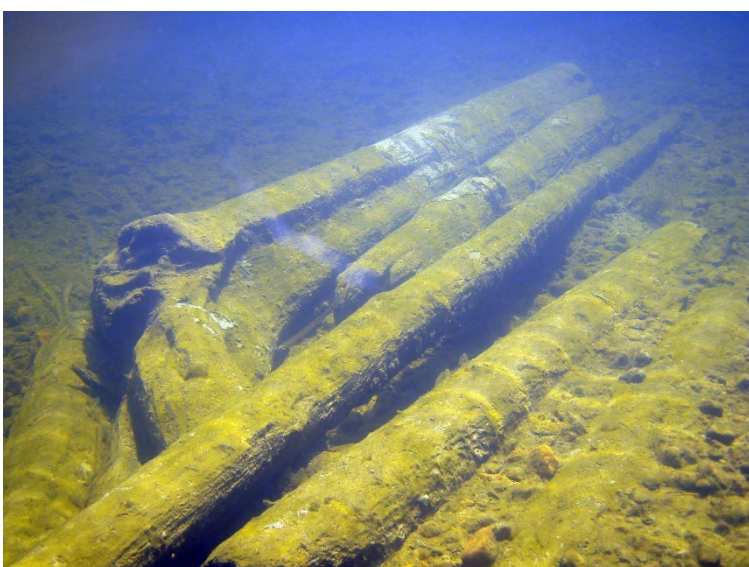


Nidelva

Kunnskapsoppsummering av fiskebiologiske forhold



Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

I 2018 ble Uni Research en del av NORCE (Norwegian Research Center)

NORCE Miljø LFI, Nygårdsgaten 112, 5008 Bergen, Tel: 55 58 22 28

ISSN nr: ISSN-2535-6623

LFI-rapport nr: 406

Tittel: Nidelva – Kunnskapsoppsummering av fiskebiologiske forhold.

Dato: 15.06.2021

Forfattere: Sven-Erik Gabrielsen¹, Tormod Haraldstad², Anders Lamberg³.

¹NORCE LFI, ²Norsk institutt for Vannforskning, ³Skandinavisk naturovervåking

Bilder: Fotografier er tatt av Norce LFI

Geografisk område: Agder, Norge

Oppdragsgiver: Agder Energi

Kontaktperson hos oppdragsgiver: Svein Haugland

Antall sider: 105

Emneord: Regulering, Effekter på fisk, Tiltak

Refereres som:

Gabrielsen, S.-E., Haraldstad, T. & Lamberg, A. 2021. Nidelva – Kunnskapsoppsummering av fiskebiologiske forhold. NORCE LFI Rapport nr. 406.

Forord

Fra begynnelsen av 90-tallet og til i dag er det gjennomført mange undersøkelser i Arendalsvassdraget. Disse undersøkelsene er publisert av ulike aktører i flere rapporter og artikler. Det er også gjennomført fysiske tiltak i vassdraget. På bestilling fra Agder Energi Vannkraft ved Svein Haugland, har NORCE (prosjektlederansvar), Norsk institutt for vannforskning og Skandinavisk naturovervåking fått i oppgave å oppsummere kjent kunnskap om vassdraget og da særlig om bestandene av laks og sjøaure. Foreliggende rapport er en sammenstilling av denne kunnskapen samt å peke på kunnskapsbehov. I tillegg blir det gitt forslag til tiltak.

Bergen, juni 2021



Sven-Erik Gabrielsen



Tormod Haraldstad



Anders Lamberg

Innhold

1. Sammendrag	6
1.1 Produksjon av ungfisk, laksesmolt og innsig av voksen laks	8
1.1.1 Ungfisk	8
1.1.2 Smoltproduksjon	9
1.1.3 Gytebestand av laks.....	10
1.1.4 Innsig av laks	10
1.1.5 Laksens sjøoverlevelse fra smolt til voksen	10
1.1.6 Sjøaure	11
1.2 Utvandringsforhold for laksesmolt	11
1.2.1 Smoltens overlevelse fra Rygene til Helle	13
1.3 Oppvandringsforhold for voksen laks og sjøaure	14
1.3.1 Vandring ved kraftverksutløpet på Helle.....	14
1.3.2 Vandring fra Helle og opp til Rygene kraftverk	15
1.3.3 Vandring gjennom fisketrappa i Rygene dam	16
1.3.4 Vandring fra Rygene til Evenstad.....	17
2. Konklusjon og forslag til nye tiltak og undersøkelser	17
3. Bakgrunn og hensikt	19
4. Beskrivelse av vassdraget	19
4.1 Manøvreringsreglement	23
4.2 Vannføringsregime	23
4.3 Fysiske forhold og vurdering av smoltproduksjonspotensial.....	25
4.3.1 Fysiske forhold på strekningen fra Bøylefoss til Eivindstad.....	25
4.3.2 Fysiske forhold på strekningen fra Eivindstad til Rygene	30
4.3.3 Fysiske forhold på strekningen fra Rygene til Helle	34
4.4 Vannkjemiske forhold	36
4.5 Gassmetning	37
4.5.1 Gassmetning i 2016	39
4.5.2 Gassmetning i 2017	40
5. Status gytebestand av laks og aure	41
5.1 Gytebestandsmål for laks	41
5.2 Kvalitetsnorm og genetisk integritet for laks.....	42
5.3 Bestandsovervåking av laks og aure, test av metoder	45
5.4 Bestandsutvikling fra 1991 til 2020	47
5.4.1 Innsig av laks	47
5.4.2 Utvandring av smolt og utgytt fisk – betydning for bestandsutvikling.....	53
5.4.3 Gytebiomasse av hunnlaks og estimert smoltproduksjon	55
5.4.4 Aure	56
6. Produksjon av ungfisk og smolt	58
6.1 Overvåking av ungfisk i siden 1996.....	58

6.2	Tettheter av ungfisk nedstrøms Rygene i perioden 2003-2014	58
6.3	Elektrisk båtfiske i 2019.....	61
6.4	Ungfiskens vekst	61
6.5	Temperatur	62
6.6	Beregnet smoltproduksjon oppstrøms Rygene 2013-2019	63
7.	Smoltens overlevelse og vandringshastighet	65
7.1	Smoltens overlevelse fra Rygene til Helle	67
7.2	Sjøoverlevelse.....	69
7.3	Tiltak for smolt ved Rygene kraftverk.....	70
8.	Vandringsadferd hos laks og aure	73
8.1	Undersøkelser av fiskevandring fra 1997 til 2020.....	73
8.2	Vandring ved kraftverksutløpet på Helle	75
8.2.1	Radiomerket laks i 1997 og i 1998.....	75
8.2.2	Videoovervåking i 2007,2008 og 2014	76
8.2.3	Merket laks i 2018 og 2020	77
8.3	Vandring gjennom minstevannstrekningen	77
8.3.1	Videoovervåking på Refsnesterskelen i 2004-2006.....	77
8.3.2	Merket laks i 2016 til 2020.....	78
8.4	Vandring gjennom fisketrappa i Rygene dam.....	80
8.4.1	Merket laks i 2018 og i 2020	80
8.4.2	Merket laks i 2017 til 2019.....	80
8.5	Vandring fra Rygene til Evenstad	81
8.6	Tiltak og vandringsforhold for laks og aure på minstevannstrekningen	81
8.6.1	Lokkeflommer	82
8.6.2	Oppvandringsforløp i 2020 – et år uten kraftverksdrift.....	83
8.6.3	Ny fisketrapp i Rygene dam 2021	83
8.6.4	Endring av vandringsmotivasjon over tid	83
8.6.2	Dataanalyse av oppvandring av laks	83
8.7	Utvandring av vinterstøing	89
9.	Gjennomførte tiltak for å øke fiskeproduksjonen	90
9.1	Rognplanting i perioden 2006-2013	90
9.2	Utlekking av gytegrus i 2002, 2007, 2017 og i 2018.....	91
9.3	Fjerning av terskler på strekningen mellom Rygene og Helle i 2007	94
9.3.1	Forventet endring i fiskeproduksjon ved senkning eller fjerning av terskel ..	98
9.4	Utlekking av blokker og steiner ved Espeland i 2020	99
10.	Vanddekt areal og vannføring på strekningen Rygene og Helle.....	100
11.	Referanser	102

1. Sammendrag

NVE skal i den kommende planperioden, vurdere nødvendige miljøtiltak for å nå de fastsatte miljømål for Nidelva. For å sikre et godt beslutningsgrunnlag for dette arbeidet, ønsket NVE at Agder Energi laget en samlet rapport med de mest sentrale undersøkelser og gjennomførte tiltak på lakseførende strekning i Nidelva (**Tabell 1**). Målet med denne sammenstilling er å avdekke flaskehals for lakseproduksjonen og å komme med konkrete tiltak for å øke lakseproduksjonen. Hovedfokus skal være på strekningen fra inntak av Rygene kraftverk til utløpet av kraftverkstunnelen ved Helle som er 7 km fra selve elvemunningen.

Arendalsvassdraget med et nedbørfelt på 4015 km², er det største vassdraget på Sørlandet med en årlig middelvannføring på 115 m³/s. Nidelva var tidligere blant Sørlandets beste lakseelver med en registrert fangst på 12,5 tonn laks i toppåret 1883. Den opprinnelige laksebestanden ble utryddet som følge av forsuring på 1970-tallet. Innsjøkalking av flere store innsjøer i nedbørfeltet siden 1996 og kalking med dosererer fra 2005 har ført til en bedring i vannkjemi og en re-etablering av en ny laksestamme basert på innvandring av laks fra andre elver og utlegging av lakserogn fra Storelva, Tvedestrand.

Vassdraget er sterkt regulert med om lag 50 større og mindre magasiner i nedbørfeltet. Det er et pålegg om minstevannføring fra utløpet av innsjøen Nelaug. Dette gir en vannføring på minimum 40 m³/s på store deler av den lakseførende strekningen. Den opprinnelige lakseførende strekningen hadde sitt endepunkt nedenfor Bøylefoss. På denne strekningen finnes det i dag to elvekraftverk, Eivindstad og Rygene kraftverk. Ved begge kraftverksdammene er det installert fiskepassasjer slik at den 28 km lange strekningen er tilgjengelig for laks og sjøaure.

Evenstad kraftverk ligger ca. 15 km oppstrøms Rygene kraftverk og utnytter et fall på 17 meter som i sin helhet utgjøres av dammen. Det er ikke fastsatt krav om minstevannføring i manøvreringsreglementet for Evenstad kraftverk. Det ble bygget fisketrapp i dammen i 2009.

Tabell 1. Oversikt over alle gjennomførte tiltak i Nidelva etter reguleringen.

År	Tiltak	Effekt eller vurdering
1904	Fisketrapp Rygene kraftverk	Åpnet opp deler av opprinnelig anadrom strekning opp til Eivindstad (15 km)
1978	Ny fisketrapp Rygene kraftverk	Opprettholde anadrom strekning til Evenstad kraftverk
1978	Tre terskler etablert på strekningen mellom Rygene og Helle	Opprettholde vannstanden i minstevannføringsløpet nedstrøms Rygene kraftverk
1991-d.d.	Fiskeluse i fisketrappen i Rygene kraftverk	Manuelt uttak av oppdrettslaks basert på visuell vurdering og overvåking av bestandene av laks og sjøaure
1992-2020	Ulike typer lokkeflommer for å bedre oppvandringsforholdene for gytefisk	Raskere oppvandring fra Helle til Rygene, usikker effekt
2002	Utlagt gytegrus på strekningen nedenfor Rygene dam	Økt gytearealet med 328 m ²
2005 - d.d.	Kalking ved Bøylestad	Forbedret vannkjemi og overlevelse av fisk
2006-2016	Planting av lakserogn	Trolig økt fiskeproduksjon oppstrøms Rygene
2006	Mekanisk fiskesperre i kratverksutløpet på Helle	Hindre fisk i å svømme inn i kraftverkstunnelen, øke oppvandringen av laks og sjøaure
2007	Utlagt gytegrus	Nesten alt ble spylt ut i forbindelse med terskelfjerning
2007	Fjerning av to terskler i minstevannføringsløpet mellom Rygene og Helle	Økt vannhastighet, redusert vanddyb, redusert areal, fiskeproduksjon økt fra 2 til 42 fisk pr. 100 m ²
2008-d.d.	Åpnet Isluka for utvandring av vinterstøinger og laksesmolt	Øke overlevelsen på utvandring av fisk forbi Rygene kraftverk
2009	Fisketrapp Evenstad kraftverk	Åpnet opp opprinnelig anadrom strekning opp til Bøylefoss (6 km)
2014	Elektrisk fiskesperre i kraftverksutløpet ved Helle	Hindre fisk i å svømme inn i kraftverkstunnelen, øke oppvandringen av laks og sjøaure
2017	Utlagt gytegrus på Blakstad	Økt gytearealet med 2 200 m ² , dronekartlegging har dokumentert mye gyting
2018	Utlagt gytegrus på strekningen nedenfor Rygene dam	Noe utspylt, bør evalueres
2018	Blokk og steinutlegg på Espeland for å øke skjulmulighetene for ungfisk	Bør evalueres
2019	Oppstart kalking Songelva	Forbedret vannkjemi og overlevelse av fisk
2021	Ny fisketrapp og fjerning av sluse ved Rygene	Bør evalueres

Av reguleringsinngrep er det Rygene kraftstasjon som i størst grad påvirker laksebestanden i vassdraget. Rygenefossen har nok alltid vært vanskelig å forsere for gytelaksen i Nidelva, og energien fra fossen er utnyttet til sagbruk, møller og tresliperi allerede fra 1600-tallet. Slik aktivitet har antagelig også periodevis hindret oppgang av laks. I forbindelse med byggingen av Rygene kraftstasjon, ble det støpt en kulpetrapp gjennom dammen i 1904, men man antar at denne fungerte dårlig. Den siste ombygging ved Rygenefossen, omfattet ny og høyere dam med kraftstasjon inne i fjellet og tunellutløp ved Helle slik vi kjenner det i dag. Denne sto ferdig i 1978. Det ble i tillegg bygget ny laksetrapp og sluse gjennom dammen i 1991. Inntaksdammen demmer opp en elvestrekning på ca. 1 km. En 2 km lang utløpstunell fører vannet tilbake til hovedelva ved Helle. Det er installert en omløpstunnel som kan benyttes ved kraftverksstans. Det har imidlertid vist seg at denne fører til betydelig gassovermetting i den nedenforliggende elvestrekningen. På den om lag 2,5 km lange elvestrekningen mellom Rygene og Helle, er det pålagt minstevannføring på 5 m³/s om sommeren og 1 m³/s om vinteren. Tre terskeldammer ble konstruert i forbindelse med ombygging av Rygene kraftverk i 1978 noe som førte til at store deler av denne strekningen var preget av nær stillestående basseng med lave vannhastigheter. Betydelig redusert vintervannføring samt terskelbygging har ført til at denne strekningen produserte mindre ungfisk enn før reguleringen. I 2007 ble to av tersklene fjernet for å bedre leveforholdene for anadrom laksefisk på denne strekningen.

1.1 Produksjon av ungfisk, laksesmolt og innsig av voksen laks

1.1.1 Ungfisk

Nidelva er med i nasjonal overvåking av kalka vassdrag i Norge, og tettheter av ungfisk er overvåket siden 1996. Resultatene viser at det generelt er lave tettheter av ungfisk av både laks og aure i Nidelva. Tetthetene av årsunger har variert mye i perioden, mens tetthetene av eldre ungfisk stort sett har vært under 3-4 fisk pr. 100 m² for både laks og aure. Basert på kategorisering av ungfisk i norske vassdrag tilsvarende dette en «svært dårlig tilstand». For å overvåke tilstanden til ungfisken i hovedelven utover den nasjonale overvåkingen, ble det høsten 2019 gjennomført et elektrisk båtfiske på til sammen 27 stasjoner i Nidelva. Det ble også ved denne undersøkelsen, registrert lave tettheter av laks, men spesielt av aure. Laks ble stort sett bare registrert i de mer hurtigrennende delene. Sammenlignet med andre vassdrag i Norge, der det er gjennomført tilsvarende undersøkelser, ble de laveste fangstene av ungfisk av laks og aure registrert i Nidelva. Nidelva har flere fiskearter enn de andre undersøkte vassdragene på Sørlandet. Predasjon fra blant annet gjedde, abbor og aure samt konkurranse om næring og habitat kan være med å forklare hvorfor det observeres betydelig lavere tetthet av laks og aure i Nidelva sammenliknet med de andre vassdragene på Sørlandet (Otra, Mandalselva og Tovdalselva). Båtfiske dokumenterte at brakkvannsområdet nedstrøms Helle, er oppvekstområder for ungfisk av både laks og aure. I tillegg til laks og aure, er det dokumentert forekomst av sik, abbor, gjedde, stingsild, sørv og ål. Strekningen nedstrøms Helle kan tidvis være saltvannspåvirket og på denne strekningen er det også registrert suter, elveniøye, havniøye og skrubbe.

Det er utført tilleggsundersøkelser av ungfisk på strekningen mellom Rygene og Helle i perioden 2003-2014 i forbindelse med fjerningen av to terskler i minstevannføringsløpet og etablering av nye gyteområder på strekningen. Resultatene viser at produksjonen av laks har økt betydelig på strekningen mellom Rygene og Helle. I perioden før tersklene ble fjernet, var tetthetene av laks lave med et årlig snitt på 2 fisk pr. 100 m². Dette er i tråd med resultater fra den nasjonale overvåkingen. I perioden etter, har tetthetene av laks vært markant høyere med et tilsvarende snitt på 42 fisk pr. 100 m². Tetthetene av aure er uendret og er svært lave. Analyse av ungfiskens vekst viser at de aller fleste laksungene smoltifiserer og vandrer ut to eller tre år gamle. I forbindelse med overvåkingen av ungfisk på strekningen mellom Rygene og Helle, ble vanntemperaturen på strekningen nedstrøms Rygene logget hver andre time i perioden 2004-2014. Det synes ikke å være større endringer i temperaturregime i den undersøkte perioden.

1.1.2 Smoltproduksjon

Basert på tilgjengelig habitat mellom Rygene og Bøylefoss er det estimert et produksjonspotensial på mellom 8 000 og 21 000 smolt. Årlig gytebiomasse av hunnlaks ovenfor Rygene dam beregnet med data fra slusa, varierer mellom 1590 kg og 3359 kg i årene 2010 -2016. Med en overlevelse fra egg til smolt på 3 % og en antagelse om at hver hunnlaks har 1450 egg pr kg, blir den teoretiske smoltutvandringen tre år senere, i årene fra 2013 til 2019 fra 69 200 til 147 100 individer. Det registrerte/estimerte antall utvandrende smolt forbi Rygene i perioden 2013-2019 er 2 000 - 5 600 smolt. Den reelt beregnede overlevelsen fra egg til smolt var 0,1 %. Det er dermed et misforhold mellom antatt potensiell smoltproduksjon i Nidelva basert på både den fysiske kartleggingen av habitatkvalitet og produksjonsarealer og rogn til smolt beregningene, og de faktiske tellingene/smoltestimatene. Basert på N50 kartverk er totalarealet for hovedelven fra Rygene og opp til Bøylefoss ca. 3 000 000 m². I tillegg kommer det flere store sidevassdrag med et betydelig produksjonsareal. Det ble f.eks. fanget 613 laksesmolt i Songeelva våren 2018. Om vi antar at det vandrer ut fra 8 000 til 21 000 smolt i Nidelva, så utgjør dette 0,3 smolt til 0,7 smolt pr. 100 m². Basert på estimatene på 2 000 til 5 500 smolt, blir tetthetene kun 0,07 til 0,2 smolt pr. 100 m². Til sammenligning er det ved bruk av en heldekkende smoltfelle i Daleelva i Vaksdal kommune, Vestland, blitt registrert en tetthet på 6,3 laksesmolt pr. 100 m² i perioden 2004-2020. Andre tilsvarende undersøkelser av naturlig produserte smolt varierer mellom 2,9 smolt pr. 100 m² i Vardneselva, Troms til 9,1 pr. 100 m² i Imsa, Rogaland. I større vassdrag er der estimert smoltproduksjon i Namsen (hovedvassdraget) på 2,3 smolt 100 m², i Stjørdalselva 3,3, Ranavassdraget 1,3, Saltdalselva 1,0, Målselv 3,1 og Numedalslågen 5,3 pr. 100 m² (Hindar m. fl. 2007). Smoltproduksjonen i Nidelva oppstrøms Rygene er lavere enn hva en kunne forvente ut fra antall oppvandrende gytelaks og tilgjengelig habitat. Dette bør undersøkes nærmere for å iverksette riktige tiltak for å øke laksebestanden i Nidelva.

1.1.3 Gytebestand av laks

Gytebestandsmålet for Nidelva nedenfor Eivindstad dam er 1574 kg hunnlaks og 2014 kg hunnlaks om områdene oppstrøms Eivindstad inkluderes. For 2019 vurderes bestandsmålet som nådd, men for de siste fem årene er imidlertid gytebestandsoppnåelse og høstbart overskudd vurdert som «dårlig» (www.vitenskapsradet.no). Mange av bestandene av laks på Sørlandet er reetablert fra å ha vært tilnærmet utdødd før 80-90-tallet, til å ha økende bestander i dag. Reetableringen har blant annet skjedd via utsettinger av «ikke stedegen stamme», innvandring av laks med ukjent opphav og innvandring av rømt oppdrettslaks. Data fra skjellanalyse av sportsfiskefangster og overvåkingsfiske om høsten, tyder på at det har vært en høy andel rømt oppdrettslaks i vassdraget i perioden 1993 til 2018, men med en tydelig lavere andel de siste årene. På tross av dette får bestanden i Nidelva vurderingen «svært god/god» under delnormen genetisk integritet. Dette paradokset kan skyldes usikkerhet i registreringsmetodene, men også at en stor andel av laksen passerer slusa, der det har vært mulig å sortere ut rømt oppdrettslaks. Dette kan derfor ha redusert den reelle andelen rømt oppdrettslaks i gytebestanden, noe som dermed gir god beregnet genetisk integritet i DNA-analysene fra 2010 til 2014. I femårsperioden fra 2014 til 2018 er estimert andel rømt oppdrettslaks i Nidelva redusert til gjennomsnittlig 3,5 %. Dette er nok også et resultat av at antall vill laks har økt mens antall rømt laks er relativt konstant.

1.1.4 Innsig av laks

Bestanden av laks i Nidelva har økt betydelig siden 1992. I slusa i dammen på Rygene har det i gjennomsnitt blitt registrert 132 laks pr. år i perioden 1992-1998, 327 pr. år i perioden 1999-2005 og 843 laks pr. år i perioden fra 2006-2010. I perioden 2011-2020 har antallet økt ytterligere til 1060 laks pr. år. Legger vi til fangst i elva nedenfor slusa, ble det totale innsiget av laks i 2020 beregnet til 1621 individer. I tillegg var det et ukjent antall laks i gytebestanden nedenfor Rygene dam dette året. Det er sannsynlig at det reelle innsiget av laks til vassdraget nærmer seg 2000 individer. Dette viser at innsiget øker og med relativt lavt uttak av laks i fangstene de siste årene, er det derfor nærliggende å tro at gytebestandsmålet for laks, målt som gjennomsnittlig totalvekt av hunnlaks for de siste fem årene, er oppnådd for Nidelva.

1.1.5 Laksens sjøoverlevelse fra smolt til voksen

Det ble fanget og PIT-merket nedvandrende smolt ved Rygene i årene 2014, 2016 og i 2017. Sjøoverlevelsen varierer mellom smoltårsklassene, fra fem til nesten 12 %. Dette er på nivå eller høyere enn andre sammenliknbare lakseelver. Det er ingen signifikant forskjell i sjøoverlevelsen for smolt som vandret gjennom kraftverkturbinen på Rygene og smolt som benyttet minstevannføringsløpet som nedvandringsrute. Dette tyder på at dødeligheten gjennom den store kaplanturbinen ved Rygene er relativt lav, eller at smolten som benytter minstevannføringsløpet utsettes for tilsvarende dødelighet i form av predasjon eller andre negative effekter.

Laksen, PIT-merket som smolt, ankom Nidelva (Vadretet) i perioden 3. juni-6. november i årene 2016-2019. Hovedsakelig returnerer laksen til Nidelva etter ett (74 %) eller to år i sjøen, noen få individer etter tre år i sjøen. Det var ulik ankomsttid for smålaks og mellomlaks, der oppvandringstoppen for mellomlaks inntreffer tidlig i juli, mens smålaksen kommer om lag en måned senere. Disse funnene sammenfaller med andre studier samt med fangststatistikk for omkringliggende elver.

1.1.6 Sjøaure

Bestandsutviklingen av sjøaure i Nidelva er økende i slusa, men minkende i totalfangstene. I slusa har det vært vanskelig å skille mellom stasjonær og anadrom aure. Det er derfor knyttet unøyaktighet til tellingen. Fangststatistikken påvirkes av de samme faktorene som for laksen, der fiskeregler og fangsteffektivitet varierer over tid. Det er heller ingen dokumentasjon på hvor presist fiskerne skiller mellom aure med stasjonær og anadrom livshistorie. Andel aure både i slusa og i fangstene i forhold til totalfangst (laks og aure samlet) har gått ned i hele perioden fra 1991 til 2020. Den negative bestandsutviklingen av sjøaure i Nidelva bekreftes også ved at det fanges få auresmolt i smoltfella ved Rygene.

1.2 Utvandringsforhold for laksesmolt

Flere studier er utført for å øke kunnskapen om smoltens overlevelse og vandring i Nidelva, både ved bruk av PIT og akustisk telemetri. Overlevelsen fra Osedalen og ned til Rygene var høy våren 2019. Av 40 individer var det kun tre som døde på denne strekningen. Samtidig beregnes et betydelig tap av smolt på tilsvarende elvestrekning for PIT-merket smolt i 2014. Overlevelsesberegningene for PIT-merket smolt er noe mer usikre siden disse tar utgangspunkt i en forventet gjenfangst i isluka basert på relativ vannføring, mens akustisk merket smolt blir detektert på flere etterfølgende mottakere langs hele utvandringsruten. Det er likevel sannsynlig at smoltoverlevelsen i vassdraget kan variere mye mellom år. Fra Osedalen ned til Rygene dam (15,3 km) vandret den akustisk merkede smolten med en gjennomsnittlig svømmehastighet på 0.713 fiskelengder pr. sekund i 2019, og vandringshastigheten for PIT-merket smolt i 2014 var på liknende nivå (1,20, SD = 1,11 kroppslengder pr. sekund).

Elvestrekningen mellom Osedalen og Rygene er roligflytende med relativt høy tetthet av gjedde, også i de tilgrensende innsjøene Rore, Syndle og Trevann. Gjeddene er antagelig den viktigste kilde til tap av smolt mellom Osedalen og Rygene, men ulike forhold, som variasjon i vannføring og siktedyp, kan påvirke hvor stor andel av smolten som blir spist hvert år.

I 2014 ble det fremsatt en hypotese om at kraftverksdammen og områdene oppstrøms forsinker smolten i sin vandring mot havet, noe som er dokumentert i en rekke andre vassdrag. Smolten kan dermed bli eksponert for gjeddepredasjon over lengre tid. Resultatene fra 2019 tyder imidlertid på at smolten vandrer relativt raskt på denne elvestrekningen og oppholder

seg kort tid (3,6 timer, SD = 6,9) i inntaksområde til kraftverket. Den korte oppholdstiden i inntaksdammen på Rygene skiller seg fra det som er observert for smolt i andre liknende systemer. Ved Fosstveit kraftverk i Storelva bidrar dammen til en forsinkelse på flere dager. De store vannmassene som raskt renner gjennom bassenget ved Rygene grunnet kraftverksdriften, bidrar trolig til smoltens korte oppholdstid. Kort oppholdstid i dammen er viktig for at smolten skal nå kysten til riktig tid om våren. Forsinkelser kan føre til at smolten desmoltifiserer eller når kysten på et tidspunkt senere enn det som er normalt. Inntaksdammen ved Rygene ser ikke ut til å ha store negative innvirkning på overlevelsen til nedvandrende smolt.

Det er etablert en isluka som fiskepassasje for nedvandrende smolt ved Rygene kraftverksinntak for å lette utvandringen ned dammen. Den korte avstand mellom inntaksristen og fiskepassasje ved Rygene er antagelig positivt for effektiviteten, slik det er vist ved andre anlegg. Relativ vannføring ser ut til å være den miljøvariabelen som har størst innvirkning på sannsynligheten for smolt å vandre isluka. Forsøk viser at mer enn 90 % av smolten benytter isluka ved å slippe 6-7 % av turbinvannføringen denne veien. Vi vil anbefale en fleksibel manøvrering av isluka slik at det slippes 6-7 % av turbinvannføringen gjennom smoltutvandringsperioden. Ved en slik manøvrering sikrere man at hovedandelen av smolten benytter denne utvandringsruten, og at overskytende vann kan benyttes i turbinen.

Det er avgjørende at tiltak for utvandrende smolt ved Rygene er på plass til rett tid. Utvandringstidspunktet for smolten om våren kan variere relativt mye mellom år. Starten av smoltutvandringen (25 % akkumulert utvandring) inntreffer 4,3 (SD = 1,63) dager etter at elvetemperaturen har passert 8 grader. Vanntemperatur er i så måte den beste indikatoren for når isluka bør åpnes om våren.

Så lenge isluka har blitt benyttet som utvandringstiltak for smolt, har det vært en Wolf-felle i isluka som har fanget smolten. Smolten har så blitt sluppet videre ned i minstevannføringsløpet. Det er et mål at smolten skal kunne vandre forbi Rygene kraftverk ved egen hjelp og uten direkte håndtering av mennesker. Vi anbefaler at det testes ut om smolten tar skade av å vandre ut isluka, betongkanalen og ned «fossen» mot Hydrahølen. Dette vil gi oss svar på om fjerning av betongkanter og fjellnabber i denne traseen har vært tilstrekkelig for at smolten kommer seg trygt fra isluka til Hydrahølen.

Vinterstøinger av laks og sjøørret benytter også isluka som utvandringsrute og i Nidelva har vandringsveiene for vinterstøing av laks fra seint på høsten til seint på våren blitt gradvis åpnet siden 2008 Disse ankommer tidlig i smoltutvandringen og stor utvandring inntreffer ofte i forbindelse med kraftige regnskyll, som ikke nødvendigvis fører til økt vannføring. Vi anbefaler at isluka holdes åpen etter gytningen i november, slik at vinterstøingen får mulighet til å vandre ut i denne perioden. Vi anbefaler at utvandringsforløpet til vinterstøinger overvåkes, f.eks. med videokameraer, slik at det kan utarbeides en plan for vannslipp i perioden november til april og om den nyetablerte fisketrappa også kan fungere som utvandringsrute. Vi mangler

også kunnskap om overlevelsen til utgytt fisk i Nidelva, men vi vil anta at disse bidrar betydelig i gytebestanden som det er vist i en rekke andre vassdrag. Med økende oppvandring av laks vil trolig antallet vinterstøinger øke.

1.2.1 Smoltens overlevelse fra Rygene til Helle

Flere studier har vist en betydelig dødelighet for fisk som vandrer gjennom kraftverksturbiner. Dette er hovedgrunnen til at det settes i verk tiltak som leder fisken utenom vanninntakene til elvekraftverkene. Imidlertid kan dødeligheten for fisk gjennom turbintuneller variere mye og viktige faktorer er blant annet turbinens utforming og fiskens lengde. Basert på turbintype, størrelse (diameter og navdiameter), antall blader og rotasjonshastighet er det mulig å modellere tap av fisk under en turbinpassering. Beregnet slagsannsynlighet for laksesmolt (12-18cm) i Kaplan turbinen på Rygene ligger fra 5-30 %, der økende fiskelengde og vannføring rundt 50 m³/s gir høyest dødelighet. Denne beregningen samsvarer med observasjoner for akustisk merket smolt i 2019, der det ble dokumentert en dødelighet gjennom turbinen på 11 %. Den akustisk merkede smolten ble fulgt fra tunnelutløpet og videre ned en 5-6 km lang strekning til elvemunningen. Andre studier har vist at forsinket dødelighet kan inntreffe flere dager etter turbinpassering. Smoltoverlevelsen gjennom Kaplan turbinen på Rygene, ser likevel ut til å være relativt høy, og høyere enn mange andre studier har beskrevet.

Dødelighet (78 %) for akustisk merket smolt som vandret ut isluka og ned minstevannføringsløpet var betydelig høyere enn turbin-vandrerne i 2019. Store deler av dødeligheten intr traff noen hundre meter nedstrøms Rygene dam. Det kan ikke utelukkes at ekstra håndtering av denne smolten har hatt en negativ effekt ved at isluke-vandrerne måtte fanges i Wolf-fella først for så og håves videre ut i minstevannføringsløpet (dobbel håndtering). En slik håndtering etter merking har vist seg å gi lavere sjøoverlevelse for den PIT-merkede smolten i Nidelva. Det vil bli gjennomført nye studier av vandringsatferd og overlevelse til smolten i minstevannføringstrekningen våren 2021. Dette vil gi mer data på denne problemstillingen.

Turbin-vandrerne brukte om lag 12 timer gjennom den 2 km lange turbin tunellen fra Rygene til Helle. Dette var betydelig raskere enn smolt som benyttet isluka og minstevannføringsløpet. De brukte i gjennomsnittlig 7,1 døgn på den 2,8 km lange minstevannføringsstrekningen. Vandringshastigheten for PIT-merket smolt gjennom minstevannføringsløpet støtter funnene fra de akustisk merkede smoltene. PIT-merkede smolt sluppet fra Rygene dam brukte i gjennomsnitt 6,25 døgn på den 2,4 km lange strekningen fra dammen til PIT-antennen ved Vadretet.

Vandringsvalget ved Rygene var den faktoren som hadde størst effekt på vandringshastigheten totalt sett for nedvandrende smolt i 2019. Smolten som vandret gjennom turbintunellen, vandrer en kortere distanse samt at de i tillegg vandrer raskere, gitt at de overlever møte med turbinen. Lav vandringshastighet i minstevannføringsløpet skyldes

antagelig den reduserte vannføringen som gjør deler av strekningen om til små innsjøer/loner med lite retningsbestemt vannstrøm i tillegg vil terskelen ved Strubru antagelig forsinke nedvandringen. Den lange oppholdstiden i minstevannføringsløpet sammenliknet med turbintunellen, gjør at smolten blir eksponert for predatorer over lengre tid og kan være noe av forklaringen til den høye dødeligheten vi observerer i minstevannføringsløpet. Tiltak som fjerning av terskelen ved Strubru (der predasjonen mest sannsynlig er høyest) og økt vannføring i utvandringsperioden, vil antagelig øke smoltoverlevelsen i minstevannføringsløpet.

Basert på data fra akustisk merka smolt, ser det ut til at vandring gjennom turbintunellen vil gi høyere overlevelse og raskere utvandring enn vandring gjennom sluka og minstevannføringsløpet. Ser vi derimot på overlevelsen til den PIT-merka smolten, er denne lik mellom turbin og slukevandrerne. Dette kan skyldes en høyere overlevelse i minstevannføringsløpet enn hva vi dokumenterte for den akustisk merkede smolten, men også at det inntreffer senskader etter turbinpassering når smolten har nådd kysten.

1.3 Oppvandringsforhold for voksen laks og sjøaure

Byggingen av de to elvekraftverkene, Rygene og Eivindstad, har påvirket vandringsforholdene for laks og sjøørret. Inntaksdammene i tilknytning til begge kraftverkene, er i utgangspunktet en barriere for oppvandrende fisk. I tillegg bruker laks relativt lang tid på å forsere minstevannføringstrekningen mellom Helle og Rygene og spesielt området der produksjonsvannet kommer ut av tunnelen ved Helle forsinke oppvandringen. Det er gjennomført flere tiltak for å bedre oppvandringen av laks ved disse områdene.

1.3.1 Vandring ved kraftverksutløpet på Helle

De første studiene av vandringsatferd hos laks i minstevannføringsløpet i Nidelva ble gjennomført i 1997 og 1999. I begge disse studiene ble det funnet at en høy andel av laksen periodevis oppholdt seg i og utenfor kraftverkstunnelen. Det tok henholdsvis 15 og 16 dager fra den merkede fisken ble satt ut, til den nådde kraftverksutløpet på Helle i 1997 og 1999. Oppholdstiden på Helle var 22,4 dager i 1997 og 4,1 dager i 1999. Ingen av de merkede individene hverken i 1997 eller i 1999 vandret helt opp i slusa, på tross av at flere av dem ble hentet fra slusa, transportert ned i vassdraget, merket og sluppet ut igjen. I begge årene vandret den merkede laksen frem og tilbake ved kraftverksutløpet flere ganger.

Nye undersøkelser ble gjennomført i 2018 med akustisk telemetri. Den merkede laksen vandret raskt opp til Helle, men ble stående her i om lag 14 dager. Dette er ca. 1 uke kortere tidsbruk enn hva som ble dokumentert for radiomerket laks i 97-99 med ca. 22 dager. En viktig forskjell mellom 1997-99 og 2018, er at det ble montert elektrisk fiskesperre i 2014 som hindrer fisk i å vandre inn i tunnelen. Videoovervåking i årene 2007, 2008 og 2014, viste det samme mønsteret ved at laksen vandret frem og tilbake i dette området før den fortsatte oppover i minstevannstrekningen. Forsøket ble gjentatt i 2020, men da gjennom

en sesong hvor kraftverket var ute av drift og nedre deler av Nidelva fremsto uregulert. Laks merket dette året ble ikke stående ved tunnelutløpet på Helle. Tunnelutløpet ved Helle fremstår som et punkt der laksen blir betydelig forsinket i sin oppvandring i Nidelva. Vi anbefaler at det eksperimenteres med ulike vannslipp for å minimere forsinkelsen i oppvandringen i dette området.

1.3.2 Vandring fra Helle og opp til Rygene kraftverk

Høy marin overlevelse for den PIT-merkede smolten i 2016-2019, gav muligheten til å studere gytevandringen til de samme individene da de returnerte til Nidelva som gytefisk. Den PIT-merkede laksen brukte i gjennomsnitt 12 dager ($n=147$, 76,7 t/km) på å forsere minstevannføringstrekningen og fisketrappa mot dammen på Rygene. Dette er vurdert til å være lang tid og tyder på at laksen har problemer med oppvandringen på denne strekningen. Studiene tyder imidlertid på at laksen vandrer raskere fra Vadretet til Strubru (PIT: $n=8$ median 25,4 t/km), enn fra Strubru og opp gjennom fisketrappa og forbi Rygene dam. Studier ved bruk av akustisk telemetri bekrefter også at laksen raskere forserer de nedre delene av minstevannføringen opp til Strubru ($n=13$ median 18,4 km/t), men forsinkes i dette området. Laks som ankommer sent i sesongen bruker kortere tid enn de som ankommer tidlig.

Ved betydelig økt vannføring som følge av kraftverksstans i 2020, brukte laksen lengre tid på denne strekningen ($n=9$, median 40,9 timer/km). Dette indikerer at svært høy vannføring ($> 40 \text{ m}^3/\text{s}$) ikke gir betydelig raskere oppvandring.

Overvåkingen av oppvandrende laks og ørret i fisketrappa på Refsnesterskelen, ca. 900 meter oppstrøms kraftverksutløpet på Helle fra 2003 til 2006, og på elvetversnittet på Helle, ca. 50 meter oppstrøms kraftverksutløpet i 2007, 2008 og 2014, viser at ulike typer lokkeflommer hadde ulik virkning. I årene før det ble montert fiskesperre i tunnelen, vandret det flere fisk pr. dag like etter en lokkeflom enn i perioder uten. Mekanismen bak denne økte oppvandringen var trolig ikke at vannføringen i minstevannstrekningen ble høyere, men at fisk som stod inne i tunnelen, vandret ut på grunn av stans i kraftverket under lokkeflommene. Da ble det flere fisk tilgjengelig for vandring opp i minstevannstrekningen. Denne lokkeflomeffekten ble mindre etter at det ble montert mekanisk fiskesperre og senere elektrisk fiskesperre i tunnelen. Lokkeflommer uten medfølgende stans i kraftverket hadde dermed liten eller ingen effekt på fiskevandringen i minstevannstrekningen. Etter at det ble montert en mekanisk fiskesperre i 2006, ble effekten av full stans i kraftverket også mindre. Etter at det til slutt ble montert elektrisk fiskesperre i utløpet av tunnelen i 2014, ble det ikke funnet effekt av lokkeflommer.

I 2020 var kraftverket ute av drift. Vandringsforløpet til laks målt i *slusa* ved Rygene i 2020, viser at det var ca. 30 dager tidligere ankomst for laksen her i 2020 enn i årene før (2013-2017). Totalt sett er det imidlertid trolig ikke den høye vannføringen i minstevannstrekningen i 2020 som førte til tidligere registrering i *slusa*. For eksempel var det i 2015 også stans i kraftverket uten at laksen ble registrert tidligere i *slusa* dette året. En sannsynlig forklaring på

forskjellig ankomsttidspunkt i 2020 og 2015, kan være at slusa ble driftet automatisk i 2020 slik at fisk kunne slippe gjennom flere ganger pr. dag enn ved manuell drift i årene før 2018. I motsetning til undersøkelsene nevnt ovenfor, der fiskens respons på endret vannføring eller fysiske tiltak målte fiskens respons like ovenfor kraftverksutløpet, så vil en analyse ved bruk av ankomsttidspunkt i slusa omfatte alle mulige faktorer som påvirker vandringshastighet på minstevannstrekningen. Forsøk med laks merket med akustiske merker i 2018 og 2020, viste at laks brukte kortere tid forbi tunellutløpet på Helle i 2020 (median 2,1 dager) enn i 2018 (median 13,3 dager), men lengre tid på strekningen opp mot Strubru i 2020 (median 40,9 timer/km) enn i 2018 (18,4 timer/km).

Det ble gjennomført en totalanalyse for å undersøke hvilke tiltak og miljøvariable som kunne forklare den positive trenden i ankomsttid som observeres i fiskeslusa i perioden 1992-2020. Totalanalysen tilsier at antall laks registrert i slusa er positivt korrelert med den totale vannføringen i uken før fiskene ble registrert. Dette indikerer at i perioder med høy totalvannføring er laksen i bevegelse og ser ut til å svømme opp i minstevannføringsløpet. I tillegg viser analysen at laks i gjennomsnitt ankom slusa 15 dager tidligere i årene etter 2007. Denne endringen sammenfaller med økt mengde vann som oppstår under naturlige flommer i minstevannføringsløpet i første del av sesongen, men også med at terskler i minstevannføringsløpet ble fjernet. Dette fører til en positiv korrelasjon mellom oppvandring og disse to forklaringsvariablene (vannføring minstevannføringsløpet og fjerning av terskler). Analysen indikerer videre at endringen i oppvandring er positivt korrelert med økt antall flersjøvinter laks. Imidlertid kan ikke dette alene forklare tidligere oppvandring etter 2007.

Analysen støtter at fjerning av terskler og økt vannføring har hatt en positiv effekt på å få laks tidligere opp fra Helle og opp til fiskeslusa i dam Rygene. Den økte vannføringen det refereres til her, var ikke et resultat av endringer i planlagt slipp av lokkeflommer. I perioder har vannføringen vært høyere enn slukeevnen til kraftverket, noe som har ført til overløp og økt vannføring i minstevannløpet. Imidlertid bør det gjennomføres nye forsøk (telemetri) for å finne ut hvilke vannføringer som trigger fisken til å vandre siden eksisterende data ikke kan brukes til en slik analyse. Gjenværende terskel ved Strubru anbefales å fjernes for å minimere forsinkelse for oppvandrende laks. I tillegg vil dette ha en positiv effekt på smoltproduksjonen og minimere forsinkelser og trolig predasjon til utvandrende smolt i dette området.

1.3.3 Vandring gjennom fisketrappa i Rygene dam

Både PIT-merket og akustisk merket laks bruker tid i området nedstrøms Rygene kraftverk (PIT: n=3, median 288 t/km, Akustisk: n=8, median 151 t/km), før de finner inngangen til selve fisketrappa. Om laksen først finner trappa fra Fabrikkhølen, ser det ut til at den vandrer relativt raskt opp mot slusa. Når laksen skal videre inn i dammen og opp i slusa har vi indikasjoner på at en del individer blir betydelig forsinket og at de trolig oppholder seg i forkammeret. Median oppholdstid i forkammeret var 17,3 timer (n=340), men mange individer bruker to døgn eller mer. Det er en nedgang i oppholdstid i forkammeret til slusa fra 2017 til 2019.

1.3.4 Vandrings fra Rygene til Evenstad

Av 38 akustisk merket laks som vandret forbi dam Rygene, ble 23 registrert ved tunellutløpet ved Evenstad kraftverk. Laksen brukte fra under 3 timer til 65 døgn på denne strekningen (n=23 median 7,7 t/km). Generelt var vandringshastigheten oppstrøms Rygene raskere enn hva som er dokumentert på alle andre elveavsnitt i Nidelva. Over 90 % av laksen ble registrert i elvestrekningene nedstrøms kraftverket i dagene etter registrering ved Evenstad. Det er tydelig at laksen opplever Evenstad som en vandringsbarriere og snur nedstrøms etter en tid. Dette bekreftes ved at det kun er registrert 37 laks i gjennomsnitt i fisketrappa på Evenstad de siste fire årene. Syv av de akustisk merkede laksene vandret opp i sidevassdraget Songeelva, men gjør dette sent i sesongen. Laksetrappa ved Eivindstad kraftverk fremstår i dag som lite effektiv.

2. Konklusjon og forslag til nye tiltak og undersøkelser

Ut fra tradisjonelle beregningsmåter kan det se ut til at det produseres færre laksesmolt oppstrøms Rygene kraftverk enn det antall gytelaks og tilgjengelig habitat skulle tilsi. Det fysiske habitatet tilsier en teoretisk produksjon på 8 000- 21 000 smolt, gytebiomasse av hunnlaks og overlevelse egg til smolt på 3 % tilsier 69 200 til 147 100 smolt mens den estimerte smoltproduksjonen har variert fra 2 000 til 5 500 smolt. Årsaken(e) til den lave ungfiskproduksjonen er ikke kjent. Predasjon, spesielt fra gjedde og suboptimal vannkjemi er to uavklarte faktorer som kan være medvirkende årsaker. Hovedløpet er imidlertid kalket siden 2006 og resultatet av denne kalkingen er at den fungerer etter hensikten. Sideelver og andre store sidesystemer er imidlertid ikke kalket og kan kanskje føre til dårlig vannkvalitet i delstrekninger (Høgberget et al 2021). Det er behov for kunnskapsinnhenting for å avklare predasjonseffekten og om det er behov for ytterligere kalking av sure sidevassdrag.

For å styre smolten trygt forbi dammen ved Rygene og videre ned elva, ser det ut til at en oppnår ønsket effekt ved å slippe 6-7 % av turbinvannføringen ut i isluka i dammen rett ved inntaket til kraftverkstunnelen. Imidlertid har undersøkelser av overlevelse for smolt gjennom turbinene, ikke avdekket høy dødelighet. Dette tyder på at smolt har høy overlevelse også denne vandringsveien. Imidlertid vet vi at vinterstøinger vil ha en høy dødelighet om de tar veien gjennom turbinene, og hensynet til disse favoriserer tiltaket med å sikre trygg passasje via isluka. Det anbefales å videreføre dette tiltaket med slipp av 6-7 % av turbinvannføringen i isluka når elvetemperaturen har passert 8 grader om våren samt utarbeide en plan for vannslipp for å sikre utvandring av utgytt laks i perioden november til april. Det bør videre dokumenteres at smolt og vinterstøinger kommer trygt igjennom isluka og ned minstevannføringsløpet til Helle.

Studier ved bruk av radio og akustisk telemetri konkluderer med at laksen blir betydelig forsinket ved kraftverksutløpet på Helle. Installering av mekanisk og senere elektrisk

fiskesperre ved utløpet har bedret forholdene. Forsinkelsen er fremdeles betydelig og det anbefales å undersøke effekten av ulike vannslipp for å trigge oppvandring inn i minstevannføringsløpet. Vannslipp må sees i sammenheng med den naturlige vannføringen i elva og effekten av å slippe vann både under flom og tørke samt hvor mye som må til for å skape vandringstriggere. Andelen fisk tilgjengelig for vandring vil også være sentral i en slik analyse samt opphavet til den vandrende fisken (Nidelvalaks eller feilvandrer). Vi anbefaler at det lages en plan over flere år, der en tar utgangspunkt i en vannpool som skal slippes fordelt på ulike perioder over ulikt tidsintervall. For å forstå hvilke mekanismer som er avgjørende må en være forsiktig med å gjøre for mange tiltak samtidig, slik at det blir vanskelig å måle effekten av hver av dem. Dette var noe av utfordringen vi sto overfor når vi skulle evaluere effekten av de tidligere tiltakene som er gjennomført på denne elvestrekningen. For den kommende oppvandrings sesongen vil vi anbefale at vannføringen holdes stabil på 5 m³/s og at oppvandringen dokumenteres med video i fiskeslusa. Dette, samt undersøkelser gjennomført under kraftverksstansen i 2020, vil danne datagrunnlag for å måle effekt av fremtidig manipulering av vannføring eller andre fysiske tiltak på denne elvestrekningen.

Fjerningen av terskler på minstevannføringsstrekningen førte til en raskere oppvandring av gytelaks og høyere ungfisktetthet. Den gjenværende terskelen ved Strubru har trolig tilsvarende negative effekter, ved at den forsinker oppvandringen av laks samt utvandring av smolt. Fjerning av terskelen ved Strubru vil være et svært godt tiltak for laksen i Nidelva, og det anbefales å fjerne den i sin helhet. Det er dokumentert gytemuligheter oppstrøms denne terskelen og tiltaket vil i tillegg trolig gi en økning på ca. 1 000 smolt pr. år.

Foreløpige analyser av sammenhengen mellom vanndekt areal og vannføring, viser at vanndekt areal øker relativt mye opp mot ca. 4 kubikk for så å flate ut over dette. Økning i vanndekt areal er på 5 810 m² fra 1 til 2 m³/s. Tilsvarende øker vanndekt areal i snitt med 2 628 m² pr. m³/s fra 2 til 4 m³/s, mens økningen er på 77 m² pr. m³/s fra 4 til 10 m³/s og 495 m² pr. m³/s fra 10 til 20 m³/s. Det anbefales å gjøre ytterligere kartlegging av vanndekt areal ved 3 kubikk og 15 kubikk for å få en mer nøyaktig sammenheng mellom vanndekt areal og vannføring. Vurderinger av hvilke vannføringer som dekker kartlagte gyteområder (ikke oppmålt med differensiell GPS) og oppvekstområder for ungfisk med hensyn på habitatkvalitet, anbefales i denne sammenheng. Skjønnsmessig vurdering av vannbehovet for å unngå stranding av gyteområder, tilsier at 1 kubikk er for lite og at en slik vannføring utgjør en flaskehals for fiskeproduksjonen på denne strekningen. Oppmålinger med differensiell GPS vil kunne avdekke hvilke vannføringer som dekker viktige gyteområder. Denne kunnskapen er nyttig sammen med kunnskapen om sammenhengen mellom vanndekt areal og vannføring slik at en mer kunnskapsbasert minstevannføring kan vurderes/etableres.

I 2020 ble byggingen av en ny fisketrapp i Rygene dam startet opp. Denne trappa skal erstatte den gamle trappa og fiskeslusa, og vil føre fisken helt opp til oversiden av dammen. De forsinkelsene som er registrert hos laks som passerte den gamle fisketrapp/fisksluseløsningen

vil trolig kunne reduseres med den nye trappa, som skal stå ferdig i juni 2021. Det er viktig at vandringen i den nye fisketrappen overvåkes for å dokumentere virkning.

Gjennomførte tiltak i hovedelven, bør evalueres for å dokumentere om de fungerer etter hensikten. F.eks. bør det store tiltaket med å legge ut skjulstein i hovedelven ved Espeland evalueres, slik at man kan ta stilling til om tilsvarende tiltak bør gjøres andre steder i hovedelven. Dette gjelder også for tiltakene med å legge ut gytegrus i elva.

Det er et uavklart produksjonspotensial i flere av de store sideelvene eller vannsystemene som renner inn i hovedelven oppstrøms Rygene. Undersøkelser viser at det i noen av disse produseres laks, men omfanget og habitatet er ukjent. En kunnskapsinnhenting vil kunne avdekke om det er et stort uutnyttet potensial. I tillegg bør det gjøres nye undersøkelser for å finne ut av om vannkjemien i disse tilstøtende vannsystemene tilsier at de burde kalkes.

3. Bakgrunn og hensikt

Agder Energi AS ønsket en oppsummering av eksisterende kunnskap om fiskebiologiske forhold i Nidelva. Det er gjort og gjøres mye for å bedre forholdene på lakseførende strekning i Nidelva og det pågår ulike typer overvåkning for å vurdere effekten av tiltak som er satt i gang. Til nå, er det imidlertid ikke gjennomført noen sammenstilling av de ulike undersøkelsene. En slik sammenstilling av resultatene vil være nyttig for å avdekke flaskehals for lakseproduksjonen og gi et godt grunnlag for å kunne målrette eventuelt nye miljøtiltak. NVE skal i den kommende planperioden, vurdere nødvendige tiltak for å nå de fastsatte miljømål for Nidelva. For å sikre et godt beslutningsgrunnlag for dette arbeidet, ønsket NVE at Agder Energi laget en samlet rapport med de mest sentrale undersøkelser som er gjennomført på lakseførende strekning i Nidelva. Målet med denne sammenstilling er å avdekke flaskehals for lakseproduksjonen og å komme med konkrete tiltak. Hovedfokus skal være på strekningen fra inntak Rygene til Helle i nedre del av elva.

4. Beskrivelse av vassdraget

Arendalsvassdraget er med et nedbørfelt på 4015 km² (NVE vassdragsnr. 0.19Z), det største vassdraget på Sørlandet. Med en årlig middelvannføring på 115 m³/s, er det bare Otra av Sørlandselvene som har høyere vannføring. 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 er også sterkt regulert med om lag 50 større og mindre magasiner (Ugedal et al. 2001) (**Figur 1**). Fra utløpet av Nelaug er det et pålegg om minstevannføring på 40 m³/s.

Den opprinnelige lakseførende strekningen gikk opp til Bøylefoss (**Figur 1**), og er totalt 28 km

(Simonsen 1995). Siden før krigen har etablering av Eivindstad kraftverk stengt for videre oppvandring av laks, noe som innebar en forkorting av den opprinnelige lakseførende strekningen med 6 km. I 2009 ble det laget en fiskepassasje ved dette kraftverket, slik at laksen igjen kunne vandre helt opp til Bøylefoss.

Av reguleringsinngrep er det Rygene kraftstasjon som i størst grad påvirker laksebestanden i vassdraget. Rygenefossen har nok alltid vært vanskelig å forsere for gytelaksen i Nidelva. Samtidig har energien fra fossen blitt utnyttet til sagbruk, møller og tresliperi allerede fra 1600 tallet (Fløystad 2011). Slik aktivitet har antagelig også periodevis hindret oppgang. Slik som i 1893, da det ble lagt en stor stokk over det vestlige løpet. Frolendingene mente den stengte for lakseoppgangen. Verre ble det i 1897 da den første demningen ble bygget i toppen av fossen. En støpt kulpetrapp ble bygget gjennom dammen i 1904, i forbindelse med byggingen av Rygene kraftstasjon. Denne trappa munnet ut i midten av det som i dag kalles Hydrahølen. Trappa fungerte relativt dårlig, og man antar at grunnen var en kombinasjon av lav vannføring samt feil plassering.

Den siste ombygging ved Rygenefossen, omfattet ny og høyere dam med kraftstasjon inne i fjellet og tunellutløp ved Helle slik vi kjenner det i dag. Denne sto ferdig i 1978. Det ble i tillegg bygget ny laksetrapp og sluse gjennom dammen. Det var stor enighet om at inngangen til trappa burde flyttes lengre nedstrøms enn trappa fra 1904. Inntaket ble derfor lagt til det gamle faste Lundefiske som gjennom lang tid hadde vist at var et løp laksen søkte.

Dagens kraftstasjon har en 13 m høy inntaksdam ved Rygenefossen og utnytter et 38 m fall gjennom en kaplanturbin. Inntaksdammen demmer opp en strekning på ca. 1 km oppstrøms inntaksdammen. Vanninntaket ved Rygene er 15.5 x 9 m og dekkes med en inntaksrist med 80 mm spileavstand. En ca. 2 km lang utløpstunell fører vannet tilbake til hovedelva ved Helle. Kraftutbygging har medført problemer både med gassovermetning og fiskevandring, og flere forsøk er gjennomført for å rette på problemene (Matzow 1995; Thorstad m.fl. 1997, 1998, 2000). På den om lag 2,5 km lange elvestrekningen mellom Rygene og Helle er pålagt minstevassføring 5 m³/s om sommeren og 1 m³/s om vinteren. Minstevassføringen om sommeren har enkelte år vært opprettholdt ved å slippe ca. 3 m³/s og i tillegg lokkeflommer på over 10 m³/s utvalgte dager. I gjennomsnitt utgjør dette 5 m³/s. Det var strekningen Rygene – Helle som tidligere ble ansett som det viktigste gyte- og oppvekstområde for laks i vassdraget. Tre terskeldammer ble konstruert i forbindelse med ombygging av Rygene kraftverk i 1978 noe som førte til at store deler av denne strekningen var preget av nær stillestående basseng med lave vannhastigheter. Ved befaring i 2000 ble det påpekt at det var små arealer som kunne karakteriseres som gode oppvekst og gyteområder for laks og aure, men at det var et potensial for habitatforbedrende tiltak på strekningen (Ugedal et al. 2001). I 2007 ble to av tersklene fjernet for å bedre leveforholdene for anadrom laksefisk på denne strekningen.

Ovenfor Rygene og videre på strekningen opp til Blakstad, kan Nidelva karakteriseres som en

sakteflytende flod med finpartikulært bunnsubstrat. Disse områdene er tidligere vurdert som lite egnet som oppvekstområde for laksunger (Ugedal et al. 2001). Videre oppstrøms Blakstad øker vannhastigheten noe mer og har stedvis områder som ble karakterisert som egnet, men det er først ved Espeland at en finner det som kan karakteriseres som typisk ungfiskhabitat. Det er også på denne strekningen en trolig finner de viktigste gyte- og oppvekstområdene for laks i dagens situasjon. På strekningen videre oppstrøms fra Eivindstad og opp mot Bøylefoss er det også flere partier som er vurdert som egnet ungfiskhabitat (Ugedal et al. 2001).

Fiskeartene registrert i den lakseførende delen av vassdraget er laks, aure, sik, abbor, gjedde, stingsild og ål (Simonsen 1995). Strekningen nedstrøms Helle kan tidvis være saltvannspåvirket og på denne strekningen er det også registrert suter, elveniøye, havniøye og skrubbe (Sættem 1985, Matzow & Simonsen 1997). I 2019 ble det registrert sørv (Bremset & Museth, 2019).



Figur 1. Arendalsvassdraget med nedbørfelt og reguleringer.

4.1 Manøvreringsreglement

Ved kongelig resolusjon av 10. januar 1975 er det gitt tillatelse etter Vassdragsloven til å bygge og drive Rygene kraftverk. I medhold av ervervsloven er det også gitt tillatelse til erverv av fallrettigheter på utbygningsstrekningen. For Rygene kraftverk ble det avholdt skjønn 25. april 1977. Ved kgl. Res. 14. November 1980 er det gitt tillatelse etter Vassdragsloven til utvidelse av Evenstad kraftstasjon. Samme dato er det gitt tillatelse etter ervervsloven.

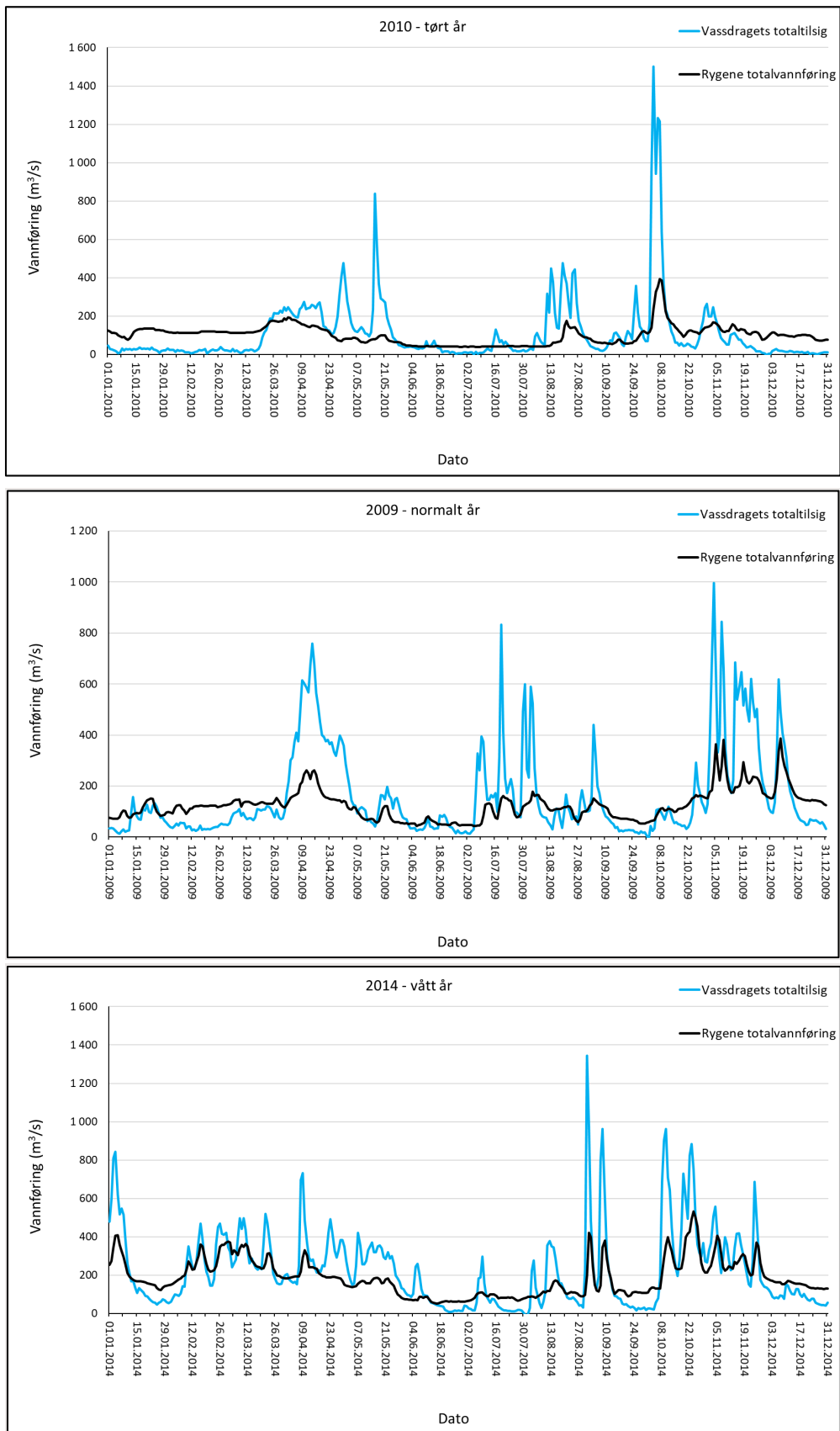
Rygene kraftverk er det nederste kraftverket, og produserer 280 GWh. Kraftverket utnytter et fall på 38 meter, og har installert en Kaplan turbin med slukeevne på ca. 180 m³/s. Vannet ledes gjennom en to km lang tunnel som munner ut ved Helle. Dette medfører at det er en strekning med minstevannføring på ca. 2.7 km.

Evenstad kraftverk ligger ca. 15 km oppstrøms Rygene kraftverk og utnytter et fall på 17 meter som i sin helhet utgjøres av dammen. Kraftverket består av tre Francisturbiner og en Kaplan turbin. Kraftverket produserer 120 GWh, med maks slukeevne på ca. 176 m³/s. Det er ikke fastsatt krav om minstevannføring i manøvreringsreglementet for Evenstad kraftverk. Det slippes vann i fisketrappa som er etablert.

Arendal Fossekompani eier og driver Bøylefoss kraftverk som ikke har konsesjon etter Vassdragslovgivningen og er såkalt ukonsedert (**Figur 1**).

4.2 Vannføringsregime

Arendalsvassdraget spenner over ti kommuner i Telemark og Aust-Agder. Vannet renner fra Urdevatn og Bordsæ via de store innsjøene Nisser og Fyresvatn fra øvre deler av Telemark før det samles i Nidelva og renner ut i Arendal. Nelaug er det nederste reguleringsmagasinet og ut fra Nelaug er det krav om 40 m³/s i minstevannføring hele året. Dette gir en utjevnet vannføring sammenlignet med naturtilstanden før regulering. På tørre sommer og vinterdager er vannføringen fra Bøylefoss og ned til sjøen høyere enn naturlig, og i flom situasjoner er vannføringen lavere. Økt minstevannføring i tørre år, spesielt om vinteren, har trolig redusert områder i elva som før reguleringen ble tørrlagt. Faktisk vannføring og en beregnet naturlig vannføring i tre ulike år er vist i **Figur 2**. 2014 for å illustrere ett vått år, 2009 for å illustrere ett normalt år og 2010 som et eksempel på et tørt år



Figur 2. Beregnet vannføring før og etter regulering av Nidelva i ett vått år (øverst), normalt år (midten) og i et tørt år (nederst).

4.3 Fysiske forhold og vurdering av smoltproduksjonspotensial

Den anadrome strekningen i Nidelva går opp til Bøylefoss og er 28 km lang. I den videre beskrivelsen deles denne strekningen inn i tre segmenter:

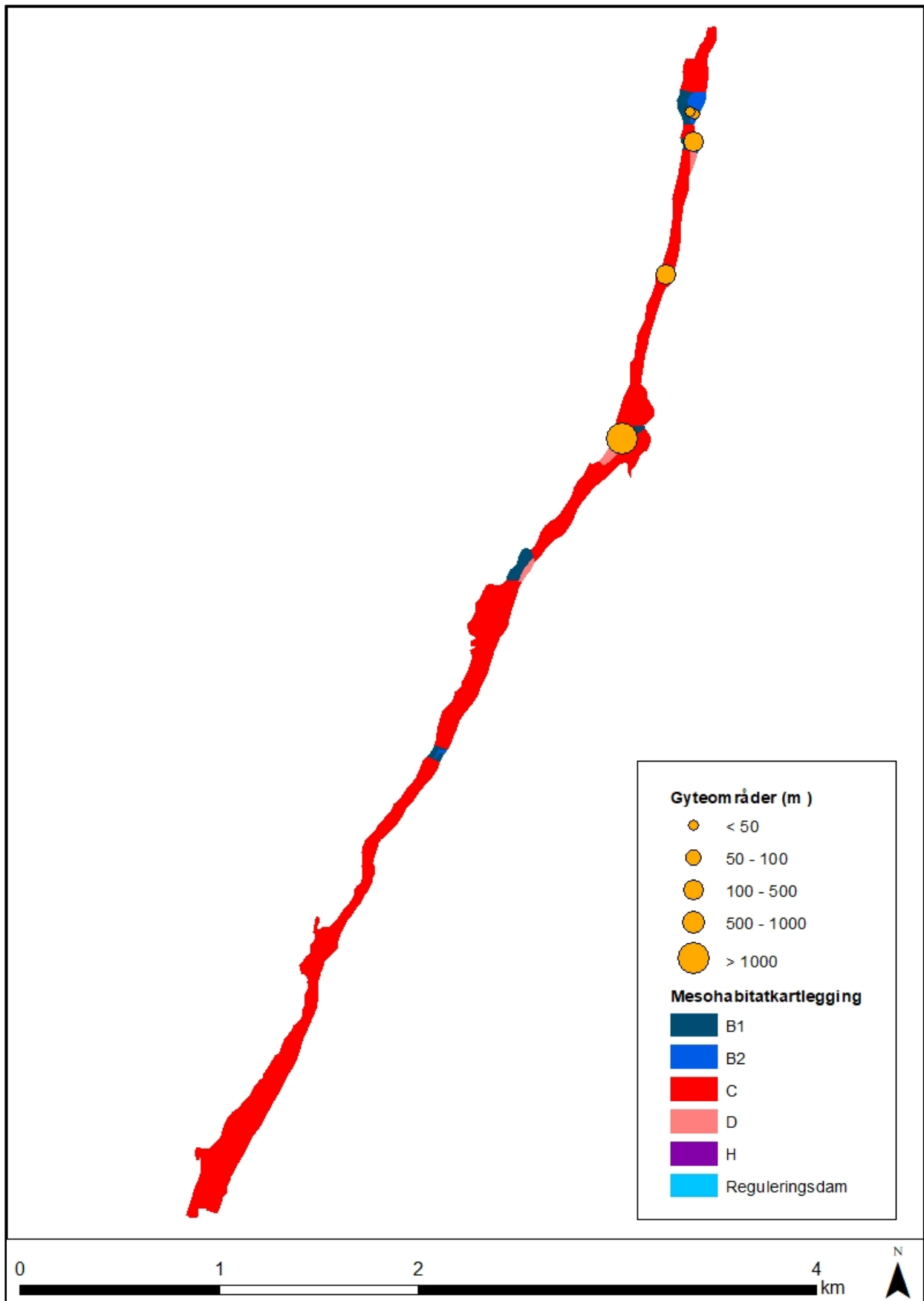
- 1: Bøylefoss - Eivindstad
- 2: Eivindstad-Rygene
- 3: Rygene-Helle

For en mer utfyllende beskrivelse av de fysiske forholdene, henvises det til Gabrielsen et al. 2012.

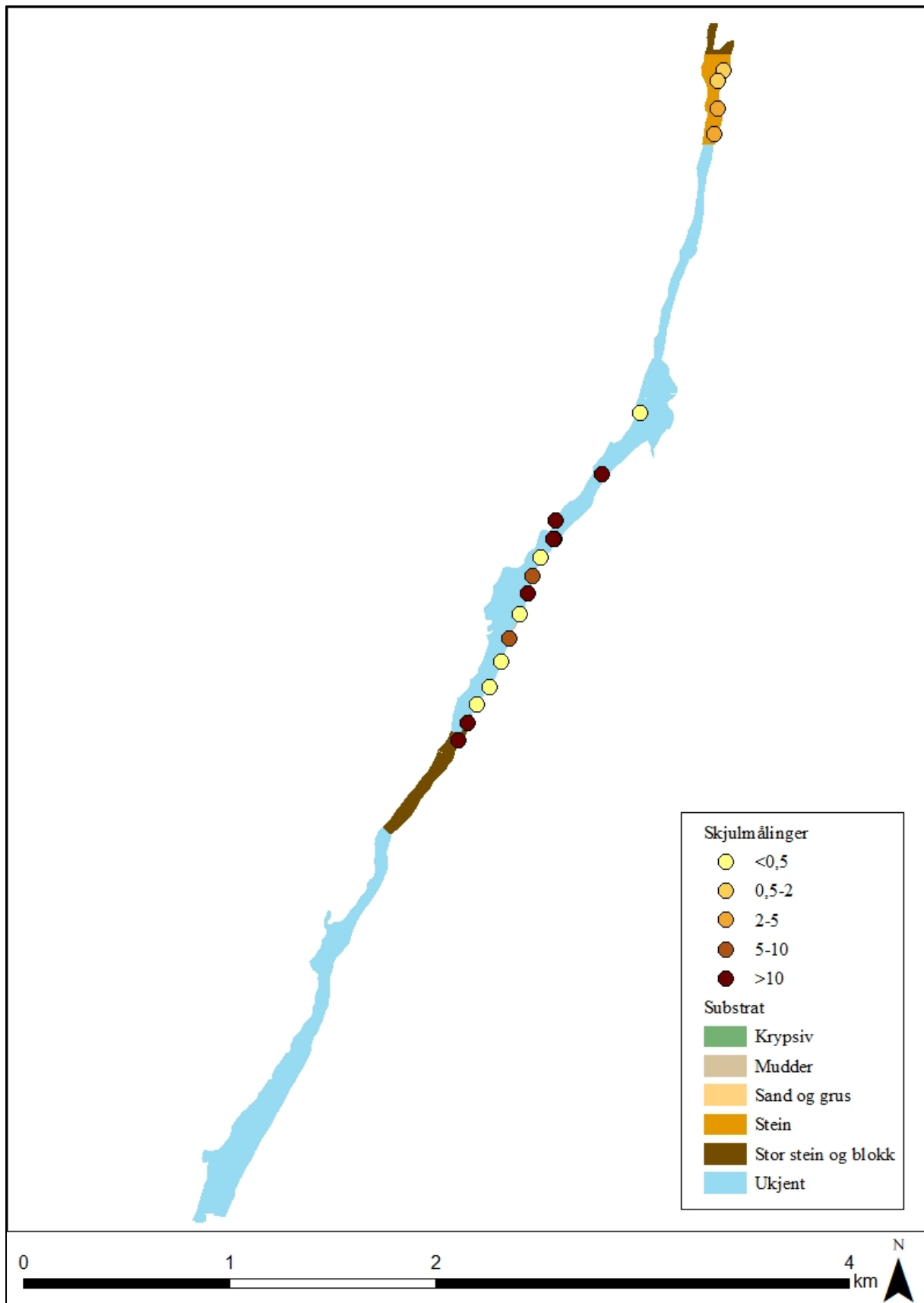
4.3.1 Fysiske forhold på strekningen fra Bøylefoss til Eivindstad

Beregnet vanddekt areal på strekningen mellom Bøylefoss og Eivindstad, ved bruk av ArcGIS og N50 kartverk, tilsier et totalt elveareal på 704 000 m². Store deler av strekningen kan beskrives som sakteflytende og dyp med slak helning, lav vannhastighet, ingen (få) overflatebølger og relativt dyp (kulp, habitatklasse C). I tillegg ble det registrert en god del strekninger med høyere vannhastighet og grunnere partier, men uten overflatebølger (glattstrømpartier, habitatklasse B1 og B2). Basert på mesohabitatsystemet som er utviklet av Borsányi m. fl. (2004), domineres strekningen av habitatklasse C (**Figur 3**). Gytearealene er estimert til å være 3 500 - 5 500 m². Dette utgjør kun ca. 0,8 % av elvearealet på strekningen. Fra Bøylefoss og ned til Bøylestad var det i den øvre delen relativt mange store steiner og blokker, men pga. kalkdoseringen i dette området var imidlertid hulrommene i substratet delvis eller helt tetthet igjen med kalk (spesielt på østre bredd). Denne effekten avtok nedover mot Bøylestad. Det er store mengder med tømmer som ligger igjen nede på elvebunnen etter perioden med aktiv tømmerfløting som foregikk i Nidelva frem til begynnelsen av 1970. Deler av elvebunnen er helt eller delvis dekket med tømmer ned til Bøylestad, men avtar ned mot Dam Eivindstad. Dette tømmeret danner store hulrom og kan nok i mange tilfeller skape et godt oppvekstområde for ungfisk. Det generelle bildet er at det var mest skjul tilgjengelig for laks- og aureunger i midtre del av strekningen, spesielt rett nedstrøms det store gyteområdet ved Bøylestad. Arealet med gode skjulmuligheter for ungfisk avtok ned mot og inn i Dam Eivindstad. Generelt er tilgangen til skjul ganske lav (**Figur 4**), men siden strekningen er så dyp, ble det bare tatt målinger av skjul på få utvalgte plasser og da ofte ved elvebredden. Videre kan vannvegetasjon som ble observert på strekningen, fungere som skjul, og det er vist at krypsiv kan være gunstig for fiskeyngel dersom det er mangel på skjul i bunnssubstratet (Velle et al. In press).

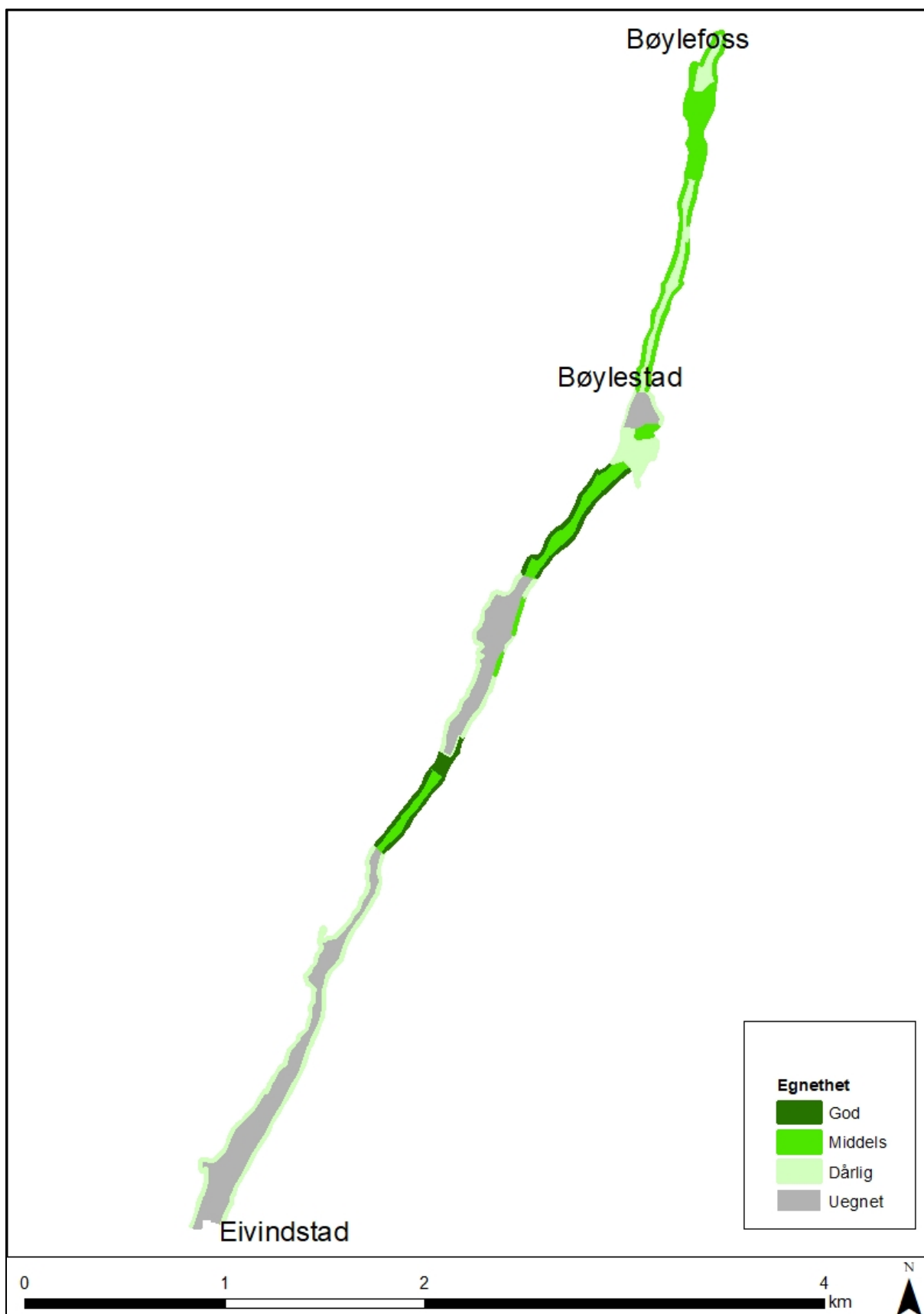
Store deler av strekningen er helt stillestående og dyp, og er trolig mindre egnet som leveområder for ungfisk. Basert på kartlegging av det totale arealet, er det beregnet at dette uegnete arealet er 320 000 m². Dermed har strekningen et totalt areal på 384 000 m² som er egnet i varierende grad som oppvekstområdet for ungfisk (**Tabell 2, Figur 5**).



Figur 3. Gyteområder og mesohabitat i Nidelva fra Bøylefoss til dammen ved Eivindstad.



Figur 4. Skjul og substrat i Nidelva fra Bøylefoss til dammen ved Eivindstad.



Figur 5. Egnet for leveområder for ungfisk i Nidelva fra Bøylefoss til dammen ved Eivindstad.

Tabell 2. Totalt areal av leveområder for produksjon av smolt som er dårlig egnet, middels egnet og godt egnet på strekningen mellom Bøylefoss og Eivindstad.

	Dårlig egnet	Middels egnet	Meget egnet
Areal (m ²)	214 000	147 000	23 000

Til sammenligning oppga Ugedal et al. (2001) egnet oppvekstareal til å være 7 600 m², mens Simonsen et al. (1995) vurderte arealet til å være 98 040 m². Det er en stor forskjell mellom Ugedal et al. (2001) og senere mer grundige beregninger av egnet oppvekstareal, fra 7 600 m² til 320 000 m². Basert på disse vurderingene av oppvekstarealer for smolt på strekningen mellom Bøylefoss og Eivindstad, fant Ugedal et al. (2001) produksjonen av smolt til å ligge på rundt 1 100 smolt, mens Simonsen et al. (1995) tilsvarende kom med et produksjonstall på ca. 14 700 smolt. Det gjøres oppmerksom på at disse tallene anslår maksimal smoltproduksjon basert på 15 smolt pr. 100 m². Forskjellen i vurderingen kan skyldes både subjektiv oppfatning av hva som er tilstrekkelig habitat for lakseproduksjon, men også at områdene har endret seg i perioden 1995 til 1999 med stadig mer sediment tilført bunnsubstratet (Ugedal et al. 2001). Disse undersøkelsene baserte seg på en befarings av strekningen langs land, og er beheftet med større usikkerhet enn om forholdene blir vurdert ved hjelp av dykkerobservasjoner. I **Tabell 3** er det gjengitt antatt produksjon av laksesmolt etter Simonsen et al. (1995) og Ugedal et al. (2001) sammen med nyere vurderinger av antatte produksjonstall (Gabrielsen et al. 2012). I de siste beregningene er det gjengitt flere alternative produksjonstall:

Oppvekstarealet blir gradert etter egnethet for ungfisk. To ulike alternativ for antall smolt pr 100 m² blir satt opp:

Vektet 1: 1 smolt pr 100 m² for dårlig egnet oppvekstområde, 3 smolt pr 100 m² for middels egnet og 5 smolt pr 100 m² for godt egnet oppvekstområde.

Vektet 2 er 2, 6 og 10 smolt pr. 100 m².

Tabell 3. Antatt produksjonspotensial av laksesmolt på strekningen Bøylefoss- Dam Eivindstad basert på beregninger av Ugedal et al (2001), Simonsen (1995) og Gabrielsen et al. (2012).

	Ugedal	Simonsen	Gabrielsen vektet 1	Gabrielsen vektet 2
Antall smolt	1 140	14 706	7 694	15 386

Produksjonstallene spriker fra 1 140 (Ugedal et al.2001) smolt til ca. 15 000 smolt (Simonsen et al. 1995; Gabrielsen et al. 2012). Tatt i betraktning at det totale arealet på strekningen er totalt ca. 700 000 m², er det etter de nyeste vurderingene antatt at 1 smolt pr. 100 m² er for lavt. Ved en totalvurdering av de ulike scenarioene gjengitt i **Tabell 3**, så antas det at potensial for smoltproduksjonen på strekningen mellom Bøylefoss og Eivindstad er på mellom ca. 8 000 og 15 000 smolt.

4.3.2 Fysiske forhold på strekningen fra Eivindstad til Rygene

Beregnet vanddekt areal på strekningen mellom Eivindstad og Rygene, ved bruk av ArcGIS og N50 kartverk, tilsier et totalt elveareal på ca. 2,321 km² (2 321 000 m²). Store deler av denne strekningen kan beskrives som sakteflytende og dyp med slak helning, lav vannhastighet, ingen (få) overflatebølger og som er relativt dyp (kulp, habitatklasse C). I tillegg ble det registrert strekninger med raskere vannhastighet og grunnere partier, men uten overflatebølger (glattstrømpartier, habitatklasse B1 og B2). Basert på mesohabitatsystemet som er utviklet av Borsányi m. fl. (2004), domineres strekningen av habitatklasse C (**Figur 6**). Store deler av elvebunnen på denne strekningen er dominert av sand/grus og med siv/mudder langs elvekanten og få skjulmuligheter for ungfisk. Strekningen fra Eivindstad og ned til Espeland, samt et lite parti ved Blakstad og innløpet til dammen nede ved Rygene, har det største innslaget av steiner i elvebunnen og noe raskere vannhastigheter. Derfor er det noe bedre skjul for ungfisk i disse områdene. Innslaget med vannplanter her kan også være viktig skjul for ungfisken. Gytearealene er estimert til å være ca. 8 500 m². Dette utgjør ca. 0,4 % av elvearealet på strekningen.

Store deler av strekningen er helt stillestående og dyp, og er trolig mindre egnet som leveområder for ungfisk. Basert på kartlegging av det totale arealet, er det beregnet at uegnete areal er ca. 1 565 000 m². Dermed har strekningen et areal på 756 000 m² som er egnet i varierende grad, som oppvekstområde for ungfisk (**Tabell 4, Figur 8**).

Tabell 4. Totalt areal av leveområder for produksjon av smolt som er dårlig egnet, middels egnet og godt egnet på strekningen mellom Eivindstad og Rygene.

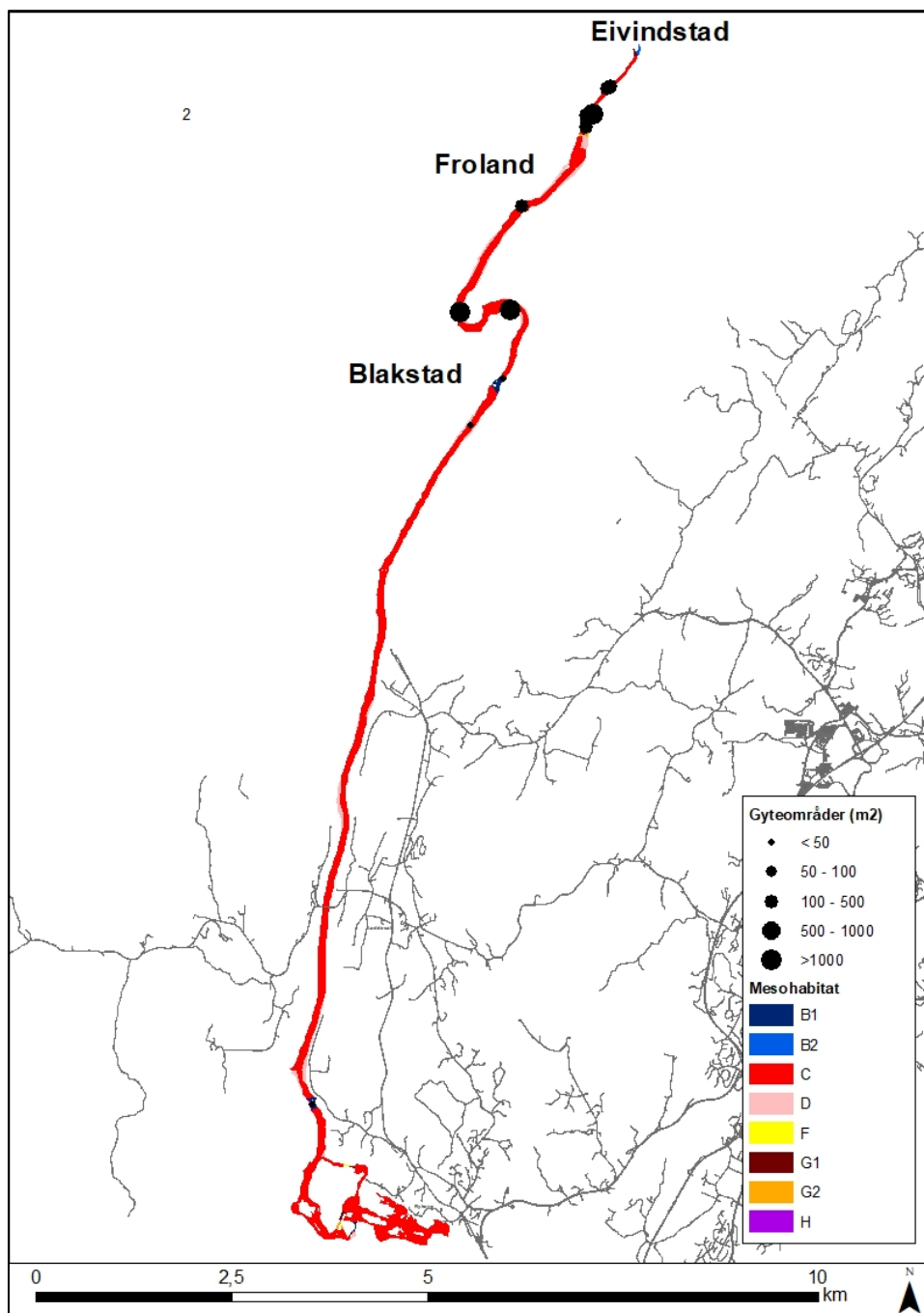
	Dårlig egnet	Middels egnet	Godt egnet
Areal (m ²)	564 996	74 341	116 809

Til sammenligning oppgir Ugedal et al. (2001) egnet oppvekstareal å være 45 540 m², mens Simonsen et al. (1995) oppgir tilsvarende et areal på 117 010 m². Den nyeste mer grundige kartleggingen avdekker derfor at det er et større areal som er egnet for oppvekst av ungfisk, enn det som er antatt tidligere. Endringen i klassifisering fører til en økning av oppvekstareal fra 45 540 m² til 756 000 m². Basert på vurderingene av egnet oppvekstarealer for smolt på strekningen mellom Bøylefoss og Eivindstad, fant Ugedal produksjonen av smolt til å ligge på rundt 6 831 smolt, mens Simonsen tilsvarende kom med et produksjonstall på ca. 17 551 smolt på den samme strekningen. Disse tallene anslår maksimal smoltproduksjon basert på 15 smolt pr. 100 m², noe som er den høyeste tettheten av smolt registrert i laksevasdrag. Forskjellen i vurderingen kan skyldes både subjektiv oppfatning av hva som er tilstrekkelig habitat for lakseproduksjon, men også at områdene har endret seg i perioden 1995 til 1999 med stadig mer sediment tilført bunnsstratet (Ugedal et al. 2001). I **Tabell 5** har vi gjengitt antatt produksjon av laksesmolt etter Simonsen et al. (1995) og Ugedal et al. (2001) sammen med de nyeste vurderingene av produksjonsareal (Gabrielsen et al. 2012).

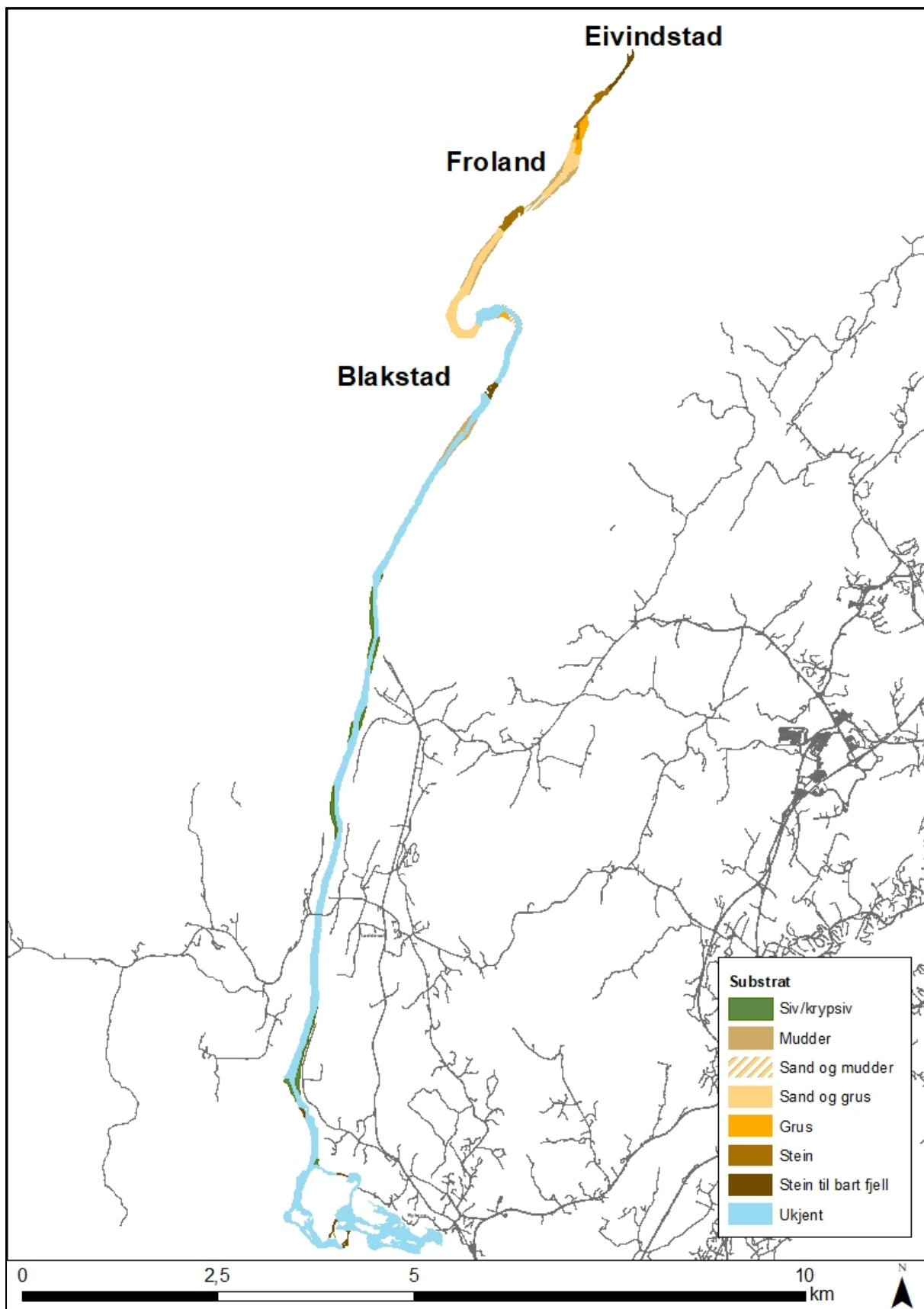
Tabell 5. Antatt produksjonspotensial av laksesmolt på strekningen mellom Eivindstad og Rygene.

	Ugedal	Simonsen	Gabrielsen vektet 1	Gabrielsen vektet 2
Antall smolt	6 831	17 551	13 720	27 440

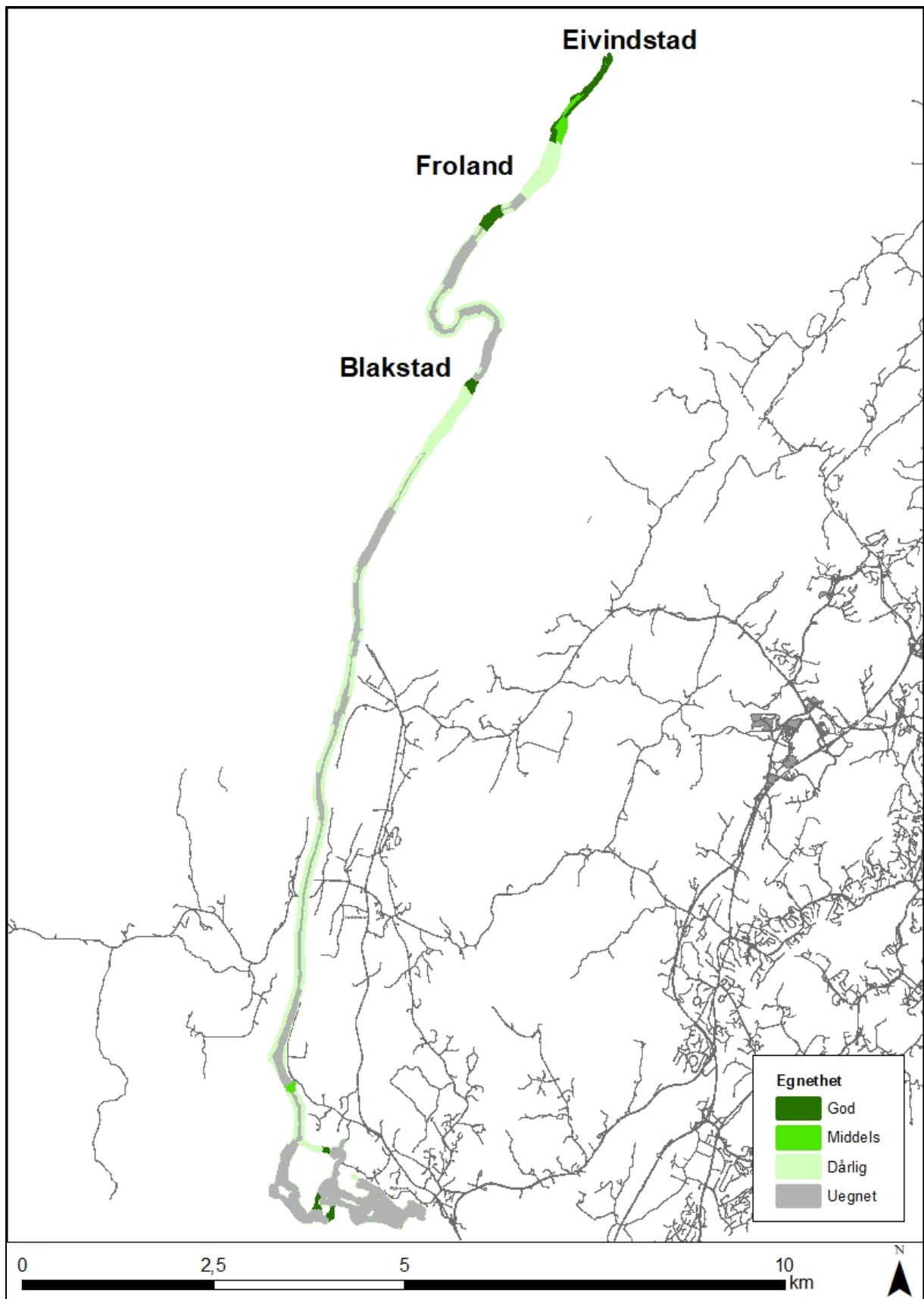
Av tabellen ser vi at produksjonstallene spriker fra 6 831 smolt til ca. 27 440 smolt på den samme strekningen. Tatt i betraktning at det totale arealet på strekningen er totalt ca. 2,3 km² og habitatkvaliteten, så er trolig 6 831 smolt for lavt. Ved en totalvurdering av de ulike scenarioene, så ligger trolig potensialet for smoltproduksjonen på strekningen mellom Eivindstad og Rygene et sted på mellom ca. 13 700 og 27 400 smolt.



Figur 6. Gyteområder og mesohabitat i Nidelva fra dammen ved Eivindstad til Rygene.



Figur 7. Skjul og substrat (høyre) i Nidelva fra dammen ved Eivindstad til Rygene.



Figur 8. Egnetet for leveområder for ungfisk i Nidelva fra dammen ved Eivindstad til Rygene.

4.3.3 Fysiske forhold på strekningen fra Rygene til Helle

Beregnet vanddekt areal på strekningen mellom Dam Rygene og ned til kraftutløpet ved Helle, ved bruk av ArcGIS og N50 kartverk, tilsier et totalt elveareal på 163 300 m². Tidligere var denne strekningen sakteflytende og dyp (kulp) mye på grunn av tre større terskler. To av disse ble revet i 2007 (se kapittelet: **Tiltak for å øke fiskeproduksjonen**) og i dag er strekningen mer variert med grunne og mer hurtigrennende glattstrømpartier. Men, det finnes fremdeles sakteflytende og dypere kulper og dette preger fremdeles strekningen (**Figur 9**). Elvebunnen består for det meste av stein og grus, men og en god del blokker og noe fjell (**Figur 10**). Strekningen er vurdert til å ha moderat til gode skjulforhold i elvebunnen for ungfisk. Gytearealene er estimert til å være ca. 2 000 m². Dette utgjør omtrent 1,1 % av strekningens totale elveareal. Den øverste terskelen er fremdeles intakt, og elven bærer her preg av å være et terskelbasseng med lav vannhastighet og økt sedimentering i elvebunnen.

Store deler av strekningen er helt stillestående og dyp, og er trolig mindre egnet som leveområder for ungfisk. Basert på kartlegging av det totale arealet etter at tersklene var fjernet, er det beregnet at dette uegnete arealet utgjør 86 200 m². Dermed har strekningen et areal på 77 100 m² som er egnet for ungfisk i varierende grad (**Tabell 6** og **Figur 11**). Til sammenligning oppgir Ugedal gode oppvekstareal å være ca. 14 500 m². Dette var før tersklene ble revet.

Tabell 6. Totalt areal av leveområder for produksjon av smolt som er dårlig egnet, middels egnet og godt egnet på strekningen mellom Dam Rygene og ned til kraftutløpet ved Helle. Resultatene baserer seg på en kartlegging etter at to av tersklene var fjernet på strekningen.

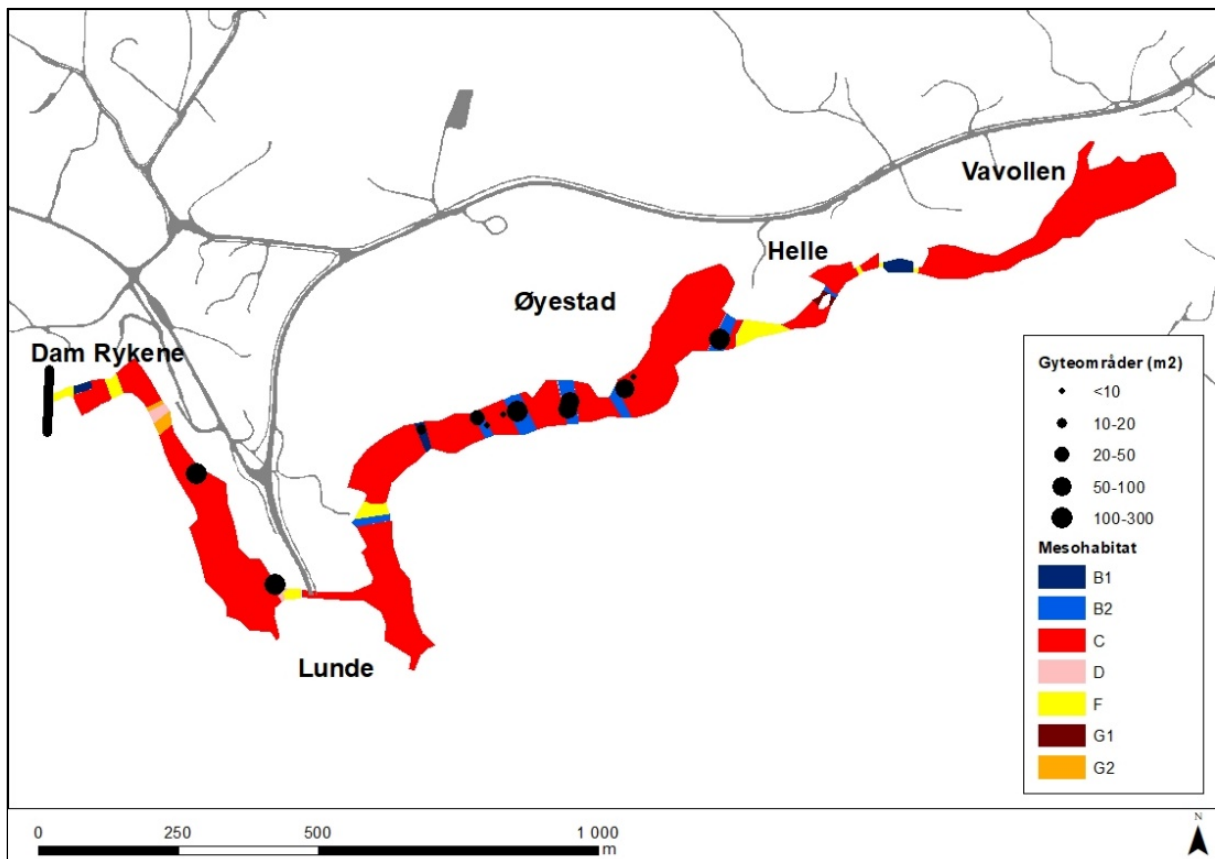
	Dårlig egnet	Middels egnet	Godt egnet
Areal (m ²)	25 000	38 900	13 200

Basert på disse vurderingene av oppvekstarealer for smolt på strekningen mellom Dam Rygene og ned til kraftutløpet ved Helle, fant Ugedal produksjonen av smolt til å ligge på rundt 2 200 smolt. Disse undersøkelsene baserte seg på en befaring av strekningen langs land. I **Tabell 7** har vi gjengitt antatt produksjon av laksesmolt etter Ugedal et al. (2001) og Gabrielsen et al. (2012). Av tabellen ser vi at produksjonstallene spriker fra 2 000 smolt til ca. 4 000 smolt.

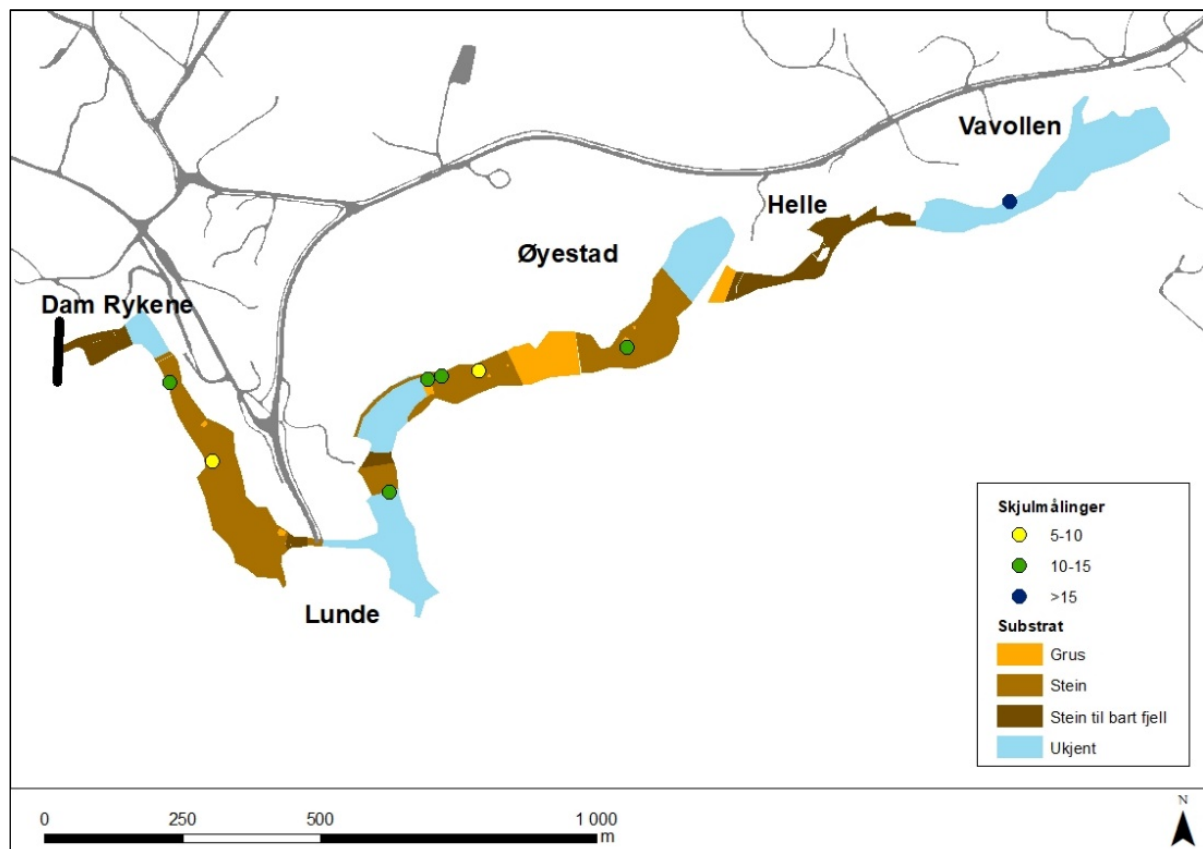
Tabell 7. Antatt produksjonspotensial av laksesmolt på strekningen fra Rygene og ned til Helle.

	Ugedal	Gabrielsen vektet 1	Gabrielsen Vektet 2
Antall smolt	2 200	2 100	4 200

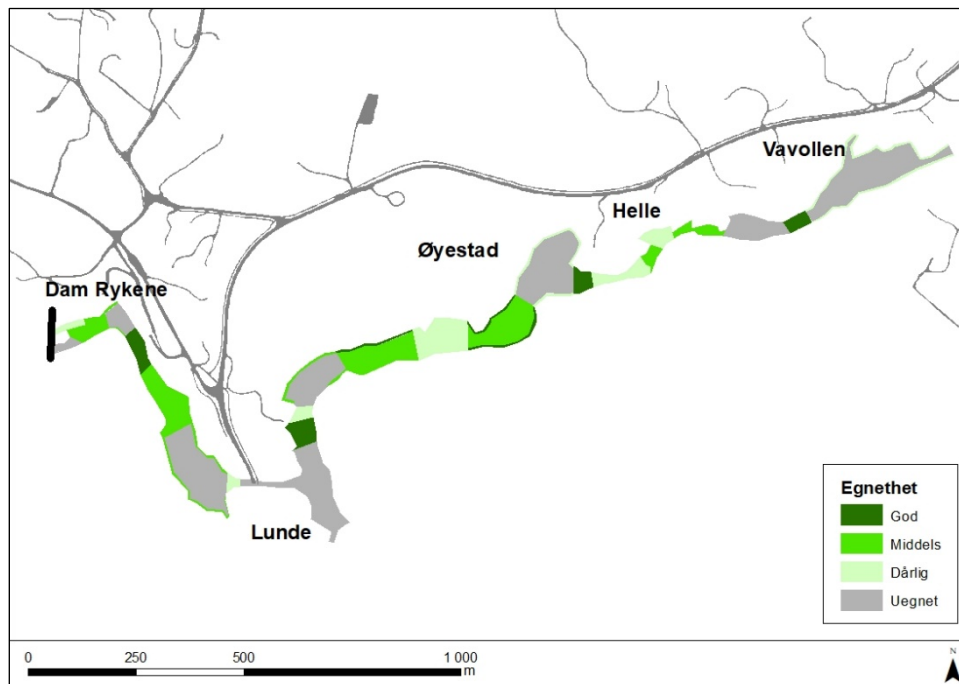
Potensialet for smoltproduksjonen på strekningen mellom Rygene og Helle ligger trolig et sted på mellom ca. 2 000 og 4 000 smolt.



Figur 9. Gyteområder og mesohabitat i Nidelva fra Rykene og ned til Helle.



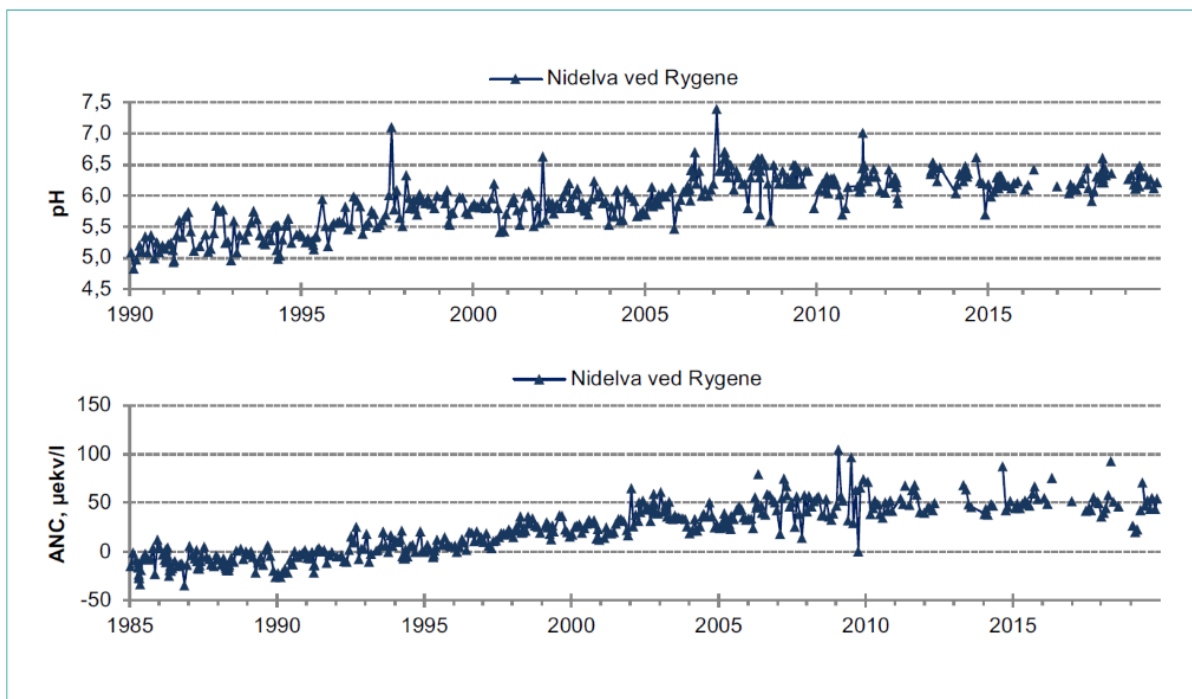
Figur 10. Skjul og substrat i Nidelva fra Rykene og ned til Helle.



Figur 11. Egnethet for leveområder for ungfisk i Nidelva fra Rykene og ned til Helle.

4.4 Vannkjemiske forhold

Nidelva ligger i en del av landet hvor forsurening har vært et problem for anadrom laksefisk i mange tiår. I 1989 ble det utarbeidet en kalkingsplan for vassdraget. Innsjøer i nedbørsfeltet ble kalket allerede fra 1996 (Hindar m. fl. 1999). I 1999 ble det utarbeidet en revidert kalkingsrapport for vassdraget. Denne rapporten konkluderer med at vassdraget ikke har vært optimalt kalket fram til 1999. Det foreslås å etablere flere nye kalkdoser i vassdraget og også at innsjøer i nedbørsfeltet skal rekalkes. I 2005 ble det startet en kalkdoser på Bøylefoss, øverst i anadrom strekning. Samtidig som kalkingen av vassdraget ble trappet opp, er den generelle forureningen i landsdelen redusert de siste 20 årene (Anon. 2020). Målinger av vannkjemiske parametere fra 1990 til 2019 viser en bedring i vannkvalitet målt i enhetene pH og ANC (syrenøytraliserende kapasitet) (**Figur 12**). I Anon. 2020 konkluderes det med at det ikke er behov for rekalking av innsjøene i nedbørfeltet til vassdraget fordi den generelle forureningssituasjonen har forbedret seg. I tillegg nevnes det at doseringsanlegget på Bøylefoss har gitt «god måloppnåelse på anadrom strekning». Ved figurbetragtning (**Figur 12**) ser det ut til at parameteren ANC (syrenøytraliserende kapasitet) hadde en tydelig økning rundt 2002 og pH fra 2005 til 2007. I årene etter dette har verdiene holdt seg oppe på et nivå som skal være tilstrekkelig for at ungfisk, særlig laks, overlever. Spesielt gjelder dette overlevelsen på smoltstadiet til laks. For ytterligere å øke lakseproduksjonen i Nidelva, jobbes det med å forbedre de vannkjemiske forhold i sidevassdragene. I 2020 ble det etablert et anlegg ved Gauperå i Songeelva, men driften av dette anlegget er vurdert til å være lite tilfredsstillende gjennom smoltutvandringen i 2020 (Høgberget mfl. 2021).



Figur 12. Målinger av pH og ANC-utvikling i hovedelva ved Rygene i Nidelva i perioden 1990 til 2019 (hentet fra Anon. 2020, forfatter av kapittel om Arendalsvassdraget: Atle Hindar).

4.5 Gassmetning

Gassovermetning i vann kan oppstå når gass løses i vann under trykk og trykket deretter synker, samt ved raske temperaturforandringer i vannet. Overmetning kan skje naturlig i dype fossekulper, men også nedenfor vannkraftverk. Årsaken er vanligvis at luftbobler trekkes inn i fallrøret eller kraftverkstunnelen der luften løses i vannet under trykk. Underdimensjonerte bekkeinntak og delvis tilstoppete inntaksrister som trekker luft, er kjente kilder for slike luftbobler (Stokkebø et al. 1986, Pulg et al. 2014). Peltonturbiner lufter vanligvis vannet godt, men en kan likevel ikke utelukke gassovermetning nedenfor. Overmetningen kan også oppstå i selve utløpskanalen dersom innpiskete luftbobler dras med i dypet der vannet står under hydrostatisk trykk (Pulg et al. 2015). Tegn på for høy gassovermetning er blakking av vann (mange små bobler) og akutt fiskedød. Gassmetningskonsentrasjoner under 120 % er vanligvis ikke synlige på vannet, men lave fisketettheter kan være en indikasjon på overmetning. Gassovermetning skader fisk ("gassblæresyke"), og verdier over 110 % kan være akutt dødelig (Heggberget et al. 1984, Jensen et al. 1986, Weitkamp 2008). Ved over 120 % gassmetning kan selv kort eksponeringstid (timer) være akutt dødelig. Også lavere verdier mellom 103 % og 110 % kan skade fisk og øke dødelighet, særlig i grunne habitater eller bassenger der fiskene ikke kan unngå til dypere områder for å kompensere for overmetningen. Gassovermetning kan også føre til en atferdsendring og endringer i habitatbruk siden fiskene kan kompensere overmetning ved å svømme dypere i vannsøylen. Med 1 m dyp vannsøyle kan ca. 10 % av gassovermetningen kompenseres. Har vannet 110 % metning vil en fisk på 1 m dyp oppleve ca. 100 % metning. Habitatforholdene, og særlig vanddyp, er derfor viktig for å kunne

bedømme eventuelle effekter på fisk (Canadian Council of Ministers of the Environment. 1999, Beeman et al. 2006).

Evenstad kraftverk er et elvekraftverk med 17.5 m fallhøyde. Maks slukeevne er 175.9 m³/s fordelt på tre francisturbiner og en kaplanturbin (www.nve.no), som gir 24.7 MW i maksimum ytelse. NORCE LFI har på oppdrag fra Agder Energi overvåket gassmetning med varighetslogging oppstrøms- og nedstrøms Eivindstad kraftverk i Nidelva (Aust-Agder) i perioden 10.06.2016 – 26.06.2017. Målemetoden er basert på et «Weiss-Saturometer» i sonden, og det som registreres er metning av alle gasser i vannet (Total Gass Pressure, TGP) relativt til atmosfærisk lufttrykk. Verdien gjenspeiler derfor gassmetningen som vannet ville hatt ved vannoverflaten selv om det er målt i varierende dyp (10-200 cm). Det ble lagret halvtimes-verdier. Gassmetningen er gjengitt i prosent, der 100 % tilsvarer normal gassmetningsgrad. Lavere verdier betyr at vannet er undermettet med gasser, mens høyere verdier betyr at vannet er overmettet. Målerens nøyaktighet er på ± 10 hPa noe som tilsvarer ca. ± 1 % TGP. Ifølge kanadiske retningslinjer anbefales maksimalt 110 % TGP gassovermetning i vassdrag som er dypere enn 1 m. I grunnere omgivelser og i klekkerier anbefales 103 % TGP som grenseverdi. Produksjonsdata fra Eivindstad Kraftverk er levert av Agder Energi.

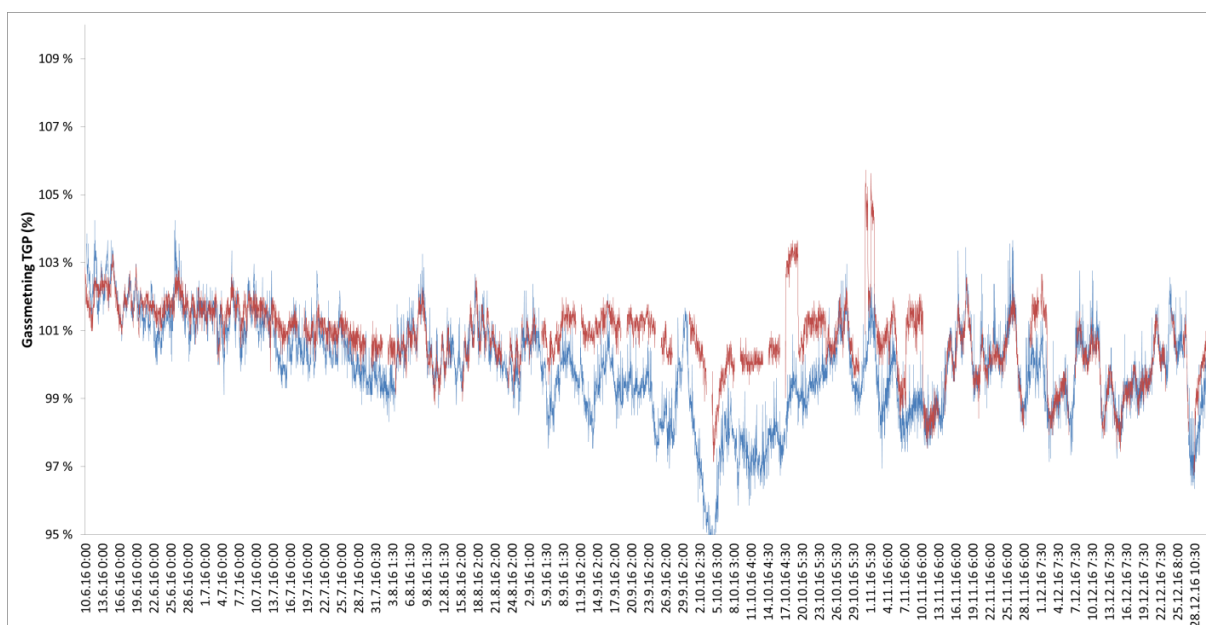


Oppsett av gassloggingsutstyr (her i Modalselva, Nordhordland). Sonden ligger i et perforert rør som vist på bildet til høyre.

4.5.1 Gassmetning i 2016

Gassmetningen ovenfor Eivindstad kraftverk varierte mellom 94 % og 104 % TGP i overvåkingsperioden (**Figur 13**). Medianverdien i overvåkingsperioden 2016 lå på 100 % TGP. Gassmetningsverdier over anbefalt grenseverdi (110 %) ble ikke observert. I 95 % av tiden i overvåkingsperioden var gassmetningen under 102 %, 75 % av tiden under 101 %, 50 % av tiden (medianverdi) under 100 %, 25 % av tiden under 99 % og 5 % av tiden under 97 % TGP (**Tabell 8**).

Nedenfor Eivindstad kraftverk var gassmetningen noe høyere, og den varierte her mellom 97 % og 106 % (**Figur 13**). Det ble observert et par relativt kortvarige gassmetningstopper i løpet av oktober og november, men det ble ikke det observert målinger over anbefalt grenseverdi. I 95 % av tiden i overvåkingsperioden var gassmetningen under 102 %, 75 % av tiden under 101 %, 50 % av tiden (medianverdi) under 101 %, 25 % av tiden under 100 % og 5 % av tiden var vannet undermettet under 99 % (**Tabell 8**).



Figur 13. Gassmetning (TGP) i prosent ved stasjonen ovenfor Eivindstad Kraftverk (blå linje) og nedenfor Eivindstad Kraftverk (rød linje) i overvåkingsperioden 10.06.2016 – 31.12.2016.

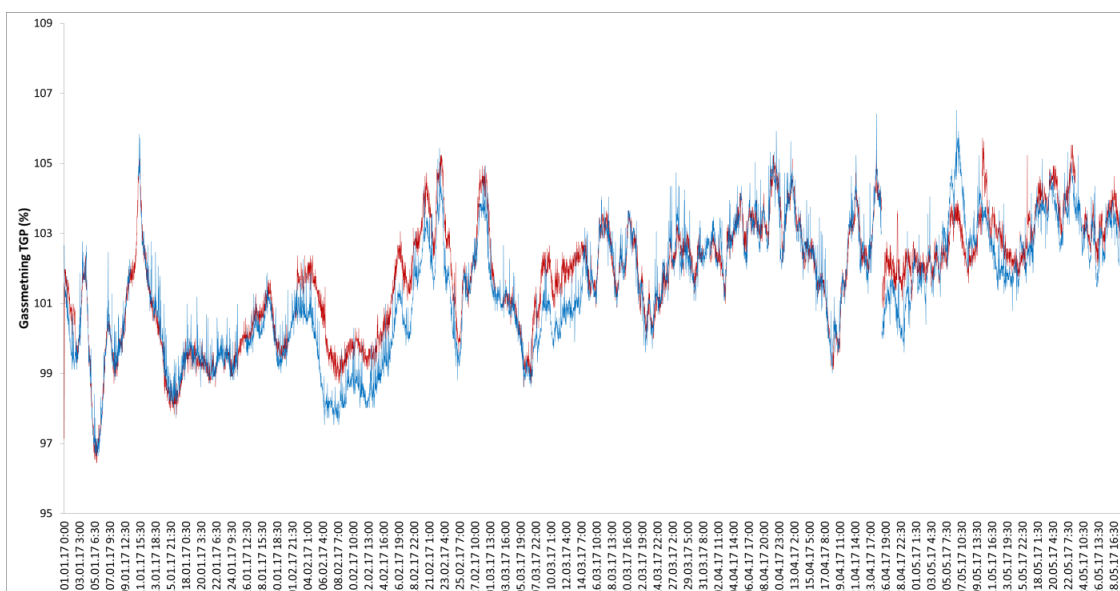
Tabell 8. Varighet av gassmetning i 2016. Persentil representerer tiden i prosent med gassmetningsverdier under tallet i samme rad.

Persentil	Gassmetning ovf. Eivindstad (% TGP)	Gassmetning ndf. Eivindstad (% TGP)
95	102	102
75	101	101
50	100	101
25	99	100
5	97	99

4.5.2 Gassmetning i 2017

I overvåkingsperioden mellom januar og juni 2017 varierte gassmetningen oppstrøms Eivindstad kraftverk mellom 96 % og 106 % TGP (**Figur 14**). Medianverdien i denne perioden var 102 % TGP. Gassmetningstopper over anbefalt grenseverdi (110 %) ble heller ikke observert i denne perioden. I 95 % av tiden lå gassmetningen under 104 %, 75 % av tiden under 103 %, 50 % av tiden (medianverdi) under 102 %, 25 % av tiden under 100 % og 5 % av tiden under 99 % TGP (**Tabell 9**).

Nedenfor Eivindstad Kraftverk varierte gassmetningen mellom 97 % og 107 % TGP (**Figur 14**). Medianverdien nedenfor kraftverket var i denne perioden lik som på stasjonen ovenfor kraftverket (102 %). Generelt var verdiene i hele perioden veldig like verdiene som ble observert ovenfor Eivindstad Kraftverk, og det ble ikke observert noen gassmetningstopper over anbefalt grenseverdi. I 95 % av tiden lå gassmetningen under 104 %, 75 % av tiden under 103 %, 50 % av tiden (medianverdi) under 102 %, 25 % av tiden under 101 % og 5 % av tiden under 99 % TGP (**Tabell 9**).



Figur 14. Gassmetning (TGP) i prosent ved stasjonen ovenfor Eivindstad Kraftverk (blå linje) og nedenfor Eivindstad Kraftverk (rød linje) i overvåkingsperioden fra januar til juni 2017.

Tabell 9. Varighet av gassmetning i 2017. Persentil representerer tiden i prosent med gassmetningsverdier under tallet i samme rad.

Persentil	Gassmetning % TGP ovf. Eivindstad	Gassmetning % TGP ndf. Eivindstad
95	104	104
75	103	103
50	102	102
25	100	101
5	99	99

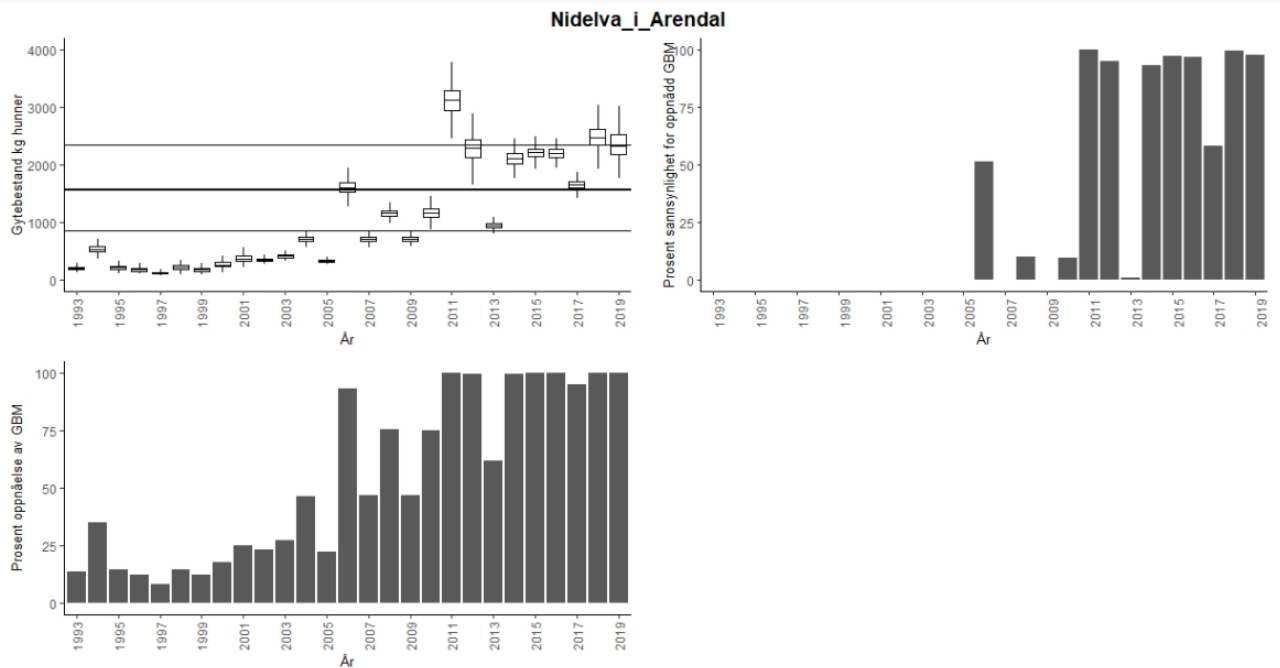
Det er ikke registrert signifikant forskjell i gassovermetning nedenfor og ovenfor Evenstad kraftverk. Maksimum verdi under loggingsperioden var 106 % TDG nedenfor kraftverket og 107 % TDG ovenfor. I gjennomsnitt var gassmetningen rundt 101 % TDG både ovenfor og nedenfor kraftverket. I loggingsperioden har kraftverksdrift ikke ført til gassovermetning. Det ble ikke overvåket gassovermetning ved flomoverløp som også kan være en kilde til gassovermetning hvis dissipasjonsbassenget er dypt. Det er ikke utført undersøkelser av om det er gassovermetning ved Bøylefoss kraftstasjon eller av Rygene kraftstasjon sitt utløp ved Helle. Strekningen fra Helle er et brakkvannspåvirket område som er ca. 4 kilometer langt før overgang til sjø. Det er dokumentert at både laks og aure benytter seg av dette brakkvannsområdet som oppveksthabitat (Bremset & Museth, 2019) og til gyting (Gabrielsen et al. 2012).

5. Status gytebestand av laks og aure

Vitenskapelig råd for lakseforvaltning benytter et modellverktøy for å gjøre en årlig beregning av om gytebestandsmålet (GBM) bl.a. for Nidelva er oppnådd (Anon 2020). I tillegg vurderes vassdraget etter en kvalitetsnorm (vedtatt under Naturmangfoldloven i 2013) som har som mål at laksebestander skal ivaretas og gjenoppbygges til en størrelse og sammensetning som sikrer mangfold av arten og utnytter laksens produksjon og høstningspotensial (ANON 2017). For at en laksebestand skal nå målet om tilstrekkelig god kvalitet, må den ikke være genetisk påvirket av rømt oppdrettslaks eller andre menneskeskapt påvirkninger. Den må ha nok gytefisk (nådd gytebestandsmål) og ha et normalt høstbart overskudd (Anon 2017).

5.1 Gytebestandsmål for laks

Gytebestandsmålet for Nidelva nedenfor Eivindstad dam er modellert til å være 1574 kg hunnlaks (usikkerhet: 852-2361 kg) (www.vitenskapsradet.no). I tillegg er det også beregnet et gytebestandsmål inklusive områdene ovenfor Eivindstad, som er 2014 kg hunnlaks. For 2019 vurderes beskatningsmål som nådd (**Figur 15**). For de siste fem årene er imidlertid gytebestandsoppnåelse og høstbart overskudd vurdert som «Svært dårlig» (**Figur 15**). Gjennomsnittlig sannsynlighet for oppnåelse av gytebestandsmål de fire siste årene ble beregnet til å være 88 %. Høstbart overskudd siste fem år er beregnet til å være 59 % av «normalt overskudd». Premissene for disse beregningene fram til og med 2010, er en antatt beskatningsrate for små-, mellom- og storlaks som er justert i forhold til det faktisk målte i elva. I årene etter 2010 beskatningsraten justert ned, som følge av endringer i fiskereguleringene.



Figur 15. Beregnet gytebestand av hunnlaks (kg) (øverst til venstre), prosent sannsynlig oppnåelse av GBM (øverst til høyre) og prosent oppnåelse av GBM (hentet fra www.vitenskapsradet.no).

5.2 Kvalitetsnorm og genetisk integritet for laks

I kvalitetsnormen for laksebestander for perioden 2010 – 2014, er bestanden i Nidelva vurdert slik: «Oppnåelse av gytebestandsmål og høstningspotensial» vurdert som «Dårlig» i femårsperioden. «Genetisk integritet» vurderes som «Svært god/god» noe som gir en samlet kvalitetsnormvurdering «Dårlig». En ny vurdering av kvalitetsnorm for perioden 2015 – 2019 er under utarbeidelse og ennå ikke publisert.

Mange av bestandene av laks på Sørlandet er reetablert fra å ha vært tilnærmet utdødd før 80-90-tallet, til å ha økende bestander i dag. Reetableringen har blant annet skjedd via utsettinger av «ikke stedegen stamme», innvandring av laks med ukjent opphav og innvandring av rømt oppdrettslaks. Dette gjelder også for Nidelva. Kvalitetsnormen for bestander av villaks bygger på vedtak under naturmangfoldloven (2013). I Lovdata (Hjemmel: Fastsatt ved kgl.res. 20 september 2013) er kvalitetsnormen for villaks definert. Under vedlegg I er delnormen «Genetisk integritet» spesifisert: «*Genetisk integritet vurderes på bakgrunn av artshybridisering, seleksjon og grad av genetisk påvirkning fra oppdrettslaks (målt med genetiske markører). Bestander som er etablert eller reetablert med utgangspunkt i ikke stedegen stamme i løpet av de siste 100 år, skal bare klassifiseres etter vedlegg II (gytebestandsmål og høstningspotensial). Der det er grunnlag for det, kan det også klassifiseres etter elementene artshybridisering og seleksjon jf. vedlegg III).*»

Ifølge denne presiseringen i Lovdata, skal delnorm «genetisk integritet» ikke benyttes for laksebestanden i Nidelva, siden den er under reetablering. Det er likevel gjort en vurdering

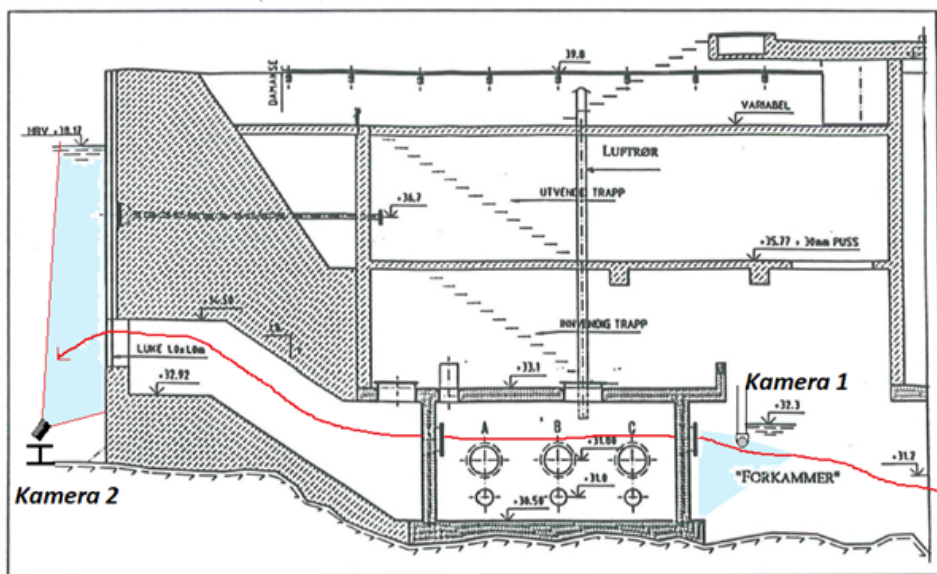
etter denne delnormen i rapporten for kvalitetsnormvurdering fra 2010 til 2014 der genetisk integritet er vurdert som «Svært god/god». Data fra skjellanalyse av sportsfiskefangster og overvåkingsfiske om høsten, tyder på at det har vært en høy andel rømt oppdrettslaks i vassdraget i perioden 1993 til 2018, men med en tydelig lavere andel de siste årene (**Tabell 10**). I perioden fra 2010 til 2014, var gjennomsnittlig andel rømt oppdrettslaks i bestanden beregnet til 13,2 %. De høye andelene rømt oppdrettslaks registrert i fangstene, gjenspeiles også til en viss grad i data fra slusa og videoovervåkingen. På tross av dette får bestanden i Nidelva vurderingen «svært god/god» under delnormen genetisk integritet. Dette paradokset kan skyldes usikkerhet i registreringsmetodene, men også at en stor andel av laksen passerer slusa, der det har vært mulig å sortere ut rømt oppdrettslaks. Dette kan derfor ha redusert den reelle andelen rømt oppdrettslaks i gytebestanden, noe som dermed gir god beregnet genetisk integritet i DNA-analysene fra 2010 til 2014. I femårsperioden fra 2014 til 2018 er estimert andel rømt oppdrettslaks i Nidelva redusert til gjennomsnittlig 3,5 % (**Tabell 10**). Dette er nok også et resultat av at antall vill laks har økt. På den annen side er det også sannsynlig at bestanden av laks i Nidelva ikke ennå har en genetisk sammensetning som er tilpasset det lokale elvemiljøet og eventuelle spesialtilpasninger som er viktige for normal produksjon. Det er relevant å ta med denne betenkningen både når en skal evaluere bestandsutvikling og når det gjelder vandringsatferd. Effekter av vassdragsreguleringen kan påvirke både bestandsutvikling og vandringsatferd, men dette bør ses i lys av en uavklart genetisk sammensetning i en bestand under reetablering.

Tabell 10. Antall laks fanget og andel rømt oppdrettslaks registrert i fangster i Nidelva fra 1993 til 2018. I siste kolonne er overvåkingsdataene korrigert for kjente feil i metodene.

År	N sport	% sport	N høst	% høst	% brukt
1993					9,5
1994					9,5
1995			47	47,0	9,5
1996	24	29,0	43	48,0	29,2
1997			48	54,0	11,0
1998	54	37,0	110	58,0	37,0
1999	39	28,0	213	41,0	28,0
2000	62	29,0	208	31,0	29,0
2001	123	20,0	224	23,0	20,0
2002	65	26,0	13	62,0	26,0
2003			6	67,0	19,0
2004	49	12,0	96	18,0	12,0
2005	77	0,0	103	3,0	0,0
2006	233	11,0	208	10,0	10,7
2007	113	23,0	97	19,0	23,0
2008	164	12,0	101	22,0	12,2
2009	121	13,0	131	13,0	13,2
2010	171	23,4	25	24,0	23,4
2011	103	14,6			14,6
2012	96	6,3	49	14,3	6,3
2013	109	3,7			
2014	212	8,5			8,5
2015	86	2,3	78	3,8	2,3
2016	93	1,0	34	0,0	1,1
2017	112	4,0	30	0,0	3,6
2018	160	2,0	43	0,0	1,9
gj.snitt 93-18	107,9	14,6	90,8	26,6	14,4
sd	55,1	11,1	69,7	22,0	10,2
N	21	21	21	21	25
gj.snitt 14-18	132,6	3,6	46,3	1,0	3,5
sd	53,0	3,0	21,9	1,9	2,9
N	5	5	4	4	5

5.3 Bestandsovervåking av laks og aure, test av metoder

Bestanden av laks og aure i Nidelva er overvåket i ei fiskesluse i Rygene dam, og gjennom fangststatistikk helt siden slusa åpnet i 1991. I forbindelse med bygging av ny dam på Rygene i 1991 ble det også bygd ny fisketrapp, og det ble det i tillegg laget ei fiskesluse i dammen (Matzow og Simonsen 1992). Slusa var en nødvendig innretning for å få laks og sjøørret forbi dammen siden fisketrappa ikke gikk helt opp til vannspeilet ovenfor dammen. Den ble manøvrert manuelt, vanligvis to ganger om dagen i oppvandrings sesongen, fra slutten av mai til oktober. I denne manuelle operasjonen ble fisken, som ble sluset gjennom dammen, registrert. Det ble skilt mellom laks og sjøørret, og kroppslengde ble estimert. Registreringen ble gjennomført ved visuell observasjon gjennom vinduer i det øverste slusekammeret. Sikten i vannet var ikke alltid tilstrekkelig god for å gi sikre tellinger av fisk, men det ble antatt at det ikke var store avvik fra den reelle oppvandringen. For å teste hvor nøyaktig de manuelle registreringene i slusa var, ble det gjennomført et videoovervåkingsprosjekt i 2017. Et kamera ble plassert utenfor åpningen der fisken svømte ut av slusa, på oversiden av dammen (**Figur 16**). Fisken som passerte gjennom slusa og ut på oversiden av dammen, ble avbildet og registrert (**Figur 17**).



Figur 16. Tverrsnitt av fiskeslusa i Rygene dam i Arendalsvassdraget (hentet fra Matzow og Simonsen 1992) med inntegnet kameraplassering i 2017.

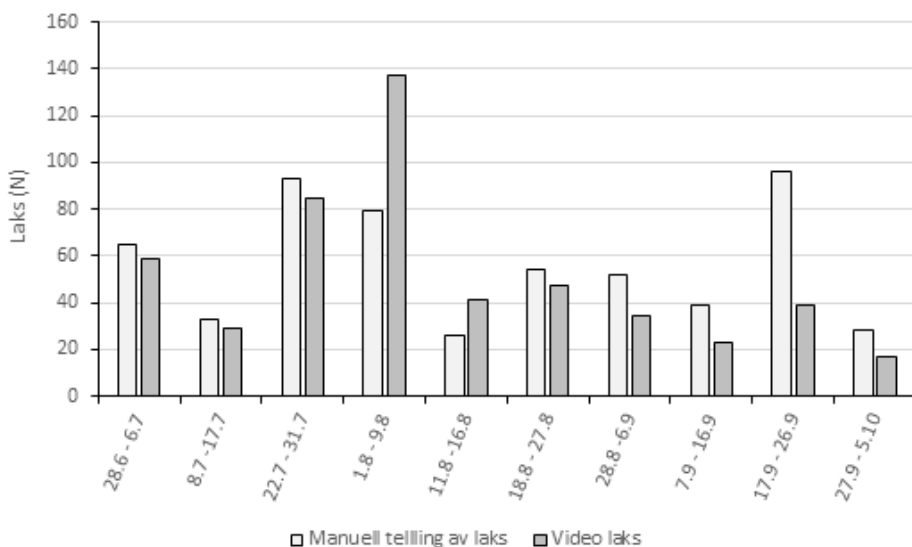


Figur 17. Laks som passerer ut sluseåpningen i dammen, på vei opp i vassdraget i Rygene dam i Arendalsvassdraget i 2017.

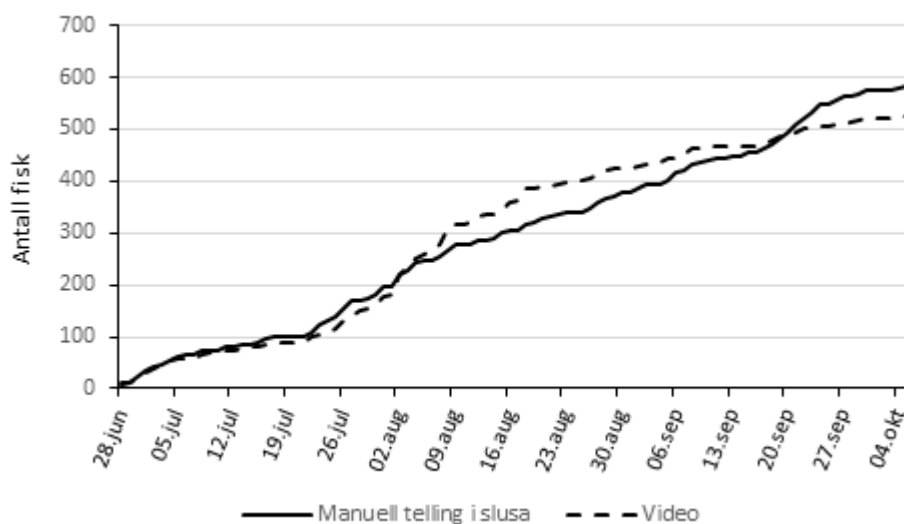
Kontrollen av den manuelle slusinga av fisk ble gjennomført i perioden 28. juni til 5. oktober 2017. På grunn av grumset vann i perioder, ga videoovervåkingen trolig minimumstall dette året, men disse periodene var så få, at totalresultatene ligger sannsynligvis tett opp til den reelle oppvandringen. Totalt ble det funnet 583 fisk (laks og sjøørret samlet) i den manuelle sluseregistreringen, mens videoovervåkingen ga 526 fisk. Avviket på 10,8 % skyldtes trolig at det var vanskelig å alltid verifisere at fisken passerte ut av slusa mens den stod åpen. Når den ble lukket kunne fisk stå igjen til neste registrering, og tallet ble for høyt. Motsatt kan det passere fisk ut av slusa, som ikke blir registrert. På tross av denne variasjonen, er det samsvar mellom de to metodene (**Figur 18**).

For laks var avviket for hele perioden 10,6 % med flest registrert i slusa. For sjøørret var avviket større, men antallet sjøørreter er lavt (ca. 3 % av all passerende fisk var aure) og individene dessuten små og dermed vanskeligere å observere i slusekammeret. De to metodene ga imidlertid et tilnærmet likt oppvandringsforløp for fisken (**Figur 19**).

Konklusjonen fra sammenligningen av de to metodene, er at den observerte variasjonen ikke var så stor at data fra slusa ikke kan benyttes for å beskrive bestandsutviklingen. Det er tatt et forbehold om at presisjonen i slusedataene kan variere med de personene som drifter slusa. Siden det er flere forskjellige personer som har vært involvert i driften i årene fra 1991 til 2017, kan usikkerheten i registreringene i slusa variere noe mellom år. Likevel er det sannsynlig at data hentet fra slusa, gir et riktig bilde av bestandsutviklingen.



Figur 18. Sammenligning av to metoder for registrering av laks i fiskeslusa i Rygene dam i 2017. Det er summert data fra 10-dagers perioder gjennom sesongen.



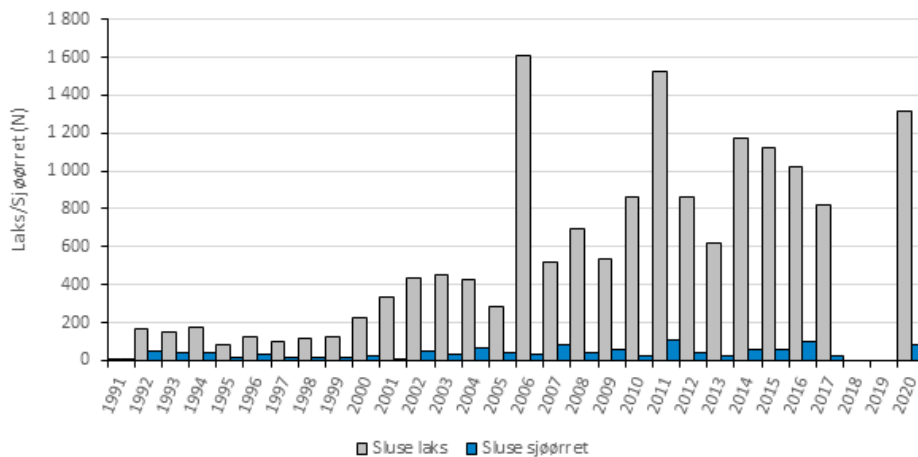
Figur 19. Kumulativ oppvandrings av laks og aure registrert ved manuell telling i slusa og ved bruk av videoovervåking i dammen i Rygene i 2017.

5.4 Bestandsutvikling fra 1991 til 2020

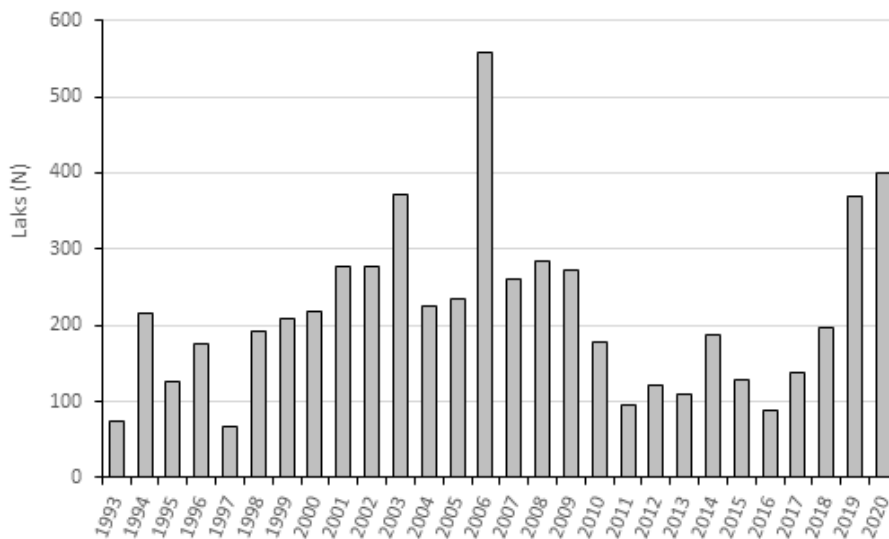
5.4.1 Innsig av laks

Antall individer i laksebestanden i Nidelva har økt i hele den overvåkede perioden fra 1991 til 2020, når en måler bestandsutvikling med data fra slusa (**Figur 20**). En annen måte å vurdere bestandsutvikling på, kan være å benytte fangststatistikk. Det finnes fangststatistikk fra ulike tidsperioder i historien fra Nidelva, også tilbake til 1800-tallet, men det er først fra 1993 at en regner fangststatistikk fra norske elver er samlet inn systematisk likt. Benytter vi denne nyeste statistikken, ser vi et annet forløp enn det som ble registrert i slusa i samme periode (**Figur 21**). Fangstregler, variasjon i tidsforløp for innsiget av laks og fiskeforhold påvirker imidlertid

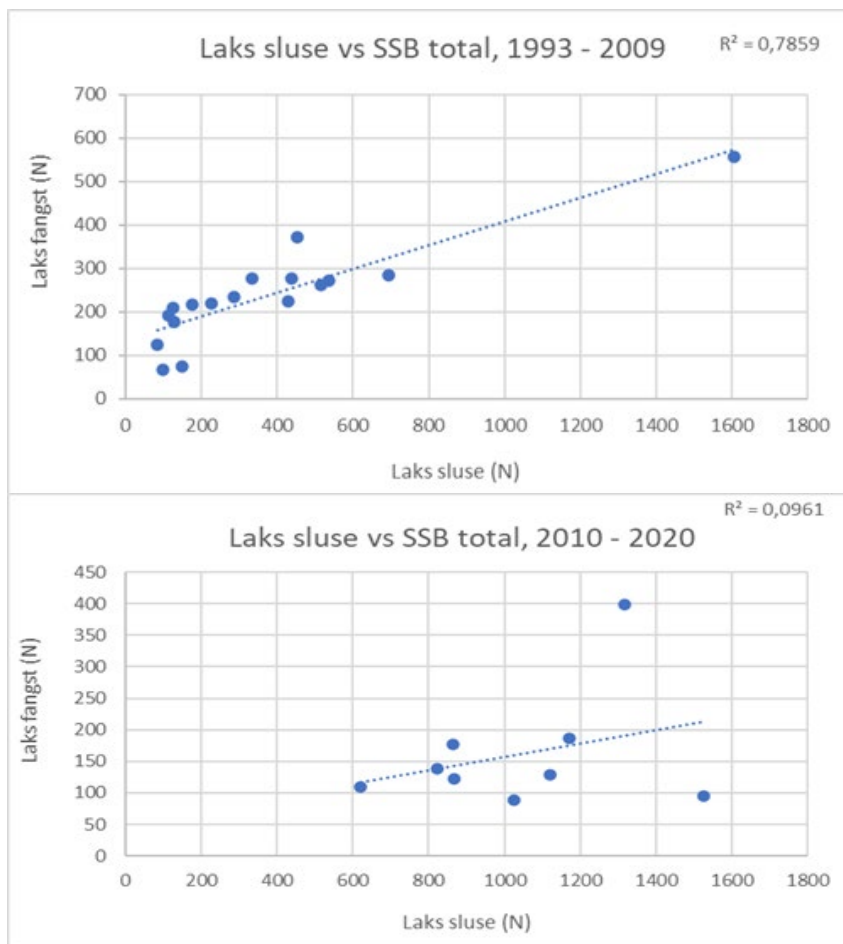
fangstraten (andel laks som fanges av det reelle innsiget) og dermed statistikken, også etter 1993. Fangst er derfor en uegnet målenhet for måling av bestandsutvikling av laks i Nidelva i perioden fra 1993 – 2020. Dette kommer fram ved sammenligning av slusedata og fangstdata fra 1993 til 2009, en periode med få fangstbergensende regler, med perioden fra 2010 til 2020, en periode med innført gytebestandsmål og generelt flere beskatningsregulerende tiltak (**Figur 22**). I den første perioden er det tydelig samsvar mellom innsig og beskatning, mens i den siste perioden er det ingen tydelig sammenheng. Variasjon i beregnet fangstrate viser også en sannsynlig effekt av endrede fangstregler. I perioden før 2010 var beregnet beskatningsrate av totalinnsiget høyere, enn i perioden etter (**Figur 23**).



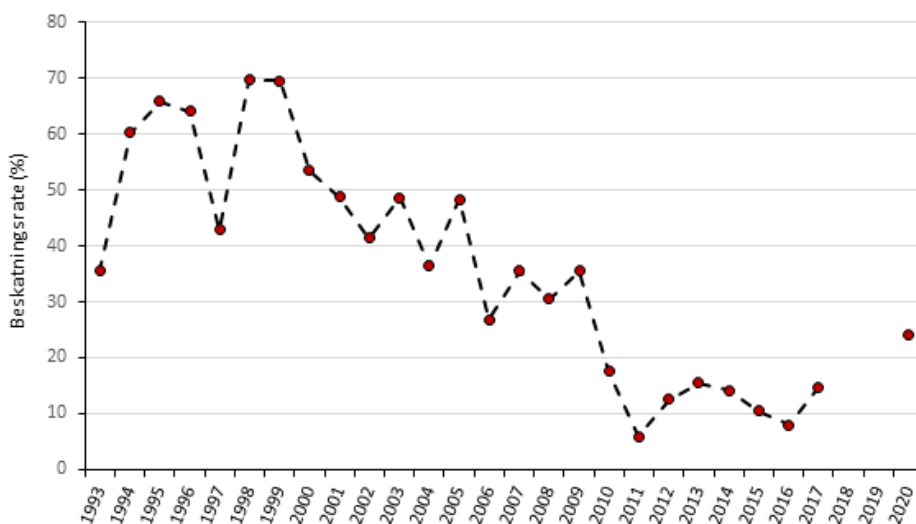
Figur 20. Antall laks og sjøørret registrert i fiskeslusa i perioden fra 1991 til 2020.



Figur 21. Fangst av laks (hentet fra www.ssb.no) i Nidelva i årene fra 1993 til 2020.

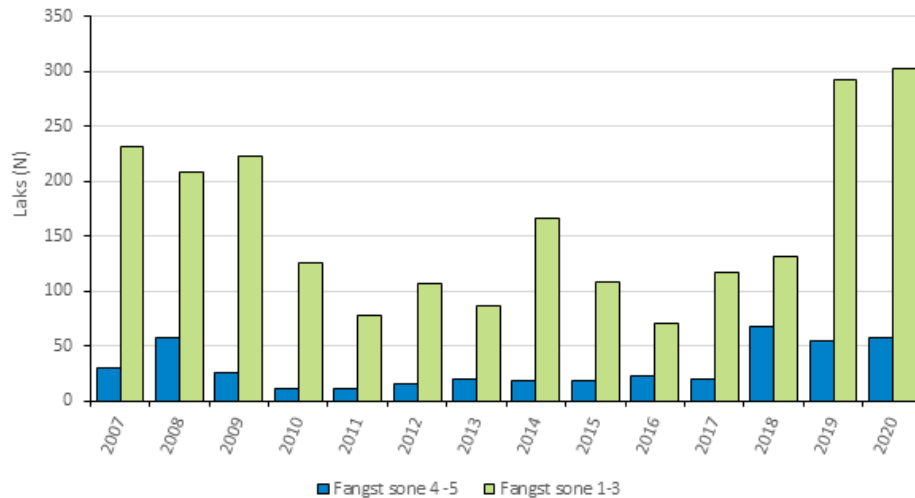


Figur 22. Øverst: Plot av samvariasjon mellom antall laks registrert i slusa og antall laks registrert i fangstene i overvåkingsperioden fra 1993 til 2009. Nederst: Plot av samvariasjon mellom antall laks registrert i slusa og antall laks registrert i fangstene i overvåkingsperioden fra 2010 til 2020.

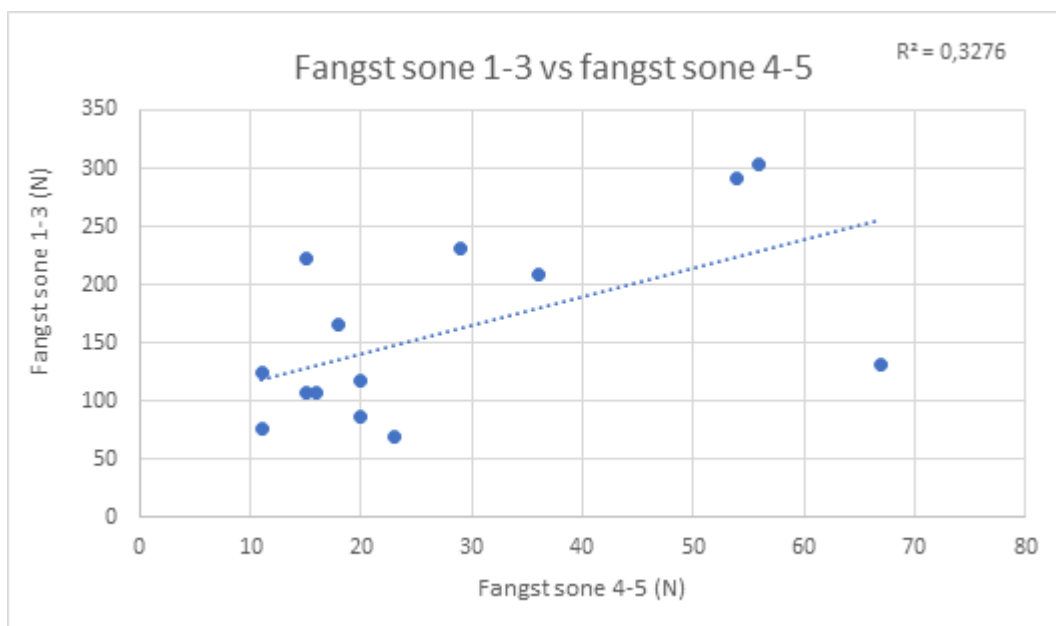


Figur 23. Total beskatningsrate beregnet fra innsiget av laks og totalfangst i Nidelva fra 1993 til 2020. Innsiget er summen av laks i slusa og fangst nedenfor slusa. I beregningene mangler gytebestanden i sone 1-3.

Et annet problem med fangststatistikken fra 1993 til 2020, er at det ikke foreligger fangstdata før 2007 som skiller mellom fangst i Nidelva ovenfor og nedenfor slusa. En del av laksen som passerer slusa, blir fanget ovenfor i sone 4 og 5. Dette er målt i årene fra og med 2007 og frem til i dag (**Figur 24**). I disse årene er det en positiv samvariasjon i fangst, mellom de to områdene av Nidelva (**Figur 25**).



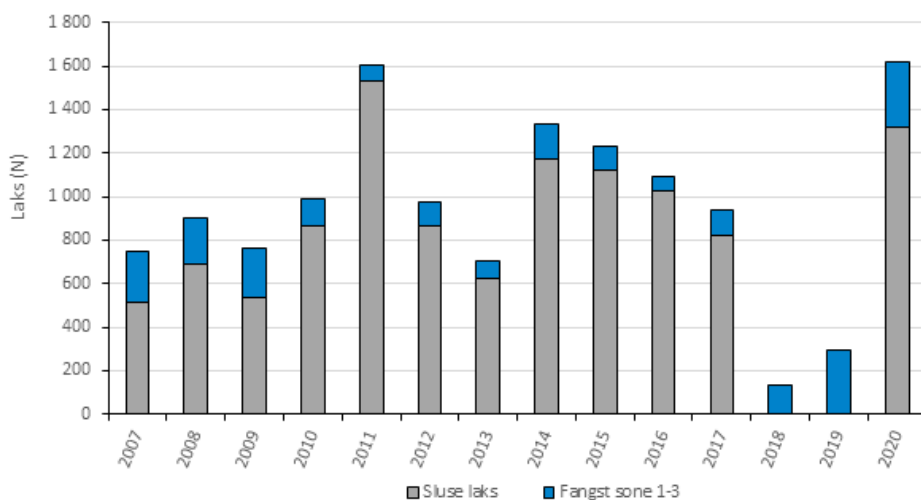
Figur 24. Fangst av laks i Nidelva i de årene det er skilt mellom fangst nedenfor slusa (sone 1-3) og fangst ovenfor slusa (sone 4 og 5).



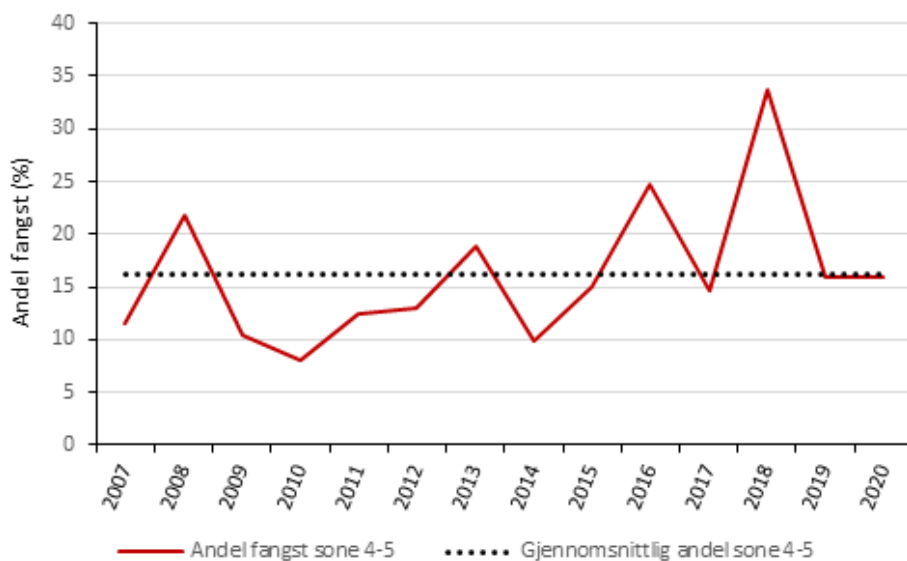
Figur 25. Plot av samvariasjon mellom antall laks registrert i fangstene i Nidelva nedenfor slusa og ovenfor i årene 2007 til 2020.

En ønsket og mer presis måte å beskrive bestandsutviklingen i Nidelva, er å måle totalinnsiget til vassdraget. Dette er en parameter som består av tre dataserier: 1) Fangst (avlivet) laks nedenfor slusa, pluss 2) gytebestanden på strekningen nedenfor slusa og pluss 3) antall laks registrert i slusa. I dette regnestykket kjenner vi antall laks i slusa for hele perioden (unntatt i 2018 og 2019), vi har fangstdata for sone 1 til 3 (nedenfor slusa), men vi kjenner ikke antall

gytelaks i sonene nedenfor slusa (sone 1 til 3). Etter rivning av tersklene i 2007, er det sannsynlig at gytebestanden av laks i denne delen av vassdraget etter hvert har økt. Det nærmeste vi kommer å beskrive totalt innsig er derfor summen av laks i slusa og fangsten (avlivet) nedenfor slusa i de årene der fangstregistreringen skiller mellom fangst i de ulike sonene av elva (**Figur 26**). Forholdet mellom fangst i sone 1-3 og sone 4-5 i årene fra 2007 til 2020 er relativt stabilt, der gjennomsnittlig andel av totalfangst av laks i sone 4-5 er 16,1 % (sd=6,83 og n=14) (**Figur 27**). I beregningen som inneholder totalinnsiget i denne rapporten, har vi for årene før 2007 (før det ble skilt mellom fangst ovenfor og nedenfor slusa) antatt at andelen fangst i sone 4 og 5 har vært gjennomsnittlig 16,1 %.

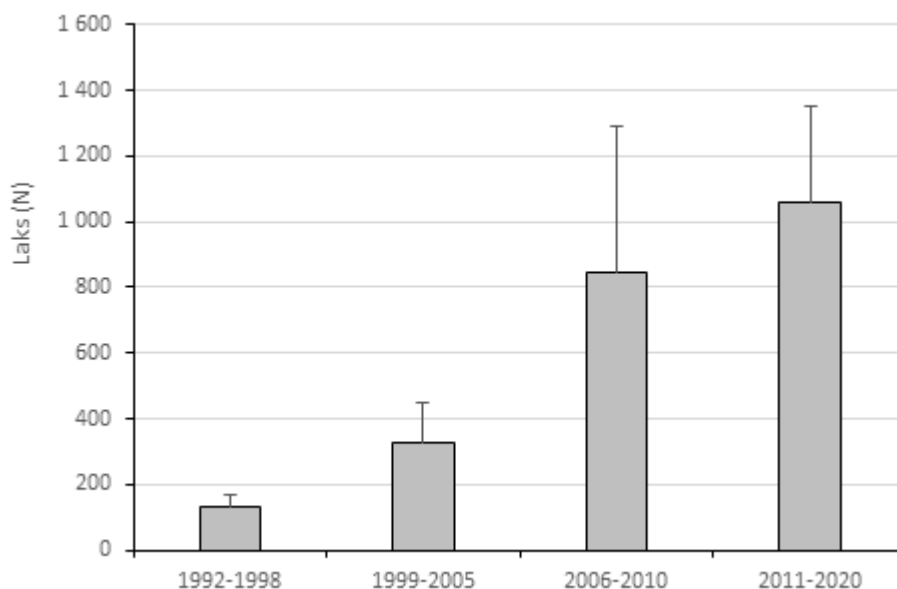


Figur 26. Samlet innsig av laks til Nidelva i årene 2007 til 2020 (antall laks i slusa mangler for 2018 og 2019). I tillegg burde vi hatt med gytebestanden av laks i sone 1 til 3, men dette antall er ikke kjent.



Figur 27. Andel (%) laks som fanges i sone 4 og 5, ovenfor Rygene dam, i forhold til totalfangst i Nidelva i årene 2007 til 2020.

Bestanden av laks i Nidelva, både målt som innsig i slusa og målt som totalinnsig til hele vassdraget har, som nevnt, økt i hele overvåkingsperioden. Men denne økningen ser ut til å ha forløpt trinnvis (**Figur 28**). Det kan være ulike grunner til dette, men en viktig faktor er trolig bedring i vannkvaliteten i vassdraget. I de første årene etter at slusa og den nye trappa er satt i drift, er det naturlig at bestanden gradvis bygger seg opp. Dette skjer fordi det blir flere gytelaks ovenfor Rygene dam, noe som skyldes bedre vandringsveier for laksen. Denne gradvise oppbygningen gjenspeiles i forskjellen i antall laks registrert i slusa i perioden 1992-1998 (gjennomsnittlig 132 laks), og perioden fra 1999-2005 (gjennomsnittlig 327 laks) (**Figur 28**). Etter 2005 øker antallet laks i slusa med nesten 4 ganger, til gjennomsnittlig 843 laks registrert i slusa i perioden fra 2006 til 2010 (**Figur 28**). I 2005 ble det startet opp en kalkdoserer i Bøylefoss, øverst på anadrom strekning. Dette fører trolig til en bedret vannkvalitet i den forsurede Nidelva. pH og ANC øker til nivåer som regnes som tilstrekkelig høye for at særlig laksesmolt overlever (**Figur 12**). Allerede i 2005 kan dette ha påvirket smoltoverlevelsen, noe som igjen fører til økt innsig av smålaks i 2006. Etter 2006 og fram til i dag har det også vært en økning i bestanden av laks, men ikke så stor som fram til 2006. I disse 14 årene fram til 2020 er det flere faktorer som kan være årsaken til økningen. I perioden fra 2006 til 2012 ble det lagt ut gjennomsnittlig 182 000 øyerogn i elva ovenfor Eivindstad dam. Denne kultivering kan ha påvirket innsiget allerede fra 2010 og fram til i dag. I tillegg blir stadig større områder i vassdraget ovenfor dammen utviklet til å være mer egnet for oppvekst av laksunger. I dammen på Eivindstad, et tidligere vandringshinder og stoppunkt for anadrom fisk, ble det åpnet fisketrapp i 2009. I årene etter dette er det registrert et økende antall laks som passerer opp til områdene opp til Bøylefoss.



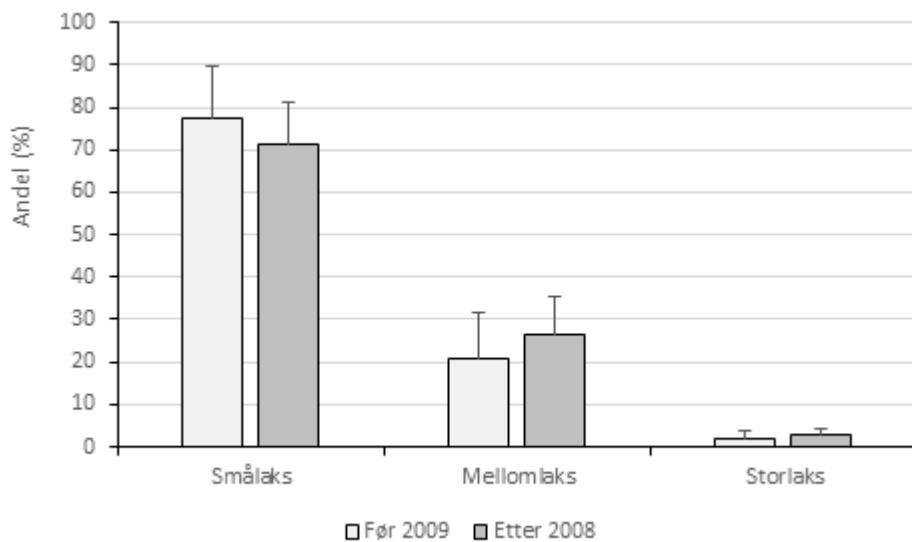
Figur 28. Innsig av laks til fiske-slusa i Rygene dam i Nidelva i årene 1992 til 2020.

5.4.2 Utvandring av smolt og utgytt fisk – betydning for bestandsutvikling

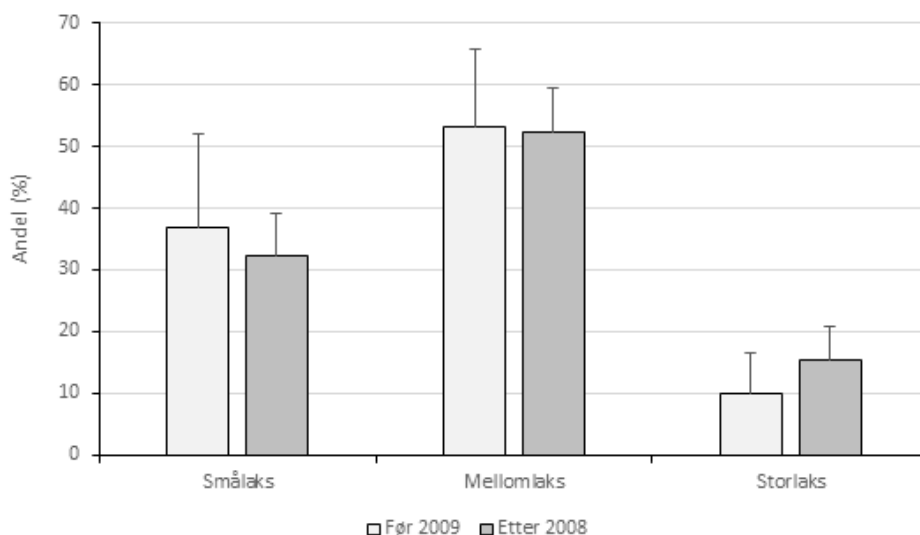
En annen viktig faktor som kan ha vært med på å utvikle bestanden av laks i Nidelva, ovenfor Rygene dam, er sikring av vandringsveiene for utvandrende smolt og vinterstøing på vei ut av vassdraget om våren. I 2008 ble isluka i Rygene dam overvåket ved hjelp av kamerasystem (Lamberg og Strand 2008). Driftspersonell ved kraftverket kunne følge med på videobildene og åpne isluka når det samlet seg vinterstøing av laks foran isluka. De store individene (mellom laks og storlaks) hadde ikke mulighet for passere dammen, i situasjoner det ikke var overløp. Isluka er plassert like ved kraftverksinntaket, der alt vann passerer, når det ikke er åpne luker. I 2008 ble det registrert utvandrende vinterstøinger av laks i april. Senere, i mai, ble det registrert utvandrende smolt når luka ble åpnet (lagt ned). Isluka hadde tidligere blitt brukt for å sluse ut is som hopet seg opp ved kraftverksinntaket, og det er ikke kjent om vinterstøingene kan ha kommet seg ut ved slike hendelser, eller hvor vanlig slike hendelser var.

I årene som fulgte, ble isluka i økende grad brukt for å slippe ut vinterstøinger og smolt over dammen (Haraldstad 2013 og 2014). I 2013/2014 var isluka åpen også om høsten og vinteren. I enkelt år er det dokumentert at vinterstøinger har blitt sluppet ut en åpen isluke: I 2011 147 individer, i 2013, 170 individer og i 2014, 46 individer. I elver der det er benyttet videoovervåking hele året er det registrert nedvandrende utgytt laks i november og desember. Det er særlig hanlaks som vandrer ut tidlig. I Lærdalselva er det i de siste årene benyttet et videosystem som er i drift hele året. Foreløpige tall viser at det vandrer ut utgytt laks i alle måneder fra seint oktober til april neste år (Lamberg m. fl. under bearbeidelse). I andre vassdrag som for eksempel Laukhelle Lakselv, Mandalselva, Flostrandvassdraget og Moelva er det registrert at nærmere 90 % av gytefisken fra året før, vandrer ut våren etter. Ved kraftverksdammer i Namsen og Orkla er det vist at stengte vandringsveier for vinterstøing av laks om høsten og tidlig vår, fører til høy dødelighet for laksen som skal vandre ut. I Nedre Fiskumfoss i Namsen fører trolig stengte vandringsveier til at nesten all utgytt laks dør. Dette er en situasjon som har vært uendret siden 1975 da fisketrappa i dammen i fossen ble åpnet. Selv om det vandrer opp årlig over 2000 laks i trappa Nedre Fiskumfoss de siste årene, er gjennomsnittsstørrelsen på fisken her lavere enn i resten av vassdraget. Data fra overvåkingen og fangststatistikk i vassdraget støtter hypotesen om at stengte vandringsveier for utgytt laks, fører til færre returnerende flergangsgytere. Flergangsgyterne er ofte større enn førstegangsvandrerne. Fravær av laks som har repeterte gytinger kan gi lavere gjennomsnittsstørrelse i den delen av bestanden der vandringsveien for vinterstøinger er stengt eller fører til høy dødelighet (Lamberg m. fl 2021). I Nidelva har vandringsveiene for vinterstøing av laks fra seint på høsten til seint på våren blitt gradvis åpnet siden 2008. Dersom dette har ført til høyere overlevelse og dermed høyere antall flergangsgytere, vil en kunne måle en større andel stor laks i fangstene og i slusa i Nidelva. Fangststatistikken for Nidelva viser en tendens til at det ble fanget en lavere andel smålaks og en høyere andel mellomlaks og storlaks etter 2008 (**Figur 29**). Disse totalfangstene inneholder trolig en stor andel av fisk som skal til de øvre delene av vassdraget. En økning i andel storlaks fra øvre deler, vil derfor trolig også gjenspeiles i totalfangstene. Dersom vi antar at det er en utstrakt lokal

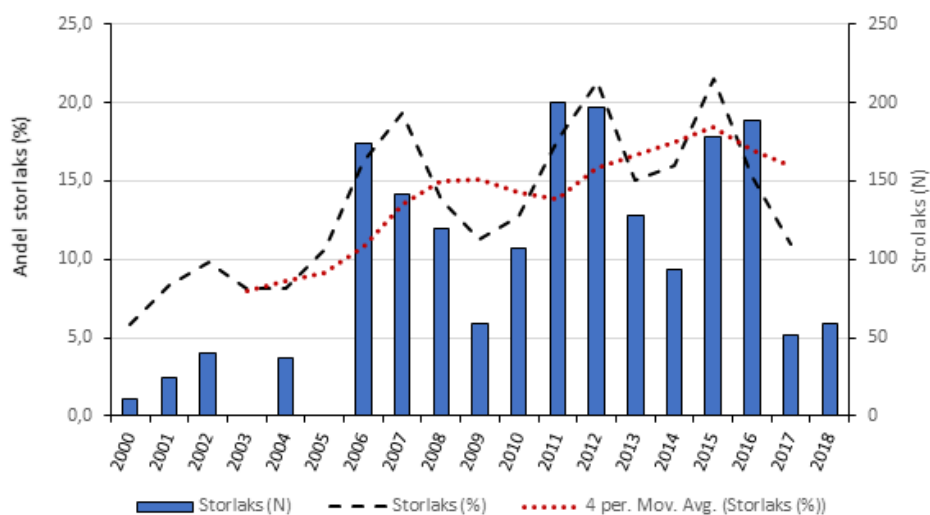
tilbakevandring for laksen som stammer fra områdene ovenfor dammen, så vil data fra slusa kunne vise en tydeligere effekt av høyere vinterstøingoverlevelse etter 2008. Data fra slusa viser en tendens til lavere andel smålaks og høyere andel storlaks etter 2008 (**Figur 30**). Dersom flergangsgyterne domineres av storlaks så skal effekten kunne spores i utviklingen av andelen og antall av denne størrelsesgruppen. I Nidelva øker både andel og antall storlaks etter 2006 (**Figur 31**). Utviklingen i andel storlaks i Nidelva avviker også fra den generelle utviklingen for antall/andel storlaks i stor- og mellomlakselvene i Agder (**Figur 32**).



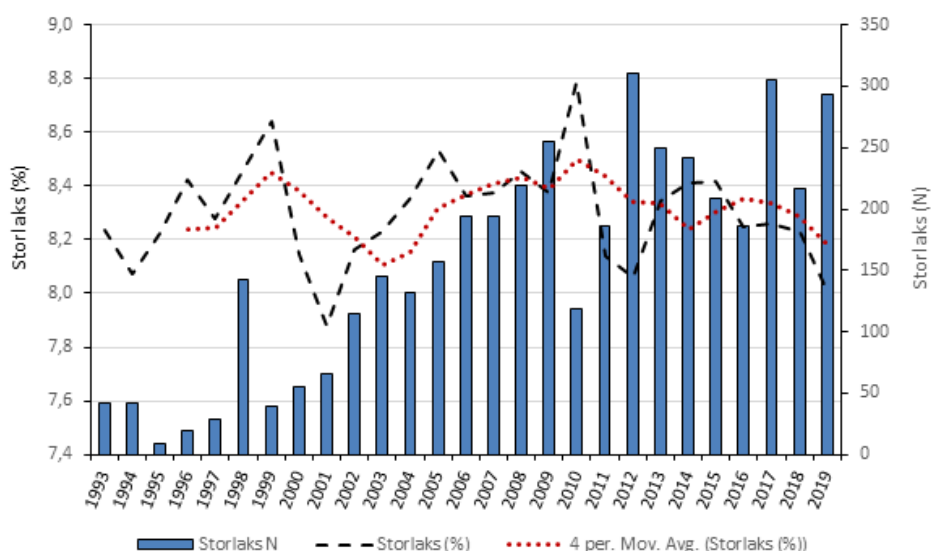
Figur 29. Andel små- mellom- og storlaks i fangstene i Nidelva i årene fra 2008 og bakover, sammenlignet med perioden fra og med 2009 og til i dag.



Figur 30. Andel små- mellom- og storlaks registrert i slusa i Rygene dam i Nidelva i årene fra 2008 og bakover, sammenlignet med perioden fra og med 2009 og til i dag.



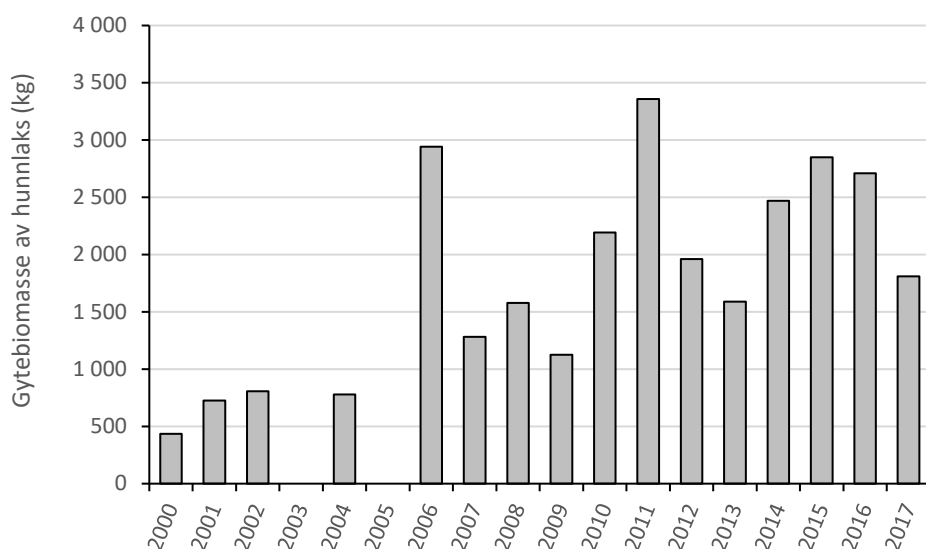
Figur 31. Utviklingen av antall og andel storlaks i innsiget til slusa i Rygene dam i Nidelva i årene fra 2000 til 2018.



Figur 32. Utviklingen av antall og andel storlaks i fangstene i vassdrag med stor- og mellomlaks i Agder i årene fra 1993 til 2019.

5.4.3 Gytebiomasse av hunnlaks og estimert smoltproduksjon

I registreringene i slusa i perioden fra 2000 til 2017 ble størrelsen på den passerende laksens kroppslengde subjektivt vurdert. Størrelsesfordelingen i fangstene avviker fra fordelingen estimert i slusa (**Figur 29** og **Figur 30**). Grunnen til dette er trolig primært at beskatningsraten er høyere for smålaks enn for mellomlaks og storlaks. I innsiget av laks blir derfor en høyere andel av smålaksen avlivet, og det er følgelig i større grad mellom og storlaks som når slusa. Dersom vi benytter størrelsesfordelingen estimert i slusa, og standard kjønnsfordeling (fra VRL) på 10 %, 70 % og 55 % hunnlaks blant henholdsvis små-, mellom- og storlaks kan vi estimere total vekt av hunnlaks i vassdraget ovenfor Rygene dam. Når vi trekker fra fangstene ovenfor så står vi igjen med en årlig total gytebiomasse av hunnlaks som varierer fra 435 kg til 3359 kg i årene 2000 til 2017 (**Figur 33**).

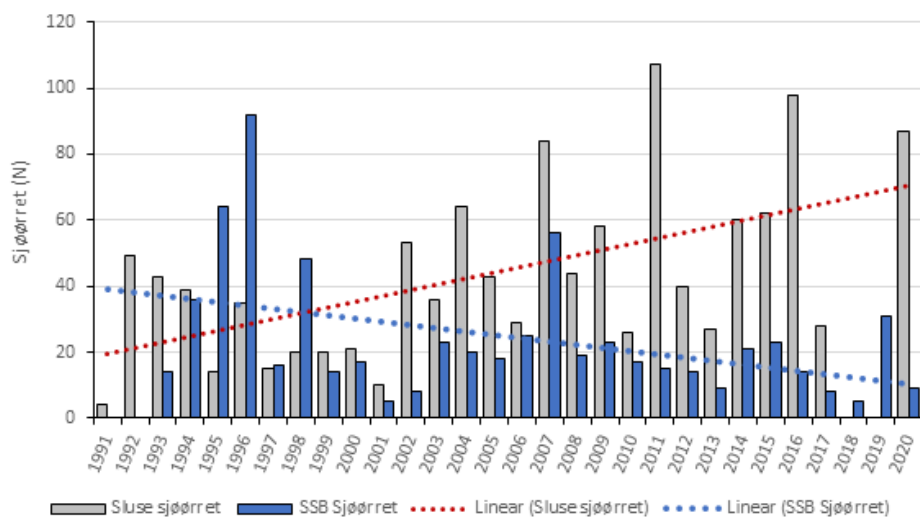


Figur 33. Beregnet gytebiomasse av hunnlaks ovenfor Rygene dam i Nidelva i årene 2000 til 2017.

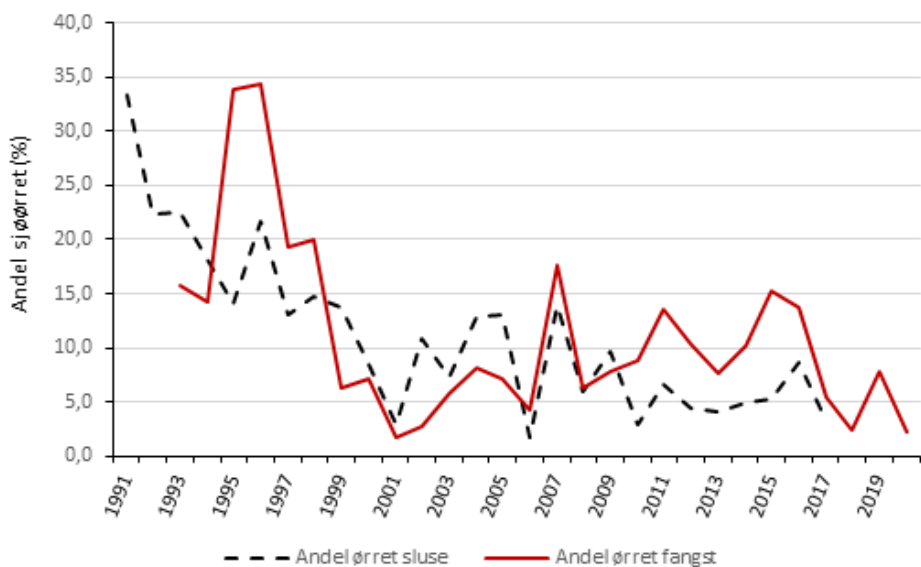
Den registrerte/estimerte smoltproduksjonen i årene 2013-2019 varierte fra ca. 2000 til ca. 5600 individer (**Figur 40**). Dersom det regnes 1450 egg pr. kg hunnlaks og antatt smoltalder på 2 år, var gjennomsnittlig overlevelse fra egg til smolt i Nidelva ovenfor Rygene for gytingene fra 2010 til 2016 0,1 % (SD = 0,04 og n = 7). Det finnes få generelle studier der det er målt overlevelse fra egg til smolt for større vassdrag. I noen tidlige studier i små vassdrag finner man fra 1 % til 7 % (Symons 1979), men i gytebestandsmålmodellene benyttes 3 % som et gjennomsnitt for 2-årig smolt (Hindar m. fl. 2007). For 3-årig smolt brukes tilsvarende 1,5 % og for 4-årig smolt 0,6 %. Dersom gjennomsnittlig smoltalder har vært 2 år i Nidelva i perioden fra 2013 til 2019 (**Figur 40**), ville teoretisk smoltproduksjonen beregnet fra gytebiomasse hunnlaks (**Figur 33**) ovenfor Rygene dam ha vært fra 69 000 til 146 000 smolt.

5.4.4 Aure

Bestandsutviklingen av aure i Nidelva er økende i slusa, men minkende i totalfangstene (**Figur 34**). I slusa har det vært vanskelig å skille mellom stasjonær og anadrom ørret. Det er derfor knyttet unøyaktighet til tellingen her. Det samme gjelder videoovervåking. Fangststatistikken påvirkes av de samme faktorene som for laksen, der fiskeregler og fangsteffektivitet varierer over tid. Det er heller ingen dokumentasjon på hvor presist fiskerne skiller mellom aure med stasjonær og anadrom livshistorie. Andel aure både i slusa og i fangstene i forhold til totalfangst (laks og aure samlet) har gått ned i hele perioden fra 1991 til 2020 (**Figur 35**). Antall aure i slusa, har imidlertid økt i overvåkingsperioden (**Figur 34**). Nedgangen i andel aure skyldes at laksebestanden har økt.



Figur 34. Utviklingen av bestanden av aure, målt i slusa i Rygene dam og i fangststatistikken, i Nidelva i årene 1991 til 2020.



Figur 35. Andel aure (%) av totalt antall oppvandrende laks og aure, beregnet fra registreringer i slusa.

6. Produksjon av ungfisk og smolt

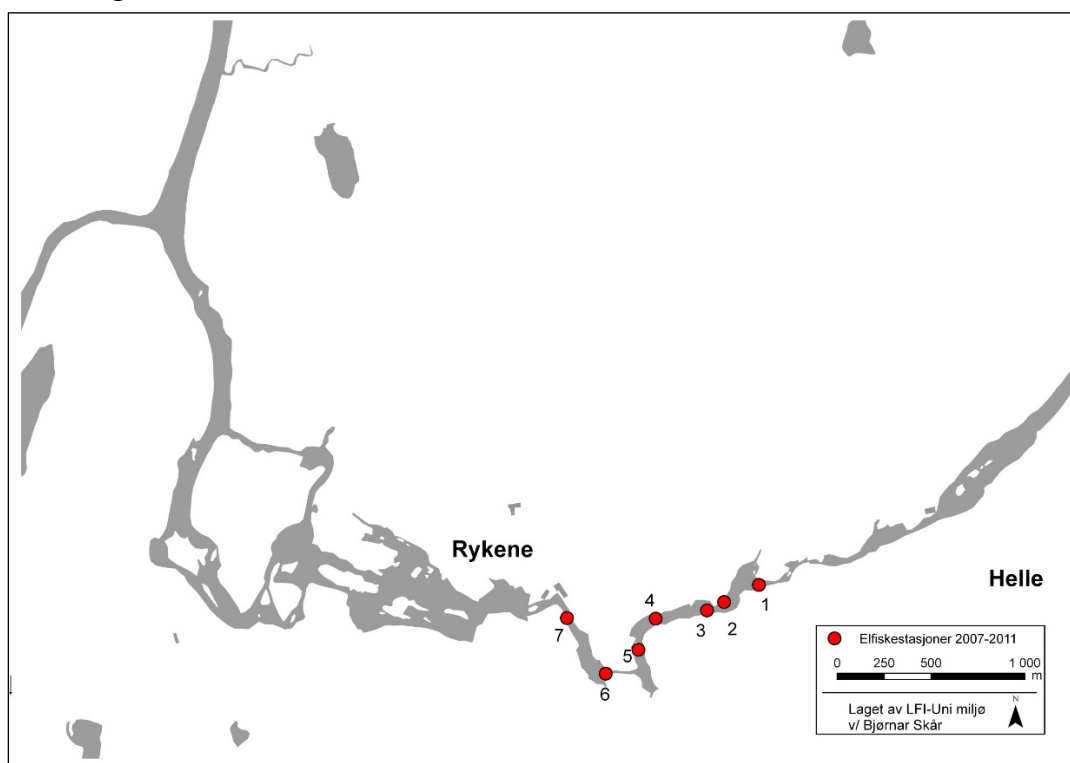
6.1 Overvåking av ungfisk i siden 1996

Nidelva er med i den nasjonale overvåking av kalka vassdrag i Norge, og tettheter av ungfisk er overvåket siden 1996. Resultatene viser at det generelt er svært lite ungfisk av både laks og aure i Nidelva på de ni stasjonene som er med i overvåkingen. Tetthetene av årsunger har variert mye i perioden, mens tetthetene av eldre ungfisk stort sett har vært under 3-4 fisk pr. 100 m² for både laks og aure (Saksgård & Larsen, 2019). Dette tilsvarer svært dårlig tilstand basert på kategorisering av ungfisk i norske vassdrag.

6.2 Tettheter av ungfisk nedstrøms Rykene i perioden 2003-2014

For å undersøke tettheten av ungfisk på strekningen mellom Rykene og Helle, ble det i perioden 2003-2006 gjennomført kvantitativt elektrisk fiske med tre gangers overfiske på hver stasjon i henhold til standard metode beskrevet av Bohlin et al. (1989). Stasjonene ble plassert i tilknytning til de tre grusutleggene (**Tabell 11** og **Figur 36**).

I forbindelse med fjerningen av to terskler i minstevannføringsløpet og etablering av nye gyteområder mellom Rykene dam og Helle i 2007, ble det opprett 4 nye stasjoner på denne strekningen. I perioden 2007-2014 har det derfor blitt gjort undersøkelser av ungfisk på 7 stasjoner nedstrøms Rykene dam, mens det i perioden 2003-2006 var 3 stasjoner på denne strekningen.



Figur 36. Oversikt over stasjoner for elektrisk fiske på strekningen mellom Rykene og Helle i Nidelva i perioden 2003-2014.

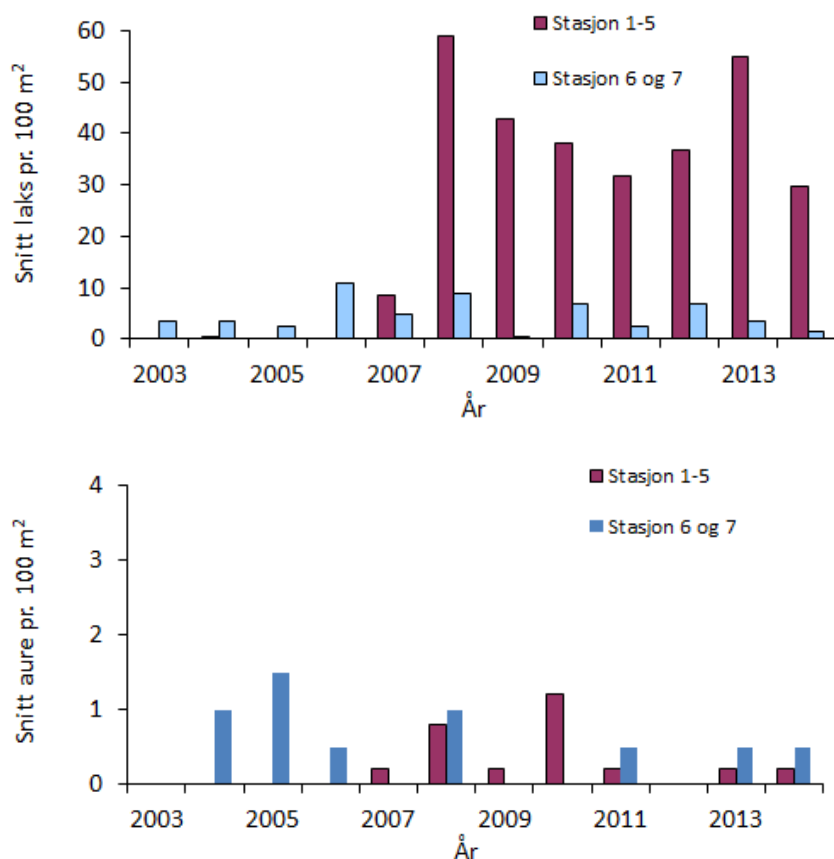
Tabell 11. Oversikt over stasjoner for elektrisk fiske utført i Nidelva i perioden 2003-2020.

Stasjon nr.	Lokalitet/stasjon
1	Ny stasjon (2007)
2	Ny stasjon (2007)
3	Ny stasjon (2007)
4	Ny stasjon (2007)
5	Nedre grusutlegg (Tidligere stasjon 1)
6	Midterste grusutlegg (Tidligere stasjon 2)
7	Øverste grusutlegg (Tidligere stasjon 3)

I perioden før fjerning av tersklene, var tetthetene av laks lave. Tetthetene av laks har vært markant høyere i etterkant (**Figur 37**). På strekningen uten tiltak (stasjonene 6 og 7) er det ingen endring. For auren sitt vedkommende, viser tetthetene ingen positiv respons, og generelt har tetthetene av aure vært svært lave både før og etter tiltaket med å fjerne tersklene (**Figur 37**).

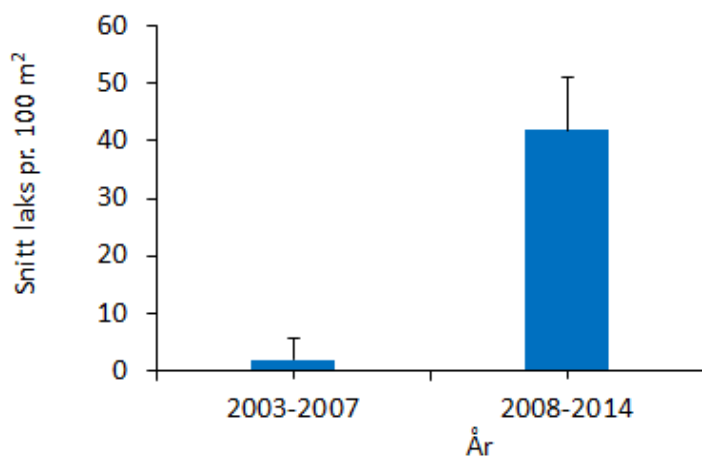


Flyfoto av minstevannføringsløpet mellom Rygene og Helle før (øverste bildet) og etter rivningen av de to tersklene i 2007 (nederste bildet). Flyfotoene er hentet på Finn.no.



Figur 37. Gjennomsnittlig antall laks (øverst) og aure (nederst) fanget på strekningen nedstrøms Rygene i perioden 2003-2014. Stasjonene 6 og 7 ligger oppstrøms strekningen hvor det ble fjernet to terskler i 2007. Legg merke til ulik skala på y-aksene.

Resultatene viser at produksjonen av fisk har økt betydelig på strekningen mellom Rygene og Helle (**Figur 38**). I perioden før tersklene ble fjernet, var tetthetene av laks lave med et årlig snitt på 2 fisk pr. 100 m². I perioden etter har tetthetene av laks vært markant høyere med et tilsvarende snitt på 42 fisk pr. 100 m². Tetthetene av aure er uendret.



Figur 38. Gjennomsnittlig antall laks fanget pr. år på strekningen før og etter habitatjusteringen nedstrøms Rygene i perioden 2003-2014. Det er ikke utført ungfiskundersøkelser siden 2014.

6.3 Elektrisk båtfiske i 2019

Høsten 2019 ble det gjennomført et elektrisk fiske fra båt på til sammen 27 stasjoner i Nidelva (Bremset et al. 2021). Av disse var 17 stasjoner oppstrøms og 10 stasjoner nedstrøms Rygene kraftverk. Det ble registrert lave tettheter av laks, men spesielt av aure. Laks ble stort sett bare registrert i de mer hurtigrennende delene. Sammenlignet med andre vassdrag med tilsvarende undersøkelse, er de klart laveste fangstene av laks og aure registrert i Nidelva. Bremset et al. 2021 skriver at predasjon og konkurranse fra fremmede arter sammen med vassdragsreguleringen, er sannsynlig forklaring på at Nidelva utmerker seg negativt i forhold til de andre vassdragene (Otra, Mandalselva og Tovdalselva) de sjekket på Sørlandet i 2019. De skriver videre at på grunn av den dårlige bestandssituasjonen må vassdraget ses på som et restaureringsobjekt, der en rekke tiltak må gjennomføres for å bygge opp livskraftige bestander av laks og sjøaure. Det ble i tillegg registrert gjedde, abbor, skrubbe, ål, stingsild, ørekyt, sørv, pukkellaks, suter og sik. Det er verdt å merke seg at brakkvannsområdet nedstrøms Helle, er oppvekstområder for ungfisk av både laks og aure.

6.4 Ungfiskens vekst

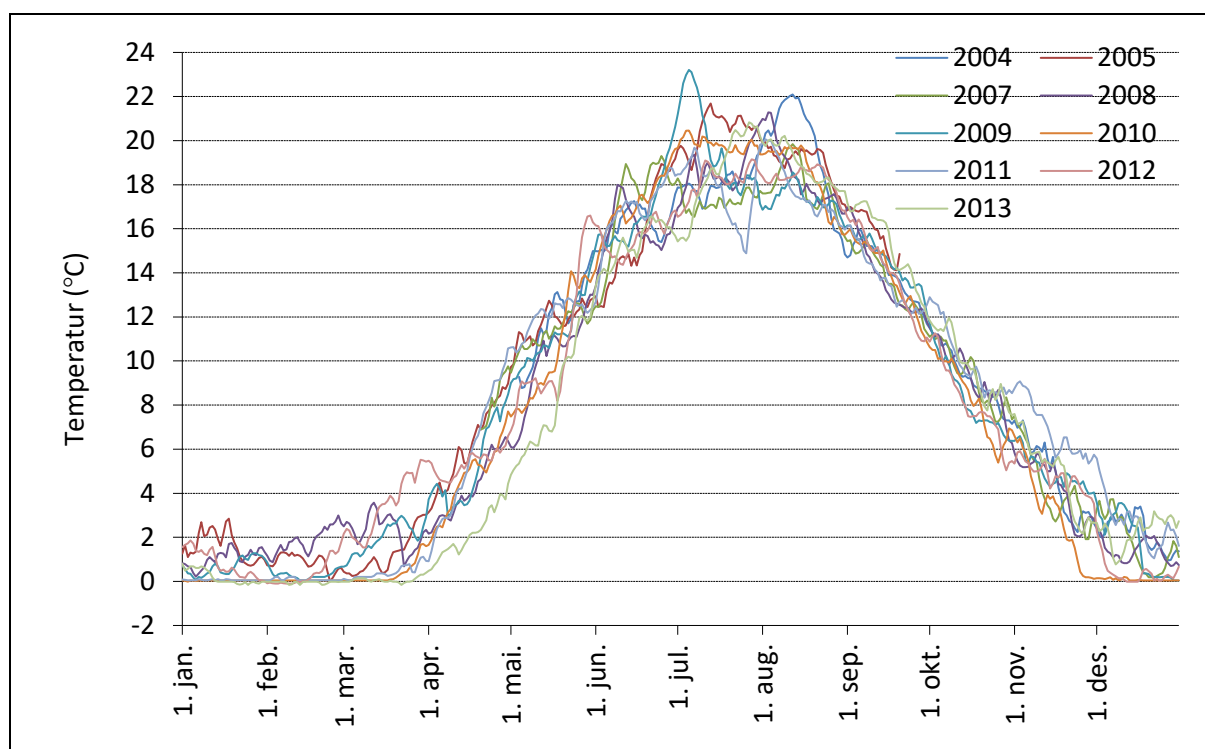
Aldersanalysen viser at det i hovedsak er ensomrig (0+) og tosomrig laks (1+) som er representert i materialet i hele prosjektperioden (**Tabell 12**). I perioden før tersklene ble revet, var gjennomsnittlig størrelse på ensomrig laks ca. 6,7 cm, mens den var 5,6 cm i perioden etter. Tilsvarende analyse av veksten for tosomrig laks, var hhv. 12,1 og 10,1 cm. Dette viser at lakseungene har vokst noe dårligere i perioden etter at tersklene ble fjernet. Dette er trolig et resultat av økt konkurranse grunnet sterkt økende tettheter av lakseunger. Dårligere vekst kan ikke forklares av eventuelle temperaturendringer, se avsnitt **Temperatur**. Det er blitt registrert noen dverghanner i de siste årene. Samtlige av disse har vært firesomrig (3+) laks. Aldersanalysen tilsier at de aller fleste laksene smoltifiserer og vandrer ut som to år gamle smolt. Grunnet redusert vekst, vil andelen treåringer øke.

Tabell 12. Gjennomsnittlig lengde \pm standardavvik for ulike aldersgrupper av laks samlet inn ved elektrisk fiske på stasjonene på strekningen mellom Rygene og Helle i perioden 2003-2014. Antall fisk er gitt i parentes.

År	0+ laks	1+ laks	2+ laks
2003	6,0 \pm 0,7 (21)		
2004	6,5 \pm 1,1 (16)	12,1 \pm 1,9 (6)	
2005	6,1 \pm 1,2 (13)	14,3 \pm -- (1)	14,1 \pm -- (1)
2006	7,5 \pm 0,9 (9)	11,6 \pm 1,4 (11)	14,1 \pm -- (1)
2007	7,2 \pm 0,8 (16)	10,3 \pm 1,9 (32)	15,1 \pm 1,4 (4)
2008	5,9 \pm 0,8 (289)	12,3 \pm 1,3 (23)	14,0 \pm -- (1)
2009	5,8 \pm 0,6 (134)	10,4 \pm 1,3 (81)	
2010	5,6 \pm 0,5 (44)	9,3 \pm 0,9 (28)	11,7 \pm 0,7 (10)
2011	5,6 \pm 0,6 (40)	9,1 \pm 0,9 (34)	11,9 \pm 1,0 (13)
2012	5,7 \pm 0,6 (49)	10,9 \pm 0,5 (13)	15,1 \pm -- (1)
2013	5,0 \pm 0,5 (45)	9,5 \pm 1,0 (28)	13,3 \pm 0,3 (3)
2014	5,7 \pm 0,6 (50)	9,3 \pm 1,1 (15)	12,3 \pm 0,7 (9)

6.5 Temperatur

Vanntemperaturen i minstevannføringsløpet er målt hver andre time siden 2004 fram til 2013 (**Figur 39**). Det synes ikke å være større endringer i temperaturregimet i minstevannføringsløpet i denne perioden. 2013 skiller seg noe ut ved å ha en lavere temperatur på forsommeren og frem til midten av juli.



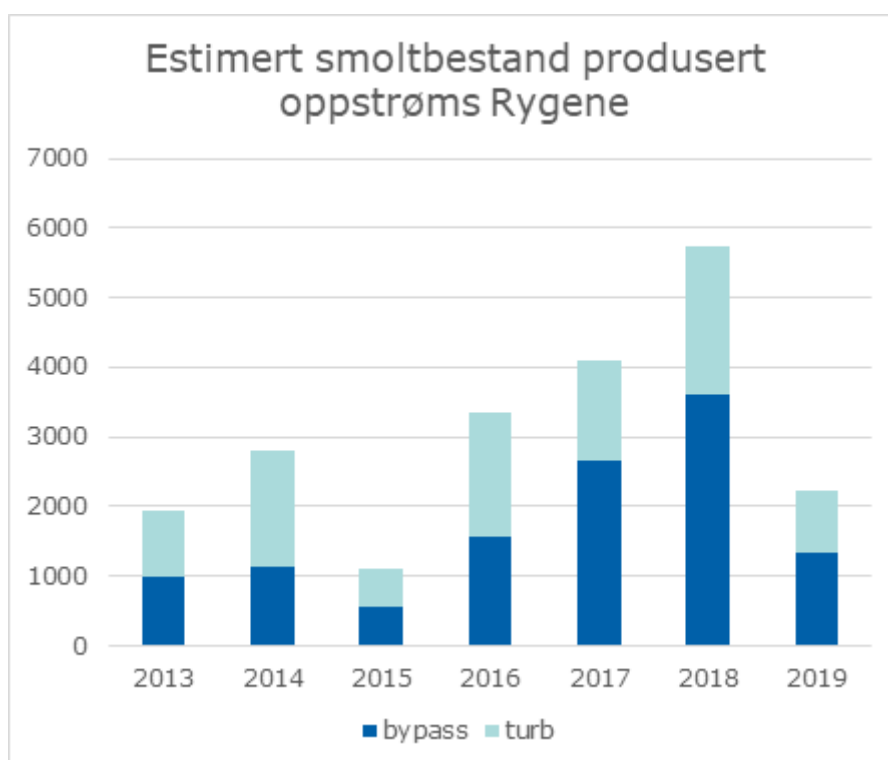
Figur 39. Døgnmiddeltemperatur i de enkelte årene i perioden 2004-2013 i minstevannføringsløpet i Nidelva. I 2006 ble temperaturloggeren tatt av flom.

6.6 Beregnet smoltproduksjon oppstrøms Rygene 2013-2019

Beregninger av produksjonen av smolt oppstrøms Rygene baserer seg på daglig fangst av smolt i Wolf-fella i isluka på Rygene i årene 2013-2019. En andel av smolten vil også vandre gjennom turbininntaket og ikke bli fysisk fanget. Ut fra relativ vannføring i luka (i forhold til vannføring i turbinen) kan vi prediktere hvor stor andel av smolten som benytter denne ruten. Antall smolt per dag er da; smolt som er fysisk fanges i fella pluss antall smolt som benyttet turbinen (Se Haraldstad et al. 2019 for detaljer).

Beregnet smoltproduksjon oppstrøms Rygene har vært på nivået 2000-5500 individer (**Figur 40**). Antall smolt har vært jevnt økende fra oppstart i 2013 til høyest dokumentert i 2018. Kraftverket stoppet midt under smoltutvandringen i 2015 og fangsten ble avsluttet før smoltutvandringen var over. Lav fangst av smolt i 2015 reflekterer derfor ikke en lav smoltbestand dette året. Lav beregnet smoltbestand i 2019 kan skyldes dårlige forhold for parren under den svært varme og tørre sommeren i 2018. Generelt synes smoltproduksjonen oppstrøms Rygene å være betydelig lavere enn hva en kunne forvente ut fra antall gytefisk registrert gjennom slusa samt tilgjengelig gyte og oppvekstareal oppstrøms Rygene. Grunnen til dette er antagelig sammensatt, men forhold som suboptimal vannkjemi og predasjon fra gjedde kan være to medvirkende årsaker til den lave produksjonen av smolt.

Våren 2018 ble det fanget et betydelig antall smolt med en smoltfelle i sidevassdraget Songeelva (n=613). Det er ikke gjort beregninger av fangsteffektiviteten av fella som sto her, men uten å ta høyde for dette, utgjør fangstene i Songelva omtrent 10 % av beregnet smoltbestand ved Rygene dette året. Vi må anta at Songeelva bidrar betydelig til smoltproduksjonen i Nidelva og at doseringskalking av denne fra 2019 ytterligere vil bidra til produksjonen. I tillegg finnes det flere sidevassdrag i Nidelvasystemet som antagelig bidrar til produksjon (**Tabell 13**). Oppstrøms Rygene er Hisåa antagelig viktig. I minstevannføringsløpet nedstrøms Rygene er det dokumentert laksunger i innløpsbekkene til Temse og Kleppebekken. I tillegg er det lagt stor innsats i å hjelpe laksen forbi demningen nederst i Lilleelv. Det ble observert gytelaks i Stampefoss i høsten 2020 (Kjetil Flakke pers med) og vi antar at Lilleelv vil produsere et betydelig antall laksesmolt i fremtiden.



Figur 40. Estimert antall laksesmolt produsert på strekningen oppstrøms Rygene kraftverk i perioden 2013 - 2019. Estimateret er basert på fysisk fangst av smolt i fella i isluka på Rygene (mørk blå) og et estimert antall smolt som benyttet turbinen som utvandringsrute (lys blå).

Tabell 13. Det ble dokumentert laksunger i flere sidebekker til Nidelva under el-fiske i perioden 2016-2019.

Bekk	Arter dokumentert	Metode	År undersøkt
Bekk ved Bøylefoss kraftverk	Aure, gjedde	El-fiske	2014
Songeelva	Laks, aure, gjedde	El-fiske, smoltfelle	2017, 2018, 2019
Hurveevja (Innløpsbekk Horvedalstjenn)	Aure, gjedde	El-fiske	2019
Hisåa	Laks, aure	El-fiske	2018, 2019
Svartevja	Aure, gjedde	El-fiske	2019
Bjørkoselva	Aure	El-fiske	2019
Temsebekken	Laks, aure, gjedde, sørv, abbor, ål	Smoltfelle	2017
Bjørnetrøbekken (Innløpsbekk Temse)	Laks, aure	El-fiske	2016, 2018, 2019
Kleppebekken	Laks, aure	El-fiske	2013, 2019
Rannekleivbekken	Aure	El-fiske	2014
Lillelv	Aure, laks	El-fiske	2018,2020

7. Smoltens overlevelse og vandringshastighet

Smoltstadiet er en kritisk del av laksens livssyklus. Den skal forlate oppvekstområdet i elva og vandre nedstrøms mot elvemunningen og havet. I denne perioden er den svært følsom for dårlig vannkvalitet og er mer eksponert for predatorer. I Nidelva må smolten også manøvrere forbi kraftverksinntak og deler av elva med redusert vannføring. Gjennom flere studier er smoltens overlevelse og vandring i Nidelva undersøkt, både ved bruk av PIT og akustisk telemetri.

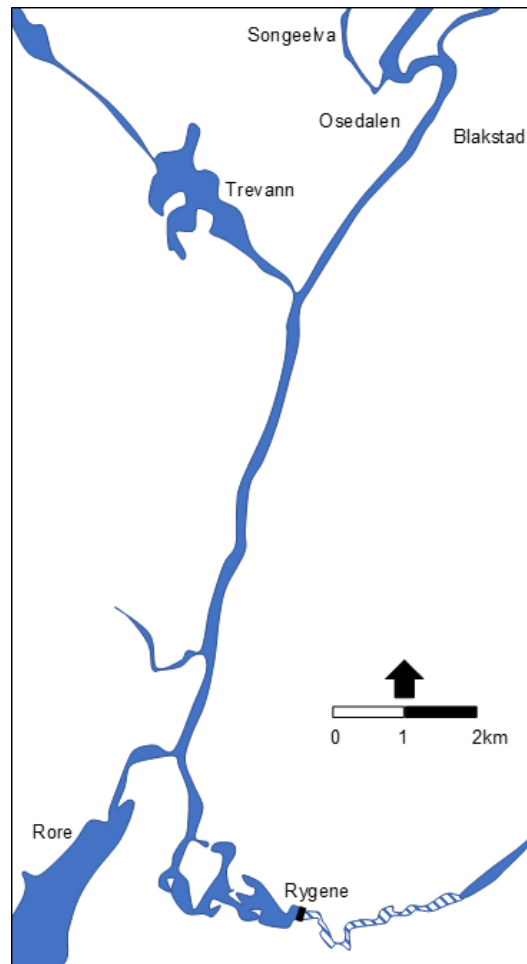
Våren 2019 (02.04-17.04) ble det samlet inn pre-smolt av laks ved el-fiske like før utvandring startet i sideelva Songeelva (**Figur 41**). 72 pre-smolt ble merket med akustiske merker og mottakere ble utplassert langs smoltens utvandningsrute til elvemunningen for å registrere smoltens vandringshastighet og overlevelse i ulike elveavsnitt (Johansen 2020).

Overlevelsen fra Osedalen og ned til Rygene var høy. Av 40 individer var det kun tre som døde på denne strekningen (Johansen 2020). Samtidig beregnes et betydelig tap av smolt på tilsvarende elvestrekning for PIT-merket smolt i 2014 (Haraldstad et al 2014). Overlevelsesberegningene for PIT-merket smolt er noe mer usikre siden disse tar utgangspunkt i en forventet gjenfangst i isluka basert på relativ vannføring, mens akustisk merket smolt blir detektert på flere etterfølgende mottakere langs hele utvandningsruten. Det er likevel sannsynlig at smoltoverlevelsen i vassdraget kan variere mye mellom år. Fra Osedalen ned til Rygene dam (15,33 km) vandret den akustisk merkede smolten med en gjennomsnittlig svømmehastighet på 0.713 fiskelengder pr. sek i 2019, og vandringshastigheten for PIT-merket smolt i 2014 var på liknende nivå (1,20 SD = 1,11 kroppslengder pr. sekund).

Elvestrekningen mellom Osedalen og Rygene er roligflytende med relativt høy tetthet av gjedde også i de tilgrensende innsjøene Rore, Syndle og Trevann. Gjeddene er antagelig den viktigste kilde til tap av smolt mellom Blakstad og Rygene, men ulike forhold, som variasjon i vannføring og siktedyp, kan påvirke hvor stor andel av smolten som blir spist hvert år (Haraldstad et al. 2014).

I 2014 ble det fremsatt en hypotese om at kraftverksdammen og områdene oppstrøms forsinker smolten i sin vandring mot havet, noe som er dokumentert i en rekke andre vassdrag (Marschall et al. 2011). Smolten kan dermed bli eksponert for gjeddepredasjon over lengre tid. Resultatene fra 2019 tyder imidlertid på at smolten vandrer relativt raskt på denne elvestrekningen og oppholder seg relativt kort tid (3,6 timer, SD = 6,9) i inntaksområde til kraftverket. Den korte oppholdstiden i inntaksdammen på Rygene skiller seg fra det som er observert for smolt i andre liknende systemer. Ved Fosstveit kraftverk i Storelva bidrar dammen til en forsinkelse på flere dager (Haraldstad et al 2019). Ved Fosstveit renner elva relativt hurtig før vannhastigheten avtar betydelig i inntaksbassenget. Ved Rygene derimot er

det store vannmasser som raskt renner gjennom bassenget, og forholdene likner det smolten har vandret gjennom oppstrøms. Vi må anta at dette bidrar til kort oppholdstid i inntaksbassenget på Rygene. Kort oppholdstid i dammen er viktig for at smolten skal nå kysten til riktig tid om våren, forsinkelser kan føre til at smolten desmoltifiserer eller når kysten på et tidspunkt der temperatur og mattilgang ikke er ideelle. Inntaksdammen ved Rygene ser ikke ut til å ha store negative innvirkning på overlevelsen til nedvandrende smolt.



Figur 41. Laksesmolt fra Songeelva (øverst) ble merket med akustiske merker og 23 lyttebøyer ble plassert ut ned til utløpet av Nidelva (nederst til høyre).

7.1 Smoltens overlevelse fra Rygene til Helle

Flere studier har vist en betydelig dødelighet for fisk som vandrer gjennom kraftverksturbiner. Dette er hovedgrunnen til at det settes i verk tiltak som leder fisken utenom vanninntakene til elvekraftverkene. Imidlertid kan dødeligheten for fisk gjennom turbintuneller variere mye og viktige faktorer er blant annet turbinens utforming og fiskens lengde. Basert på turbintype, størrelse (diameter og navdiameter), antall blader og rotasjonshastighet er det mulig å modellere tap av fisk under en turbinpassering (Leonardsen 2012). Beregnet slagsannsynlighet for laksesmolt (12-18cm) i Kaplan turbinen på Rygene ligger fra 5-30 % (**Figur 42** og **Tabell 14**), der økende fiskelengde og vannføring rundt 50 m³/s gir høyest dødelighet. Denne beregningen samsvarer med det vi observerte for akustisk merket smolt i 2019, der det ble dokumentert en dødelighet gjennom turbinen på 11 % (Johansen 2020). Den akustisk merkede smolten ble fulgt fra tunnelutløpet og videre ned en 5-6 km lang strekning til elvemunningen (**Figur 43**). Vi har ikke kontroll på overlevelse etter dette. Vi vet fra andre studier at forsinket dødelighet kan inntreffe flere dager etter turbinpassering (Haraldstad et al 2020). Smoltoverlevelsen gjennom Kaplan turbinen på Rygene, ser likevel ut til å være relativt høy, og høyere enn mange andre studier har beskrevet.

Dødelighet for akustisk merket smolt som vandret ut isluka og ned minstevannføringsløpet var betydelig høyere enn turbin-vandrerne (78 %). Store deler av dødeligheten inntraff noen hundre meter nedstrøms Rygene dam. Vi kan ikke utelukke en negativ effekt av at isluka-vandrerne måtte fanges i Wolf-fella og håves videre ut i minstevannføringsløpet (dobbel håndtering). En slik håndtering etter merking har vist seg å gi lavere sjøoverlevelse for den PIT-merkede smolten i Nidelva. Det vil bli gjennomført nye studier av vandringsatferd og overlevelse til smolten i minstevannføringsstrekningen våren 2021. Dette vil gi mer informasjon om smoltens overlevelse fra Rygene til Helle.

Turbin-vandrere brukte om lag 12 timer gjennom den 2 km lange turbin tunellen fra Rygene til Helle. De svømte med en hastighet på 2,3 fiskelengder pr. sekund (± 2.056 Bl/s-1 SD). Dette var betydelig raskere enn smolt som benyttet isluka og minstevannføringsløpet. De brukte i gjennomsnittlig 7,1 døgn (169,8 t, SD = 99,7) på den 2,78 km lange strekningen og vandret med en hastighet på 0,046 fiskelengder pr. sekund (SD = 0,027). Vandringshastigheten for PIT-merket smolt (n = 337) gjennom minstevannføringsløpet støtter funnene fra de akustisk merkede smoltene (n = 7). PIT-merkede smolt sluppet fra Rygene dam i perioden 03.05.2017-20.05.2017 brukte i gjennomsnitt 6,25 døgn (150 t, SD = 92,2) på den 2,4 km lange strekningen fra dammen til PIT-antennen ved Vadretet. Det var forskjeller i vandringshastighet mellom smolt som ble sluppet direkte i minstevannføringsløpet (144,2 timer) sammenliknet med smolt som ble sluppet oppstrøms for så å bli sluppet i minstevannføringsløpet (dobbel håndtering: 174,9 timer, $p=0,0108$).

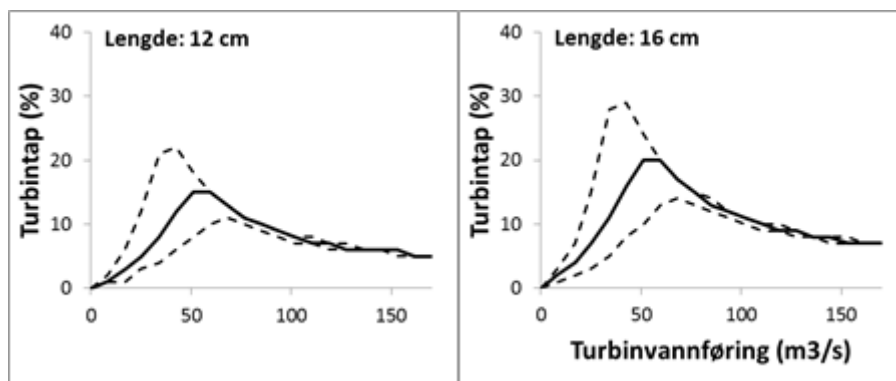
Av 337 individer registrert på antennen ved Vadretet var det kun 14 som ble registrert i antennen i laksetrappa i terskelen ved Strubru. Dette viser at smolten foretrekker å vandre

over terskelen heller enn å benytte laksetrappa på den nordlige bredden. Smolten brukte 2,4 døgn til Strubru (58,38 t, SD = 44,22) og 3,5 døgn videre til Vadretet (84,41 t, SD = 89,91). Den lave vannhøyden over hele terskelen ved Strubru kan være med å forsinke smolten her.

Vandringsvalget ved Rygene var den faktoren som hadde størst effekt på vandringshastigheten totalt sett for nedvandrende smolt i 2019 (Johansen 2020). Smolten som vandret gjennom turbintunellen, vandrer en kortere distanse samt at de i tillegg vandrer raskere. Gitt at de overlever møte med turbinen, får de en snarvei til sjøen. Lav vandringshastighet i minstevannføringsløpet skyldes antagelig den reduserte vannføringen som gjør deler av strekningen om til små innsjøer/loner med lite retningsbestemt vannstrøm i tillegg vil terskelen ved Strubru antagelig forsinke nedvandringen. Den lange oppholdstiden i minstevannføringsløpet sammenliknet med turbintunellen, gjør at smolten blir eksponert for predatorer over lengre tid og kan være noe av forklaringen til den høye dødeligheten vi observerer i minstevannføringsløpet. Tiltak som fjerning av terskelen ved Strubru og økt vannføring i utvandringsperioden, vil antagelig øke smoltoverlevelsen i minstevannføringsløpet.

Basert på data fra den akustisk merkede smolten, ser det ut til at vandring gjennom turbin tunellen vil gi høyere overlevelse og raskere utvandring enn vandring gjennom isluka og minstevannføringsløpet. Ser vi derimot på overlevelsen til den PIT-merkede smolten, er denne lik mellom turbin og islukevandrere. Dette kan skyldes en høyere overlevelse i minstevannføringsløpet enn hva vi dokumenterte for den akustisk merkede smolten, men også at det inntreffer senskader etter turbinpassering når smolten har nådd kysten.

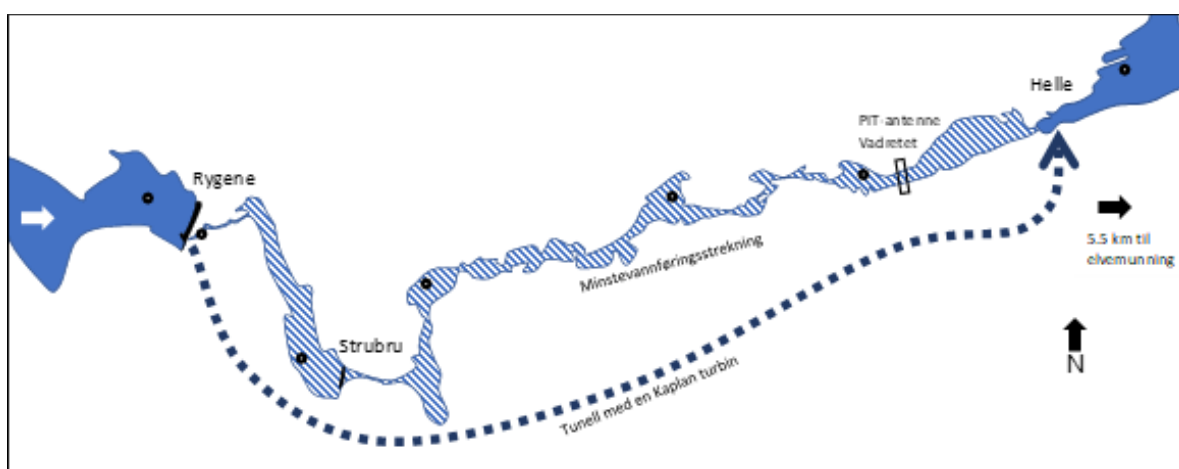
Vi vil anbefale å opprettholde tiltaket som leder smolten ut i minstevannføringsløpet, samtidig som terskelen ved Strubru fjernes eller delvis fjernes. Tiltak som leder smolt utenom turbinen vil også ha positiv effekt på andre fiskearter (bla: ørret, ål og sik) og livsstadier (vinterstøinger) som vi vil forvente har betydelig lavere overlevelse gjennom turbinen siden mange av dem er betydelig lengre enn 12-16 cm.



Figur 42. Estimerte tap av smolt som følge av turbinbladtreff ved ulike fiskelengder og turbinvannføringer etter Leonardsson (2012), basert på turbinkarakteristika for kaplanturbinen på Rygene kraftverk. Stiplet linje angir 25- og 75-persentilen.

Tabell 14. Tekniske data for Rygene kraftverk.

	Enhet
Slukeevne	170 m ³ /s
Fallhøyde	38 m
Lysåpning varegrind	80 mm
Turbintype	Kaplan
Antall blad	5
Diameter	4,56 m
Navdiameter	2,05 m
Omdreining	167 rpm



Figur 43. Minstevannføringsstrekningen mellom Rygene og Helle med akustiske mottakere (2019) og PIT-antennen ved Vadretet.

7.2 Sjøoverlevelse

Det ble fanget og PIT-merket nedvandrende smolt ved Rygene dam i årene 2014,16 og 17. Den merkede smolten ble sluppet direkte i minstevannføringsløpet eller oppstrøms Rygene kraftverk. Fisk som ble sluppet oppstrøms, kunne enten benytte turbinen som utvandingsrute eller isluka. Fisk som benyttet isluka ble fanget igjen (dobbel håndtering) og så sluppet ut i minstevannføringsstrekningen. Deteksjon av PIT-merket laks som returnerer etter sjøoppholdet ble gjort i to PIT antenner, ved Vadretet og i forkammeret til slusa gjennom dammen på Rygene. Antennene var i drift gjennom hele oppvandrings sesongen.

Sjøoverlevelsen varierer mellom smoltårsklasser, fra fem til nesten 12 % (**Tabell 15**). Det er ingen signifikant forskjell mellom overlevelsen til smolt som benyttet turbinen og smolt som benyttet minstevannføringsløpet som nedvandingsrute. Fisk som vandrer gjennom isluka to ganger (dobbel håndtering) har derimot en signifikant lavere sjøoverlevelse enn de to andre gruppene.

Laksen, PIT-merket som smolt, ankommer Nidelva (Vadretet) i perioden 3. juni-6. november i

årene 2016-2019. Hovedsakelig returnerer laksen til Nidelva etter ett (74 %) eller to år i sjøen, noen få individer returnerer etter tre år i sjøen. Det var ulik ankomsttid for smålaks og mellomlaks, der oppvandringstoppen for mellomlaks inntreffer tidlig i juli, mens smålaksen kommer om lag en måned senere. Disse funnene sammenfaller med andre studier samt fangststatistikken for omkringliggende elver.

Generelt ser sjøoverlevelsen til Nidelva-laksen ut til å være normal i forhold til andre vassdrag i Norge (5-12 %).

Tabell 15. Antall PIT-merkede laksesmolt ved Rygene i årene 2014, 2016 og 2017 samt andelen tilbakevandrende gytefisk.

Smoltårgang	Vandringsvalg (n)	Retur (%)
2014	Turbin (349)	4.01
	Sideløp (187)	5.88
2016	Turbin (213)	10.3
	Sideløp (801)	12.1
	Sideløp dobbelt håndtering (252)	5.6
2017	Turbin (403)	11.9
	Sideløp (1424)	9.4
	Sideløp dobbelt håndtering (607)	7.2

7.3 Tiltak for smolt ved Rygene kraftverk

Nedvandrende smolt ved Rygene kraftverksinntak benytter den allerede eksisterende isluka som fiskepassasje. Isluka er plassert vinkelrett på, og ca. 1 m foran inntaksgrinda ved Rygene kraftverk (**Figur 44**). Åpningen i isluka er ca. 4 m bred og ca. 1.6 m dyp når luka senkes maksimalt. Maksimal vannføring ut isluka er ca. 10 m³/s.

Den korte avstand mellom inntaksristen og isluka gjør trolig at smolten lett finner den alternative vandringsveien, slik det er vist ved andre anlegg (Haraldstad et al 2019). Samtidig er det andre deler av inntaksområde som ikke er i samsvar med gjeldende anbefalinger (Calles et al. 2013; Fjelstad et al. 2018). Dette gjelder spesielt den store lysåpningen i varegrinda, som ikke fysisk stopper smolten fra å vandre inn i turbin tunellen. Den har heller ikke en skrå vinkel som kan lede smolten mot en trygg utvandningsrute. På bakgrunn av dette har det vært gjennomført flere merke-gjenfangstforsøk med laksesmolt der tiltakets effektivitet har blitt analysert. Nedvandrende smolt ble fanget i en Wolf-felle i årene 2013-2019. Et rør fører fisken mot et oppsamlingskar med kontinuerlig vanngjennomstrømning. Fella ble røktet daglig under smoltutvandringsperioden om våren og ofte flere ganger pr dag, ved behov. PIT-merket fisk ble satt ut oppstrøms dammen og gjenfanget i isluka for å teste tiltakets effektivitet.

Relativ vannføring ser ut til å være den miljøvariabelen som har størst innvirkning på sannsynligheten for at smolt velger å vandre isluka som utvandringsvei (**Figur 45**). Forsøk viser at mer enn 90 % av smolten benytter isluka ved å slippe 6-7 % av turbinvannføringen denne veien. Relativ vannføring opp mot dette nivået vil være oppnåelig ved de fleste vannføringer som opptrer under smoltutvandringsperioden i Nidelva. Kun når vannføringen er svært høy, opp mot kraftverkets slukeevne, vil en få problemer med å opprettholde høy nok relativ vannføring selv når isluka åpnes maksimalt (Q_{\max} turbin: 170 m³/s, Q_{\max} isluka: 10 m³/s, Q_{rel} : 5,9). Vi vil anbefale en fleksibel manøvrering av isluka slik at det slippes 6-7% av turbinvannføringen gjennom smoltutvandringsperioden. Ved en slik manøvrering sikrer man at hovedandelen av smolten benytter denne utvandringsruten, og at overskytende vann kan benyttes i turbinen.

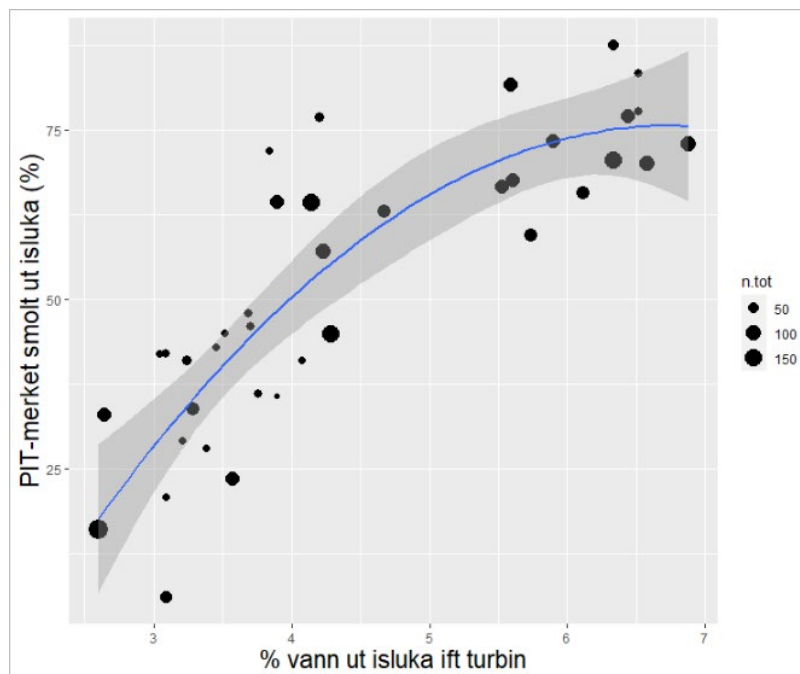
Så lenge isluka har blitt benyttet som utvandringstiltak for smolt har det vært en Wolf-felle i isluka som har fanget smolten. Smolten har så blitt sluppet videre ut i minstevannførløpet. Det er et mål at smolten skal kunne vandre forbi Rygene kraftverk ved egen hjelp og uten direkte håndtering av mennesker. Vi anbefaler at det testes ut om smolten tar skade av å vandre ut isluka, betongkanalen og ned «fossen» mot Hydrahølen. Dette vil gi oss svar på om fjerning av betongkanter og fjellnabber i denne traseen har vært tilstrekkelig for at smolten kommer seg trygt fra isluka til Hydrahølen.

Utvandringstidspunktet for smolten om våren kan variere relativt mye mellom år. Ved Rygene kan det skille 18 dager for når tidspunktet for 50 % akkumulert utvandring inntreffer. Det er avgjørende at tiltak for utvandrende smolt ved Rygene er på plass til rett tid. Samtidig er vannslipp utenom turbin, over den fastsatte minstevannføringen, kostbart for regulanten. Det er derfor utviklet en modell som predikerer når smoltutvandringen inntreffer basert på vanntemperatur målt ved Rygene kraftverk kl.12 (data fra kalkingsovervåking, Froland kommune). Starten av smoltutvandringen (25 % akkumulert utvandring) inntreffer 4.3 (SD = 1,6) dager etter at elvetemperaturen har passert 8 grader (**Figur 46**). Vanntemperatur er i så måte den beste indikatoren for når isluka bør åpnes om våren.

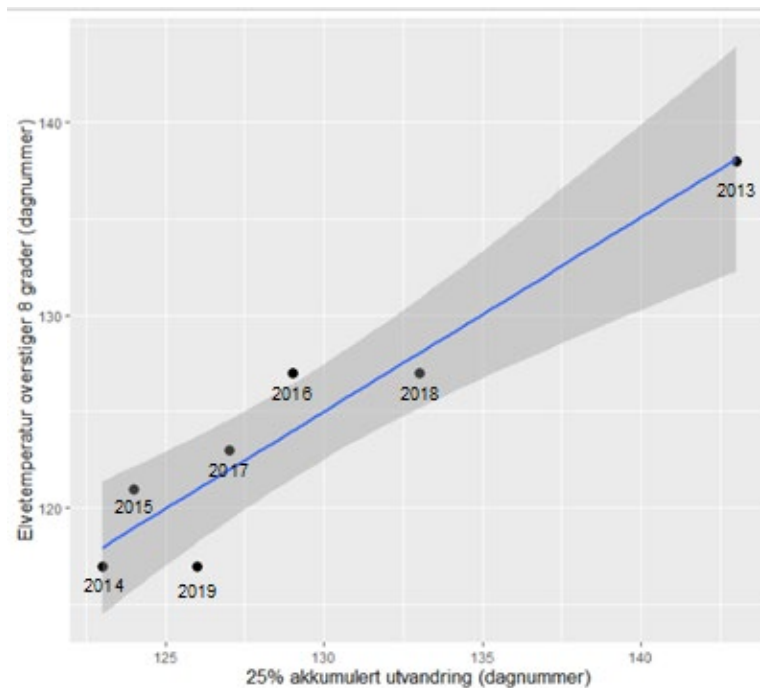
Vinterstøinger av laks og sjøørret benytter også isluka som utvandringsrute. Disse ankommer normalt tidlig i smoltutvandringsperioden og i forbindelse med kraftige regnskyll, som ikke nødvendigvis fører til økt vannføring. Vi anbefaler også at isluka holdes åpen etter gyting i november og desember, slik at utgytt fisk får mulighet til å vandre ut også i denne perioden. Det eksisterer foreløpig ikke informasjon om fordelingen av utvandring av vinterstøing i hele perioden fra november til april/mai neste år. Slike data vil kunne vise om isluka bør være åpen i hele perioden, eller om det kun er like etter gyting og om våren. Vi har heller ingen kunnskap om overlevelsen til utgytt fisk i Nidelva, og grad av repetert gyting, men vi vil anta at disse bidrar betydelig i gytebestanden som det er vist i en rekke andre vassdrag (Halttunel 2011, Forseth et al 2020).



Figur 44. Isluka ved Kraftverksinntaket på Rygene.



Figur 45. Forholdet mellom andel vann sluppet ut isluka og andelen merket fisk som benytter luka som utvandringsrute.



Figur 46. Sammenhengen mellom smoltutvandringstidspunkt (25 % akkumulert utvandring) og elvetemperatur i årene 2013-2019 ved Rygene kraftverk Nidelva.

8. Vandringsadferd hos laks og aure

8.1 Undersøkelser av fiskevandring fra 1997 til 2020

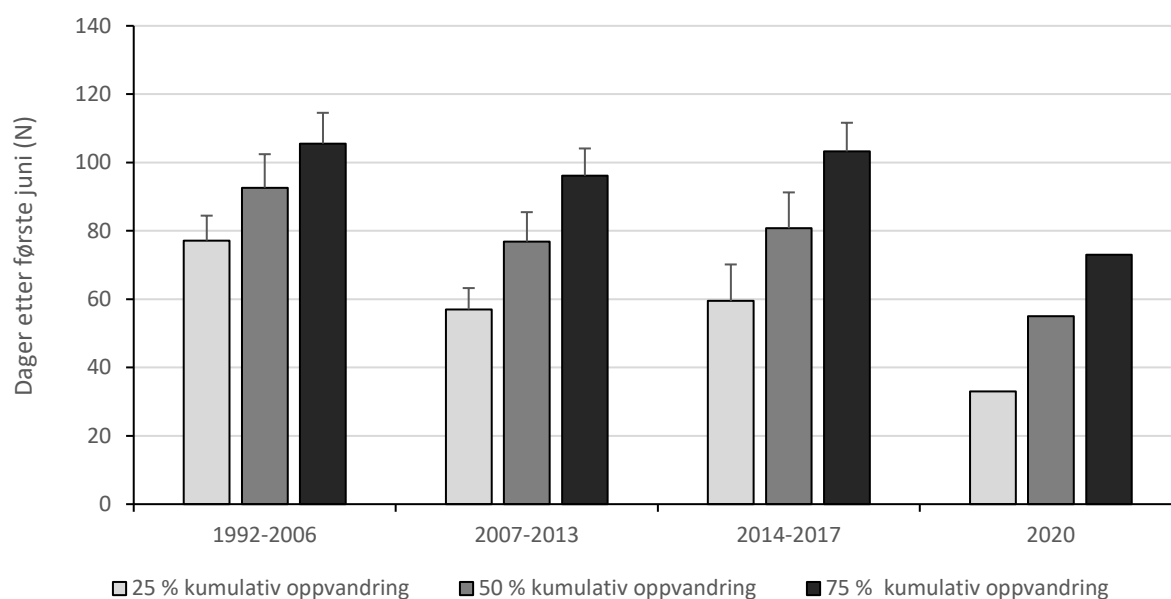
Byggingen av de to elvekraftverkene, Rygene og Eivindstad, på lakseførende elvestrekning i Nidelva har påvirket vandringsforholdene for laks og sjørret. Inntaksdammene i tilknytning til begge de to kraftverkene er i utgangspunktet en barriere for oppvandrende fisk. Fisketrapper bygd på begge stedene, gir fisken mulighet for oppvandring. I forbindelse med bygging av ny dam i Rygenefossen i 1991 ble det bygd ny fisketrapp opp til dammen og i tillegg ei fiskesluse som skulle få fisken opp den siste delen av veien over dammen (Matzow og Simonsen 1992). I årene 1992 til 1998 ble det årlig registrert gjennomsnittlig 132 laks i fiskeslusa i Rygene dam. I perioden fra 1999 til 2005 var årlig oppvandring av laks 328 individer mens det økte til henholdsvis 843 og 1059 i perioden 2006 til 2010 og perioden 2011 til 2020. I de 30 årene fra 1991 til 2020 har det derfor vært et økende innsig av laks til vassdraget.

På Eivindstad kommer vannet fra turbinene rett ut i elva, mens fra Rygene kraftverk går utløpsvannet i en to km lang tunnel til Helle, som ligger ned mot grense elv-sjø. På strekningen fra dammen og ned til utløpet av kraftverket blir det sluppet en minstevannføring på 5 m³/s i perioden mai-september. I tillegg blir det av og til sluppet lokkeflommer. I tunnelen er det en vannføring som kan være over 20 ganger høyere. Der denne hovedstrømmen møter vannet fra minstevannløpet, på Helle, skapes et område der laks og sjørret forsinkes..

Det er gjennomført fysiske tiltak på minstevannføringstrekningen nedenfor dammen som inkluderer rivning av terskler, etablering av først en mekanisk sperre i tunnelen i 2006 og så en elektrisk fiskesperre i 2014, som kan ha påvirket fiskevandringen. Det er også innført tiltak

for å sikre utvandring av vinterstøing av laks og av smolt (se kapittel 5.3). Alle disse tiltakene har trolig ført til en gradvis endring fiskens målte vandringsmotivasjon (flere har vokst opp ovenfor dammen) og vandringsforløp gjennom de 30 årene med overvåking. En viktig måleparameter i denne sammenhengen er antall fisk som ble registrert pr. dag i slusa i Rygene dam. Det årlige oppvandringsforløpet gjennom fiskeslusa endret seg i årene fra 1992 til 2020. Målt med tidspunkt for 25 % akkumulert oppvandring i slusa, passerte laksen gjennomsnittlig 14 dager tidligere i perioden 2007–2013 enn i perioden fra 1992-2006 (**Figur 47**). Fra perioden 2007-2013 og til neste periode, 2014-2017, var det ingen endring. Det samme var tilfelle om 50 % kumulativ oppvandring ble benyttet som parameter. For den siste andelen av årlig oppvandring, 75 % kumulativ oppvandring, var det ingen forskjell mellom de angitte periodene. Alle kombinasjoner av disse periodene for hver henholdsvis 25, 50 og 75 % kumulativ oppvandring, ble testet med Kruskal Wallis test (Dunn´s prosedyre, Bonferroni korrigert signifikans nivå).

På grunn av vedlikeholdsarbeider i Rygene kraftverk i 2020 ble alt vann sluppet i minstevannsløpet (det opprinnelige elveleiet). Dette året ble laksen registrert tidligere i slusa enn de andre årene. Målt ved 25, 50 og 75 % kumulativ totaloppvandring passerte laksen Rygene dam henholdsvis 26,5, 25,8 og 30,3 dager (gjennomsnitt: 27,5 dager) tidligere enn gjennomsnittlig passeringstidspunkter i årene 2014 – 2017 (**Figur 47**). Det var imidlertid stans i kraftverket også i 2015 og delvis i 2016. I disse årene var det seinere oppvandring enn i 2020 med henholdsvis 26,7 dager og 17,3 dager i 2015 og 2016. Det er derfor trolig ikke stans i kraftverket som er den viktigste årsaken til tidligere registrering av laks i slusa i 2020 sammenlignet med de andre årene. En forklaring kan være at slusa ble regulert automatisk i 2020 i motsetning til i årene før 2017 da det var manuell drift av slusa ca. to ganger pr dag. I 2018 og 2019 er det ikke gjennomført analyser av oppvandrende fisk i slusa.



Figur 47. Antall dager (gjennomsnitt for hver periode) regnet fra 1. juni der henholdsvis 25 %, 50 % og 75 % av laksen nådde slusa, fordelt i fire tidsperioder i Nidelva i årene fra 1992 til 2020.

Gjennom undersøkelser av fiskevandringen i minstevannsløpet i årene 1997 til 2020 er det funnet flere vandringshindre, eller områder der fisken ser ut til å stoppe opp i kortere eller lengre tid. De ulike studiene av vandringsatferd har skaffet ny kunnskap om flere «problemområder» på vandringsruta fra tidevannspåvirket område, gjennom minstevannsløpet og opp til slusa, gjennom slusa og ut i elva ovenfor dammen. Noen av de viktigste «problemområdene» er:

- 1) Kraftverksutløpet på Helle, der fisken kan velge mellom å svømme mot hovedvannstrømmen ut av kraftverket og dermed vandre inn i tunnelen, og alternativt velge veien opp i det gamle naturlige elveløpet med minstevannføring (se punkt 7.2). Elektrisk fiskesperre på utløpet av tunnelen ble bygget i 2013-14.
- 2) Tre terskler med korte fisketrappet, Refsnesterskelen, Terskelen ved Rægeviga og terskelen ovenfor Strubru. De to første ble revet i 2007 (7.3).
- 3) Fisketrappa i Rygene dam, der både inngangen til trappa nedstrøms og selve trappa kan påvirke tiden fisken bruker på å passere. Ny trapp ferdigstilles våren 2021 (7.4).
- 4) Fiskeslusa i Rygene dam. Ny trapp uten fiskesluse ferdigstilles våren 2021 (7.5).

8.2 Vandring ved kraftverksutløpet på Helle

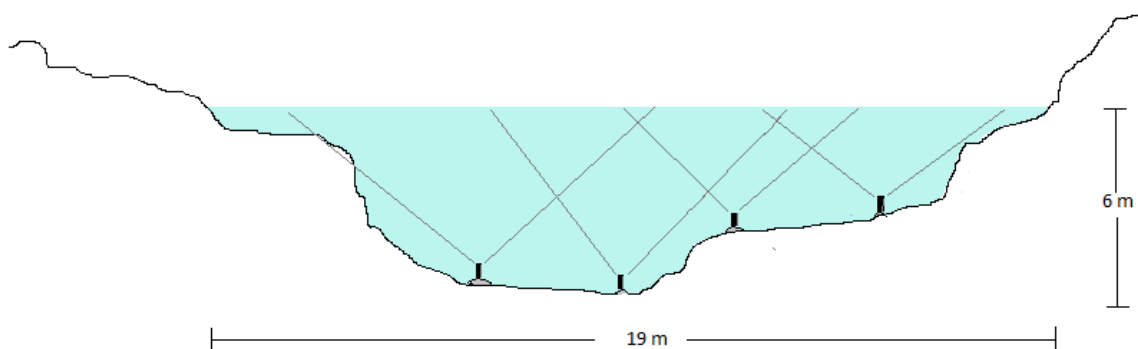
8.2.1 Radiomerket laks i 1997 og i 1998

De første studiene av vandringsatferd hos laks i minstevannføringsløpet i Nidelva ble gjennomført i 1997 og 1999 (Thorstad et al. 1998 og 2000). I 1997 ble totalt 17 laks radiomerket og satt ut nedenfor kraftverksutløpet ved Helle i Nidelva i perioden 11. september til 2. oktober. Av disse ble sju fanget og merket nedenfor kraftverksutløpet, mens ytterligere 10 ble hentet fra slusa i Rygene dam og transportert ned til det samme utslippsstedet som de andre. De fleste individene oppholdt seg i eller ved kraftverksutløpet. Av de totalt 17 merkede laksene vandret 10 opp i minstevannføringsløpet, men ikke helt opp til slusa (Thorstad et al. 1998). I 1999 i perioden fra 21. august til 2. september ble 42 laks merket med radiosendere og satt ut nedstrøms kraftverksutløpet ved Helle. Ingen av de merkede laksene ble registrert i fiskeslusa i dammen, men 10 individer nådde toppen av minstevannføringsløpet, like nedenfor innløpet til fisketrappa. Det ble også registrert sju laks som oppholdt seg inne i kraftverkstunnelen i kortere eller lengre perioder (Thorstad et al. 1999).

I begge disse studiene ble det funnet at en høy andel av laksen periodevis oppholdt seg i og utenfor kraftverkstunnelen. Det tok henholdsvis 15 og 16 dager fra den merkede fisken ble satt ut, til den nådde kraftverksutløpet på Helle i 1997 og 1999. Oppholdstiden på Helle var 22,4 dager i 1997 og 4,1 dager i 1999. Ingen av de merkede individene hverken i 1997 eller i 1999 vandret helt opp i slusa, på tross av at flere av dem ble hentet fra slusa, transportert ned i vassdraget, merket og sluppet ut igjen. I begge årene vandret den merkede laksen frem og tilbake ved kraftverksutløpet flere ganger.

8.2.2 Videoovervåking i 2007,2008 og 2014

I de tre årene 2007, 2008 og 2014 ble et tverrsnitt like ovenfor kraftverksutløpet overvåket ved bruk av fire undervannskamera (Figur 48). I 2007 og 2008 var ikke hele tverrsnittet dekket av overvåkingen, så data fra de to årene er av en målt vandringsfrekvens. I 2014 var hele tverrsnittet dekket, og overvåkingen omfatter tilnærmet all fisk. I alle årene, men mest i 2014, viste overvåkingen at laksen vandret frem og tilbake i dette området før den fortsatte oppover i minstevannstrekningen. I 2014 ble det registrert over 9213 fiskepasseringer av laks og sjøørret der 14,6 % av disse registreringene utgjorde netto oppvandrende individer: 1301 villaks, 6 oppdrettslaks og 40 sjøørreter.



Figur 48. Tverrsnitt av kameralokaliteten i minstevannføringsløpet ca. 25 m oppstrøms utløpet av kraftverkstunnelen. Det ble plassert 4 kamera på bunnen, rettet oppover mot overflaten.



Videoovervåkingslokalitet ved utløpet av kraftverkstunnelen fra Rygene kraftverk i Nidelva i 2014.

8.2.3 Merket laks i 2018 og 2020

For å undersøke hvor lenge fisken blir stående ved tunnellutløpet og hvilke miljøfaktorer som trigger oppvandring til minstevannføringsstrekningen ble det merket gytelaks med akustisk telemetri i 2018. Forsøket ble gjentatt i 2020, men da gjennom en sesong hvor kraftverket var ute av drift og nedre deler av Nidelva fremsto uregulert.

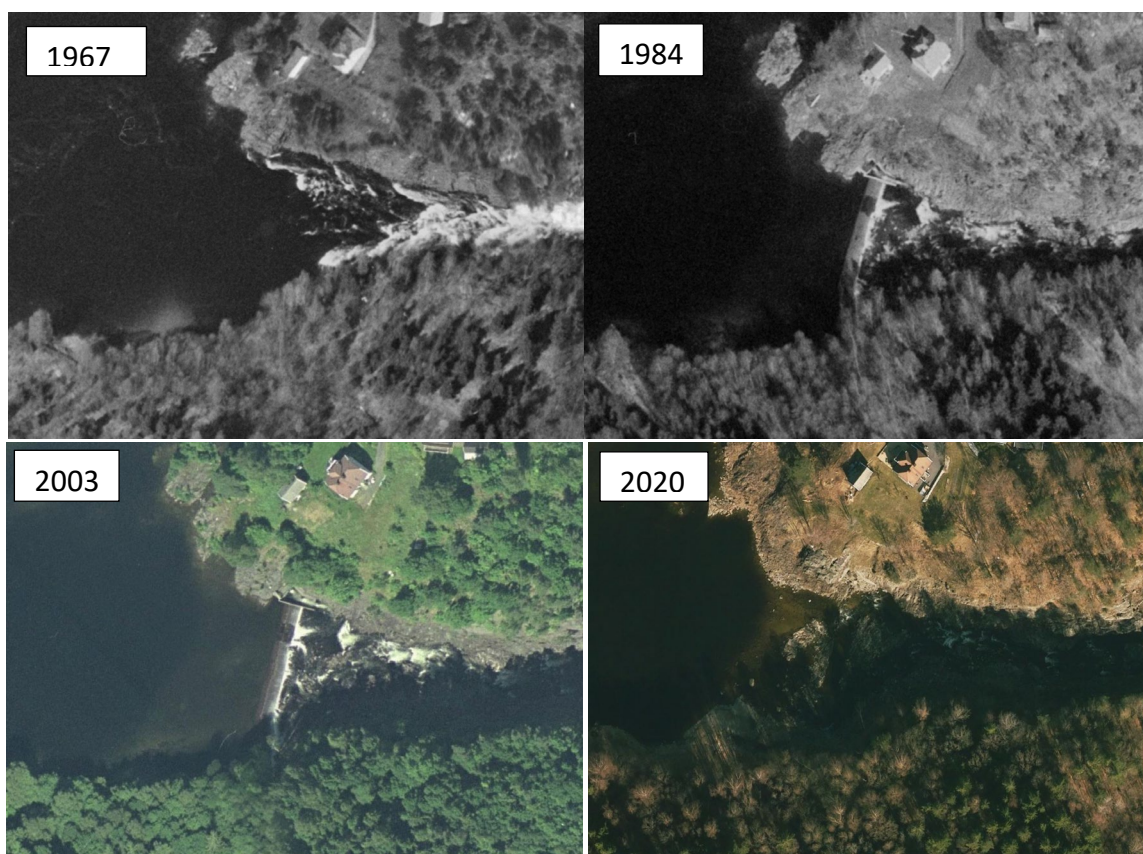
Laksen ble fanget i slusa på Rygene, transportert og sluppet ut i elva 3 km nedstrøms Helle. Av 29 merkede laks i 2018, vandret 26 oppover vassdraget, mens tre forlot elva gjennom utløpet ved Vippra (**Figur 49**). Laksen vandret raskt opp til Helle, men ble stående her i om lag 14 dager (n=26, median 13,3 dager). Dette er noe kortere enn hva som ble dokumentert for radiomerket laks i 97-98 (22,4 dager) (Thorstad et al. 1998). En viktig forskjell mellom 1997-99 og 2018-20, er at det ble montert elektrisk fiskesperre i 2014 som hindrer fisk i å vandre inn i tunnelen.

Forsøket ble gjentatt i 2020, der 18 av 21 merkede laks vandret oppover vassdraget. Laksen ble ikke stående lenge ved tunnelutløpet dette året, og brukte om lag 2 dager (n=18, median 2,1 dager) fra utsetting til de var registrert ved Vadretet, like oppstrøms tunnellutløpet. Dette indikerer at vannføring ut av tunnellutløpet ved Helle fører til at laksen blir stående i dette område i en lengre tidsperiode enn om vannføringen kun rant i det opprinnelige elveløpet.

8.3 Vandring gjennom minstevannstrekningen

8.3.1 Videoovervåking på Refsnesterskelen i 2004-2006

Refsnesterskelen, som ble revet i 2007, lå ca. 900 meter fra utløpet av kraftverkstunnelen. Det var en kort fisketrapp i selve terskelen der det var mulig å overvåke all oppvandrende fisk. I årene fra 2004 til 2006 ble det benyttet et videosystem for å kartlegge antall oppvandrende laks og sjørret og vandringsforløpet. Ved å sammenligne kumulativt oppvandringsforløp her, med det som ble registrert i slusa oppe i Rygene dam, var det mulig å beregne hvor mange dager det var i forskyvelse mellom de to kumulative kurvene hvert år. Denne måten å beregne vandringshastighet på tar ikke høyde for at en del av fisken kan ha blitt stående igjen for å gyte i minstevannstrekningen. Det var også mulig for fisk å passere terskelen utenom trappa, ved høy vannføring. Ser en bort fra disse usikkerhetene, var gjennomsnittlig forskyvelse av oppvandringskurvene fra to til åtte dager i de tre årene med overvåking.



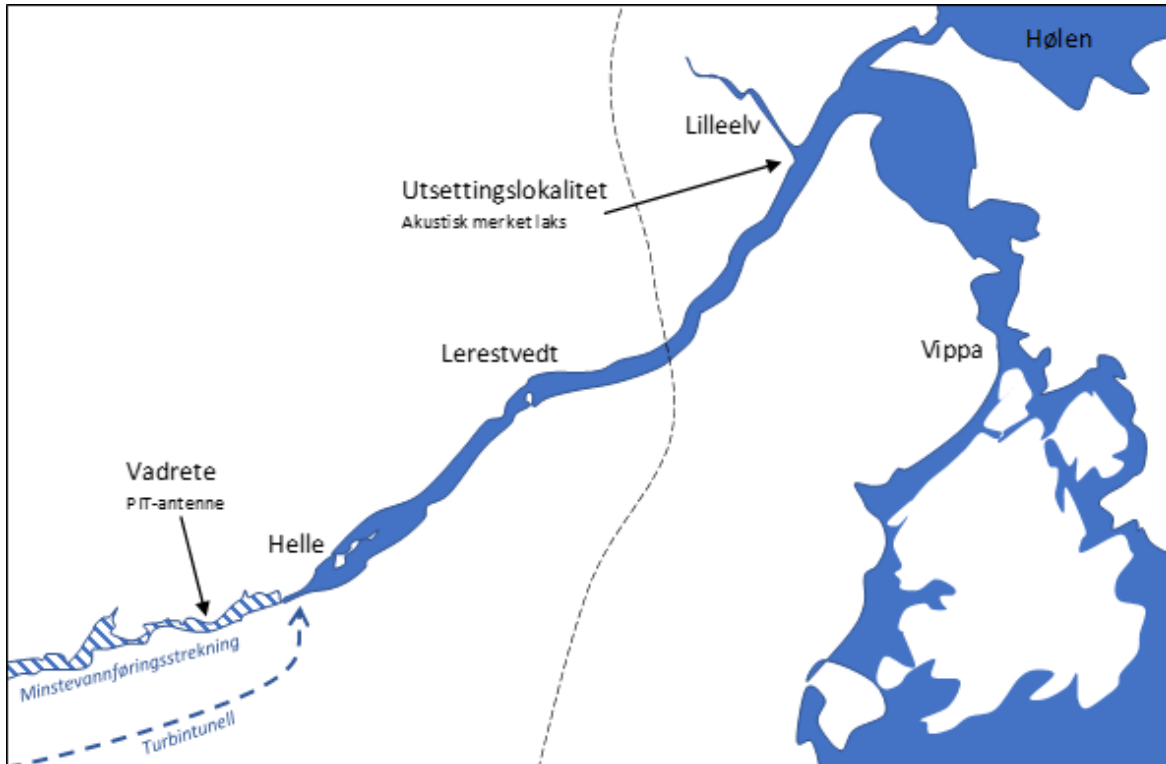
Refsnes i Nidelva der det ble bygget terskel på slutten av 1970-tallet. I 2007 ble terskelen revet, og bildene viser tilstandsbilde fra årene før bygging og til etter rivning.

8.3.2 Merket laks i 2016 til 2020

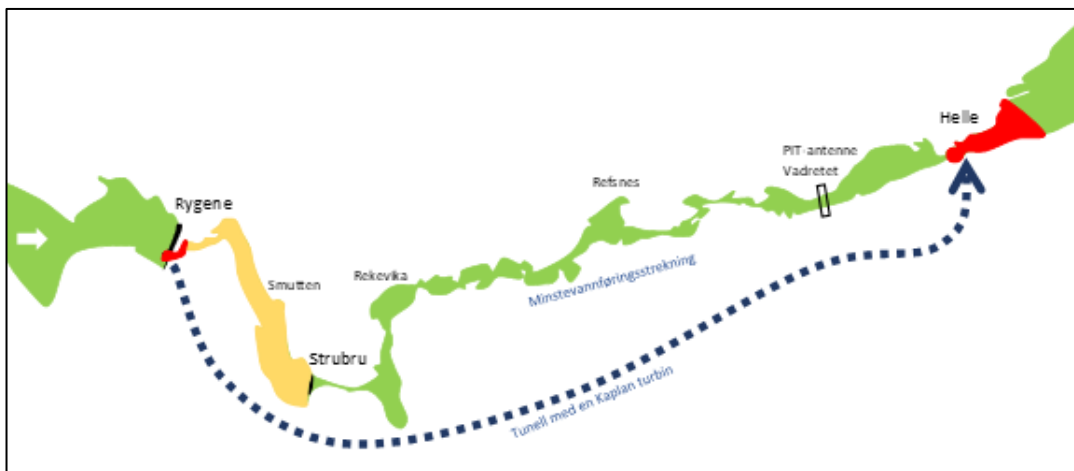
Høy marin overlevelse for den PIT-merkede smolten i 2016-2019 gav muligheten til å studere gytevandringen til de samme individene da de returnerte til Nidelva som gytefisk. En antenne i slusa ved Rygene dam og en antenne ved Vadretet (**Figur 49**) registrerte returnerende laks PIT-merket som smolt. Antennen ved Vadretet var ikke heldekkende og registrerte kun en andel av den merka laksen som passerte. Dette passeringspunktet ligger ovenfor kraftverksutløpet og det området der det er registrert at laksen stopper opp.

Den PIT-merkede laksen brukte i gjennomsnitt 12 dager på å forsere minstevannføringstrekningen og fisketrappa mot dammen på Rygene (n=147, 76,7 timer pr. km). Laks som ankommer sent i sesongen bruker kortere tid enn de som ankommer tidlig. I 2017 ble det satt opp to ekstra PIT-antenner, en i laksetrappa i terskelen ved Strubru (**Figur 50**) samt en i nedre deler av laksetrappa som leder opp mot slusa. Vandringshastigheten fra denne studien tyder på at laksen vandrer raskt fra Vadretet til Strubru (n= 8, median 25,4 timer pr. km).

Studier ved bruk av akustisk telemetri bekrefter også at laksen raskt forserer de nedre delene av minstevannføringsløpet opp til Strubru i 2018 (n=13, median 18,4 timer pr. km). Høyere vannføring i 2020 (> 40 m³/s) under kraftverksstans gav noe lavere vandringshastigheter på denne strekningen (n=9, median 40.9 timer per km).



Figur 49. Nedre del av minstevannføringsstrekningen, utløp av turbintunell og tidevannspåvirket del av Nidelva.



Figur 50. Elvestrekningen mellom Rygene og Helle, der farger indikerer områder av elvestrekninger med ulik vandringshastighet hos den oppvandrede laksen.



Figur 51. Pit antenner på strekningen fra Strubru til Dam Rygene i Nidelva.

8.4 Vandring gjennom fisketrappa i Rygene dam

8.4.1 Merket laks i 2018 og i 2020

Både PIT-merket ($n=3$, median 288 timer per km) og akustisk merket laks (2018: $n=8$, median 150.8 timer per km, 2019: median 3,1 døgn, $n=5$,) bruker tid i område Smutten-Fabrikkhølen (**Figur 49**) før de finner inngangen til fisketrappa. Økt attraksjonsvann fra den nye spaltetrappa (som skal ferdigstilles i 2021) vil kunne korte ned vandringstiden her. Hverken i 2018 eller i 2020 ble det registrert merket laks på mottakere utplassert i Hydrakhølen. Det har tidligere vært sett på som et problem at laksen hopper opp i denne hølen i stedet for laksetrappa. Resultatene fra merkeforsøkene av laks støtter ikke dette.

8.4.2 Merket laks i 2017 til 2019

Om laksen først finner trappa fra Fabrikkhølen, ser den ut til å bruke i underkant av et døgn på å vandre opp mot slusa, selv om tallmaterialet er noe begrenset (2017, median 108 t/km, $n=9$). Når laksen skal videre inn i dammen og opp i slusa har vi indikasjoner på at en del individer blir forsinket. PIT-antennen i dette området dekker innhoppet til forkammeret samt 0.5-1 m på hver side av passasjen. Tid mellom første og siste deteksjon i antennen indikerer oppholdstid i forkammeret.

Median oppholdstid i forkammeret var 17,3 timer (n = 340), men det er også registrert en del laks med svært lang oppholdstid her. Over hundre individer bruker to døgn eller mer. Det er en nedgang i oppholdstid i forkammeret fra 2017 til 2019. Overgang til en automatisert drift av slusa i 2018 og 2019 kan ha påvirket dette. I tillegg sank oppholdstiden for laks som ankom sent på sesongen. Dette kan skyldes en økende motivasjon for å vandre, men også at slusa stenges før gytetiden og laksen dermed ikke har mulighet til å bli stående svært lenge om den ankommer seint. I tillegg har det vært variasjon mellom år, i måten slusa har vært driftet på og hvor mye fisk som har blitt fysisk fanget og båret over dammen de siste tre årene.

Vi har også data på et begrenset antall akustisk merket laks (n=8) som bruker median 8,85 døgn fra forkammeret til de passerer brua ved Løddesøl 6 km oppstrøms Rygene. Det er vanskelig å anslå hvor lang tid laksen bruker mellom Rygene og Løddesøl, men tallene indikerer en maksimal oppholdstid på om lag en uke i slusa.

8.5 Vandrings fra Rygene til Evenstad

Av 38 akustisk merket laks som vandret forbi dam Rygene, ble 60,5 % (n=23) registrert ved tunellutløpet ved Evenstad kraftverk. Laksen brukte om lag 10 dager på denne strekningen, mens den brukte fem dager fra Løddesøl til Evenstad. Av de 23 fiskene som ble registrert ved Evenstad var 21 registrert nedstrøms i dagene etter. Det er tydelig at laksen opplever Evenstad som en vandringsbarriere og snur nedstrøms etter en tid. Dette bekreftes ved at det kun er registrert 37 laks i gjennomsnitt i fisketrappa på Evenstad de siste fire årene. Syv av de akustisk merkede laksene vandret opp i sidevassdraget Songeelva, men gjør dette sent i sesongen.

8.6 Tiltak og vandringsforhold for laks og aure på minstevannstrekningen

Bygging av ny fisketrapp og ei fiskesluse i dammen i Rygenefossen i Nidelva var et av flere tiltak for å møte et økende lakseinnsig utover 90-tallet (**Tabell 16**). I årene fra 1991 til 2020 er det gjennomført flere undersøkelser for å finne de rette tiltakene for å redusere vandringstiden for laksen gjennom minstevannstrekningen fra Helle til Rygene.

Tabell 16. Tiltak som er gjennomført for å bedre vandringsveiene for laks og sjøørret på vei opp i Nidelva.

År	Tiltak
1991	Bygging av ny fisketrapp og sluse i Rygenefossen
1992-2020	Ulike typer lokkeflommer
2006	Mekanisk fiskesperre i kraftverkstunnelen
2007	Rivning av 2 terskler i minstevannstrekningen
2013-2014	Ny elektrisk fiskesperre i drift i utløpet av tunnel på Helle
2021	Ny fisketrapp og fjerning av sluse ved Rygene

I hele perioden fra 1993 til 2020 er det sluppet ulike typer lokkeflommer i minstevannstrekningen. Slike lokkeflommer er tiltak for å redusere oppholdstiden for laks ved

utløpet av kraftverkstunnelen. Intervaller mellom vannslippene, og varigheten av hvert vannslipp har variert noe. Minstevannføringen har i denne perioden vært 5 m³/s fra 1. mai til 30. september. (Tabell 17).

Tabell 17. Antall dager med vannføring over den fastsatte minstevannføringen på strekningen fra Rygene dam til kraftverksutløpet ved Helle i årene 2001 til 2020. Antallet dager i tabellen er basert på målte vannføringer over 7 m³/s.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
2001	10	1	0	12	11	6	1	4	6	12	0	9
2002	0	9	1	0	4	6	4	3	2	9	0	0
2003	5	0	0	0	2	3	7	3	6	0	4	0
2004	2	0	5	4	3	4	9	3	9	18	0	1
2005	5	5	0	0	0	2	5	4	6	0	10	0
2006	0	0	0	0	10	2	4	8	11	4	10	19
2007	15	0	10	0	2	12	13	14	15	0	1	2
2008	8	7	5	27	24	17	10	12	21	2	5	0
2009	0	0										11
2010	0	0	1	4	0	4	5	4	4	9	0	0
2011	0	0	0	5	14	5	15	14	30	13	1	7
2012	6	1	7	30	31	30	31	9	2	11	18	2
2013	0	0	0	10	5	3	7	28	2	3	0	8
2014	10	22	27	15	8	30	18	13	27	27	28	0
2015	2	1	4	0	31	30	31	31	30	31	30	31
2016	31	29	31	30	26	30	31	31	29	29	3	0
2017	7	0	0	5	31	30	31	31	30	31	5	0
2018	0	0	3	10	29	1	4	13	4	2	6	3
2019	0	0	0	0	1	0	11	31	30	18	14	21
2020	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

8.6.1 Lokkeflommer

Overvåkingen av oppvandrende laks og ørret i fisketrappa på Refsnesterskelen fra 2003 til 2006 og på elvetversnittet på Helle, like ovenfor kraftverksutløpet i 2007, 2008 og 2014 viser at ulike typer lokkeflommer hadde ulik virkning. I årene før det ble montert mekanisk fiskesperre i tunnelen, vandret det flere fisk pr. dag like etter en lokkeflom enn i perioder med normal minstevannføring. Mekanismen bak denne økte oppvandringen var trolig ikke at vannføringen i minstevannstrekningen ble høyere der, men at fisk som stod inne i tunnelen, vandret ut på grunn av stans i kraftverket under lokkeflommene. Da ble det flere fisk tilgjengelig for vandring opp i minstevannstrekningen. Denne lokkeflomeffekten ble mindre etter at det ble montert mekanisk fiskesperre og senere elektrisk fiskesperre i tunnelen. Lokkeflommer uten medfølgende stans i kraftverket hadde dermed liten eller ingen effekt på fiskevandringen i minstevannstrekningen. Etter at det ble montert en mekanisk fiskesperre i 2006, ble effekten av full stans i kraftverket også mindre. Etter at det til slutt ble montert elektrisk fiskesperre i utløpet av tunnelen i 2014, ble det ikke funnet effekt av lokkeflommer.

8.6.2 Oppvandringsforløp i 2020 – et år uten kraftverksdrift

Vandringsforløpet målt i slusa viste at det var ca. 30 dager tidligere ankomst for laksen her i 2020 enn i årene før (2013-2017). I 2020 var kraftverket ute av drift. Laks merket med akustiske merker i 2020 vandret sju ganger raskere på strekningen fra utsetting nedstrøms Helle til Vadretet enn laks merket i 2018. Ankomsttidspunktet for laks i slusa er en parameter som innbefatter alle forsinkelsesfaktorer på minstevannstrekningen samlet. Dette må ikke forveksles med registrering av fiskens respons på lokkeflommer gjennom ankomst ved den tidligere terskelen på Refsnes (900 meter oppstrøms Helle), eller når laksen passerte videokameraene ca. 50 meter oppstrøms kraftverksutløpet på Helle (se 8.6.1).

Laksens tidligere ankomst i slusa i 2020 kan også ha vært påvirket av at driften av slusa var automatisk, mens den var manuell i alle årene før 2018. Det finnes ikke slusedata fra 2018 og 2019.

8.6.3 Ny fisketrapp i Rygene dam 2021

I 2020 ble byggingen av en ny fisketrapp i Rygene dam startet opp. Denne trappa skal erstatte den gamle trappa og fiskeslusa, og vil føre fisken helt opp til oversiden av dammen. De forsinkelsene som er registrert hos laks som passerte den gamle fisketrapp/fisksluseløsningen vil trolig kunne redusere med den nye trappa, som skal stå ferdig i juni 2021.

8.6.4 Endring av vandringsmotivasjon over tid

Laksens og sjøørretens vandringshastighet er påvirket av individenes motivasjon. Motivasjonen er trolig høyere hos fisk som har vokst opp som ungfisk og vandret ut som smolt fra Nidelva. Vandringsmotivasjon kan også være knyttet til individets genetik. Bestanden av særlig laks i Nidelva, er preget av at den er under reetablering, men uavklart genetik. Det er også sannsynlig at det hvert år vandrer inn laks som har vokst opp i andre vassdrag og dessuten rømt oppdrettslaks. Dersom innsiget av laks til Nidelva de siste årene i stadig større grad består av stedeodne individer, vil vandringshastigheten kunne endres over tid av den grunn.

8.6.2 Dataanalyse av oppvandring av laks

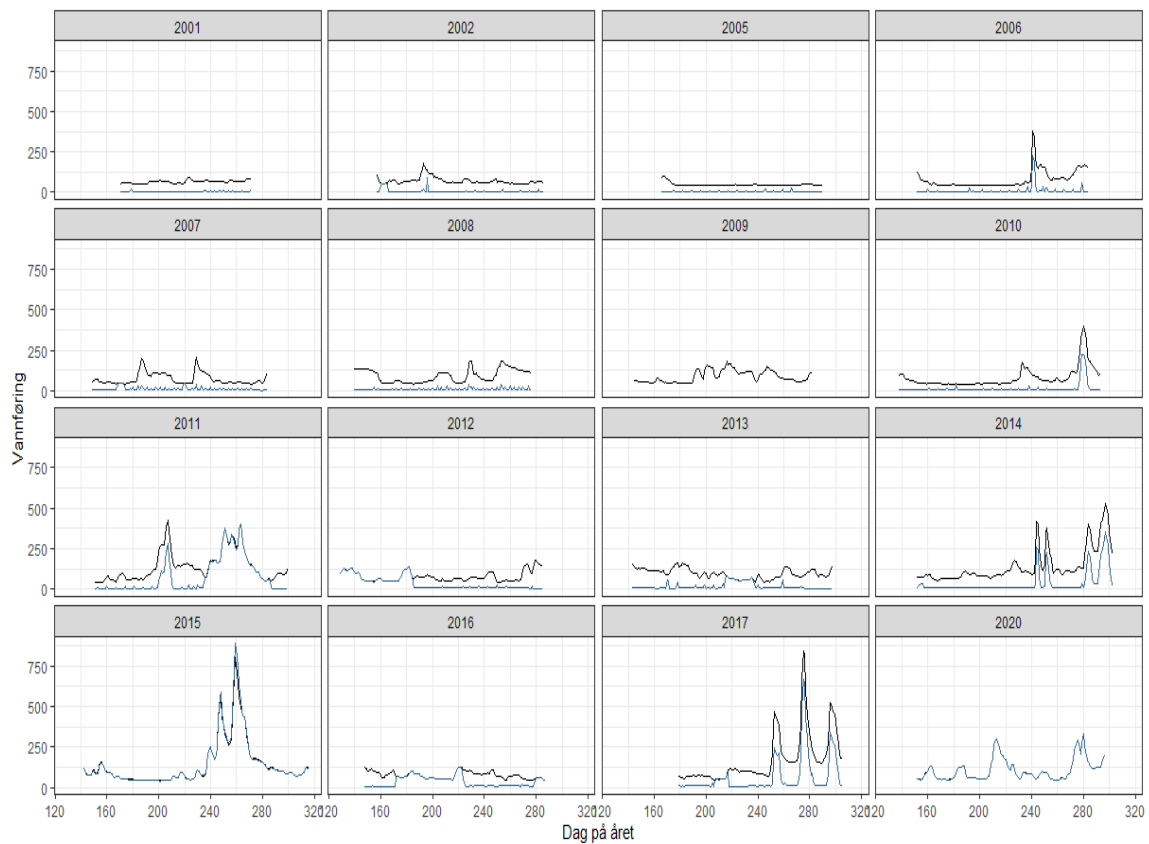
Målet med analysen er å gi en forståelse av hvilke faktorer som fører til at laks blir motivert til å vandre opp i minstevannføringsløpet og videre oppover elven. Målepunktet er fiskeslusa i dam ved Rygene. Her registreres antall fisk pr. dag og fangst i slusa er et resultat av valg laksen gjør nedenfor kraftverket.

Dataen består av ukentlige registreringer fra 1992, og daglige registreringer fra 1996. For enkelhetsskyld er ukentlige registreringer brukt i analysen ettersom man kan forvente at registreringene i slusa er en funksjon av vannføringsregime uken før ettersom det er beregnet at det tar i gjennomsnitt 7-10 dager før laksen velger å svømme opp i minstevannføringsløpet til de registreres i slusa.

Forklaringsvariablene er vannføringen i minstevannføringsløpet og totalvannføring i tillegg til andre endringer i den undersøkte perioden. Det har også skjedd en rekke endringer i

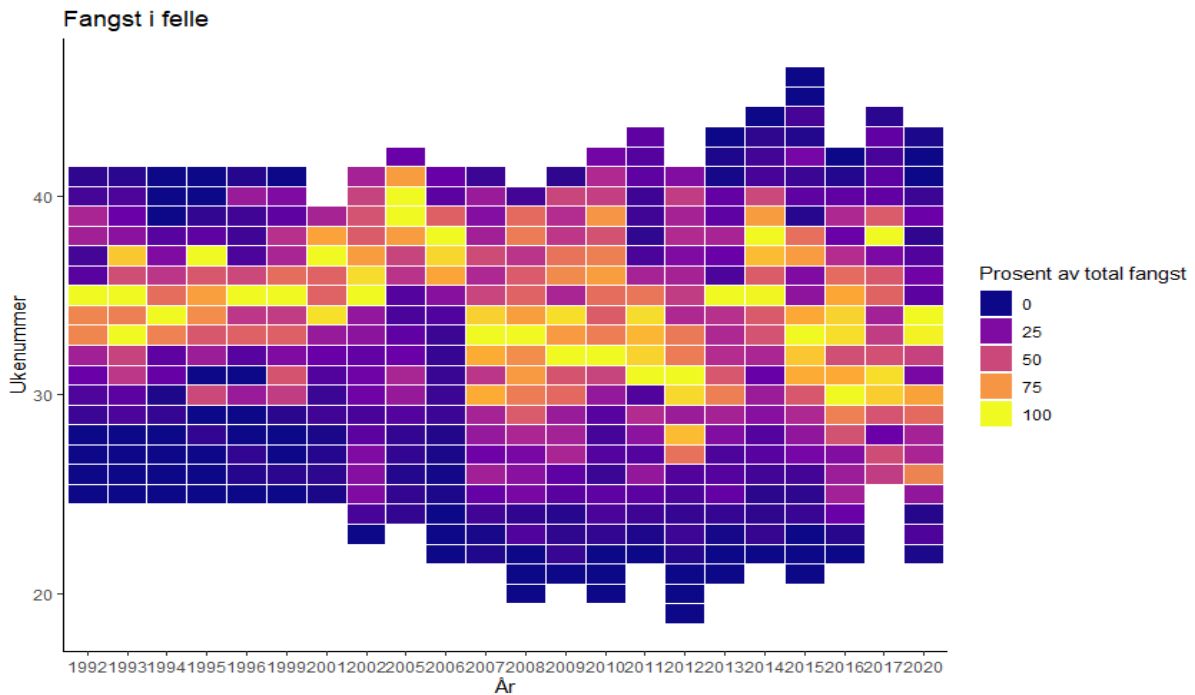
vassdraget rundt kraftverket. Disse er (1) kalkdoserer fra 2005, (2) fjerning av 2 av tre terskler fra 2007, (3) mekanisk fiskesperre fra 2006-2014 og elektrisk fiskesperre fra 2014-2020. Det er derimot svært vanskelig å vurdere slike variabler som er sterkt korrelert med års variasjon. Denne problemstillingen omtales mer utfyllende senere. Det er ikke fullt datasett for alle variablene, slik at det er noen år som ikke inngår i alle analysene.

Totalanalysen viser at det er en klar sesongavhengig variasjon i oppvandring av laks med en topp som varierer fra ca. uke 30 til uke 40 avhengig av år. Vannføringsdata er tilgjengelig for en del av slusedataene og viser en klar tendens til lavere vannføring i begynnelsen (2001-2005), og flere topper mot slutten (**Figur 52**). Merk også at det er svært liten vannføring i begynnelsen av i restvannføringen (lyseblå) tidlig på sesongen.



Figur 52. Vannføring i minstevannføringsløpet (lyseblå linje) og i kraftverket (svart linje) i sesongen for oppvandring av gytefisk i Nidelva i perioden 2001-2020.

For å illustrere hvordan den sesongmessige variasjonen i oppvandringen varierer mellom år, er det laget et plott som viser ukentlige verdier av prosent av maks fangst i slusa i løpet av en sesong (**Figur 53**). Denne måten å plote på korrigerer for at det er stor mellomårsvariasjon i total innsiget og illustrere et par viktig poeng. Fra og med 1992-2006 var det generelt sett en sen oppvandring, og også en tendens til en utvikling mot en senere oppvandring. Fra og med 2007 var det en klar endring i med tidligere oppvandringstidspunkt som vedvarte ut tidsserien med et unntak i perioden 2013-2015.



Figur 53. Ukentlige verdier av prosent av maks fangst i slusa i løpet av en sesong. Gul farge viser i hvilken uke det ble fanget flest laks i slusa i Rygene dam. Denne figuren er inspirert av en tidligere analyse gjort av Frode Kroglund.

Modelleringen er basert på følgende oppsett:

Antall fisk per uke \sim minstevannføring + totalvannføring + endringer (1:4) + År + uke

År og uke må settes inn i modellen ettersom det er stor mellomårsvariasjon i innsig. Ved å korrigere for disse variablene, er det mulig å se om noen av de andre variablene forklarer den resterende variasjonen. Dette kan enklest gjøres med en GAM modell¹. Dataene er tellinger av antall individer pr. tidsenhet og det er dermed naturlig å bruke en poisson fordeling når man modellerer dataene. Hovedproblemstillingen med å bruke en slik modell er derimot at man har forutsetninger om at observasjonene er uavhengige og at forklaringsvariablene ikke korrelerer. Det er derimot åpenbart at disse forutsetningene er brutt, og man skal være svært forsiktig med å konkludere basert på en analyse av disse dataene. I denne analysen er det gjennomført 2 steg:

- (1) Enklere lineære univariable modeller for å se om de *a priori* hypotesene følger forventninger i forhold til de tiltakene som er gjennomført.
- (2) En mer kompleks modell hvor det er forsøkt å korrigere for avhengighet og å vurdere om forklaringsvariablene (det vil si vannføringsdata) har noen forklaringskraft når andre faktorer er korrigert.

¹ Generalized linear model

- (3) Modellen innebærer å beskrive antall laks per uke (nn) som poisson fordelt data med forklaringsvariablene ukenummer (Uke), vannføring i minstevannføringsløpet uken før (lagrest), totalvannføring uken før (lagvf) og en av flere endringer (forklaringsvariabel).

Modellen så slik ut

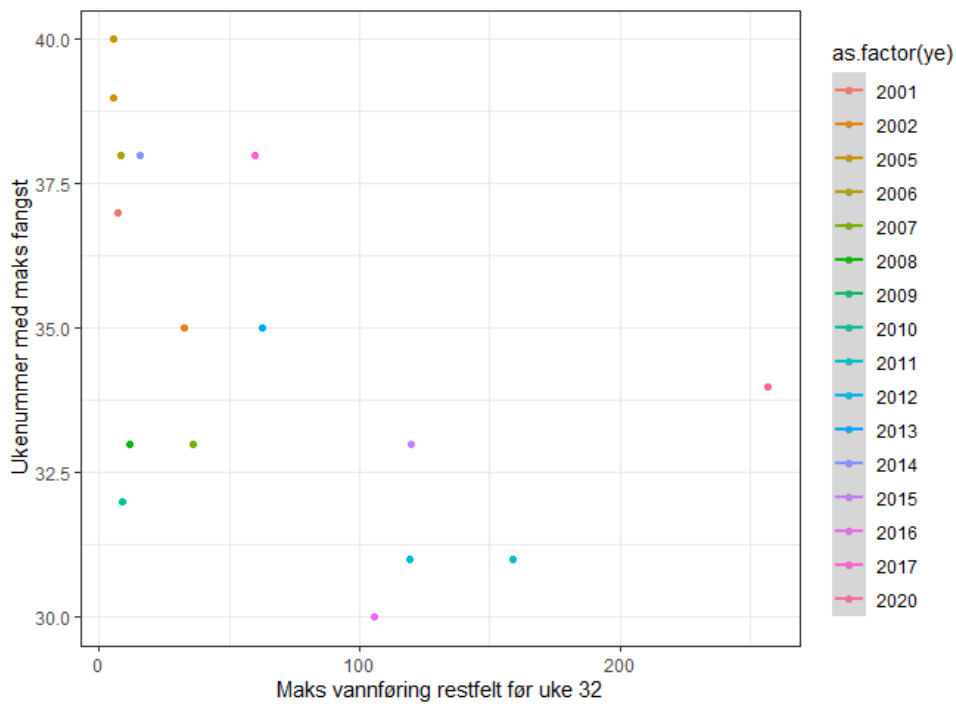
```
gam(nn~s(yef, bs="re")+s(Uke)+s(lagvf)+s(lagrest)+forklaringsvariabel(1:4),family=poisson)
```

Generelt sier modellen at:

- hvis man korrigerer for de andre variablene så virker det som totalvannføring forklarer en del av dataene.
- det er ikke mulig å sette inn alle endringene som forklaringsvariabler, men terskelfjerning forklarer mest av variasjonen (fordi den sammenfaller med det året der det er en stor endring i tidspunktet for oppvandring, dvs. fra og med 2007).

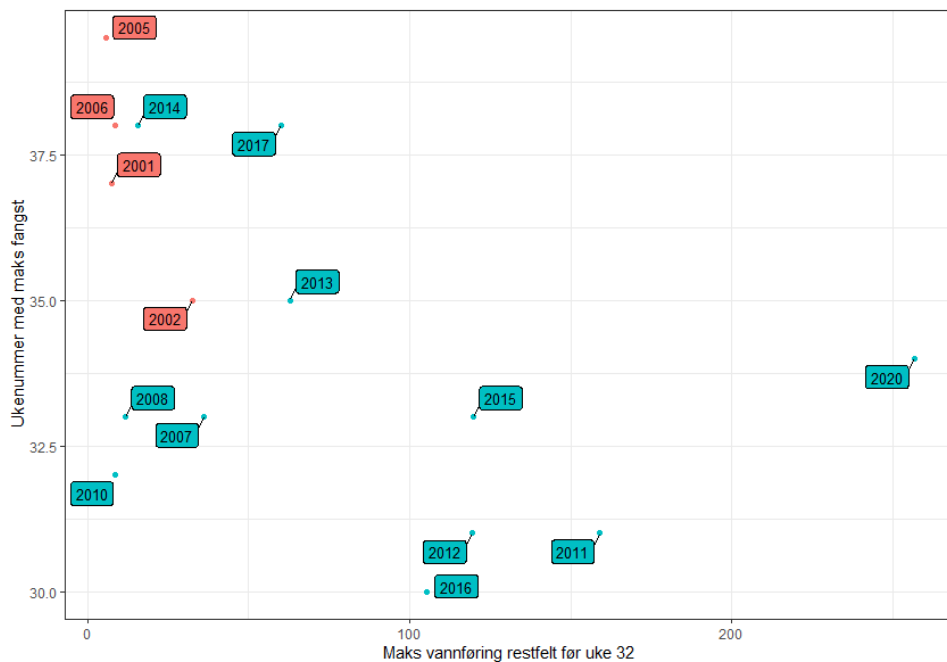
Det som er viktig å påpeke med denne analysen, er at det er åpenbart at flere av forklaringsvariablene korrelerer og det er derfor svært vanskelig å bruke denne analysen til å konkludere med hvilke faktorer som er signifikante og ikke.

Problemstillingen med at de forskjellige variablene korrelerer, kan lettest illustreres med en enkel lineær analyse av tidspunkt for oppvandring pr. år. I **Figur 53** viste vi at ukenummer med høyest antall registrerte laks fanger opp mye av mellomårsvariasjonen i oppvandringstidspunkt. En hypotese er at dette er drevet av om det er høy vannføring i minstevannføringsløpet tidlig i sesongen eller ikke. Ved å plote maks vannføring før uke 32 med tidspunkt for maks oppvandring i slusa finner man en sammenheng som tilsier at i år med høy vannføring i minstevannføringsløpet er det tidligere oppvandring (**Figur 54**).



Figur 54. Plott av maks vannføring før uke 32 med tidspunkt for ukenummer med maks fangst.

Problemstillingen er at hvis man skiller år før og etter terskelfjerning, så indikerer det at dette også kan ha vært utslagsgivende for når laksen vandrer opp (**Figur 56**).

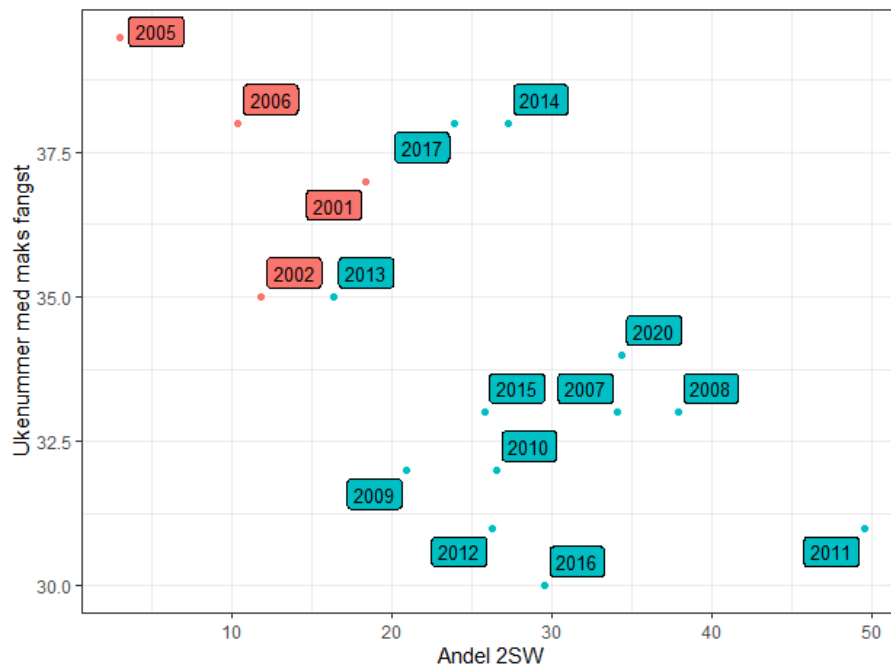


Figur 55. Ukenummer med maks antall registrerte laks i slusa før fjerning av terskler (røde bokser) og etter fjerning av terskler (blå bokser).

Dermed blir det slik at hvis man lager en enkel lineær modell med vannføring i minstevannføringsløpet og terskelfjerning som en forklaringsvariabler for tidspunkt for maks oppvandring, så vil ikke vannføring være signifikant, men det vil være det hvis man ikke regner

med terskel som en forklaringsvariabel (lm, $p < 0.05$).

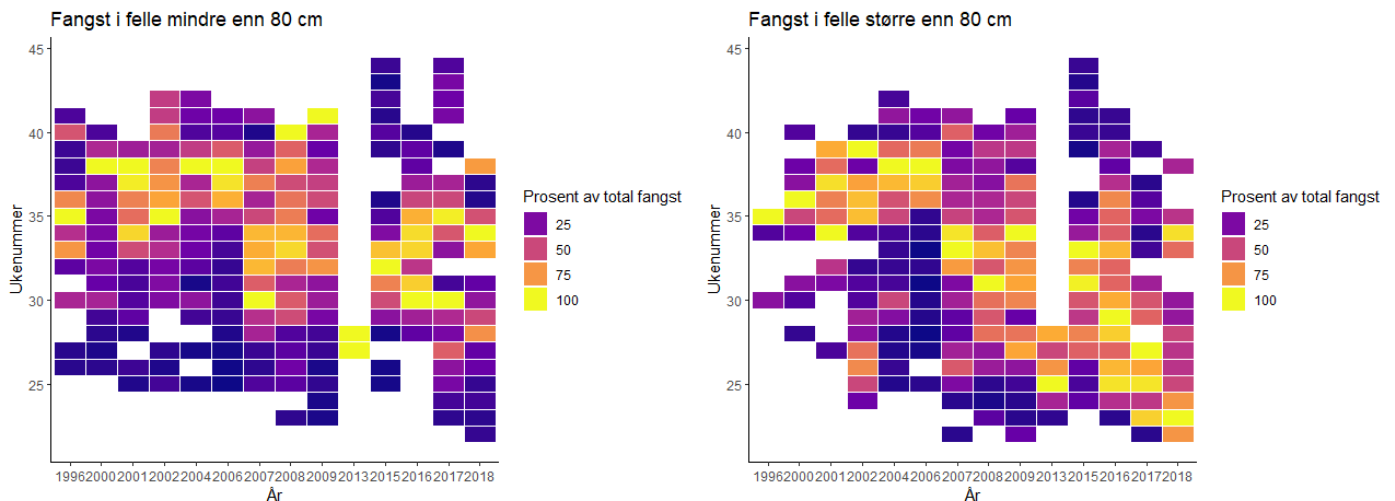
Et annet viktig element som også sammenfaller sterkt med endring i tidspunkt for oppvandring rundt 2007, er demografi. Det vil si at endring av andel flersjøvinter laks som vandrer opp kan påvirke tidspunktet for oppvandring. Dette fordi eldre laks vandrer tidligere opp i elven enn smålaks/tert. Modellen med andel to-sjøvinter, viser at terskelfjerning og vannføring ikke er signifikant, mens andel to-sjøvinter best forklarer variasjonen i oppvandring (**Figur 56**).



Figur 56. Andel 2 sjøvinter (2SW) i registreringene i slusa med maks antall for ukenummer.

Samtidig kan også dette være en tilfeldighet. For å undersøke om endringen som skjer i og rundt 2007 er grunnet demografi, kan vi se på om oppvandringen er en effekt av størrelse på fisken som kommer tilbake. Slik data har vi derimot bare for en del av datasettet og plottene vil derfor avvike noe fra tidligere.

Når en deler opp fangstene i stor eller liten laks (< enn 80 cm og > enn 80 cm), er det ingen indikasjon på at mønsteret rundt 2007 ikke gjelder for mindre fisk (**Figur 57**). Det vil si – det virker klart at endring, som vi ser i 2007, **ikke** hovedsakelig er drevet av at stor (eller større og eldre laks) kommer inn senere i tidsserien.



Figur 57. Ukentlige verdier av prosent av maks registrering i slusa i løpet av en sesong for laks mindre enn 80 cm (venstre figur) og for laks større enn 80 cm (høyre figur). Gul farge viser i hvilken uke det ble registrert flest laks i slusa i Rygene dam.

Dataene tilsier at registrering av antall laks i slusa er korrelert med den totale vannføringen uken før – noe som indikerer at i perioder med høy vannføring er laksen i bevegelse. Generelt virker det som det er en klar endring i oppvandring fra før og etter 2007 hvor laks blir tidligere registrert i slusa etter 2007. Denne endringen sammenfaller med endring i mengden vann som blir sluppet i minstevannføringsløpet i første del av sesongen, men også med at terskler i minstevannføringsløpet ble fjernet, og fører til en korrelasjon mellom oppvandring og disse forklaringsvariablene. Andre endringer (f.eks. kalkdoserer, mekanisk sperre) skjer også i denne perioden, men ikke akkurat i 2007. En annen stor endring som korrelerer med endringen i oppvandring er økt mengde flersjøvinter. Det er derimot lite som tyder på at dette er en størrelseseffekt, ettersom data på de fiskene som er lengdemålt ikke viser en slik demografisk effekt.

Ettersom man har en klar *a priori* mekanistisk forklaring til hvorfor fisken bør kunne vandre opp tidligere i minstevannføringsløpet ved økt vannføring og fjerning av terskler i minstevannføringsløpet, støtter dataene at disse har hatt en positiv effekt på oppvandringstidspunktet. For å forstå eksakt hvilke nivå av vannføring som er nødvendig og eksakt hva ved fjerningen av terskelen som har hatt en positiv effekt, må en gjennomføre mer detaljerte studier.

8.7 Utvandring av vinterstøing

En annen viktig faktor som kan ha vært med på å utvikle bestanden av laks i Nidelva, ovenfor Rygene dam, er sikring av vandringsveiene for utvandrende smolt og vinterstøing på vei ut av vassdraget om våren. I 2008 ble isluka i Rygene dam overvåket ved hjelp av kamerasystem (Lamberg og Strand 2008). Driftspersonell ved kraftverket kunne følge med på videobildene og åpne isluka når det samlet seg vinterstøing av laks foran isluka. De store individene

(mellomlaks og storlaks) hadde ikke mulighet til å passere dammen i situasjoner det ikke var overløp. Isluka er plassert like ved kraftverksinntaket der alt vann passerer når det ikke er åpne luker i dammen. I 2008 ble det registrert utvandrende vinterstøinger av laks i april. Senere, i mai, ble det registrert utvandrende smolt når luka ble åpnet (lagt ned). Isluka hadde tidligere blitt brukt for å sluse ut is som hopet seg opp ved kraftverksinntaket, og det er ikke kjent om vinterstøingene kan ha kommet seg ut ved slike hendelser, eller hvor vanlig slike hendelser var. I årene som fulgte, ble isluka i økende grad brukt for å slippe ut vinterstøinger og smolt over dammen (Haraldstad 2013 og 2014). I 2013/2014 var isluka åpen også om høsten og vinteren. I enkelt år er det dokumentert at vinterstøinger har blitt sluppet ut en åpen isluka: I 2011: 147 individer, i 2013: 170 individer og i 2014: 46 individer (2015 = 195, 2017 = 334 individer). I elver der det er benyttet videoovervåking hele året er det registrert nedvandrende utgytt laks i november og desember og også utover vinteren året etter.

9. Gjennomførte tiltak for å øke fiskeproduksjonen

I 2001 ble det utarbeidet en tiltaksplan for å prøve å øke fiskeproduksjonen i Nidelva. I denne tiltaksplanen var det søkelys på problemstillingene angående oppvandring av laks, forsøk med lokkeflommer i minstevannføringsløpet og tillaging av gyteområder i minstevannføringsløpet. Basert på tiltaksplanen og egne erfaringer opparbeidet i perioden etter 2001, ble det utarbeidet et nytt forslag for prioriteringer av tiltak for å fremme reetablering av laks i Nidelva. I forbindelse med kalkingen av Nidelva i 2006 ble det lagt vekt på en styrt reetablering av laks, en tilrettelegging for enklere oppvandring av fisk til gyteområdene og en justering av gyte- og oppvekstforhold på strekningen mellom Rygene og Helle. Basert på erfaringene opparbeidet i perioden 2001-2015, ble det i mars 2017 gjennomført en befarings med Agder Energi Produksjon og NORCE LFI på utvalgte strekninger i Nidelva. Hensikten var å finne frem til nye aktuelle habitattiltak som kan øke fiskeproduksjonen på utvalgte lokaliteter på elvestrekningen fra Evenstad og ned til Helle. Basert på denne befarings, ble det laget et nytt forslag til habitatjusteringer i elva for å øke fiskeproduksjonen (Gabrielsen 2017). I det påfølgende gjengis de viktigste tiltakene siden 2002 for å fremme fiskeproduksjonen:

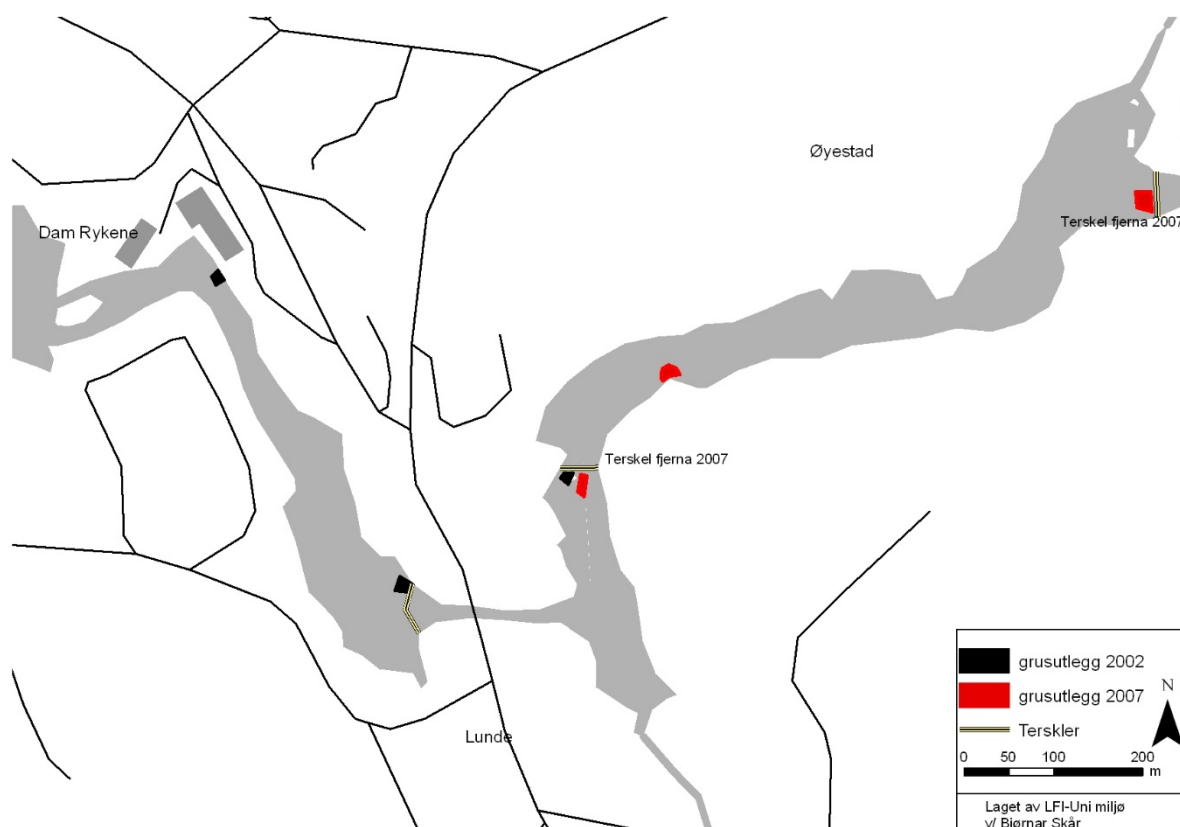
9.1 Rognplanting i perioden 2006-2013

Det er i perioden 2006- 2013 blitt plantet ut lakserogn i tråd med tiltaksplanen for å reetablere laks i Nidelva. Det ble benyttet lakserogn fra Storelva (Storelva i Holt). For å motivere laksen til å komme opp de ulike fisketrappene i vassdraget, ble områder langt oppe i elven mellom Eivindstad og Bøylefoss benyttet. Det er lagt ut totalt 1 391 000 rogn, med et snitt på 174 000 rogn pr. år. Eggoverlevelsen har variert mye i perioden, og gjennomsnittlige eggoverlevelsen er 61 %. I 2007 og 2008 var eggoverlevelsen spesielt dårlig med henholdsvis 10 % og 17 %. Dette skyldes trolig dårlig rognkvalitet fra stamfiskanlegget. Tas 2007 og 2008 ut, blir den gjennomsnittlige eggoverlevelsen 85 %. Basert på resultatene, har en, med unntak av årene

2007 og 2008, lykkes med tiltaket. Spesielt med tanke på det høye antallet rogn lagt ut og generelt sett med den høye registrerte eggoverlevelsen. Siden lakseroggen har blitt lagt ut så langt oppe i Nidelva, har dette trolig påvirket oppgangen av laks tilbake til dette området fra og med 2013. Dette baseres på at de fleste laksene smoltifiserer og forlater vassdraget etter to år på elva og en forventning om at de fleste returnerer til elva etter to år i sjøen.

9.2 Utlekking av gytegrus i 2002, 2007, 2017 og i 2018

I september 2002, ble tre nye gyteområder etablert ved tilførsel av egnet gytegrus. Gyteområdene ble etablert på strekningen nedstrøms Rygene; et område ved utløpet av kulpen under Rygenefossen (Fabrikkhølen), et område rett oppstrøms terskelen ved Strubru og et område rett oppstrøms terskelen i Kalvehagefossen (**Figur 58**). Det ble lagt ut gytegrus på et areal på ca. 328 m². I forbindelse med tiltaket med å fjerne terskler på denne strekningen i 2007, ble det lagt ut grus på tre nye områder. Imidlertid har det i etterkant vist seg at alle gytegrusområder som ble etablert i 2002 og i 2007 ble spylt ut ved stor flom. Det eneste grusutlegget som fremdeles eksisterer, er ved gjenværende terskel ved Strubru og litt gjenværende grus på det nederste området.



Figur 58. Oversikt over utlagt gytegrus i 2002 (svarte områder) i 2007 (røde områder) og terskler (to ble fjernet i 2007) på strekningen med minstevannføring mellom Rygene dam og Helle i Nidelva.

I 2017 ble det lagt ut ca. 300 m³ gytegrus ved Blakstad, ca. 14,5 km oppstrøms fra dam Rygene. Denne grusen dekker et område på omtrent 2 200 m² (**Figur 59**). Det har vært vanskelig å

evaluere dette tiltaket. Årsaken til dette er at det har vært mye vann ved evalueringen. Imidlertid er det dokumentert noen få gytegrøper ved gropundersøkelser og observert årsunger på gytegrusen ved gjennomføring av feltarbeid våren 2019 (LFI upubliserte data).



Figur 59. Oversikt over området hvor det ble lagt ut gytegrus på Blakstad i 2017.



Årsunge av laks observert på den nye gytegrusen på Blakstad i forbindelse med gropundersøkelser i 2019.

I mars 2021 ble det flydd med drone og tatt bilder av dette området. Ett utsnitt av dette dronelfotoet viser flere gytegrøper og de utlagte blokkene som ble lagt ut på gytegrusen for å øke hydromorfologisk variasjon i området (**Figur 60**). Basert på denne dokumentasjonen, har tiltaket økt gytemulighetene på strekningen mellom Rygene og Eivindstad. Det ble observert gyteaktivitet på området høsten 2020. I forbindelse med det elektriske båtfske utført av NINA, ble det ikke fanget ungfisk av laks på dette området i 2019, og de konkluderer med at det ikke har vært noe godt tilslag på dette habitattiltaket (Bremseth et al .2021). Imidlertid viser NORCE

LFI sin dronekartlegging at området blir brukt til gyting. Tiltaket bør evalueres med oppfølgende undersøkelser med dronekartlegging av gyteområdet før og etter gytesesongen og elektrisk fiske (elfiske fra båt og fra land) for å avklare effekten av dette tiltaket.



Figur 60. Lyse flekker viser større gytegruser, mens noen av de mørke flekkene er blokkgruppe bestående av 7-10 blokker med diameter på 1 til 1,5 m.

I 2018 ble det lagt ut gytegrus på et nytt område i nedre del av strekningen ved siden av det nederste røde området avmerket i **Figur 58**. Gytegrusen dekker et område tilsvarende ca. 160 m². Grusen ble lagt ut med gravemaskin og helikopter i et 30-40 cm tykt lag. Tiltaket ble evaluert i 2019, men det ble ikke funnet gytegruser i den utlagte gytegrusen. Noe av gytegrusen var spylt ut, men fremdeles lå det meste av gytegrusen igjen i 2019

I forbindelse med arbeidet i 2018 var det også planlagt å gjennomføre de resterende habitatforbedrende tiltak som var anbefalt i de midtre og nedre områdene (Gabrielsen 2017). Dette var bl.a. senkning av strandingsutsatte gyteområder og ripping av armert elvebunn. Da det ikke har vært mulig å få tillatelse til tilgang med maskiner fra alle berørte grunneiere, har det ikke vært mulig å gjennomføre disse foreslåtte habitattiltakene.

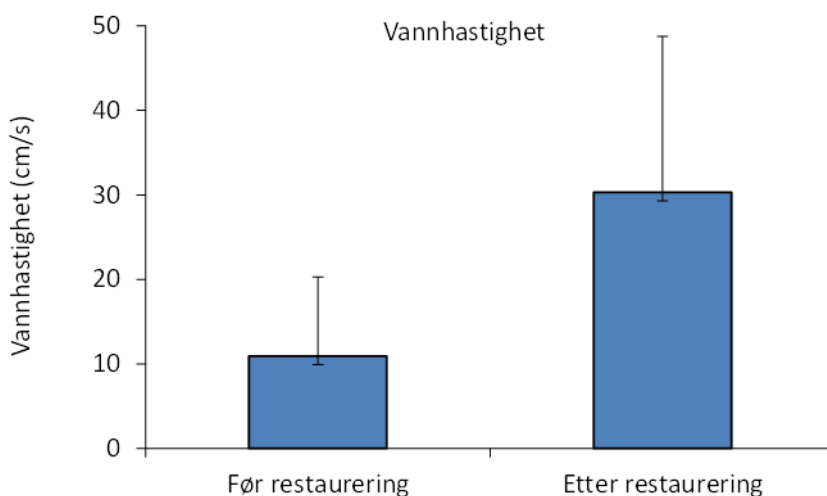
9.3 Fjerning av terskler på strekningen mellom Rygene og Helle i 2007

Tidligere ble elvestrekningen mellom Helle og Rygene karakterisert som lite produktiv med dårlige forhold for gyting og oppvekstområde for laksunger. En plan som innebar fjerning av terskler på denne strekningen for å skape et bedre elvemiljø med høyere vannhastighet og kulp-stryk variasjon ble utarbeidet. To terskler på strekningen ble fjernet i 2007 i tillegg til at det ble lagt ut egnet gytegrus. Terskelen ved Strubru ble ikke fjernet.



Flyfoto av minstevannføringstrekningen mellom Rykene og Helle før (øverste bildet) og etter rivningen av de to tersklene i 2007 (nederste bildet). Flyfotoene er hentet på Finn.no.

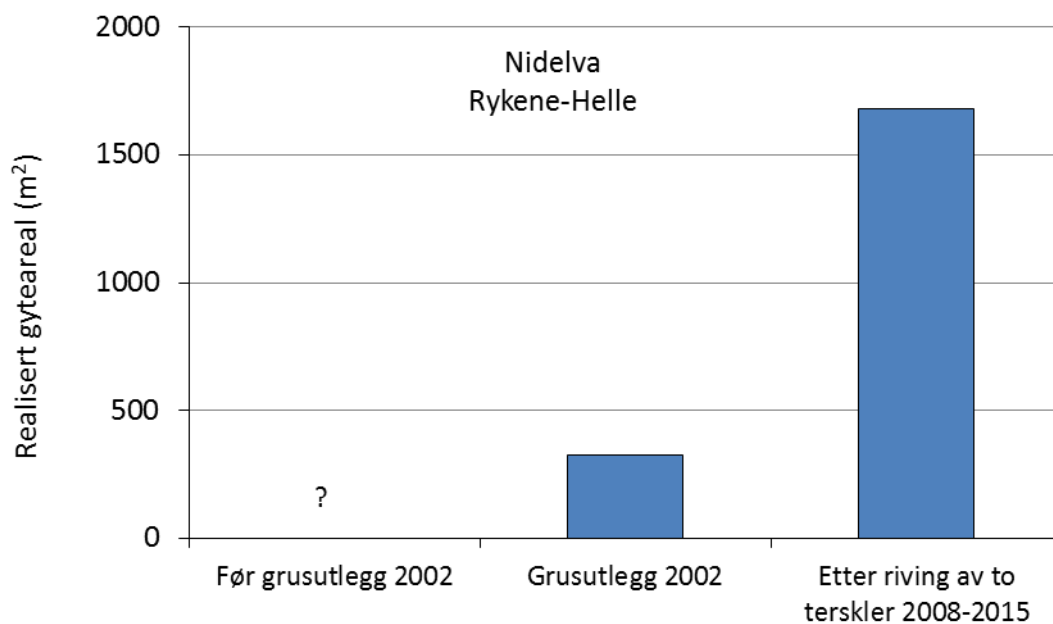
I perioden 2003-2015 ble det gjort en evaluering av tiltakene med å fjerne tersklene. Et av de viktigste resultatene av terskelfjerningen, var at strekningen fikk en høyere vannhastighet og at flere områder hadde blitt tatt i bruk til gyting (**Figur 61** og **Figur 62**). Tidligere var det bare på grusutleggene at det ble registrert gytegroper, mens det sist i prosjektperioden ble registrert gytegroper i nye områder. De nye områdene som var blitt tatt i bruk, er trolig opprinnelige gyteområder slik de var før tersklene ble etablert. Etter at tersklene ble fjernet og ettersom både gytefisken og vannstrømmen har fått bearbeidet elvebunnen, har denne løsnet mer og mer og flere og større områder er blitt tilgjengelig for gyting (**Figur 63**). Dette viser at minstevannføringstrekningen var et viktig område for gyting før tersklene ble etablert, og at tersklene førte til at disse områdene ble sedimentert og kittet igjen og ble utilgjengelig for gyting. Nå som tersklene er blitt fjernet, har elvedynamikken med god hjelp fra gytefisken, gjort disse områdene tilgjengelig igjen, og som en følge av dette har produksjonen av fisk økt betydelig på denne strekningen (**Se kapittel: 6.2 Tettheter av ungfisk nedstrøms Rygene i perioden 2003-2014**). I perioden før tersklene ble fjernet, var tetthetene av laks lave med et snitt på 2 fisk pr. 100 m². I perioden etter har tetthetene vært markant høyere med et snitt på 42 fisk pr. 100 m². For auren sitt vedkommende, viser tetthetene ingen positiv respons, og generelt har tetthetene av aure vært svært lave både før og etter tiltaket med å fjerne tersklene i Nidelva.



Figur 61. Gjennomsnittlig vannhastighet i områdene med terskel (Før restaurering) og uten terskler (etter restaurering) på strekningen med minstevannføring fra Rygene til Helle i Nidelva.



Figur 62. Oversikt over registrerte gytegrøper i minstevannføringstrekningen mellom Rygene og Helle i Nidelva i perioden 2003-2015. De grå områdene er fra før tersklene ble revet, mens oransje områder er i perioden etter. De oransje områdene er nye gyteområder som er blitt tilgjengelig etter at gytefisken og vannstrømmen har bearbeidet og løst opp gytegrusen. Denne gytegrusen var kittet fast i elvebunnen på grunn av lav vannhastighet, som følge av at disse tidligere lå i terskelbassengene. I 2015 ble det registrert noen tørrlagte gytegrøper vist som røde punkter.



Figur 63. Realisert gyteareal på strekningen mellom Rygene og Helle før og etter utlegging av gytegrus i 2002, og etter at tersklene ble fjernet i 2007 og frem til 2015.

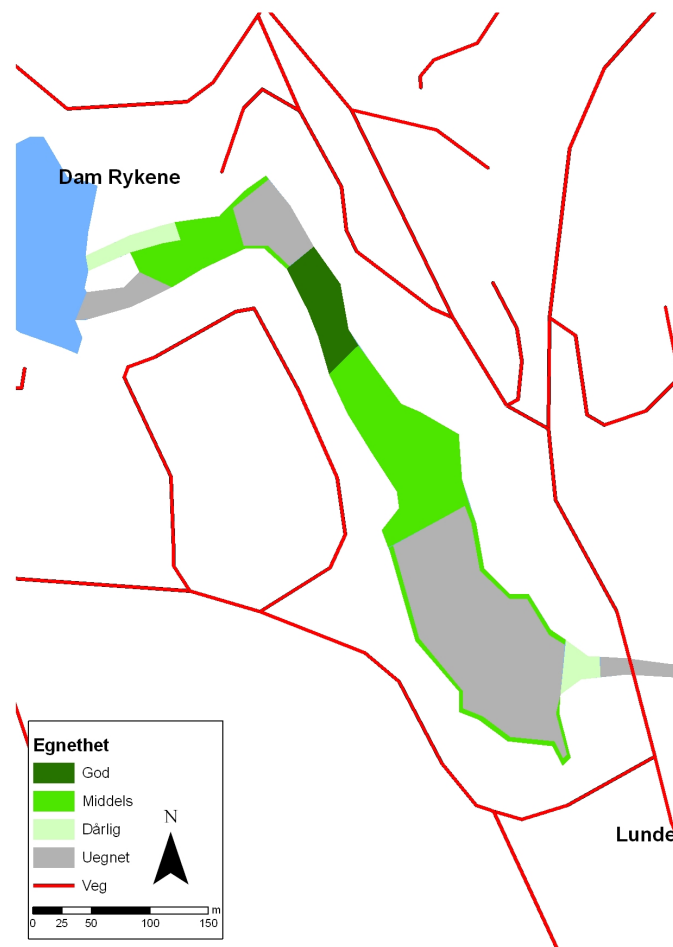
Et viktig spørsmål på denne strekningen er hvorvidt fjerning eller eventuelt senkning av terskelen ved Strubru vil føre til tilsvarende økning i fiskeproduksjonen som registrert på området nedstrøms Strubru. På befaringen i mars ble det funnet et ca. 400 m² stort gyteområde som ligger omtrent midt i dagens terskelbasseng (**Figur 64**). Dette gyteområdet blir ikke benyttet av gytefisken i dagens situasjon grunnet lav vannhastighet, sedimentering og at elvebunnen er pakket eller sementert. Videre har tidligere undersøkelser vist at denne strekningen er ganske egnet for ungfisk med hensyn på skjulmuligheter, men at et relativt stort areal er uegnet grunnet dagens terskel (**Figur 65**). For at dette potensialet skal realiseres er det helt avgjørende å få i gang gytingen på strekningen, og da må terskelen senkes eller fjernes helt. Tidligere ungfiskundersøkelser på denne strekningen har vært lave og under 5 eldre fisk pr. 100 m² (Gabrielsen & Skår 2015). I 2004 modellerte Fjeldstad et al. (2004) strømningsforholdene ved på denne strekningen med en vannføring på 3 m³/s ved dagens situasjon, og en nivåreduksjon ved terskelen på 1,0 meter (**Figur 66**). Hans konklusjon var at området ville få vannhastigheter som generelt er velegnet for både gyting av voksen fisk og oppvekst av ungfisk. Spesielt området der gyteområdet er lokalisert vil få bedre egnede vannhastigheter for gyting. I tillegg reduseres areal i dagens situasjon med terskel og med en vannføring på 3 m³/s, fra 25 553 m² til 20 249 m² ved en senkning av terskelen på 1,0 m. Det er spesielt et område med en odde fra vest som blir tørrlagt (**Figur 66**).



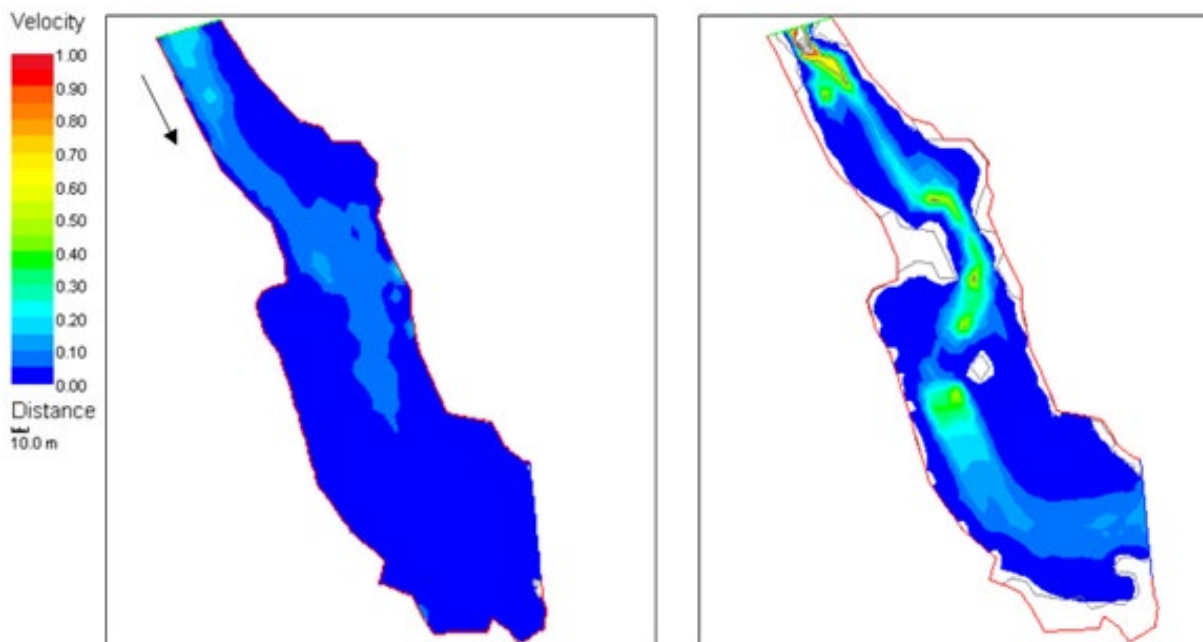
Figur 64. Gyteområdet som vil bli tatt i bruk om terskelen på Strubru senkes eller fjernes helt. Dette gytearealet er ca. 400 m² stort. I tillegg vil trolig deler av elvebunnen rett oppstrøms terskelen bli egnet til gyting over tid (skravert felt).

9.3.1 Forventet endring i fiskeproduksjon ved senkning eller fjerning av terskel

Tidligere undersøkelser av ungfiskproduksjonen i dette området, viste en lav produksjon med tettheter under 5 eldre laks pr. 100 m² (Gabrielsen & Skår 2015). Basert på dette og avsnittene ovenfor, er dagens produksjon av smolt i dette terskelbassenget trolig lav og blir gitt en forventet produksjon på 1 smolt pr. 100 m² (**Figur 65**). Med en senkning av terskelen på 1,0 m og med et fungerende gyteområde, forventes produksjonen av smolt å endre seg fra lav til høy, dvs. fra 1 til 7 smolt pr. 100 m² (**Figur 66**). Dette vil gi en forventet økning på ca. 1 100 smolt pr. år, dvs. fra dagens produksjon på ca. 300 til ca. 1 400 smolt.



Figur 65. Egnethet av oppvekstområder for smolt på strekningen mellom Rykene og Strubru.



Figur 66. Kart som viser vannhastigheter og vanddekt areal på øvre strekning ved en vannføring på 3 m³/s ved dagens vannivå til venstre og etter en terskelsenkning på 1,0 meter til høyre. Vanddekt areal er henholdsvis 25 553 m² ved dagens situasjon og 20 249 m² ved en eventuell senkning av terskelen på 1,0 meter. Figuren er hentet fra Fjeldstad et al. 2004.

9.4 Utlegging av blokker og steiner ved Espeland i 2020

Med bakgrunn i de nye foreslåtte habitattiltakene i Nidelva i 2017, ble det utført tiltak med å legge ut blokker og steiner ved Espeland (**Figur 67**). Årsaken til dette forslaget var at det på Espeland ligger et stort gyteområde, men at oppvekstområdene i områdene nedstrøms gyteområdet manglet skjul i elvebunnen. Tidligere kartlegging av strekningen mellom Eivindstad og Rygene har konkludert med at 67 % (1,565 km²) av elvearealet er helt stillestående og dypt og derfor uegna som leveområder for ungfisk. Dette fordi store deler av elvebunnen er dominert av sand/grus og med siv/mudder langs elvekanten. Derfor forventes det en svært lav produksjon av laksesmolt i store deler av denne strekningen. Ut fra tiltaksplanen utarbeidet av NORCE LFI, prosjekterte og utførte Terrateknikk arbeidet med å legge ut ca. 450 m³ med steinmasser sommeren 2020 som ble fordelt på ca. 500 grupper i elva (**Figur 67**). Gruppene ble lagt ut med hensyn på størst mulig grad av selvrensing for å unngå at hulrommene blir sedimentert ned. Det er anslått at tiltaksområdet utgjør ca. 19 000 m². Effekten av tiltaket er ikke evaluert. I tillegg til økt hulromkapasitet i elvebunnen, vil tiltaket øke variasjonen i strømningsforholdene og danner derfor økt hydromorfologisk variasjon i en del av elva som tidligere var relativt homogen.



Figur 67. Dronefoto som viser blokkgruppene lagt ut sommeren 2020 på elvebunnen ved Espeland i Nidelva. Bildet er hentet fra Terrateknikk sin rapport 35 – 2020.

10. Vanndekt areal og vannføring på strekningen Rygene og Helle

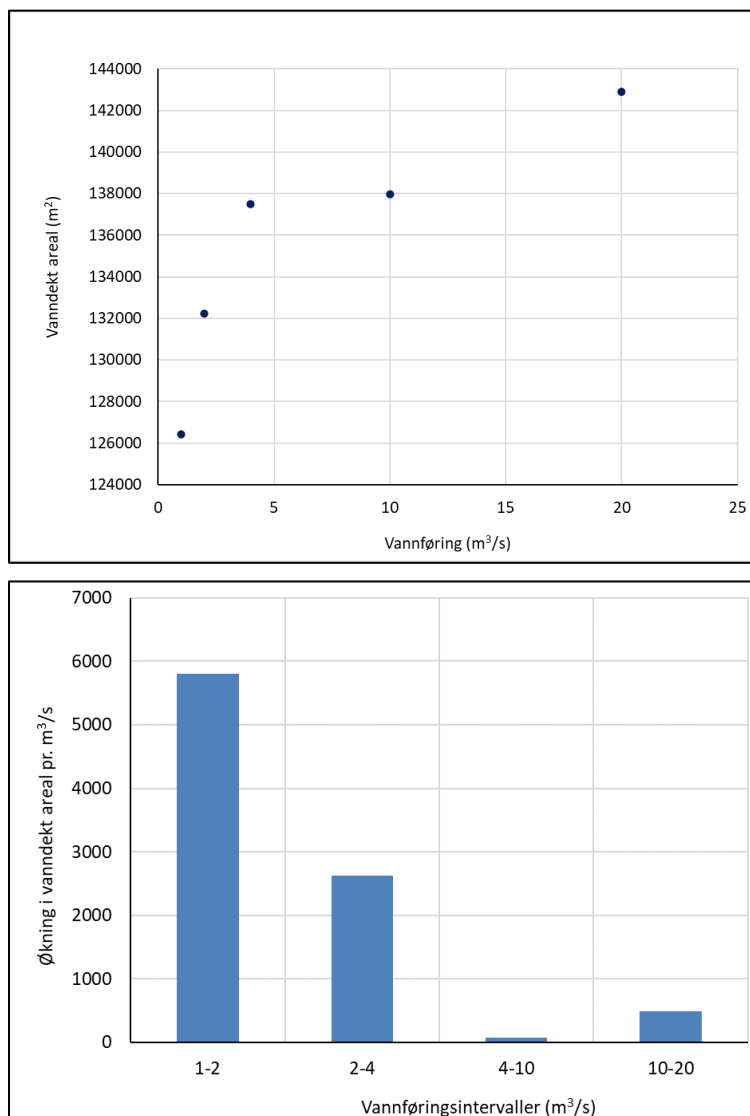
I forbindelse med denne kunnskapsoppsummeringen, anmodet NVE, Agder Energi, å utarbeide en sammenheng mellom vanndekt areal og vannføring på strekningen mellom Rygene og Helle. Det ble benyttet dronekartlegging til dette, og det er til nå utført kartlegging på fem ulike vannføringer. Det er laget vannlinjepolygon for disse fremstilt med dronefoto for strekningen (**Tabell 18**). Grunnet litt is i elvekantene, er sammenhengen noe usikker og det er gjort en antakelse om at ved 20 m³/s, så er hele elvesengen full av vann, tilsvarende 100 % vanndekt areal.

Tabell 18. Sammenhengen mellom vannføring og vanndekt areal på strekningen fra Rygene til Helle i Nidelva. Denne sammenhengen er basert på dronekartlegging.

Vannføring (m ³ /s)	Vanndekt areal (m ²)	Vanndekt areal (%)
1	126 431	88.4
2	132 241	92.5
4	137 496	96.2
10	137 959	96.5
20	142 907	100

De største økningene i vanndekt areal, ble funnet opp til en vannføring ved omtrent 4 m³/s. Det vanndekte arealet avtar gradvis med vannføringer over dette (**Figur 68** og **Tabell 18**).

Økning i vanndekt areal er på 5 810 m² fra 1 til 2 m³/s. Tilsvarende øker vanndekt areal i snitt med 2 628 m² pr. m³/s fra 2 til 4 m³/s, mens økningen er på 77 m² pr. m³/s fra 4 til 10 m³/s og 495 m² pr. m³/s fra 10 til 20 m³/s. Det anbefales å gjøre ytterligere kartlegging av vanndekt areal ved 3 kubikk og 15 kubikk for å få en mer nøyaktig sammenheng mellom vanndekt areal og vannføring. Vurderinger av hvilke vannføringer som dekker kartlagte gyteområder (ikke oppmålt med differensiell GPS) og oppvekstområder for ungfisk med hensyn på habitatkvalitet, anbefales i denne sammenheng. Skjønnsmessig vurdering av vannbehovet for å unngå stranding av gyteområder, tilsier at 1 kubikk er for lite og at en slik vannføring utgjør en flaskehals for fiskeproduksjonen på denne strekningen. Oppmålinger med differensiell GPS vil kunne avdekke hvilke vannføringer som dekker viktige gyteområder. Denne kunnskapen er nyttig sammen med kunnskapen om sammenhengen mellom vanndekt areal og vannføring slik at en mer kunnskapsbasert minstevannføring kan vurderes/etableres.



Figur 68. Sammenhengen mellom vannføring (m³/s) og vanndekt areal (m²) på strekningen fra Rygene og ned til Helle i Nidelva (øverst) og økning i vanndekt areal pr. m³/s for ulike vannføringsintervall.

11. Referanser

- Aulio, K. (1987) Rapid decline of mass occurrences of *Juncus bulbosus* in a deacidified freshwater reservoir. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica*, 63, 41-44.
- Borsányi, P., Alfredsen, K., Harby, A., Ugedal, O. & Kraxner, C. 2004. A meso-scale habitat classification method for production modelling of Atlantic salmon in Norway. *Hydroécologie Appliquée* 14(1): 119–138.
- Brandrud, T. E. (2002) Effects of liming on aquatic macrophytes, with emphasis on Scandinavia. *Aquatic Botany*, 73, 395-404.
- Brandrud, T. E., & Roelofs, J. G. M. (1995) Enhanced growth of the macrophyte *Juncus bulbosus* in S Norwegian limed lakes. A regional survey. *Water Air and Soil Pollution*, 85, 913-918.
- Bremset, G., Museth, J., Ulvan, E.M. & Saksgård, R. 2021. Fiskebiologiske undersøkelser i fire laksevassdrag på Sørlandet. Resultater og erfaringer fra utprøving av elektrisk båtfiske. NINA Rapport 1939. Norsk institutt for naturforskning.
- Brooks, A. 1989. Alternative channelization procedures. Pp. 139-162 in: Gore, J.A. & Petts, G.E. (ed.). *Alternatives in regulated river management*. CRC Press, Florida, USA.
- Brundu, G. (2015) Plant invaders in European and Mediterranean inland waters: profiles, distribution, and threats. *Hydrobiologia*, 746, 61-79.
- DN 2002: Slipp fisken fram! Fiskens vandringsmulighet gjennom kulverter og stikkrenner. Håndbok 22-2002. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim
- Egertson, C. J., J. A. Kopaska & J. A. Downing, 2004. A century of change in macrophyte abundance and composition in response to agricultural eutrophication. *Hydrobiologia* 524: 145-156 doi:DOI 10.1023/B:HYDR.0000036129.40386.ce.
- Einum, S. & Nislow, K.H. (2011). Variation in population size through time and space: theory and recent empirical advances from Atlantic salmon. In: *Atlantic Salmon Ecology*, pp. 277-298 (eds. Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal). Wiley-Blackwell.
- Finstad, A. G., S. Einum, O. Ugedal, and T. Forseth. 2009. Spatial distribution of limited resources and local density regulation in juvenile Atlantic salmon. *Journal of Animal Ecology* 78:226–35.
- Fjeldstad, H.-P., Barlaup, B.T., Stickler, M., Gabrielsen, S.-E. & Alfredsen, K. 2012. Removal of weirs and the influence on physical habitat for salmonids in a Norwegian river. *River Research and Applications* 28: 753 – 763.

Fjeldstad, H. P., Pulg, U., & Forseth, T. (2018). Safe two-way migration for salmonids and eel past hydropower structures in Europe: a review and recommendations for best-practice solutions. *Marine and Freshwater Research*, 69(12), 1834-1847.

FAO 2002: Fish passes - design dimensions and monitoring. Food and Agriculture organization of the United Nations. ISBN 92-5-104894-0. Roma
Forseth, T. & Harby, A. (red.). 2013. Håndbok for miljødesign i regulerte laksevassdrag. NINA Temahefte 52. 90 s. <http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/temahefte/052.pdf>

French, T. D. & P. A. Chambers, 1997. Reducing flows in the Nechako River (British Columbia, Canada): potential response of the macrophyte community. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 2247-2254.

Furniss, M.J., Roelofs, T.D. & Yee, C.S. 1991. Road construction and maintenance. *American Fisheries Society Special Publication*, 19: 297-324.

Gabrielsen, S-E. & Skår, B. 2015. Evaluering av tiltak for å øke produksjonen av laks i Nidelva
– oppfølgende undersøkelser i årene 2013, 2014 og 2015. Uni Research Miljø LFI Notat 03.12.2015.

Gabrielsen, S.E., Barlaup, B. T., Lehmann, G.B., Pulg, U., Skoglund, H., Skår, B., Wiers, T. & Sandven, O. 2012. Tiltak for å øke produksjonen av laks i Nidelva i perioden 2002 – 2012. LFI-Rapport nr. 201. 48s.

Haraldstad, T., Haugen, T. O., Kroglund, F., Olsen, E. M., & Höglund, E. (2019). Migratory passage structures at hydropower plants as potential physiological and behavioural selective agents. *Royal Society open science*, 6(11), 190989.

Haraldstad, T., Höglund, E., Kroglund, F., Haugen, T. O., & Forseth, T. (2018). Common mechanisms for guidance efficiency of descending Atlantic salmon smolts in small and large hydroelectric power plants. *River Research and Applications*, 34(9), 1179-1185.

Haraldstad, T., Höglund, E., Kroglund, F., Olsen, E. M., Hawley, K. L., & Haugen, T. O. (2020). Anthropogenic and natural size-related selection act in concert during brown trout (*Salmo trutta*) smolt river descent. *Hydrobiologia*, 1-14.

Haraldstad, T., Guttrup, J., & Haugen, T. O. (2014). Smoltutvandring i Nidelva 2014- Utprøving av tiltak for nedvandrende smolt ved Rygene kraftverk.

Høgberget, R., Håvardstun, J., Skancke, L. B. 2020 Driftskontroll av kalkingsdoseringsanlegg i Arendalsvassdraget år 2020. NIVA-Rapport 7634-2021

Hussner, A., Stiers, I., Verhofstad, M. J. J. M., Bakker, E. S., Grutters, B. M. C., Haury, J., Hofstra, D. 2017. Management and control methods of invasive alien freshwater aquatic plants: A review. *Aquatic Botany*, 136, 112-137.

Kagami, M., Nishihiro, J., & Yoshida, T. (2019) Ecological and limnological bases for management of overgrown macrophytes: introduction to a special feature. *Limnology*, 20, 1-2.

Kroglund, F., Haraldstad, T., & Güttrup, J. (2013). Bruk av isløpet som utvandningsrute for laks ved Rygene kraftverk, Nidelva.

Martin, T. L., N. K. Kaushik, J. T. Trevors, and H. R. Whiteley (1999). Review: denitrification in temperate climate riparian zones. *Water, Air, and Soil Pollution*, 111, 171–186.

McCarthy, D.T. 1985. The adverse effects of channelization and their amelioration. Pp. 83-97 in: Alabaster, J.S. (ed.) *Habitat modification and freshwater fisheries*. Symposium of the European Inland Fisheries Advisory Commission. Butterworth Publishers.

NVE, Fylkesmannen og Fylkeskommunen Rogaland (2010): Inngrep i vatn og vassdrag – ei rettleiing. Brosjyre 20, tilgjengelig fra: <https://www.fylkesmannen.no/globalassets/fm-rogaland/dokument-fmro/miljo/informasjonskriv/inngrep-i-vatn-og-vassdrag---ei-rettleing.pdf>

Ochs, K., R. P. Rivaes, T. Ferreira & G. Egger, 2018. Flow Management to Control Excessive Growth of Macrophytes - An Assessment Based on Habitat Suitability Modeling. *Frontiers in Plant Science* 9: doi:ARTN 356

Proćków, J. (2008) What is *Juncus bulbosus* subsp. *kochii* (Juncaceae) and does it really exist? A taxonomic revision of bulbous rush subspecies. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 156, 501-512.

Pulg, U. Barlaup B.T., Skoglund H., Velle, G. Gabrielsen S-E., Stranzl S., Olsen E. E., Lehmann, G. Wiers, T., Skår, B. Nordmann E. & Fjeldstad, H.P. 2018: Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø: God praksis ved miljøforbedrende tiltak i elver og bekker. LFI-Rapport 296.

Roelofs, J. G. M. (1983) Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in The Netherlands I. Field observations. *Aquatic Botany*, 17, 139-155.

Rose, N. L. (2007) *Lochnagar: the natural history of a mountain lake*, Springer, Dordrecht, the Netherlands.

Saksgård, R. & Larsen, B.M. 2019. Arendalsvassdraget. Fisk. I: Kalking av vassdrag skadet av sur nedbør. Tiltaksovervåking i 2018. Miljødirektoratet, rapport M-1566. 432 s.

Schneider, Susanne Claudia; Demars, Benoît Olivier Laurent. 2020. Vannplanter i Otra oppstrøms Brokke før og nå, og hva det betyr for problemvekst av krypsiv. NIVA rapport RAPPORT L.NR. 7484-2020.

Simonsen, J.H. 1995. Nidelva. Fiskeribiologiske undersøkelser 1993-1994 og 1980-1990. – Rapport. 60 s.

Svedang, M. U. (1992) Carbon dioxide as a factor regulating the growth dynamics of *Juncus bulbosus*. *Aquatic Botany*, 42, 231-240.

Thorstad, E. B., Økland, F., Kroglund, F., & Jepsen, N. (2003). Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. *Fisheries Management and Ecology*, 10(3), 139-146.

Ugedal, O., Lamberg, A., Thorstad, E.B. & Johnsen, B.O. 2001. Tiltaksplan for reetablering av laks i Nidelva (Arendalsvassdraget). NINA Oppdragsmelding 681: 1-34.

Velle, G., Kurz, T. og Dolva B. 2019. Kartlegging av krypsiv manuelt og med drone - en pilotstudie. LFI rapport 353. NORCE Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske, Bergen, Norge. 55 sider. ISSN 2535-6623.

Velle, G., Skoglund, H., Barlaup, B. (in press). Effects of nuisance submerged vegetation on the fauna in Norwegian rivers. *Hydrobiologia*

Velle, G., Skoglund, H., Skår, B., & Barlaup, B. (2014) Påvirkning av krypsiv på anadrom fisk og biologisk mangfold av bunndyr. Uni Research, LFI rapport nr. 231, Bergen.

Verhofstad, M. J. J. M., Alirangues Núñez, M. M., Reichman, E. P., Van Donk, E., Lamers, L. P. M., & Bakker, E. S. (2017) Mass development of monospecific submerged macrophyte vegetation after the restoration of shallow lakes: Roles of light, sediment nutrient levels, and propagule density. *Aquatic Botany*, 141, 29-38.

Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J. (2011). *Atlantic Salmon Ecology*. Wiley-Blackwell, 467 pp.