

Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI)

Zoologisk Museum

Rapport nr. 223 – 2003

ISSN 0333-161x

**Grunnvannstilførsel til Skibotnelva, Rauma og Driva som mulig
årsak til overlevelse av laksunger ved
rotenonbehandling.**

Åge Brabrand og Andreas G. Koestler



Universitetet i Oslo

Grunnvannstilførsel til Skibotnelva, Rauma og Driva som mulig årsak til overlevelse av laksunger ved rotenonbehandling.

Åge Brabrand ¹ og Andreas G. Koestler ²

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

²Geo-Recon AS, Munkedamsveien 67,
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(e) 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) ved Universitetets naturhistoriske museer og botaniske hage, Oslo har sammen med Geo-Recon AS, Oslo, arbeidet med grunnvannstilstøring og kommunikasjon mellom grunnvann og ellevann. Hovedtanken er at dette kan gi overlevelse nede i eller ved bunnen eller i tilstøtende kildebekker under rotenonbehandlingen.

Den foreliggende rapport er utarbeidet etter oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN) og tar for seg Rauma, Driva og Skibotnelva. Av disse er Rauma og Skibotnelva tidligere rotenonbehandlet, men har fortsatt laksunger infisert med *Gyrodactylus salaris*.

I Rauma og Skibotnelva takkes henholdsvis Vidar Skiri og John R. Lambela for å ha bidratt med sitt lokale kjennskap til grunnvannskilder.

Oslo mai 2003

Åge Brabrand / Andreas G. Koestler

Innhold

<i>Innledning</i>	5
<i>Faglig bakgrunn</i>	5
<i>Metodikk</i>	7
Interaksjon mellom elvevann, markvann og grunnvann	7
Kartgrunnlag.....	8
Temperatur	8
Betegnelser	8
Værforhold	8
<i>Resultater</i>	8
Skibotnelva.....	9
1. Kildeområde	9
2. Kildeområde	10
3. Kildeområde	11
Fisk	11
Rauma.....	13
1. Gravdevatnet/Geitsetra	16
2. Ryggvatnet.....	16
3. Alnes	17
4. Området Trollveggen.....	19
Driva.....	20
1. Grøa	21
2. Elveslette Furu/Hovedøyen	22
<i>Konklusjon</i>	23
<i>Litteratur</i>	25

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 re-infeksjon har det vært vanskelig å angi årsakene til dette, men den nærliggende årsak er at infiserte laksunger eller annen mottagelig laksefisk har overlevd rotenonbehandlingen. Rauma og Skibotnelva er tidligere behandlet, men bestandene er fortsatt infisert (Tabell 1.). Denne rapporten fokuserer på grunnvann som mulig årsak til at mottagelig laksefisk kan overleve slik behandling i Driva og eventuelt ny behandling i Rauma og Skibotnelva. Anadrome strekninger som ligger nedenfor mulige områder for etablering av fiskesperre er viet spesiell oppmerksomhet (DN 2001). Dette gjelder spesielt i Driva, som har en meget lang anadrom strekning.

Tabell 1. Anadrom strekning, areal på nedbørfeltene fiskearter og historikk for infeksjon og behandling av, Rauma, Driva og Skibotnelva.

	Anadrom strekning	Nedbørfelt	Fiskearter	Infeksjon og behandling
Rauma	42 km	1202 km ²	Laks, ørret, 3-pigget stingsild, ål, harr, skrubbe	1. Infeksj. 1980 Rotenon: 1993 2. Infeksj. 1996 Fortsatt infeksjon
Driva	98 km	2487 km ²	Laks, ørret, 3-pigget stingsild, ål, skrubbe	1. Infeksj. 1980 Ikke rotenonbehandlet og fortsatt infeksjon
Skibotnelva	20 km	770 km ²	Laks, ørret, røye, ål, 3-pigget stingsild, skrubbe	1. Infeksj. 1979 Rotenon: 1988 2. Infeksj. 1992 Rotenon: 1995 3. Infeksj. 1998 Fortsatt infeksjon

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 heterogeniteter i både løsmasser og fastfjell. Oppvellingen eller frambruddet 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. Typiske vassdrag i Norge er kompliserte med strekninger gjennom fastfjellsbarrierer og brede dalfører, ofte med betydelige mengder løsmasser. Varierende vannføring (årstidsvariasjon, variasjon i postglacial tid) har gitt heterogene avsetninger. I tillegg er snø- og ismelting en vesentlig årsak til veksellagring av tette leirlag og høyt permeable sand og gruslag. I lavere strøk ut mot havet blir det i tillegg en interaksjon mellom ferskvannsavsetninger og marine leirer. 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 elvbunnen, i mengde avhengig av bergartenes og løsmassenes beskaffenhet, høydegradienten i omgivelsene og karakteristika i nedbørfeltet (Brunke & Gonser 1997).

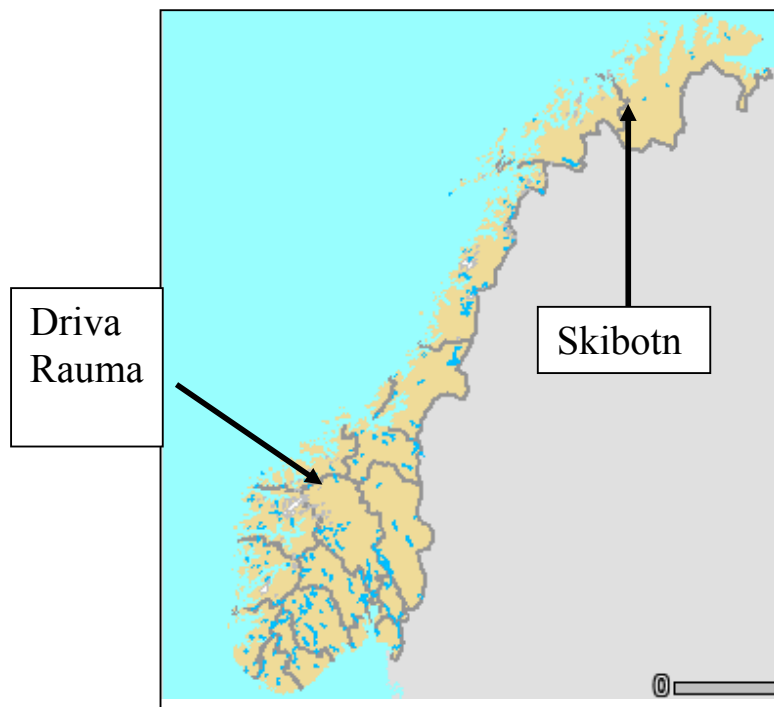


Fig. 1. Grunnvannsundersøkelser er foretatt på anadrome strekninger i Driva og Rauma i Møre og Romsdal og Skibotnelva i Troms.

Tilsiget av grunnvann i elveløpet vil avhenge av seks forhold:

- Klimatiske faktorer
- Høydegradienten i nedbørfeltet
- Permeabiliteten i løsmasser
- Heterogeniteter i elvbunnen og elvebredden
- 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
- Tilsigsmengde av grunnvann eller tap fra elva
- Geologi i elveleiet, strukturelle forhold i grunnfjell, løsmasse karakteristika
- Bunnssubstratets permeabilitet
- Småskala topografien av elvebunnen
- Hydrologiske forhold i nedbørfeltet og nedbør 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. Slike forhold er funnet i Steinkjervassdraget (Byaelva), der frambrudd kan ha gitt overlevelse av laksunger etter rotenonbehandling i 1993 (Koestler og Brabrand 2001).

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, Bremset and Heggenes 2001). Overlevelsesområder kan derved oppstå.

Metodikk

Interaksjon mellom elvevann, markvann og grunnvann

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

Sigevann kan komme som grunnvann som har fremspring i elvekanten ovenfor elvestrengen og som siger 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 bunnssubstratet nedenfor elvekanten eller inn gjennom bredden. Sigevannstilførsel 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.

Grunnvannstilstrømning og Grunnvannskilder: grunnvannstilstrømning er et vanlig fenomen i elveleiet der hvor permeable løsmasser er i kontakt med elven med en grunnvannsgradient inn mot elvenivået. Grunnvannskilder er en mer eller mindre direkte punkttilførsel med mulighet for større tilførsler innenfor et begrenset område. De er vanskeligere å lokalisere enn sigevann i elvekanten og

i denne undersøkelsen 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 vannfluks opp gjennom substrat ble gjennomført enkelte steder med See-page meter (Lee 1977).

Kartgrunnlag

Det ble anvendt kvartærgeologiske og topografiske kart.

Temperatur

For identifisering av vanntype (oppholdstid i bakken) ble det benyttet digitalt termometer ((Fluke 51 med sonde) som kunne stikkes ca 15 cm ned i substratet. Dette ble brukt både i elvebunnen, elvebredden og i mulige kilder på elveslettene og i elveterrasser. Under disse forhold ble den relative temperaturforskjellen brukt til å identifisere tilsigvannets opprinnelse, dvs. overflatevann versus grunnvannspåvirkning. Det ble også benyttet rør som gjorde det mulig å måle temperatur i bakken inntil 70 cm's dybde.

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 sigevann (under befaring: 3,9 - 7 °C). Grunnvann med lang oppholdstid i bakken viser årets gjennomsnitttemperatur i området.
- *Fastfjell*: All "hardrock" som fjellunderlag betegnes her som fastfjell, og inkluderer grunnfjell, metamorfe sedimenter, granitter eller gneiss.
- *Leire*: Avsatt i stillestående vann. Svært lav permeabilitet for vann, regnes som tett sjikt (kan være av marin, limnisk eller glacial opprinnelse).
- *Grus og sand*: Elveavsetninger, regnes som vannbærende sjikt (breavsetninger er ofte ganske tette selv om de inneholder større steiner og blokker, men materialet innimellom inneholder mye leire).
- *Elvebunn*: Substratet i hovedløp og rennende vann i sideløp
- *Elvebredden*: Løsmasser eller fastfjell fra vannlinjen og opp til fast terrestrisk vegetasjon
- *Elveslette*: Fluviale avsetninger
- *Dalflanken*: Bratt dalsideuten vegetasjon
- *Dalbunn*: Elveslette og rasområdene nedenfor dalflanken

Værforhold

Det ble valgt å befare vassdragene i perioder med varmt vær uten nedbør og uten nedbør i minst en uke forut for befaringen. Dette førte til lite overflatevann i bekker, lav elvevannstand, forholdsvis tørre myrområder, og ikke minst høy lufttemperatur som ga stor kontrast i temperatur mellom elvevann, sigevann og marknært grunnvann.

Resultater

Resultatene er sammenfattet basert på relative korte befaringer. Målsetningen var å få mer oversikt over faktorer og situasjoner som fører til grunnvanns-interaksjon med elvevannet. Under feltbesøket ble mindre og større kilder i elevkanten og dalbunnen observert i relasjon til geologi og andre faktorer. Dermed ble

hovedsaklig heterogenitet i elvbunn, i elvebredden og dalbunnen relatert til topografi og dalflankene, samt de hydrologiske relasjoner som topografi og grunnvannsgradienter.

Skibotnelva

Den lakseførende strekningen i Skibotnelva er ca 20 km. Den øverste anadrome delen av vassdraget, ca 2 km, er hurtigrennende og renner i en canyon, før den renner ut i et mer typisk elveslettelandskap med fluviale avsetninger, morenerygger og gamle elveterrasser. Dette er det typiske for denne delen av

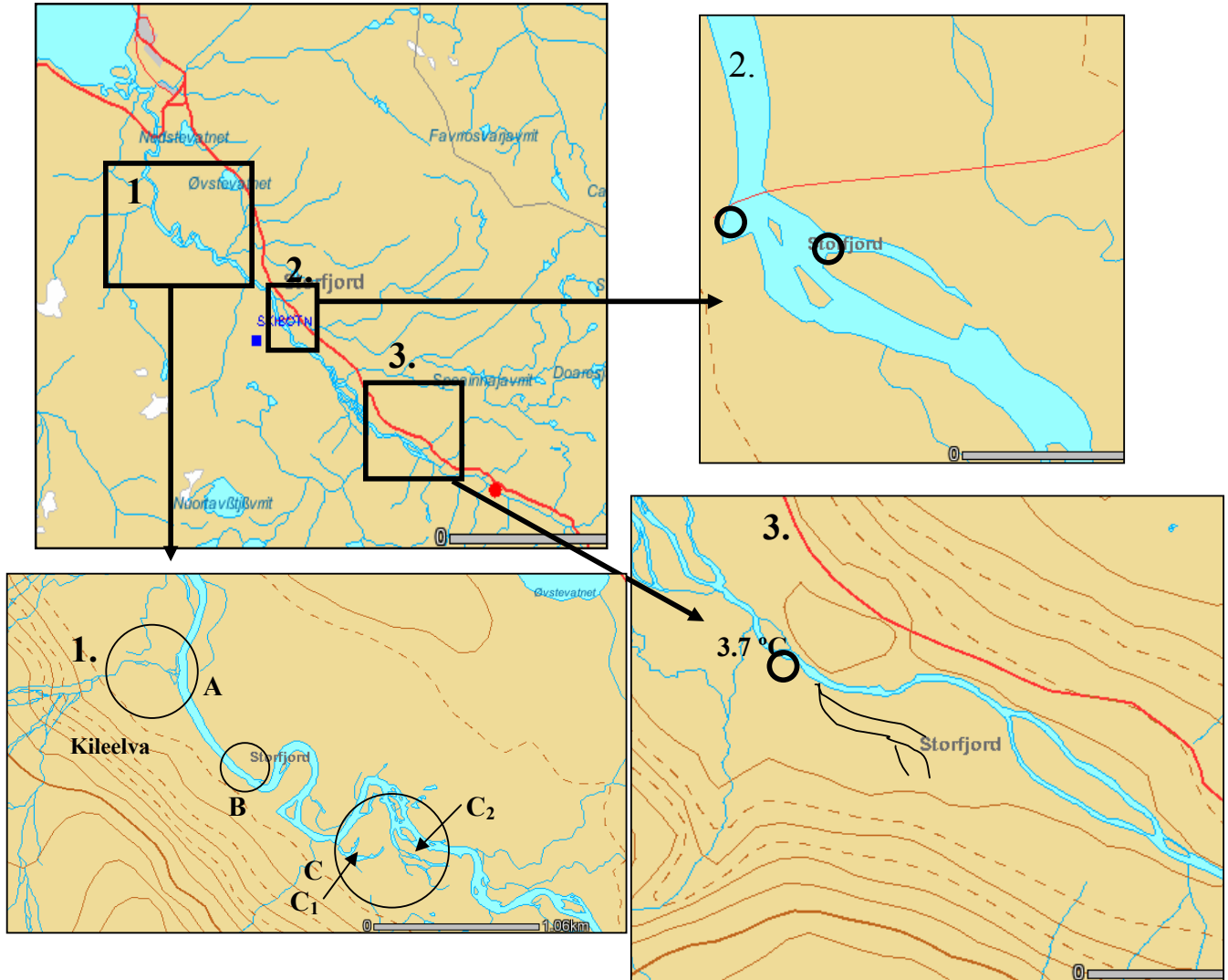


Fig. 2. Skibotnelva med tre hovedkildeområder (1, 2 og 3), enten som tilstøtende kildebekker med perifere kilder eller med kilder i elvekant, til dels under vannlinjen.

Skibotndalen, før den møter en større endemorene ca 2 km fra sjøen. Skibotnelva skjærer igjennom denne, og er her relativt hurtigrennende før den renner ut i et elvekantforbygget deltaområde i fine løsmasser (sand) mot sjøen. Det ble funnet tre hovedområder for kilder (Fig. 2).

1. Kildeområde

Området utgjør sentrale deler av den anadrome strekningen, og omfatter grunnvannssystemer som kommer inn i hovedelva etter følgende mønster:

Delområde A: Komplisert bekkesystem som drenerer et stort område. Bekkesystemet er i hovedsak grunnvannsmatet, men deler av systemet får også tilførsel fra Kielelva. Området strekker seg fra noen 10 metere til 200-250 m opp i åssiden og er fordelt på et forgrenet og komplisert grunnvannsbekkesystem, der enkeltgrenene (5-20 stk) forsvinner i underjordiske kilder med grunnvannstemperatur som indikerer lang oppholdstid (4,8-7,5 °C). Det ble høsten 2001 observert årsunger av røye i flere av kildene der disse forsvinner inn i åssiden noen hundre meter fra hovedelva. Høsten 2002 ble det foretatt et mer omfattende elektrofiske, og det ble funnet røye (årsunger, 1+ og eldre) i alle grunnvannsbekker som hadde oppvandringsmulighet fra hovedvassdraget. Det ble ikke funnet ørret i de ”rene” grunnvannsbekkene.

Delområde B: Flere grunnvannskilder med lav temperatur (5-7 °C) ble observert i elvebredden men alle over vannlinjen. Kildene bar preg av små punktkilder, til dels sig, uten fisk.

Delområde C: Et til dels uoversiktlig område med stor grunnvannspåvirkning. Området har gamle elveterrasser og elva er meandrerende med gamle elvesvinger som har grunnvannstilførsel fra tilstøtende terrasser (område C₁), trolig også opp gjennom bunnen. Elvesvingene har godt utviklet vannvegetasjon (Fig. 3). Stedvis består bunnsbunnsstratet av grov stein (rullestein), noe som indikerer utstrømning av vann og liten sedimentering, selv i områder med tilsynelatende stillestående vann. (temp 5,7 °C). Både C₁ og C₂ ligger på selve elvesletta og kan også tenkes å bli matet med vann fra elva. Lavere temperatur viser imidlertid at vannstilførselen enten ikke kommer fra elva eller fra et reservoir i elvesletta med lang oppholdstid som eventuelt mates fra elva.

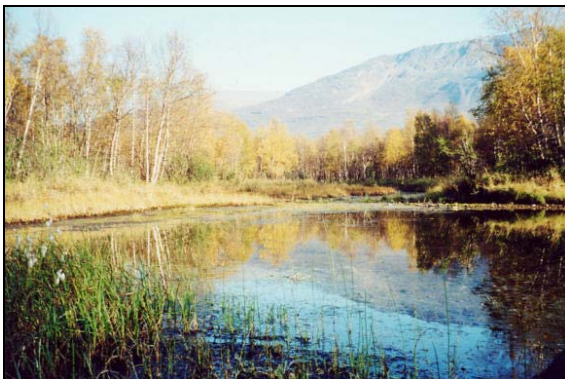


Fig. 3. Skibotnelv i 1. Kildeområde, delområde C. Til venstre: C₁, gammel meandersving med grunnvannstilførsel fra gammel elveterrasse fra siden, til dels opp gjennom bunnen. Til høyre: Hovedelva ved C₁.

2. Kildeområde

Området ligger ved Skibotn kraftstasjon, der det er uoversiktlige våtmarksområder på østsiden av elva som til dels går over i Kavleelva der den en forholdsvis lang strekning renner på selve elvesletta. Hvorvidt dette området er grunnvannspåvirket er ikke påvist, men det ble påvist grunnvannskilder på holmen 200 m oppstrøms bro ved kraftverket. Lav temperatur viste at kilden ikke ga elvevann, og i det ble observert laksefisk i hele kildeløpet fra hovedelva og inn mot kildepunktet. All fisk fanget høst 2001 var 0+, 1+ og eldre røyeunger.

På vestsiden av elva 10-20 m oppstrøms bro mot kraftverket var det to synlige kildepunkter i nivå med elvenivået med temperatur 4,5-5,6 °C. Flere kildepunkter i dette området er sannsynlig, og de to nevnte vil ved normal sommervannføring liggende under vannlinjen med direkte utslipp i elva. Lokale personer anga flere slike punkter av betydelig størrelse under vannlinjen, uten at disse var mulig å lokalisere.

3. Kildeområde

Et kildeområde ved Norddalselva på strekningen mellom Rundfjellet og Gustavsvingen. Området omfatter gamle elveterrasser med heterogene løsmasser, og flere små kildebekker kommer tilsyne fra grunnen, med typisk temperaturer på 3,8-5,4 °C. Avbildet kildebekk (Fig. 4) starter fra et veldefinert område med et forholdsvis bredt og konstant bekkeleie. Punktkilder i elvebredd/vannlinjen ble funnet (Fig. 5).

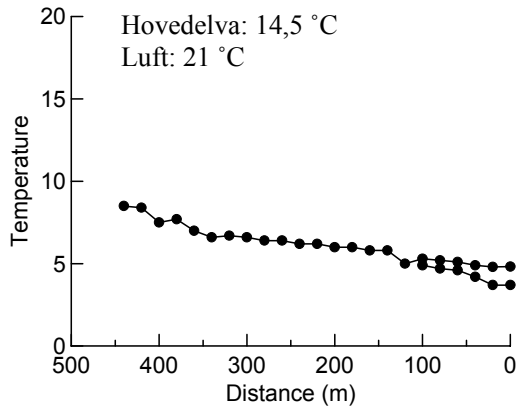


Fig. 4. Grunnvannsbekk i 3. Kildeområde, med to veldefinerte startkildepunkter (temperatur 4,2 og 3,9 °C) med ca 300 m bekk før utløp i Skibotnelva.

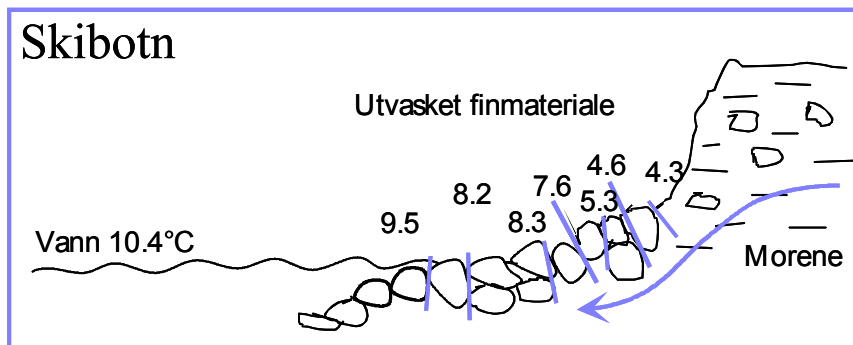


Fig. 5. Punktkilde i elvebredd/elvebunn i Skibotnelva i 3. Kildeområdet, målt i september 2001

Fisk

I grunnvannsbekk i 3. Kildeområde ble det funnet total dominans av røye, som var tilstede med årsunger, 1+ og eldre rekrutter, Fig. 6 og Tabell 2. Total tetthet i kildebekk var 20 røye / 100 m². I hovedelva ved utløpsområdet til kildebekk ble det funnet total dominans av ørret, med 0+, 1+ og eldre tilstede med samlet tetthet på 23 ørret/ 100 m².

Dette var hovedmønsteret også for kildeområdet I. Der det var oppvandringsmulighet for fisk fra hovedelva var det røye, vesentlig 0+ og 1+, tilstede i hele kildebekkens lengde fra hovedelva og opp til utstrømningsområdet, der denne forsvant i grunnen. Der det ikke var vandringsmulighet ble det ikke påvist fisk. Men røye ble også funnet i høye tettheter i hovedelva, og røye ble også funnet i sideelv som ikke var grunnvannspåvirket (Fig. 7). Ørret derimot ble bare funnet i rimelige tettheter i sidebekker som ikke var grunnvannspåvirket (Fig. 8, Fig. 9). Mønsteret for hvordan ørret og røye fordeler seg i et vassdrag er derfor opplagt meget komplisert, men det står fast at røye er observert som nærmest eneste art i lavtemperatur kildebekker fra kildepunktet til utløpsområdet til hovedelva, sålengde det er oppvandringsmulighet fra hovedelva. Forekomst av 0+ angir at det fore-

går gyting av røye i kildebekkene. Det bør nevnes at artssammensetningen i vassdraget er preget av nærmest fravær av laksunger, og det ble totalt funnet bare ytterst få 0+ laskunger i hovedelva. Hvorvidt den romlige fordelingen mellom ørret og røye hadde vært annerledes i nærvær av laks er vanskelig å vurdere.

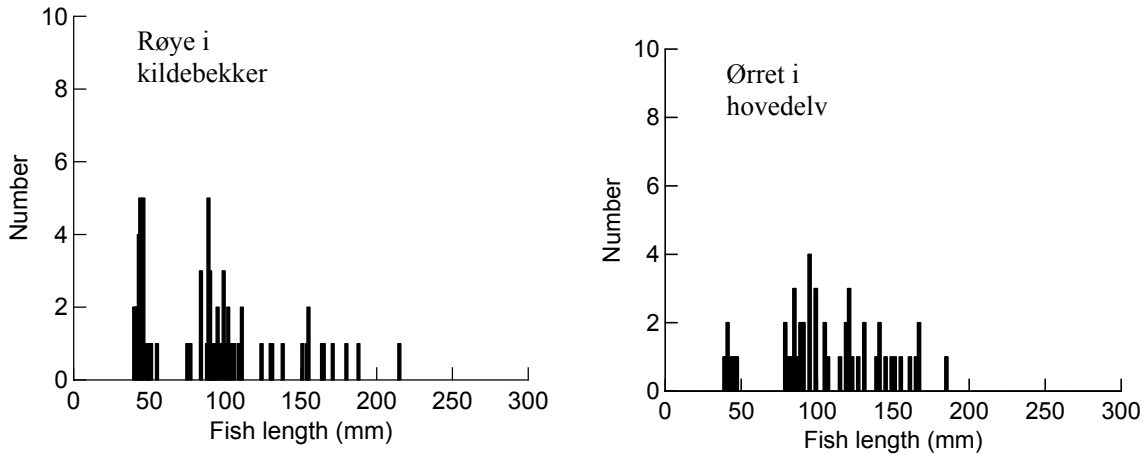


Fig. 6. Lengdefordeling av ørret i hovedelv og røye tatt ved elektrofiske i august 2002 i 3. Kildeområde.

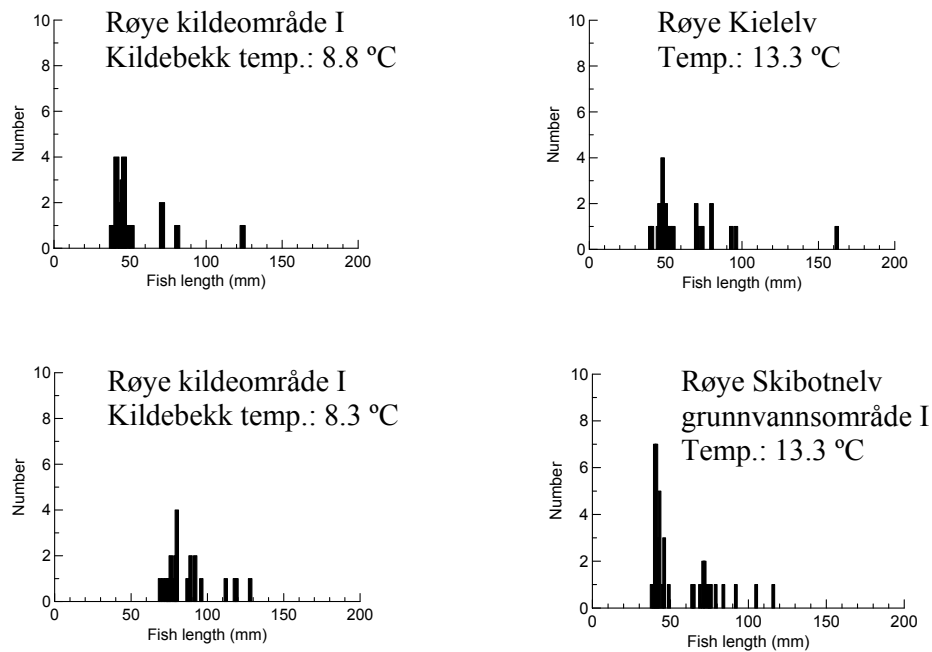


Fig. 7. Lengdefordeling av røye tatt ved elektrofiske i to kildebekker, i sideelva Kielelva og i Skibotnelva utenfor utstrømmende kildebekker i august 2002.

Tabell 2. Tetthet av fisk i Skibotnelva og i kildebekker beregnet ved gjentatt fiske på oppmålt areal i august 2002 i 3.Kildeområde..

	Kildebekk	Hovedelv
Røye	23 ±9	< 2
Ørret	< 1	20 ± 5,2

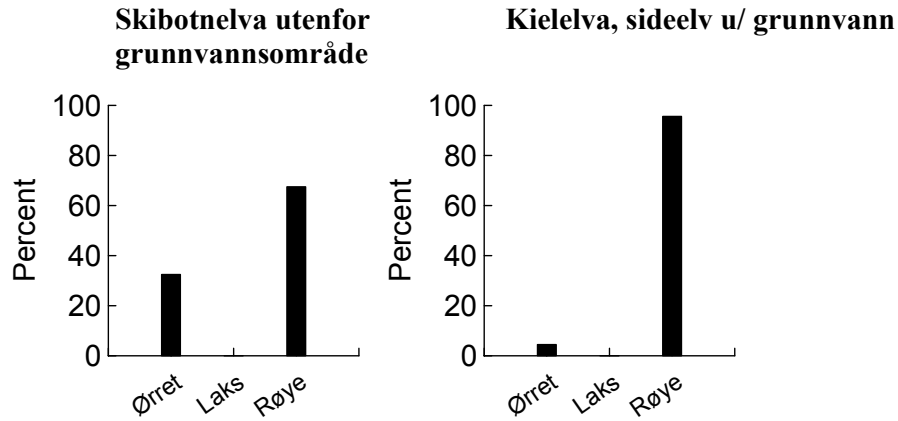


Fig. 8. Artssammensetning av fisk tatt under elektrofiske i Skibotnelva utenfor grunnvannsområde og i Kielelva som er sidebakk/elv uten grunnvann.

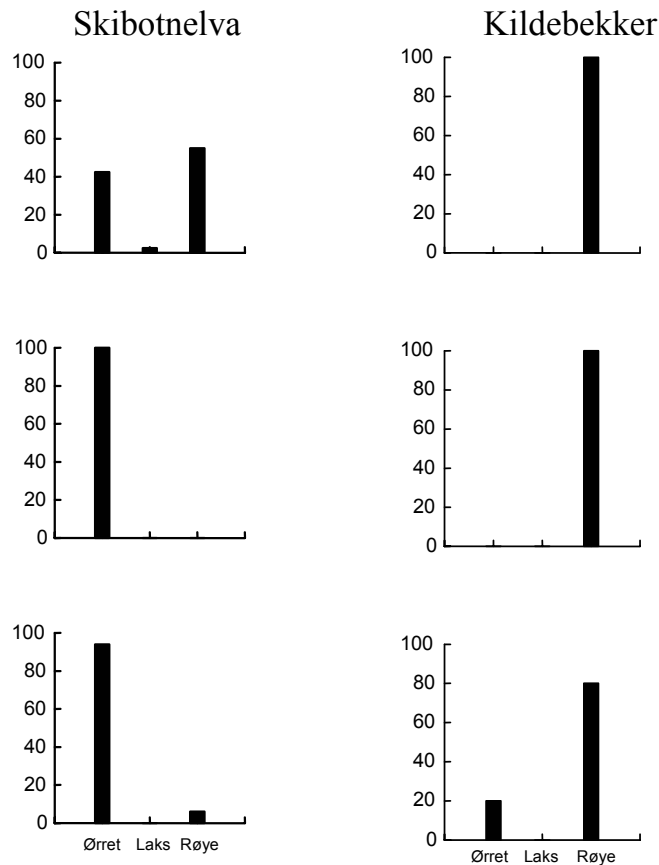


Fig. 9. Prosentvis artssammensetning av fisk tatt under elektrofiske i kildebekker (område 1. og 3.) og i Skibotnelva i august 2002.

Rauma

Laks og sjørøret kan vandre opp til Slettafossen, 42 km opp fra sjøen. Vassdraget er nærmere beskrevet av Johnsen og Jensen (1985), og beskrives som en av Nordvestlandets lengste og mest vannrike elver. I 1976 ble det bygget fisketrapp i Eiafossen som ligger 14 km fra sjøen, for å lette oppgangen av fisk ved større vannføringer. Vassdraget er i øvre del svært hurtigstrømmende med stort fall mellom Stuguflåten og Stavem,

mens den er relativt mindre sterkstrømmende nedenfor Slettafossen. Ved Ryggvatnet og ved Eiafossen er elva igjen sterkstrømmende med fossefall.

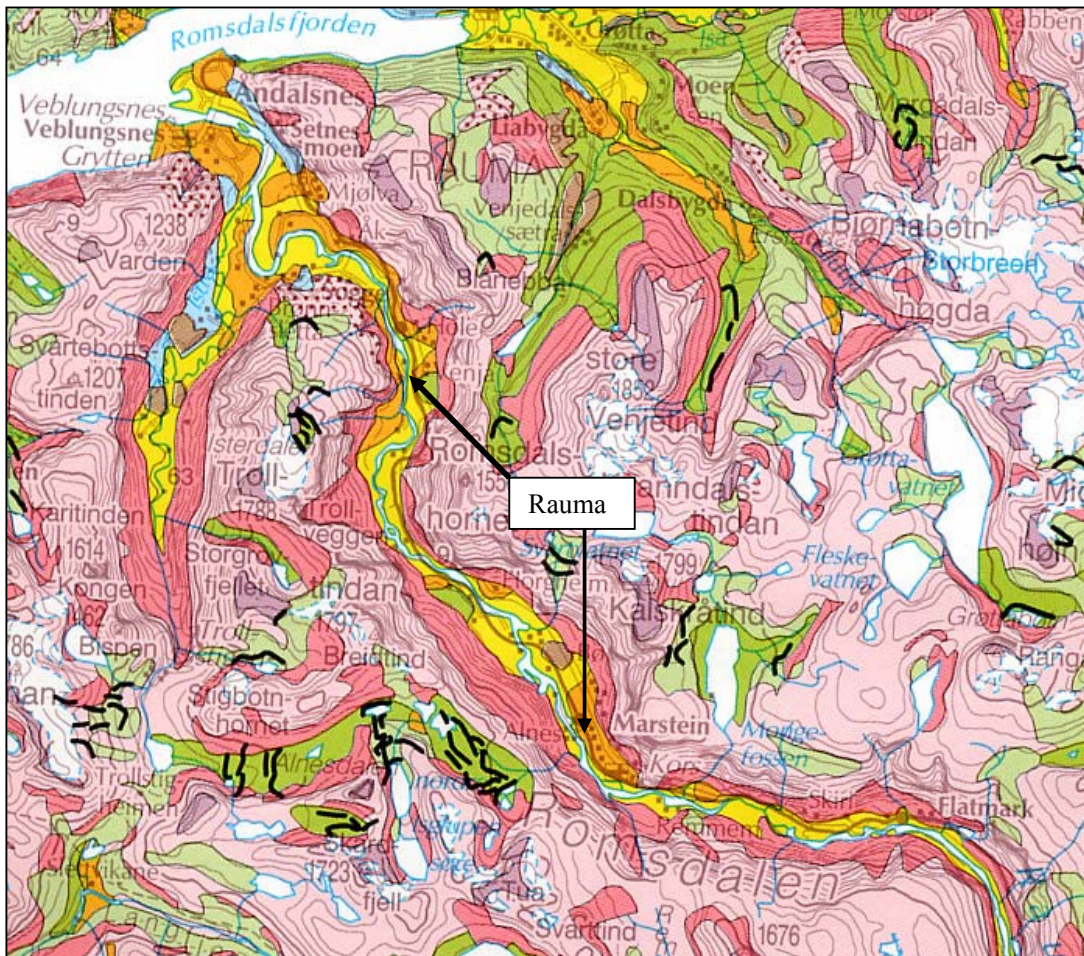


Fig. 10. Dalbunnen i Raumavassdraget er karakterisert av hovedsakelig fine elveavsetninger (gult og brunt) med noen få moreneavsetninger (grønt). Bare nederst i vassdraget finnes det marine terrasser (blå).

Raumavassdraget ligger i et typisk U-dal med bratte flanker og rimelig stor høydeforskjell mellom dalbunn og fjellene på begge sider. Hovedsakelig er det fine avsetninger, i stor utstrekning fin sand, som finnes i dalbunnen. Breelvasetninger finnes særlig i form av terrasser med en blanding av veldig grovt og veldig fint materiale (Fig. 10). Bare få steder er det tydelig moreneavsetninger som kan være ganske tette og inneholde en god del leire. Nederst i Romsdalen finnes det noen terrasser med marine avsetninger. På grunn av den spesielle topografien med bratte dalflanker finnes det langs hele dalen mange og store alluviale vifter med grove blokker og grus i fjellsiden. De har vanligvis en høy porositet som sees enkelt ved at fjellbekker og fosser forsvinner før de når dalbunnen.

Rauma har flere større sideelver, hvorav Istra er den eneste som har laks og sjørret. Lakseførende strekning er på 18,4 km opp til Knutsetra (Einvik 1982).



Fig. 11. Typisk sideelv fra dalflanken i Rauma som forsvinner i grove løsmasser før den når hovedelva. Vannet kan komme opp som kilder i elvesletta eller komme fram i elvebredden.

Det viste seg fort at det var ganske mange konkrete grunnvannstilsig både i elvekanten og i sidedeler av hovedelven. Selve dalbunnen har stedvis en mer eller mindre bred elveslette, med svært bratte dalsider, til dels raspregete vifter med smeltevannsbekker som forsvinner i løsmasser (Fig. 11). Store deler av elva er preget av forholdsvis fine løsmasser med preg av sand, og det gjelder også selve elvesletta. Det generelle mønsteret er et frembrudd av grunnvann der grovere masser (morener/ras) med høy permeabilitet møter finere masser med lav permeabilitet på selve elvesletta. Vi fant fire hovedområder for frembrudd av grunnvann, der alle disse hadde preg av den nevnte type frembrudd (Fig. 12). Det ble foretatt spesiell befarings i disse områdene der det lå innsjølignende større dammer på elvesletta. Det gjaldt følgende delstrekninger:

1. Området ved og nord for Gravdevatnet / Geitsetra
2. Området Ryggvatnet
3. Området Alnes
4. Området Trollveggen



Fig. 12. Oversiktskart over Raumavassdraget, med fire områder for grunnvannsutstrømning til hovedvassdraget eller til dammer/småinnsjøer på eller nær elvesletta.

1. Gravdevatnet/Geitsetra

På østsiden av hovedelva, men på selve elvesletta ligger Gravdevatnet og nord for dette flere mindre dammer og våtmarksliknende felter. Rett ovenfor Flatmark ligger tilsvarende større dammer. I Geitvatnet ble det observert frambrudd av grunnvann som kom opp i Geitvatnet på selve elvesletta under stort trykk (Fig. 13). Vannmengden var betydelig. Flere tilsig av denne typen ble observert, og i alle disse områdene hadde vannet vesentlig lavere temperatur (rundt 7 °C til 10 °C) enn elvevannet (12.8 °C til 14 °C). Visuelt ble det observert til dels mye laksefisk (ørret) i Geitvatnet og vannet øst for Flatmark, og dessuten i våtmarksområdene, tils dels myrpregete områder nord for dette. Inn- og utvandring til hovedelva var vanskelig å vurdere, men opplagt mulig i flomperioder.



Fig. 13. Grunnvannsområdet 1 i Rauma: Geitvatnet sydøst for Flatmark ligger i et våtmarkspreget område på elvesletta og har stedvis betydelig grunnvannsinnsig (se pil)

2. Ryggvatnet

Området ligger mellom Skiri og Remmen og er et komplekst området med flere innsjøer/dammer på syd/vestsiden av hovedelva. Elvesletta slik den tidligere er beskrevet er her fraværende, og hovedelva er relativt hurtigstrømmende på nordsiden av dalen. Området Ryggvatnet er et gammelt rasområde, der grov blokk (husstørrelse) har rast ned fra dalsiden og nå ligger på finere masser som er gammel elveslette. Raset har altså foregått etter at elvesletta i dalen er dannet. Mellom grov blokk og stein ligger flere mindre innsjøer (Fig. 14). Disse hadde svært stort siktedyp og vannfargen var sjøgrønn. Bunnen besto av den gamle elvesletta, og i flere av sjøene kunne det observeres større ”bunnløse” hull i innsjøbunnen (diameter 1 m) med utstrømmende grunnvann. Innsjøene antas å være til dels utelukkende grunnvannsmatet. Det ble observert mye fisk i dammene, visuelt bestemt til ørret (størrelse 5-15 cm). Avløpene fra disse innsjøene var til dels diffuse, muligens forsvant vannet igjen i grunnen. Tilført grunnvannsmengde til disse innsjøene var betydelig, og avløpsmengden må derfor være tilsvarende, og det antas at det er en eller flere større vannvei mellom disse innsjøene og hovedvassdraget Hvorvidt det er mulig for fisk å vandre fra hovedelva

og opp i disse innsjøen er ikke klart, men det kan på ingen måte utelukkes. Området var svært malerisk med grov furuskog, men også utilgjengelig.



Fig. 14. Grunnvannsområdet 2 i Rauma. Ryggvatnet med flere mindre innsjøliknende dammer som ligger i et gammelt rasområde med grov blokk på gammel elveslette av finere masser. Innsjøene er grunnvannsmatet gjennom "bunnløse" hull i bunnen med utstrømmende grunnvann. Innsjøene har bestander av ørret

3. Alnes

På vestsiden av hovedelva og nord for Medalen ligger flere grunne innsjøer mellom hovedelva og den bratte dalsida. Disse innsjøene (A, B og C) ligger i fine løsmasser på elvesletta, men mates av mange kilder som kommer fram i overgangen mellom den steile fjellsiden og de finkornete massene som er avsatt av hovedelva. Kildene er synlige i dagen i et belte fra elvesletta og 10-40 m opp fra elvesletta, og ble dokumentert mer eller mindre kontinuerlig i hele innsjø B's lengde. Rasmaterialet er delvis utformet som vifter, nærmere elvesletta skogkledd og med mer eller mindre tykt jordsmonn. Vannmengden som strømmer ut her er stor, at det snakkes om kilder som er matet fra et lite vann høyt oppe på platået (Fig. 15, 1100 m høyde). Det rapporteres lokalt om synlige tegn av vann som forsvinner med virvler. Vannet hadde en temperatur mellom 4,5 og 6,0 °C, noe som tilsvarende grunnvannstemperaturer i området.

Det ble foretatt enkle målinger av grunnvannsfluks i innsjø B med See-pagemeter (Lee 1977). Utover overflateinnstrømming av grunnvann til innsjø B som vist i Fig. 16, 17, ble det målt små mengder vann som kom opp gjennom bunnen. Men dette gjaldt bare i den delen av innsjøen som lå nær dalsiden. I den delen av innsjøen som lå nærmere hovedelva var det tap av vann fra innsjøen og ned i bunnen. Vi tolker dette som en bekreftelse på at vann presses opp gjennom bunnen nær kildene og det er en vannstrøm ned gjennom bunnen nær hovedelva, fordi innsjøen ligger noe høyere enn elva. Dette tapsvannet gjennom bunnen må munne ut i hovedelva gjennom diffust innsig gjennom elvebredd og elvebunn. Uansett dreier det seg om små vannmengder, og bunnssubstratet i området er dominert av fine løsmasser som fisk ikke kan trenge ned i. Men det illustrerer hvordan grunnvannsstrømmen går, avhengig av trykk og høydeforskjeller.

Det ble observert fisk (ørret og stingsild) i grunnvannssjøene, og ørret i kildefrembruddene, dvs. i rennende vann mellom innsjø B og der kildene forsvinner i ura er dokumentert av Fylkesmannens miljøvernnavdeling, Møre og Romsdal (Sættem pers. med.). Det er ikke dokumentert laksunger i dette området, men dette kan på ingen måte utelukkes. Bunnssubstratet i tilsigsområdene består av grov stein og grus, vannet er rasktstrømmende, og det er ingen vandringshindere mellom hovedelva og flere av grunnvannsinnsjøene.

Store områder noen hundre meter syd for Alnes (Bogningan), men i tilsvarende formasjoner, er også betydelig kildepåvirket på samme måte (Fig. 17). Det er her ikke innsjøer på elvesletta, men kildebekker som munner direkte ut i hovedelva. Dette gjør at fisk lett kan vandre opp i grunnvannsbekkesystemet.



Fig. 16. Grunnvannsområde 3, Rauma. Ved Alnes finnes flere innsjøer som mates fra et omfattende kildeområde som kommer ut i dagen i overgang mellom dalside og elveslette (bildet over). Bilde til høyre viser innsjø B.

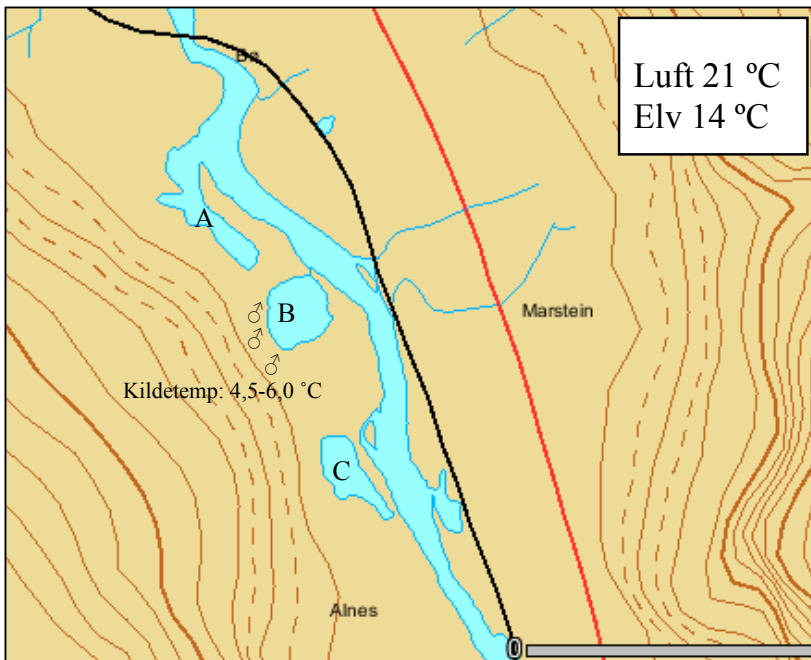


Fig. 17. Grunnvannsområde 3, Alnes: Grunnvannsmatete dammer på elvesletta med utløp videre til Rauma.



Fig. 18. Utsikt over Alnes området, sett fra toppen av den alluvialen viften. Alt vannet som sees i forgrunnen forsvinner i grunnen før den når elvesletta og kommer til dagen igjen som kilder hvor viften interfererer med fluviale dalavsetninger.

4. Området Trollveggen

Området nedenfor Eiafossen har to delfeltet mtp. grunnvann, et på østsiden i elveterrasser nedenfor Trollveggen Camping og et på vestsiden i et komplisert rasområde i gamle elveterrasser. Begge disse delfeltene har samme opprinnelse.

Ved **Trollveggen Camping** ble det observert utfellinger av jern som indikerer tilsig av grunnvann. I elvekanten kan tilsig av kaldere grunnvann direkte observeres. Sand og gruslag gir ganske høy permeabilitet, og grunnvannet ser ut å ha en stor gradient inn mot de høyereliggende elveterrasser som ligger bak. Kildene i elvebredden vil bli liggende i selve elva ved høyere vannstand, men substratet er stein på finere masser som fisk ikke kan trenge ned. Men området må betraktes som uoversiktlig, og grovere substrat lengre ute i hovedløpet kan gi høyere permeabilitet og derved økt utstrømning og lettere for fisk å skjule seg nede i bunnen.



Fig. 19. Området nedenfor Eiafossen på vestsiden består en alluvial vifte av grove masser og var påfallende tørr. Kilder ble funnet i nedkant av rasområdet, på overgangen til finere masser.

Fig. 21. Nederst i Sunndalen ved Furu/Hovedøyen går elveløpet i ganske homogene fluviale avsetninger, men det finnes indikasjoner til heterogeniteter, fordi det er mange kilder av grunnvann i elvkanten.



Grunnvannsundersøkelsen ble konsentrert til de nedre deler, i elveslettelandskapet opp til Flatvad (Fig. 22). I motsetning til Rauma som hadde store områder dominert av sand (Fig. 20), hadde de nedre deler av Driva betydelig grovere substrat, med rullestein som dominerende substrat nesten til munningsområdet.

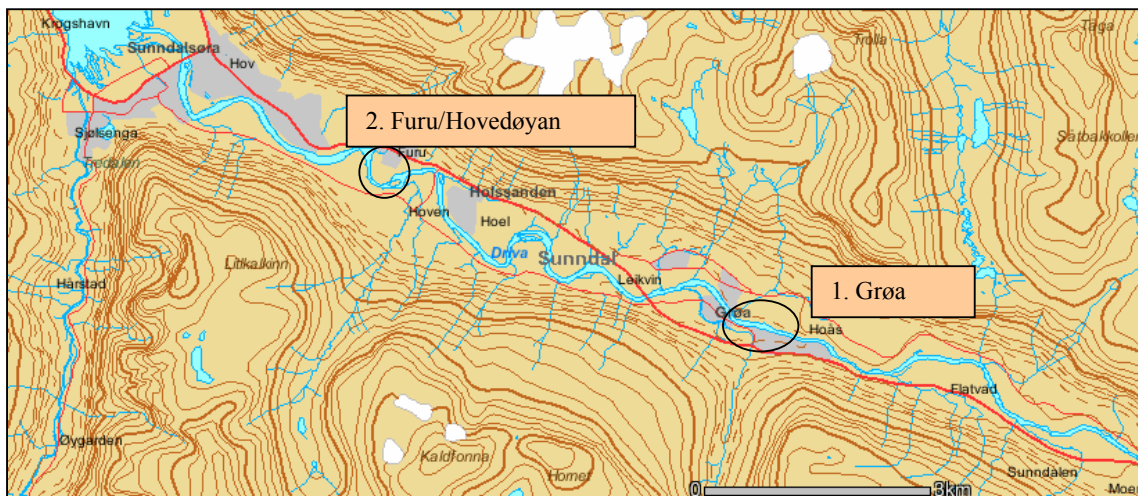


Fig. 22. De nedre deler av Driva, der grunnvann ble påvist i moreneområdet 1. Grøa og i elveslettelandskapet i området 2. Furu/Hovedøyen.

1. Grøa

I området mellom Grøa og Flatvad ligger flere morener som elva skjærer igjennom. I elvekanten ligger det nokså store rullesteiner og kantete steiner fra morener. Det finere materialet fra morenene er ofte vasket ut og steinene blir igjen (Fig. 23). Det fører til et lag med grove stein liggende på en mer eller mindre tett underlag. I elvekanten og bredden innenfor ser man lagdelte morener med elveavsetninger. Dermed kan vann også sige inn under vannoverflaten og grunnvannet kan stå under trykk. Dalsidene er steile og tilsig fra bekker og fosser skjer ofte ganske høyt opp i dalsidene. Det ble observert liten avrenning i form av bekker fra både disse terrassene og fra dalsidene. Vannet

må derved forsvinne i grunnen og komme fram igjen i dagen lengre nede, enten i elvekanten eller i elvebunnen.

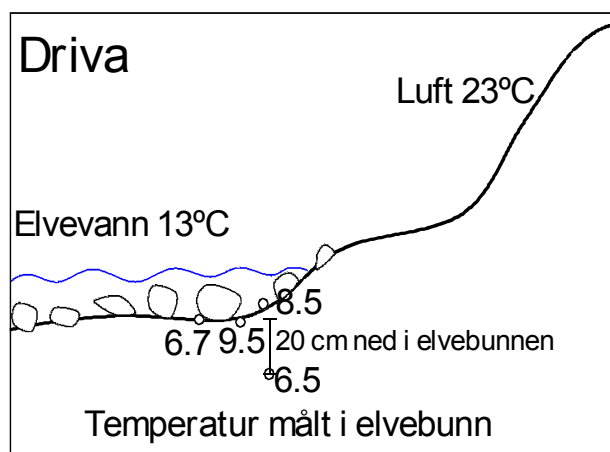
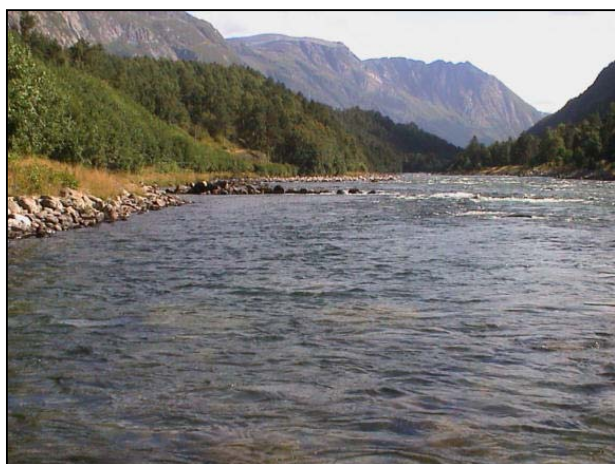


Fig. 23. På nordsiden av Torske bro var det betydelig tilsig av grunnvann med lav temperatur gjennom elvebredden, og opp gjennom bunnen på grunt vann nær bredden. Det ligger rullesteiner fra utvaskete morener i elvekanten som danner et grovt substrat. Mellom steinene finnes det hyppige kilder og tilsig fra sidene. Til venstre under: Detaljebildet av et grunnvannstilsig noen få centimeter overfor elveoverflaten. Til høyre under: Det ble indirekte påvist tilsig opp gjennom bunnen under vannlinjen ved at tilsvarende lave temperaturer ble målt i elvebunnen på grunt vann nær bredden.

2. Elveslette Furu/Hovedøyen

I de nedre deler var elva bred og uoversiktlig, med brede tørrlagte soner med rullestein ved lav vannføring på hver side av elva (Fig. 21). Ved Hovedøyen og på øyer noe nedenfor var det øyer i elva, med et våtmarkspreget område med enkelte dammer, noe som bekrefter høyt grunnvannspeil i elvesletta. Ørret ble observert i enkelt dammer, trolig innvandret fra perioder med høyere vannføring. Det var også avrenning fra våtmarksområdet fra elvesletta på nordsiden av hovedløpet vest for Hovedøyen, noe som bekrefter at det er vanntransport inn i våtmarksområdet, trolig mates dette fra hovedelva lengre oppe.

Konklusjon

Det er nærmest påfallende at det i de tre nå undersøkte vassdragene Skibotnelva, Rauma og Driva er funnet forholdsvis mange og omfattende grunnvannsfrembrudd. Dette er kilder med vann som har alt fra kort (dager/uker) til lang (månedes/år?) oppholdstid i akviferen, vannmengden varierer, og

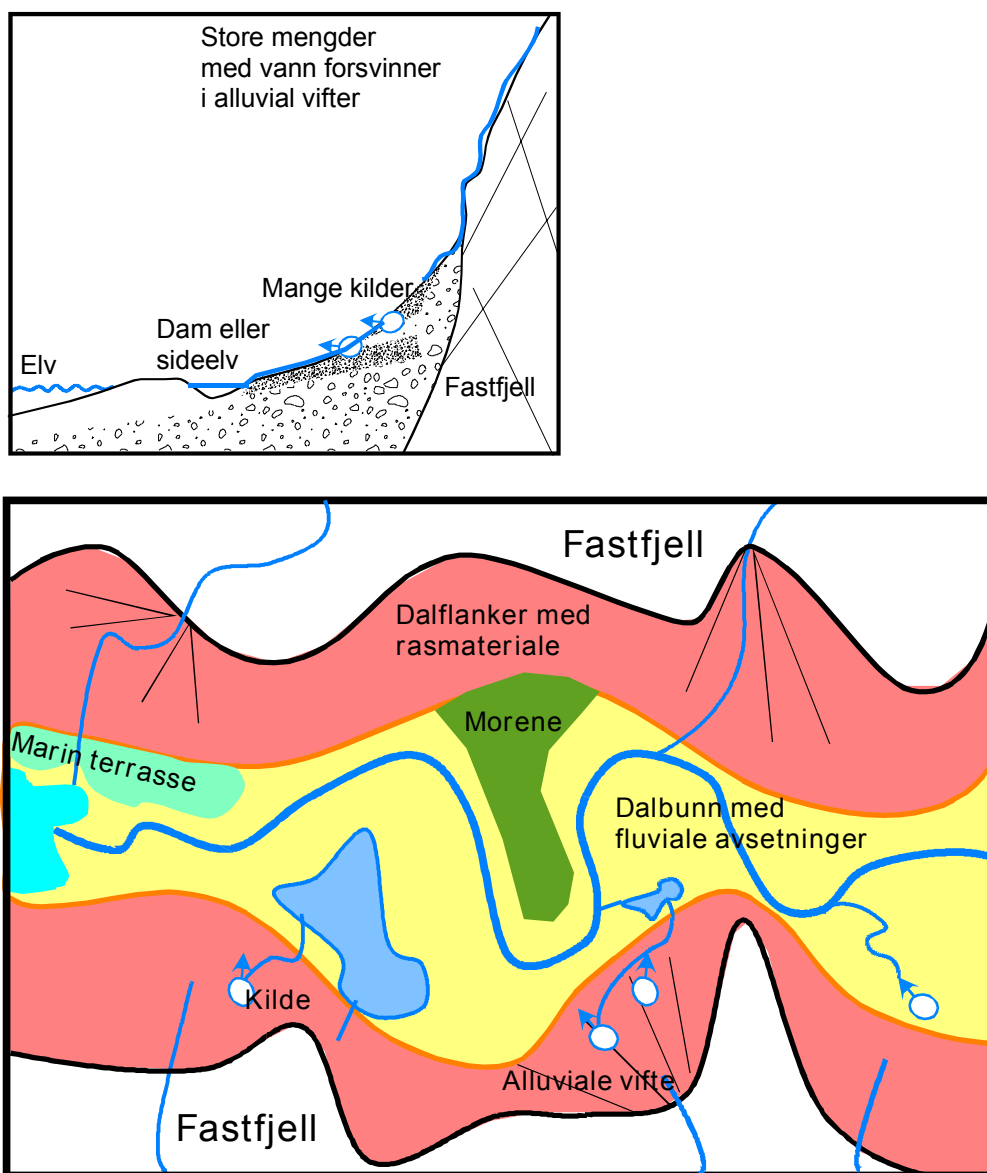


Fig. 24. Prinsippkisse av grunnvannstilførsel til vassdrag. **Over:** Dalside med fastfjell, høypermeable rasområder og finere løsmasser på elvesletta. **Under:** Sett ovenfra, med fastfjell på høyfjells-platå (hvitt), rasområder og alluviale vifter i grove løsmasser (rødt) og elve-sletta som består av finere og tettere løsmasser i dalbunnen (gult). Bekker og mindre elver kan forsvinne i grove rasområder og komme frem som kilder (♂) nærmere elvesletta eller opp gjennom elvesletta mer eller mindre nær hovedelva. Elementer av dette ble funnet i både Driva, Rauma og Skibotn. Mindre grunnvannmatete dammer og mindre innsjøer kan dannes i dalbunnen, noe som var særlig tydelig i Rauma og Skibotnelva.

ikke minst muligheten for fisk til å vandre opp i og oppholde seg i disse perifere delene av vassdraget varierer. Det som er felles er at kildene er knyttet til bestemte geologiske og kvartær-

geologiske strukturer, der løsmasser i form av rasmateriale, alluviale vifter og morener, sorterte løsmasser i form av elveterrasser og elvesletter, sammen med arealavrenning fra bakenforliggende landområder (åser, skrenter, fjellplataer med snø) er nøkkelfaktorer.

Alle de tre dalførene er typiske glasiale daler. Dalene har bratte flanker med mye rasmateriale og dalbunnen har store og komplekse elvesystemer. Direkte observasjon av interaksjon mellom grunnvann og overflatevann kunne observeres i både Skibotnelva, Rauma og Driva.

De tre vassdragene har alle geologiske og topografiske elementer som skal til for å gi kildetilførsel av vann som har relevans til rotenonbehandling, dvs. skape refugier for overlevelse under innblanding av rotenon.

- Det finnes morenematerialet i alle tre dalene, ofte utformet som terrasser. Dette er veldig markant i Driva-dalens nedre deler, dvs. nedenfor Flatvad. Elvebunnen er her forholdsvis homogen, men belagt med grov rullestein, der finere morenemasser er vasket ut. Elvebunnen i Driva kan stedvis sammenliknes med den i Skibotnelva, og disse to elvene har stort sett mye grovere elvebunn enn Rauma, som er mer preget av sand og finere masser. Isen har gått fram og tilbake ved flere anledninger og det har ført til en heterogen oppbygging av sedimentære sekvenser. Underlaget i dalbunnen er derved blitt bygget opp av både fluviale avsetninger og morenemateriale (f.eks. Trollveggen Camping, Driva dalen ved Grøa, nedre del av Skibotn).
- Morener kan gi tette lag som kan føre til overtrykk i grunnvannet, særlig med de store høydeforskjellene som finnes mellom dalbunn og morenebelagte dalkanter. Grunnvannskilder med overtrykk ble funnet i Rauma i Geitvatnet, ved Ryggvatnet og ved Alnes og flere steder i Skibotn.
- Stor vekselvirkning mellom glasiale og fluviale forhold fører til lagdeling av løsmassene, dvs. heterogenitet. Dette gir lagdeling mellom tette sjikt og mer porøse lag med stor permeabilitet, noe som fører til konsentrasjon av grunnvann. Dette fører til kompliserte grunnvannsforhold i flere høydenivåer som kan ses særlig tydelig i Skibotn og de nedre deler av Rauma.
- Store og mindre rasmasser (alluviale delta) fra de bratte dalflankene har ofte bekker øverst, men som forsvinner nedover og inn i viften. Dette vannet kommer fram som kilder nær dalbunnen. Dette fenomenet sees svært hyppig i Rauma, men også i Driva og Skibotn. Det er et viktig spørsmål om dette gir kilder begrenset til elvekanten eller om det også kommer opp gjennom elvebunnen. Tilsig både i elvekanten og i elvebunnen var markant flere steder i Rauma og i Skibotn, noe mindre tydelig i Driva. På sideterrassene (særlig Driva) ble det observert lite overflateavrenning. Det tolkes slik at vannet forsvinner lokalt ned i grunnen og danner grunnvann i de fluviale sekvensene. Dette ble bekreftet ved Torske bro ved Grøa.
- I nederste del av alle dalførene kunne det observeres interaksjon mellom marine og fluviale avsetninger. Marine avsetninger består av ofte veldig tette lag med leire. Denne lagdelingen fører til et komplisert system med forskjellige grunnvannsnivåer med forskjellig trykkforhold, og forskjellige utbredelse. Elvebunnens karakter i disse områder vil være avgjørende for hvor mye vann som siger inn i elvevannet. I Driva finnes marina avsetninger rimelig langt opp i dalen, også ovenfor noen glasiale avsetninger.
- Forekomst og utbredelse av fisk viste at der fisk kunne vandre opp i kildebekker var det til dels stor forekomst av røye i Skibotn, hovedsakelig som årsunger og ett år gammel fisk. Årsunger indikerer at røye gyter i kildebekkene, noe som også ble bekreftet på lokalt hold. Dette gjaldt også i små kilder (bekkebredde 10 cm), og røye ble vanligvis påvist opp til kildepunktet. Det antas at det ikke er stasjonære bestander av røye i kildebekkene, og bestandene her antas helt

avhengig av at det ikke er vandringshinder fra hovedelva. Det ble bare påvist enkelte individer av ørret helt sporadisk i kildebekkene i Skibotn.

- I grunnvannsmatete innsjøer nær elvesletta ble det observert ørret i Rauma, og i kildebekker er ørret påvist av Sættem (pers. medd.). Hvorvidt Ryggvatnet, Geitvatnet og innsjøene ved Alnes har stasjonære bestander er ikke kjent.
- I Driva's nedre del ble årsunger av ørret observert i grunnvannspregete dammer på elvesletta.

I både Skibotnelva, Rauma og Driva må grunnvannstilsiget til hovedelvene betegnes som vesentlig og selve utvekslingen mellom elv og grunnvann kan knyttes til geologiske og topografiske forhold.

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.
- Bremset, G. and Heggenes, J. 2001. Competitive interactions in Young Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) and Brown Trout (*Salmo trutta* L.) in Lotic Environments. *Nord. J. Freshw. Res.* 75: 127-142
- 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.
- Lee, D.R. 1977. A device for measuring seepage influx in lakes and estuaries. *Limnology and Oceanography* 22, 140-147.
- 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