

Effekter av lavvannføring på fiskeproduksjonen i Nidelva

Dispensasjon fra minstevannføringskrav 2022



Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

NORCE Miljø LFI, Nygårdsgaten 112, 5008 Bergen, **Tel:** 55 58 22 28
ISSN nr: ISSN-2535-6623

LFI-rapport nr: 495

Tittel: Effekter av lavvannføring på fiskeproduksjonen i Nidelva - Dispensasjon fra minstevannføringskrav 2022

Dato: 13.06.2023

Forfattere: Tormod Haraldstad, Sebastian Stranzl, Kurt Johansen og Helge Skoglund

Bilder: Fotografier er tatt av Norce LFI og Eivind Hellerslien ÅEnergi.

Geografisk område: Agder, Norge

Oppdragsgiver: Åenergi

Kontaktperson hos oppdragsgiver: Eivind Hellerslien

Antall sider: 31

Emneord: Laks, tørke, minstevannføring, tørrlegging

Kvalitetssikret av: Helge Skoglund

Haraldstad, T., Stranzl, S., Johansen, K. og Skoglund, H. 2023. Effekter av lavvannføring på fiskeproduksjonen i Nidelva - Dispensasjon fra minstevannføringskrav 2022. NORCE LFI Rapport nr. 495.

Forord

Våren 2022 ble det rapportert om generelt lav magasinifylling og mindre snømagasin enn normalt i Arendalsvassdraget. NVE godkjente Arendals Vasdrags Brugseierforening (AVB) søknad om dispensasjon fra minstevannføringen ut av Nelaug. Det ble gitt tillatelse til midlertidig reduksjon av vannføringen ut av Nelaug i perioden 25. mai – 30. september. Tillatelsen ble forlenget til perioden 1. oktober – 30. november. Vannføringen ble senket fra 40 m³/s til 30 m³/s i perioden 25. mai frem til slutten av september 2022. Bakgrunnen for dette var en svært anstrengt kraftforsyningssituasjon i Sør-Norge, der selskap ble oppfordret fra myndighetene til å redusere tapping fra vannkraftmagasinene for å bidra til forsyningssikkerheten utover høsten.

I den forbindelse har NORCE LFI fått i oppdrag å undersøke effekten av en slik vannføringsreduksjon på fiskeproduksjonen i elva.

Vanddekt areal definerer leveområdet for fisk i ei elv og endring i vanddekt areal er viktig for å vurdere effekten av redusert vannføring. Oppdraget omfatter analyse av eksisterende dronebilder for å undersøke vanddekt areal når vannføringen i elva er 49 m³/s samt egne dronebilder ved en vannføring på 31 m³/s. Spesielt fokus vil bli lagt på nøkkelhabitater for produksjon. Med nøkkelhabitater menes gyteområder og områder med tilstrekkelig skjul for ungfisk. I tillegg gjør vi generelle betraktninger rundt den lave vannføringens effekt på laks i ulike livsstadier på ulike deler av året (mai-september).

Kristiansand, 13.06.2023

Tormod Haraldstad

Innhold

1. Innledning	5
1.1 Generelle betraktninger rundt lavvannføring på ulike livsstadier av laks	5
2. Nidelva	7
3. Metoder	8
4. Resultater	10
4.1 Effekter av regulering på vannføring i lakseførende del av i Nidelva	10
4.2 Tørrlagte områder	12
4.3 Tørrlagte gyte- og skjulområder.....	16
4.4 Vanntemperatur.....	24
4.5 Smoltutvandring.....	25
4.6 Oppvandrende gytelaks	26
5. Diskusjon	27
6. Konklusjon	30
6. Referanser	31

1. Innledning

Lav vannføring i 2022 var ikke et isolert problem for Nidelva. Alle elvene i Agder hadde lav vannføring på grunn av lite nedbør våren og sommeren 2022. Imidlertid vil slike år ofte resultere i at de regulerte elvene som Otra, Mandalselva og Nidelva ha høyere vannføring enn de uregulerte elvene som Storelva, Tovdalselva og Audna. Vannføringen i de regulerte elvene ville antagelig vært enda lavere om elvene ikke var regulert, men dispensasjon til vannføring under den fastsatte rammen krever likevel undersøkelser for å vurdere effekt på den lokale laksestammen.

1.1 Generelle betraktninger rundt lavvannføring på ulike livsstadier av laks

Rogn

Laks og aure gyter om høsten ved å grave groper i grusen der eggene legges. Etter egglegging dekker hunnen gytegroperne med elvegus. Gyteområdene finnes på grunt vann der kombinasjonen av substrat, vanddyb og overflatestrøm er ideell. Eggene ligger i gropene gjennom vinteren og klekker til plommesekkkyngel om våren. Naturlig dødelighet er oftest lav under inkubasjonen, men både eggene og plommesekkkyngelen har lav mobilitet og kan derfor ikke unnsnippe ugunstige forhold. Eggene er avhengig av rennende vann for å overleve slik at tørrlegging kan være kritisk for overlevelse. Samtidig er det vist at egg kan overleve lengre perioder med tørrlegging, opp mot flere uker. Fuktighet og temperaturforholdene i gytegroper virker å være kritisk for overlevelsen i slike perioder, og dødelighet kan inntreffe under bare svært korte perioder med svært lav temperatur. Forholdene i gropa under tørrlegging er antagelig påvirket av flere faktorer inkludert gropens evne til å holde på fuktighet, temperatur, oksygentilførsel, kornfordeling og grunnvannstilsig (Skoglund et al 2022).

Vannføring på høsten under gyting er avgjørende for hvilke områder de benytter, og dermed hvor utsatt eggene vil være for tørrlegging gjennom inkubasjonsperioden. Det er naturlig forekommende med høyere høstvannføring enn vintervannføring i uregulerte elver, og selv om det kan forekomme vil graden av tørrlegging vanligvis være lav i uregulerte elver (Barlaup et al. 1994). Laksen krever en viss vannhøyde over substratet for å gyte og dermed er det rom for en betydelig lavere vannføring vinterstid enn under gyting uten at rogn blir tørrlagt.

I regulerte elver kan vann-nivået fluktuere på en annen måte enn i en uregulert elv. Det finnes flere eksempler på at unaturlig lav vannføring i regulerte elver kan tørrlegge gytegroper vinterstid (Skoglund et al 2022).

Klekking og swim-up

Rogna klekker om våren og klekketidspunkt kan estimeres ut fra gytetidspunkt og temperatur gjennom vinteren. Etter klekking tilbringer yngelen noen uker i substratet der den først livnærer seg av plommesekken før den gradvis går opp og tar til seg ytre føde. Plommeseckyngelen tåler ikke tørrlegging, samtidig som den ikke er mobil nok til å forflytte seg ut av tørrlagt områder. Den er med andre ord svært utsatt i denne perioden. Perioden med swim-up i mai-juni er en periode i laksens liv med naturlig høy tetthetsavhengig dødelighet. Noe dødelighet på rogn og plommeseckyngel som følge av tørrlegging vil kunne kompenseres med tetthetsavhengig dødelighet i perioden etter swim-up.

Ungfisk

I de fleste sørlandselver lever laksungene 2-3 år i elva før de smoltifiserer. De danner små territorier som de forsvarer. Ungfisken er avhengig av skjul og tilgang på mat i form av bunndyr eller driv. Skjul kan den finne mellom steiner eller andre strukturer i elvebunnen. Flere skjulmuligheter gir behov for mindre territorier og flere ungfisk per kvadratmeter elveareal. Generelt kan man si at redusert vanndekt areal gir proporsjonalt redusert ungfiskproduksjon. Samtidig er ikke alle områder av elva like attraktive for ungfisken. Ved å redusere vanndekt areal kan gode ungfiskområder tørrlegges. Samtidig kan nye områder bli attraktive ved et endret strømmønster.

Smoltutvandring

Etter to til tre år i elva gjennomgår laksungene en smoltifisering som tilpasser de et liv i saltvann. Om våren er det en mer eller mindre synkron utvandring av smolt som trigges av økt vanntemperatur og vannføring. I de fleste elvene på Sørlandet inntreffer vårfloppen før smoltutvandringens start, slik at temperatur ser ut til å være den viktigste triggeren for at smolten skal starte sin vandring (Haraldstad et al. 2016). Samtidig skal man ikke utelukke effektene av små vannføringsendringer som følge av regn i uregulerte lokale nedbørfelt. Vandring under små flomtopper kan redusere predasjonsrisiko og gi høyere vannhastighet som igjen letter utvandringen for smolt. Lav vannføring under smoltutvandringen kan i så måte øke predasjonsrisiko og begrense vandringshastigheten til utvandrende smolt.

Gytelaks

Flere studier viser at vannføringsendringer trigger gytelaksens vandring inn i og oppover elva. Man antar at dette er et av de viktigste vandringstriggerne. Lav sommervannføring kan føre til en generell senere oppvandring i elvene. En del laks vandrer inn i elva tidlig i sesongen, for å stå i elva gjennom hele sommeren før gytingen starter om høsten. Redusert vannføring kan ha en negativ effekt på denne laksen. Lav vannføring kan gi høyere elvetemperatur og laksen kan bli tvunget til å stå tettere i hølene. Kombinasjonen varme og stress kan gjøre den økt mottakelig for sykdom samt øke energiomsetning som igjen kan gå utover gyteatferden.

Vi vil i denne rapporten estimere tørrlagt areal som følge av en vannføringsreduksjon under fastsatt grense. Spesielt fokus er lagt på kjente gyte og oppvekstområder. I tillegg vil vi gi generelle betraktninger rundt lavvannføringspåvirkning på laksen i Nidelva våren og sommeren 2022.

2. Nidelva

Nidelva var tidligere blant Sørlandets beste lakseelver og kan skilte med hele 12,5 tonn laks i toppåret 1883. Vassdraget har vært sterkt belastet av sur nedbør (Kaste et al. 1995) og den opprinnelige laksebestanden ble trolig utryddet av forsuring på 1970-tallet (Ugedal et al. 2001). Vassdraget fullkalkes nå via doserer ved Bøylefoss og i sidevassdraget Songeelva. Laksebestanden er nå reetablert.

Vassdraget er regulert med om lag 50 større og mindre magasiner (Ugedal et al. 2001). Fra utløpet av Nelaug er det et pålegg om minstevannføring på 40 m³/s. Den opprinnelige lakseførende strekningen gikk fra elvemunningen og 28 km opp til Bøylefoss. Så tidlig som i 1904 ble det etablert elvekraftverk ved Evenstad som kan ha begrenset laksens vandring videre opp mot Bøylefoss. En ny dam ble bygget i 1939 og har siden den tid ført til en forkorting av den opprinnelige lakseførende strekningen med 6 km. På strekningen videre oppstrøms fra Eivindstad og opp mot Bøylefoss er det flere partier som er vurdert som egnet gyte og ungfiskhabitat. Det nederste elvekraftverket tar inn vann ved Rygene og etterlater en minstevannføring på i overkant av 2 km ned til Helle. Det slippes 5 m³/s i minstevannføringsstrekningen fra mai til oktober-november og 1 m³/s resten av året.

Nidelva er en flod med store områder med stilleflytende elv. De beste gyteområdene finnes i minstevannføringsstrekningen, i Froland nedstrøms Blakstadbroa og ned Neset, Espeland og noen områder mellom Evenstad kraftverk og Bøylefoss (Gabrielsen et al. 2021)

3. Metoder

Vi har brukt historiske vannføringsdata fra Lunde mølle (19.40.0) og sammenliknet vannføring gjennom året i perioden før regulering 1899-1913 og etter 1973-2020. Vanntemperaturdata er hentet fra pH-stasjon Rygene. Grunnet en omlegging av data i Micacom (Franzefoss Miljøkalk AS) var temperaturmålinger tilbake i tid vanskelig å få tak i. Vi benyttet derfor manuelle måling av råvannstemperatur ved Blakstad vannverk utført av Froland kommune i perioden 2003 – 2022 (data fra Kai Bakken).

Det ble benyttet data fra videoovervåking av fiskevandring i laksetrappa ved Rygene dam sommeren og høsten 2022 (Kvitvær og Lamberg 2022) samt fangst av utvandrende smolt i isluka på Rygene våren 2022 (Haraldstad et al 2022).

Det ble gjennomført en sammenligning av flybilder ved 49 m³/s (flybilde fra 16.5.2009, Kartverket) med dronedeflygning under lavvannføring på 31 m³/s (den 6. september 2022). Den laveste tillatte vannføringen ut av Nelaug er på 40 m³/s. Dette er noe lavere enn vår referanse fra flybildene (49 m³/s). Det fører til at estimert tørrlagt areal mellom flybilder (49 m³/s) og dronebilder (31 m³/s) vil være noe overestimert sammenliknet med den reelle endringen fra 40-30 m³/s.

Vi valgte å sette søkelys på 3 delstrekninger av elva der vi vet det er gode gyte og oppvekstforhold (Gabrielsen et al 2021). Espeland (2200 m elvestrekning), Bøylestad (1600 m), og nedenfor Bøylefoss kraftverk (1500 m, oversiktskart (**Figur 1**)).

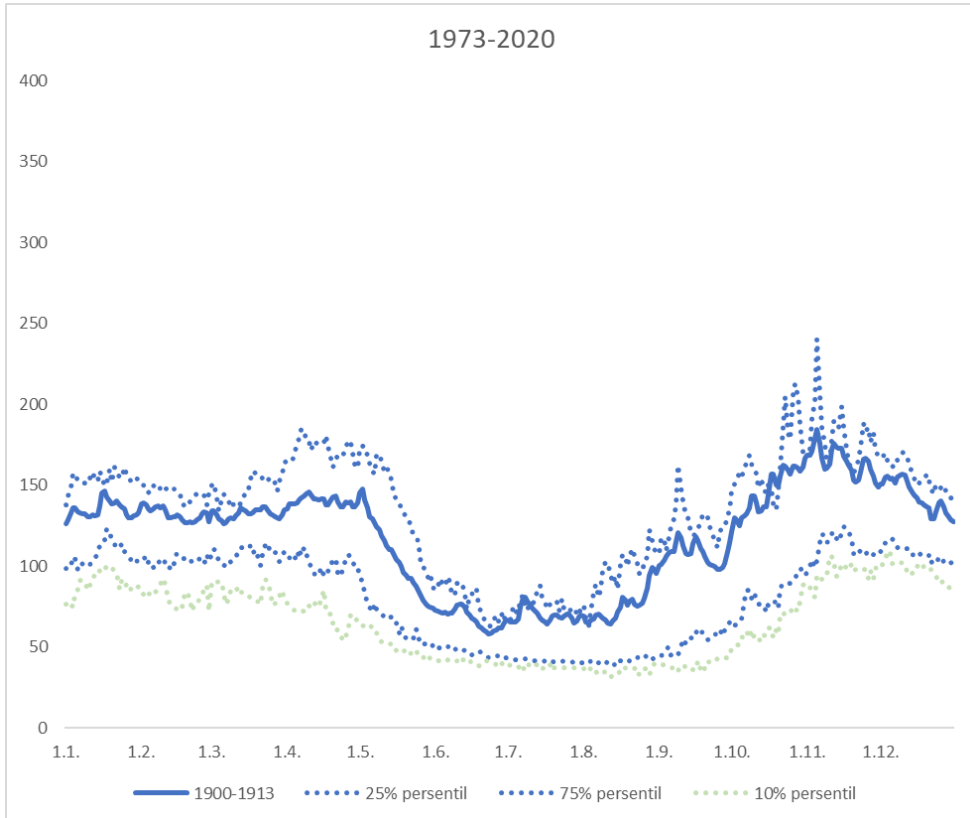
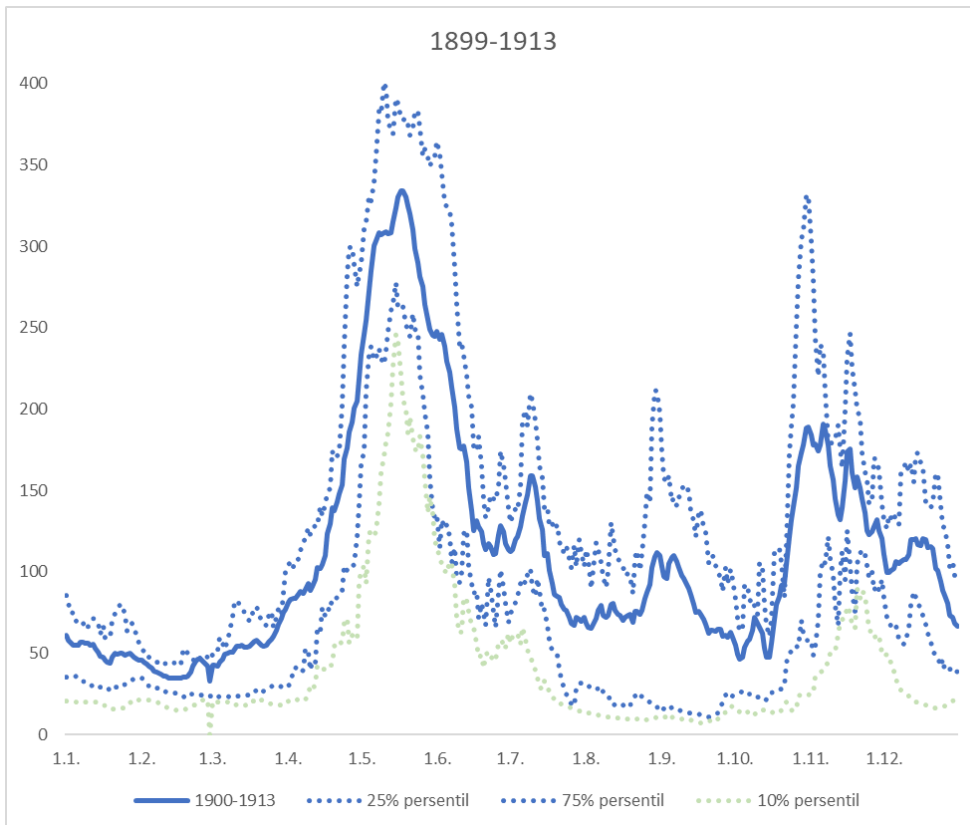


Figur 1. Oversiktskart med kartlagte delstrekninger

4. Resultater

4.1 Effekter av regulering på vannføring i lakseførende del av i Nidelva

Det ble bygget 6 reguleringsdammer i Arendalsvassdraget rundt 1914, og en utvidelse av antall dammer til totalt rundt 50 i perioden 1951-1973. Vannføringsdata fra Nidelva ved Rekevika i perioden før regulering 1899-1913 og etter regulering 1973-2020 (**Figur 2**). Generelt har reguleringen av Nidelva (Arendalsvassdraget) ført til lavere flomtopper og en mer stabil vannføring sammenlignet med naturtilstanden før regulering. Det er en definert vårflom i april-juni i perioden 1899-1913. Denne er borte i perioden 1973-2020. Lav vannføring om våren ser ikke ut til å være vanlig forekommende før regulering. Det er derimot en høyere vannføring om vinteren og ettersommeren etter regulering. På de 15 årene (1899-1913) er det 6 år der vannføringen i elva er under 15 m³/s. Disse periodene inntreffer i første halvdel av september. Økt minstevannføring i tørre år, spesielt om vinteren og ettersommeren, har trolig redusert områder i elva som før reguleringen ble tørrlagt. Den historiske vannføringstoppen i mai-juni har trolig vært viktig for å trigge utvandring av smolt, samt gitt smolten betydelig vannvolum for vandring. Tørrlegging av gytegroper under swim-up om våren vil historisk antagelig ikke forekommet.



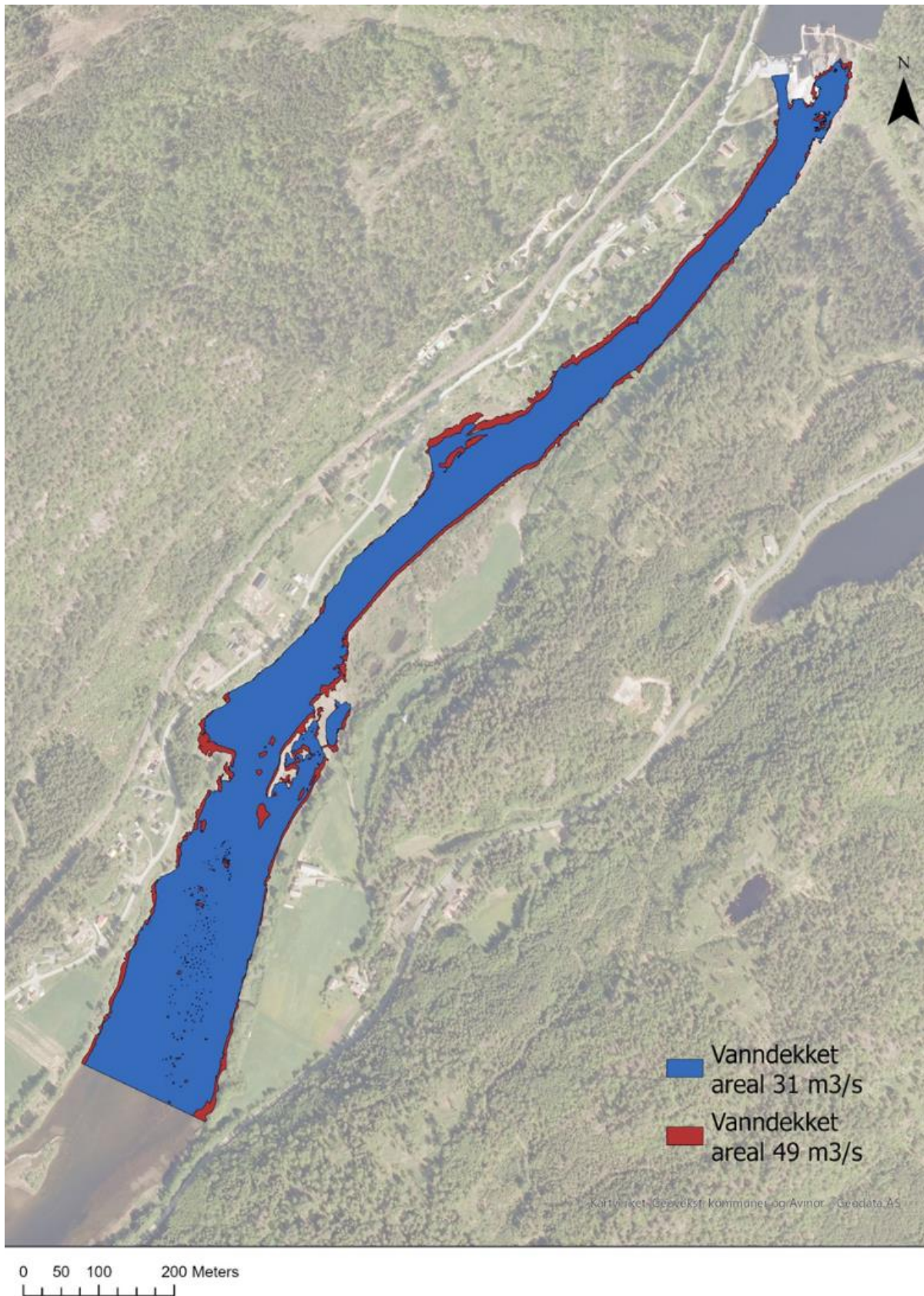
Figur 2. Historisk vannføring (1899-1913) og vannføring etter regulering (1973-2020)

4.2 Tørrlagte områder

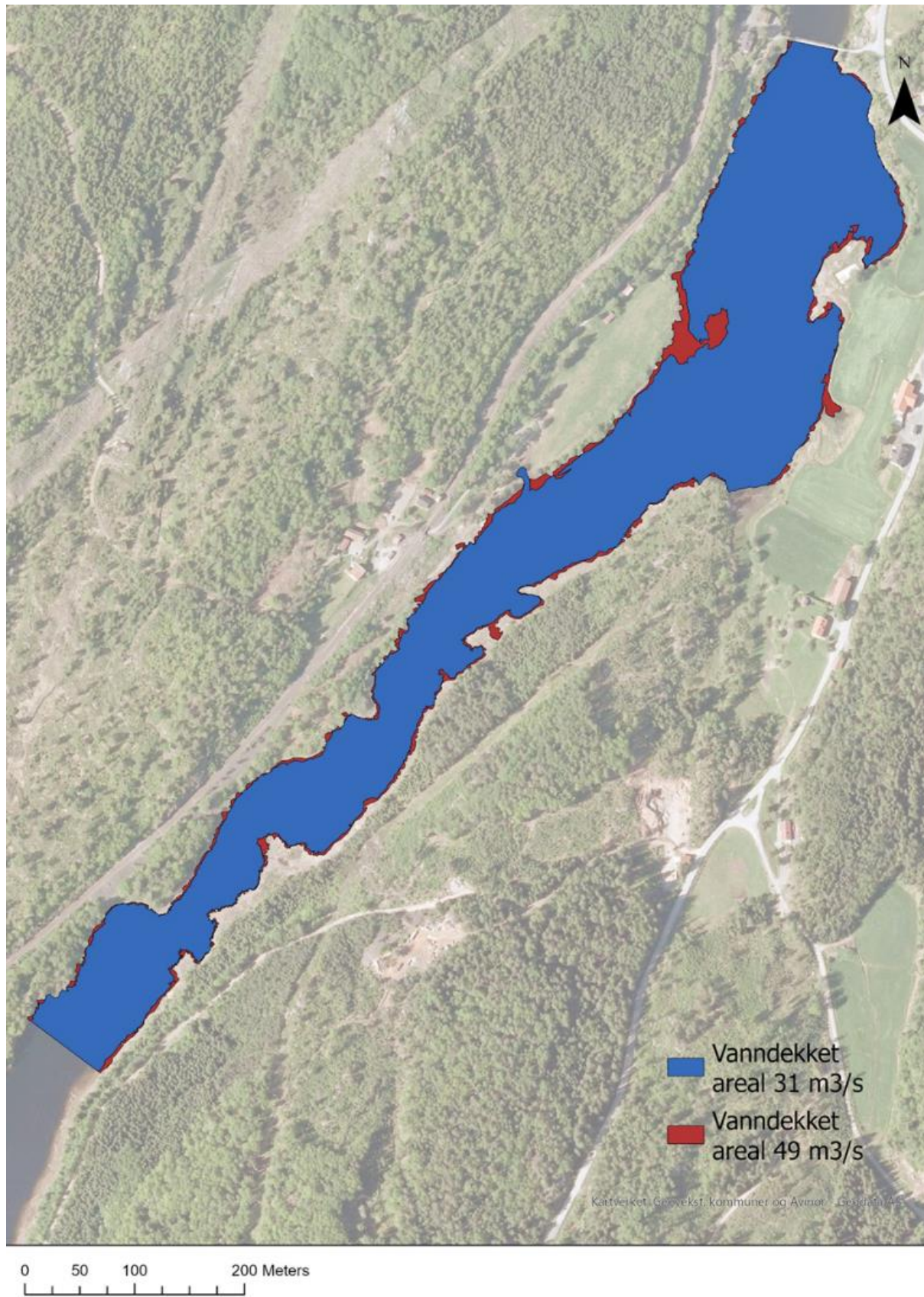
Tørrlagte områder er estimert ved å sammenlikne vanddekt areal på flybilder tatt på 49 m³/s mot dronebilder tatt på 31 m³/s (**Tabell 1**). Vi har fokusert på tre delområder av elva der vi gir en oversikt over endring i areal og prosent. Samlet over alle delstrekninger var det 7 % mindre vanddekket areal ved 31 m³/s enn ved 49 m³/s. Tørrlegging var høyest på Espeland med 9.3 % og på hhv 5.7 % og 5.3 % ved Bøylestad og Bøylefoss. Tørrlagte arealer omfatter hovedsakelig områder langs bredden (**Figur 3, 4 og 5**)

Tabell 1: Vanddekket areal ved 31 m³/s (06.11.22) og 49 m³/s (16.05.09) ved tre delstrekninger i Nidelva.

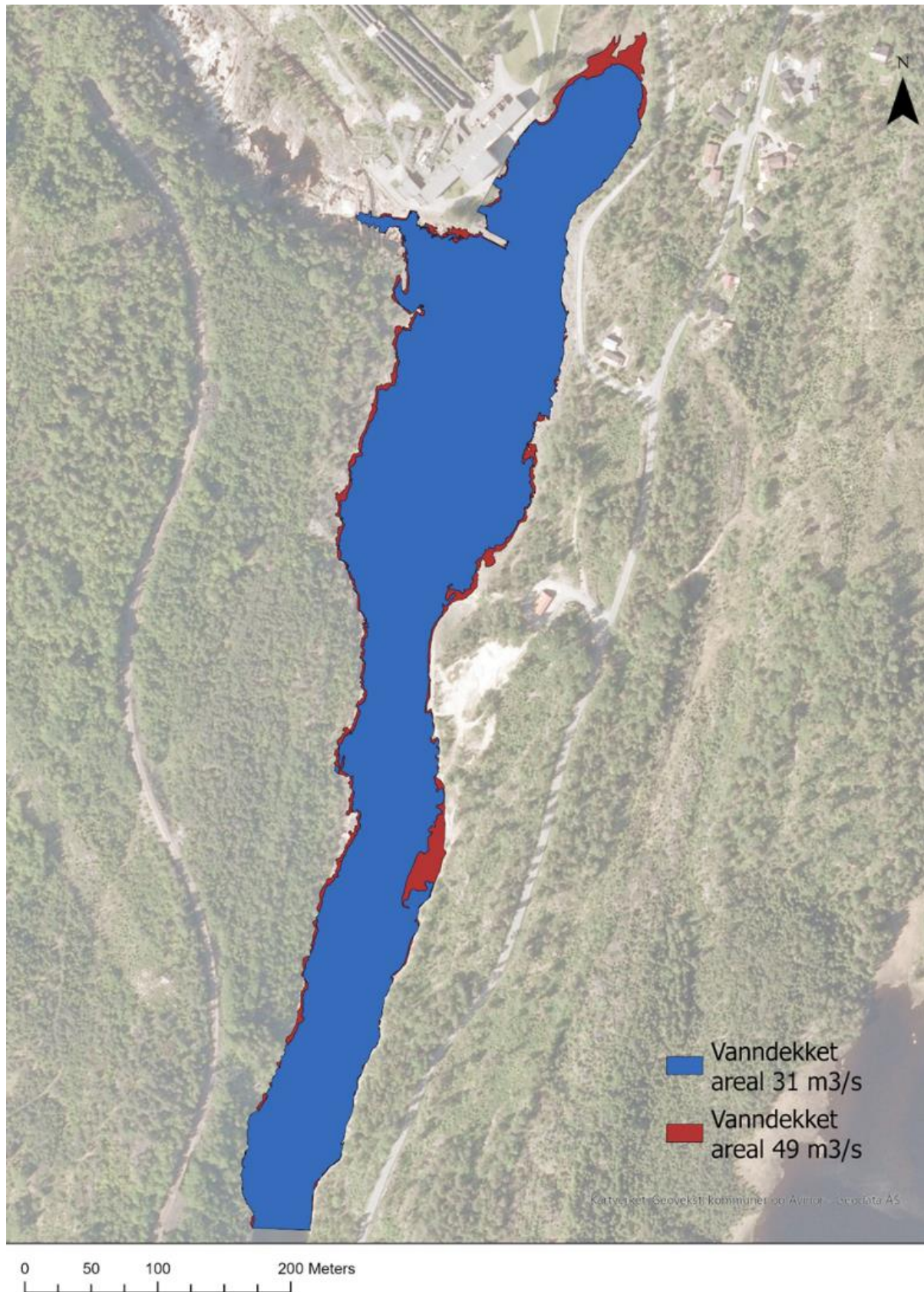
Delstrekning	Vanddekt areal ved 31 m ³ /s (m ²)	Vanddekt areal ved 49m ³ /s (m ²)	Forskjell (m ²)	Forskjell (%)
Espeland	133430	147130	13699	9.31
Bøylestad	102980	109225	6245	5.72
Bøylefoss	71252	75294	4042	5.37



Figur 3. Vanndekket areal ved Espeland ved 31m³/s (blått) og 49m³/s (rødt).



Figur 4. Vanndekket areal på Bøylestad ved 31m³/s (blått) og 49m³/s (rødt).



Figur 5. Vanndekket areal på Bøylefoss ved 31 m³/s (blått) og 49 m³/s (rødt).

4.3 Tørrlagte gyte- og skjulområder

Samlet ble det kartlagt 21 911 m² med mulig gyteareal på delstrekningene, basert på “expert judgement” fra flybilde (substrat, lokasjon, eller gytedyner synlig eller gytegroper registrert). Dette er sannsynligvis et underestimat av faktiske forhold. Det bør gjennomføres en detaljkartlegging av gyteområder for et bedre estimat. Over alle delstrekninger er det 3 % av gyteområdet som blir tørrlagt ved 49 m³/s (**Tabell 2**). For de tre delstrekningene Espeland, Bøylestad og Bøylefoss er det hhv 4, 0, og 6 %. Ved en ytterligere reduksjon av vannføring ned til 31m³/s, øker tørrfallet til samlet 12 % av gytearealet, og utgjør 10, 21 og 10 % i de tre delstrekningene. Særlig gyteområder lang kantsonen er utsatt for stranding (**Figur 6-11**).

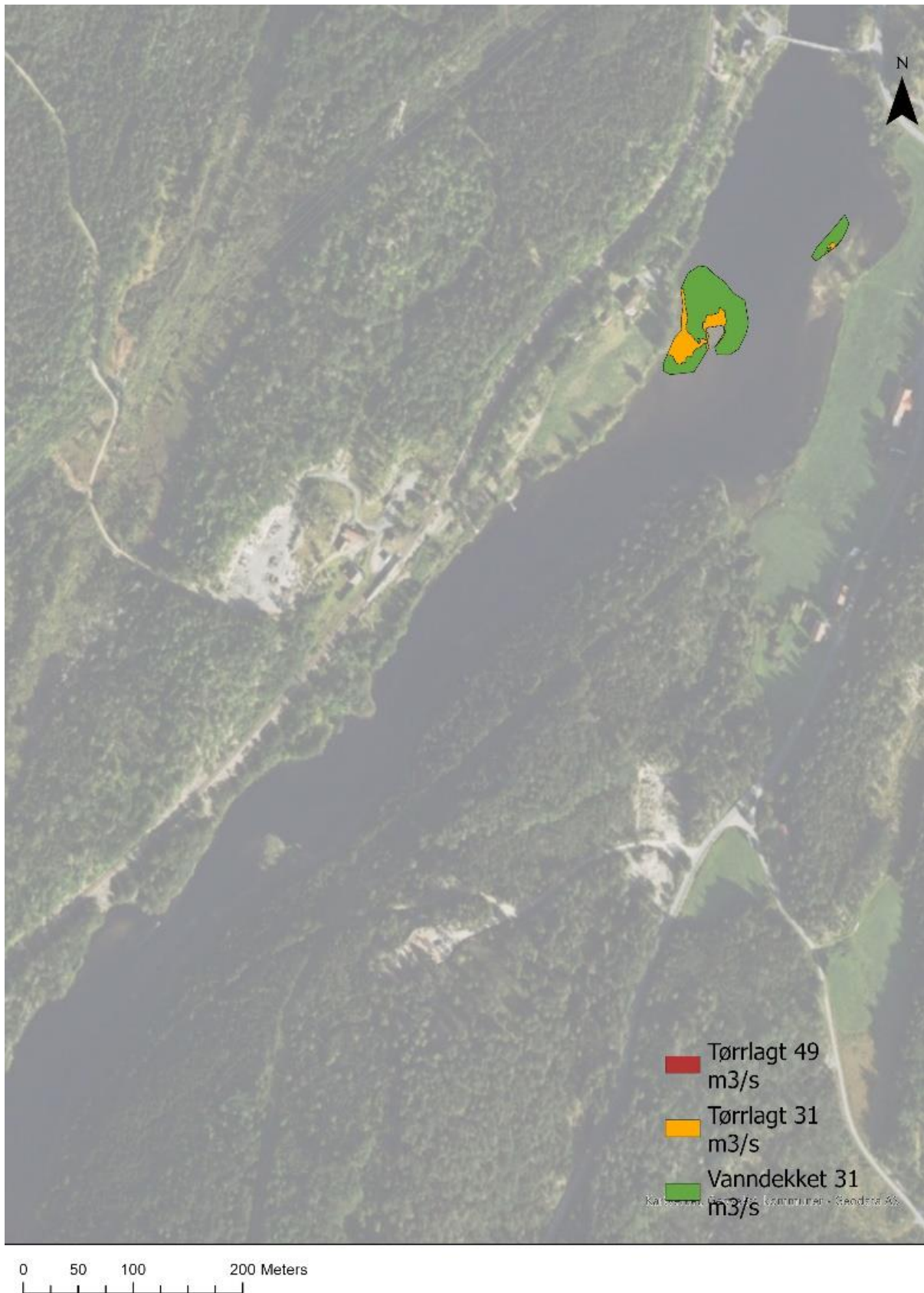
Det ble gjennomført skjulmålinger i kantsonene på strekningen Evenstad – Espeland med en skjulmåling på land og en i vann. Det var ingen vesentlig forskjell mellom skjulverdiene i kantsonen under vann og på land. Også steingruppene på Espeland var stort sett vanndekket, dvs. toppen av gruppen var tørt, men foten med skjulplassene var under vann (**Figur 12**).

Tabell 2: Vanndekket og tørrlagt gyteareal (m³/s og %) ved 31 m³/s (06.11.22) og 49 m³/s (16.05.09) ved tre delstrekninger i Nidelva.

Delstrekning	Antatt gyteareal						
	ved full elveseng (m ²)	Gyteareal 49 m ³ /s (m ²)	Tørrlagt 49 m ³ /s (m ²)	Tørrlagt 49 m ³ /s (%)	Gyteareal 31 m ³ /s (m ²)	Tørrlagt 31 m ³ /s (m ²)	Tørrlagt 31 m ³ /s (%)
Espeland	16515	15820	695	4	14871	1644	10
Bøylestad	4820	4820	0	0	3818	1002	21
Bøylefoss	575	543	32	6	515	60	10
Total	21911	21184	727	3	19204	2707	12



Figur 6. Tørrlagt potensielt gyteareal ved 31 m³/s (oransje), 49 m³/s (rødt) og gyteareal som fortsatt er vanddekket ved 31 m³/s (grønt) i delstrekning ved Espeland



Figur 7. Tørrlagt potensielt gyteareal ved 31 m³/s (oransje), 49 m³/s (rødt) og gyteareal som fortsatt er vanddekket ved 31 m³/s (grønt) i delstrekning ved Bøylestad



Figur 8. Tørrlagt potensielt gyteareal ved 31 m³/s (oransje), 49 m³/s (rødt) og gyteareal som fortsatt er vanddekket ved 31 m³/s (grønt) i delstrekning ved Bøylefoss



20.05.22: 41 m³/s



29.05.22: 34 m³/s



16.06.22: 31 m³/s

Figur 9. Gyteområde ved Espeland på tre ulike vannføringer (31, 34 og 41 m³/s). Foto: Eivind Hellerslien ÅEnergi



20.05.22: 41 m³/s



29.05.22: 34 m³/s



16.06.22: 31 m³/s

Figur 10. Gyteområde ved Espeland på tre ulike vannføringer (31, 34 og 41 m³/s). Foto: Eivind Hellerslien ÅEnergi



20.05.22: 41 m³/s



29.05.22: 34 m³/s



16.06.22: 31 m³/s

Figur 11. Oppvekstområder med utlagt skjulstein ved Espeland på tre ulike vannføringer (31, 34 og 41 m³/s). Foto: Eivind Hellerslien ÅEnergi



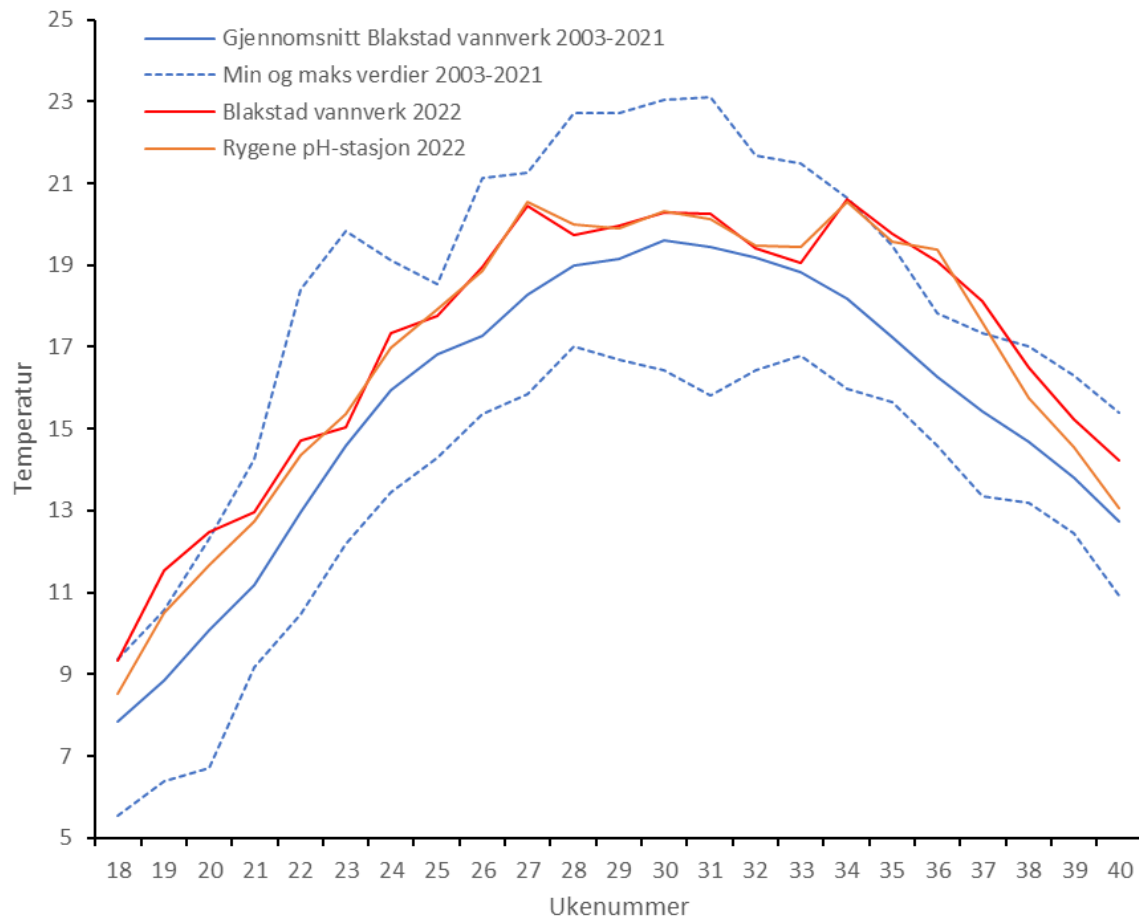
Figur 12. Kun de den øvre delen av steingruppene ligger tørt, men gir fremdeles godt skjul for ungfisken



Figur 12. Det ble observert en del algevekst i elva under befaring

4.4 Vanntemperatur

Vanntemperaturen i Rygene 2022 var høyere enn gjennomsnittet for de tidligere 18 årene (**Figur 13**). Mot slutten av august og september (uke 34-38) var temperaturen høyere enn maksimumsverdiene målt de foregående 18 årene.

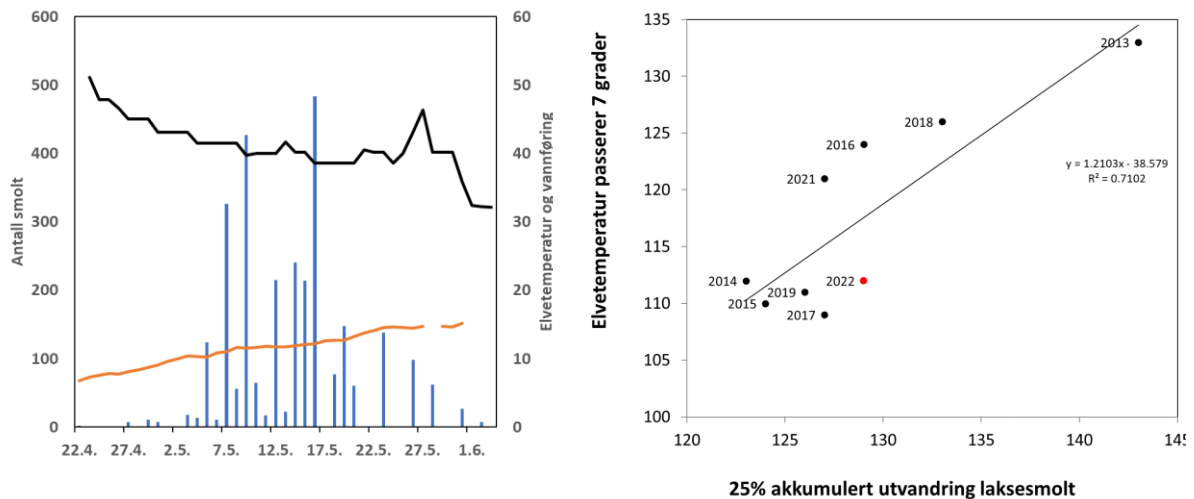


Figur 13. Gjennomsnittlig vanntemperatur målt ved Blakstad vannverk i årene 2003-2021 (blå linje, maks og minimums-verdier for samme periode (stiplet blå linjer) samt målte verdier for 2022 fra vannverket (rød) og pH-stasjonen på Rygene (oransje).

4.5 Smoltutvandring

Lav vannføring gjorde at Rygene kraftverk måtte stoppes 21. april. Den lave vannføringen fortsatte utover smoltutvandringsperioden og kraftverket var ute av drift gjennom hele perioden. Segmentluke 2 og 3 ble åpnet for forbitapping av vann. Lukene åpnes fra om lag 5 meters dyp.

Smoltfella i isluka ved Rygene ble satt i drift 21. april. Sammenliknet med de andre årene er utvandringstidspunktet i 2022 nær et gjennomsnittså (Figur 14). Basert på den etablerte modellen for utvandringstidspunkt og elvetemperatur hadde vi forventet en noe tidligere utvandring enn hva vi dokumenterte (Haraldstad et al 2022). Modellen predikerer at 25 % av smoltbestanden har utvandret 11.4 (+/- 4,8) dager etter at elvetemperaturen har passert 7 grader, i 2022 tok det 17 dager. Det er ikke uvanlig med avvik fra modellen, samtidig som det kan indikere at smolten kan ha brukt noen ekstra dager ned vassdraget, brukt lang tid i inntaksdammen ved Rygene eller at vi kun fanget en liten del av årets utvandrende smoltbestand.

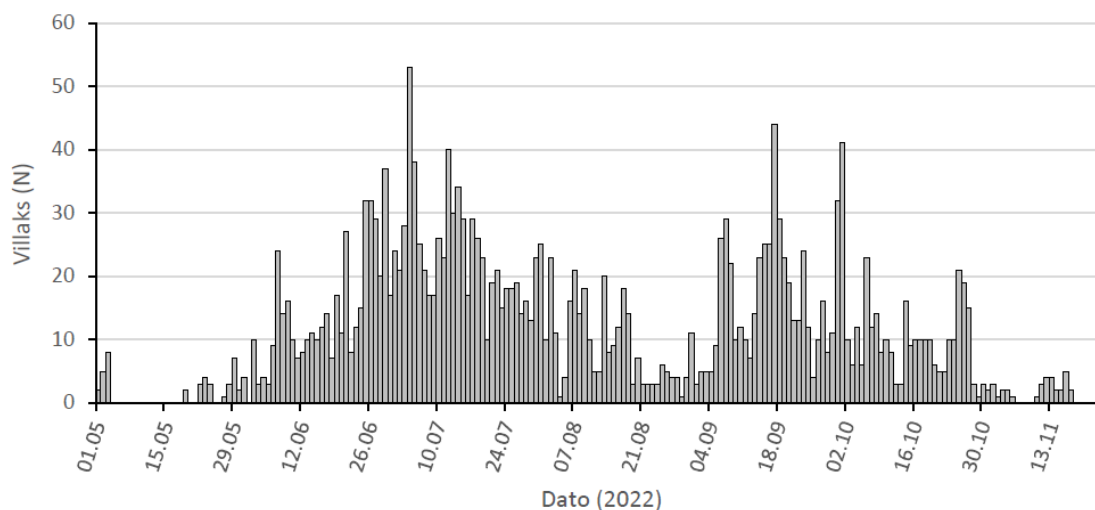


Figur 14. Antall utvandrende smolt fanget i isluka ved Rygene kraftverk våren 2022 med elvetemperatur (venstre, vanntemperatur:orange, vannføring svart) og sammenhengen mellom utvandringstidspunkt (dag for 25 % akkumulert utvandring) og elvetemperatur (dag temperaturen overstiger 7 grader på Rygene kl 12:00) (høyre) (Haraldstad et al 2022).

Det ble fanget totalt 2875 laksesmolt våren 2022. Dette er mer smolt enn det ble fanget de foregående to årene og bare i 2018 ble det fanget flere smolt. Samtidig ble antagelig ikke all smolt fanget som vandret forbi Rygene. En del smolt kan ha benyttet segmentlukene i dammen. Det ble gjort en utsetting av merket smolt oppstrøms som tyder på at en del smolt valgte å vandre gjennom segmentlukene i dammen og ikke ut isluka. Av 60 smolt som ble satt ut oppstrøms ble bare 19 gjenfanget i isluka. Basert på et noe begrenset datamateriale ble det estimert en smoltutvandring på i størrelsesorden 9500 fisk. Flest gjenfangster ble registrert første dag etter utsetting. Dette samsvarer med tidligere forsøk, der det observeres at smolten ikke oppholder seg lenge i inntaksdammen ved Rygene.

4.6 Oppvandrende gytelaks

Rygene kraftverk var også ute av drift i store deler av oppvandrings sesongen for gytelaks. Dette førte til en betydelig høyere vannføring i minstevannføringsløpet (30 m³/s) enn normalt (5m³/s). Antall oppvandrende laks i laksetrappa ved Rygene dam ble registrert ved videoovervåking (Kvitvær og Lamberg 2022). Antall oppvandrende laks per dag viser ingen unormalt forløp (**Figur 15**). Totalt 2323 laks og 322 aure ble registrert i den øverste kulpen i spaltetrappa på Rygene.



Figur 15. Antall oppvandrende laks per dag i spaltetrappa på Rygene 2022 (Kvitvær og Lamberg 2022).

5. Diskusjon

Generelt har reguleringen av Nidelva (Arendalsvassdraget) ført til lavere flomtopper og en mer stabil vannføring sammenlignet med naturtilstanden før regulering. Den definerte vårflommen er borte. Lav vannføring om våren ser ikke ut til å være vanlig forekommende før regulering. Den historiske vannføringstoppen i mai-juni har trolig vært viktig for å trigge utvandring av smolt, samt gitt smolten betydelig vannvolum for vandring. Tørrlegging av gytegroper under swim-up om våren vil historisk antagelig ikke forekommet. Det er derimot en høyere vannføring om vinteren og ettersommeren etter regulering. Før regulering var det ikke uvanlig med vannføring ned mot 15 m³/s på ettersommeren. En vannføring på 30 m³/s slik vi hadde sommeren i 2022 er i så måte ikke unaturlig sett i et historisk perspektiv. Dagens minstevannføring ut av Nelaug vil i tørre år, spesielt om vinteren og ettersommeren, trolig ha redusert graden av tørrlegging sammenliknet med perioden før regulering.

En reduksjon i minstevannføring ut av Nelaug fra 40 til 30 m³/s tilsvarer en reduksjon i vannføring på 24% (våre estimer av vanddekt areal er basert på en vannføringsreduksjon fra 49 til 31 m³/s, dvs om lag 40 % reduksjon). Vi finner ikke en tilsvarende prosentvis reduksjon i vanddekt areal. På de undersøkte områdene ser vi en reduksjon på 7 %, noe som tilsier at endring i vanddekt areal ikke er proporsjonalt med endring i vannføring innenfor dette intervallet. På den andre side er det avgjørende hvilke områder som blir tørrlagt. Gyte og oppvekstområder er nøkkelhabitater for produksjon. Våre beregninger tilsier at om lag 12 % av gyteområdene blir tørrlagt. Dette er noe som bør unngås. Om det lar seg gjøre bør nedtapping mot 30 m³/s inntreffe etter swim-up i juni. Samtidig finnes det store gyteområder i minstevannføringsstrekningen mellom Rygene og Helle som ikke blir påvirket av vannstandsreduksjonen i hovedelva. Totalmengden tørrlagte gyteområder i elva vil derfor være lavere enn 12 %. Perioden med swim-up i mai-juni er en periode i laksens liv med naturlig høy tetthetsavhengig dødelighet hos laks. Derfor er ikke en tørrlegging av 12 % gyteområder det samme som en 12 % reduksjon i produksjonen av ungfisk. Noe dødelighet på rogn som følge av tørrlegging vil kunne kompenseres med lavere tetthetsavhengig dødelighet i perioden etter swim-up. Hvor stor effekt tørrlegging av egg og plommeseekkyngel har på ungfiskproduksjon vil dermed også være avhengig av hvor mange egg som er gytt. Dersom gytebestanden høsten i forkant er lav, og under gytebestandsmålet for vassdraget, vil økt dødelighet som følge av tørrlegging ha en langt større effekt på ungfiskproduksjonen enn dersom gytebestanden er stor, og antall yngel som overlever og kommer opp av grusen uansett er nok til å fylle elvas bæreevne.

Ungfisken har en helt annen mobilitet enn rogn og plommeseekkyngel. Ungfisken vil ha mulighet til å flytte seg utover i elva når strandområdene blir tørrlagt. Endret vannføring fører også til et annet strømbilde som kan danne nye oppvekstområder på strekninger som var mindre egnede ved en høyere vannføring. Habitatkartlegging og skjulmålinger i Nidelva viser at det finnes gode skjulområder på dypere partier av elva. Fra Bøylefoss og ned til Bøylestad er det i den øvre delen relativt store steiner og blokker i tillegg finnes store mengdene tømmer på elvebunnen. Ved Espeland ble det lagt ut blokker og steiner for å skape bedre oppvekstområder for ungfisk like nedstrøms det gode gyteområdet ved Espeland. Under befaring så vi at toppen av steingruppene blir tørrlagt, mens foten med skjulplassene var under vann. Områdene med utlagte steingrupper gir dermed godt skjul til ungfisken selv med

vannføring ned mot 30 m³/s. Tørrlegging av kantsonene langs elva vil kunne påvirke ungfisken negativt, men vi mener det vil være tilstrekkelig med habitat på dypere områder der fisken vil kunne finne nye standplasser. Generelt vil likevel en reduksjon av vanddekt areal begrense områdene ungfisken kan leve på og dermed økt fisketetthet, altså at fisken trenges sammen på et mindre område. Økt fisketetthet kan redusert fiskens vekst, redusert overlevelse og gi økt fare for sykdomsutbrudd (Einum & Nislow 2011). Bestandseffektene av dette vil være avhengig av i hvilken grad dødeligheten er kompensatorisk, ved at individene som dør hadde lavere sannsynlighet for å overleve fram til smoltutvandringen enn annen fisk. Vanligvis er kompensatorisk dødelighet hos laksunger sterkest for årsyngelen og avtar for eldre ungfisk. Trolig vil også effekten være avhengig av varigheten på lavvannsepisodene. Fisken kan fint overleve kortere perioder med økt tetthet og lav vannføring, gitt at ikke vannføringsreduksjonene er så hurtige at fisken strander, mens mer langvarige perioder med økt tetthet vil kunne gi redusert næringsopptak og vekst, som igjen vil kunne føre til økt smoltalder og dødelighet.

Den lave vannføringen gjorde at Rygene kraftverk måtte stoppes 21. april 22 og var ute av drift gjennom hele smoltutvandringsperioden. Segmentluke 2 og 3 i Rygene dam ble åpnet for forbitapping av vann, samtidig som smoltfella i isluka ble satt i drift (Haraldstad et al 2022). Sammenliknet med de tidligere årene var utvandringstidspunktet i 2022 nær et gjennomsnittså. Basert på den etablerte modellen for utvandringstidspunkt og elvetemperatur var det forventet en noe tidligere utvandring enn hva som ble dokumentert. Det er ikke uvanlig med avvik fra modellen, samtidig som det kan indikere at smolten kan ha brukt noen ekstra dager ned vassdraget, brukt lang tid i inntaksdammen ved Rygene eller at det kun ble fanget en liten del av årets utvandrende smoltbestand. Det ble likevel fanget mer smolt i 2022 enn de to foregående årene. Samtidig som en andel av smolten antagelig benyttet segmentlukene i dammen og ikke ble fanget i fella. Det er tidligere dokumentert lav vandringshastighet og høy dødelighet på utvandrende smolt i minstevannføringsstrekningen mellom Rygene og Helle (Johansen 2020). Dette skyldes antagelig den lave vannføringen og terskelen ved Strubru. Smoltens lave vandringshastighet fører også til at den blir utsatt for predasjon over en lengre periode. Vannføringen i minstevannføringsløpet var om lag 30 m³/s i 2022 og betydelig høyere enn under normale forhold. Vi vil forvente en raskere utvandringshastighet og høyere overlevelse for smolten på denne delstrekningen av Nidelva i 2022.

Antall oppvandrende laks gjennom laksetrappa på Rygene i 2022 var det høyest registrerte etter kalking (Kvitvær og Lamberg 2022). Det er ingenting som indikerer en lavere innvandring av gytelaks til Nidelva som følge av den lave vannføringen i 2022. Det er tidligere dokumentert at laks blir stående opp mot to uker ved kraftverksutløpet på Helle (Haraldstad under utarbeidelse). I 2022 var Rygene kraftverk ute av drift. Det var det også i 2020. Under slike forhold ble det dokumentert at akustisk merket laks vandret forbi Helle i løpet av få timer og vi vil forvente tilsvarende atferd på den oppvandrende laksen i 2022.

Høy vannføring fra segmentlukene i dammen på Rygene vil kunne gjøre det vanskelig for den oppvandrende laksen å finne innhoppet til laksetrappa fra fabrikkhølen. Det er ingenting som indikerer at store mengder laks opphold seg her og hadde problemer med å finne laksetrappa. Generelt vil vi anta at stopp på Rygene kraftverk vil ha en positiv effekt på oppvandringshastighet og antall fisk som passerer Rygene.

Lav vannføring og høye temperaturer i elva oppstrøms Rygene vil likevel kunne være negativt for gytelaksen, spesielt den som ankom tidlig og ble stående på elva gjennom sommeren. Kombinasjonen av at laksen samler seg i hølene og høy temperatur kan være stressende for fisken. Den bruker unødvendig mye energi og er mottakelig for sykdom. Økende infeksjon med *Saprolegnia* ble observert i andre sørlandselver denne høsten (Mandalselva og Sygna) og relateres til dette (Haraldstad et al 2023). Det kom ikke liknende rapporter fra Nidelva sommeren 2022. Det er også usikkert om forskjellen mellom 30 og 40 m³/s vil ha en avgjørende betydning, men en kan forvente at en slik effekt vil tilta dess lavere vannføringen blir.

6. Konklusjon

Våre beregninger tilsier at om lag 12 % av gyteområdene blir tørrlagt ved en reduksjon fra 49-31 m³/s. Dette er noe som bør unngås. Samtidig finnes det store gyteområder i minstevannføringsstrekningen mellom Rygene og Helle som ikke blir påvirket av vannstandsreduksjonen i hovedelva. Totalmengden tørrlagte gyteområder i elva vil derfor være lavere enn 12 %. For å redusere effekten av tørrlegging på lakseproduksjonen bør nedtapping mot 30 m³/s inntreffe etter swim-up i juni.

Tørrlegging av om lag 12 % av gyteområdene er ikke det samme som en 12 % reduksjon i produksjonen av smolt fra elva de kommende årene. Noe dødelighet på rogn som følge av tørrlegging vil kunne kompenseres med lavere tetthetsavhengig dødelighet i perioden etter swim-up. Hvor stor effekt tørrlegging av egg og plommeseekkyngel har på ungfiskproduksjon vil også være avhengig av gytebestandens størrelse. Tørrlegging vil ha en langt større effekt på ungfiskproduksjonen dersom gytebestanden er lav.

Ungfisken har større mobilitet enn rogn og plommeseekkyngel. Ved lav vannføring vil ungfisken ha mulighet til å flytte seg utover i elva når strandområdene blir tørrlagt. Habitatkartlegging og skjulmålinger i Nidelva viser at det finnes skjulområder på dypere partier av elva og de utlagte steingruppene i elva gav godt skjul for ungfisken selv med vannføring ned mot 30 m³/s.

Smoltutvandringsforløpet i 2022 skiller seg ikke signifikant fra tidligere år. Lav vannføring kan ha øke predasjonsfaren på utvandrende smolt oppstrøms Rygene, samtidig som det ble fanget mer smolt i 2022 enn de to foregående årene. Stopp i Rygene kraftverk gav høyere minstevannføring enn normalt mellom Rygene og Helle. Vi vil forvente en raskere utvandringshastighet og høyere overlevelse for smolten på denne delstrekningen som følge av dette.

Det er ingenting som indikerer en lavere innvandring av gytelaks til Nidelva som følge av den lave vannføringen i 2022. Rygene kraftverk var avslått i store deler av oppvandringsperioden og vi vil forvente en raskere oppvandring av laks forbi Helle under slike forhold. Lav vannføring og høye temperaturer kan føre til økt stress og sykdomsutbrudd på gytelaksen, vi har ingen rapporter om slike tilfeller i 2022. Det er usikkert om forskjellen mellom 30 og 40 m³/s vil ha en avgjørende betydning, men en kan forvente at en slik effekt vil tilta dess lavere vannføringen blir.

7. Referanser

- Barlaup, B. T., Lura, H., Sægrov, H., & Sundt, R. C. 1994. Inter-and intra-specific variability in female salmonid spawning behaviour. *Canadian Journal of Zoology*, 72(4), 636-642.
- Einum, S. and Nislow, K.H. 2011 Variation in population size through time and space: Theory and recent empirical advances from Atlantic salmon. I: Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J., Eds., *Atlantic Salmon Ecology*, Wiley-Blackwell, New York, 277-29
- Gabrielsen S.-E., Haraldstad T. & Lamberg A. 2021. Nidelva. Kunnskapsoppsummering av fiskebiologiske forhold. NORCE Miljø LFI rapport 406.
- Haraldstad, T. & Johansen, K. 2022. Smoltutvandring i Nidelva ved Rygene kraftverk, 2022. NORCE LFI notat
- Haraldstad, T., Johansen, K., Skår, B., Isaksen, T. E., Gabrielsen, S-E. 2022 Undersøkelser av fiskedød i Mandalselva høsten 2022, NORCE LFI notat.
- Johansen, K. 2020 When the solution becomes a problem, a study of smolt migration in the regulated river of Nidelva in Agder county, Norway. Master thesis UIA.
- Kvitvær, T. & Lamberg, A. 2023. Overvåking av laks og sjøørret i fisketrappa i Rygene dam i Nidelva Arendal, i 2022. SNA-notat 09/2023
- Skoglund, H., Vollset, K. W., Wiers, T., & Barlaup, B. T. (2023). Assessing the occurrence of egg stranding for trout and salmon in a regulated river. *River Research and Applications*, 1– 9.