

Avrenning av partikler i anleggsprosjekter – betydning for fisk og vannmiljø

Av Roger Roseth, Lene Sørli Heier, Arne Heggland, Øistein Preus Hveding, Johanna Skrutvold, Yvonne Rognan og Håvard Kjerkol

Roger Roseth (M.Sc) er seniorforsker ved Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).

Lene Sørli Heier (Ph.D) er sjefingeniør hos Statens vegvesen.

Arne Heggland (M.Sc) er sjefingeniør hos Statens vegvesen.

Øistein Preus Hveding (M.Sc) er seniorrådgiver hos Norconsult.

Johanna Skrutvold (M.Sc) er forsker ved NIBIO.

Yvonne Rognan (M.Sc) er forsker ved NIBIO.

Håvard Kjerkol (M.Sc) er seniorrådgiver miljø InterCity hos Jernbaneverket.

Summary

Particle run-off from construction sites: effects on fish and aquatic environment. Construction sites may affect nearby water recipients by increased runoff of suspended material, and increased turbidity may influence the stream biology. The objective of the present paper was to investigate how trout and benthic invertebrates were affected in four different construction projects in southern Norway. The results indicate no negative effects on population levels. In several streams we found trout density to increase during and after construction. The macroinvertebrate community seemed unaffected by short term exposure to high particle loads during the construction period. Long term exposure effects have not been considered in this study. These preliminary results may provide a basis for discussing thresholds for turbidity and SS in discharge permits in construction projects. Compilation of data from environmental monitoring of streams, rivers and lakes during large construction projects represents a valuable tool for understanding and predicting biological and chemical effects in catchments affected by such activities.

Sammendrag

Bygging av store samferdselsprosjekter kan gi avrenning av partikler til vassdrag, både naturlige og anleggsskapte. Utslipp av partikler kan medføre biologiske effekter for fisk og andre vannlevende organismer. Formålet med denne sammenstillingen var å undersøke hvordan tetthet av ørret og bunndyrsamfunn ble påvirket av økte partikkelkonsentrasjoner ved fire ulike anleggsprosjekter i Vestfold og Telemark. Undersøkelsene indikerte at økte partikkelkonsentrasjoner ikke ga vesentlige negative effekter på tetthet av ungfisk og sammensetningen av bunndyrsamfunnet. Flere av bekkene viste økende tetthet av ørretunger, både under og rett etter anleggsfasen. For bunndyr var det små endringer i ASPT-indeksen, men med større variasjon for registrert antall EPT-arter. Erfaringene kan bidra til kunnskapsbaserte utslippskrav for suspendert stoff (SS) og turbiditet i samferdselsprosjekter. Den store kunnskapsbasen fra miljøoppfølging av vassdrag langs store samferdselsprosjekter bør sammenstilles og utnyttes bedre, for å trygge og utvikle det faglige kunnskapsgrunnlaget med hensyn til anleggseffekter og bevaring av lang-siktig bærekraft og biologi i berørte vassdrag.

Innledning

Bygging av veg og bane kan ha stor påvirkning på berørte resipienter. Anleggsarbeider har flere mulige forurensningskilder, slik som eksempelvis erosjon fra gravearbeider, utslipp av vann fra tunneldriving, avrenning fra områder med forurenset grunn, uhellsutslipp m.m. Den vanligste forurensingen er økt avrenning av ulike typer partikler. Partiklene kan være naturlige, slik som leire, silt eller sand, organiske partikler fra myr, humus eller planterester og jernutfellinger. De kan også være anleggsskapt i form av partikler fra sprengning og sprengstein, borekaks fra ladehull, eller nedknust pukk fra anleggsveger. Et utbyggingsprosjekt har oftest en relativt kort gjennomføringsperiode (2-4 år) og dermed kort påvirkningsperiode på resipient. Selv om påvirkningen kan være relativt kort, kan effektene i resipientene være langvarige (Lundi et al. 2016a og Lundi et al. 2016b). Eventuelle langvarige effekter må ikke gi konflikt med Vannforskriftens krav (FOR-2019-12-12-1760) om at vannforekomsten skal oppnå god økologisk og kjemisk tilstand.

Bekker med avrenning fra bygging av større samferdselsprosjekter får ofte økte konsentrasjoner av partikler, og enkelte bekker kan i noen tilfeller bli «grå» av partikler gjennom hele anleggsperioden. De visuelle effektene kan oppleves som uønsket og støtende med hensyn til opplevelsesverdi langs vassdragene, og det er antatt at det har en negativ effekt på akvatisk biota. Konsekvensanalyser og miljørisikovurderinger jobber gjerne på et generelt nivå, og adresserer ofte faren for nedslamming av funksjonsområder eller faren utslipp av skarpkantede partikler som kan føre til akutt dødelighet hos

fisk. Det er få publiserte studier som systematisk har sett på effekten av ulike typer partikler og konsentrasjonsnivåer, og risikovurderinger og utslippstillatelser bygger ofte på arbeidene fra Alabaster og Lloyd (Alabaster and Lloyd 1980 og Alabaster 1972), en rapport fra Norsk forening for fjellsprengningsteknikk (NFF 2009), EIFACs vurdering av vannkvalitetskriterier for ferskvannsfisk (EIFAC 1964) og Dag Hessens rapport om uorganiske partikler i vann (Hessen 1992). I tillegg brukes SFTs veileder 97:04 (SFT 1997) som støtte for vurderingene. Det antas som oftest at produksjon av fisk og biologisk mangfold vil kunne bli redusert under perioder med høy avrenning av partikler og at det vil ta tid å komme tilbake til normale forhold. I utslippstillatelser etter forurensingsloven er ofte vurderingene fra NFF 2009 samt EIFAC 1964 utgangspunktet for vurdering av utslippskrav med hensyn til fisk, som vist i tabell 1.

Mengde partikler i vann kan måles som suspendert stoff (mg SS/l) etter filtrering, tørking og veiing. Måling av turbiditet (vannets uklarehet) gir et indirekte mål på mengde partikler i vannet basert på partiklenes spredning og refleksjon av lys, og kan enkelt utføres som automatiserte målinger. Turbiditet måles i NTU (Nephelometric Turbidity Units), som er identisk med enhetene FNU og FTU. Basert på målinger kan det etableres en sammenheng mellom turbiditet og mengde partikler i en vannforekomst (Ruegner et al. 2013). Sammenhengen kan påvirkes av flere faktorer som form og størrelse av partiklene, mengde organisk materiale, fargetall med mer. Usikkerhetene kan ivaretas gjennom kalibreringsrutiner for hver enkelt vannforekomst.

Tabell 1. EIFACs (1964) retningslinjer for hvordan konsentrasjoner av naturlige partikler kan påvirke produksjon av fisk i vassdrag.

Suspendert stoff (mg/l)	Effekter på fisket
< 25 mg/l	Ingen skadelig effekt
25 – 80 mg/l	Godt til middels godt fiske. Noe redusert avkastning
80 – 400 mg/l	Betydelig redusert fiske
> 400 mg/l	Meget dårlig fiske, sterkt redusert avkastning

Andre vurderinger av grenseverdier for partikler og turbiditet i vassdrag har tatt utgangspunkt i Hessens rapport (Hessen 1992), som beskriver at nåleformede anleggspartikler kan gi skade på fiskebestander allerede ved konsentrasjoner på 5 mg SS/l. Tilsvarende har SFTs veileder 97:04 (SFT.1997) blitt brukt for vurdering av grenseverdi, der en turbiditet på over 5 NTU blir klassifisert som «Meget dårlig tilstand».

Utslippstillatelser for vassdrag bruker ofte angitte grenseverdier konservativt, der målingene i vassdraget aldri skal overskride angitte verdier, mens referert litteratur synes å ta utgangspunkt i gjennomsnittsverdier over en lengre periode. Mange utslippstillatelser gir grenseverdier for suspendert stoff eller turbiditet for rensset vann som føres til utslipp i vassdraget, og fokuserer altså ikke på den «opplevde belastningen» i resipienten.

Ulike vassdrag har ulike naturgitte kvaliteter i form av fiskebestander, mangfold, forvaltningsrelevante arter, naturtypeområder, økosystemfunksjon, rekreasjon samt betydning som landskapselement. Utslippskravene bør ivareta de nevnte kvalitetene, og bør følgelig vise en logisk variasjon avhengig av hvilke verdier skal beskyttes, hvor sensitive disse er for påvirkning og om det kan forventes langvarige eller permanente skadeeffekter i vassdraget. Herunder bør det inngå vurderinger av miljøkrav for arter som skal beskyttes samt mulig påvirkning av deres funksjonsområder.

Ofte skilles det mellom naturlige og avrundede partikler og potensielt mer skarpkantede anleggspartikler, der sistnevnte har blitt vurdert å kunne være mer problematiske for gjellefunksjon hos fisk.

For store samferdselsprosjekter utføres det gjerne omfattende undersøkelser av fisk, bunndyr, begroingsalger og vannkvalitet i vassdrag før, under og etter anleggsperioden. Det er utført mange slike undersøkelser, men data er ikke alltid tilgjengelig slik at kunnskapen og erfaringene kan videreføres.

Hensikten med dette studiet er å sammenstille noen resultater og erfaringer for fisk og

bunndyr fra fire utbyggingsprosjekter for veg og jernbane i Vestfold og Telemark fylke, med hensyn til effekter på produksjon av laksefisk samt mangfold og økologisk tilstand for bunndyrsamfunnet som følge av økte konsentrasjoner av partikler under anleggsfasen. Omtalte arbeider er i hovedsak dagsonearbeider, der det ikke ble gitt utslippstillatelser, men med føringer i Miljøoppfølgingsprogram/plan for ytre miljø (YM-plan) for prosjektene. For rensset anleggsvann fra tunneldriving og avrenning fra rensedammer for steindeponier ble det gitt grenseverdier i utslippstillatelser fra Fylkesmannen (nå Statsforvalteren).

Studieområde og resultater

I de fire aktuelle samferdselsprosjektene har det vært omfattende anleggsarbeid i tilknytning til vassdrag, med påfølgende økte konsentrasjoner av partikler i berørte bekker og elver. Prosjektene som ble valgt ut hadde tilgjengelige data for vannkjemiske og biologiske parametere i vassdragene før, under og etter anleggsperioden. Målte og dokumenterte endringer for vannkvalitet er omtalt kortfattet, og samlet dokumentasjon er gitt i rapportene for de enkelte prosjektene. Resultatene i prosjektene er angitt som total suspendert stoff eller turbiditet. Ingen av prosjektene har utført nærmere karakterisering av partiklene mht. opphav, størrelse og form.

Følgende prosjekter inngår i materialet (omtalte bekker i parentes, se også figur 1):

- E18 Sky-Langangen (2009-2012¹) (Eikedalsbekken)
- Dobbeltspor (2013-2018) Farriseidet – Porsgrunn (Hobekkelva, Eikesdalsbekken, Solumselva, Nøklegårdsbekken, Langangsbekken, Viersdalsbekken, Rutua, Herregårdsbekken og Stordiket).
- E18 Bommestad-Sky (2013-2020) (Farriselva)
- Dobbeltspor Nykirke – Tønsberg (2009-2011) (Sverstadbekken)

¹ Anleggsperioden



Figur 1. Lokalisering av omtalte prosjekter for veg og bane, samt undersøkte bekker og elver.

E18 Sky – Langangen, Eikedalsbekken i Larvik kommune

Anleggsarbeidene på den 3 km langs strekningen gjennom nedbørfeltet til Paulertjerna og Eikedalsbekken omfattet store gravings- og fyllingsarbeider for etablering av ny E18 med kryssområde gjennom et område med marin strandavsetning og erosjonsutsatte masser av leire og silt. Anleggsarbeidene ble utført i nærkontakt med bekken mot Paulertjerna, og omfattet også gravearbeider i selve bekken. Området ble tilført sprengsteinsmasser for oppbygging av ny veg samt at nødvendig masseutskifting ble gjort. Anleggsarbeidene i området omfattet driving av to kortere tunneler, Pauler- og Målerød-tunnelen, samt noe dagsprengning. Tunneldrivingen ble utført med tilfredsstillende renseløsninger og lite utslipp av partikler. Miljøoppfølgingen under anleggsfasen konkluderte med at det i hovedsak var erosjon og utvasking

av naturlige leire og siltpartikler som ga vedvarende partikkelpåvirkning av Paulertjerna og Eikedalsbekken.

Området har berggrunn av monzonitt eller monzodioritt, også kalt larvikitt og kjelsåsitt. Dette er dypbergarter, som forvitrer relativt lett. Rombeporfyr er dagbergarten til disse lavtypene. Hverken rombeporfyr eller monzonitt vil danne flisformede eller nåleformede partikler under sprengning eller anleggspåvirkning (Pabst et al. 2015).

Eikedalsbekken (015-1258-R) er en viktig gytebekk for ørret fra Halle vannet, der tidligere undersøkelser utført av Reisz (2005) og Berge et al. (2009A og B), har dokumentert god tetthet av årsyngel og ungfisk (≈ 100 fisk/m²). Dette til tross for at bekken over lang tid har blitt tilført partikler fra Larvikittbruddet på Malerød.

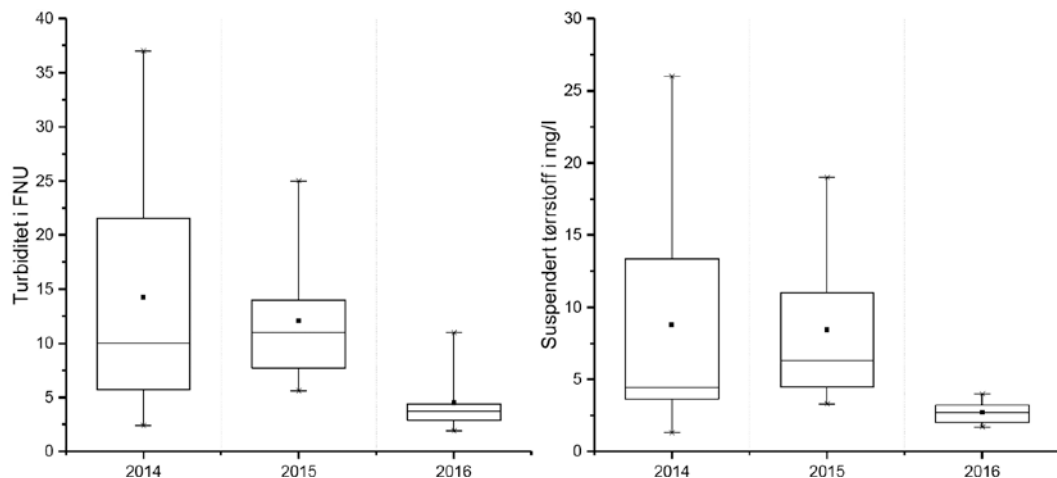
Under bygging av E18 Sky-Langangen (2009-2012) ble bekken langvarig helt grå som følge av partikler tilført fra anleggsvirksomheten. Senere skjedde det samme under bygging av dobbeltsporet Farriseidet-Porsgrunn (2013-2018). I 2010 var partikkelbelastningen særlig høy, og i oppstrøms bekk, nær anleggsområdet, ble det jevnlig registrert turbiditet over 1000 NTU og SS over 1000 mg/l (Trøan 2010). Kontinuerlige målinger av turbiditet rett oppstrøms de viktigste gyte- og oppvekststrekningene i Eikedalsbekken (nedstrøms Paulertjerna), viste en turbiditet på mellom 20 og 60 NTU i april og første del av mai (figur 2). Bakgrunnskonsentrasjonen i Eikedalsbekken var lavere enn 5 NTU. Forholdene ble påtalt av Fylkesmannen som varslet politianmeldelse dersom det ikke ble iverksatt tiltak

som reduserte partikkelavrenningen til vassdraget. Perioden i april og mai er kritisk for årsyngelen, som vurderes som særlig utsatt i perioden rett før den kommer opp av grusen. Det ble antatt at årets yngelproduksjon i Eikedalsbekken hadde gått tapt, men fiskeundersøkelsen utført høsten 2010 (Gjemlestad mfl. 2010) viste en normal tetthet av ungfisk og årsyngel. Eikedalsbekken fikk vedvarende forhøyede tilførsler av leirpartikler under utbyggingen av E18 Sky-Langangen i perioden 2009-2012 (Roseth 2012). Et enkelt overfiske høsten 2012 viste normal forekomst av årsyngel og eldre ørretunger (Haaland og Gjemlestad 2013).

Byggingen av dobbeltspor Farriseidet-Porsgrunn i perioden 2013-2018 medførte omfattende tunnel-, bru- og dagsonearbeider i det



Figur 2. Turbiditetsmålinger i Eikedalsbekken i 2010 (Trøan 2010).



Figur 3. Boksplot av turbiditet og suspendert stoff i Eikedalsbekken i perioden 2014 – 2016, basert på månedlige stikkprøver (fra Barland 2016).

Tabell 2. Tetthet av årsyngel og ungfisk på to stasjoner i Eikedalsbekken i perioden 2005 – 2016. Resultater fra undersøkelser før, under og etter bygging av E18 og dobbeltspor gjennom området.

Stasjon	År	Fisk/100 m ²	Ant. 0 ⁺	1 ⁺ og 2 ⁺	Kommentar	Referanser
1	2005	111	58	24	Før utbygging	Reisz 2005
1	2010	62	61	6	Anlegg E18*	Gjemlestad et.al. 2010
1	2013	-	-	-	Anlegg FP** Mye partikler***, ikke mulig å fiske.	Hveding 2016
1	2014	125	64	87	Anlegg FP** Mye partikler***	Hveding 2016
1	2015	-	-	-	Mye partikler***, ikke mulig å fiske	Hveding 2016
1	2016	220	123	129	Etterundersøkelse ****	Hveding 2016

Stasjon	År	Fisk/100 m ²	Ant. 0 ⁺	1 ⁺ og 2 ⁺	Kommentar	Referanser
2	2005	91	59	38	Før utbygging	Reisz 2005
2	2007	47	Mest	Få	Før utbygging	Berge mfl. 2009A og B
2	2008	89	Mest	Få	Før utbygging	Berge mfl. 2009A og B
2	2010	94	113	18	Anlegg E18* Mye partikler***	Gjemlestad mfl. 2010
2	2012	-	6	11	Etter anlegg E18* Et overfiske, fising avbrutt, mye gytetisk	Haaland og Gjemlestad 2013

* Anlegg E18 = Anleggsaktivitet E18 Sky-Langangen, **Anlegg FP = Anleggsaktivitet Farriseidet-Porsgrunn, ***Mye partikler = visuell vurdering for elfiske, **** Etterundersøkelse = Utført når det meste av anleggsarbeidet var ferdigstilt i 2016.

samme området, og Eikedalsbekken viste igjen forhøyede konsentrasjoner av suspendert stoff gjennom store deler av byggeperioden (Bane NOR 2015). Høy belastning i Eikedalsbekken ble også dokumentert i 2014 (Barland 2016) i forbindelse med anleggsarbeidene, se figur 3.

Fiskeundersøkelser underveis i anlegget i 2014 og etter at de største anleggsinngrepene var ferdigstilt i 2016, viste likevel normale tettheter av ørretunger og årsyngel (Hveding 2016). Den høyeste tettheten ble påvist i 2016, etter 7 års anleggsdrift i nærområdet til Eikedalsbekken (tabell 2). Da ble det påvist 220 ørretunger per 100 m² vanddekt bekkeareal, der om lag halvparten var årsyngel. Basert på veileder 02:2018 (Direktoratgruppen vanndirektivet 2018) til-

svarte dette «Svært god økologisk tilstand». En avsluttende undersøkelse av substratet på avfisket strekning indikerte at 70 % av bekkearealet var grus og grov grus egnet for gyting, noe som indikerte begrenset tilslamming av substrat for gyting, egg-inkubasjon, klekking, «swim-up» og oppvekst av ørret.

Bunndyrsamfunnet i Eikedalsbekken ble undersøkt før, under og etter anleggsaktiviteten, med resultater som vist i tabell 3. Resultatene indikerte begrensede endringer i bunndyrsamfunnet, vurdert ut fra ASPT-indeksen og antall EPT-arter (døgn-, stein- og vårflyer). De høyeste ASPT og EPT verdiene ble påvist i 2014, under en periode med stor partikkelpåvirkning fra jernbaneutbyggingen (figur 3).

Tabell 3. Bunndyr i Eikedalsbekken i perioden 2006 – 2016.

Stasjon	År	Lokalitet	Arter*	EPT	ASPT	Kommentar	Referanser
1	2006	Eikedalsb.	24	14	-	Før utbygging	Berge mfl. 2009A og B
1	2007	Eikedalsb.	24	16	-	Før utbygging	Berge mfl. 2009A og B
1	2012	Eikedalsb.	33	16	6,00	Anlegg E18	Haaland og Gjemlestad 2013
1	2014	Eikedalsb.	34	20	6,14	Anlegg FP	Hveding 2016
1	2015	Eikedalsb.	32	17	5,73	Anlegg FP	Hveding 2016
1	2016	Eikedalsb.	44	12	5,83	Etterundersøkelse	Hveding 2016

* Usikkerhet mht. summering av totalt antall arter

Artslistene for de omtalte seks undersøkelsene i perioden 2006 til 2016, viste begrensede endringer med hensyn til hvilke EPT-arter som dominerte bunndyrsamfunnet. Vårfluefaunaen var gjennomgående dominert av nettbyggende vårfluer som *Hydropsyche siltalai*, *Hydropsyche sp.* og *Polycentropus flavomaculatus*. I tillegg var det gjennomgående stor forekomst av «påvekst-spiseren» *Ithtrichia lamellaris* samt at det ofte ble registrert *Hydroptila sp.*, en annen påvekst-spiser. Det ble registrert rikelig med knottlarver (*Simuliidae sp.*) ved alle undersøkelsene.

Det er interessant at de nettbyggende vårfluene, samt knottlarver var til stede i stort antall gjennom hele utbyggingsperioden, da filtrerende og nettbyggende bunndyrarter har blitt antatt å få dårlige livsbetingelser ved økt partikkeltransport.

Også for døgnfluer og steinfluer var det de samme artene som dominerte i undersøkelsene gjennom hele perioden 2006 – 2016. For døgnfluer dominerte *Baetis rhodani*, *Centroptilum luteolum* og *Nigrobaetis niger*. *Centroptilum luteolum* beskrives som en art som trives godt i bekker med god eller moderat økologisk tilstand (Orendt u.d.). Steinfluesamfunnet var dominert av *Amphinemura sulcicollis*, *Amphinemura sp.*, *Leuctra hippopus*, *Nemoura avicularis* og *Leuctra sp.*

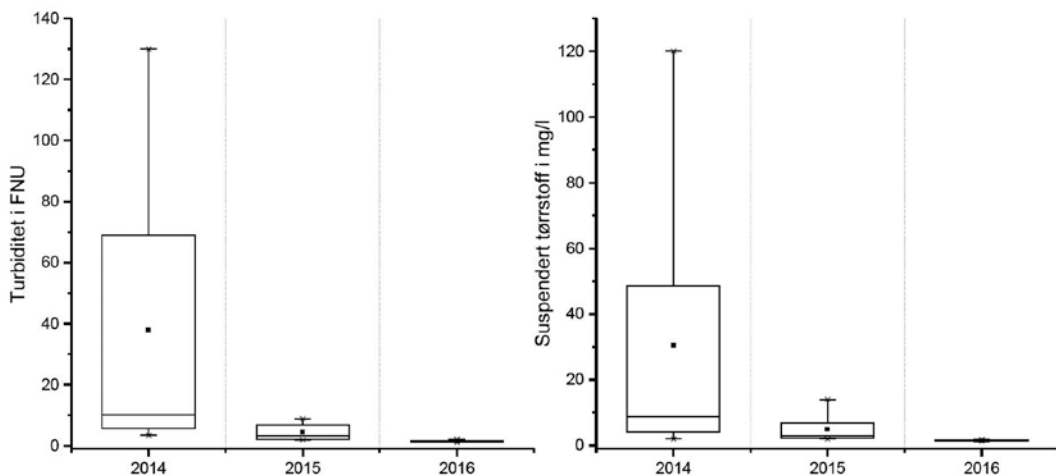
Dobbeltspor Farriseidet – Porsgrunn

Dobbeltspor Farriseidet – Porsgrunn ligger i samme område og med samme berggrunn og løsmasseforhold som beskrevet for E18 Sky – Langangen.

Bygging av nytt dobbeltspor på strekningen Farriseidet – Porsgrunn (2012 – 2018) medførte omfattende anleggsarbeid med større terreng-inngrep, tunneler og deponier, samt noen skjæring og fyllinger i leirholdige masser (Bane NOR 2015). Flere viktige ørret- og sjørøttbekker ble krysset av anlegget, og ble påvirket av anleggsvann og erosjonsavrenning som ga økt innhold av jord- og anleggspartikler, samt økte nitrogenkonsentrasjoner (Hveding 2016). Utslippstillatelsen fra Fylkesmannen oppga grenseverdier for rensedam fra tunnel-driving; ukemiddel SS < 100 mg/l, pH mellom 6 og 9 samt THC < 20 mg/l. For vannprøver tatt ved utløpet av rensedam fra steindeponier skulle SS være mindre enn 200 mg/l for 90% av målingene. Det ble ikke satt konkrete utslippskrav til dagsonearbeider, utover generelle beskrivelser gitt i miljøoppfølgingsplanen (Jernbaneverket 2010).

Manuelle månedlige målinger av turbiditet i bekker gjennom anleggsperioden viste normalverdier på 1-2 NTU, forhøyede verdier på 10-60 NTU og maksverdier på 220 NTU (Bane NOR 2015). For nitrogen ble det målt maksverdier på mellom 30 og 134 mg N/l i bekkene påvirket av tunnel-driving og avrenning fra steindeponier. For de fleste av bekkene var påvirkningen fra anleggsaktiviteten størst i 2014 og avtakende fram mot 2016, som vist i figur 4 (Barland 2016) fra Hobekkelva.

Følgende fiskeførende bekker ble mer eller mindre påvirket av anleggsaktiviteten i forbindelse med dobbeltsporet (Hveding 2016.): Hobekkelva (015-1266-R), Eikedalsbekken



Figur 4. Boksplot av turbiditet og partikler i Hobekkelva i perioden 2014 – 2016, basert på månedlige stikkprøver (fra Barland 2016).

(015-1258-R), Solumselva (015-1266-R), Nøklegårdsbekken (016-2664-R), Langangsbekken (016-2659-R), Viersdalsbekken (016-2659-R), Rutua (016-2669-R), Herregårdsbekken (016-2657-R) og Stordiket (016-3204-R).

Etter oppdrag fra Jernbaneverket/Bane Nor ble det gjennomført årlige fiskeundersøkelser i disse bekkene i perioden 2011 til 2016 (Hveding 2016). Fiskeundersøkelsene omfattet også vurdering av substrat. Bunndyrfaunen ble undersøkt og endringer i vannkvalitet som følge av anleggsaktiviteten ble dokumentert med jevnlig uttak av vannprøver.

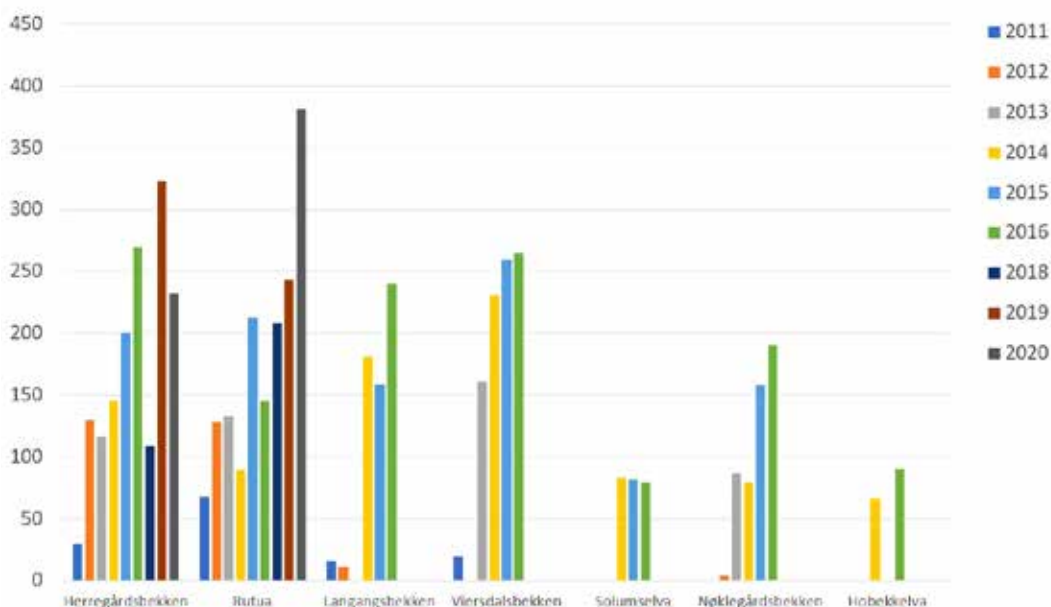
Fiskeundersøkelsene som ble utført i bekkene før, under og etter anleggsarbeidet, viste ingen tegn til redusert produksjon som følge av anleggspåvirkning, snarere en økt produksjon og tetthet, selv i år med antatt stor anleggsbelastning (figur 5). Resultatene fra 2011 er før oppstart av anleggsarbeid.

Fiskebestandene i undersøkte bekker var stasjonær brunørret eller sjørret. I Herregårdsbekken ble det også påvist en del laksunger, men figur 6 viser kun tetthet av ørret. For Herregårdsbekken og Rutua har NIBIO/FAUN utført forundersøkelser av fisk på samme stasjoner i 2018, 2019 og 2020 i forbindelse med ny E18 Langangen-Rugtvedt (Rognan mfl. 2021). Undersøkelsen ble utført etter oppdrag fra Nye Veier. Påviste tettheter i Herregårdsbekken var

109, 323 og 232 fisk/100 m² og for Rutua 209, 244 fisk/100 m². Resultatene er satt inn i figur 5. Det bemerkes at sommeren 2018 var ekstremt tørr, med vanskelige forhold for sjørret- og laksunger.

For bunndyr viser figur 6 og 7 hhv. ASPT-indeks og antallet EPT arter for bekker som ble berørt av utbyggingen Farriseidet – Porsgrunn. Data fra perioden 2011-2016 (Hveding 2016) har blitt supplert med data fra NIBIO/FAUN fra perioden 2017-2020 (Rognan mfl. 2021). Figur 6 viser kun mindre endringer i ASPT-indeksen for bekkene i perioden 2011-2020. For Langangsbekken viste ASPT-indeksen en negativ utvikling i perioden fra 2011 og gjennom anleggsperioden fram til 2016, men en forbedring i 2017 og 2018. For Rutua ble den klart høyest ASPT-verdien påvist i 2020.

Antallet EPT-arter i bekkene viste varierende utvikling i perioden 2011-2019 (figur 7). For Herregårdsbekken var det forekomst av de nettbyggende vårfluene *Hydropsyche siltalai* og *Polycentropus flavomaculatus* før utbygging i 2011, men disse ble ikke påvist ved senere undersøkelser. Dette i motsetning til undersøkelsene i Eikedalsbekken, der *Hydropsyche siltalai* var tallrik gjennom hele anleggsfasen. Forskjellen kan ha sammenheng med at Eikedalsbekken kommer fra Paulertjerna der de største partiklene sedimenterer, samt at bekken får næringsrikt driv i

Fangstutvikling i perioden 2011-2020 (antall/100m²)

Figur 5. Fiskeundersøkelser i bekker før og under og etter anlegg Farriseidet – Porsgrunn (Hveding 2016 og Rognan mfl. 2021). Anleggsarbeidene ble utført i perioden 2012 til 2015/2016.

form av zooplankton. Rutua viste flest EPT-arter i 2020, flere enn dokumentert ved forundersøkelsene i 2011.

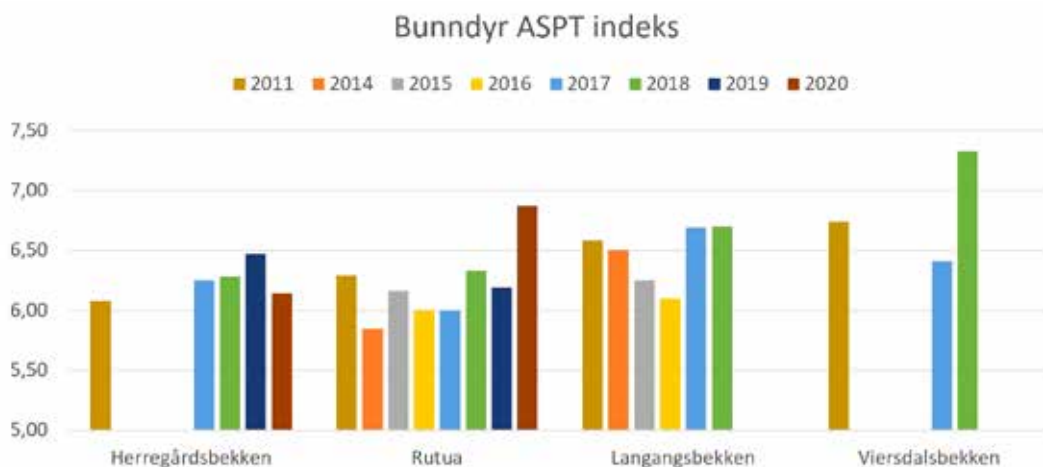
E18 Bommestad-Sky og Farriselva

Under utbygging av E18 Bommestad – Sky og lokalvegssystem ved Farriseidet (2013-2020) har Farriselva (015-242-R) tidvis vært påvirket av høye konsentrasjoner av jord-, leir- og betongpartikler (Roseth mfl. 2014, Leikanger mfl. 2017). Påvirkningen var særlig stor i perioden 2017 – 2020, som følge av krevende anleggsarbeid i og ved elveløpet (Rognan og Roseth 2018, Greipsland mfl. 2019 og Rognan mfl. 2020). Arbeidene ble ikke omsøkt mht. utslippstillatelse, men i henhold til YM-planen skulle ukemiddelverdiene for turbiditet ikke overstige 300 NTU, og enkeltverdier for turbiditet over 1000 NTU skulle ikke forekomme. Kravene ble overholdt.

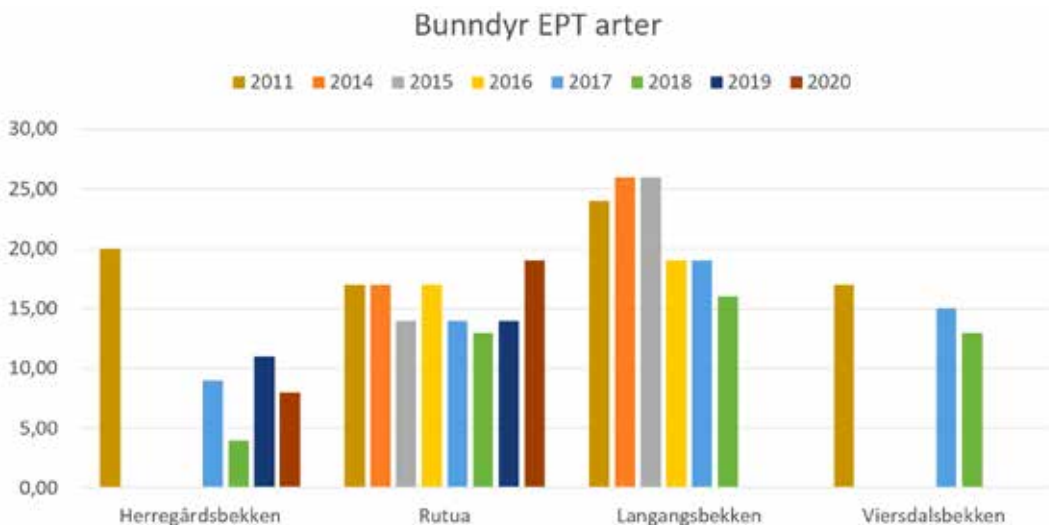
I 2017 var det mye graving i selve elveløpet under omlegging av en vannledning. Arbeidene foregikk fra tidlig i oktober til midten av desember. Vannprøvene tatt ut gjennom denne perio-

den viste høye konsentrasjoner av partikler med maksimale verdier på over 700 mg SS/l nær gravearbeidene og med en middelkonsentrasjon på 90 mg SS/l i den fiskeførende sonen nedstrøms anleggsarbeidene for prøver tatt gjennom oktober og november (Rognan og Roseth 2018). Oppfølgingen viste at det var høye konsentrasjoner av partikler i Farriselva over en lengre periode på to til tre uker.

I august 2018 ble det utført sprengning og rivning av den gamle E18 brua over Farriselva samt fjerning av det gamle lokalveisystemet i området. Høsten 2018 var det omfattende anleggsarbeid i nærkontakt med elva i form av rivningsarbeid samt graving og utlegging av masser som forberedelse til bygging av ny bru. Sommeren 2018 var uvanlig tørr, og det var lite partikler i Farriselva fram til nedbørshendelsene i begynnelsen av september. Under og etter disse nedbørshendelsene økte turbiditeten i elva kraftig. Det ble målt enkeltverdier på over 400 NTU og høyeste ukemiddelverdi var over 130 NTU (Greipsland mfl. 2019). Videre utover høsten var det flere episoder



Figur 6. ASPT-verdier for bunndyr i bekker berørt av utbygging Farriseidet – Porsgrunn i perioden 2011-2020 (Hveding 2016 og Rognan mfl. 2021). Utbygging skjedde i perioden 2012-2016.



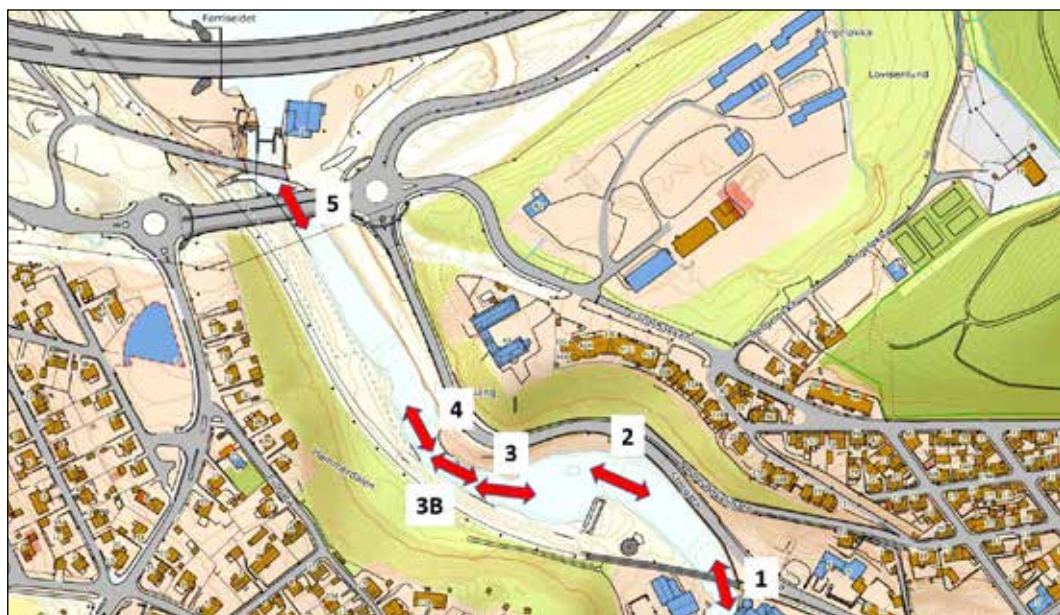
Figur 7. Antall EPT-arter i bekker berørt av utbygging Farriseidet – Porsgrunn for perioden 2011-2020 (Hveding 2016 og Rognan mfl. 2021). Utbygging skjedde i perioden 2012-2016.

med forhøyet turbiditet i Farriselva i forbindelse med nedbør (Greipsland mfl. 2019).

I 2019 ble det gravd i elveleiet i forbindelse med fundamentering av søyler for ny bru. I tillegg var det en betydelig avrenning av betongpartikler fra arbeid med nedknusing av gamle bruelementer. Det var tidvis høy turbiditet i elva, som framsto som grå og blakket i lange perioder gjennom 2019. Det ble målt ukemiddelverdier for turbiditet på mellom 40 og 70 NTU i juni,

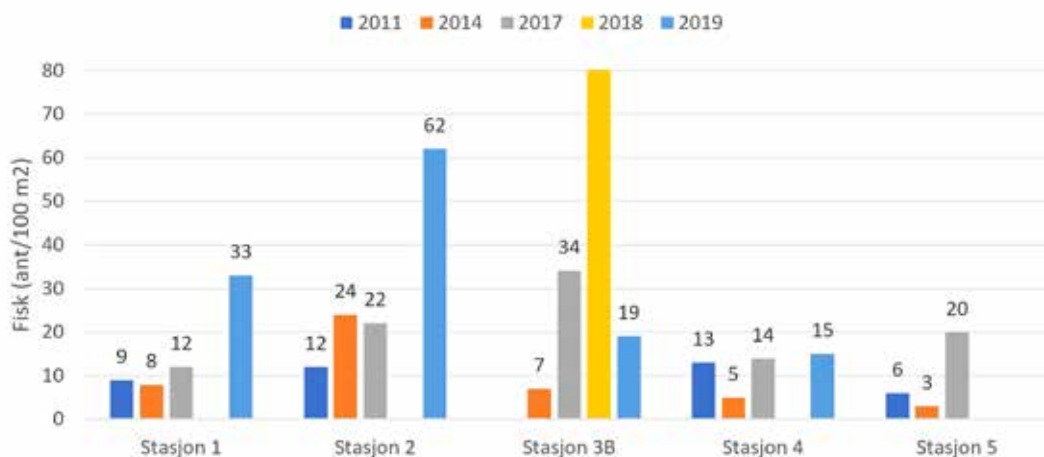
september, oktober og november (Rognan mfl. 2020). Bakgrunnsturbiditet i elva er i området 0 – 3 NTU. Det var episoder med forhøyet pH som følge av betongbruk og avrenning av betongstøv fra nedknusing (Rognan mfl. 2020).

I 2020 var det høye konsentrasjoner av leirpartikler i elva, som følge av gravearbeider i elveleiet i forbindelse med utlegging av grov blokk for erosjonssikring av flomløpet fra Farrisdammen (Rognan og Roseth 2020).



Figur 8. Fiskestasjoner i Farriselva (Stasjon 1 - 5) undersøkt i perioden 2011 - 2019.

Tetthet av fisk i Farriselva i perioden 2011 -2019



Figur 9. Tetthet av fisk på ulike stasjoner i Farriselva i perioden 2011 - 2019 (fra Heggnes mfl. 2012, Olk mfl. 2014, Waarøe 2017, Rognan og Roseth 2018, Herregården og Sleen 2019, Greijsland mfl. 2019 samt Rognan mfl. 2020).

Samlet sett har Farriselva tidvis hatt svært høye konsentrasjoner av partikler i perioden 2017 - 2020, både naturlige leire- og betongpartikler. Partikkeltilførslene har skjedd i kombinasjon med andre forhold som gir vanskelige livsvilkår for fisk, som svært lav vann-

føring og perioder med vanntemperaturer nær dødelig grense for laksefisk. I henhold til Solomon and Lightfoot (2008) er vanntemperaturer over 19°C uheldig for vekst og overlevelse av ørret, mens temperaturer over 21°C gir temperaturrelatert dødelighet hos yngel og

ungfisk. På sommerstid har det blitt målt vann-temperaturer på opptil 23 °C i Farriselva, og det var sammenhengende perioder med døgnmid- deltemperatur over 20 °C.

Til tross for alle disse dårlige miljøforholdene, så har det hele tiden vært ørret i Farriselva. Målte tettheter og produksjon har vært like gode eller bedre enn referansestudier før oppstart av nevnte anleggsarbeider (Heggenes mfl. 2012, Olk mfl. 2014). Stasjonene for fiskeundersøkelser er vist i figur 8 og resultatene i figur 9. Fiskeundersøkelse- sene har blitt utført av USN (Universitetet i Sør- øst-Norge) (Waarøe 2017, Herregården og Sleen 2019) og NIBIO (Greipslund mfl. 2019, Rognan og Roseth 2018, Rognan mfl. 2020). Undersøkelse- sene utført av USN har hele tiden blitt utført etter samme metode og på samme stasjoner.

Dobbeltspor Nykirke – Tønsberg, Sverstadbekken

Dobbeltspor Nykirke – Tønsberg ligger i et område det berggrunnen består at latitt eller rombeporfyr, der alkalifeltspat er hovedmineralet. Rombeporfyr har middels forvitring, og gir kaliumrike forvitningsprodukter. Løsmassene i området er for en stor del marine avsetninger med silt og leire, i vekslinger med områder med lite løsmasseoverdekning og forvitringjord.

Sverstadbekken (014-131-R) er en regionalt viktig sjøørretbekk som har avrenning til Tveitenelva og Aulivassdraget. Bekken ble betydelig påvirket av anleggsaktivitet i forbindelse med bygging av dobbeltspor mellom Barkåker og Tønsberg i perioden 2009-2011 (figur 10). Arbeidene medførte omlegging og restaurering av en lengre bekkstrekning i Sverstadbekken, der gravearbeidene i nærkontakt med vann ga utvasking og transport av naturlige leire- og jordpartikler nedover bekken og forbi nedre stasjon (SVE2). For den øvre stasjonen (SVE1), skjedde det ikke større fysiske endringer eller endring i vannkvalitet, men oppgang var sannsynligvis fysisk umulig gjennom anleggsperioden. Stasjonen nedstrøms ble vesentlig påvirket av anleggsarbeidene. Det ble ikke etablert utslippstillatelse for disse dagsonearbeidene. Vannprøvene tatt med 14 dagers intervaller viste forhøyede konsentrasjoner av partikler i bekkvannet nedstrøms bekkomleggingen høsten 2009, med høyeste SS på 460 og 271 mg/l og tilhørende turbiditetsverdier på 490 og 347 NTU (Bækken og Bergan 2012). Det ble ikke utført kontinuerlige målinger av turbiditet under disse arbeidene.

Fiske- og bunndyrundersøkelser ble utført på nevnte lokaliteter (SVE 1 og SVE 2) i Sverstad-

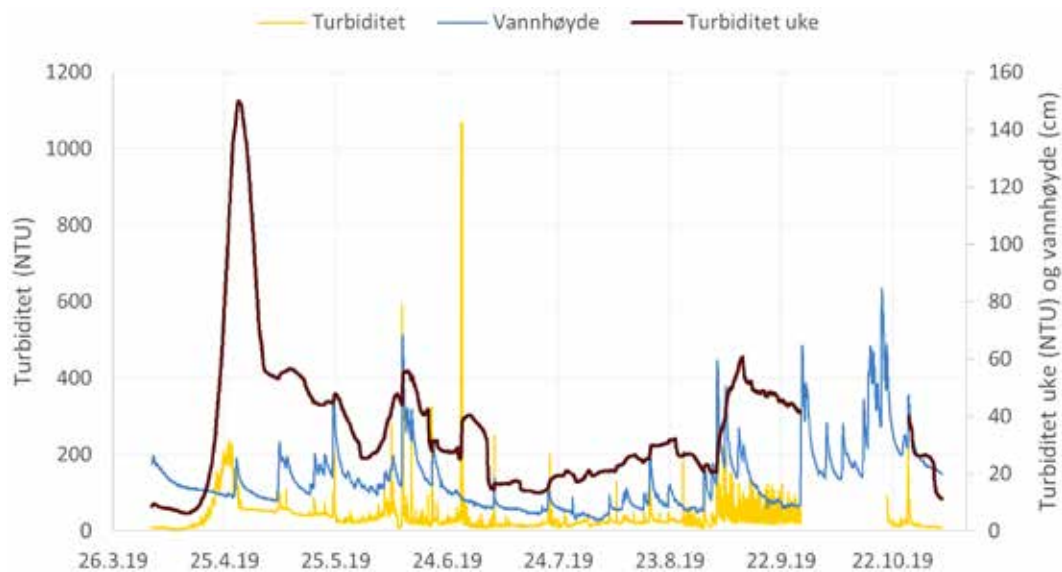


Figur 10. Fiske- og bunndyrstasjoner i Sverstadbekken oppstrøms (SVE1) og nedstrøms (SVE2) omfattende grave- og anleggsarbeider for omlegging av 400 m bekk samt bygging av nytt dobbeltspor i perioden 2009 -2011.

Tabell 4. Økologisk tilstand for stasjon SVE1 og SVE2 i Sverstadbekken i perioden 2009 - 2020 (Bækken og Bergan 2012 samt Roseth mfl. 2020).

Biologiske kvalitetselementer												
Stasjon	Bunndyr ASPT						Antall fisk/100 m ²					
	2009	2011	2017	2018	2019	2020	2009	2011	2017	2018	2019	2020
SVE1	5,5*	5,3*	5,69	5,25	5,50	-	71*	208*	87	13	IP	41
SVE2	5,3*	6,5*	6,22	6,53	6,35	6,54	38*	105*	177	72	162	211

* NIVA IP=ikke påvist



Figur 11. Turbiditet, ukemiddel turbiditet og vannføring i Sverstadbekken i 2019 (Roseth mfl. 2020).

bekken før (2009) og etter (2011) utført anleggsarbeid (Bækken og Bergan 2012). Som en del av forundersøkelsene før utbygging av dobbeltspor på strekningen Nykirke-Barkåker ble det utført fiske- og bunndyrundersøkelser på de samme stasjonene i perioden 2017-2019 (Roseth mfl. 2020). Samlede resultater for disse undersøkelsene er vist i tabell 4. Stasjon SVE1 og SVE2 er relativt forskjellige. SVE1 framstår som temporær med usikre forhold for gyting og oppvekst av sjørret, mens SVE2 har stabil vannføring samt gode gyte- og habitatforhold.

Basert på undersøkelsene utført i 2009 og 2011 (Bækken og Bergan 2012), så var tettheten av ungfisk og yngel høyere etter anlegg for begge stasjoner (tabell 3). Det ble ikke utført habitatforbedrende tiltak på noen av stasjonene. Til-

svarende var ASPT-verdien for bunndyr høyere for SVE2 i 2011 enn før anleggsarbeidene i 2009. Senere forundersøkelser før utbygging Nykirke-Barkåker (Roseth mfl. 2020) har vist at bekken (SVE2) har høy naturlig turbiditet, med en middelværdi på 30 NTU i for måleperioden fra mars til november 2019. Stasjonen har vist tettheter av sjørretunger tilsvarende «Svært god» økologisk tilstand i hele perioden fra 2017 til 2020. ASPT-verdien for bunndyr har hele tiden vært innenfor «god» økologisk tilstand. I 2020 var det oppstart av bygging av dobbeltspor på strekningen Nykirke- Barkåker, med ny anleggsbelastning av Sverstadbekken i perioden fram til åpning i 2025.

Kontinuerlige målinger på stasjon SVE2 gjennom 2019 (figur 11) viste at de «naturlige»

ukemiddelverdiene i bekken varierte fra 10 til 160 NTU, med et gjennomsnitt 30 NTU for perioden fra mars til november.

Diskusjon

Effekt av partikler på fisketetthet

Sterkt forhøyede konsentrasjoner av partikler vil kunne gi negative effekter på laksefisk og annet liv i bekker og elver, som omtalt i flere artikler (Kjelland et al. 2015, Bash et al. 2001 og Bækken mfl. 2011). Norske undersøkelser utført av Hessen (1992) indikerte imidlertid at kort-tidseksponeringer opp til 1000 mg SS/l ikke ga økt dødelighet for ørret i ulike livsstadier. Gjennomsetting av substrat som skjul og leveområde for nyklekt årsyngel blir vurdert som en problematisk og langvarig effekt av partikkelpåvirkning. Her vil tilførsel av partikler i sandfraksjonen kunne skape mer langvarige substratendringer, mens finere partikler av leire og silt vaskes videre.

Resultater fra de utvalgte fiskeundersøkelsene i ørretførende bekker påvirket av anleggsarbeid indikerer at produksjonen av yngel og ungfisk ble opprettholdt, selv om vannkvaliteten ble vesentlig påvirket av partikler og nitrogenforbindelser gjennom anleggsfasen. For flere av bekkene synes tettheten av fisk å ha økt under anleggsfasen. Tilsvarende resultater har blitt påvist i andre miljøoppfølgingsprosjekter, blant annet undersøkelser av vannmiljø for ny E18 Rugtvedt – Dørdal (Rognan mfl. 2020). Mulige forklaringer av økt fisketetthet under perioder med økt turbiditet kan være beskyttelse mot predasjon, mindre bruk av skjul og økt tid til næringsøk, økt tetthet av yngel som følge av mindre visuell konkurranse og revirhevdning, samt mulig økt tilførsel av detritus og næringsstoffer til alger. I henhold til (Gregory og Levings 1998, Gregory 2011, Ward mfl. 2016 og Bækken mfl. 2011) vil økt turbiditet gi beskyttelse mot predasjon, herunder økt tidsbruk til næringsøk og mindre bruk av skjul. I mindre bekker kan predasjon av hegre og mink være den viktigste faktoren for tetthet av ungfisk og yngel.

Økt turbiditet kan tenkes å redusere revirstørrelsen til sjørret- og laksunger, slik at tetthetene øker i de beste habitatene (Robertson

mfl. 2007). Tettheten av fisk i mindre bekker avgjøres av komplekse sammenhenger mellom naturgitte og menneskeskapt forhold, og med en stor årlig variasjon i produksjon og overlevelse for yngel og ungfisk. I henhold til veileder 02:2018 (Direktoratgruppen vanddirektivet 2018) skal vurderinger av tetthet og økologisk tilstand for fisk alltid bygge på undersøkelser i minst 2 år.

Andre mulige miljøendringer kan være midlertidig forhøyet pH, økt produksjon av bunndyr som følge av økte tilførsler av næringsstoffer, eller organisk materiale. Slik vil nedbørfelt med ulikt naturgrunnlag og ulik geokjemi kunne gi ulike reaksjoner på endringer av vannkvalitet som følge av anleggsvirksomhet.

Effekt av partikler på bunndyrsamfunn

Noen undersøkelser har vist at tettheten av viktige bunndyrgrupper har blitt betydelig redusert som følge av høye partikkelkonsentrasjoner forårsaket av anleggsarbeid eller deponering av sprengstein. Undersøkelsene utført av Hessen (1992) indikerte at bunndyrsamfunnet kunne bli akutt påvirket ved partikkelkonsentrasjoner over 100 mg SS/l.

Våre resultater indikerte begrensede endringer i bunndyrsamfunnene i undersøkte vassdrag, selv om partikkelkonsentrasjonene økte under anleggsgjennomføring. ASPT-indeksen indikerte ofte «god» økologisk tilstand. Enkelte bekker viste avtakende antall EPT-arter ved anleggspåvirkning, men for de fleste bekkene var det små endringer.

Filtrerende bunndyr, som nettbyggende vårfluer og knott, har blitt vurdert å kunne få dårlige livsvilkår ved økte tilførsler av partikler. For Eikedalsbekken var det rikelig med nettbyggende vårfluer gjennom hele anleggsperioden. I Herregårdsbekken ble de nettbyggende vårfluene påvist under forundersøkelsen, men ikke etter oppstart av anleggsvirksomheten. Dette kan indikere at anleggsarbeidene har påvirket denne artsggruppen i bunndyrsamfunnet.

Bunndyrsamfunnet består av ulike funksjonelle grupper: påvekstspisere, detritusspisere, filtrerere og predatorer, med ulik forekomst

avhengig av naturforhold og variasjoner i og rundt vassdraget. Sikre vurderinger av anleggspåvirkning er vanskelige, men empiri fra arts-lister fra flere utbyggingsprosjekter vil kunne gi holdepunkter for å beskrive påvirkninger og endringer som følge av økte partikkelkonsentrasjoner.

Effekter i bekker og elver, kontra innsjøer og tjern

Bekker og elver har ofte hatt stort fokus ved miljøoppfølging av vassdrag før, under og etter anleggsvirksomhet. Bekker og elver er imidlertid vassdragslementer som kan vaskes rene under flom og få innvandring av organismer fra upåvirkede områder oppstrøms, slik at de gjenviner normale substratforhold og vannkvalitet, samt flora og fauna. Innsjøer og tjern har hatt mindre fokus, selv om det kanskje er disse som får de mest langvarige påvirkningene. Herunder varige endringer i sedimentkvalitet, potensielle langtidseffekter i bunnvann, endret næringsstoffsirkulering ved høst- og vårsirkulasjon med mer. Oppfølgende undersøkelser i innsjøer og tjern fortjener større oppmerksomhet i framtidig miljøoppfølging av vassdrag under anleggsvirksomhet.

Flere undersøkelser har vist at zooplankton kan være spesielt sårbare for partikkeltilførsler, men undersøkelser av zooplankton inngår sjelden i miljøoppfølgingsprogrammene til anleggsprosjekter. Undersøkelsene utført av Hessen (1992) indikerte at partikkelkonsentrasjoner over 10 mg SS/l kunne gi akutte endringer i zooplanktonsamfunnet, og dermed innngripende konsekvenser i hele innsjøkosystemet, som beiterregulering av planteplankton og tilgang til mat for fisk. Tilsvarende vil planteplanktonsamfunnet raskt påvirkes av skyggeeffekter som følge av økt turbiditet og økte partikkelkonsentrasjoner, med endringer i algemengde, artsammensetning og diversitet.

Andre undersøkelser har vist at det raskt kan utvikles artsrike zooplankton- og bunndyrssamfunn i partikkelbelastede dammer som rense-dammer for veiavrenning (Brittain mfl. 2017) og fangdammer for fjerning av partikler fra bekker

gjennom jordbruksområder (Walseng mfl. 1995 og NINA-NIKU Fakta. 2001). Også for Vennevann som ble tilført mye partikler under utbygging av E18 Arendal – Tvedestrand (Svendsen 2020, Simonsen 2018), ble det påvist et relativt rikt zooplanktonsamfunn bare 1 år etter ferdig utbygging (Simonsen 2018, Moe 2019).

Usikkerheten med hensyn til kort- og langsiktige økologiske effekter av anleggspåvirkning på mindre tjern og innsjøer, tilsier økt oppfølging med kartlegging av økologisk tilstand inkludert zooplankton, planteplankton, profundalfauna, samt endringer i sedimentsammensetning og vannkvalitet. Dette gjelder partikler, men også tilførsler av sprengstoffbaserte nitrogenforbindelser.

En kunnskapsbasert tilnærming

Det brukes store ressurser på miljødokumentasjon i bekker og vassdrag påvirket av anleggsarbeid i forbindelse med store samferdselsprosjekter. Dette er viktige datasett som etter vår oppfatning burde bli samlet, systematisert og vurdert for en best mulig vurdering av effekter på vannmiljø og hvordan disse kan unngås. Kunnskapsinnsamlingen kan gi innspill til mer detaljerte studier av nærmere definerte problemstillinger og enkeltfaktorer som er for detaljerte og vitenskapsrettet til at det er naturlig å utføre det som en del av arbeidet med det enkelte anlegg. Miljøvurderingene i forhold til fisk og annen flora og fauna i vassdrag påvirket av anleggsaktivitet bør bli enda mer kunnskapsbasert, slik at utslippskrav og føringer gitt for miljøoppfølging reflekterer reelle utfordringer og påvirkninger av fisk og andre vannlevende organismer, samt også alternativt effekter på estetikk og opplevelsesverdi.

Diskusjonen rundt partikler i utslippstillatser, konsekvens- og risikovurderinger har ofte fokus på effektforskjeller mellom naturlige avrundede leirpartikler og «skarpkantede» partikler fra anleggsvirksomhet. Både forsøk (Hessen 1992) og praktiske erfaringer (Hessen mfl. 1989) har vist at laksefisk tåler kortvarig eksponering av relativt høye konsentrasjoner av anleggspartikler uten at det oppstår dødelighet. Det har

imidlertid blitt påvist gjelleendringer og slimdannelse på gjellene ved sterkt forhøyede konsentrasjoner, opp mot 700 mg SS/l.

I etterkant av fiskedød som oppstod i Langsteinelva i Stjørdal som følge av anleggsarbeid i asbestholdig grønnstein, ble det satt større fokus på effekt av skarpkantede partikler. Da inntrådte fiskedød allerede ved partikkelkonsentrasjoner ned mot 5 mg SS/l (Jacobsen mfl. 1987). Geologiske forhold skapte helt spesielle nåleformede partikler av fibrig asbest og asbestamfibol, som ga store gjelleskader. Det er grunn til å være ekstra forsiktig med gjelleproblematiske partikler ved anleggsarbeid i enkelte typer av grønnstein, glimmergneis, karbonat- og glimmerskifer, basalt, gabbro og dioritt (Pabst mfl. 2015). Mest sannsynlig er det ikke faglig grunnlag for å definere alle anleggspartikler som «skarpkantede» og dermed problematiske for fisk og andre vannlevende organismer. Det er et stort behov for økt kunnskap på dette området.

Valg av alternativ i et stort samferdselsprosjekt vil i de fleste tilfeller avgjøres gjennom en kommunedelplan med tilhørende konsekvensutredning. Mye av handlingsrommet knyttet til vegtraseens fysiske lokalisering, kryssplassering, løsninger for vannbehandling, konstruksjoner og mulige plasseringer av permanente masselager snevres kraftig inn i denne fasen. I påfølgende reguleringsplan vil det være mulig med flerfaglig optimalisering av prosjektet, hvor løsninger som reduserer konflikter med vannmiljø kan implementeres. Dersom det skal være mulig å hensynta potensielt langsiktige negative konsekvenser i et stort samferdselsprosjekt, er det imidlertid viktig å ha «tilstrekkelig god kunnskap» tidlig i planleggingsprosessen. Eksempler er langvarige konsekvenser av samferdselsprosjekt på vannmiljø er utlekking av jern fra deponier med myr og jord, avrenning av sulfat, aluminium og andre stoffer fra sulfidfjell, saltpåvirkning, varige endringer av substrat og hydromorfologi samt barriereeffekter for vandring og migrasjon langs vassdrag. Dette er forhold som kan være langt viktigere enn påvirkningen anlegget har på vannkvaliteten gjennom anleggsfasen.

Hva som er «tilstrekkelig kunnskap» i planfasen av et samferdselsprosjekt vil måtte tas stilling til når utredningene planlegges. Høring og fastsettelse av planprogram er en viktig milepæl i så måte. I kommunedelplanfasen vil det ikke være mulig å tilegne seg komplett kunnskap om alle mulige berørte vannforekomster. Informasjonen som er kritisk for beslutningen og berører viktige samfunnsinteresser bør imidlertid foreligge. Vannforskriften stiller krav om miljømål for overflatevann. Nye inngrep, eller ny aktivitet som forringer tilstanden, eller fører til at miljømålene ikke blir nådd, er i utgangspunktet ikke tillatt. Først når alle konfliktreducerende tiltak er tatt inn i planleggingen, eller at samfunnsnyten er svært høy, eller andre utbyggingsalternativer mangler, kan det være aktuelt å anbefale ny aktivitet som medfører at miljømålene i forskriftens § 4 - § 7 ikke nås eller at tilstanden forringes, jf. vannforskriftens § 12. Dette er vurderinger og avveininger som bør påtenkes mens det ennå er et handlingsrom.

Konklusjoner

- Undersøkelser fra fire større samferdselsprosjekter indikerte at tetthet og produksjon av laksefisk ikke ble vesentlig negativt påvirket av tidvis høye tilførsler av partikler fra anleggsvirksomhet. Flere bekker viste tvert om økt tetthet av ungfisk, noe som kan ha sammenheng med at økt turbiditet beskyttet mot predasjon fra hegre, mink og måker.
- Bunnnyrsamfunnet ble ikke vesentlig forringet ved økte konsentrasjoner av partikler. ASPT-indeksen viste små endringer før, under og etter anleggsarbeid. Antall EPT-arter (døgnfluer, steinfluer og vårfluer) viste varierende endringer, men flere bekker opprettholdt antallet EPT-arter gjennom og etter anleggsfasen.
- Undersøkelsene av fisk og bunndyr ved bygging av E18 Rugtvedt-Dørdal (Rognan mfl. 2020), viste samsvar med presenterte konklusjoner.
- Innsjøer og tjern har blitt mindre undersøkt i forbindelse med anleggsgjennomføring, og det er usikkert hvordan økte partikkel-

tilførsler påvirker for plante- og dyreplankton. Dyreplankton har blitt vurdert som sårbare for partikler, med akutte effekter og endringer når konsentrasjonene overstiger 10 mg SS/l (Hessen 1992). Andre undersøkelser har vist at det raskt utvikles et mangfold av kravstore arter av dyreplankton i nyetablerte partikkelbelastede rense- og fangdammer (Brittain mfl. 2017, Walseng mfl. 1995 og NINA-NIKU Fakta 2001). Her bør kunnskapsgrunnlaget forbedres.

- Det brukes store ressurser på oppfølging og dokumentasjon av vannkvalitet under anlegg, og med til dels strenge grenseverdier for partikler i vassdrag. Herunder bør det diskuteres om grenseverdiene for SS og turbiditet skal baseres på momentanverdier, ukemiddelverdier eller en kombinasjon av middel- og maksimalverdier. Dersom laksefisk og til dels bunndyr i rennende vann tåler mer partikler enn tidligere antatt, kan en heller bruke mer ressurser på forhold som sikrer langsiktig produksjon, migrasjon og mangfold i vassdraget.
- I dag er det stort fokus på at anleggsarbeid skaper «skarpkantede» og «miljøfarlige» partikler. Disse vurderingene bør forankres bedre kunnskapsmessig gjennom effektstudier på fisk, bunndyr og zooplankton. For å studere disse problemstillingene nærmere har Statens vegvesen, NIVA og NMBU et samarbeidsprosjekt med fokus på karakterisering av partikler og biologiske effekter.

Oppsummert indikerer resultatene fra presenterte erfaringsprosjekter at laksefisk og bunndyr tåler mer partikler enn reflektert i de strengeste utslippskravene under bygging av samferdselsprosjekter. Utslippskrav basert på momentanverdier kan gi en usikker miljøgevinst. Faktiske grenseverdier bør baseres på en samlet vurdering av hva som trengs for å beskytte sårbar og verdifullt mangfold og hva som er praktisk mulig å få til under anleggsarbeid. Herunder kan kunnskapsbaserte risikovurderinger indikere hva som er nødvendig for å bevare særlig sårbare og verdifulle arter eller livsmiljøer.

Bidragstyttere og finansiering

Arbeidet med å sammenstille disse anleggserfaringsprosjektene ble initiert av Statens vegvesen, og er utført som et samarbeid mellom NIBIO og SVV og med faglige bidrag fra Øistein Preus Hveding og Sondre Ski. Bane NOR har stilt data og erfaringer til disposisjon og bidratt med innspill og kvalitetskontroll. Resultater fra undersøkelser utført av Nye Veier har økt kunnskapsgrunnlaget for erfaringsprosjektene. Alle takkes for gode bidrag og godt samarbeid.

Referanser

- Norsk Forening for fjellsprengningsteknikk (NFF); Teknisk rapport 2009: Behandling og utslipp av driftsvann fra tunneldriving.
- Alabaster, J. S. 1972. Suspended solids and fisheries. In: Proc. R. Soc. Lond. B 180, 395-406 (1972).
- Alabaster, J. S. and Lloyd, R. 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. 297 sider. London – Boston.
- Bane NOR. 2015. Nytt dobbeltspor Farrisundet-Porsgrunn. Miljøoppfølging i anleggsfasen. Miljørapport nr. 4, 1.7.2014-31.12.2014. Bane NOR Rapport 27.3.2015. 35 s.
- Barland, K. 2016. Overvåking av Hallevannet med tilførselsbekker. Multiconsult Rapport 123821-2-RIGM-RAP-HALLEVANN-2016 for Jernbaneverket utbygging.
- Bash J, Berman C, Bolton S (2001) Effects of turbidity and suspended solids on salmonids. Washington State Transportation Center (TRAC) Report No. WA-RD 526.1, November 2001, Olympia, WA, 92 pp. u.d.
- Berge, D., Bækken, T., Romstad, R., Källqvist, T., Hedlund Corneliusen, C., Dahl-Hansen, G.A. (APN), Christensen, G.N. (APN), Rygg, B. 2009A. Samlet plan for utslipp til vann fra steinindustrien (larvikittprodusentene) i Larvik, Del I: Resipientundersøkelser 2006-2008 (Tekstdel). NIVA- RAPPORT LNR 5834-2009, 159 s.
- Berge, D., Bækken, T., Romstad, R., Källqvist, T., Hedlund Corneliusen, C., Dahl-Hansen, G.A. (APN), Christensen, G.N. (APN), Rygg, B. 2009B. Samlet plan for utslipp til vann fra steinindustrien (larvikittprodusentene) i Larvik. Del I: Resipientundersøkelser 2006-2008 (Data rapport). NIVA Rapport 5835-2009. 145 s.

- Brittain, J. E., Saltveit, S. J., Bremnes, T., Pavels, H., Løfall, P. og Nilssen, J. P. 2017. Biodiversity in wet sedimentation ponds constructed for receiving road runoff. UiO-Naturhistorisk museum. Rapport nr. 62, 2017. ISBN 978-82-7970-083-8.
- Bækken, T. og Bergan, M. 2012. Overvåkning av kjemi og biologi i bekker ved utbyggingen av dobbeltsporet jernbane mellom Barkåker og Tønsberg 2009-2011. Slutt-rapport. NIVA-rapport 6346.
- Bækken, T., Dale, T. og Iversen, E. 2011. Miljøriskovurdering ved dumping av sprengstein fra vegtunnel i Vangsvatnet ved Voss. NIVA Rapport 638-211. 21 s. u.d.
- Direktoratgruppen vanddirektivet 2018. Veileder 2:2018 Klassifisering.
- Eifac Working Party on Water Quality Criteria for European Freshwater Fish. 1964. Water quality criteria for European freshwater fish. Report on finely divided solids and inland fisheries. EIFAC tech. Pap., (1): 21 p.
- FOR-2019-12-12-1760 fra 01.01.2020.
- Gjemlestad, L. J., Haaland, S. og Skaalsveen, K. 2010. Fiskeundersøkelse i Eikesdalsbekken, Larvik kommune. Undersøkelse av orrebestandene i Eikesdalsbekken. Bioforsk Rapport 5(120). 10 s.
- Gregory, R.S. and C.D. Levings. 1998. Turbidity reduces predation on migrating juvenile Pacific salmon. *Transactions of the American Fisheries Society* 127:275-285.
- Gregory, R. 2011. Effect of Turbidity on the Predator Avoidance Behaviour of Juvenile Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 50. 241-246. 10.1139/f93-027.
- Greipsland, I., Rognan, Y., Skrutvold, J., Roseth, R., Stabell, T. og Bremnes, T. 2019. E18 Bommestad-Sky: EK3 lokalvei Farriseidet. Forundersøkelser og miljøoppfølging ved riving av bru over Farriselva og bygging av nye. NIBIO Rapport 5(19)2019.
- Haaland, S. og Gjemlestad, L. J. 2013. Biologiske undersøkelser i Eikesdalsbekken, Vassbotnbekken og Nøklegårdsbekken. Etterundersøkelse i forbindelse med bygging av E18 Sky-Langangen. Bioforsk Rapport 8(4). 10 s.
- Heggenes, J., Sageie, J., Kvisbergli, E., Loland, B., og Stoll, S. 2012. Biologiske forutsetninger for produksjon av laks- og sjørøret i Farris og Siljanelva opp til Lakssjø. HiT skrift nr. 9/2012. Høgskolen i Telemark, Bø.
- Herregården, K.K. og Sleen, O. 2019. Fish populations in the Farris river – affected by highway construction? Universitetet i Sørøst-Norge, Bø.
- Hessen, D. 1992. Uorganiske partikler i vann; effekter på fisk og dyreplankton. NIVA Rapport 2787-1992.
- Hessen, D. et al. 1989. Økt slamføring i Vetlefjordselva som følge av anleggsarbeid. Effekter på fisk og bunndyr. NIVA Rapport 2226-1989.
- Hveding, Ø. P. 2016. UVB Vestfoldbanen. Parsell 12 Farriseidet-Porsgrunn. Bekkeundersøkelser 2011-2016. Statusrapport Jernbaneverket/Sweco UVB-22-A-39181. 31 s.
- Jacobsen, P. Grande, M., Aanes, K.J., Kristiansen, H. & Andersen, S. (1987). Vurderinger av årsaker til fiskedød hos G. P. Jæktvik, Langstein. NIVA Rapport 2038. u.d.
- Jernbaneverket. 2010. UVB Vestfoldbanen. Grunn. Miljøoppfølgingsprogram Parsell 12.2. UVB-22-A-22004. 25.03.2010
- Kjelland, M.E., Woodley, C.M., Swannack, T.M. et al. A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environ Syst Decis* 35, 334–350 (2015). u.d.
- Leikanger, E., Roseth, R., Johansen, Ø., Tveiti, G. og Nytrø, T. E. 2017. E18 Bommestad - Sky. Overvåking av vannkvalitet i perioden 14.04 – 01.11.16. NIBIO Rapport 3(11)2017. ISBN 978-82-17-01782-0. ISSN 2464-1162.
- Lundi, L., Revitt, M. and Ellis, B. 2016A. D4.1 Literature review on treatment of runoff from highway construction sites. CEDR PROPER PROJECT. Conference of European Director of Roads (CEDR): 23 p.
- Lundi, L., Revitt, M. and Ellis, B. 2016B. D4.2 Guidelines for the treatment of highway construction runoff. CEDR PROPER PROJECT. Conference of European Director of Roads (CEDR): 12 p.
- Moe, B. 2019. Redgjørelse for zooplankton og ammoniakkonsentrasjoner i Vennevannsvassdraget. Notat til Fylkesmannen i Agder fra AF Anlegg.
- Moog, O. (ed.). 2002. Fauna Aquatica Austriaca. Edition 2002. Bundesministerium für Land- undForstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna.
- NINA-NIKU Fakta. 2001. Kolonisering av fangdammer i Trøgstad. Flest fellestrekk med næringsrike gårdsdammer. Fakta (1)2001.
- Olk, T. R., Segarra, M. A., Shavazde, I., & Kodanovi, L. 2014. The state of fish populations in Hammerdalen-Farris River (Southern Norway) after being affected by the construction of a new highway (E-18). Høgskolen i Telemark, Bø.

- Orendt, Claus. (2020). "Revised overview of the mayflies (Ephemeroptera) in Brandenburg state (Germany, Central European Lowlands) after 11 years of running water monitoring – Checklist, revised Red List and distribution data". - *Lauterbornia* 86: 61-77 (. «(2019).» u.d.
- Pabst, T., Hindar, A., Hale, S., Garmo, Ø., Endre, E., Petersen, K., Bækken, T. og Baardvik, G. 2015. Bergarters potensielle effekter på vannmiljøet ved anleggsvirksomhet. Statens Vegvesens rapporter Nr. 389. 96 s.
- Reisz, S-K. 2005. Fiskebiologiske undersøkelser I Larvik kommune. Larvik Kommune, 26 s.
- Robertson, M., Scruton, D., Clarke, K., 2007. Seasonal effects of suspended sediment on the behavior of juvenile Atlantic salmon. *T AM FISH SOC* 136, 822-828. u.d.
- Robertson, Martha & Scruton, D. & Clarke, K.. (2007). Seasonal Effects of Suspended Sediment on the Behavior of Juvenile Atlantic Salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*. 136. 822-828. 10.1577/T06-164.1. u.d.
- Rognan, Y. og Roseth, R. 2018. E18 Bommestad-Sky. Omlegging av hovedvannledning via Hammerdalen-Farriselva. Sammenstilling av dokumentasjon fra arbeider samt resultater for el-fiske utført 18.10.2017. NIBIO-notat 28.02.2018.
- Rognan, Y. og Roseth, R. 2020. E18 Bommestad-Sky. Miljøoppfølging av Farriselva og Farrisvannet under anleggsarbeid i 2020. NIBIO Rapport 6(179)2020.
- Rognan, Y., Roseth, R., Skrutvold, J., Johansen, Ø., Våge, K., Roer, O. og Rolandsen, S. 2020. E18 Rugtvedt-Dørdal. Miljøovervåking anleggsperioden 2016-2019. Sammenfattende rapport. NIBIO Rapport 6(115)2020.
- Rognan, Y., Kristiansen, C., Carr, C. H., Roseth, R., Roer, O. og Våge, K. Ø. 2021. E18 Rugtvedt - Langangen. Forundersøkelser av vannkjemi og biologi i vassdrag 2016-2020. NIBIO Rapport 7(26)2021.
- Rognan, Y., Skrutvold, J., Roseth, R. og Johansen, Ø. 2020. E18 Bommestad-Sky. Miljøoppfølging av Farriselva og Farrisvannet under anleggsarbeid i 2019. NIBIO Rapport 6(7)2020.
- Roseth, R. 2009. Anleggsfase E18 Sky-Langangen. Avrenning av jordpartikler til Paulertjerna og Eikesdalsbekken - konsekvenser, mulige tiltak og grenseverdier miljøovervåking, Bioforsk Notat 23.11.2009.
- Roseth, R. 2012. Sluttrapport miljøoppfølging E18 Sky - Langangen.
- Roseth, R., Leikanger, E., Rise, Ø., Nytrø, T. E., Tveiti, G. og Johansen, Ø. 2014. E18 Bommestad – Sky. Miljøoppfølging av vannkvalitet. Halvårsrapport per oktober 2014. Bioforsk Rapport 9(146)2014.
- Roseth, R., Rognan, Y. og Skrutvold, J. 2020. Vestfold-banen. Nykirke-Barkåker. Forundersøkelser av fisk, bunndyr, alger og vannkvalitet i 2017, 2018 og 2019. Bane NOR Rapport UVB-60-A-10009.
- Ruegner, Hermann & Schwientek, Marc & Beekingham, Barbara & Kuch, Bertram & Grathwohl, Peter. (2013). Turbidity as a proxy for total suspended solids (TSS) and particle facilitated pollutant transport in catchments. *Environmental earth sciences*. 10.1007/s.
- Bane NOR. 2017. Nytt dobbeltspor Farrisleidet-Porsgrunn. Miljøoppfølging i anleggsfasen. Miljørapport nr. 6. Periode 1.1.2016-31.12.2016. Bane NOR Rapport 27.04.2017.
- SFT.1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann, Veileder 97:04.
- Simonsen, L. 2018. Overvåking Vålevann og Vennevann 2018. Resultater fra undersøkelser og vurdering av utvikling i økologisk tilstand. Norconsult rapport oppdragsnr. 5168070.
- Solomon, D. and Lightfoot, G. 2008. The thermal biology of brown trout and Atlantic salmon. ISBN 978-1-84432-932-8.
- Svendsen, E.M. 2020. E18 Tvedestrand-Arendal. Sluttrapport for anleggsperioden 2017-2019. Asplan viak/ Nye Veier rapport 30.04.2020.
- Trøan, Anne Kari. 2010. E18 Sky - Langangen. Miljøoppfølging i anleggsfasen. Miljørapport nr. 2 2010. Statens vegvesen, november 2010. 17 s.
- Waarøe, I. K. 2017. The state of fish populations in Hammerdalen-Farris River (Larvik, Vestfold) after being affected by the construction of a new highway, E18. Universitetet i Sørøst-Norge, Bø. u.d.
- Walseng, B., Hagman, E., Halvorsen, G. & Storeid, S.-E. 1995. Krepser og bunndyrfaunaen i en rensepark på Jæren med syv fangdammer. Et pilotprosjekt. NINA Oppdragsmelding 336: 1-19.
- Ward, D. L., Morton-Starner, R. and Vaage, B. 2016. Effects of Turbidity on Predation Vulnerability of Juvenile Humpback Chub to Rainbow Trout and Brown Trout. *Journal of Fish and Wildlife Management* (2016) 7 (1): 205–212.