

Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI)

Zoologisk Museum

Rapport nr. 188 - 1999

ISSN 0333-161x

**Grunnvannstilførsel til Steinkjervassdragene som mulig
årsak til overlevelse av laksunger ved
rotenonbehandling.**

Åge Brabrand og Andreas G. Koestler



Universitetet i Oslo

**Grunnvannstilførsel til Steinkjervassdragene som mulig
årsak til overlevelse av laksunger ved
rotenonbehandling.**

Åge Brabrand¹ og Andreas G. Koestler²

¹Laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske,
Zoologisk museum, Universitetet i Oslo,
Sarsgaten 1, 0562 Oslo

²Geo-Recon, Munkedamsveien 59,
0270 Oslo

Forord.

I enkelte laksevassdrag som er behandlet med rotenon er *Gyrodactylus salaris* igjen observert etter noen år. Selv ikke ved godt planlagte behandlinger har det vært mulig å unngå tilbakefall og det har vært vanskelig å komme fram til årsaken til at dette skjer. Det kan enten dreie seg om ny kolonisering eller at infiserte laksunger eller parasitter på annen mottagelig fisk har overlevd behandlingen og at ny spredning innen vassdraget skjer med utgangspunkt i disse individene.

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI), Zoologisk museum ved Universitetet i Oslo og Geo-Recon, Oslo, har utarbeidet et arbeidsnotat som fokuserer på mulighetene for at laksunger kan overleve rotenonbehandlinger, og hvorvidt disse forholdene er forutsigbare og mulig å kartlegge. Problemstillingen er om grunnvannstilstrømning og kommunikasjon mellom grunnvann og elvevann kan gi overlevelse nede i eller ved bunnen under selve behandlingen. Notatet ble oversendt Direktoratet for Naturforvaltning (DN) februar 1999, som oversendte notatet videre til Veterinærinstituttets oppdragsavdeling, Trondheim. Den foreliggende rapport er utarbeidet etter oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN). Vi tror en gjennomgang av rotenonbehandlede vassdrag mht. grunnvannstilstrømning, både de med og uten tilbakefall, kan avdekke mulige årsaker til at nykolonisering inntreffer i enkelte vassdrag,

Den foreliggende rapport vurderer hvorvidt grunnvannstilstrømning er en relevant problemstilling knyttet til overlevelse av laksunger etter rotenonbehandling av Steinkjervassdragene. Vassdraget med Byaelva, Ognå, Steinkjerelva og Figga, ble funnet infisert med *Gyrodactylus salaris* i 1980. Det ble gjennomført rotenonbehandling av vassdraget i 1993, men *G. salaris* ble påny påvist på laksunger i Byaelva 11. sept. 1997, uten at noen klar årsak til nyinfeksjon ble påvist.

Teknisk etat i Steinkjer kommune har gitt informasjon om tidligere grunnvannsundersøkelser i området, og Veterinærinstituttets oppdragsavdeling, Trondheim, har bidratt med informasjon om rotenonbehandlingen i 1993 og om laksen i vassdraget. Det rettes en takk til begge fagmiljøene.

2.12.1999

Andreas G. Koestler / Åge Brabrand

Innhold

Innledning.....	5
Faglig bakgrunn.....	5
Steinkjervassdraget/Figga	6
Metodikk	8
Interaksjon mellom ellevann, markvann og grunnvann	8
Kartgrunnlag.....	8
Temperatur.....	8
Betegnelser	8
Værforhold.....	9
Kvartærgeologiske forhold.....	9
Resultater.....	11
Sigevann: Byaelva, Ognå, Figga	11
Kilder: Byaelva, Ognå	11
Øvre del Ognå.....	15
Ognå nedstrøms Bruemfossen	15
Figga	15
Konklusjon	16
Litteratur.....	17

Innledning

Rotenonbehandling av elver med laks infisert med *Gyrodactylus salaris* har som målsetting å utrydde verten i vassdraget, for på den måten å utrydde *G. salaris*. Der det har skjedd er reinfeksjon har det vært vanskelig å angi årsakene til dette, men den nærliggende årsak er at infiserte laksunger eller annen mottagelig laksefisk har overlevd rotenonbehandlingen. Denne rapporten fokuserer på grunnvann som mulig årsak til at mottagelig laksefisk kan overleve slik behandling.

Følgende problemstilling kan angis der rotenonbehandling ikke har gitt total dødelighet av mulige verter:

Utveksling mellom grunnvann/tilsigsvann og elvevann/overflatevann kan gi overlevelse av mottagelig yngel og ungfisk som oppholder seg nede i substratet under rotenonbehandling.

Faglig bakgrunn

Mønsteret for tilførsel av grunnvann/tilsigsvann er knyttet til forekomsten av løsmasser, og oppvelling eller frambrudd kan skje der underliggende tettere sjikt (leire, fast fjell) kommer fram i dagen. Mange vassdrag med anadrome bestander av laksefisk ligger i områder med mye nedbør og de har ofte betydelige mengder løsmasser i eller i nærheten av selve elvestrengen. Dette er forhold som er typisk for Vestlandet, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark, og her ligger også flere vassdrag som tidligere er rotenonbehandlet, men med etterfølgende reinfeksjon.

Avhengig av fjellkvaliteten og løsmassene vil grunnvann stå i direkte forbindelse med overflatevann i både elv og innsjø (Castro & Hornberger 1991, Bencala 1993, Stanford & Ward 1992, 1993). Til sammen vil dette utgjøre et hydrologisk kontinuum der det vil foregå ulik utveksling av vann med ulik temperatur og kjemisk sammensetning. I rennende vann vil det derfor være et mer eller mindre kontinuerlig tilsig av grunnvann som kommer inn i elvebunnen, i mengde avhengig av bergartenes og løsmassenes beskaffenhet, høydegradienten i omgivelsene og karakteristika i nedbørfeltet (Brunke & Gonser 1997).

Tilsiaget vil avhenge av fem forhold:

- Klimatiske faktorer
- Høydegradienten i nedbørfeltet
- Permeabiliteten i løsmasser
- Sprekkesoner i fast fjell
- Bunnforhold og sedimenttype i elveleiet

Grunnvann kan være forskjellig fra overflatevann mht. en rekke faktorer, hvorav de viktigste for de biologiske prosesser er temperatur, oksygen, karbondioksyd, og derved også pH. Grunnvann er kaldere om sommeren og varmere om vinteren, og med betydelig mindre amplitude enn overflatevannet (Evans, Greenwood & Petts 1995). Grunnvann kan også ha lavere innhold av oksygen enn overflatevann (Triska, Duff & Avanzino 1993), men høyere konsentrasjon av karbondioksyd (Pusch & Schwoerbel 1994) som gir grunnvann en annen pH. I tillegg kommer kjemisk påvirkning relatert til bergartenes og løsmassenes

sammensetning som stedvis kan gi relativt store avvik fra den kjemiske sammensetningen som finnes i overflatevannet (kalkholdige bergarter, bergarter rike på svovel-forbindelser).

Disse kvalitetene ved grunnvann gjør at grunnvannspåvirkning har biologiske konsekvenser for bunndyr og fisk. Det vil gjelde spesielt for den delen av faunaen og på de deler av livssyklus som har opphold nede i substratet.

Det er flere faktorer som påvirker selve tilsigsmengden eller tapet av grunnvann til eller fra elvestrengen, og som derved kan gi direkte effekt på bunndyr og fisk (Brunke & Gonser 1997).

- Vannføring av overflatevann i elva
- Tilsigs-mengde av grunnvann eller tap fra elva
- Geologi i elveleiet, strukturelle forhold i grunnfjell, løsmasse karakteristika
- Bunnsubstratets permeabilitet
- Småskala topografien av elvebunnen
- Hydrologiske forhold i nedbørfeltet og fordeling gjennom året, herunder forsinkelse av grunnvannstilsig i forhold til direkte tilsig fra overflateavrenning

På en gitt lokalitet vil det derfor i kontaktsonen være en vekselvirkning mellom grunnvann og elvevann (interfasen: grunnvann - overflatevann) som er bestemt av disse faktorene. En rekke situasjoner kan gi store endringer i forholdet mellom grunnvann og elvevann, og også på samme sted til forskjellig tid. Spesielt vil dette gjelde langt ned i vassdragene med løsmasser på elvesletta og stort ovenforliggende nedbørfelt. Vassdrag i områder med mye nedbør, løsmasser på fast fjell og kompliserte sprekkesoner vil her kunne få oppvellingssoner med en kjemi preget av grunnvann forskjellig fra selve vassdragets. Områder med lagdeling av grus (har stor permeabilitet) og leire (tett sjikt) vil kunne gi konsentrert grunnvannsutstrømning under trykk.

Dersom vannføringen i elva er liten, slik den tidligere har vært tilstredet under rotenonbehandling (perioder med lite nedbør eller akutt situasjon i regulerte vassdrag), vil det relative bidraget fra grunnvannet øke, og interfasen vil kunne være høyt i substratet eller i selve vannfasen i elvestrengen, spesielt der substratet består av grov stein med hulrom langt ned i substratet. Dette er preferert habitat hos laksunger og smolt, som i perioder gjennom døgnet kan oppholde seg nettopp i denne sonen (Heggenes et al. 1993). Overlevelsesområder kan derved oppstå.

Steinkjervassdraget/Figga

Laks i Steinkjervassdragene med Byaelva, Ognå, Steinkjerelva og Figga ble funnet infisert med *Gyrodactylus salaris* i 1980. Det ble gjennomført rotenonbehandling av vassdraget i 1993. De lakseførende strekninger ble rotenonbehandlet 2.- 4. juli 1993, og behandlingen ble gjennomført etter god planlegging. *G. salaris* ble påny påvist på laksunger i Byaelva 11. sept. 1997, uten at det ble funnet noen klare årsaker til nykoloniseringen. Flere årsaker er vurdert.

Før rotenonbehandling i 1993 kunne laks i Ognå vandre opp til Støafossen og i Byaelva opp til Byafossen ved utløpet av Reinsvatnet. I Figga som munner ut i sjøen ca 1 km syd for munningen til Steinkjerelva ble det i 1988 plassert en fiskesperre ved nedre Lø, slik at Figgavassdraget bare hadde laks i de nedre 1,5 km mot sjøen.

Det er gjennomført flere overvåkingsundersøkelser på laks før, under og etter rotenonbehandlingen i 1993, og vassdraget planlegges mtp. ny behandling (Forslag til handlingsplan mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*). Det ble i september 1999 gjennomført en befaringsreise av Steinkjervassdraget og Figga, der hensikten var å påvise utveksling mellom grunnvann og elvevann.

Det er tidligere gjennomført grunnvannsundersøkelser av Noteby (1988), lokalisert til områdene Midjo og Fossum mtp. grunnvannsforsyning til Steinkjer kommune. Av disse to områdene omfatter Midjo feltet mellom Ognå og Byaelva på den lakseførende strekning. Området karakteriseres her av Noteby (1988) som et åpent grunnvannsmagasin i godt sorterte masser med liten mektighet. Grunnvannet i de lavtliggende elveterrassene ved Ognå er antatt å stå i forbindelse med elvevannet, og det konkluderes med at mulighetene for grunnvannsressurser er gode.

Videre er det foretatt 9 dreiesonderinger med opptak av prøver i et hull for idretthall på Guldbergaunet, og her var det sorterte masser med grus, grov sand med overgang til leire i større dybde.

Fig. 1. Steinkjervassdraget med Byaelva, Ognå og Steinkjerelva, og Figga. Lakseførende strekning før rotenonbehandling i 1993 er opp til Byafossen i Byaelva, til Støafossen i Ognå og til fiskesperre ved nedre Lø i Figga.

Metodikk

Interaksjon mellom elvevann, markvann og grunnvann

Det er forsøkt å identifisere to former for tilførsel av vann til elvestrengen, *sivevann* gjennom bredden og direkte *grunnvannskilder* i elvebunnen.

Sivevann kan komme som grunnvann som har fremspring i elvekanten ovenfor elvestrengen og som siver ned gjennom massene i elvebredden. Denne tilførselen vil primært utgjøre en horisontal vannstrøm fra bredden og inn i elvestrengen, men den kan også ha en vertikal komponent opp igjennom bunnsstratet nedenfor elvekanten eller inn gjennom bredden. *Sivevannstilførsel* vil gi en temperaturgradient fra bredden og inn i elvestrengen som lettest kan følges noe ned i substratet. Dersom kilden er anaerob vil redusert jern karakterisere kilden.

Grunnvannskilder vil gi mer eller mindre direkte punkttilførsel med mulighet for større tilførsler. De er vanskeligere å lokalisere enn *sivevann* og i denne befaringen inngår for det meste indirekte metoder som vurdering av lagdeling av løsmasser og kartlegging av gamle elveleier, da forholdene her kan gjenspeile dagens elveleie. Måling av vannflux opp gjennom substrat ble gjennomført enkelte steder med See-page meter.

Kartgrunnlag

Det ble anvendt kvartærgeologiske kart (Steinkjer 1723 III, Steinkjerfjorden CST 139140, Stiklestad 1722 IV), samt topografiske kart.

Byaelva ble spesielt undersøkt fra Byafossen til samløp med Steinkjerelva, spesielt der elva renner igjennom morene rett nedenfor Reinsvatnet. Brattkanter mot elva og mot gamle elveløp og meandersvinger med vannbærende horisontale grussjikt over leire, ble spesielt oppsøkt. Videre ble området nedenfor Brandseggfossen i Ognå også undersøkt nærmere.

Temperatur

For identifisering av vannstype ble det benyttet digitalt termometer med sonde som kunne stikkes ca 15 cm ned i substratet.

Betegnelser

- *Elvevann*: Flytende vann i elveløpet
- *Markvann*: Overflatenært grunnvann som drenerer myr og skog med middelskalde temperaturer (under befaring: 10 - 12 °C)
- *Grunnvann*: Vann som finnes i vannførende lag og renner ut i kilder med lav temperatur, ofte observert som *sivevann* (under befaring: 6 - 7 °C og opp mot 10 °C)
- *Grunnfjell*: All "hardrock" som fjellunderlag betegnes her som grunnfjell, selv om det kan være metamorfe sedimenter, granitter eller gneiss
- *Leire*: Avsatt i stillestående vann. Svært lav permeabilitet for vann, regnes som tettesjikt.
- *Grus*: Elve- eller breavsetninger, regnes som vannbærende sjikt

Værforhold

Lite nedbør (ca 3 uker uten regn) forut for befaringen ga meget gode forhold, og førte til lite overflatevann i bekker, lav elvevannstand, forholdsvis tørre myrområder. Varmt vær i perioden forut førte til stabil vanntemperatur (13.6 -13.8 °C) i elvene på de to observasjonsdagene 15. og 16. september 1999. Temperaturforholdene ga stor kontrast i temperatur mellom elvevann, sigevann og marknært grunnvann.

Kvartærgeologiske forhold

De nedre deler av Steinkjervassdraget er preget av marine avsetninger, vesentlig avsetninger i forbindelse med siste istid. For Byaelva gjelder dette særlig opp til Reinsvatnet, og i Oгна delvis opp til Støafossen, selvom innslaget av bart fjell her blir mer utpreget. Kvartærgeologisk kart over området er vist i Fig. 2, med to områder vist mer i detalj. Byaelvas utløp fra Reinsvatnet renner først over bart fjell, deretter gjennom en betydelig endemorene med mye rullestein. Her er elva forholdsvis smal og rasktrennende, før den videre noen hundre meter nedenfor Reinsvatnet renner ut i leire/grus formasjoner som preger hele området mellom Byaelva og Oгна (Myrmo, Rismyr). Rullesteiner er vasket ut av morenen og transportert med elvevannet noe nedover elveløpet. Rullestein og grovt substrat preger derfor elvebredden og bunnen i Byaelva også nedenfor morenen, og dette gir på denne strekningen et meget gunstig substrat for laksunger og smolt. Ned mot samløpet med Oгна er bunnen og elvebredden i Byaelva preget av noe finere substrat (grov grus - sand), og stedvis består både elvekanten og elvebunnen av leire.

På nordvest siden av Byaelva (ved jernbanen) er området også dominert av leire som går helt inn mot fjellformasjonen med bart fjell (Byhalla) på nordsiden av riksvei 763. Avrenningen fra Byhalla kommer ikke ut i Byelva som overflateavrenning, og følger trolig vannførende lag under leirelaget. I brattkant mot Byaelva nedenfor Byhalla finnes igjen den samme lagdelingen, med leire over sorterte gruslag, stedvis tydelig avsatt i marint miljø.

Oppover i Oгна kan de samme hovedstrukturer observeres, med morener og leire, stedvis i et ravinlandskap. Det ses tydelig ved Haugli nedenfor Bruemfossen. Ved Brandseggfossen skjærer elva gjennom en betydelig morene, og i brattkant mot elva kommer igjen lagdelingen mellom leire og grus tydelig fram. Flere steder mellom Bruemfossen og Støafossen renner elva over bart fjell med tydelige vannførende sprekkesoner.

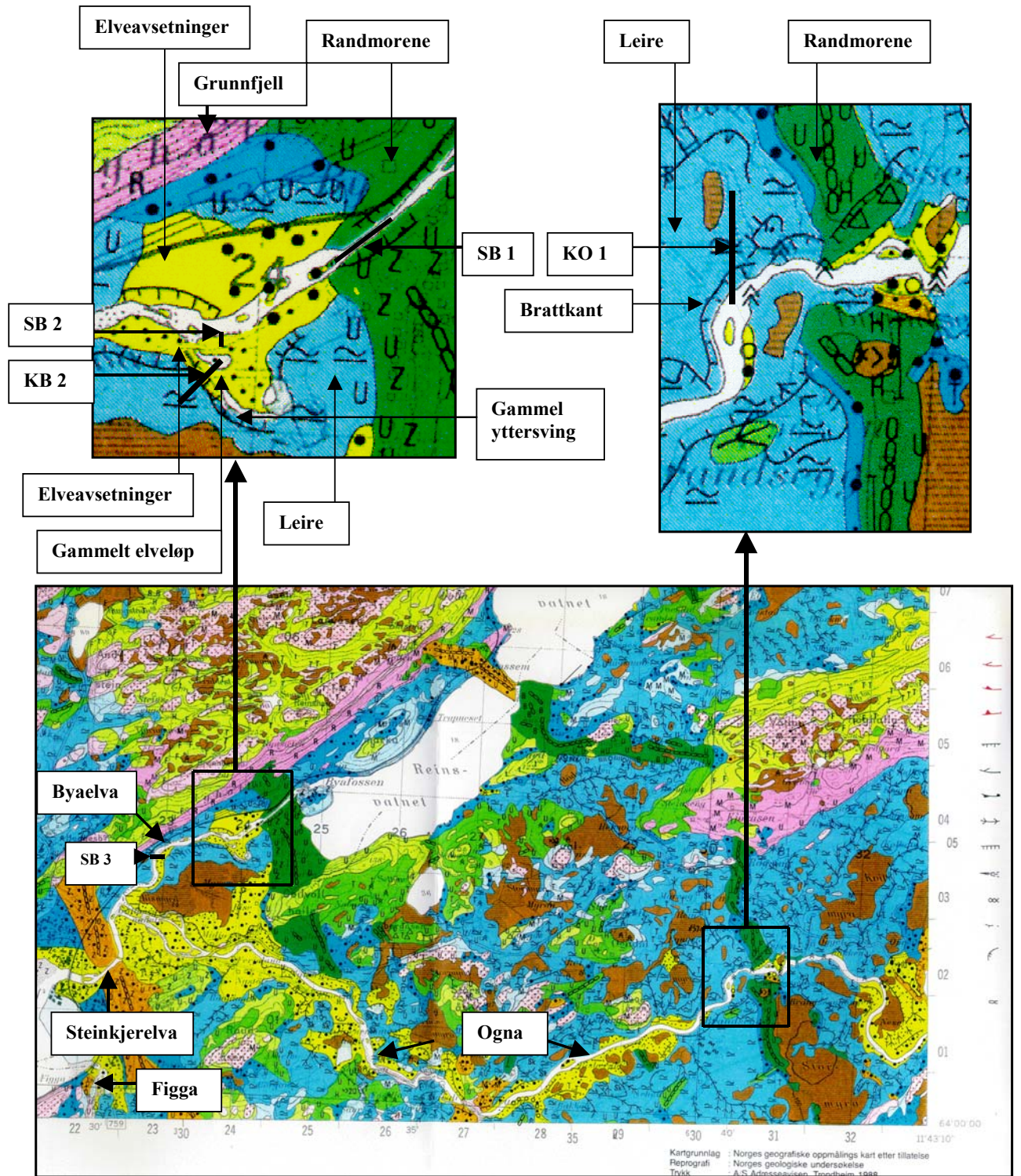


Fig. 2. Kvartergeologisk kart over Byaelva, Steinkjerelva og Ogna, med avmerket profiler for sigevann (SB og SO) og kilder (KB og KO). To områder i og nedenfor morener er undersøkt mer detaljert med hensyn til grunnvannssig, grunnvannskilder og substrat for laksunger.

Resultater

Sigevann: Byaelva, Ogna, Figga

Det ble observert mange punkter både i Byaelva (SB1, SB3), Ogna (KO1, og i sidebekk i ravinlandskap nedstrøms Støafossen og i Figga. Her rant vann ut gjennom elvebredden i nærheten av elvevannsnivået, men 0.5 til 1 m *ovenfor* selve elvenivået. Dette bekreftes av sigevann fra småkilder som har tydelig temperaturforskjell sammenliknet med elva. Eksempel på dette er vist i Fig. 3. Her er målinger gjort langs profil SB 3 i Byaelva (se Fig. 2). Flere steder var det tydelig jernutfellinger som viser framspring av anaerobt vann.

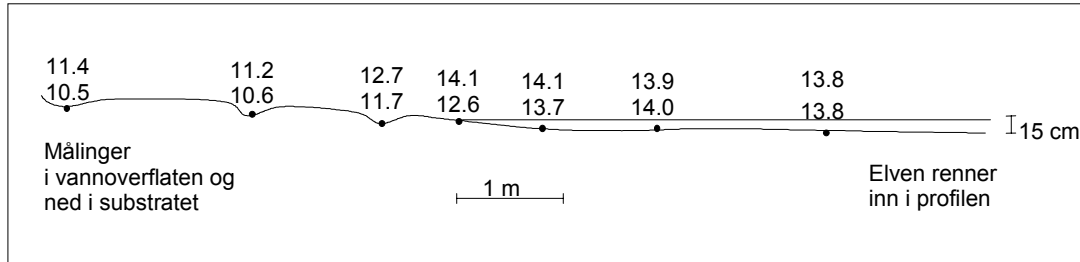


Fig. 3. Temperaturprofil (tverrsnitt) fra elvekanten inn i Byaelva i profil SB 3 (vest for Rismyr). Det er målt i vannoverflaten og ca 10 cm ned i bunnen, og indikerer horisontal vannstrøm inn i elva.

Interaksjon mellom elvevann og grunnvann, men med en horisontal strømningskomponent inn mot elva og i *samme* høydenivå som elva, ble funnet langs profil SB 2. Dette bekreftes også her av en temperaturgradient fra bredden og inn i elva (Fig. 6 og Fig. 7). Denne gradienten ble funnet uavhengig av tid på døgnet og kan ikke forklares med avkjøling av markvann om natta. Flere steder var det også her jernutfellinger og karakteristisk vannvegetasjon.

Tilførsel av denne type sigevann i Byaelva og Ogna er trolig opprinnelig grunnvann fra brattkanter innenfor elvekanten, og som siger gjennom grovere elvekantmasser og inn i elvestrengen.

Kilder: Byaelva, Ogna

Vann i skråninger ovenfor elvenivå som ikke direkte kan observeres går inn i elven, men som kan utgjøre større mengder, ble observert flere steder i Ogna og i Byaelva.

De mest utpregete grunnvannsområdene ble funnet i Byaelva fra renseanlegg ved Byafossen og noen hundre meter nedover elva (SB 1 og KB 1) og i Ogna ved Brandseggfossen (KO 1). I begge områdene var det tydelig lagdeling av sedimentsekvensen leire og sand/grus med et eller flere grunnvannsfremspring.

I brattkanten ved morenen ved **Brandseggfossen** i Ogna (KO 1) var det grus på toppen ca. 2 - 6 m, deretter flere sekvenser med leire og grus ned til elvenivå og tildels under (Fig. 4). I elvebredden noe lengre nedover elva lå grunnfjell i dagen, og grunnvann fra morenen må drenere mot elvestrengen. I nedkant av hvert gruslag (overgang mot leirelaget) i sekvensen var det grunnvannsfremspring med lav temperatur (7-10 °C). Det er sannsynlig at grunnvann også følger den delen av grunnfjellsformasjonen som går inn under elvebunnen, og at det er trolig

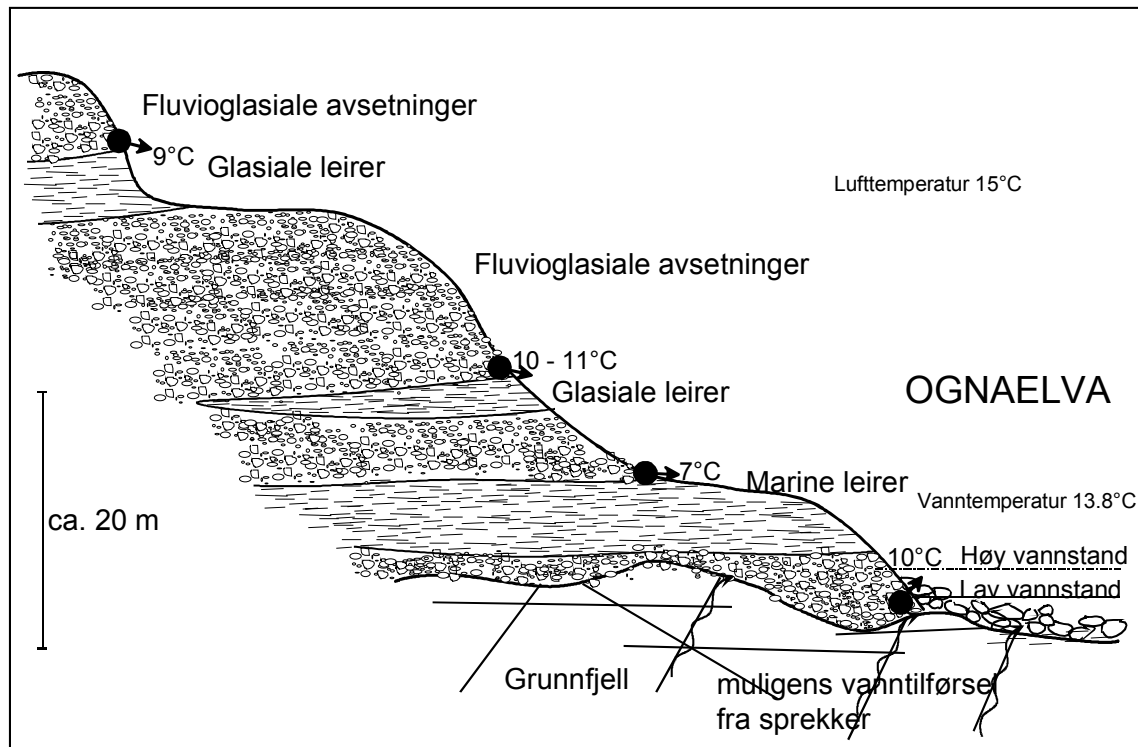


Fig. 4. Tverrprofil i brattkant (skjematisk skisse) fra morene ved Brandseggfossen og ned mot Ogna (KO 1). I brattkanten ble det observert en rekke framspring av kildevann med lav temperatur (7-11 °C) i nedkant av de vannbærende horisontale grussjikt, der disse ligger over tett leirelag, tildels ligger vannbærende grussjikt ned mot og i elvekanten. Grunnfjellsformasjonen som går grunt inn i elvebunnen antas å gi økt drenasje av grunnvann direkte til elva gjennom sprekkesoner.

betydelig grunnvannstilførsel direkte til elvestrengen gjennom sprekkesoner i bunnen utover det som kan observeres som sigevann eller som renner gjennom elvekanten. Fra lokalt hold rapporteres det om omfattende utrasninger og stor ustabilitet både i brattkantene og i selve elvebredden ned mot Ogna i dette området pga. grunnvann.

På sydsiden av **Byaelva** ble en dam i gammelt elveløp undersøkt nærmere. Dammen er en av flere dammer som tidligere har vært elveløpet til Byaelva. Her finnes brattkant mot tidligere yttersving der lagdelingen kommer frem i dagen (Fig. 5, profil KB 2). Sletta med Rismyr og Myrmo utgjør et myrområde med et humuslag på ca 1 m. Dette ligger på et leirelag på ca 6 - 7 m. Under dette finnes et lag med skjellsand / grus (inkluderer marine invertebrater) på ca 1 m. I nedkant av dette gruslaget finnes mye vannutspring i den gamle elvekanten, med kalde kilder med temperatur 6,8 til 7 °C. Dette gruslaget ligger igjen på leire som utgjør bunnen i neden-forliggende dam. Hele yttersvingen i det gamle elveleiet er her mettet med grunnvann i en lengde på ca 50 m. Det antas at disse grunnvannskildene har utspring fra samme gruslag som kildene høyere opp i Byaelva (SB 1).

I nedenforliggende dam ble det påvist vertikal strøm med See-page meter: Måling nr. 1 ga ca 655 ml/m²*time, måling nr. 2 tilnærmet null (6 ml/m²*time). På den andre siden av dammen

ga måling nr. 3: 37 ml/m²*time. Stor variasjon på de tre målingene kan tyde på punktvis oppkommer.

Vertikalstrøm er også indikert gjennom høy turbiditet av leirpartikler i stillestående vann. Dammen er trolig sterkt grunnvannpåvirket, og bunnen i dammen har samme dybdenivå som elva utenfor, med samme leirelag.

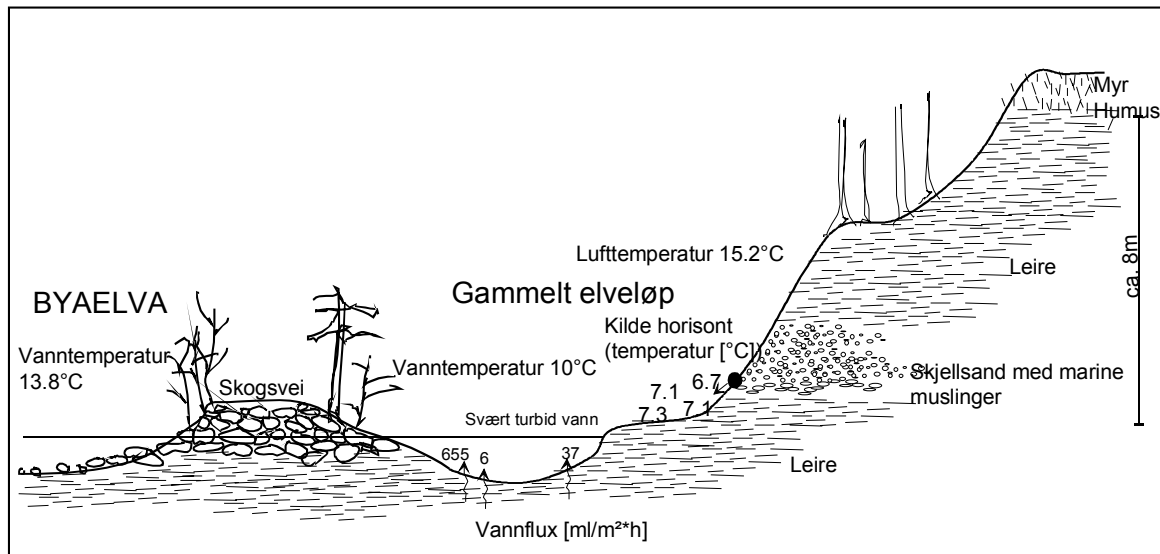


Fig. 5. Profil (tverrsnitt) med kilder sydvest for Byaelva i gammelt elveleie (yttersving KB 2). Brattkant viser tydelig vannutspring i nedkant av horisontalt grussjikt. Bunnen i dammen har samme høydenivå som bunnen i hovedelva.

I denne grunne elveavsnøringen finnes det i midtpartiet en øy av flytetorv som i seg selv kan indikere utstrømming nedenfra med påfølgende ustabil og oppvirvlet substrat. I flytetorva ble det observert vannhull med preg av periodevis sterk utstrømming, men som var tørre under befaringen. Hvorvidt det her har foregått igjenfylling av deler av området er vanskelig å avgjøre.

Elveavsnøringen er nå adskilt fra hovedelva med enelvedeforbygning (løsmasser /blokk) med vei. Temperaturgradient i elvebunnen utenfor indikerer at kaldt grunnvann fra innenforliggende kilder siger horisontalt gjennom elvedeforbygningen og inn i bunnssubstratet i elva (Fig. 6). Det ble ikke påvist forskjeller i temperaturgradienten gjennom døgnet. Det ble også i selve elva påvist lav vertikal strøm i elvekanten med feller med verdier på 225 ml/m²*time ml, 210 ml/m²*time og 115 ml/m²*time, men var det vanskelig substrat for å måle vannflux. Dette vil derfor være minimumsverdier (se Fig. 6).

Noen hundre meter ovenfor omtalt grunnvannsdam skjærer **Byelva** gjennom en større morene. Vannhastigheten er her forholdsvis høy, og de finere løsmassene i morenen er vasket ut. Tilbake langs bredden og i selve elveløpet fra morenen og noe nedover elva ligger det grov rullestein igjen som dominerende substrat, med større vannrom imellom som gjør at fisk kan

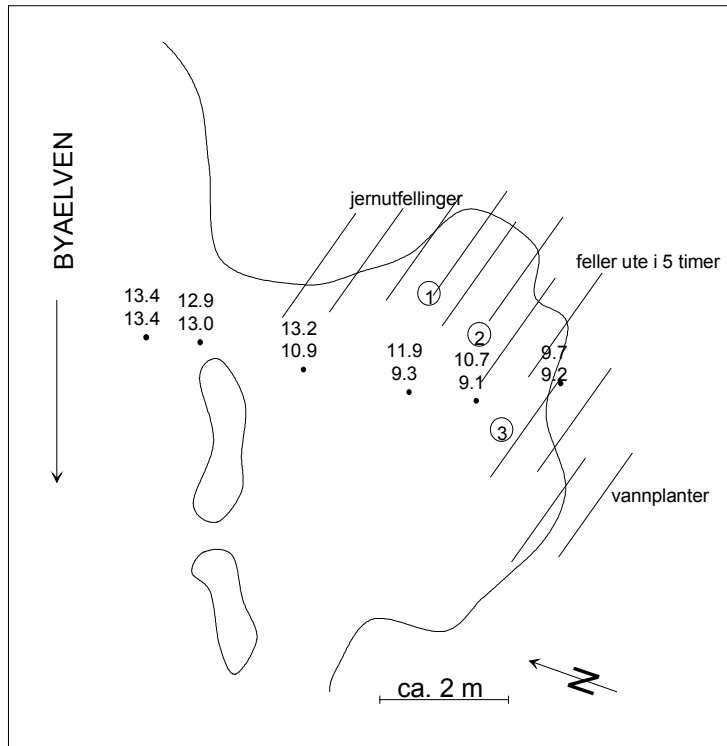


Fig. 6. Temperaturprofil SB 2 i Byaelva sett ovenfra. Temperaturprofiler i ellevann (øvre rekke) og ca 10 cm ned i bunnen (nedre rekke) nær bredden utenfor gammelt elveløp med kildeutspring KB 2 vist i Fig. 4. Gradienten indikerer horisontal vannstrøm fra innenforliggende grunnvannsdam og inn i hovedelva. Punktene 1-3: Målt vertikalflux ($\text{ml/m}^2 \cdot \text{time}$) opp gjennom elvebunnen.

komme seg langt ned i substratet, anslagsvis 0,5-1 m. Det er i andre forsøk vist at laksunger kan bevege seg 20 - 30 cm ned i tilsynelatende massiv elvebunn der det er innslag av stor stein (Saltveit pers. medd.). I nedkant av morenen møtes lagdeling med leire og grus i gamle elvekanter, og to vannbærende lag (6,9 - 8,4 °C og 10,0 °C). Vei på elvekanten og planering ved rensaneanlegg gjør observasjon her noe vanskelig, men lagdelingen er trolig av samme karakter som det observert i brattkant ved nedenforliggende dam.

Vannutspring i elvebunn med rullestein bør vurderes nærmere på grunnlag av eventuelle boringer som er gjort i området i andre sammenhenger. Det var imidlertid et markert sig av vann fra ovenforliggende kilder gjennom veifylling og inn i ellevannet med rullestein (SB1), og temperaturen i ellevann nær bredden mellom rullestein var signifikant lavere (10,0 - 12,8 °C) enn i ellevannet ca 1 m lengre ute (13,2 - 13,6 °C) (Fig. 7).

På nordsiden av **Byaelven** (jernbanensiden) finnes massiv leire på toppen uten drenerende bekker. Under leirelaget ligger trolig et eller flere gruslag (angitt av anleggsarbeidere), som er vannbærende og som drenerer avrenningen fra grunnfjellsformasjonen Byhalla. I elvekanten mot Byaelva rett nedenfor, tildels under elvenivået, finnes drenerende skjellsand og sand også under ellevann. Det er sannsynlig at gruslaget her bidrar med grunnvann, og at dette kan være

en liknende tilførsel i nåværende elveleie som det observert i grunnvannsdam i gammelt elveleie (KB 2) angitt i Fig. 5.

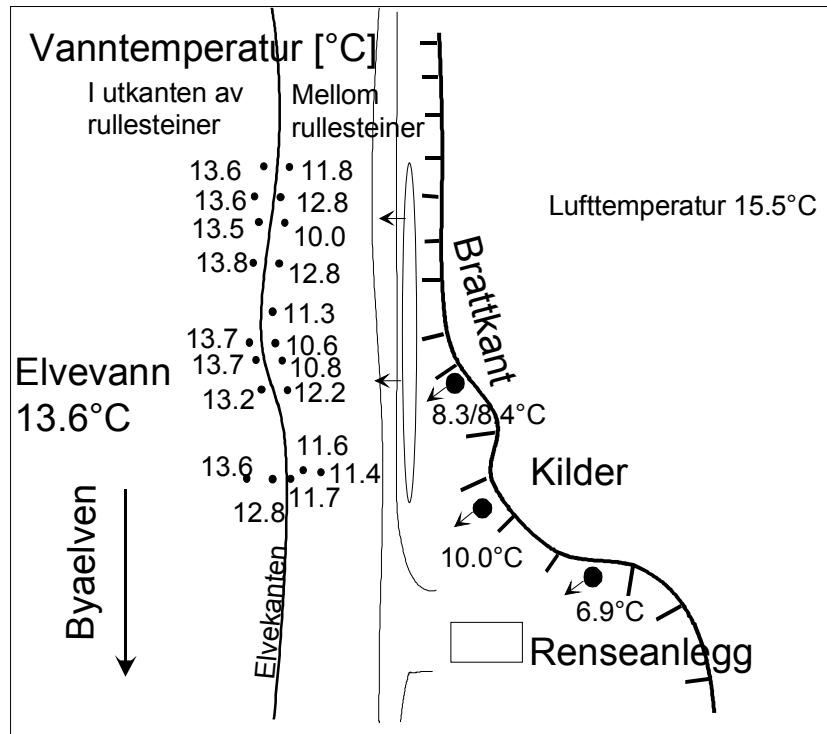


Fig. 7. Område nedenfor morene i Byaelva, SB 1. Temperaturmålinger i vannoverflaten langs elvebredden i rennende elv (ytre tallrekke 12,8 - 13,8 °C) og i elvevann mellom rullestein 1 m nærmere bredden (indre tallrekke 10,0 - 12,8 °C), der Byaelva skjærer igjennom morene med rullestein (kloakkrenseanlegg). I morenens nedkant innenfor er det frambrudd av vann med grunnvannstemperaturer (6,9 °C, 8,3 °C og 10,0 °C) som siger ned igjennom elvekanten med frambrudd i elvebredden (antydnet med piler), trolig også opp igjennom bunnen. Dette gir en horisontal temperaturgradient i elva.

Øvre del Oгна

Observert sprekkesoner med vannføring i grunnfjell ved Oгна. Grunnfjell med overliggende leire kan føre til sprekker med grunnvann under trykk.

Oгна nedstrøms Bruemfossen

Sidebekker i raviner kutter gjennom leire og morener og det ble observert punktvis tilsig i bekkkanten og i selve bekkeleiet pga. lav vannføring på observasjonsdagen. Dette ble spesielt observert i bekk ved Haugli (Oгна syd, nedstrøms Bruemfossen).

Figga

Fra nedre Lø (fiskesperre) og ned til sjøen ble det ikke funnet synlige lagdelinger i elveskråningen, og elvebredden hadde homogen struktur bestående av forholdsvis grovt substrat. Dette gir sannsynligvis et jevnt sidetrykk fra bredden uten spesielle lag som konsentrerer sigevannet. Ved Figgamunningen (utenfor myrområdet 70 m ovenfor bro E-6)

ble små slamvulkaner (diameter 2 til 10 cm) observert. Vann med lavere temperatur (10,6 °C) enn elva (13,4 °C) stiger opp under trykk fra et gruslag som ligger under et tynt lag (20 cm) med leire. Tilsiget må regnes som lite.

Konklusjon

De geologiske formasjonene med lagdeling av leire og grus i området gir store muligheter for konsentrerte utstrømningsområder for grunnvann og at grunnvannet har overtrykk (artesisisk grunnvann) i vannbærende horisontale grus- og sandlag. Både Byaelva og Ognå renner gjennom og tildels eroderer aktivt inn i denne lagdelingen. Der elva gir bratte erosjonskanter med gruslag inn mot elvestrengen vil grunnvann kunne stå i direkte kontakt med ellevannet. Dette er påvist i gamle erosjonskanter og i gamle elveavsnøringer.

Der slike brattkanter ligger rett nedenfor morenerygger med rullestein, vil elva ha fraktet grovere masser nedover. Her vil elvebunnen og elvebredden stedvis ha grovt og steinet substrat som er gunstig substrat for laksunger og smolt. I disse områdene vil det både være store muligheter for grunnvannsframbrudd. Muligheten for at laksunger kan oppholde seg langt nede i substratet i vann preget av grunnvann er derfor tilstede, noe som vil kunne gi overlevelse etter rotenonbehandling.

Det er angitt to slike områder, det ene i **Byaelva** nedenfor Byafossen, det andre i **Ognå** nedenfor og tildels inne i morenen ved Brandseggfossen. Begge steder har en ovenforliggende morene med rullestein som elva har fraktet noe nedover og inn i området der elva renner gjennom grus- og leireformasjoner med påvist grunnvann i overgangen mellom grus og leire.

I området ved Byaelva ble grunnvannskilder påvist i yttersving i gammelt elveleie og grunnvannsflux ble målt opp gjennom bunnen i grunnvannsdam med samme lag i samme høydenivå som utenforliggende hovedelv. Grunnvannskilder ble også påvist noen hundre meter ovenfor, trolig med utspring fra samme horisontale gruslag. Hele området mellom morenen ved Byafossen og grunnvannsdam (østsiden av Byaelva) antas preget av grunnvann med et horisontalt sig inn i hovedelva, som også på denne strekningen har stedvis grovt substrat i bunnen og langs bredden. *G. salaris* ble påvist i dette området etter rotenonbehandlingen i 1993.

I området ved Brandseggfossen ble grunnvannsoppkomme påvist en rekke steder (6 - 8 punkter) i selve morenen i brattkanten mot elveløpet. Kjentfolk kunne rapportere om tidligere utrasninger og betydelig problemer med stabiliteten av løsmassene i brattkanten ned mot elva pga. grunnvannsmetning. Grunnfjellsparti nedstrøms vil virke som tettesjikt og vil trolig gi drenering av grunnvann fra morenen og inn mot elvestrengen.

Andre områder i Ognå og Byaelva enn de to her nevnte kan ikke utelukkes.

I **Figga** nedenfor nedre Lø (nåværende lakseførende strekning) ble det primært funnet sivevann gjennom elvebredden med små muligheter for konsentrert sivevann. Tilsiget må betegnes som lite, og bredden består for en stor del av grus og finere masser som gir mindre gunstig substrat for laksunger og smolt.

Litteratur

- Bencala, K.E. 1993. A Perspective on stream-catchment connections. *Journal of the North American Benthological Society*, 12: 44-47
- Brabrand, Å. og Koestler, A. 1999. Mulig årsak til mislykket rotenonbehandling av lakseelver. *Lab. Ferskv.Økol. Innlandsfiske*, Universitetet i Oslo, internt notat, 4 s.
- Brunke, M. and T. Gonser. 1997. The ecological significance of exchange processes between rivers and ground water. *Freshwater biology* 37: 1-33
- Castro, N.M. and G.M. Hornberger. 1991. Surface-subsurface water interactions in an alluvial mountain stream channel. *Water Resources Research* 27: 1613-1621
- Evans, E.C., M.T. Greenwood and G.E. Petts. 1995. Short communication thermal profiles within river beds. *Hydrological Processes* 9: 19-25
- Heggenes, J., O.M.W. Krog, O.R. Lindås, J.G. Dokk and T. Bremnes. 1993. Homeostatic behavioural responses in a changing environment: brown trout (*Salmo Trutta*) become nocturnal during winter. *Journal of Animal Ecology* 62: 295-308
- Holton, G.D. and Johnson, H.E. 1996. A field guide to Montana fishes. Montana Fish, Wildlife and Parks.
- Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, miljøvernnavdelingen, 1996. Steinkjervassdragene 1980-1996. *Rapport nr. 6-1996*, 13 s.
- Noteby, 1988. Grunnvannsforsyning Steinkjer. Undersøkelse i områdene Midjo og Fossum. *Oppdragsnr. 37309, rapp. nr. 1*, 8 s.
- Stanford, J. and J. Ward, 1992. Emergent properties of ground water ecology: conference conclusions and recommendations for research and management. *Proceedings : Groundwater ecology*, 409-415.
- Stanford, J. and J. Ward, 1993. An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor. *Journal of the North American Benthological Society*, 12: 48-60
- Triska, F.J., J.H. Duff and R.J. Avanzino, 1993. Patterns of hydrological exchange and nutrient transformation in the hyporheic zone of a gravel-bottom stream: examining terrestrial-aquatic linkages. *Freshwater Biology* 29: 259-274
- Pusch, M., and J. Schwoerbel, 1994. Community respiration in hyporheic sediments of a mountain stream (Steina, Black Forest). *Archiv für Hydrobiologie*, 130: 35-52