

2040

NINA Rapport

Evaluering av effekten av utlegging av gytegrus på habitatkvalitet for egg fra laksefisk i Gjersjøelva

Undersøkelser av redokspotensial

Jon H. Magerøy



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på engelsk, som NINA Report.

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Evaluering av effekten av utlegging av gytegrus på habitatkvalitet for egg fra laksefisk i Gjersjøelva

Undersøkelser av redokspotensial

Jon H. Magerøy

Magerøy, J.H. 2022. Evaluering av effekten av utlegging av gytegrus på habitatkvalitet for egg fra laksefisk i Gjersjøelva. Undersøkelser av redokspotensial. NINA Rapport 2040. Norsk institutt for naturforskning.

Oslo, november 2022

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4823-5

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Marie-Pierre Gosselin

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Kristin Thorsrud Teien (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Stasforvalteren/Fylkesmannen i Oslo & Viken

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

2020/2708 og 2021/1686

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Terje Wivestad

FORSIDEBILDE

Den gamle kraftstasjonen i Gjersjøelva. © Jon H. Magerøy

NØKKEWORD

Evaluering av gytehabitat for laksefisk – laks (*Salmo salar*) – ørret (*Salmo trutta*) – gytegrus – gyteområde – oppvekstområde – habitatforbedrende tiltak – redokspotensial – virvelløse dyr – bakterier – Gjersjøelva i Oslo og Nordre Follo kommuner – Oslo og Viken fylker

KEY WORDS

Evaluation of spawning habitat for Salmonid fish – Atlantic salmon (*Salmo salar*) – brown trout/sea trout (*Salmo trutta*), spawning gravel – spawning areas – juvenile rearing habitat – habitat improvement and enhancement – redox potential – invertebrates – bacteria – the Gjersjøelva River in Oslo and Nordre Follo Municipalities – Oslo and Viken Counties – Norway

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo
Sognsveien 68
0855 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen
Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Magerøy, J.H. 2022. Evaluering av effekten av utlegging av gytegrus på habitatkvalitet for egg fra laksefisk i Gjersjøelva. Undersøkelser av redokspotensial. NINA Rapport 2040. Norsk institutt for naturforskning.

Oksygeninnholdet i gytegroper har stor påvirkning på overlevelse, vekst og utvikling hos eggene til laksefisk, men i mange vassdrag reduseres oksygentilgjengeligheten pga. eutrofiering og nedslamming av gytegrusen. For å forbedre forholdene for eggene legges det ut ny grus eller grusen vaskes i mange vassdrag, bl.a. for å øke oksygeninnholdet. I perioden 2007-2018 ble det lagt ut gytegrus i Gjersjøelva, og mer utlegging av grus er planlagt.

Siden det brukes relativt store ressurser på habitatforbedrende tiltak for laksefisk i Gjersjøelva og andre norske vassdrag, er det viktig å evaluere om tiltakene har den tiltenkte effekten. Om utleggingen av gytegrus fører til høyere oksygeninnhold i substratet, er noe av det viktigste å måle. Vanligvis har man målt oksygeninnholdet i vannprøver fra interstitiale rom i substratet, men det er enklere og gir mer pålitelige resultater å bruke redokspotensial som et mål på oksygeninnholdet. I ferskvann ble denne teknologien utviklet for å evaluere habitatkvaliteten for ung elvemusling, men den har blitt videreutviklet for å evaluere habitatkvalitet for fiskeegg, andre virvelløse dyr og bakterier.

For å evaluere effekten av utleggingen av gytegrus i Gjersjøelva, ble det gjennomført redoksmålinger i elven i 2020. Målingene viser at redokspotensialet var høyere ved lokalitetene der det hadde blitt lagt ut grus enn i kontrollområder. Det ble ikke funnet en sammenheng mellom utleggingsår og redokspotensialet. En mangel på en slik sammenheng kan kanskje forklares med at det naturlige redokspotensialet var høyest i nedre del av elven og at det er der grusen hadde blitt lagt ut for mange år siden. Dermed har sannsynligvis tilslamming av grusen gått saktere i nedre del enn i områdene lenger oppe, der gytegrusen hadde blitt lagt ut i de senere år.

Redokspotensialet viser at ved de fleste av lokalitetene der det ble lagt ut gytegrus var habitatkvaliteten for eggene til laksefisk god. I tillegg var sannsynligvis også dette tilfellet ved et par av kontrollområdene. En såpass langvarig effekt (2-7 år) av utlegging av gytegrus samstemmer med funn fra Akerselva, der effekten har vart i minst 4-5 år, men står i motsetning til tidligere funn fra Bayern i Tyskland, der effekten var borte etter ca. 1 år. Forklaringen på de motstridende funnene kan ligge i større sedimenttransport i de undersøkte vassdragene i Tyskland.

Andre organismegrupper kan også ha blitt påvirket av utleggingen av gytegrus i Gjersjøelva, siden tidligere studier tyder på at utleggingen av gytegrus vil ha påvirket sammensetningen av virvelløse dyrearter og at diversiteten kan ha økt blant bakterier (dvs. en jevnere fordeling av antall individer mellom artene).

Oppsummert har utlegging av gytegrus forbedret habitatforholdene for eggene til laksefisk i Gjersjøelva. Effekten av tiltaket har vært relativt langvarig. Dermed viser resultatene på at utlegging av gytegrus kan ha en langvarig positiv effekt på oksygeninnholdet i substratet i vassdrag med relativt lav sedimenttransport.

Flere undersøkelser er ønskelige som oppfølging av undersøkelsene i Gjersjøelva og Akerselva. Effekten av forskjeller i sedimenttransport vil kunne vurderes ved å utføre undersøkelser i flere forskjellige vassdrag. I noen vassdrag vil det også være ønskelig med flere runder med undersøkelser, for å vurdere hvor langvarig effekten av utlegging av gytegrus er. Det hadde også vært ønskelig å undersøke sammenhengen mellom redokspotensial og virvelløse dyr og bakterier nærmere, da det bare er svært begrenset kunnskap om disse sammenhengene. Med dagens kunnskap kan likevel redokspotensial både benyttes til å gi spesifikke råd for den enkelte elv og generelle råd for forskjellige typer elver, når det gjelder utlegging og vedlikehold av gytegrus.

Jon H. Magerøy (jon.mageroy@nina.no), Sognsveien 68, 0855 Oslo.

Abstract

Magerøy, J.H. 2022. Evaluation of the effect of spawning gravel augmentation on the habitat quality for Salmonid eggs in the Gjersjøelva River. Examining redox potential. NINA Report 2040. Norwegian Institute for Nature Research.

The oxygen levels in spawning redds significantly impact the survival, growth and development of the eggs of Salmonid fish, but in many watercourses the oxygen availability in spawning gravel is reduced as a result of eutrophication and siltation. To improve the conditions for the eggs, including increasing oxygen levels, gravel is often introduced or the gravel is washed in many watercourses. In 2007-2018 spawning gravel was introduced to several locations in the Gjersjøelva River, with more introductions planned in the future.

Since habitat enhancement often is quite resource demanding, it is important to evaluate whether such measures have the intended effect. Whether spawning gravel introductions lead to higher oxygen levels in the substrate, is a very important parameter to measure. Typically, oxygen is measured in water samples from interstitial spaces in the substrate. However, the use of redox potential has proven to be an easier and more reliable way to evaluate oxygen levels. In fresh-water, this technique was developed to evaluate the habitat quality for juvenile pearl mussels, but it has been further developed for fish eggs, other macroinvertebrates and bacteria.

To evaluate the effect of spawning gravel introductions in the Gjersjøelva River, redox measurements were undertaken in 2020. The measurements show that the redox potential was higher in areas where gravel had been introduced than in control areas. There was no relationship between the year gravel had been introduced and the redox potential. The lack of such a relationship could possibly be explained by the higher redox potential in control areas in the lower reaches of the river and the fact that gravel had been introduced to these areas many years ago. Thus, it is likely that the siltation of the gravel has progressed more slowly in the lower reaches than in the higher reaches, where the spawning gravel had been introduced within the last years.

The redox potential shows that in most spawning gravel introduction areas the habitat quality for Salmonid eggs was good. This was likely the case in a few control areas as well. Such a long-term effect (2-7 years) from spawning gravel introductions has also been found in the Akerselva River (at least a 4-5 year effect). However, the results are in contrast to findings from Bavaria in Germany, where the effect was gone within ca. 1 year. The explanation for this contradiction may be higher levels of sediment transport in the examined watercourses in Germany.

Other organisms are likely to have been affected by the spawning gravel introductions to the Gjersjøelva River, as previous findings in other rivers indicate that the introduction of spawning gravel affect the assemblage of macroinvertebrates and the bacterial evenness.

In summary, the spawning gravel introductions have improved the habitat quality for Salmonid eggs in the Gjersjøelva River. The effect of the introductions has been relatively long lasting. Thus, the results show that spawning gravel introductions can have long term effects on the oxygen content in the substrate in watercourses with relatively low sediment transport.

It would be useful to follow up our studies. Studying watercourses with higher and lower sediment transport, would help evaluate differences in the effect between different types of watercourses. In some watercourses it would be useful with repeated studies, to evaluate the longevity of the effect of spawning gravel introductions. It would also be useful to examine the relationship between redox potential and macroinvertebrate and bacterial communities more closely, since there is only very limited knowledge about these relationships. However, even based on our current knowledge redox potential can be used to give advice on gravel introductions and maintenance, both for specific rivers and more generally for different rivers types.

Jon H. Magerøy (jon.mageroy@nina.no), Sognsveien 68, 0855 Oslo, Norway.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Områdebeskrivelse	9
3 Materiale og metode	12
3.1 Redoksmålinger.....	12
3.2 Statistiske analyser.....	15
4 Resultater	18
5 Oppsummering og diskusjon	21
6 Referanser	24
7 Vedlegg	29
7.1 Redoksmålinger.....	29

Forord

Gjersjøelva er utløpselva til Gjersjøen. Gjersjøen med tilløpsbekker er sterkt påvirket av jordbruk og urban bebyggelse, der spesielt den urbane bebyggelsen har økt drastisk siden 50-tallet. Dette gjenspeiles i at vassdraget er påvirket av eutrofiering. I tillegg er Gjersjøen drikkevannskilde for Nordre Follo og Ås kommuner, med de følgene at vannføringen i elven både modifiseres pga. reguleringen av vannet og reduseres pga. vannuttaket. På tross av alle disse påvirkningene, går det både laks og sjøørret opp i elven. Oppegård Jeger- og Fiskeforening har lagt ned et stort arbeid med forvaltningen av bestandene, inkludert flere forskjellige tiltak for å bedre forholdene for laksefisk. Et av disse tiltakene har vært utlegging og vedlikehold av gytegrus i elven siden 2013 og fram til i dag, men lite er kjent om hvordan dette har påvirket habitatkvaliteten for laksefisk i elven.

I 2017 ble det gjennomført redoksmålinger i flere vassdrag i Oslo fylke og Akershus landskap i Viken fylke, for å evaluere habitatkvaliteten for ung elvemusling. I den forbindelse foreslo Terje Wivestad (Fylkesmannen i Oslo og Viken; nå Statsforvalteren i Oslo og Viken) at man burde vurdere å bruke redoksmålinger til å teste effekten av utlegging av gytegrus på habitatkvalitet for eggene til laksefisk i Akerselva. Gjennomgang av litteraturen viste at redoksmålinger er svært godt egnet til en slik evaluering. Ved å måle redokspotensialet i gytegrusen og kontrollområder, vil man kunne evaluere om tiltak har forbedret habitatkvaliteten for eggene til laksefisk. Målingene vil også kunne evaluere hvilke deler av et vassdrag som er best egnet som gytehabitat for fisken. I tillegg vil de også kunne brukes til å evaluere habitatkvalitet for andre organismer, som elvemusling, andre virvelløse dyr og bakterier i et vassdrag. I Akerselva viser undersøkelsene at utleggingen av grus hadde en positiv effekt på habitatkvaliteten for eggene til laksefisk, selv 4-5 år etter utlegging.

Med dette som bakgrunn, sendte NINA søknader til Statsforvalteren i Oslo og Viken om midler til fisketiltak fra Miljødirektoratet for å gjennomføre redoksmålinger i Gjersjøelva i 2020 og 2021. I 2020 ble det gitt midler til å gjennomføre feltarbeidet, og i 2021 ble det gitt midler til å slutføre rapporteringen fra prosjektet. En stor takk går til Terje Wivestad (Statsforvalteren i Oslo & Viken) som tok initiativet til prosjektet i Akerselva, og for godt samarbeid under planleggingen av prosjektet i Gjersjøelva. Jeg vil også takke Hjalmar Eide (Norges Jeger- og Fiskeforbund), for tips om at Gjersjøelva kunne egne seg til liknende undersøkelser. Den største takken går til Oppegård Jeger- og Fiskeforening, ved Sander Engeland, Finn Stenersen og Trygve Solstad, som bidro med viktig informasjon om utleggingen og vedlikeholdet av gytegrus og ved befaring i felt. Til sist vil jeg takke Sebastian Wacker (NINA), som gjennomførte de statistiske analysene for dette prosjektet.

14.11.2022, Jon H. Magerøy

1 Innledning

Det er veletablert at oksygeninnholdet i gytegroper har stor påvirkning på overlevelse, vekst og utvikling hos eggene til laksefisk (*Salmo* spp., f.eks. Côte et al. 2012, Bloomer et al. 2016, Hartmann 1988, Ingendahl 2001, Malcolm et al. 2003, Rubin & Glimsäter 1996, Youngson et al. 2004). I mange vassdrag reduseres oksygentilgjengeligheten i gytegrusen pga. eutrofiering og nedslamming (f.eks. Greig et al. 2005, Malcolm et al. 2008, Michel 2013). For å forbedre forholdene for eggene legges det ut ny grus eller grusen vaskes i mange vassdrag, bl.a. for å øke oksygeninnholdet (Meyer et al. 2008, Pander et al. 2015, Sternecker et al. 2013a, Zeh & Dönni 1994). Slike tiltak gjennomføres også jevnlig i Norge (f.eks. Barlaup et al. 2006, Einum et al. 2006, Gabrielsen et al. 2007, Johnsen & Hvidsten 2005, metodikk oppsummert i Pulg et al. 2017).

Det er viktig at effekten av slike tiltak evalueres. Man kan for eksempel se på produksjonen av yngel hos laksefisk, produksjon av invertebrater, hydrologiske parametere, fysiske parametere og kjemiske parametere (f.eks. Barlaup et al. 2006, Gabrielsen et al. 2007, Merz & Setka 2004, Meyer et al. 2008, Pander et al. 2015, Sternecker et al. 2013a, Zeh & Dönni 1994). Et av de viktigste parametere å evaluere, er om tilførselen av gytegrus fører til høyere oksygeninnhold i substratet (Merz & Setka 2004, Meyer et al. 2008, Pander et al. 2015, Sternecker et al. 2013a, Zeh & Dönni 1994). Normalt sett har man målt oksygeninnholdet i substratet gjennom prøvetaking av vann fra interstitiale rom, men slik prøvetaking er arbeidskrevende og kan lett resultere i unøyaktige målinger på grunn av diverse feilkilder (Kondolf et al. 2008, Riss et al. 2008). I senere tid har det blitt utviklet nye teknologier som kan bidra til at arbeidsmengden reduseres og at resultatene forbedres (f.eks. Geist & Auerswald 2007, Malcolm et al. 2006, Riss et al. 2008).

Én av disse teknologiene benytter seg av målinger av reduksjonspotensialet i substratet, som et mål på oksygeninnholdet i de interstitiale rommene (Geist & Auerswald 2007). Slike redoksmålinger ble opprinnelig utviklet for målinger i jord i forbindelse med plantebiologiske undersøkelser (f.eks. Brümmer 2002, Fischer et al. 1989). I ferskvann ble metoden først tatt i bruk i forbindelse med evaluering av habitatkvalitet for ung elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) (Geist & Auerswald 2007, Killeen 2011), og det er også i den sammenheng at metoden har blitt brukt i Norge (f.eks. Larsen 2012, Magerøy 2017a; 2017b). I senere tid har metoden blitt videreutviklet for å evaluere habitatkvalitet i substratet i rennende vann, med henblikk på fisk (først og fremst ørret (*Salmo trutta*)) (Denic & Geist 2010; 2015, Duerregger et al. 2018, Nagel et al. 2019; 2020, Pander et al. 2009; 2015, Sternecker & Geist 2010, Sternecker et al. 2013a; 2013b; 2014), én annen ferskvannsmuslingart (*Unio crassus*; Stoeckl et al. 2020), andre virvelløse dyr (Knott et al. 2019) og bakterier (Mueller et al. 2013). Den har også blitt brukt til å evaluere effekten av forskjellige habitatrestaureringsprosjekter (Knott et al. 2019; 2021, Nagel et al. 2020, Pander et al. 2015; 2019, Sternecker et al. 2013a), inkludert effekten av utlegging av ny gytegrus og vasking av grus på habitatkvalitet for ørret (Pander et al. 2015, Sternecker et al. 2013a). I hovedsak bruker man redokspotensialet i substratet til å evaluere habitatkvaliteten for de forskjellige organismene. I tillegg benytter man også forskjellen mellom redokspotensialet i de frie vannmassene og substratet for å evaluere habitatet.

I 2017 ble det gjennomført redoksmålinger i flere vassdrag i Oslo fylke og Akershus landskap i Viken fylke, for å evaluere habitatkvaliteten for ung elvemusling (Magerøy 2017b). I den forbindelse foreslo Terje Wivestad (Fylkesmannen i Oslo og Viken (nå Statsforvalteren i Oslo og Viken)) at man burde vurdere å bruke redoksmålinger til å teste effekten av utlegging av gytegrus på habitatkvalitet for eggene til laksefisk i Akerselva. Gjennomgang av litteraturen, referert til i forrige avsnitt, viste at redoksmålinger er svært egnet til en slik evaluering. Dette la grunnlaget for å evaluere utleggingene av grus i Akerselva, gjennom et prosjekt som ble gjennomført i 2018-2019. Redoksmålinger i områdene der det hadde blitt lagt ut grus og tilhørende kontrollområder, viser at det var et signifikant høyere redokspotensial i områdene med gytegrus enn kontrollområdene, analysert under ett for alle de undersøkte områdene i elven. I tillegg hadde seks av syv gytegrusområder høyere median redokspotensial i substratet enn de tilhørende

kontrollområdene (ikke signifikant i alle tilfeller). Generelt kan man konkludere med at områdene der det hadde blitt lagt ut gytegrus var egnet for eggene til laksefisk, mens kontrollområdene ikke var det. I tillegg hadde utleggingen en positiv effekt på habitatkvaliteten selv 4-5 år etter at grusen ble lagt ut (Magerøy 2019).

Det er usikkert hvor lenge effekten av utlegging av gytegrus varer, og langvarigheten varierer med sikkerhet både mellom og innad i vassdrag. I Akerselva viser undersøkelsene at effekten har vart i 4-5 år (minimum), mens studier fra Bayern i Tyskland påviste en relativt kortvarig effekt. Der førte utlegging av grus, vasking av grus og utlegging av steingrupper (sigdformede grupper som reduserer bredden på elveløpet og fører til økt vannhastighet i området) til forbedringer i habitatet som varte i mindre enn 1 år (Sternecker et al. 2013a, Pander et al. 2015). Forklaringen på forskjellene, i varigheten til tiltakene, er kanskje at sedimenttransporten i Akerselva er lavere enn i de undersøkte vassdragene i Tyskland. Funnene fra Akerselva er sannsynligvis representative for de fleste vassdrag der habitatkvaliteten i utgangspunktet er dårlig og der sedimenttransporten er relativt liten. I vassdrag med større sedimenttransport vil effekten sannsynligvis være mer kortvarig, mens i vassdrag med mindre sedimenttransport vil effekten sannsynligvis være mer langvarig.

Siden vi vet lite om forskjeller i hvor langvarig effekten av utlegging av gytegrus er i forskjellige typer vassdrag, bør dette undersøkes nærmere. Derfor valgte vi ut et vassdrag som utgjør en annen type vassdrag enn Akerselva, for å gjennomføre nye evalueringer av utlegging av grus ved hjelp av redoksmålinger. Gjersjøelva har mindre størrelse, lavereliggende nedbørfelt, lavere middelvannføring og mer dyrket mark i nedbørfeltet (NEVINA 2022). Dermed har denne elven sannsynligvis en annen sedimenteringsdynamikk enn Akerselva. I tillegg har grusutleggingen i elven foregått over tid (Hjalmar Eide, Norges Jeger- og Fiskerforbund, og Trygve Solstad, Sander Engeland og Finn Stenersen, Oppegård Jeger- og Fiskerforening, pers. med.). Dette gir muligheter til å se på sammenhengen mellom utleggingstidspunkt og redokspotensial innad i ett vassdrag. Her rapporteres resultatene av undersøkelser som ble gjennomført i elven i 2020.

2 Områdebeskrivelse



Figur 2.1. Gjersjøvassdraget. Hovedstrengen i vassdraget er markert i blått og nedbørfeltet er markert i grått. Kartet dekker området fra Ski i sør til Rosenholm i nord og Bunnelfjorden i vest til Siggerud i øst. Det er generert i NEVINA (2022).

Gjersjøelva utgjør et eget vassdrag (vassdragsnr. 005.4Z, **figur 2.1**). Det har sitt utspring ved Breimåsan, øst for Ski i Nordre Follo kommune i Viken. Derfra renner hovedstrengen nordøst-over gjennom Nærevannet (131 moh.) og Midsjøvannet (129 moh.), ned til Slorene i sørenden av Gjersjøen (40 moh.). På denne strekningen går hovedstrengen, fra øverst til nederst, under navnene Grøstadbekken, Sørlibekken, Åråsbekken, Roåsbekken og Dalsbekken. I området ved sørenden av Gjersjøen kommer de tre viktigste sidevassdragene inn i hovedstrengen. Rett før utløpet av Dalsbekken i Slorene (sørøstarmen av Gjersjøen) kommer Sætrebekken inn fra øst. I Slorene kommer Greverudbekken inn fra nord. I sørvestarmen av Gjersjøen kommer Fåleslora inn fra sør. Fra nordenden av Gjersjøen renner Gjersjøelva videre nordover, gjennom Nydammen og ut i sjøen ved Ljansbruket. Den aller nederste delen av elven utgjør grensen mellom Norde Follo og Oslo kommuner. Nedbørfeltet drenerer nordvestlige deler av Nordre Follo og en liten flik av Oslo, som ligger langs den nederste delen av hovedstrengen. I nedbørfeltet er den totale elvelengden ca. 22 km og arealet er ca. 85 km². Avrenningen er på 15,5 l/s*km², og alminnelig lavvannføring er på 1,3 l/s*km². Denne delen av nedbørfeltet består av 59,4 % skog, 13,7 % dyrket mark, 12,6 % urban bebyggelse, 5,0 % innsjøer, 1,1 % myr og 8,3 % uklassifiserbart areal (NEVINA 2022). Flyfoto fra 1956 til 2021 viser at den urbane bebyggelsen har økt drastisk, både på bekostning av skogsområder og dyrket mark. Samtidig har skogsarealer også blitt erstattet med dyrket mark (Norge i bilder 2022). Mesteparten av nedbørfeltet består av næringsfattige typer gneis og granitt, men det er også noe innslag av mer næringsrike bergarter som amfibolitt og kalkbergarter (Kart i min kommune 2022).

I nedre del av Gjersjøelva har det blitt gjennomført undersøkelser av vannkvaliteten siden 2008, i regi av Vannområdet PURA (Pura 2011; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; 2020;



Foto 2.1. Historisk industriaktivitet i og langs Gjersjøelva. a) og b) Sag. c) Kraftstasjon. d) Demning. Foto: Jon H. Magerøy.

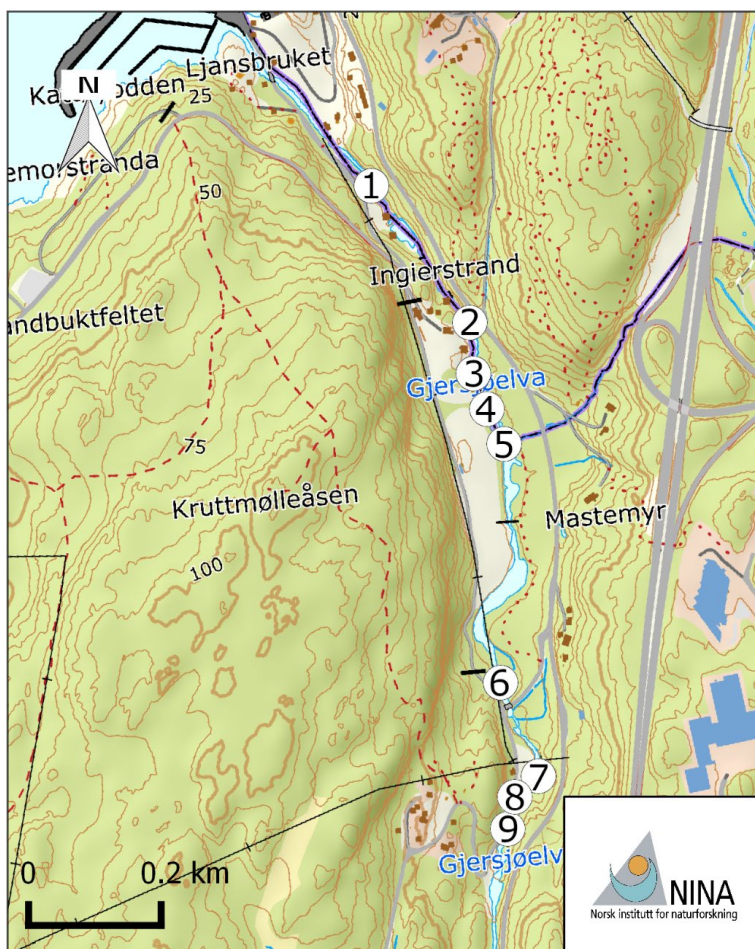
2021a; 2022, Vannmiljø 2022). I hovedsak har den økologiske tilstanden blitt klassifisert som *moderat*, men i de senere år har den i flere av årene blitt klassifisert som *god* eller *svært god*. Dette kunne tyde på en forbedring av den økologiske tilstanden i elven, men årene med bedre tilstandsklasse kjennetegnes av at bare vannkjemiske parametere har blitt undersøkt. I 2019 og 2021 ble begroingsalger undersøkt for første gang siden 2016, og da ble tilstanden igjen klassifisert som *moderat*. At tilstanden som regel har blitt klassifisert som *moderat*, skyldes problemer med eutrofiering i vassdraget. I en trendrapport for 2012 til 2020, konkluderte man med at fosfortilførselen har økt til Gjersjøvassdraget i denne perioden (PURA 2021b).

Gjersjøen er drikkevannskilde for Nordre Follo og Ås kommuner i Viken (Pura 2020). I den forbindelse er vannet demmet opp ved utløpet mot Gjersjøelva (NVE Atlas 2022). Bruken som drikkevannskilde vil nødvendigvis redusere vannføringen i elven. Reguleringen vil påvirke vannføringens dynamikken i elven, der oppdemning ofte fører til at flommer dempes. Ifølge Oppegård Jeger og Fiskeforening skal det være en avtale om en minstevannføring på 100 L/s i Gjersjøelven (Stenersen 2021). NVEs måledata, fra utløpet av elven i Oslofjorden for 2018-2022, viser at vannføringen i enkelte perioder har vært lavere enn dette, men normal minstevannføring ser ut til å ligge på ca. 250 L/s (Sildre 2022). Det pågår samtaler mellom Oppegård Jeger- og Fiskeforening og Nordre Follo kommune, om å øke minstevannføringen i elven (Stenersen 2021). Elven har vært historisk viktig for industrien i området, med lokal kraftstasjon, sager, kruttverk, osv. (foto 2.1) (Informasjonsplakater fra Oppegård (nå Nordre Follo) kommune langs elven). Elveløpet er delvis modifisert og det er fremdeles demninger og rester av demninger i elven (pers. obs.). Dette modifierer også vannføringen i elven.

I Gjersjøelva er det påvist abbor (*Perca fluviatilis*), gjedde (*Esox lucius*), laks (*Salmo salar*), pukellaks (*Oncorhynchus gorbuscha*), skrubbe (*Platichthys flesus*), ørekyt (*Phoxinus phoxinus*),

ørret (*S. trutta*) og ål (*Anguilla anguilla*). I resten av vassdraget er det påvist brasme (*Abramis brama*), flire (*Blicca bjoerkna*), gjørs (*Sander lucioperca*), mort (*Rutilus rutilus*), sørv (*Scardinius erythrophthalmus*) og vederbuk (*Leuciscus idus*) (Enerud 2012, PURA 2012, Stenersen 2022). I tillegg til pukkellaks, som en fremmed art i Norge, er Gjørs og, sannsynligvis, sørv introduserte arter i vassdraget (Hesthagen & Sandlund 2012, Hesthagen et al. 2012). I 2019 ble det installert en fisketeller i elven. I 2019 og 2020 har det gått opp henholdsvis 56 og 52 sjørørret og 10 og 33 laks (Stenersen 2021). Det er ikke kjent at disse undersøkelsene har blitt brukt til å evaluere tilstanden til lakse- og ørretbestandene i elven.

3 Materiale og metode



Figur 3.1. Utlegging av gytegrus og redoksmålingsstasjoner i Gjersjøelva. Det har blitt lagt ut grus ved lokalitet ①-⑨. Det ble opprettet redoksmålingsstasjoner ved alle utleggingslokalitetene utenom lokalitet ④, der det ikke ble funnet tegn til utlegging av grus, og ⑧, der nesten all grusen hadde blitt vasket ned i en dyphøl. ① indikerer plasseringen til både redoksmålingsstasjon 1a og 1b. Det samme gjelder ②, ⑦ og ⑨. Ved de andre utleggingslokalitetene (③, ⑤ og ⑥) ble bare én stasjon undersøkt. Ved hver stasjonen ble det målt redokspotensial i et område der det hadde blitt lagt ut grus og i et kontrollområde. Unntakene er stasjon 2a, 7a og 9a, der det bare ble målt redokspotensial i områdene der det hadde blitt lagt ut grus, da det ikke var noen egnede kontrollområder ved stasjonene. For nøyaktig lokalisering av stasjonene, se **tabell 3.1**. Kartet er generert i QGIS 2.18.1 (QGIS Developmental Team 2018). Kartgrunnlaget er fra GeoNorge (2020).

3.1 Redoksmålinger

Utvelgelse av redoksmålingsstasjoner i Gjersjøelva ble gjort med bakgrunn i en oversikt over hvor og når det hadde blitt lagt ut gytegrus i elven (Trygve Solstad, OJFF, pers. med.) og befaring i felt 05.08.2020, gjennomført sammen med Sander Engeland og Finn Stenersen (begge OJFF). Det har blitt lagt ut grus ved ni (større eller mindre) lokaliteter i elven mellom 2007 og 2018 (**figur 3.1**, **tabell 3.1**). Ved flere av lokalitetene hadde det blitt lagt ut grus på nytt igjen. Det vil si at det kan være lagt ut grus i f.eks. både 2007 og 2017. Ved alle lokalitetene, er det siste året det er lagt ut gytegrus 2013 eller senere. Det ble lagt redoksmålingsstasjoner innenfor alle disse lokalitetene, utenom lokalitet 4, der det ikke ble funnet tegn til utlegging av grus, og lokalitet 8, der nesten all grusen hadde blitt vasket ned i en dyphøl. Innenfor utleggingslokalitet 1, 2, 7 og 9 ble det lagt to stasjoner i hver av lokalitetene (benevnt som 1a og b, 2a og b, osv.). Innenfor de andre utleggingslokalitetene ble det bare lagt én redoksmålingsstasjon i hver lokalitet. Ved hver stasjon (**figur 3.1**, **tabell 3.1**) ble det målt redokspotensial i et område der det hadde blitt lagt ut grus (**foto 3.1a og b**) og i et kontrollområde (**foto 3.2**). Unntakene er stasjon 2a, 7a og 9a, der det bare ble målt redokspotensial i områdene der det hadde blitt lagt ut grus, da det ikke var noen egnede kontrollområder ved stasjonene.

Redoksmålingene ble gjennomført 03.-05.09.2020. Gjennomføring av redoksmålingene følger samme metodikk som beskrevet for tilsvarende undersøkelser i Akerselva (Magerøy 2019). Det ble gjennomført 15-16 redoksmålinger i substratet og fem målinger i de frie vannmassene for hver av utleggings- og kontrollområdene. I tillegg til redoksmålingene, ble det målt

vanntemperatur ved stasjonene. Vannføringen ble også evaluert basert på NVEs vannføringsdata fra elven (Sildre 2022) og i forhold til nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon.

For å evaluere resultatet av målingene er det benyttet to tilnæringer i rapporten (Denic & Geist 2015, Sternecker et al. 2013a; 2013b):

1. Redokspotensial i substratet. Verdier over 400 milliVolt (mV) tilsier *god* habitatkvalitet for eggene til laksefisk.
2. Reduksjonen i redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. Det er ikke etablert grenseverdier, men lavere reduksjon tilsier bedre og høyere reduksjon tilsier dårligere habitatkvalitet.

Tabell 3.1. Utlekking av gytegrus og redoksmålingsstasjoner i Gjersjøelva. Tabellen viser lokalitetene der det er lagt ut grus og hvilket år det er lagt ut grus ved disse lokalitetene, i tillegg til hvor det er lagt redoksmålingsstasjoner innenfor disse lokalitetene. Det ble opprettet redoksmålingsstasjoner ved alle utleggingslokalitetene utenom lokalitet 4, der det ikke ble funnet tegn til utlegging av grus, og lokalitet 8, der nesten all grusen hadde blitt vasket ned i en dyphøl. Innenfor hver redoksmålingsstasjon ble det målt redokspotensial både i et område der det hadde blitt lagt ut grus og i et kontrollområde. Unntakene er stasjon 2a, 7a og 9a, der det bare ble målt redokspotensial i områdene der det hadde blitt lagt ut grus, da det ikke var noen egnede kontrollområder ved stasjonene. For lokalisering av gytegrusutleggingsområdene i kart, se **figur 3.1**.

Utleggings-lokalitet	Utleggings-år	Redoksmålingsstasjon	UTM gytegrusområde	UTM kontrollområde
1	2013	1a	32 V 0599125 6633495	32 V 0599128 6633482
		1b	32 V 0599135 6633480	32 V 0599135 6633480
2	2013	2a	32 V 0599274 6633279	NA
		2b	32 V 0599281 6633256	32 V 0599283 6633231
3	2013	3	32 V 0599287 6633190	32 V 0599287 6633190
4	2013	NA	NA	NA
5	2013, 2017	5	32 V 0599329 6633089	32 V 0599332 6633086
6	2017, 2018	6	32 V 0599329 6632729	32 V 0599345 6632674
7	2007, 2008, 2017, 2018	7a	32 V 0599385 6632607	NA
		7b	32 V 0599380 6632585	32 V 0599385 6632604
8	2017, 2018	NA	NA	NA
9	2007, 2008, 2017	9a	32 V 0599347 6632517	NA
		9b	32 V 0599336 6632494	32 V 0599334 6632492



Foto 3.1a. Redoksmålestasjoner med utlegging av gytegrus i Gjersjøelva. Stasjon 1a til 5. Stasjon 1a og b ligger i nedre del av elven, stasjon 2a til 5 ligger i midtre del av elven. Ved stasjon 1b og 5 har det kun blitt lagt ut grus i høyre del av elven. Kontrollområdene ble lagt til venstre del av elven. Ved stasjon 3 har det kun blitt lagt ut grus rett ovenfor brekket. Kontrollområdet ble lagt rett oppstrøms. Fotografiene ble ikke tatt i forbindelse med redoksmålingene. Da redoksmålingene ble gjennomført var vannføringen ca. 475 l/s, mens da fotografiene ble tatt var vannføringen ca. 325 l/s (Sildre 2022). Foto: Jon H. Magerøy.

Jürgen Geist (pers. med.) anbefaler å legge størst vekt på tilnærming 1, hvis de to tilnærmingene gir motstridende resultater. Dette anbefaler han fordi store mengder biologisk nedbrytbart organisk materiale vil påvirke redokspotensialet i både de frie vannmassene og substratet negativt, selv om påvirkningen i vannmassene som regel er mindre enn i substratet (Geist & Auerswald 2007). For eksempel kan en stasjon ha verdier på henholdsvis 600 og 300 mV i de frie vannmassene og substratet, mens en annen stasjon kan ha verdier på henholdsvis 400 og 200 mV. Da blir den prosentvise reduksjonen 50 % for begge stasjonene, på tross av at habitatkvaliteten er mye bedre ved den første stasjonen.



Foto 3.1b. Redoksmålestasjoner med utlegging av gytegrus i Gjersjøelva. Stasjon 6 til 9a. Alle stasjonene ligger i øvre del av elven. Ved stasjon 7b har det kun blitt lagt ut grus rett ovenfor brekket. Kontrollområdet ble lagt rett oppstrøms. Ved stasjon 9b har det kun blitt lagt ut grus i venstre del av elven (synlig i venstre billedkant). Kontrollområdet ble lagt til høyre del av elven. Fotografiene ble ikke tatt i forbindelse med redoksmålingene. Da redoksmålingene ble gjennomført var vannføringen ca. 475 l/s, mens da fotografiene ble tatt var vannføringen ca. 325 l/s (Sildre 2022). Foto: Jon H. Magerøy.

3.2 Statistiske analyser

Bare de stasjonene der det både hadde blitt lagt ut gytegrus og det var mulig å finne egnede kontrollområder, er inkludert i de statistiske analysene.

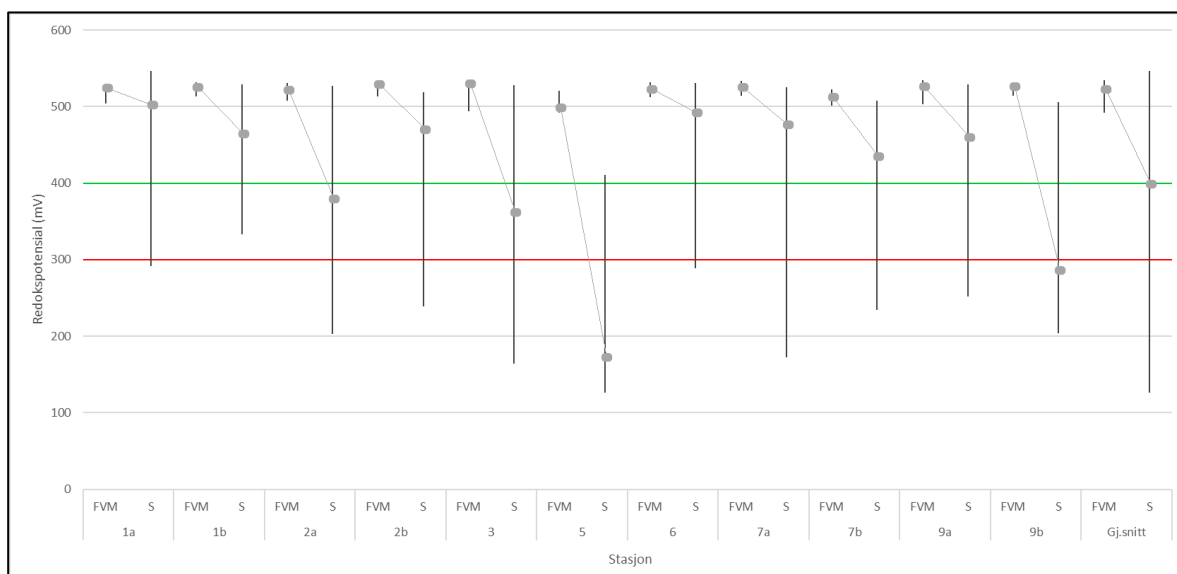
Vi testet for en forskjell i redokspotensialet mellom gytegrus- og kontrollområdene ved bruk av en lineær blandet effekt modell (LMM). Responsvariabelen var redokspotensialet i mV og prediktorvariabelen var behandling (kontroll og gytegrus). Målingsstasjon ble inkludert som blandet effekt. Vi testet for en forskjell i redokspotensialet mellom gytegrus og kontrollområdet innenfor målingsstasjoner ved bruk av t-test.



Foto 3.2. Redoksmålestasjoner i kontrollområder i Gjersjøelva. Stasjon 1a og b ligger i nedre del av elven, stasjon 2a til 5 ligger i midtre del av elven og stasjon 6 til 9b ligger i øvre del av elven. Ved stasjon 1b og 5 har det kun blitt lagt ut grus i høyre del av elven. Kontrollområdene ble lagt i venstre del av elven. Ved stasjon 3 og 7b har det kun blitt lagt ut grus rett ovenfor brekket. Kontrollområdene ble lagt rett oppstrøms. Ved stasjon 9b har det kun blitt lagt ut grus i venstre del av elven (synlig i venstre billedkant). Kontrollområdet ble lagt til høyre del av elven. Fotografiene ble ikke tatt i forbindelse med redoksmålingene. Da redoksmålingene ble gjennomført var vannføringen ca. 475 l/s, mens da fotografiene ble tatt var vannføringen ca. 325 l/s (Sildre 2022). Foto: Jon H. Magerøy.

Vi brukte en lineær blandet effekt modell for å undersøke om redokspotensialet i gytégrusen ble påvirket av det opprinnelige redokspotensialet i området og av tiden siden grusen ble lagt ut. Responsvariabelen var redokspotensialet i mV og prediktorvariablene var utleggingsåret (som faktor) og gjennomsnittlig redokspotensialet i kontrollområdet i målingsstasjonen. Målingsstasjon ble inkludert som blandet effekt.

4 Resultater

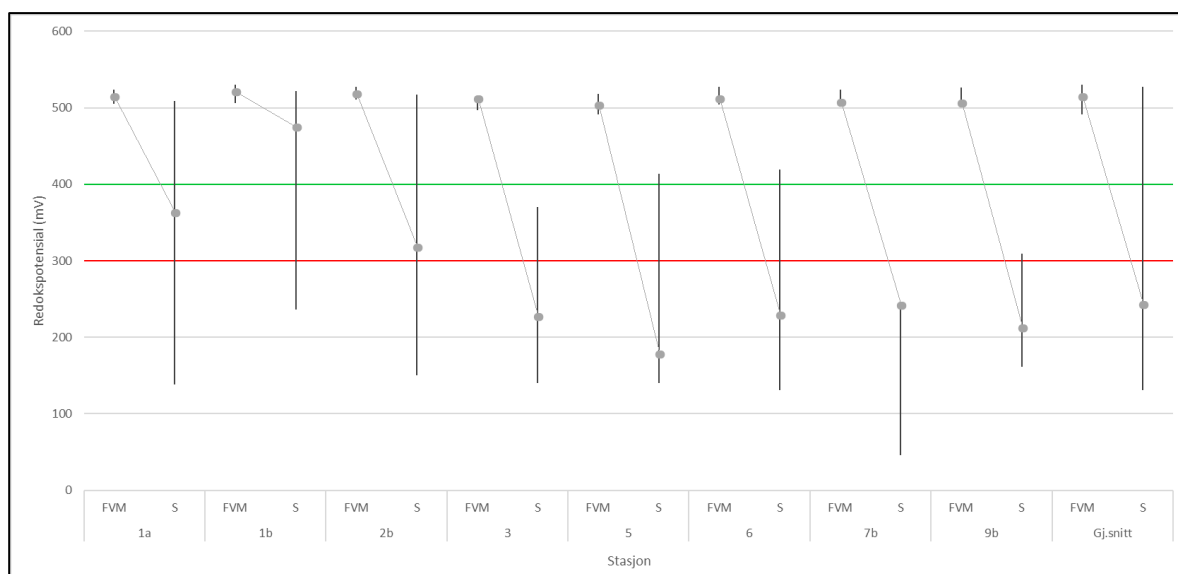


Figur 4.1. Redokspotensial i områder der det er blitt lagt ut gytegrus i Gjersjøelva. Figuren viser resultatene for områdene der det hadde blitt lagt ut grus i 2013-2018. Det vises median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver stasjon og for alle gytegrusområdene under ett (Gj.snitt). Minimumsgrensene for god (400 milliVolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Streken mellom to punkter viser forskjellen i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet.

For områdene der det hadde blitt lagt ut gytegrus i Gjersjøelva, var det mediane redokspotensialet i substratet 399 mV, reduksjonen i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet 23,7 %, og andelen substrat av god habitatkvalitet for eggene til laksefisk (redokspotensial ≥ 400 mV) var 49,7 %. I **figur 4.1** illustreres redokspotensialet i de frie vannmassene og i substratet ved alle områdene der det ble lagt ut grus, i tillegg til gjennomsnittsverdiene. For nøyaktige verdier, se **vedlegg 7.1 tabell 1a&b**. For kontrollområdene var det mediane redokspotensialet i substratet i gjennomsnitt 242 mV, reduksjonen i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet 52,9 %, og andelen substrat av god habitatkvalitet for eggene til laksefisk var 20,2 %. I **figur 4.2** illustreres redokspotensialet i de frie vannmassene og i substratet ved alle kontrollområdene, i tillegg til gjennomsnittsverdiene. For nøyaktige verdier, se **vedlegg 7.1 tabell 2a&b**.

Forskjellene i redokspotensial i substratet mellom områdene der det hadde blitt lagt ut gytegrus og kontrollområdene var signifikant (LMM: $\chi^2 = 61.7$; $P < 0.001$) når vi sammenlignet alle stasjonene som hadde egnende kontrollområder under ett. På stasjonsnivå, var denne forskjellen signifikant ved fem av de åtte undersøkte stasjonene (**tabell 4.1**). Forskjellene mellom områdene med gytegrus og kontrollområdene illustrert i **figur 4.3**. Det var også en tendens til et større redokspotensial i gytegrusen i områder med høyere redokspotensial substratet i kontrollområdene (LMM: $\chi^2 = 3.8$; $P = 0.052$; **figur 4.4**). Året grusen ble lagt ut påvirket ikke redokspotensialet i gytegrusen (LMM: $\chi^2 = 0.0$; $P = 0.945$). Redokspotensialet i gytegrusen var 378 ± 118 mV for grus utlagt 2013, 240 ± 88 mV for grus utlagt 2017 og 330 ± 124 mV for grus utlagt 2018.

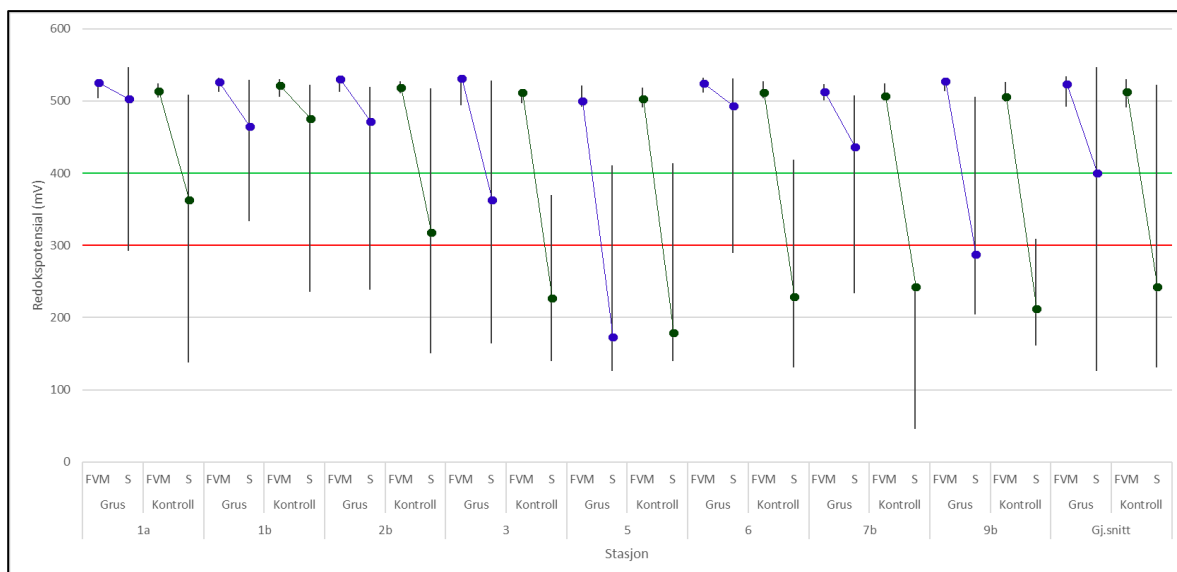
Vanntemperaturen i Gjersjøelva varierte mellom 15,9 og 17,0 °C når redoksmålingene ble gjennomført og var 16,4 °C i gjennomsnitt (egne målinger). Nivåforskjellene mellom vannoverflaten og terrestrisk vegetasjon tyder på at vannføringen var noe lavere enn alminnelig lavvannføring. NVEs vannføringsdata (Sildre 2022a) viser at vannføringen var ca. 475 l/s, mens minstevannføringen i 2018-2020 ofte var under halvparten av dette.



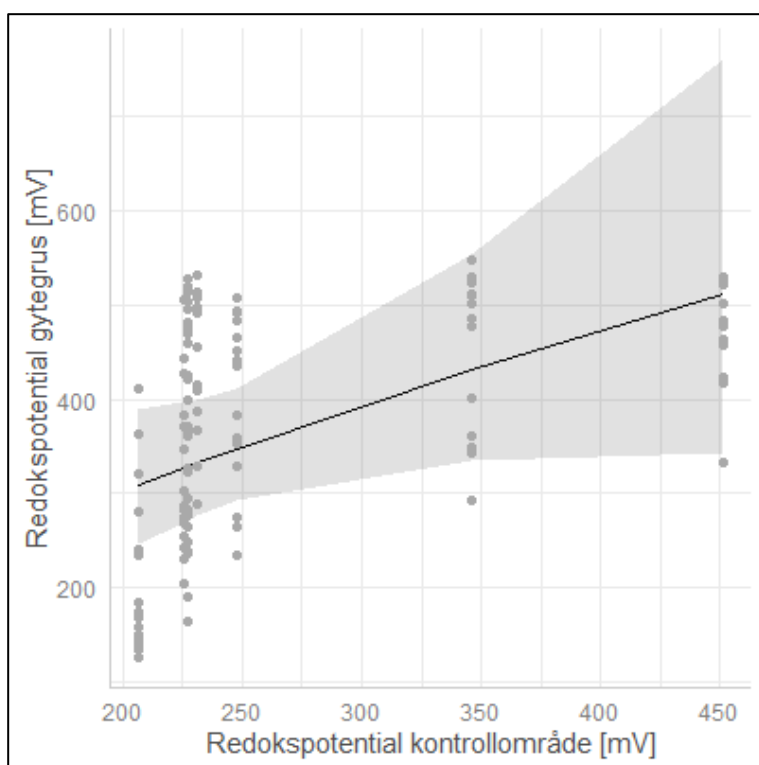
Figur 4.2. Redokspotensial i kontrollområder i Gjersjøelva. Figuren viser resultatene for områder som var egnet til å fungere som kontroller for områdene der det hadde blitt lagt ut gytegrus. Det vises median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) for hver stasjon og for alle kontrollområdene under ett (Gj.snitt). Minimumsgrensene for god (400 millivolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Streken mellom to punkter viser forskjellen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet.

Tabell 4.1. Statistiske forskjeller i redokspotensial i substratet mellom områder der det hadde blitt lagt ut gytegrus og kontrollområder innenfor stasjoner i Gjersjøelva. Bare de stasjonene der det både hadde blitt lagt ut grus og det var mulig å finne egnede kontrollområder, er inkludert i de statistiske analysene. Tabellen viser lokalitetene der det er lagt ut grus, hvilket år det er lagt ut grus ved disse lokalitetene, redoksmålingsstasjoner innenfor disse lokalitetene, og om det var statistiske forskjeller mellom gytegrus- og kontrollområdene innenfor stasjonene. Statistiske forskjeller ble testet ved hjelp av en t-test, og resultatene er representert som t- og P-verdier. For lokalisering av gytegrusutleggingsområdene i kart, se figur 3.1.

Utleggingslokalitet	Utleggingsår	Redoksmålingsstasjon	t-verdi	P-verdi
1	2013	1a	3,07	0,005
		1b	0,40	0,69
2	2013	2b	1,94	0,06
3	2013	3	3,99	<0.001
5	2013, 2017	5	0,14	0,89
6	2017, 2018	6	7,96	<0.001
7	2007, 2008, 2017, 2018	7b	4,61	<0.001
9	2007, 2008, 2017	9b	3,71	0,001



Figur 4.3. Effekt av utlegging av gytegrus på redokspotensial i Gjersjøelva. Hver enkelt av stasjonene består av ett område der det ble lagt ut grus i 2013-2018 og ett tilhørende kontrollområde. Resultatene er markert i henholdsvis blått og grønt for gytegrus- og kontrollområdene. Det vises median, maksimum og minimum redokspotensial for de frie vannmassene (FVM) og substratet (S) ved hver stasjon, og for henholdsvis gytegrus- og kontrollområdene under ett (Gj.snitt). Minimumsgrensene for god (400 milliVolt (mV)) og moderat (300 mV) habitatkvalitet er indikert med henholdsvis grønn og rød strek. Streken mellom to punkter viser forskjellen i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet.



Figur 4.4. Effekt av gjennomsnittlig redokspotensial i substratet i kontrollområdene på redokspotensialet i utlagt gytegrus i Gjersjøelva. Sirkler viser enkeltmålinger i gytegrus og linjen viser effekten estimert i en lineært blandet modell, med 95% konfidensintervall.

5 Oppsummering og diskusjon

Redoksmålingene i 2020 viser at utleggingen av gytegrus i 2013-2018 i Gjersjøelva har hatt en positiv effekt på oksygentilgjengeligheten i substratet. Mediant redokspotensial i substratet ved gytegrus- og kontrollområdene var henholdsvis 399 og 242 mV. Forskjellen i redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet var henholdsvis 23,7 og 52,9 % for områdene det hadde og det ikke hadde blitt lagt ut grus. Andelen substrat av god habitatkvalitet for eggene til laksefisk (redokspotensial ≥ 400 mv, Denic & Geist 2015) var henholdsvis 49,7 og 20,2 % ved gytegrus- og kontrollområdene. Det ble gjennomført en statistisk sammenlikning av redokspotensialet i substratet ved stasjonene der det hadde blitt lagt ut grus og det var mulig å finne egnede kontrollområder. Den viser at redokspotensialet var signifikant høyere i områdene det hadde blitt lagt ut grus, under ett for elven. På stasjonsnivå, hadde seks av åtte gytegrusområder høyere mediant redokspotensial i substratet enn de tilhørende kontrollområdene. Blant disse seks var forskjellen signifikant ved fem av stasjonene (1a, 3, 6, 7b og 9b), mens forskjellen lå i grenseland til å være signifikant ved stasjon 2b. Ved stasjon 1b og 5 var verdiene svært like for gytegrus- og kontrollområdene innad i stasjonene. Dette skyldes nok at stasjon 1b er strømssterk med lite tilslamming av det naturlige substratet, mens ved stasjon 5 var den utlagte grusen svært nedslammet.

Det ble ikke funnet en signifikant sammenheng mellom når gytegrusen hadde blitt lagt ut og redokspotensialet i gytegrusområdene i Gjersjøelva. En slik sammenheng kunne man forvente pga. tilslamming av substratet og/eller bortvasking av grusen over tid, da flere tyske studier har vist at effekten av grusutlegging forsvant i løpet av ett år (Sternecker et al. 2013a, Pander et al. 2015). Redoksmålingene i Akerselva viser derimot at effekten av grusutleggingene fremdeles var tilstede etter 4-5 år (Magerøy 2019). En mulig årsak til at vi ikke fant noen effekt av utleggingsåret og redokspotensialet, er at det er lengre tid siden grusutleggingen i nedre del av Gjersjøelva (2013) enn i midtre og øvre del av elven (2017-2018). Redoksmålingene i kontrollområdene viser at det naturlige redokspotensialet var høyere i den nedre enn de andre delene av elven. I tillegg fant vi en tendens til et større redokspotensial i gytegrusen i områder med høyere redokspotensial i kontrollområdet. Til sammen tyder dette på at det naturlige redokspotensialet er høyere i den nederste delen av elven og at tilslammingen av gytegrusen i denne delen av elven vil ta lenger tid enn i den midtre og øvre delen av elven. Dette er en mulig forklaring på at vi ikke fant en effekt av utleggingsåret på redokspotensialet.

Redoksmålingene i Gjersjøelva ble gjennomført når vannføringen (ca. 475 l/s) var en god del høyere enn minstevannføringen i løpet av et år (ofte ca. 200 l/s i perioden 2018-2022) (Sildre 2022). Vanntemperaturen var en god del lavere (16,4 °C i gjennomsnitt, egne målinger) enn makstemperaturen i løpet av et år (22-23 °C i de fleste årene i perioden 2018-2022) (Sildre 2022). Sommeren 2020 var en relativt normal sommer når det gjelder nedbør og temperatur, men i august var nedbøren omtrent halvparten av og temperaturen noe høyere enn normalt i nærområdet til elven (Yr 2022). Tilsammen tyder ikke dette på at forholdene vil være ned mot de dårligste man kan forvente i elven i løpet av en sommer (se diskusjon av sammenhengen mellom værforhold og redokspotensial i Magerøy 2022). Likevel var forholdene dårligere enn det man kan forvente når eggene til laksefisk ligger i grusen i elven. Dette er normalt fra midten av oktober til slutten av mai (Hjalmar Eide, NJFF, og Sander Engeland, OJFF, pers. med.). I denne perioden er vanntemperaturen vesentlig lavere enn når vi gjennomførte redoksmålingene, utenom i slutten av mai. I tillegg er vannføringen normalt sett høyere enn ved redoksmåledatoene, men med enkelte unntak (Sildre 2022). Dermed er det sannsynlig at redokspotensialet er høyere i perioden eggene ligger i grusen, enn det vi målte. Dermed er det også sannsynlig at målingene overvurderer effekten av utlegging av gytegrus på oksygeninnholdet i substratet i denne perioden.

Gode oksygenforhold i substratet er karakterisert av et redokspotensial på minst 300 mV, da dette tilsier oksiske forhold (Schlesinger 1991). Likevel foreslår Denic & Geist (2015) at minstekravet for eggene til laksefisk er et redokspotensial på 400 mV, basert på funn fra Sternecker et al. (2013a; 2013b). Flere andre studier viser også at høyt redokspotensial er viktig for

overlevelsene av eggene og produksjon av juvenil laksefisk (Denic & Geist 2010, Pander et al. 2009; 2015, Sternecker et al. 2014). Resultatene viser at det naturlige redokspotensialet (medianverdi på 242 mV) i substratet i Gjersjøelva er for lavt for eggene til laksefisk. Dette er ikke spesielt overraskende, gitt at den økologiske tilstanden i denne delen av elven må ansees som *moderat* basert på undersøkelsene gjennomført siden 2008 (Pura 2011; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; 2020; 2021a; 2022, Vannmiljø 2022). Utleggingen av gytegrus bidrar til å bringe redokspotensialet (medianverdi på 399 mV) opp til oksisk nivå og nesten opp til det ønskede nivået for eggene til laksefisk. Tar man i betraktning at målingene ble gjennomført på en tid av året der man forventer at redokspotensialet er lavere enn når eggene til laksefisk ligger i grusen, er det forventet at redokspotensialet vil være høyt nok for eggene i de aller fleste områdene det ble lagt ut grus. Dette gjelder likevel nok ikke gytegrusområdene ved stasjon 5 og 9b, pga. det lave redokspotensialet i disse to områdene. Når det gjelder kontrollområdene er det forventet at redokspotensialet vil være høyt nok ved stasjon 1a, 1b og kanskje 2b, mens det nok ikke vil være det ved de andre stasjonene.

Den tydelige positive effekten på redokspotensialet 2-7 år etter utleggingen av gytegrus sammenfaller med funnene fra Akerselva, der det var en tydelig positiv effekt 4-5 år etter utlegging (Magerøy 2019). Funnene fra Norge står derimot i motsetning til funnene fra Bayern i Tyskland. Der førte utlegging av grus, vasking av grus og utlegging av steingrupper (sigdformede grupper som reduserer bredden på elveløpet og fører til økt vannhastighet i området) bare til forbedringer i habitatet som varte i mindre enn 1 år (Pander et al. 2015, Sternecker et al. 2013a). Forklaringen på varigheten i tiltakene er sannsynligvis at sedimenttransporten i Gjersjøelva og Akerselva er lavere enn de undersøkte vassdragene i Tyskland. I tillegg kan tidspunktet for undersøkelsene i de norske elvene bidra til å overdrive effekten av utleggingen av grusen noe. Det ene studiet fra Tyskland kan også ha overdrevet effekten noe, da målingene også ble gjennomført om sommeren (Pander et al. 2015), mens det andre studiet gjennomførte målingene sent på høsten og om vinteren (Sternecker et al. 2013a).

Redoksmålinger er også blitt brukt til å evaluere habitatkvaliteten for virvelløse dyr (andre enn elvemusling) og bakterier i tidligere undersøkelser i andre vassdrag, men kunnskapen på området er svært begrenset. Et studie har vist at det er en sammenheng mellom redokspotensialet og sammensetningen av artssamfunnet av virvelløse dyr (Knott et al. 2019). Et annet studie har vist at høyere redokspotensial er forbundet med høyere diversitet (en jevnere fordeling av antall individer mellom artene) blant bakterier, mens det ikke var noen sammenheng med artsrikdom (Mueller et al. 2013). Dermed har utleggingen av gytegrus i Gjersjøelva antakelig også påvirket artssamfunnet av virvelløse dyr og diversiteten blant bakterier, uten at vi vet noe nærmere om dette.

Resultatene viser at utlegging av gytegrus i Gjersjøelva har hatt en positiv effekt på habitatkvaliteten for eggene til laksefisk, mens effekten på virvelløse dyr og bakterier er mindre sikker. For laksefisk har utleggingen bidratt til at områder som var uegnet som gytehabitat nå er egnede. I tillegg viser funnene at effekten av utlegging av grus varer relativt lenge (minst 7 år ved noen av stasjonene). Disse funnene sammenfaller også med funnene fra Akerselva, der effekten har vart i minst 4-5 år. Funnene fra disse to elvene er sannsynligvis representative for de fleste vassdrag der habitatkvaliteten i utgangspunktet er dårlig og der sedimenttransporten er relativt liten. I vassdrag med høyere sedimenttransport, vil effekten sannsynligvis være kortvarig, som vist i Tyskland (Pander et al. 2015, Sternecker et al. 2013a). I vassdrag med enda lavere sedimenttransport enn i Gjersjøelva og Akerselva, vil effekten av utlegging av grus antakelig være enda mer langvarig.

Basert på undersøkelsene i Gjersjøelva og Akerselva, er det åpenbart at flere oppfølgende undersøkelser for å evaluere langvarigheten av effekten av grusutlegging er nødvendig. I Akerselva ble slike undersøkelser gjennomført i 2022, men resultatene har ikke blitt analysert enda (Jon H. Magerøy, unpubl. mat.). I Gjersjøelva ble det gjennomført ny grusutlegging i 2021, og dette arbeidet skal videreføres (Stenersen 2022). Dermed er ikke oppfølgende undersøkelser like aktuelle i denne elven, i hvert fall ikke med det første. Det er også ønskelig å gjennomføre likende

undersøkelser i vassdrag med både høyere og lavere sedimenttransport enn Gjersjøelva og Akerselva, for å evaluere forskjeller i effekten mellom forskjellige vassdragstyper. Det hadde også vært ønskelig å undersøke sammenhengen mellom redokspotensial og virvelløse dyr (utenom elvemusling) og bakterier nærmere, da det bare er svært begrenset kunnskap om disse sammenhengene (Knott et al. 2019, Mueller et al. 2013). Studier av sammenhengen mellom redokspotensial og flere forskjellige organismegrupper i ferskvann, vil kunne vise om redokspotensial kan brukes til å evaluere habitatkvalitet i rennende vann på et mer generelt grunnlag.

Redoksmålingene fra Gjersjøelva bør benyttes til å planlegge videre gytegrusutlegging i elven. Målingene viser at utleggingen av grus har hatt en positiv effekt på habitatkvaliteten for eggene til laksefisk ved nesten alle utleggingsområdene. Dermed er utlegging av gytegrus en egnet metode for å bedre habitatkvaliteten for laksefisk i elven. Målingene fra kontrollområdene viser at det med fordel kan legges ut gytegrus på egnede steder der det ikke har blitt lagt ut gytegrus. Dette gjelder hele elven, kanskje med unntak av aller nederst mot utløpet. Samtidig var habitatkvaliteten i 2020 god ved det aller fleste av utleggingsområdene. Det betyr at disse områdene ikke har behov for utlegging av ny grus eller vasking av gytegrusen på kort sikt, men vil ha det på lengre sikt. Likevel var det utleggingsområder der det er behov for å bedre habitatkvaliteten. Dette gjaldt spesielt utleggingsområder i midtre del av elven (5 og i mindre grad 2a og 3), men også område 9b i øvre del av elven. Resultatet av redoksmålingene ble tilgjengeliggjort for Oppgård Jeger- og Fiskeforening, slik at de kunne benytte dem i planleggingen av gytegrusutleggingen i 2021 og utleggingene som er planlagt for årene fremover (Stenersen 2022).

Redoksmålinger kan benyttes, som i Gjersjøelva, for å gi spesifikke råd om det bør legges ut gytegrus, hvor det bør legges ut gytegrus, og hvor gytegrusen har blitt tilslammet og det bør legges ut ny grus eller grusen bør vaskes. Avhengig av ressursene som er tilgjengelig for utlegging og vedlikehold av gytegrus, kan redokspotensialet også brukes til å gi noen råd om hvilke områder som bør prioriteres. Hvis ressursene er begrensede, bør man prioritere områder der utleggingen vil ha en langvarig effekt. Det vil si områder som har noe for dårlig habitatkvalitet for eggene til laksefisk, der utleggingen vil gi god habitatkvalitet i lengre tid fremover. Hvis man har mye ressurser, kan man også prioritere å legge ut og vedlikeholde gytegrus i områder med dårlig habitatkvalitet. Etter hvert som vi bygger opp data om hvor lenge gytegrusutlegginger har en effekt, i forskjellige typer elver, kan man også gi generelle råd om hvor ofte slik nyutlegging eller varsling bør gjennomføres.

6 Referanser

Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.E., Skoglund, H. & Wiers, T. 2006. Utlegging av gytegrus i tilknytning til terskler som habitatforbedrende tiltak for aure og laks. NVE Miljøbasert Vannføring Rapport 6-2006.

Bloomer, J., Sear, D., Duety-Magni, P. & Kemp, P. 2016. The effects of oxygen depletion due to upwelling groundwater on the posthatch fitness of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 73: 1830-1840.

Brümmer, G.W. 2002. Redoxreaktionen. S. 136-143 i: Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K. & Wilke, B.-M. 2002. Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Deutschland.

Côte, J., Roussel, J.-M., Le Cam, S., Bal, G. & Evanno, G. 2012. Population differences in response to hypoxic stress in Atlantic salmon. Journal of Evolutionary Biology 25: 2596-2606.

Denic, M. & Geist, J. 2010. Habitat suitability analysis for lacustrine brown trout (*Salmo trutta*) in Lake Walchensee, Germany. Implications for the conservation of an endangered flagship species. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 20: 9-17.

Denic, M. & Geist, J. 2015. Linking stream sediment deposition and aquatic habitat quality in pearl mussel streams. Implications for conservation. River Research and Applications 31: 943-952.

Duerregger, A., Pander, J., Palt, M., Mueller, M., Nagel, C. & Geist, J. 2018. The importance of stream interstitial conditions for the early-life-stage development of the European nase (*Chondrostoma naus* L.). Ecology of Freshwater Fish 27: 920-932.

Einum, S., Berger, H.M. & Fjelstad, H.-P. 2006. Effekter av ekstremflom på kunstig etablerte gyteområder og fisketetthet i Gråelva, Nord-Trøndelag. NINA Rapport 220. Norsk institutt for naturforskning.

Enerud, J. 2012. Resultat av fiskeundersøkelsen i vassdrag i Follo-regionen. I forbindelse med PURA-prosjektet i 2012. Fisk- og miljøundersøkelser, Notat.

Fischer, W.R., Flessa, H. & Schaller, G. 1989. pH values and redox potentials in microsites of the rhizosphere. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 152: 191-195.

Gabrielsen, S.-E., Barlaup, B.T., Skoglund, H. & Wiers, T. 2007. Rognplanting, etablering av et nytt gyteområde og gytefisketelling i Flekke og Guddalsvassdraget. Undersøkelser i perioden 2001-2006. LFI-Rapport 144.

Geist, J. & Auerswald, K. 2007. Physiochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). Freshwater Biology 52: 2299-2316.

GeoNorge. 2020. Norge Digitalt. Kartverket, GEOVEKST og kommunene.

Greig, S.M., Sear, D. & Carling, P.A. 2005. The impact of fine sediment accumulation on the survival of incubating salmon progeny. Implications for sediment management. Science of the Total Environment 344: 241-258.

Hartmann, U. 1988. Probleme der Eientwicklung der Meerforelle in der Stör. Vorschläge zu einer Lösung. Arbeiten des deutschen Fischerei-Verbandes 46: 72-94.

Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 2016. Spredning av ferskvannsfisk i Norge. En fylkesvis oversikt og nye registreringer i 2015. NINA Rapport 1205. Norsk institutt for naturforskning.

Hesthagen, T., Sandlund, O.T. & Brabrand, Å. 2012. Forekomst og status for gjørs *Stizostedion lucioperca* i Norge. Fauna 65: 2-12.

- Ingendahl, D. 2001. Dissolved oxygen concentration and emergence of sea trout fry from natural redds in tributaries of the River Rhine. *Journal of Fish Biology* 58: 325-341.
- Johnsen, B.O. & Hvidsten, N.A. 2005. Vassdragsregulering og sikringstiltak mot kvikkleireskred i Vigda og Børselva. Effekter på laks og laksefiske. NINA Rapport 35. Norsk institutt for naturforskning.
- Kart i min kommune. 2022. Berggrunn N250 (M 1:250.000). Nasjonal berggrunnsdatabase. Norges Geologiske Undersøkelse, Trondheim, Norge. <https://geo.ngu.no/kart/minkommune/>
- Killeen, I.J. 2011. Monitoring substrate and interstitial quality of the River Our, Luxembourg. EU-Project LIFE05Nat/L/000116 "Restauration des populations des moules perlières en Ardennes". Upublisert Rapport.
- Kondolf, G.M., Williams, J.G., Horner, T.C. & Milan, D. 2008. Assessing physical quality of spawning habitat. *American Fisheries Society Symposium* 65: 1-26.
- Knott, J., Mueller, M., Pander, J. & Geist, J. 2019. Effectiveness of catchment erosion protection measures and scale-dependent response of stream biota. *Hydrobiologia* 830: 77-92.
- Knott, J., Nagel, C. & Geist, J. 2021. Wasted effort or promising approach. Does it make sense to build an engineered spawning ground for rheophilic fish in reservoir cascades? *Ecological Engineering* 173: e106434.
- Larsen, B.M. 2012. Redokspotensial som metode for å kartlegge substratkvalitet for elvemusling. S. 46-65 i: Larsen, B.M. (red.). 2012. Elvemusling og konsekvenser av vassdragsreguleringer. En kunnskapsoppsummering. Rapport Miljøbasert Vannføring 8-2012.
- Magerøy, J.H. 2017a. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Agder. Redoksmålinger i Hammerbekken, Lilleelv, Storelva, Straibekken og Vassbotnbekken. NINA Rapport 1419. Norsk institutt for naturforskning.
- Magerøy, J.H. 2017b. Evaluering av habitatkvalitet for juvenil elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Oslo og Akershus. Redoksmålinger i Askerelva, Movassbekken, Raudsjøbekken og Sogsvannsbekken. NINA Rapport 1418. Norsk institutt for naturforskning.
- Magerøy, J.H. 2019. Redoksmålinger i Akerselva i Oslo. Effekten av utlegging av gytegrus på habitatkvalitet for egg fra laksefisk. NINA Rapport 1699. Norsk institutt for naturforskning.
- Magerøy, J.H. 2022. Evaluering av habitatkvalitet for ung elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i Oslo og Viken. Redoksmålinger fra Nitelva i 2018 og 2021, med tidsserier fra Askerelva og Sogsvannsbekken. NINA Rapport 2121. Norsk institutt for naturforskning.
- Malcolm, I.A., Youngson, A.F. & Soulsby, C. 2003. Survival of salmonid eggs in a degraded gravel-bed stream. Effects of groundwater-surface water interactions. *River Research and Applications* 19: 303-316.
- Malcolm, I.A., Soulsby, C. & Youngson, A.F. 2006. High-frequency logging technologies reveal state-statedependent hyporheic process dynamics. Implications for hydroecological studies. *Hydrological Processes* 20: 615-622.
- Malcolm, I.A., Greig, S.M., Youngson, A.F. & Soulsby, C. 2008. Hyporheic influences on salmon embryo survival and performance. P. 615-622 in: Seard, D. & DeVries, P. (Eds.) 2008. Salmonid Spawning Habitat in Rivers. Physical Controls, Biological Responses, and Approaches to Remediation. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA.
- Merz, J.E. & Setka, J.D. 2004. Evaluation of a spawning habitat enhancement site for Chinook salmon in a regulated California river. *North American Journal of Fisheries Management* 24: 397-407.

Meyer, E.I., Niepagenkemper, O., Molls, F. & Spänhoff, B. 2008. An experimental assessment of the effectiveness of gravel cleaning operation in improving hyporheic water quality in potential salmonid spawning areas. *River Research and Applications* 24: 119-131.

Michel, C. 2013. Fine Sediment Effects in Trout. New Insights from Laboratory and Field Studies. PhD-Thesis, Faculty of Philosophy and Natural Science, University of Basel, Basel, Switzerland.

Mueller, M., Pander, J., Wild, R., Lueders, T. & Geist, J. 2013. The effects of stream substratum texture on interstitial conditions and bacterial biofilms. Methodological strategies. *Limnologica* 43: 106-113.

Nagel, C., Pander, J., Mueller, M. & Geist, J. 2019. Substrate composition determines emergence success and development of European nase larvae (*Chondrostomata nasus* L.). *Ecology of Freshwater Fish* 29: 121-131.

Nagel, C., Mueller, M., Pander, J. & Geist, J. 2020. Making up the bed. Gravel cleaning as a contribution to nase (*Chondrostoma nasus* L.) spawning and recruitment success. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 30: 2269-2283.

NEVINA. 2022. Nedbørfelt-vannføring-indeks-analyse. Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Oslo, Norge. <https://nevina.nve.no/>

Norge i bilder. 2022. Kartutsnitt. Statens vegvesen, Norsk institutt for bioøkonomi og Statens kartverk. <https://norgeibilder.no/>

NVE Atlas. 2022. NVE Atlas 3.0. NVE, Oslo. <https://atlas.nve.no/>

Pander, J., Mueller, M. & Geist, J. 2015. A comparison of four stream substratum restoration techniques concerning interstitial conditions and downstream effects. *River Research and Applications* 31: 239-255.

Pander, J., Schnell, J., Sternecker, K. & Geist, J. 2009. The 'egg sandwich'. A method for linking spatially resolved salmonid hatching rates with habitat variables in stream ecosystems. *Journal of Fish Biology* 74: 683-690.

Pulg, U., Barlaup, B.T., Skoglund, H., Velle, G., Gabrielsen, S.-E., Stranzl, S., Olsen, E.E., Lehmann, G.B., Wiers, T., Skår, B., Normann, E. & Fjellstad, H.-P. 2017. Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø. God praksis ved miljøforbedrende tiltak i elver og bekker. LFI-rapport 296.

PURA. 2011. Årsrapport 2008-2010. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.

PURA. 2012. Årsrapport 2011. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.

PURA. 2013. Årsrapport 2012. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.

PURA. 2014. Årsrapport 2013. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.

PURA. 2015. Årsrapport 2014. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.

PURA. 2016. Årsrapport 2015. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.

PURA. 2017. Årsrapport 2016. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.

- PURA. 2018. Årsrapport 2017. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.
- PURA. 2019. Årsrapport 2018. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.
- PURA. 2020. Årsrapport 2019. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.
- PURA. 2021a. Årsrapport 2020. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.
- PURA. 2021b. Årungenvassdraget og Gjersjøvassdraget. Fosfor og planteplankton 2012 - 2020. Pura Vannområde Follo/Oslo, Trendrapport.
- PURA. 2022. Årsrapport 2021. PURA Vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Pura Vannområde Follo/Oslo, Årsrapport.
- QGIS Developmental Team. 2018. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.osegeo.org/>
- Riss, H.W., Meyer, E.I. & Niepagenkemper, O. 2008. A novel and robust device for repeated small-scale oxygen measurement in riverine sediments. Implications for advanced environmental surveys. *Limnology and Oceanography: Methods* 6: 200-207.
- Rubin, J.-F. & Glimsäter, C. 1996. Egg-to-fry survival of the sea trout in some streams of Gotland. *Journal of Fish Biology* 48: 585-606.
- Schlesinger, W.H. 1991. Biogeochemistry. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Sildre. 2022. Vannføring for Gjersjøelva v/Oppegård båthavn (5.9.0). Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Oslo, Norge. <https://sildre.nve.no/>
- Stenersen, F. 2021. Rapport om Gjersjøelva 2020. Oppegård Jeger- og Fiskerforening, Rapport.
- Stenersen, F. 2022. Rapport om Gjersjøelva 2021. Oppegård Jeger- og Fiskerforening, Rapport.
- Sternecker, K. & Geist, J. 2010. The effects of stream substratum composition on the emergence of salmonid fry. *Ecology of Freshwater Fish* 19: 537-544.
- Sternecker, K., Wild, R. & Geist, J. 2013a. Effects of substratum restoration on salmonid habitat quality in a subalpine stream. *Environmental Biology of Fishes* 96: 1341-1351.
- Sternecker, K., Cowley, D.E. & Geist, J. 2013b. Factors influencing the success of salmonid egg development in river substratum. *Ecology of Freshwater Fish* 22: 322-333.
- Sternecker, K., Denic, M. & Geist, J. 2014. Timing matters. Species-specific interactions between spawning time, substrate quality, and recruitment success in three salmonid species. *Ecology and Evolution* 4: 2749-2758.
- Stoeckl, K., Denic, M. & Geist, J. 2020. Conservation status of two endangered freshwater mussel species in Bavaria, Germany. Habitat quality, threats, and implications for conservation management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 30: 647-661.
- Vannmiljø. 2022. Vannmiljø. Registrering og analyse av tilstand i vann. Miljødirektoratet, Trondheim, Norge. <https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>
- Youngson, A.F., Malcolm, I.A., Thorley, J.L., Bacon, P.J. & Soulsby, C. 2004. Long-residence groundwater effects on incubating salmonid eggs. Low hyporheic oxygen impairs embryo development. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 2278-2287.
- Yr. 2022. Hovin. Meteorologisk institutt og NRK, Oslo. <https://www.yr.no/nb/>

Zeh, M. & Dönni, W. 1994. Restoration of spawning grounds for trout and grayling in the river High-Rhine. *Aquatic Sciences* 56: 59-69.

7 Vedlegg

7.1 Redoksmålinger

Tabell 1a. Redokspotensial i utlagt gytegrus ved stasjon 1-5 i Gjersjøelva i 2020. Tabellen viser resultater for områdene med gytegrus innenfor utleggingslokalitet 1-5 og gjennomsnittet for områdene med gytegrus i hele elven. De to øverste radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nederste radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene var null for alle stasjoner og er ikke tatt med i tabellen. Se **figur 3.1** for lokalisering av stasjonene i kart og **tabell 3.1** for nøyaktig lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 1a	Stasjon 1b	Stasjon 2a	Stasjon 2b	Stasjon 3	Stasjon 5	Gj.snitt
Gjennomsnittlig redokspotensial (mV) (min-max)	FVM	524 (504-527)	525 (513-532)	522 (508-531)	529 (513-534)	530 (494-534)	499 (492-521)	523 (492-535)
	Substrat	502 (292-547)	464 (333-529)	379 (203-527)	470 (239-519)	362 (164-528)	172 (126-411)	399 (126-547)
% reduksjon	NA	4,2	11,6	27,4	11,2	31,7	65,6	23,7
% >400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100	100
	Substrat	73,3	86,7	33,3	60,0	26,7	6,3	49,7
% 300-400 mV	Substrat	20,0	13,3	20,0	6,7	40,0	12,5	21,6
% <300 mV	Substrat	6,7	0	46,7	33,3	33,3	81,2	28,7

Tabell 1b. Redokspotensial i utlagt gytegrus ved stasjon 6-9 i Gjersjøelva i 2020. Tabellen viser resultater for områdene med gytegrus innenfor utleggingslokalitet 6-9 og gjennomsnittet for områdene med gytegrus i hele elven. De to øverste radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nederste radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene var null for alle stasjoner og er ikke tatt med i tabellen. Se **figur 3.1** for lokalisering av stasjonene i kart og **tabell 3.1** for nøyaktig lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 6	Stasjon 7a	Stasjon 7b	Stasjon 9a	Stasjon 9b	Gj.snitt
Gjennomsnittlig redokspotensial (mV) (min-max)	FVM	523 (512-532)	525 (514-534)	512 (501-523)	526 (503-535)	526 (514-531)	523 (492-535)
	Substrat	492 (289-531)	477 (172-525)	435 (234-508)	460 (252-529)	286 (204-506)	399 (126-547)
% reduksjon	NA	5,9	9,2	15,0	12,5	45,6	23,7
% >400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100
	Substrat	73,3	56,2	53,3	60,0	20,0	49,7
% 300-400 mV	Substrat	20,0	18,8	26,7	33,3	26,7	21,6
% <300 mV	Substrat	6,7	25,0	20,0	6,7	53,3	28,7

Tabell 2a. Redokspotensial ved kontrollområdene ved stasjon 1-5 i Gjersjøelva i 2020. Tabellen viser resultater for kontrollområdene ved utleggingslokalitet 1-5 og gjennomsnittet for kontrollområdene i hele elven. De to øverste radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i median redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nederste radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene var null for alle stasjoner og er ikke tatt med i tabellen. Se **figur 3.1** for lokalisering av stasjonene i kart og **tabell 3.1** for nøyaktig lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 1a	Stasjon 1b	Stasjon 2b	Stasjon 3	Stasjon 5	Gj.snitt
Gjennomsnittlig redokspotensial (mV) (min-max)	FVM	513 (505-524)	520 (506-530)	517 (511-527)	511 (497-513)	502 (491-518)	513 (491-530)
	Substrat	362 (138-509)	474 (236-522)	317 (150-517)	226 (140-370)	178 (140-414)	242 (131-527)
% reduksjon	NA	29,5	8,8	38,7	55,8	64,6	52,9
% >400 mV	FVM	100	100	100	100	100	100
	Substrat	31,3	86,6	25,0	0	0	20,2
% 300-400 mV	Substrat	31,3	6,7	31,3	6,7	6,3	15,3
% <300 mV	Substrat	37,4	6,7	43,7	93,3	93,7	64,5

Tabell 2b. Redokspotensial ved kontrollområdene ved stasjon 6-9 i Gjersjøelva i 2020. Tabellen viser resultater for kontrollområdene ved utleggingslokalitet 6-9 og gjennomsnittet for kontrollområdene i hele elven. De to øverste radene viser median, maksimum og minimum redokspotensial (mV) for henholdsvis de frie vannmassene (FVM) og substratet. Deretter vises prosent reduksjon i mediant redokspotensial mellom de frie vannmassene og substratet. De nederste radene viser prosentandel redokspotensial over 400 mV i de frie vannmassene, og prosentandel redokspotensial over 400, mellom 400 og 300, og under 300 mV i substratet. Prosentandel redokspotensial under 400 mV i de frie vannmassene var null for alle stasjoner og er ikke tatt med i tabellen. Se **figur 3.1** for lokalisering av stasjonene i kart og **tabell 3.1** for nøyaktig lokalisering av stasjonene.

Parameter	Medium	Stasjon 6	Stasjon 7b	Stasjon 9b	Gj.snitt
Gjennomsnittlig Redokspotensial (mV) (min-max)	FVM	511 (504-527)	506 (504-524)	505 (503-526)	513 (491-530)
	Substrat	228 (131-419)	241 (133-467)	211 (161-309)	242 (131-527)
% reduksjon	NA	55,5	52,4	58,2	52,9
% >400 mV	FVM	100	100	100	100
	Substrat	6,3	6,7	0	20,2
% 300-400 mV	Substrat	12,5	20,0	13,3	15,3
% <300 mV	Substrat	81,2	73,3	86,7	64,5

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4823-5

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger