. Restriksjonen vil imidlertid innebære at det ikke vil være mulig å gå til stopp (under 13,5 MW), og dermed reduserer tilgjengelig effektvolum.
- Avhengig av størrelsen på minimumskravet/slippet fra kraftverket, vil det påvirke behovet for å kjøre kraftverket for å ivareta minstevassføringskrav i Bøelva.

SK vil frarå innføring av en minimumsrestriksjon på driftsvassføringen i sommermånedene da dette ift. dagens regime vil gi redusert fleksibilitet i vanddisponeringen og redusert virkningsgrad med påfølgende redusert kraftproduksjon. Kravet vil også innebære at magasindisponeringen gjennom året må tilpasses at restriksjonen skal overholdes, uansett tilsig i sommerhalvåret. Vi vil også understreke at denne typen kjøring ikke er mulig med dagens aggregat, selv etter bytte av løpehjul. Vi kan heller ikke se noen miljømessige argumenter for å innføre et krav til minimumsvassføring gjennom Sundsbarm kraftverk. Vurdering av minimumsvassføringer og vannstandsendringer i Vallaråi må etter vår vurdering ses i sammenheng med tilsig fra restfeltet og elvas topologi, jfr. kap. 6.

### **Maksimumsrestriksjon**

En restriksjon på maksimal driftsvassføring/effekt i sommermånedene medfører at en må planlegge med at kraftverket har lavere tilgjengelig effekt i denne perioden, dvs. begrenset oppad til ca. 55-60 MW, og at antall timer i kraftverket med produksjon blir langt høyere. SK ser for seg følgende konsekvenser ved en slik restriksjon:

- I forkant av sommerperioden må det tas høyde for usikkerhet i tilsig som kan komme i sommerperioden. Som vist i kap. 3.1 og 5.2 er det store variasjoner i vannsituasjonen og tilsig fra år til år. I praksis betyr det at man må planlegge med å ha tilstrekkelig plass i Sundsbarmmagasinet for å håndtere varierende tilsigsmengder. En restriksjon på maksimal effekt/maksimal driftsvassføring om sommeren får derfor konsekvenser for vanddisponeringen hele året. En får med andre ord insitament for lavere vannstand i Sundsbarmmagasinet ved inngangen til sommeren for å prøve å unngå flomspill.
- Uansett tilpasning til en slik restriksjon, med tilhørende endringer i magasindisponeringen, vil en øke faren for flomspill. Mandalsåi har liten kapasitet til å håndtere flommer. Det er heller ikke ønskelig å ligge for høyt med vannstanden i Sundsbarmmagasinet med tanke på flomproblematikk i Dalaåi, Morgedalsåi og Åmotsdalsåi, jfr. tidligere oversendt materiale.
- Restriksjoner på maksimal effekt medfører at en trenger flere timer for å kjøre unna samme mengde vann. Dette innebærer at en i mindre grad er i stand til å produsere i perioder med høy etterspørsel og holde igjen i perioder med lav etterspørsel. Dette gjør at en del produksjon må flyttes til perioder/timer med lavere etterspørsel. Noe produksjon må flyttes til vårmeltingsperioden om våren ved behov for å sikre tilstrekkelig kapasitet i magasinet i forkant av sommeren. Noen år vil også noe av produksjonen bli flyttet fra sommer til høst på grunn av maksimalrestriksjonen. Dette kan ha en kostnad, jfr. kommentarer/beregninger til minimums- og maksimumsrestriksjon nedenfor. Kostnaden ved å ikke kunne produsere i takt med forbruksmønsteret og å kunne optimalisere magasindisponeringen i forhold til dette og tilsig er svært stor, se Figur 26.
- Maksimalrestriksjonen innebærer at brukstiden for kraftverket øker og at en mister mulighet til å levere effekt i perioder med høy etterspørsel. Dersom en tar utgangspunkt i at en kjører 1 uke på bestpunkt (90 MW), vil en med en restriksjon på 60 MW bruke 1,5 uke på å produsere samme kraftmengde. Den ekstra ½ uken, som følge av økt driftstid, må en da produsere på et tidspunkt samme sommer, alternativt i forkant eller etterkant av sommeren, med antatt lavere etterspørsel og pris enn dersom en står fritt til å kjøre på bestpunkt om sommeren. Dersom en antar at oppnådd kraftpris reduseres med 10 øre/kWh vil det utgjøre en samfunnsøkonomisk kostnad på ca. 500 000 kroner pr uke med kontinuerlig drift hvor restriksjonen inntreffer. Antall uker hvor maksimalrestriksjonen setter begrensinger ift. optimal agering i markedet med fri bruk av aggregatet vil variere mellom år, fra mindre enn 1 uke til store deler av sommeren.



- Produksjonen reduseres fordi all produksjon om sommeren må skje med lavere virkningsgrad enn ved bestpunkt, anslagsvis 2 %. Å kjøre samme vannmengde på bestpunkt som man kjører 60 MW gjennom en uke medfører tapt energi tilsvarende 0,12 GWh. Med en kraftpris på 50 øre /kWh gir dette et tap på kr 60 000,-. En gjennomsnittlig sommer vil slik drift være nødvendig i om lag 6 uker, med en kostnad på 360 000 kroner.
- Flexibiliteten reduseres (begrenses oppad til 50-60 MW) til å levere effekt – og balansetjenester.
- Tvungen økt brukstid kan benyttes til å levere balansetjenester (forutsatt bytte av løpehjul eller nytt aggregat som kan driftes under 50-60 MW).
- Kostnaden ved å kjøre kraftverket for å oppfylle minstevassføringskravet i Bøelva vil øke fordi en må kjøre med lavere effekt/virkningsgrad og over flere timer med varierende strømpriser for å tilføre samme mengde vann.

SK vil sterkt frarå en maksimumsrestriksjon på driftsvassføring i sommermånedene. Restriksjonen vil gi tilsvarende konsekvenser som en magasinrestriksjon i tillegg til at den legger svært uheldige begrensinger på bruk av kraftverket.

SK kan ikke se at en basert på foreliggende kunnskapsplattform kan argumentere for at en slik begrensning på bruk av kraftverket vil gi miljømessige gevinster for auren i Vallaråi. Det er etter vår vurdering neppe påviselige gevinster ved å unngå driftsvassføringer over ca. 15 m<sup>3</sup>/s med tanke på fare for stranding av fisk. Temperaturpåvirkningen i situasjoner hvor en i dag ville kjørt med effekter over 60 MW vil bli lavere enn i dag. Temperaturpåvirkningen samla sett vil imidlertid bli om lag den samme, men bli fordelt på langt flere driftstimer enn i dag.

### Minimumsrestriksjon og maksimumsrestriksjon



Figur 26 Endret driftsmønster som følge av innføring av maksimums- og minimumsdriftsvassføring på driftsvassføringene i perioden 1. juni til 31. august i et år med representativt tilsig (2019)

Figur 26 viser resultater fra beregning med modellen SHOP for året 2019. I figuren vises timesverdier for produksjon i MW fra scenario uten restriksjoner (grønt), og scenario med restriksjoner (gult). I scenario for minimum og maksimum produksjon i sommermånedene er minimumsproduksjon 13,5 MW tilsvarende 4,2 m<sup>3</sup>/s i driftsvassføring og maksimumsproduksjon 50 MW, tilsvarende 12-14 m<sup>3</sup>/s i driftsvassføring. Timespris i Euro/MWh er vist med svart.

I analysene med SHOP er det tatt utgangspunkt i modellen for Sundsbarm kraftverk som benyttes i daglig drift. Start- og sluttmagasin i beregningen er satt lik faktisk målt magasin hhv 1.1 og 31.12, og det er analysert mange scenarier for årene 2015 og 2018-2022. Virkningsgradskurve for antatt nytt løpehjul med større driftsområde enn dagens løpehjul er lagt inn, og modellen er kjørt med full tilgjengelighet i hele perioden (altså ingen revisjoner i kraftverket). Det er benyttet levert spotpris for NO<sub>2</sub> og beregnet tilsig i Skageraks vannhusholdning for Sundsbarm kraftverk. SHOP har dermed kjent pris og tilsig og optimaliserer uten å ta hensyn til usikkerhet i tilsig og pris. Denne måten å benytte SHOP på er nyttig for å sammenligne konsekvenser av restriksjoner og situasjon uten restriksjoner, men metodikken har en svakhet ved at den ikke tar hensyn til usikkerhet. Det er viktig å være klar over at man i daglig drift er nødt til å ta hensyn til usikkerhet i etterspørsel/tilbud/pris, nedbør og tilsig, og ikke vil kunne optimalisere slik som når en kjenner alle input, spesielt langt fram i tid.

I dette scenarioet er SHOP kjørt for perioden 1.1.2019 til 31.12.2019. For at det skal være lettere å se konsekvensene for produksjonsmønsteret i sommerperioden viser Figur 26 perioden 1.6-31.8. Figuren viser tydelig hvordan produksjonen endres om sommeren dersom man innfører restriksjon på både maksimum- og minimumsdriftsvassføring. Kraftverket må produsere på minimum minimumslast hele sommeren uansett tilsigs- og etterspørselssituasjon, og har ikke mulighet til å produsere maksimalt i perioder med stor etterspørsel eller stå i perioder med lav etterspørsel eller stor restvassføring i Vallaråi. På grunn av redusert maksimallast blir det produksjon i flere timer med tillatt maksimallast enn når det ikke er restriksjon i maksimallast. Kjøremønsteret endres mye, og alle konsekvenser for både minimumsrestriksjon og maksimumsrestriksjon som er beskrevet i avsnittene tidligere i kap 7.2 oppstår.

Restriksjonene vil gi dramatiske konsekvenser for kraftproduksjonen og magasindisponeringen i Sundsbarm. Restriksjonene gir motsatte insitamenter for magasinifilling ved inngangen til sommerperioden, den ene vil ligge høyt for å ha nok vann til å sikre minimums driftsvannføring, den andre vil ligge lavt for å ha nok plass til vann for å håndtere usikkerhet i tilsig. Summen av restriksjonene vil dermed innebære at en mister betydelig med fleksibilitet i magasindisponeringen og mulighet til å tilpasse produksjonen ift. varierende etterspørsel og varierende produksjon av uregulerbar kraft fra sol-, vind- og vannkraftverk uten magasin. Klima er i endring og vil sette større krav til å tilpasse produksjonen til varierende tilsig og forbruk.

Restriksjonene vil også gi begrensninger eller umuliggjøre leveranse i flere av system- og balansemarkedene. Inntektstapet (og de samfunnsøkonomiske kostnadene) ved disse restriksjonene kommer i tillegg til ovennevnte kostnader ved lav virkningsgrad og å flytte produksjon til perioder med lavere etterspørsel. SK vil derfor sterkt frarå en løsning med restriksjoner på minimums- og maksimums driftsvannføring fra Sundsbarm kraftverk, og spesielt en løsning med begge typer restriksjoner samtidig. Dette vil være svært uheldig i en situasjon med stadig økende etterspørsel etter system- og balansetjenester.

SK kan ikke se at slike restriksjoner vil gi kjente miljøgevinster.

### 7.3 Tilsigstilpasset drift i tørre perioder om sommeren

Det er trolig liten fare for stranding ved vassføringer over 1,5 m<sup>3</sup>/s i restfeltet, jfr. kap 6.2. Det vil som nevnt jobbes videre med å bedre kunnskapen om vanddekt areal ved lave vassføringer, og eventuelt avdekke en kritisk grense for stranding. Denne grensen vil kunne benyttes ved driftsplanlegging for tilpasset nedkjøring av kraftverket ved lave vassføringer.

Det er ikke mulig med denne type drift i dag. Det planlagte byttet av løpehjul vil imidlertid åpne opp for denne type drift med de begrensninger som er nevnt i kap. 4.2. Dvs. at vi trolig kan drifte anlegget med vassføringer ned mot 4,2 m<sup>3</sup>/s i korte perioder når vi har fått byttet løpehjul. I samarbeid med leverandør vil det også være mulig å teste kortvarig drift på enda lavere vassføringer. Dersom det installeres et nytt aggregat 2 vil en kunne drifte anlegget ned mot 2 m<sup>3</sup>/s.

Tilpasset drift vil f.eks. kunne skje ved at en etter «ordinær stopp» fortsetter å drifte anlegget på minimumsvassføring i en time («haletime») ved vassføringer lavere enn 1,5 m<sup>3</sup>/s.

Det er sjelden vassføringen i restfeltet er ned mot 1,5 m<sup>3</sup>/s, jfr. kap. 5.2. Klimaendringer vil trolig innebære at en får flere perioder med varmt vær og lite nedbør, og dermed lavt tilsig i restfeltet.

I og med at det er sjelden at vassføringen er såpass lav vil det være relativt få situasjoner hvor det er behov for denne type kjøring. I våte år som f.eks. 2020 vil behovet være begrenset, mens det i tørre år som 2018 og 2022 vil være noe større. Figur 16 indikerer at antall situasjoner hvor det hadde vært aktuelt med «tilsigtilpasset nedkjøring» av kraftverket i perioden 2010 til 2022 varierer mellom ca. 10 og null, dersom grensen settes ved 1,5 m<sup>3</sup>/s i vassføring fra restfeltet. I praksis vil antall situasjoner være noe høyere da en må ta høyde for usikkerhet i prognosen for restvassføring.

Konsekvensen for vanddisponeringen i vassdraget med en slik løsning vil være forholdsvis liten, og i mindre grad påvirke muligheten for å levere balanse- og systemtjenester enn restriksjoner som legges på driftsvassføringen for kraftverket. En slik type drift vil ikke påvirke magasindisponering i nevneverdig grad så lenge den tilpassede nedkjøringen av kraftverket gjennomføres på de forutsetninger som drøftes her.

Kostnadene ved redusert virkningsgrad ved kjøring på lave vassføringer er som beskrevet i kap. 7.1.1 om nytt løpehjul. I og med at driftstiden med lav virkningsgrad er begrenset vil også kostnadene bli begrenset. Dersom en antar mellom 0 og 25 situasjoner pr. år vil kostnaden med redusert virkningsgrad variere mellom 0 og ca. 45 000 kroner pr. år, med samme forutsetninger som benyttet ved vurdering av kostnader ved bruk av nytt løpehjul i kap. 7.1.1.

Det er vanskelig å anmelde «haletimen» i spotmarkedet på en god måte med dagens regelverk for anmelding hos NordPool. Det er uheldig å trekke ut omtrent 90 MW fra spotmarkedet på denne måten fordi det kan påvirke prisen i markedet denne timen (Sundsbar kraftverk er UMM-pliktig). I tillegg påvirkes muligheten for levere system- og balansetjenester i «haletimen». Dersom flere kraftverk blir pålagt tilsvarende kjørestriksjoner vil effektene forsterkes (sum-effekt).

Dersom en ikke anmelder «haletimen» og i stedet legger den til i produksjonsplanen etter siste time, må den håndteres som en ubalanse med påfølgende ubalansekostnader. Kostnaden ved utilgjengelig effekt i «haletimen» er betydelig større enn kostnad ved å produsere ved redusert virkningsgrad.

## 8 Forholdet til Seljordsvatnet og campingplassene i tørre perioder (spørsmål 7)

### 8.1 Om bruken av luka på Hagadrag og vannstander i Seljordsvatn

Hensikten med å etablere luka ved Hagadrag og reguleringen av Seljordsvatn var slik SK har forstått det å sikre driften ved Oterholt kraftverk. Luka benyttes i tråd med konsesjonen til Midt-Telemark kommune, dvs. i lavvassperioder og for å opprettholde minstevassføringskrav. Se bl.a. vilkårsrevisjonsdokumentet innlevert av Bø kommune, datert 21.04.2016, kap. 3.1 for nærmere beskrivelser. I perioder med høyt tilsig fra restfeltene til Seljordsvatnet og/eller tilstrekkelig produksjon ved Sundsbarm kraftverk benyttes ikke luka ved Hagadrag, i tråd med bestemmelsene i gjeldende manøvreringsreglement.

For Oterholt kraftverk er minstevassføringskravet viktig for å sikre minste driftsvassføring. Vi er usikre på hva NVE mener med flomspill i Oterholt kraftverk i spørsmål 7 datert 01.07.2022, men antar at en viser til det produksjonstapet en ville fått dersom Oterholt kraftverk ikke får tilstrekkelig vassføring til å opprettholde driften.

Minstevassføringen i Bøelva opprettholdes i lavvassperioder ved å justere på luka i Hagadrag og ved å etterfylle med vann fra Sundsbarm kraftverk når det er nødvendig. Vannstandsendingene i Seljordsvatn er dermed i lavvassperioder et resultat av sum tilsig fra restfelt og minstevassføringskrav, justeringer av luka på Hagadrag, naturlig utløpsprofil fra Seljordsvatn og nødvendig etterfylling fra Sundsbarm kraftverk. Nedbørsfelt og tilsig til Seljordsvatn, variasjoner i tilsig og klimaeffekter, årsaker til vannstandsendinger i Seljordsvatn og forholdet ved utløpet fra Seljordsvatn er beskrevet i kap. 2.5 i vårt notat datert 29.04.2020 «Sundsbarm kraftverk. Kommentarer til innkomne innspel etter NVEs synfaring hausten 2019 – del 2. Svar på nokre avklarande spørsmål frå NVE i e-post dagsett 24.04.2020».

Figur 30 viser hvordan produksjon i Sundsbarm kraftverk, lukeåpning og vassføring i Hagadrag påvirker vannstand i Seljordsvatn sommeren 2022.

SK kan ikke huske å ha fått negative tilbakemeldinger fra campingplassene knyttet til vannstandsvariasjoner forårsaket av minstevassføringspraksisen for Bøelva og driften av Sundsbarm i lavvassperioder.

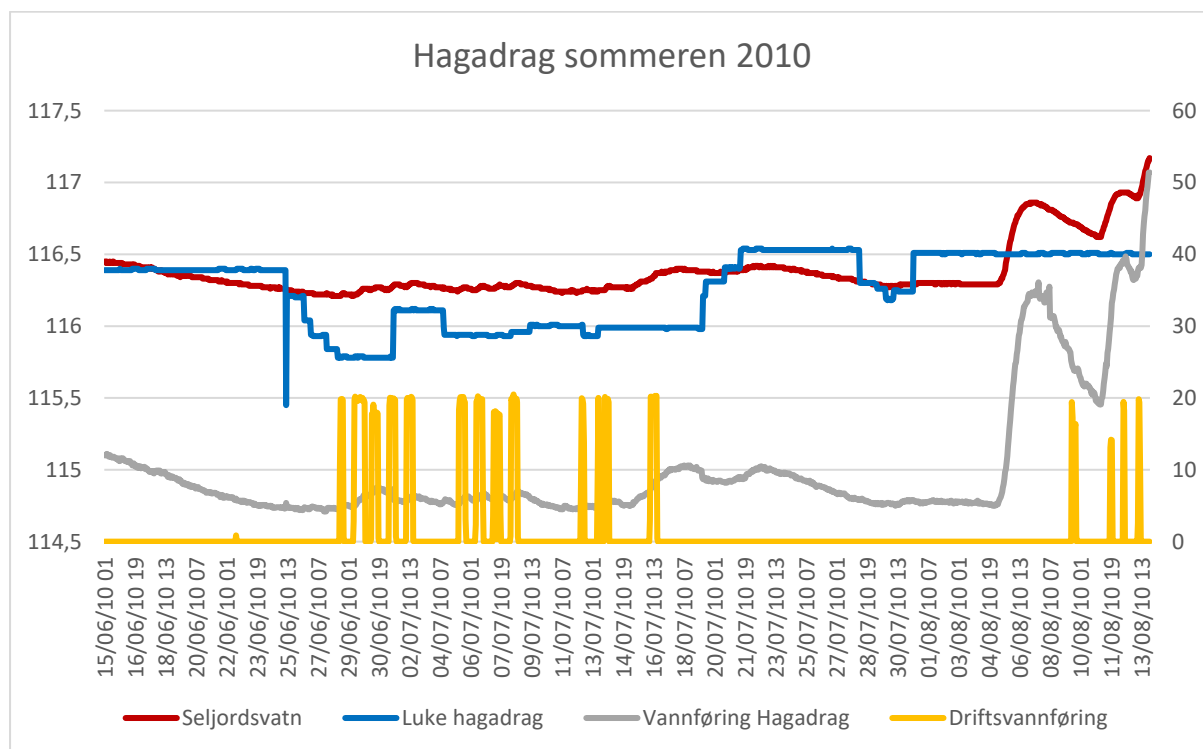
Campingplassene ønsker, slik vi har forstått det, i størst mulig grad vannstander i Seljordsvatn slik det er i tørre perioder om sommeren. Dette er situasjoner en har når det er moderat kjøprepress på Sundsbarm kraftverk, lagring av tilsig i ovenforliggende magasin og en i hovedsak bare produserer i Sundsbarm kraftverk for å opprettholde minstevassføringskravene i Bøelva.

I perioder/år med normalt eller høyt tilsig om sommeren fra de uregulerte feltene til Seljordsvatnet og/eller normal produksjon/driften ved Sundsbarm kraftverk er dette vanskelig/umulig å oppnå uansett hvordan luka på Hagadrag benyttes. En må i så fall innføre restriksjoner på bruken av Sundsbarmmagasinet eller driften av Sundsbarm kraftverk (som i praksis vil virke som en magasinrestriksjon). Dette vil være svært uheldig da en vil øke faren for flomspill fra Sundsbarm og skadeflommer i vassdraget betydelig. En vil også miste ettertraktet og verdifull effektkapasitet og fleksibilitet fra Sundsbarm kraftverk til det norske kraftsystemet i sommerhalvåret. SK vil på det sterkeste frarå slike restriksjoner, se også kap. 7. Vi kan heller ikke se at campingplassene er tjent med en praksis som vil øke kjøprepresset om våren og høsten og dermed gi høyere vannstand om våren og høsten og øke faren for skadeflommer.

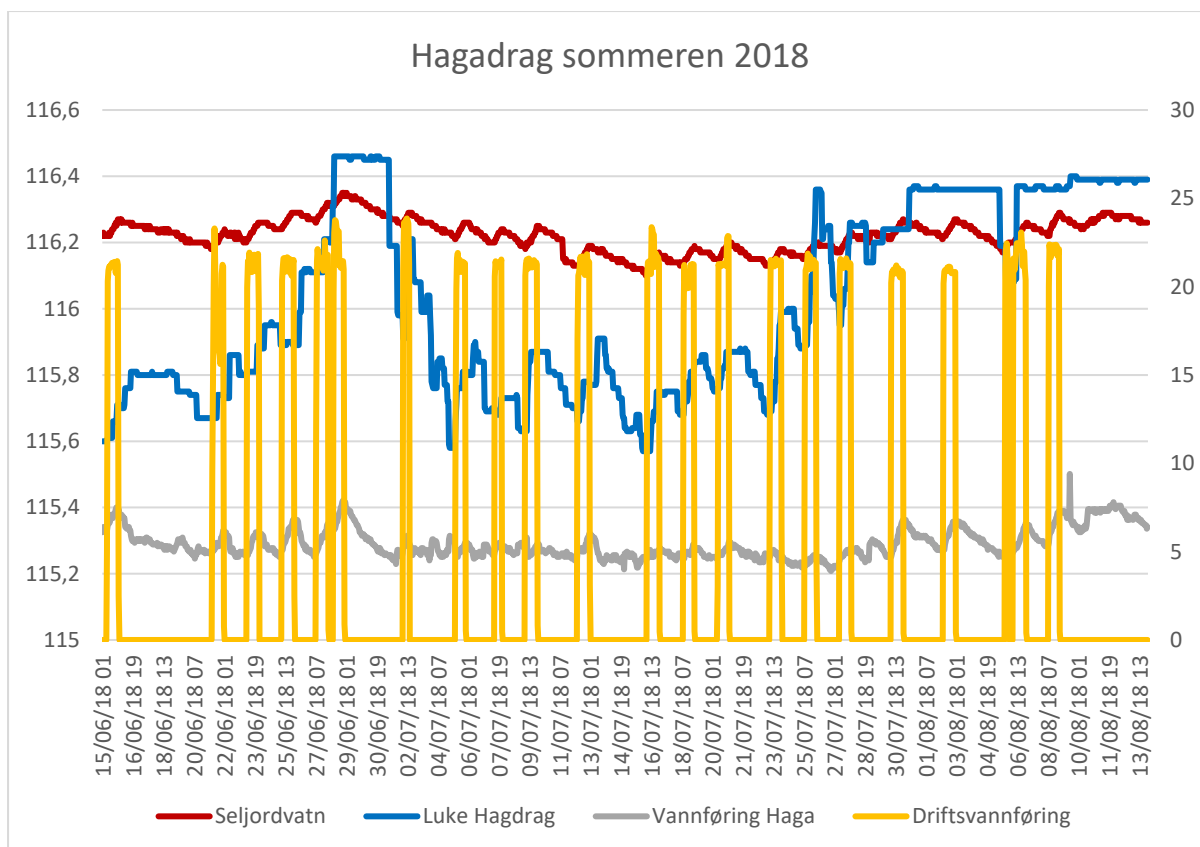
## 8.2 Nærmere om praktisk drift for å sikre minstevassføringskravene i Bøelva

I mange år frem til 2021 var vanlig praksis at en opprettholdt minstevassføringskravene i Bøelva ved å produsere hver tredje eller fjerde dag i Sundsbarm kraftverk. Dette holdt Seljordsvatnet tilstrekkelig høyt til å sikre minstevassføringskravet i Bøelva.

I 2010 var deler av sommeren tørr og en måtte produsere for å holde vassføringen ved Hagadrag over  $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , se Figur 27. Luka ble benyttet relativt lite og en produserte jevnlig i perioder når tilsiget ikke var tilstrekkelig for å sikre minstevassføringskravet i Bøelva. Dette medførte relativt høy bruk av magasin vann til etterfylling i Seljordsvatnet og en vannstand om sommeren over 116,20 i lavvassperioden.

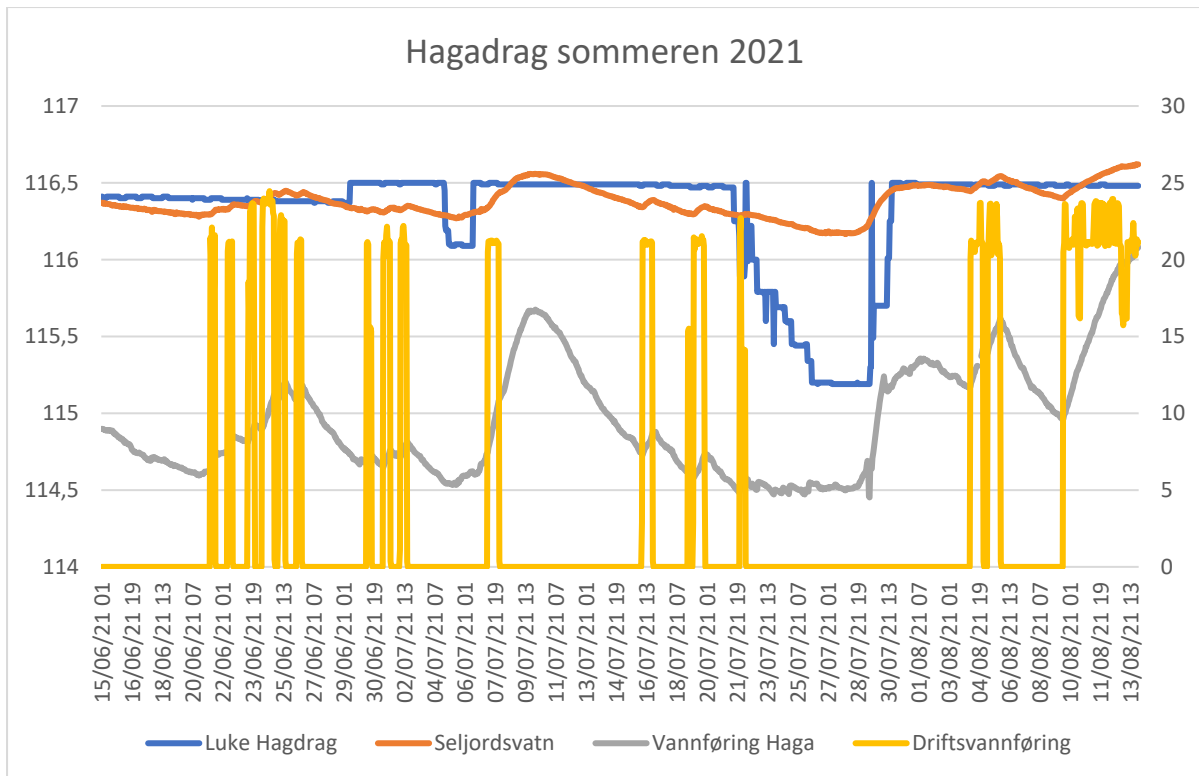


Figur 27 Vannstandsendringer sommeren 2010 i Seljordsvatn, som funksjon av produksjon i Sundsbarm kraftverk, lukeåpning og vassføring Hagadrag.



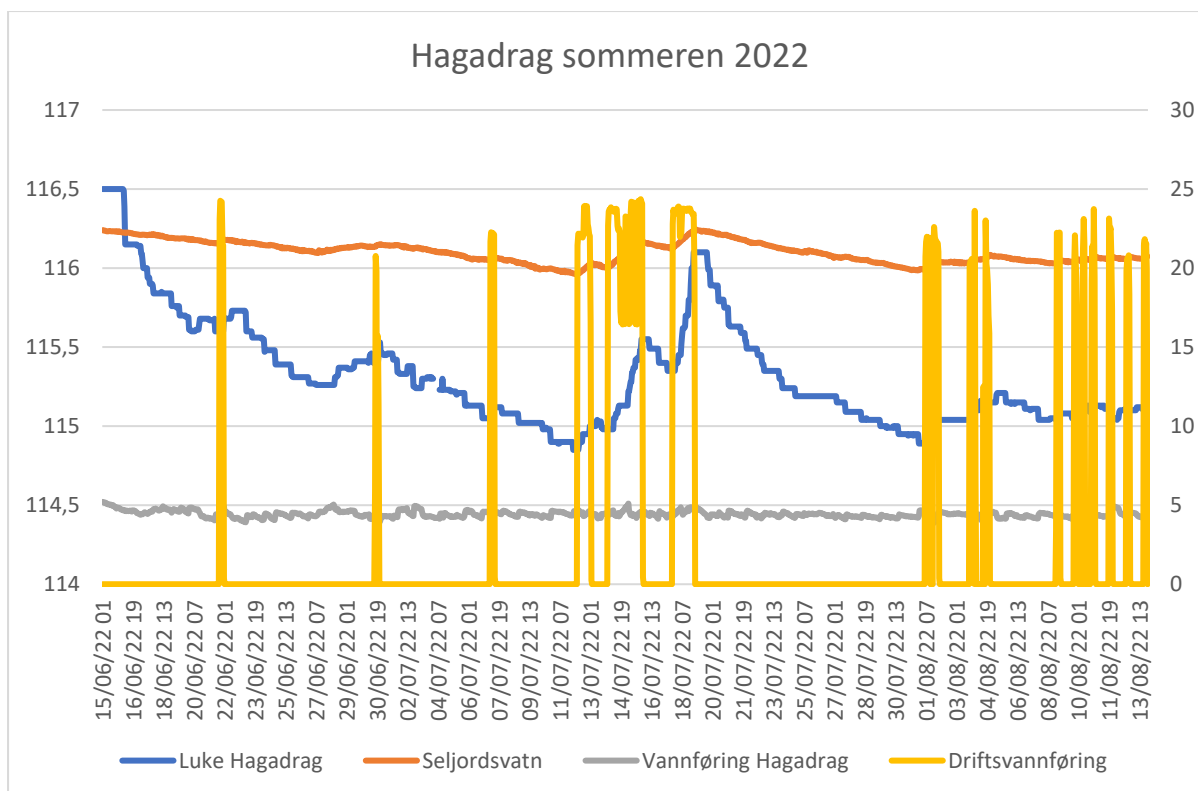
Figur 28 Vannstandsendringer sommeren 2018 i Seljordvatn, som funksjon av produksjon i Sundsbarm kraftverk, lukeåpning og vannføring Hagadrag.

Sommeren 2018, se Figur 28, var også tørr og det ble produsert jevnlig for å opprettholde minstevassføringskravet. Luka ble også regulert noe mer enn i 2010 og vannstanden i Seljordvatnet var noe lavere enn i 2010, dvs. ca. 116,10 – 116,25 moh.



Figur 29 Vannstandsendringer sommeren 2021 i Seljordsvatnet, som funksjon av produksjon i Sundsbarm kraftverk, lukeåpning og vannføring Hagadrag.

Som Figur 29 viser var det også tørt i en periode i juli 2021, og en forsøkte å bruke luka i Hagadrag i større grad enn tidligere til å sikre kravet til minstevassføring framfor å produsere i Sundsbarm kraftverk. Juli 2021 ga oss viktige erfaringer rundt bruk av luka i Hagadrag. En erfaring er at det er krevende for driftsvaktene å følge opp og at en ofte måtte følge opp med lukeregulering utover natta. Vannstanden i Seljordsvatnet lå rundt 116,1 til 116,3 moh. i denne perioden av juli.



Figur 30 Vannstandsendringer sommeren 2022 i Seljordsvatnet, som funksjon av produksjon i Sundsbarm kraftverk, lukeåpning og vassføring Hagadrag.

Sommeren 2022 var et av de tørreste årene vi har hatt, og med erfaringene fra juli 2021 ble luka i Hagadrag aktivt benyttet for å sikre minstevassføringskravet og en søkte å minimere kjøringen av Sundsbarm kraftverk. Dette ble gjort fordi tilsiget var lavt og fordi en måtte/ønsket å ta vare på vannet i Sundsbarmmagasinet for vinterforsyning. Dette resulterte i noe lavere vannstand i Seljordsvatn og lengre perioder uten tilførsel av magasin vann. Seljordsvatn hadde da en vannstand mellom 116,0 til 116,2 moh.

SK ønsker å videreføre praksisen fra 2021 og 2022 med mer aktiv bruk av luka på Hagadrag og magasinkapasiteten i Seljordsvatn for å sikre minstevassføringskravet i Bøelva. Dette vil kunne redusere antall start og stopp av Sundsbarm kraftverk i lavvassperioder med lite kjørepres (liten etterspørsel og god dempningska).

## 9 Vanntemperatur og sjikting i Sundsbarmvatnet (spørsmål 3)

### 9.1 Vanntemperatursjikting i Sundsbarmvatn

I dag finnes det ingen kjent informasjon om temperatursjikting (termoklin) i Sundsbarmvatnet. Sundsbarmvatnet ligger ca. 600 moh., har en reguleringshøyde på 38 m (mellom 574,2 og 612,2 moh), et overflateareal på 8,7 km<sup>2</sup> og inntaket ligger ca. 40 m under HRV. Etter oppfylling om våren ligger vannstanden oftest mellom 603 og 609 moh.

Dette indikerer en antatt sjikning med vår- og høstomrøring, og sommer- og vinterstagnasjon. Med et vanninntak for kraftregulering på inntil 40 meters dyp vil bunnvann med antatt vanntemperatur på ca. 4 grader tappes og slippes ut i Vallaråi. Som en del av nasjonalt måleprogram for gassovertmetning (Supersat, NORCE) ble det installert en vanntemperaturmåler ca 30-50 meter inne i driftstunnellen for perioden 2021 til 2022. Vanntemperaturdata her indikerer at når Sundsbarm kraftverk er i drift så er vintervannet (des-apr) ca 4 grader mens sommervannet varierer fra 5 til nær



8 grader i vekstsesong til fisk juni – sept. Grunnlaget for dette er noe usikkert pga korte måleserier med vanntemperatur på driftsvannet, og manglende data fra Sundsbarmvatnet.

## 9.2 Hva oppnår en med å bygge om? Virker det?

Effekt av inntaksløsning for å naturliggjøre vanntemperatur og bedre vekst for fisk i Vallaråi nedstrøms avløp Sundsbarm kraftverk, for eksempel fleksibelt inntakstårn eller inntak ved ulike vanddyb, er utfordrende å besvare grunnet manglende kunnskap og erfaring for vanntemperaturregulering i regulerte vassdrag generelt. I review artikkelen Heggenes & Stickler et al. (2021) gjøres det en internasjonal litteraturgjennomgang av driftserfaring og løsninger for vanntemperatur i regulerte vassdrag. Konklusjonen fra dette arbeidet viser at det er lite erfaring og kunnskap om effekt av ulike tiltak for å regulere vanntemperatur til mer naturlikeforhold. Som nevnt tidligere er det også begrenset med kunnskap om effekten av redusert vanntemperatur på vekst hos aure utover teoretiske betraktninger.

## 9.3 Spesifisering av kostnader ved ombygging inntak

Det er etter hva SK er kjent med lite kunnskap og erfaring med denne type tiltak i Norge. I NVE rapport 3/2010 "*Temperaturforhold i elver og innsjøer. Tiltak for regulering av temperatur. Simuleringsmodeller*", er det sett nærmere på hvilke løsninger som er tilgjengelig og i hvilke sammenhenger de kan benyttes.

Reguleringshøyden i Sundsbarmmagasinet er høy, 38 meter. For å kunne tappe fra overflatenivå må det derfor lages inntak på flere nivå. SK har ikke sett på hvordan dette eksakt kan gjøres i praksis, men konstaterer at bygging av inntak i flere høyder i Sundsbarmmagasinet trolig må bygges med tradisjonell teknologi. Med de reguleringshøyder og vannmengder som skal håndteres vil det bli nødvendig med etablering av nye vannveier, inntak, inntaksrister og lukesystem som kan håndtere/regulere ulike inntaksnivå/-høyder. Det må også etableres nødvendig infrastruktur/veger for å kunne bygge og drifte inntakene. I og med at vannet tas inn fra overflatenivå må det tilrettelegges for grindrensk. Inntakene vil være krevende både å bygge og å drifte da terrenget er utilgjengelig. Det vil også være utfordrende å få til løsninger som ivaretar sikkerheten til driftspersonell på en akseptabel måte.

Det må også påpekes at vannets oppholdstid i vannvegen er lang. Fjelltemperaturen er om lag 7 grader hele året. Dette resulterer i at vannveien vil påvirke vanntemperaturen mot 7 grader. Denne effekten er nevneverdig om sommeren når kraftverket går med begrenset drift og vannet har lang oppholdstid i tunnelen.

Vi vil derfor understreke at produksjonsmønsteret i SK og tapping av magasin vann uansett vil påvirke temperaturforholdene i Vallaråi og at det er usikkert hvor stor utjevningseffekt tiltaket vil gi.

SK er ikke kjent med at det foreligger relevante erfaringstall for kostnadene ved denne type tiltak. Vi vil også påpeke at det foreligger lite erfaring og kunnskap om hvordan en faktisk bør utforme denne type inntaksarrangement. Ut fra NVE rapport nr. 3/2010 og den kunnskap vi har om denne type bygg- og anleggstiltak har vi tidligere antydnet kostnader i størrelsesorden 50-150 MNOK, eksklusive et betydelig produksjonstap i byggeperioden. Usikkerheten er imidlertid svært stor, og vi kan ikke utelukke at kostnadene vil bli enda høyere. Kostnadene ved bygging og utetid er uansett så høye at vi anser tiltaket som uaktuelt.

## 10 Fiskepassasjer til Flatdal (spørsmål 6)

### 10.1 Mulige løsninger og kostnader

For å undersøke nytte og kostnader tilknyttet vandring for stor aure forbi kraftverksavløpet og videre opp til Flatdal ble det gjennomført to eksterne vurderinger og kartlegginger; i) Kvalitetssikre masteroppgave på genetikk hos aure i Seljord (USN, april 2023); og ii) Tiltak for storaure i Vallaråi: Vurderinger av fiskevandringens løsninger og produksjonspotensial (Norconsult, april 2023), se vedlegg 3. Nedenfor gis det en kort oppsummering fra delrapportene. For detaljer, se egen delrapport Norconsult ved Sandem et al., rapport 52300857, jfr. vedlegg 3.

Kvalitetssikre masteroppgave på genetikk hos aure i Seljord (USN, april 2023):

*Den genetiske hovedstrukturen til ørret i Seljordsvatn er at ørret rekruttert fra Vallaråi (og Bygdaråi) dominerer i nordlig del, mens ørret rekruttert fra Bjønndøla og Bøelva dominerer i sørlig del av Seljordsvatn. Ørret oppstrøms Lakshøl utgjør en egen bestand. Det er imidlertid knyttet usikkerhet til data og analyser. Det er også en vesentlig svakhet at stor ørret ikke er med i undersøkelsen, og det relativt store Seljordsvatn er bare representert med to lokaliteter. Det anbefales gjennomføres en ny undersøkelse hvor det også samles inn prøver fra stor ørret og flere deler av Seljordsvatn. Dette bør kombineres med et prøvefiske som vil gi indikasjoner på rekruttering og vekst til ørretbestandene i Seljordsvatn.*

Tiltak for storaure i Vallaråi: Vurderinger av fiskevandringens løsninger og produksjonspotensial (Norconsult, april 2023):

Ved vurdering av vandringshinder på elvestrekningen Seljordsvatn til Rjukanfoss anses Lakshølfoss og det øverste fossefallet i Satajuvet (Eisanfossen) som hhv. absolutt og sannsynlig absolutt vandringshinder. Oppstrøms Eisanfossen er neste absolutte vandringshinder lokalisert ved Rjukanfoss (eller i juv noe nedstrøms) i Flatdalsåi om lag 8 km fra utløpet til Flatsjø. Det er ingen naturlige vandringshindre mellom Eisanfossen og Rjukanfossen, men det er etablert flere terskler som kan være temporære vandringshindre (spesielt for mindre aure) på gitte vassføringer.



Figur 31 Terrengmodell for hele den aktuelle strekningen fra Seljordsvatnet til Rjukanfoss. 1 = Lakshølfoss, 2 = Eisanfossen, 3 = Flatsjø, 4 = Rjukanfoss. Terrengmodell generert fra Høydedata.no.

Ved vurdering av produksjonspotensiale for aure oppstrøms Lakshølfoss viser kartlegging at det er potensiale for en mangedobling av produksjon på strekningen mellom naturlige vandringshinder og Rjukanfoss. Det er viktig å understreke at dette er dagens produksjon av lokal aure på aktuell strekning, og ikke en tilleggsproduksjon. Det finnes i dag begrenset eller ingen kunnskap om tetthet

av ungfisk på strekningen. «Grunnlaget for denne vurderingen er basert på en inndeling av vassdraget i elveklasser vha flyfoto. Dette må anses som en svært grov tilnærming for denne type vurderinger, men kan like fullt gi en pekepinn på ulike elvesegmentenes relative betydning for smoltproduksjon i et vassdrag. Vurderingen viser at elvearealene mellom Lakshølfoss og Eisanfossen må antas å gi en vesentlig økning i produksjonsarealer og smoltproduksjon (estimert til 51 % teoretisk økning til dagens storørretførende strekning). Det klart største produksjonspotensialet utløses derimot ikke før elvestrekningene oppstrøms Eisanfossen eventuelt blir tilgjengelige (estimert til 439 % økning i teoretisk smoltproduksjon ekskludert innsjøareal). Det bemerkes at beregningen er heftet med stor grad av usikkerhet, da det ikke er gjennomført fysisk kartlegging av de vurderte elvearealene. Ulik grad av påvirkning fra vannkraftregulering vil også trolig kunne ha en (vesentlig) påvirkning på faktisk ørretproduksjon, noe som ikke den anvendte metodikken hensyntar».



Figur 32 Kumulativ fordeling av produksjonspotensial ved dagens situasjon, realisering av fiskepassasje ved Lakshølfoss, og realisering av fiskepassasje ved både Lakshølfoss og Eisanfossen. NB! Produksjon i strandsonen i Flatsjø er ikke inkludert i estimatene.

Ved vurdering av løsning og kostnadsestimering for vandringsløsninger for stor aure i Vallaråi er det «vurdert flere ulike fiskevandringsløsninger ved både Lakshølfoss og Eisanfossen i dette innledende mulighetsstudiet. Ved begge lokalitetene er det vurdert som gjennomførbart å bygge fisketrapper, men med noen utfordringer knyttet til blant annet adkomst og massetransport. Ved begge lokasjoner er kulp-trapp tilpasset oppvandrende gyteørret vurdert som mest eigna trappetype. I Eisanfossen er tre ulike alternativer beskrevet og kostnadsestimert. En kort oversikt over disse er oppsummert i tabell 1, der alternativet som foreløpig er vurdert som det mest egnede er markert med lys grønn farge.

Tabell 3 Oppsummering alternativer Eisanfossen.

Alternativ	Vurderinger	Kostnad (ca)	Aktuell løsning
Trapp på vestsiden	Sedimentansamlig i innløp oppe, fundamenteres på løsmasse? Trenger plass til adkomst, store skjæringer, stort inngrep	Ikke vurdert	Ikke detaljert vurdert.
Trapp langs elv på østsiden	Store skjæringer, stort synlig inngrep, åpen trapp som kan fylles med sedimenter	20 mill. NOK	Hovedalternativ i dette mulighetsstudiet
Kort trapp langs elv på østsiden kombinert med terskler i Satajuvet	Åpen trapp som kan fylles med sedimenter, veldig usikre strømningsforhold i Satajuvet. Terskler i Satajuvet vil fylles med sedimenter, omfattende vedlikehold hvis disse må tømmes	18 mill. NOK	Stor usikkerhet med tanke på vedlikehold
Trapp tilbaketrukket fra elv på østsiden	Kostbar løsning, antatt mindre vedlikeholdsbehov, stort plassbehov, mindre synlig inngrep	30 mill. NOK	Kostbar løsning, redusert behov for vedlikehold.

«I Lakshølfoss er det vurdert fisketrapp både på øst- og vestsiden av elva, men det er kun valgt å se nærmere på trapp langs vestsiden av fossen. Det er også knyttet noe usikkerhet omkring best egnet lokasjon for trappeinngang, men dette er kun tekstlig beskrevet. I valgt løsning er trappas inngang trukket noe nedstrøms fossefoten. De ulike vurderte alternativene er kort oppsummert i tabell 2, der valgt alternativ er markert i lys grønn farge».

Tabell 4 Oppsummering alternativer Lakshølfossen.

Alternativ	Vurderinger	Kostnad (ca)	Aktuell løsning
Trapp på vestsiden, veiadkomst	Store skjæringer, stort inngrep	17 mill. NOK	Beskrevet i dette mulighetsstudiet
Trapp på vestsiden, personaladkomst	Mindre synlig inngrep enn alternativet over.	Som over, muligens noe dyrere	
Trapp på vestsiden, trappeinngang lenger opp	Alternativ inngang må vurderes nærmere	Ikke vurdert nærmere	
Trapp på østsiden	Usikkerhet knyttet til eksisterende mølle og E134	Ikke vurdert	Antatt mer utfordrende mtp eksisterende bygg og E134. Ikke vurdert nærmere i dette mulighetsstudiet

## 10.2 Oppsummering

Undersøkelser fra Norconsult viser at det er egnede gyte- og oppvekstområder for aure oppstrøms Lakshølfoss. Beregningene viser et teoretisk produksjonspotensial på opptil 439%, inkludert dagens produksjon av stedegen aurebestand. USN viser til at en eventuell tilrettelegging for oppvandring i fossene vil «bryte ned den naturlige genetiske strukturen» jfr. USN rapport 123/2023. Det betyr at genetisk mangfold innad og mellom bestander i systemet vil utfordre forvaltningsmålene gitt i Naturmangfoldloven. I tillegg er det også ut ifra dagens kunnskap stor usikkerhet knyttet til hvor stor andel av ungfisk som faktisk blir stor aure. Her vil næringsforhold i Seljordsvatn være avgjørende i tillegg til lokale konkurranseforhold i vassdraget.

Kostnader for anbefalte vandringsløsninger forbi Lakshølfoss og Eisanfoss er estimert til henholdsvis 20 og 17 mill. NOK., totalt ca. 37 mill. NOK. Kostnadsanslagene har stor usikkerhet og tar ikke hensyn til driftskostnader.

SK fraråder derfor at det legges til rette for vandringsløsninger forbi dagens naturlige barrierer ved Lakshølfoss og Eisanfossen.

Vedlegg:

1. «*Vurdering av effektkjøring og endret vanntemperatur på produksjon og vekst hos ungfisk av ørret i Vallaråi*», Universitetet i Sørøst-Norge, 123/2023, Jan Heggenes
2. «*Hydrologisk sammenlikning av Tokkeåi ved utløp Lio kraftverk og Vallaråi ved utløp Sundsbarm kraftverk*», Skageraknotat datert 02.05.2023.
3. «*Vurderinger av fiskevandringsløsninger og produksjonspotensial*», Norconsult, april 2023.