

Gassmetning og biologiske effekter i Skibotnelva



NORCE

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

NORCE Norwegian Research Center

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

ISSN nr: 2535-6623

NORCE LFI Rapport-nr. 532

Tittel: Gassmetning og biologiske effekter i Skibotnelva

Dato: 23.05.2024

Forfattere: Martin Enqvist, Ulrich Pulg

Kvalitetssikret av: Rowan Hamper

Bilder: Forfatterne

Geografisk område: Troms og Finnmark, Norge

Antall sider: 42

Oppdragiver: Tromskraft produksjon AS

Kontaktperson: Jostein Jerkø

Emneord: Gassovermetning, Gas supersaturation, vannmiljø, laks, sjøaure, bunndyr, habitat, tiltak, klima, vannkraft

Sammendrag:

Gassovermetning fra Skibotn kraftverk er dokumentert med verdier opp til 183 % TDG i periode 2021 – 2023. Historiske målinger av gassmetning i kraftverksutløpet viste maksnivåer mellom 106 og 184 % TDG i en periode mellom 2006 – 2011. Målinger i perioden 2021 – 2023 viste gassmetningsnivåer med risiko for akutt fiskedød både ved stasjon i kraftverksutløp, men også ved stasjoner 4,8 km og 8,2 km nedstrøms utløpet. Høye gassmetningsverdier inntraff i sammenheng med drift av Skibotn kraftverk og hovedårsak er sannsynligvis luftinndrag ved bekkeinntak. Resultater av ungfiskundersøkelser og bunndyr viste lavere tettheter nedstrøms enn oppstrøms kraftverksutløpet, noe som kan være en effekt av gassovermetning, men også av andre habitatforhold eller reguleringseffekter.

Fortynning med ikke-overmettet vann fra restfeltet demper påvirkningen av gassovermetning fra Skibotn kraftverk, men det forblir usikkert hvor stor strekning som rammes før vannet er tilstrekkelig fortynnet eller utluftet. Det anbefales derfor å fortsette overvåking av gassmetning i Skibotnelva og å utvide stasjonsnett med målinger på begge sider av elv ca. 900 m nedstrøms kraftverksutløpet, ved tilløp av Kvitlielva. Dette vil også hjelpe å belyse biologiske effekter og årsakssammenheng mer detaljert.

Følgende avbøtende tiltak vurderes som egnet til å redusere gassovermetning: Struping eller ombygging av bekkeinntak, fremskynding av fortynning og lufting ved økt turbulens i elva og tilpassing av driftsmønster. Også nye teknologier og metoder slik som utlufting ved ultralyd kan fungere, men her er det fortsatt forskningsbehov.

1 Innhold

2	Bakgrunn.....	2
2.1	Områdesbeskrivelse	2
3	Metode	4
3.1	Gassmetning.....	4
3.2	Årsaker til gassovermetning.....	5
3.3	El-fiske.....	7
3.4	Bunndyr	7
3.5	Vurderinger av biologiske effekter	8
3.6	Tiltak.....	10
4	Resultat.....	10
4.1	Gassmetningsovervåkning	10
4.2	Årsaker til gassovermetning.....	21
4.3	Biologiske effekter	21
4.4	El-fiske.....	26
4.5	Bunndyr	28
5	Diskusjon.....	28
5.1	Gassmetning.....	28
5.2	Årsaker til gassovermetning.....	31
5.3	El-fiske.....	32
5.4	Bunndyr	34
5.5	Beregnet risiko for biologiske effekter	34
5.6	Tiltak.....	37
5.7	Konklusjon.....	40
6	Referanser	43

2 Bakgrunn

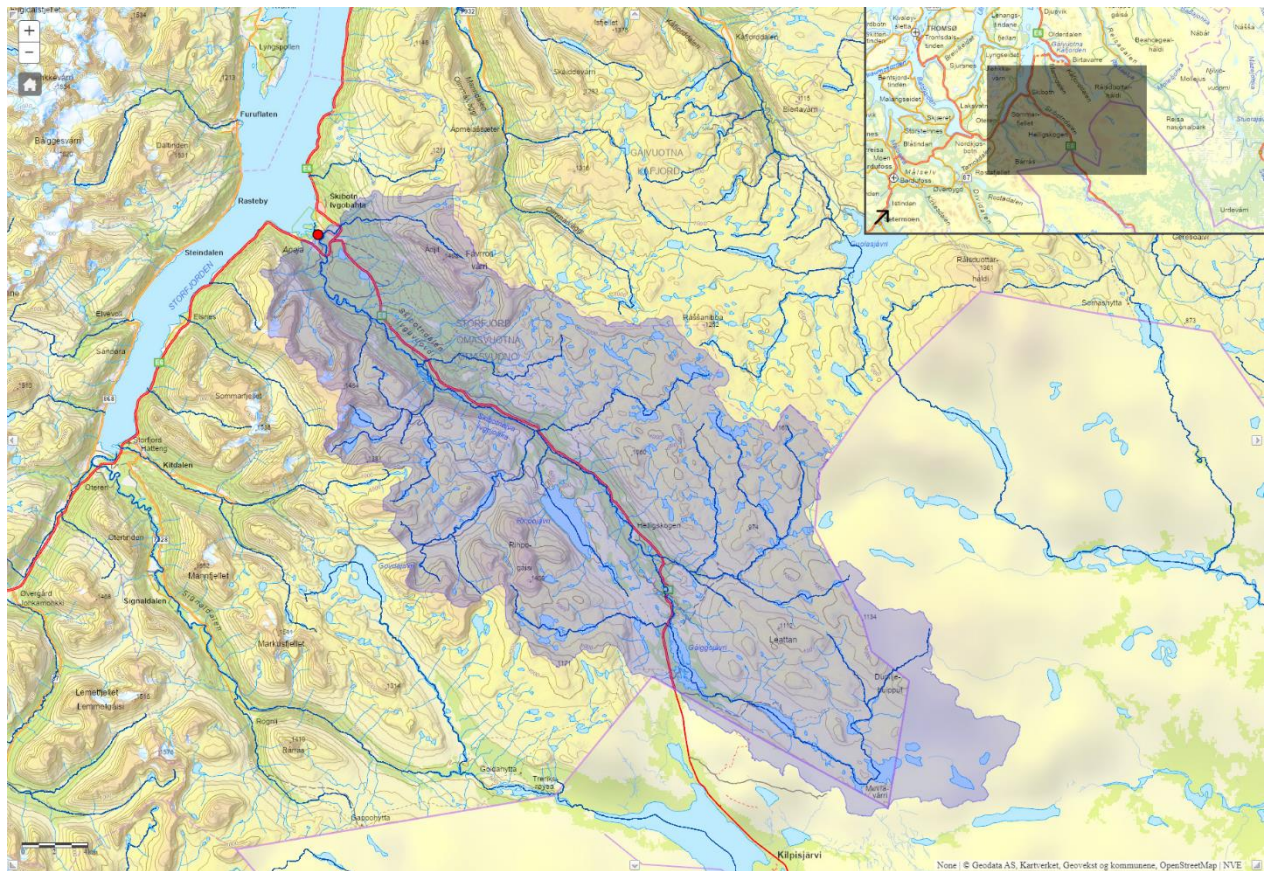
I forbindelse med revisjon av Skibotn kraftverk utføres det grunnlagsundersøkelser i Skibotnelva. På oppdrag av Troms kraft produksjon har NORCE LFI gjennomført en biologisk vurdering av Skibotnelva med fokus på økologiske effekter fra gassovermetning. Vurderinger grunner seg på gassmetningsmålinger innsamlet av NORCE LFI i samband med DeGas prosjekt (år 2021 – 2022), gassmetningsmålinger innsamlet av NORCE LFI på oppdrag av Tromskraft produksjon (år 2023), gassmetningsmålinger innsamlet av Tromskraft Produksjon (2006 – 2011) og i målinger av vannføringsdata for Skibotn kraftverk og Skibotnelva innsamlet av Tromskraft Produksjon AS (år 2006 – 2023).

2.1 Områdesbeskrivelse

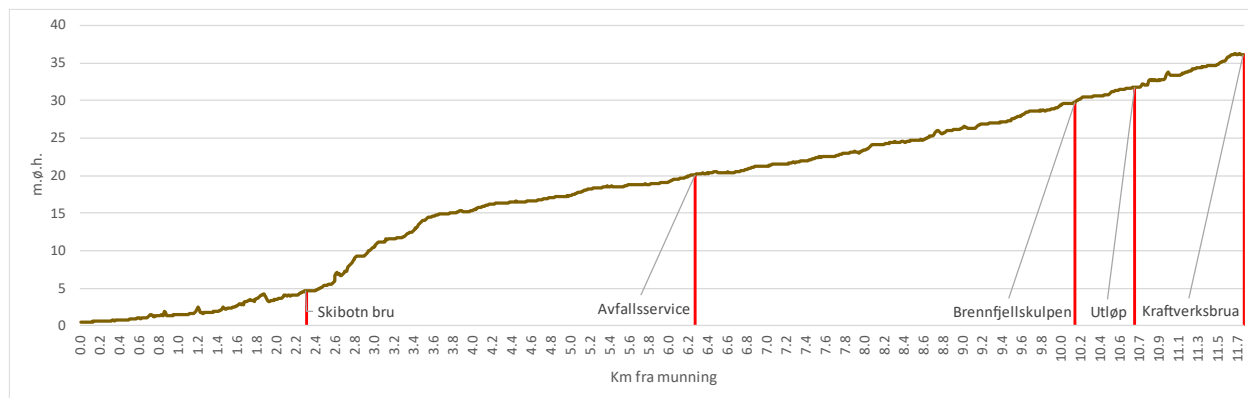
Skibotnelva er et vassdrag som ligger i Storfjord kommune i Troms og Finnmark der den renner ut i Lyngen fjord. Vassdraget har et nedbørfelt på ca. 754 km² og en middelvannføring på ca. 21 m³/s, beregnet med NEVINA programvaren til NVE (2024) (Figur 2.1). Elva har vært kraftregulert siden 1980 gjennom Skibotn kraftverk, som har sitt utløp ved Brennfjell ca. 11 km fra elvemunningen. Kraftverket har en brutto fallhøyde på 440 m og er utrustet med en Francisturbin med 18,5 m³/s slukeevne. Hovedmagasinet og inntaket til kraftverket finnes i Rihpojávri, med HRV 486 m.o.h. Skibotn kraftverk har fem bekkeinntak mellom kraftverksutløpet og hovedmagasinet, en i Lávka johka bekken, tre i Nordalsbekken og en i Kvitlielva, i tillegg løper avløpsvann fra Lávka kraftverk inn i kraftverkstunnel mellom bekkeinntak i Lávka johka og Nordalsbekken. I restfeltet oppstrøms utløpet er vannføringen redusert som følge av kraftverket (NVE 2024).

Skibotnelva har en lakseførende strekning på ca. 20 km opp til vandringsbarriere ved foss i Hengen. I tillegg til Atlantisk laks (*Salmo salar*) finnes det faste populasjoner av sjøørret (*Salmo trutta*) og sjørøye (*Salvelinus alpinus*) (Kristoffersen, et al. 2005). Estimert gytetid for laks i Skibotnelva er oktober til november med en swim up av yngel i juli/august. Ørret og Røye vender tilbake til Skibotnelva for gyting i juli – august (Bredeli og Aspås 1995, Jensen 2013). Utvandring av laksesmolt i Skibotnvassdraget er modellert til mellom 30. mai og 9. juli i (Fiske, Finstad og Ugedal u.d.)

Anadrom strekning oppstrøm kraftverksutløpet er dominert av stein og blokker med flekkvis innslag av grus og en gradient på ca. 0,8 %. Oppvekstforhold for fisk er gode, og det finnes en del gyteområder i denne delen (Jensen, Dahl-Hansen og Henriksen, Bonitering av Skibotnelva 2023). Området nedstrøms kraftverksutløpet domineres av substrat av stein og grus. Det er dårlig med skjul grunnet tildekning fra finsedimenter og større delen mangler gytehabitat (Jensen, Dahl-Hansen og Henriksen, Bonitering av Skibotnelva 2023). Figur 2.2 viser elvens profil opp til Kraftverksstasjon og plassering av stasjoner for måling av gassmetning.



Figur 2.1: Lokalitet og nedbørfelt for Skibotnelva.



Figur 2.2: Profil over Skibotnelva, munning til kraftverksutløp (Statens kartverk 2024). Stasjoner for måling av gassmetning er merket med røde linjer.

3 Metode

3.1 Gassmetning

Gassmetningsnivåer har blitt gjennomført i to omganger ved Skibotn kraftverk. I perioden mellom 2005 - 2011 gjennomførtes overvåking i vann fra utløp til kraftverket av Tromskraft produksjon ved hjelp av sonde av fabrikat Common Sense. Totalt gasstrykk i vann ble målt ved hjelp av sensor, og gassmetting beregnet ved hjelp av å relatere gasstrykk i vann mot barometrisk lufttrykk målt med separat barometer. Verdier ble målt hvert 60 minutt.

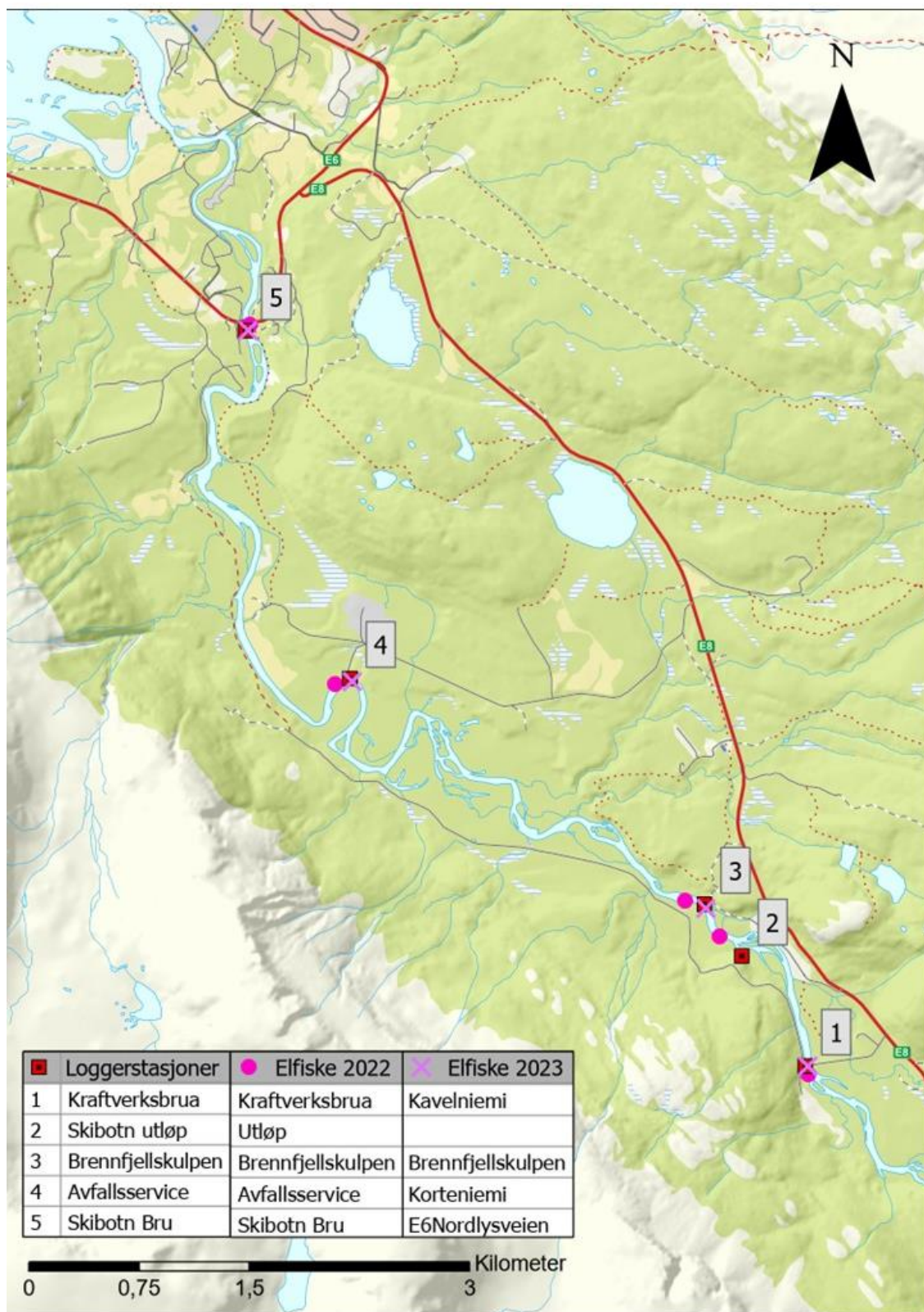
I perioden 2021 - 2024 ble gassmetningsnivåer overvåket av NORCE LFI ved fem stasjoner i Skibotnelva (Figur 3.1). Loggingen ble gjennomført ved hjelp av feltloggere konstruert av NORCE LFI som var tilkoblet strømforsyning via strømnettet eller via batteri. Loggerne var koblet til internett (GSM modem). Lufttrykk og lufttemperatur målt på land av loggerne ved hjelp av Barometric Pressure Sensor (Adafruit, BMP388) montert i loggerne og totalt gasstrykk i vann målt av en Weiss Saturometer montert i en sensor (Fisch und wasser technik) tilkoblet loggeren. Gassmetning ble målt i prosent som totalt gasstrykk i vann relativ til atmosfærisk trykk, der 100 % tilsvarer gassmetning ved jamvekt. Nøyaktighet i sonder er +/- 1 % TDG. Målinger ble sendt fra logger til online nettsted med 15 minutt intervall ved normal drift. Hver stasjon ble tilkoblet to

forskjellige sonder som ble montert på samme plass i elven. I analyse brukes den høyest oppmålte verdien TDG ved hvert tidspunkt, med mindre åpenbare målefeil er til stede.

Målinger i 2021 - 2024 ble gjennomført ved fem stasjoner på forskjellige avstander fra kraftverksutløpet for å kartlegge spredning av gassmetning i Skibotnelva, samt for å måle en naturlig gassmetning i et referansepunkt oppstrøms kraftverksutløpet. Gassmetning ble målt ved følgende Stasjoner: Utløp (0 km), Brennfjellskulpen (0,6 km), Avfallsservice (4,7 km) og Skibotn bru (8,5 km), et referansepunkt ble målt oppstrøms utløpet ved stasjon Kraftverksbrua (-1,2 km). Figur 2.2). I tillegg til målte verdier, ble det beregnet fortynnet gassmetning etter miksing av vann fra kraftverket og vann fra elv.

3.2 Årsaker til gassovermetning

Vurderinger av årsaker og situasjoner som medfører høye nivåer av gassmetning ble gjennomført i samarbeid med Tromskraft Produksjon. Vannføringer fra drift, bekkeinntak og restfelt ble analysert i relasjon til målte nivåer av gassmetning i Skibotnelva, og resultat presentert i notat av Tromskraft produksjon (Jerkø, Notat Tromskraft: Årsaksanalyse Gassmetning Skibotn kraftverk 2024).



Figur 3.1: Oversiktskart over gassloggerstasjoner og el-fiskestasjoner i Skibotnelva 2021 –2023.

3.3 El-fiske

For å undersøke tetthet av ungfisk, ble det gjennomført el-fiske ved to tilfeller, en gang 11. november 2022 av NORCE LFI og en gang 31. august 2023 av Akvaplan Niva. Arealer mellom 75 – 200 m² ble fisket med en gangs overfiske i henhold til metode i Forseth (2009). All fanget fisk ble artsbestemt og målt til nærmeste cm før den ble levende tilbakeført til elven.

Den 11. november 2022 ble det fisket 5 stasjoner i direkte tilknytning til gasslogger-stasjoner (punktmarkering Figur 3.1). Den 31. august 2023 ble det fisket 4 stasjoner, nære gassloggerstasjoner Kraftverksbrua, Brennfjellskulpen, Avfallsservice og Skibotn bru (kryssmarkering, Figur 3.1). El-fiske ble ikke gjennomført på nøyaktig samme areal i 2022 og 2023.

3.4 Bunndyr

Kvantitative prøver av bunndyr ble innsamlet av NORCE LFI 10. – 11. oktober 2022 i et areal på 30 x 30 cm. Substrat ble gravd opp til 10 cm dybde og samlet inn med Surber sampler (Hynes 1970). Prøver ble tatt ved lav vannføring på lokaliteter dype nok for å unngå effekt fra tørrlegging. Prøver ble tatt i habitat utsatt for gassovermetting, på motsatt side av gassloggerstasjon Brennfjellskulpen, ca. 600 m. nedstrøms kraftverksutløp, og i referansehabitat ca. 850 m. oppstrøms kraftverksutløp (Opsanger 2023).

Bunndyrprøver ble analysert i lab med mikroskop. Bunndyr av klasse Gastropoda, Turbellaria, Tipuloidea, Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera og Coleoptera ble identifisert til lavest mulige nivå. Orden Diptera ble identifisert til familie, Nematoda til rekke og Oligochaeta til underklasse. Planktoniske krepsdyr ble utelukket fra analysen grunnet antatt transport fra vannmagasin. I tillegg ble bunndyr klassifisert etter gruppe, basert på bevegelse- og måte å finne mat (Tabell 3.1).

Individer i prøver ble bestemt til lavest mulige nivå ved hjelp av mikroskop. Alle individer ble så brent i 50°C i 24 timer og vegd for å faststille biomasse (Opsanger 2023)

Tabell 3.1: Bunndyrgrupper basert på inntak av føde og bevegelse, kilde: Opsanger (2023).

Functional group	Trait group	Description
Feeding mode	Gatherers/Collectors	Feed on fine particulate detritus on stream bottom
	Filterers	Filter suspended particulate material from water column
	Predators	Consume other animals and engulf whole prey or suck body fluids
	Grazers/Scrapers	Feed on periphytic algae and associated material on mineral or organic substrate
	Shredders	Feed on living or decomposing vascular plant tissue, coarse particulate organic material by chewing large pieces
	Other	Other modes of feeding
Movement mode	Swimming	Swim through water
	Burrowing/Boring	Burrow in soft substrates or bore in hard substrates
	Sprawling/Walking	Move actively over surfaces with legs, pseudopods or on mucus
	Semi (Sessile)	Fasten to hard substrates, plants, or other animals
	Others	Other modes of locomotion

3.5 Vurderinger av biologiske effekter

Biologiske effekter fra gassovermetning ble vurdert etter grenseverdier fra labforsøk presentert i Pulg m.fl. (2018). Effekter fra gassmetning ble klassifisert etter styrke (% TDG) og varighet på liten dybde (0,3 m.), middels dybde (0,5 m) og stor dybde (1 m.). Risikovurdering for skader som følge av gassovermetning ble klassifisert i 4 klasser (Tabell 3.2). Klassifiseringen som ble brukt, grunner seg i resultat fra labforsøk på Atlantisk lakseparr. Grenseverdier for ørret og røye er i dag ukjent.

Tabell 3.2: Risikovurdering for gassblæresyke som følge av eksponering for gassovermetning, kilde: (Pulg, Isaksen, et al. 2018).

Risiko	Betydning	Forventet effekt
Lav	Effekter relatert til gassblæresyke ikke sannsynlig	Ingen dødelighet eller kroniske effekter sannsynlig
Middels	Målbare effekter i dyr sannsynlig, hovedsakelig subletal	Subletale effekter sannsynlig, for eksempel, gassbobler, blødninger, sekundærinfeksjoner, på lang sikt også dødelighet
Høy	Første tilfeller av akutt gassblæresyke sannsynlig	Sannsynlig at dyr begynner å dø
Svært høy	Akutt gassblæresyke i de fleste fisk sannsynlig	Sannsynlig med høy dødelighet (> 50 %)

Episoder med høy gassmetning og mulig start av biologisk påvirkning ble definert ut ifra maks verdi ≥ 115 % TDG ved stasjon Utløp, og tid mellom start og stop > 6 timer. Starttid ble definert som første observasjonen ≥ 110 % TDG, og stopptid som siste observasjonen ≥ 110 % før gassmetning stabiliserer seg < 110 % TDG.

For å vurdere utbredelse av effekter fra gassmetning, ble biologiske effekter vurdert i seks punkter i Skibotnelva (Utløp, Fortynning, Brennfjellskulpen, Avfallsservice, Skibotn Bru og Kraftverkverksbrua) basert på målte gassmetningsnivåer i alle stasjoner utenom Fortynning, der nivåer TDG ble beregnet på vannføringer i kraftverk og restfelt. Maks gassmetning, tid med gassmetning over 110 % og risikovurdering ved de ulike punktene ble sammenlignet for å vise potensiell spredning av gassmetning nedstrøms kraftverksutløpet.

Gassmetning for «Fortynning» ble beregnet etter:

$$\left(TDG_{\text{Utløp}} \cdot \frac{m^3/s \text{ utløp}}{m^3/s \text{ rest} + m^3/s \text{ utløp}} \right) + \left(TDG_{\text{ref}} \cdot \frac{m^3/s \text{ rest}}{m^3/s \text{ rest} + m^3/s \text{ utløp}} \right)$$

Der TDG utløp = gassmetning målt i kraftverksutløp, m^3/s utløp = vannføring målt i kraftverksutløp, m^3/s rest = beregnet vannføring i restfelt og TDGref = gassmetning målt i

referansepunkt. Referansepunkt er Kraftverksbrua når data er tilgjengelig, ved databortfall brukes Brennfjellskulpen og når ingen av de to har data brukes 100 %. Vannføring i restfelt ved utløpet er 80 % av restvannføringen ved Skibotn bru og tid mellom punkter er estimert til 2 h, vannføring i restfelt er derfor beregnet etter:

$$(m^3/s \text{ skibotnbru}_{t+2h} - m^3/s \text{ utløp}_t) \cdot 0.8$$

Der m^3/s Skibotnbru $_{t+2h}$ = vannføring ved Skibotn bru 2 timer frem i tiden og m^3/s utløp $_t$ = vannføring ved utløp i nåtid.

3.6 Tiltak

Tiltak for å redusere potensielle skader på fisk og bunndyr som følge av gassovermetning presenteres basert på forslag i Pulg m.fl (2018) og forskning i DeGas (Kuhn 2023)

4 Resultat

4.1 Gassmetningsovervåkning

Begge loggeperiodene (2005 – 2011 og 2021 – 2023) viste like mønster av gassmetning gjennom året, med perioder av høyest gassovermetning i løpet av sommeren (mai - september) og en eller to kortere perioder om høsten. Mellom desember og mai ble det ikke målt topper over 110 % TDG (Figur 4.1, Figur 4.2)

Spredning av gassmetning nedstrøms Skibotn kraftverksutløp ble registrert i stasjoner ved Avfallsservice og Skibotn bru. Ved Avfallsservice ble det målt maksimale TDG-verdier på 112, 115 og 119% i henholdsvis 2021, 2022 og 2023. Ved Skibotn bru med det målt maksimale TDG-verdier på 105, 110 og 111% TDG i henholdsvis 2021, 2022 og 2023. Alle topper ved begge stasjoner skjedde i samme periode som høye nivåer gassmetning i kraftverksutløp (ca. 180 % TDG). Ved Avfallsservice måltes nivåer over 110 % TDG i totalt 5 timer 2021, 7 dager 2022 og 4 dager i 2023. Ved Skibotn bru måltes kun 11 timer over 110 % TDG i 2023 (Tabell 4.1).

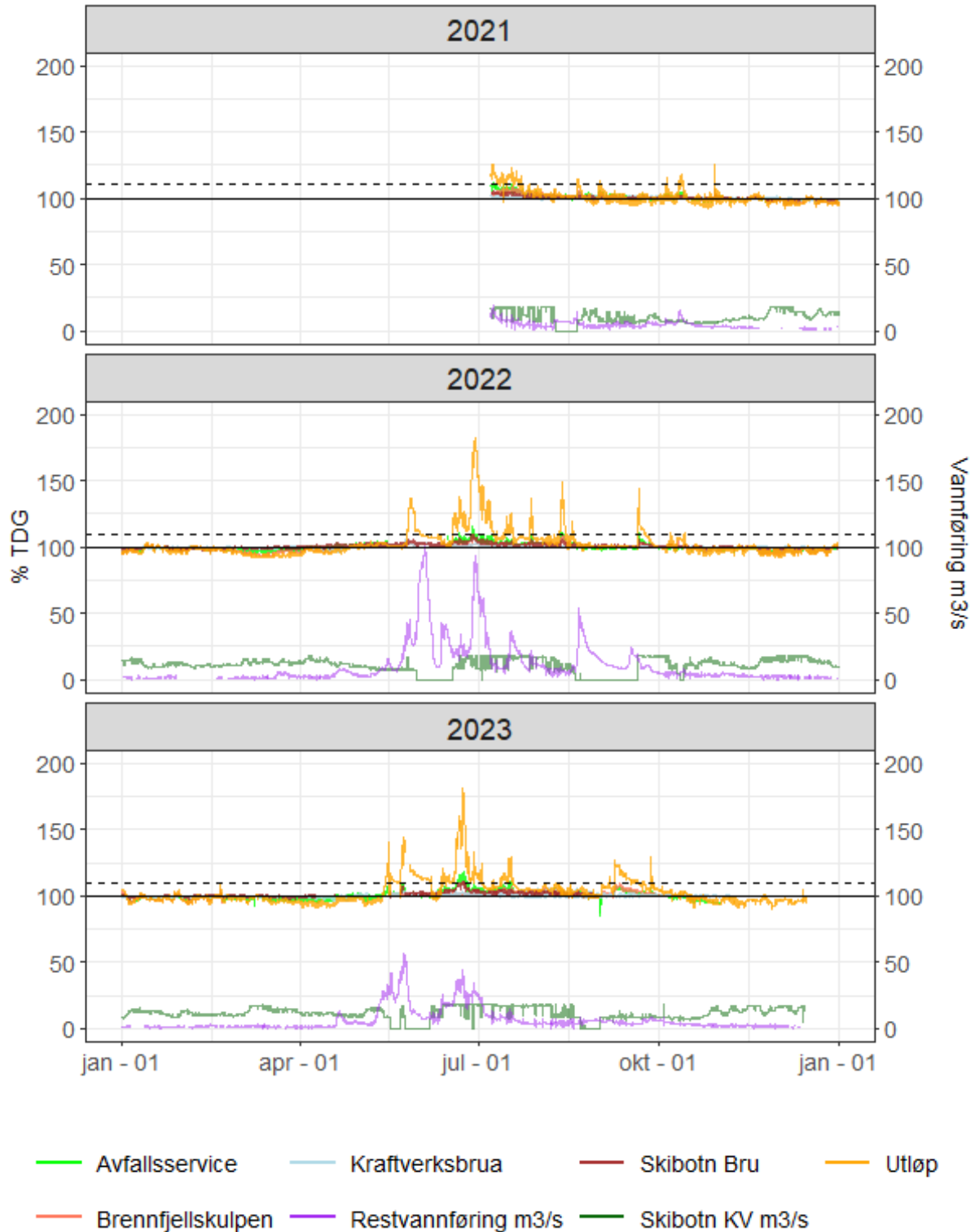
Mellom 2005 – 2011 målt gassmetning ved kraftverksutløpet til gjennomsnittlige nivåer mellom 98 – 101 % TDG og maksnivåer mellom 106 – 184 % TDG. Tid over 110 % TDG var kortere i denne overvåkingsperioden sammenlignet med 2021 – 2023, mellom 0 og 22 dager (Tabell 4.2).

Beregnet fortyningseffekt i 2021 – 2023 viser en reduksjon av maksnivåer TDG fra 126 – 117 % i 2021, 183 – 127 % i 2022 og 182 – 129 % i 2023. Også beregnet total tid over 110 % TDG går ned med 13 dager i 2021, 29 dager i 2022 og 28 dager i 2023 (Tabell 4.1). Totalt sett reduserer fortyningseffekten både styrke (maks TDG) og tid over 110 % TDG (Figur 4.3)

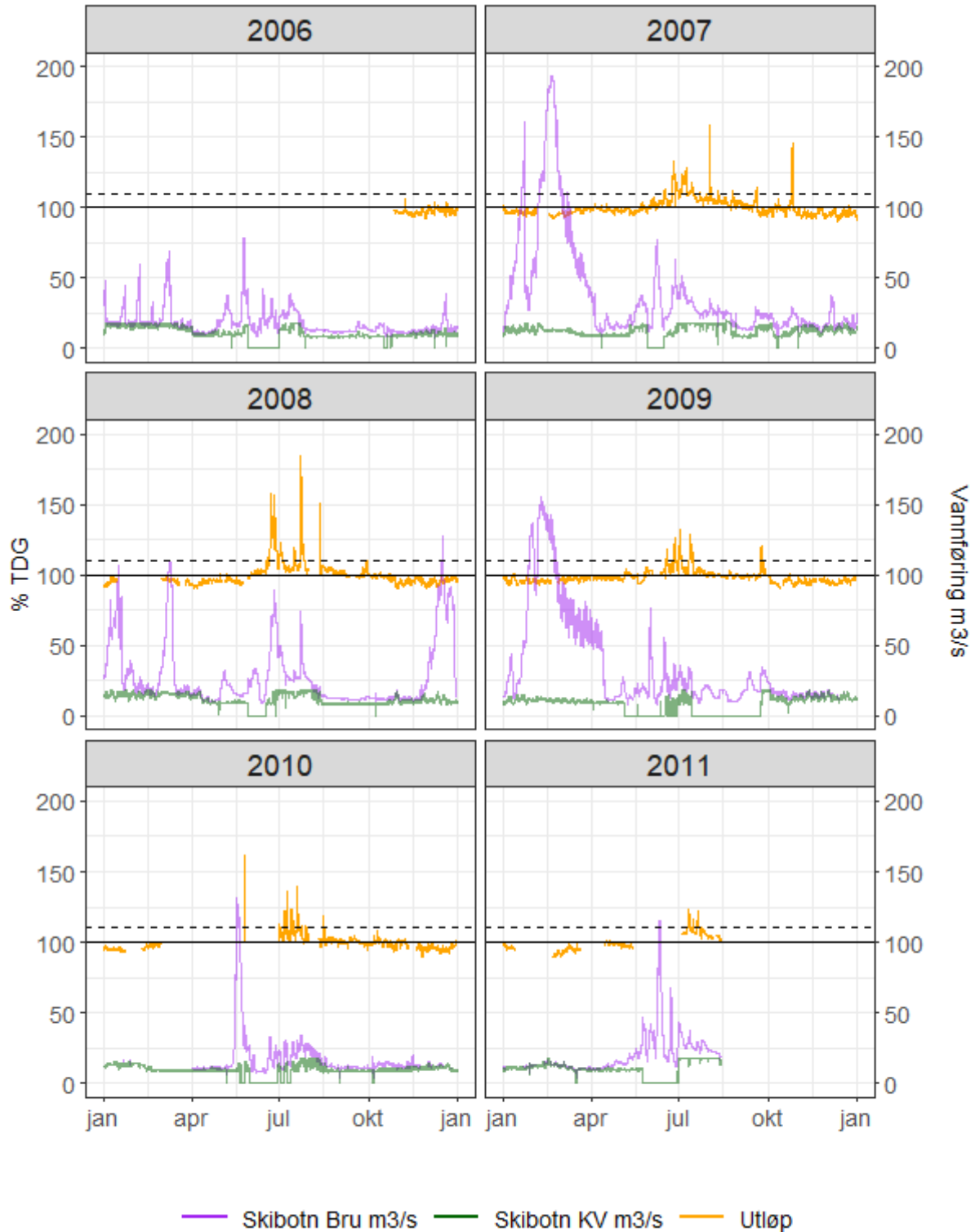
16 episoder med maks gassmetning over 115 % og varighet over 6 timer ble identifisert, tre av disse (nr. 4, 11 og 12) utelukkes fra beregning av gjennomsnittlige verdier grunnet stans i kraftverket. Maks TDG ved kraftverksutløp varierte mellom 118 – 183 % i episodene og varighet mellom 12 og 503 timer (ca. 21 dager). Fortyning av vann fra kraftverk ble beregnet å redusere maksnivåer til mellom 108 – 129 % TDG og varighet til maks 149 timer (ca. 6 dager). Ved Avfallsservice ble det målt en ytterligere reduksjon i maks TDG til mellom 103 – 119 % TDG og maks varighet 108 timer (4,5 dager) (Tabell 4.3). I snitt reduseres tid over 110 % med 109 timer grunnet fortyning av vann, og med 154 timer ved stasjon Avfallsservice. Gassovermetning når kraftverksvann er fortynt er i gjennomsnitt 9 % lavere enn ved kraftverksutløpet og 14 % lavere ved Avfallsservice (Tabell 4.4).

Gassovermetning over 110 % TDG ved kraftverksutløpet sammenfaller med drift av kraftverk i større delen av overvåkingsperioden. Ved tre lengre tilfeller ble det målt gassmetning over 110 % TDG samtidig som driftsstans, 30. mai – 17. juni 2022, 16. – 22. mai 2023 og 24. mai – 6. juni 2023. Ved alle tilfeller målt en langsomt avtagende gassmetning ved stasjon Utløpet som raskt gikk ned ved oppstart 17. juni 2022 og 6. juni 2023. Ved oppstart 22. mai 2023 økte gassmetning ved stasjon Utløp raskt (Figur 4.4). Ved resterende episoder av gassmetning over 110 % ved stasjon Utløp 2021 – 2023 inntreffer høye nivåer TDG samtidig som drift av kraftverk og høy vannføring i Skibotnelva. Ved drift i lav vannføring kan det ikke ses høye gassmetningsnivåer og ved høy vannføring uten drift kan det ikke ses høye gassmetningsnivåer. Også i 2006 – 2011 sammenfaller høy gassmetning med høy vannføring i Skibotnelva. Fra og med 2010 er vannføring korrigert for oppstuing av is, men før 2010 er vannføring om vinteren feil (Figur 4.2).

Dekningsgraden av datainnsamling fra 7. juli 2021 til sluttdato i 2023 for de ulike loggerne er relativt god, mellom 71 – 100 % av tiden loggerne var montert, ble det registrert data. I perioden før 7. juli 2021 ble målinger av TDG påvirket av målinger av vanntemperatur, verdier før denne datoen ekskluderes dermed i analysen. I løpet av 2023 gjennomførtes en oppdatering av programvare på loggere, dette medførte en viss nedetid vår/tidlig sommer. I 2006 – 2011 var dekningsgrad mellom 48 – 95 % av tiden. I 2006, 2010 og 2011 er det luker i data samtidig som høy vannføring i Skibotnelva (Tabell 4.2).



Figur 4.1: Gassmetning i % TDG (venstre akse) ved stasjon Kraftverksbrua, Utløp, Brennfjellskulpen, Avfallsservice og Skibotn bru og vannføringer i m³/s (høyre akse) målt i Kraftverksutløp og restvannføring ved kraftverksutløp, fra 2021 – 2023.



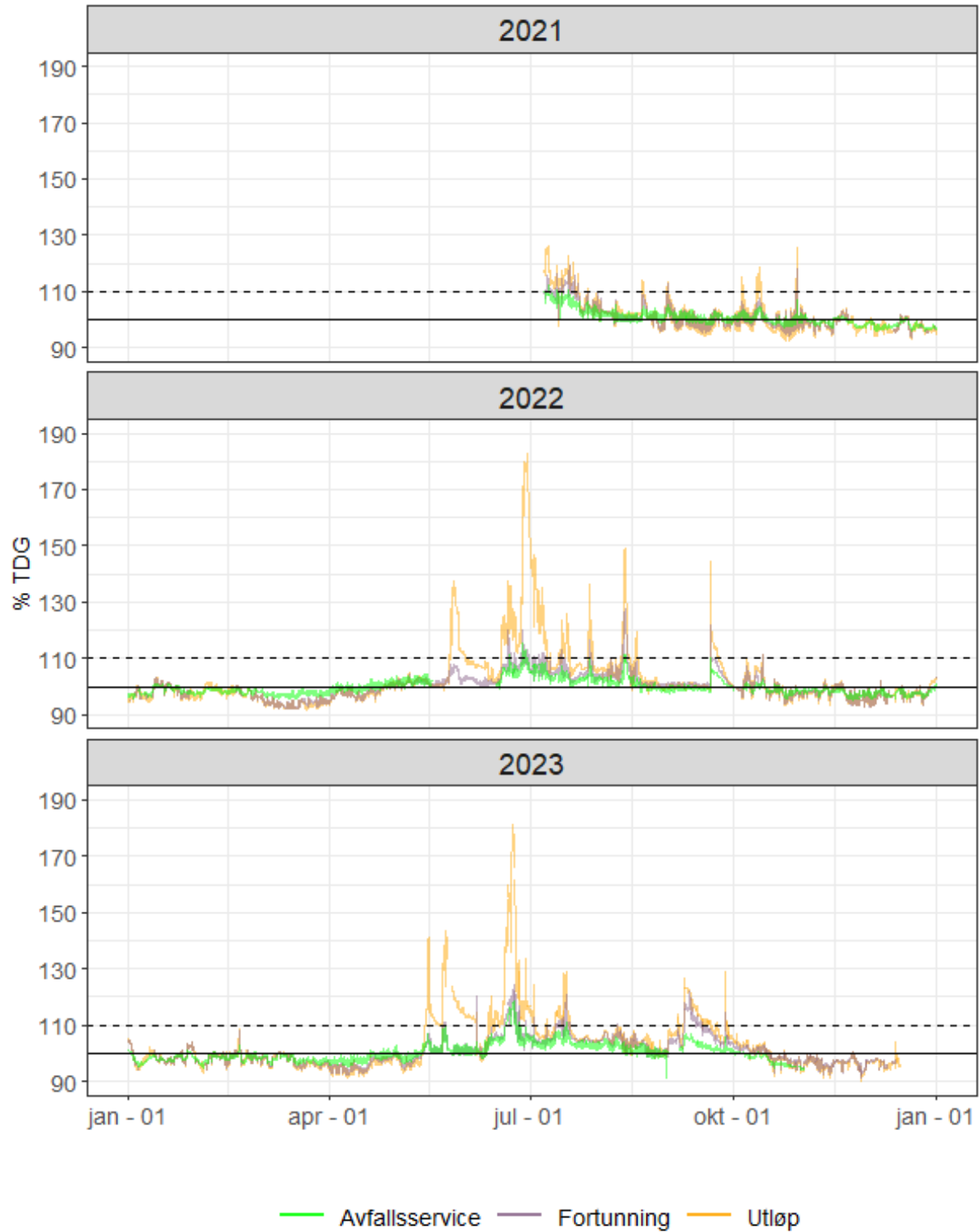
Figur 4.2: Gassmetning i % TDG (venstre akse) ved stasjon Utløp, sammen med vannføring i m³/s (høyre akse) målt i Kraftverksutløp og ved Skibotn Bru fra 2006 – 2011. År 2006 – 2009 har feil i vintervannføring grunnet is oppstuing.

Tabell 4.1: Verdier gassmetning ved stasjoner i Skibotnelva f.o.m. 7. juli 2021 t.o.m. 31. desember 2023. x5 – x95 tilsvarer persentiler, % >= 110 % viser prosent av aktiv loggetid som TDG >= 110 % ble målt, % logging viser prosent av tid hvert år der data ble samlet inn.

År	Stasjon	Utløp	Beregnet fortynning	Brennfjellskulpen	Avfallsservice	Skibotn Bru	Kraftverksbrua
2021	TDG min (% TDG)	92	94	95	95	97	97
	TDG avg (%TDG)	101	101	100	101	100	100
	TDG max (%TDG)	126	117	109	112	105	108
	x5 (%TDG)	95	97	97	97	99	99
	x25 (%TDG)	97	99	99	99	100	99
	x50 (%TDG)	100	100	100	100	100	100
	x75 (%TDG)	103	103	101	102	101	101
	x95 (%TDG)	114	110	105	106	103	102
	Tid >= 110 %	18 d 12 h	5 d 15 h	0 d 0 h	0 d 5 h	0 d 0 h	0 d 0 h
	% >= 110 % (%)	10	4	0	< 1	0	0
% logging (%)	100	84.1	100	100	100	100	
2022	TDG min (% TDG)	92	92	93	95	96	96
	TDG avg (%TDG)	102	101	99	100	101	100
	TDG max (%TDG)	183	127	109	115	110	106
	x5 (%TDG)	94	95	95	96	99	99
	x25 (%TDG)	97	97	98	98	99	99
	x50 (%TDG)	99	100	100	99	100	100
	x75 (%TDG)	103	103	101	101	102	101
	x95 (%TDG)	123	109	103	105	104	102
	Tid >= 110 %	39 d 13 h	10 d 10 h	0 d 0 h	1 d 11 h	0 d 0 h	0 d 0 h
	% >= 110 % (%)	11	3	0	< 1	0	0
% logging (%)	95	90	98	90	98	100	
2023	TDG min (% TDG)	90	91	93	84	87	86
	TDG avg (%TDG)	102	101	101	100	101	100
	TDG max (%TDG)	182	129	110	119	111	106
	x5 (%TDG)	94	95	97	96	99	98
	x25 (%TDG)	96	97	99	98	100	99
	x50 (%TDG)	99	100	101	100	101	100
	x75 (%TDG)	105	104	102	102	102	101
	x95 (%TDG)	118	110	104	106	104	102
	Tid >= 110 %	43 d 10 h	15 d 18 h	0 d 1 h	4 d 17 h	0 d 11 h	0 d 0 h
	% >= 110 % (%)	13	5	0	2	< 1	0
% logging (%)	94	90	72	98	88	95	

Tabell 4.2: Verdier gassmetning ved Utløp Skibotn kraftverk f.o.m. 2006 t.o.m. 2011. x5 – x95 tilsvarer persentiler, % >= 110 % viser prosent av aktiv loggetid som TDG >= 110 % ble målt, % logging viser prosent av hvert år der data ble samlet inn.

Stasjon	Utløp	Utløp	Utløp	Utløp	Utløp	Utløp
År	2006	2007	2008	2009	2010	2011
TDG min (% TDG)	92	90	90	91	90	90
TDG avg (%TDG)	98	100	101	99	100	100
TDG max (%TDG)	106	159	184	132	162	124
x5 (%TDG)	94	94	92	94	94	92
x25 (%TDG)	96	96	95	95	96	96
x50 (%TDG)	97	98	98	98	99	98
x75 (%TDG)	98	102	103	101	102	105
x95 (%TDG)	102	111	130	104	110	111
Tid >= 110 %	0 d	22 d 11 h	16 d 9 h	9 d 24 h	9 d 21 h	6 d 11 h
% >= 110 % (%)	< 1	7	6	3	5	6
% logging (%)	18	95	78	93	58	48



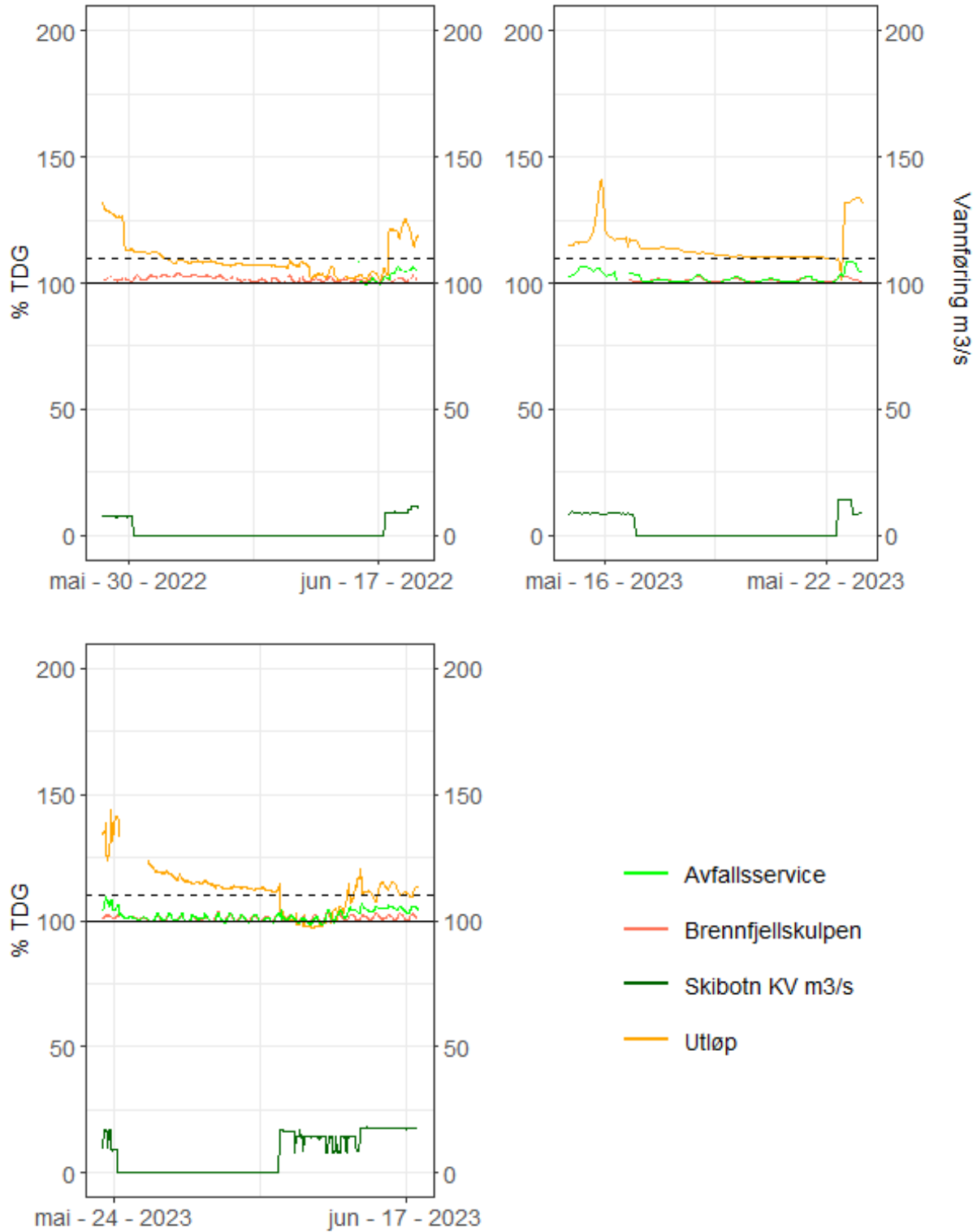
Figur 4.3: Målt gassmetning i % TDG ved stasjon Utløp og Avfallsservice, sammen med beregnet gassmetning i % TDG til følge av fortynning.

Tabell 4.3: Oversikt over episoder med gassovermetning. Tabell viser maks. og snitt gassmetning i % TDG og tid over 110 % i stasjon Utløp, etter fortynning og ved Avfallsservice, ved hver episode gassovermetning ved kraftverksutløpet. I episode 4, 11 og 12 er kraftverk lukket og ikke i drift, disse episodene er ikke med i gjennomsnittsberegning. I episode 4 var logger ved Avfallsservice ute av funksjon, i episode 12 finnes store datamangler ved stasjon Utløp.

Nr	Tid (h)	Dato	Utløp			Beregnet Fortynning			Avfallsservice		
			Max TDG (%)	Avg TDG (%)	Tid >= 110 % TDG (h)	Max TDG (%)	Avg TDG (%)	Tid >= 110 % TDG (h)	Max TDG (%)	Avg TDG (%)	Tid >= 110 % TDG (h)
1	374	7/7 – 21	126	115	364 h	117	110	122 h	112	107	7 h
2	47	11/10 – 21	118	115	44 h	108	106	0 h	105	104	0 h
3	12	29/10 – 21	126	121	12 h	117	114	10 h	107	105	0 h
4	174	25/5 – 22	137	121	170 h	110	105	< 1 h			
5	503	17/6 – 22	183	133	503 h	120	109	144 h	115	106	22 h
6	91	14/7 – 22	126	117	84 h	113	107	8 h	107	104	0 h
7	44	26/7 – 22	137	119	44 h	119	109	15 h	110	105	2 h
8	91	11/8 – 22	149	125	85 h	127	115	52 h	111	106	14 h
9	22	17/8 – 22	119	114	22 h	109	106	0 h	103	102	0 h
10	89	20/9 – 22	144	115	89 h	124	110	30 h	110	105	1 h
11	181	13/5 – 23	141	114	181 h	109	107	0 h	107	102	0 h
12	364	22/5 – 23	144	118	308 h	113	104	13 h	109	102	0 h
13	499	10/6 – 23	182	126	462 h	129	110	148 h	119	107	108 h
14	158	11/7 – 23	129	116	151 h	120	110	61 h	111	106	3 h
15	292	07/9 – 23	127	116	279 h	118	111	149 h	107	104	0 h
16	26	26/9 – 23	129	116	20 h	115	109	5 h	106	103	0 h
Avg	185		138	119	166 h	118	110	57 h	109	105	12 h

Tabell 4.4: Reduksjon gassovermetning i forhold til kraftutløp ved hjelp av fortytning og ved stasjon Avfallsservice. Delta maks og delta avg beregnes som forskjellen mellom % TDG målt i utløp og % TDG målt/beregnet ved stasjon, Delta tid > 110 % er forskjellen i tid der stasjoner måler TDG > 110 %. I episode 4, 11 og 12 er kraftverk lukket og ikke i drift, disse episoder er ikke med i gjennomsnittsberegning. I episode 4 var logger ved Avfallsservice ute av funksjon, i episode 12 finnes store datamangler ved stasjon Utløp.

Summering	Fortynning			Avfallsservice		
Nr	Delta max (prosentpoeng)	Delta avg (prosentpoeng)	Delta_tid>110% (h)	Delta max (prosentpoeng)	Delta avg (prosentpoeng)	Delta_tid>110% (h)
1	9	5	-242 h	14	8	-357 h
2	10	9	-44 h	13	11	-44 h
3	9	7	-2 h	19	16	-12 h
4						
5	63	24	-359 h	68	27	-481 h
6	13	10	-76 h	19	13	-84 h
7	18	10	-29 h	27	14	-42 h
8	22	10	-33 h	38	19	-71 h
9	10	8	-22 h	16	12	-22 h
10	20	5	-59 h	34	10	-88 h
11						
12						
13	53	16	-314 h	63	19	-354 h
14	9	6	-90 h	18	10	-148 h
15	9	5	-130 h	20	12	-279 h
16	14	7	-15 h	23	13	-20 h
Avg	20	9	-109 h	29	14	-154 h



Figur 4.4: Viser episoder der gassmetning i kraftverksutløp er høy samtidig som driftsvannføring = 0.

4.2 Årsaker til gassovermetning

Vurderinger av oppkomster og situasjoner som medfører høye nivåer gassmetning i Skibotn kraftverksutløp viste høyest gassovermetning når driftsvannføring består av størst andel vann fra bekkeinntak, fremfor alt vann fra bekkeinntak B2 og B4, begge i Norddalsbekken. Tilsig av vann fra B3 og B5 ble bedømt til å ha liten effekt på gassovermetning mens gassovermetning i vann B1 er ukjent. Vann fra Lávkaohka kraftverk ble bedømt til å ikke være gassovermettet (Jerkø, Notat Tromskraft: Årsaksanalyse Gassmetning Skibotn kraftverk 2024).

Tilfeller med høye nivåer av gassovermetning i kraftverksutløpet medførte ikke alltid høye nivåer av gassmetning i Skibotnelva, men en fortykningseffekt kunne ses da utslipp skjedde samtidig som høy vannføring i elva (Figur 4.3, Tabell 4.3). Situasjoner der høye nivåer TDG ved avfallsservice og etter beregnet oppblanding av vann fra kraftverk og elv kunde ses, skjedde ved fremst ved:

1. Høy vannføring ved bekkeinntak
2. Driftsvannføring ca. 10 m³/s, størst andel vann fra bekkeinntak.
3. Forendringer av driftsvannføring.
4. Oppstart av kraftverk etter driftsstans
5. Oppstart av kraftverk etter tømning av kraftverkstunnel

4.3 Biologiske effekter

Resultat fra gassmetningsovervåkning i 2021 – 2023 viser 16 episoder med topper over 115 % og mer enn 6 timer over 110 % TDG. Episoder med risiko for skader på lakseparr minsker med større avstand fra kraftverksutløpet, unntatt Brennfjellskulpen der det ble målt gassmetning tilsvarende lavere risiko enn Stasjon Avfallsservice. Antall episoder med risiko for skader minsker også med økt dybde (Figur 4.5).

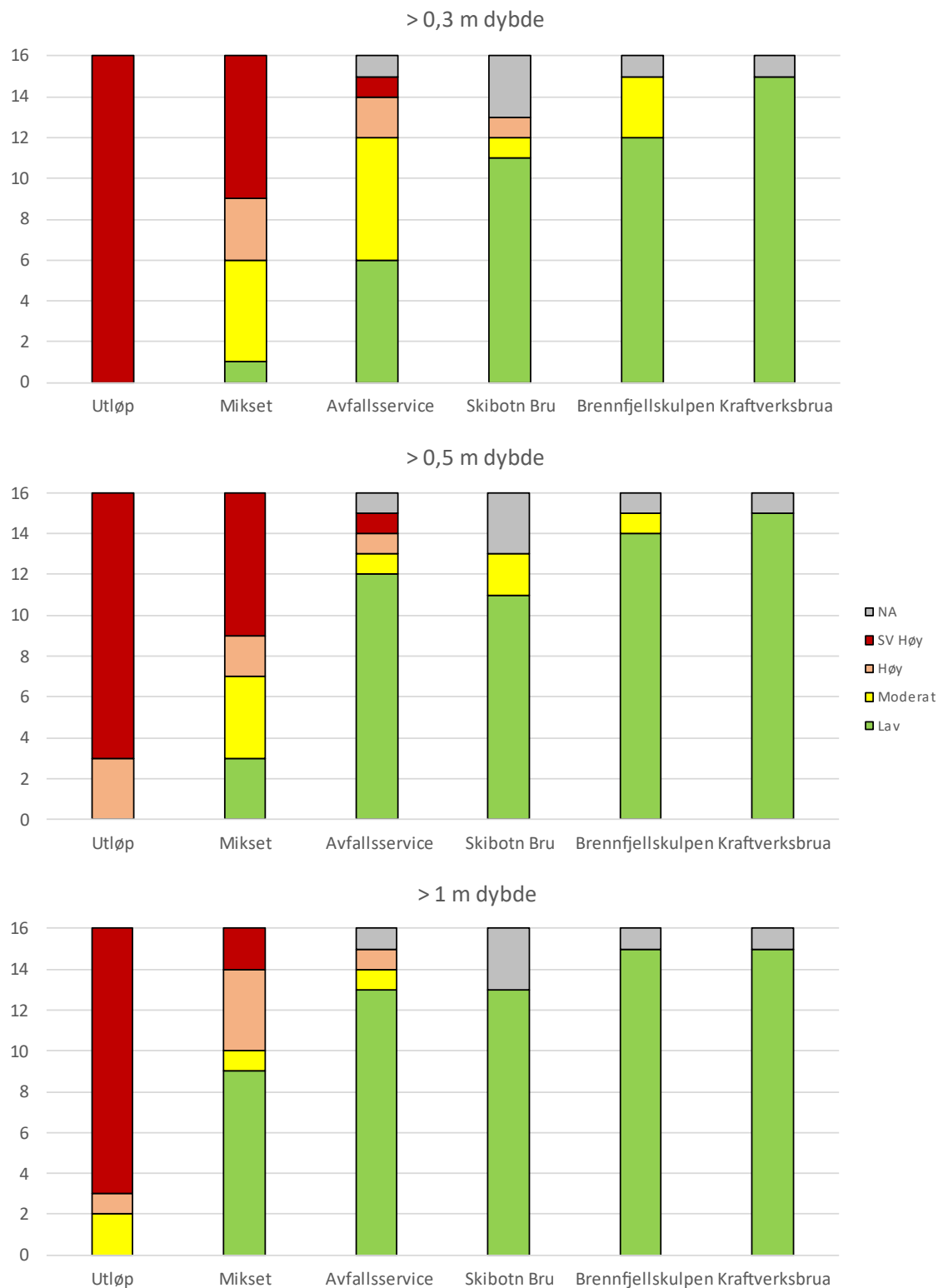
Effekter i lav vanddybde (> 0,3 m) estimeres som svært høye i alle episoder basert på TDG målt i kraftverksutløpet. Ved hjelp av en fortykningseffekt, blir risikoklassen lavere i åtte av 16

episoder. I tre tilfeller reduseres risiko fra svært høy til høy, i fire tilfeller fra svært høy til moderat og i ett tilfelle fra svært høy til lav risikoklasse. Ved stasjon Avfallsservice måltet en lavere risikoklasse i 14 av 16 episoder. Risikoklasse synker fra svært høy til høy i to tilfeller, til moderat i seks tilfeller og til lav i seks tilfeller. Data mangler ved Avfallsservice i en episode og risiko er uforandret svært høy i en episode. Ved Skibotn bru måltet lavere risiko i 13 av episodene. I et tilfelle gikk risikovurdering fra svært høy i kraftverksutløpet til høy ved Skibotn bru og i et tilfelle fra svært høy til moderat risiko. I tolv episoder reduseres risiko til lav risiko. Data mangler ved tre episoder (Tabell 4.5).

Effekter i middels vanndybde ($> 0,5\text{m}$), estimeres som svært høye i 13 av 16 episoder og høye ved 3 episoder basert på målinger ved kraftverksutløpet. Ved hjelp av fortytning blir risikoklasse lavere i ni av 16 episoder. I et tilfelle minsker risiko fra svært høy til høy, i fire tilfeller fra svært høy til moderat og i to tilfeller fra svært høy til lav risiko. I to episoder minsker risiko fra høy til lav risiko og i resterende syv episoder er risikovurdering uforandret. Ved stasjon Avfallsservice måltet lavere risiko enn ved kraftverksutløpet i 14 av episodene. I et tilfelle reduseres risiko fra svært høy til høy og i et tilfelle fra svært høy til moderat, i ti tilfeller reduseres risiko fra svært høy til lav og i to episoder fra høy til lav. Data mangler i en av episodene og i en episode er risiko uforandret svært høy. Ved stasjon Skibotn bru måltet lavere risiko i 13 episoder der elleve av de reduseres fra svært høy eller høy til lav og to fra svært høy til moderat risiko. Data mangler i tre episoder (Tabell 4.5).

Risiko i stor vanndybde ($> 1\text{ m}$), vurderes som svært høy i 13- , høy i en- og moderat i to av 16 episoder. En fortytningseffekt beregnes kunne redusere risikoklasse i 14 av 16 episoder. I fire tilfeller fra svært høy til høy, i ett tilfelle fra svært høy til moderat og i seks tilfeller fra svært høy- til lav risiko. I to episoder var risiko uforandret svært høy. Ved stasjon Avfallsservice måltet lavere risiko enn ved kraftverksutløpet i 15 av 16 episoder. En gang reduseres risiko fra svært høy til høy og en gang fra svært høy til moderat. I 13 episoder minsker risiko fra svært høy til lav. Data mangler i en episode. Ved stasjon Skibotn Bru er risiko for effekt redusert fra svært høy, høy eller moderat, til lav i 13 av episodene, i resterende tre mangler data (Tabell 4.5).

Stasjon brennfjellskulpen målte moderat risiko i tre episoder ved lav vanndybde, og moderat risiko ved en episode i middels vanndybde. Resterende episoder måltet lav risiko for skader og data mangler i en episode. Referansestasjon ved kraftverksbrua målte lav risiko i 15 episoder uansett vanndybde, og data mangler i en episode (Tabell 4.5).



Figur 4.5: Viser antall av episoder med gassovermetning med Lav, Moderat, Høy og Svært Høy risiko for effekter ved ulike stasjoner og dybder.

Tabell 4.5: Risiko for effekter på lakseparr for hver episode, stasjon og lav vanndybde (> 0,3 m.), middels vanndybde (> 0,5 m.) og stor vanndybde (> 1 m.)

	Avstand	0 km	0.1 km	4,7 km	8,5 km	0,6 km	- 1,2 km
	Episode	Utløp	Mikset	Avfallsservice	Skibotn Bru	Brennfjellskulpen	Kraftverksbrua
Risiko for effekter > 0,3 m	1	SV Høy	Høy	Moderat	Lav	Moderat	Lav
	2	SV Høy	Moderat	Lav	Lav	Lav	Lav
	3	SV Høy	Høy	Lav	Lav	Lav	Lav
	4	SV Høy	Moderat	NA	Lav	Lav	Lav
	5	SV Høy	SV Høy	Høy	Moderat	Lav	Lav
	6	SV Høy	Moderat	Moderat	Lav	Lav	Lav
	7	SV Høy	SV Høy	Lav	Lav	Lav	Lav
	8	SV Høy	SV Høy	Høy	Lav	Lav	Lav
	9	SV Høy	Moderat	Lav	Lav	Lav	Lav
	10	SV Høy	SV Høy	Moderat	Lav	Lav	Lav
	11	SV Høy	Lav	Lav	NA	NA	NA
	12	SV Høy	Moderat	Moderat	Lav	Lav	Lav
	13	SV Høy	SV Høy	SV Høy	Høy	Lav	Lav
	14	SV Høy	SV Høy	Moderat	Lav	Moderat	Lav
	15	SV Høy	SV Høy	Moderat	NA	Moderat	Lav
	16	SV Høy	Høy	Lav	NA	Lav	Lav
Risiko for effekter > 0,5 m	1	SV Høy	Høy	Moderat	Lav	Lav	Lav
	2	Høy	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
	3	Høy	Høy	Lav	Lav	Lav	Lav
	4	Sv Høy	Moderat	NA	Lav	Lav	Lav
	5	SV Høy	Sv høy	Høy	Moderat	Lav	Lav
	6	SV Høy	Moderat	Lav	Lav	Lav	Lav
	7	SV Høy	Sv høy	Lav	Lav	Lav	Lav
	8	SV Høy	Sv høy	Lav	Lav	Moderat	Lav
	9	Høy	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
	10	SV Høy	SV Høy	Lav	Lav	Lav	Lav
	11	SV Høy	Lav	Lav	NA	NA	NA
	12	SV Høy	Moderat	Lav	Lav	Lav	Lav
	13	SV Høy	Sv høy	Sv høy	Moderat	Lav	Lav
	14	SV Høy	Sv høy	Lav	Lav	Lav	Lav
	15	SV Høy	Sv høy	Lav	NA	Lav	Lav
	16	SV Høy	Moderat	Lav	NA	Lav	Lav
Risiko for effekter > 1 m	1	SV Høy	Moderat	Lav	Lav	Lav	Lav
	2	Moderat	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
	3	Høy	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
	4	Sv høy	Lav	NA	Lav	Lav	Lav
	5	Sv Høy	Høy	Moderat	Lav	Lav	Lav
	6	Sv Høy	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
	7	SV Høy	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
	8	SV Høy	Sv høy	Lav	Lav	Lav	Lav
	9	Moderat	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
	10	SV Høy	Høy	Lav	Lav	Lav	Lav
	11	SV Høy	Lav	Lav	NA	NA	NA
	12	SV Høy	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
	13	SV Høy	Sv høy	Høy	Lav	Lav	Lav
	14	SV Høy	Høy	Lav	Lav	Lav	Lav
	15	Sv høy	Høy	Lav	NA	Lav	Lav
	16	SV Høy	Lav	Lav	NA	Lav	Lav

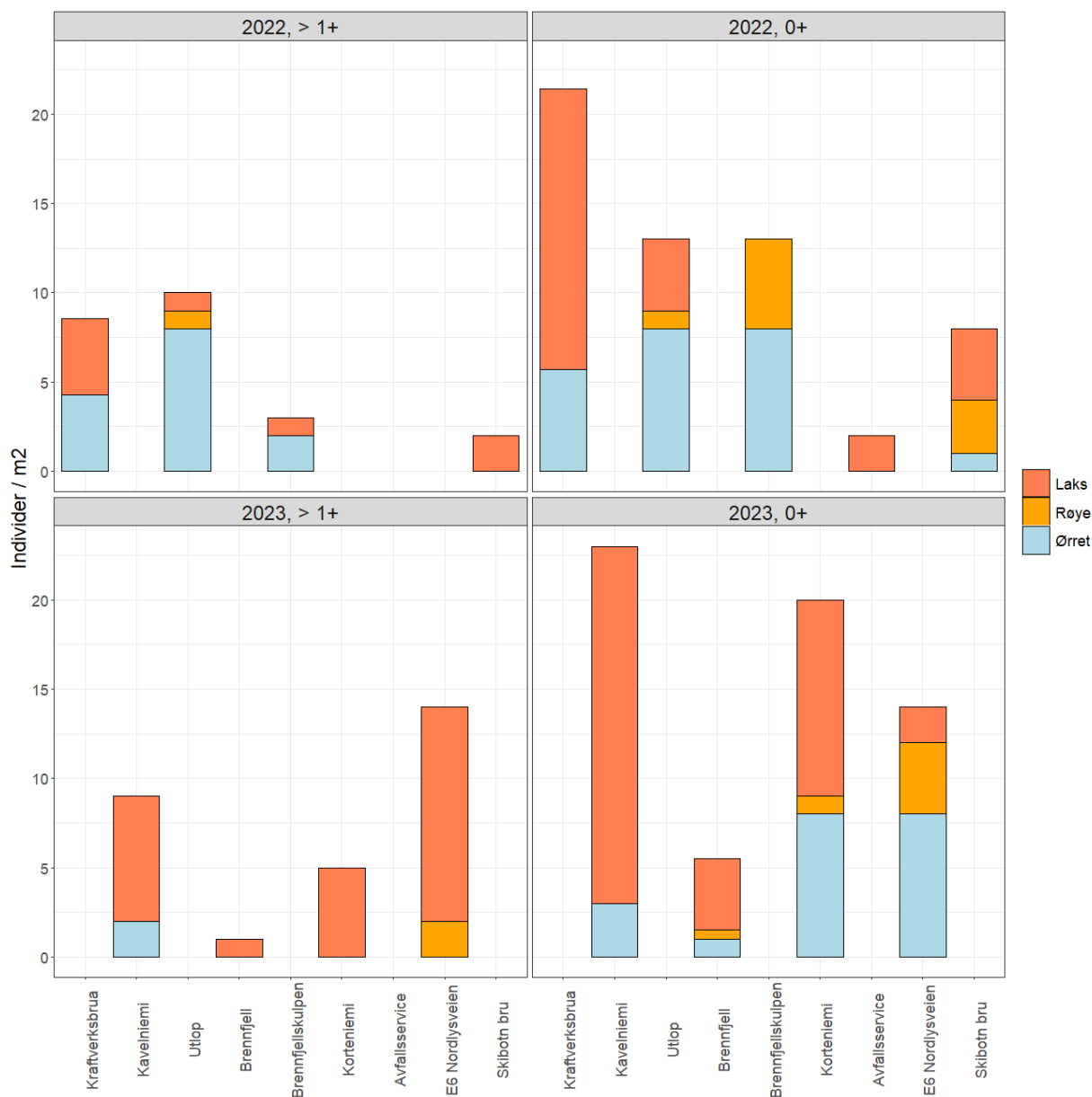
4.4 El-fiske

El-fiske ble gjennomført i to omganger, en 5. november 2022 av NORCE LFI og en 31. august 2023 av Akvaplan NIVA. El-fiskestasjoner var plassert nært hverandre, men var ikke nøyaktig de samme stasjonene ved de to tilfellene. Sammenlignet med andre vassdrag var ungfisktetthetene generelt lav (2-32 ungfisk/100 m²).

El-fiske i august 2023 ble gjennomført bare 4 uker etter en gassovermetningstopp på over 180 %. Fisket viste lavest fisketettheter ved stasjon Brennfjell, ca. 400 m nedstrøms utløp (6,5 ind./m²). Fisketettheter er relativt likt på stasjonene Kortelniemi (25 ind./m²) og E6 Nordlysveien (28 ind./m²). Stasjon Kavelniemi, oppstrøms kraftverksutløp fikk høyest tettheter av fisk totalt (32 ind./m²), dominert av lakseyngel, men parrtettheter skiller seg ikke vesentlig fra nedenfor 8 ind./m² (Figur 4.6). Forskjellen er til stor del årsyngel av laks, og parrtettheter er i samme størrelsesorden som lengre nede.

El-fiske i november 2022 ble gjennomført 13 uker etter siste gasstoppen på 180 % og 4 uker etter en kortvarig topp på 150 %. Fisket viste også høyest tetthet av fisk oppstrøms kraftverksutløpet på samme nivå som 2023-el fiske, stasjon Kraftverksbrua (30 ind./m²). Stasjon Utløp, rett nedstrøms utløpet, hadde nest høyest tettheter (23 ind./m²) følget av Brennfjellskulpen (16 ind./m²), Skibotn bru (10 ind./m²) og lavest tettheter ved Avfallsservice (2 ind./m²) (Figur 4.6).

Ved begge el-fiske-tilfellene er det kun fanget laks og ørret oppstrøms kraftverksutløpet.



Figur 4.6: Resultat el-fiske fra el-fiske i 2022 utført av NORCE LFI (øverst), og i 2023 utført av Akvaplan Niva (nederst). Til venstre er estimat av antall fisk over et år per kvadratmeter, til høyre er estimat av antall fisk under et år per kvadratmeter. Stasjoner på x akse er sortert fra øverst (til venstre) til nederst (til høyre) i elven. Stasjon Kraftverksbrua og Kavelniemi, Brennfjell og Brennfjellskulpen, Korteniemi og Avfallsservice og E6 Nordlysveien og Skibotn bru er nærliggende men ikke identiske stasjoner.

4.5 Bunndyr

Bunndyrsundersøkelser i 2022 viste at tettheter og biomasse av bunndyr var lavere i gassovermettet habitat sammenlignet med referansehabitat ovenfor kraftverksutløp.

Fjærmygg (Chironomidae) og døgnflue *Baetis rhodani* hadde høyest tettheter av alle bunndyrsarter i begge habitatene, men dominansen var svakere i gassovermettet habitat sammenlignet med referanse.

Tettheten av gravende bunndyr (Burrowing/Boring gruppe, Tabell 3.1), som fåbørstemark (Oligochaeta), var lik mellom det gassovermettede habitatet og referansehabitat. Svømmende bunndyr (swimming), fastsittende (sessile) bunndyr, og bunndyr som kravler på bunnen (Sprawling/walking) hadde lavere tetthet i det gassovermettede habitatet sammenliknet med referansehabitatet.

Den lavere tettheten i det gassovermettede habitat var hovedsakelig på grunn av lavere antall døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera), og fjærmygg ble funnet i prøvene tatt i det gassovermettede habitat enn i referansen.

5 Diskusjon

5.1 Gassmetning

Resultater fra gassmetningsovervåkinger i 2006 – 2011 og i 2021 – 2023 viste perioder med høye nivåer av gassmetning fra Skibotn kraftverksutløp. Gassmetningen oppnådde regelmessig rund 180 % TDG i periode for vårflom, og det forekom flere mindre og kortere gassovermetningsbølger resten av året. Som høyest ble det målt 183 % TDG ved kraftverksutløpet 2021 – 2023 og 184 % TDG i perioden 2006 – 2011. Målinger i 2021 – 2023, ved nedstrøms liggende stasjoner, viste at gassmetningsbølger ble detektert ved både Avfallsservice og Skibotn bru (henholdsvis 4,7 og 8,5 km nedstrøms) men med lavere nivåer og kortere varighet.

Generelt kunne det man se en reduksjon av gassmetning med økt avstand fra kraftverksutløpet. Reduksjonen var størst når overmettet vann fra turbiner ble fortynnet med relativt mye elvevann

uten overmetning fra restfelt. Maks oppmålte nivåer ved kraftverksutløpet er 126 %, 183 % og 182 % TDG i 2021, 2022 og 2023. Ved å beregne fortyningseffekt kan det antas at gassmetningen etter fullstendig miksing av vann fra kraftverk og elv i disse topper reduseres til 117 %, 120 % og 129 % v.h.a. fortytning, og at gjennomsnittlige nivåer gassmetning reduseres til 67 %, 27 % og 38 % av nivåer målt i kraftverksutløp i 2021, 2022 og 2023 (se episode 3, 5 og 13 i Tabell 4.4). Gassmetningsmålinger fra stasjon Brennfjellskulpen (600 m. nedstrøms utløp) viser dog at en slik blanding av vannmasser tar tid og rom. Dette betyr at selv om fortytningen har potensial til å dempe miljøeffekter av gassovermetning betydelig, så vil det kunne forekomme en miljøpåvirkning med relativ høye gassverdier på sørsiden av Skibotnelva, nedstrøms kraftversutløpet.

Ved stasjon Avfallsservice (4,8 km nedstrøms utløp) kunne det generelt ses en reduksjon fra både gassovermetning målt i kraftverksutløp og fra gassmetning beregnet ved fortytning. Reduksjonen kunne ses både i maks TDG og i gjennomsnittlig TDG. I gjennomsnitt gikk maks TDG ned med 29 prosentpoeng mellom kraftverksutløp og avfallsservice, og 9 prosentpoeng mellom fortytning og avfallsservice. Gjennomsnittlig TDG ble redusert med 14 prosentpoeng mellom utløpet og avfallsservice, og med 5 prosentpoeng mellom fortytning og avfallsservice. Dette viser at det skjer en viss utgassing mellom kraftverksutløp og Avfallsservice i tillegg til en fortytningseffekt, men at fortytningseffekt virker mer effektivt til å redusere gassmetning (Tabell 4.4).

Nivå TDG som ble oppmålt ved Brennfjellskulpen er i stor grad lik eller nære gassmetning ved referansepunkt i Kraftverksbrua. Dette kan forklares ved at miksing av vann fra elv og kraftverk ikke er fullstendig ved stasjonens plassering. Ettersom at sensorer sitter på motsatt side fra kraftverksutløpet, måler de hovedsakelig i elvevann fra restfeltet. Dette betyr også at beregnet fortytningseffekt ikke kommer til full effekt de første 600 m mellom kraftverksutløp og stasjon Brennfjellskulpen, og at gassmetning kan være betydelig høyere på sørsiden av elven enn vist for stasjon Brennfjellskulpen i fFigur 4.1.

Gassovermetning i kraftverksutløpet sammenfalte vanligvis med drift av kraftverket, og høy vannføring i bekkeinntak. Dette er typisk for en rekke kraftverk der høy vannføring i bekkeinntak er årsak til luftinnblanding (Pulg et al. 2018) og dette er trolig også årsaken av gassovermetningen

i Skibotn kraftverk. Plutselige opp- og nedganger av gassmetning skjedde ofte ved opp- og nedregulering av driftsvannføring, og maksimale nivåer av gassmetning skjedde ikke alltid samtidig som maks driftsvannføring. Også dette kan tyde på at bekkeinntak er årsaken til gassovermetning, ikke kraftverksdriften i seg selv.

Ved tre tilfeller oppstod lange episoder med gassmetning over 110 % ved kraftverksutløpet samtidig som kraftverket ikke var i drift (Figur 4.4). Ettersom gassmetning ved kraftverksutløpet måles i utløpstunnelen fra kraftverk, ble det da målt stillestående vann i kanalen. Ved en slik situasjon finnes risiko for at kraftverksvann med høy gassmetning som er lagret i kraftverkskanal slippes i elv ved oppstart av turbiner. Det ble ikke observert økninger i nedenforliggende stasjoner ved oppstart av kraftverket etter slike situasjoner, hvilket trolig tyder på høy relativ fortykning. Grunnet at kraftverk var lukket i perioder av disse episoder, ble de ikke inkludert i beregninger av gjennomsnittlige verdier av maksimum TDG, gjennomsnittlig TDG og gjennomsnittlig varighet og reduksjon av gassmetningsepisoder (Tabell 4.3, Tabell 4.4). På grunn av at det slippes gassovermettet vann i Skibotnelva under en periode av disse gassmetningsepisoder, blir de fortsatt vurdert i analyse av biologiske effekter (Tabell 4.5, Figur 4.5).

Basert på målinger fra loggeperiode 2021 – 2023 finnes det potensial for en rask reduksjon av mye av de høyeste nivåene TDG fra Skibotn kraftverk hvis det sørges for en rask og full fortykning med elvevann. I dag skjer ingen eller lite oppblanding i strekning nærmest kraftverksutløp.

Reell reduksjon av gassmetning som følge av fortykning er ikke målt i detalj, men nivåer er beregnet. For å få et bedre bilde og kontroll over spredning av gassmetning i Skibotnelva, anbefales det å fortsette med gassmetningsovervåkning, men å endre på stasjonsnett. Stasjonen ved Brennfjellskulpen bør flyttes lengre nedstrøms for å gi et bedre bilde av fortykningseffekten. Det anbefales også å komplementere med en stasjon på motsatt side for å kunne bedømme oppblanding og utgassing nedstrøms kraftverket. Hver side av elven, rett oppstrøms tilløp av Kvitlielva kan være en god plassering for disse to loggere.

For å få en god referanseverdi på gassmetning i vann fra kraftverket, kan også en ekstra gasslogger rett opp- og nedstrøms fiskesperren til kraftverksutløpet monteres. Dette vil gi et mer nøyaktig bilde over hvor mye gassmetning som faktisk slippes ut i elven og om lokale tiltak kan øke

utluftingen. Slike målinger kan skje ved hjelp av manuelle punktmålinger i perioder med høy gassovermetning der gassmetning måles momentant ovenfor og nedenfor fiskesperre.

5.2 Årsaker til gassovermetning

Situasjoner der høye nivåer av gassovermetning også kunne ses etter beregnet fortykning og måles ved Avfallsservice, ble relatert til 5 spesifikke forhold, basert på en detaljert gjennomgang av produksjonsdata, vannføringsdata og gassmetningsdata (Jerkø 2024).

1. Høy vannføring i bekkeinntak. Luftinndragning ved bekkeinntak, fremst vann fra bekkeinntak 2 og 4 i Norddalsbekken, ble identifisert som primær årsak til gassovermetning i Skibotn kraftverk. Bekkeinntak B3 og B5 i Norddalsbekken og Kvitlia ble bedømt til å ha begrenset effekt på gassovermetning og gassmetning i vann fra B1 er ukjent. Ved drift av Skibotn kraftverk tas vann etter rangering B5, B4, B3, B2, Lávkaohka kraftverk, B1 og sist magasin i Rihpojávri. Dersom vannføring fra bekkeinntak og Lávkaohka kraftverk er større enn driftsvannføring, ledes vann til magasin for lagring. Dette skjer oftest i flomsituasjoner ved B1 og gassmetning fra dette inntaket er derfor vanskelig å bedømme. I tillegg kan det skje overløp ved Lávkaohka ved driftsstans i Lávkaohka kraftverk som ledes til bekkeinntak B1.
2. Driftsvannføring ca. 10 m³/s. Ved middels driftsvannføring på ca. 10 m³/s bruker Skibotn kraftverk kun vann fra bekkeinntak, med størst risiko for gassovermetning, uten innblanding fra Lávkaohka kraftverk eller fra magasin. Selv om middels driftsvannføring kan årsake høye nivåer gassovermetning i Skibotnelva, er det ikke alltid slikt. Gassovermetning i bekkeinntak forekommer samtidig som høy restvannføring, hvilket også kan medføre en fortykningseffekt.
3. Forandringer i driftsvannføring. Ved fremfor alt økning fra middels til full last i Skibotnkraftverk, kan det ses perioder på få timer der gassmetning i Skibotnelva øker. Ved middels kjøring brukes høyest andel gassovermettet vann i kraftverket og da en omstilling skjer fra middels til høy produksjon, slippes en større mengde vann ut i elven. Det vil være en vannmasse som består av nærmere 100 % vann fra bekkeinntak og har høy

gassovermetning og med et større volum som slippes, blir resultatet høyere gassmetning etter oppblanding i ellevann. Etter noen timer vil vann fra kraftverk bestå av vann med både høy og lav gassovermetning, og gassmetning i Skibotnelva vil synke.

4. Oppstart etter stans. Ved stans av kraftverket i perioder med høy vannføring i bekkeinntak, kan høyt gassovermettet vann fylles opp og lagres i kraftverkstunnelen. Oppstart av kraftverk, særlig med full effekt, vil da slippe det gassovermettede vannet ut i elven i en periode til estimert 4 timer.
5. Oppstart etter tømning av tunnel. Ved tømning av kraftverkstunnel fylles denne med luft. Ved oppstart av kraftverket kan ikke denne luften forsvinne ut av systemet på annen måte enn å løses i vannet som slippes i Skibotnelva. En slik situasjon kan forårsake en kraftig topp i % TDG som deretter synker langsomt over flere dager mens luft i systemet sakte løses i vann og slippes i Skibotnelva.

Ved situasjon 4 og 5 kan gassovermetning målt og beregnet i Skibotnelva forverres hvis kraftverket starter i perioder med lav restvannføring. Detaljert beskrivelse av årsaker i hver enkelt episode med høy gassovermetning finnes i Jerkø (2024)

5.3 El-fiske

Resultat fra el-fiske 2023 viser påfallende lave ungfisktettheter nedenfor kraftutløpet (6.5 ind./100 m²) og en økning i tettheter med økende avstand fra kraftverksutløpet, noe som kan tyde på en effekt av gassovermetning. I 2022 var det ikke en tydelig sammenheng med ungfisktettheter og gassovermetning. Tvert imot ble tettheten mindre med økende avstand fra kraftverksutløp.

Total parrtettheter var i samme størrelsesorden ovenfor og rett nedenfor kraftverksutløpet i 2022, men tetthet av årsyngel av laks var høyere ovenfor. Også i 2023 kunne det ses en stor forskjell mellom årsyngel laks opp- og nedstrøms kraftverksutløpet, i tillegg til lavere parrtettheter nedstrøms. Tettheter av årsyngel kan drives av lokal beliggenhet av gyteplasser og også rognplanting. Jensen m.fl. (2023) viser lite gyteareal i elvesegmentet rett nedstrøms kraftverksutløpet, men planting av plommesekk-yrngel har blitt gjort i området nedstrøms

kraftverksutløpet frem til 2022 (Aune 2024). Årsyngeltetthet vurderes derfor ikke som en tydelig indikator for forskjell mellom habitatene.

Lavere tettheter av parr nedenfor utløpet, samt en økning i parrtettheter med avstand fra utløpet ved el-fiske 2023, kan tyde på en påvirkning av gassovermetning. En slik situasjon kan ikke ses i resultat fra 2022, der tetthetene var lavere lengre nede i elva. De resultatene kan forklares med at el-fiske 2023 som tyder på gassovermetningseffekter ble gjennomført mye kortere (4 uker) etter gassmetningstoppen på 180 % enn i 2022 (13 uker). I 2022 kan ungfisk ha spredt seg igjen. En slik forklaring vil også bekrefte risikovurderingen ellers, der det sannsynliggjøres en påvirkning nær kraftverksutløpet som varierer sterkt i rom og tid.

Ungfisktettheter er avhengig av en rekke andre faktorer, først og fremst habitatforhold, men også el-fiske forhold og mellomårsvariasjon (Forseth 2009). El-fiske ble gjort på svært få stasjoner i Skibotnelva, og på ulike tidspunkt og vannføring i 2022 og 2023. Jensen m.fl. (2023) konkluderte at både oppvekst- og gytehabitat nedstrøms utløpet er dårligere enn oppstrøms og at mye av skjul i elven er dekket av finsediment nedstrøms kraftverksutløpet. Også de generelt lave ungfisktettheter kan henge sammen med gassovermetning hvis det var en tynningseffekt som har pågått over lang tid. Men igjen kan dette ikke skilles fra andre effekter.

Fiskedød og gassblæresyke av gytefisk har forekommet i september 2006, men skal ikke ha blitt observert etter, til tross for oppsyn (Hanssen, Rikardsen og Lambela 2006, Jerkø, muntl. 2024). Dette kan komme av at gytefisk ofte står dypt utenfor selve gyting og at langvarige perioder med gassovermetning og høye topper, skjer fremfor alt mellom april til august.

Fisketettheter og kondisjon på fisk i Skibotnelva påvirkes sannsynlig av en rekke habitatfaktorer, reguleringseffekter (for eksempel vannføringsendringer) og gassovermetningsepisoder i et komplekst samspill. For å bedre undersøke gassovermetningens effekter på fisk, anbefales det å utvide antall el-fiske stasjoner i Skibotnelva, inkludert stasjoner av begge sider i blandingssonen nedenfor kraftutløpet. Det anbefales også gjennomføring av el-fiske i samme periode og vannføring hvert år. Ved hjelp av kartlegging av habitatforhold (Jensen, Dahl-Hansen og Henriksen 2023) bør stasjoner med lignende habitatforhold velges for å minimere forskjeller grunnet

enkeltfaktorer. Kameraovervåkning og dykking under og rett etter gassovermetningsepisoder, eventuelt kombinert med el fiske, vil kunne belyse mulig påvirkning av gytefisk bedre.

5.4 Bunndyr

Bunndyrsprøver fra Skibotn i 2022 viser forskjeller i densiteter mellom gassovermettet habitat og kontrollhabitat. Diversitet i gassovermettede habitat er høyere mens biomasse er lavere sammenlignet med kontroller.

B. Rhodani er en døgnflue som har blitt påvist være følsom for gassovermetning med økt dødelighet fra 105 – 110 % TDG. Burrowing/Boring taksa oppholder seg i bunnsstrat og på større dybde, noe som kan forklare at det ikke er forskjell mellom gassovermettet og kontrollhabitat (Opsanger 2023).

Gassovermetning i Skibotn har derfor sannsynlig en effekt på bunndyr i Skibotn, særlig på en del grupper, og i nærheten av kraftutløpet. Lavere biomasse og lavere tettheter i visse grupper vil i sin tur kunne redusere mattilgang for fisk og ungfisk i elven. Omfanget av dette forblir imidlertid usikkert i og med at prøvetaking var svært begrenset. Påvirkningen kan avta med avtagende gassmetningsverdier, men omfang bør vurderes ved hjelp av en utvidet bunndyrprøvetaking i sammenheng med el-fiske og gasslogging.

5.5 Beregnet risiko for biologiske effekter

Basert på målinger ved kraftverksutløpet er det Svært høy eller Høy risiko for effekter på lakseparr i alle 16 gassovermetningsepisoder over 115 % sett til vanndybde > 0,5 m. I vanndybde > 1 meter er tilsvarende tall 14 av 16 episoder. To episoder i kraftverksutløp medførte moderat risiko for effekter (Tabell 4.5). Oppblanding av turbin vann med ellevann viser potensial å redusere risikoklasse i flere episoder. Ved vanndybde > 0,3 m. reduseres risikoklasse i 5 episoder til moderat risiko og i en episode til lav risiko. Økes vanndybden til > 0,5 m. kan fortyningen redusere risiko til moderat i 4 episoder og til lav i 3 episoder. Ved dypere enn 1 m. vil 1 av de 16 episodene medføre moderat risiko og 9 episoder lav risiko (Tabell 4.5). Blanding av ellevann og turbin vann viser en stor potensial for å redusere risiko for fiskedød og skader som følge av gassovermetning i Skibotn. Likevel kan ikke fortyning redusere risiko helt, men ca. 1-3 episoder

med svært høy risiko og 1- 2 episoder med høy risiko (avhengig vanndybde) i året vil fortsatt forekomme, fremfor alt ved langvarig gassovermetning. I tillegg må det regnes med at fortytning ikke kan skje direkte i elv, og at sørsiden av elven har høyere risiko for effekter enn nordsiden.

Oppmålte gassmetningsverdier viste at risiko for effekter i > 0,3 m. dybde reduseres fra svært høy eller høy i kraftverksutløp, til moderat i 6 episoder og til lav i 6 episoder ved Avfallsservice. Ved > 0,5 m dybde blir tilsvarende 1 moderat og 12 lav og ved > 1 m. dybde, 1 moderat og 13 lav risiko (Tabell 4.5). Gassmetningsnivåer mellom Avfallsservice og punkt i elva der vann fra kraftverksutløpet og elva er godt oppblandet, kan antas å ligge mellom beregnet fortytningseffekt og nivåer ved Avfallsservice. Det er derfor også mulig at elvestrekning mellom fortytning og Avfallsservice kan rammes av 1 – 3 episoder med høyere risiko i året, sett til risiko i > 0,3 og > 0,5 m. dybde, i > 1 m. dybde ville det være 0 – 1 gang i året (Tabell 4.5).

Oppmålte gassmetningsnivåer ved Skibotn bru viser en episode med høy risiko og en med moderat risiko i vanndybde 0,3 m. og 2 moderat risiko episode i 0,5 m vanndybde. Ellers er alle episoder lav risiko (Tabell 4.5).

Beregning av risiko for effekter på biologi ved perioder med gassovermetning i Skibotn viser at det forekom flere episoder med svært høy og høy risiko for effekter i forskjellige dybder. Slike episoder oppstod både ved stasjon Kraftverksutløp og flere nedenforliggende stasjoner, selv om risikoklassen i de fleste episoder kan reduseres til moderat eller lav. Svært høy og Høy risiko kan medføre akutt fiskedød og store skader på lakseparr, mens moderat risiko medfører subletale skader og forendringer i atferd i lab-miljø (Pulg, Isaksen, et al. 2018).

Toleranseevne for laks og ørret i naturlig miljø er i dag dårlig kjent og ukjent for røye og resultat i lab er ikke direkte overførbare. En dyp elv kan gi mulighet for fisk til å trykk-kompensere gassovermetning i dypere vann, men det finnes også finnes sekundæreffekter som økt predasjon og sykdommer (Lennox, et al. 2022, Pleizier, et al. 2021, Pulg, Isaksen, et al. 2018). For å kunne kvantifisere effekter av gassovermetning på vassdragsmiljøet kreves derfor mer nøyaktige undersøkelser, og bedre oppløsning av gassmetningsmåling som foreslått i avsnitt om Gassmetning, Årsaker til gassovermetning

Situasjoner der høye nivåer av gassovermetning også kunne ses etter beregnet fortytning og måles ved Avfallsservice, ble relatert til 5 spesifikke forhold, basert på en detaljert gjennomgang av produksjonsdata, vannføringsdata og gassmetningsdata .

6. Høy vannføring i bekkeinntak. Luftinndragning ved bekkeinntak, fremst vann fra bekkeinntak 2 og 4 i Norddalsbekken, ble identifisert som primær årsak til gassovermetning i Skibotn kraftverk. Bekkeinntak B3 og B5 i Norddalsbekken og Kvitlia ble bedømt til å ha begrenset effekt på gassovermetning og gassmetning i vann fra B1 er ukjent. Ved drift av Skibotn kraftverk tas vann etter rangering B5, B4, B3, B2, Lávkaðjohka kraftverk, B1 og sist magasin i Rihpoðávri. Dersom vannføring fra bekkeinntak og Lávkaðjohka kraftverk er større enn driftsvannføring, ledes vann til magasin for lagring. Dette skjer oftest i flomsituasjoner ved B1 og gassmetning fra dette inntaket er derfor vanskelig å bedømme. I tillegg kan det skje overløp ved Lávkaðávri ved driftsstans i Lávkaðjohka kraftverk som ledes til bekkeinntak B1.
7. Driftsvannføring ca. 10 m³/s. Ved middels driftsvannføring på ca. 10 m³/s bruker Skibotn kraftverk kun vann fra bekkeinntak, med størst risiko for gassovermetning, uten innblanding fra Lávkaðjohka kraftverk eller fra magasin. Selv om middels driftsvannføring kan årsake høye nivåer gassovermetning i Skibotnelva, er det ikke alltid slikt. Gassovermetning i bekkeinntak forekommer samtidig som høy restvannføring, hvilket også kan medføre en fortynningseffekt.
8. Forandringer i driftsvannføring. Ved fremfor alt økning fra middels til full last i Skibotnkraftverk, kan det ses perioder på få timer der gassmetning i Skibotnelva øker. Ved middels kjøring brukes høyest andel gassovermettet vann i kraftverket og da en omstilling skjer fra middels til høy produksjon, slippes en større mengde vann ut i elven. Det vil være en vannmasse som består av nærmere 100 % vann fra bekkeinntak og har høy gassovermetning og med et større volum som slippes, blir resultatet høyere gassmetning etter oppblanding i ellevann. Etter noen timer vil vann fra kraftverk bestå av vann med både høy og lav gassovermetning, og gassmetning i Skibotnelva vil synke.
9. Oppstart etter stans. Ved stans av kraftverket i perioder med høy vannføring i bekkeinntak, kan høyt gassovermettet vann fylles opp og lagres i kraftverkstunnelen. Oppstart av kraftverk, særlig med full effekt, vil da slippe det gassovermettede vannet ut i elven i en periode til estimert 4 timer.

10. Oppstart etter tømning av tunnel. Ved tømning av kraftverkstunnel fylles denne med luft.

Ved oppstart av kraftverket kan ikke denne luften forsvinne ut av systemet på annen måte enn å løses i vannet som slippes i Skibotnelva. En slik situasjon kan forårsake en kraftig topp i % TDG som deretter synker langsomt over flere dager mens luft i systemet sakte løses i vann og slippes i Skibotnelva.

Ved situasjon 4 og 5 kan gassovermetning målt og beregnet i Skibotnelva forverres hvis kraftverket starter i perioder med lav restvannføring. Detaljert beskrivelse av årsaker i hver enkelt episode med høy gassovermetning finnes i Jerkø

og Bunndyr.

Gassmetning fra Skibotn kraftverk bedømmes å kunne ha negative effekter på miljøtilstand i Skibotnelva, særlig nær kraftutløpet. Gassmetningsmålinger og beregninger av fortykning viser forekomst av potensielt skadelige nivåer i perioder helt ned til stasjon Avfallsservice flere ganger i året. Strekning mellom kraftverksutløpet og Avfallsservice bedømmes dog sjeldnere utsatt for gassmetningsnivåer som kan medføre akutt fiskedød og/eller kroniske skader på fisk i form av boblesyke. Slike episoder forekommer fremst i vårflo, der gassmetning i kraftverksutløp ofte kan gå opp til 180 % TDG, 130 % ved fortykning og 119 % ved Avfallsservice. Denne strekningen er også bedømt som den strekningen nedstrøms kraftverksutløp som er best egnet for gyting og med størst registrert gyteareal. I samme område er det stor mangel på skjul og oppvekstområder for eldre ungfisk (Jensen, Dahl-Hansen og Henriksen 2023). Ved eventuelle tiltak for å øke skjultilgang og oppvekstområder mellom kraftverksutløp og Avfallsservice, bør det sikres at gassmetning aldri eller i minst mulig grad når nivåer med risiko for skader på fisk også i grunne habitater. I praksis betyr det helst < 109 % TDG og høyere verdier opptil 116 % kortere enn 1 timer (Pulg, Isaksen, et al. 2018).

5.6 Tiltak

Fra overvåkning i 2021 – 2023 fremkommer det at gassmetning i Skibotnelva potensielt har episoder med risiko for fiskedød og subletale effekter. Et første tiltak bør alltid være å vurdere om innblanding av luft i turbinvann kan unngås. Dette ville bety først kartlegging av hvilke

bekkeinntak som forårsaker gassovermetning, og deretter ombygging eller struping av disse. Erfaringer i andre elver viser at det kan være effektivt, men at det også kan medføre store kostnader (Pulg, Isaksen, et al. 2018).

Oppblanding av kraftverksvann med ellevann viser spesielt stor potensial for å redusere de kraftigste toppene og få ned risiko for effekter på fisk i og med stort restfelt. Samtidig viser målinger ved Brennfjellskulpen at miksing av vannmasser skjer sakte på de første 600 m nedstrøms kraftverksutløpet. Det vil derfor være nyttig å gjennomføre tiltak for å påskynde blanding av vannmasser rett nedstrøms kraftverksutløpet. For å fremskynde oppblanding av kraftverksvann med ellevann anbefales det utlegg av steinblokker i et blokkefelt i strekningen kraftverksutløp til tilløp av Kvitlielva (Figur 5.1) i et mønster som øker blanding av vannmassene. Ifølge Pulg m.fl. (2018) skjer utluftning av gass fra vann i grunne elvepartier med stryk, fossefall, stor turbulens og stor ruhet i bunn. Det finnes derfor også mulighet for at utlegg av steinblokker vil hjelpe med utluftning. Gradienten i Skibotnelva er generelt lav (i snitt 0,3 % mellom munning og kraftverksutløp) og partiet mellom kraftverksutløpet og stasjon Avfallsservice er gradienten kun 0,26 %. Det finnes derfor risiko at finmasser sedimenteres mellom steinblokker og minsker dybden eller reduserer habitatforhold. Et detaljert forslag må først skje etter nøyaktig oppmåling av bunntopografi og gradient i elven og sikre at sedimentasjon ikke reduserer effektivitet av tiltaket og habitat.



Figur 5.1: Eksempel målbilde ved steinutlegg, naturlig elvestrekning i Espedalselva med varierte glasielle steinblokker (kilde: Pulg m.fl. (2018)).

Tilpassing av driftsmønster kan også hjelpe til å redusere de høyeste toppene av gassmetning i Skibotnelven og bør testes. Årsak til gassovermetning skyldes luftinndrag ved høy vannføring i bekkeinntak og forskjellige driftssituasjoner har blitt modellert (Jerkø, Notat Tromskraft: Årsaksanalyse Gassmetning Skibotn kraftverk 2024). I visse perioder med lav vannføring kan det være fordelaktig å øke produksjon for å bruke større andel vann fra magasin med lavere gassmetning samt fra Lávkaajohka Kraftverk. Dette vil kunne medføre en liten fortykning av % TDG før det slippes i elva. Ved høy driftsvannføring er det også fordelaktig om Lávkaajohka Kraftverk kjøres med høy driftsvannføring, ettersom vann herifra mest sannsynlig ikke er gassovermettet. Motsatt kan det være fordelaktig å minske produksjonsvannføring ved høy restvannføring, og bruke vannmasser i restfelt for å fortygne TDG. Ved lav produksjon vil dog TDG nivåer være høyere enn ved høy produksjon langs med sørsiden av Skibotnelva, grunnet dårlig blanding av vannmasser. Det er usikkert om fisk aktivt unngår gassovermettet vann (Lennox, et al. 2022) og effekter av slike driftstiltak bør undersøkes ved hjelp av biologiske undersøkelser (dykking, el-fiske etc.) under gassovermetningsperioder.

I tillegg kan driftstilpassing i samband med oppstart etter stans av kraftverk tilpasses for å oppnå en størst mulig fortykning ved oppstart. Ved stans kan det akkumuleres gassovermettet vann i tunnel, enten som følge av akkumulering av vann fra bekkeinntak, eller på grunn av luft inntak

ved tømning av tunnel. De første timene etter oppstart vil medføre utslipp av høye gasskonsentrasjoner og må slippes i et volum som tillater tilstrekkelig fortykning med den aktuelle restvannføringen i Skibotnelva.

Effekter av tilpassing av driftsmønster er teoretiske og bør testes med målinger av gassmetning i- og nedenfor kraftverksutløp før de tas i bruk. Gassmetning i vann fra Lávkaohka kraftverk må også testes før drift av Lávkaohka brukes som tiltak for å minske gassovermetning.

I tillegg til disse tiltak, kan også utluftning ved hjelp av ultralyd vurderes for fremtida løsning. Forsøk i lab har vist på muligheter til å minske mengde gass i vann ved å utsette vannmasser for ultralyd (Kuhn 2023). Dette tiltak må oppskaleres og testes, men kan eventuelt brukes for å redusere maks-nivåer TDG i et kraftverk i Skibotns størrelsesorden.

5.7 Konklusjon

Gassovermetning fra Skibotn kraftverk er trolig forårsaket av innsug av luft i bekkeinntakene ved høy vannføring. Det ble observert gassmetning opp til 183 % som vil medføre stor risiko for vannmiljøet i elven, særlig i nærhet til kraftverksutløpet. Ved utløpet regnes det med risiko for skader på fisk ved flere tilfeller i perioden 2006 – 2011 og 2021 – 2023. Påvirkningen vil variere sterk i tid og rom ifølge risikovurderinger, og resultat fra el-fiske ser ut til å bekrefte dette.

Episoder med risiko for skader på fisk, skjer oftest ved høy vannføring. Fortynningseffekten antas å redusere risiko for skader, men miksing av vann fra kraftverk med vann fra elv trenger tid og rom, målinger ved stasjon Brennfjellskulpen viser at det ikke skjer fullt ut på minst 600 m. og målinger ved Avfallsservice viser på 1 – 3 tilfeller med svært høy eller høy risiko for skader 4,8 km nedstrøms kraftverksutløpet 2021 – 2023.

For å kunne kvantifisere miljøeffekter og utbredelse av gassovermetning i Skibotnelva anbefales en utvidelse av stasjonsnett og prøvetakingslokasjoner som nevnt i kapittel Gassmetning, Bunndyr og Årsaker til gassovermetning

Situasjoner der høye nivåer av gassovermetning også kunne ses etter beregnet fortynning og måles ved Avfallsservice, ble relatert til 5 spesifikke forhold, basert på en detaljert gjennomgang av produksjonsdata, vannføringsdata og gassmetningsdata .

11. Høy vannføring i bekkeinntak. Luftinndragning ved bekkeinntak, fremst vann fra bekkeinntak 2 og 4 i Norddalsbekken, ble identifisert som primær årsak til gassovermetning i Skibotn kraftverk. Bekkeinntak B3 og B5 i Norddalsbekken og Kvitlia ble bedømt til å ha begrenset effekt på gassovermetning og gassmetning i vann fra B1 er ukjent. Ved drift av Skibotn kraftverk tas vann etter rangering B5, B4, B3, B2, Lávkaðjohka kraftverk, B1 og sist magasin i Rihpoðávri. Dersom vannføring fra bekkeinntak og Lávkaðjohka kraftverk er større enn driftsvannføring, ledes vann til magasin for lagring. Dette skjer oftest i flomsituasjoner ved B1 og gassmetning fra dette inntaket er derfor vanskelig å bedømme. I tillegg kan det skje overløp ved Lávkaðávri ved driftsstans i Lávkaðjohka kraftverk som ledes til bekkeinntak B1.

12. Driftsvannføring ca. 10 m³/s. Ved middels driftsvannføring på ca. 10 m³/s bruker Skibotn kraftverk kun vann fra bekkeinntak, med størst risiko for gassovermetning, uten innblanding fra Lávkaðjohka kraftverk eller fra magasin. Selv om middels driftsvannføring kan årsake høye nivåer gassovermetning i Skibotnelva, er det ikke alltid slikt. Gassovermetning i bekkeinntak forekommer samtidig som høy restvannføring, hvilket også kan medføre en fortynningseffekt.

13. Forandringer i driftsvannføring. Ved fremfor alt økning fra middels til full last i Skibotnkraftverk, kan det ses perioder på få timer der gassmetning i Skibotnelva øker. Ved middels kjøring brukes høyest andel gassovermettet vann i kraftverket og da en omstilling skjer fra middels til høy produksjon, slippes en større mengde vann ut i elven. Det vil være en vannmasse som består av nærmere 100 % vann fra bekkeinntak og har høy gassovermetning og med et større volum som slippes, blir resultatet høyere gassmetning etter oppblanding i ellevann. Etter noen timer vil vann fra kraftverk bestå av vann med både høy og lav gassovermetning, og gassmetning i Skibotnelva vil synke.

14. Oppstart etter stans. Ved stans av kraftverket i perioder med høy vannføring i bekkeinntak, kan høyt gassovermettet vann fylles opp og lagres i kraftverkstunnelen. Oppstart av kraftverk, særlig med full effekt, vil da slippe det gassovermettede vannet ut i elven i en periode til estimert 4 timer.

15. Oppstart etter tømning av tunnel. Ved tømning av kraftverkstunnel fylles denne med luft. Ved oppstart av kraftverket kan ikke denne luften forsvinne ut av systemet på annen måte enn å løses i vannet som slippes i Skibotnelva. En slik situasjon kan forårsake en kraftig topp i % TDG som deretter synker langsomt over flere dager mens luft i systemet sakte løses i vann og slippes i Skibotnelva.

Ved situasjon 4 og 5 kan gassovermetning målt og beregnet i Skibotnelva forverres hvis kraftverket starter i perioder med lav restvannføring. Detaljert beskrivelse av årsaker i hver enkelt episode med høy gassovermetning finnes i Jerkø

Skibotnelva har gode muligheter for å håndtere gassovermetning ved hjelp av fortykning med vann i restfeltet. Ny teknologi som ultralydutlufting kan også hjelpe å redusere gassmetning ved kraftverksutløpet. Slik teknologi er i forskningsstadiet og krever mer testing og utvikling før bruk. Som direkte tiltak for å redusere risiko for skader fra gassovermetningens på vannmiljø i Skibotnelva anbefales det følgende tiltak.

1. Ombygging eller stenging av bekkeinntak.
2. Utlegg av steinblokker for å påskynde fortykning og utlufting.
3. Tilpassing av driftsmønster.

En rangering av disse tiltak kan skje ved hjelp av kost-nytte vurdering der kostnader og inntekt bortfall veies mot mulige forbedringer for vannmiljø.

6 Referanser

- Aune, Svein. «muntl.» *Forsker, Miljø og smittetiltak. Veterinærinstituttet*. (31 05 2024).
- Bredeli, Ingbjørn, og Hilde Aspås. *Plan for rotenonbehandling av Skibotnvasdraget*. Fylkesmannen i Møre og Romsdal, miljøvernavdelinga, 1995, 36.
- Fiske, Peder, Bengt Finstad, og Ola Ugedal. u.d.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/b6f5e7d38fe04234b32156131a1eec14/appendiks-1-ab-oversikt-over-laksevasdrag-og-utvandring.pdf> (funnet 04 2024).
- Forseth, Torbjørn. *El-fiskemetodikk. Gamle problemer og nye utfordringer*. NINA rapport, Trondheim: NINA, 2009.
- Hanssen, Øyvind Kanstad, Audun Rikardsen, og John Lambela. «Registreinger i forbindelse med fiskedød i Skibotnelva høsten 2006.» Rapport nr. : 02 - 2006, Tromsø, 2006.
- Hynes, Noel. «The Ecology of Running Waters.» *Liverpool University Press*, 1970.
- Jensen, Jenny , Geir Aksel Dahl-Hansen, og Eirik Haugstvedt Henriksen. *Bonitering av Skibotnelva*. Akvaplan-niva AS Rapport, Akvaplan-niva, 2023.
- Jensen, Jenny. «The seasonal migratory behavior of sympatric anadromous Arctic charr and brown trout.» University of Tromsø, 2013.
- Jerkø, Jostein. «muntl.» *Fagsjef vassdrag og miljø, Tromskraft Produksjon*. (28 05 2024).
- . «Notat Tromskraft: Årsaksanalyse Gassmetning Skibotn kraftverk.» 2024.
- Kristoffersen, Roar, Audun Rikardsen, Anja Winger, Pål Adolfsen, og Rune Knudsen. *Røye som langtidsvert og smittereservoar for Gyrodactylus salaris i Skibotnelva i Troms*. NINA Rapport 36, Tromsø: NINA , 2005, 27.
- Kuhn, Ludwig. «Evaluation of ultrasonic degasification as a tool to mitigate total dissolved gas supersaturation downstream hydropower plants.» *5. Testing ultrasonic degasification in medium-sized laboratory scale*. Trondheim: NTNU, Desember 2023.
- Lennox, Robert, et al. «Behavioural response of brown trout (*Salmo trutta*) to total dissolved gas supersaturation in a regulated river.» *Ecohydrology*, 2022.
- NVE . *Skibotn*. 04 2024.
<https://www.nve.no/energi/energisystem/vannkraft/vannkraftdatabase/vannkraftverk/?id=375> (funnet 04 17, 2023).
- NVE. *NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-Indeks-Analyse*. 04 2024. <https://nevina.nve.no/>.

Opsanger, Vebjørn Kveberg. «The effect of supersaturation on benthic invertebrates in two Norwegian rivers.» Bergen: Department of Biological sciences - Univeristy of Bergen, 2023.

Pleizier, Naomi, Beatrice Rost-Komiya, Steven Cooke, og Colin Brauner. «The lack of avoidance of total dissolved gas supersaturation in juvenile rainbow trout.» *Hydrobiologia*, 2021.

Pulg, Ulrich, et al. *Gassovermetning i vassdrag - en kunskapsoppsummering*. LFI Rapport, Bergen: Uni Research Miljø, 2018.

Pulg, Ulrich, Knut Wiik Vollset, Sebastian Stranzl, Espen Olsen Espedal, Christoph Hauer, og Peter Flödl. *Gassmetning i Otra nedenfor Brokke 2016 – 2017 og muligheter for avbøtende tiltak*. Bergen: Uni Research Miljø, 2018.

Statens kartverk. *Høydedata*. 2024. <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/> (funnet 04 2024).