

Sjøfylling av sprengstein og bruk av siltgardin

Påvirkning av partikler på vannkvalitet og fiskehelse

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 1079



Tittel

Sjøfylling av sprengstein og bruk av siltgardin

Undertittel

Påvirkning av partikler på vannkvalitet og fiskehelse

Forfatter

Emilie Forsman, Even Stensrud, Lene Heier, Sondre Meland, Bjarte Benberg, A Økelsrud

Avdeling

Utbyggingsområde sørøst/ Fagressurs
Utbygging

Seksjon

Prosjekt Vestoppland/Klima og Miljø, UTB

Prosjektnummer

B12155/ BIB60

Rapportnummer

1079

Prosjektleder

Lene S Heier og Even Stensrud

Godkjent av

Pål-Steinar Karlsen

Emneord

Partikler, sprengstein, sjøfylling, siltgardin, vannkvalitet, gjellehistologi

Sammendrag

I forbindelse med etablering av sjøfyllingen i Nordsvinsfjorden, ble det observert fisk både på innsiden og utsiden av siltgardinen under arbeidene. Dette studiet ble initiert for å øke kunnskapen om sprengsteinspartikler og effekt på fisk. Hensikten med arbeidet var å undersøke hvilken form (morfologi) det var på partikler fra tunnelarbeidene, samt om man kunne dokumentere forskjell i opptak og effekt av partiklene i fisk som befant seg innenfor siltgardinen sammenlignet med fisk fra en referansestasjon.

Title

Deposition of blasted rock and use of silt curtain

Subtitle

Impact of particles on water quality and fish health

Author

Emilie Forsman, Even Stensrud, Lene Heier, Sondre Meland, Bjarte Benberg, A Økelsrud

Department

Section

Project number

B12155/ BIB60

Report number

1079

Project manager

Lene S Heier og Even Stensrud

Approved by

Pål-Steinar Karlsen

Key words

Summary



Forord

Dette studiet er utført som er samarbeid mellom Statens vegvesen (SVV), Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) og Hæhre entreprenør. Prosjektet er utført i forbindelse med rassikringsprosjektet E16 Kvamskleiva der det ble etablert sjøfylling i Nordsvinfjorden.

Prosjektet er en del av pågående forskning for å øke kunnskapsgrunnlaget om påvirkning på fisk av partikler fra sprengstein. Rapporten er utarbeidet av Emelie Forsman (NIVA/NMBU), Even Stensrud (SVV), Lene Sørli Heier (SVV), Sondre Meland (NIVA), Bjarte Benberg (Hæhre) og Asle Økelsrud (NIVA).

Feltarbeid ble utført i januar 2022. Takk til Fredrik Pettersen, Hæhre entreprenør, for bistand under feltarbeidet og Edvin Rye for tilrettelegging og hjelp til gjennomføring av prosjektet.

Prosjektet er finansiert av Statens vegvesen.

Sammendrag

Utfylling i vann med sprengstein og utslipp av tunneldrivevann bidrar til partikler i vannforekomster. I rassikringsprosjektet E16 Kvamskleiva ble det etablert en sjøfylling, og siltgardin ble etablert i Norsvinfjorden for å hindre partikkelspredning ved utfyllingen. Utslippstillatelsen etter forurensingsloven satte grenser for turbiditet, men også krav til at nålformede partikler ikke skulle slippes ut. Det finnes ingen standard metode for å måle partikkelmorfologi (form), selv om slike partikler kan være skadelige for organismer. Hensikten med dette pilotstudie var å undersøke partikkelmorfologi i sprengt finstoff i prosjektet, og undersøke om fisk som oppholdt seg innenfor siltgarden var påvirket av partikler, sammenliknet med fisk ved en referansestasjon.

Morfologiske undersøkelser av partikler fra tunnelclam fra Hugaviktunnelen viste at disse partiklene var like partikler samlet inn fra andre tilsvarende prøver i Norge med relativt tilsvarende bergart. Partiklene var litt mer avlange enn naturlig eroderte partikler, men like kantete. Bergarten forteller noe om hvilken form partiklene kan få, men aktiviteten bergarten utsettes for kan se ut som å ha større betydning, som for eksempel sprengning av tunell.

Undersøkelsen viste høyere konsentrasjon av partikler og grunnstoffer i vannprøve tatt innenfor siltgarden sammenliknet med referanseområdet. Innsamlet fisk innenfor siltgarden viste derimot ingen skader eller forhøyede konsentrasjon av grunnstoffer sammenliknet med referansestasjonen. Dette studiet gir et øyeblikksbilde og foreslår metoder for videre undersøkelser. For å bestemme partikkelmorfologi i en prøve anbefales det først å måle størrelsesfordeling, deretter bruke passende bildemetodikk som elektronmikroskopi eller optisk analyse.

Innhold

1.	Innledning.....	4
2.	Metoder	6
2.1.	Områdebeskrivelse og anleggsvirksomhet	6
2.2.	Prøvetaking av ørret, vann og tunnelslam	7
2.3.	Mineralogianalyser av tunnelslam	7
2.4.	Partikkelmorfologi og størrelsesfordeling analyser av vann og tunnelslam.....	8
2.5.	Analyser av grunnstoff i vann, ørret og tunnelslam	8
2.6.	Vannkvalitetsanalyser	8
2.7.	Histopatologi av gjeller	8
2.8.	Aldersbestemmelser av ørret	9
2.9.	Databehandling og statistikk	9
3.	Resultat og diskusjon	9
3.1.	Mineralogi, partikkelmorfologi og størrelsesfordeling	9
3.2.	Vannkvalitet	12
3.3.	Sporing av tunnelslam i vannprøver og ørret.....	15
3.4.	Partikkelforurensning og ørret	16
4.	Konklusjon.....	17
5.	Referanser	18
6.	Vedlegg A.....	21
7.	Vedlegg B.....	21
7.1.	Bilder	21
7.2.	Figurer.....	23
7.3.	Tabeller	24

1. Innledning

Bergsprenging av tunnel og vei i dagen i forbindelse med byggeprosjekter kan bidra til forurensing av resipienter fra blant annet utslipp av tunneldrivevann og avrenning fra sprengstein. Tunneldrivevann inneholder blant annet partikler, nitrogen fra uomsatt sprengstoff og plast som kan påvirke resipienter (Forsman et al., 2023; Heier et al., 2024; Vikan & Meland, 2013). For å redusere påvirkning av partikler på berørte resipienter benyttes ulike avbøtende tiltak slik som rensing av tunneldrivevann før utslipp til resipient, og siltgardin i resipient for å hindre ukontrollert partikkelspredning. Større anleggsprosjekter har i de fleste tilfelle tillatelse etter forurensingsloven til utslipp, med gitte grenseverdier for ulike parametere som skal overholdes (Meland et al., 2016).

E16 Kvamskleiva var et rassikringsprosjekt som ble utført for blant annet å unngå rasfarlige områder på strekningen mellom Hugavika og Kvam gård i Vang kommune. Ny vegstrekning går omtrent 3,8 km i dagsone og 1,8 km i tunell, der deler av ny veg nå går på sjøfylling i Norsvinsfjorden. Sjøfyllingen ble etablert i prosjektet og er 800 m og består av ca. 272 000 m³ anbrakte masser (am³), bestående av både tunell og dagsonestein. I forbindelse med tunnelarbeidene ble tunneldrivevannet sluppet ut i Norsvinsfjorden etter rensing (sedimentasjon, pH justering). For å redusere spredning av partikler ved etablering av sjøfyllingen ble det benyttet siltgardin i fjorden. Vannkvaliteten (pH, ledningsevne og turbiditet) ble kontinuerlig overvåket utenfor siltgardinen. I tillegg ble det tatt vannprøver (stikkprøver) og sedimentprøver innenfor siltgardina med flere parametere (metaller, nitrogen, olje og generell vannkvalitet). Prosjektet hadde utslippstillatelse etter forurensingsloven, med blant annet krav om at grenseverdi for turbiditet utenfor fyllingsområdet ikke skulle overskride referanseverdi pluss 5 NTU, samt krav om at *“det skal ikke slippes ut nålformede partikler”*. Det er generelt antatt at nåleformende eller spisse/kantete partikler er mer skadelige for biota enn naturlig runde eroderte partikler, selv om der foreligger lite data som bekrefter dette.

Kroniske effekter av partikkeleksponering på laksefisk har blitt studert mye før, spesielt fra 60- til 90-tallet. (Bilotta & Brazier, 2008; Kemp et al., 2011; Kjelland et al., 2015; Newcombe & Macdonald, 1991; Totland et al., 2024). Typiske effekter ved langtidseksponering er:

- gjelle- og finneforandringer (inklusive sykdom og endring av fargen på fisken)
 - 2000-4043mg/l, puls 5-18h, livstids eksponering (Bergstedt & Bergersen, 1997),
 - 1000ppm (omtrent tilsvarende mg/l), puls, livstids eksponering (Herbert et al., 1961)
 - 270-810ppm, 4-5 måneder eksponering (Herbert & Merkens, 1961)
- påvirkning på hematologi (hematokritt, plasma protein)
 - 2000-4043mg/l, puls 5-18h, livstids eksponering (Bergstedt & Bergersen, 1997),
- adferds endringer (hosting, økt svømme aktivitet, økt respirasjon)
 - 2000-4043mg/l, puls 5-18h, livstids eksponering (Bergstedt & Bergersen, 1997),
 - 300-1000mg/l, 6 uker (McLeay et al., 1987)
- redusert vekst
 - 300mg/l 10% reduksjon i vekst, 1000mg/l 33% reduksjon i vekst, 6 uker (McLeay et al., 1987)
 - 700mg/l, 10 pulser mellom 0,5-6timer, 19 dager (Shaw & Richardson, 2001)

- forandringer i populasjons struktur og mindre densitet,
 - 2000-4043mg/l, puls 5-18h, livstids eksponering (Bergstedt & Bergersen, 1997),
 - ~900-7500ppm puls, livstids eksponering (Herbert et al., 1961)
- Mortalitet
 - LC₅₀ for 270-810ppm etter 10-25 dager (Herbert & Merckens, 1961)
 - LC₅₀ for 200mg/l etter 16 uker, LC₇₀ for 200 mg/l etter 30 uker (Herbert & Richards, 1963)
 - Fisk i bur døde etter 20 dager i 1000-2500mg/l (Campbel, 1954 in Alabaster & Lloyd, 1982)

Undersøkelsene viser stor variasjon i effekt-konsentrasjoner i litteraturen, noe som kan skyldes bruken av ulike partikler (Rogers, 1969; Servizi & Martens, 1987, 1992), ulik eksponeringstid og konsentrasjoner (Newcombe & Jensen, 1996; Newcombe & Macdonald, 1991), ulike arter samt livsstadier (Rogers, 1969; Servizi & Martens, 1987; Servizi & Martens, 1991), og variasjoner i abiotiske tilstander som oksygen, sesong, temperaturer (Noggle, 1978; Servizi & Martens, 1991), og så videre. Disse studiene har hovedsakelig brukt naturlig sedimenter, men også løsmasser fra gruver, trefibrer og kiselgur, der det til stor grad er mangelfull karakterisering av partiklene som trolig bidrar til variasjon i effektdata (Bilotta & Brazier, 2008). Noen studier har funnet tegn på (Rogers, 1969), eller spekulerer på (Hessen, 1992; Noggle, 1978; Servizi & Martens, 1987), at morfologien av partiklene (hvorvidt de er kantete og/eller spisse/nålformet) er en viktig faktor for toksisiteten til partikler. På grunn av denne diskusjonen er det ofte antatt (Pabst et al., 2015; Roseth et al., 2021) at partikler fra sprenging er mer farlig for fisk enn det naturlig erodert partikler er. En nylig studie har vist at tunnelpartikler er litt mere spisse og har litt mere fibrer enn naturlig eroderte partikler, men er relativt like kantet (Forsman et al., 2023).

Det har generelt blitt gjort lite forskning på hvor toksisk sprengsteinpartikler er, men det finnes tre arbeider utført i Norge på 80- og 90-tallet (Hessen, 1992; Hessen et al., 1989; Jacobsen et al., 1987) der man har eksponert sprengsteinpartikler til fisk i laboratorier og/eller studert effekter i naturen. Det ble funnet at 21-700 mg/l episodisk eksponering i felt i et år, og at 500 mg/l etter 7 dager ga små forandringer på gjellene (Hessen, 1992; Hessen et al., 1989). Jacobsen et al. (1987) fant at utslipp av tunnelslam fra anleggsområde (<5-135 mg/l i omtrent et år) trolig var en viktig faktor til hvorfor oppdrettsfisk nedstrøms døde, men ettersom dette ble undersøkt i ettertid av at fisken døde, blir disse resultatene mye mere usikre. Det er derfor fortsatt store usikkerheter rundt hvor toksisk partikler fra sprenging er, og hvilke toksikologiske og økologiske konsekvenser utslipp av tunnelslam medfører til vannmiljøer. To nye studier har blitt utført i regi av Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Statens vegvesen (SVV) og Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). der man har eksponert laksefisk for sprengstein I det første studiet, ble juvenil Atlantisk laks eksponert for lave til høye konsentrasjoner (100-5000 mg/l) av to typer sprengstein i ferskvann i 192 timer. Foreløpige resultater indikerer at sprengstein fra berggrunn av granitt eller gneis ikke er like farlig som tidligere antatt, og at partikkelmorfologien fra slik berggrunn ikke årsaker gjelleskade ved verken høye eller lave konsentrasjoner under korttids eksponering. Det kan synes som at partikkelkonsentrasjonen (og tid) er det mest avgjørende for negativ effekt ved akkumulering på gjeller og påfølgende effekt på respirasjon, mer enn forskjell i morfologi på partiklene. Likevel indikerer resultatene at sprengstein er litt mer dødelig sammenlignet med effektmodeller basert hovedsakelig på toksiske studier fra naturlig eroderte partikler, men grunnet andre årsaker enn partikkelmorfologi som for eksempel vannkjemi. Akkurat dette kan

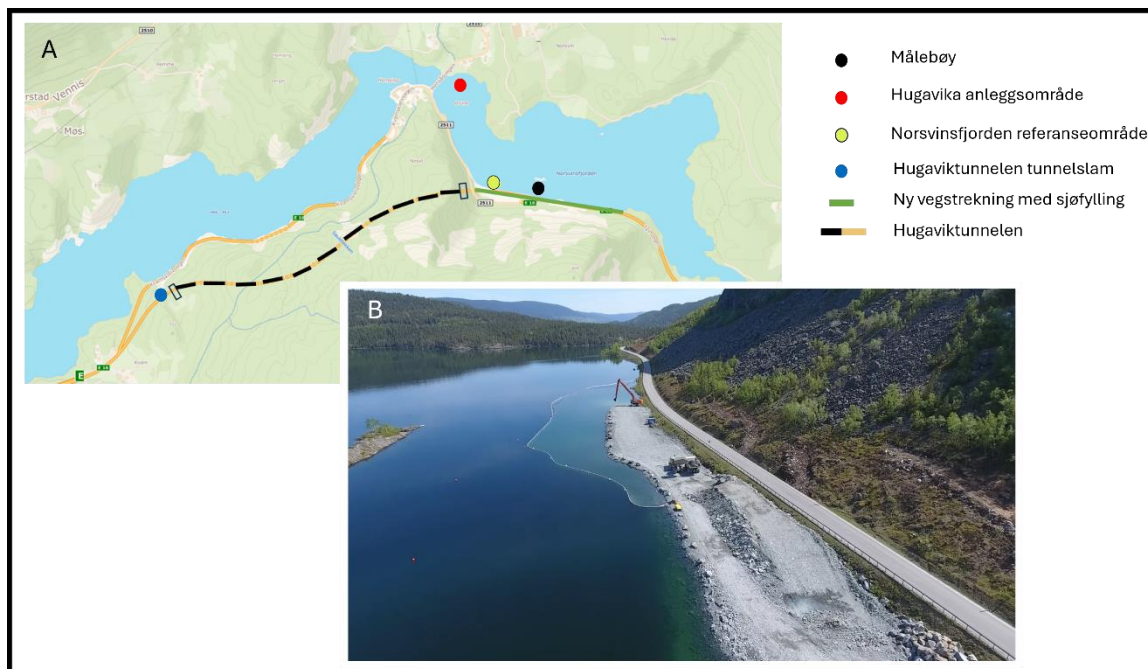
også gjøre at sprengstein gir ulike effekter på fisk (Forsman et al., 2025). Det andre studiet eksponerte Atlantisk postsmolt laks for lave konsentrasjoner (4-158 mg/l: NB gjennomsnitt) av sprengstein og naturlig eroderte partikler (25 mg/l: NB gjennomsnitt) opptil 21 dager i sjøvann, der hovedfunn inkluderer blant annet redusert vekst, finneråte, endret adferd og liten til ingen histologisk forandring av gjeller (Martins et al., 2024). Disse studiene er fortsatt under arbeid og vil bli publisert innen kort tid.

I forbindelse med etablering av sjøfyllingen i Nordsvinsfjorden ble det observert fisk både på innsiden og utsiden av siltgardinen under arbeidene. For å øke kunnskapen om sprengsteinspartikler og effekt på fisk, ble derfor denne studien initiert. Hensikten med arbeidet var å undersøke hvilken morfologi det var på partikler fra tunnelarbeidene, samt om man kunne dokumentere forskjell i opptak og effekt av partiklene i fisk som befant seg innenfor siltgardinen sammenlignet med fisk fra en referansestasjon. Dette ble utført som et pilotprosjekt med et mindre antall prøver for å få en indikasjon på effekt på fisk, samt for å vurdere ulike metoder som kan brukes i et større forsøk eller oppfølging i et annet byggeprosjekt.

2. Metoder

2.1. Områdebeskrivelse og anleggsvirksomhet

Anleggsarbeidet ble utført ved Norsvinsfjorden i Vang kommune i Valdres. I forbindelse med byggeprosjektet ble det etablert en sjøfylling for ny vegtrase.



Figur 1. (A) Kart over byggeprosjektet, der svart sirkel er hvor målebøyen var plassert, rød og gul sirkel viser henholdsvis til stasjonene Hugavika anleggsområde og Norsvinsfjorden referanseområde der fisk og vannprøver ble prøvetatt. Blå sirkel er hvor tunnelslam fra Hugaviktunnelene ble prøvetatt. Grønn strek er den nye vegstrekningen med sjøfylling, og svart og gul strek viser hvor den nye Hugaviktunnelen går. (B) Bilde over sjøfylling og siltgardin.

Alt utfyllingsarbeidet ble utført innenfor en siltgardin som ble etablert for å tilbakeholde partikler. 150 m utenfor siltgardinen ble det etablert en målebøye som kontinuerlig logget turbiditet og temperatur. I tillegg ble det kvartalsvis tatt stikkprøver i berørte bekker og i Norsvinsfjorden.

2.2. Prøvetaking av ørret, vann og tunnelslam

Ørret (*Salmo trutta*) og vann ble innsamlet ved to tidspunkter; 18-19.01.2022 og 31.01-01.02.2022, for Norsvinsfjorden referanseområde og Hugavika anleggsområde. Første dag ble vann innsamlet med Ruttner vannhenter (3 l) ved vannoverflaten (0,5 m) og bunn (18.01: 10 m ref, 12 m anlegg, 31.01: 9 m ref, 12 m anlegg), og vannet ble overført til prøveflasker for analyse av partikkelmorfologi (1 l), størrelsesfordeling (1 l), suspendert tørrstoff (1 l), konduktivitet/turbiditet (500 ml), ammonium/total fosfor/total nitrogen/løst organisk karbon/partikulært organisk karbon (1 l), grunnstoffsanalyser i ufiltrert (total, 60 ml) og 0,45 µm filtret (løst, 60 ml; sprøytefilter 22 mm, PALL Acrodisc med Supor Membran) vann. Alle vannprøver ble oppbevart kjølig (4°C) frem til prosessering/analyse, i tillegg ble vannprøvene til grunnstoffsanalyser konserverert med konsentrert salpetersyre (HNO₃; 5% v/v).

Fisk ble samlet ved bruk av to garn (37,5 m², med 21, 26 og 29 mm maskevidde) som stod ute over natten. Ved første feltinnsamling 18-19.01.2022, ble ti levende ørret fra henholdsvis Norsvinsfjorden referanseområde og Hugavika anleggsområde fanget inn, mens ved prøvetakingen 31.01-01.02.2022 ble ingen fisk fanget. Grunnet dette, ble heller ikke ammonium/sulfat/total fosfor/total nitrogen/løst organisk karbon/partikulært organisk karbon analysert fra 31.01.2022. Fisken ble avlivet ved et slag i hodet og umiddelbart utsatt for disseksjon. Lengde og vekt ble målt for å beregne *fultons kondisjonsfaktor* ($100 \cdot \text{vekt} / \text{lengde}^3$ (Ricker, 1975), Tab. 1 vedlegg A). Den andre gjellebuen på ørretens venstre side ble skåret ut og lagret i bufret formalin for histologiske undersøkelser. Resten av ørreten ble frosset (-20°C) og benyttet til videre disseksjon på NIVA laboratoriet. Ved videre prøvetaking ble fisken tint i romtemperatur. Otolittene og skjell fra området mellom ryggfinnen og fettfinnen ble brukt for aldersbestemmelser. Deretter ble lever, milt, nyre og mageinnhold dissekert ut og oppbevart ved -20°C. Prøvene ble frysetørket før analyse av grunnstoffer med induktivt koblet plasma massespektrometri (ICP-MS).

Tunnelslam (2l) ble hentet fra sedimentasjonsanlegget for tunneldrivevann, før pH justering og lagret i plastbeholder. Prøvene ble lagret kaldt før videre analyse.

2.3. Mineralogianalyser av tunnelslam

Mineralogien i tunnelslam (n=1) ble identifisert ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) ved bruk av røntgendiffraksjon (XRD) med en Bruker D8 Advance diffraktometer. For å kvantifisere mineralinnholdet ble programmet Topas brukt, basert på Rietveld-metoden (Rietveld, 2014).

2.4. Partikkelmorfologi og størrelsesfordeling analyser av vann og tunnelslam

Partikkelmorfologi ble utført på tunnelslam og vannprøver i størrelsesfraksjon 15-200 µm hos Sympatec Nordic med QICPIC. Størrelses- og morfologimålinger målt i QICPIC Dynamic Image Analysis-applikasjonsprogramvaren er vist i tabell 2 vedlegg A, og videre analysert med statistikkprogrammet R. Når aspect ratio (AR), som beskriver rundhet, er lik 1 er partikkelen sirkulær, og ved 0 er partikkelen avlang. Når solidity (SLD), som måler kantethet, er lik 1 er partikkelen glatt, og ved 0 er partikkelen kantete.

Partikkelstørrelser mellom 0,4-2000 µm for Hugaviktunnelen tunnelslam (2 g vått material i 1000ml destillert vann filtrert med 0,2 µm) ble målt med laserdiffraksjon (Beckman Coulter Counter LS 13 320). Prøven ble analysert tre ganger (resultatene er et gjennomsnitt av disse analysene).

2.5. Analyser av grunnstoff i vann, ørret og tunnelslam

Frysetørkede organer fra ørreten (n= 20), mageinnhold (n=18) og frysetørket tunnelslam (n=3, NB analytisk triplikat) ble tilsatt konsentrert HNO₃ før de ble dekomponert ved bruk av mikrobølgeassistert. Etter dekomponering ble prøvene fortynnet ti ganger med destillert vann. Grunnstoffer i de dekomponerte prøvene og vannprøvene (n=16) ble analysert med Agilent 8900, ICP-MS (oksygen and helium gas modus, online interne standarder: ¹¹⁵In and ¹⁰³Rh). Deteksjonsgrensen (LOD) ble satt til tre ganger standardavviket av blankprøvene. Som kvalitetssikring ble fem sertifiserte referansematerialer (SRM) brukt; Dorm-3 National Research Council, Canada (ørretprotein), 1577c Bovine Liver National Institute of Standards and Technology (lever), ZC73007 China national analysis centre for Iron and steal (jord) og DC73349 NCS DC73325-soil-China national analysis center (jord).

2.6. Vannkvalitetsanalyser

Vannprøver for analyse av vannkvalitet inkluderende suspendert tørrstoff (STS), konduktivitet, turbiditet, ammonium, total fosfor, løst og partikulært karbon (DOC, POC) ble analysert på NIVA laboratoriet (Tab. 3 vedlegg A), unntatt totalt nitrogen som ble analysert på Eurofins (Tab. 3 vedlegg A).

2.7. Histopatologi av gjeller

Gjellebuer i bufret formalin ble behandlet ved NMBU Veterinærhøgskolen, Prøvene ble innstøpt i parafinvoks (Thermo Scientific Excelsior AS), skjært i 4 µm tykke seksjoner, og farging med H-E (hematoxylin og eosin) og PAS (Periodic Acid Schiff). Deretter ble snittene skannet (Hamamatsu, Nanozoomer S210) og visualisert med NDP.view 2. Skåring av gjellemorfologi ble utført etter metode i Gjessing et al. (2019), men forenklet. Kort beskrevet, to primær filament med 20 sekundære filament på hver gjellebue ble tilfeldig valgt ut. Skåring av morfologi ble analysert ved å studere subepiteliale leukocytter, epitelcellehyperplasi, epitelcelleapoptose og blødning basert på en fire trinns skala, hvor 0, 1, 2 og 3 henholdsvis er ingen forandring, lite forandring, moderat forandring og betydelig forandring. Slimcellehyperplasi ble vurdert som normal tilstand

eller ikke. Fire av 10 gjeller og 2 av 10 gjeller fra henholdsvis Norsvinsfjorden referanseområde og Hugavikas anleggsområde ble tatt ut av analysen på grund av dårlig snitting eller skadede vev ved uttakelse.

2.8. Aldersbestemmelser av ørret

Otolittene ble brent, og snittet vertikalt deretter avlest under lupe, og alder bestemt utfra antall vintersoner. Siden fisk ble fanget tidlig på vinteren, ble alder bestemt til 0+ etc. (dvs. at siste påbegynte vintersone ikke ble telt). I tillegg ble skjell benyttet som supplement, der det var usikkerhet ved avlesning av øresteinene. Bilder av skjell (tettliggende skleritter) ble tatt gjennom lupe og digitalisert.

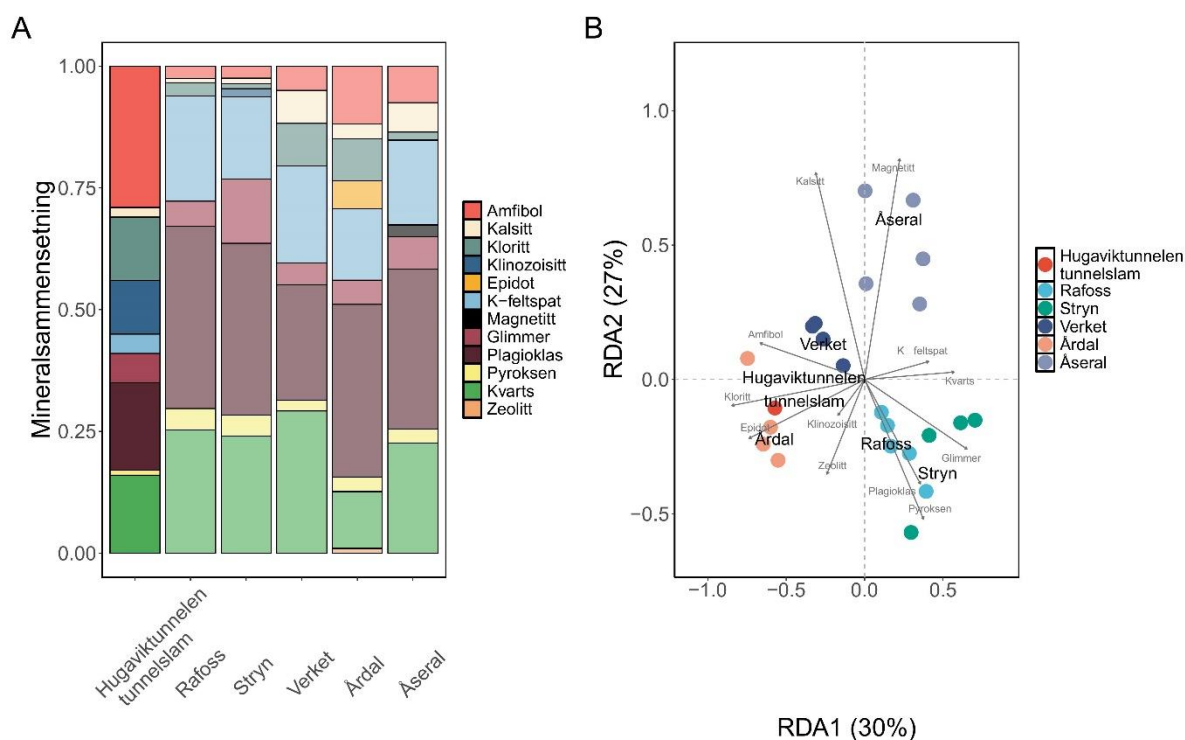
2.9. Databehandling og statistikk

Statistiske analyser og deskriptiv statistikk av resultater ble gjort med statistikkprogrammet R (4.3.3, R core Team, 2024), og signifikante effekter ble bestemt med bakgrunn i en p-verdi på 0,05. Det var for få partikler i vannprøvene for å studere morfologi, som krever mange datapunkter for å gi robuste resultater (Liu et al., 2015). For å kunne sammenligne tunnel slam fra denne studien med andre lignende prosjekt ble det brukt tunnel slam data (Rafoss, Stryn, Verket, Årdal og Åseral) og partikler fra elv (elveprøver) fra en annen studie (Forsman et al., 2023). Sted (Hugaviktunnelen tunnel slam, Rafoss, Stryn, Verket, Årdal og Åseral) ble brukt som forklaringsvariabel i redundansanalyse (redundancy analysis, RDA) med mineralsammensetningen ved bruk av fremover modellvalg (engelsk; forward model selection) (Blanchet et al., 2008). For å visualisere STS og turbiditet i vannprøvene som har LODer og som ikke skal erstattes med multiple imputasjons metode (fordi det bare er 4 datapunkter) ble NADA-pakken i statistikkprogrammet R som bruker ROS modeller ved visualisering av LODer i boks plott brukt (Julian & Helsel, 2021). For å estimere hvor mye av grunnstoffene som er i partikulærfraksjonen, ble den løste fraksjonen subtrahert fra totalfraksjonen. Prinsipal komponentanalyse (engelsk; principal component analysis, PCA) og RDA ble brukt for å studere variasjon og teste signifikante forskjeller ved stasjon (Norsvinsfjorden referanseområde og Hugavika anleggsområde) for ICP-MS datasettene. Lenge og vekt av fiskene ble testet med Shapiro-Wilk test for normalitet og Levenes test for lik varians, deretter ble student t-test brukt for å undersøke etter signifikant forskjeller mellom lokasjoner. Utdypende tekster om SRM resultater for ICP-MS analysene finnes i vedlegg A.

3. Resultat og diskusjon

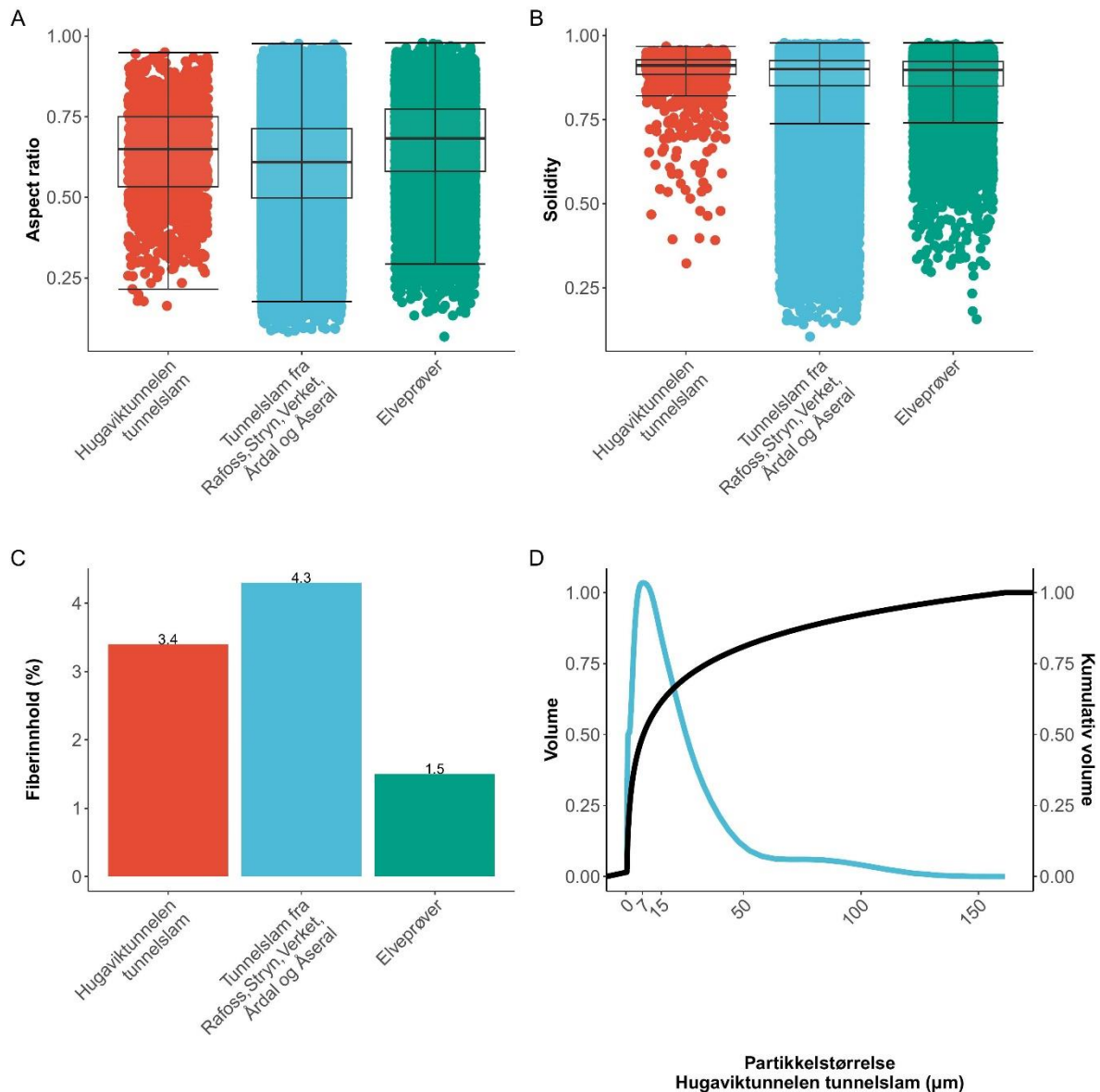
3.1. Mineralogi, partikkelmorfologi og størrelsesfordeling

Bergartene i området er hovedsakelig granodiorittisk-gneis, men med innslag av hornblenditt. Mineralogien i slamprøven (n=1) inneholder hovedsakelig amfibol (hornblende), men er ellers relativt likt tunnel slam fra tidligere undersøkelser (n=5; inklusive størrelsefraksjoner n=22) i Norge (Fig. 2A, data fra: Forsman et al. (2023)). Hvor tunnel slammet ble innhentet forklarte 75% av variasjonen i mineralsammensetningen i RDA (akse 1 og 2= 57%, n=23, Fig. 2B). Hugaviktunnelen tunnel slam inneholder imidlertid høyere andel amfibolitt enn de andre prøvene (29 %).



Figur 2. (A) Stolpediagram og (B) RDA av (sentrert og log-ratio transformert) mineralsammensetningen i tunnel slam fra Hugaviktunnelen, og fra tidligere undersøkelser av tunnel slam (Forsman et al., 2023). I RDA er hvert punkt en tunnel slamprøve (n=23; Rafoss, Stryn, Verket, Årdal og Åseral inneholder bulk prøve og ulike størrelsesfraksjoner), mineralene er vist som grå vektorer og peker i retningen hvor det er størst økning av mineraler. Den signifikante forklaringsvariabelen sted (Hugaviktunnelen tunnel slam, Rafoss, Stryn, Verket, Årdal og Åseral) er vist i svart.

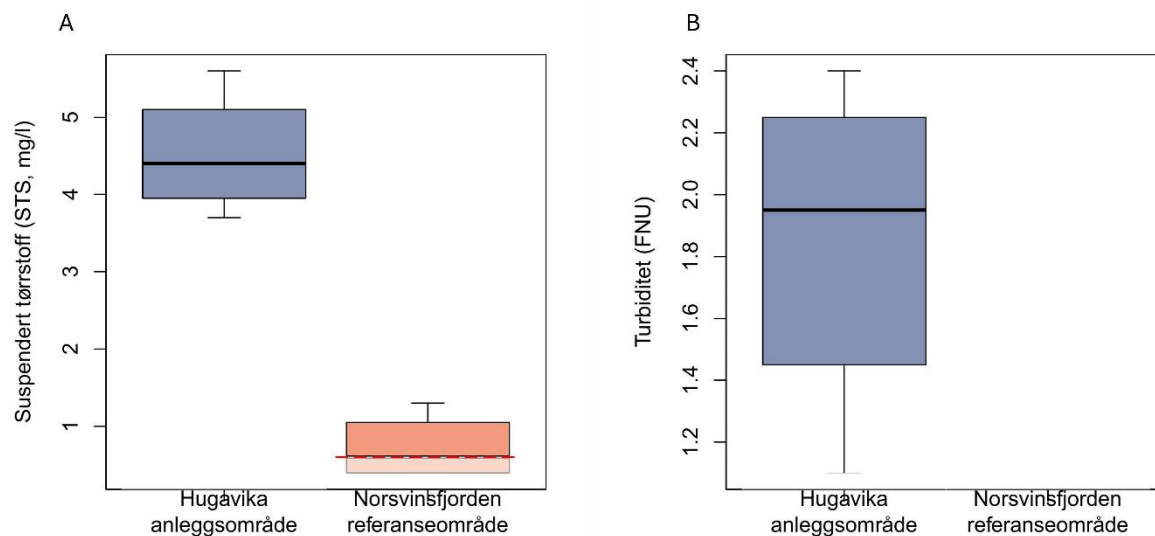
Ettersom amfibol er et fiberdannende mineral (Skinner et al., 1989), forventet vi at tunnel slammet fra Hugaviktunnelen skulle inneholde mer fibrer og være mere avlange enn slamprøver fra tidligere prosjekter (Forsman et al., 2023). Men partikler fra Hugaviktunnelen tunnel slam (n=1521, 15-200 μm) var litt mindre avlange (Hugaviktunnelen tunnel slam AR: $0,64 \pm 0,15$) og inneholdt litt mindre mengde fibrer (Hugaviktunnelen tunnel slam fiber: 3,4 %), sammenlignet med annet tunnel slam (Fig. 3; AR: $0,6 \pm 0,15$, fiber: 4,3 %). Derav støtter disse resultatene tidligere funn, der tunnel driving virker ha større innvirkning på morfologi enn mineralogi innafor granittgneis prøver (Forsman et al., 2023). Ellers følger tunnel slam fra Hugaviktunnelen tunnel slam samme trend som tidligere tunnel slam, nemlig at de er mere avlange enn elveprøver ((Forsman et al., 2023), Fig. 3A&C, Elveprøver AR: $0,67 \pm 0,17$, fiber: 1,5 %) og relativt like kantete (Fig. 3B, Hugaviktunnelen tunnel slam SLD: $0,89 \pm 0,1$, Elveprøver SLD: $0,88 \pm 0,07$, andre tunnel prøver SLD: $0,87 \pm 0,08$, Forsman et al., 2023). Det var flest partikler i Hugaviktunnelen tunnel slam i størrelsesorden 7 μm , og de største partiklene var 161 μm (Fig. 3D), dette er noe mindre sammenlignet med andre tunnel prøver der hovedandelen partikler var i størrelsesorden 10-25 μm (Forsman et al., 2023). Denne forskjellen kan skyldes mange ulike faktorer som prøvetaking av tunnel slammet (for eksempel hvilket dyp), hvor i transporten fra stuff til rensing ble tunnel slammet prøvetatt, type bergart, utforming og hvordan tunnelen blir drevet.



Figur 3. Boks plott av (A) Aspect ratio (sirkel=1, spiss=0) og (B) Solidity (ikke kantete=1, kantete=0) og (C) stolpediagram av fiberinnhold (%) fra Hugaviktunnelen tunnelslam (n=1521, rød), tunnelslam fra Rafoss, Stryn, Verket, Årdal og Åseral (n= 396742, blå) og Elveprøver (n=28840, grønn) fra tidligere studier (Forsman et al., 2023). (D) Linjediagram av partikkel størrelsesfordeling (blå) og kumulative størrelsesfordeling (svart) fra Hugaviktunnelen tunnelslam (linjene er gjennomsnittet av tre analyser). Boks plott viser femtallsoppsummeringen av et sett med data: minste verdien som ikke er mindre enn $1.5 \times$ interkvartil området (nedre visker), første (nedre hengsler) kvartil, median, tredje (øvre hengsler) kvartil og den største verdien som ikke er større enn $1.5 \times$ interkvartil området (øvre visker).

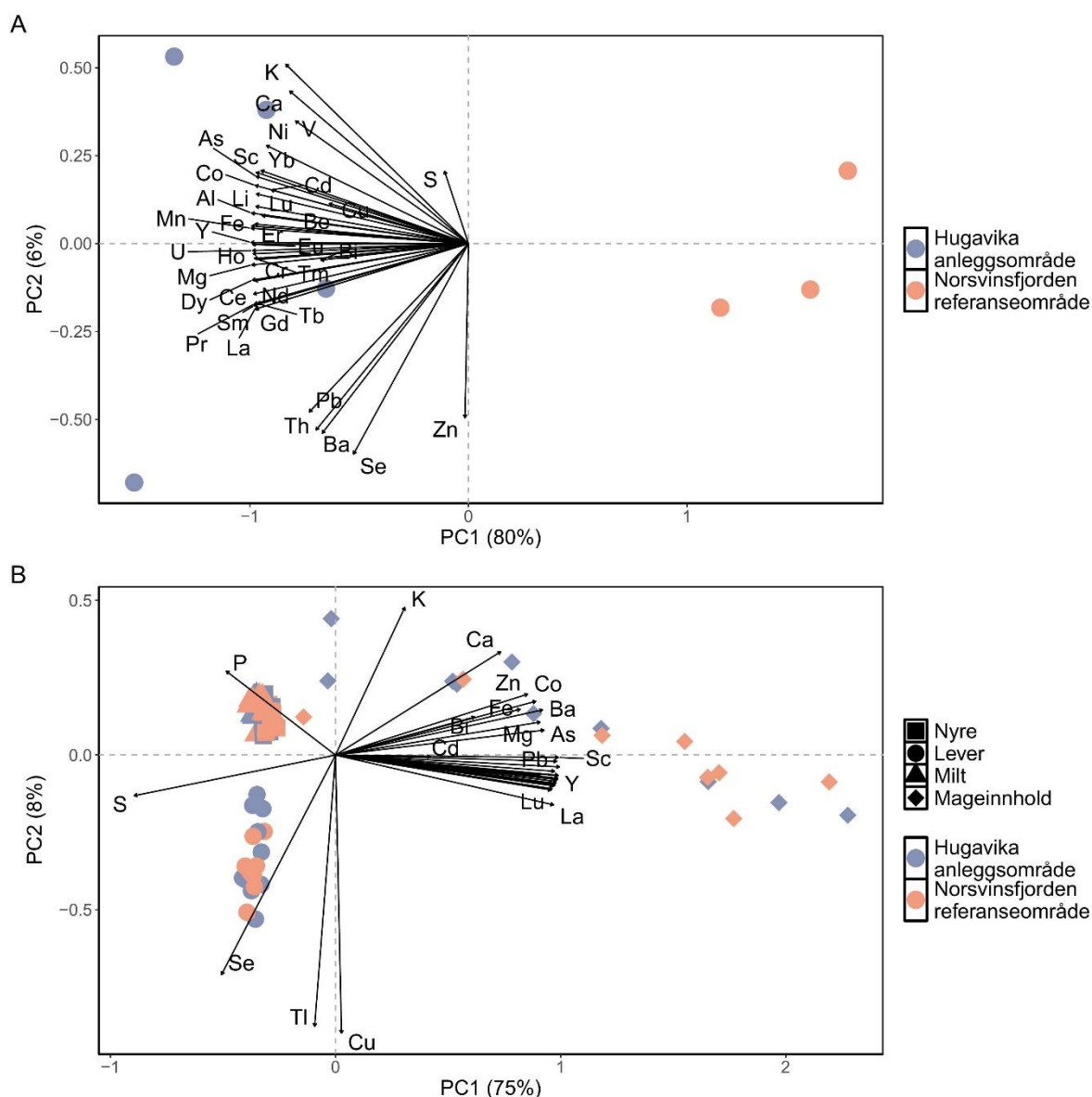
3.2. Vannkvalitet

STS (n=8) hadde et datapunkt fra Norsvinsfjordens referanseområde under deteksjonsgrensen (<0,6 mg/l, Fig. 4). For turbiditet (n=8) var alle datapunkter fra Norsvinsfjordens referanseområde under deteksjonsgrensa (<0,3 FNU, Fig. 4). I Hugavika anleggsområde var det høyere konsentrasjon av partikler målt ved STS (3,7-5,6 mg/l) og turbiditet (1,1-2,4 FNU, Fig. 4A&B) enn utenfor, men begge disse parameterne viste lav partikkelbelastning innenfor og utenfor siltgardinen og klassifiseres som «klar» innafor kjemisk miljøtilstand ifølge veileder 02-2018 (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018).



Figur 4. Boks plott av (A) suspendert tørrstoff (STS, n=8, mg/l) og (B) turbiditet (n=8, FNU) ved Hugavika anleggsområde (lilla) og Norsvinsfjorden referanseområde (fersken). Den røde linjen i (A) viser til høyeste deteksjonsgrensen på 0,6 mg/l og den grå boksen viser delen av stasjonens data under deteksjonsgrensa ved bruk av ROS i NADA-pakken. For turbiditet er alle målinger (n=4) fra Referansestasjonen under deteksjonsgrensen (0,3 FNU).

Ettersom det var litt høyere partikkelkonsentrasjon ved Hugavikas anleggsområde forventet vi at andre vannkvalitetsparametrene også skulle vise samme trender. De andre vannkvalitetsparametrene (Fig. 1 vedlegg A) viste like eller litt høyere konsentrasjon ved Hugavika anleggsområde sammenlignet med Norsvinsfjordens referanseområde. Men konsentrasjonene av totalt nitrogen (n=8, $178 \pm 10 \mu\text{g/l}$), fosfor (n=8, $5 \pm 3,5 \mu\text{g/l}$) og ammonium (n=8, $2,5 \pm 0,6 \mu\text{g/l}$) var fortsatt innenfor kjemisk miljøtilstand «God» eller «Svært god» ifølge veileder 02-2018 (Direktoratsgruppen vanndirektivet, 2018), og vannet var klassifisert som «svært klart» ved å legge sammen DOC (n=8) og POC (n=8, $1 \pm 0,06 \text{mg/l}$) resultater (Fig. 1 vedlegg A).

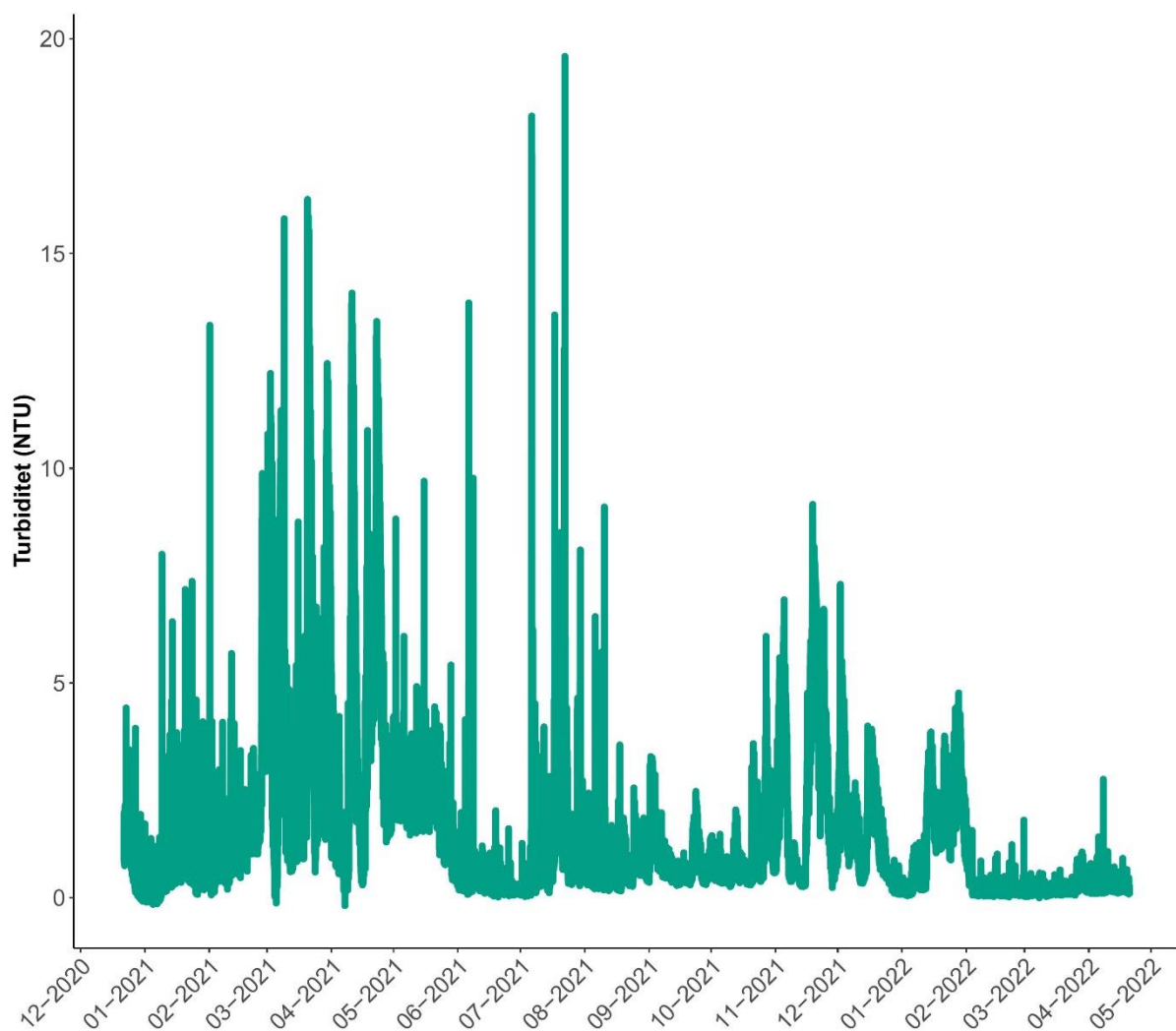


Figur 5. PCA av log transformerte ($\log_{10}(x+1)$) konsentrasjoner av grunnstoffer i (A) vannprøver (totalfraksjon, $n=7$) og (B) ørretp prøver ($n=78$) fra Hugavika anleggsområde (lilla) og Norsvinsfjorden referanseområde (fersken). I (B) er firkant nyre, sirkel er lever, trekant er milt og diamant er mageinnhold. Hvert punkt er en individuell vannprøve eller ørretorgan. Grunnstoffene er vist som svarte vektorer og peker i retningen hvor det er størst økning av konsentrasjon.

Nivåene av grunnstoffene As, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni og Zn i vannprøver fra Norsvinsfjordens referanseområde og Hugavika anleggsområde var iht veileder M608:2016 (Miljødirektoratet, 2016) klassifisert som «bakgrunn» og «god» ($n=14$, Tab. 6 vedlegg A). For de fleste grunnstoffene i vannprøvene var konsentrasjonene i totalfraksjonen høyere ved Hugavikas anleggsområde enn Norsvinsfjordens referanseområde (Tab. 4 vedlegg A). I tillegg skilte seg begge stasjonene i PCA biplotet, der vektorene pekte i retning av Hugavikas anleggsområde (PCA akse 1=80 %, PCA akse 2=6 %, $n=7$, Fig. 5A). I tillegg, ved RDA var det signifikante forskjeller i konsentrasjoner mellom stasjonene, og 76% av variasjonen var forklart (RDA akse 1=33 %, RDA akse 2=26 %, $p=0.03$, $n=7$, Tab. 4 vedlegg A). Alle vannparamenter over indikerer at det var en liten påvirkning av sprengstein

fra fylling på vannkvaliteten innenfor siltgarden ved prøvetagningstidspunktet, og generelt sett var den kjemiske statusen på begge stasjonene gode. Dette er et øyeblikksbilde av vannkvaliteten. Turbiditet ble kontinuerlig overvåket gjennom hele anleggsperioden (Fig. 6).

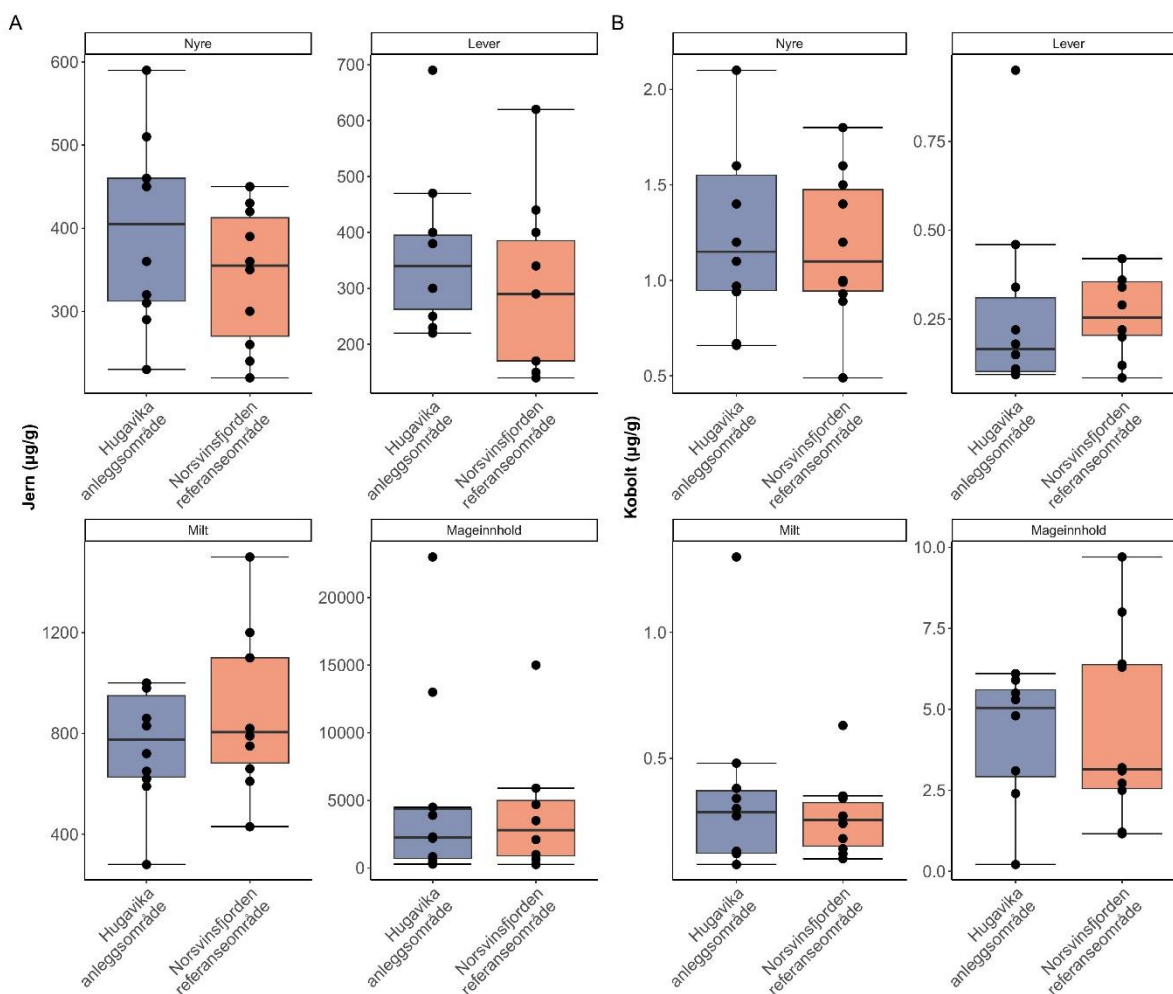
De høyeste målingene ble registrert i perioder ved sterk vind, da fortøyning og forankring til siltgarden ble revet av. Tidvis ble hele siltgarden blåst over fjorden og opp på land. Ved etablering av siltgarding er det viktig og med god planlegging av forankring, lengde og plassering etter lokale værforhold. Det ble i deler av prosjektet benyttet en toppelse der trykket kunne justeres, slik at man kunne justere hvor høye siltgarden lå i vannet. Dette hadde god effekt ved sterk vind. Det var i utgangspunktet usikkerhet til hvordan siltgarden fungerte innefrosset i is, men det viste å være ubegrunnet da siltgarden fungerte godt selv ved lave temperaturer og innefrosset i is. Det var også praktisk med en ekstra not innenfor siltgarden for oppsamling av plast fra sprenging.



Figur 6. Linjediagram over turbiditet (NTU) målt kontinuerlig med miljøbøye mellom desember 2020 og april 2022.

3.3. Sporing av tunnelslam i vannprøver og ørret

Ettersom alle grunnstoffer (untatt Zn, som er 1 % høyere ved Norsvinsfjordens referanseområde) var høyere i vannprøver fra Hugavikas anleggsområde, forventet vi at også grunnstoffer i ørretprøver skulle være høyere ved Hugavika anleggsområde sammenlignet med Norsvinsfjordens referanseområde. Jern og kobolt fra vannprøvene var til stor del partikulært, henholdsvis 84 % & 62 %, og i tillegg var det 96 % & 81 % høyere konsentrasjoner ved Hugavikas anleggsområde, og ble derfor brukt som “spor-grunnstoff” av partikler i ørretprøver. Men det var relativt like konsentrasjoner av jern og kobolt innenfor og utenfor siltgardinen i alle ørretprøver (organer samlet, $n=78$, Fig. 7A&B). I PCA (PCA akse 1=75 %, PCA akse 2=8 %, $n=78$) av konsentrasjoner i ørretprøver var det samme trend for alle de andre grunnstoffene også, der punkter for begge stasjonen overlapper i biplottet (Fig 5B, Tab. 5 vedlegg A). I tillegg var det heller ikke signifikante forskjeller i konsentrasjonene av grunnstoffer i ørretprøver mellom Norsvinsfjordens referanseområde og Hugavikas anleggsområde ved RDA ($p=0.79$, $n=78$). Dette var ikke som vi forventet, og dessuten ved dekomponering av mageprøver fant man stein fra både Norsvinsfjordens referanseområde ($n=4$) og Hugavikas anleggsområde ($n=6$, Bilde 1 vedlegg A). Disse resultatene kan være tegn på at fisk kunne svømme inn og ut av siltgardinen, og trolig mellom stasjonene. Men derimot kan ørret være relativt stasjonær under vintrene (Brown, 1999; Watson et al., 2019), og da det var ~600m mellom Siltgardinstasjonen og Norsvinsfjordens referanseområde er det mulig at de ørretene fanget på de ulike stasjonene har oppholdt seg bare på disse plassene fra starten av vinteren. Men det kan være store individuelle forskjeller mellom fisk, og bevegelsesmønsteret er også avhengig av predasjonstrykk og hvor godt habitat er (Brown, 1999; Watson et al., 2019). I tillegg er det mulig å finne steiner i magen til ørret hvis de har spist vårfluelarver (Jonsson, 1989) som spinner sammen ulike byggematerialer av stein, bladbiter osv. for å lage et rør de lever i. Dette gjør det vanskelig å avgjøre om grunnstoffene var like for ørret fra Norsvinsfjordens referanseområde og Hugavikas anleggsområde fordi begge fiskene har blitt eksponert for tunnelslam, enten ved at de kan bevege seg fritt inn og ut av siltgardinen eller fordi det har vært høyere konsentrasjoner av partikler ved Norsvinsfjordens referanseområde ved tidligere tidspunkter (som vi da ikke har målt), eller fordi begge fiskene var like lite påvirket av tunnelslammet, og steinen kommer fra beiting etter mat.



Figur 7. Boks plott av (A) Jern ($\mu\text{g/g}$) og (B) kobolt ($\mu\text{g/g}$) i nyre ($n=20$), lever ($n=20$), milt ($n=20$) og mageinnhold ($n=18$) fra ørret fra Hugavika anleggsområde (lilla) og Norsvinsfjorden referanseområde (fersken). Boks plott viser femtallsoppsummeringen av et sett med data: minste verdien som ikke er mindre enn $1.5 \times$ interkvartil området (nedre visker), første (nedre hengsler) kvartil, median, tredje (øvre hengsler) kvartil og den største verdien som ikke er større enn $1.5 \times$ interkvartil området (øvre visker).

3.4. Partikkelforurensning og ørret

Tidligere kroniske eksponerings studier av subletal (ikke-dødelige) effekter fra suspenderte partikler på laksefisk inkluderer redusert vekst ved 50mg/l av ørret (Herbert & Richards, 1963), og histologiske forandringer av gjellevev (fortykning av respiratorisk epitel) hos ørret (*S. trutta*) ved $\sim 1000\text{ mg/l}$ (Herbert et al., 1961). Grunnet de lave konsentrasjonene av partikler målt i Norsvinsfjorden ble det forventet få eller ingen direkte subletale effekter på ørret ved Norsvinsfjorden referanseområde eller Hugavika anleggsområde. Dette stemmer med histopatologiske gjelleundersøkelser fra ørret som ikke viste tegn til gjelleskader, inflammasjon eller forandring i slimceller ved Norsvinsfjorden referanseområde ($n=6$) eller Hugavika anleggsområde ($n=8$, Bilde 2 og Tab. 7 vedlegg A). I tillegg viste Fultons kondisjonsfaktor at all ørret fra begge stasjoner var i «vinterfisk»-tilstand (ikke signifikante forskjeller $p>0.05$ for lengde eller

vekt. Ref: 147 ± 35 g og 27 ± 2.2 cm og silg: 131 ± 25 g og 25.1 ± 2.1 cm, Tab. 1 vedlegg A). Ørreten i dette studie har mest sannsynligvis heller ikke opplevd en unnvikelses-/fluktrespons da det hos laksefisk trolig må være en eksponering med betydelig høyere konsentrasjon av partikler før dette skjer. Robertson et al. (2007) observerte dette for *S. salar* først ved konsentrasjoner mellom 60-180 mg/L.

Denne undersøkelsen gir kun et øyeblikksbilde av hvordan vannkvalitet og opptak/effekt av partikler på ørret var under anleggsarbeid med utfylling. Konsentrasjonen av suspendert stoff var relativt lav på prøvetakingstidspunktet, men visuelle observasjoner og målebøye for turbiditet har vist høyere konsentrasjoner. Selv ved svært blakket vann på innsiden av siltgardinen har det vært observert fisk. En større studie over lenger tid vil gi mer kunnskap om konsentrasjonsnivåer og effekter.

4. Konklusjon

Utfylling i vann med sprengstein og utslipp av tunneldrivevann er en kilde til partikler i vannforekomster. I prosjektet E16 Kvamskleiva ble det etablert siltgardin i Norsvinfjorden for å hindre partikkelspredning ved etablering av fylling i sjø. I utslippstillatelsen etter forurensingsloven var det gitt grenseverdi for turbiditet og for suspendert stoff, samt krav om at det ikke skulle slippes ut nålformede partikler. Det er ingen etablert praksis/metode for hvordan man skal måle morfologien til partikler, selv om det i mange tilfeller presiseres at disse har større skadepotensial for organismer.

Morfologiske undersøkelser av partikler fra tunnel slam fra Hugaviktunnelen viste at disse partiklene var like partikler samlet inn fra andre tilsvarende prøver i Norge med relativt tilsvarende bergart. Partiklene var litt mer avlange enn naturlig eroderte partikler, men like kantete. For å bestemme morfologien til mineralpartikler, anbefaler vi først å måle størrelsesfordelingen med laserdiffraksjon eller sikting. Basert på størrelsen kan man velge passende bildemetodikk. For mindre partikler ($<100-200$ μm), spesielt de under 10 μm , anbefales elektronmikroskopi for tilstrekkelig oppløsning. For større partikler ($>50-200$ μm) kan optisk partikkelanalyse eller dynamisk bildeanalyse brukes (for eksempel Malvern morfologi, Sympatec eller motsvarende), selv om oppløsningen ikke er like høy som ved elektronmikroskopi. Størrelsesgrensene er noe vilkårlige og kan endres med nye instrumenter og teknikker. Det er viktig å vurdere hvilke morfologiske parametere som skal måles og antall datapunkter når man velger instrument eller laboratorium, da dette ikke er en standard analyse i kommersielle laboratorier.

I denne studien hadde vannprøver innenfor siltgardinen høyere konsentrasjon av partikler og grunnstoffer sammenlignet med referanseområdet i Norsvinfjorden. Til tross for ulik vannkvalitet, var grunnstoffkonsentrasjonen i fisken relativt lik mellom stasjonene. Stein funnet i magen til ørreten fra begge stasjoner kan tyde på at fisken har beveget seg fritt inn og ut av siltgardinen, eller at det vært høyere konsentrasjoner av partikler ved Norsvinfjordens referanseområde ved tidligere tidspunkter. En annen forklaring kan være at fisken fra begge stasjoner er lite påvirket av partiklene, og steinen kommer fra beiting. Det ble ikke funnet skader på gjellene, og alle fiskene var i god vintertilstand. Denne studien gir et øyeblikksbilde av situasjonen, og flere omfattende studier vil øke kunnskapen om partiklers effekt på fisk. Studien gir også forslag til metoder som kan brukes i slike undersøkelser.

5. Referanser

- Alabaster, J. S., & Lloyd, R. (1982). *Water Quality Criteria for Freshwater Fish* (Second edition ed.). Cambridge, UK: Butterworths.
- Bergstedt, L. C., & Bergersen, E. P. (1997). Health and movements of fish in response to sediment sluicing in the Wind River, Wyoming. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(2), 312-319. doi:<https://doi.org/10.1139/f96-269>
- Bilotta, G. S., & Brazier, R. E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*, 42, 2849-2861. doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018>
- Blanchet, F. G., Legendre, P., & Borcard, D. (2008). Forward Selection of Explanatory Variables. *Ecology*, 89(9), 2623-2632. doi:<https://doi.org/10.1890/07-0986.1>
- Brown, R. S. (1999). Fall and Early Winter Movements of Cutthroat Trout, *Oncorhynchus clarki*, in Relation to Water Temperature and Ice Conditions in Dutch Creek, Alberta. *Environmental Biology of Fishes*, 55(4), 359-368. doi:10.1023/A:1007519419492
- Cioni, R., Pistolesi, M., Bertagnini, A., Bonadonna, C., Hoskuldsson, A., & Scateni, B. (2014). Insights into the dynamics and evolution of the 2010 Eyjafjallajökull summit eruption (Iceland) provided by volcanic ash textures. *Earth and planetary science letters*, 394, 111-123. doi:10.1016/j.epsl.2014.02.051
- Direktoratsgruppen vanndirektivet. (2018). *Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann* (Veileder 02:2018). Vannportalen.
- Forsman, E., Heier, L. S., Teien, H. C., Lind, O. C., Hagelia, P., & Meland, S. (2023). Geochemical and morphological characterization of particles originating from tunnel construction. *Environmental Research*, 231, 116250. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116250>
- Forsman, E., Teien, H. C., Bjørgen, H., Jaroszewicz, J., Lind, O. C., Koppang, E. O., . . . Meland, S. (2025). Ecotoxicological Effects of Short-Term Exposures to Elongated Tunnel Particles from Two Road Construction Sites on Juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Environmental Research*, V276. 121537 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121537>
- Gjessing, M. C., Steinum, T., Olsen, A. B., Lie, K. I., Tavoranpanich, S., Colquhoun, D. J., & Gjevre, A.-G. (2019). Histopathological investigation of complex gill disease in sea farmed Atlantic salmon. *PLoS ONE*, 14(10), e0222926. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222926>
- Heier, L. S., Fjermestad, H., Granheim, G. M., Jacobsen, L., & Rosing Eide, O. (2024). *Utslipp av nitrogen fra bergsprengning*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/11250/3158648>
- Herbert, D. W. M., Alabaster, J. S., Dart, M. C., & Lloyd, R. (1961). The effect of china-clay wastes on trout streams. *International Journal of Air and Water Pollution*, 5, 56-74.
- Herbert, D. W. M., & Merckens, J. C. (1961). The effect of suspended mineral solids on the survival of trout. *International Journal of Air and Water Pollution*, 5, 46-55.
- Herbert, D. W. M., & Richards, J. (1963). The growth and survival of fish in some suspensions of solids of industrial origin. *International Journal of Air and Water Pollution*, 7, 297-302.
- Hessen, D. (1992). *Uorganiske partikler i vann. Effekter på fisk og dyreplankton*. NIVA.
- Hessen, D., Bjerknes, V., Bækken, T., & Aanes, J. K. (1989). *Økt slamføring i Vetlefjordselva som følge av anleggsarbeid. Effekter på fisk og bunndyr* (0-88016). NIVA.
- Jacobsen, P., Grande, M., Aanes, K. J., Kristiansen, H., & Andersen, S. (1987). *Vudering av årsaker til fiskedød ved G.P. Jægtvik A.S., Langstein*. NIVA.
- Jonsson, B. (1989). Life history and habitat use of Norwegian brown trout (*Salmo trutta*). *Freshwater Biology*, 21, 71-86.
- Julian, P., & Helsel, D. (2021). NADA2: Data Analysis for Censored Environmental Data. R package version 1.0.2. Retrieved from <https://github.com/SwampThingPaul/NADA2>

- Kemp, P., Sear, D., Collins, A., Naden, P., & Jones, I. (2011). The impacts of fine sediment on riverine fish. *Hydrological Processes*, 25(11), 1800-1821. doi:<https://doi.org/10.1002/hyp.7940>
- Kjelland, M., Woodley, C., Swannack, T., & Smith, D. (2015). A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environment Systems & Decisions*, 35(3), 334-350. doi:10.1007/s10669-015-9557-2
- Leibrandt, S., & Le Pennec, J.-L. (2015). Towards fast and routine analyses of volcanic ash morphometry for eruption surveillance applications. *Journal of volcanology and geothermal research*, 297, 11-27. doi:10.1016/j.jvolgeores.2015.03.014
- Liu, E. J., Cashman, K. V., & Rust, A. C. (2015). Optimising shape analysis to quantify volcanic ash morphology. *GeoResJ (Amsterdam)*, 8, 14-30. doi:10.1016/j.grj.2015.09.001
- Martins, S. E., Christou, M., Gomes, T., Almeida, A. C., Brooks, S., Hultman, M. T., . . . Meland, S. (2024). Effects of Particles from Road Tunnels Construction on Post-Smolts Atlantic Salmon. In: Poster presented at SETAC Europe 2024, Sevilla, Spain.
- Mazzoli, A., & Favoni, O. (2012). Particle size, size distribution and morphological evaluation of airborne dust particles of diverse woods by Scanning Electron Microscopy and image processing program. *Powder Technology*, 225, 65-71. doi:10.1016/j.powtec.2012.03.033
- Mazzoli, A., & Moriconi, G. (2014). Particle size, size distribution and morphological evaluation of glass fiber reinforced plastic (GRP) industrial by-product. *Micron*, 67, 169-178. doi:10.1016/j.micron.2014.07.007
- McLeay, D. J., Birtwell, I. K., Hartman, I. K., & Ennis, G. L. (1987). Responses of Arctic Grayling (*Thymallus arcticus*) to Acute and Prolonged Exposure to Yukon Placer Mining Sediment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44, 658-673. doi:<https://doi.org/10.1139/f87-080>
- Meland, S., Gschier, R., Berghold, H., Traisch, A., Jensen, U. M., Walsh, P., . . . Gloor, A. (2016). *Management of contaminated runoff water: current practice and future research needs*. Conference of European Directors of Roads (Conférence Européenne des Directeurs des).
- Miljødirektoratet. (2016). *Veileder M-608 - 2016: Grenseverdier for klassifisering av vann, sedimenter og biota – revidert 30.10.2020*. (M-608 - 2016). Miljødirektoratet.
- Newcombe, C. P., & Jensen, J. O. T. (1996). Channel Suspended Sediment and Fisheries: A Synthesis for Quantitative Assessment of Risk and Impact. *North American Journal of Fisheries Management*, 16(4), 693-727. doi:[https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1996\)016<0693:CSSAFA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1996)016<0693:CSSAFA>2.3.CO;2)
- Newcombe, C. P., & Macdonald, D. D. (1991). Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems. *North American Journal of Fisheries Management*, 11(1), 72-82. doi:10.1577/1548-8675(1991)011<0072:Eossoa>2.3.Co;2
- Noggle, C. C. (1978). *Behavioral, Physiological and Lethal Effects of Suspended Sediment on Juvenile Salmonids*. (M. Sc.). University of Washington, Seattle.
- Pabst, T., Hindar, A., Hale, S., Garmo, Ø., Endre, E., Petersen, K., . . . Baardvik, G. (2015). *The potential impact of various rock types on the aquatic environment during building and construction projects* (389). Statens vegvesen.
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191(1).
- Rietveld, H. M. (2014). The Rietveld method. *Physica Scripta*, 89(9), 098002. doi:10.1088/0031-8949/89/9/098002
- Robertson, M., Scruton, D., & Clarke, K. (2007). Seasonal Effects of Suspended Sediment on the Behavior of Juvenile Atlantic Salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 136(3), 822-828. doi:<https://doi.org/10.1577/T06-164.1>

- Rogers, A. B. (1969). *Tolerance levels of four species of estuarine fishes to suspended mineral solids*. (Master of Science). University of Rhode Island, Rhode Island.
- Roseth, R., Sørli Heier, L., Heggland, A., Preus Hveding, Ø., Skrutvold, J., Rognan, Y., & Kjerkol, H. (2021). Avrenning av partikler i anleggsprosjekter; betydning for fisk og vannmiljø. *Vann*(3).
- Servizi, J. A., & Martens, D. W. (1987). *Some Effects of Suspended Fraser River Sediments on Sockeye Salmon (Oncorhynchus nerka)* (Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 96).
- Servizi, J. A., & Martens, D. W. (1991). Effect of Temperature, Season, and Fish Size on Acute Lethality of Suspended Sediments to Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(3), 493-497. doi:<https://doi.org/10.1139/f91-063>
- Servizi, J. A., & Martens, D. W. (1992). Sublethal Responses of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) to Suspended Sediments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49(7), 1389-1395. doi:<https://doi.org/10.1139/f92-154>
- Shaw, E. A., & Richardson, J. S. (2001). Direct and indirect effects of sediment pulse duration on stream invertebrate assemblages and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(11), 2213-2221. doi:10.1139/f01-160
- Skinner, H. C. W., Ross, M., & Frondel, C. (1989). *Asbestos and Other Fibrous Materials: Mineralogy, Crystal Chemistry and Health Effects*: Oxford University Press.
- Team, R. C. (2024). R: A language and environment for statistical computing. In. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Totland, C., Eek, E., Sætre, C., Deininger, A., & Skretting, E. (2024). *Kunnskapsinnhenting - utfylling av sprengstein i sjø og vassdrag* (M-2812-2024). NGI.
- Vikan, H., & Meland, S. (2013). Purification Practices of Water Runoff from Construction of Norwegian Tunnels—Status and Research Gaps. In S. Rauch, G. Morrison, S. Norra, & N. Schleicher (Eds.), *Urban Environment* (pp. 475-484): Springer.
- Watson, B., Biagi, C., Northrup, S., Ohata, M., Charles, C., Blanchfield, P., . . . Devlin, R. (2019). Distinct diel and seasonal behaviours in rainbow trout detected by fine-scale acoustic telemetry in a lake environment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 76, 1-14. doi:10.1139/cjfas-2018-0293
- WHO. (1985). The WHO/EURO man-made mineral fiber reference scheme. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 11(2), 123-129. doi:10.5271/sjweh.2251

6. Vedlegg A

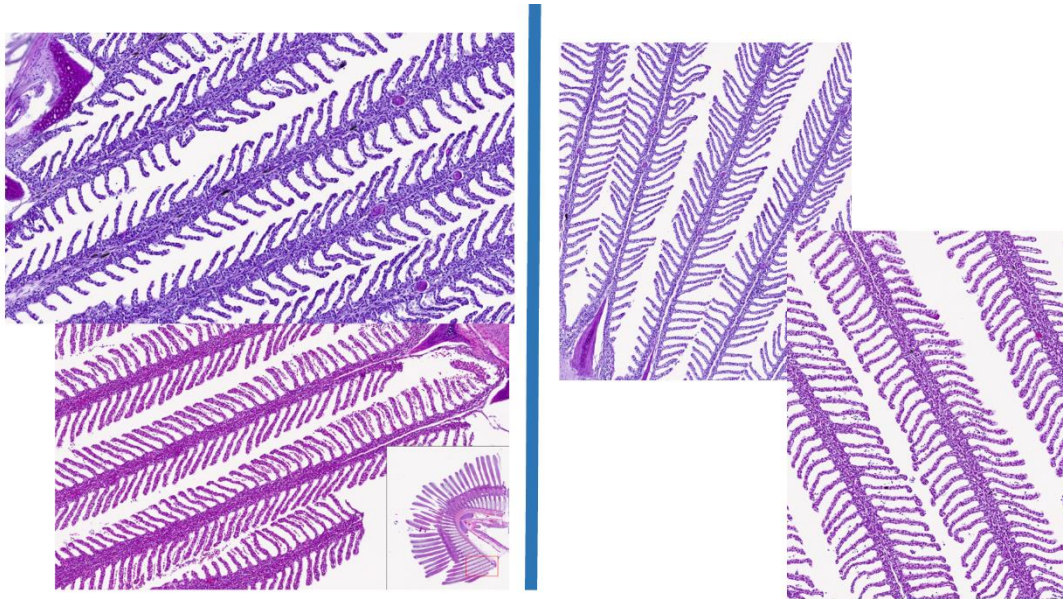
For ørretp prøver, Hugaviktunnelen tunnelslam og vannprøver ble titan (Ti), zirkonium (Zr), niobium (Nb), molybden (Mo), sølv (Ag), tinn (Sn), antimon (Sb), cesium (Cs) tatt ut av resultatene fra grunnstoff analysene da de ikke kunne bekreftes med SRM og i tillegg aluminium (Al) og vandium (V) for ørretp prøver. Ved undersøkelse av grunnstoffer i vannprøvene hadde thallium (Tl) og fosfor (P) mindre enn 40% detektere verdier, mens for ørretp prøver var det krom (Cr), uran (U) og nikkel (Ni), derav ble disse tatt ut av datasettene. Prøvene med LODer over 40% ble erstattet med en verdi mellom null og LOD med multiple imputasjons metode (beta fordeling (1,5))(Baccarelli et al., 2005). De gjenstående grunnstoffene for begge datasettene var følgende; litium (Li), beryllium (Be), magnesium (Mg), svovel (S), kalium (K), kalsium (Ca), scandium (Sc), mangan (Mn), jern (Fe), kobolt (Co), kobber (Cu), sink (Zn), arsen (As), selen (Se), yttrium (Y), kadmium (Cd), barium (Ba), lantan (La), cerium (Ce), praseodym (Pr), neodym (Nd), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb), lutetium (Lu), bly (Pb), vismut (Bi) og thorium (Th). I tillegg Tl og P for ørretp prøver og Al, V, Ni, Cr og U for vannprøver og Hugaviktunnelen tunnelslam (Tab. 4 & 5 vedlegg A). En bunnprøve fra løst og total fraksjon fra Norsvinsfjorden referanseområde innsamlet den 18.01.2022 ble tatt ut av grunnstoffs datasettet ved statistiskbearbeiding da den var en utligger (Tab. 4 vedlegg A).

7. Vedlegg B

7.1. Bilder

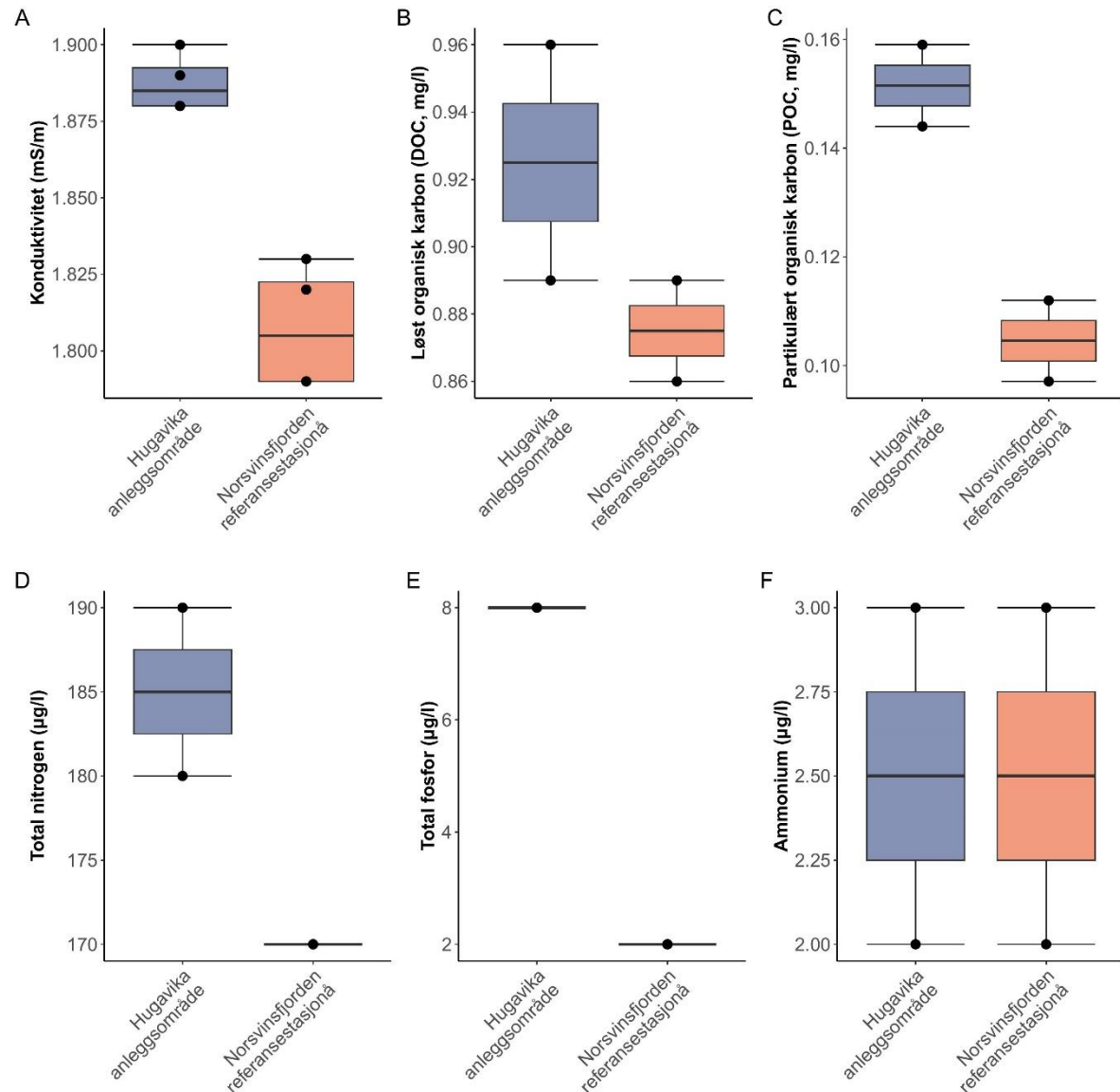


Bilde 1. Bilde av en dekomponert mageinnholdsprøve der stein er funnet.



Bilde 2. Bilder av hematoxylin og eosin farget gjellesnitt fra ørret fra Hugavika anleggsområde (venstre) og Norvindsfjorden referanseområde (høyre).

7.2. Figurer



Figur 1. Boks plott av (A) konduktivitet ($n=8$, mS/m), (B) løst organisk karbon ($n=4$, DOC, mg/l), (C) partikulært organisk karbon (POC, $n=4$, mg/l), (E) totalt nitrogen ($n=4$, µg/l), (G) total fosfor ($n=4$, µg/l) og (H) ammonium ($n=4$, µg/l) for Hugavika anleggsområde (lilla) og Norsvinsfjorden referanseområde (fersken). Boks plott viser femtallsoppsummeringen av et sett med data: minste verdien som ikke er mindre enn $1.5 \times$ interkvartil området (nedre visker), første (nedre hengsler) kvartil, median, tredje (øvre hengsler) kvartil og den største verdien som ikke er større enn $1.5 \times$ interkvartil området (øvre visker).

7.3. Tabeller

Tabell 1. Tabell over vekt (g), lengde (cm), fultons kondisjonsfaktor og alder (år) av ørret fra Norvindsfjorden referanseområde og Hugavika anleggsområde.

Stasjon	vekt	lengde	<i>fultons kondisjonsfaktor</i>	Alder
	g	cm	$(100 \cdot \text{vekt}) / \text{lengde}^3$	år
Norvindsfjorden referanseområde	224	31	0,751904938	5
	174	27	0,884011584	5
	150	27,5	0,721262209	5
	133	26	0,756713701	4
	158	28	0,719752187	6
	155	28	0,706086006	5
	121	27	0,614743687	5
	99	24	0,716145833	4
	143	28,5	0,617733932	5
	112	23,5	0,863007233	5
Hugavika anleggsområde	172	27,5	0,827047333	5
	146	26,5	0,784540258	5
	161	27,5	0,774154771	5
	150	27	0,762078951	5

126	25,5	0,759888731	4
109	23,5	0,839890968	5
116	23,5	0,89382892	4
119	24,8	0,780174801	4
113	24	0,817418981	4
95	21	1,025807148	3

Tabell 2. Størrelses- og morfologimålinger av partikler fra QICPIC Dynamic Image Analysis-applikasjonsprogramvaren.

Størrelsemålinger	Forkortelse	Definisjon		
Minimum Feret diameter	F_{min}	Korteste avstand mellom to linjer som er tangentielle til partikkelkonturen		
Maksimum Feret diameter	F_{max}	Maksimal avstand mellom to parallelle linjer som er tangentielle til partikkelkonturen		
Arealet av partikkelen	A_p	Arealet av pikslene i partikkelen		
Arealet av konveks hullet	A_{ch}	Arealet av pikslene i den konvekse hullet		
Morfologimålinger	Forkortelse	Ekvasjon	Referanse	Forklaring
Aspect ratio	AR	F_{min}/F_{max}	(Liu et al., 2015; Mazzoli & Favoni, 2012; Mazzoli & Moriconi, 2014)	0= partikkelen avlang, 1= partikkelen sirkulær
Solidity	SLD	A_p/A_{ch}	(Cioni et al., 2014; Leibrandt & Le Pennec, 2015; Liu et al., 2015)	0= partikkelen kantete, 1= partikkelen glatt
Fiber		$\geq 3 F_{max}/F_{min} \quad \exists > 5 \mu m F_{max}$	(WHO, 1985)	

Tabell 3. Oversikt over hvilke analysemetoder som ble brukt for å analysere vannkvaliteten for hvilke datoer.

Vannkvalitets parameter	Forkortelse	Enhet	Analysemetode	Dato
Suspendert tørrstoff	STS	mg/l	Mod. NS 4733:1983, Mod. NS-EN 872:2005	18 & 31 jan 2022
Konduktivitet		mS/m	NS-ISO 7888:1993	18 & 31 jan 2022
Turbiditet		FNU		18 & 31 jan 2022
Ammonium		µg /l	NS-EN ISO 10304-1:2009 (Anioner) NS-EN ISO 14911:1999 (Kationer)	18 jan 2022
Total fosfor		µg/l	Mod. NS 4725:1984	18 jan 2022
Totalt nitrogen		µg/l	Intern metode, basert på NS 4743	18 jan 2022
Løst organisk karbon	DOC	mg/l	Mod. NS-EN 1484:1997	18 jan 2022
Partikulært organisk karbon	POC	µg /l	Intern metode (G6-2)	18 jan 2022

Tabell 4. Tabell over konsentrasjoner (mg/g og µg/l) av grunnstoffene litium (Li), beryllium (Be), magnesium (Mg), aluminium (Al), svovel (S), kalium (K), kalsium (Ca), scandium (Sc), vandium (V), krom (Cr), mangan (Mn), jern (Fe), kobolt (Co), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn), arsen (As), selen (Se), yttrium (Y), kadmium (Cd), barium (Ba), lantan (La), cerium (Ce), praseodym (Pr), neodym (Nd), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb), lutetium (Lu), bly (Pb), vismut (Bi), thorium (Th) og uran (U) i Kvamskleiva tunnel slam og i total og løst fraksjoner av vannprøver fra overflate og bunn fra Norvindsfjorden referanseområde og Hugavika anleggsområde den 18.01.2022 og 31.01.2022. Verdier under deteksjonsgrensen (LOD) er erstattet med en verdi mellom null og LOD med multiple imputasjons metode (beta fordeling (1,5)) i statistikkprogrammet R.

Stasjon	Dato	Fraksjon	<u>Dyp</u>	Li	Be	Mg	Al	S	K	Ca	Sc
				mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
Kvamskleiva		Tunnelslam		19	0,96	41000	88000	1800	12000	71000	31
				19	0,93	40000	88000	1700	11000	69000	29
				20	0,92	42000	86000	1800	11000	71000	30
Norvindsfjorden	18.01.2022	total		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
			bunn	0,14	0,0022	350	9,5	0,0029	0,00038	0,0017	0,005903
		overflate	bunn	0,16	0,003	380	24	0,0028	0,0004	0,0016	0,0083
			løst	0,001926	0,00043	1,1	2,906748	7E-06	1,34E-05	3,5E-06	0,001795
	31.01.2022	total	overflate	0,16	0,0029	360	24	0,003	0,00038	0,0017	0,0081
			bunn	0,14	0,0021	360	15	0,0029	0,0004	0,0016	0,0071
		overflate	bunn	0,15	0,0038	360	17	0,0029	0,00039	0,0017	0,0076
			løst	0,14	0,0019	370	9,36116	0,0029	0,0004	0,0017	0,0067
		overflate	overflate	0,14	0,0036	360	9,102807	0,0029	0,0004	0,0017	0,0067
			bunn	0,25	0,0066	430	270	0,0028	0,00043	0,0021	0,033
	18.01.2022	total	overflate	0,21	0,0055	420	190	0,0031	0,00042	0,0022	0,026
			løst	0,15	0,0022	360	14	0,0028	0,0004	0,002	0,0074
		overflate	bunn	0,13	0,0029	370	13	0,0029	0,00041	0,0019	0,0083
			overflate	0,13	0,0029	370	13	0,0029	0,00041	0,0019	0,0083
Hugavika	31.01.2022	total	bunn	0,23	0,0059	440	220	0,0029	0,00041	0,0019	0,027
			overflate	0,2	0,0052	420	160	0,0028	0,00041	0,0018	0,021
		løst	bunn	0,14	0,0021	370	14	0,0029	0,00039	0,0018	0,0071
			overflate	0,14	0,0034	350	11	0,0026	0,00039	0,0016	0,006159

Fortsettelse på tabell 4.

Stasjon	Dato	Fraksjon	<u>Dyp</u>	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
				mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
Kvamskleiva		Tunnelslam		220	73	1400	77000	41	67	150	150
				220	70	1400	74000	40	65	150	140
				220	73	1400	77000	41	67	150	140
				µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Norvindsfjorden	18.01.2022	total	bunn	0,048	0,028565	0,293448	0,002142	0,0059	0,24	0,870835	0,001869
			overflate	0,051	0,053942	1,8	27	0,024	0,46	1,320825	0,00193
		løst	bunn	0,008029	0,020662	0,095944	0,933823	0,000659	0,025929	0,959313	0,001646
			overflate	0,2	0,048921	0,72	26	0,028	0,36	0,703378	0,00179
	31.01.2022	total	bunn	0,038	0,049339	1,3	13	0,018	0,44	0,920227	0,001805
			overflate	0,046	0,02697	1,6	15	0,019	0,37	0,729359	0,002172
		løst	bunn	0,15	0,020614	0,383502	0,002005	0,0081	0,3	0,729908	0,001866
			overflate	0,087	0,024728	0,4316	0,002802	0,0092	0,34	0,768514	0,00212
Hugavika	18.01.2022	total	bunn	0,37	0,14	10	260	0,19	0,66	1,337288	0,001892
			overflate	0,74	0,12	7,2	180	0,13	0,68	1,169393	0,001964
		løst	bunn	0,062	0,026744	3	5,6	0,019	0,53	0,831356	0,001736
			overflate	0,069	0,043973	2,7	6,9	0,02	0,31	0,948771	0,001922
	31.01.2022	total	bunn	0,31	0,16	9,4	230	0,15	0,61	1,155365	0,002115
			overflate	0,22	0,113573	7,3	170	0,12	0,55	1,258468	0,001801
		løst	bunn	0,11	0,024435	4,1	7,4	0,019	0,31	0,952381	0,001536
			overflate	0,085	0,026741	3,3	6,7	0,016	0,31	0,983857	0,001658

Fortsetting på tabell 4.

Stasjon	Dato	Fraksjon	<u>Dyp</u>	As	Se	Y	Cd	Ba	La	Ce	Pr
				mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
Kvamskleiva		Tunnelslam		2,4	0,48	11	0,17	600	14	28	3,6
				2,3	0,37	11	0,19	620	13	28	3,5
				2,5	0,42	11	0,19	620	13	29	3,7
				µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Norvindsfjorden	18.01.2022	total	bunn	0,057	0,041604	0,057	0,0035	7,1	0,15	0,085	0,037
			overflate	0,063	0,056425	0,069	0,005	8,1	0,19	0,14	0,045
		løst	bunn	0,005	0,038512	6,4E-05	0,000495	0,007248	7,59E-05	0,000174	6,45E-05
			overflate	0,06	0,046028	0,06	0,0032	7,3	0,15	0,091	0,038
	31.01.2022	total	bunn	0,057	0,03594	0,059	0,0039	7,6	0,16	0,11	0,04
			overflate	0,059	0,031807	0,062	0,0044	7,6	0,18	0,12	0,042
		løst	bunn	0,055	0,06131	0,055	0,0024	7,2	0,14	0,083	0,036
			overflate	0,064	0,105192	0,055	0,0072	7,4	0,15	0,084	0,037
Hugavika	18.01.2022	total	bunn	0,11	0,042323	0,13	0,0062	7,8	0,29	0,36	0,074
			overflate	0,1	0,044304	0,11	0,0055	8,1	0,29	0,32	0,071
		løst	bunn	0,065	0,043722	0,052	0,0029	6,5	0,13	0,085	0,031
			overflate	0,068	0,078915	0,054	0,0058	7	0,14	0,091	0,035
	31.01.2022	total	bunn	0,1	0,061243	0,13	0,0055	8,4	0,35	0,45	0,088
			overflate	0,084	0,052154	0,11	0,0054	8,2	0,29	0,35	0,074
		løst	bunn	0,065	0,05443	0,053	0,0039	7,2	0,13	0,09	0,034
			overflate	0,06	0,04746	0,049	0,0035	6,5	0,12	0,077	0,03

Fortsetting på tabell 4.

Stasjon	Dato	Fraksjon	<u>Dyp</u>	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
				mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
Kvamskleiva		Tunnelslam		15	3	1,2	2,8	0,39	2,3	0,47	1,3
				15	2,9	1,1	2,8	0,38	2,3	0,46	1,3
				15	3	1,2	2,9	0,41	2,5	0,47	1,3
				µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Norvindsfjorden	18.01.2022	total	bunn	0,14	0,019	0,0029	0,015	0,0017	0,0096	0,0019	0,0056
			overflate	0,16	0,026	0,0044	0,019	0,0021	0,013	0,0022	0,0065
		løst	bunn	8,11E-05	0,000426	6,67E-05	0,000193	1,56E-05	0,000174	2,64E-05	2,51E-05
			overflate	0,14	0,023	0,0037	0,014	0,0017	0,0098	0,002	0,0056
	31.01.2022	total	bunn	0,15	0,022	0,0039	0,016	0,0019	0,0092	0,0021	0,0055
			overflate	0,17	0,025	0,0042	0,019	0,0021	0,012	0,0024	0,0068
		løst	bunn	0,13	0,02	0,0028	0,015	0,0016	0,0078	0,0017	0,0053
			overflate	0,14	0,02	0,003	0,015	0,0018	0,0088	0,0017	0,0047
Hugavika	18.01.2022	total	bunn	0,28	0,043	0,008	0,033	0,0039	0,023	0,0045	0,014
			overflate	0,26	0,041	0,0067	0,033	0,0037	0,022	0,0039	0,011
		løst	bunn	0,12	0,018	0,0029	0,014	0,0015	0,009	0,0018	0,005
			overflate	0,13	0,019	0,0032	0,014	0,0015	0,0088	0,0019	0,0057
	31.01.2022	total	bunn	0,31	0,051	0,0079	0,041	0,0048	0,026	0,0047	0,013
			overflate	0,28	0,041	0,0071	0,031	0,0033	0,02	0,0038	0,011
		løst	bunn	0,13	0,02	0,0034	0,014	0,0014	0,0082	0,002	0,0057
			overflate	0,11	0,018	0,0029	0,013	0,0014	0,0082	0,0016	0,0052

Fortsetting på tabell 4.

Stasjon	Dato	Fraksjon	<u>Dyp</u>	Tm	Yb	Lu	Pb	Bi	Th	U
				mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
Kvamskleiva		Tunnelslam		0,19	1,2	0,18	13	0,99	0,93	0,92
				0,19	1,2	0,17	14	0,97	0,93	1,1
				0,19	1,2	0,18	14	1	0,91	1
				µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Norvindsfjorden	18.01.2022	total	bunn	0,00097	0,0057	0,0011	0,023483	0,000111	0,0068	0,042
			overflate	0,00075	0,0079	0,0011	0,126935	0,00094	0,0033	0,046
		løst	bunn	3,94E-05	9,6E-05	6,16E-05	0,037024	0,000189	5,71E-05	0,000489
			overflate	0,00079	0,0057	0,00094	0,048399	0,000456	0,0078	0,043
	31.01.2022	total	bunn	0,00088	0,0061	0,001	0,083695	0,000636	0,0061	0,045
			overflate	0,0008	0,006	0,00081	0,10924	0,0012	0,0081	0,045
		løst	bunn	0,00068	0,0051	0,0011	0,038943	0,000192	0,0066	0,041
			overflate	0,00075	0,006	0,00093	0,03859	0,000303	0,0071	0,04
Hugavika anleggsområde	18.01.2022	total	bunn	0,0018	0,013	0,0021	0,127569	0,002	0,0099	0,061
			overflate	0,0017	0,012	0,0017	0,16	0,0018	0,0077	0,062
		løst	bunn	0,00067	0,0064	0,00092	0,038949	0,000153	0,0073	0,043
			overflate	0,00079	0,0056	0,001	0,030223	0,000402	0,0068	0,047
	31.01.2022	total	bunn	0,0021	0,011	0,0019	0,21	0,0018	0,019	0,065
			overflate	0,0014	0,012	0,0016	0,115346	0,0034	0,015	0,058
		løst	bunn	0,00091	0,0054	0,00088	0,036685	0,000115	0,0069	0,044
			overflate	0,00081	0,0049	0,00091	0,039473	0,000176	0,0062	0,039

Tabell 5. Tabell over konsentrasjoner (mg/l) av grunnstoffene litium (Li), beryllium (Be), magnesium (Mg), fosfor (P), svovel (S), kalium (K), kalsium (Ca), scandium (Sc), mangan (Mn), jern (Fe), kobolt (Co), kobber (Cu), sink (Zn), arsen (As), selen (Se), yttrium (Y), kadmium (Cd), barium (Ba), lantan (La), cerium (Ce), praseodym (Pr), neodym (Nd), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb), lutetium (Lu), thallium (Tl), bly (Pb), vismut (Bi) og thorium (Th) i nyre, lever, milt og mageinnhold fra ørret fra Norvindsfjorden referanseområde og Hugavika anleggsområde den 19.01.2022. Verdier under deteksjonsgrensen (LOD) er erstattet med en verdi mellom null og LOD med multiple imputasjons metode (beta fordeling (1,5)) i statistikkprogrammet R. To av referanse fiskene hadde ikke noe mageinnhold.

Stasjon	Replikat	Organ	Li	Be	Mg	P	S	K	Ca	Sc	Mn	Fe
			mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
Norvindsfjorden	1	Nyre	0,0065	0,0012	730	15000	41000	13000	880	0,00138	2,6	220
		Lever	0,0092	0,0012	470	9100	26000	7100	150	0,0061	4,7	140
		Milt	0,0051	0,00132	810	16000	45000	15000	300	0,000135	1,6	610
		Mageinnhold	1,5	0,25	3600	21000	13000	18000	16000	0,84	710	1000
	2	Nyre	0,0086	0,0032	750	15000	40000	15000	1200	0,0013	3,1	350
		Lever	0,0056	0,00086	800	17000	38000	14000	140	0,0017	7,9	290
		Milt	0,0045	0,00075	660	15000	43000	15000	200	0,00117	2	1200
		Mageinnhold	10	0,37	3600	3700	3400	6700	3700	1,8	300	15000
	3	Nyre	0,0071	0,0021	720	14000	39000	14000	1200	0,002	2,5	420
		Lever	0,0034	0,00088	700	16000	44000	12000	220	0,00138	6,7	620
		Milt	0,0046	0,000285	710	16000	41000	15000	220	0,00189	1,3	1100
		Mageinnhold	0,0607	0,096	860	14000	12000	17000	1100	0,024	21	260
	4	Nyre	0,0076	0,0017	810	16000	44000	15000	1900	0,0025	2,6	360

5	Lever	0,0026	0,00064	640	14000	41000	12000	180	0,001	6,3	400
	Milt	0,0059	0,000241	770	16000	43000	16000	590	0,0024	5,1	790
	Mageinnhold	4,9	0,38	3500	15000	10000	23000	18000	2,3	1400	2100
	Nyre	0,0084	0,0015	760	13000	36000	15000	930	0,0022	1,9	430
6	Lever	0,007	0,0016	760	14000	60000	14000	510	0,0014	9,5	440
	Milt	0,0063	0,0011	630	14000	38000	13000	240	0,00172	4	1100
	Mageinnhold	5,2	0,38	2900	9500	8000	21000	6900	2,5	310	5900
	Nyre	0,019	0,0022	890	17000	48000	17000	1100	0,0029	3,3	300
7	Lever	0,01	0,0011	1000	19000	54000	16000	450	0,0015	7,3	150
	Milt	0,0093	0,0014	800	16000	49000	14000	420	0,0062	20	750
	Mageinnhold	4,7	0,41	2500	8200	10000	22000	4000	2,1	410	3500
	Nyre	0,0084	0,00099	850	16000	51000	17000	690	0,00016	2,1	450
8	Lever	0,0041	0,00084	930	17000	51000	14000	210	0,00132	5,2	340
	Milt	0,0071	0,00186	830	17000	55000	16000	260	0,000112	1,1	820
	Mageinnhold	1,2	0,076	2400	19000	11000	21000	21000	0,75	190	640
	Nyre	0,01	0,0012	910	20000	58000	19000	4700	0,0022	5	240
9	Lever	0,0087	0,00079	720	15000	54000	14000	400	0,0015	6,9	170
	Milt	0,0038	0,00086	750	15000	48000	14000	550	0,00134	3,5	1500
	Mageinnhold	5,3	0,59	3500	14000	7500	23000	35000	2,6	1200	4700
	Nyre	0,01	0,00109	910	15000	36000	16000	650	0,002	2,7	390
10	Lever	0,029	0,0035	1000	17000	40000	12000	260	0,026	9,7	290
	Milt	0,024	0,0028	940	15000	36000	14000	400	0,015	10	430
	Nyre	0,0074	0,0015	1000	18000	41000	19000	2000	0,002	2,3	260
	Lever	0,0064	0,00075	720	13000	33000	10000	510	0,0012	3,6	170

Hugavika	1	Milt	0,0065	0,00165	670	12000	33000	12000	500	0,00258	2,4	660
		Nyre	0,012	0,0011	770	15000	39000	14000	920	0,0027	2,8	590
		Lever	0,0055	0,0007	850	14000	61000	15000	490	0,0013	5,9	400
		Milt	0,0039	0,00102	730	15000	37000	15000	180	0,00159	2,8	860
	2	Mageinnhold	0,14	0,0086	930	14000	12000	17000	4300	0,14	22	440
		Nyre	0,0099	0,0011	800	14000	38000	15000	1300	0,0025	2,8	460
		Lever	0,0092	0,00102	860	16000	44000	14000	380	0,0033	10	690
		Milt	0,005	0,00131	810	17000	40000	16000	320	0,00205	5,7	1000
	3	Mageinnhold	1,3	0,086	2000	20000	9500	19000	24000	0,72	180	670
		Nyre	0,017	0,0018	770	15000	40000	13000	510	0,0055	2,7	460
		Lever	0,0035	0,00079	980	18000	51000	15000	300	0,00123	9,3	380
		Milt	0,0042	0,00069	900	18000	42000	15000	220	0,00108	2,6	620
	4	Mageinnhold	4,2	0,34	2400	9900	11000	21000	15000	2	620	4500
		Nyre	0,0082	0,0011	740	14000	37000	14000	880	0,0017	2,1	320
		Lever	0,0077	0,00081	730	15000	38000	11000	260	0,0018	6	300
		Milt	0,01	0,00208	850	16000	39000	16000	620	0,00325	1,2	280
	5	Mageinnhold	1,4	0,063	1800	15000	12000	18000	22000	0,74	88	2200
		Nyre	0,011	0,002	810	16000	39000	15000	1000	0,0027	2,9	510
		Lever	0,0052	0,00075	860	17000	41000	13000	340	0,0013	6,7	380
		Milt	0,0091	0,0016	850	17000	40000	16000	310	0,00206	2,7	650
	6	Mageinnhold	19	0,66	6100	4100	4200	9500	4200	3,3	450	23000
		Nyre	0,0086	0,0012	890	17000	43000	18000	1100	0,0027	3	310
		Lever	0,0041	0,00089	830	18000	42000	13000	270	0,00139	4,1	230
		Milt	0,0065	0,00127	870	17000	42000	16000	810	0,00199	1,3	830

7	Mageinnhold	1,4	0,1	2900	24000	11000	30000	16000	0,93	150	3900
	Nyre	0,023	0,0015	1000	18000	38000	18000	890	0,0032	4	290
	Lever	0,042	0,0023	950	17000	41000	13000	310	0,0091	29	220
	Milt	0,049	0,00121	830	14000	35000	14000	210	0,00189	4,7	980
8	Mageinnhold	2,8	0,19	2900	18000	8900	18000	26000	1,4	3400	840
	Nyre	0,013	0,0011	940	14000	44000	14000	1400	0,0017	3,3	360
	Lever	0,013	0,001	770	16000	42000	10000	320	0,0023	6,6	250
	Milt	0,011	0,000281	780	15000	45000	14000	260	0,00198	2	1000
9	Mageinnhold	1,7	0,12	1800	13000	12000	16000	5000	0,81	340	2300
	Nyre	0,014	0,0024	940	16000	40000	17000	1300	0,0077	2,5	450
	Lever	0,012	0,00089	960	18000	45000	13000	2200	0,00139	4,4	470
	Milt	0,0074	0,00163	850	17000	42000	16000	690	0,00255	0,88	720
10	Mageinnhold	0,031	0,0045	3500	49000	13000	19000	69000	0,46	20	290
	Nyre	0,0079	0,0015	1100	16000	33000	17000	700	0,00204	1,9	230
	Lever	0,019	0,0023	780	16000	36000	12000	400	0,0094	6,3	300
	Milt	0,0093	0,0031	830	15000	34000	13000	280	0,0027	5,2	590
	Mageinnhold	7,8	0,73	3200	9200	8400	17000	5300	3,5	300	13000

Stasjon	Replikat	Organ	Co	Cu	Zn	As	Se	Y	Cd	Ba	La	Ce
			mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
Norvindsfjorden	1	Nyre	1,1	6,1	0,54	0,27	9,8	0,028	7,1	0,45	0,16	0,098
		Lever	0,1	180	0,11	0,074	18	0,03	1,4	0,31	0,56	0,31
		Milt	0,12	4,3	0,19	0,074	4,5	0,0051	0,18	0,29	0,035	0,026
		Mageinnhold	3,1	22	2800	1,5	5,7	5,8	4,9	230	21	26
	2	Nyre	2,1	7	0,24	0,41	10	0,041	11	0,62	0,18	0,14
		Lever	0,46	500	0,13	0,12	34	0,012	2,5	0,19	0,91	0,54
		Milt	0,48	2,4	0,099	0,05	4,4	0,0028	0,2	0,17	0,013	0,0103
		Mageinnhold	5,3	16	340	1,6	0,82	9,5	4,5	67	15	29
	3	Nyre	0,97	6	0,93	0,32	10	0,029	13	0,64	0,15	0,1
		Lever	0,11	510	0,16	0,054	46	0,053	4,1	0,002696	0,94	0,37
		Milt	0,077	3,9	0,12	0,04	3,6	0,0046	0,18	0,002973	0,021	0,0166
		Mageinnhold	0,211673	47	670	0,79	5,2	0,02	10	1,3	0,083	0,082
	4	Nyre	1,6	6,1	0,24	0,36	11	0,032	8,9	0,61	0,15	0,1
		Lever	0,18	390	0,15	0,12	32	0,027	2,2	0,002992	0,75	0,35
		Milt	0,34	5	0,22	0,3	4	0,0059	0,7	0,34	0,03	0,0211
		Mageinnhold	5,9	35	2900	2,9	3,8	7,5	8,9	180	18	26
	5	Nyre	1,4	5	0,33	0,29	7,4	0,039	5,5	0,66	0,17	0,12
		Lever	0,34	1000	0,39	0,17	33	0,043	2,5	0,24	0,55	0,24
		Milt	0,3	3,6	0,24	0,18	2,8	0,0071	0,41	0,24	0,027	0,019
		Mageinnhold	4,8	38	2500	2,3	3,1	8,5	9,9	120	19	33
	6	Nyre	0,66	7	0,42	0,38	12	0,039	16	1,4	0,22	0,16

Hugavika	7	Lever	0,22	470	0,34	0,12	22	0,059	5,9	0,002626	0,41	0,19
		Milt	0,38	5,4	0,83	0,15	5	0,019	1,1	0,28	0,05	0,037
		Mageinnhold	5,5	39	4200	2,5	3,8	8,7	9,3	89	20	30
		Nyre	0,94	6,2	0,19	0,21	7,9	0,016	4,9	0,32	0,08	0,046
	8	Lever	0,094	520	0,17	0,11	40	0,0053	1,8	0,002451	0,66	0,23
		Milt	0,077	6,1	0,21	0,12	4,6	0,0071	0,18	0,002273	0,021	0,0255
		Mageinnhold	2,4	24	1400	1,6	5,5	1,5	13	120	3,7	5,3
		Nyre	1,2	8,2	0,5	0,31	12	0,023	8,3	1,2	0,13	0,095
	9	Lever	0,15	550	0,19	0,082	24	0,01	2,3	0,4	0,55	0,26
		Milt	0,27	3,3	0,33	0,13	3,6	0,0033	0,37	0,19	0,021	0,013
		Mageinnhold	6,1	39	2300	2,6	2,6	15	6,2	290	49	62
		Nyre	2,1	4,4	0,17	0,17	7,4	0,015	2,8	0,34	0,073	0,064
	10	Lever	0,95	200	0,25	0,13	14	0,07	0,94	0,87	0,64	0,42
		Milt	1,3	6,9	0,34	0,16	5,1	0,046	0,46	0,7	0,084	0,13
		Nyre	0,67	15	0,75	0,3	10	0,023	5,6	1,9	0,13	0,093
		Lever	0,098	690	0,28	0,059	29	0,0053	1,2	0,67	0,62	0,28
	1	Milt	0,13	14	0,32	0,056	4,6	0,0084	0,37	0,37	0,048	0,03
		Nyre	1,5	5,7	0,71	0,26	8,7	0,026	5,5	0,8	0,12	0,089
		Lever	0,22	690	0,2	0,14	42	0,0063	1,7	0,15	0,58	0,24
		Milt	0,14	3,3	0,12	0,057	4	0,0039	0,17	0,00287	0,025	0,016
	2	Mageinnhold	1,16	8,8	920	0,38	4,9	0,14	4,5	12	0,46	0,69
		Nyre	1,4	5,4	0,29	0,32	11	0,023	6,3	0,56	0,079	0,059
		Lever	0,2	120	0,18	0,15	15	0,02	2,4	0,26	0,7	0,35
		Milt	0,18	4,3	0,14	0,12	4,7	0,005	0,23	0,29	0,021	0,018

3	Mageinnhold	2,5	25	1000	1,9	4,6	1,4	11	83	3,9	5
	Nyre	0,89	5,4	0,53	0,24	8	0,025	2,8	1	0,1	0,09
	Lever	0,36	1200	0,23	0,65	49	0,0087	1,6	0,17	0,48	0,2
	Milt	0,27	2,8	0,17	0,19	4,2	0,0032	0,18	0,15	0,021	0,014
4	Mageinnhold	9,7	51	1100	2,7	3,8	7,8	10	120	22	32
	Nyre	0,49	4,7	1,1	0,32	8,7	0,017	4,2	0,5	0,091	0,061
	Lever	0,085	830	0,15	0,081	48	0,034	2	0,15	0,32	0,14
	Milt	0,12	6,8	0,21	0,24	8,2	0,021	0,43	0,46	0,098	0,065
5	Mageinnhold	3,2	32	1400	2,1	4,4	1,2	8,8	85	2,9	4,3
	Nyre	1,8	5,8	0,24	0,39	9,1	0,023	5,1	0,52	0,079	0,063
	Lever	0,29	99	0,15	0,12	12	0,014	1,5	0,17	0,79	0,39
	Milt	0,34	4,3	0,32	0,1	5,5	0,005	0,21	0,29	0,022	0,0181
6	Mageinnhold	8	27	390	4,5	0,89	9	1,2	150	19	31
	Nyre	0,93	5,5	0,3	0,4	11	0,016	3,2	0,78	0,061	0,047
	Lever	0,22	230	0,13	0,067	37	0,0059	1	0,002708	0,45	0,23
	Milt	0,24	4,2	0,28	0,14	5,2	0,0049	0,2	0,28	0,015	0,0175
7	Mageinnhold	2,72	15	3800	1	4,5	2,8	1,3	56	7,2	9
	Nyre	1,2	6,8	0,45	0,44	7,6	0,023	4,9	0,42	0,11	0,086
	Lever	0,36	590	0,18	0,12	44	0,046	2,2	0,92	0,88	0,49
	Milt	0,27	5	0,16	0,11	3,1	0,0077	0,14	0,002632	0,02	0,0166
8	Mageinnhold	6,3	47	2000	1,6	3,5	4,4	7,7	180	13	17
	Nyre	1	8	0,53	0,43	11	0,016	5,1	0,73	0,096	0,072
	Lever	0,12	50	0,17	0,067	7,5	0,0079	1,3	0,22	0,86	0,33
	Milt	0,1	4,8	0,16	0,057	4,5	0,0048	0,23	0,28	0,024	0,0174

	Mageinnhold	3,1	30	1200	1,1	6,5	3	7,4	52	7,5	10
9	Nyre	1,6	6,2	0,2	0,24	9,6	0,026	3,9	0,72	0,096	0,085
	Lever	0,42	870	0,23	0,063	39	0,006	2,1	1,5	0,71	0,34
	Milt	0,35	5,3	0,23	0,077	4,9	0,0062	0,18	0,002415	0,018	0,0224
	Mageinnhold	1,21	10	4100	0,17	4,3	0,096	0,95	64	0,25	0,13
10	Nyre	0,99	4,3	0,18	0,23	5,1	0,011	1,7	0,39	0,041	0,03
	Lever	0,34	67	0,15	0,13	7,2	0,028	0,73	0,48	0,4	0,23
	Milt	0,63	4,6	0,22	0,15	3,3	0,012	0,48	0,32	0,033	0,032
	Mageinnhold	6,4	22	1100	1,8	2,4	15	4,9	99	33	56

Stasjon	Replika t	Organ	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
			mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
Norvindsfjorden	1	Nyre	0,024	0,085	0,014	0,002	0,011	0,0011	0,0054	0,00096	0,0022	0,0003
		Lever	0,064	0,22	0,018	0,002	0,011	0,0012	0,0061	0,0011	0,003	0,00045
		Milt	0,005	0,018	0,0029	0,00034	0,0019	0,00016	0,0011	0,000233	0,00037	0,000096
		Mageinnhold	4,3	15	2,2	0,33	1,6	0,19	1	0,19	0,52	0,069
	2	Nyre	0,029	0,1	0,017	0,0023	0,013	0,0015	0,0074	0,0013	0,0033	0,00041
		Lever	0,11	0,35	0,024	0,0018	0,0092	0,00054	0,0022	0,00038	0,0011	0,00015
		Milt	0,0018	0,0064	0,00103	0,000138	0,0009	0,000087	0,00062	0,000132	0,00021	0,000054
		Mageinnhold	3,7	13	2,5	0,51	2,1	0,3	1,8	0,35	1,1	0,15
	3	Nyre	0,022	0,081	0,014	0,0019	0,012	0,0011	0,0056	0,00093	0,0022	0,00026
		Lever	0,096	0,32	0,023	0,0022	0,014	0,0013	0,0069	0,0013	0,0033	0,00038
		Milt	0,0028	0,0103	0,0018	0,000223	0,0013	0,000142	0,001	0,000213	0,00034	0,000088
		Mageinnhold	0,014	0,04	0,0082	0,0019	0,0053	0,00085	0,00305	0,0011	0,0018	0,00031
	4	Nyre	0,022	0,081	0,014	0,002	0,012	0,0013	0,0061	0,001	0,0026	0,00038
		Lever	0,077	0,25	0,016	0,0013	0,0082	0,0007	0,0037	0,0007	0,0019	0,00021
		Milt	0,0039	0,013	0,00211	0,000283	0,0017	0,00018	0,00128	0,000271	0,00043	0,000112
		Mageinnhold	4,1	14	2,3	0,42	1,9	0,24	1,3	0,25	0,72	0,099
	5	Nyre	0,026	0,094	0,016	0,0022	0,013	0,0014	0,007	0,0012	0,0033	0,0004
		Lever	0,055	0,19	0,016	0,0018	0,012	0,0013	0,0062	0,0012	0,0033	0,0004
		Milt	0,0041	0,014	0,0022	0,00031	0,0022	0,0002	0,0011	0,00026	0,00075	0,00008
		Mageinnhold	4,7	17	2,9	0,5	2,2	0,29	1,6	0,31	0,89	0,13

Hugavika	6	Nyre	0,034	0,12	0,018	0,0023	0,014	0,0015	0,0068	0,0013	0,0033	0,00046
		Lever	0,05	0,17	0,019	0,0025	0,016	0,0017	0,0091	0,0016	0,0042	0,00048
		Milt	0,0088	0,032	0,0054	0,0008	0,0047	0,00057	0,0033	0,00066	0,002	0,00025
		Mageinnhold	4,7	16	2,7	0,45	2,2	0,28	1,6	0,31	0,87	0,12
	7	Nyre	0,012	0,043	0,0079	0,001	0,007	0,00064	0,003	0,0005	0,0013	0,00013
		Lever	0,059	0,2	0,011	0,00076	0,0045	0,00021	0,00093	0,000149	0,00034	0,000061
		Milt	0,0038	0,0159	0,00255	0,000343	0,00143	0,000218	0,00154	3,57E-05	0,00052	1,75E-05
		Mageinnhold	0,83	2,9	0,49	0,11	0,4	0,051	0,29	0,054	0,15	0,021
	8	Nyre	0,02	0,068	0,011	0,0017	0,0089	0,00092	0,0044	0,00082	0,0021	0,00022
		Lever	0,061	0,21	0,014	0,0012	0,0064	0,00039	0,0017	0,00034	0,00078	0,000083
		Milt	0,0027	0,0093	0,0014	0,00021	0,0011	0,00011	0,00072	0,000152	0,00032	0,000063
		Mageinnhold	9,7	36	5,1	0,77	4,1	0,49	2,6	0,49	1,3	0,19
	9	Nyre	0,011	0,039	0,0064	0,00093	0,0052	0,00059	0,0026	0,00051	0,0012	0,00017
		Lever	0,078	0,27	0,028	0,0041	0,019	0,0021	0,013	0,0025	0,0069	0,0011
		Milt	0,018	0,071	0,011	0,0022	0,011	0,0013	0,0087	0,0018	0,0051	0,00072
	10	Nyre	0,02	0,07	0,011	0,0017	0,009	0,00087	0,0045	0,00078	0,0019	0,00025
		Lever	0,067	0,22	0,012	0,00097	0,0051	0,00026	0,001	0,00019	0,00048	0,000059
		Milt	0,0065	0,024	0,0037	0,00055	0,0027	0,00031	0,0015	0,00031	0,00093	0,00012
	1	Nyre	0,019	0,068	0,012	0,0017	0,01	0,0011	0,005	0,00087	0,0021	0,00027
		Lever	0,058	0,2	0,013	0,0011	0,0055	0,00031	0,0011	0,00019	0,00056	0,000066
		Milt	0,0035	0,012	0,0021	0,00031	0,0016	0,00018	0,00089	0,00018	0,00037	0,000074
		Mageinnhold	0,099	0,36	0,059	0,012	0,047	0,0051	0,025	0,005	0,015	0,0018
	2	Nyre	0,013	0,049	0,0096	0,0013	0,008	0,00092	0,0047	0,00085	0,002	0,00026
		Lever	0,079	0,27	0,019	0,0016	0,0096	0,00078	0,0034	0,00061	0,0017	0,00023

3	Milt	0,0032	0,0112	0,0018	0,00033	0,0014	0,00016	0,00109	0,000231	0,0004	0,000095
	Mageinnhold	0,81	2,9	0,48	0,1	0,39	0,047	0,27	0,05	0,14	0,02
	Nyre	0,019	0,069	0,011	0,0017	0,0089	0,00097	0,0052	0,00087	0,0022	0,00034
	Lever	0,048	0,16	0,0095	0,00073	0,0043	0,00032	0,0012	0,00025	0,00062	0,00011
4	Milt	0,0029	0,011	0,0016	0,00022	0,0012	0,00011	0,00068	0,000121	0,00034	0,00005
	Mageinnhold	5,1	18	3	0,48	2,2	0,28	1,6	0,29	0,83	0,12
	Nyre	0,013	0,048	0,0078	0,0011	0,0065	0,00064	0,0035	0,00055	0,0014	0,00015
	Lever	0,034	0,12	0,01	0,0012	0,0081	0,00086	0,005	0,00096	0,0027	0,00034
5	Milt	0,015	0,055	0,01	0,0012	0,0076	0,00078	0,0042	0,00073	0,002	0,00024
	Mageinnhold	0,65	2,3	0,39	0,091	0,32	0,04	0,23	0,043	0,12	0,018
	Nyre	0,013	0,049	0,0091	0,0013	0,0083	0,0009	0,0047	0,0008	0,0021	0,00023
	Lever	0,091	0,32	0,022	0,0017	0,0093	0,00056	0,0023	0,0004	0,0011	0,00015
6	Milt	0,0032	0,012	0,002	0,00042	0,0018	0,00017	0,00109	0,000232	0,00044	0,000096
	Mageinnhold	4,3	16	2,8	0,61	2,3	0,31	1,8	0,34	0,95	0,14
	Nyre	0,01	0,038	0,0063	0,00087	0,0056	0,00059	0,0027	0,00054	0,0013	0,0002
	Lever	0,047	0,17	0,011	0,00082	0,0046	0,00026	0,001	0,00018	0,00046	0,000065
7	Milt	0,0026	0,0109	0,00175	0,000235	0,00098	0,000149	0,00106	0,000224	0,00036	1,05E-05
	Mageinnhold	1,7	6,1	1	0,17	0,75	0,097	0,54	0,1	0,29	0,039
	Nyre	0,018	0,065	0,011	0,0016	0,0084	0,0009	0,0044	0,00086	0,0019	0,00023
	Lever	0,11	0,37	0,029	0,0032	0,016	0,0015	0,008	0,0015	0,0044	0,00062
8	Milt	0,0029	0,0103	0,00166	0,00028	0,0015	0,00019	0,0014	0,00033	0,00084	0,000092
	Mageinnhold	2,9	10	1,6	0,3	1,3	0,16	0,83	0,16	0,43	0,057
	Nyre	0,013	0,05	0,0081	0,0014	0,0067	0,00068	0,0032	0,00051	0,0013	0,00015
	Lever	0,082	0,28	0,016	0,0013	0,0071	0,00034	0,0014	0,00018	0,00053	0,000081

9	Milt	0,0031	0,012	0,0018	0,00024	0,0013	0,000149	0,00105	0,000223	0,00036	1,53E-05
	Mageinnhold	1,7	6	0,98	0,17	0,76	0,096	0,55	0,1	0,29	0,039
	Nyre	0,015	0,058	0,01	0,0016	0,0078	0,00098	0,0047	0,00098	0,0024	0,00028
	Lever	0,07	0,24	0,016	0,0015	0,0064	0,0003	0,00087	0,00016	0,00044	0,000065
10	Milt	0,0033	0,014	0,00224	0,000301	0,00126	0,000191	0,00136	2,93E-05	0,00046	0,000119
	Mageinnhold	0,029	0,1	0,014	0,014	0,011	0,0012	0,005	0,001	0,0022	0,00031
	Nyre	0,0069	0,025	0,0044	0,00065	0,004	0,00046	0,002	0,00039	0,0009	0,00013
	Lever	0,05	0,18	0,017	0,0019	0,01	0,00087	0,0048	0,00099	0,0029	0,0004
	Milt	0,0065	0,025	0,004	0,00053	0,0035	0,00041	0,0022	0,00041	0,0011	0,00017
	Mageinnhold	7,7	28	5	0,91	4	0,51	2,9	0,55	1,6	0,22

Stasjon	Replikat	Organ	Yb	Lu	Tl	Pb	Bi	Th
			mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g
Norvindsfjorden	1	Nyre	0,0016	0,00023	0,1	0,38	0,0029	0,001
		Lever	0,0027	0,00041	0,26	0,035	0,00068	0,0042
		Milt	0,00038	0,000121	0,044	0,16	0,00171	0,0016
		Mageinnhold	0,43	0,062	0,13	3,6	0,016	0,78
	2	Nyre	0,0027	0,00037	0,17	0,22	0,0038	0,002
		Lever	0,00087	0,00013	0,85	0,027	0,00111	0,0013
		Milt	0,00023	0,000068	0,055	0,064	0,00096	4,86E-05
		Mageinnhold	1,1	0,15	0,12	4,6	0,033	2,5
	3	Nyre	0,0019	0,00027	0,12	0,031	0,0024	0,0016
		Lever	0,0021	0,0003	0,49	0,12	0,00114	0,00065
		Milt	0,00035	0,00011	0,043	0,032	0,000293	4,8E-05
		Mageinnhold	0,00198	0,00004	0,097	0,11	0,00424	0,0039
	4	Nyre	0,0019	0,00027	0,17	0,31	0,0044	0,0019
		Lever	0,0014	0,00016	0,54	0,04	0,00083	0,00047
		Milt	0,00044	0,00014	0,06	0,076	0,00198	5,12E-05
		Mageinnhold	0,63	0,093	0,21	4,5	0,036	1,5
	5	Nyre	0,0024	0,00041	0,086	0,096	0,0031	0,0024
		Lever	0,0023	0,00035	0,49	0,028	0,00116	0,00088
		Milt	0,00063	0,000101	0,04	0,075	0,00142	0,00081
		Mageinnhold	0,82	0,12	0,24	6,9	0,041	1,9

Hugavika	6	Nyre	0,0026	0,0004	0,13	0,16	0,0022	0,0034
		Lever	0,0026	0,00035	0,48	0,028	0,00124	0,00071
		Milt	0,0017	0,00027	0,066	0,044	0,0017	0,0011
		Mageinnhold	0,82	0,12	0,2	6,5	0,039	1,7
	7	Nyre	0,0008	0,00013	0,097	0,021	0,0017	0,00073
		Lever	0,00036	0,000077	0,54	0,0121	0,00109	5,5E-05
		Milt	0,00054	0,000169	0,045	0,0267	0,000139	5,76E-05
		Mageinnhold	0,14	0,02	0,12	1,2	0,046	0,28
	8	Nyre	0,0016	0,00021	0,17	0,059	0,0041	0,002
		Lever	0,0007	0,00011	1,4	0,043	0,0014	0,00058
		Milt	0,00031	0,000078	0,038	0,057	0,00111	0,00063
		Mageinnhold	1,2	0,18	0,23	9,9	0,041	2
	9	Nyre	0,00095	0,00016	0,072	0,028	0,0014	0,0014
		Lever	0,0064	0,001	0,51	0,054	0,00105	0,01
		Milt	0,0045	0,0007	0,058	0,05	0,00096	0,0054
	10	Nyre	0,0013	0,00023	0,12	0,17	0,0027	0,0016
		Lever	0,00039	0,000068	0,37	0,049	0,00096	0,00055
		Milt	0,00059	0,000151	0,057	0,092	0,00213	0,00122
	1	Nyre	0,0015	0,00023	0,13	0,067	0,008	0,0017
		Lever	0,00053	0,000065	0,87	0,03	0,0018	4,97E-05
		Milt	0,00029	0,000092	0,052	0,043	0,00131	5,19E-05
		Mageinnhold	0,013	0,002	0,11	0,17	0,02	0,023
	2	Nyre	0,0015	0,00017	0,12	0,038	0,0035	0,0012
		Lever	0,0014	0,00024	0,38	0,023	0,00131	0,0012

3	Milt	0,00038	0,000119	0,051	0,034	0,00169	4,94E-05
	Mageinnhold	0,13	0,018	0,14	1,1	0,025	0,3
	Nyre	0,002	0,00028	0,18	0,045	0,0026	0,0034
	Lever	0,00065	0,0001	1,3	0,031	0,00101	0,00058
4	Milt	0,00036	0,000063	0,1	0,025	0,00089	0,00051
	Mageinnhold	0,76	0,11	0,34	5,3	0,036	1,7
	Nyre	0,0012	0,00018	0,096	0,027	0,005	0,0014
	Lever	0,0019	0,00025	0,4	0,018	0,0018	0,0013
5	Milt	0,0014	0,00021	0,06	0,0299	0,0058	0,002
	Mageinnhold	0,11	0,016	0,099	1	0,032	0,27
	Nyre	0,0014	0,00022	0,14	0,053	0,0056	0,00111
	Lever	0,00094	0,00014	0,71	0,023	0,002	5,49E-05
6	Milt	0,00038	0,00012	0,066	0,028	0,0017	5,82E-05
	Mageinnhold	0,94	0,14	0,15	3,3	0,038	3,3
	Nyre	0,001	0,00014	0,1	0,049	0,0044	0,0013
	Lever	0,00054	0,000081	0,85	0,017	0,00115	4,99E-05
7	Milt	0,00037	2,63E-05	0,052	0,027	0,00164	4,64E-05
	Mageinnhold	0,25	0,037	0,16	1,2	0,046	0,41
	Nyre	0,0015	0,00022	0,13	0,032	0,0059	0,0016
	Lever	0,0036	0,00056	0,69	0,039	0,0028	0,0039
8	Milt	0,00071	0,00013	0,057	0,033	0,00156	5,52E-05
	Mageinnhold	0,38	0,055	0,22	3,5	0,059	0,79
	Nyre	0,00098	0,00016	0,12	0,03	0,0022	0,0012
	Lever	0,00052	0,000091	0,37	0,025	0,00129	0,00074

9	Milt	0,00037	0,000115	0,084	0,04	0,00163	0,00093
	Mageinnhold	0,26	0,037	0,099	1,8	0,22	0,5
	Nyre	0,0021	0,00031	0,085	0,052	0,0033	0,0023
	Lever	0,00045	0,000081	0,47	0,017	0,0023	0,001
10	Milt	0,00047	2,74E-05	0,042	0,0234	0,00211	5,12E-05
	Mageinnhold	0,0021	0,00027	0,12	0,058	0,021	0,0034
	Nyre	0,00081	0,000119	0,065	0,0188	0,0024	0,00096
	Lever	0,0024	0,00033	0,39	0,031	0,00092	0,003
	Milt	0,00095	0,00015	0,042	0,047	0,003	0,0012
	Mageinnhold	1,5	0,22	0,18	6,5	0,052	4

Tabell 6. Tabell over konsentrasjoner (µg/l) av grunnstoffene arsen, bly, kadmium, kobber, krom, nikkel og sink i total og løst fraksjoner av vannprøver fra overflate og bunn fra Norvindsfjorden referanseområde og Hugavika anleggsområde i Norsvinsfjorden den 18.01.2022 og 31.01.2022. Fargene blå og grønn er henholdsvis klassene «bakgrunn» og «god» ifølge veileder M608:2016.

Stasjon	Dato	Fraksjon	<u>Dyp</u>	Arsen µg/l	Bly µg/l	Kadmium µg/l	Kobber µg/l	Krom µg/l	Nikkel µg/l	Sink µg/l
Norvindsfjorden referanseområde	18.01.2022	total	overflate	0,063	0,126935	0,005	1,320825	0,053942	0,46	0,00193
		løst	overflate	0,06	0,048399	0,0032	0,703378	0,048921	0,36	0,00179
	31.01.2022	total	bunn	0,057	0,083695	0,0039	0,920227	0,049339	0,44	0,001805
			overflate	0,059	0,10924	0,0044	0,729359	0,02697	0,37	0,002172
		løst	bunn	0,055	0,038943	0,0024	0,729908	0,020614	0,3	0,001866
			overflate	0,064	0,03859	0,0072	0,768514	0,024728	0,34	0,00212
Hugavika anleggsområde	18.01.2022	total	bunn	0,11	0,127569	0,0062	1,337288	0,14	0,66	0,001892
			overflate	0,1	0,16	0,0055	1,169393	0,12	0,68	0,001964
		løst	bunn	0,065	0,038949	0,0029	0,831356	0,026744	0,53	0,001736
			overflate	0,068	0,030223	0,0058	0,948771	0,043973	0,31	0,001922
	31.01.2022	total	bunn	0,1	0,21	0,0055	1,155365	0,16	0,61	0,002115
			overflate	0,084	0,115346	0,0054	1,258468	0,113573	0,55	0,001801
		løst	bunn	0,065	0,036685	0,0039	0,952381	0,024435	0,31	0,001536
			overflate	0,06	0,039473	0,0035	0,983857	0,026741	0,31	0,001658

Tabell 7. Tabell over subepiteliale leukocytter, epitelcellehyperplasi, epitelcelleapoptose, blødning og slimcellehyperplasi for ørret gjellebuer fra Norvindsfjorden referanseområde (n=6) og Hugavika anleggsområde (n=8) i Norsvinsfjorden den 19.01.2022. Slimcellehyperplasi ble vurdert som normal tilstand eller ikke, de andre parameterne ble skåret basert på en fire trinns skala, hvor 0, 1, 2 og 3 henholdsvis er ingen forandring, lite forandring, moderat forandring og betydelig forandring.

Stasjon	Replikat	Kommentar	subepiteliale leukocytter	epitelcellehyperplasi	epitelcelleapoptose	blødning	Slimcellehyperplasi
Norvindsfjorden	1		0	0	0	0	normal
	2		0	0	0	0	normal
	3		0	0	0	0	normal
	4	Dårlig snitt					
	5	Dårlig snitt					
	6	Dårlig snitt					
	7		0	0	0	0	normal
	8		0	0	0	0	normal
	9		0	0	0	0	normal
	10	Dårlig snitt					
Hugavika	1		0	0	0	0	normal
	2		0	0	0	0	normal

3	Skadd ved uttakelse					
4		0	0	0	0	normal
5	Dårlig snitt					
6		0	0	0	0	normal
7		0	0	0	0	normal
8		0	0	0	0	normal
9		0	0	0	0	normal
10		0	0	0	0	normal



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag