



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

E134 Oslofjordforbindelsen

Forundersøkelser i resipienter 2022

NIBIO RAPPORT | VOL. 9 | NR. 119 | 2023



Johanna Skrutvold, Frode Fossøy (NINA), Markus Majaneva (NINA) og Roger Roseth
Divisjon for miljø- og naturressurser

TITTEL/TITLE

E134 Oslofjordforbindelsen - Forundersøkelser i resipienter 2022

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Johanna Skrutvold, Frode Fossøy, Markus Majaneva og Roger Roseth

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
10.10.2023	9/119/2023	Åpen	10625-36	17/00357
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03358-5	2464-1162	46	4	

OPPDRAAGSGIVER/EMPLOYER:

Statens Vegvesen

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Lene Sørli Heier

STIKKORD/KEYWORDS:

Vannmiljø, fisk, bunndyr, samferdsel

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Vannmiljøovervåking

Fresh water and marine environment monitoring

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Etter oppdrag fra Statens vegvesen har NIBIO utført forundersøkelser i bekker, tjern og marine områder som vil kunne berøres av anleggsaktivitet under bygging av E134 Oslofjordforbindelsen. Forundersøkelsene har omfattet vannkjemi, bunndyr- og fiskeundersøkelser samt prøvetaking og analyse av eDNA. Samlet omfattet forundersøkelsene 21 stasjoner fordelt på bekker og elver, tjern og marine områder.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Viken

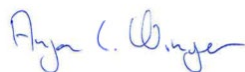
KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Frogn/Asker

STED/LOKALITET:

E134 Oslofjordforbindelsen

GODKJENT /APPROVED



ANJA CELINE WINGER

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



JOHANNA SKRUTVOLD

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

På oppdrag fra Statens Vegvesen og prosjektet E134 Oslofjordforbindelsen byggetrinn 2 har NIBIO med samarbeidspartnere (Tabell 1) gjennomført forundersøkelser i resipienter tilknyttet prosjektområdet i Frogn og Asker kommuner i Viken.

Kvalitetssikring av rapporten er utført av avdelingsleder Anja Celine Winger, i henhold til NIBIOs kvalitetssikringsrutiner.

Tabell 1. Personell

Firma	Navn	Utført arbeid
NIBIO	Johanna Skrutvold	Prosjektleder
		Rapportering
		Feltundersøkelser
	Roger Roseth	Prosjektleder
		Rapportering
		Feltundersøkelser
Anja Celine Winger	Kvalitetssikring rapport	
Faun naturforvaltning	Silje Hereid	Analyser og rapportering bunndyr
Naturplan	Ingar Aasestad	Bistand fiskeundersøkelser
Norsk institutt for naturforskning	Frode Fossøy	Analyser og presentasjon av eDNA-prøver
	Markus Majaneva	
Pelagia		Analyser planteplankton
Eurofins AS		Analyser vannprøver

Ås, 10.10.2023

Johanna Skrutvold

Allopatrisk	Betegnelse som brukes om arter eller bestand med geografisk adskilte leveområder.
Anadrom	Betegnelse som brukes om arter som gyter i ferskvann og som lever store deler av livet i saltvann. F.eks. laks og sjøørret.
Arthropoda	Leddyr. En stor gruppe av dyrearter som inkluderer blant annet krepsdyr, insekter og edderkoppdyr.
Eukaryoter	Eukaryoter er encellede eller flercellede organismer med kjerneholdige celler og inkluderer dyr og planter.
Farge	Vannets farge gjenspeiler vannets innhold av løste organiske forbindelser. I overflatevannet er det stort sett vannets humusinnhold som er avgjørende for vannets farge og parameteren benyttes i praksis til å si noe om vannets innhold av humusstoffer. I bunnvann med oksygenvinn kan også fargen påvirkes av f.eks. løst jern.
Fosfor og fosfat	Total fosfor (TP) omfatter alle fosforforbindelsene i vannmassene – både det som er bundet til partikler og det som finnes løst. Partikkelbundet fosfor er det fosforet som er bundet i biologisk materiale og til uorganiske partikler. Planteplanktonet har behov for en rekke næringsstoffer, men det er ofte fosfat (PO_4) det er minst av og som derfor bestemmer veksten og mengden av planteplanktonet. Ortofosfat (orto-P) er den fosforfraksjonen som antas umiddelbart tilgjengelig for planteplanktonet.
Klorofyll-a	Et pigment som er spesifikt for fotosyntetiserende organismer og som brukes som et mål på mengden alger i vannmassene. Variasjonene i klorofyll-a følger i stor grad variasjonene i algevolumberegningene. Begge parametere er mål for planteplanktonets mengde, men de nærmer seg dette målet på to svært ulike måter. Det vil derfor være en viss variasjon i forholdet mellom klorofyll og algevolum avhengig av hvilke arter som dominerer planktonsamfunnet og av andre ytre forhold som for eksempel lystilgang.
Metazoa	Dyreriket
Nitrogen, nitrat og ammonium	Total nitrogen (TN) omfatter alle nitrogenforbindelser i vannmassene. Nitrat (NO_3) er et viktig næringsstoff for alger i ferskvann. Selv om det er fosfor som oftest er vekstbegrensende på årsbasis i de fleste innsjøer, er det ikke uvanlig at nitrat er vekstbegrensende i deler av vekstsesongen, spesielt i næringsrike systemer. Ammonium (NH_4) kan imidlertid i slike perioder være kilde til nitrogen hvis konsentrasjonene er høye nok. I de tilfeller hvor nitrogen er vekstbegrensende næringsstoff kan dette medføre framvekst av nitrogenfikserende cyanobakterier, dvs. alger som kan utnytte atmosfærisk nitrogen.
Oomyceter	Eggsporesopper. En gruppe sopplignende organismer som finnes både i jord og vann. Inkluderer slekten <i>Phytophthora</i> hvor mange av artene er planteskadegjører.
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner.
pH	pH er et mål på vannets surhetsgrad. Vanlige næringsfattige til middels næringsrike innsjøer har ofte pH rundt nøytralitetspunktet 7,0 eller en svak sur reaksjon. I næringsrike innsjøer med kraftig fotosyntese i de øvre vannlagene kan pH bli svært høy om sommeren - spesielt på vindstille dager. Under slike forhold kan fosfor bundet til leirpartiklene frigis til vannmassene slik at algene lettere kan nyttiggjøre seg dette. Under vindpåvirkning, spesielt i humøse sjøer, vil ofte nedbrytingsprosessene jevne ut pH-økningen som følge av fotosyntesen. pH måles med elektroniske sonder direkte i felt.
Planteplankton	Planteplankton er fotoautotrofe prokaryoter eller eukaryotiske alger som lever i vann der det er nok lys til å gjennomføre fotosyntese. Ordet «plankton» kommer fra gresk 'planktos' og betyr 'vandrør' eller 'en som driver rundt'. Eksempler på viktige planteplanktongrupper er diatoméer, cyanobakterier (eller blågrønnalger) og dinoflagellater.
PKD	Proliferativ nyresyke. En sykdom som kan oppstå hos laksefisk og er forårsaket av en parasitt.
Prioriterte stoffer	Tungmetaller og organiske miljøgifter som er identifisert som prioriterte av EU og er spesifisert på listen i vedlegg VIII A i vannforskriften. Gjelder metallene bly (Pb), kvikksølv (Hg), kadmium (Cd) og nikkel (Ni).
Suspendert stoff (STS eller SS)	Mål på partikulært materiale (uorganisk og organisk) i vannmassene. Suspendert materiale bestemmes ved at vannet filtreres gjennom et filter og veies. Ved bestemmelse av gløderest gløder man bort det organiske materialet. Gløderesten er et mål på det uorganiske materialet i vannmassene.

Sympatrisk	Betegnelse som brukes om en art eller bestand som deler leveområde med andre arter. F.eks. laks og sjøørret som lever i samme elv.
THC	Totale hydrokarboner. Organiske forbindelser som inneholder bare hydrogen og karbon. Deles inn i to hovedgrupper: alifater og aromater
TOC	Total organisk karbon. Uttrykk for vannets totale innhold av partikulære og løste organiske forbindelser. Det er stort sett vannets humusinnhold og vannets innhold av alger og dødt organisk materiale som bestemmer konsentrasjonen av TOC. Sammen med vannets farge vil TOC være nyttig for å vurdere den mengden av organisk materiale som skyldes humusstoffer og den mengden som skyldes annet organisk materiale (alger og lignende).
Turbiditet	Turbiditet er et mål på uklarhet eller partikkelinnhold i vannet. Høy turbiditet kan forårsakes av leire eller andre svevepartikler som gjør vannet uklart, blakket og lite gjennomiktig. Turbiditet måles ved å registrere brytningen eller svekkingen av en lysstråle i vannet, enheten kalles for NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Hvordan lysstrålen brytes vil bl.a. avhenge av partiklens form, farge og refleksivitet, derfor må turbiditet kalibreres mot suspendert stoff ved hvert prøvested.
Vannregionspesifikke stoffer	Kvantitativt betydelige miljøgifter som ikke regnes som prioriterte stoffer. Gjelder metallene kobber (Cu), sink (Zn), krom (Cr) og arsen (As).

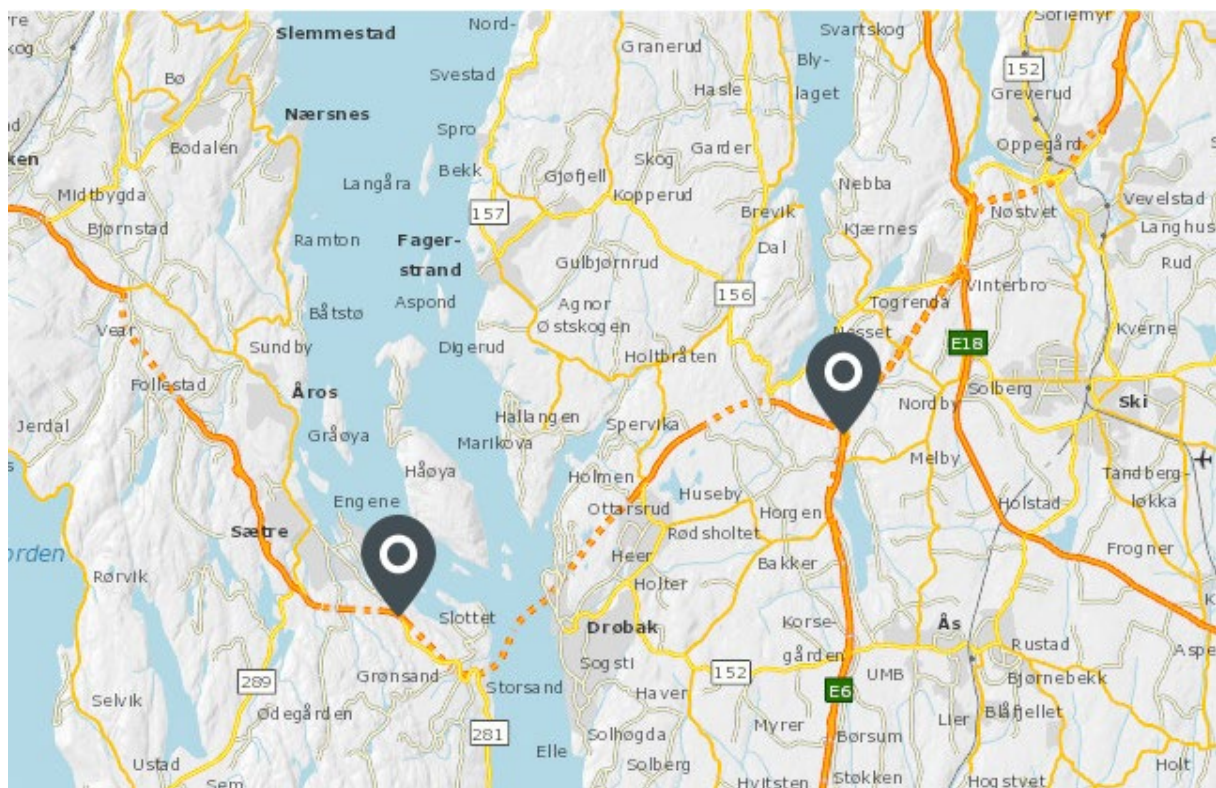
Innhold

1	Innledning.....	7
1.1	Bakgrunn.....	7
1.2	Vannforekomstene	8
2	Metode	10
2.1	Overvåkingsstasjonene.....	10
2.2	Vannprøver	15
2.3	Bunndyr	16
2.4	Fisk.....	16
2.5	Plankton.....	17
2.6	Miljø-DNA	17
2.6.1	Prøvetaking	17
2.6.2	Laboratorieanalyser	18
2.6.3	Bioinformatiske analyser.....	18
3	Resultater	20
3.1	Vannprøver	20
3.1.1	Ferskvannsresipienter	20
3.1.2	Marine resipienter	21
3.2	Bunndyr	22
3.3	Fisk.....	25
3.4	Plankton.....	27
3.5	Miljø-DNA	28
4	Diskusjon/oppsummering	32
	Vedlegg.....	35
	Vedlegg I.....	35
	Vedlegg II.....	38
	Vedlegg III.....	41
	Vedlegg IV.....	44

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I Stortingsproposisjon 87 (1995-96) ble det vedtatt at E134 Oslofjordforbindelsen skulle bygges ut i takt med trafikktutviklingen og prosjektet ble delt opp i to byggetrinn. Byggetrinn 1, med bygging av Oslofjordtunnelen med ett løp, ble ferdigstilt i 2000. I byggetrinn 2 skal det bygges ett nytt løp i både Oslofjordtunnelen (7,4 km) og Frogntunnelen (1,6 km) samt utvide fra to til firefelts vei mellom tunnelåpningen ved Måna og frem til E6 på Vassum, en strekning på 6 km. Det skal bygges et nytt broløp for Bråtan bro (200 m) med utvidelse av viltundergang, samt ombygging av kryssene på Verpen og Måna. Reguleringsplan E134 for Frogn og Asker kommuner ble vedtatt februar 2015. Kart over strekningen er vist i figur 1.



Figur 1. Oversikt over nytt veganlegg E134 Oslofjordforbindelsen. Kilde: Statens Vegvesen.

Anleggsaktivitet på store byggeprosjekter medfører store terrenginngrep med diffus avrenning, utslipp av rensed anleggsvann fra tunneldriving samt nitrogenholdig avrenning fra sprengsteinsfyllinger.

Det er stort fokus på nitrogentilførsel til Oslofjorden. I henhold til helhetlig tiltaksplan for Oslofjorden så skal det settes inn tiltak for å redusere tilførslene av nitrogen til fjorden, for å bremse eutrofiering som antas å være den viktigste driveren til «Fjorddøden». Tiltaksplanen og andre fagrappporter fokuserer på nitrogen fra avløpsanlegg uten N-rensing samt avrenning fra landbruk, men fjorden tilføres også mye nitrogen fra sprengstein og tunneldrivevann fra de mange bygge- og samferdselsprosjektene rundt Oslofjorden. Avrenning av nitrogen fra sprengstoff er en midlertidig kilde, men kontinuerlig sprengnings- og byggeaktivitet gir årlige tilførsler med varierende utslippsområder. Omtalt nitrogenavrenning fra tunneldriving og sprengstein for ny Oslofjordforbindelse, vil gi et midlertidig bidrag til den samlede nitrogenbelastningen til fjorden samt til omtalte lokale marine resipienter. NIBIO har utarbeidet et eget notat med beregninger av antatt totaltilførsel av nitrogen fra anleggsaktivitet fra E134 byggetrinn 2.

I tillegg vil videre drift av veien etter ferdigstilling medføre utslipp av rensset vaskevann fra tunnelene, samt overvann fra veien med innhold av vegsalt, mikroplast, tungmetaller og andre vegforurensninger, Dette vil kunne tilføres de vegnære vassdragene.

I forbindelse med anleggsvirksomheten på vegprosjektet E134 Oslofjordforbindelsen byggetrinn 2 skal det gjennomføres miljøovervåking i berørte resipienter før, under og etter anleggsperioden. Miljøovervåkingen skal både dokumentere eventuell miljøpåvirkning i resipienter og kontrollere rensset anleggsvann fra entreprenørenes renseløsninger. Det ble gjennomført forundersøkelser og kartlegging av naturverdier i influensområdet i 2015 og igjen i 2020 hvor alle vurderingene er sammenstilt av Gregersen m.fl. i 2021. Naturverdier i seks bekker ble undersøkt: Rundvollbekken, Månabekken, Grøndsandbekken, Sandspollbekken, Sarabråtenbekken og Bonnebekken. Supplerende forundersøkelser ble gjennomført i 2022 og er sammenstilt i denne rapporten.

1.2 Vannforekomstene

Sluttresipienten for alle utslipp i anleggsfasen er Oslofjorden via Bunnefjorden, Hallangspollen, Sandspollen og Storsand i Frogn og Asker kommuner (tabell 2).

Tabell 2. Vannforekomster tilknyttet prosjektområdet.

Sluttresipient	Vanntype	Hovedresipient	VannforekomstID	Vanntype
Bunnefjorden	Beskyttet kyst/fjord	Rundvollbekken	005-41-R	R111
		Bonnbekken	005-58-R	R111
		Oppegårdstjern	005-5677-L	
		Årungselsva	005-33-R	R111
Hallangspollen	Moderat eksponert kyst	Månabekken	005-57-R	R110
Sandspollen	Moderat eksponert kyst	Sandspollbekken	-	-
		Verpentjerna	009-5709	-
Storsand	Moderat eksponert kyst	Grøtnesbekken	010-5-R	R108

Bunnefjorden er hovedresipienten i nordenden av prosjektområdet. Både Årungselsva og Bonnbekken renner ut her, samt en mindre bekk, Rundvollbekken. Bonnbekken har opphav fra Oppegårdtjern som ligger tett på dagens E134. Rundvollbekken mottar i dag rensset tunnelvaskevann fra Frogntunnelen.

Beregninger av total nitrogentilførsel til Bunnefjorden fra Årungselsva, Bonnbekken og Rundvollbekken indikerte en tilførsel i størrelsesorden 14 tonn N fra tunnelvann og sprengstein over en periode på 1-2 år. Målinger registrert i Vann-Nett har vist nitrogenkonsentrasjoner i vannforekomsten Bunnebotn på 0,4 mg/l, tilsvarende «Moderat» tilstand. Økte nitrogentilførsler fra sprengstein vil kunne resultere i at total nitrogen i Bunnebukta midlertidig overstiger «Svært dårlig» tilstand.

Hallangspollen er en liten sidearm til Oslofjorden innenfor vassdraget Nesodden og Bunnefjorden vassdragsområde. Tre hovedbekker har sitt utløp i Hallangspollen hvorav det er kun Månabekken/Spervikbekken på vestsiden som vil få avrenning fra anlegget. Per 2023 er det planlagt at Månabekken vil motta rensset tunneldrivevann samt anleggsvann fra dagsonen.

Den økologiske tilstanden i Hallangspollen bekkefelt (005-57-R) er ifølge Vann-nett *moderat*, basert på undersøkelser av bunndyr, begroingsalger og næringsstoffer (2021). Det er registrert fire overvåkingsstasjoner i Månabekken (kalt Spervikbekken i Vannmiljø). Biologiske undersøkelser fra 2021 viste samlet *dårlig* tilstand for eutrofiering. Av fisk er det registrert mort, ål og gjedde.

I selve Hallangspollen ble det gjort undersøkelser av sediment i 2020 som viste *dårlig* kjemisk tilstand. Det er ikke registrert noen biologiske undersøkelser i Hallangspollen i Vannmiljø. Det ble registrert ålegressamfunn langs store deler av strandsonen i Innerpollen i 2009 (Naturbase).

I enden av prosjektområdet på Askersiden ligger Sandspollen som mottar avrenning fra Verpentjerna og Sandspollbekken. Også i dette området skal det disponeres en del stein som kan gi nitrogenanriket avrenning til vannforekomstene.

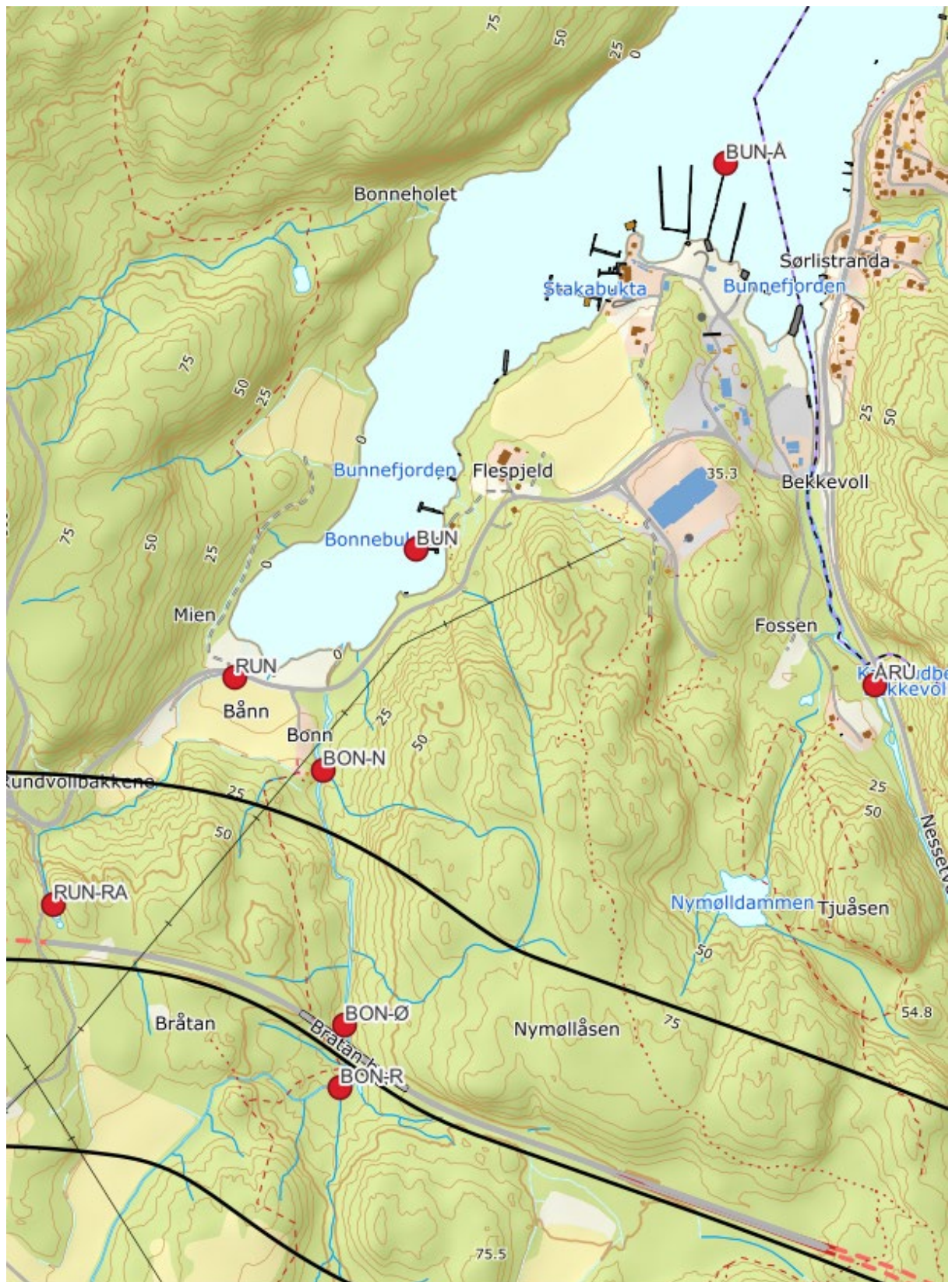
2 Metode

2.1 Overvåkingsstasjonene

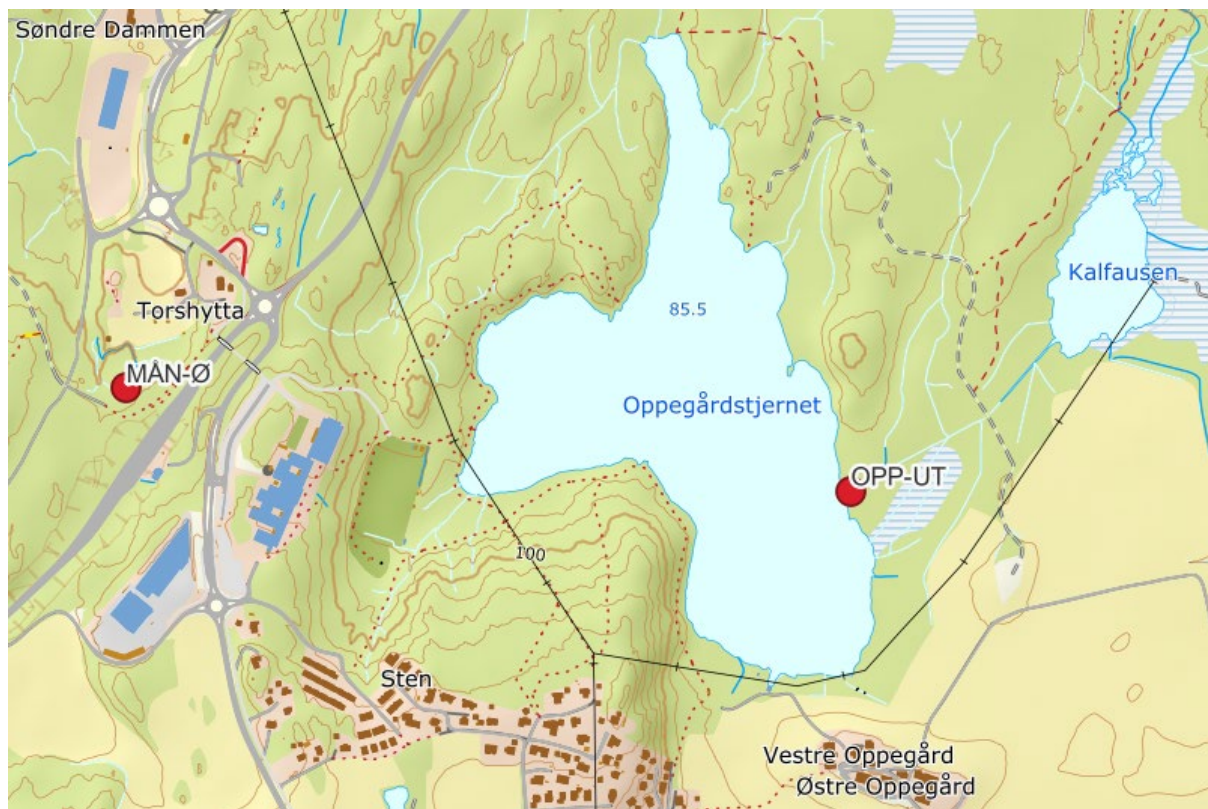
Tabell 3 og figurene 2-6 viser overvåkingstasjonene.

Tabell 3. Overvåkingsstasjoner i forundersøkelsene 2022. FV= ferskvann, SV=Saltvann. Kursiv = Ikke prøvetatt i forundersøkelsene.

Resipient	Type	Prøvepunkt	Navn	Koordinater (33N)		VannmiljøID	Vannprøver	Bunndyr	Fisk	eDNA	Plankton
				Nord	Øst						
Grønsandbekken	FV	GRØ	Grønsandbekken	6621399	252218	010-105181	X	X			
		GRØ-UT	Grønsandbekken eDNA	6621410	252261	010-110214				X	
Storsand	SV	STO	Utslippspunkt til fjorden	6621510	252368	01.01-110217	X			X	X
Sandspollen	SV	SAND	Sandspollen brygge	6622722	250607	01.01-110218	X			X	X
	FV	SAN	Sandpollbekken	6622434	250634	009-110219	X	X		X	
		SAN-F	Sandpollbekken fiskestasjon	6622466	250724	Ikke reg.			X		
Oppegårdstjern	FV	OPP-UT	Utløp	6625133	256640	Ikke reg.				X	
Verpentjerna	FV	VERP	Nedre Verpentjerna utløp	6622778	250126	Ikke reg.				X	
Månabekken	FV	MÅN-Ø	Øvre	6625268	255627	005-64211	X	X			
		MÅN-N	Nedre	6626352	255067	005-110216	X	X		X	
Hallangspollen	SV	HAL-Y	Svartlagssundet	6625968	253870	01.01-110215	X			X	X
		HAL-I	Innerpollen	6626141	254691	01.01-110195	X			X	X
Årungselva	FV	ÅRU	Årungenelva	6627600	259948	005-110220	X	X	X	X	
Bonnebekken	FV	BON-Ø	Øvre	6627059	259093	005-110202		X	X		
		BON-N	Nedre	6627470	259055	005-110196	X	X	X	X	
		BON-R	Referanse	6626949	259100	005-110197	X				
Rundvollbekken	FV	RUN-RA	Rensedam ved Frogntunnelen	6627247	258628	005-110207				X	
		RUN	Ved utløp	6627612	258924	005-64199	X				
Bunnefjorden	SV	BUN	Bunnefjorden	6627829	259206	Ikke reg.	X			X	X
		BUN-Å	Utløp Årungselva	6628444	259703	Ikke reg.	X			X	X
Antall							14	7	4	14	6



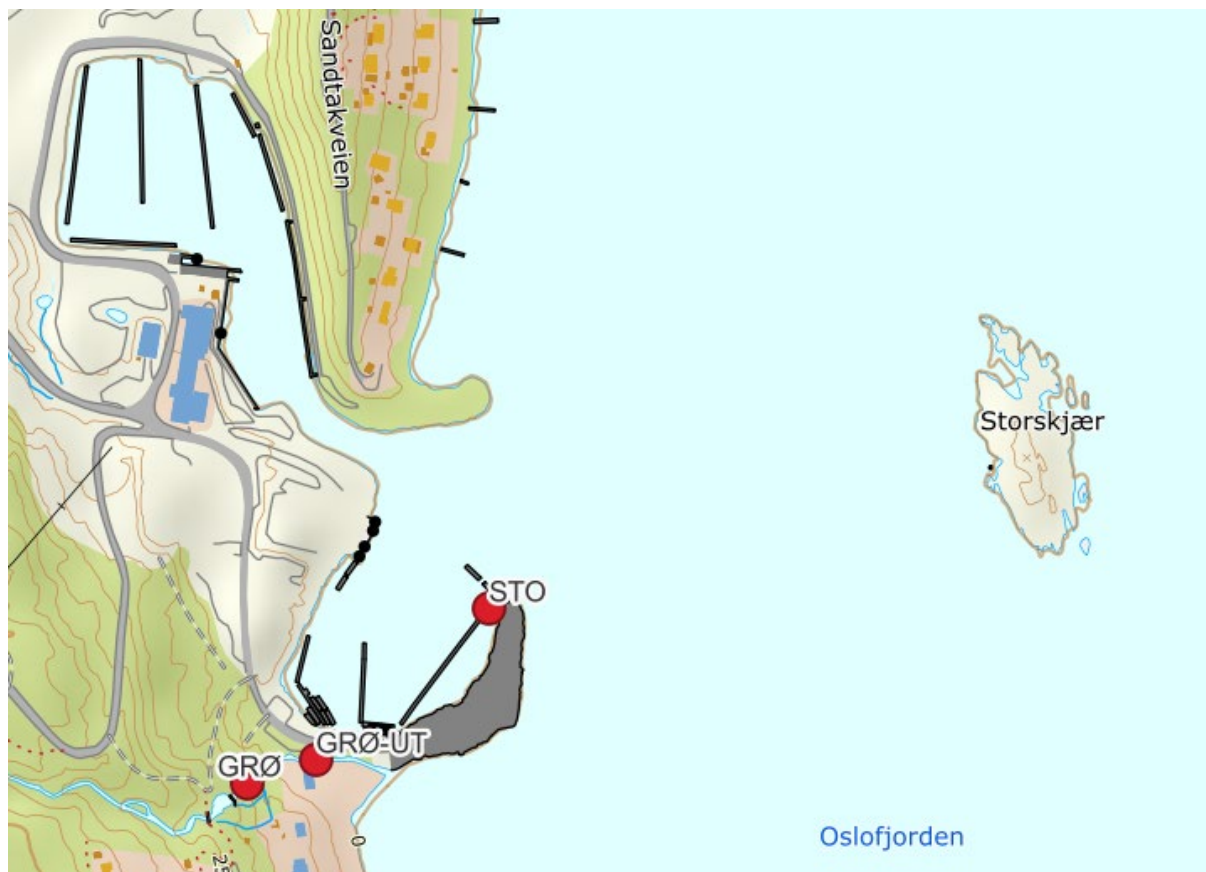
Figur 2. Prøvetakingstasjoner i Frogn, i østre enden av prosjektområdet (QGIS-kart).



Figur 3. Overvåkingstasjoner i Oppegårdstjernet og øvre del av Månabekken i Frogn (QGIS-kart).



Figur 4. Overvåkingstasjoner i Hallangspollen og nedre del av Månabekken i Frogn (QGIS-kart).



Figur 5. Overvåkingstasjoner i Grønsandbekken og ved Storsand, på vestsiden av Oslofjorden (QGIS-kart).



Figur 6. Overvåkingstasjoner i Sandspollen og Sandspollbekken samt Verpentjerna (QGIS-kart).

2.2 Vannprøver

Det ble tatt vannprøver våren (27.-28.04.22) og sommeren (17.08, 18.08 og 22.08) ved 14 prøvetakingsstasjoner i 2022 (Tabell 3). Vannprøvene ble analysert for næringsstoffer, tungmetaller, olje og PAH (Vedlegg I). Vannprøvene ble levert på laben samme dag som prøvene ble tatt eller oppbevart kaldt til dagen etterpå.

Vannprøvene ved de marine stasjonene ble tatt som en blandprøve fra 0-5 m med en Ramberg vannhenter.

Innholdet av næringsstoffer og miljøgifter ble klassifisert etter grenseverdier i veileder 02:2018 og M608, rev. 2020 (Tabell 4, Tabell 5).

Tabell 4. Tilstandsklasser etter veileder 02:2018.

Bakgrunn I	God II	Moderat III	Dårlig IV	Svært dårlig V
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtidseksponering	Akutt toksiske effekter ved korttidseksponering	Omfattende toksiske effekter

Tabell 5. Grenseverdier for klassifisering av vannprøver. Tilpasset etter tabellene 7.10 og 7.12 i veileder 02:2018 og M608.

	Parameter	Vanntype	I	II	III	IV	V	
Eutrofiering	Tot-N	R108/110/R111	550	775	1325	2025	>2025	
	Tot-P	R110 R111 50%	20 80	29 80	58 >80	98 >80	>98 >98	
Vannregion-spesifikke stoffer	Arsen (As)	Ferskvann	0,15	0,5	8,5	85	>85	
	Kopper (Cu)		0,3	7,8	15,6	>15,6		
	Sink (Zn)		1,5	11	60	>60		
	Krom (Cr)		0,1	3,4	>3,4			
	Krysen		0,000056	0,07	0,7	>0,7		
	Pyren		0,000053	0,023	0,23	>0,23		
	Acenaften		0,000034	3,8	382	>382		
	Acenaftylen		0,00001	1,28	33	>330		
	Fluoren		0,00019	1,5	34	>339		
	Fenantren		0,00025	0,5	6,7	>67		
	Benzo(a)antracen		0,000006	0,012	0,018	>1,8		
	Dibenzo(ah)antracen		0,000001	0,0006	0,014	>0,14		
	Indeno(1,2,3-cd) pyren		0,000017	0,0027	0,1	>0,1		
Prioriterte stoffer	Kadmium (Cd)	CaCO ₃ (mg/l)	<40	<0,08	<0,45	<4,5	>4,5	
			40-50	0,08	0,45	4,5	>4,5	
			50-100	0,003	0,09	0,6	6	>6
			100-200	0,15	0,9	9	>9	
			>200	0,25	1,5	15	>15	
	Kvikksølv (Hg)	Ferskvann	0,001	0,047	0,07	0,14	>0,14	
	Nikkel (Ni)		0,5	4	34	67	>67	
	Bly (Pb)		0,02	1,2	14	57	>57	
	Naftalen		0,00066	2	130	650	>650	
	Antracen		0,004	0,1	1	>1		
	Fluroanten		0,00029	0,0063	0,12	0,6	>0,6	
	Benzo(b)fluoranten		0,000017	0,017	1,28	>1,28		
	Benzo(k)fluoranten		0,000017	0,017	0,93	>0,93		
Benzo(a)pyren	0,000005	0,00017	0,27	1,54	>1,54			
Benzo(g,h,i)perylene	0,000011	0,0082	0,14	>0,14				

2.3 Bunndyr

Prøver av bunndyr ble tatt 22.04 og 19.10. Bunndyrprøvene ble tatt ut ved bruk av sparkemetoden (NS-ISO 10870). Det ble tatt ut prøver som i sum representerte bekkens habitatfordeling på best mulig måte. Det ble sparket i om lag 1 minutt per delprøve over en strekning på 3 meter. Det ble tatt ut tre delprøver som ble slått sammen til en blandprøve. Prøven ble fiksert med etanol og lagret mørkt. Bunndyrprøvene ble analysert av Faun Naturforvaltning.

Graden av organisk belastning ble vurdert ved bruk av ASPT-indeksen (Average Score per Taxon) (Tabell 6). ASPT-indeksen benyttes til å vurdere den økologiske tilstanden i bunndyrsamfunnet, med utgangspunkt i toleranseverdier på familienivå.

Tabell 6. Grenseverdier for ASPT-indeksen.

Vanntype	I	II	III	IV	V
Alle	>6,8	6,0	5,2	4,4	<4,4

2.4 Fisk

Fiskeundersøkelsen ble utført som kvantitativt el-fiske. Et el-fiskeapparat fra Terik Technology AS ble benyttet. For de fleste stasjonene har det blitt gjennomført full fiskeundersøkelse, med overfiske i tre omganger. For noen stasjoner, antatt fisketomme, ble det bare utført enkelt overfiske av en lengre strekning. Elektrisk fiske ble utført etter standardisert metode (NS-EN 14011) der valgt bekkeavsnitt ble overfisket i tre omganger med 30 minutters mellomrom. For de ulike lokalitetene ble det avfisket et areal på mellom 37 og 125 m². Tettheten av fisk (y) ble beregnet med Bohlins metode (jf. Zippin 1956; Bohlin m.fl. 1989):

$$y = \frac{T}{1 - \left(\frac{T - C_1}{T - C_3}\right)^3}$$

der y er tettheten av fisk, T er totalt antall fisk fanget, og C_1 og C_3 er antall fisk fanget ved hhv første og tredje gangs overfiske.

Usikkerheten i et slikt estimat kan være betydelig, særlig om metoden benyttes for en fangst på færre enn 50 fisk, jf. Forseth og Forsgren (2009). Fangbarheten (p) ble beregnet ut fra estimert tetthet og totalt antall fanget fisk via følgende formel:

$$p = 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{T}{y}}$$

Det er skilt mellom årsunger (0+) og eldre ungfisk ($\geq 1+$), basert på lengdefordelingen.

Den estimerte tettheten ble klassifisert etter grenseverdier oppgitt i Tabell 7.

Tabell 7. Klassegrenser for økologisk tilstand basert på kvalitetselementet fisk. Etter tabell 6.15 i veileder 02:2018.

Artssamfunn	Habitatklasse	I	II	III	IV	V
Anadrom	Ikke beskrevet	>70	69-53	52-35	34-18	<18
	2	>49	49-37	36-25	25-12	<12
	3	>81	81-61	60-41	40-20	<20
Anadrom, sympatrisk	Ikke beskrevet	>19	18-15	14-10	9-5	<5
	2		>5	<4		
	3	>25	19	13	6	<6
Stasjonær allopatrisk	Ikke beskrevet	>58	58-44	43-29	28-15	<15

	1	>34	34-26	25-17	16-9	<8
	2	>55	55-41	40-28	27-14	<14
	3	>67	67-50	50-34	33-17	<17
Stasjonær sympatrisk	Ikke beskrevet	>10	10-8	8-6	5-3	<3
	2		≥2	<2		
	3	>14	14-11	10-7	6-4	<4

2.5 Plankton

Planktonprøvene ble tatt som blandprøve fra 0-5 m med en Ramberg vannhenter. Prøvene ble overført til en lystett 100 ml plastflaske og konserverert med lugol. Artsbestemmelse av artene ble gjort av Pelagia AB.

2.6 Miljø-DNA

2.6.1 Prøvetaking

Det ble samlet inn miljø-DNA-prøver for DNA metastrekkoding fra tilsammen 14 stasjoner, både marine og ferskvannsresipienter (Tabell 8). NIBIO samlet inn prøvene og sendte de til NINA som utførte analyser og rapportering.

Fem liter vann ble filtrert gjennom et kapselfilter (5,0 µm GF-forfilter og 0,8 µm PES-filter, NatureMetrics) ved hjelp av en batteridrevet peristaltisk pumpe (Bürkle Vampire). En del filtre gikk raskt tett og det ble derfor filtrert noe lavere vannvolumer (tabell 8). Filtrene ble tilsatt ATL-buffer (Qiagen) frem til videre analyser på genetikklaboratoriet. Det ble samlet inn to prøver per stasjon.

Tabell 8. Oversikt over miljø-DNA prøver innsamlet i dette prosjektet.

PrøveID	Dato	Tidspunkt	Nord	Øst	Kommune	Lokalitet	Lokalitetstype	Vannvolum	Vanntemperatur	pH
RUN-DAM_1	17.08.22	12:00	59.713	10.708	Frogn	Dam	Dam	3	18	7
RUN-DAM_2	17.08.22	12:00	59.713	10.708	Frogn	Dam	Dam	3	18	7
BON-N_1	17.08.22	13:30	59.715	10.715	Frogn	Bonnebekken	Bekk	3	18	7
BON-N_2	17.08.22	13:30	59.715	10.715	Frogn	Bonnebekken	Bekk	3	18	7
MÅN-N_1	17.08.22	14:30	59.703	10.646	Frogn	Månabekken	Bekk	3	18	7
MÅN-N_2	17.08.22	14:30	59.703	10.646	Frogn	Månabekken	Bekk	3	18	7
ÅRU_1	18.08.22	10:00	59.717	10.731	Frogn	Årungsella	Elv	3	18	7
ÅRU_2	18.08.22	10:00	59.717	10.731	Frogn	Årungsella	Elv	3	18	7
BUN-Å_1	18.08.22	11:00	59.724	10.725	Frogn	Bunnefjorden	Marin	5	18	8.2
BUN-Å_2	18.08.22	11:00	59.724	10.725	Frogn	Bunnefjorden	Marin	5	18	8.2
BUN_1	18.08.22	12:00	59.718	10.717	Frogn	Bunnefjorden	Marin	5	18	8.2
BUN_2	18.08.22	12:00	59.718	10.717	Frogn	Bunnefjorden	Marin	5	18	8.2
HAL-I_1	18.08.22	13:30	59.701	10.639	Frogn	Hallangspollen	Marin	5	18	8.2
HAL-I_2	18.08.22	13:30	59.701	10.639	Frogn	Hallangspollen	Marin	5	18	8.2
HAL-Y_1	19.08.22	13:00	59.699	10.626	Frogn	Hallangspollen	Marin	5	18	8.2
HAL-Y_2	19.08.22	13:00	59.699	10.626	Frogn	Hallangspollen	Marin	5	18	8.2
STO_1	22.08.22	08:30	59.658	10.604	Asker	Storesand	Marin	5	18	8.2
STO_2	22.08.22	08:30	59.658	10.604	Asker	Storesand	Marin	5	18	8.2
GRØ_1	22.08.22	11:00	59.657	10.602	Asker	Grønsandbekk	Bekk	3	18	7

GRØ_2	22.08.22	11:00	59.657	10.602	Asker	Grønsandbekk	Bekk	3	18	7
SAN_1	22.08.22	12:00	59.665	10.572	Asker	Sandspollbekk	Bekk	3	18	7
SAN_2	22.08.22	12:00	59.665	10.572	Asker	Sandspollbekk	Bekk	3	18	7
SAND_1	22.08.22	12:30	59.667	10.571	Asker	Sandspollen	Marin	5	18	8.2
SAND_2	22.08.22	12:30	59.667	10.571	Asker	Sandspollen	Marin	5	18	8.2
OPP_1	29.09.22	11:00	59.692	10.676	Frogn	Oppegårdstjern	Tjern	3	14	7
OPP_2	29.09.22	11:00	59.692	10.676	Frogn	Oppegårdstjern	Tjern	3	14	7
VERP_1	29.09.22	12:00	59.668	10.562	Asker	Verpentjerna	Tjern	3	14	7
VERP_2	29.09.22	12:00	59.668	10.562	Asker	Verpentjerna	Tjern	3	14	7

2.6.2 Laboratorieanalyser

Isolasjon av DNA startet med å tilsette 130 µl proteinase K (Qiagen) til kapselfiltrene før de ble inkubert over natt. DNA ble isolert fra kapselfiltrene ved hjelp av et NucleoSpin Plant II (Machery-Nagel) DNA ekstraksjonssett.

Det ble brukt både arts-spesifikke markører for å påvise enkeltarter (qPCR) og arts-generelle markører (DNA-metastrekkoding) for å beskrive artsmangfoldet i bekkene.

Seks arts-spesifikke markører for påvisning av elvemusling (*Margheritifera margeritifera*) (Carlsson mfl. 2017), småsalamander (*Lissotriton vulgaris*) (Smart mfl. 2015), storsalamander (*Triturus cristatus*) (Thomsen mfl. 2012), havnespy (*Didemnum vexillum*) (Gargan mfl. 2022), *Batrachochytrium dendrobatidis* (Boyle mfl. 2004) og laksefiskparasitten *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Bettge mfl. 2009) ble analysert på en kvantitativ PCR (qPCR) maskin. Alle prøvene ble kjørt i triplikater, sammen med positive og negative kontrollprøver. For å kunne karakterisere en prøve som positiv i en qPCR-analyse, forventer vi at minst to av tre replikater skal være positive.

En artsgenerell markør for virvelløse dyr (BF3BR2, Elbrecht og Leese 2017, Elbrecht mfl. 2019) ble brukt for å få et bilde av det generelle artsmangfoldet i bekkene og nærområdene. Markøren ble amplifisert i en standard to-trinns 16S-Illumina protokoll. En første PCR inkluderte primere med «overhang adaptor»-sekvenser, etterfulgt av en andre PCR for å tilsette Illumina-indeks. PCR-produktene ble kvalitetssjekket på en Tape Station (Agilent 4200) og rensert med magnetiske kuler (MAG-BIND RXN PURE PLUS) etter hver PCR. Til slutt ble prøvene normalisert og slått sammen til et bibliotek for sekvensering på en Illumina NovaSeq-maskin, ved Norwegian Sequencing Centre (NSC) i Oslo.

2.6.3 Bioinformatiske analyser

Sekvenseringsresultatene ble analysert i R og dada2 (Callahan mfl. 2016) for å generere Amplicon Sequence Variants (ASV-er). Ved å bruke ASV-er kontrollerer man for usikkerheten i DNA-sekvensen for hver analyse (både innen og mellom sekvenseringsmaskiner) og genererer derfor biologisk meningsfylte DNA-sekvenser (genotyper) med færre amplifiserings- og sekvenseringsfeil (Callahan mfl. 2017). For å tilegne hver ASV til et taksonomisk navn benyttet vi RDP-Classifiser (Wang mfl. 2007) og en «trent referansedatabase» for eukaryoter. Denne referansedatabasen er satt sammen av nesten en million COI-sekvenser fra leddyr (Arthropoda) og leddstrengdyr (Chordata) (Porter og Hajibabaei 2018). Databasen ble opprinnelig utviklet med fokus på Nord-Amerika, men NINA har i 2020-2021 gått gjennom norsk navneliste i Artsdatabanken og inkludert strekkoder for 4061 norske arter (Åström mfl. 2022). For å sikre resultater fra RDP-Classifiser, brukte vi også blastn søk i programmet BLAST+ (Zhang mfl. 2000). Det ble utført blastn-søk mot den trente referansedatabasen og mot Genbank (nukleotiddatabasen ved National Center for Biotechnology Information (NCBI)). Hver ASV ble klassifisert til en målgruppe hvis identifikasjonene var kongruente på tvers av metodene og blastn-resultatene var over 97 % lik med en sekvens tilhørende målgruppen (Åström mfl. 2022). Taksalistene

ble sammenlignet med fremmedartslista 2018 (Artsdatabanken 2018) og rødlista 2021 (Artsdatabanken 2021).

3 Resultater

3.1 Vannprøver

3.1.1 Ferskvannsresipienter

Tabell 9 viser innhold av næringsstoffer i de to vannprøvene som ble tatt i 2022. De fleste bekkene hadde høye konsentrasjoner av total nitrogen innenfor *moderat*, *dårlig* og *svært dårlig* tilstand. Spesielt Årungselta kom dårlig ut med hensyn på total nitrogen, mens fosforkonsentrasjonene viste *god* tilstand for vanntypen leirvassdrag. Nedre del av Månabekken hadde lavere konsentrasjoner av total fosfor enn Årungenelta, men havnet innenfor *moderat* tilstand fordi det er en annen vanntype.

Tabell 9. Ammonium (NH₄-N), nitrat+nitritt (NO₃+NO₂-N), total fosfor og total nitrogen (µg/l) i vannprøver tatt i bekkene april og august 2022.

	NH ₄ -N		NO ₃ +NO ₂ -N		PO ⁴ -P		Total Fosfor		Total Nitrogen	
	April	August	April	August	April	August	April	August	April	August
BON-N	11	6	1400	710	5,7	5,3	33	47	1700	1200
BON-R	9,5	8	1600	1200	6,0	11	43	22	1900	2200
GRØ	5	5,6	640	710	2,1	4,1	3,9	8,2	730	820
MÅN-N	12	9,1	590	2100	4,8	5,4	31	61	910	3100
MÅN-Ø	94	26	3100	2900	3,6	4,3	27	12	5300	2800
RUN	59	38	2300	690	5,3	5,2	11	18	3400	940
SAN	5	6,6	800	360	2,0	4,5	7,5	11	940	590
ÅRU	8,4	8	2500	1100	4,0	17	24	40	4400	2100

Tabell 10 viser konsentrasjoner av tungmetaller i vannprøvene tatt i bekkene i april og august 2022. Alle bekkene hadde lave konsentrasjoner av tungmetaller. Bonnbekken hadde noe forhøyede konsentrasjoner av arsen innenfor *moderat* tilstand i august, men ellers var konsentrasjonene lave. Svakt forhøyede konsentrasjoner av arsen har sammenheng med at arsen mobiliseres i oksygenfri avrenning fra områder med myr og organisk jord langs Bonnbekken.

Tabell 10. Arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni) og sink (Zn) (µg/l) i vannprøver tatt 2022.

	As		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Ni		Zn	
	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug
BON-N	0,39	0,55	0,14	0,099	0,012	0,015	1,2	1,5	0,34	0,2	0,002	0,002	1,4	1,3	1,8	1,1
BON-R	0,48	0,67	0,21	0,12	0,018	0,013	1,2	1,3	0,4	0,2	0,002	0,002	1,5	1,5	1,1	1,2
GRØ	0,14	0,21	0,01	0,01	0,008	0,006	0,34	0,37	0,09	0,09	0,002	0,002	0,3	0,3	0,5	0,4
MÅN-N	0,37	0,37	0,1	0,077	0,016	0,009	1,1	2,8	0,3	0,24	0,002	0,002	1,0	0,9	1,8	0,7
MÅN-Ø	0,15	0,22	0,011	0,088	0,008	0,014	0,86	4,5	0,12	0,26	0,002	0,002	0,6	0,9	2,8	2,4
RUN	0,16	0,37	0,01	0,03	0,026	0,014	1,2	2	0,15	0,16	0,004	0,002	1,2	1,2	2,3	1,5
SAN	0,14	0,22	0,01	0,013	0,008	0,011	1,1	1	0,05	0,06	0,002	0,002	0,3	0,4	1,3	0,9
ÅRU	0,33	0,50	0,018	0,052	0,007	0,004	1,8	1,7	0,13	0,11	0,002	0,002	1,2	1,0	0,7	0,3

Tabell 11 viser innhold av basekationer og anioner i vannprøvene som ble tatt i bekkene i 2022. Alle bekkene viste et relativt høyt innhold av basekationer, herunder kalsium. Måna- og Rundvollbekken

samt Årungselsva viste forhøyede konsentrasjoner av klorid og natrium som følge av veisaltpåvirkning. Etter en tørr sommer ble det målt forhøyede konsentrasjoner av sulfat i flere bekker i august 2022.

Undersøkte bekker viste varierende humusinnhold (fargetall og TOC), normal konduktivitet, høy pH og lavt til moderat partikkelinnhold (SS og turbiditet) (tabell 12).

Tabell 11. Basekationer og anioner (mg/l) i vannprøver 2022.

	K		Ca		Mg		Na		SO ₄		Cl	
	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug
BON-N	2,1	5,8	23	39	3,7	5,7	13	33	16	23	19	34
BON-R	2,0	6,1	16	28	3,2	5,2	8,0	22	12	18	11	27
GRØ	1,5	2,2	23	44	2,5	3,9	8,9	14	15	21	15	24
MÅN-N	2,5	6,8	28	63	4,2	8,0	24	50	20	68	40	58
MÅN-Ø	2,2	4,6	31	38	3,8	3,9	20	53	16	27	34	58
RUN	2,4	4,1	40	53	4,5	5,1	56	77	21	18	81	89
SAN	1,3	1,6	19	28	2,0	2,5	19	23	7,3	8,2	33	38
ÅRU	3,6	4,3	21	29	4,5	5,5	21	32	18	23	34	47

Tabell 12. Fargetall, konduktivitet, pH, suspendert stoff (SS), total organisk karbon (TOC) og turbiditet i vannprøver 2022.

	Fargetall (Pt/l)		Konduktivitet (mS/m)		pH		SS (mg/l)		TOC (mg/l)		Turbiditet (NTU)	
	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug
BON-N	100	76	20	33	7,9	8	4,3	25	12	12	7,7	13
BON-R	130	96	14	25	7,6	7,7	5,3	9,5	14	15	11	11
GRØ	10	11	20	29	7,9	8,2	2,0	2,5	2,4	2,6	0,3	0,7
MÅN-N	96	41	27	55	7,8	8,1	6,8	40	14	9,9	4,8	51
MÅN-Ø	16	34	28	42	7,5	7,2	2,6	2	4,1	7,4	4,0	8,2
RUN	14	40	48	58	7,3	7,7	3,9	2	4,0	7,4	2,5	2,7
SAN	9	15	22	26	7,7	7,7	3,0	2	2,6	4,0	0,6	0,29
ÅRU	26	17	27	35	7,4	7,9	2,0	2	6,5	5,7	2,7	1,9

3.1.2 Marine resipienter

Tabell 13 viser innhold av næringsstoffer i prøvene tatt i saltvann. Total nitrogen varierte mellom 260 og 1400 µg/l. i Ved Storsand (STO), Sandspollen (SAND) og i ytre del av Hallangspollen (HAL-Y) var det lave konsentrasjoner i begge prøvene. I Bunnefjorden (BUN og BUN-Å) samt innerst i Hallangspollen var det høye konsentrasjoner av total nitrogen, spesielt i prøvene tatt i august. I april var det høye konsentrasjoner av total fosfor ved flere av stasjonene.

Tabell 13. Ammonium, nitrat+nitritt, total fosfor, total nitrogen og klorofyll a (µg/l) i vannprøver tatt ved de marine stasjonene i april og august 2022.

	NH ₄ -N		NO ₃ +NO ₂ -N		PO ₄ -P		Total Fosfor		Total Nitrogen		Klorofyll a	
	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug
BUN	76	17	120	2,5	3,6	5,2	34	15	540	1300	3,2	1,2
BUN-Å	50	5,2	54	<1	2,6	<1	28	7,2	420	1400	6,9	0,5
HAL-I	17	3	14	3,4	3,1	<1	27	12	300	1400	0,7	3,8

HAL-Y	15	22	21	3,6	2,3	<1	15	11	290	270	2	1,3
SAND		14		4,9	0	1,5		7,7		290		0,8
STO	21	27	41	6,2	6,6	3,4	21	10	290	260	1,8	0,7

Alle stasjonene hadde konsentrasjoner av arsen innenfor *moderat* tilstand (Tabell 14). Det skal merkes at deteksjonsgrensen på 3 µg As/l er høyere enn grenseverdien for *god* tilstand (0,15-0,6 µg/l). Ellers var det lave konsentrasjoner av tungmetaller i vannprøvene tatt i april og august. Tabell 15 viser fargetall, pH, suspendert stoff, totalt organisk karbon og turbiditet for de marine vannprøvene.

Tabell 14. Tungmetaller (µg/l) i vannprøver tatt ved de marine stasjonene i april og august 2022.

	As		Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Ni		Zn	
	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug
BUN	3,1	3,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,7	1,6	<1	<1	0,05	0,05	<2	<2	3,1	2,9
BUN-Å	<3	3,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,8	1,5	<1	<1	0,05	0,05	<2	<2	<2	<2
HAL-I	<3	3,6	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	1,5	<1	<1	0,05	0,05	<2	<2	<2	<2
HAL-Y	3,4	3,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	1,4	<1	<1	0,05	0,05	<2	<2	<2	2,5
SAND		3,3		<0,2		<0,2		1,1		<1		0,05		<2		<2
STO	3,4	2,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	1,1	<1	<1	0,05	0,05	<2	<2	<2	4

Tabell 15. Fargetall, pH, suspendert stoff (SS), total organisk karbon (TOC) og turbiditet i marine vannprøver.

	Fargetall		pH		SS		TOC		Turbiditet	
	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug	Apr	Aug
BUN	5,0	2,0	8,1	8,1	4,0	1,5	2,8	2,0	0,72	0,34
BUN-Å	4,0	2,0	8,1	8,1	3,2	1,5	2,4	1,9	0,45	0,22
HAL-I	3,0	4,0	8,1	8,2	1,5	1,6	2,0	2,1	0,43	0,58
HAL-Y	3,0	2,0	8,1	8,1	1,5	6,5	2,2	2,3	0,34	0,52
SAND		2,0		8,1		3,4		1,9		0,34
STO	3,0	2,0	8	8,2	1,5	4,4	1,7	1,9	0,20	0,32

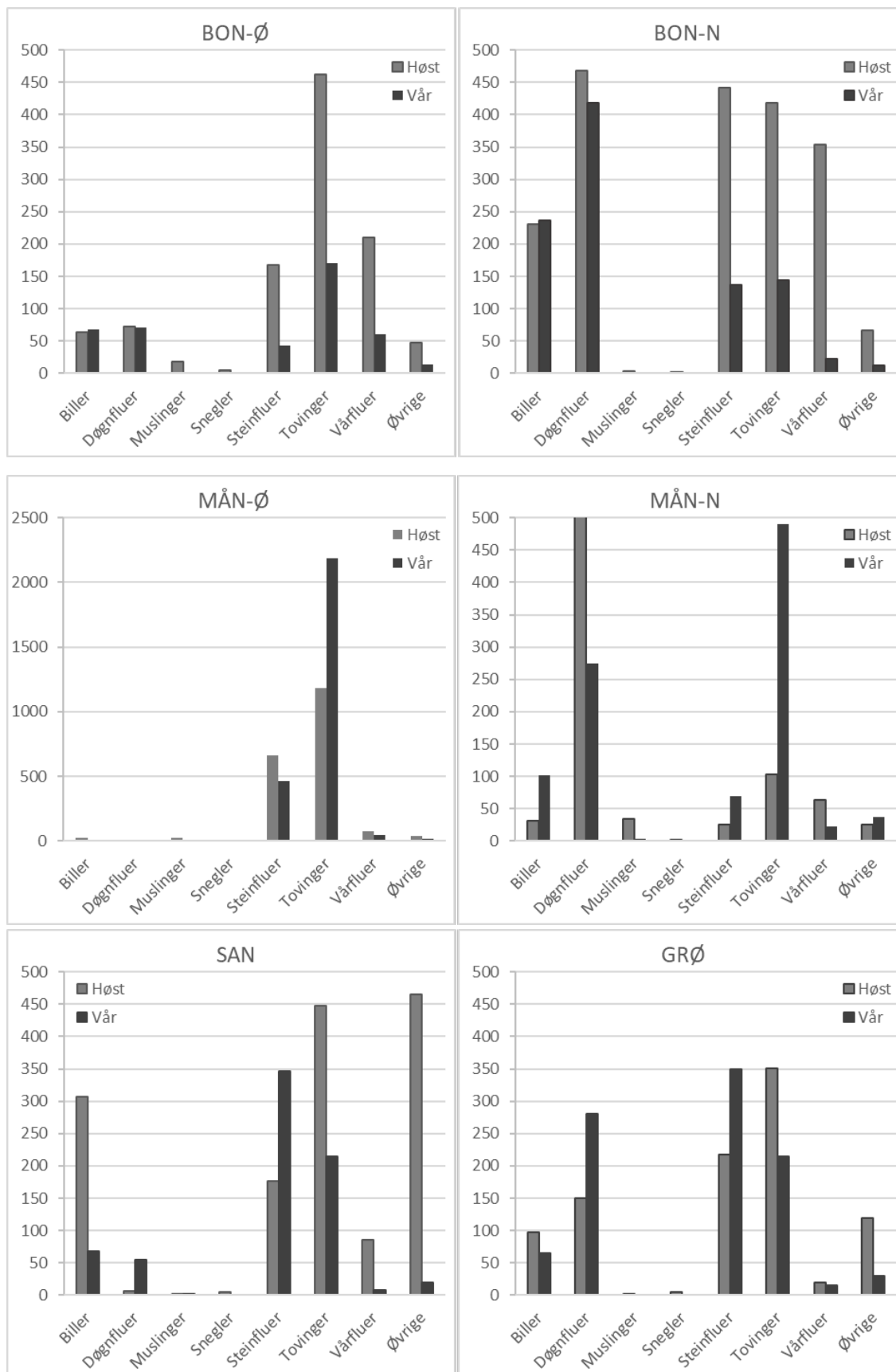
3.2 Bunndyr

Tabell 16 viser en sammenstilling av økologisk tilstand basert på bunndyrprøvene som ble tatt våren og høsten 2022. Bonnebekken, Grønsandbekken, nedre del av Månabekken og Sandspollbekken viste *god* tilstand for bunndyr. MÅN-N hadde litt lavere ASPT-verdi i høstprøven enn vårprøven, men samlet tilstand ble likevel *god*. I øvre del av Månabekken (MÅN-Ø) var tilstanden *dårlig*. Det var lite vann og mudrete substrat som gjør at øvre delen er mindre egnet til bunndyrprøvetaking enn den nedre delen. Tilstanden i Årungenelva var *moderat*. Dette er et vassdrag som er betydelig påvirket av landbruk og har stor tilførsel av næringsstoffer og partikler.

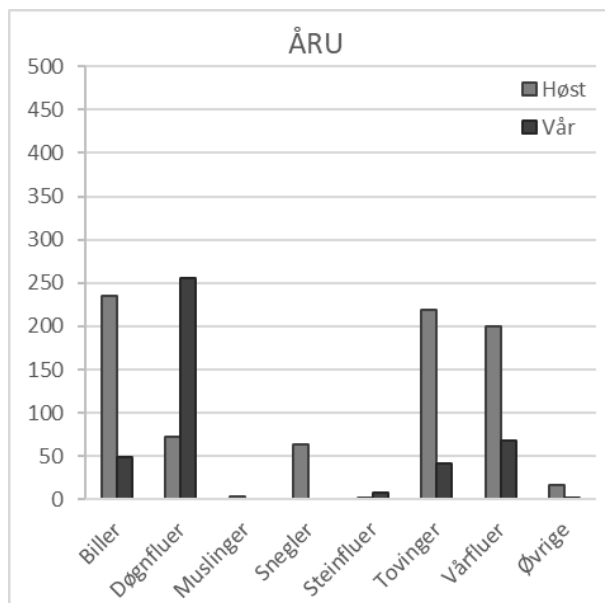
Tabell 16. ASPT og nEQR for kvalitetselementet bunndyr i 2022.

	År	BON-N		BON-Ø		GRØ		MÅN-N		MÅN-Ø		SAN		ÅRU	
		Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst	Vår	Høst
ASPT	2022	6,33	6,57	6,81	6,17	6,53	6,68	6,27	5,95	5,23	4,90	6,08	6,27	5,83	5,25
nEQR	2022	0,71		0,73		0,75		0,63		0,37		0,64		0,49	

Figurene 7 og 8 viser antall individer innenfor de ulike artsgruppene som ble funnet i bunndyrprøvene.



Figur 7. Antall individer av bunndyr delt inn i artsgrupper i bunndyrprøvene tatt våren og høsten 2022.



Figur 8. Antall individer av bunndyr i Årungenelva delt inn i artsgrupper våren og høsten 2022.

3.3 Fisk

Tabell 16 viser resultater fra fiskeundersøkelsene gjennomført i august 2022. Alle bekkene som ble undersøkt hadde høye tettheter av fisk (Tabell 17). Det var lav vannføring og sol.

Tabell 17. Detaljer for fiskeundersøkelsene gjennomført august 2022.

Stasjon	Areal (m ²)	Habitatklasse	Art	Antall fisk per omgang			Fangbarhet	Fisk/100 m ²
				1	2	3		
ÅRU	63	Anadrom, kl. 2	Totalt	30	10	4	0,65	74
			Ørret	18	9	3	0,57	52
			Laks	12	1	1	0,81	22
SAN	8,7	2	Ørret	31	8	3	0,71	492
BON-N	40	2	Ørret	28	8	2	0,72	97
BON-Ø	46	3	Ørret	38	11	11	0,52	147

Årungselta er en større elv med variasjon i substrat og oppholdsplasser (figur 9). Det er godt med kantvegetasjon og variert med kulper og stryk. Substratet på undersøkt strekning var dominert av større stein (> 100 mm) og blokk, med sand mellom steinene. Det var gode skjulmuligheter og en tett kantvegetasjon med større trær. Gyteforholdene var begrenset, da det var få områder med egnet gytesubstrat. Undersøkt strekning vurderes å tilsvare habitatklasse 2. I Årungselta ble det til sammen fanget 44 fisk hvorav 30 var ørret. Det ga en estimert tetthet på 74 fisk/100 m² som ga *svært god* økologisk tilstand for artssamfunn *anadrom*, *habitatklasse 2* (Tabell 7). Dersom en skiller på artene var det også *svært god* tilstand for ørret, men *dårlig* for laks. Dersom en bruker den mindre konservative artssamfunnet *anadrom sympatrisk* blir tilstanden *god*. Det ble fanget både årsyngel (<90 mm) og eldre ungfisk (figur 13) av både laks og ørret som indikerer at tilstanden er god for begge arter. Artsvurdering av ørret og laks ble utført felt av Ingar Aasestad og Roger Roseth.



Figur 9. Fiskestasjonen i Årungselta (ÅRU). Foto: Roger Roseth.

Sandspollbekken er en liten bekk som renner ut i Sandpollen (figur 10). Det er kun de nederste 100 m som regnes som fiskeførende. Substratet var dominert av stor stein med innslag av grus. Det var mye kantvegetasjon som gir gode skjulmuligheter for mindre fisk, men det var begrenset med gyteplasser og det var lite oppholdsplasser for større fisk. Det ble fanget 31 ørret til sammen over et lite areal som ga en svært høy tetthet (Tabell 17). Det ble kun fanget årsyngel. Undersøkt område vurderes som habitatklasse 2, med bakgrunn i at det var gode skjulforhold, men begrensede gyteforhold.



Figur 10. Fiskestasjonen i Sandpollbekken. Foto: Roger Roseth.

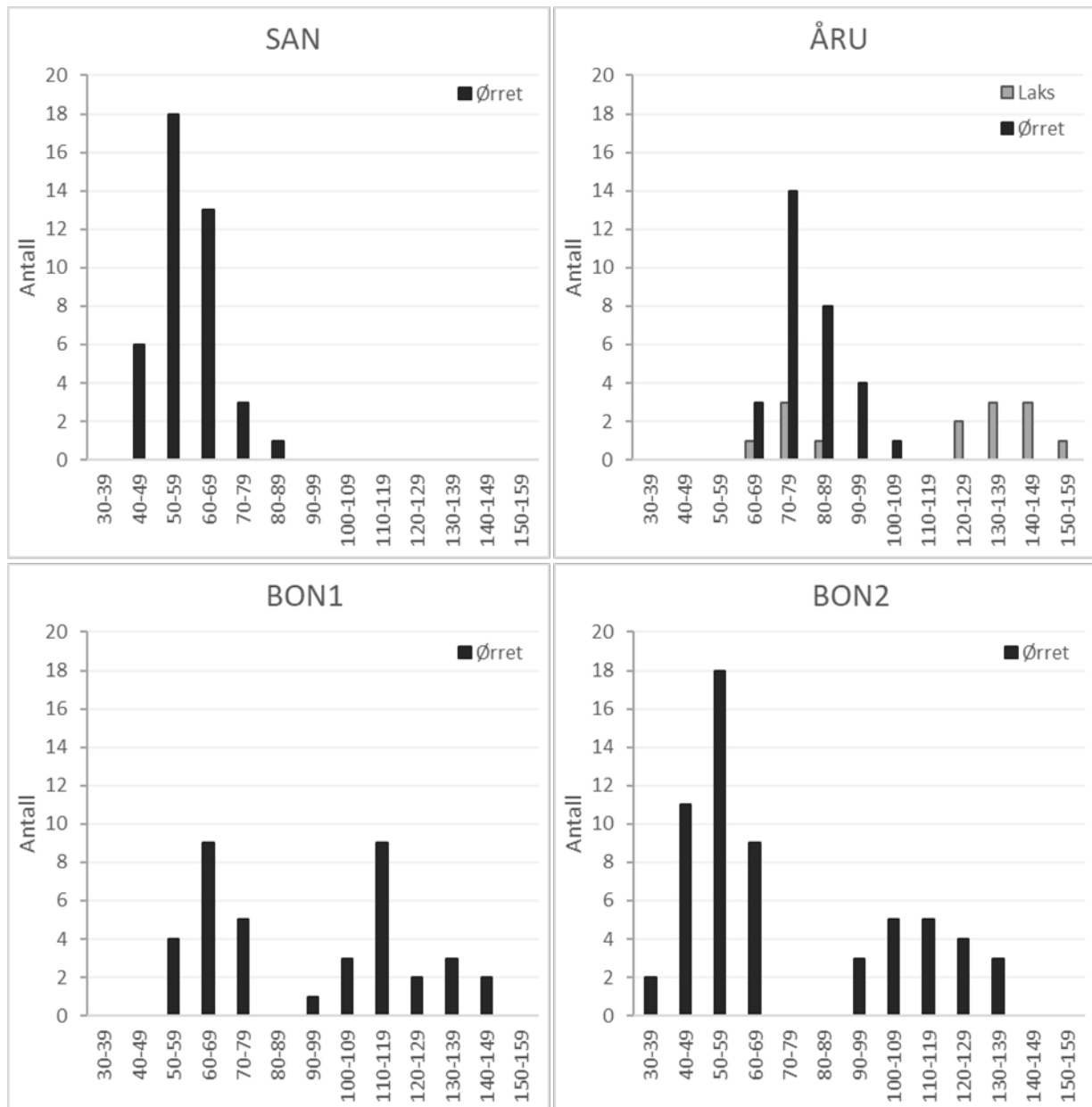
Det ble fisket ved to stasjoner i Bonnebekken (figur 11 og 12). Begge stasjoner hadde et substrat dominert av større stein, og den nederste stasjonen (BON-N) hadde et større innslag av stor stein og blokk. Den øvre stasjonen (BON-O) hadde noe innslag av mindre stein og grus egnet for gyting. Det var godt med skjul og tett kantvegetasjon på begge stasjoner. BON-N vurderes til habitatklasse 2 mens BON-O vurderes til habitatklasse 3 som følge av bedre gyteforhold.



Figur 11. Fiskestasjonen i nedre del av Bonnebekken (BON-N). Foto: Roger Roseth.



Figur 12. Fiskestasjonen i øvre del av Bonnebekken (BON-Ø). Foto: Roger Roseth.

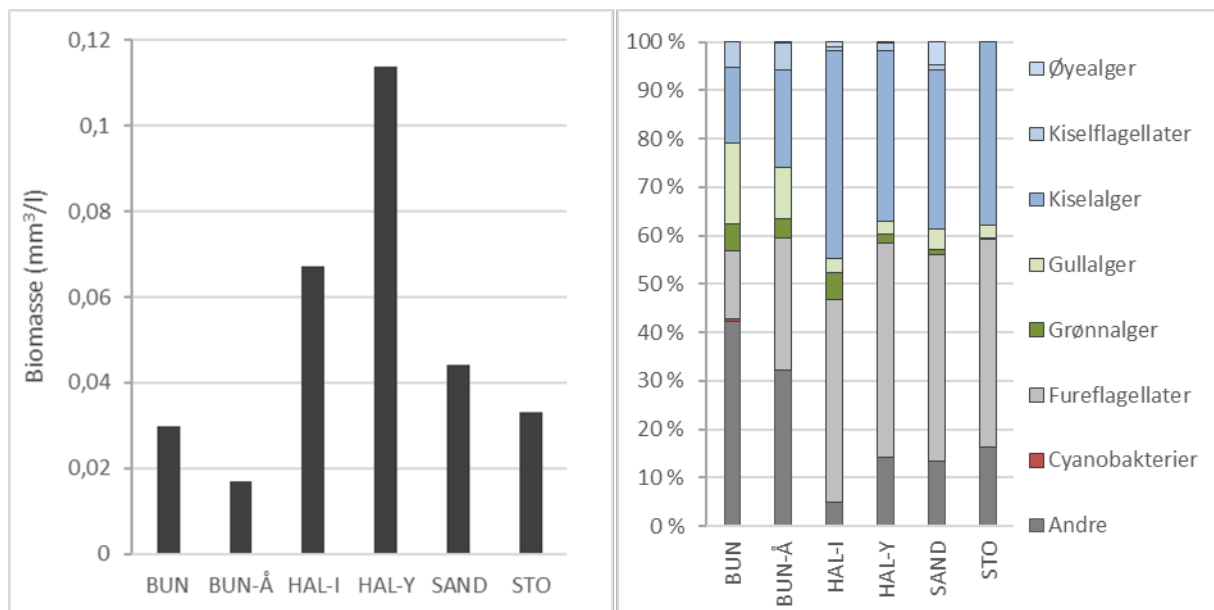


Figur 13. Lengdefordeling (mm) på fisk fanget i Årungenelva, Sandspollbekken og Bonnebekken august 2022.

3.4 Plankton

Figur 14 viser biomasse og artsfordeling i planktonprøvene som ble tatt i Bunnefjorden, Hallangspollen, Sandspollen og Storsand. Fordelingen av artsgruppene var nokså like mellom stasjonene. Det var høyest total biomasse av planteplankton i ytre del av Hallangspollen (HAL-Y) og lavest i Bunnefjorden utenfor utløpet av Årungenelva (BUN-Å). Det var størst forekomst av cyanobakterier i innerst i Bunnefjorden (BUN). En fullstendig artsliste er å finne i Vedlegg III.

Nøyere vurdering av marine planktonalger vil gjennomføres underveis og etter byggeprosjektet.

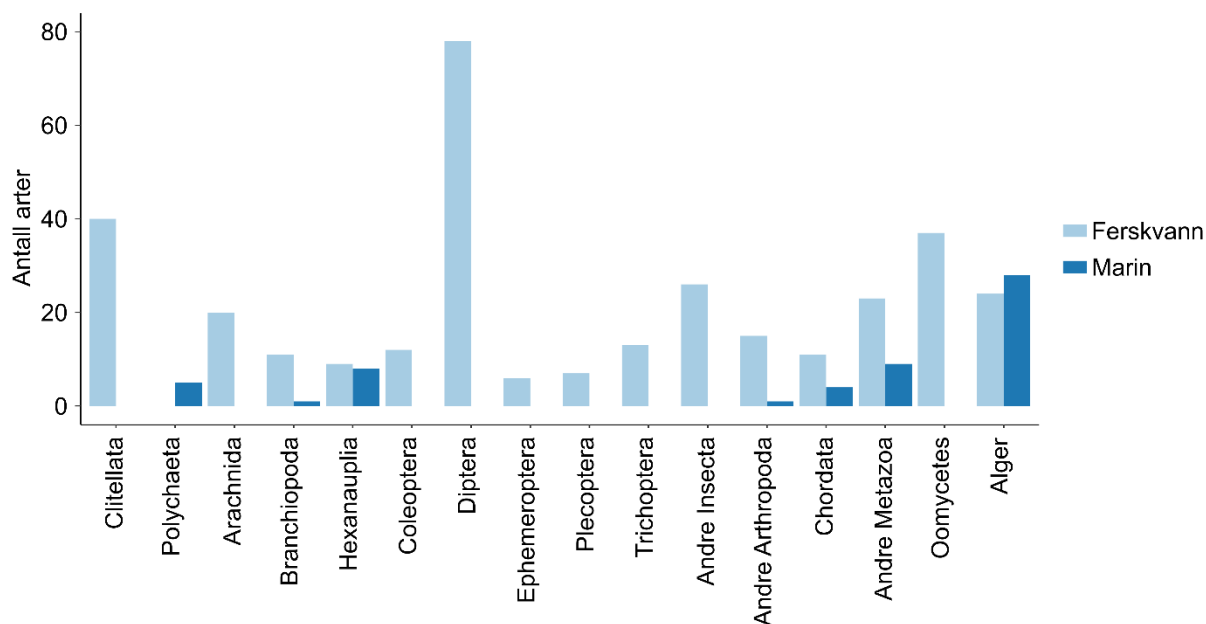


Figur 14. Biomasse og artsfordeling i planktonprøver.

3.5 Miljø-DNA

For DNA-metastrekoding av eukaryoter ble det brukt en generell COI markør som er laget for evertebrater i ferskvann (Elbrecht og Leese 2017). Fordi den er veldig generell amplifiserer den for eksempel også eggsporesopp (Oomycetes) og alger som vanligvis ikke er målgruppe for denne markøren. Noen eggsporesopp er parasitter, og alger reagerer raskt på endringer i næringsforholdene. Resultatene på alger bør imidlertid tolkes med forsiktighet siden COI referansedatabasen for alger er svært begrenset.

Antallet dyrearter (Metazoa) i de marine prøvene var svært lavt: kun 28 arter ble påvist i de marine prøvene sammenlignet med 353 i ferskvann (figur 15). Dette skyldes enten at markøren er designet for ferskvannsarter eller bare fordi de marine prøvene hadde mye mindre DNA fra dyreriket. Havvann er et mye mer fortynnet miljø enn ferskvann. Antall algearter var nesten lik i havvann og i ferskvann, noe som innebærer at den sistnevnte forklaring på det lave antallet dyrearter i marine prøver er mer sannsynlig. Vi har også tidligere vist at resultater basert på den generelle BF-markøren indikerer sensitivitet for forhold i prøvetakingen (Skrutvold mfl. 2022).



Figur 15. Antall arter basert på BF3BR2-markør for ulike grupper i dyreriket (Metazoa) samt eggsporesopp (Oomycetes) og alger i marine og ferskvannsprøver.

Artsspesifikke analyser påviste parasitten *Tetracapsuloides bryosalmonae*, som gir sykdommen PKD (Proliferative Kidney Disease) hos fisk, i Bonnebekken og Årungselva (Vedlegg IV). I Bonnebekken var kun 1 av 2 prøver positive, og denne prøven viste en svært høy Ct. Men siden 3 av 3 replikater var positive antar vi at denne prøven er positiv. Artsspesifikke analyser kunne ikke påvise noen av de andre artene som ble testet for i dette prosjektet. Men både storsalamander og småsalamander viste et svakt signal i en digital-PCR analyse på stasjonen RUN-DAM, der storsalamander også ble påvist med 2 sekvenser i DNA-metastrekodinganalysen.

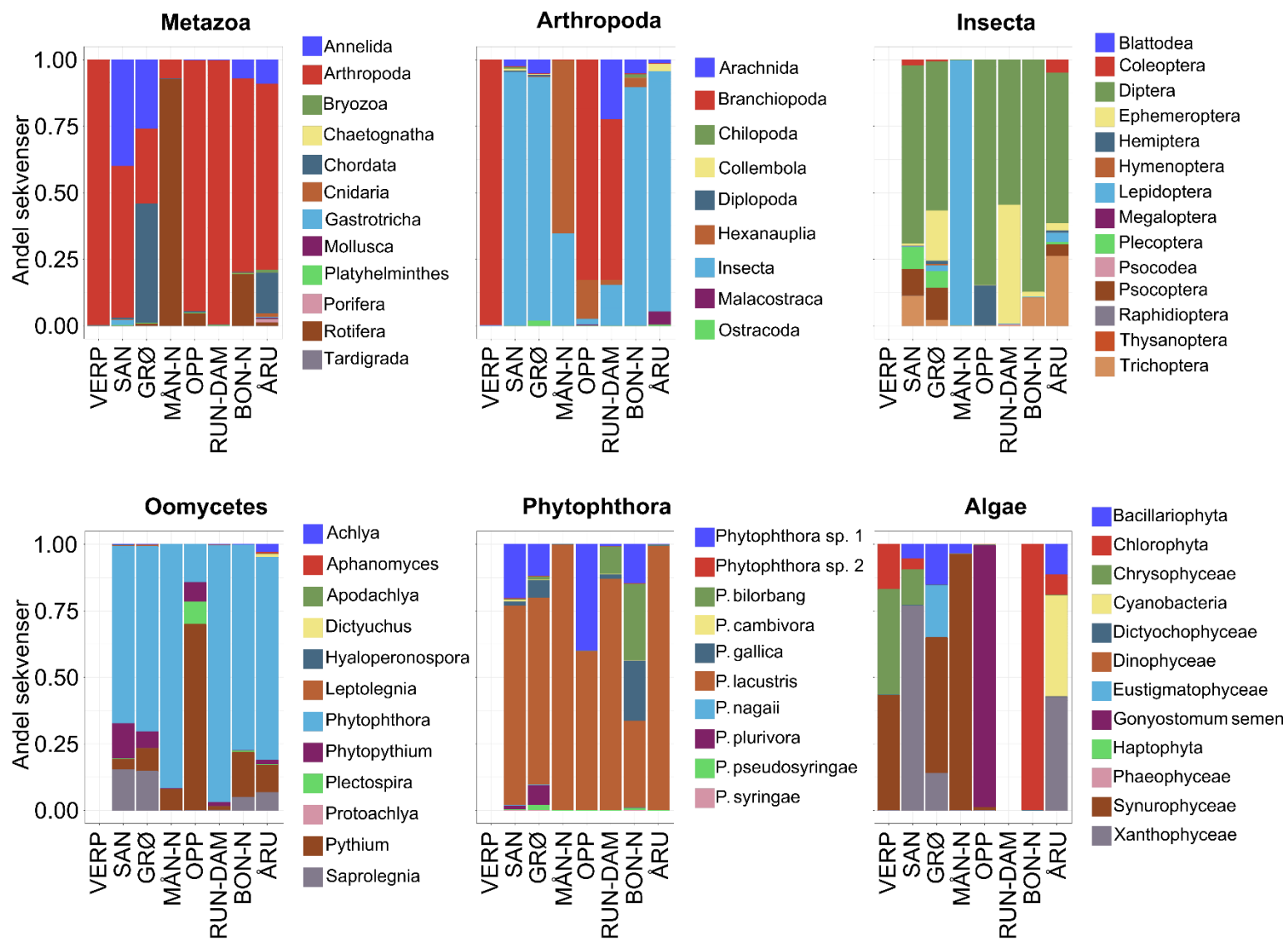
De artsgenerelle markørene viste at leddyrr dominerte i ferskvannsprøvene (figur 16). Insekter (mest tovinger) var dominerende i elver (stasjoner ÅRU) og bekker (stasjoner BON-N, SAN og GRØ), mens vannlopper dominerte i dammen (RUN-DAM) og tjern (VERP og OPP). På stasjonen MÅN-N, i bekk, var hjuldyr den dominerende gruppen av dyr. En detaljert liste over påviste taksa finnes som vedlegg.

Slekten *Phytophthora* dominerte innen eggsporesopp og *P. lacustris* hadde den største andelen av sekvenser i slekten. I tillegg ble slekten *Saprolegnia* påvist på fem stasjoner, og arten *S. parasitica* i to av stasjonene (ÅRU og SAN). *S. parasitica* er tilknyttet forekomst av fiskesykdommen UDN (Ulcerativ dermal nekrose).

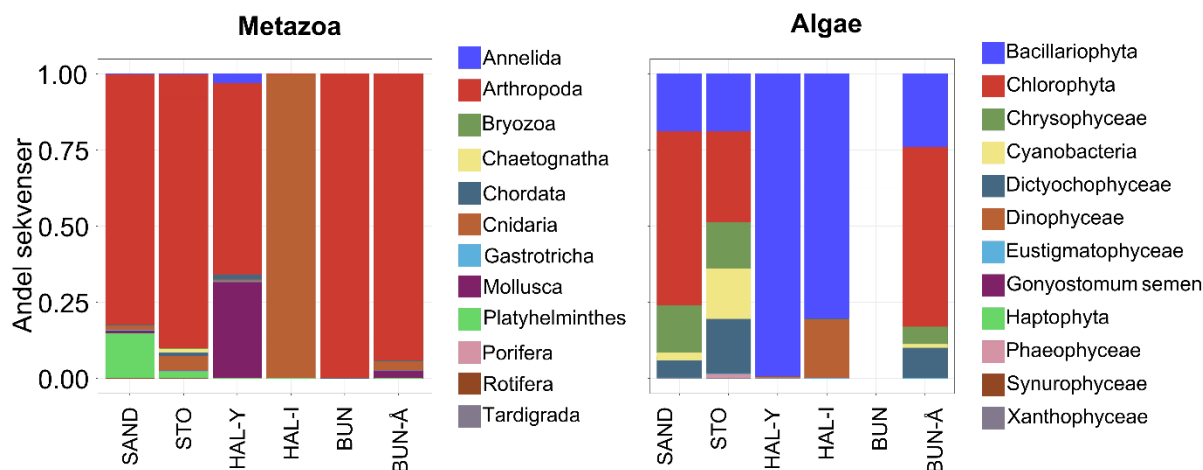
De vanlige ferskvannsalgegruppene ble funnet i prøvene. Problemalgen, *Gonyostomum semen* ble påvist i Oppegårdstjern (figur 16).

Også de marine prøvene ble dominert av leddyrr, hovedsakelig krepsdyr (figur 17). Hoppekrepsene *Oithona similis* dominerte på stasjonene BUN og BUN-Å, *Paracalanus parvus* på stasjonen HAL-Y og *Centropages chierchiae* på stasjonen STO. På stasjonen SAND hadde vannloppen *Penilia avirostris* størst andel av sekvenser. Småmaneten (Hydrozoa) *Clytia hemisphaerica* var den eneste dyrearten påvist på stasjonen HAL-I. En liste over påviste taksa finnes som vedlegg IV.

Diatomer og grønnalger dominerte algesamfunnet i de marine prøvene (figur 17). Det ble ikke påvist havnespy ved noen av de marine stasjonene.



Figur 16. Andel DNA-sekvenser basert på BF3BR2-markør per stasjon i ferskvann for riket Metazoa, fylumet Arthropoda, klassen Insecta, fylumet Oomycetes, slekten Phytophthora, og alger. På grunn av manglende referansesekvenser på genen COI i alger, er resultatet for alger bare indikativ.



Figur 17. Andel DNA-sekvenser basert på BF3BR2-markør per stasjon i marint vann for riket Metazoa (venstre panel) og alger (høyre panel). På grunn av manglende referansesekvenser på genet COI i alger, er resultatet for alger bare indikativt.

Av fremmede arter ble terrestrisk gulrotvevkjerring (*Opilio canestrinii*) (svært høy risiko, SE) påvist på stasjonen GRØ. Arten ble første gang påvist i Norge i 2008 og den har spredt seg i den sørligste delen av landet (Abel m.fl. 2009, Åstrøm mfl. 2018). I tillegg ble det funnet følgende fremmede eggsporesopper *Phytophthora cambivora*, *P. lacustris*, *P. plurivora*, *P. pseudosyringae* og *P. syringae*. Av disse, er *P. cambivora* vurdert som en høy risiko (HI) art mens de andre har lav risiko (LO) eller ingen kjent risiko (NK). *P. cambivora* forårsaker råte i røttene til bøk, or og nobeledelgran (Talgø mfl. 2018). *P. cambivora* ble påvist på stasjonene ÅRU og SAN. En nærmere sjekk av sekvensen identifisert som *P. cambivora* viste at identifikasjonen ikke er entydig og at sekvensen også kan tilhøre *P. alni* eller *P. fragariae* som begge er lav risiko fremmede arter. Sekvenslikhet lener seg mot *P. cambivora* fordi likhet var 99.28% med *P. cambivora* og 98.79% med *P. alni* og *P. fragariae*.

Av rødlistede arter ble den terrestriske vepsearten *Macrophya punctumalbum* (nær truet, NT) påvist på stasjon GRØ. Vannlevende rødlistede arter som ble påvist inkluderte tovingen *Dixa maculata* (sårbar, VU) på stasjon GRØ, laks *Salmo salar* (NT) på stasjonen ÅRU, og storsalamander *Triturus cristatus* (NT) på stasjon RUN-DAM.

4 Diskusjon/oppsummering

Samlet gir forundersøkelsene en god oversikt over økologisk tilstand og kjemisk vannkvalitet for bekker, elver, tjern og marine områder som vil kunne påvirkes ved bygging av ny E 134 Oslofjordforbindelsen. Forundersøkelsene som ble gjennomført i 2022 er et supplement til undersøkelser som ble gjort i 2015 og 2020 (Gregersen m.fl. 2021).

De biologiske undersøkelsene viste at 5 av 7 bekker hadde *god* økologisk tilstand (tabell 18). Den øvre stasjonen i Månabekken (MÅN-Ø) viste *dårlig* tilstand for bunndyr. Årungselta viste *svært god* tilstand for fisk, men *moderat* for bunndyr. Samlet sett var det kun Grønsandbekken og Sandspollbekken som kom ut med samlet *god* tilstand, dersom man teller med næringsstoffer i klassifiseringen der total nitrogen trekker tilstanden ned. Da det bare ble tatt ut to vannprøver i 2022 er denne klassifiseringen usikker.

Bonnbekken og Årungselta er viktig for produksjon av sjøørret. Årungselta produserer også laksunger. Fiskesykdommen PKD, som kan gi vesentlig økt dødelighet for ungfisk ved høye vanntemperaturer, ble påvist i anadrom sone i begge vassdragene. Sandspollbekken viste høy produksjon av sjøørret på en kort anadrom strekning og tilsvarende antall fisk som ble fanget ved tidligere undersøkelser. Det var den eneste bekken NIBIO undersøkte i 2022 som hadde både god vannkjemi og god økologisk tilstand, og har en verdi både for produksjon av sjøørret, men også som habitat for bunndyr og andre vannlevende organismer.

Tabell 18. Oppsummering av de økologiske og vannkjemiske undersøkelsene i 2022.

Stasjon	Bunndyr	Fisk	Næringsstoffer		Fysisk kjemiske støttparametere	Økologisk tilstand	Prioriterte stoffer
			Nitrogen	Fosfor			
BON-N	God	Svært god	Dårlig	God	God	Moderat	God
BON-Ø	God	Svært god	Svært dårlig	God	God	Moderat	God
GRØ	God		Moderat	Svært god	God	God	God
MÅN-N	God		Dårlig	Moderat	God	Moderat	God
MÅN-Ø	Dårlig		Svært dårlig	God	God	Dårlig	God
SAN	God	Svært god	God	God	God	God	God
ÅRU	Moderat	Svært god	Svært dårlig	God	God	Moderat	God

Miljø-DNA-prøver kan påvise problematiske arter som det er viktig å ta hensyn til i planleggingen og gjennom anleggsfasen. Det ble påvist PKD både i Årungselta og Bonnebekken. *Phytophthora cambivora* som kan forårsake råte på blant annet bøk, ble påvist i Årungselta og i Sandspollbekken. Miljø-DNA-prøver er også nyttige for å kartlegge naturmangfold generelt og påvise sjeldne arter som kan være vanskelige å oppdage ved bruk av tradisjonelle overvåkingsmetoder.

I Grønsandbekken ble den rødlistede tovingen *Dixa maculata* (VU) påvist med DNA. Den samme arten ble trolig funnet igjen i bunndyrprøven, men der ble den registrert som en uspesifisert art *Dixa* sp. Storsalamander ble påvist i rensedammen øverst i Rundvollbekken.

De marine undersøkelsene i Bunnfjorden, Hallangspollen, Sandspollen og i hovedfjorden ved Storesand har gitt et forbedret kunnskapsgrunnlag med tanke på å vurdere endringer under og etter bygging av E134, herunder eutrofieringseffekter av økt tilførsel av nitrogen. Undersøkelsene av planteplanktonsamfunnet, ved normal taksonomi supplert med eDNA og metabarcoding, har gitt informasjon om artsforekomst før utbygging. I den indre delen av Hallangspollen og Bunnfjorden vil økte tilførsler av nitrogen kunne gi midlertidig økt eutrofiering og en dårligere økologisk tilstand.

Litteraturreferanser

- Abel, K., Olsen, K.M. og Blindheim, T. 2009. Oppdatering av naturtypekartet for Nøtterøy kommune 2008 BioFokus-rapport 2009-15. 122 s.
- Artsdatabanken, 2018. Fremmedartslista 2018.
<https://www.artsdatabanken.no/fremmedartslista2018>
- Artsdatabanken, 2021. Norsk rødliste for arter 2021.
<https://www.artsdatabanken.no/lister/rodlisteforarter/2021>
- Bettge, K, Segner, H, Burki, R, Schmidt-Posthaus, H & Wahli, T. 2009. Proliferative kidney disease (PKD) of rainbow trout: temperature- and time-related changes of *Tetracapsuloides bryosalmonae* DNA in the kidney. *Parasitology* 136(6): 615-625.
- Boyle, D. G., Boyle, D. B., Olsen, V., Morgan, J. A. T., & Hyatt, A. D. 2004. Rapid quantitative detection of chytridiomycosis (*Batrachochytrium dendrobatidis*) in amphibian samples using real-time Taqman PCR assay. *Diseases of aquatic organisms* 60: 141-148.
- Callahan, B.J., McMurdie, P.J., Rosen, M.J., Han, A.W., Johnson, A.J.A., Holmes, S.P. 2016. DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nature Methods* 13: 581.
- Callahan, B.J., McMurdie, P.J., Holmes, S.P. 2017. Exact sequence variants should replace operational taxonomic units in marker-gene data analysis. *The ISME Journal* 11: 2639.
- Carlsson, JEL, Egan, D, Collins, PC, Farrell, ED, Igoe, F & Carlsson, J. 2017. A qPCR MGB probe based eDNA assay for European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 27(6): 1341-1344.
- Elbrecht, V., Leese, F. 2017. Validation and development of COI metabarcoding primers for freshwater macroinvertebrate bioassessment. *Front. Environ. Sci.* 5: 11.
- Elbrecht, V., Braukmann, T.W.A., Ivanova, N.V., Prosser, S.W.J., Hajibabaei, M., Wright, M., Zakharov, E.V., Hebert, P.D.N., Steinke, D. 2019. Validation of COI metabarcoding primers for terrestrial arthropods. *PeerJ* 7: e7745.
- Gargan, L. M., Brooks, P. R., Vye, S. R., Ironside, J. E., Jenkins, S. R., Crowe, T. P., & Carlsson, J. 2022. The use of environmental DNA metabarcoding and quantitative PCR for molecular detection of marine invasive non-native species associated with artificial structures. *Biological Invasions* 24: 635–648.
- Gregersen, F., Ski, S., Myreng, H. og Røysland, S. 2021. Naturmiljøvurdering 6 resipientbekker, Asker og Frogn kommuner. Undersøkelser 2015/2020. Aas Jacobsen & Multiconsult: YM-102.
- Porter, T. M., Hajibabaei, M. 2018. Automated high throughput animal CO1 metabarcode classification. *Scientific Reports* 8: 1-10.
- Smart, A. S., Tingley, R., Weeks, A. R., van Rooyen, A. R., & McCarthy, M. A. 2015. Environmental DNA sampling is more sensitive than a traditional survey technique for detecting an aquatic invader. *Ecological applications* 25: 1944-1952.
- Skrutvold, J., Roseth, R., Hereid, S., Engh, A., Fossøy, F., Majaneva, M. 2022. E16 Bjørum-Skaret. Vannkjemiske og biologiske undersøkelser gjennom anleggsfasen 2021. NIBIO Rapport 8: 33.
- Talgø V, Brandrud TE, Nordén B, Sundheim L og Solheim H (2018, 5. juni). *Phytophthora cambivora*, vurdering av økologisk risiko. Fremmedartslista 2018. Artsdatabanken. Hentet (2023, 8. mai) fra <https://www.artsdatabanken.no/fab2018/N/273>

- Thomsen, P. F., Kielgast, J. O. S., Iversen, L. L., Wiuf, C., Rasmussen, M., Gilbert, M. T. P., ... & Willerslev, E. 2012. Monitoring endangered freshwater biodiversity using environmental DNA. *Molecular ecology* 21: 2565-2573.
- Wang, Q., Garrity, G.M., Tiedje, J.M., Cole, J.R. 2007. Naïve Bayesian Classifier for Rapid Assignment of rRNA Sequences into the New Bacterial Taxonomy. *Appl Environ Microbiol.* 73: 5261-5267.
- Zhang Z., Schwartz S., Wagner L., Miller W. 2000. A greedy algorithm for aligning DNA sequences. *J Comput Biol* 7: 203–214.
- Åström S, Endrestøl A, Elven H, Gammelmo Ø, Hatteland BA, Ottesen P, Søli G og Ødegaard F. 2018. *Opilio canestrinii*, vurdering av økologisk risiko. Fremmedartslista 2018. Artsdatabanken. Hentet (2023, 8. mai) fra <https://www.artsdatabanken.no/fab2018/N/990>
- Åström, J., Birkemoe, T., Dahle, S., Davey, M., Ekrem, T., Endrestøl, A., Fossøy, F., Hanssen, O., Laugsand, A., Staverløkk, A., Sverdrup-Thygeson, A. & Ødegaard, F. 2022. Insektovervåking på Østlandet og i Trøndelag. Rapport fra feltsesong 2021. NINA Rapport 2070.

Vedlegg

Vedlegg I

27.04.2022		RUN	BON-R	BON-N	MÅN-N	MÅN-Ø	HAL-I	HAL-Y
Arsen (As), filtrert	µg/l	0,16	0,48	0,39	0,37	0,15		
Bly (Pb), filtrert	µg/l	< 0,010	0,21	0,14	0,10	0,011		
Kadmium (Cd), filtrert	µg/l	0,026	0,018	0,012	0,016	0,0080		
Kobber (Cu), filtrert	µg/l	1,2	1,2	1,2	1,1	0,86		
Krom (Cr), filtrert	µg/l	0,15	0,40	0,34	0,30	0,12		
Kvikksølv (Hg), filtrert	µg/l	0,004	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002		
Nikkel (Ni), filtrert	µg/l	1,2	1,5	1,4	1,0	0,60		
Sink (Zn), filtrert	µg/l	2,3	1,1	1,8	1,8	2,8		
pH målt ved 23 +/- 2°C		7,3	7,6	7,9	7,8	7,5	8,1	8,1
Konduktivitet ved 25°C	mS/m	47,5	13,7	20,0	27,3	27,5	3710	3710
Turbiditet	FNU	2,5	11	7,7	4,8	4,0	0,43	0,34
Fargetall	mg Pt/l	14	130	100	96	16	3,0	3,0
Suspendert stoff	mg/l	3,9	5,3	4,3	6,8	2,6	<1,5	<1,5
Klorid (Cl)	mg/l	81	11	19	40	34		
Sulfat (SO4)	mg/l	21,0	11,5	16,2	20,0	15,7		
Total Fosfor	µg/l	11	43	33	31	27	27	15
Ortofosfat-P	µg/l	5,3	6,0	5,7	4,8	3,6		
Fosfat (PO4-P)	µg/l	8,6	16	13	9,0	9,4	3,1	2,3
Total Nitrogen	µg/l	3400	1900	1700	910	5300	300	290
Ammonium (NH4-N)	µg/l	59	9,5	11	12	94		
Nitrat + Nitritt (Σ(NO3+NO2)-N)	µg/l	2300	1600	1400	590	3100		
Total organisk karbon (TOC/NPOC)	mg/l	4,0	14	12	14	4,1	2,0	2,2
Kalium (K), oppsluttet	mg/l	2,4	2,0	2,1	2,5	2,2		
Magnesium (Mg), oppsluttet	mg/l	4,5	3,2	3,7	4,2	3,8		
Natrium (Na), oppsluttet	mg/l	56	8,0	13	24	20		
THC >C5-C8	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
THC >C8-C10	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
THC >C10-C12	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
THC >C12-C16	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
THC >C16-C35	µg/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Sum THC (>C5-C35)	µg/l	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Naftalen	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Acenaftylen	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Acenaften	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Fluoren	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Fenantren	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Antracen	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Fluoranten	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Pyren	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Benzo[a]antracen	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Krysen/Trifenylen	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Benzo[b]fluoranten	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Benzo[k]fluoranten	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Benzo[a]pyren	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	

Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/l	< 0,0020		< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	
Dibenzo[a,h]antracen	µg/l	< 0,010		< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	
Benzo[ghi]perylene	µg/l	< 0,0020		< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	
Sum PAH(16) EPA		ND		ND	ND	ND	ND	
Kalsium (Ca), oppsluttet	mg/l	40	16	23	28	31		
Arsen (As)	µg/l						3,0	3,4
Bly (Pb)	µg/l						< 0,2	< 0,2
Kadmium (Cd)	µg/l						< 0,2	< 0,2
Krom (Cr)	µg/l						< 1	< 1
Kobber (Cu)	µg/l						0,5	< 0,5
Kvikksølv (Hg)	µg/l						< 0,05	< 0,05
Nikkel (Ni)	µg/l						< 2	< 2
Sink (Zn)	µg/l						< 2	< 2
Ammonium-N	µg/l						17	15
Nitritt+nitrat-N	µg/l						14	21
Klorofyll A	µg/l						<=0,7	<=2,0

28.04.2022		ÅRU	SAN	GRØ	BUN	BUN-Å	STO
Arsen (As), filtrert	µg/l	0,33	0,14	0,14			
Bly (Pb), filtrert	µg/l	0,018	0,010	< 0,010			
Kadmium (Cd), filtrert	µg/l	0,0070	0,0080	0,0080			
Kobber (Cu), filtrert	µg/l	1,8	1,1	0,34			
Krom (Cr), filtrert	µg/l	0,13	< 0,050	0,094			
Kvikksølv (Hg), filtrert	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002			
Nikkel (Ni), filtrert	µg/l	1,2	0,26	0,33			
Sink (Zn), filtrert	µg/l	0,67	1,3	0,50			
pH		7,4	7,7	7,9	8,1	8,1	8,0
Konduktivitet	mS/m	27,4	21,9	19,7	3480	3560	3830
Turbiditet	FNU	2,7	0,61	0,30	0,72	0,45	0,20
Fargetall	mg Pt/l	26	9,0	10	5,0	4,0	3,0
Suspendert stoff	mg/l	< 2,0	3,0	< 2,0	4,0	3,2	<1,5
Klorid (Cl)	mg/l	34	33	15			
Sulfat (SO4)	mg/l	17,6	7,32	14,7			
Total Fosfor	µg/l	24	7,5	3,9	34	28	21
Ortofosfat-P	µg/l	4,0	<2,0	2,1			
Fosfat (PO4-P)	µg/l	5,9	2,5	1,0	3,6	2,6	6,6
Total Nitrogen	µg/l	4400	940	730	540	420	290
Ammonium (NH4-N)	µg/l	8,4	<5,0	<5,0			
Nitrat + Nitritt (Σ(NO3+NO2)-N)	µg/l	2500	800	640			
Total organisk karbon (TOC/NPOC)	mg/l	6,5	2,6	2,4	2,8	2,4	1,7
Kalium (K), oppsluttet	mg/l	3,6	1,3	1,5			
Magnesium (Mg), oppsluttet	mg/l	4,5	2,0	2,5			
Natrium (Na), oppsluttet	mg/l	21	19	8,9			
THC >C5-C8	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
THC >C8-C10	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
THC >C10-C12	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
THC >C12-C16	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
THC >C16-C35	µg/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Sum THC (>C5-C35)	µg/l	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Naftalen	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010

Acenaftylen	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Acenaften	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoren	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fenantren	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Antracen	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoranten	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Pyren	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[a]antracen	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Krysen/Trifenylen	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[b]fluoranten	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[k]fluoranten	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[a]pyren	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/l	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020
Dibenzo[a,h]antracen	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[ghi]perylen	µg/l	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020
Sum PAH(16) EPA		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Kalsium (Ca), oppsluttet	mg/l	21	19	23			
Arsen (As)	µg/l				3,1	3,0	3,4
Bly (Pb)	µg/l				< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kadmium (Cd)	µg/l				< 0,2	< 0,2	< 0,2
Krom (Cr)	µg/l				< 1	< 1	< 1
Kobber (Cu)	µg/l				0,7	0,8	< 0,5
Kvikksølv (Hg)	µg/l				< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nikkel (Ni)	µg/l				< 2	< 2	< 2
Sink (Zn)	µg/l				3,1	< 2	< 2
Ammonium-N	µg/l				76	50	21
Nitritt+nitrat-N	µg/l				120	54	41
Klorofyll A	µg/l				<=3,2	6,9	<=1,8

Vedlegg II

Arter påvist i bunndyrprøver.

Vår 22	BON-N	BON-Ø	GRØ	MÅN-N	MÅN-Ø	SAN	ÅRU
Muslinger							
Pisidium sp.				4	5	1	
Biller							
Agabus sturmii					1		
Anacaena globulus					1		
Elmis aenea	124	6					33
Elodes sp.	30	4	13	12	2	9	
Hydraena gracilis	82	57	28	90	1	59	3
Limnius volckmari		1	24				13
Tovinger							
Ceratopogonidae (indet.)		2	4		2		1
Chironomidae (indet.)	114	101	186	472	2110	168	38
Dicranota sp.	2	21	1	4	28	2	
Dixa sp.			1				
Eloeophila sp.		1		1		1	
Empididae (indet.)	1	1			1		
Lipsothrix sp.		2					
Metalimnobia sp.		1					
Neolimnomyia sp.					2		
Psychodidae (indet.)	2		3		2	1	
Rhypholophus sp.			1				
Scleroprocta sp.	2						
Simuliidae (indet.)	22	42	17	13	38	41	2
Tipulidae (indet.)	1		1		1		
Wiedemannia sp.						1	
Døgnfluer							
Baetidae (indet.)						1	
Baetis muticus	12		168	30		24	1
Baetis niger	38	9		66		1	2
Baetis rhodani	366	50	112	158	12	12	253
Baetis sp.			1				
Centroptilum luteolum	1	3		3		17	
Leptophlebia marginata					1		
Leptophlebia sp.	1	9		17			
Snegl							
Ancylus fluviatilis		1					
Steinfluer							
Amphinemura sp.			4				
Amphinemura sulcicollis			16				
Brachyptera risi	116	32	309	24		344	
Capnia bifrons		3				1	
Capnopsis schilleri		1					
Isoperla grammatica		2	1	36			4
Isoperla obscura	2			1			
Isoperla sp.	2			8			
Leuctra hippopus			1			1	
Leuctra sp.				1			
Nemoura cinerea					12		4
Nemoura flexuosa	16	3			28		
Nemoura sp.		1			8	1	
Nemouridae (indet.)	1				19		
Nemurella pictetii		1			400		
Siphonoperla burmeisteri			18				
Vårfluer							
Agapetus ochripes	6	38					

Hydropsyche saxonica	4	4					
Hydropsyche siltalai	2	3		1			61
Hydropsyche sp	1						
Lepidostoma hirtum							3
Limnephilidae (indet.)	1	2	8	5	1		1
Micropterna sequax					1		
Philopotamus montanus			1				
Plectrocnemia conspersa	1	3	3	7	44	5	
Polycentropidae (indet.)		2		1			
Polycentropus flavomaculatus	1	5					2
Potamophylax cingulatus	1		2	1		1	
Rhyacophila fasciata	3	1	1	5	1	2	
Rhyacophila nubila							1
Sericostoma personatum	2	3		2			
Wormaldia occipitalis (EN)			1				
Øvrige							
Glossiphonia verrucata				1			
Hydrachnidia (Indet.)	6	13	18		9		
Oligochaeta (indet.)	6		12	36	8	20	1
Sialis sp.		1					
Total antall indivder	969	429	955	999	2738	713	423

Høst 22	BON-N	BON-Ø	GRØ	MÅN-N	MÅN-Ø	SAN	ÅRU
Muslinger							
Pisidium sp.	3	19	1	34	24	1	3
Biller							
Elmis aenea	92	22					102
Elodes sp.	5	2	11	7	15	23	2
Hydraena gracilis	134	38	60	24	3	284	20
Limnius volckmari		1	27				108
Orectochilus villosus							2
Platambus maculatus							1
Dytiscidae (indet.)					4		
Tovinger							
Ceratopogonidae (indet.)	12	12		1	6	1	2
Chironomidae (indet.)	328	332	39	75	944	30	164
Dicranota sp.	16	15	3	1	33	40	
Dixa sp.					1	2	
Eloeophila sp.		3	2		1	2	
Empididae (indet.)	12						12
Lipsothrix sp.					1		
Neolimnomyia sp.					6		
Psychodidae (indet.)	2	4	51	2	4	1	
Rhypholophus sp.					3		
Scleroprocta sp.	2					2	
Simuliidae (indet.)	42	94	252	23	178	356	36
Tipulidae (indet.)	3	1	4	1	1	13	2
Muscidae (indet.)							3
Pedicia sp.					2		
Ptychopteridae (indet.)	1	1			2		
Døgnfluer							
Baetis muticus	218		15	10		5	4
Baetis niger	124	30	3	120			
Baetis rhodani	124	15	132	372		1	60
Baetis sp.		1					
Centroptilum luteolum		6				1	
Leptophlebia marginata				1			
Leptophlebia sp.	2	21		3			8
Snegl							

Ancylus fluviatilis	1	4	5			5	3
Gyraulus acronicus							56
Lymnaeidae (indet.)							2
Physa fontinalis							3
Gyraulus sp.		1		1			
Steinfluer							
Amphinemura sp.			6			12	
Brachyptera risi	36	14	36			94	
Capnia bifrons	180	90		5		8	
Capnopsis schilleri	72	34					
Isoperla grammatica			15				
Isoperla sp.	8	1		5			1
Leuctra hippopus	8		60			61	
Nemoura flexuosa	80	10		1		1	
Nemoura sp.	41	1	3	2	4	1	
Nemouridae (indet.)		16		12	1		
Nemurella pictetii	4	1			660		
Siphonoperla burmeisteri			90				
Nemoura avicularis	12						
Protonemura meyeri			7				
Vårfluer							
Agapetus ochripes	272	75					
Hydropsyche saxonica	16	11		4			
Hydropsyche siltalai	4	7					74
Hydropsyche sp		1					
Lepidostoma hirtum							116
Limnephilidae (indet.)	25	16	2	4		64	1
Philopotamus montanus			2				
Plectrocnemia conspersa		3	4	17	76	9	
Polycentropidae (indet.)	1	6		5			
Polycentropus flavomaculatus	10	53					3
Rhyacophila fasciata	5		2	3		8	
Rhyacophila nubila							5
Sericostoma personatum	18	30	8	26		1	
Athripsodes cinereus							1
Rhyacophila sp.		3		3	1	3	
Silo pallipes	1	4	2	1			
Micropterna lateralis					1		
Potamophylax sp.	1						
Tinodes pallidulus		1					
Øvrige							
Hydrachnidia (Indet.)	44	31	2	6	18	6	6
Oligochaeta (indet.)	21	15	118	17	20	459	7
Sialis sp.		1					
Erpobdella octoculata		1					2
Sialis fuliginosa	1			1			1
Asellus aquaticus							1
Glossiphonia complanata				1			
Total antall individer	1981	1047	962	788	2009	1494	811

Vedlegg III

Planktonalger påvist i marine prøver

Art	BUN	BUN-Å	HAL-I	HAL-Y	SAND	STO	Totalsum
Amphidinium	0,0005444	0,001298	0,001672	0,00183	0,0001578	0,00003155	0,00183
Amphidinium longum			0,0001086	0,0002172			0,0002172
Amphidinium sphenoides					0,00007385	0,0002216	0,0002216
Amphiprora	0,0001688						0,0001688
Amphiprora paludosa var. paludosa		0,001122				0,001122	0,001122
Amylax triacantha			0,00103	0,001803			0,001803
Centrales	0,00006888	0,0002512	0,002823	0,005647	0,003734	0,01093	0,01093
Chaetoceros	0,0003151	0,0001551	0,002197	0,001422	0,0004523	0,0005299	0,002197
Chaetoceros affinis			0,001616	0,004592	0,03419	0,02924	0,03419
Chaetoceros anastomosans					0,0004423	0,0004021	0,0004423
Chaetoceros constrictus						0,0007913	0,0007913
Chaetoceros simplex			0,000324	0,0002083			0,000324
Chaetoceros subtilis			0,00001802		0,000006006		0,00001802
Chaetoceros tenuissimus	0,001014	0,0008583	0,06726	0,09059	0,0001951	0,000002186	0,09059
Chaetoceros thronsdensii				0,003818	0,00135	0,004411	0,004411
Chrysochromulina	0,005699	0,007006	0,006446	0,01018	0,002943	0,001868	0,01018
Cocconeis						0,0001858	0,0001858
Cyanophyceae	0,00005979						0,00005979
Cyclotella choctawhatcheeana					0,00009043		0,00009043
Cylindrotheca closterium	0,0005225	0,0004908	0,00038	0,0002058	0,0002058	0,00003166	0,0005225
Cymbella						0,0001008	0,0001008
Dactyliosolen fragilissimus	0,002944	0,00005087		0,0002289	0,008953	0,0227	0,0227
Desmodesmus	0,00003391					0,00001696	0,00003391
Diaphanoeca	0,000007288	0,0001121					0,0001121
Dinobryon	0,000001696	0,00001696	0,00001356	0,00001696	0,000003391		0,00001696
Dinobryon bavaricum	0,00001688	0,00001688		0,00003376			0,00003376
Dinobryon faculiferum		0,000005359	0,0007062	0,0004237		0,0001412	0,0007062
Dinophysis acuminata			0,0304	0,008865	0,006332	0,003799	0,0304
Diplopsalis			0,003483		0,003483		0,003483
Ebria tripartita	0,0004579	0,0004579	0,000229	0,0006869		0,0005724	0,0006869
Eutreptiella	0,00006782	0,0001356	0,001465	0,000628	0,004919		0,004919
Flagellates	0,002295	0,001452	0,002295	0,006425	0,0006455	0,0008068	0,006425
Gonyaulax verior		0,001659		0,0007054			0,001659
Gymnodiniales	0,003052	0,005811	0,0413	0,0413	0,001388	0,0001953	0,0413
Gymnodinium	0,00153		0,001315	0,001252	0,008419		0,008419
Gyrodinium spirale	0,002847	0,0008007	0,01891	0,007785		0,000556	0,01891
Gyrosigma	0,01083						0,01083

Gyrosigma acuminatum			0,0002587	0,0002587			0,0002587
Gyrosigma fasciola	0,0009	0,0009			0,00045		0,0009
Hemiselms virescens	0,00004373		0,0001093	0,0000655 9	0,00001093		0,0001093
Heterocapsa rotundata	0,004709	0,01394	0,009041	0,01356	0,0005651	0,0009418	0,01394
Karenia mikimotoi			0,001025	0,002049			0,002049
Katablepharis remigera	0,00001026	0,00008205	0,0000615 4	0,0000102 6			0,00008205
Katodinium glaucum	0,001804	0,000328	0,001476	0,000492	0,0006559		0,001804
Lauderia		0,01061	0,03569	0,003858	0,01061	0,02412	0,03569
Leptocylindrus danicus						0,005095	0,005095
Leptocylindrus minimus	0,00006444		0,0001396	0,0001181	0,001826	0,001418	0,001826
Leucocryptos marina		0,0001627	0,0001627				0,0001627
Licmophora	0,000144	0,000144	0,000072				0,000144
Meridion circulare	0,00003858	0,00007716	0,0001543	0,0001543	0,00007716	0,0004244	0,0004244
Merismopedia	0,00000112 1						0,00000112 1
Merismopedia glauca	0,0004187						0,0004187
Mesodinium rubrum	0,02981	0,01699	0,007853	0,03617	0,01402	0,01252	0,03617
Navicula	0,0007776	0,0005184	0,0002592			0,0005184	0,0007776
Nephroselmis				0,0001914		0,00004784	0,0001914
Nitzschia	0,000128						0,000128
Nitzschia longissima	0,0001356	0,0001356	0,001238	0,001058	0,00000904	0,0000226	0,001238
Oblea rotunda			0,0008831	0,0008078		0,0002944	0,0008831
Ochromonadales	0,0005979	0,0005979		0,000299	0,00008969	0,0002392	0,0005979
Pennales	0,000168	0,000068	0,000072				0,000168
Peridinales			0,02669	0,002093			0,02669
Peridinium quadridentatum			0,0004107		0,0004107	0,0004107	0,0004107
Phalacroma rotundatum					0,0005888		0,0005888
Plagioselmis prolonga	0,01187	0,005506	0,002016	0,002714	0,004266	0,001551	0,01187
Planktothrix agardhii	0,0003846						0,0003846
Polykrikos schwartzii	0,004019	0,004019	0,004019	0,004019	0,004019		0,004019
Preperidinium meunieri			0,0005278	0,002639			0,002639
Prorocentrum cordatum			0,0000974 6	0,0003898	0,0001462	0,0003898	0,0003898
Prorocentrum micans	0,006632	0,01437	0,06521	0,06632	0,04421	0,03316	0,06632
Prorocentrum triestinum			0,0000447 6	0,0004476		0,0003581	0,0004476
Protoperidinium	0,003886	0,0007065	0,005529	0,003179	0,0007065		0,005529
Protoperidinium bipes			0,0001889	0,0000944 6	0,0006752		0,0006752
Protoperidinium brevipes	0,002987	0,003485	0,001992				0,003485
Protoperidinium oblongum				0,003316			0,003316
Protoperidinium pellucidum	0,001221		0,001831	0,002442	0,0006104		0,002442
Prymnesiales			0,0009418	0,00113			0,00113
Pseudanabaena	0,000113			0,0000211 9		0,00002119	0,000113
Pseudo-nitzschia	0,00009792	0,000121	0,0004651	0,001866	0,01224	0,003633	0,01224

Pseudopedinella	0,00113	0,0003227	0,001452	0,003873	0,0006455		0,003873
Pseudopedinella elastica	0,003736	0,002989			0,001121		0,003736
Pseudosolenia calcar-avis					0,008635	0,01209	0,01209
Pterosperma	0,0002119	0,00007065	0,0007065	0,0002826		0,00007065	0,0007065
Pyramimonas	0,003856	0,002056	0,008825	0,004627	0,001157	0,0003427	0,008825
Rhizosolenia setigera	0,002763						0,002763
Salpingoeca		0,0000837	0,0000837	0,0005022	0,0001255		0,0005022
Scrippsiella acuminata	0,009812	0,0002453	0,03238	0,1138	0,0002453		0,1138
Skeletonema marinoi	0,0001243	0,00007687	0,000686	0,0005751	0,00000339 1	0,0007264	0,0007264
Spirulina	0,00001413	0,00004945	0,0000847 7				0,00008477
Teleaulax	0,003205	0,003383	0,00463	0,006589	0,002938	0,001959	0,006589
Teleaulax amphioxeia	0,0004661	0,0004661					0,0004661
Telonema		0,00001349					0,00001349
Telonema subtile		0,0001076	0,0003228				0,0003228
Thalassionema nitzschioides	0,0007936	0,000832	0,000832	0,000624	0,0006656	0,0007424	0,000832
Tripos furca			0,001846	0,005539			0,005539
Tripos fusus				0,0009509			0,0009509
Tripos macroceros						0,002832	0,002832
Tripos muelleri				0,001159	0,001159	0,005793	0,005793
Totalsum	0,02981	0,01699	0,06726	0,1138	0,04421	0,03316	0,1138

Vedlegg IV

Resultater fra qPCR analyser av parasitten *Tetracapsuloides bryosalmonae* som gir sykdommen kjent som PKD hos fisk.

PrøveID	Kommune	Lokalitet	Stasjonsnavn	Lokalitetstype	PCR	Ct Mean	Ct SD
GRØ_1	Asker	Grønsandbekk	GRØ	Bekk	0/3		
GRØ_2	Asker	Grønsandbekk	GRØ	Bekk	0/3		
SAN_1	Asker	Sandspollbekk	SAN	Bekk	0/3		
SAN_2	Asker	Sandspollbekk	SAN	Bekk	0/3		
VERP_1	Asker	Verpentjerna	VERP	Tjern	0/3		
VERP_2	Asker	Verpentjerna	VERP	Tjern	0/3		
KJAG_1	Bærum	Kjaglielva	KJAG	Elv	0/3		
KJAG_2	Bærum	Kjaglielva	KJAG	Elv	0/3		
BON-N_1	Frogn	Bonnebekken	BON-N	Bekk	0/3		
BON-N_2	Frogn	Bonnebekken	BON-N	Bekk	3/3	40.430	1.007
MÅN-N_1	Frogn	Månabekken	MÅN-N	Bekk	0/3		
MÅN-N_2	Frogn	Månabekken	MÅN-N	Bekk	0/3		
RUN-DAM_1	Frogn	Dam	RUN-DAM	Dam	0/3		
RUN-DAM_2	Frogn	Dam	RUN-DAM	Dam	0/3		
ÅRU_1	Frogn	Årungselta	ÅRU	Elv	3/3	30.007	0.087
ÅRU_2	Frogn	Årungselta	ÅRU	Elv	3/3	32.494	0.290
OPP_1	Frogn	Oppegårdstjern	OPP	Tjern	0/3		
OPP_2	Frogn	Oppegårdstjern	OPP	Tjern	0/3		

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter.

