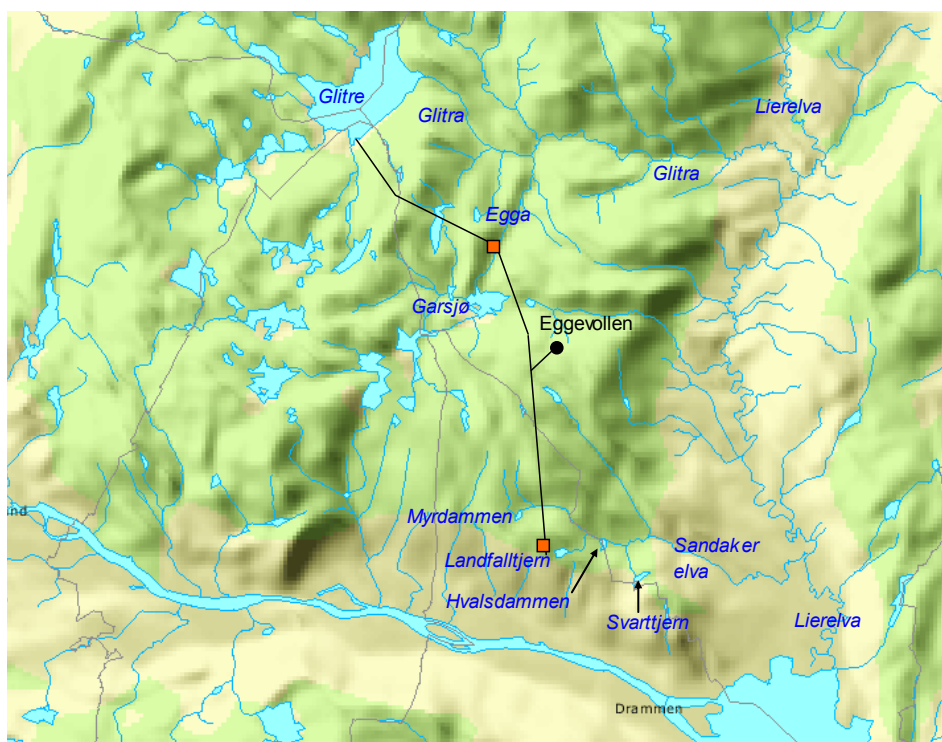


# Miljøeffekter i vannforekomster som mottar spylevannsutslipp fra Glitretunnelen



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel <b>Miljøeffekter i vannforekomster som mottar spylevannsutslipp fra Glitretunnelen</b>	Løpenr. (for bestilling) 5994-2010	Dato 21.05.2010
	Prosjektnr. Undernr. O-29318	Sider Pris 28
Forfatter(e)  Dag Berge, Torleif Bækken og Tor Erik Eriksen	Fagområde Vannressursforvaltning	Distribusjon Fri
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

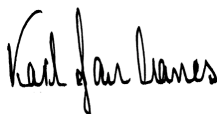
Oppdragsgiver(e) Glitrevannverket IKS	Oppdragsreferanse Terje Røren
--	----------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Det er gjort en undersøkelse av vannkjemi, sedimentkjemi, bunnfauna, samt metallinnhold i fisk i vannforekomster som mottar spylevannsutslipp fra Glitretunnelen. Resultatene er sammenliknet med upåvirkede referanselokaliteter i nærheten. Undersøkelsene er gjort syv måneder etter siste spyling, og resultatene indikerer kun langtidseffekter. Med unntak av klart forhøyet konsentrasjon av mangan i Landfalltjern, kunne man ikke se noe klare effekter av spylevannsutslippene i noen av innsjøene eller elvene, verken på vannkjemiske forhold, sedimentkjemiske forhold, metallinnhold i fiskekjøtt eller bunnfaunaens biomasse og artssammensetning. Visuelt sett var sedimentene i Landfalltjern blitt svartere av farge enn før, og de svarte feltene på den hvite sanden på badestranda gav et "forurenset" inntrykk. For å få den fulle forståelse av tunnelspylings effekt på vannresipientene, samt for å bedre grunnlaget for å optimalisere spylestrategien, bør det også gjøres undersøkelser i forbindelse med aktiv spyling.</p>
---

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Vannoverføringstunnel</li> <li>Tunnelspyling</li> <li>Spylevannsutslipp</li> <li>Økologiske effekter</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Water diverting tunnel</li> <li>Tunnel flushing</li> <li>Flushing water discharge</li> <li>Ecological impacts</li> </ol>
---	--



Dag Berge  
Prosjektleder



Karl Jan Aanes  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

Norsk institutt for vannforskning  
Oslo

O-29318

Miljøeffekter i vannforekomster som mottar spylevannsutslipp fra  
Glitretunnelen

Oslo 21.05.2010

---

Saksbehandler:	Dag Berge
Medarbeidere:	Torleif Bækken Tor Erik Eriksen

## Forord

Den foreliggende rapporten omhandler en undersøkelse av mulig langtidseffekter som spylingen av overføringstunnelen fra Glitre til vannbehandlingsanlegget måtte ha hatt på de vannforekomstene som mottar spylevannsutslippet. Programmet ble godkjent og undersøkelsen bestilt i e-post fra Glitrevannverket av 02.09.2009. Feltarbeidet er utført av Dag Berge, NIVA, og Svein Kjenner, Glitrevannverket, i perioden 20-22. oktober 2009. Ellers har kontaktpersonene på Glitrevannverket vært Per Ringnes og Terje Røren.

Tor Erik Eriksen, NIVA, har artsbestemt bunndyrmaterialet. Analysene av vannkjemi, sedimentkjemi, og tungmetallinnhold i fisk er analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Torleif Bækken, NIVA, har vurdert bunndyrmaterialet og skrevet kapitlet om bunndyr. Resten av materialet er vurdert av Dag Berge, som også har skrevet resten rapporten.

Alle takkes for et interessant og godt samarbeid.

Oslo, 21.05.2010

*Dag Berge*

---

# Innhold

<b>Konkluderende sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>8</b>
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Resymé av undersøkelsesprogrammet	8
1.2.1 Undersøkelses stasjoner	9
1.2.2 Parametre og praktiske undersøkelser	10
<b>2. Resultater fra innsjøer</b>	<b>11</b>
2.1 Vannkvalitet	11
2.2 Sediment	14
2.2.1 Prøvetaking	14
2.2.2 Visuelle observasjoner av sedimentet	14
2.2.3 Kjemiske analyser av sedimentet	15
2.3 Bunndyr i innsjøsedimentet	16
2.4 Metaller i fiskekjøtt	17
<b>3. Resultater fra elver</b>	<b>21</b>
3.1 Vannkvalitet	21
3.2 Bunnfauna i elvene	22
3.2.1 Metoder	22
3.2.2 Vurderingssystem	22
3.2.3 Resultater	22
<b>4. Optimalisering av spylefrekvens</b>	<b>25</b>
<b>5. Litteraturreferanser</b>	<b>26</b>
<b>6. Primærdata</b>	<b>28</b>

---

## Konkluderende sammendrag

I løpet av noen års drift ansamles slam i bunnen av overføringstunnelen fra Glitre til vannbehandlingsanlegget ved Landfall. Tunnelen må derfor spyles med noen års mellomrom. Spylevannet blir sluppet ut på 3 steder. Det meste (ca 2/3) av slammet kommer ut ved Egga, litt ved Eggevollen, og resten ved Landfall. Ved sistnevnte punkt renner spylevannet ut i Landfalltjern, hvor mye sedimenterer, men noe renner også videre og ned i Hvalsdammen hvor ytterligere slam sedimenterer. Siste spyling ble foretatt i april 2009. Tunnelen går gjennom metallholdig geologi, og tunnel slammet inneholder en del metaller, og særlig mye mangan.

Det ble i november 2009 foretatt en undersøkelse av vannforekomster som mottar det slamholdige spylevannet fra tunnelen, nemlig Egga, Glitra og Landfalltjern. Undersøkelsen har omfattet vannkvalitet, sedimentkjemi, bunnfauna, samt innhold av metaller i fisken i Landfalltjern. Samme undersøkelse ble foretatt i de upåvirkede innsjøene Glitre og Myrdammen, samt ved stasjoner oppstrøms utslippspunktene i elvene. Disse har tjent som referanse.

Glitre hadde klart og fint vann med stort siktedyp. De andre to innsjøene, særlig Myrdammen hadde brunt vann med mye lavere siktedyp enn Glitre. Landfalltjern hadde høyt innhold av mangan i vannmassene sammenliknet med referanseinnsjøene (helt opp til 450 µg/l), noe som plasserer Landfalltjern i dårligste vannkvalitetsklasse i SFTs system for vannkvalitetsvurdering. Dette var det eneste elementet som nok så sikkert kunne henføres til utslipp av spylevann fra tunnelen. Mangankonsentrasjonen var imidlertid langt lavere enn det som regnes som giftig i for eksempel kriteriene til US Environmental Protection Agency (3000-6000 µg Mn/l). Man må regne med at under, og like etter en tunnel spyling vil konsentrasjonene av mangan i vannmassene til Landfalltjern kunne bli mye høyere enn det som ble observert ved denne undersøkelsen. Det samme gjelder for Egga.

I elvene var det ikke noen forskjell i vannkjemi ovenfor og nedenfor punktene der spylevannet slippes ut. Dette var heller ikke ventet såpass lenge etter at siste spyling fant sted (7 mnd).

Sedimentet i Glitre var meget spesielt. Det var svart av manganoksid og hadde en eiendommelig lukt. I Landfalltjern var det også blitt et mørkt sediment i dypet på 2-5 cm tykkelse. På sandstranden på badeplassen var det skjemmende svarte innslag av mangansediment. Sedimentet i Glitre hadde meget høye konsentrasjoner av mangan (opptil 117000 µg/g), og av jern (61000 µg/g). Sedimentet fra dypområdene i Landfalltjern hadde 1600 µg Mn/g. Sedimentene i Landfalltjern hadde svakt forhøyede konsentrasjoner av kadmium og bly, men ikke mer enn i referanseinnsjøen Myrdammen, som er upåvirket av spyleslam. For de andre metallene var konsentrasjonene i Landfalltjern av samme størrelsesorden eller lavere enn i referansesjøene. Vi fant jevnt over lavere konsentrasjoner i sedimentet av de fleste metallene enn det som ble funnet ved undersøkelsen foretatt ett år tidligere.

Bunnfaunaen i de tre innsjøene bestod hovedsakelig av fjærmygg og fåbørstemark, noe som er vanlig i denne type vannforekomster. Landfalltjern hadde mer bunndyr enn de andre innsjøene, noe som trolig kommer av at dette er en mer næringsrik innsjø fra naturens side enn de andre. Man kunne ikke se at bunnfaunaen i Landfalltjern hadde tatt noen skade av spylevannsutslippene.

Man kunne heller ikke se at spylevannsutslippene hadde ført til høyere metallkonsentrasjoner i fiskekjøtt eller i fiskelever i Landfalltjern enn i de andre innsjøene, og det er trygt å spise fisken i alle innsjøene. Konsentrasjonene lå stort sett innenfor det som er regnet som naturlig nivå i fisk fra lite påvirkede innsjøer.

I elveresipientene kunne man ikke finne noen forskjeller i konsentrasjoner i vannet av metaller eller andre stoffer på stasjoner oppstrøms og nedstrøms der hvor spylevannet kommer ut i elvene, noe som

heller ikke var å forvente såpass lenge etter siste spyling. For bunndyr var det heller ikke noen forskjeller. Alle stasjoner lå mellom god og svært god økologisk status vurdert ut fra mengde og artsammensetning av bunnfauna.

Sanden på badeplassen ved Landfalltjern hadde estetisk sett ”stygge” innslag av svart spylevannssediment som lå litt flekkvis fordelt på den ellers hvite sanden. Dette gav stranden et forurenset, og lite tiltalende inntrykk. Det var spesielt lav vannstand under feltarbeidet, og dette er trolig et mindre problem ved mer normale vannstander.

Ut fra denne undersøkelsen kan det se ut som om spylingen har hatt liten eller ingen vassdragsøkologiske langtidseffekter, selv om Landfalltjern har fått betydelig forhøyede konsentrasjoner av mangan både i vannmasser og sedimentet. Man kan imidlertid ikke, ut fra denne undersøkelsen, avblåse faren helt for at spylingen kan ha akutte gifteffekter på flora og fauna i resipientvassdragene under selve spylingen. Dette vil kunne avgjøres ved en undersøkelse av vassdragsbiologiske forhold før, under, og etter neste spyling.

De oppnådde resultatene gir ingen klare holdepunkter for om det lønner seg å spyle ofte (lite slam) eller sjelden (mye slam). Slik det ser ut nå, kan det se ut som om estetiske forhold med svart sediment på sandstranden i Landfalltjern kan bli et problem som vil forsterke seg i fremover. For at det stygge, svarte sedimentet skal bli liggende så dypt som mulig, og dermed ikke være synlig i badesesongen, vil det være nødvendig å holde vannstanden lav under spylingen, og fylle opp til normal vannstand etter at materialet har sedimentert. På den annen side vil organismelivet i Landfalltjern komme bedre ut av det om vannstanden var høy under spylingen da det ville gi et større fortynningsvolum med hensyn til konsentrasjon av eventuelle skadelige stoffer i vannmassene, samt at materialet vil sedimentere over et større område og bli mer fortynnet med eksisterende, naturlig sediment. Slike forhold vil bli lettere å vurdere etter at man har undersøkelser direkte i forbindelse med spyling, der man blant annet vil kunne se om man kommer opp i så høye konsentrasjoner at de kan være akutt giftige.

## Summary

Title: Environmental impacts in water bodies receiving “wash-flushing water” from the Glitre raw drinking water diversion tunnel

Year: 2010

Author: Dag Berge

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5729-8

The tunnel diverting water from Lake Glitre to the water treatment plant at Landfall needs to be flushed at intervals of some years to remove sediments that are forming in the tunnel floor. The sediments contained high contents of some metals, particularly manganese. The sediment containing flushing water is released to River Egga with two thirds, and one third to the Lake Landfalltjern and the downstream brook. The long term impacts on water chemistry, sediment chemistry and aquatic fauna (benthos and fish), as well as accumulation of metals in fish flesh and in lake sediments, were studied. Unaffected lakes and upstream river and brook sections in the area were compared as references.

No long term impacts of the flushing water release could be seen on the aquatic fauna, neither on the content of metals in fish flesh, nor in the liver. In the recipient streams no differences could be seen on water chemistry upstream and downstream of the discharge points. In the deep water of Lake Landfalltjern the concentration of manganese was considerably elevated (up to 445 ug/l) compared with the references, and the deep water was classified as “Very poor quality” in the Norwegian water quality classification system. The concentration was much lower than what is known to be toxic to aquatic organisms. The Lake Landfalltjern had got a typical dark manganese sediment layer of 2-5 cm thickness. The unaffected lake Glitre had, however, even higher manganese content in the sediment than the affected Lake Landfalltjern. This is due to naturally high content of manganese in the geology of the catchments.

The black manganese sediments were also patchy distributed onto the sands of the popular beach of Lake Landfalltjern, which gave the beach a “dirty” and unpleasant look on low water levels.

A study of possibly acute impacts during the active flushing period is needed to evaluate the impact properly, as well as to give recommendations for optimum flushing strategy, frequency and possible abatement measures.



# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Vannverkets råvann tas fra Glitre og føres via en 12 km lang råsprenget fjelltunnel til vannbehandlingsanlegget ved Landfalltjern. Det lekker inn grunnvann flere steder langs tunnelen, og disse lekkasjepunktene er nylig prøvetatt av vannverket. På strekningen mellom Glitre og Egga inneholder innlekkingsvannet høye konsentrasjoner av mangan (opp til mer enn 8 mg/l) og jern. På strekningen mellom Egga og Eggevollen inneholder innlekkingsvannet moderate konsentrasjoner av arsen og kadmium, men lite mangan. På den siste strekningen øker mangankonsentrasjonen i innlekkingsvannet noe igjen (opp til 600 µg/l). Med hensyn til drikkevannet (råvann) som kommer fram til behandlingsanlegget, er det bare manganinnlekkningen som kan spores i høyere konsentrasjoner. I Glitre er mangankonsentrasjonen 25 µg/l, og når overføringsvannet kommer fram til Egga er konsentrasjonen økt til 50 µg/l. Derfra til Landfall endrer konsentrasjonen seg ikke. For drikkevannskvaliteten har altså innlekkningen nokså liten betydning.

Når det oksygenfattige, og metallholdige, grunnvannet møter det oksygenrike vannet fra Glitre, dannes det felling av metalloksider og metallhydroksider. Siden vannhastigheten i tunnelen er svært lav, avsettes dette som slam i tunnelen, og det har vist seg nødvendig å spyle den for slam når det blir for mye. Hittil er ledningen bare spylt 3 ganger, i 1991, 2007 og i 2009.

Spylevannet blir sluppet ut på 3 steder. Det meste (ca 2/3) kommer ut ved Egga, litt ved Eggevollen, og resten ved Landfall. Ved sistnevnte punkt renner spylevannet ut i Landfalltjern, hvor mye sedimenterer, men noe renner også videre og ned i Hvalsdammen hvor ytterligere slam sedimenterer. Lier kommune (2009) fant at bunnslammet i Landfalltjern og i Hvalsdammen inneholdt betydelige mengder metaller sammenliknet med den ovenforliggende Myrdammen (upåvirket referanse). For mange elementer klassifiseres tilstanden i sedimentet som moderat til dårlig og for sink helt opp til svært dårlig etter SFTs klassifiseringssystem for forurensede sedimenter. For aluminium var innholdet i Landfalltjerns sediment hele 125 g Al/kg TS, mens i referansen Myrdammen var det bare 10 g Al/kg TS. Ved så høye aluminiumskonsentrasjoner i sedimentet kan det tenkes at det ved sur vannkvalitet kan oppstå giftig labilt aluminium i bunnvannet. Resultatene er vurdert av professor Espen Lydersen ved Høgskolen i Telemark (Lydersen 2009) og han konstaterer at enkelte steder er kontamineringen av sedimentet såpass stor at man muligens kan finne negative effekter på organismelivet. Både han og Lier kommune anbefaler at det gjennomføres en studie av organismelivet i de berørte vannforekomster både mht å karakterisere økologisk status og å se om det skjer noen akkumulering av noen av metallene i næringskjeden.

Med den bakgrunn ble opplegget for en slik undersøkelse diskutert på møte i Drammen den 17. juni 2009 (Lier kommune, Glitrevannverket, NIVA). NIVA fikk i oppdrag å lage forslag til undersøkelsesprogram..

Tunnelen ble spylt sist gang i april 2009, slik at man var klar over at undersøkelsen vil ikke gi det fulle bilde av påvirkningen. Dette gjelder særlig for elvene. Undersøkelsen vil imidlertid gi informasjon om eventuell langtidseffekt. Et av de temaene man skal vurdere, er om det vil lønne seg å spyle ofte, eller om det lønner seg å vente så lenge som mulig mellom hver spyling.

## 1.2 Resymé av undersøkelsesprogrammet

Da det er flere måneder siden siste spyling fant sted, vil dette programmet kun gi informasjon om langtidseffekter. Akutte effekter må undersøkes i forbindelse med en spyling, for eksempel ved

prøvetaking rett før, under, og ved ulike tidspunkt etter spylingen. Det er viktig å lese programmet med dette for øyet.

### 1.2.1 Undersøkelses stasjoner

Det er opprettet følgende undersøkelsesstasjoner:

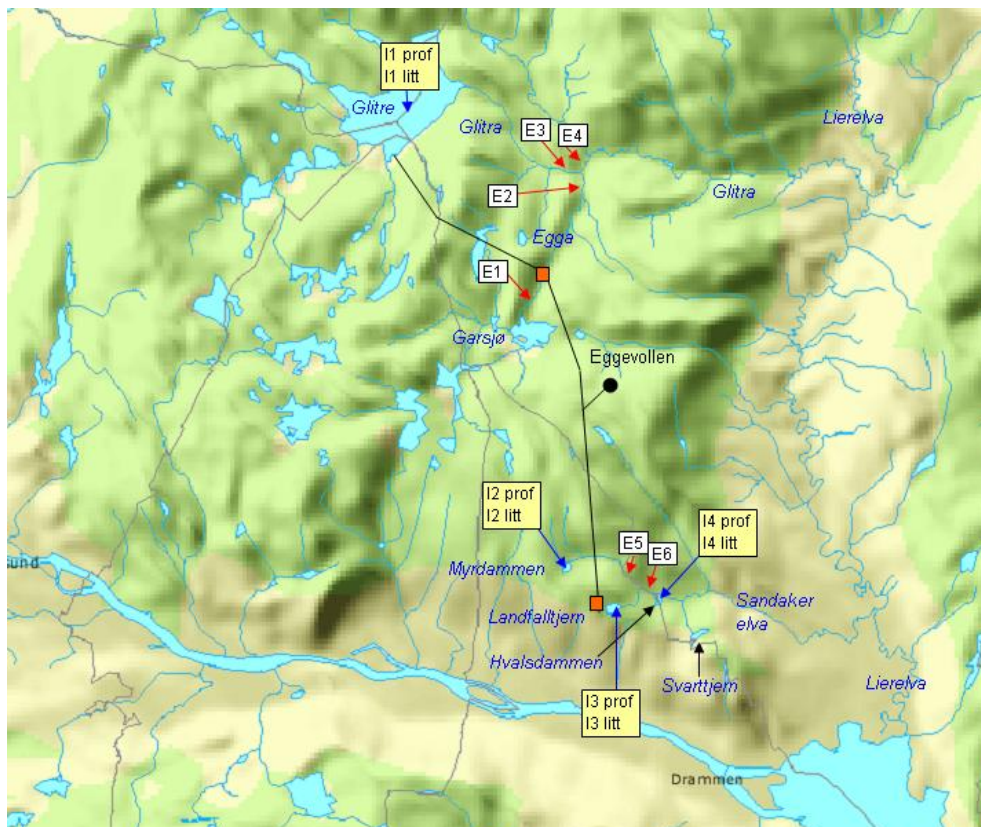
#### Elver

- E1 Egga oppstrøms spylepunkt
- E2 Egga nedstrøms spylepunkt
- E3 Glitra oppstrøms samløp med Egga
- E4 Glitra nedstrøms samløp med Egga
- E5 Hvalsbekken oppstrøms samløpet fra Landfalltjern
- E6 Hvalsbekken nedstrøms Hvalsdammen

#### Innsjøer

- I1 Glitre (referanse)
- I2 Myrdammen (referanse)
- I3 Landfalltjern
- I4 Hvalsdammen\*

Stasjonenes beliggenhet er skissert i fig. 1.



**Figur 1.** Situasjonsbilde med forslag til prøvetakingsstasjoner. Tunneltraséen er bare omtrentlig plassert inn på kartet, gjengitt etter tegning på Glitrevannverkets hjemmeside ([www.glitre.no](http://www.glitre.no)). Innsjøstasjoner I1-I4, Elvestasjoner E1-E6. Litt = littoralsonen (strandsonen), Prof = profundalsonen (dypområdene).

\*)Det viste seg at Hvaldammen hadde vært tappet tom i nesten ett år forut for prøvetakingen i forbindelse med reparasjon av dammen, og var etter det vi ble fortalt delvis rensert for svart sediment. Da undersøkelsen skulle gjennomføres var det lite vann i dammen, og bekken fra Landfalltjern var tørr, slik at alt vannet kom nå fra Myrdammenbekken som er upåvirket av spylevannsslamm. Det var ikke noe igjen av den opprinnelige fiskebestanden, mens det var satt ut /ville bli satt ut ny fisk. Vi vurderte det slik at å ta prøver der nå ville gi liten, og delvis feil informasjon om effekter av spylevannsutslipp. Stasjonen ble derfor kuttet ut ved denne prøvetakingen som skulle dokumentere langtidseffekten av spylingen. Stasjonen bør tas inn igjen når det skal tas prøver i forbindelse med aktiv tunnelspyling (før-under-etter) for å se på akutteffekter, og i senere overvåking når Hvaldammen igjen er blitt en mer permanent vannforekomst.

## 1.2.2 Parametre og praktiske undersøkelser

### Innsjøprogrammet

I innsjøene er det undersøkt om bunnfaunaen har naturlig biomasse og artssammensetning, samt at det er fanget store eksemplarer av ørret og abbor hvor fiskekjøttet og lever er analysert for relevante metaller Pb, Cd, Hg, As, Cu, Ni, Cr, Zn, Al, Fe, Mn. I forslaget fra Lydersen (2009) antydes det at man skal vurdere å analysere innhold av metaller i bunndyr også, men vi har kommet frem til at det kan bero inntil man ser om det er noen effekter på bunnfaunaen, samt akkumulasjon i fisk. Akkumulasjonen av metaller øker gjerne opp gjennom næringskjeden. Dvs. finner man ikke noe i fisk, finner man ikke noe i bunndyr heller. Finner man derimot noe i fisk vil det være av interesse å se hvordan det kommer inn i næringskjeden. Vi tar derfor ikke med metallanalyser i bunndyr i denne omgang.

Det tas i tillegg sedimentprøver fra de samme områder. Bunndyr og sediment undersøkes både i profundalsonen (de dypere bunnområder) og littoralsonen (strandsonen). Grunnen til at man tar prøver både fra littoralsonen og profundalsonen er at hvis det er ulik grad av oksygenvinn i de ulike innsjøers dypvann om sommeren, vil dette kunne avstedkomme faunaskader i seg selv, uavhengig av om det er påvirkning av spyleslam eller ikke. På hvert sted tas det 3 prøver som blandes sammen til en. Dette gir en god middelverdi, samtidig som man sparer analysekostnader sammenliknet med å analysere alle de tre enkeltprøvene. Fra prøvene av profundalt sediment tar man ut 2 sjikt, de øverste 5 cm (som bunndyrene lever i) og et sjikt fra ca 20 cm. Dette siste er fra før industriell og vannverks-tid (dvs upåvirket sediment).

Sedimentprøvene analyseres for tørrstoff og gløderest, og for elementene Pb, Cd, Hg, As, Cu, Ni, Cr, Fe, Mn, Zn og Al.

Det tas i tillegg en vannprøve fra dypvannet og en fra overflatelagene som analyseres på pH, Kond, Farge, Turbiditet, Ca, Mg, Na, K, SO<sub>4</sub>, Cl, NO<sub>3</sub>, alkalitet, TOC, samt på metallene Pb, Cd, Hg, As, Cu, Ni, Cr, Fe, Mn, Zn og tot Al, reaktivt Al samt Illabilt Al.

Siktedyp, temperatur og oksygen måles i felt.

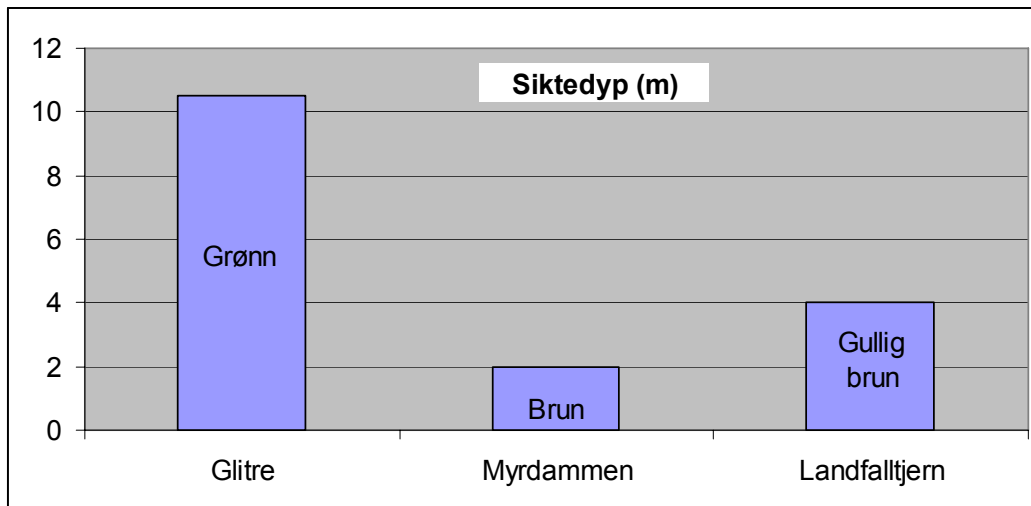
### Elveprogrammet

I elvene foretas det kvalitative bunndyrundersøkelser ved oppstrøms og nedstrømsstasjonene som angitt i tabellene over. Disse analyseres med hensyn på artssammensetning og påvirkning vurderes etter indeksene ASPT og EPT som anbefales i den norske tilpasningen til EUs vanddirektiv. Fra de samme stasjonene tas det en vannprøve som analyseres på pH, Kond, Farge, Turbiditet, Ca, Mg, Na, K, SO<sub>4</sub>, Cl, NO<sub>3</sub>, alkalitet, TOC, samt på metallene Pb, Cd, Hg, As, Cu, Ni, Cr, Fe, Mn.

## 2. Resultater fra innsjøer

### 2.1 Vannkvalitet

Glitre hadde klart og fint vann med god sikt, mens Landfalltjern og særlig Myrdammen hadde brunt vann og mye dårligere sikt i vannet, se **Figur 2**. Det er innsjøenes ulike innhold av humus som er bestemmende for sikten i de tre innsjøene. Humusinnhold har naturlige årsaker, slik som for eksempel hvor mye myr det er i nedbørfeltet.



**Figur 2.** Siktedyp og farge mot sikteskiva i de angitte innsjøer

Det er tatt en vannprøve fra overflatelaget (epilimnion) og en fra dypvannet i hver innsjø. Myrdammen og Landfalltjern er så grunne at også dypvannsprøven representerer epilimnisk vann, dvs vann som er i kontakt med innsjøens planteproduksjonssone, samt vann som er i kontakt med atmosfærens oksygen. Prøven fra Glitre representerer ekte dypvann under et stabilt temperatursprangsjikt. Resultatene er gitt i **Tabell 1** og **Tabell 2**. Vannkvaliteten er klassifisert etter SFT (nå KLIF) sine vannkvalitetskriterier (Veiledning 97:04) for de parametre som det er laget kriterier for. Det er i prinsippet de parametre som det er mest vanlig at utgjør et forurensningsproblem i norske vannforekomster.

Med hensyn til temperatur (**Tabell 1**) ser man at Glitre fortsatt var termisk sjiktet på prøvetakingsdagen 21. oktober. De andre innsjøene var ikke termisk sjiktet. Alle innsjøene hadde nokså nøytral surhetsgrad (pH). Glitre var det vannet som hadde lavest alkalitet (0,086 mmol/l), og således er noe mindre rustet mot en eventuell forsuring enn de andre innsjøene. Alkaliteten er imidlertid ikke faretruende lav, og man ser at vannet har lave konsentrasjoner av labilt aluminium (8 µg/l, se **Tabell 2**), langt lavere enn det som er skadelige konsentrasjoner for fisk og andre akvatiske organismer. Myrdammen er det vannet som har høyest konsentrasjon av labilt aluminium, som i ekstremt ionefattig vann kan nærme seg skadelige nivåer. Men innsjøen har forholdsvis god alkalitet og inneholder mye humus, noe som er med på å avgifte labilt aluminium. På denne bakgrunn kan det konkluderes med at heller ikke denne sjøen er i noen forsuringfare. Landfalltjern er betydelig mer kalkrik og ionerik enn de andre innsjøene. Innhold av sulfat og nitrat er lavt i alle vannene, de kan kategoriseres som "såkalte bikarbonatsjøer" med kalsium som dominerende kation og bikarbonat som viktigste anion. I forsurede sjøer er ofte sulfat og nitrat dominerende anion.

Myrdammen har, som navnet indikerer, sterk myrvannskarakter med brunt humusfarget vann. Det gir utslag i høy farge og høy konsentrasjon av TOC, hhv 130 mg Pt/l og 15 mg C/l, noe som er innenfor dårligste vannkvalitet i SFTs vannkvalitetskriterier. Dette er imidlertid betinget av naturlige forhold i nedbørfeltet, og ikke fra menneskelige påvirkninger.

**Tabell 1.** Generelle vannkvalitetsdata fra vannprøver i de angitte innsjøer 21.10.2009. Klassifisering etter SFT veiledning 97:04.

Stasjon	Dyp	Temp	S-dyp	pH	KOND	ALK	TURB	FARG-U	Tot-N	NO3-N	TOC	Cl	SO4	Ca	K	Mg	Na
	gr-C	m		mS/m	mmol/l	FNU	mg Pt/l	µg N/l	µg N/l	mg C/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Glitre 1m	1	7,8	10,5	6,52	2,22	0,086	1,04	10,4	270	135	2,6	0,85	3,5	2,22	0,23	0,28	1,14
Glitre 30m	30	5,5		6,43	2,32	0,087	1,11	11,2	315	160	2,5	0,87	3,71	2,26	0,26	0,29	1,17
Myrdamen 0,5m	0,5	4	2	6,36	2,03	0,106	1,7	128	345	16	14,8	1,11	0,88	1,02	0,03	0,16	0,44
Myrdammen 3,5m	3,5	4,6		6,37	2,11	0,111	1,52	132	370	8	15,3	1,14	0,96	2,75	0,06	0,47	1,13
Landfalltjern 1m	1	5,5	4	7,05	4,81	0,375	1,36	21,7	285	17	4,2	1,19	2,56	7,04	0,31	0,7	1,35
Landfalltjern 5m	5	5,3		7,11	4,84	0,376	1,6	20,5	300	0,5	4,1	0,47	1,05	6,95	0,32	0,69	1,35

SFT's vannkvalitetsklasser: Meget god God Mindre god Dårlig Meget dårlig

Med hensyn til innhold av metaller har Landfalltjern mye høyere konsentrasjoner av mangan (450 µg/l) enn de andre innsjøene, og mye høyere konsentrasjon enn det som er vanlig å finne i norske innsjøer. Dette plasserer innsjøen i dårligste vannkvalitetsklasse i SFTs vannkvalitetssystem, se **Tabell 2**. Disse klassegrensene for jern og mangan er satt mer etter hva som er vanlige konsentrasjoner i norske vannforekomster, enn ut i fra giftighet. Det finnes innsjøer som naturlig har høyere mangankonsentrasjoner enn Landfalltjern, selv om disse er sjeldne. Bergsvatn i Eidsfoss i Eikerenvassdraget er en slik innsjø, der det er observert opp til 450 µg Mn i overflatesjiktet og opp til 1800 µg Mn/l i dypvannet under stagnasjonsperiodene på ettersommeren og ettervinteren, og jernverdier helt opp i 9000 µg i dypvannet (Bjerke et al 1978). Verken SFT (Klif)s reviderte versjon av Klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter (SFT-Rapport TA-2229/2007) eller Vanddirektivet (kfr Klassifiseringsveilederen), eller vannkvalitetskriteriene til den Europeiske innlandsfiske kommisjonen, EIFAC, (Alabaster and Lloyd 1980) har inkludert noe kriterium for mangan motivert ut fra giftighet eller skader på miljøet. Dette kommer av at man ikke kjenner til noen eksempler på at mangan har utgjort noe problem for akvatisk økologi. Drikkevannsforskriften sier at konsentrasjonen i rentvannet ikke skal overskride 50 µg Mn/l, men dette er mer ut fra et praktisk hensyn (slamdannelse i ledningsnett) enn ut fra et giftighetshensyn. Mangan er et essensielt element i naturen, det er viktig for dannelsen av klorofyll i planter, og det inngår i enzymsystemer hos dyr (Hæg 1969). I basiske jordarter oppstår det ofte mangel på mangan, og mangan er derfor en viktig bestanddel av kunstgjødsel (fullgjødsel).

US environmental protection agency (EPA) har imidlertid inkludert mangan i sine vannkvalitetskriterier, dog noe forskjellig i ulike stater. Manganets giftighet avhenger av ionestyrken i vannet og reduseres ved økende kalsiumkonsentrasjon. Hvis vi benytter vannkvalitetskriteriene for EPA Colorado (Water quality control commission, Regulation No 31, 2008), kan det beregnes at ved den kalsium konsentrasjonen som er rådende i Landfalltjern, 7 mg Ca/l, så vil mangan kunne bli akutt giftig for fisk og andre ferskvannsorganismer ved en konsentrasjon på ca 6000 µg/l, og kronisk giftig (langtidseksposering) ved ca 3000 µg Mn/l. I den mer kalkfattige vannkvaliteten i Myrdammen (1 mg Ca/l), ville vannet hatt akutt giftighet ved ca 2000 µg Mn/l, og kronisk giftighet ved ca 1000 µg Mn/l.

Med hensyn til innhold av andre metaller, utover aluminium som allerede er nevnt i relasjon til forsurening, så ligger de fleste vannene i enten beste eller nest beste vannkvalitetsklasse (**Tabell 2**). Glitre har høyere konsentrasjon av kvikksølv enn de andre innsjøene, og i overflateprøven (5 ng Hg/l) karakteriseres vannkvaliteten i klasse III ("Mindre god") for denne parameteren. Med hensyn til drikkevann er ikke dette kvikksølvinnholdet problematisk i det hele tatt. Drikkevannsforskriftens krav til rentvannet er at det skal inneholde mindre enn 100 ng Hg/l. Hvis man sammenlikner de reviderte sjøvannskriteriene er grensen for god tilstand satt ved Hg konsentrasjon mindre en 48 ng Hg/l. I

klassifiseringsveilederen for vanddirektivet, som er på vei inn i den norske vannforvaltningen, er øvre grense for god kjemisk status satt ved 50 ng Hg/l. Innholdet i Glitre ligger altså lang under dette nivået. Hvis det hadde vært mye humus i Glitre (noe Glitre har ekstremt lite av), så ville 5 ng/l kunne ha bidratt til at stor ørret og stor abbor kunne hatt forhøyete kvikksølvkonsentrasjoner i kjøttet. I bunnslammet i humussjøer skjer det metyleringsprosesser som bidrar til dannelse av metylkvikksølv som er den bioakkumulerbare formen for metallet.

I Myrdammen var konsentrasjonen av kobber 2,3 µg/l i dypvannet, noe som karakteriseres som klasse III (Mindre god) etter SFTs kriterier. Dette kunne ha begynt å nærme seg skadelige nivåer i ekstremt ionefattig og klart vann. Ved de ionestyrker og humusinnhold som i Myrdammen, vil neppe kobber være giftig for fisk før ved ca 20-25 µg Cu/l (kfr. Grande 1991).

Det er nokså sannsynlig at den høye mangankonsentrasjonen man observerer i vannmassene i Landfalltjern har sammenheng med at man benytter den som resipient for spylevann. Det er et grunt vann (maks dyp vi fant var 5 m), og det sjiktes ikke i særlig grad. Hele vannmassen har kontakt med sedimentet til enhver tid. Vær og vind danner bølger og konveksjoner som "rusker" i sedimentet og vasker ut mangan til vannet titt og ofte. Det er dette som gjør at vannmassene kan opprettholde så høy konsentrasjon 7 måneder etter at spyling fant sted. I Glitre, hvor sedimentet inneholder mye høyere konsentrasjoner av mangan enn i Landfalltjern, blir den store sjiktede vannmassen påvirket i langt mindre grad. På 30 m dyp ble det bare funnet 15 µg Mn/l ved denne undersøkelsen, **Tabell 2**. Ved den store utredningen om Glitre (Berge og medarb. 2004) ble det ikke funnet noe høyere mangankonsentrasjoner enn 25 µg/l selv på 80 m dyp i Glitre under stagnasjonene.

En må regne med at under perioder når man spylar tunnelen, så kan konsentrasjonen av mangan i Landfalltjerns vannmasser være mye større enn det vi fant under prøvetakingen i oktober 2009, men om den vil komme opp i skadelig nivå på 3-6 mg/l (US EPA), er ikke sikkert. Dette er en av de tingene som bør undersøkes i forbindelse med neste spyling. Hadde man spylt til en innsjø med mer kalkfattig vannkvalitet, som for eksempel Myrdammen, ville det kunne lettere ha oppstått så høye mangan konsentrasjoner at det kunne ha forårsaket økologiske skader i hht EPA kriteriene sitert over.

**Tabell 2.** Konsentrasjonen av metaller i vannprøver i de angitte innsjøer 21.10.2009. Klassifisering etter SFT veiledning 97:04.

Stasjon	Dyp	Al/R	Al/II	Labilt Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l
Glitre 1m	1	26	18	8	0,2	0,028	0,05	0,534	10	5	9,06	0,27	0,066
Glitre 30m	30	29	21	8	0,1	0,03	0,2	1,24	5	2	15,1	0,36	0,11
Myrdamen 0,5m	0,5	245	227	18	0,56	0,038	0,3	0,966	300	0,05	20,3	0,36	0,825
Myrdammen 3,5m	3,5	245	230	15	0,56	0,043	0,3	2,27	300	0,05	22,2	0,66	0,966
Landfalltjern 1m	1	11	2,5	8,5	0,3	0,01	0,3	1,13	75	0,05	449	0,52	0,14
Landfalltjern 5m	5	6	2,5	3,5	0,3	0,01	0,2	1,16	77	0,05	440	0,45	0,13

SFT's vannkvalitetsklasser: Meget god God Mindre god Dårlig Meget dårlig

Drikkevannsforskriften setter øvre akseptable grense for arseninnhold i rentvannet på 10 µg As/l, noe som er ca 20 ganger høyere enn de konsentrasjoner vi fant i vannet fra innsjøene. Overflatevann kommer nesten aldri opp i skadelige konsentrasjoner av arsen, og dette er trolig grunnen til at SFT ikke har inkludert dette elementet i sitt klassifiseringssystem. I grunnvann kan imidlertid arsen finnes i skadelige konsentrasjoner, særlig i dypt grunnvann på elvesletter (floodplains) på mer sydlige breddegrader er dette et vanlig problem.

## 2.2 Sediment

### 2.2.1 Prøvetaking

Sedimentprøvene i Glitre ble tatt ut for Bordvika. Den profundale prøven ble tatt på 30 m, et dyp som er nokså karakteristisk for store deler av bunnområdene i Glitre. Det dypeste punktet på 90 m representerer et svært lite bunnområde, og da det ofte kan være veldig spesielle sedimentforhold i slike dyphull fant vi det rett å ikke ta prøver derfra. Den littorale sedimentprøven ble tatt i ytre del av Bordvika på 5 m dyp. Man må inn i buktene for å finne bløtbunn i littoralsonen i Glitre.

I Landfalltjern ble den profundale prøven tatt på 5 m dyp midt utpå tjernet, omtrent på dypeste punkt. Den littorale prøven ble tatt på 2 m dyp. I Myrdammen ble det tatt sedimentprøve på 4 m dyp, som også var det dypeste området i den lille innsjøen. Littoralsonen i Myrdammen bestod stort sett av fjell eller stein, og vi greide ikke å få opp noen gode sedimentprøver herfra.

### 2.2.2 Visuelle observasjoner av sedimentet

Sedimentet i profundalsonen (dypområdene) i Glitre var meget spesielt. Det var svart til brunsvart av farge og hadde en helt eiendommelig lukt. Når man gned sedimentet mellom fingrene ble fingrene farget gule av manganoksid og så omtrent ut som fingrene på en "stor-røyker".

I Landfalltjern var vannstanden ganske lav under prøvetakingen, og det var helt klart at det lå et svart tynt sjikt oppå det mer naturlige sedimentet under. På dypere områder på badestranda hvor det var kjørt på lys morenesand, var den flekkvise forekomsten av det svarte slammet særlig tydelig, se **Figur 3**. På de dypeste områder hadde det svarte slammet en tykkelse på 2-5 cm visuelt vurdert. Sedimentet minnet om det man fant i Glitre, men luktet ikke så spesielt.



**Figur 3.** Badestranda på Landfalltjern ved lav vannstand (og tåke). Legg merke til det svarte slammet som ligger oppå den lyse sanden.

Sedimentet i Myrdammen var mer uorganisk enn det man vanligvis finner i myrtjern. Dette har nok sammenheng med at det er et kunstig tjern dannet ved oppdemming. Det har ikke hatt tid nok på seg til å danne det typiske tykke dy-sedimentet man pleier å finne i myrtjern.

### 2.2.3 Kjemiske analyser av sedimentet

Resultatene av sedimentanalysene er gitt i **Tabell 3**.

**Tabell 3.** Sedimentanalyser med klassifisering etter Klif's sine reviderte sedimentkvalitetskriterier (TA-2229/2007)

Stasjonsnavn	Dyp	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	TGR	TTS	Zn
		µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	g/kg	%	µg/g
Glitre 6 m, 0-5cm	6	37800	12	6,75	7,6	13,5	29800	0,11	4510	9,2	70,1	631	11,1	959
Glitre 30 m, 0-5cm	30	39100	6	3,6	2,6	12,9	32500	0,086	117000	6	65	715	8	679
Glitre 30 m, 30-35cm	30	58100	7	6,2	7,7	22,7	61100	0,086	80100	10	42	707	10,1	1140
Landfalltjern 2m, 0-5cm	2	10900	6	0,83	15,4	13,8	7750	0,046	191	26	6,5	587	7,5	92,5
Landfalltjern 5m, 0-5cm	5	16700	13	3,2	19,4	26,3	12900	0,14	1600	20,6	98,1	696	7,3	425
Myrdammen 4 m, 0-5 cm	4	22700	10	3	13	17,6	14600	0,19	344	9,8	86,2	652	64,2	248

SFT's klassifisering av sediment:

I Bakrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Meget dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtidseksponering	Akutt toksiske effekter ved korttidseksponering	Omfattende akutt toksiske effekter

TTS står for totalt tørrstoffinnhold etter at vannet er dampet av. En ser at de fleste prøvene hadde høyt vanninnhold. Det er nokså vanlig at skogsinnsjøer har slikt "fluffy" vannholdig sediment. Myrdammen hadde fastere sediment, noe som må ses i sammenheng med at dette er en kunstig innsjø laget ved oppdemming. Den har ikke vært innsjø lenge nok til at det har blitt bygget opp noe eget innsjøsediment.

TGR står for total gløderest, dvs det som er igjen av sedimentet etter gløding. Organisk materiale brenner opp ved gløding. Det ses at 60-70 % av sedimentene består av uorganisk materiale. Verdiene er karakteristiske for næringsfattige innsjøer. Typiske myrtjern i skogsområder har vanligvis mye høyere innhold av organisk materiale ("dy"). Myrdammen har vannkvaliteten som skal til for å utvikle slikt sediment, men den er ikke gammel nok som innsjø (er en oppdemt dam) til å ha dannet dette sedimentet ennå. Ingen av innsjøene skiller seg ut i noen særlig grad fra de andre mht. innhold av organisk materiale i sedimentet.

De andre parameterene er metaller angitt som mikrogram pr gram (=mg/kg, eller ppm) tørt sediment. Fargete ruter angir klasse etter (SFT) Klif's reviderte system for klassifisering av forurensning av sedimenter (TA-2229/2007). Av de analyserte metallene er det 3 som ikke har noen klassifisering i Klif's system, nemlig aluminium, jern og mangan som er naturlig forekommende stoffer, og hvis konsentrasjon kan variere betydelig fra innsjø til innsjø. Aluminium utgjør i gjennomsnitt ca 20-30 % av mineralisk jordsmonn i Norge, slik at med såpass høyt innhold av uorganisk materiale som det er i sedimentet i disse innsjøene, er ikke aluminiumsinnholdet nevneverdig høyt. Verken aluminium, jern eller mangan er særlig giftig i sedimenter. Aluminium kan være giftig i sterkt sure vannforekomster, men ikke innenfor de nøytrale pH-verdier som disse innsjøene har.

Lier kommune (2009) fant meget høye mangankonsentrasjoner i slammet i spyleledningene, 138000 µg/g, og man skulle tro at sedimentet i Landfalltjern skulle ha de høyeste konsentrasjoner av de undersøkte innsjøene. Det var imidlertid Glitre som hadde desidert de høyeste mangankonsentrasjoner i sedimentet. Dypvannsedimentet i Glitre må kunne sies å ha et meget høyt innhold av mangan, i forhold til det som er vanlig å finne i norske innsjøer. I en landsomfattende undersøkelse av sedimentkvalitet i norske innsjøer (Rognerud og medarb. 2008, Fjeld og Rognerud 2004) som omfattet



600 innsjøer, var det bare en innsjø som hadde høyere manganinnhold i sedimentet enn Glitre. De høye verdiene skyldes imidlertid de spesielle geologiske forholdene i området, og har ikke noe med forurensning å gjøre. I sammenheng med denne undersøkelsen er Glitre en av de upåvirkede referanseinnsjøene. Sedimentprøven fra det dypeste punktet i Landfalltjern hadde høyere konsentrasjoner enn sedimentet i Myrdammen, mens sedimentet fra 2 m dyp hadde lavere mangankonsentrasjon enn Myrdammen.

Lier kommune (2009) fant en del høyere konsentrasjoner enn oss for flere metaller i Landfalltjern. Dette gjelder arsen, krom, kobber, nikkel og kvikksølv. Årsaken til dette kan være at vi har analysert på forskjellig sedimentsjikt, samt at spylevannsslamm har sedimentert me ujevnt enn ved naturlig sedimentdannelse. I overflatesedimentet analyserte vi sjiktet 0-5 cm, dvs det sjikt som beboes av gravende bunndyr, mens det fremgår ikke tydelig fra hvilket sjikt prøvene i Lier kommunes undersøkelse er tatt fra. Hvis de har tatt prøve fra et tynnere sjikt, for eksempel 0-2 cm, kan dette ha bidratt til forskjeller. Dessuten er det forskjell mellom konsentrasjoner fra forskjellige steder innen hver innsjø, kfr de sjøene vi har tatt prøver fra ulike dyp. Det er derfor ikke så lett å kommentere forskjellene mellom de funne konsentrasjoner i de to undersøkelsene. Det at vi for eksempel fant så unormalt høye konsentrasjoner av mangan i de frie vannmasser i Landfalltjern, tyder på at dette elementet løses ut fra sedimentet etter hvert. I vår undersøkelse av sedimenter hadde metallene arsen, krom, kobber, og nikkel alle svært lave konsentrasjoner og ligger for alle innsjøene i beste kvalitetsklasse (klasse 1). Med hensyn til kvikksølv ligger sedimentprøvene fra alle innsjøene, så nær som Myrdammen 4 m, i beste klasse. Myrdammens sediment hadde kvikksølvkonsentrasjoner som lå i nest beste klasse. Dette har sammenheng med at Myrdammen er sterkt humuspåvirket (farge 130 mg Pt/l), noe som er med på å forklare hvorfor denne innsjøen har høyere kvikksølvinnhold enn de andre innsjøene. Kvikksølv bindes lett til humus i nedbørfeltet, og transporteres til innsjøen med denne.

Sink er det eneste metallet som kommer opp i kategorien dårlig kvalitet etter Klif's klassifiserings-skala. Det er imidlertid ikke i resipientsjøen, men i Glitre, som jo er upåvirket og tjener som referanse. I de dypeste områdene av Landfalltjernet er konsentrasjonene av sink forhøyet opp i klassen "mindre god", trolig som følge av sedimentasjon fra spylevannet. Sink er imidlertid et lite giftig element.

Bly og kadmium er også oppkonsentrert i de dypeste områder av Landfalltjern til klasse 3 "mindre god". Konsentrasjonene er imidlertid ikke særlig høyere enn i Myrdammen, som jo er en upåvirket referanseinnsjø. For kadmium er konsentrasjonene i referansesjøen Glitre dobbelt så høye som i Landfalltjern. Det er derfor vanskelig å tilskrive de observerte konsentrasjonene i sedimentet i Landfalltjern utelukkende til sedimentasjon av spyleslam. Noe av forklaringen ligger i at det generelt er metallrik geologi i området.

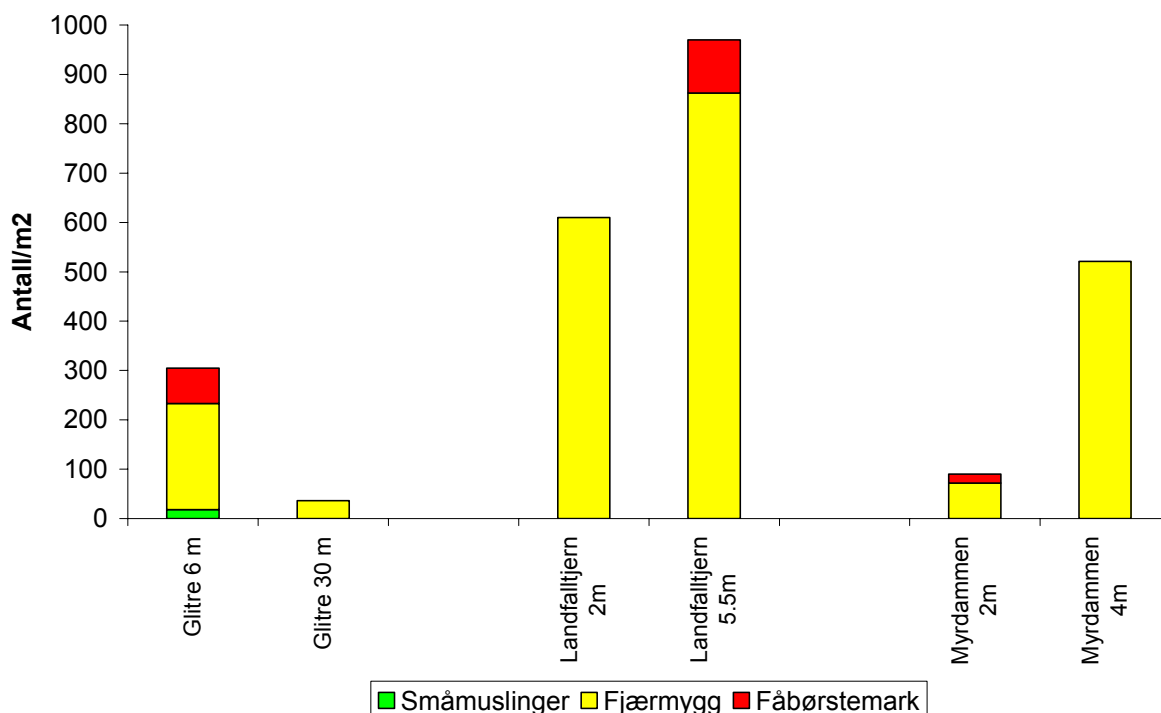
Klassifiseringssystemet for "Prioriterte stoffer" i Vanddirektivet (vrd) for sedimenter inkluderer metallene kadmium, bly, kvikksølv og nikkel. Grenseverdiene som ikke skal overskrides er hhv: 2,6 µg Cd/g, 83 µg Pb/g, 0,63 µg Hg/g, og 46 µg/g (tørrvekt). En ser at alle innsjøene i vår studie overskrider vanddirektivets kadmiumgrense, også Myrdammen og Glitre som begge er upåvirkede referansesjøer. For bly overskrides vrd-grensen av sedimentet fra det dypeste området i Landfalltjern, og av sedimentet fra den upåvirkede Myrdammen. Kadmium og bly er blant de metallene som spres med atmosfærisk nedfall, noe som trolig er medvirkende årsak i tillegg til avrenning fra metallrik geologi. For de andre elementene var de observerte konsentrasjonene lavere enn vrd-grensene.

### **2.3 Bunndyr i innsjøsedimentet**

I innsjøene er bunndyrene tatt med Van Veen grabb. Det er tatt 3 hugg på hver stasjon. Tettheten er omregnet til antall pr. m<sup>2</sup>. Prøvene er silt gjennom en standard håv med åpning 25 cm x 25 cm, og med

maskevidde i nettduken på 250  $\mu\text{m}$ . Prøvene er konserverert i etanol. Bunndyrene er talt og artsbestemt etter standard prosedyrer ved hjelp av binokulær lupe og mikroskop.

Alle prøvene fra innsjøene var dominert av fjærmygglarver, **Figur 4**. Det var i tillegg mindre innslag av fåbørstemark og småmuslinger. Det var en del forskjell i tettheter. På 30 m dyp i Glitre ble det bare påvist fjærmygglarver i lave tettheter med bare 36 ind/m<sup>2</sup>. Det er vanlig med de laveste tetthetene på store dyp i innsjøene. Det var også forholdsvis lav tetthet på 2 m dyp i Myrdammen med 90 ind/m<sup>2</sup>. I de andre prøvene var tettheten moderat høy. De høyeste tetthetene synes å ligge i nedre delen av littoralsonen i alle innsjøene. Dette er en vanlig situasjon.



**Figur 4.** Tetthet og sammensetning av bunndyrgrupper på bløtbunn på ulike dyp i innsjøene 21.oktober 2009.

## 2.4 Metaller i fiskekjøtt

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM 2006) nedsatt av Mattilsynet har utredet tryggheten ved å spise fisk og sjømat i Norge. Med hensyn til innhold av metaller var det bare tre elementer som ble ansett å kunne utgjøre et problem, metyl-kvikksølv, kadmium, og tinnorganiske produkter. Kvikksølv var et problem særlig i rovfisk i ferskvann, kadmium i brunmat i krabbe i forurensede fjordsystemer, og tinnorganiske forbindelser i skjell i forurensede fjorder. Andre stoffer som kunne utgjøre problemer var de organiske miljøgiftene PCB og Dioksin. På bakgrunn av dette, samt mange undersøkelser av miljøgiftinnhold i ferskvannsfisk foretatt av NIVA (Rognerud og medarb. 2008, Fjeld og Rognerud 2004), har Mattilsynet laget et generelt kostholdsrad for ferskvannsfisk. Dette omfatter bare kvikksølv

og lyder slik: *Gravide og ammende bør ikke spise gjedde, ikke abbor over 25 cm, ikke ørret over én kilo, ikke røye over én kilo. Andre personer bør ikke spise disse fiskeslagene mer enn en gang i måneden i gjennomsnitt.* Kun for en innsjø, nemlig Mjøsa, er det laget et mer detaljert kostholdsråd som også omfatter PCB. Alt om dette kan leses i detalj på ([www.matportalen.no](http://www.matportalen.no)).

Magne Grande (1987) har laget en sammenstilling av metallinnhold i fiskekjøtt i lite påvirkede områder, og har således skissert følgende antatte øvre grenser for "normalinnholdet" i mg/kg (=µg/g) av de mest aktuelle metaller i muskel og lever av ferskvannsfisk (**Tabell 4**).

**Tabell 4.** Antatte øvre grenser for "normalinnholdet" i mg/kg (=µg/g) av de mest aktuelle metaller i muskel og lever av ferskvannsfisk

	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	As
Muskel	0.2	0.01	0.1	0.8	10	0.1	0.1	0.1
Lever		0.3	0.2	40	80	0.2		0.1

Kvikksølv er det eneste metallet som særlig tendens til å akkumuleres i fiskekjøttet. Andre elementer som for eksempel kadmium har tendens til å akkumuleres i nyrene ("blodranda langs ryggbeinet"), mens nærmest alle miljøgifter har tendens til å akkumuleres i levera. Nå er det ikke vanlig å spise lever eller nyrer på ferskvannsfisk, så hovedvekten er lagt på analyser fiskefilet. Resultatene fra våre undersøkelser er gitt i **Tabell 5**.

Hvis man sammenlikner resultatene (**Tabell 5**) fra de undersøkte innsjøene med **Tabell 4**, ser man at for de aller fleste metaller ligger fiskens innhold innenfor det som er normalt i upåvirkede lokaliteter.

For Landfalltjern, den innsjøen som mottar spylevannsslamm av de tre, hadde metallverdier som lå innenfor det normale for nesten alle fiskene, med unntak av en svak overskridelse av arsen-innhold i én fisk og for kobber i en annen fisk. Referansesjøen Myrdammen hadde imidlertid en høyere verdi for arsen i en fisk, men også dette en svak overskridelse. For en av fiskene i Landfalltjern (en ørret på vel halvkiloet) ble det observert en unormal høy verdi av kobber. Verdien var 3 ganger høyere enn det Grande (1987) refererer som normalt. En kunne være fristet til å tro at dette kunne være en feilanalyse, men den høye konsentrasjonen gir seg også til kjenne i leverblandprøvene fra Landfalltjern. De andre fiskene fra Landfalltjern hadde lave kobberkonsentrasjoner i kjøttet. Det er ikke lett å finne noen forklaring på denne høye konsentrasjonen i den ene enkelt-fisken. Kobber er ikke kjent for å akkumuleres i fiskekjøtt, og verken sedimentet eller vannfasen i Landfalltjern hadde noe særlig høy konsentrasjon av kobber. Kobber i fisk ble ikke funnet å utgjøre noe helsemessig problem av vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM 2006). Sammenliknes funnet med kravet til drikkevann som er 100 µg Cu/l (=µg/kg), et næringsmiddel man tar inn flere kg av hver dag, så blir det klart at kobber i fisk ikke er noe problem for matsikkerhet. For mangan, det metallet det slippes ut mest av ved spylingen, kunne man ikke se noen tendens til høyere konsentrasjoner i fisk i Landfalltjernet enn i de andre vannene. I forhold til hva som regnes som normale fiskekjøttkonsentrasjoner av metaller, samt sammenliknet med hva man fant i referansesjøene Myrdammen og Landfalltjern, ser det ikke ut til at spylevannsutslippet har påvirket kvaliteten av fisken i Landfalltjern.

Kvikksølv er det metallet som på mest alvorlig måte kan forurense kjøttet i ferskvannsfisk. Forholdsvis beskjedne konsentrasjoner i kjøttet vil gjøre fisken skadelig å spise. Kvikksølv tilføres via atmosfærisk nedfall, eller det kan komme fra spesiell geologi. Hvis vannet og sedimentet har høyt innhold av organisk materiale, dannes det metylkvikksølv vha spesielle bakterier i sedimentet. Metylkvikksølv tas meget lett opp av fisk og annen biologi i innsjøen. Det skilles sakte ut, slik at det akkumuleres opp gjennom næringskjeden (biomagnifiseres). Av de analyserte metallene er det bare dette metallet som Mattilsynet har utarbeidet kostholdsråd for i ferskvannsfisk. De angir et

kvikksølvinnhold på 0.5 mg/kg fiskekjøtt (våtvekt) som øvre grense for ukentlig inntak, og betydelig strengere grenser for gravide kvinner og barn. I vår undersøkelse ble høyeste konsentrasjon (0,28 mg/kg) funnet i en 125 grams abbor fra Glitre, og nest høyeste konsentrasjon (0.23 mg/kg) i en halvkilos ørret, også fra Glitre. Disse konsentrasjonene er godt under konsumgrensen. Grande angir at 0.2 ppm er øvre grense for hva som kan kalles for normalt mht Hg innhold i ferskvannsfisk, og de nevnte to fiskene ligger svakt over denne grensen. Alle de andre fiskene både fra Glitre og fra de andre innsjøene hadde lavere verdier. Glitre (referansesjøen) hadde gjennomgående mer Hg i kjøttet enn de andre innsjøene. Landfalltjern som er den sjøen som har mottatt spylevannsslamm, hadde lave konsentrasjoner. Det ser derfor ikke ut til at spylevannsslamm har ført til kvikksølvforurensning av fisken i Landfalltjernet.

Det er vanlig å finne høyere kvikksølvkonsentrasjon i fisk i innsjøer med høyt humusinnhold (Fjeld og Rognerud 2009), noe som har sammenheng med at kvikksølv har lett for å knytte seg til organisk materiale. Dette stemmer ikke helt her, da Glitre har minst organisk materiale både i sedimentet og i vannmassene av de tre innsjøene. Likevel hadde Glitre høyest Hg konsentrasjon både i vannfasen og i fiskekjøttet. I sedimentet hadde den mest humusrike sjøen, Myrdammen, høyest Hg konsentrasjoner i tråd med teorien. Den hadde imidlertid lite Hg i fiskekjøtt. Det kan ha sammenheng med at det organiske sedimentet i Myrdammen har liten mektighet siden det er en "ung" menneskeskapt innsjø, og dermed mindre dannelse av metylkvikksølv.

Mht konsentrasjoner av de andre metallene i fiskekjøttet er det ikke så mye å si på bakgrunn av det innsamlede materialet, annen enn at verdiene er normalt lave i forhold til det man finner i innsjøer uten lokale forurensningskilder. Ingen innsjøer skiller seg noe særlig ut i forhold til hverandre.

Med hensyn til innhold av metaller i levra i fisk fra de ulike vann er det laget en leverblandprøve fra fisk i hvert vann, se de tre nederste linjen i **Tabell 5**. De aller fleste metallverdiene er lavere enn øvre grense for hva Grande (1987) kaller normale nivåer (**Tabell 4**). I Landfalltjern overskred leverprøvene normal nivået med 100 % når det gjaldt kobber, noe som skyldes innholdet i en enkelt fisk, se over.

Konklusjonen er klar: Fisken i Landfalltjern har ikke fått noen økt konsentrasjon av tungmetaller i fiskekjøttet som følge av spylevannsutslippene, og den er trygg å spise.

**Tabell 5.** Analyser av metaller i filet og lever av fisk fra Landfalltjern (påvirket av spyleslam), Glitre (upåvirket referanse), og Myrdammen (upåvirket referanse).

Nr	Merket	Dato	Type	Art	Vekt	Lengde	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
					kg	cm	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
1	Landfalltjern	21.10.2009	Filet	Sik	2,2	48	s<0,5	<0,05	0,001	<0,1	0,16	<2	0,15	0,2	<0,02	<0,02	3,01
2	Landfalltjern	21.10.2009	Filet	Ørret	0,617	35	s<0,5	<0,05	<0,001	<0,1	0,43	3	0,095	0,09	<0,02	<0,02	3,59
3	Landfalltjern	21.10.2009	Filet	Ørret	0,55	30	s<0,5	s<0,05	0,006	<0,3	2,68	16	0,13	0,15	0,02	<0,02	4,83
4	Landfalltjern	21.10.2009	Filet	Ørret	0,26	25	s<0,5	0,12	<0,001	<0,1	0,25	<2	0,062	0,17	<0,02	<0,02	4,86
5	Myrdammen	21.10.2009	Filet	Ørret	0,35	29	s<0,5	0,17	0,02	<0,09	0,82	7	0,13	0,12	<0,02	<0,02	4,76
6	Myrdammen	21.10.2009	Filet	Ørret	0,22	23	s<0,5	s<0,05	0,002	<0,1	0,41	3	0,086	0,09	<0,02	<0,02	4,17
7	Myrdammen	21.10.2009	Filet	Ørret	0,17	21	s<0,5	s<0,05	0,003	<0,09	0,26	<2	0,068	0,09	<0,02	<0,02	5,42
8	Myrdammen	21.10.2009	Filet	Ørret	0,15	20	<0,5	s<0,05	0,002	<0,1	0,32	2	0,072	0,19	<0,02	<0,02	5,61
9	Myrdammen	21.10.2009	Filet	Ørret	0,14	20	s<0,5	<0,05	0,002	<0,1	0,2	<2	0,064	0,15	<0,02	<0,02	5,71
10	Myrdammen	21.10.2009	Filet	Ørret	0,14	19	s<0,5	<0,05	0,003	<0,1	0,39	3	0,096	0,13	<0,02	<0,02	5,44
11	Glitre	21.10.2009	Filet	Ørret	0,5	32	s<0,5	<0,05	0,005	<0,1	0,43	4	0,23	0,11	<0,02	<0,02	3,8
12	Glitre	21.10.2009	Filet	Ørret	0,45	30	s<0,5	0,06	0,005	<0,1	0,44	3	0,15	0,08	<0,02	<0,02	3,56
13	Glitre	21.10.2009	Filet	Ørret	0,35	29	s<0,5	s<0,05	0,004	<0,09	0,41	3	0,15	0,12	<0,02	<0,02	4,02
14	Glitre	21.10.2009	Filet	Ørret	0,32	28	s<0,5	s<0,05	0,006	<0,1	0,43	3	0,17	0,11	<0,02	<0,02	4,06
15	Glitre	21.10.2009	Filet	Abbor	0,125	19	s<0,5	<0,05	0,005	<0,09	0,1	<2	0,28	0,22	<0,02	<0,02	4,33
16	Glitre	21.10.2009	Filet	Sik	0,14	21	s<0,5	0,05	0,002	<0,09	0,12	<2	0,11	0,15	<0,02	<0,02	4,94
17	Myrdammen	21.10.2009	lever	Bland			3,93	s0,08	0,768	<0,3	27,6	140	0,21	0,9	<0,02	0,06	40,2
18	Landfalltjern	21.10.2009	lever	Bland			0,5	s<0,05	0,143	<0,3	81,3	140	0,18	0,98	<0,02	<0,02	23,2
19	Glitre	21.10.2009	lever	Bland			1,31	s<0,05	2,17	<0,3	20,4	150	0,22	1,11	<0,02	<0,02	35,4

### 3. Resultater fra elver

#### 3.1 Vannkvalitet

Egga mottar spylevannsutslipp direkte. Prøven er tatt oppstrøms og nedstrøms dette punkt. Egga renner sammen med Glitra, og prøvene fra Glitra er tatt oppstrøms og nedstrøms samløpspunktet. Myrdambekken mottar ikke spylevannsutslipp direkte selv, men mottar spylevannspåvirket vann fra Landfalltjern. Prøvene er tatt oppstrøms og nedstrøms det punktet hvor den mottar bekken fra Landfalltjern. Det var ikke vannføring i bekken fra Landfalltjern i de dagene feltarbeidet pågikk, slik at det ikke kunne tas noen prøve herfra. Prøvestedenes beliggenhet fremgår av **Figur 1**. Alle prøvene er tatt lenge etter siste spyling slik at det er ikke ventet å se noen effekt av spylevannet på bekkens kjemiske vannkvalitet. Den generelle vannkjemien (**Tabell 6**) er bestemt av geologien og vegetasjonsforhold i nedbørfeltet.

**Tabell 6.** Generell vannkjemi i de angitte elver basert på prøver tatt 21/10-2009. Klassifisering etter SFT Veiledning 97:04.

Stasjon	pH	KOND	ALK	TURB	FARG-U	Tot-N	NO3-N	TOC	Cl	SO4	Ca	K	Mg	Na
		mS/m	mmol/l	FNU	mg Pt/l	µg N/l	µg N/l	mg C/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Glitra oppstr.	6,83	3,11	0,181	0,59	12	300	190	2,1	1,02	3,16	3,77	0,24	0,4	1,46
Glitra nedstr.	7,22	6,4	0,544	0,42	26,7	330	185	3,5	0,99	2,74	10,8	0,28	0,54	1,32
Myrdambekken oppstr.	7,34	7,47	0,644	0,8	38,3	210	66	4,7	1,38	2,82	11,8	0,21	1,25	1,7
Myrdambekken nedstr.	7,37	7,54	0,648	0,8	35,6	240	77	4,7	1,37	2,84	11	0,22	1,24	1,69
Egga oppstr.	7,12	4,22	0,349	0,75	49,1	295	100	5,7	0,88	1,47	6,22	0,2	0,36	0,98
Egga nedstr.	7,15	4,67	0,395	0,4	46,1	295	110	5,4	0,88	1,58	7,16	0,21	0,4	1,01

SFT's vannkvalitetsklasser: Meget god God Mindre god Dårlig Meget dårlig

Alle bekkene har klart vann med turbiditet 0,4-0,8 FNU. Glitra, som kommer fra Glitre, hadde også svært lav farge (12 mg Pt/l). De andre bekkene var noe mer myrvannspreget, særlig Egga, som hadde farge på 46-49 mg Pt/l. Bekkene har god motstandskraft mot forsurening, med pH fra 6,8 - 7,4., alkalinitet fra 0,35 - 0,65 mmol/l, og god ionestyrke med konduktivitet fra 3,1- 7,5 mS/m. De har typiske "bikarbonatvann" med bikarbonat som viktigste anion og kalsium som viktigste kation. Innholdet av sulfat er lavt. Alle elvene har glimrende generell vannkvalitet mht å tilfredsstille kravene til fisk og annen akvatisk økologi, samt de fleste brukerinteresser. Med unntak av Glitra, har de andre bekkene litt høyt innhold av humus for å være velegnet som drikkevann kjemisk sett.

**Tabell 7** viser konsentrasjoner av en del metaller som kan danne problemer i gruvepåvirkede vassdrag, og hvorav flere viste forhøyede verdier i innlekkingsvannet til overføringstunnelen. De aller fleste metaller hadde konsentrasjoner som lå innenfor SFT's beste vannkvalitetsklasse.

**Tabell 7.** Noen metaller i prøver fra de angitte elver 21.10-2009. Klassifisering etter SFT Veiledning 97:04.

Stasjon	Al/R	Al/II	abil Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l
Glitra oppstr.	23	13	10	0,09	0,023	0,05	0,14	52	1,5	4,51	0,08	0,02
Glitra nedstr.	41	20	21	0,26	0,01	0,2	0,24	33	0,05	3,65	0,07	0,02
Myrdambekken oppstr.	66	31	35	1,3	0,026	0,48	0,21	48	0,05	2,18	0,25	0,09
Myrdambekken nedstr.	54	26	28	1,2	0,026	0,56	0,22	64	0,05	16,2	0,32	0,26
Egga oppstr.	60	41	19	0,27	0,007	0,1	0,27	65	0,05	4,55	0,2	0,06
Egga nedstr.	53	35	18	0,32	0,01	0,2	0,306	69	0,05	3,9	0,22	0,07

## 3.2 Bunnfauna i elvene

### 3.2.1 Metoder

For elver er det utviklet nasjonale og internasjonale standarder for innsamling av bunndyr: Norsk Standard (NS 4719), Nordisk Standard og europeisk CEN standard (Comite Europeen de Normalisation, EN 27828). Metoden som anbefales er en såkalt sparkemetode. Denne metoden er tatt i bruk i hele Europa, og er den klart dominerende metoden for innsamling av bunndyr i elver. Dette er også metoden som anvendes mest i Norden. Det er anvendt en standardmetode med ”3 x 1 minutt sparkeprøve”. Det innebærer at det tas 9 prøver, hver på en 1 m lang strekning i løpet av 20 sekund. Denne metoden er anvendt i foreliggende undersøkelser der det har vært mulig. Etter hvert minutt tømmes håvposen for å hindre tetting av maskene i posen. Det anvendes en standard håv med åpning 25 cm x 25 cm, og med maskevidde i nettduken på 250 µm. Prøvene konserveres i etanol. Bunndyrene blir talt og artsbestemt etter standard prosedyrer ved hjelp av binokulær lupe og mikroskop.

### 3.2.2 Vurderingssystem

Til vurdering av *økologisk tilstand* i elvene er det anvendt bunndyrindeksen ASPT (Average score per taxon). Indeksen er først og fremst beregnet på organisk forurensning som ofte er hovedproblemet med utslipp fra byer og tettsteder. Indeksen angir en gjennomsnittlig toleranseverdi for alle bunndyr-familiene i prøven. Det teoretiske intervallet er fra 0 til 10. 0 angir at det ikke er poenggivende bunndyrfamilier i prøven, hvilket antyder at faunaen er utdødd. 10 viser at det bare er familier følsomme for forurensninger i prøven. Det skjer aldri.

I henhold til *foreløpig vurderingssystem* basert på kriteriene i vanddirektivet er grenseverdiene mellom tilstandsklassene som vist i **Tabell 8**

**Tabell 8.** Grenseverdier for ASPT i det foreløpige norske vurderingssystemet.

	ASPT verdier
Referanseverdi (naturtilstand)	6.9
Svært god/god tilstand	6.8
God/moderat tilstand	6
Moderat/dårlig tilstand	5.2
Dårlig/svært dårlig tilstand	4.4

Roligflytende elvepartier med finkornet substrat har et annet bunndyrsamfunn enn strykepartier selv om de er definert som samme elvetype i henhold til typifiseringen. Det er foreløpig ikke utviklet vurderingssystemer for økologisk tilstand som tar hensyn til denne forskjellen.

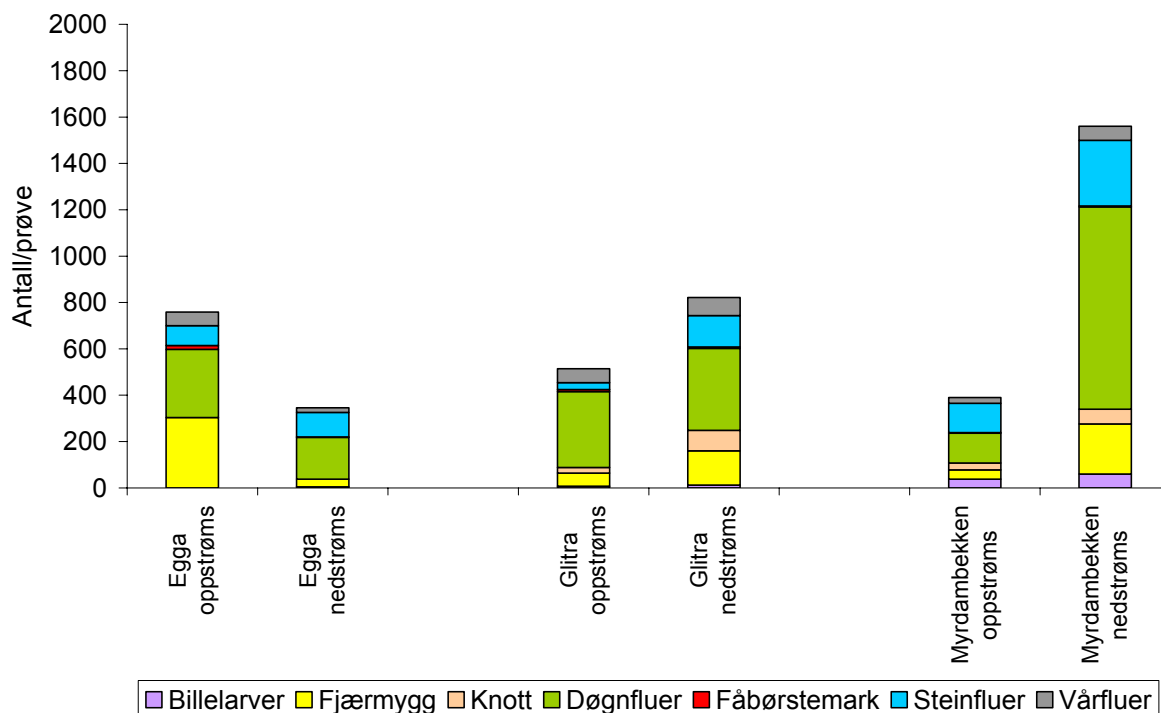
Individer i de tre hovedgruppene døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera) ble så vidt mulig identifisert til art/slekt. Det *biologiske mangfoldet* på stasjonene ble angitt ved antall arter/slekter innenfor disse tre gruppene (EPT). Høye indeksverdier for EPT ligger over 25. Hva som er ”normalt” (referanseverdi) er imidlertid avhengig av både hvor i Norge en er og hvilke fysisk-kjemiske miljøparametere som ellers er bestemmende for ”normalfaunaen” i elvene. F.eks. har Østlandet rikere fauna og flere arter enn Vestlandet, og ionerike vannkvaliteter flere arter enn ionefattige.

Tilsvarende vurderingssystemer er ikke enda utviklet for bløtbunn i innsjøer.

### 3.2.3 Resultater

Bunndyrsamfunnet ved alle elvestasjonene (**Figur 5**) besto av dyregrupper som er vanlige å finne i norske elver. Den vanligste var døgnfluer som dominerte i de fleste elvene. Men flere andre grupper som fjærmygglarver, steinfluer og vårfluer var også vanlige. I Egga oppstrøms og nedstrøms var

faunaen stort sett den samme, bare med noe lavere tetthet av fjærmygglarver nedstrøms. I Glitra oppstrøms og nedstrøms besto også faunaen av de samme dyregruppene, og med ubetydelige forskjeller i tetthet. I Myrdalsbekken oppstrøms og nedstrøms var det i stor grad også de samme bunndyrgruppene, men det var stor forskjell i tetthet. Det meste av dette skyldtes høye tettheter av døgnfluer på nedstrømsstasjonen. Dette kan skyldes noe mer næringsrike forhold her, men det kan også skyldes habitatforskjeller.

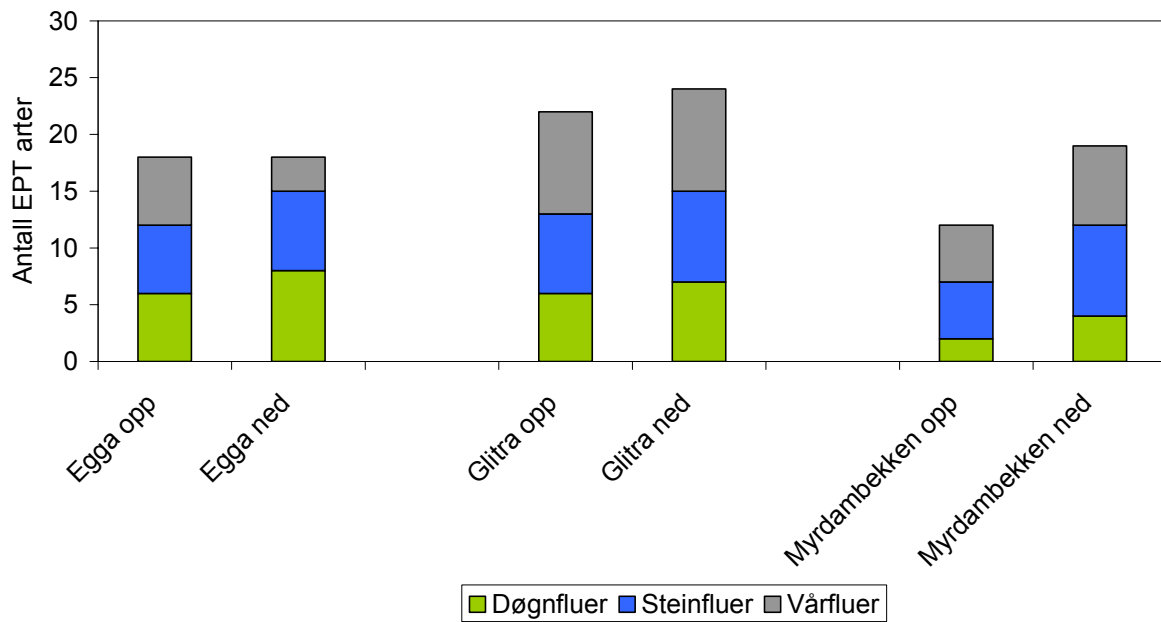


**Figur 5.** Sammensetningen av hovedgrupper i bunndyrsamfunnene på elvelokaliteter 21.10.2009

#### Biologisk mangfold

Det biologiske mangfoldet målt som antall EPT arter (antall arter/slekter av døgnfluer, steinfluer og vårfluer, **Figur 6**) var moderat høyt ved begge stasjonene i Egga. Summen av EPT var 18 både på oppstrøms og nedstrømsstasjonen. Den vanligste døgnfluen på begge stasjonene var *Baetis rhodani*, mens små ubestembare individer av slekten *Amphinemura* var de vanligste steinfluene. Begge artene er vanlige og ble funnet i moderat høye tettheter. *Baetis rhodani* er Norges vanligste døgnflue i elver og bekker. Tettheten av vårfluer var langt lavere. Oppstrøms var den nettspinnende vårflueslekten *Hydropsyche* vanligst, med *Hydropsyche pellucidula* som vanligste art. I Glitra var det biologiske mangfoldet forholdsvis høyt med EPT på 22 oppstrøms og 24 nedstrøms. På stasjonen nedstrøms var *Baetis rhodani* og *Amphinemura sp.* de vanligste blant henholdsvis døgnfluer og steinfluer. Oppstrøms ble det imidlertid bare funnet få individer av *Amphinemura*. *Capnopsis schilleri* og *Diura nanseni* var de vanligste steinfluene, men de ble også funnet i få eksemplarer. Blant vårfluene hadde ingen art klar dominans, men *Sericostoma personatum* var den vanligste. I Myrdambekken oppstrøms samløpet med bekken fra Landfalltjern var det biologiske mangfoldet forholdsvis lavt med EPT på 12. Nedstrøms var det moderat høyt med EPT verdi på 19. Sett i forhold til de andre elvene/bekkene var det særlig redusert antall døgnfluer, men det var også færre arter i de andre EPT gruppene.

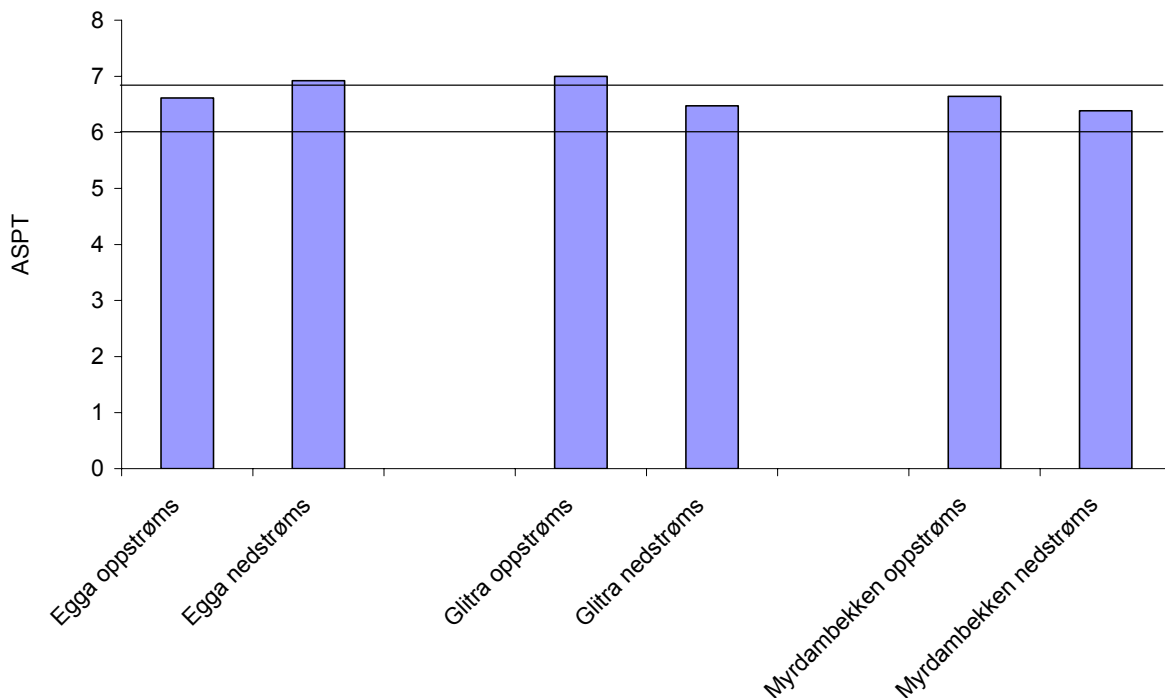




**Figur 6.** Biologisk mangfold målt som EPT (døgnfluer, steinfluer og vårfluer).

#### Økologisk tilstand.

Den økologiske tilstanden måles i henhold til vanddirektivet med bunndyrindeksen ASPT. Den er først og fremst beregnet på å gi en vurdering av eutrofi og påvirkning fra organisk materiale. Sånn sett er den ikke direkte relevant for problemstillingen i denne undersøkelsen. Alle stasjonene ved denne undersøkelsen hadde økologisk tilstand godt over nedre grense for god tilstand, **Figur 7.** To av stasjonene, Glitra oppstrøms og Egga nedstrøms hadde svært god økologisk tilstand.



**Figur 7.** ASPT verdier for elvene/bekkene 21.oktober 2009. Grenseverdiene for God/moderat (6) og Svært god/god økologisk tilstand lagt inn som horisontale linjer.

## 4. Optimalisering av spylefrekvens

Undersøkelsen skulle også prøve å gi svar på om det lønner seg å spyle tunnelen ofte eller sjelden. I første tilfelle vil det være lite slam som kommer ut, mens det ved sjelden spyling vil det være mye slam som spyles ut. Det blir i prinsippet å vurdere om det er bedre å utsette vassdragsøkologien for lavt stress nokså hyppig (for eksempel hvert 1-2. år), eller høyt stress en sjelden gang (for eksempel hvert 5-10. år).

De oppnådde resultatene gir imidlertid ingen klare holdepunkter for om det lønner seg å spyle ofte (lite slam) eller sjelden (mye slam).

Med hensyn til vassdragsøkologiske forhold har man foreløpig bare sett på eventuelle langtidseffekter, og det ble ikke funnet noen negative trekk ved vassdragsbiologien som kunne henføres til effekter av spylevannsutslippene. Imidlertid ble det funnet betydelige ansamlinger av svart mangansediment i Landfalltjerns bunnslam. Likeledes ble det funnet betydelig forhøyede konsentrasjoner av mangan i Landfalltjerns dypvann selv 7 mnd etter siste spyling. Disse konsentrasjoner var langt under de nivåer som i følge US EPA er giftige for ferskvannsorganismer, og er også lavere enn det vi kan finne i enkelte norske innsjøer med mye jern og mangan i den omgivende geologi. En kan tenke seg at konsentrasjonene vil være mye større mens spylingen pågår, og at dette da vil kunne gi biologiske problemer, for eksempel ved at bunndyr prøver å stikke av og går i driv og derved forsvinner fra elven en stund, intill den er rekolonisert fra driv fra områder oppstrøms. Hvis så er tilfelle, vil det trolig lønne seg å spyle ofte, da dette gir lavere slammengde under hver spyling og lavere akutte konsentrasjoner.

Slik det ser ut nå, kan muligens estetiske forhold med svart sediment på den populære badestranden i Landfalltjern være et problem som vil forsterke seg i tiden fremover, og som kanskje vil gi brukskonflikter før man kan registrere vassdragsøkologiske skader. For at det stygge, svarte sedimentet skal bli liggende så dypt som mulig, og dermed ikke være synlig i badesesongen, vil det være nødvendig å holde vannstanden lav under spylingen, og fylle opp til normal vannstand etter at materialet har sedimentert. På den annen side vil organismelivet i Landfalltjern komme bedre ut av det om vannstanden var høy under spylingen. Det ville gi et større fortynningsvolum med hensyn til konsentrasjon av skadelige stoffer i vannmassene, samt at materialet vil sedimentere over et større areale og bli mer fortynnet med eksisterende, naturlige sediment.

Spyling bør foretas utenom badesesongen, og helst i en periode hvor det er stor avrenning slik at konsentrasjonene blir lave og oppholdstidene i vannene korte. Korte oppholdstider nedsetter sedimentasjonen av slammet i innsjøene. Det vil imidlertid neppe være gunstig å spyle i ørretens gyteperiode.

Slike forhold vil bli lettere å vurdere etter at man har gjort undersøkelser direkte i forbindelse med spyling, der man blant annet vil kunne se om man kan komme opp i konsentrasjoner som kan være akutt skadelige for ferskvannsorganismer.

## 5. Litteraturreferanser

- Alabaster, J. S., and R. Lloyd 1980: Water Quality Criteria for Freshwater Fish. FAO 1980, Butterworth's, UK., Australia, Canada, New Zealand, South Africa, USA. ISBN 0 408 10673 5., 297 pp.
- Berge, D, T. Tjomsland, T. Bækken, P. Brettum, R. Romstad, og J.E. Løvvik. 2004. Utredning om Glitre. Tilstand og utvikling - overføring av nye felter - vanninntakets plassering - behov for nye beskyttelsestiltak.
- Bjerke, G., A. H. Erlandsen og K. Vennerød, 1978. Hydrografiske undersøkelser i Bergsvatn og Eikeeren., Hovedfagsoppgave i Limnologi ved Universitetet i Oslo., 138 sider.
- Drikkevannsforskriften 2004. Forskrift for vannforsyning og drikkevann. D FOR 2001-12-04 nr 1372., HelseDirektoratet, Folkehelseavdelingen.
- Fjeld, E. og S. Rognerud, 2004. Kvikksølv i ferskvannsfisk i Sør-Norge i 1998-2002, nivåer og tidsmessig utvikling., NIVA-rapport Lnr 4813-2004, 57 sider.
- Grande, M. 1987. Bakgrunnsnivåer for metaller i ferskvannsfisk., NIVA-rapport Lnr. 1979, 34 sider.
- Grande, M. 1991: Biologiske effekter av gruveindustriens metallforurensninger., NIVA-rapport Lnr 2562, 136 sider.
- Hägg, G., 1969: Allänn och oorganisk kemi., Femte opplag., Almqvist & Wiksells Boktryckeri Aktiebolag, 764 sider
- Lier kommune (Alstad Rukke, N.), 2009: Metallkonsentrasjoner i sedimentet i Hvalstaddammen, Myrdammen, Vivelstaddammen, Landfalltjern og slam i fra vannledninger., brev ref NAR/2009/1069/ Lier kommune, Sektor for samfunnsutvikling, 10.03.2009., 15 sider.
- Lydersen, E. 1969. Vurdering av slam fra spyling av vanntunneler fra drikkevannskilden Glitre., Høgskolen i Telemark, Brev av 01.04.2009., 4 sider.
- Mattilsynet 2008: Kostholdsråd for stor ørret fra Mjøsa og Vorma,  
[http://matportalen.no/artikler/2004/3/nytt\\_kostholdsraad\\_for\\_stor\\_orret\\_fra\\_mjosa\\_og\\_vorma](http://matportalen.no/artikler/2004/3/nytt_kostholdsraad_for_stor_orret_fra_mjosa_og_vorma)
- Mattilsynet 2010 om generelle kostholdsråd for ferskvannsfisk.  
[http://matportalen.no/Emner/Noen\\_typer\\_ferskvannsfisk](http://matportalen.no/Emner/Noen_typer_ferskvannsfisk)
- Rognerud, S., Fjeld, E., Skjelkvåle, B. L., Christensen, G. og O. K. Røyset., 2008: Nasjonal innsjøundersøkelse 2004 - 2006, del 2: Sedimenter - forurensning av metaller, PAH og PCB., SFT- rapport TA-nummer 2362/2008, 77 sider.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann., SFT-veiledning 97:04., TA-nummer 1468/1997., 31 sider

SFT 2008: Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann- Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter., SFT-rapport TA-229/2007, 12 sider

US EPA 2008 (Colorado): The basic standards and methodologies for surface water (5CCR 1002-31)., Colorado department of public health and environment, Water quality control commission, Regulation No 31.

Vanddirektivets klassifiseringsveileder 2009, side 38-47 kjemisk tilstand i overflatevann-miljøgifter (prioriterte stoffer) Dir. Nat /SFT, [www.vannportalen.no](http://www.vannportalen.no)

VKM 2006: Et helhetssyn på fisk og annen sjømat i norske forhold, Mattilsynet 2006, 250 sider

## 6. Primærdata

Alle primærdata vedrørende vannkjemi, sedimentkjemi, og analyser av fiskekjøtt er gitt i tabeller i tekstkapitlene, og gjentas derfor ikke her.

**Tabell 9.** Primærdata for bunndyr i elver i Glitrevassdraget 21. oktober 2009.

Innlegg	TaxaGroup	Latinsk navn	Egga nedstrøms	Egga oppstrøms	Glitra nedstrøms	Glitra oppstrøms	Myrdambekken nedstrøms	Myrdambekken oppstrøms
####	Bivalvia	Sphaeriidae			20			
####	Coleoptera	Coleoptera indet lv					28	38
####	Coleoptera	Coleoptera lv	4		12	8	60	38
####	Coleoptera	Elmis aena lv			12	8	20	
####	Coleoptera	Hydraenidae indet lv	4				12	
####	Diptera	Chironomidae	34	304	148	56	216	40
####	Diptera	Diptera indet			8			
####	Diptera	Simuliidae			88	24	64	30
####	Diptera	Tipulidae indet						1
####	Ephemeroptera	Alainites muticus	20	80	18	8	96	12
####	Ephemeroptera	Baetidae indet	8	12	12		64	
####	Ephemeroptera	Baetis rhodani	88	116	194	156	340	116
####	Ephemeroptera	Baetis sp	20	60	66	152	372	
####	Ephemeroptera	Centroptilum luteolum				2		
####	Ephemeroptera	Ephemeroptera	180	294	354	328	872	128
####	Ephemeroptera	Heptagenia dalearica	8	6	18	2		
####	Ephemeroptera	Heptagenia sp	20	20	38			
####	Ephemeroptera	Leptophlebiidae indet	14			8		
####	Ephemeroptera	Nigrobaetis niger	2		8			
####	Gastropoda	Planorbidae indet	6	44	2			
####	Hirudinea	Hirudinea		1				
####	Hydrachnidia	Hydrachnidia		8		8		
####	Oligochaeta	Oligochaeta	2	16	6	8	4	3
####	Plecoptera	Amphinemura sp	70	28	80	6	192	28
####	Plecoptera	Brachyptera risi				1	18	
####	Plecoptera	Capnopsis schilleri			4	8		
####	Plecoptera	Chloroperlidae indet	4	12				24
####	Plecoptera	Diura nanseni	6	2	7	8	18	12
####	Plecoptera	Isoperla sp	14	24	6	3	2	
####	Plecoptera	Leuctra sp	8	12	12	2	16	46
####	Plecoptera	Nemoura cinerea					1	
####	Plecoptera	Nemouridae indet			8		1	
####	Plecoptera	Plecoptera	106	86	135	30	284	126
####	Plecoptera	Protonemura meyeri					36	16
####	Plecoptera	Siphonoperla burmeisteri	2		4			
####	Plecoptera	Taeniopteryx nebulosa	2		14	8		
####	Plecoptera	Xanthoperla apicalis		8				
####	Trichoptera	Hydropsyche pellucidula		20		8		
####	Trichoptera	Hydropsyche siltalai		10	8			
####	Trichoptera	Hydropsyche sp		14	16			
####	Trichoptera	Hydroptila sp			8	8		
####	Trichoptera	Ithytrichia lamellaris	4		1			
####	Trichoptera	Lepidostoma hirtum		1				
####	Trichoptera	Limnephilidae indet				2	14	16
####	Trichoptera	Oxyethira sp			16	8		
####	Trichoptera	Philopotamus montanus			7			1
####	Trichoptera	Plectrocnemia conspersa				1	3	6
####	Trichoptera	Polycentropodidae indet	6	8	2	8	6	
####	Trichoptera	Polycentropus flavomaculatus	10			1	3	
####	Trichoptera	Psychomyiidae indet					2	
####	Trichoptera	Rhyacophila nubila					16	1
####	Trichoptera	Rhyacophila sp		6	12	8	16	
####	Trichoptera	Sericostoma personatum				16		1
####	Trichoptera	Trichoptera	20	59	78	60	60	25
####	Trichoptera	Trichoptera indet			8			

**Tabell 10.** Primærdata for bunndyr i innsjøer i Glitrevassdraget 21. oktober 2009.

TaxaGroup	Latinsk navn	Myrdammen 2m	Myrdammen 4m	Glitre 30 m	Glitre 6 m	Landfalltjern 2m	Landfalltjern 5_5m
Bivalvia	Sphaeriidae				18		
Oligochaeta	Oligochaeta	18			72		108
Diptera	Chironomidae	72	521	36	215	610	862

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)