

Overvåking av elvemusling i Norge

Årsrapport for 2008: Enningdalselva, Østfold

Bjørn Mejdell Larsen
Leif Roger Karlsen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

Overvåking av elvemusling i Norge

Årsrapport for 2008: Enningdalselva, Østfold

Bjørn Mejdell Larsen
Leif Roger Karlsen

Larsen, B.M. & Karlsen, L.R. 2010. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport for 2008: Enningdalselva, Østfold. - NINA Rapport 566. 39 s.

Trondheim, mars 2010

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2143-6

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Bjørn Mejdell Larsen

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Odd Terje Sandlund(sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Øyvind Walsøe

FORSIDEBILDE

Enningdalselva har et rikt og variert landskap med store naturverdier. Lange uberørte strekninger med skogkledde elvekanter ved Sagholen bidrar til å opprettholde bestanden av elvemusling. Foto: Bjørn Mejdell Larsen

NØKKEWORD

Enningdalselva - elvemusling – overvåking – utbredelse – tetthet – lengde – muslinglarver – vertsfisk (laks og ørret)

KEY WORDS

River Enningdalselva – freshwater pearl mussel – monitoring – distribution – density – length – mussel larvae – host fish (Atlantic salmon and brown trout)

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21

0349 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsentret

9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeltgården

2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Larsen, B.M. & Karlsen, L.R. 2010. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport for 2008: Enningdalselva, Østfold. – NINA Rapport 566. 39 s.

Enningdalselva, som er ett av vassdragene i overvåkingsprogrammet for elvemusling, er nå undersøkt på nytt. Enningdalselva hører med blant vassdragene som fortsatt har en god bestand av elvemusling, men oppvekstforholdene innad i vassdraget varierer fra dårlig i øvre del til akseptabel i nedre del. Elvemusling forekommer på en ca 8,5 km lang elvestrekning, og bestanden er estimert til ca 323.600 individ i 2008. Dette var en økning i antall muslinger på om lag 14 % i løpet av de siste sju årene. Denne økningen var knyttet til nedre del (Berby og Sagholen) av elva der antall unge muslinger har økt de siste årene. I øvre del (ved Holtet) derimot var det en dramatisk nedgang i antall muslinger fra 2001 til 2008, og situasjonen er nå kritisk for denne delen av bestanden.

Det var fortsatt en overvekt av store og gamle muslinger i Enningdalselva, og framtidsutsiktene til elvemuslingen i elva må betegnes som usikker. Bestanden kan ikke uten videre karakteriseres som livskraftig da andelen av individer yngre enn 20 år var for lav (bare 9 %). Det positive var likevel at det i nedre og midtre del av vassdraget ble funnet individer yngre enn 10 år, og at rekrutteringen nå ser ut til å ta seg opp igjen. I øvre del (Holtet) derimot var det ingen individer yngre enn 20 år, og bestanden står i fare for å forsvinne.

Det er fortsatt for høy tilførsel av næringsstoff i Enningdalselva (konsentrasjon av nitrat og total fosfor på henholdsvis 253 og 9 µg/l i gjennomsnitt ved Berby). Men tilførselen av næringsstoff har avtatt den siste 10-årsperioden, og det er antatt at det er et nært samsvar med funnet av små muslinger ved Berby og denne reduksjonen i konsentrasjonen av nitrat og fosfor. Når medianverdien for nitrat og totalfosfor er lavere enn henholdsvis 125 og 5 µg/l beskrives det som god vannkvalitet for elvemusling. Dette er ikke oppfylt i Enningdalselva, og disse grenseverdiene er overskredet ved nesten alle stikkprøvene som er tatt i 1996-2008. Enningdalselva har også i perioder nokså høy turbiditet spesielt i nedre del med verdier større enn 1,5 FTU i 70 % av tilfellene som er målt i de siste årene. Det er derfor nødvendig å øke innsatsen mot erosjon slik at tilførselen av finpartikulært materiale avtar. I øvre del kan mangel på ørret være en flaskehals for elvemuslingens larver, og en styrking av ørretbestanden kan synes nødvendig. Det har vært en høy dødelighet av muslinger i flere år i dette området, men det er foreløpig usikkert hva dette skyldes.

I handlingsplanen for elvemusling er målet for arbeidet med forvaltning av elvemusling i et langsiktig perspektiv at den skal finnes i livskraftige populasjoner i hele Norge. Alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes eller forbedres. I et slikt perspektiv er det derfor viktig at nødvendige tiltak settes i verk umiddelbart i Enningdalselva for å hindre at elvemuslingen reduseres ytterligere i vassdragets øvre deler. I den sammenheng kan det være nødvendig å gjennomføre en mer omfattende problemkartlegging og utarbeide en egen tiltaksplan for elvemusling i vassdraget. En bestand av elvemusling som opprettholder naturlig rekruttering i Enningdalselva vil være det synlige beviset på god vannkvalitet og god økologisk status.



Et nasjonalt overvåkingsprogram for elvemusling ble startet i Norge i 2000. Det inngår til sammen 16 vassdrag i programmet. Det er gjennomført basisundersøkelser i disse vassdragene i løpet av 2000-2005 som skal være referanse for videre overvåking. Kartlegging og overvåking av elvemusling i Norge er viktig også i internasjonal sammenheng. Elvemusling har fått status som ansvarsart for Norge. Det vil si at mer enn halvparten av den europeiske bestanden finnes i Norge.

Bjørn Mejdell Larsen, Norsk institutt for naturforskning, N-7485 Trondheim; bjorn.larsen@nina.no
Leif Roger Karlsen, Fylkesmannen i Østfold, Statens hus, Postboks 325, 1502 Moss; lrk@fmos.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Område	9
3 Metode og materiale	12
4 Resultat	13
4.1 Vannkvalitet	13
4.2 Ungfisk	15
4.2.1 Ungfisktetthet og vekst	15
4.2.2 Muslinglarver på gjellene	16
4.3 Elvemusling	18
4.3.1 Utbredelse	18
4.3.2 Tetthet	18
4.3.3 Populasjonsstørrelse	21
4.3.4 Lengdefordeling	23
4.3.5 Alderssammensetning og reproduksjon	25
4.3.6 Rekruttering	26
4.3.7 Referansemateriale	27
5 Oppsummering	27
6 Referanser	33
7 Vedlegg	35
Vedlegg 1. Tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Enningdalselva	35
Vedlegg 2. Lengdemåling av levende elvemusling i Enningdalselva	37
Vedlegg 3. Lengdemåling av tomme skall i Enningdalselva	38
Vedlegg 4. Kriterier og poengklasser for bedømmelse av levedyktighet.....	39

Forord

Det ble utarbeidet en egen handlingsplan for elvemusling i 2006 med forslag til tiltak som skal sikre at arten fortsatt skal finnes i livskraftige populasjoner i hele Norge (Direktoratet for naturforvaltning 2006). Handlingsplanen er et ledd i regjeringens målsetting om stans av tapet av det biologiske mangfoldet innen 2010.

NINA fikk allerede i 1999 i oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning å utarbeide forslag til en landsomfattende overvåking av elvemusling. Prosjektets viktigste formål var å utvikle passende metodikk og forslag på lokaliteter som skulle inngå i overvåkingen. Utredningen ble levert våren 2000, og overvåkingen kom i gang allerede samme år etter utprøving av metoder i to av vassdragene i 1999. Direktoratet for naturforvaltning har finansiert undersøkelser av elvemusling i to-tre vassdrag hvert år i 2000-2005; totalt 16 vassdrag. Det er nå gjennomført nødvendige basisundersøkelser i alle de foreslåtte overvåkingsvassdragene for elvemusling.

Overvåkingen inngår som ett av tiltakene i handlingsplanen for elvemusling, og formålet skal være å dokumentere tilstanden, beskrive de positive og negative endringene som skjer i vassdragene og danne grunnlag for tiltak. Utfordringen videre blir å følge opp dette arbeidet slik at vi får dokumentert hvordan elvemuslingen klarer seg over tid i Norge. I 2006 og 2007 ble tre lokaliteter undersøkt, og i 2008 fortsatte dette arbeidet med fire nye vassdrag: Hunnselva (Oppland), Hoenselva (Buskerud), Enningdalselva (Østfold) og Håelva (Rogaland). I Enningdalselva ble selve overvåkingsundersøkelsen av elvemusling gjennomført sju år siden forrige kartlegging. Bearbeidingen og rapporteringen av materialet har imidlertid blitt noe forsinket, og ble ikke ferdigstilt før i 2010.

Vi vil takke alle som lokalt har vist interesse og engasjement for vårt arbeid i Enningdalselva, og som gjennom samtaler har bidratt med mye nyttig informasjon. En takk til Svein Jakob Saltveit, LFI, Universitetet i Oslo som stilte til disposisjon foreløpig upubliserte data fra ungfiskundersøkelsene i 2009. I juni 2008 fikk vi hjelp av Øyvind Hermansen (SNO/Miljøvern avdelingen) og Håvard Hornnæs hos Fylkesmannen i Østfold som viste stort engasjement og pågangsmot under feltarbeidet i Enningdalselva. En takk også til Jan-Erik Eggen (SNO) som bidro med felt-hjelp under innsamlingen av fisk i mai 2008, og Randi Saksgård (NINA) som bearbeidet fiske-materialet på laboratoriet.

Trondheim, mars 2010

Bjørn Mejdell Larsen
Prosjektleder

1 Innledning

Mange arter av ferskvannsmuslinger står i fare for å bli utryddet, og elvemusling, *Margaritifera margaritifera* L., betraktes av enkelte som den mest truede ferskvannsmuslingen i verden. Elvemusling er også angitt som sårbar på den norske rødlista over truede dyrearter i Norge (Kålås mfl. 2006). Vi finner fortsatt elvemusling i alle landets fylker, men inntrykket er at bestandene er tynnet ut, at rekrutteringen er nedsatt, og at gjenværende bestander mange steder er splittet opp. Elvemusling ble derfor totalfredet mot all fangst fra 1. januar 1993.



Elvemuslingen står delvis nedgravd i substratet godt forankret i grusen ved hjelp av en muskuløs fot. En voksen musling filtrerer om lag 50 liter vann i løpet av et døgn, og en stor muslingbestand er et viktig bidrag til å opprettholde en god vannkvalitet også for andre bunndyr og fisk i vassdraget. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

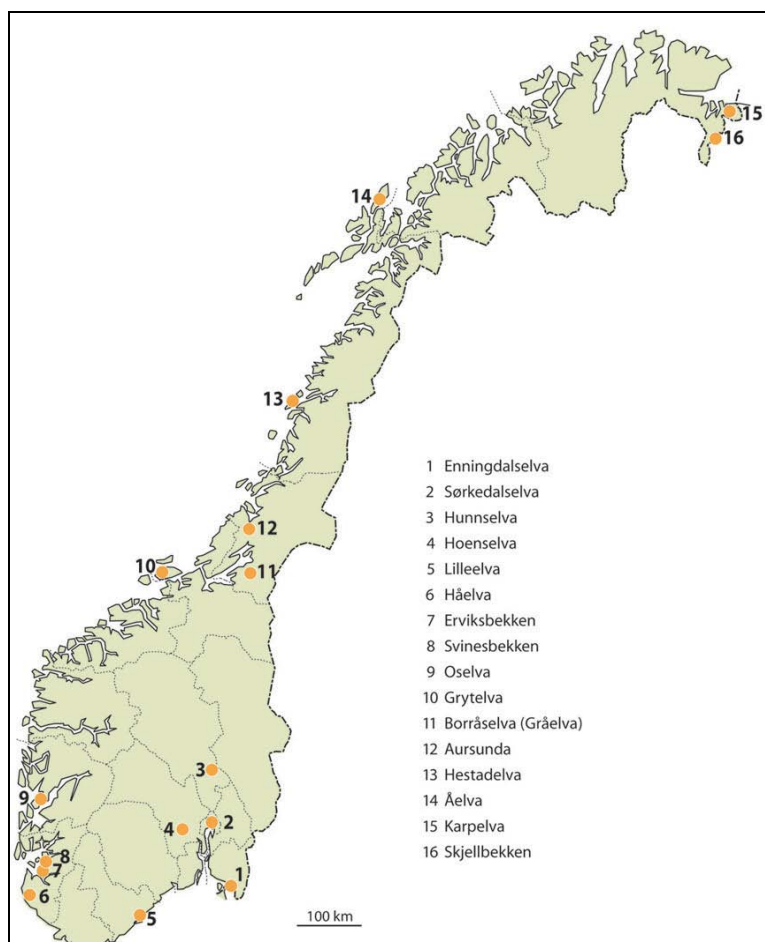
Konvensjonen om biologisk mangfold pålegger Norge forpliktelser i forhold til overvåking av rødlistearter. Forvaltningen har et særlig ansvar for internasjonalt truede arter, og Norge alene har om lag halvparten av den europeiske bestanden av elvemusling i dag. Dette gjør elvemusling til en ansvarsart for Norge. Dersom arten skal bevares forutsetter det en god overvåking av tilstanden, og nødvendige tiltak for å styrke og verne viktige elvemuslinglokaliteter.

Fordelen med å kunne anvende elvemusling som et ledd i naturovervåkingen er artens høye krav til vannkvalitet og habitat. Spesielt interessant er det at elvemuslingen kan oppnå en imponerende høy levealder (150-300 år). Selv om rekrutteringen har vært helt fraværende i mange år vil bestander av elvemusling kunne ta seg opp igjen så sant årsaken til bestandsnedgangen blir fjernet. Elvemusling er avhengig av laks eller ørret i et obligatorisk stadium som

muslingens larver må ha på fiskeungenes gjeller (Larsen 2005). Elvemusling kan derfor bare overleve på lang sikt i vassdrag som samtidig har en god bestand av laks eller ørret.

I handlingsplanen for elvemusling (Direktoratet for naturforvaltning 2006) er målet for arbeidet med forvaltning av arten i et langsiktig perspektiv at den skal finnes i livskraftige populasjoner i hele Norge. Alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes eller forbedres. En bestand av elvemusling som opprettholder naturlig rekruttering vil være det synlige beviset på god vannkvalitet og god økologisk status. Dette sikrer elvemuslingen på lang sikt, og opprettholder samtidig tilstedeværelsen av mange andre sårbare arter.

I forslaget til nasjonalt overvåkingsprogram for elvemusling ble det foreslått 16 vassdrag som skulle prioriteres med undersøkelser etter en felles metode (**figur 1**; Larsen mfl. 2000a; 2007). Programmet startet allerede i 2000 etter utprøving av metoder i to av vassdragene i 1999. Første runde med basisundersøkelser ble fullført i løpet av 2005/2006. Ett av tiltakene i handlingsplanen er å videreføre det påbegynte overvåkingsprogrammet etter samme metode og omfang. Intensjonen for arbeidet videre framover er at alle vassdragene skal undersøkes med fem-sju års mellomrom.



Figur 1. Lokalteter som inngår i det nasjonale overvåkingsprosjektet for elvemusling i Norge.

Enningdalselva er ett av vassdragene i Verneplan IV (NOU 1991), og Enningdalselva har meget store verneverdier i landssammenheng. Vassdraget er et nordisk vernevassdrag, og et nasjonalt laksevassdrag. Vassdraget har en rik fiskefauna, og mer enn 120 arter virvelløse ferskvannsdyr er identifisert i Enningdalselva nedstrøms Bullaresjøen (Afzelius & Hardeng 1995). En av disse artene er elvemusling.

De første opplysningene om elvemusling i Enningdalselva stammer fra begynnelsen av 1800-tallet. Laksefisket på Berby var meget viktig på denne tiden, og "i elven fisket man ogsaa dengang perler" (Bakke 1915). Ett av Oslos gullsmedfirmaer opplyste i 1890 at det i de siste 55 år hadde kjøpt inn norske perler for ca 1000 kr årlig (Taranger 1890). Perlene ble fisket bl.a. i Berbyelven ved Fredrikshald som er nevnt blant flere andre lokaliteter. Noen hundre meter fra elva under en steinhelle finnes fortsatt hauger med tomme skall som vitner om tidligere tiders perlefiske (Fredrikstad Blad 24. desember 1996). Det var få opplysninger om elvemusling i vassdraget før Eriksson mfl. (1986) fant elvemusling på norsk side i forbindelse med sine undersøkelser i Göteborgs og Bohus län. Elvemuslingen fantes tidligere også på svensk side i Långevallsälven (mellom Norra og Södra Bullaresjön), Kynne älv, Sögårdsbäcken og Torpbäcken, men forsvant med sannsynlig årsak i økende forsurening. Elvemusling nevnes for øvrig i mange rapporter og generelle beskrivelser fra vassdraget, men opplysninger om bestandsstørrelse, tetthet og annet mangler (bl.a. Hardeng 1982, Afzelius & Hardeng 1995). Kunnskapen om arten i Enningdalselva var derfor mangelfull, og det utløste en kartlegging av bestanden i 1996 for å beskrive status for arten i Enningdalselva (Larsen & Karlsen 1997). Elvemusling ble funnet på strekningen fra utløpet av Norra Bullaresjön til utløpet av Ørbekken der Enningdalselva blir brakkvannspåvirket. Det var få individer på strekningen mellom Kirkevatnet og Mjølnerødfossen, og det var en strekning på ca 1,5 km i dette området der arten ikke ble påvist. Populasjonen telte minst 170.000 individ, og de yngste individene som ble observert var 10-14 år i 1996.

Enningdalselva ble etter dette tatt inn i det nasjonale overvåkingsprogrammet for elvemusling i 2001, og det ble gjennomført en ny kartlegging som ledd i en langsiktig overvåking av bestanden (Larsen mfl. 2002a). Det var en gjennomsnittlig tetthet på 1,60 individer pr. m² i vassdraget i 2001, og bestanden ble beregnet til minimum 283.000 individer. Dette var en økning i antall muslinger, og det ble også påvist muslinger mindre enn 50 mm som viste at rekrutteringen var i ferd med å ta seg opp igjen. Det ble vist at bestanden av elvemusling i Enningdalselva besto av to atskilte populasjoner som skilte seg fra hverandre med hensyn til vekst, livssyklus og ulik vertsfisk for muslinglarvene. Populasjonen i øvre del av vassdraget mellom Kirkevatnet og N. Bullaresjön kunne stå i fare for å forsvinne i løpet av få år, og antall muslinger gikk ned fra 1996 til 2001 (Larsen mfl. 2002a). Senere er det bekreftet i en svensk inventering funn av elvemusling ved Holtet der det ble funnet 19 levende muslinger, men også så mye som 18 tomme skall i mai 2005 (Andersson mfl. 2005 referert i Länsstyrelsen Västra Götalands län 2006).

Det ble gjennomført en ny undersøkelse i 2008 for å følge utviklingen i Enningdalselva innenfor rammen av det nasjonale overvåkingsprogrammet. Foreliggende rapport gjengir resultatene av disse undersøkelsene.



Elvemusling i nedre del av Enningdalselva. For å kunne telle muslinger på telleflatene ble det lagt ut kjettinger for å avgrense arealet i mindre tellestriper. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

2 Område

Enningdalselva har et nedslagsfelt på ca 780 km², og middelvannføringen er 10,3 m³/s. Enningdalselva er beskrevet flere steder, og en kort oppsummering vil bli gitt her med bakgrunn i bl.a. Borgstrøm mfl. (1974), Hardeng (1989), Eie mfl. (1991), Larsen & Karlsen (1997), Hardeng (2000), Larsen mfl. (2002a) og www.enningdalselven.com.

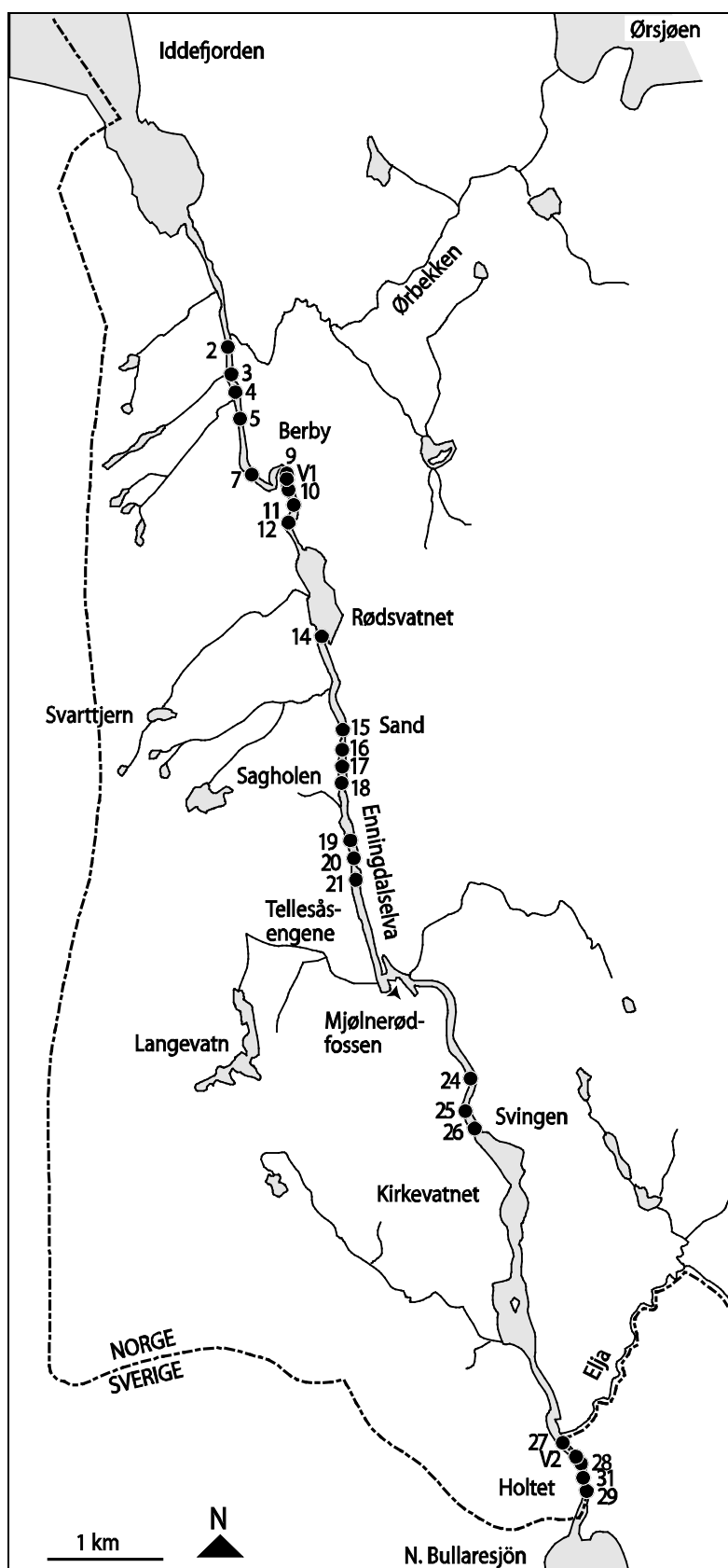
Enningdalselva har sine kilder fra Nordre (173 moh.) og Søre Boksjø (166 moh.) i Aremark og Halden kommuner på grensa mot Sverige. Fra Boksjøene heter elva Hallerudelva sørover til Kornsjøene (141-134 moh.) før den renner vestover som Kynne älv ned til Södra Bullaresjön (44 moh.) og Norra Bullaresjön (38 moh.). Utløpet av N. Bullaresjön danner riksgrensen mot Sverige ved Holtet før vassdraget i sin helhet går inn i Norge. Elva heter nå Enningdalselva videre ned til utløpet i Iddefjorden - en strekning på nær 14 km som inkluderer de to innsjøene Kirkevatnet (37 moh.) og Rødsvatnet (17 moh.). Den egentlige elvestrekningen er i underkant av 11 km, og er det som inngår i denne undersøkelsen (**figur 2**). Elva har et fall på 20 m på den ca 5 km lange strekningen mellom Kirkevatnet og Rødsvatnet. Fra Rødsvatnet ned til Ørbekken blir fallet 17 m på 2,5 km slik at elva har større vannhastighet og er langt striere på den nedre delen ved Berby.

Landskapet er småkupert skogsterreng i øvre deler og kulturlandskap med gårdsbebyggelse i Enningdalen. Nedbørsfeltet preges av barskog med innslag av løvskog (ca 70 %), overveiende sure næringsfattige vatn (11 %), myr (11 %) og dyrket mark (ca 8 %) (Olofsson 1986 referert i Afzelius & Hardeng 1995). Særlig i de nedre deler forekommer det frodig løvskog langs elva.

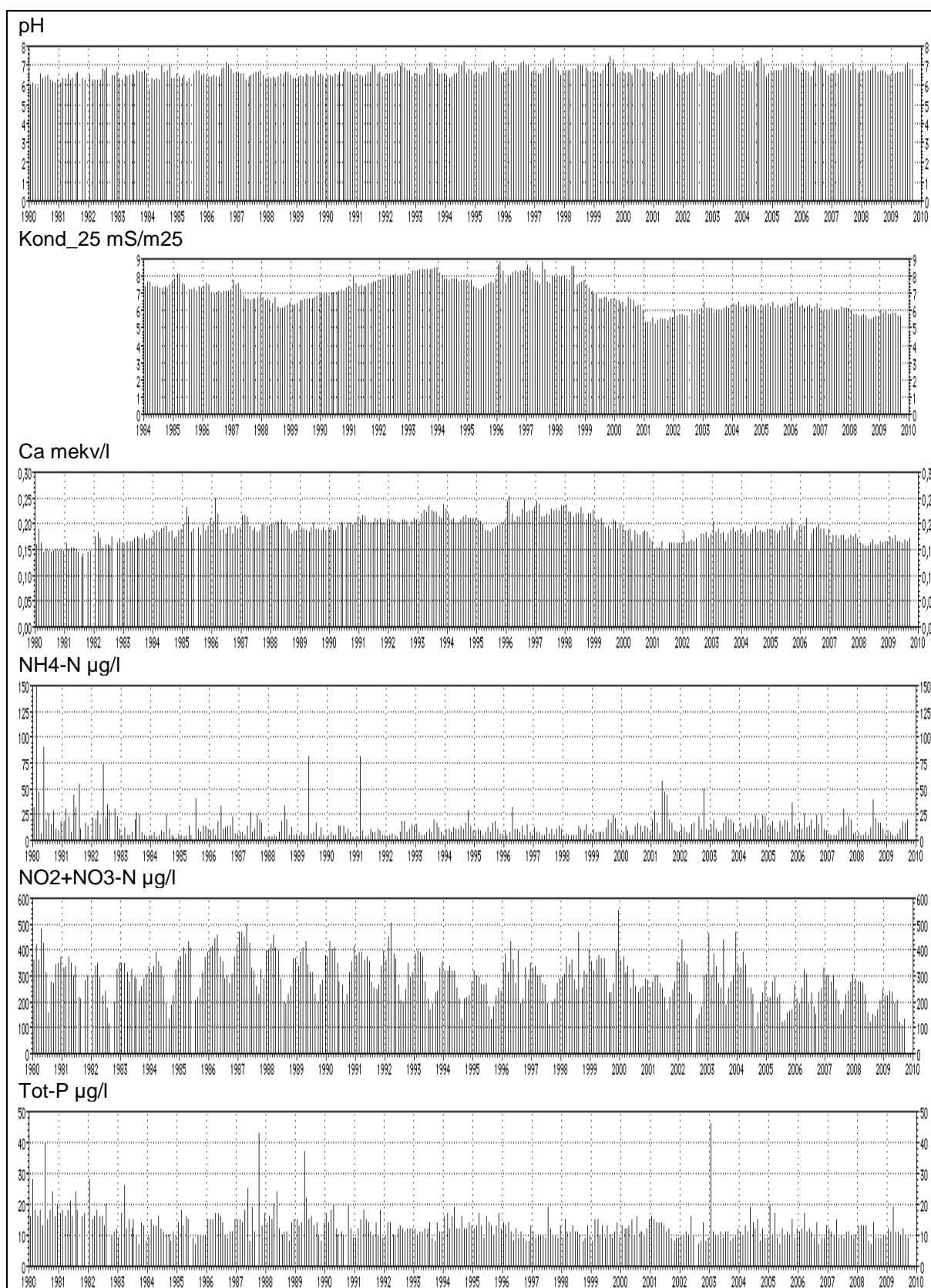


Enningdalselva er stilleflytende ved innløpet til Rødsvatnet som er den ene av de to innsjøene i den lakseførende delen av vassdraget mellom sjøen og Norra Bullaresjön. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Enningdalselva er en middels god lakseelv, og det tas mellom 500 og 1000 kg laks på stang i året. På 1990-tallet ble det årlig satt ut mellom 50.000 og 100.000 laksyngel jevnt fordelt mellom svenskegrensa og utløpet i fjorden (T. Towsen pers. medd.). Fra 1996 ble det ikke lenger tatt ut stamfisk, og all laksyngel i 1997 og senere er et resultat av naturlig rekruttering.



Figur 2. Enningdalselva med lokalisering av stasjoner i forbindelse med undersøkelser av utbredelse og tetthet av elvemusling (2-31), gjelleundersøkelser ungfisk (Berby, Sagholen og Holtet) og vannkjemi (V1 og V2) i 2008.



Figur 3. Vannkvaliteten ved utløpet av N. Bullaresjön publisert på hjemmesidene til Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö (www.slu.se) i databank för vattenkemi. Figurene som er vist er hentet fra [http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi\\$Station?ID=Intro&S=484](http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi$Station?ID=Intro&S=484) der det i tillegg er opplysninger om en rekke andre parametere.

Forsuring og redusert bufferkapasitet var et problem i mange av innsjøene i nedslagsfeltet i det minste fra 1950-tallet og fram til 1980-tallet da kalking ble satt i gang (se Larsen & Karlsen 1997). Den store tilførselen av surt vann fra Boksjø-Kornsjø-systemet påvirket også vannkvaliteten i Bullaresjön der pH sank og hadde et årsgjennomsnitt på 6,0 i 1977 på utløpet av Norra Bullaresjön. Senere har pH økt (**figur 3**), og det har vært en positiv utvikling i Enningdalselva i årene etter kalking av de store innsjøene i nedslagsfeltet. pH varierte i 1995-1996 mellom 6,6 og 7,3 (Fylkesmannen i Østfold, upublisert materiale), og vassdraget hadde en god og stabil vannkvalitet fra Holtet til utløpet i sjøen (Larsen & Karlsen 1997). Vannkvaliteten i de nedre deler av vassdraget preges generelt av høy pH og god bufferkapasitet på grunn av store marine avsetninger, leire og skjellsandbanker (Rekstad 1931).

I Södra Bullaresjön ble det i mange år drevet et kommersielt oppdrettsanlegg for regnbueørret. Dette anlegget tilførte store mengder næringsstoff til innsjøen gjennom hele 1980-tallet (Larsen & Karlsen 1997). Tilførselen av næringsstoff var derfor høyere enn forventet ved utløpet av N. Bullaresjön, og ga også forhøyede verdier i Enningdalselva (jf. **figur 3**). Det var en bedring i vannkvaliteten mot midten av 1990-tallet, men vannkvaliteten ble fortsatt klassifisert som "mindre god" (jf. Andersen mfl. 1997) med hensyn til mengde total fosfor og total nitrogen.

3 Metode og materiale

Enningdalselva ble delt inn i fem strekninger av Larsen & Karlsen (1997), og de samme betegnelsene benyttes også i denne rapporten:

- Strekning 0: Iddefjorden til Ørbekken (brakkvannsområde) - 1250 m
- Strekning 1 (stasjon 2-12): Utløpet av Rødsvatnet til Ørbekken - 2600 m
- Strekning 2 (stasjon 14-21): Mjølnerødfossen til innløp Rødsvatnet - 3250 m
- Strekning 3 (stasjon 24-26): Utløp Kirkevatnet til Mjølnerødfossen - 1950 m
- Strekning 4 (stasjon 27-31): Utløpet av N. Bullaresjön til innløp Kirkevatnet - 1800 m

Feltarbeidet i Enningdalselva ble gjennomført 17.-22. juni 2008 på moderat lav vannføring. Vannføringen var imidlertid høy ved innsamlingen av fisk 13. mai 2008, og dette vanskeliggjorde innsamlingen slik at antall fisk ble lavere enn ønskelig. I tillegg ble det samlet inn fisk 4. november 2003 og 28. april 2004 som også inkluderes i rapporten.

I forbindelse med prosjektet ble det tatt vannprøver fra to stasjoner i Enningdalselva (Berby, stasjon V1 og Holtet, stasjon V2, **figur 2**) i mai og juni 2008. I tillegg er det inkludert resultatet av en vannprøve som ikke tidligere er rapportert fra november 2003. Prøvene ble samlet på 250 eller 500 ml vannflasker, og analysert få dager etter prøvetaking på analyselaboratoriet ved NINA (t.o.m. 2005) eller Analysesenteret i Trondheim (f.o.m. 2006).

Tetthet av fiskeunger ble ikke undersøkt i forbindelse med overvåkingen av elvemusling, da det foreligger data fra ungfiskundersøkelser i 1997 (Saltveit 1998), 1999-2005 (Saltveit 2002; 2004; 2006) samt i 2009 (Saltveit upubl.) som refereres i denne rapporten. Det ble hvert år undersøkt 11-12 stasjoner på til sammen mellom 1400 og 2500 m² fordelt langs hele elvestrengen.

Det er samlet inn fisk fra tre adskilte områder i Enningdalselva for kontroll av antall muslinglarver på fiskens gjeller: Berby (strekning 1), Sagholen (strekning 2) og Holtet (strekning 4) (**figur 2**). I mai 2008 ble det tatt vare på 32 ettårige laksunger og 12 toårige laksunger til sammen (to stasjoner ved Berby og en stasjon ved Sagholen). Bare tre ørretunger ble fanget til sammen – alle ved Sagholen. I april 2004 ble det fanget 9 ettårige laksunger og 6 ett-, to- eller treårige ørretunger til sammen ved Berby samt 5 toårige ørretunger ved Holtet. I november 2003 ble det fanget 15 laksyngel (0+), 5 ettårige laksunger, 8 ørretyngel (0+), 4 ett- eller toårige ørretunger og 3 gullbust ved Berby samt 2 ettårige laksunger, 1 ørretyngel (0+) og 15 ettårige ørretunger ved Holtet. All fisk ble fiksert på 4 % formaldehyd uten nærmere undersøkelser i felt.

All fisk ble senere undersøkt under lupe på laboratoriet med hensyn til forekomst av muslinglarver. Gjellene på begge sider av fisken ble dissekert ut, og på fisk med få muslinglarver ble antallet talt opp på alle gjellebuene. På fisk med mange muslinglarver derimot ble antall muslinglarver normalt bare talt opp på gjellene på fiskens venstre side. Totalt antall muslinglarver er i de tilfellene angitt som det dobbelte da antall larver er om lag det samme på begge sider av fisken (B.M. Larsen upublisert materiale). Resultatene er presentert ved bruk av termene prevalens (prosentandel infiserte fisk av totalantallet fisk undersøkt), abundans (gjennomsnittlig antall parasitter på all fisk undersøkt, dvs. snitt av både infiserte og uinfiserte fisk) og infeksjonsintensitet (gjennomsnittlig antall muslinglarver på infisert fisk) i henhold til Margolis mfl. (1982).

Undersøkelse av utbredelse og tetthet av elvemusling er gjennomført ved direkte observasjon (bruk av vannkikkert) og telling av synlige individer (Larsen & Hartvigsen 1999). Det ble valgt ut 24 stasjoner i Enningdalselva som ble undersøkt med varierende grad av nøyaktighet i juni 2008 (**figur 2**). På 15 av stasjonene ble det undersøkt en avgrenset flate på 100 m² (10 x 10 m). Flatene ble lagt langs den ene elvebredden og om lag halvveis ut i elveløpet. Flatene ble delt opp i mindre "tellestriper" ved hjelp av kjettinger. Det ble skilt mellom levende individ og tomme skall (døde dyr). Telling i hele transekter ble forsøkt i 1996, men det var vanskelig å gjennomføre med stor nok nøyaktighet da vassdraget er 20-30 m bredt. Den generelle metoden for transekttellinger ble derfor fraveket i Enningdalselva.

I tillegg til flatetellinger ble det gjennomført tidsbegrensede tellinger av 15 minutters varighet ("fritelling") på hver av de 15 stasjonene. I de fleste tilfeller (12 av 15 stasjoner) ble det gjennomført to tellinger fordelt med en telling ovenfor og en telling nedenfor arealet. Det ble i tillegg gjennomført fritellinger av 15-45 minutters varighet på ytterligere ni stasjoner i vassdraget. Innsjøene inngikk ikke i undersøkelsesområdet. Også en ca 2 km lang elvestrekning ved Mjølnærødfossen og deler av vassdraget ovenfor Rødsvatnet var stilleflytende med dype partier, og ble utelatt.

Det ble samlet inn levende elvemusling for lengdemåling på fire stasjoner (stasjon 2 og 5 på strekning 1, stasjon 17 på strekning 2 og stasjon 28 på strekning 4). På stasjon 2, 5 og 17 ble alle individ innenfor et nærmere definert areal (avgrenset med kjetting) plukket opp. Området ble undersøkt detaljert ved at steiner ble flyttet unna, og det ble gravd forsiktig i den øverste delen av substratet. Det ble gjennomført henholdsvis 6,0, 4,5 og 8,2 m² på stasjon 2, 5 og 17 på denne måten. På stasjon 28 ble bare de "50 første" muslingene lengdemålt da antall muslinger var lavt, og muslinger til lengdemålingen måtte letes opp på et stort areal. Det ble samlet inn 442 elvemusling til sammen på de fire stasjonene. Alle levende elvemuslinger ble målt med skyvelære til nærmeste 0,1 millimeter før de ble satt tilbake i substratet. I tillegg ble det lengdemålt tomme muslingskall som ble samlet inn spredt langs hele vassdraget (stasjon 2-31, N = 391).

Hos unge individer er tilvekstringene i skallet tilstrekkelig definert slik at man med stor pålitelighet kan skille dem fra hverandre (Ziuganov mfl. 1994). Alder kan derfor bestemmes ved direkte telling av antall vintersoner i skallet; definert som mørke ringer mellom to lyse sommersoner. Aldersbestemmelse ble foretatt på 19 muslinger i 2008 fordelt med åtte individ fra stasjon 2 og 11 individ fra stasjon 5 (begge fra strekning 1). For individer som ble aldersbestemt ble lengden av hver vintersone (=årringsdiameter) målt til nærmeste 0,1 mm. I tillegg er det inkludert 18 individ som ble samlet inn i 1996 (se Larsen & Karlsen 1997) og 10 individ i 2001 (se Larsen mfl. 2002a).

4 Resultat

4.1 Vannkvalitet

Enningdalselva har en relativt stabil vannkvalitet og ingen forsuringsproblemer er avdekket på 2000-tallet i denne undersøkelsen (**tabell 1**), eller ved annen overvåking som foregår i vassdraget (se www.slu.se). pH-verdier målt i øvre og nedre del var 6,6-6,8 i 2008. Dette gjenspeiler seg også

i moderat høy alkalitet og relativt høy konsentrasjon av kalsium; henholdsvis 99-113 $\mu\text{ekv/l}$ og 3,0-3,2 mg/l .

Enningdalselva hadde en relativt høy vannfarge med et gjennomsnitt på henholdsvis 61 og 58 mg Pt/l ved Holtet og Berby i 2008 (**tabell 1**). Dette skyldes i vesentlig grad humussyrer fra naturlig avrenning fra myr og skogsmark i nedslagsfeltet. Elva har i perioder moderat til høy turbiditet spesielt i nedre del med verdier som veldig ofte er større enn 1,5 FTU. Dette er et uttrykk for den grad av uklarhet eller grumsethet som skyldes suspenderte partikler. I lavlandsområder med marin leire kan elver bli blakket av leirpartikler. Dette er i noen grad knyttet til vannføringen, og turbiditeten er normalt høyest ved Berby.

Fosfor og nitrogen er de vanligste næringsstoffene som tilføres vassdraget både naturlig fra skog, myr og utmark og som utslipp fra landbruk og bosetting. Nitratinnholdet varierte mellom 140 og 230 $\mu\text{g/l}$ i 2008, og var om lag det samme som i 2001. Nitratinnholdet var noe høyere ved Holtet enn ved Berby på begge måletidspunktene i 2008. Totalt nitrogeninnhold, som også omfatter ammonium, nitritt og organisk bundet nitrogen, var til sammenligning 385-980 $\mu\text{g/l}$ nederst i vassdraget i 1995-96 (Fylkesmannen i Østfold upubl. materiale). Konsentrasjonen av total nitrogen var høy (Løvstad 1994), og faller inn under vannkvalitetsklasse "mindre god" til "dårlig" i henhold til klassifisering av miljøkvaliteter i ferskvann gitt av Statens forurensningstilsyn (se Andersen mfl. 1997). Det er en tendens til at tilførselen av næringsstoff har avtatt den siste 10-årsperioden.

Konsentrasjonen av total fosfor var henholdsvis 8,2 og 8,3 $\mu\text{g/l}$ i gjennomsnitt ved Holtet og Berby i 2008 (**tabell 1**). I 1995 og 1996 var gjennomsnittsverdien ca 12 $\mu\text{g/l}$ nederst i vassdraget (Fylkesmannen i Østfold upubl. materiale). Dette tilsvarer en overgang fra vannkvalitetsklasse "mindre god" i 1995-96 til "god" på 2000-tallet.

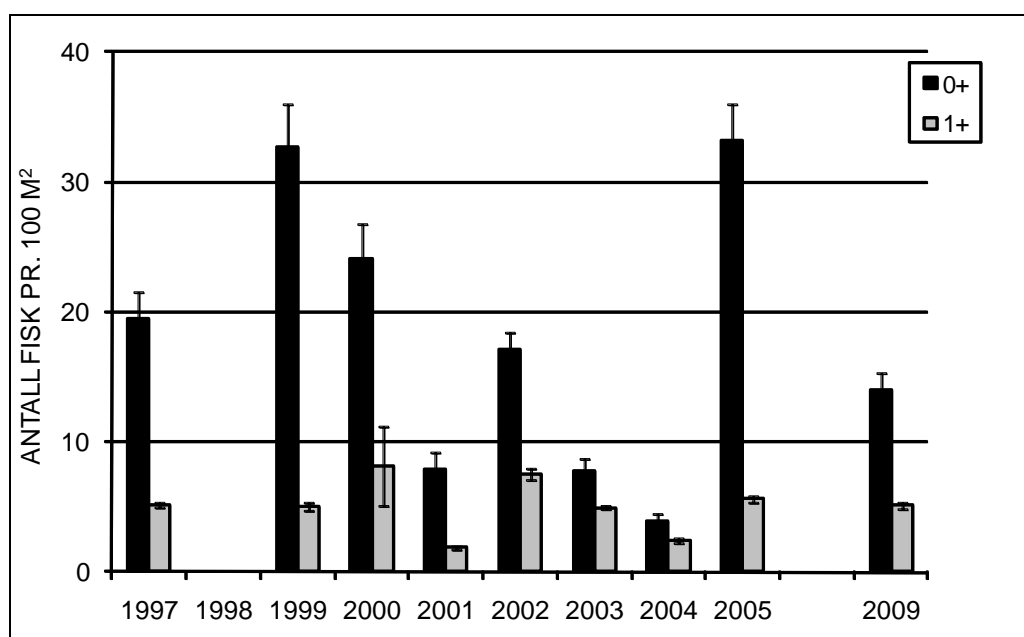
Tabell 1. Vannkvaliteten i Enningdalselva i 1996-2008 angitt ved turbiditet (Turb, FTU), fargetall (Farge, mg Pt/l), konduktivitet (Kond, $\mu\text{S/cm}$), pH, alkalitet (Alk, $\mu\text{ekv/l}$), kalsium (Ca, mg/l), natrium (Na, mg/l), klorid (Cl, mg/l), nitrat (NO_3 , $\mu\text{g/l}$), total fosfor (Tot-P, $\mu\text{g/l}$), totalt syrereaktivt aluminium (Tr-Al, $\mu\text{g/l}$) og uorganisk monomert aluminium (Um-Al, $\mu\text{g/l}$).

Dato	FTU	mg Pt/l	$\mu\text{S/cm}$		$\mu\text{ekv/l}$	mg/l	mg/l	mg/l	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
	Turb	Farge	Kond	pH	Alk	Ca	Na	Cl	NO_3	Tot-P	Tr-Al	Um-Al
Berby												
18.07.96	2,30	37	76,3	6,81	131	4,26	6,98	11,81	202	-	58	2
01.10.96	0,56	34	76,1	6,68	130	4,32	7,02	11,67	228	-	79	7
24.08.01	1,65	65	51,1	6,65	107	3,03	4,82	7,44	129	9,2	157	0
08.10.01	2,21	74	56,7	6,78	131	3,52	5,13	7,69	204	9,0	185	3
04.11.03	6,24	62	66,4	6,66	118	4,07	5,67	10,55	680	9,0	291	3
13.05.08	1,70	61	56,0	6,75	99	3,04	5,92	8,70	190	9,0	152	9
20.06.08	1,50	54	58,0	6,65	113	3,21	5,55	8,72	140	7,5	118	4
Gj.snitt	2,31	55	62,9	6,71	118	3,64	5,87	9,51	253	8,8	149	4
Holtet												
18.07.96	1,40	37	76,8	6,75	134	4,25	6,89	11,84	238	-	56	3
01.10.96	0,42	25	77,9	6,76	141	4,55	7,11	11,67	252	-	33	5
24.08.01	0,97	51	52,7	6,84	111	3,17	4,74	7,47	173	6,0	97	2
08.10.01	2,25	57	53,1	6,77	110	3,16	5,18	7,89	231	5,2	122	3
04.11.03	1,45	48	60,3	6,80	127	3,59	5,84	9,78	323	6,7	114	1
13.05.08	1,50	65	56,0	6,66	107	3,20	5,60	8,84	230	9,0	177	10
17.06.08	1,10	56	57,0	6,59	107	3,13	5,49	8,66	160	7,3	138	6
Gj.snitt	1,30	48	62,0	6,74	120	3,58	5,84	9,45	230	6,9	105	3

4.2 Ungfisk

4.2.1 Ungfisktetthet og vekst

Laks er dominerende fiskeart i Enningdalselva (Bruun 1989, Dervo 1990, Saltveit 1998; 2002; 2004; 2006; Saltveit upubl.). Laks forekom i lav til moderat høy tetthet i Enningdalselva i 1997-2009 (Saltveit 2006, Saltveit upubl.), men den gjennomsnittlige tettheten av årsyngel (0+) har variert mye (**figur 4**). Den var høyest i 1999 (33 individ pr. 100 m²) og i 2005 (34 individ pr. 100 m²). De laveste tetthetene ble beregnet i 2001, 2003 og 2004 da det alle år var mindre enn 10 individ pr. 100 m². Høy vannføring under elfisket var imidlertid medvirkende til det dårlige resultatet i 2004. Tettheten av ett-årige laksunger (1+) var mellom 2 (2001) og 8 (2000) individ pr. 100 m² (**figur 4**, Saltveit upubl.).



Figur 4. Gjennomsnittlig tetthet av laksyngel (0+) og eldre laksunger (1+) på strykstrekninger i Enningdalselva høsten 1997, 1999-2005 og 2009. Fra Saltveit (upubl.). Det var ingen undersøkelser i 1998 eller i 2006-2008.

Veksten til laksungene i Enningdalselva er svært god. Laksyngelen var i gjennomsnitt 67-78 mm lange i 1997-2005 (Saltveit 2006). Ett-årige laksunger var større enn 110 mm, med en gjennomsnittslengde på 125-138 mm. De fleste laksungene smoltifiserer etter to vekstsesonger.

Den totale tettheten av ørret (alle årsklasser) var svært lav i Enningdalselva i hele perioden 1997-2005 (Saltveit 2006). I 1997, 2002, 2003 og 2004 ble tettheten beregnet til om lag ett individ pr. 100 m². Tettheten var høyest i 2005 med 1,6 individ pr. 100 m², men ørret ble ikke funnet på alle lokaliteter. Det varierer litt mellom år hvor i vassdraget det fanges flest ørretunger, men normalt er ørret mest tallrik i nedre deler (ved Berby) og i øvre deler (ved Svingen).

Enningdalselva har en artsrik fiskefauna, bestående av minst 12 arter (Saltveit 2002). I tillegg til laks og ørret er det også påvist laue, ørekyte, mort, gullbust, vederbuk, ål, abbor, hork, gjedde og niøye. I juni 2008 ble det gjort flere observasjoner av havniøye i vassdraget.

4.2.2 Muslinglarver på gjellene

Resultater fra alle tellinger av muslinglarver på gjellene av ulike fiskearter i Enningdalselva er vist i **tabell 2**. Det har vært vanskelig å få et tilstrekkelig antall fisk på de tre lokalitetene på alle tidspunkt, og generelt var det lite ørret i vassdraget. Det er nødvendig å se på resultatet atskilt for de ulike fiskeartene, og det er viktig å vurdere resultatet som er funnet ut fra tidspunktet som innsamlingen er foretatt på.

Strekning 1 Berby

I begynnelsen av oktober 2001 ble det funnet muslinglarver på alle laksungene ved Berby (**tabell 2**). Samtidig ble det funnet muslinglarver på en hork og to gullbust, men ingen ting på gjedde. Tilsvarende resultat fant vi også i begynnelsen av november 2003 da alle laksungene ved Berby var infisert med muslinglarver samtidig som det ble funnet muslinglarver på tre gullbust. Gytingen hos elvemusling var enda ikke avsluttet i oktober 2001, og alle muslinglarvene hadde ikke rukket å kapsle seg inn enda. Larvene på hork og gullbust ville derfor med stor sannsynlighet falle av etter kort tid. På laksungene derimot økte antallet muslinglarver utover høsten, og i slutten av november 2001 var det henholdsvis 73 og 114 individ i gjennomsnitt på 0+ og 1+ laks.

Det forventes at en del av muslinglarvene faller av i løpet av vinteren eller våren (jf. Larsen & Hårsaker 2001). Det var likevel flere laksunger som hadde mistet alle muslinglarvene på gjellene enn forventet ved Berby våren 2000 og 2001. Det var liten forskjell mellom de to årene, og 38-50 % av de ett-årige laksungene og 14-25 % av de to-årige laksungene var infisert. Senere år har prevalensen vært vesentlig høyere enn dette. I 2004 var alle de ettårige laksungene som ble undersøkt infisert med muslinglarver, og i 2008 var prevalensen henholdsvis 57 og 67 % for ett- og toårige laksunger. Det var i gjennomsnitt 14 og 64 muslinglarver på de ett- og toårige laksungene i mai 2008. Størst antall på en enkelt fisk var 309 muslinglarver.

Det var lite ørret ved Berby, og bare to individer ble undersøkt i mai 2001. Ingen av disse hadde muslinglarver på gjellene. I april 2004 var en av seks ørretunger infisert, men bare med to muslinglarver. Selv om alle ørretungene ble infisert om høsten med et høyt antall muslinglarver (jf. november 2003, **tabell 2**) ser det ut til at de fleste larvene har falt av etter kort tid. Bare enkelte ørretunger var fortsatt infisert om våren, og bare med et fåtall muslinglarver sammenlignet med laksungene på samme lokalitet.

Strekning 2 Sagholen

Mellom Mjølnerødfossen og Rødsvatnet ble det våren 2000 funnet muslinglarver på laks i lite antall på 30 % av de ettårige laksungene, men det var ingen muslinglarver på laks verken i mai eller oktober 2001 (**tabell 2**). Resultatet fra våren 2001 var noe overraskende, men antallet fisk som ble undersøkt var relativt lite. I begynnelsen av oktober 2001 viste det seg imidlertid at elvemuslingen ikke hadde gytt enda ved Sagholen. Gytingen var noe senere her sammenlignet med strekningen ved Berby (se avsnitt 4.3.6), og laksungene hadde ikke rukket å bli infisert på innsamlingstidspunktet. I november 2003 derimot var begge de to laksungene som ble undersøkt infisert, og i mai 2008 ble det også påvist muslinglarver i lite antall på gjellene til ett- og toårige laksunger.

Ørret forekom i svært lav tetthet på strekning 2, og bare tre ørretunger er samlet inn i mai 2008. Ingen av disse hadde imidlertid muslinglarver på gjellene.

Strekning 4 Holtet

Det er undersøkt 34 laksunger til sammen ved tre ulike anledninger ved Holtet (april 2000, oktober 2001 og november 2003). Ingen av laksungene hadde imidlertid muslinglarver på gjellene. Det var lav tetthet av ørretunger i området, og bare tre årsyngel (0+) og en ett-årig ørret ble fanget i oktober 2001. Det var imidlertid muslinglarver på tre av ørretungene, selv om antall muslinglarver var lavt og 20 glochidier var høyeste antall på en enkelt fisk (**tabell 2**). Muslingene ved Holtet hadde gytt allerede i første halvdel av september 2001 (se avsnitt 4.3.6), og

muslinglarvene var derfor ganske store allerede i begynnelsen av oktober. Fravær av muslinglarver både på laks, gjedde, abbor, ål og ørekyte kan tyde på at larvene har falt av etter kort tid og ikke utviklet seg på normal måte på disse artene. Dette kan tyde på at muslinglarvene bare utvikler seg på ørret på strekningen ved Holtet. Senere er det imidlertid undersøkt ytterligere 21 ørret i november 2003 og april 2004 uten å finne muslinglarver på noen av ørretungene.

Selv om det er usikkerhet knyttet til ørreten som vertsfisk ved Holtet ser det likevel ut til at ørret er primærvert for muslinglarvene på strekning 4 (Holtet), og at laks er primærvert på strekning 1 og 2 (Berby og Sagholen).

Tabell 2. Registreringer av muslinglarver på ungfisk av ørret og laks (gjellene på begge sider) i Enningdalselva i 2000, 2001, 2003, 2004 og 2008. Infeksjonen av muslinglarver er presentert som prevalens (prosentandel av undersøkt fisk som er infisert), abundans (gjennomsnittlig antall larver på all fisk undersøkt) og intensitet (gjennomsnittlig antall larver på infisert fisk). N = totalt antall fisk samlet inn; Maks = maksimum antall muslinglarver på enkeltfisk; SD = standardavvik.

Strekning	Art	År	Dato	Alder	N	Prevalens (%)	Abundans Gjsnitt ± SD	Intensitet Gjsnitt ± SD	Maks
1 Berby	Laks	2000	13.04.	1+	21	38,1	1,1 ± 2,8	3,0 ± 4,1	13
			13.04.	2+	7	14,3	83,4 ± 220,7	584,0	584
		2001	11.05.	1+	8	50,0	12,0 ± 30,0	24,0 ± 41,4	86
			11.05.	2+	4	25,0	0,5 ± 1,0	2,0	2
			08.10.	0+	10	100,0	14,9 ± 5,1	14,9 ± 5,1	22
			08.10.	1+	8	100,0	41,6 ± 24,0	41,6 ± 24,0	81
			28.11.	0+	5	80,0	58,2 ± 69,7	72,8 ± 71,2	172
			28.11.	1+	10	100,0	114,1 ± 288,8	114,1 ± 288,8	935
		2003	04.11.	0+	15	100,0	57,3 ± 28,1	57,3 ± 28,1	140
			04.11.	1+	5	100,0	383,6 ± 115,9	383,6 ± 115,9	478
		2004	28.04.	1+	9	100,0	187,8 ± 94,0	187,8 ± 94,0	334
			13.05.	1+	21	57,1	7,8 ± 15,9	13,7 ± 19,3	49
	Ørret	2001	13.05.	2+	9	66,7	42,7 ± 101,5	64,0 ± 121,8	309
			11.05.	2+	2	0	0	0	0
		2003	04.11.	0+	8	100,0	53,5 ± 26,5	53,5 ± 26,5	84
			04.11.	1+/2+	4	100,0	198,0 ± 204,8	198,0 ± 204,8	470
		2004	28.04.	1+/2+/3+	6	16,7	0,3 ± 0,8	2,0	2
	Gjedde	2001	08.10.	-	1	0	0	0	0
	Hork	2001	08.10.	-	1	100,0	12,0	12,0	12
	Gullbust	2001	08.10.	-	2	100,0	28,0 ± 31,1	28,0 ± 31,1	50
		2003	04.11.	-	3	100,0	34,0 ± 20,3	34,0 ± 20,3	56
2 Sagholen	Laks	2000	13.04.	1+	10	30,0	0,4 ± 0,7	1,3 ± 0,6	2
			13.04.	2+	3	0	0	0	0
		2001	11.05.	1+/2+	8	0	0	0	0
			08.10.	0+	10	0	0	0	0
			08.10.	1+	5	0	0	0	0
		2003	04.11.	0+	2	100,0	3,0 ± 1,4	3,0 ± 1,4	4
			13.05.	1+	11	36,4	0,8 ± 1,5	2,3 ± 1,9	5
		2008	13.05.	2+	3	33,3	1,0 ± 1,7	3,0	3
	Ørret	2008	13.05.	1+/3+	3	0	0	0	0
4 Holtet	Laks	2000	13.04.	1+	12	0	0	0	0
		2001	08.10.	0+	12	0	0	0	0
			08.10.	1+	8	0	0	0	0
		2003	04.11.	0+/1+	2	0	0	0	0
	Ørret	2001	08.10.	0+/1+	4	75,0	7,0 ± 9,0	9,3 ± 9,5	20
		2003	04.11.	0+/1+	16	0	0	0	0
		2004	28.04.	2+	5	0	0	0	0
	Gjedde	2001	08.10.	-	3	0	0	0	0
	Abbor	2001	08.10.	-	5	0	0	0	0
	Ål	2001	08.10.	-	3	0	0	0	0
	Ørekyte	2001	08.10.	-	3	0	0	0	0

4.3 Elvemusling

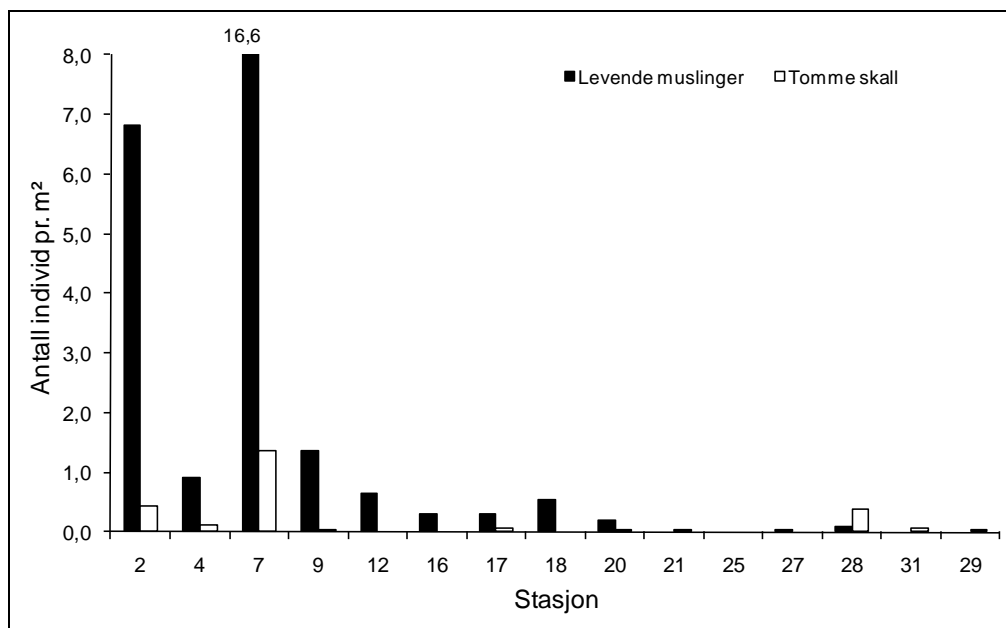
4.3.1 Utbredelse

Elvemusling ble funnet på strekningen fra utløpet av Norra Bullaresjön til utløpet av Ørbekken der elva blir brakkvannspåvirket. Utbredelsen av elvemusling er imidlertid splittet opp av innsjøene Kirkevatnet og Rødsvatnet som til sammen utgjør ca 3 km av elvestrengen. I tillegg renner Enningdalselva langsomt over relativt lange strekninger med bunnsubstrat av grus, sand og mudder. Det er derfor svært få elvemuslinger på strekningen mellom Kirkevatnet og Mjølnærødfossen (strekning 3), og det er en sone på ca 1,5 km på denne strekningen der arten ikke er påvist (Larsen & Karlsen 1997). Dette gir en samlet strekning på ca 8,5 km der elvemusling kan påtreffes.

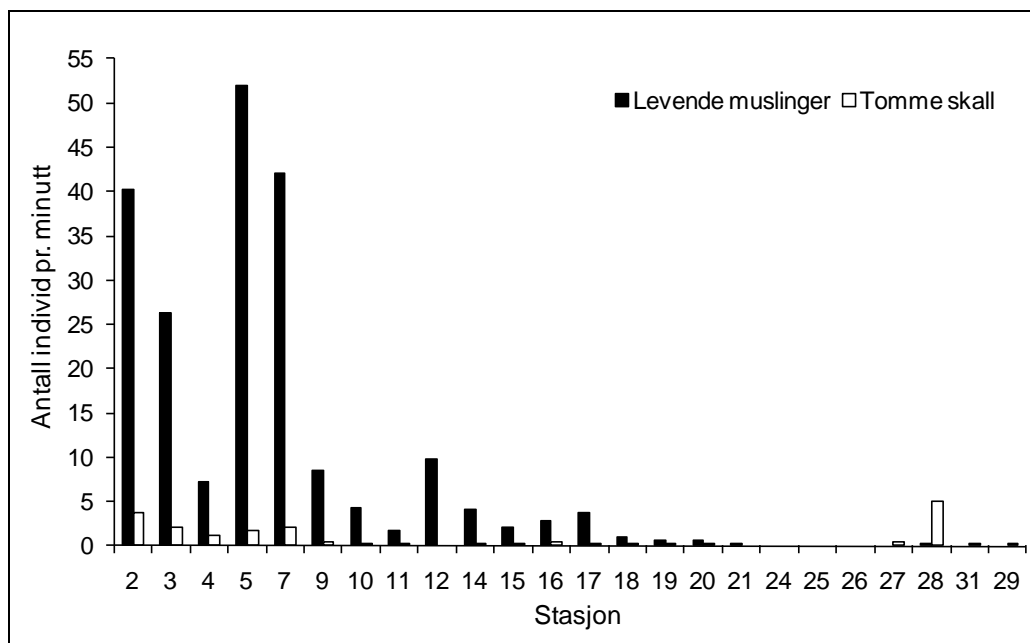
Elvemusling var tidligere vanlig også på svensk side i Långevallsälven (mellom Norra og Södra Bullaresjön), Kynne älv, Sögårdsbäcken og Torpbäcken (I. Olofsson pers. medd.). Årsaken til at muslingene forsvant var antagelig forurensningssituasjonen i området. Elvemusling ble reintrodusert til Långevallsälven, men under en inventering i 2004 ble det ikke gjenfunnet muslinger og alt tyder på at de ikke har klart å etablere seg (Andersson mfl. 2005 referert i Länsstyrelsen Västra Götalands län 2006). På svensk side av grensen finnes det i dag bare et fåtall elvemusling i Remnebäcken (Andersson mfl. 2005 referert i Länsstyrelsen Västra Götalands län 2006).

4.3.2 Tetthet

Gjennomsnittlig tetthet av levende elvemusling på 15 stasjoner (flater) mellom Ørbekken og Holtet var 1,85 individ pr. m² i 2008. Det var størst tetthet på stasjonene ved Berby nederst i vassdraget (strekning 1; stasjon 2-12) med opptil 16,6 individ pr. m² på stasjon 7 (**figur 5, vedlegg 1**). Gjennomsnittlig tetthet av muslinger på strekningen nedenfor Rødsvatnet var 5,26 individ pr. m². Tidsbegrensede tellinger ("fritelling") på de samme stasjonene bekreftet den høye tettheten i denne delen av vassdraget. Antall elvemusling varierte mellom 1,8 og 51,9 individ pr. minutt søketid (**figur 6**) med et gjennomsnitt på 21,3 individ pr. minutt på strekning 1. Til sammenligning var gjennomsnittlig tetthet for hele vassdraget 8,64 individ pr. minutt (**vedlegg 1**).



Figur 5. Tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Enningdalselva basert på tellinger i transekter (oppgitt som antall muslinger pr. m²) i juni 2008. Jf. **vedlegg 1**.



Figur 6. Relativ tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Enningdalselva basert på tidsbegrensede tellinger (oppgitt som antall muslinger pr. minutt) i juni 2008. Jf. **vedlegg 1**.

Ovenfor Rødsvatnet (stasjon 14-21; strekning 2) avtok tettheten betydelig, og det ble ikke funnet muslinger i transektet på stasjon 21. Tidsbegrensede tellinger ("fritelling") på de samme stasjonene bekreftet at tettheten var lav, men påviste elvemusling i lite antall på stasjon 21. Gjennomsnittlig tetthet av muslinger på strekningen mellom Rødsvatnet og Mjølnerødfossen var 0,27 individ pr. m².

På strekningen mellom Mjølnerødfossen og innløpet av Kirkevatnet (strekning 3) ble det funnet tre levende elvemusling like ovenfor Mjølnerødfossen i 1996 (Larsen & Karlsen 1997). Men på stasjonene 24-26 er det ikke funnet levende muslinger verken i 1996, 2001 eller 2008. Det er bare funnet ett tomt skall på stasjon 24 i 1996 og 2001. Elvemusling ser derfor ikke ut til å ha noen fast bestand på denne strekningen.

Mellom Kirkevatnet og N. Bullaresjön (stasjon 27-31; strekning 4) var det bare igjen en liten restbestand av elvemusling i 2008. Gjennomsnittlig tetthet på strekningen var bare 0,02 individ pr. m². Levende elvemusling ble bare funnet på to av de fire stasjonene i 2008, og det var høy overdødelighet med et stort antall tomme skall (jf, **figur 6**). Nedgangen i tetthet var spesielt stor på stasjon 28 der antall levende musling har gått ned fra 1,3 individ pr. m² i 1996 til henholdsvis 0,4 og 0,1 individ pr. m² i 2001 og 2008 (**figur 7**).

Tettheten av muslinger varierte betydelig innenfor transektene. Utbredelsen og tettheten var lavest i de grunne partiene av elva, og i enkelte år har det forekommet overdødelighet på grunn av innfrysing eller ekstrem flom (Larsen mfl. 2002a). Dette gjør at enkelte transekter kan ha en større tetthet enn nærliggende områder der fritellingene ble gjennomført og omvendt. Det er tidligere likevel funnet en sammenheng når tettheten av muslinger i transekter eller telleflater sammenlignes med den relative tettheten funnet ved fritellingene (Larsen & Hartvigsen 1999). En oppdatert analyse med data fra 16 vassdrag og 186 uavhengige tellinger kom fram til at den beste sammenhengen var beskrevet av en polynomial kurve uttrykt ved ligningen:

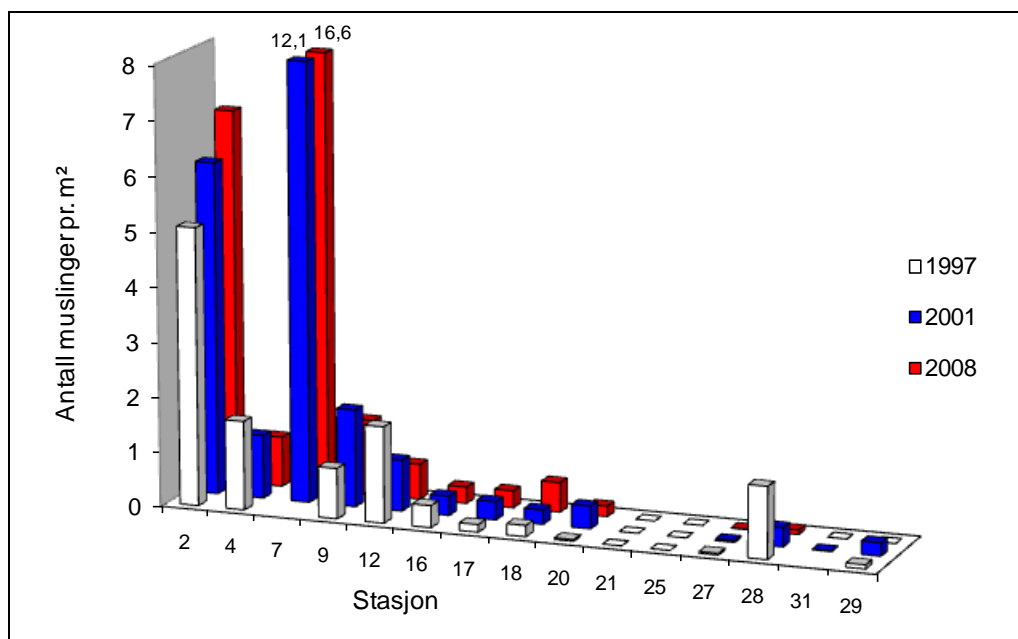
$$y = 0,0001x^3 - 0,0051x^2 + 0,3791x - 0,073 \quad (R^2 = 0,72)$$

der x er antall levende individ funnet pr. minutt søketid (B.M. Larsen upublisert materiale).

Etter dette vil 8,64 individ pr. minutt i gjennomsnitt på "fritellingene" tilsvare 2,9 individ pr. m² elveareal. Dette gir en høyere tetthet enn det som ble funnet på telleflatene. Dette kan komme av at to av stasjonene som bare inngikk i fritellingene hadde svært høy tetthet og bidro til en høyere gjennomsnittlig tetthet.

Det var lavere gjennomsnittlig tetthet av elvemusling i ti av transektene i Enningdalselva i 2008 sammenlignet med 2001. Høyere tetthet ble funnet bare på tre av de 15 stasjonene som ble undersøkt; hvorav de to stasjonene med desidert høyest tetthet i den nedre delen ved Berby (**figur 7**). To stasjoner var uten muslinger i begge årene.

Resultatet fra fritellingene var nesten identisk med dette i øvre del, men ga en mer positiv utvikling i bestandstetthet på strekning 1 og 2 (**figur 8**). Det var lavere relativ tetthet på ni av stasjonene, uforandret på en stasjon og høyere tetthet på 11 av de 24 stasjonene som ble undersøkt (**figur 8 og 9**). Tre stasjoner var uten muslinger i begge årene.

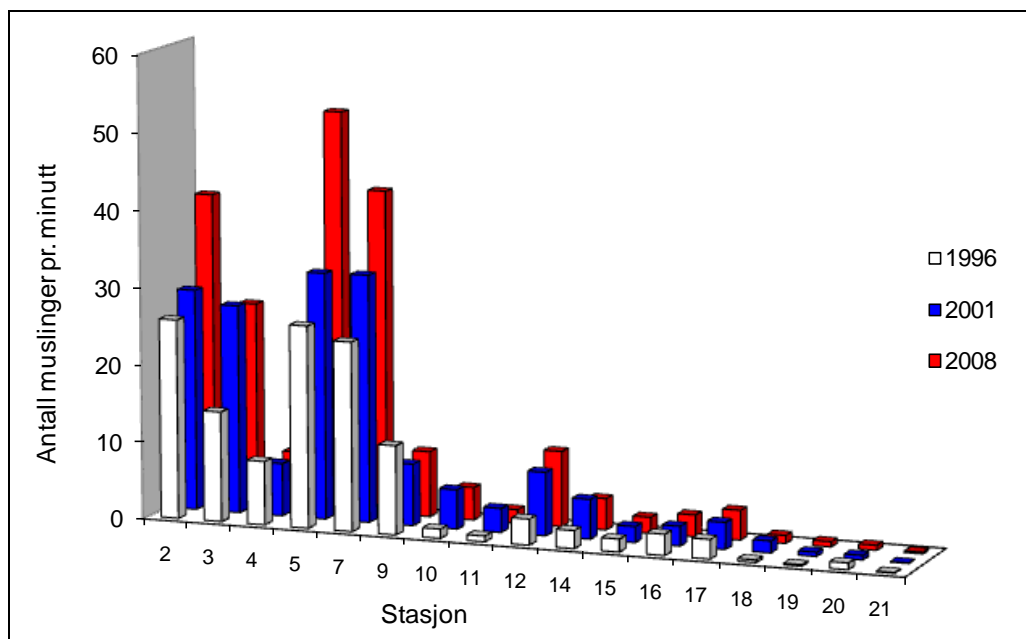


Figur 7. Tetthet av levende elvemusling i Enningdalselva basert på tellinger i transekter (oppgitt som antall muslinger pr. m²) i 1996, 2001 og 2008.

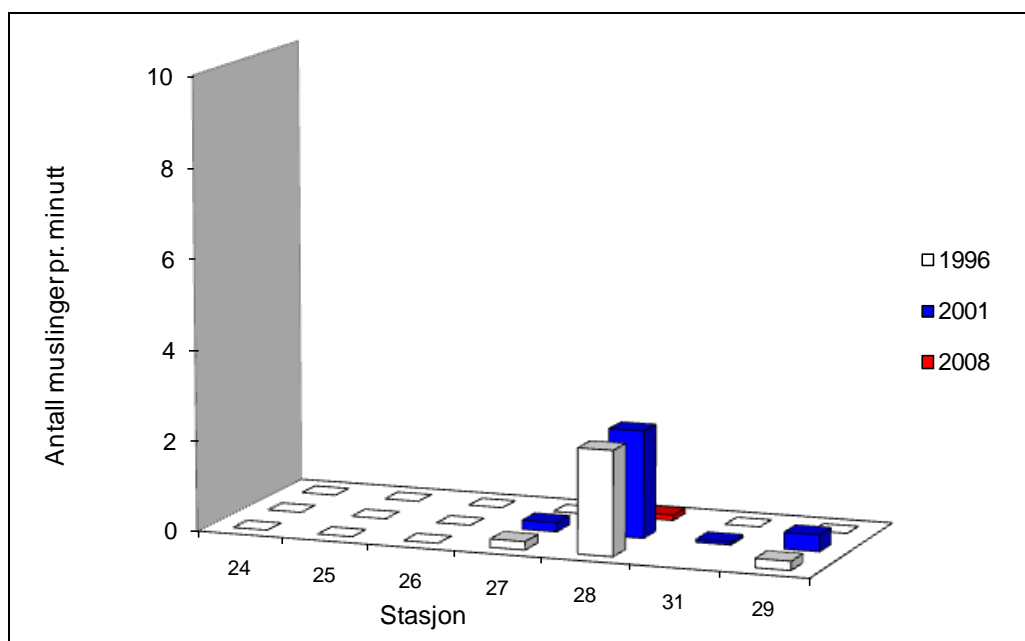
Det ble telt 9424 levende og døde elvemuslinger til sammen på strekning 1 (stasjon 2-12) ved Berby i 2008. Tomme skall utgjorde 6 % av antallet. Dette var en nedgang i forhold til 1996 og 2001 da andelen tomme skall var henholdsvis 16 og 20 %. I 2001 ble det funnet mange tomme skall ovenfor Berby (Larsen mfl. 2002a). På grunn av flom høsten 2000 var det en overdødelighet i denne delen av vassdraget som ga et stort antall tomme skall på flere av stasjonene i 2001.

På strekning 2 (stasjon 14-21) ved Sagholen ble det telt 668 levende og døde elvemuslinger til sammen i 2008. Tomme skall utgjorde 8 % av antallet. Dette var en liten nedgang i forhold til 1996 og 2001 da andelen var henholdsvis 15 og 11 %.

Ved Holtet ble det telt 389 levende og døde elvemuslinger til sammen i 2008. Tomme skall utgjorde 96 % av antallet. Dette var en markert økning sammenlignet med tidligere år selv om andelen tomme skall da også var høy – henholdsvis 52 og 50 % i 1996 og 2001. Det kan se ut til at dødeligheten har vært høyere enn normalt på denne strekningen i flere år, men at det toppet seg i 2008.



Figur 8. Relativ tetthet av levende elvemusling på strekning 1 og 2 i Enningdalselva basert på tidsbegrensede tellinger (oppgitt som antall muslinger pr. minutt) i 1996, 2001 og 2008.



Figur 9. Relativ tetthet av levende elvemusling på strekning 3 og 4 i Enningdalselva basert på tidsbegrensede tellinger (oppgitt som antall muslinger pr. minutt) i 1996, 2001 og 2008.

4.3.3 Populasjonsstørrelse

Totalt elveareal fra utløpet av N. Bullaresjön til Ørbekken er beregnet til 253.250 m² (Larsen & Karlsen 1997). Basert på gjennomsnittlig tetthet på 1,85 individ pr. m² gir dette en total bestand på 468.500 elvemusling i Enningdalselva (**tabell 3**). Dette er sannsynligvis en overestimering da tettheten av elvemusling er svært ujevnt fordelt innad i vassdraget, og store deler av arealet ikke er potensielt leveområde. Baserer vi i stedet estimatet på gjennomsnittlig tetthet av muslinger

innenfor hver enkelt strekning og arealet for hver av strekningene får vi en totalbestand på nær 324.000 individer (**tabell 4**). I bestander med en stor andel unge muslinger vil mange av disse leve nedgravd i substratet. Et estimat basert på synlige individ må derfor korrigeres opp. Degerman mfl. (2009) viser at så mye som en tredel av bestanden ikke er synlig ved direkte observasjon. I Enningdalselva derimot var andelen i 2008 bare 12,5 % (**tabell 5**). Legger vi dette til grunn får vi et korrigert estimat på 364.500 elvemusling i Enningdalselva.

Tabell 3. Beregnet populasjonsstørrelse av elvemusling i Enningdalselva basert på gjennomsnittlig tetthet og totalt elveareal.

År	Strekning	Areal, m ²	Gj.snitt tetthet pr. m ²	Antall elvemusling
1996	1-4	253 250	1,05	265 900
2001	1-4	253 250	1,60	405 200
2008	1-4	253 250	1,85	468 500

Tabell 4. Beregnet populasjonsstørrelse av elvemusling på de ulike delstrekningene i Enningdalselva i 1996, 2001 og 2008 avrundet til nærmeste hele hundre. Mellom Mjølnærødfossen og Kirkevatnet (strekning 3) er det bare observert spredte individ, og det er usikkert om det er noen reell bestand på strekningen.

År	Strekning	Areal, m ²	Gj.snitt tetthet pr. m ²	Antall elvemusling
1996	1	57 000	2,26	128 800
	2	83 750	0,15	12 600
	4	59 000	0,47	27 700
	Sum			169 100
2001	1	57 000	4,40	250 800
	2	83 750	0,27	22 600
	4	59 000	0,16	9 400
	Sum			282 800
2008	1	57 000	5,26	299 800
	2	83 750	0,27	22 600
	4	59 000	0,02	1 200
	Sum			323 600

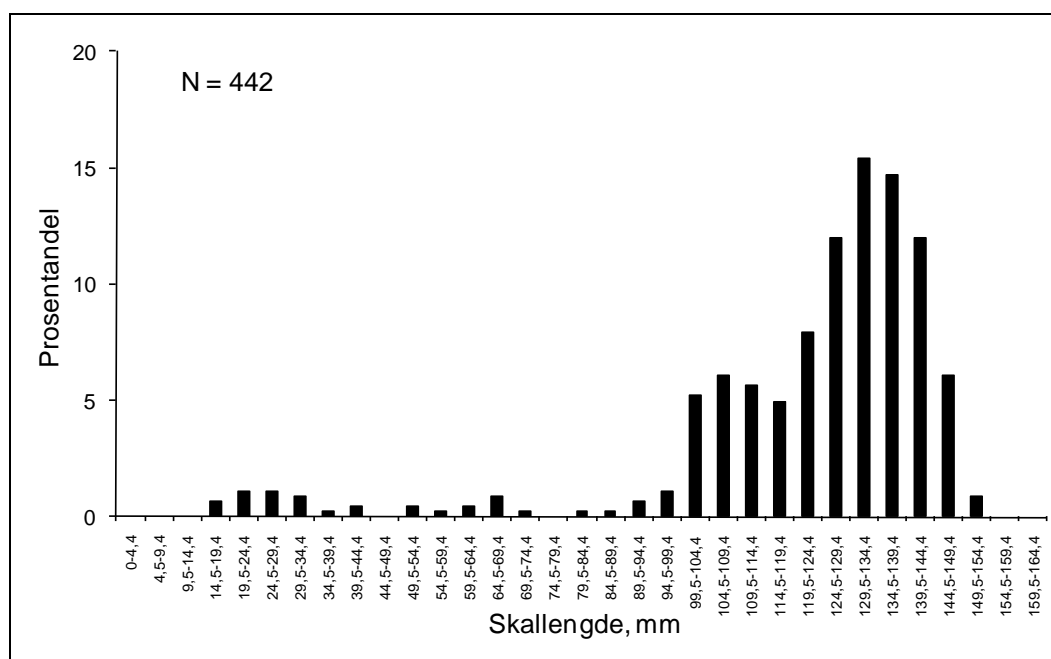
Tabell 5. Antall synlige elvemusling og andel nedgravde individ funnet på stasjon 2, 5 og 17 på strekning 1 og 2 i Enningdalselva ved graving i substratet i juni 2008. For beliggenhet av stasjonene: se **figur 2**.

Stasjon	Areal, m ²	Antall synlige muslinger	Antall nedgravde muslinger	Antall muslinger <50 mm	Andel nedgravde muslinger, %
2	6,0	122	17	4	12,2
5	4,5	130	18	11	12,2
17	8,2	91	14	5	13,3
2-17	18,7	343	49	20	12,5

4.3.4 Lengdefordeling

Skallengden varierte fra 16 til 152 mm hos levende elvemusling i Enningdalselva (**figur 10**). Minste musling i utvalget som ble observert uten å grave i substratet var 81 mm (**figur 11**). Hovedvekten av muslingene var 100-150 mm, og gjennomsnittslengden var 121 mm (N = 442; SD = 26). Det ble funnet 20 individer som var mindre enn 50 mm i 2008 (jf. **tabell 6**), og alle disse var nedgravd i substratet. Bare åtte individ var mindre enn 50 mm i 2001 og ingen i 1996. Andelen muslinger mindre enn 50 mm utgjorde henholdsvis 3,7 og 4,5 % av de lengdemålte individene i 2001 og 2008. Ingen muslinger var mindre enn 20 mm i 2001, men tre individ ble påvist i 2008 (0,7 % av individene i lengdemålingen).

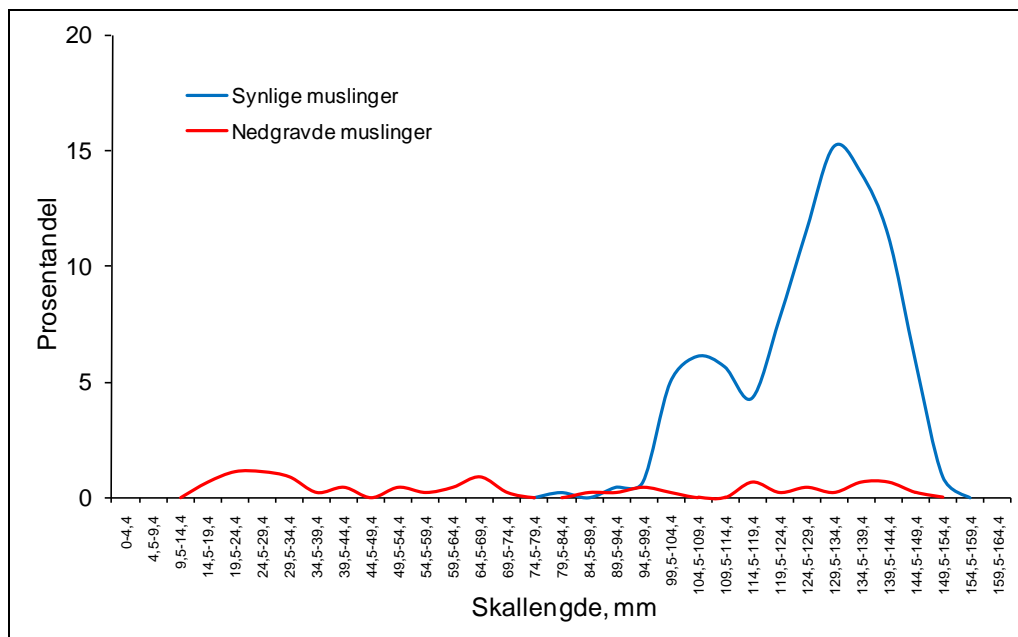
Det er to topper i lengdefordelingen som skyldes store vekstforskjeller innad i vassdraget (**figur 10** og **12**). På strekning 1 (Rødsvatnet-Ørbekken) og strekning 2 (Mjølnerødfossen-Rødsvatnet) var det størst innslag av individer mellom 120 og 140 mm (**vedlegg 2**). Gjennomsnittslengden av levende elvemusling var henholdsvis 121 og 129 mm (**tabell 6**). På strekning 4 (N. Bullaresjön-Kirkevatnet) var de fleste individene mellom 100 og 115 mm (**vedlegg 2**), og gjennomsnittslengden var 104 mm (**tabell 6**).



Figur 10. Lengdefordeling av levende elvemusling fra Enningdalselva i juni 2008. Jf. **vedlegg 2**.

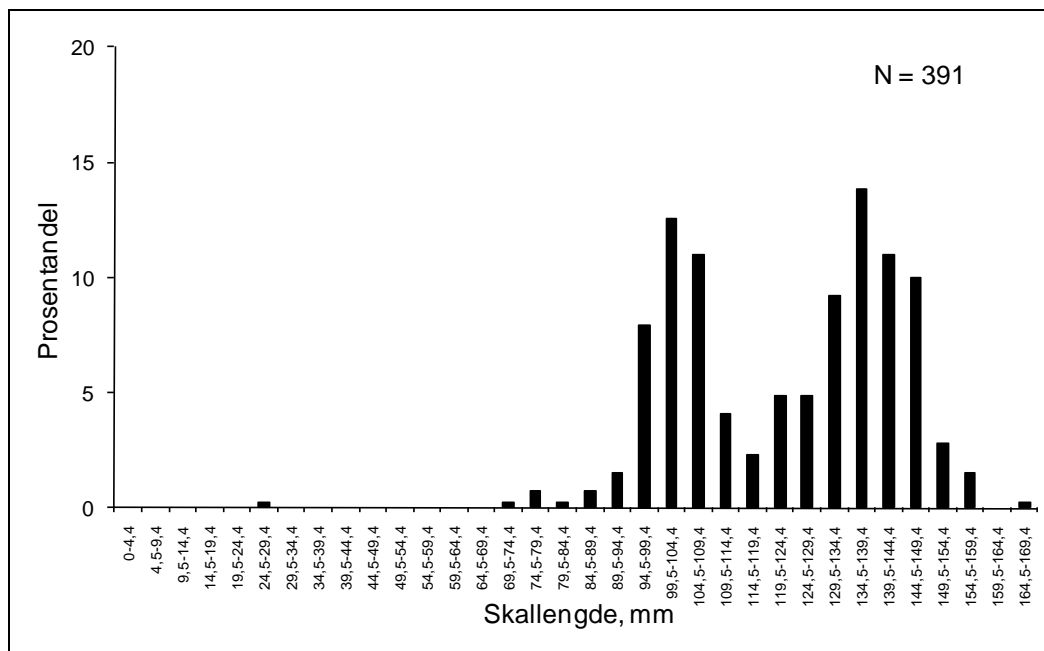
Tabell 6. Gjennomsnittslengde (mm) og største og minste elvemusling (levende individer og tomme skall) funnet på de ulike strekningene i Enningdalselva i juni 2008.

Strekning	1	2	4
Levende elvemusling			
Minste musling	16,2	22,1	90,1
Største musling	151,8	152,2	113,5
Gj.snitt ± SD	121,4 ± 27,9	129,2 ± 24,6	104,3 ± 4,6
Antall undersøkt (N)	287	105	50
Tomme skall elvemusling			
Minste musling	25,0	81,7	76,0
Største musling	166,5	145,0	115,3
Gj.snitt ± SD	136,8 ± 14,1	127,2 ± 12,4	102,3 ± 6,2
Antall undersøkt (N)	209	38	144



Figur 11. Andelen levende elvemusling som ble funnet nedgravd sammenlignet med andelen som var synlige på elvebunnen i Enningdalselva i juni 2008.

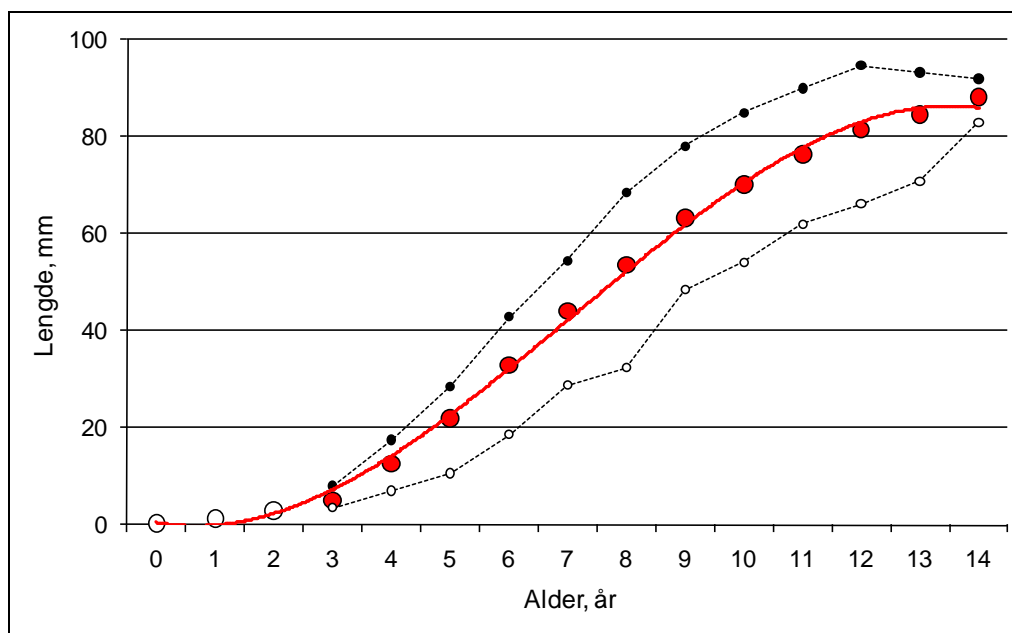
Tomme skall som ble funnet i Enningdalselva varierte i lengde mellom 25 og 167 mm (**figur 12**) med et gjennomsnitt på 123 mm ($N = 391$; $SD = 20$). Den store vekstforskjellen det er på muslinger fra Holtet (strekning 4) sammenlignet med muslinger fra Berby (strekning 1) bekreftes også i utvalget av tomme skall (**tabell 6** og **vedlegg 3**).



Figur 12. Lengdefordeling av tomme skall av elvemusling fra Enningdalselva i juni 2008. Jf. vedlegg 3.

4.3.5 Alderssammensetning og reproduksjon

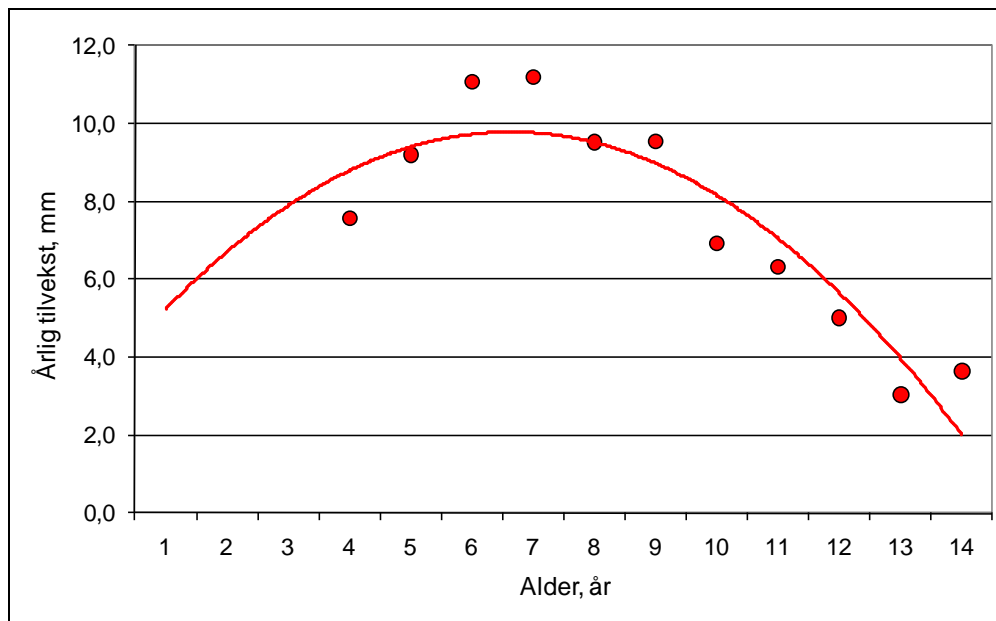
Det er ikke foretatt noen fullstendig aldersbestemmelse av levende elvemusling fra Enningdalselva i denne undersøkelsen. En vekstkurve basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos elvemusling opp til 14-årsalder er imidlertid utarbeidet med bakgrunn i 48 muslinger som ble samlet inn i nedre del av vassdraget i 1996, 2001 og 2008 (**figur 13**). Den innerste delen av skallet ved umbo blir tidlig erodert hos elvemusling slik at de første vintersonene ikke lenger kan gjenfinnes i skallet. På eldre muslinger kan det derfor være vanskelig å vite nøyaktig hvor mange vintersoner som skal legges til det antall som blir observert. I tillegg kan det være store individuelle vekstforskjeller og forskjeller innad i vassdraget som øker usikkerheten.



Figur 13. Vekstkurve basert på lengde av gjennomsnittlig årringsdiameter hos aldersbestemte elvemusling i nedre del av Enningdalselva (strekning 1 og 2) fram til 14-års alder. Stiplede linjer angir minste og største lengde av vintersoner hos musling som er aldersbestemt til gitt alder. Det er store individuelle vekstforskjeller som gir stor grad av overlapp i skallengde når muslingene blir eldre enn 3-4 år. Skallene var erodert ved umbo slik at de første to vintersonene ikke kunne bestemmes med sikkerhet, og oppgitt verdi er stipulert.

Veksten til muslingene i nedre del av Enningdalselva var svært god, og årlig tilvekst hos enkelte muslinger i enkelte år var 11-13 mm på det meste. Gjennomsnittlig tilvekst fra muslingene var fire år til de ble ti år var 7-11 mm (**figur 14**). Den minste muslingen som ble funnet hadde bare fire vintersoner i skallet. Gjennomsnittlig lengde for fem år gamle muslinger var 22 mm (**figur 13**). Når muslingene var 10 år var gjennomsnittlig lengde 70 mm. Dette var nær det samme som i 1996 og 2001, og det har ikke vært noen påviste endringer i veksthastighet i de siste 10-15 årene. Til sammen 7 % av de undersøkte muslingene (29 individ) var yngre enn 10 år i 2008. Det er noe tvil om denne andelen er stor nok til å opprettholde tettheten av muslinger på lang sikt, men det var en positiv økning i andelen muslinger i intervallet 15-35 mm.

Ved Holtet derimot var situasjonen annerledes, og rekrutteringen har sviktet fullstendig da ingen muslinger var mindre enn 90 mm i 2008. Det er tidligere (Larsen mfl. 2002a) vist at muslingene ved Holtet (strekning 4) vokste om lag like raskt de første 6-7 leveårene som muslingene ved Berby (strekning 1). Men deretter flater veksten ut, og muslingene har generelt en mindre skallengde ved Holtet sammenlignet med Berby.



Figur 14. Årlig tilvekst hos elvemusling i nedre del av Enningdalselva (strekning 1-2) fram til 14-års alder.

4.3.6 Rekruttering

Det ble ikke undersøkt graviditet hos muslingene i Enningdalselva i 2008, men det finnes data fra 2001 (se ramme).

Graviditetsfrekvens hos elvemusling i Enningdalselva (Larsen mfl. 2002a):

Det ble undersøkt for mulig graviditet på tre stasjoner i Enningdalselva i 2001. I slutten av august var det ingen gravide individer på strekning 1 og 2 (Berby og Sagholen), men 45 % var gravide på strekning 4 (Holtet). Ved Holtet er det antatt at muslinglarvene ble gytt i første halvdel av september, og 21. september ble det ikke lenger funnet gravide individer. Ved Berby derimot ble de første egg eller muslinglarver funnet 10. september, og det var en økende graviditetsfrekvens utover i september. Gytingen startet i begynnelsen av oktober, men pågikk over lang tid. I hele oktober var 40 % av muslingene gravide, men antall muslinglarver (fylling) i gjellene var lavere 19. oktober sammenlignet med 8. oktober. Det er antatt at de fleste muslingene slapp larvene i perioden 10.-25. oktober. Det var en betydelig forskjell i gytetidspunkt innad i Enningdalselva i 2001, og muslingene ved Holtet avsluttet gytingen om lag en måned før muslingene i nedre del av elva.

Strekning	Stasjon	Dato	L (\pm SD), mm	N	Graviditet %
1	5	25.8.01	129,8 \pm 9,9	15	0
1	5	10.9.01	125,6 \pm 16,4	15	13,3
1	5	21.9.01	123,4 \pm 13,6	15	33,3
1	5	8.10.01	122,5 \pm 14,7	15	40,0
1	5	19.10.01	122,9 \pm 16,6	15	40,0
2	17	25.8.01	128,5 \pm 7,9	25	0
2	17	8.10.01	132,5 \pm 12,8	28	66,7
4	28	24.8.01	106,7 \pm 4,4	20	45,0
4	28	10.9.01	105,2 \pm 5,3	15	20,0
4	28	21.9.01	106,6 \pm 5,2	15	0

Gjennomsnittslengde (L) av de undersøkte muslingene er oppgitt med standardavvik (SD); N = antall elvemusling som ble undersøkt.

4.3.7 Referansemateriale

Det ble samlet inn et referansemateriale på 10 elvemusling fra Enningdalselva ved Berby i juni 2008 slik det er foreslått i opplegget for overvåkingsundersøkelsene (Larsen mfl. 2000a). Materialet er frosset og lagret for senere bearbeiding og framtidig analysing.

5 Oppsummering

I Østfold finnes det opplysninger om elvemusling fra fire lokaliteter, men to av lokalitetene er usikre da opplysningene som finnes ikke er verifisert og observasjonene kan være forveksling med andemusling *Anodonta anatina*. Elvemusling var lenge med sikkerhet bare kjent fra Enningdalselva, men i 2009 ble det bekreftet at den også fortsatt fantes i Hobøelva (Karlsen 2009).

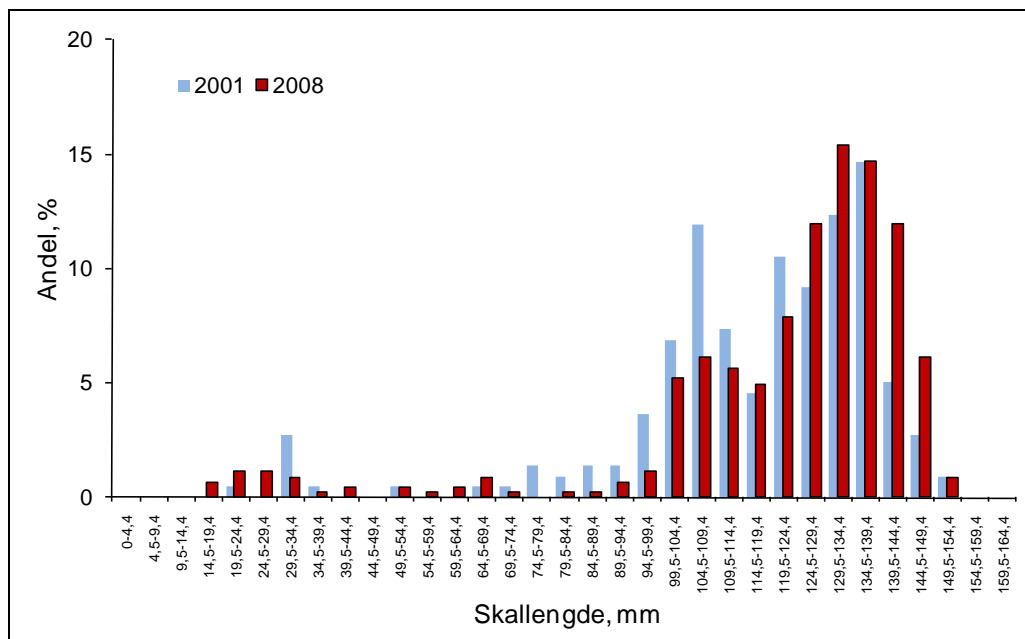
Det vi vet om elvemuslingens utbredelse i Enningdalselva begrenser seg til vassdraget mellom Norra Bullaresjön og Ørbekken. Dette er en strekning på 13 km. Utbredelsen er imidlertid splittet opp av innsjøene Kirkevatnet og Rødsvatnet, og i tillegg er det en lengre strekning mellom Kirkevatnet og Mjølnerødfossen der arten ikke er påvist (Larsen & Karlsen 1997). Dette gir en samlet strekning på ca 8,5 km der elvemusling egentlig er utbredt.

Det var en gjennomsnittlig tetthet på 1,85 individ pr. m² i vassdraget i 2008, og bestanden er beregnet til om lag 324.000 individ. Selv om estimatet er unøyaktig gir det en bekreftelse på at det fortsatt er en stor bestand av elvemusling i vassdraget. Forholdene ved Berby er svært viktige for å opprettholde det store antallet muslinger, da 93 % av den estimerte bestanden ble funnet på strekning 1 i 2008. Dette var en liten økning fra 2001, og antall elvemusling økte mest ved Berby i 2008. Vi skal være mer forsiktig med å sammenligne disse tallene med resultatet fra 1996 da både gjennomføringen av undersøkelsene, stasjonsvalg og metodikken var mer nøyaktig i 2001 og 2008. Transektet med størst tetthet i 2001 og 2008 ble for eksempel ikke undersøkt i 1996.

På strekning 4 mellom Kirkevatnet og N. Bullaresjön var det derimot vesentlig færre elvemusling i 2008 sammenlignet med 1996 og 2001. Dette tolkes som en reell nedgang, og denne delen av bestanden står nå i fare for å forsvinne i løpet av få år. Det var en betydelig dødelighet og en stor andel tomme skall ble funnet i 2008. Samtidig ble det bemerket at flere muslinger var døende eller hadde dødd i løpet av de siste dagene i juni 2008. Det var en bestandsnedgang på 66 % fra 1996 til 2001 og en videre nedgang på 87 % fra 2001 til 2008. Bestandsestimatet i 2008 var bare 4 % av antall muslinger beregnet på strekning 4 i 1996. Det er imidlertid ikke funnet noen entydig årsak til denne utviklingen, og uten ytterligere undersøkelser vil det bare bli spekulasjoner om årsaksforholdet.

Bestander som har opprettholdt populasjonsstrukturen i lang tid har minst 20 % muslinger som er yngre enn 20 år, men i tillegg må noen av disse være yngre enn 10 år (Young mfl. 2001). I nedre del av Enningdalselva (strekning 1 og 2) vokste muslingen svært godt, og lengden av en 10 år gammel musling var i gjennomsnitt 70 mm. Det var 7 % av muslingene som var mindre enn 70 mm på strekning 1 og 2 (Berby og Sagholen) i 2008, og som derfor antas å være yngre enn 10 år. Det er vanskelig å si hvor raskt muslingene vokser fram til 20-års alder. Men veksten ble betydelig redusert fra 13-14 årsalder (jf. **figur 14**), og det antas ikke at muslingene er større enn (95-)100 mm når de er 20 år. Det var 9 % av muslingene som var mindre enn 100 mm i nedre del av Enningdalselva, og som derfor antas å være yngre enn 20 år i 2008. Dette er en moderat god rekruttering, men kvalifiserer ikke til betegnelsen "en levedyktig bestand". I tillegg avtok rekrutteringen oppover i vassdraget. Ved Holtet (strekning 4) var det ingen muslinger som var mindre enn 90 mm. På grunn av dårligere vekst i denne delen av elva var heller ingen av muslingene yngre enn 20 år.

Det ble for første gang funnet muslinger mindre enn 50 mm på strekning 2 (Sagholen) i 2008. Det har vært en positiv utvikling fra 1996 til 2001 og 2008 med hensyn til forekomst av yngre muslinger i nedre del av Enningdalselva. Det er en tendens til flere muslinger i lengdegruppene 15-35 mm i 2008 enn tidligere (**figur 15**). I 1996 var det ingen muslinger mindre enn 50 mm i noen del av vassdraget. I 2001 var det muslinger mindre enn 50 mm ved Berby (strekning 1). I 2008 var det muslinger mindre enn 50 mm både ved Berby og Sagholen (strekning 2). Framtidsutsiktene for elvemuslingen i nedre del av Enningdalselva må likevel betegnes som usikker foreløpig, og ved Holtet (strekning 4) er situasjonen uten tvil kritisk og elvemuslingen står i fare for å forsvinne.



Figur 15. Lengdefordeling av levende elvemusling i Enningdalselva i 2001 sammenlignet med 2008. Data fra 2001 er hentet fra Larsen mfl. (2002a).

I 1996 ble det konkludert med at rekrutteringen hadde sviktet i løpet av 1980-årene i Enningdalselva (Larsen & Karlsen 1997). Det kunne være flere årsaker til dette, men eutrofiering og økt begroing samt nedslamming av elvebunnen syntes å være av overordnet betydning. Da det i 2001 igjen ble funnet flere muslinger som var yngre enn 10 år ved Berby ble dette satt i sammenheng med reduksjonen av fosfor og nitrogen på 1980-tallet og fram mot midten av 1990-tallet. Dette kan være en viktig faktor for at de unge muslingene nå igjen overlever de første årene nedgravd i substratet.

Bestanden av elvemusling i Enningdalselva ser ut til å bestå av to atskilte populasjoner. Det finnes en liten populasjon på strekningen mellom Norra Bullaresjön og Kirkevatnet (strekning 4) som skiller seg fra populasjonen som finnes i nedre del av vassdraget (strekning 1 og 2) ved mindre totallengde (lavere tilvekst) og mindre skallvekt. Muslingene ved Holtet oppnår bare omlag en tredel av skallvekten sammenlignet med muslinger fra Berby (Larsen & Karlsen 1997). Tidligere påvirket tilførselen av surt vann vannkvaliteten i Bullaresjön, og man kan tenke seg at dette påvirket veksthastigheten til muslingene. På tross av heving av pH og økende kalsium-innhold vokste fortsatt elvemuslingene ved Holtet saktere enn muslingene fra Berby i 2001 (figur 27 i Larsen mfl. 2002a). Forskjellen i vekst skyldes derfor neppe ulik vannkvalitet.

Andre faktorer som kan medvirke til forskjellig vekst hos muslinger er temperatur og næringstilgang. Ser vi på veksten til laksungene, som også påvirkes av de samme faktorene, er den best ved Holtet. Det kan indikere at muslingene også kunne hatt best vekst ved Holtet. Det er

derfor mer sannsynlig at de to populasjonene er genetisk forskjellige. Dette underbygges ved at populasjonene har forskjellig livssyklus (gytetidspunkt), og ser ut til å ha ulik preferanse for laks og ørret som vertsfisk for muslinglarvene. Resultatene så langt konkluderer med at elvemuslingen ikke gyter før i oktober ved Berby, og laks er primærvert for muslinglarvene. Ved Holtet skjer gytingen allerede i september, og ørret er primærvert. Dette gjør at vi kan omtale muslingene som "ørretmusling" i øvre del og "laksemusling" i nedre del av Enningdalselva. Det er ved flere undersøkelser i de siste årene funnet flere eksempler på det samme (se Larsen mfl. 2000b; 2002b, Larsen 2006; 2009).

Söderberg (1998) og Henrikson mfl. (1998) foreslo en modell for å bedømme verneverdien (som også sier noe om levedyktigheten) av ulike lokaliteter med elvemusling. Modellen er senere modifisert noe av Larsen & Hartvigsen (1999). Det er valgt seks kriterier som er viktige for overlevelsen til en populasjon på lang sikt (populasjonsstørrelse, gjennomsnittstetthet, utbredelse, minste musling, andel muslinger mindre enn 20 mm og andel muslinger mindre enn 50 mm), og det gis 0-6 poeng innenfor hvert kriterium. Samlet poengsum plasserer muslingpopulasjonen innenfor en av tre klasser: Klasse I – verneverdig, men bestanden har liten levedyktighet og tiltak er nødvendig (1-7 poeng), klasse II – høy verneverdi, bestanden er levedyktig, men tilstanden kan være ustabil (8-17 poeng) og klasse III – meget høy verneverdi, og bestanden har høy levedyktighet (18-36 poeng).

Muslinger som er 20 og 50 mm lange vil i de fleste vassdrag tilsvare 10 og 20 år gamle muslinger. I Enningdalselva derimot er veksten vesentlig bedre enn dette, og vi har sett at muslinger som er 10 år gamle allerede kan være 70 mm. I Enningdalselva blir derfor færre årsklasser inkludert i de to lengdegruppene som inngår i modellen (<20 mm og <50 mm) sammenlignet med vassdrag med normal tilvekst. Legger vi likevel til grunn modellen for å beregne poengsummen i Enningdalselva kan poengberegningene likevel gi en pekepinn om utviklingen over tid. Bestanden i Enningdalselva oppnådde 19 av 36 poeng i denne verdivurderingen i 2008 (**tabell 7**). Dette gir en meget høy verneverdi, og bestanden har potensielt høy levedyktighet. Betrakter vi andelen muslinger yngre enn 10 og 20 år i stedet for andelen muslinger mindre enn 20 og 50 mm vil poengsummen øke ytterligere.

Tabell 7. Oppsummering av data fra Enningdalselva i 1996, 2001 og 2008. Poengbedømmelse og angivelse av verneverdi og levedyktighet (klasse) er beskrevet nærmere i **vedlegg 4**.

Vassdrag	År	Utbredelse, km	Tetthet, ind/m ²	Populasjon, antall ¹	Gj.snitt lengde ± sd, mm	Minste musling, mm	Største musling, mm	Prosentandel <20 mm	Prosentandel <50 mm	Poeng	Klasse
Enningdalselva	1996	8,5	1,05	169 100	121 ± 17	67	154(158 ²)	0	0	12	II
	2001	8,5	1,60	282 800	117 ± 24	24	152(155 ²)	0	3,7	17	II
	2008	8,5	1,85	323 600	121 ± 26	17	152(167 ²)	0,6	4,1	19	III
Strekning 1+2	1996	5,9	1,30	141 400	127 ± 17	67	154(158 ²)	0	0	10	II
	2001	5,9	2,34	273 400	121 ± 26	24	152(155 ²)	0	4,8	16	II
	2008	5,9	2,77	322 400	124 ± 27	17	152(167 ²)	0,8	5,1	18	III
Strekning 4	1996	1,8	0,47	27 700	105 ± 5	88 (81 ²)	113(119 ²)	0	0	6	I
	2001	1,8	0,16	9 400	104 ± 8	71	120(124 ²)	0	0	5	I
	2008	~1,5	0,02	1 200	104 ± 5	90(76 ²)	114(115 ²)	0	0	4	I

¹ ikke korrigeret for nedgravde individer

² levende musling eller tomme skall som er funnet utenom det tilfeldige utvalget til lengdefordelingen

Siden det med stor sannsynlighet er to bestander av elvemusling i Enningdalselva, og disse utvikler seg i ulik retning, må de forvaltes på ulik måte. Legger vi til grunn modellen for å beregne poengsummen for de to bestandene hver for seg ser vi at det er klare forskjeller mellom de to bestandene. Bestanden av elvemusling ved Berby og Sagholen (strekning 1 og 2) oppnådde 18 av 36 poeng; høy verneverdi og høy potensiell levedyktighet i 2008 (**tabell 7**). Dette var en økning fra 1996 og 2001. Denne økningen kommer av økende rekruttering med et høyere innslag av muslinger mindre enn 20 og 50 mm, funn av stadig mindre muslinger og økende tetthet. Bestanden ved Holtet (strekning 4) derimot får bare 4 av 36 poeng i denne verdivurderingen (**tabell 7**). Dette indikerer at bestanden har liten levedyktighet og strakstiltak er nødvendig for å opprettholde bestanden. Årsaken til den lave poengsummen ligger i manglende rekruttering, fullstendig mangel av muslinger mindre enn 50 mm, lav tetthet og avtagende utbredelse. Det har også vært en nedgang i poengsum fra 1996 og 2001 til 2008.

Hvilke faktorer kan tenkes å virke inn på rekrutteringen og overlevelsen til elvemusling i Enningdalselva? Hvilke tiltak kan være aktuelle for å opprettholde og styrke bestanden?

Plukking av muslinger/perlefiske

Episoder med perlefiske er ikke kjent fra Enningdalselva i nyere tid, og dette er neppe noen trussel mot bestanden i vassdraget i dag. Elvemuslingen er da også totalfredet i Norge fra 1993, og all fangst er dermed forbudt.

Vannføringssendringer – flom og tørke

Flom kan være kritisk for elvemuslingen, og ekstreme situasjoner kan gi stor skade og høy dødelighet i bestander av elvemusling (Hastie mfl. 2001). Samtidig kan det endre fordelingen av muslinger innad i vassdraget og muslinger som drifter med flomvannet kan havne på steder som senere blir tørrlagt. En slik episode er beskrevet av Larsen mfl. (2002a) etter at det i august 2001 ble funnet 550-600 tomme skall i et tørrlagt sideløp til elva. Høy vannføring høsten 2000 har sannsynligvis medført graving i elveløpet, og muslinger har løsnet fra bunnen og er deretter blitt ført av gårde med flomvannet.

Om vinteren kan innfrysing være et problem særlig i perioder med kaldt vær og liten vannføring. På samme måten vil lengre perioder med lav vannføring om sommeren kunne medføre stranding og dødelighet på grunn av tørrlegging.

I et uregulert vassdrag er det normalt med store svingninger i vannføring i løpet av året, men klimavariasjoner kan gi økte nedbørmengder samtidig som hyppigheten av storm og uvær kan øke. Inngrep og endringer i bruken av nedbørfeltet har gjort mange vassdrag mer sårbare for flomskader, og indirekte er dette med på å endre betingelsene for elvemusling.

Vertsfisk (tetthet av laks og ørret)

En bestand av musling vil ikke klare seg langsiktig uten at det også er laks eller ørret til stede. Larvene til elvemuslingen har et obligatorisk stadium på gjellene til disse fiskeartene. Laks er den viktigste vertsarten for elvemusling i Enningdalselva på strekningen opp til Mjølnerødfossen. En god laksebestand er en forutsetning for å opprettholde en god muslingbestand i nedre og midtre deler av elva. Tettheten av ettårig ungfisk (1+) må være større enn 5 individ pr. 100 m² i mai/juni når muslinglarvene slipper seg av for at tettheten av elvemusling skal opprettholdes (Ziuganov mfl. 1994). Söderberg mfl. (2008) bekreftet dette, og fant at i muslingbestander med god status var tettheten av ørret yngel (0+) større enn 5 individ pr. 100 m² (5-25 individ). Den naturlige reproduksjonen hos laks i Enningdalselva er god, og sannsynligvis produseres det et overskudd av laks yngel i vassdraget (Saltveit 2006). Det antas derfor at tettheten av laksunger er høyere enn det som er antatt å være minimum for å opprettholde bestanden av elvemusling på lang sikt.

Hvordan dette er i øvre del av vassdraget er mer usikkert. Der ser det ut til at ørret er primærvert for elvemuslingens larver, men det er laks som dominerer fiskesamfunnet ved Holtet. Høsten 1997 var eksempelvis tettheten av laks og ørret henholdsvis 55 og 5 individ pr. 100 m² (Salt-

veit 1998). Tettheten av ørret var lavere enn det som er antatt å være et minimum for å opprettholde bestanden av elvemusling på lang sikt, og mangel på vertsfisk kan være en medvirkende årsak til at bestanden nå går tilbake. Det er derfor nødvendig å bygge opp igjen en sterk bestand av ørret i Enningdalselva mellom Bullaresjön og Kirkevatnet om man ønsker å styrke bestanden av elvemusling.

Reproduksjonen hos elvemusling er følsom for forandringer i sammensetningen og tettheten av det opprinnelige fiskesamfunnet. Generelt vil utsetting av fremmed fisk øke konkurransen om næring og oppholdssteder. Dette kan føre til en nedgang i de lokale fiskepopulasjonene, og dermed true elvemuslingens reproduksjon (Bauer 1988, Woodward 1995). Dette gjør at utsetting av fisk og spredning av fiskearter kan komme i konflikt med vernet av elvemusling.

Vannkvalitet (forurensning, erosjon og partikkeltransport)

Tilførsel av næringsstoffene fosfor og nitrogen samt utslipp av organisk stoff virker negativt på elvemuslingen på grunn av økende eutrofiering. Dette gir økt sedimentering, og økt forbruk av oksygen i substratet går ut over overlevelsen til de unge muslingene. De unge muslingene er avhengig av god vanngjennomstrømning i substratet, og kan bare overleve i sedimenter med lavt innhold av organisk materiale (Bauer 1988). I Mellom-Europa vurderer man at bestander av voksne elvemusling klarer seg langsiktig om konsentrasjonen av fosfat ikke overstiger 30-35 µgTot-P/l. Vassdrag som har små muslinger er derimot næringsfattige eller svært næringsfattige (0-15 µgTot-P/l).

Det er etter dette fortsatt for høy tilførsel av næringsstoff i Enningdalselva (konsentrasjon av nitrat og total fosfor på henholdsvis 253 og 9 µg/l i gjennomsnitt ved Berby). Men tilførselen av næringsstoff har avtatt den siste 10-årsperioden, og det er antatt at det er et nært samsvar med funnet av små muslinger ved Berby og denne reduksjonen i konsentrasjonen av nitrat og fosfor. Når medianverdien for nitrat og totalfosfor er lavere enn henholdsvis 125 og 5 µg/l beskrives det som god vannkvalitet for elvemusling, og unge muslinger har gode oppvekstforhold (Moorkens mfl. 2007). Dette er ikke oppfylt i Enningdalselva, og disse grenseverdiene er overskredet ved nesten alle stikkprøvene som er tatt i 1996-2008. I en svensk undersøkelse (Söderberg mfl. 2008) ble det funnet at muslingbestander med god status kunne skilles fra svake bestander når turbiditeten var mindre enn 1 (0,5-1,0 FNU). Enningdalselva har i perioder nokså høy turbiditet spesielt i nedre del med verdier større enn 1,5 FTU i 70 % av tilfellene som er målt i de siste årene. Det er derfor nødvendig å øke innsatsen mot erosjon slik at tilførselen av finpartikulært materiale avtar.

Elvemuslingens krav til livsmiljø er oppsummert av Degerman mfl. (2009) (se ramme).

Elvemuslingens krav til livsmiljø

Sammendrag fra Degerman mfl. (2009): Restaurering av flodpärlmusselvatten

Musslor vill ha strömmande vatten av bra vattenkvalitet, stabila bottnar med lämpligt material, god vattenomsättning i substratet och god tillgång till värd fisk.

Med dagens kunskap föreslås följande riktlinjer för skandinaviska vatten:

pH ≥6,2	(minvärde)
Inorganiskt aluminium <30 µg/l	(maxvärde)
Totalfosfor <10 µg/l	(medelvärde)
Nitrat <125 µg/l	(medianvärde)
Turbiditet <1 FNU	(medelvärde, vårflod)
Färgtal <80 mg Pt/l	(medelvärde, vårflod)
Vattentemperatur <25 °C	(maxvärde)
Finkornigt (<1 mm) substrat <25 procent	(andel av partiklar, maxvärde)
Redoxpotential >300 mV	(korrigerat värde)
Antal laxfiskungar ≥ 5 per 100 m ²	(minvärde, sommar)

Det er viktig å begrense den menneskeskapte tilførselen av næringsstoffer og organisk materiale til et minimum i Enningdalselva. Det er derfor viktig at tiltakssiden styrkes, og at vannkvaliteten fortsatt overvåkes. Tiltak i landbruket med endret jordbearbeiding og sikring av erosjonsutsatte områder synes viktig. Avrenningen er spesielt stor fra planerte områder der naturlige vegetasjonsbelter og smådaler er forsvunnet. Fjerning av vegetasjon og snauhogst av skog langs vassdraget påvirker også elvemuslingen negativt ved økt erosjon og endrede temperatur- og innstrålingsforhold.

De voksne muslingene er mer motstandsdyktige mot miljøpåvirkninger generelt enn de unge muslingene, og kan overleve lengre perioder med ugunstig vannkvalitet. Forandringer i vannkvalitet og habitat kan medføre at de unge stadiene dør mens de voksne dyrene fortsatt er til stede. Vannkvaliteten er derfor med på å bestemme utbredelse og rekruttering hos elvemusling innad i vassdraget.

Biotopforbedrende tiltak og restaurering av elveløpet

Elvemuslingen finnes helst i næringsfattige lokaliteter der en mosaikk av fin grus, små og store steiner og steinblokker dominerer. Enningdalselva var tidligere viktig som tømmerfløtingsvassdrag, og elva er rensket flere steder. Substratet i elva var mer variert tidligere med sterkere innslag av blokk, stein og grovere grus. Tilbakeføring av stein og grovere grus for å gjenskape det opprinnelige elveløpet vil i tillegg til å gi gode oppvekstområder for muslinger også være et bidrag til å øke fiskeproduksjonen i vassdraget.

Men før tiltak og graving settes i verk for å restaurere elvestrengen må de aktuelle områdene kartlegges med hensyn til elvemusling. Alle levende muslinger må plukkes opp og settes ut midlertidig på et annet sted i elva eller overføres til bur eller innhengninger der de kan oppholde seg i den tiden anleggsarbeidene pågår. Når tiltaket er ferdigstilt settes muslingene tilbake på den strekningen der de ble funnet (jf. Degerman mfl. 2009).

Restaurering av gyte- og oppvekstområder i elva som medfører graving i elveløpet vil føre mye sand og finpartikulært materiale ut i vannet og gi tilslamming av nedenforliggende strekning. Slike arbeider bør derfor helst gjennomføres på lav vannføring i juni eller begynnelsen av juli. Dette skal redusere fare for utilsiktet nedslamming av muslinger lenger ned, og unngår samtidig de mer følsomme periodene i muslingenes livssyklus. Det skal likevel poengteres at man kanskje må godta en kortvarig forstyrrelse ett år med tanke på den positive effekten arbeidet kan ha på lang sikt.

Enningdalelva bør fortsatt inngå blant vassdragene i overvåkingen av elvemusling i Norge. Enningdalselva har fortsatt en stor bestand av elvemusling, men status er usikker i deler av vassdraget da andelen muslinger yngre enn 20 år er for liten til at bestanden kan karakteriseres som livskraftig. Senere undersøkelser gjentas på de samme stasjonene på hele strekningen mellom utløpet av N. Bullaresjön og Ørbekken. En studie av prevalens og intensitet av muslinglarver på gjellene til laks og ørret i hele vassdraget bør inngå eller gjøres som en egen tilleggsundersøkelse der flere stasjoner kan inngå.

I handlingsplanen for elvemusling (Direktoratet for naturforvaltning 2006) er målet for arbeidet med forvaltning av elvemusling i et langsiktig perspektiv at den skal finnes i livskraftige populasjoner i hele Norge. Alle nåværende naturlige populasjoner skal opprettholdes eller forbedres. I et slikt perspektiv må elvemuslingen i Enningdalselva fortsatt overvåkes for å identifisere problemene knyttet til rekrutteringen. Nødvendige tiltak bør settes i verk for å øke rekrutteringen slik at bestanden kan øke i vassdraget. I den sammenheng kan det være nødvendig å gjennomføre en mer omfattende problemkartlegging og utarbeide en egen tiltaksplan for elvemusling i vassdraget. En bestand av elvemusling som opprettholder naturlig rekruttering i Enningdalselva vil være det synlige beviset på god vannkvalitet og god økologisk status (jf. arbeidet med Vanndirektivet).

6 Referanser

- Afzelius, L. & Hardeng, G. 1995. Faunaen i Enningdalselva og Indre Iddefjord, med oversikt over naturfaglig litteratur. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Rapport 8 - 1995. 39 s.
- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. & Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. - SFT-veiledning 97: 04, TA-1468/1997. 31 s.
- Bakke, H. 1915. Id Herred. En grænsebygds historie. - Id kommune. 604 s.
- Bauer, G. 1988. Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. In Central Europe. - Biol. Conserv. 45: 239-253.
- Borgstrøm, R., Eie, J.A., Hardeng, G., Nordbakke, R., Raastad, J.E. & Solem, J.O. 1974. Inventeringer av verneverdige områder i Østfold. - Rapp. Lab. Ferskvannssøk. Innlandsfiske, Zool. Mus. Oslo 17: 1-71.
- Bruun, P. 1989. Laksen i Enningdalselva. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Rapport 1-1989. 50 s.
- Degerman, E., Alexanderson, S., Bergengren, J., Henrikson, L., Johansson, B.-E., Larsen, B.M. & Söderberg, H. 2009. Restaurering av flodpärlmusselvatten. - WWF Sweden, Solna. 62 s.
- Dervo, B.K. 1990. Undersøkelse av laksen i Enningdalselva og sjørreten i Ørbekken og Vevlenbekken, Halden 1989. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Rapport 12-1990. 28 s.
- Direktoratet for naturforvaltning 2006. Handlingsplan for elvemusling, *Margaritifera margaritifera*. - DN-Rapport 2006-3: 1-24.
- Eie, J.A., Jøsang, O., Marker, E. & Schei, P.J. (Hardeng, G. red.) 1991. Naturfaglige undersøkelser av en del områder i Østfold. "Landsplanen for verneverdige områder og forekomster", Miljødepartementet 1973-76. - Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Rapport 9-1991. 131 s.
- Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Oscarson, H.G. 1986. Flodpärlmusslan i Göteborgs och Bohus län 1984. - Naturinventeringar i Göteborgs och Bohus län. Länsstyrelsen, Naturvårdsenheten. Rapport 2-1986. 10 s.
- Hardeng, G. 1982. Naturfaglige og naturvernmessige forhold i Haldenvassdraget og tilgrensende områder med norsk del av Store Le. - Østfold-Natur nr.15: 1-148.
- Hardeng, G. 1989. Enningdalsvassdraget, et unikt vassdrag - fra kildene - til Iddefjorden. - Natur i Østfold 8: 115-120.
- Hardeng, G. 2000. Enningdalsvassdraget - grensevassdrag med store verneverdier. - Østfold Energi og Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernnavdelingen. Hefte 24 s.
- Hastie, L.C., Boon, P.J., Young, M.R. & Way, S. 2001. The effects of a major flood on an endangered freshwater mussel population. - Biol. Conserv. 98: 107-115.
- Henrikson, L., Bergström, S.-E., Norrgrann, O. & Söderberg, H. 1998. Flodpärlmusslan i Sverige - dokumentation, skyddsvärde och åtgärdsförslag för 53 bestånd. - Del II i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H., red. Flodpärlmusslan i Sverige. Naturvårdsverket Rapport 4887.
- Karlsen, L.R. 2009. Rapport fra telling av elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) i den øvre delen av Hobøelva, Hobøl kommune den 23. juni 2009. - Upublisert rapport. 5 s.
- Kålås, J.A., Viken, Å. & Bakken, T. (red.) 2006. Norsk Rødliste 2006. - Artsdatabanken. 415 s.
- Larsen, B.M. 2005. Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Innspill til den faglige delen av handlingsplanen. - NINA Rapport 122. 33 s.
- Larsen, B.M. 2006. Laks, *Salmo salar* (L.), og ørret, *Salmo trutta* (L.), som vertsfisk for elvemusling, *Margaritifera margaritifera* (L.). - s. 43-44 i: Arvidsson, B. & Söderberg, H. (red.) Flodpärlmussla - vad behöver vi göra för att rädda arten? En workshop på Karlstads universitet. Karlstad University Studies 2006: 15.
- Larsen, B.M. 2009. Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll 2008: Overvåking av elvemusling i Ogna, Rogaland. - NINA Rapport 486. 38 s.
- Larsen, B.M. & Karlsen, L.R. 1997. Elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, i Enningdalselva, Østfold - Utbredelse og bestandsstatus. - NINA Oppdragsmelding 505: 1-25.
- Larsen, B.M. & Hartvigsen, R. 1999. Metodikk for feltundersøkelser og kategorisering av elvemusling *Margaritifera margaritifera*. - NINA-Fagrapport 37: 1-41.
- Larsen, B.M. & Hårsaker, K. 2001. Borråselva i Gråelvavassdraget, Nord-Trøndelag (vassdragsnr. 124.2Z). - s. 25-35 i Larsen, B.M. (red.). Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Årsrapport 2000. NINA Oppdragsmelding 725.

- Larsen, B.M., Sandaas, K., Hårsaker, K. & Enerud, J. 2000a. Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Forslag til overvåkingsmetodikk og lokaliteter. – NINA Oppdragsmelding 651: 1-27.
- Larsen, B.M., Hårsaker, K., Bakken, J. & Barstad, D.V. 2000b. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Steinkjervassdraget og Figga, Nord-Trøndelag. Forundersøkelse i forbindelse med planlagt rotenonbehandling. – NINA Fagrapport 39: 1-39.
- Larsen, B.M., Karlsen, L.R. & Eggen, J.-E. 2002a. Enningdalselva, Østfold (vassdragsnr. 001.1Z). – s. 26-37 i Larsen, B.M. (red.). Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Årsrapport 2001. NINA Oppdragsmelding 762.
- Larsen, B.M., Eken, M. & Hårsaker, K. 2002b. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* og fiskeutsettinger i Hoenselva og Bingselva, Buskerud. – NINA Fagrapport 56: 1-33.
- Larsen, B.M., Aspholm, P.E., Berger, H.M., Hårsaker, K., Karlsen, L.R., Magerøy, J., Sandaas, K. & Simonsen, J.H. 2007. Monitoring the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Norway. – Universitæt Bayreuth: Pearl mussels in Upper Franconia and Europe – 3rd workshop. Bayreuth, desember 2007. [Poster].
- Länsstyrelsen Västra Götalands län 2006. Flodpärlmussla i Västra Götalands län – känd förekomst 2005. – Länsstyrelsen Västra Götalands län Rapport 2006-85. 180 s. + vedlegg.
- Løvstad, Ø. 1994. Vannkvalitet i Hobøl-, Hera-, Rakkestad- og Enningdalselva (1987-1993). Blågrønnalger og diatomeer som forurensnings-indikatorer. – Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen. Rapport 3-1994. 30 s.
- Margolis, L., Esch, G.W., Holmes, J.C., Kuris, A.M. & Schad, G.A. 1982. The use of ecological terms in parasitology (Report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologists). – J. Parasit. 69: 131-133.
- Moorkens, E.A., Killeen, I.J. & Ross, E. 2007. *Margaritifera margaritifera* (the freshwater pearl mussel) conservation assessment. Backing document. – Report to the National Parks and Wildlife Service, Dublin. 42 pp.
- NOU (Norges offentlige utredninger) 1991. Verneplan for vassdrag IV. – NOU 1991: 12A og 12B. 151 s. og 373 s.
- Rekstad, J. 1931. En oversikt over de kvartære avleiringer i grensestrøket, som omfattes av kartbladene Hvaler, Aremark og Boksjø. – Norsk Geol. Tidsskrift 12: 475-485.
- Saltveit, S. J. 1998. Kartlegging av gytebestand og naturlig rekruttering i Enningdalselva, Østfold. – Rapp. Lab. ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 173. 19 s.
- Saltveit, S. J. 2002. Tetthet, vekst og naturlig rekruttering hos laks i Enningdalselva, Østfold. – Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 214. 17 s.
- Saltveit, S. J. 2004. Bestandsforhold hos laks i Enningdalselva, Østfold. Årsrapport for 2002 og 2003. – Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 231. 13 s.
- Saltveit, S. J. 2006. Laks og ørret i Enningdalselva, Østfold. Årsrapport for 2004 og 2005. – Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo 244. 16 s.
- Söderberg, H. 1998. Undersökningstyp: Övervakning av flodpärlmussla. Del III i Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H., red. Flodpärlmusslan i Sverige. Naturvårdsverket Rapport 4887. 138 s.
- Söderberg, H., Norrgrann, O., Törnblom, J., Andersson, K., Henrikson, L. & Degerman, E. 2008. Vilka faktorer ger svaga bestånd av flodpärlmussla? En studie av 111 vattendrag i Västernorrland. – Länsstyrelsen Västernorrland. Kultur- och naturavdelningen. Rapport 8-2008. 28 s.
- Taranger, A. 1890. De norske perlefiskerier i ældre tid. – Historisk tidsskrift 3(1): 186-237.
- Woodward, F.R. 1995. Thoughts on *Margaritifera* conservation: Is it too little too late? – s. 113-118 i Valovirta, I., Harding, P.T. & Kime, D., red. Proceedings of the 9th international colloquium of the European invertebrate Survey, Helsinki, 3-4 September 1993. WWF Finland Report No 7.
- Young, M., Hastie, L. & al-Mousawi, B. 2001. What represents an "ideal" population profile for *Margaritifera margaritifera*? – s. 35-44 i: Wasserwirtschaftsamt Hof & Albert-Ludwigs Universität Freiburg. Die Flussperlmuschel in Europa – Bestandssituation und Schutzmassnahmen.
- Ziuganov, V., Zotin, A., Nezhlin, L. & Tretiakov, V. 1994. The freshwater pearl mussels and their relationships with salmonid fish. – VNIRO Publishing House, Moscow. 104 s.

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Tetthet av levende elvemusling og tomme skall i Enningdalselva

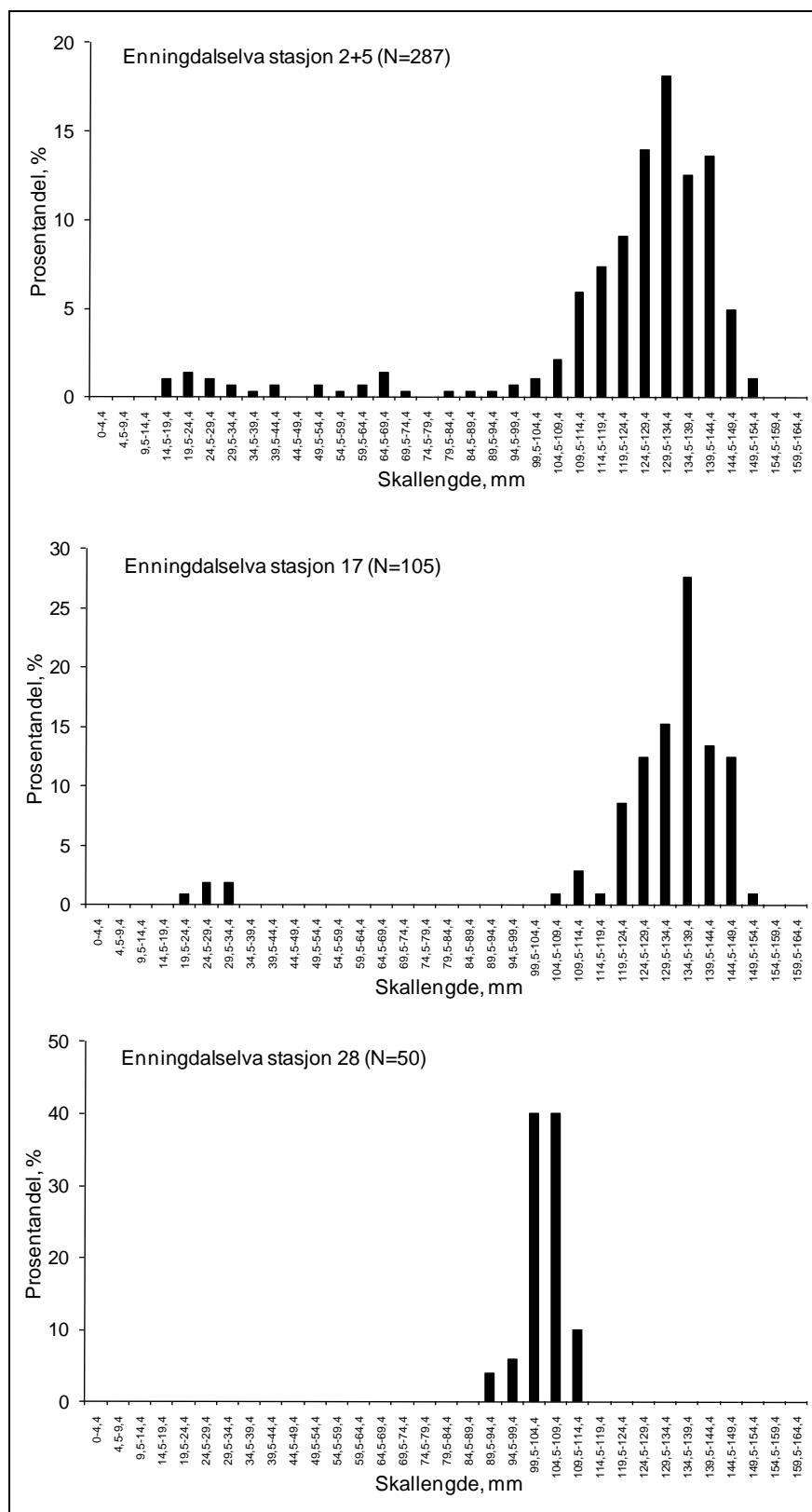
Antall elvemusling (levende dyr: N og tomme skall: NS) på 15 stasjoner i Enningdalselva som ble undersøkt i juni 2008 basert på tellinger i transekter. Tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. m² (levende dyr: N/m² og tomme skall: NS/m²). Jf. **figur 5**. Stasjonenes beliggenhet er vist på **figur 2**.

Stasjon	Areal, m ²	N	NS	N/m ²	NS/m ²
2	100	683	44	6,83	0,44
4	100	91	13	0,91	0,13
7	100	1656	137	16,56	1,37
9	100	137	3	1,37	0,03
12	100	64	0	0,64	0
16	100	30	0	0,30	0
17	100	31	6	0,31	0,06
18	100	54	0	0,54	0
20	100	19	3	0,19	0,03
21	100	0	1	0	0,01
25	100	0	0	0	0
27	100	1	0	0,01	0
28	100	8	39	0,08	0,39
31	100	0	6	0	0,06
29	100	0	4	0	0,04
2-31	1500	2774	256	1,85	0,17
Gjennnitt ± sd				1,85 ± 4,42	0,17 ± 0,36

Antall elvemusling (levende dyr: N og tomme skall: NS) på 24 stasjoner i Enningdalselva som ble undersøkt i juni 2008 basert på tidsbegrensede tellinger (fritelling). Relativ tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. minutt (levende dyr: N/min. og tomme skall: NS/min.). Jf. figur 6. Stasjonenes beliggenhet er vist på figur 2.

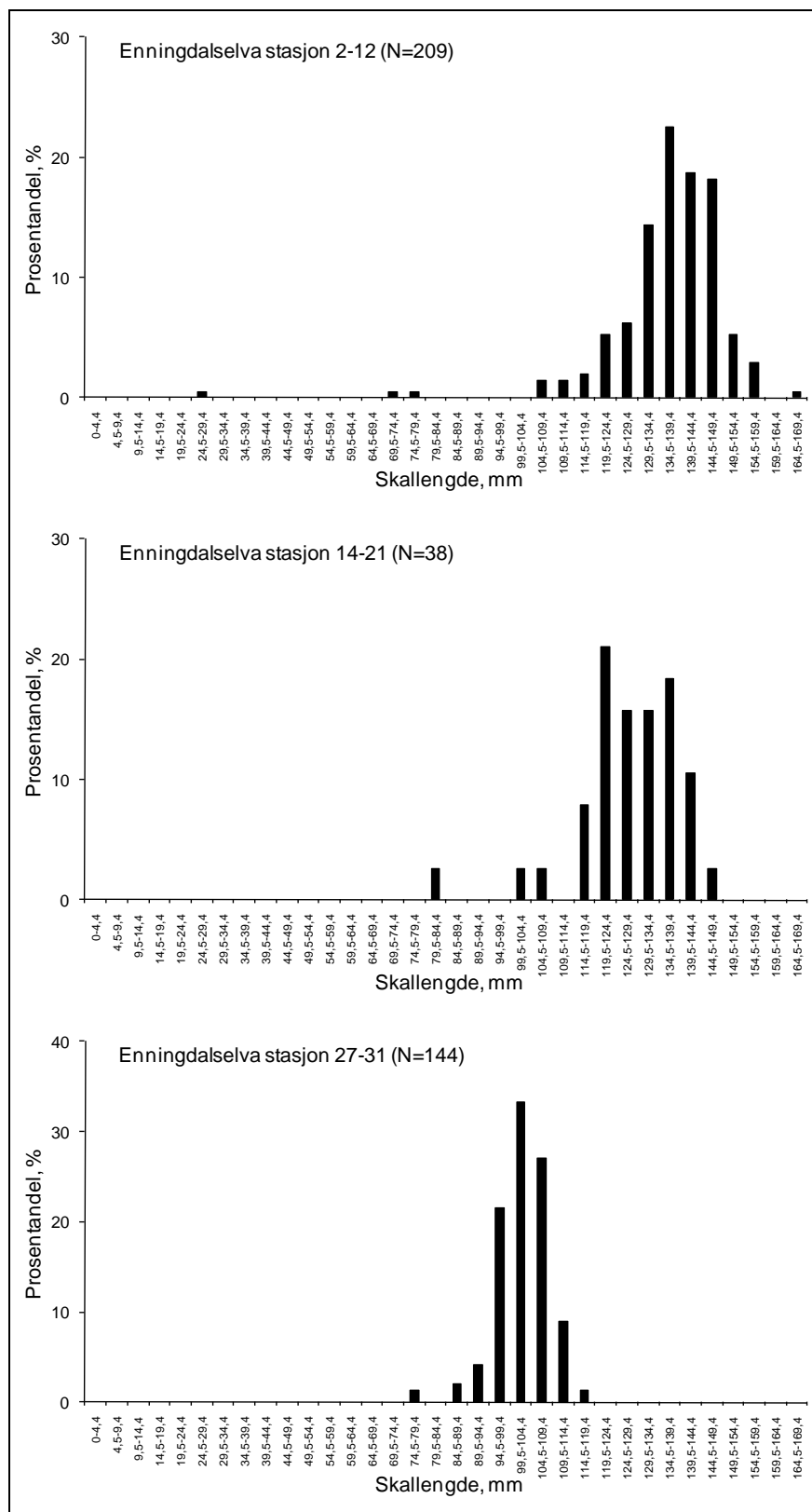
Stasjon	Tid, min.	N	NS	N/min	NS/min
2	30	1207	113	40,23	3,77
3	45	1183	96	26,29	2,13
4	30	216	34	7,20	1,13
5	30	1557	51	51,90	1,70
7	30	1260	65	42,00	2,17
9	30	255	14	8,50	0,47
10	45	190	5	4,22	0,11
11	30	53	4	1,77	0,13
12	30	293	0	9,77	0
14	30	122	7	4,07	0,23
15	15	31	3	2,07	0,20
16	45	126	19	2,80	0,42
17	30	115	4	3,83	0,13
18	30	31	2	1,03	0,07
19	30	20	1	0,67	0,03
20	45	29	8	0,64	0,18
21	30	6	0	0,20	0
24	30	0	0	0	0
25	30	0	0	0	0
26	30	0	0	0	0
27	30	0	12	0	0,40
28	60	7	304	0,12	5,07
31	30	0	2	0	0,07
29	30	0	6	0	0,20
2-31	795	6701	750	8,43	0,94
Gjennitt ± sd				8,64 ± 15,13	0,78 ± 1,31

Vedlegg 2. Lengdemåling av levende elvemusling i Enningdalselva



Lengdefordeling av levende elvemusling i ulike deler av Enningdalselva i juni 2008. Jf. figur 10.

Vedlegg 3. Lengdemåling av tomme skall i Enningdalselva



Lengdefordeling av tomme skall av elvemusling i ulike deler av Enningdalselva i juni 2008. Jf. figur 12.

Vedlegg 4. Kriterier og poengklasser for bedømmelse av levedyktighet

Söderberg (1998) og Henrikson m.fl. (1998) foreslo en modell for å bedømme verneverdien (som også sier noe om levedyktigheten) av ulike lokaliteter med elvemusling. Modellen er senere modifisert av Larsen & Hartvigsen (1999). Det er valgt seks kriterier som er viktige for overlevelsen til en populasjon på lang sikt (populasjonsstørrelse, gjennomsnittstetthet, utbredelse, minste musling, andel muslinger mindre enn 20 mm og andel muslinger mindre enn 50 mm), og det gis 0-6 poeng innenfor hvert kriterium. Samlet poengsum plasserer muslingpopulasjonen innenfor en av tre klasser av verneverdi: Klasse I – verneverdig (men med liten levedyktighet; 1-7 poeng), klasse II – høy verneverdi (levedyktig; 8-17 poeng) og klasse III – meget høy verneverdi (høy levedyktighet; 18-36 poeng).

Kriterium	1 p	2 p	3 p	4 p	5 p	6 p
1 Populasjonsstørrelse (i tusen)	<5	5-10	11-50	51-100	101-200	>200
2 Gjennomsnittstetthet (ind/m ²)	<2	2,1-4	4,1-6	6,1-8	8,1-10	>10
3 Utbredelse (km)	<2	2,1-4	4,1-6	6,1-8	8,1-10	>10
4 Minste musling funnet (mm)	>50	41-50	31-40	21-30	11-20	≤10
5 Andel muslinger <2 cm (%)	>0-1	>1-2	>2-3	>3-4	>4-5	>5
6 Andel muslinger <5 cm (%)	>0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	>25

Enningdalselva – hele vassdraget

Kriterium	Poeng 1996	Poeng 2001	Poeng 2008
1 Populasjonsstørrelse (i tusen)	5	6	6
2 Gjennomsnittstetthet (ind/m ²)	1	1	1
3 Utbredelse (km)	5	5	5
4 Minste musling funnet (mm)	1	4	5
5 Andel muslinger <2 cm (%)	0	0	1
6 Andel muslinger <5 cm (%)	0	1	1
Totalt antall poeng	12	17	19

Enningdalselva – strekning 1 + 2

Kriterium	Poeng 1996	Poeng 2001	Poeng 2008
1 Populasjonsstørrelse (i tusen)	5	6	6
2 Gjennomsnittstetthet (ind/m ²)	1	2	2
3 Utbredelse (km)	3	3	3
4 Minste musling funnet (mm)	1	4	5
5 Andel muslinger <2 cm (%)	0	0	1
6 Andel muslinger <5 cm (%)	0	1	1
Totalt antall poeng	10	16	18

Enningdalselva – strekning 4

Kriterium	Poeng 1996	Poeng 2001	Poeng 2008
1 Populasjonsstørrelse (i tusen)	3	2	1
2 Gjennomsnittstetthet (ind/m ²)	1	1	1
3 Utbredelse (km)	1	1	1
4 Minste musling funnet (mm)	1	1	1
5 Andel muslinger <2 cm (%)	0	0	0
6 Andel muslinger <5 cm (%)	0	0	0
Totalt antall poeng	6	5	4

NINA Rapport 566

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2143-6



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no