

Samlet plan for utslipp til vann
fra steinindustrien (larvikittprodusentene)
i Larvik

Del 1
**Undersøkelser og analyser av dagens
situasjon**
Sammendragsrapport



Oslo - Lier - Larvik, 12.10.2009

FORORD

Konsulentgruppen bestående av medlemmer fra Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Golder Associates AS og MM Consult, har på oppdrag fra medlemsbedriftene i Larvikittprodusentenes forening (LPF), gjennomført undersøkelser og analyser av dagens situasjon i vassdrag som er påvirket av steinindustrien.

Arbeidet startet opp i 2006 med prosjektbeskrivelser og utarbeidelse av undersøkelsesprogrammer. Feltarbeid er utført i perioden 2006-2008.

Gjennom hele prosjektperioden har det vært løpende kontakt (bl.a. informasjonsmøter) med oppdragsgiver og miljømyndighetene (Larvik kommune og Fylkesmannen i Vestfold). Informasjon om prosjektet er også gitt til Norsk Bergindustri og NVEs og NIVAs deltagelse i konsulentgruppen har sikret kontakt mot forskningsmiljøene.

Følgende medlemsbedrifter i Larvikittprodusentenes forening (LPF) har bidratt finansielt til prosjektet: Lundhs Tvedalen AS, Larvik Granite, Johs. Nilsen AS, Blue Pearl AS, Monzonite AS og Saga Pearl AS.

Harald Grønn (Vision Partner AS) har vært LPFs sekretær og koordinator for prosjektet.

Samtlige takkes for godt samarbeid.

Referanser til rapporten:

Konsulentgruppen NIVA, NVE, Golder Associates og MM Consult 2009. Samlet plan for utslipp til vann fra steinindustrien (larvikittprodusentene) i Larvik. Del 1 - Undersøkelser og analyser av dagens situasjon. Sammendragsrapport.

Larvikitt

Bergarten larvikitt er den økonomisk viktigste natursteinsforekomsten vi har i Norge. Det meste av produksjonen foregår nær byen som har gitt bergarten navn – Larvik. Der brytes det på en rekke typer hvorav variantene fra Tvedalen (lys larvikitt eller "Blue Pearl") og Klåstad (mørk larvikitt eller "Emerald Pearl") er de viktigste.

Hvert år eksporteres larvikitt for rundt en halv milliard kroner, og reisende nordmenn kan treffe på larvikittfasader og gulv i bygninger verden over, fra Harrods butikker i London til FN-bygningen i New York.

Larvikitten er blitt dannet i et helt særegent geologisk miljø som kalles Oslofeltet. For nærmere 300 millioner år siden var det sterk vulkansk aktivitet i området langs en stor sprekkedannelse i jordskorpa, omtrent slik det kan observeres i Rift dalen i Øst-Afrika i dag. Larvikittene ble dannet dypt under vulkanene, som fikk flere selvstendige "kropper", størknet gjennom et tidsintervall på 8 millioner år. Sett ovenfra, danner larvikittene en rekke halvmåneformede forekomster, hver med sine karakteristika. Noen av dem har et klarere og mer attraktivt fargespill enn andre, og er derfor gjenstand for større økonomisk interesse.

Larvikitt er ingen enkel bergart å bryte i homogene, stor blokker og det er av stor betydning å ta hensyn til en gjennomgående og plan orientering av feltspatkrystallene, siden fargespillet best fremkommer når steinen sages parallelt med denne.

Larvikittene er uten tvil Norges viktigste og mest unike natursteinsforekomster, og kanskje de eneste av virkelig stort internasjonalt format. Samtidig befinner forekomstene seg i et område med sterk befolkningsvekst og økende press på arealer, noe som lett kan skape konflikter mellom næring og andre interesser.

Kilde:

"Fargeglad stein – norsk naturstein med fargespill". Tom Heldal, Norges geologiske undersøkelser (NGU)

Forsidefoto: Hemsvassdraget nedstrøms Rv 303 (etter samløp Istreelva og Marumbekken)

INNHALDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING.....	7
2. PROSJEKTBEKRIVELSE	8
2.1 Felles grunnlag.....	8
2.2 NVE.....	8
2.3 NIVA.....	9
2.4 Golder Associates AS.....	10
2.5 MM Consult	10
3. UNDERSØKELSESONRÅDET	11
3.1 Delområder for steinbruddsvirksomhet og resipienter – oversikt.....	11
4. OPPHAV TIL TURBID AVRENNING FRA STEINBRUDDSONRÅDER	17
5. RESULTATER.....	18
5.1 NVEs undersøkelser.....	18
5.2 NIVAs undersøkelser.....	23
6. MYNDIGHETENES MILJØMÅL	29
6.1 Larvik kommune	29
6.2 Vanndirektivet.....	30
6.3 Forslag til miljømål og klassegrenser for fysisk-kjemiske parametere i innsjøer og elver – og egnethet for brukerinteresser.....	32
7. KONKLUSJON.....	33
7.1 Sammenfatning for hele undersøkelsesområdet.....	33
7.2 Brunlanesområdet	34
7.3 Tjøllingområdet.....	34
8. FORSLAG TIL TILTAK SOM BØR VURDERES VIDERE	35
9. REFERANSER	36

SAMMENDRAG

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har gjennomført resipientundersøkelser i vassdrag som mottar avrenning fra driftsområdene til larvikittprodusentene i Tjølling og Brunlanes i Larvik kommune. I disse områdene har det vært drevet steinindustri sammenhengende i varierende omfang og med ulike driftsformer, siden slutten av 1800-hundretallet. Dagens aktivitetsnivå og driftsform med mye saging kan grovt sett sies å ha pågått siden ca. 1980, med en viss stigning i produksjonsvolum fram til i dag.

Mer enn 130 lokaliteter (bekker, elver, innsjøer og fjorder) er undersøkt. Prosjektet startet opp i 2006, men hoveddelen av feltarbeidet/feltregistreringene er gjennomført i 2007 og 2008. Både vassdrag påvirket av steinindustri og vassdrag som ikke er det (referansevassdrag) er undersøkt. Vannforekomstene er undersøkt for vannføringsforhold, sedimenttransport, turbiditet (grumsethet), vannkjemi, alger, bunnfauna og fisk. Undersøkelsene er dels gjennomført i form av kontinuerlige målinger og dels i form av uttak av prøver for analyse i laboratorium. I tillegg er det gjennomført undersøkelser i felt med vurdering av økologiske forhold (bl.a. algebegroing, bunnfauna og fisk).

De gjennomførte undersøkelsene

NVEs undersøkelser viser at det er stor uorganisk sedimenttransport i Tvedalsbekken og i bekkene fra Tjøllingområdet, mens i Malerødområdet (Malerødbekken og Eikesdalsbekken) er den noe mindre. Det er gjort mineralanalyser på prøver fra den uorganiske delen ("partikulært materiale"). Dette er gjort for å undersøke sammenhenger og forskjeller mellom vassdrag påvirket og upåvirket av steinindustrien for å se om det er mulig å skille ut steinbruddsandelen fra den totale materialtransporten. Larvikitt inneholder mye feltspat, men ikke kvarts. Kvartsen i mineralanalysene må derfor komme fra løsmasser dannet fra andre bergarter knyttet til prosesser i tidligere istider. Leirminerale som illitt og smektit er også mineraler som forekommer meget sjelden i larvikitt, og må derfor også hovedsakelig komme fra løsmasser (hovedsakelig marine leiravsetninger) og ikke den lokale berggrunnen. Dette støttes av at referansebekken Moland, som hovedsakelig drenerer områder med morenemateriale, har svært lavt innhold av leirminerale. Referansebekkene i både Tvedalsområdet og i Tjølling har høyt kvartsinnholdet, omkring 60 %. Istreelva har også relativt mye kvarts (mellom 33 og 50 %), noe som tyder på at en stor andel av sedimentene kommer fra løsmasser, men sammenliknet med Marumsbekken er allikevel feltspatandelen som kan knyttes til steinbrudsvirksomheten høyere. I Tvedalen er kvartsinnholdet meget lavt (6 %), og andelen av feltspat (plagioklas) er høy (ca. 80 %). Dette tyder på at en stor andel av sedimenttransporten i Tvedalsbekken kommer fra bruddene. Innholdet av leirminerale er imidlertid også relativt høyt (til sammen rundt 13 %) og viser at også erosjon i leiravsetninger gir et bidrag til den totale sedimenttransporten.

NIVAs undersøkelser viser at selv om påvirkningen visuelt sett kan synes "dramatisk" i enkelte tilfeller, er den økologiske effekten overraskende liten. Kun i de sterkest påvirkede vassdrags-elementene kunne man finne klare negative effekter på vannøkologien. Dette gjaldt innsjøene Mørjetjern, Bålsrudtjern, og i noe mindre grad Torpevannet. Det var ingen økologiske eller bruksmessige påvirkninger i Hallevannet. Nordre del av Varildfjorden i Viksfjord, var periodevis sterk påvirket av slamtilførsel, men noen økologisk effekt synes allikevel ikke utslippet å ha. Det samme kan sies om Mørjefjorden, innerst i Sildevika og ut for Kastet. I enkelte av de små bekkene var det negative effekter både på begroing, bunndyr og fisk. Dette gjaldt øverst i Tvedalsbekken,

Mørjebekken, Askedalsbekken, Håkestadbekken og Haslebekken. Det kunne imidlertid ikke påvises negative økologiske effekter i viktige resipienter som Istreelva, Mørjerødbekken, Mørjetjernbekken, og Eikedalsbekken.

NIVAs undersøkelse av biotilgjengeligheten av fosfor i steinbrudssavrenningen viser at den for larvikitt er lav.

NIVAs undersøkelse av avrenning fra nedlagte brudd viser at kun få år (< 5 år) etter at et brudd er avsluttet, avtar konsentrasjonene av "steinstøv" i avrenningen til uproblematisk nivåer. Det anses derfor ikke å være behov for overvåking av brudd etter avslutning dersom avslutningen er gjennomført etter godkjent avslutningsplan.

Vurdering av behov for tiltak

NIVAs undersøkelser viser at svak til moderat påvirkning fra steinbrudssavrenning ikke synes å være skadelig for resipientene. I resipienter med sterk påvirkning er det registrert skade på bunnfauna, begroing og fisk. Under slike forhold vil det være behov for tiltak for å unngå negative økologiske effekter og for å oppnå en tilfredsstillende miljøkvalitet. De gjennomførte resipientundersøkelsene har påvist vassdrag innenfor undersøkelsesområdet som blir påvirket av steinindustrien i en slik grad at det vurderes å være behov for tiltak.

Klåstadbekken er sterk belastet med partikler, så belastet at ville ha skapt problemer for sjørret. Bekken er imidlertid avstengt fra kontakt med Viksfjorden via et dike med nivåstyrt overpumping (landbrukstiltak) og i tillegg har bekken karakter av en kanalisert jordbruksgrøft med svært begrenset økologisk og bruksmessig verdi. Slik forholdene er nå, sedimenteres og infiltreres mye av steinbruddslammet i og langs bekkeløpet og forhindres derved i å komme ut i Viksfjorden. Viksfjorden påvirkes allikevel helt innerst, men uten nevneverdig økologisk betydning. Hvis man ønsker å åpne opp Klåstadbekken og etablere den som sjørretbekk, må det gjøres partikkelreducerende tiltak. Slik forholdene med hensyn til bruks- og miljøinteresser er i dag, synes det imidlertid ikke å være behov for tiltak.

De økologiske effektene fra steinbruddsvirksomheten i Istreelvas hovedløp er svært små, og det anses ikke å være behov for tiltak.

Selv om det ikke vurderes å være behov for å gjennomføre tiltak med hensyn til selve Istreelva, så er økologien i Håkestadbekken og Haslebekken så skadet av for mye partikler at det anses å være behov for tiltak.

Slike forholdene har vært i Eikedalsbekken, Malerødbekken, og de to Paulertjerna i de to årene undersøkelsen har pågått, anses det ikke å være behov for ytterligere tiltak her, utover det å drifte og vedlikeholde de tiltakene som allerede er i gang/gjennomført.

Tvedalsbekken, Askedalsbekken, Mørjebekken, Mørjetjern, Bålsrudtjern og Torpevannet er såpass sterkt påvirket at her bør det gjøres tiltak for å redusere partikkelforurensningen.

Hallevannet er nærmest upåvirket av partikler fra steinbruddsvirksomheten, og det synes ikke behov for ytterligere partikkelreducerende tiltak her.

Aktuelle tiltak vil kunne være av ulik art for de ulike bruddene, bl.a. avhengig av naturgitte forhold. Konsulentgruppen anser at følgende alternativer bør vurderes nærmere i del 2 av prosjektet:

1. **Terrenginfiltrasjon**
Man har observert at der avrenningen ikke går i et distinkt bekkedrag gjennom bruddområdet, men hvor avrenningen fordeles på tvers av kotene i terrenget, kommer det ikke noe turbid vann ut av bruddområdet. Det infiltreres av terrenget.
2. **Sedimentasjon i gamle bruddområder**
Ved å lede produksjons-/prosessvannvannet ut i dype bruddområder som ikke lenger er i drift (dette gjøres allerede i dag ved flere brudd med god effekt).
3. **Kombinasjon av infiltrasjon og sedimentasjon**
Kombinasjon av infiltrasjon i egne masser, terrenginfiltrasjon og sedimentasjon har der dette er satt i system, redusert avrenningen av finstoff til resipient til uproblematisk mengde.
4. **Sildenot-katalysert sedimentering.**
Sedimentasjonsbassenger med hengende sildenot (satt tett-i-tett) har vist seg å påskynde sedimentasjon av finmateriale som oppslemmet leire, uten å sette til kjemikalier. Dette bør prøves ut på steinslam.
5. **Kitosan (fellingsmiddel)**
Bruk av kitosan (rekeskallprodukt) som fellingsmiddel. I områder hvor ikke andre metoder (som nevnt over) er mulige, kan dette være et alternativ å gå videre med. Da materialet i avrenningen fra steinbruddene likner nokså mye på breslam, som er et naturlig produkt og som jo har bygget opp jorda i Norge, er man mest interessert i å benytte naturlige metoder framfor å tilsette kjemikalier.
6. **Fortynning.**
Fortynning vil være et godt alternativ der andre tiltak er vanskelig og gjennomføre og det er mulig å få ledet utslippet direkte ut i en stor resipient (sjø/fjord) der det ikke vil gjøre noen skade.

De mest aktuelle tiltakstyper synes pr. i dag å være terrenginfiltrasjon (1) og sedimentasjon (2) i kombinasjon (3) eller hver for seg. Terrenginfiltrasjon kan optimaliseres ved å fordele vannet slik at det renner på tvers av kotene i terrenget, kun i små strømmer, og ikke får anledning til å danne seg "kortslutningsstrømmer". I forsenkninger i terrenget innenfor regulert område kan det legges til rette for sedimentering, enten i naturlige forsenkninger eller ved å bruke dype deler av nedlagte bruddområder. Sedimentasjonen kan ev. effektiviseres, f.eks. vha. sildenot (4) og/eller et fellingsmiddel (5). Tett-i-tett med sildenot vil virke som rørearmen på sedimentasjonstankene i renseanlegg. Kolloidene bringes i kontakt med hverandre og sedimenterbare fnokker dannes. Kitosan er et rekeskallprodukt, og det trengs svært små mengder for å oppnå god fellings-effekt. Kitosan er også nærmest helt uproblematisk å slippe ut i naturen i de konsentrasjonene som er aktuelle for å oppnå ønsket sedimenteringseffekt.

I noen tilfeller bør det settes i verk tiltak ved det enkelte brudd, i andre tilfeller vil det være naturlig å rense avløpet fra flere driftsområder i felles anlegg. Dette forutsettes nærmere avklart i del 2 av prosjektet. I del 2 av prosjektet bør det også vurderes om det finnes større resipienter som er egnet for direkte mottak av avrenning fra bruddene og hvor det skjer en rask fortynning (6) til konsentrasjoner som ikke medfører negative konsekvenser.

1. INNLEDNING

Det har i de senere år, fra lokalt hold, blitt rettet et fokus mot steinindustrien i Larviksområdet og virksomhetenes påvirkning på miljøet. Spesielt har det blitt pekt på at utslipp av steinstøvholdig produksjonsvann til bekker og vann medfører, eller kan medføre negative konsekvenser for ulike resipientinteresser. Dette gjelder både økologiske forhold (fisk og andre vannlevende organismer), drikkevannsinteresser (Hallevannet) og interesser knyttet til rekreasjon og friluftsliv (bl.a. bading og fiske).

Inntil 2006/2007 hadde de enkelte virksomhetene (steinbruddene/steinprodusentene) iverksatt lokale tiltak og overvåkning av utslipp gjennom sin driftsplanlegging, uten noen form for samlet plan eller samarbeid om undersøkelser og tiltak. Larvik kommune gjennomførte i tillegg, parallelt med dette, egne overvåkningsprogrammer, og utarbeidet forslag til miljømål for vannforekomstene i kommunen /1/. I forlengelsen av dette arbeidet, har kommunen så stilt krav til de fleste steinbruddene i området om innsending av utslippssøknader etter forurensningslovens bestemmelser. Pr. i dag har samtlige brudd som omfattes av "Samlet plan" utslippstillatelser.

Innledningsvis ble det fra kommunen satt svært strenge krav til utslipp til vann (turbiditet), og i den forbindelse tok Larvikittprodusentenes forening (LPF) et bransjeinitiativ for å få utarbeidet en samlet plan for utslipp til vann. Hensikten med planen er å klarlegge situasjonen i berørte vassdrag (resipientene), og LPFs strategi er at ved valg av tiltak, skal disse være basert på kunnskaper om de faktiske forhold og utvikles gjennom flere faser, slik at tiltakene blir målrettede, kostnadseffektive og gir de nødvendige resultater.

Det ble etter initiativ fra LPF dannet en konsulentgruppe bestående av medlemmer fra NIVA (Norsk institutt for vannforskning), NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat), Golder Associates AS og MM Consult. Konsulentgruppen fikk i oppdrag fra medlemsbedriftene i LPF å utarbeide et prosjektforslag til en slik "Samlet plan", samt gjennomføre de foreslåtte undersøkelsene. Allerede ved oppstart av arbeidet med prosjektforslaget ble det klart at foreliggende kunnskap ikke var tilstrekkelig som grunnlag for å vurdere resipientforholdene. Dette gjaldt så vel status for resipientene som hvilke tiltak som vil være best egnet.

Planen er delt i to. Foreliggende rapport gir et sammendrag av delrapportene utarbeidet av NVE /2/ og NIVA /6/ og omfatter del 1. Del 2 vil omfatte i mer detalj, en vurdering av tiltakene skissert i del 1.

Det er også etter ønske fra LPF og myndighetene, etablert to delprosjekter under del 1. Delprosjekt 1 omfatter en studie av nedlagte brudd /3/. Hensikten har vært å få vurdert hvor lang tid det tar før "naturlilstanden" i avrenningssituasjonen nedstrøms bruddet er gjenopprettet. Delprosjekt 2 omfatter lokalbasert, frekvent prøvetaking av turbiditet i bekker og elver, samt kjemi i bekker nær opp til bruddene ("utslippspunktene") /4/.

I kap. 2 er det gitt en kort beskrivelse av hovedelementene i prosjektet og arbeidet som er utført.

2. PROSJEKTBESKRIVELSE

2.1 Felles grunnlag

Følgende punkter ble lagt til grunn som felles basis for arbeidene:

- Arbeidet skal omfatte beskrivelser av de gjennomførte undersøkelsene i feltperioden 2006-2008 (noe feltarbeid startet i 2006, mens det alt vesentlige feltarbeidet er gjennomført 2007-2008).
- Arbeidet skal fokusere på hovedresipienter
- Driftsområdene deles i tre områder på bakgrunn av hovedresipienter og resipient-interesser:
 - Malerød (Paulerbekken-Eikesdalsbekken-Hallevann)
 - Tvedalen (Askedalsbekken-Bålsrødvannet-Torpevannet og Tvedalsbekken-Torpevannet)
 - Tjølling (Istreelva/Hemsvassdraget-Hemskilen og Klåstadkilen)
- Resultatene fra undersøkelsene skal kunne skales ned på bruddnivå, basert på nedbørfelter, avrenning, og resultatene fra de overvåkingsprogrammer bruddene gjennomfører lokalt iht. sine utslippstillatelser

I hovedtrekk beskriver rapportene som er utarbeidet:

- De gjennomførte undersøkelser (målsetting, metoder og resultater)
- Hovedresipientene mht. vannføring, sedimenttransport og økologisk tilstand.
- Resipientinteresser og myndighetens miljømål.
- Hvor det er avdekket behov for tiltak, beskrive/skissere mulige tiltak
- Forslag til videre overvåkningsprogram for hovedresipientene.

2.2 NVE

NVEs arbeider er utført av Jim Bogen (prosjektleder) og Truls Erik Bønsnes (saksbehandler). Hovedtrekkene i arbeidet er oppsummert i Tabell 1. Jf. kap 3 for kart som viser undersøkelsesområdet og målestasjoner.

Tabell 1 NVEs arbeider - hovedtrekk

Aktivitet og formål	Område(r)
Etablering av stasjoner og registreringer: - Sedimenttransport (organisk og uorganisk) (5 stk.) - Vannføring (3 stk.) - Turbidimeter (3 stk.) Fremskaffing av grunnlagsdata for beskrivelse av vannføringsforhold og sedimenttransport i resipientene. Fordeling av organisk og uorganisk fraksjon.	- Tvedalen, Malerød, Molandsbekken (referanse), Istreelva, Marumsbekken (referanse) - Tvedalen, Malerød, Istreelva - Tvedalen, Malerød, Istreelva
Kornfordeling og mineralsammensetningsanalyser (4 stk.) Grunnlag for vurdering av kilder til partikler (steinbrudd/jordbruk/skogbruk/naturlig erosjon)	- Tvedalsbekken, Molandsbekken (referanse), Istreelva, Marumsbekken (referanse)

2.3 NIVA

NIVAs arbeider er gjennomført med Dag Berge som prosjektleder. Den rutinemessige innsamlingen av prøver fra utslipp og bekker er utført av Magne Martinsen, MM Consult. Feltarbeidet i forbindelse med de fysisk/kjemiske undersøkelser, planktonundersøkelser, begroingsundersøkelser, bunndyrundersøkelser, er utført av Dag Berge og Torleif Bækken (NIVA). Bækken har analysert bunndyrmaterialet fra ferskvann, og skrevet bunndyrkapitlene. Randi Romstad, NIVA, har analysert begroingsmaterialet og beskrevet dette. Camilla Hedlund Corneliussen, NIVA, har analysert planteplanktonet fra innsjøene, Tortsten Källqvist, NIVA har utført algevekstforsøkene i forbindelse med å fastsette biotilgjengeligheten av steinslam-avrenningen for algevekst i resipientene, samt å beskrive resultatene. Brage Rygg, NIVA har analysert bunndyrmaterialet fra de marine resipienter, og beskrevet dette. Undersøkelsene av fisk i bekkene er foretatt av Geir Dahl Hansen og Guttorm Christensen, Akvaplan-NIVA (NIVA datterbedrift). De har også skrevet fiskekapitlet. De kjemiske analysene er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo. Hovedtrekkene i arbeidet er oppsummert i Tabell 2. Jf. kap 3 for kart som viser undersøkelsesområdet og målestasjoner.

Tabell 2 NIVAs arbeider - hovedtrekk

Aktivitet	Område(r)
Resipientundersøkelse Kartlegge vannkvalitetsforholdene (vannkjemi, næringssalter, turbiditet og partikulert materiale 4 ggr. pr. år, turbiditet 1 gg/mnd.)	- Håkestad – Klåstadorrådet (Vitterseebekken – Istreelva – Hemskilen) - Malerødområdet (Paulerbekken – Paulertjernene – Eikedalsbekken – Eikedalsbukta i Hallevannet) - Buadammen - Mørjevassdraget (Mørjebekken – Mørjetjernet – Indre Mørjefjorden) - Askedalsbekken og Bålsrudtjernet - Tvedalsvassdraget med Torpevannet - Hallevannet
Sedimenter, vannkvalitet og bunnfauna Beskrive økologisk status (også eutrofieringsgrad)	- I berørte bekker og elver og referansevassdrag - Mørjefjorden, utenfor Mørjebekken og Kastet - Hallevannet (Saga Pearl-bukta, Kryssgårdssætra, utløp Eikedalsbekken) - Viksfjorden
Fiskeundersøkelser: - El-fiske - Gytefiskregistreringer Beskrive økologisk status mht. leveforhold for fisk (ørret/sjøørret)	I 14 bekker og elver (inkl. referansebekker/-elver) fordelt over hele undersøkelsesområdet. Noen steder flere stasjoner og undersøkte delstrekninger
Algevekstforsøk For å teste biotilgjengeligheten (gjødslingseffekten) til fosforet i avrenningsvannet	10 prøvestasjoner - Tjølling: Klåstadbekken og utslipp til Klåstadbekken og Haslebekken samt Haslebekken ved utløp i Istreelva - Hallevannet: Eikedalsbekken og Saga Pearl, øst - Tvedalen: Askedalsbekken, Bjørndalsbekken, Tvedalsbekken ved Tvedalsveien og Tvedalsbekken nedstrøms alle brudd
Undersøkelse av algemengder Undersøke effekten av vannkvaliteten på algemengden	- Mørjetjern, Bålsrudtjern, Torpevannet, Paulertjernene, Hallevannet
Undersøkelse av begroing Beskrive økologisk status og hva som påvirker begroingsforholdene	I 13 bekker og elver (inkl. referansebekker/-elver) fordelt over hele undersøkelsesområdet.

Tabell 2 forts.

Aktivitet	Område(r)
Delprosjekt 1: Avrenning fra avsluttede brudd Grunnlag for å vurdere hvor lenge det er behov for overvåkning etter avslutning	- Torsteinbruddet (Hallevannet) – nedlagt 1988 - Buabruddet (Buadammen) – nedlagt ca. 2002 - Utklevbruddet (Tvedalsbekken) – nedlagt 2006
Delprosjekt 2 – Lokalbasert frekvent prøvetaking av turbiditet i bekker og elver, samt kjemi i bekker. Hver 14. dag: Turbiditet 4 ggr/år: pH, konduktivitet, farge, Tot-P, PO4-P, Tot-N, NO3, NH4 1 høstprøve: Tot-Al, Reaktivt Al og Illal Al	Hele undersøkelsesområdet. 48 stasjoner. Koordinert med lokale prøvetakingsprogram ved de enkelte bruddene utslippstillatelser.

2.4 Golder Associates AS

Golders arbeider er utført av Rolf E. Andersen (prosjektleder) og Knut Marius Myrvold (saksbehandler). Arbeidet har bestått i prosjektledelse og koordinering mot LPF, sammenstilling av resipientdata, kartlegging av resipientinteresser og miljømål, samt utarbeidelse av sluttrapport.

2.5 MM Consult

MM Consult ved Magne Martinsen har betjent prosjektet med kartleveranser, beregninger av nedbørfelter og andre relevante data for de enkelte bruddene. I tillegg har MM Consult bistått NIVA i forbindelse med vannprøvetaking i delprosjekt 2.

3. UNDERSØKELSESONOMRÅDET

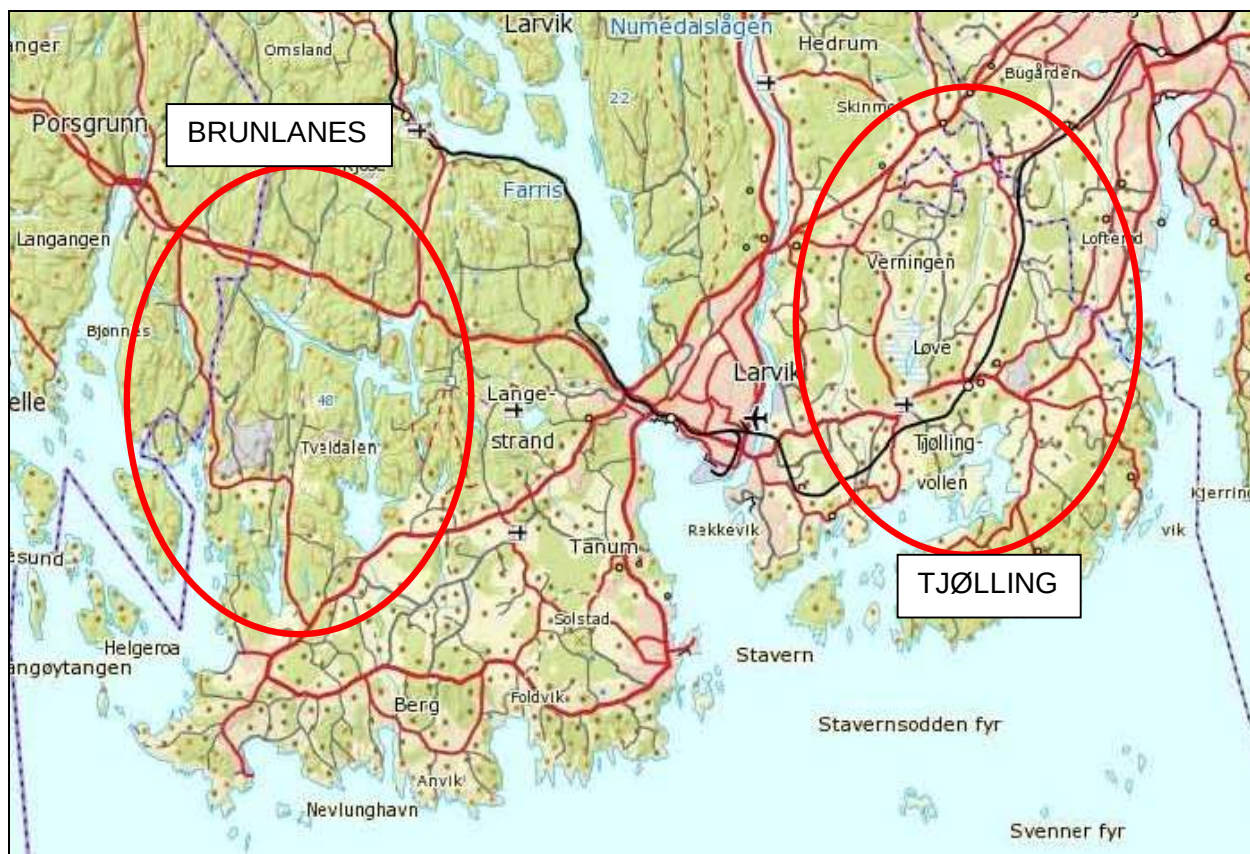
3.1 Delområder for steinbruddsvirksomhet og resipienter – oversikt

Under i kap. 3.1.1 og 3.1.2 er det gitt en oversikt over de ulike steinbruddsvirksomhetene og hvilke resipienter de kan påvirke. Det vises også til Figur 1 til Figur 4 som viser beliggenhet av områdene for steinbruddsvirksomhet i Larvik. For detaljkart som viser de enkelte bruddområdene og resipientene, samt eksakt beliggenhet av målestasjoner og undersøkelsesområder vises det til NVEs og NIVAs delrapporter /2/ og /6/. Det gjøres oppmerksom på at navnebruken på vann, bekker og elver kan variere avhengig av kilde (kartgrunnlag), og også i forhold til hva som er lokalt brukt.

Kystområdene i ytre Oslofjord kjennetegnes ved et kystklima. I disse områdene inntreffer gjerne minimumsvannføringen i sommerhalvåret med en høyere avrenning høst og vinter. Varierende snøforhold vinterstid gir ikke nødvendigvis høye vannføringer om våren.

Store forekomster av marine sedimenter i nedbørfeltene representerer vanligvis vesentlige bidrag til suspensjonstransporten i vassdrag. Det forekommer en del løpserosjon i slike sedimenter langs Tvedalsbekken (Brunlanes) og Marumbekken og Istreelva (Tjølling).

De aktuelle elvene/bekkene som inngår i undersøkelsen har relativt små felt med areal fra 2,7 km² til 26 km² og er karakterisert ved at de har liten naturlig selvreguleringssevne (dvs. ingen store sjøer og utjevningmagasin). Dette resulterer i rask respons på nedbør med spisse flomtopper med kort varighet og lavvannsperioder med svært lav vannføring. Sedimenttransporten kan derfor komme i pulser med stor transport under relativt korte perioder med intens nedbør.



Figur 1 Undersøkelsesområdet – lokalisering av delområder

3.1.1 Brunlanesområdet

De aktuelle områdene i Brunlanes ligger innenfor Raet og har et mindre definert løsmassedekke enn områdene på utsiden av Raet med større sammenhengende områder med marine sedimenter. I de lavestliggende delene av Tvedalen er det imidlertid innslag av marine sedimenter. Dette skiller Tvedalen fra områdene ved Malerød og Moland på nordsiden av E18. De høyereliggende dalsøkkene i Tvedalen og i Moland- og Malerødområdet preges av morenedekke. Det er imidlertid kollelandskapet med bart fjell og tynt morenedekke som dominerer i hele dette området.

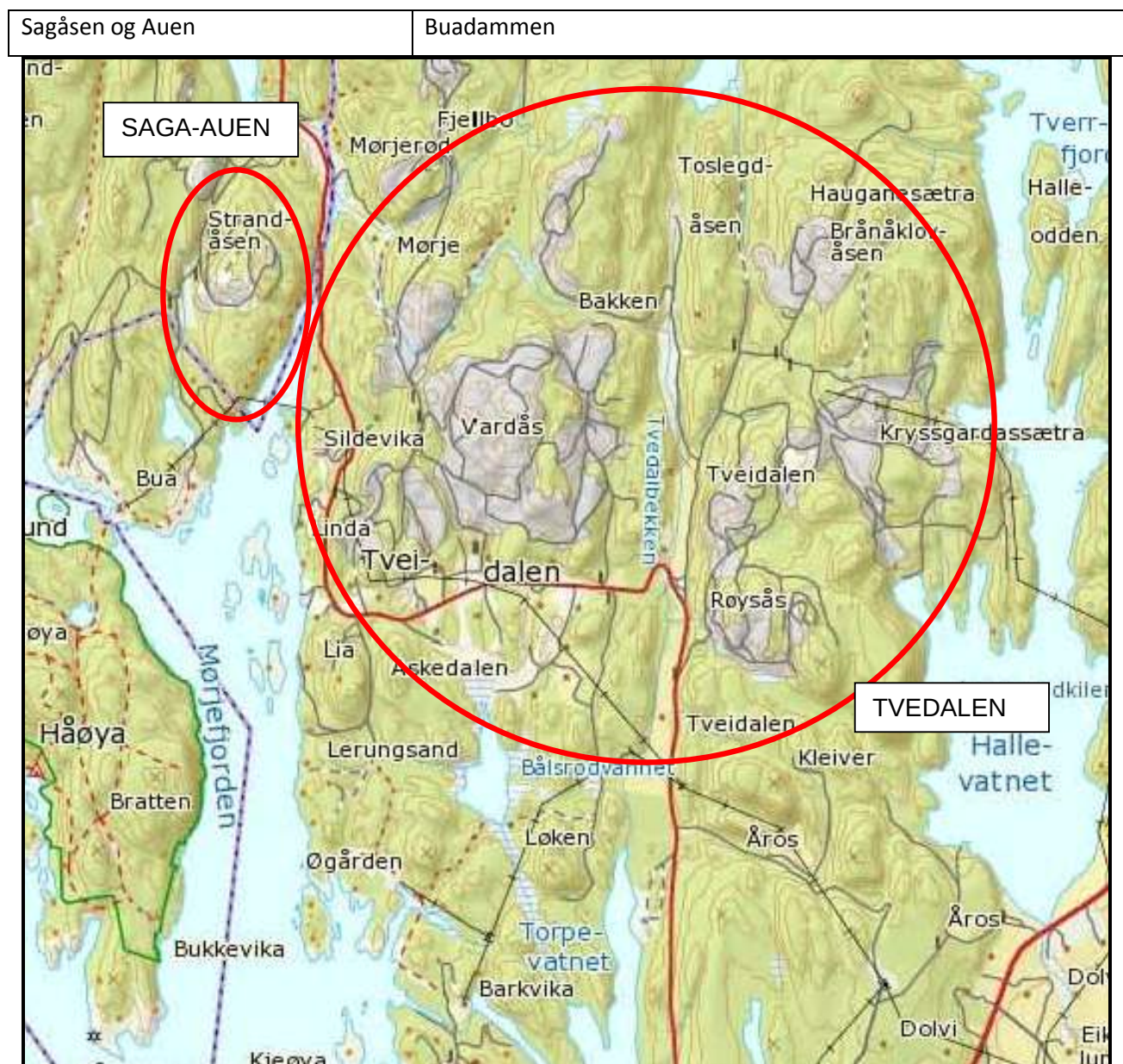
I områdene omkring Hallevannet ved Moland og Malerød er det mye skog, men også forekomster av innmark. Noen små jordbruksarealer forekommer også i Tvedalen.

Det er i Tvedalen omfanget av steinindustrien i Larviksområdet er størst. Om lag 2,59 km² (63 %) av nedbørfeltet til Tvedalsbekken består av aktive eller nedlagte brudd. Dette er ca. 70 % av det totale steinbruddarealet i Tvedalsområdet. Steinbruddene som er lokalisert utenfor Tvedalsbekkens nedbørfelt drenerer naturlig mot forskjellige andre nedbørfelt som dreneres av Askedalsbekken, Mørjebekken og bekker til Hallevannet. Tvedalsbekken drenerer til sjø (Mørjefjorden) via Torpevannet. Askedalsbekken drenerer via Bålsrødtjern og Torpevannet til Mørjefjorden, mens Hallevannet drenerer til sjø via Bergselva.

Steinbruddsområdene i Saga-Auen (Bamble i Telemark) dreneres sørover via Buadammen (Larvik) til Mørjefjorden.

Tabell 3 Brunlanes – områder med steinbruddsvirksomhet og resipienter

Steinbruddsvirksomhet i: Tvedalsområdet	Resipient(er)
Monzonite, Bjørndalen, Granit	Bjørndalsbekken og Tvedalsvassdraget m/Torpevannet
Monzonite, Bjørndalen, Granit, Almenningen, Fugleleikåsen, Arent og Østskogen	Tvedalsvassdraget m/Torpevannet
Vevja (hoveddel), Larvik Granite, Granit, og Rønningen	Askedalsbekken, Bålsrødtjernet, Torpevannet og Mørjefjorden
Vevja (delvis), Storås og Larvik Granite (deponi)	Mørjetjern, Mørjebekken og Mørjefjorden
Vevja (deponi) og Larvik Granite	Mørjefjorden v/Kastet
Saga Pearl og Almenningen (deponi)	Hallevannet (avrenning fra Tvedalen øst)
Malerødområdet	
Malerød og Vardås <i>Ikke aktive brudd: Midtbruddet og Store Vardås</i>	Malerød m/Paulertjern, Eikedalsbekken og Hallevannet (nord)
Saga-Auområdet	



Figur 2 Områder med steinbrudsdrift i Brunlanes sør for E18

Ved Malerød utgjør steinbruddandelen om lag 18 %. Prosessvann og en stor del av nedbørvrenningen fra bruddet overføres til oppsamlingsreservoarer før det drenerer ut i vassdraget. All aktiviteten ved Malerød ligger imidlertid innenfor nedbørfeltet som drenerer mot Paulertjern og via Eikedalsbekken videre til Hallevatnet og Bergselva til sjø.



Figur 3 Områder med steinbrudsdrift i Brunlanes nord for E18

3.1.2 Tjølling

Istreelva og Marumbekken som munner ut i sjø i Hemskilen, kjennetegnes ved at de ligger i områder med relativt like fysiografiske egenskaper. De naturlige feltkarakteristika mht. løsmassedekke er imidlertid svært forskjellig mellom Istreelva/Marumbekken i Tjølling og Tvedalen/Malerød/Moland i Brunlanes som omtalt foran.

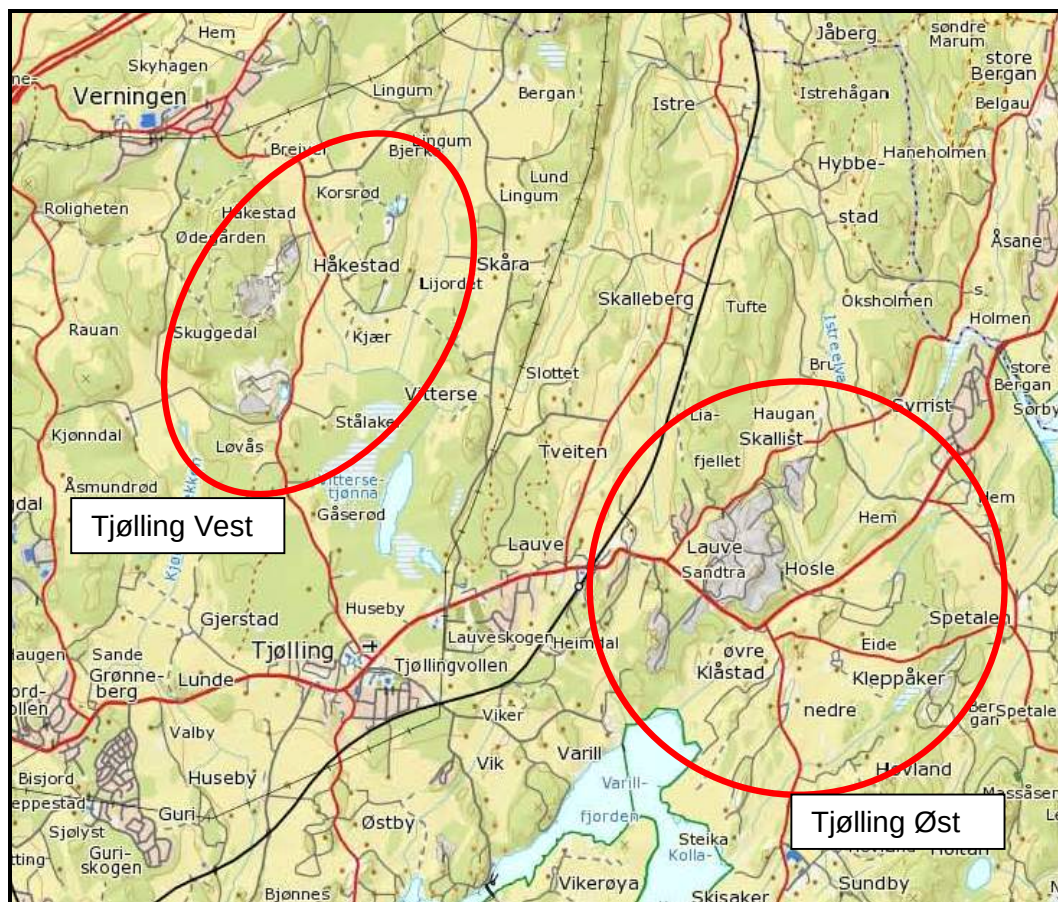
Undersøkelsesområdet i Tjølling ligger utenfor Raet, og er karakterisert av en blanding av slette-landskap med til dels tykke marine sedimentavsetninger og kollelandskap med bart fjell eller tynt morenedekke.

I Tjølling er det store områder med dyrket mark, men også en del skogdekkede områder der det ikke er bart fjell.

I Istreelvas nedbørfelt utgjør steinbruddandelen kun om lag 3 %. Enkelte av bruddene ligger høyt oppe i nedbørfeltet, bl.a. Krukåsen, Håkestad og Stålåker. Klåstadbruddet ligger nærmere utløpet, men er imidlertid lokalisert på vannskillet mellom Istreelva og lokale bekker som drenerer mot Viksfjorden.

Tabell 4 Tjølling – områder med steinbruddsvirksomhet og resipienter

Steinbruddsvirksomhet i	Resipient(er)
Tjølling Vest:	
Håkestad	Hemsvassdraget (Håkestadbekken, Vittersebekken og Istreelva)
Stålåker	
Krukåsen	
Steinbruddsvirksomhet i	
Tjølling Øst:	
Liafjell Skallist	Istreelva (direkte via kulvert)
Klåstad og Blokksten (nedl.)	Haslebakken, Klåstadbekken og Klåstadkilen (Viksfjorden)
Bergan	Holkekilbekken og Kolladjupet (Viksfjorden)



Figur 4 Områder med steinbrudsdrift i Tjølling Vest og Øst

4. OPPHAV TIL TURBID AVRENNING FRA STEINBRUDD SOMRÅDER

Det er flere prosesser som gir opphav til grumset/blakket avrenningsvann fra steinbruddsdriften i larvikittbruddene. Eksempler på slike prosesser/aktiviteter er:

- Saging med diamantwire

Saging med diamantwire er nå den vanligste metoden å ta ut uskadde steinblokker på. Man borer gjerne 10 m inn fra to sider slik at borehullene møtes og trer igjennom en wire gjennom borehullene. Wiren klemmes sammen til en stor løkke. Wiren består av en indre stålwire, og utenpå denne er det tredd ca. 1 cm brede metallringer besatt med diamanter. Mellom segmentene er det plast for å hindre korrosjon av den indre wiren. Løkken spennes opp på et roterende hjul som drives fram på en 10 meter lang skinne. Når hjulet beveger seg bakover vil diamantene i løkken skure mot fjellet og skjære et skår på ca. 1 cm. Under skjæringen tilsettes vann for dels å kjøle, og dels å fjerne slam fra hullet. Når det er skåret en typisk flate på 100 m² utgjør det som er fjernet i skåren, ca. 1 m³ med kompakt fjell. Regnes egenvekten på ca. 2,7, er det altså dannet 2,7 tonn steinslam ved denne sagingen.

- Splitting av steinblokker

Splitting av steinblokkene skjer ved boring og bruk av hydrauliske kiler. Boringen danner også en god del steinmel av ulik kornstørrelse.

- Eroderbare avsetninger av steinslam på åpne flater

Steinbruddene utgjør etter hvert store arealer, bestående av brudd, fyllinger, veger, lager, mm., som er mer eller mindre nakne uten vegetasjon. Fra disse arealene vil regn og snøsmelting lett vaske med seg partikler.

- Trafikk

Det er stor trafikk inne på området, både av lastebiler og maskiner. Hjullasterne er av store dimensjoner. De veier bortimot 50 tonn, og når de kjører rundt med blokker på 30-50 tonn, knuses det mye stein i bærelaget i veiene de kjører på.

- Avrenning fra interne veger

Det er masse veger inne i bruddområdene. Disse er laget av egne masser, knust i egne pukkverk. Disse vegene eroderes for finpartikler under regnvær på lik linje med alle andre grusveger.

5. RESULTATER

5.1 NVEs undersøkelser

Det er etablert fem målestasjoner med automatiske vannprøvetakere for bestemmelse av konsentrasjon og kornfordeling av suspensjonsmaterialet. Tre av stasjonene er lokalisert i elveløp som har steinindustri i nedbørfeltet (Malerødbekken-Eikedalsbekken, Tvedalsbekken og Istreelva). Disse tre stasjonene ble også utstyrt med turbidimeter for kontinuerlige målinger av turbiditet (NTU). De andre to ble etablert i referansefelt uten steinindustri (Molandsbekken og Marumsbekken).

Måleseriene fra de enkelte feltene gir grunnlag for karakterisering av sedimenttransporten og konsentrasjonsforløpet i de forskjellige bekkene. En viktig faktor i denne sammenhengen er å klarlegge om det er betydelig forskjell mellom referansefeltene og feltene som er påvirket av steinindustri. I Tabell 5 er det gitt et sammendrag for avløps- og suspensjonstransportforholdene i vassdragene. Analysene av suspensjonstransporten ble gjort for å se på forskjeller mellom vassdrag påvirket av steinbrudd og referansevassdragene. Samtidig måling av turbiditet gir også mulighet for å "kalibrere" disse mot målt suspensjonstransport. I Tabell 6 er resultatet av mineralanalysene presentert. Mineralanalysene ble gjennomført for å se på forskjeller i mineral-sammensetningen mellom vassdrag påvirket av steinbrudd og referansevassdragene. I Tabell 7 er resultatene av kornfordelingsanalysene vist. Kornfordelingsanalysene ble gjennomført for å se på forskjeller i kornstørrelser mellom vassdrag påvirket av steinbrudd og referansevassdragene samtidig som vannføringen ble registrert.

Innholdet i tabellene er kommentert nærmere for hovedområdene Brunlanes og Tjølling i kap. 5.1.1 og 5.1.2.

Tabell 5 Avløp og suspensjonstransport i hovedresipienter og referansevassdrag (ref)

Resipient/vassdrag	År	Antall døgn	Avløp		Uorganisk suspensjonstransport				Organisk suspensjonstransport			
			Total mill m ³	Pr. døgn mill m ³	Total Tonn	Pr. døgn Tonn	Konsentrasjon mg/l	Maks Kons. mg/l	Total Tonn	Pr. døgn Tonn	Konsentrasjon mg/l	Maks Kons. mg/l
TVB	2007	278	2,08	0,01	262	0,944	126,1	668	16	0,057	7,7	33,3
	2008	357	3,75	0,01	508	1,422	135,6	1001	28	0,078	7,5	96,8
MAL	2007	277	1,29	0,00	33	0,119	25,5	257	10	0,036	7,8	51,8
	2008	357	2,42	0,01	47	0,131	19,3	62	2	0,017	2,5	46,2
MOL (ref)	2007	277	2,59	0,01	15	0,053	5,7	35	10	0,034	3,7	20,5
	2008	356	4,86	0,01	27	0,075	5,5	240	15	0,043	3,1	67,8
IST	2007	278	10,53	0,04	1087	3,910	103,3	642	159	0,571	15,1	101,0
	2008	359	24,30	0,07	1897	5,290	78,0	369	197	0,548	8,1	37,0
MAR (ref)	2007	240	6,01	0,02	754	2,753	125,4	759	127	0,463	21,1	105,4
	2008	357	14,07	0,04	1329	3,723	94,5	453	53	0,148	3,8	35,2
TVB = Tvedalsbekken, MAL = Malerødbekken, MOL = Molandsbekken, IST = Istreelva, MAR = Marumsbekken												

Tabell 6 Mineralanalyser i hovedresipienter og referansevassdrag (ref)

Verdier i %	Tvedalsbekken		Molands- bekken (ref) 12/1-09	Istreelva		Marumsk (ref) 12/1-09
	13/8-08	4/9-08		13/8-08	4/9-08	
Smektitt ¹⁾	4	4	-	7	4	-
Illitt ¹⁾	9	9	1	6	3	10
Kloritt	2	2	2	4	4	6
Kvarts ²⁾	6	6	58	33	50	60
Plagioklas ³⁾	79	79	29	50	39	18
Kalifeltspat	-	-	7	-	-	6
Amfibol	-	-	3	-	-	-
1) Leirminerale som har sin opprinnelse fra marine leirer (fjord- og havavsetninger) 2) Kvarts finnes ikke i larvikitt og har sin opprinnelse fra løsmasser (morenemateriale) 3) Plagioklas (feltspatmineral) er det typiske "steinbruddmineralet" dvs. har sin opprinnelse fra både stedefgen larvikitt og morenemateriale.						

Tabell 7 Kornfordelingsanalyser i hovedresipienter og referansevassdrag (ref.)

Tvedalsbekken	%-leir ¹⁾	%-silt ¹⁾	%-sand ¹⁾
Middel 2007	26,8	63,8	9,4
Middel 2008	38,3	54,9	6,7
Median 2007	15,4	67,3	3,7
Median 2008	29,1	57,4	2,1
Malerødbekken			
Middel 2007	8,8	80,2	11,1
Middel 2008	12,2	77,3	10,5
Median 2007	6,6	82,8	10,1
Median 2008	12,6	81,1	7,9
Molandsbekken (ref.)			
Middel 2007	4,5	86,4	9,2
Middel 2008	7,1	80,6	12,4
Median 2007	4,8	90,0	6,4
Median 2008	6,6	81,3	10,8

Tabellen fortsetter på neste side.

Tabell 7 forts.

Istreelva	%-leir ¹⁾	%-silt ¹⁾	%-sand ¹⁾
Middel 2007	22,9	71,8	5,3
Middel 2008	34,2	64,0	1,8
Median 2007	20,4	77,4	3,0
Median 2008	30,6	60,9	0,1
Marumbekken (ref.)			
Middel 2007	28,9	66,9	4,2
Middel 2008	30,7	63,5	5,9
Median 2007	24,7	72,2	2,6
Median 2008	30,0	62,0	0,3
1) Leir, silt og sand er beskrivelser av uorganisk materiale basert på kornstørrelse. Leir (leire er et sediment som består av leirpartikler) brukes om partikler som er mindre enn 0,002 mm, silt om partikler med størrelse 0,002-0,06 mm og sand om partikler med størrelse 0,06-2 mm.			

5.1.1 Brunlanesområdet - vannføringer, sedimenttransport og turbiditetsforhold

I Tvedalsbekken ble det målt høye suspensjonskonsentrasjoner/turbiditet i forbindelse med nedbør/flom, med maksimumskonsentrasjoner i området 200–1000 mg/l. I lavvannsperioder synker konsentrasjonen til under 10 mg/l. Tidvis pulserer turbiditeten mellom relativt lave og høye verdier (30–1000 NTU¹⁾) opptil flere ganger i løpet av døgnet under forhold med stabil lav vannføring.

I enkeltprøver av kornfordelingen i suspensjonsmaterialet varierer leirinnholdet fra 8,3 % som et minimum, og opp i over 80 % som et maksimum. Høy andel av finfordelt materiale ble målt i en periode med høy turbiditet og lav vannføring.

I Tvedalsbekken ble spesifikk uorganisk suspensjonstransport i perioden 2007 til 2008 målt til ca. 90 tonn/km². Dette er høyere enn i målinger fra andre felt i samme område. Det er også høyere enn målinger fra Istreelva og Marumbekken som har store forekomster av marine sedimenter. I Tvedalsbekken utgjør andelen organisk materiale i sedimenttransporten ca. 5 %. I middel er dette lavere enn ved de andre målestedene i løpet av perioden 2007 til 2008, som i middel har andeler over 10 %. I skogsområdene ved Molandsbekken ble det målt ca. 40 % organisk materiale.

I Malerødbekken ble det også målt høye suspensjonskonsentrasjoner/ turbiditet i forbindelse med nedbør /flom, med maksimumsverdier på mellom 50 mg/l og 250 mg/l eller opp mot ca. 400 NTU. I lavvannsperioder synker konsentrasjonen til under 5 mg/l. Det også registrert pulser med til dels store utslag i turbiditet som inntreffer i perioder med lav vannføring eller ved liten endring i vannføringen. Pulsene er ofte av kort varighet før turbiditeten igjen er tilbake på et minimum. Verdiene under pulseringen var imidlertid mye lavere enn i Tvedalsbekken.

¹ NTU (Nephelometric Turbidity Unit) og FNU (Formazin Nephelometric Unit) er synonyme begreper. I noen sammenhenger brukes også forkortelsen FTU (Formazin Turbidity Unit)

Sammenligninger av suspensjonskonsentrasjonene i den steinbruddspåvirkede Istreelva med referansefeltet Marumbekken viser at disse er av samme størrelsesorden, både under flom og lavvannsforhold, med maksimumsverdier på mellom 200 mg/l og 800 mg/l (ca. 1000 NTU som maksimum). I lavvannsperioder synker konsentrasjonen til under 5 mg/l. Tidvis ble det imidlertid observert et pulserende forløp i turbiditeten (20–200 NTU) i Istreelva ved lav vannføring.

Spesifikk uorganisk suspensjonstransport i perioden 2007 til 2008 ble målt til mellom 55 og 70 tonn/km², hvor referansemålingene i Marumbekken var noe høyere enn i Istreelva.

Det kan konkluderes med at det er forholdsvis god samvariasjon i konsentrasjonsforløpet i Tvedalsbekken, Malerødbekken (steinbruddspåvirkede) og Molandsbekken (referanse) i Brunlanes er forholdsvis like. Maksimumsverdiene i den sterkt påvirkede Tvedalsbekken er imidlertid mye høyere enn ved Malerød. Maksimumsverdiene i referansefeltet Molandsbekken er lavere enn i feltene med steinindustri. De høye maksimumskonsentrasjonene i Tvedalsbekken reflekterer at dette feltet er sterkt påvirket. Under lav vannføring er situasjonen tidvis annerledes. Materialet som tilføres med prosessvannet kan føre til et pulserende konsentrasjonsforløp i Malerød og særlig i Tvedalen. Dette er et konsentrasjonsforløp som vanligvis ikke inntreffer på naturlig måte under lav vannføring.

Mineralanalyser av suspensjonsmaterialet viser at det i Tvedalsbekken og i Molandsbekken var henholdsvis 79 % og 29 % plagioklas/feltspat i enkeltprøver. Plagioklas forekommer i berggrunnen (larvikitt), men kan også stamme fra løsmasser, spesielt morenemateriale. For Tvedalsbekken kan det bety at opp mot 80 % av transporten består av partikler som samlet kan ha opprinnelse fra berggrunnen og morenedekket. I Molandsbekken som er uberørt av steinindustri utgjør den samme andelen kun ca. 30 %.

5.1.2 Tjøllingområdet - vannføringer, sedimenttransport og turbiditetsforhold

I det steinbruddspåvirkede vassdraget (Istreelva) og referansefeltet (Marumbekken) i Tjølling synes både samvariasjon i konsentrasjonsforløpet og maksimumsverdiene under flom å være forholdsvis like. Når materialet spyles ut fra mange forskjellige områder, betyr dette at bidrag fra steinbruddene ikke er dominerende. Steinbruddandelen i Istreelva utgjør heller ikke mer enn 3 % av arealet. Under lav vannføring er situasjonen tidvis annerledes også her. Det er også her registrert et pulserende konsentrasjonsforløp ved lav vannføring. Utslipp av prosessvann under lav vannføring synes å være årsak til dette.

I Istreelva ble det målt 50 % og 39 % plagioklas, mens kun 18 % i Marumbekken. Plagioklas forekommer i berggrunnen (larvikitt), men kan også stamme fra løsmasser, spesielt morenemateriale.

5.1.3 Diskusjon og delkonklusjon

Elveløpserosjon er en viktig kilde for sedimenttransporten, særlig i områder med marine sedimenter. Utvasking av sedimenter fra elveløpet skjer særlig i forbindelse med høye vannføringer, men det kan også være en viss tilførsel fra elvekant erosjon i lavvannsperioder (f.eks. som følge av ras og utglidninger). Høye vannføringer er med unntak av snøsmelting knyttet til nedbør. I slike situasjoner vil det også være tilførsel av materiale fra kilder som ikke ligger i direkte kontakt med elveløpet. Dette kan være naturlige kilder, jordbruksarealer og steinbruddsområder. Produksjonsrester, steinstøv og annet som ikke siger ut i forbindelse med sageprosessen, vil vaskes ut i forbindelse med nedbør. Maksimumskonsentrasjonene ved alle

målestedene ble målt i forbindelse med slike episoder. Over 80 % av den totale transporten i Tvedalsbekken i 2007 ble målt i forbindelse med fire flomepisoder.

Prosessvann fra steinindustrien vil tidvis bidra med tilsig til vassdraget. Noe av vannet drenerer til oppsamlingsreservoarer før det kommer ut i vassdraget. I situasjoner med høy vannføring vil bidrag fra disse komme sammen med materiale fra andre kilder i feltet. I situasjoner med lav vannføring og høy turbiditet er det sannsynlig at det er prosessvann fra aktivitet i bruddene som i større grad dominerer, spesielt i Tvedalen hvor steinindustrien er mest omfattende. Lav vannføring fører imidlertid til at den totale mengden som transporteres ut ofte er liten, selv om partikkelkonsentrasjonen (turbiditeten) er høy.

5.2 NIVAs undersøkelser

5.2.1 Innsjøresipientene

De berørte innsjøer hører alle med til Tvedalsområdet og Malerødområdet. I Tjølling er det ingen innsjøer som mottar avrenning fra steinindustrien.

De små innsjøene

Bålsrudtjern, Torpevannet og Mørjetjernet er betydelig påvirket av steinbruddsavrenning. Vannet var periodevis sterkt turbid av steinstøv. Torpevannet klarnet opp nokså mye midtsommers, mens Mørjetjern og Bålsrudtjern var turbide mer eller mindre hele året. I alle disse tre innsjøene var det et betydelig steinslamlag (lysegrått sediment) på toppen av bunnslammet i innsjøene. Til tross for at dette overflatesedimentlaget i hovedsak var uorganisk, var det rimelig bra med bunndyr i det. I Mørjetjern og Bålsrudtjern var imidlertid diversiteten lav, og biomassen mindre enn man ville hatt i en tilsvarende innsjø med samme trofinivå. Søndre Paulertjern var noe påvirket av turbiditet i vannmassene, men ikke så mye at det var merkbart i sedimentet. Nordre Paulertjern og Buadammen var i dag upåvirket av steinbruddsavrenning.

Det var mest alger i Bålsrudtjern og Mørjetjernet. Disse hadde også de høyeste konsentrasjoner av næringssalter. Referansevannet Nordre Paulertjern hadde minst alger. I de små vannene var det god samvariasjon mellom algemengde og steinbruddspåvirkning målt som turbiditet, og man kunne få det inntrykk at steinbruddsavrenningen forårsaker økt algevekst (eutrofiering). Algevekstforsøk viste imidlertid at den turbide steinbruddsavrenningen var lite biotilgjengelig, se senere avsnitt i sammendraget. Et moment som også taler mot at steinbruddsslammet fører til eutrofiering er at i Vestmunnvannet, det vestre bassenget i Hallevannet, som ikke er påvirket av steinbruddsavrenning eller av annen menneskelig aktivitet, også hadde høye algemengder. Alle disse lokalitetene har høyt innhold av humus (brunt vann). Det har kommet en nyinnvandret algeart, *Gonyostomum semen*, til området som kan utnytte humus til sin vekst på en sinnrik måte, se avsnitt om Hallevannet. I alle innsjøer der man hadde høye algemengder, var det denne algen som utgjorde det aller mest av biomassen. Men, larvikitt er relativt rikt på fosfor (apatittholdig), og det fine materialet holder seg lenge i suspensjon i vannmassene, og det vil selvsagt kunne vokse en del alger på det. Men sammenliknet med erosjonsavrenning fra gjødslede jorder er det ubetydelig med tanke på å forårsake problemskapende eutrofiering.

Buadammen er ikke nevneverdig påvirket av steinbruddsavrenning. Sedimentet ser helt normalt ut. Innsjøen er imidlertid sterkt påvirket av eutrofiering og er i ferd med å gro helt igjen med vannplanter. Periodevis dannes det store flak av grønske i overflaten, noe som synes å komme fra ekstern næringssalttilrenning. Stikkprøver indikerte høye næringssaltkonsentrasjoner i innløpsbekken. Kilder til næringssalttilrenning bør undersøkes. Kloakkslamdeponering på gamle steinbruddsfyllinger er en mulig kilde.

Hallevannet

Gradientstudier av turbiditet på ca 30 stasjoner i Hallevannet viste at denne innsjøen i det store og det hele er upåvirket av steinbruddsaktiviteten. Kun i den trange og grunne Eikedalsbukta kunne man registrere vann med økt turbiditet. Ut for Kryssgårdssætra var det ingen påvirkning, og i Messingvika, ut for Saga Pearls to utslipp, kunne man bare registrere svakt økt turbiditet 20-30 m

utfør det østre bekkutløpet. Visuelt sett var sedimentene normale både i konsistens og farge, og skilte seg lite fra referansebukta.

Ved innerste stasjon ut for utslippene i Messingvika i Hallevannet, ble det tatt sedimentprøver for analyse av olje og PCB. Det ble funnet lave konsentrasjoner av olje, men ikke noe PCB. Det er ikke undersøkt hva slags olje dette er, men konsentrasjonene er lave og uten nevneverdig økologisk virkning.

Hallevannet hadde mest alger i de øvre fjordarmer og minst lengst syd. Dette har sammenheng med at næringssaltene brukes opp på vannets vei gjennom den lange og "kronglete" innsjøen, og døde alger sedimenterer og tar med seg næringsstoffene til bunns. Det er den midtre og søndre delen av innsjøen som mottar avrenning fra steinbrudd, og her var det altså minst alger. Dette vitner om at steinbruddsavrenningen ikke utgjør noe eutrofiprobblem for Hallevannet. Den nordvestre delen av innsjøen (Vestmunnvannet) hadde store algemengder i august begge år, noe som var forårsaket av en raphidinothryceae art, *Gonyostomum semen*. Dette er en nyinnvandret art som kan utnytte ortofosfat dannet ved humusvannets oksygenforbruk i dypvannet. Algen går ned i dypet på nattetid og henter biotilgjengelig P og vandrer opp og benytter dette til fotosyntese på dagtid. Vestmunnvannet er ikke påvirket av steinbruddsavrenning eller annen menneskelig aktivitet, men er kraftig humuspåvirket.

5.2.2 Bekkeresipientene

Partikler og vannkjemi i bekkene

Det ble funnet en god lineær sammenheng mellom vannets innhold av partikulært materiale og vannets turbiditet målt som FNU, og turbiditet ble derfor benyttet som "påvirkningsbeskrivende parameter". Det er ikke bare steinbruddsaktivitet som danner turbiditet i bekker. Av andre kilder er erosjon fra jordbruksarealer viktigst. Jordbruksbekker i Vestfold får sjelden høyere turbiditet enn 100-200 FNU, mens steinbruddspåvirkede bekker kan ha langt høyere turbiditet. De små bekkene rett nedstrøms bruddene var mest påvirket. Her ble det registrert enkeltmålinger på over 20000 FNU. Disse målepunktene var tatt inne på regulert område, slik at bekkene her er å regne som utslipp. Først utenfor regulert område er bekkene å regne som resipienter som det knytter seg allmenn interesse til.

Istreelva fikk et betydelig påslag av turbiditet i området der steinbruddsavrenningen kommer inn i elva. Nedstrøms nederste utslipp (Haslebekken) var den gjennomsnittlige turbiditet 47 FNU. Ved nederste stasjon før samløpet med Marumbekken var midlere turbiditet gått noe ned til 41 FNU. Ovenfor øverste utslipp (fra Håkestad og Stålåkerbruddene) var midlere turbiditet i Istreelva 14 FNU. Marumbekken som var referanse for Istreelva, hadde midlere turbiditet på 20 FNU. Tilsvarende forskjeller fremkommer ved bruk av median turbiditet som beskrivende parameter for den midlere situasjon. De mest påvirkede bekkeresipientene i Tjøllingområdet var Klåstadbekken, Håkestadbekken og Haslebekken, med midlere turbiditet på hhv. 1900, 188, og 141 FNU.

I Tvedalsområdet var Askedalsbekken (innløp Bålsrudtjern), Mørjebekken og Tvedalsbekken de mest påvirkede bekkeresipientene. I Tvedalsbekken var midlere turbiditet "Tvedalsbekk ref",

"Tvedalbekk nedstr utløp Bjørndalen" og "Tvedalsbekk nedre", hhv. 3,3, 288 og 90 FNU. "Innløp Bålsrudtjern" (Askedalsbekken) hadde 105 FNU i snitt, og Mørjebekken 89 FNU som middelerverdi. Alle fire referansebekkene i Tvedalenområdet var svært klare med midlere turbiditet mellom 1 og 2 FNU, og det er ingen tvil om at turbiditeten i bekkene her stammer fra steinbruddsvirksomheten. Mange av de minste bekkene det er målt på i dette området, er for utslipp å regne.

I Malerødområdet hadde bekkene langt mindre turbiditet enn i de to andre områdene. Vardåsbekken var mest turbid og hadde midlere turbiditet på 44 FNU. Malerødbekken ved E18 (Innløp Søndre Paulertjern) hadde midlere turbiditet på 7,5 FNU, mens Eikedalsbekken hadde midlere turbiditet på 4,7 FNU. Forholdene i Malerød-/Eikedalsvassdraget har bedret seg betydelig etter at man i gjorde tiltak med terrenginfiltrasjon og sedimentasjon i Malerødbruddene.

Fosfor samvarierte med turbiditeten, noe som indikerer at fosforet er knyttet til partiklene, og det ble kun funnet lave verdier av ortofosfat (løst reaktivt fosfor) i avrenningsvannet. Larvikitt inneholder ikke nitrogen. I tråd med dette ble det ikke funnet noen sammenheng med nitrogenkonsentrasjon og turbiditet i bekkene i Tjøllingområdet og i Malerødområdet. I Tjøllingområdet var nitrogenkonsentrasjonen knyttet først og fremst til jordbrukspåvirkning. F.eks. hadde Istreelva høyest nitrogenkonsentrasjon oppstrøms steinbruddspåvirkningen, midlere Tot-N konsentrasjon på 6,5 mgN/l. I Tvedalenområdet ble det derimot funnet signifikant mer nitrogen i de steinbruddspåvirkede bekkene enn i de andre. Hva denne forskjellen skyldes er ikke undersøkt, men det kan tenkes at utette sanitæranlegg eller avrenning fra sprengsteinmasser, kan være to årsaker.

Avrenningen inneholder mye aluminium. Dette er total aluminium knyttet til bergartens partikler. Det ble ikke funnet skadelige konsentrasjoner av den giftige reaktive formen for aluminium, ofte kalt "labilt aluminium". Labilt aluminium oppstår særlig i sur avrenning, og i den nøytrale (svakt basiske) avrenningen fra steinbrudd vil ikke dette bli noe problem i fremtiden. Avrenningen hadde en nøytraliserende virkning på sure bekker. Det var imidlertid bare i Malerødområdet at vi fant sure bekker, og da kun svakt sure. Ellers hadde de fleste bekkene pH rundt 7.

De fleste bekkene var betydelig humuspåvirket (hadde brunt vann), noe som skyldes naturlige kilder som myr og skog og har ikke noe med steinbrudd å gjøre.

Bunnfauna i bekkene

Bunndyrundersøkelsen viste det generelle bildet at de påvirkede bekkene fikk nedsatt bunndyrrantal, samt at organismer som lever av å filtrere partikler fra vannet, ble sterk redusert eller fraværende (knottelarver og nettspinnende vårfluelarver). De sterkt påvirkede bekkene fikk også redusert biodiversitet. Følgende bekker hadde tydelig partikkel påvirket bunnfauna: Haslebekken, Håkestadbekken, Askedalsbekken (innløp Bålsrudtjern), og Mørjebekken. Disse bekkene hadde også nedsatt biodiversitet. I større bekker som Istreelva og Mørjetjernbekken (innløpet til Mørjefjorden) kunne man ikke se noen effekter på bunnfaunaen som skyldes steinbruddsavrenning. I Malerød-Eikedalsbekken var det kun små effekter. Referansebekken til disse, Tildrebekken, hadde ikke forsurningsfølsomme arter som døgnfluer av slekten *Baetis*, mens det hadde Eikedalsbekken. Dette indikerer at steinbruddsavrenningen har en nøytraliserende effekt og at en moderat påvirkning kan være gunstig for sure bekker.

Begroing i bekkene

De mest påvirkede bekkene hadde også nedsatt mengde og diversitet av begroingsalger, trolig en følge av lite lys og tilslamming. En del av bekkene hadde forekomst av bakterien *Spaerotilus*, noe som indikerer utslipp av urensset kloakk, eller husdyrmøkk. Referansebekken i Tjøllingområdet (Marumbekken) hadde tildels mye begroing og vitnet om påvirkning av letttilgjengelige næringssalter, som f.eks. fra kloakk eller landbruksavrenning.

Fisk i bekker

Det er gjennomført fiskeundersøkelser i 2007 og 2008 i totalt 14 bekkeløp. I områdene Malerød/Tvedalen inngår Malerødbekken, Eikedalsbekken, Tvedalsbekken, Barkvikbekken (også kalt Torpevannsbekken), Askedalsbekken, Buadambekken, og Mørjerødbekken m/sidebekker. I Tjøllingområdet inngår Holkekilbekken, Haslebekken, Virikbekken (Marumbekken), Istreelva, Vittersebekken og Håkestadbekken som alle er deler av Istrelva-systemet (Hemsvassdraget). Buadambekken og Askedalsbekken i Tvedalsområdet, samt Holkekilbekken og Klåstadbekken (inngikk ikke i undersøkelsen) i Tjølling er ikke ørretførende, enten på grunn av vandringshinder eller at det naturlig ikke finnes ørret i systemet. Undersøkelsene har omfattet bonitering og fiskeundersøkelser på gyte- og oppvekstområder for ørret med fokus på registrering av tetthet og sammensetning, samt registrering av gytefisk.

I alle de ørretførende bekkene ble det funnet ørretunger, for det meste årsyngel og ettåringer. Bortsett fra et par lokaliteter, var det ingen entydige negative effekter på ørretbestandene som kan knyttes direkte til partikkelpåvirkningen fra larvikitt-bruddene.

Tettheten og sammensetningen av fisk i de ulike bekkene og på de ulike stasjonene varierte, noe som er naturlig ut fra kvalitetsforskjeller på gyte- og oppvekstforhold mellom bekkene og fiskestasjonene. Det vil også være årlige variasjoner i fisketetthet og sammensetning innen hvert system, avhengig av gytesuksessen forrige høst, klimatiske variasjoner, antropogene påvirkninger i bekkesystemet etc. Med unntak av Tvedalsbekken (2008), var det ingen stasjoner som pekte seg ut med svært lave eller høye tettheter av ørretunger. Tetthetene på de fleste undersøkte lokalitetene varierte innenfor det som kan betraktes som normalt for mindre ørretførende bekkesystemer i Vestfold, selv om antallet fisk på noen lokaliteter lå på et nivå som kan betegnes som lavt sammenlignet med andre tilsvarende upåvirkede bekker. Men, dette kan være et utslag av naturlige forskjeller mellom bekkestasjonene, og ikke nødvendigvis forurensing.

Det var ingen klare tegn på akutt eller stor dødelighet hos rogn eller årsyngel i noen bekker, bortsett fra i øvre del av Tvedalsbekken (2008) rett nedenfor der utslippene fra Bjørndalen kommer ned. På denne lokaliteten var tettheten i 2008 svært lav, og årsyngel av ørret var helt fraværende. Størrelsen på årsyngel og ettåringer fanget lenger ned i Tvedalsbekken var også klart lavere enn i andre bekker som ble undersøkt. Resultatene indikerer en effekt av slampåvirkning.

Det ble ikke registrert fisk i Haslebekken (Tjølling) selv om denne potensielt kan produsere fisk. Dette kan være et resultat av kraftig slampåvirkning og/eller mulig vandringshinder (ved lav vannføring) ved utløpet til Istreelva.

Bunndyrsamfunnet i de fleste slampåvirkede bekkene viste klare negative tegn på slampåvirkning både med hensyn på tetthet og sammensetning. Normalt gir dette seg utslag i nedsatt produksjon (vekst og overlevelse) hos ørretunger. Det er derfor en mulighet for at antall ørretunger i de

slampåvirkede bekkene som ble undersøkt kunne vært høyere dersom de hadde vært upåvirket av partikler fra bergverksindustrien.

5.2.3 Fjordresipientene

Viksfjorden

Viksfjorden som helhet er lite påvirket av steinbruddsavrenning. Innerste (nordre) del av Varildfjorden er i perioder betydelig påvirket av turbid vann fra Klåstadbekken. Sedimentet i denne delen av fjorden har den karakteristiske lyse fargen som er typisk for steinbruddslammet, og innholdet av organisk karbon var betydelig mindre enn på referanselokaliteten. Det var imidlertid ikke mulig å se noen negative effekter på bunnfaunaen i den delen som var påvirket av utslippet. Bunnfaunaen var nokså lik den man fant på referanselokaliteten. Viksfjorden er sterkt påvirket av eutrofiering, noe som er forårsaket fra jordbruk og sanitærløp, og i liten grad fra steinbruddsaktiviteten. I perioder med mye nedbør kommer det inn turbid vann fra flere jordbruksbekker, som f.eks. fra Nygårdsbekken og Bjønnesbekken, som gir Viksfjorden et grumsete preg langt utenfor der hvor Klåstadutslippene gjør seg gjeldende. Disse bekkene bringer turbiditeten i de bekkenære området i fjorden opp i 60-70 FNU, mens i det bekkenære området utfor Klåstadbekken i Varildfjorden kom turbiditeten oppi 200 FNU.

Mørjefjorden

Mørjefjorden er betydelig påvirket av steinbruddsavrenning visuelt, både innerst i fjorden ved Mørjetjernbakkens utløp, og ut for Kastet litt lenger ut. Det partikulære materialet ligger imidlertid helt i overflaten. Dette kommer av at den trange fjorden har stor ferskvannstilførsel, og at meste parten av steinbruddsavrenningen kommer med denne. Bunnfaunaen ut for Kastet var nokså normal, og man kunne ikke se noen negative effekter fra steinbruddsavrenningen. Det ble ikke funnet noe steinbruddspreget lyst sjikt i bunnslammet, slik man kunne se i Viksfjorden og i de mest påvirkede småvannene. Periodene med tilgrusning kommer gjerne i begynnelsen av regnværsperioder, og er normalt kortvarige. Når partikkelavrenningen fra de forurensede bekkene stoppet, klarnet fjorden raskt opp igjen. Den økologiske betydningen er trolig liten også for andre elementer enn bunndyr.

5.2.4 Avrenning fra nedlagte brudd

Avrenning av turbid vann avtok raskt etter at bruddene er nedlagt. Allerede etter ett år var turbiditeten mindre enn 10 FNU. Etter fem år er konsentrasjonen av forurensede stoffer på nivå med upåvirkede referansebekker. Det er ikke undersøkt eventuell avrenning av miljøgifter fra nedlagte brudd.

5.2.5 Biotilgjengelighet av fosfor i turbid steinbruddsavrenningsvann

Algetilgjengeligheten av fosforet i steinbruddsavrenningen ble ved algevekstforsøk vist å være lav, omtrent samme tilgjengelighet som turbid vann fra isbreer. Sammenliknet med turbid avrenning fra landbruksarealer, var biotilgjengeligheten av fosforet i steinbruddsavrenningen i størrelsesorden 1/5 av denne eller mindre.

6. MYNDIGHETENES MILJØMÅL

6.1 Larvik kommune

Larvik kommune har pr. 1.7.2009 ikke fastsatt egne miljømål for vassdragene. Asplan Viak utarbeidet i 2004 /1/ i samarbeid med kommunens arbeidsgruppe, forslag til miljømål for vassdrag og sjøresipienter. Rapporten beskriver forventet naturtilstand med en inndeling av ferskvannsresipientene "nord for Raet og vest for Numedalslågen" og "sør for Raet". Sjøresipientene er inndelt "indre skjærgård", "ytre skjærgård/åpen kyst" og "ferskvannspåvirket skjærgård".

Rapporten beskriver også dagens tilstand og hvilke brukerinteresser som er knyttet til de ulike resipientene. Rapporten er ikke formelt vedtatt som beslutningsgrunnlag administrativt eller politisk, men brukes som utgangspunkt for vurderinger av vannkvalitetsspørsmål.

6.1.1 Miljømål for vassdrag i nedbørsfelt med steinindustri

Tabell 8 sammenfatter miljømål i nedbørsfelt med steinindustri. Tabellen er basert på tilgjengelige informasjonen om brukerinteresser, dagens tilstand, forventet tilstand og forslag til miljømål, alle med hensyn til turbiditet. Klassifiseringen følger SFTs system /7/.

Tabell 8 Tilstandsklasser, miljømål og brukerinteresser i nedbørsfelt med steinindustri

Driftsområ de	Vannforekomst	Brukerinteresser	Dagens tilstand (FTU)		Forventet tilstand (FTU)	Miljømål (FTU)	
Tvedalen	Tvedalsbekken- Torpevannet	Bading og rekreasjon Fiske	II	V	God	II	III
Malerød	Malerødbekken- Paulertjern-Eikedalsbekken	Drikkevann Rekreasjon	II	V	God	II	III
	Hallevannet	Drikkevann Rekreasjon Jordvanning	II	V	God	II	
Tjølling	Istreelva (Hemsvassdraget)	Rekreasjon Fiske Jordvanning	IV	V	Dårlig	III	

Forklaring til tabellen

1. Dagens tilstand og forventet tilstand: dagens tilstand og forventet tilstand er gitt med hensyn til turbiditet. Klassifiseringen er gjort av Asplan Viak (2004) etter SFTs (1997) klassifiseringssystem for vannforekomster, på bakgrunn av en rekke grunnlagsundersøkelser. Variasjonen er vist med beste og dårligste tilstandsklasse/miljømålkasse. Eksempelvis er det for Torpevann to forskjellige miljømål: nedstrøms Torpevann er målsettingen klasse 2 mens det oppstrøms Torpevann er målsetting om klasse 3. Tilstandsklassene (SFT 1997) for turbiditet er:

Parameter	Tilstandsklasse				
	I (Meget god)	II (God)	III (Mindre god)	IV (Dårlig)	V (Meget dårlig)
Turbiditet (FTU)	< 0,5	0,5 – 1	1 - 2	2– 5	>5

2. Forventet naturtilstand: Begrepet naturtilstand refererer til den miljøkvaliteten en vannforekomst ville hatt uten menneskelig påvirkning. Larvik deles av en randmorene som gir et viktig geologisk skille med

hensyn til forventet miljøtilstand. Vassdrag på sør og østsiden av morenen drenerer hovedsaklig løsmasser dominert av marine avsetninger. Disse vassdragene vil naturlig ha et høyere partikkelinnhold. Forventet tilstand etter SFTs system er IV (dårlig). Vassdragene på nord- og vestsiden av morenen ligger også under marin grense men drenerer i all hovedsak områder dominert av bart fjell. En forventer således et lavere innhold av partikler i disse vassdragene. Forventet klasse er II (god).

3. Brukerinteresser: På bakgrunn av SFTs system for vannets egnethet er brukerinteressene drikkevann, bading og rekreasjon, fiske og jordvanning diskutert i rapporten fra Asplan Viak /1/. Dette er sammenfattet kort i tabellen.

6.1.2 Kort beskrivelse av driftsområdene

Tjølling med Istreelva (Hemsvassdraget)

Vassdraget har en tilstandsklasse som ligger mellom IV og V, dvs. med en turbiditet over 2 FTU. Målsettingen er tilstandsklasse III. Vassdraget ligger på sørsiden av raet og østsiden av Numedalslågen og følgelig forventes en naturlig høy turbiditet. Hemsvassdraget har ca. 8,5 km sjørrettførende strekning og antas å ha svært stor betydning for sjørretproduksjonen.

Malerød med Paulerbekken og Eikesdalsbekken

Vassdraget ligger på vestsiden av Numedalslågen og har en forventet naturlig turbiditetsklasse som er god (II). Dagens miljøtilstand varierer fra II til V og målsettingen er klasse II til III. Vassdraget er del av nedbørsfeltet til Hallevannet, som er alternativ hovedvannkilde for Larvik kommune. Det er ellers turløyper i nedbørsfeltet.

Tvedalen med Tvedalsbekken

Tvedalbruddene drenerer i flere retninger men dreneringen blir hovedsakelig samlet i Tvedalsbekken. Dagens miljøtilstand varierer fra II til V. Miljømålene er klasse II nedstrøms Torpevann og klasse III oppstrøms Torpevann. Bruksinteressene er flere. Torpevann brukes som drikkevannskilde for fritidsbebyggelsen. Torpevann brukes også for bading og annen rekreasjon. Torpevannsbekken har en sjørrettførende strekning på ca. 200 m og regnes som viktig.

6.2 Vanndirektivet

EUs rammedirektiv for vannforvaltning vil få betydning for steinindustrien i Larvik. Innen 2015 skal en forvaltningsplan foreligge. På bakgrunn av en karakterisering av vannforekomstene vil det frem mot 2015 foregå en prosess der det vil være mulig å komme med innspill til målsettinger for vassdragene.

6.2.1 Bakgrunn og formål

EUs rammedirektiv for vannforvaltning ble vedtatt av alle medlemsstater i 2000, og Norge har gjennom EØS-avtalen forpliktet seg til å følge opp den nye vannforvaltningen. Forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforvaltningsforskriften) ble fastsatt 15.12.2006 med ikrafttredelse fra 1.1.2007. Norsk vannforvaltning har fram til nå hatt en uklar ansvarsfordeling og vært preget av motstridende målsettinger blant sektormyndigheter. Vannforvaltningsforskriften legger til rette for bedre samhandling mellom aktørene innen norsk vannforvaltning for å sikre en helhetlig vannforvaltning. Samarbeidet på vannregionnivå vil gi bedre grunnlag for å identifisere kostnadseffektive, samfunnsøkonomisk lønnsomme og treffsikre tiltak og sikre en mer målrettet

og samordnet innsats på tvers av sektorene, innenfor eksisterende juridiske og økonomiske handlingsrom.

I Norge gjennomfører nå miljømyndighetene vannforvaltning etter Vanndirektivets prinsipper i et 20-talls vannområder for å vinne erfaring (såkalt Fase-områder). Disse følger EUs generelle tidsplan og skal ha oppnådd god vannstatus i 2015. Norge har fått 5 års utsettelse med resten av vassdragsnaturen. Samtidig er man i gang med arbeidet med å lage nye vannkvalitetskriterier (og økologi kvalitetskriterier) for de ulike virkningstypene. Foreløpig arbeides det med påvirkningstypene eutrofiering, forsurening, og vassdragsregulering. Virkningstypen partikulær forurensning er ikke vurdert ennå. Det viktigste i det nye systemet blir at man skal vurdere tilstanden etter hvordan økologien fungerer i vassdragene i forhold til forventet naturtilstand.

Inntil videre er det bestemt at resten av vassdragsnaturen skal forvaltes et det gamle regelverket.

6.2.2 Omfanget av forskriften

Forskriften omfatter alt vann, fra brevann til kystvann, med overflatevann som innsjøer og elver, grunnvann, fjorder og kystvann ut til en nautisk mil utenfor grunnlinja. Havet utenfor omfattes per i dag ikke av forskriften. Vannforvaltningen har fokus på avrenningsområder, dvs. nedbørsfelt med tilhørende fjorder og kystlinje, uavhengig av administrative grenser. Vannressursene skal vurderes ut fra naturverdi og som en sosial og økonomisk ressurs.

6.2.3 Organisering

Norge er delt inn i ni vannregioner, med én fylkesmann som vannregionmyndighet i hver vannregion. For å oppfylle miljømålene skal det i hver vannregion utarbeides en sektorovergripende forvaltningsplan med bakgrunn i de føringer som er gitt av forskriften. Hver vannregion er delt inn i vannområder. Vannforekomster med store miljøutfordringer er prioritert kartlagt og karakterisert først, og forvaltningsplaner skal foreligge for disse vannområdene i 2009. En forvaltningsplan som dekker alle vannforekomstene innen vannregionen skal være utarbeidet innen 2015. Forvaltningsplanen skal blant annet inneholde et tiltaksprogram (se nedenfor). Myndighetene har ansvar for å utrede forslag til tiltak og å utrede premissene for fastsettelse av miljømål.

6.2.4 Driftsområdenes plassering

De tre driftsområdene ligger alle i vannregion 2 (Vestviken), men i flere vannområder. Tabell 9 nedenfor angir hvilke vannområder det enkelte driftsområde inngår i.

Tabell 9 Driftsområder og vannområder

Driftsområde	Vannområde
Tvedalen	Skien (størst del)
	Horten-Larvik
Malerød	Horten-Larvik (størst del)
	Siljan
Tjølling	Horten-Larvik

Ingen av disse vannområdene er med i første planperiode (2009-2015), som kun omfatter utvalgte vannområder. Kartlegging og karakterisering av vassdragene i vannområdene vil starte opp i 2009 og 2010, og innen utgangen av 2015 skal det vedtas en forvaltningsplan som omfatter en alle vannområder i vannregionen. Prosessen med utarbeiding av miljømålsettinger og tiltaksprogram for de vannområdene hvor driftsområdene ligger, vil starte når kartleggingen og karakteriseringen av vannforekomstene i disse områdene er utført.

6.2.5 Prosessen fram mot en forvaltningsplan i 2015

Tiltaksprogrammene har typisk to nivåer. Det første beskriver allerede vedtatte tiltak. Det andre er fremtidsrettet og gir retningslinjer for ansvarlige myndigheters videre arbeid med gjennomføring av planen. Sistnevnte omfatter en beskrivelse av relevante tiltak for å nå miljømålene. Vedtatt forvaltningsplan skal ikke være så detaljert at den reduserer sektormyndighetenes mulighet for å utøve skjønn vesentlig i forhold til det enkelte tiltak.

Det legges opp til en bred prosess med lokal medvirking når forvaltningsplanen skal utarbeides. LPF har således anledning til å komme med sine synspunkter samt å komme i kontakt med andre som har synspunkter på vannforvaltningen. Alle forvaltningsplaner og tiltaksprogram har en høringsfrist på 6 mnd.

6.3 Forslag til miljømål og klassegrenser for fysisk-kjemiske parametere i innsjøer og elver – og egnethet for brukerinteresser

NIVA, Bioforsk og NINA har på oppdrag fra SFT utarbeidet forslag til miljømål og klassegrenser for fysisk-kjemiske parametere i innsjøer og elver, og egnethet for brukerinteresser /5/. Rapporten gir forslag til naturtilstand og klassegrenser for fysisk-kjemiske parametere i norske innsjøer og elver, inkludert leirvassdrag, samt forslag til nye kriterier og grenseverdier for egnethet for drikkevann, bading og jordvanning. Grenseverdiene for fysisk-kjemisk og bakteriologiske parametere er foreløpige og et supplement til veilederne i økologisk klassifisering. Denne veilederen ble utarbeidet i 2008 for bruk i arbeidet med tiltaks- og forvaltningsplaner for vannområder som er med i første planperiode for gjennomføring av Vanddirektivet i Norge. Følgende eutrofierings- og forsuringsparametere er omfattet: klorofyll a, total fosfor, total nitrogen, ammonium, siktdyp, oksygen; pH, syrenøytraliseringskapasitet og aluminium (organisk og uorganisk). Turbiditet er ikke inkludert som egen parameter, men vil kunne relateres til siktdyp som måles visuelt i innsjøer.

De foreslåtte miljømålene (som representerer grensen mellom klassene god og moderat) for fysisk-kjemiske og bakteriologiske parametere vil ikke nødvendigvis føre til at god økologisk tilstand oppnås for de biologiske elementene pga. mulig samvirke av belastninger. Imidlertid er de en forutsetning for at god økologisk tilstand skal nås. De er også nødvendige for å kunne kvantifisere behovet for belastningsreduksjoner i alle vannforekomster som ikke er i tråd med de nye miljømålene, og danner følgelig grunnlag for tiltaksplanlegging og forvaltningsplaner.

Siden miljømål og grenseverdier i rapporten /5/ er foreløpig, og ikke omfatter turbiditet som i Samla plan er vurdert som den viktigste parameteren, er det ikke gjort videre vurderinger av disse i forhold til Samla plan – Del 1.

7. KONKLUSJON

7.1 Sammenfatning for hele undersøkelsesområdet

Det er gjennomført resipientundersøkelser i vassdrag som mottar avrenning fra driftsområdene til larvikittprodusentene i Tjølling og Brunlanes i Larvik kommune. I disse områdene har det vært drevet steinindustri sammenhengende i varierende omfang og med ulike driftsformer siden slutten av 1800-hundretallet. Dagens aktivitetsnivå og driftsform med mye saging kan grovt sett sies å ha pågått siden ca. 1980, med en viss stigning i produksjonsvolum fram til i dag.

Mer enn 130 lokaliteter omfattende bekker, elver, innsjøer og fjorder er undersøkt i feltdelen av prosjektperioden som har strukket seg fra 2006 til 2008. Både vassdrag påvirket av steinindustri og vassdrag som ikke er det (referansevassdrag) er undersøkt. Vannforekomstene er undersøkt for vannføringsforhold, sedimenttransport, turbiditet (grumsethet), vannkjemi, alger, bunnfauna og fisk. Undersøkelsene er dels gjennomført i form av kontinuerlige målinger, dels i form av uttak av prøver for analyse i laboratorium. I tillegg er det gjennomført undersøkelser i felt med vurdering av økologiske forhold (bl.a. algebegroing, bunnfauna og fisk).

NIVAs undersøkelser viser at selv om påvirkningen visuelt sett kan synes "dramatisk", er den økologiske effekten overraskende liten. Kun i de sterkest påvirkede vassdragssegmentene kunne man finne klare negative effekter på vannøkologien. Dette gjaldt innsjøene Mørjetjern, Bålsrudtjern, og i noe mindre grad Torpevannet. Det var ingen økologiske eller bruksmessige påvirkninger i Hallevannet. Nordre del av Varildfjorden i Viksfjord, var periodevis sterk påvirket av slamtilførsel, men noen økologisk effekt synes allikevel ikke utslippet å ha. Det samme kan sies om Mørjefjorden, innerst i Sildevika og ut for Kastet. I enkelte av de små bekkene var det negative effekter både på begroing, bunndyr og fisk. Dette gjaldt øverst i Tvedalsbekken, Mørjebekken, Askedalsbekken, Håkestadbekken, og Haslebekken. Det kunne imidlertid ikke påvises negative økologiske effekter i viktige resipienter som Istreelva, Mørjerødbekken, Mørjetjernbekken, og Eikedalsbekken. Kun få år etter at et brudd er avsluttet avtar konsentrasjonene av forurensninger i avrenningen til uproblematisk nivåer. Med tanke på eutrofieringsvirkninger ble biotilgjengeligheten av fosfor i larvikitt funnet å være lav, ca. som fra turbid breavrenning og bare ca. 1/5 av biotilgjengeligheten av fosfor fra erosjonsavrenning fra dyrket mark.

NVEs undersøkelser viser at det stor uorganisk sedimenttransport i Tvedalsbekken og i bekkene fra Tjøllingområdet, mens den i Malerødområdet (Malerødbekken og Eikesdalsbekken) er noe mindre. Det er gjort mineralanalyser på prøver fra den uorganiske delen ("partikulært materiale") for å undersøke sammenhenger og forskjeller mellom vassdrag påvirket og upåvirket av steinindustrien i delområdene for å se om det er mulig å skille ut den andelen som skyldes steinbrudd i fra den totale materialtransporten.

Larvikitten inneholder mye feltspat, men ikke kvarts. Kvartsen i mineralanalysene må derfor komme fra løsmasser dannet fra andre bergarter knyttet til prosesser i tidligere istider. Leirmineraler som illitt og smektit er også mineraler som forekommer meget sjelden i larvikitt, og må derfor også hovedsakelig komme fra løsmasser (hovedsakelig marine leiravsetninger) og ikke den lokale berggrunnen. Dette støttes av at referansebekken Moland, som hovedsakelig drenerer områder med morenemateriale, har svært lavt innhold av leirmineraler.

Referansebekkene i både Tvedalsområdet og i Tjølling har høyt kvartsinnholdet, omkring 60 %.

Istreelva har også relativt mye kvarts (mellom 33 og 50 %), noe som tyder på at en stor andel av sedimentene kommer fra løsmasser, men sammenliknet med Marumbekken er allikevel feltspatandelen som kan knyttes til steinbrudsvirksomheten høyere.

I Tvedalen er kvartsinnholdet meget lavt (6 %), og andelen av feltspat (plagioklas) er høy (ca. 80 %). Dette tyder på at en stor andel av sedimenttransporten i Tvedalsbekken kommer fra bruddene. Innholdet av leirmineraller er imidlertid også relativt høyt (til sammen rundt 13 %) og viser at også erosjon i leiravsetninger gir et bidrag til den totale sedimenttransporten.

7.2 Brunlanesområdet

7.2.1 Tvedalen og Hallevannet

Tvedalsbekken, Askedalsbekken, Mørjebekken, Mørjetjern, Bålsrudtjern og Torpevannet er såpass sterkt påvirket at her bør det gjøres tiltak for å redusere partikkelforurensningen.

Hallevannet er nærmest upåvirket av partikler fra steinbrudsvirksomheten, og det synes ikke behov for ytterligere partikkelreducerende tiltak her.

7.2.2 Malerød

Slik forholdene har vært i Eikedalsbekken, Malerødbekken, og de to Paulertjerna i de to årene undersøkelsen har pågått, ser det ikke ut til å være behov for ytterligere tiltak her enn å drifte og vedlikeholde de som allerede er i gang.

7.3 Tjøllingområdet

De økologiske effektene fra steinbrudsvirksomheten i Istreelvas hovedløp er svært små, og trengs ikke avbøtes.

I sidebekkene Håkestadbekken og Haslebekken, er imidlertid økologien skadet av for mye partikler, og her er det behov for tiltak.

Klåstadbekken er sterk belastet med partikler som ville ha skapt problemer for sjøørret. Den er imidlertid avstengt fra kontakt med Viksfjorden via et dike med nivåstyrt overpumping (landbrukstiltak). Bekken har i dag karakter av en kanalisert jordbruksgrøft og svært begrenset økologisk og bruksmessig verdi. Slik bekken er nå, sedimenteres og infiltreres mye av steinbruddslammet som derved forhindres i å komme ut i Viksfjorden. Viksfjorden påvirkes helt innerst, men uten nevneverdig økologisk betydning. Hvis man ønsker å åpne opp Klåstadbekken og etablere den som sjøørretbekk, må det gjøres partikkelreducerende tiltak. Slik bekken nyttes i dag synes det ikke å være behov for tiltak.

8. FORSLAG TIL TILTAK SOM BØR VURDERES VIDERE

8.1.1 Tiltak

Svak til moderat påvirkning fra steinbruddsavrenning synes ikke å være skadelig for resipientene, men i sterk påvirkning er det registrert skade på bunnfauna, begroing og fisk. Under slike forhold vil det være behov for tiltak.

De gjennomførte resipientundersøkelsene har påvist vassdrag som blir påvirket av steinindustrien i en slik grad at det er behov for tiltak.

Tiltakene vil kunne være av ulik art ved de ulike bruddene avhengig av naturgitte forhold.

Følgende alternativer (som allerede i dag er i bruk ved enkelte brudd) bør vurderes og utredes/utprøves nærmere:

1. Terrenginfiltrasjon

Man har observert at der avrenningen ikke går i et distinkt bekkedrag gjennom bruddområdet, men hvor avrenningen fordeles på tvers av kotene i terrenget, kommer det ikke noe turbid vann ut av bruddområdet. Det infiltreres av terrenget. Dette er tilfellet ved bruddet Monzonite AS.

2. Sedimentasjon i gamle bruddområder

Ved å lede produksjons-/prosessvannvannet ut i dype bruddområder som ikke lenger er i drift (dette gjøres allerede i dag ved flere brudd med god effekt).

3. Kombinasjon av infiltrasjon og sedimentasjon

Kombinasjon av infiltrasjon i egne masser, terrenginfiltrasjon og sedimentasjon er satt i system i Malerødbuddet og dette har redusert avrenningen av finstoff ned mot Paulertjernene og Eikedalsbekken til uproblematisk mengde.

4. Sildenot-katalysert sedimentering.

Sedimentasjonsbassenger med hengende sildenot (satt tett-i-tett) har vist seg å påskynde sedimentasjon av finmateriale som oppslemmet leire, uten å sette til kjemikalier. Dette bør prøves ut på steinslam.

5. Kitosan (fellingsmiddel)

Bruk av kitosan (rekeskallprodukt) som fellingsmiddel. I områder hvor ikke andre metoder (som nevnt over) er mulige, kan dette være et alternativ å gå videre med. Da materialet i avrenningen fra steinbruddene likner nokså mye på breslam, som er et naturlig produkt og som jo har bygget opp jorda i Norge, er man mest interessert i å benytte naturlige metoder framfor å tilsette kjemikalier.

6. Fortynning.

Fortynning vil være et godt alternativ der andre tiltak er vanskelig og gjennomføre og det er mulig å få ledet utslippet direkte ut i en stor resipient (sjø/fjord) der det ikke vil gjøre noen skade.

De mest aktuelle tiltakstyper synes pr. i dag å være terrenginfiltrasjon (1) og sedimentasjon (2) i kombinasjon (3) eller hver for seg. Terrenginfiltrasjon kan optimaliseres ved å fordele vannet slik at det renner på tvers av kotene i terrenget kun i små strømmer, og ikke får anledning til å danne seg "kortslutningsstrømmer".

I forsenkninger i terrenget innenfor regulert område kan det legges til rette for sedimentering, enten naturlige forsenkninger eller ved å bruke dype deler av nedlagte bruddområder. Sedimentasjonen kan ev. effektiviseres f.eks. vha. sildenot (4) og/eller et fellingsmiddel (5). Tett-i-tett med sildenot vil virke som rørearmen på sedimentasjonstankene i renseanlegg. Kolloidene bringes i kontakt med hverandre og sedimenterbare fnokker dannes. Kitosan er et rekeskallprodukt og det trengs svært små mengder for å oppnå god fellingseffekt. Kitosan er også nærmest helt uproblematisk å slippe ut i naturen i de konsentrasjonene som er aktuelle for å oppnå ønsket sedimenteringseffekt.

I noen tilfeller bør det settes i verk tiltak ved det enkelte brudd, i andre tilfeller vil det være naturlig å rense avløpet fra flere driftsområder i felles anlegg. Dette forutsettes nærmere avklart i del 2 av prosjektet. I del 2 av prosjektet bør det også vurderes om det finnes større resipienter som er egnet for direkte mottak av avrenning fra bruddene og hvor det skjer en rask fortynning til konsentrasjoner som ikke medfører negative konsekvenser.

9. REFERANSER

1. Asplan Viak 2004. Larvik kommune. Forslag til miljømål for vassdrag og sjøresipienter.
2. NVE 2009. Sedimenttransport i vassdrag påvirket av steinbruddvirksomhet i Larvik kommune. Oppdragsrapport B 4-2009: 90 sider.
3. NIVA 2008. Avrenning fra avsluttede larvikittbrudd. Rapport Inr 560-2008: 28 sider.
4. NIVA 2008. Biotilgjengelighet av fosfor i avrenning fra larvikittbruddene i Larvik kommune. Rapport Inr 5621-2008: 13 sider.
5. NIVA, Bioforsk og NINA 2008. Forslag til miljømål og klassegrensener for fysisk-kjemiske parametre i innsjøer og elver, og egnethet for brukerinteresser. NIVA-rapport Inr 5708-2008: 79 sider.
6. NIVA 2009. Samlet plan for utslipp til vann fra steinindustrien (larvikittprodusentene) i Larvik, Del 1: Resipientundersøkelser 2006-2008 (Tekstdel). Rapport Inr 5834-2009: 160 sider.
7. SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning nr. 4.