

795 Skillnader i skaltillvæxt hos flodpärlmusslor från reglerade och icke-reglerade vattendrag i Norge

NINA Rapport

Elena Dunca
Bjørn Mejdell Larsen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie från 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding och NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering till oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel från seminarer och konferanser, resultater av eget forsknings- och utredningsarbeid och 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 och serien favner svært vidt; från systematiske bestemmelsesnøkler till 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 och enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes till presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere och andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

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

Skillnader i skaltillväxt hos flodpärlmusslor från reglerade och icke-reglerade vattendrag i Norge

Elena Dunca
Bjørn Mejdell Larsen

Dunca, E. & Larsen, B.M. 2012. Skillnader i skaltillväxt hos flodpärlmusslor i reglerade och icke-reglerade vattendrag från Norge. - NINA Rapport 795. 63 s.

Stockholm, mars 2012

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2390-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILLGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Bjørn Mejdell Larsen

KVALITETSSIKRET AV

Elisabet Forsgren

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Elisabet Forsgren (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Anne Haugum

FORSIDEBILDE

Olika lokaler och musslor. Foto: Bjørn Mejdell Larsen

NØKKELOORD

Flodpärlmusslan – vattenreglering – skaltillväxt – sambandet
ålder-skalllängd – årlig tillväxt

KEY WORDS

Freshwater pearl mussel – water regulation – shell growth –
age-shell length relationship – annual growth

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
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

Framsenteret
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

Sammendrag

Dunca, E. & Larsen, B.M. 2012. Skillnader i skaltillväxt hos flodpärlmusslor från reglerade och icke-reglerade vattendrag i Norge. – NINA Rapport 795. 63 s.

Med hjälp av åldersbestämning och skaltillväxtanalyser av flodpärlmusslor från syv reglerade och ett icke-reglerad vattendrag (Fallselva, Begna, Numedalslågen, Skauga, Teksdalselva, Borråselva, Mossa och Aursunda) tillsammans med publicerade data från ett reglerad och fyra icke-reglerade vattendrag (Hunnselva, Simoa, Håelva, Ognå och Figga), har vi utrett om vattenreglering påverkar musslornas tillväxt.

Skalens längd uttrycktes som en funktion av musslornas ålder i tillväxtdiagram och jämfördes med allmänna tillväxtkurvor för flodpärlmusslan. Det fanns en stor variation i skalstorlek mellan de olika vattendragen och även i samma vattendrag. Detta innebär att om man vill uppskatta åldern på musslor utifrån deras skallängd behöver man anpassa en tillväxtkurva för varje vattendrag och i vissa fall även för de olika stationerna i ett och samma vattendrag, speciellt om det finns populationer som har olika värdsfisk ("laxmusslor" eller "öringmusslor").

Vi fann ingen markant skillnad mellan reglerade och icke-reglerade vattendrag (som grupp) när det gäller flodpärlmusslans årliga tillväxt. Dock, när vi analyserade vattendragen var för sig och tillväxt över tid så hittade vi flere exempel på att fördämning, vattenreglering och byggarbete i samband med vattenreglering har påverkat musslornas skaltillväxt negativt. Musslorna från Mossa visade en försämrad skaltillväxt och kraftigt reducerad rekrytering av nya musslor fr.o.m. att byggarbetet startade i början på 1980-talet. Mossa-musslor insamlade 1984 innan kraftverksbygget hade markant lägre frekvens av allvarliga tillväxtstörningar än musslor insamlade 2010 från samma station efter att regleringen sattes i funktion. Musslor från Borråselva visade en av de högsta frekvenserna av tillväxtstörningar i jämförelse med alla undersökta musslor, och hade en lägre skaltillväxt under perioden med återuppbyggnad och återställande av dammen på Ausetvatn (sprängning och nedhuggning av skog, hög turbiditet och lågt flöde). I Fallselva, en omdirigerat vattenflöde vid flyttning av kraftverk orsakade lågare vattenstånd nedströms det gamla kraftverket. Musslorna insamlade från denna lokal med minskat vattenflöde växte sämre och hade en högre frekvens av tillväxtstörningar. I Begna, byggarbetet vid älvkraftverket i Eidsfossen ser inte ut att ha inverkat på musslornas tillväxt eftersom tillväxtkurvan hade samma variation både ovanför och nedanför älvkraftverket.

Våra resultat tyder på att reglering kan ha negativa effekter på flodpärlmusslans skaltillväxt vid extrema vattenståndsförändringar och torrläggningar. Resultaten pekar på att vattenreglering kan påverka musslornas skaltillväxt även indirekt genom en ändring av olika faktorer, så som vattentemperatur, näringstillgång och/eller vattenflöde.

Elena Dunca, NRM, Box 50007, 10405 Stockholm, Sverige; elena.dunca@nrm.se;
Bjørn Mejdell Larsen, NINA, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim; bjorn.larsen@nina.no

Abstract

Dunca, E. & Larsen, B.M. 2012. Differences in shell growth of freshwater pearl mussels from regulated and un-regulated rivers in Norway. – NINA Report 795. 63 pp.

Age determination and growth analyses of freshwater pearl mussel shells from seven regulated and one un-regulated river (Fallselva, Begna, Numedalslågen, Skauga, Teksdalselva, Borråselva, Mossa, and Aursunda), together with published data from one regulated and four un-regulated rivers (Hunnselva, Simoa, Håelva, Ognå, and Figga), here enable us to investigate potential effects of water regulation on shell growth.

The shell length of the bivalves in this study was expressed as a function of their age in growth diagrams and then compared with general growth curves for the species. Shell size varied between the mussel localities and even between collection sites within the same water system. As a result, in order to estimate the age of the mussels by their shell length, growth curves need to be constructed for each water system and in some cases even for collection sites in the same river, especially if the populations have different species of host fish.

The compiled results of our measurements showed that annual growth rates of freshwater pearl mussels from regulated river are similar to the ones from non-regulated rivers. Although, when we analysed each river individually and the growth rate through time we did find many examples that indicated that water regulation and construction work related to water regulation, influence negatively the growth rate of freshwater pearl mussel.

Shells from Mossa showed lower growth rate and strongly reduced recruitment of juvenile shells when the construction work at the power plant began in the early 80's. Mossa shells collected in 1984, before the construction of the power plant had a higher frequency of serious growth disturbances in comparison with shells collected in 2010, from the same locality after the power plant started to work. Borråselva shells had one of the highest frequencies of growth disturbances in comparison to all other shells analysed in the present study. They had also lower growth rate since the reconstruction of the dam began in 2008. In Fallselva the water flow was redirected when the power plant was moved to another location, which caused low water levels at mussel localities downstream the old power plant. Shells collected in this locality had low growth rates and high frequencies of growth disturbances. The construction work at the power plant in Begna (Eidsfossen) did not show any indications of negative influence on shell growth and the annual growth had similar variations both upstream and downstream the power plant.

Our results indicate that the regulation of the water flow may affect negatively the growth rate of freshwater pearl mussels when it results in extreme changes in waterflow and low water levels. There are also indications that the water regulation may indirectly affect the shell growth rate by changing the water temperature, nutrients and the velocity of the water.

Elena Dunca, NRM, Box 50007, 10405 Stocholm, Sverige; elena.dunca@nrm.se;
Bjørn Mejdell Larsen, NINA, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim; bjorn.larsen@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
2 Material och metoder	8
2.1 Preparasjonsteknik	10
2.2 Åldersbestämning	11
2.3 Årlig tillväxt.....	11
3 Resultat.....	12
3.1 Åldersbestämning av musslor og relationen mellom skalllængd og alder	12
3.2 Årlig skaltillväxt i reglerade vattendrag	13
3.2.1 Hunnselva	13
3.2.2 Fallselva	15
3.2.3 Begna.....	18
3.2.4 Numedalslågen	20
3.2.5 Skauga.....	22
3.2.6 Teksdalselva	24
3.2.7 Borråselva	26
3.2.8 Mossa.....	28
3.3 Årlig skaltillväxt i icke-reglerade vattendrag	31
3.3.1 Simoa	31
3.3.2 Håelva	33
3.3.3 Figga	35
3.3.4 Oga	37
3.3.5 Aursunda.....	40
4 Sammanställning og diskussion	43
5 Referenser.....	46
6 Bilagor	48
Bilaga 1. Metodbeskrivning	48
Bilaga 2. Kartor	52

Forord

Sötvattenmusslor bygger upp sina skal av kalk under den varmaste perioden av året som är mellan maj och oktober i nordiska länder. Under den kallare delen av året växer inte musslorna och en linje bildas som avgränsar tillväxten mellan två olika år. På så sätt kan man säga att musslorna växer i "årsringar" på ett liknande sätt som träd. Musslornas årstillväxt är olika från år till år men lika hos de flesta musslorna i en och samma population och beror på miljöfaktorer som vattnets pH-värde, temperatur, tillgång på näring m m.

Undersökningen "Skillnader i skaltillväxt hos flodpärlmusslor från reglerade och icke-reglerade vattendrag i Norge" har som mål att ta reda på om fördämning av vattendrag påverkar musslornas skaltillväxt och genomfördes av Elena Dunca, i regi av Bivalvia konsultföretag i samarbete med Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm, enheten för paleozoologi, på uppdrag av Bjørn Mejdell Larsen, Norsk institutt for naturforskning, Trondheim, som också har samlat in allt musselmateriel.

Undersökningen är finansierad av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) som del av ett större projekt under programmet for miljøbaserat vattenføring: "Elvemusling og konsekvenser av vassdragsreguleringer – en kunnskapsoppsummering".

Trondheim, mars 2012

Bjørn Mejdell Larsen
Prosjektleder

1 Innledning

Flodpärlmusslan, *Margaritifera margaritifera* (L), är idag klassad som utrotningshotad art i hela Europa. De främsta orsakerna till att musselbestånd minskar eller har försämrade fortplantning är miljöföroreningar, försämrade vattenkvalité (t.ex. lågt pH värde), samt igenslamning av botten (Hastie m.fl. 2000; 2003, Geist & Auerswald 2007, Wahlström 2006).

Norge är ett av få europeiska länder som har någorlunda livskraftiga flodpärlmusselbestånd men trots detta finns det tecken på en försämrade vattenkvalité som kan hota många musselpopulationer också här (Larsen 2005; 2010a). Tidigare studier har visat att låga pH-värden i vattnet har orsakat dålig skaltillväxt hos flodpärlmusslor (Dunca m.fl. 2009a; 2009b) och en minskning av beståndet (Dolmen & Kleiven 2004). Minskat bestånd av värdsfisk (lax) på grund av infektion med *Gyrodactylus salaris* har också påverkat rekryteringen negativt hos musselpopulationer (Larsen m.fl. 2011a).

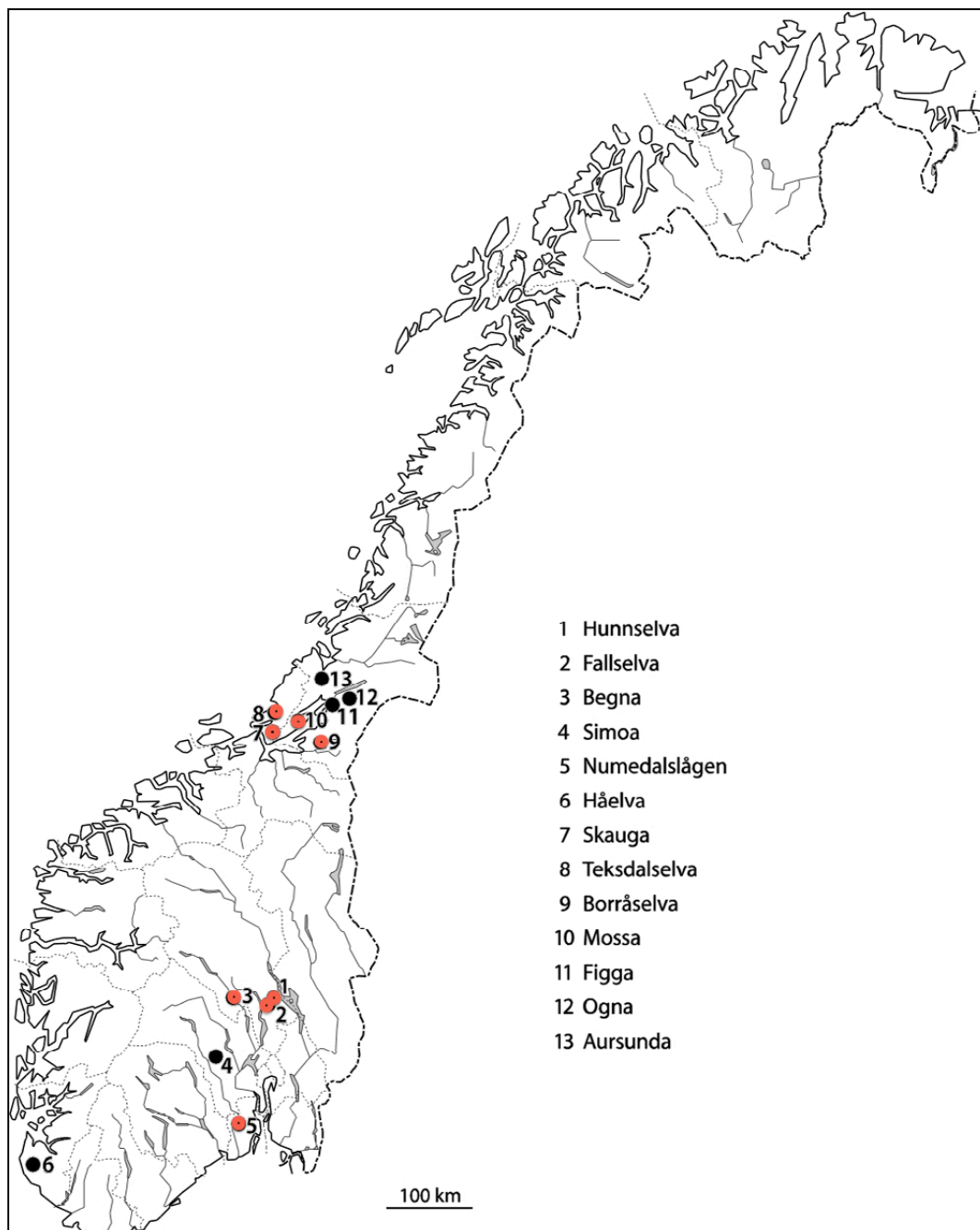
Målet med denna undersökning är att ta reda på om skaltillväxten hos flodpärlmusslan påverkas av vattenreglering. I detta syfte har musslor från åtta reglerade vattendrag (Hunnselva, Fallselva, Begna, Numedalslågen, Skauga, Teksdalselva, Borråselva och Mossa) analyserats med hänsyn till deras årliga tillväxt och skallängd relaterad till deras ålder. I tillägg, har musslor från fem icke-reglerade vattendrag analyserats (Simoa, Håelva, Figga, Ognå och Aursunda) och används som referens.



Älvkraftverk och kanalisering – vilken effekt kan de ha på flodpärlmusslan? Denna problemställning är undersökt i Begna i samband med Eid kraftverket. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

2 Material och metoder

I undersökningen ingår 70 musslor insamlade 1984 och mellan 2009 och 2011 från både reglerade vattendrag (Fallselva, Begna, Skauga Teksdalselva Borråselva och Mossa) och icke-reglerade vattendrag (Simoa, Håelva och Aursunda; **figur 1, tabell 1 och 2**). Vi har också använt data om skaltillväxt hos musslor från Hunnselva (reglerat vattendrag), samt Onga och Figga (icke-reglerade vattendrag) som redan är publicerade (Dunca m.fl. 2009c; 2010). Data från Numedalslågen har kompletterats med ytterligare data från tidigare undersökningar (Dunca 2009). Sammanlagt har data från 106 musslor använts för denna undersökning.



Figur 1. Karta över de olika vattendragen; reglerade vattendrag är markerade med rött.

Tabell 1. Skalmått och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos musslor från reglerade vattendrag. Vattendragsnummer hänvisar till lokaliseringen i **figur 1**.

Lok nr. Vattendrag Fylke	Mussla	Skalllängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
1	1002	103	56	6	Raufoss	07-08-2008
Hunnselva	1003	114	86	8	Raufoss	07-08-2008
Oppland fylke	1004	114	76	10	Raufoss	07-08-2008
2	10009	90,2	23	5	upp Skrankefoss	15-05-2011
Fallselva	10010	99,5	34	7	upp Skrankefoss	15-05-2011
Oppland fylke	10011	93,4	34	6	upp Skrankefoss	15-05-2011
	10001	106,4	30	4	ned Skrankefoss	15-05-2011
	10002	105,5	41	4	ned Skrankefoss	15-05-2011
	10003	104,4	32	4	ned Skrankefoss	15-05-2011
3	406	85,2	51	11	Fønhus	03-08-2010
Begna	407	93,2	67	13	Fønhus	03-08-2010
Oppland fylke	408	87,0	61	13	Fønhus	03-08-2010
	409	74,0	29	5	Fønhus	03-08-2010
	410	71,9	31	7	Fønhus	03-08-2010
	2	79,2	38	7	Garthus	03-08-2010
	3	76,6	39	6	Garthus	03-08-2010
	5	86,0	44	7	Garthus	03-08-2010
	12	102,4	70	8	Garthus	03-08-2010
	15	97,1	55	7	Garthus	03-08-2010
5	10003	128,9	85	7	Moen	21-09-2009
Numedalslågen	10004	142,0	85	8	Moen	21-09-2009
Vetfold fylke	10009	127,9	63	7	Moen	21-09-2009
	1	126,5	125	19	Pinnestadøya	31-08-2008
	2	119,0	56	8	Pinnestadøya	31-08-2008
	3	114,0	52	8	Pinnestadøya	31-08-2008
	4	111,0	73	9	Pinnestadøya	31-08-2008
	5	109,0	39	7	Pinnestadøya	31-08-2008
	6	104,0	48	9	Pinnestadøya	31-08-2008
	7	90,0	18	4	Pinnestadøya	31-08-2008
	8	88,5	19	4	Pinnestadøya	31-08-2008
7	10001	135,4	31	3	Foss	03-07-2011
Skauga	10002	132,1	36	3	Foss	03-07-2011
Sør-Trøndelag fylke	10003	118,7	34	3	Foss	03-07-2011
	10004	74,4	12	2	Foss	03-07-2011
8	10001	137,9	107	6	Aunet	03-07-2011
Teksdalselva	10002	155,6	131	11	Aunet	03-07-2011
Sør-Trøndelag fylke	10003	143,4	87	5	Aunet	03-07-2011
	10004	107,5	22	3	Aunet	03-07-2011
	10005	57,6	10	1	Aunet	03-07-2011
9	1	91,4	52	9	Auset	13-10-2010
Borråselva	2	95,6	67	12	Auset	13-10-2010
Nord-Trøndelag fylke	3	78,7	40	9	Auset	13-10-2010
	4	91,5	61	9	Borrås	13-10-2010
	5	94,7	64	10	Borrås	13-10-2010
	6	72,8	48	9	Borrås	13-10-2010
10	1048	113	49	7	upp Stokkleivvatn	22-06-1984
Mossa	1179	120	47	7	upp Stokkleivvatn	22-06-1984
Nord-Trøndelag fylke	1184	146	99	8	upp Stokkleivvatn	22-06-1984
	1242	139	100	8	upp Stokkleivvatn	22-06-1984
	167	114,2	55	7	upp Stokkleivvatn	18-06-2010
	168	109,6	50	7	upp Stokkleivvatn	18-06-2010
	169	125,0	60	8	upp Stokkleivvatn	18-06-2010
	170	119,4	67	8	upp Stokkleivvatn	18-06-2010
	171	102,0	42	6	upp Stokkleivvatn	18-06-2010
	53	116,9	32	5	ned Lille Meltingen	05-08-2011
	58	117,4	40	6	ned Lille Meltingen	05-08-2011
	59	135,1	38	7	ned Lille Meltingen	05-08-2011
	61	105,3	31	5	ned Lille Meltingen	05-08-2011
	68	109,3	35	6	ned Lille Meltingen	05-08-2011

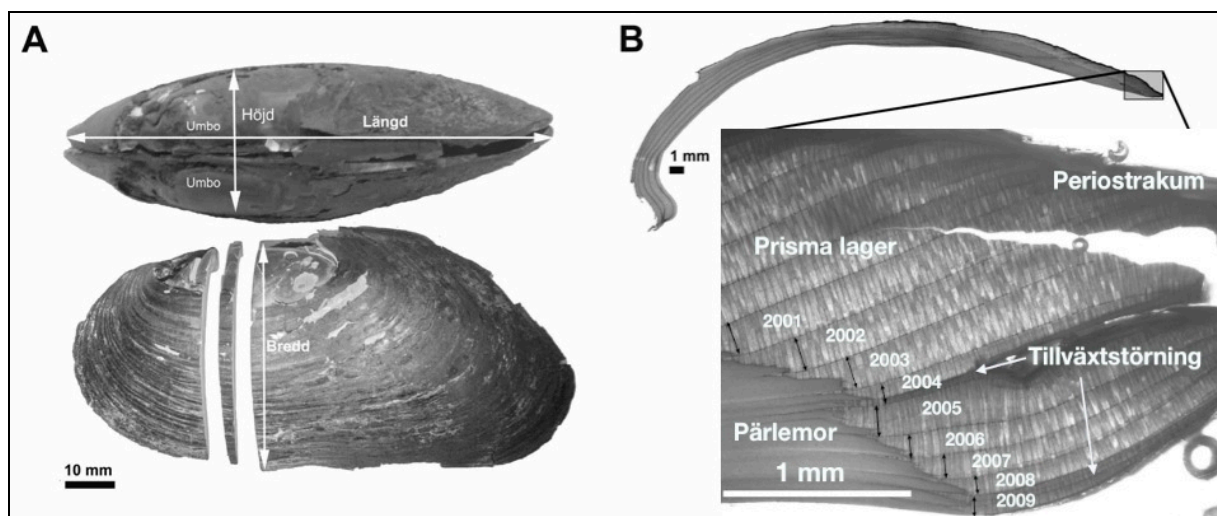
Tabell 2. Skalmått och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos musslor från icke-reglerade vattendrag. Vattendragsnummer hänvisar till lokaliseringen i **figur 1**.

Lok nr. Vattendrag Fylke	Mussla	Skallängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
4 Simoa Buskerud	1	134,0	55	6	Solemoa	04-08-2010
	2	132,2	63	7	Solemoa	04-08-2010
	8	118,5	53	6	Solemoa	04-08-2010
	13	139,2	66	7	Solemoa	04-08-2010
	15	118,2	64	7	Solemoa	04-08-2010
	401	133,7	60	7	Kolsrud	04-08-2010
	402	115,3	51	6	Kolsrud	04-08-2010
	403	140,1	77	6	Kolsrud	04-08-2010
	404	143,0	84	7	Kolsrud	04-08-2010
	405	118,8	50	6	Kolsrud	04-08-2010
6 Håelva Rogaland	10036	128,4	27	5	Grødem	01-09-2010
	10040	119,4	26	5	Grødem	01-09-2010
	10043	133,7	33	5	Grødem	01-09-2010
	10045	105,3	18	5	Grødem	01-09-2010
	391	92,9	17	5	Hå	01-09-2010
	392	118,8	33	6	Hå	01-09-2010
	393	66,2	10	4	Hå	01-09-2010
11 Figga Nord-Trøndelag fylke	31401	84,6	21	4	Sagmo	01-07-2009
	31402	85,0	35	7	Sagmo	01-07-2009
	31403	99,8	30	6	Sagmo	01-07-2009
	31404	105,6	41	10	Sagmo	01-07-2009
	30301	108,2	38	7	Lø	30-06-2009
	30302	84,0	30	8	Lø	30-06-2009
	30303	103,4	32	6	Lø	30-06-2009
	30304	89,8	36	8	Lø	30-06-2009
12 Ogna Nord-Trøndelag fylke	22101	101,4	84	11	Skillegrind	22-06-2009
	22102	104,7	84	12	Skillegrind	22-06-2009
	22103	86,5	53	11	Skillegrind	22-06-2009
	22104	86,0	54	10	Skillegrind	22-06-2009
	21501	85,9	20	4	Hyllbrua	23-06-2009
	21502	94,5	28	5	Hyllbrua	23-06-2009
	21503	104,4	30	5	Hyllbrua	23-06-2009
	21504	107,3	30	5	Hyllbrua	23-06-2009
	21101	84,6	17	3	Motorbanen	24-06-2009
	21102	102,0	28	6	Motorbanen	24-06-2009
	21103	108,6	29	3	Motorbanen	24-06-2009
	21104	85,6	25		Motorbanen	24-06-2009
	21105	133,9	87	10	Motorbanen	24-06-2009
	20501	85,6	21	4	Hornemannshølen	25-06-2009
	20502	108,0	37	8	Hornemannshølen	25-06-2009
	20503	91,7	20	5	Hornemannshølen	25-06-2009
	20504	102,1	31	7	Hornemannshølen	25-06-2009
13 Aursunda Nord-Trøndelag fylke	10041	88,4	38	7	Gammelsagelva	24-08-2009
	10045	94,7	53	8	Gammelsagelva	24-08-2009
	10047	84,6	39	7	Gammelsagelva	24-08-2009
	412	131,1	53	9	Svartfossen	16-06-2010
	413	139,5	91	16	Svartfossen	16-06-2010

2.1 Preparationsteknik

Skalen etiketterades och mättes med hänsyn till deras längd, höjd och bredd (**figur 2 A**). En av skalhalvorna sågades vinkelrätt mot årsringarna från nedre skalkant till umbo (**figur 2 A**). Snitt-tytor genom skalet preparerades fram enligt en speciell metod som utvecklades under 1990-talet vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm (se **bilaga 1** för en mer detaljerad metodbeskrivning). För att årsringar skall framträda bättre har snittytorna behandlats med Mutvei's lösning som är en blandning av glutardialdehyd, ättiksyra och elsassblått (**bilaga 1**). Denna lösning fixerar och färgar organiska komponenter i skalen (glukoproteinerna mellan kalkkristaller-

na) och löser samtidigt långsamt upp kalkkristallerna på snittytan. Vinterlinjerna och tillväxtstörningslinjerna framträder i mörkblått och syns bäst i ljusmikroskop (**figur 2 B**).



Figur 2. A. Skalens olika mått: längd, bredd och höjd. **B.** Tunnslip av musselskal nummer 412 från Aursunda som är etsat med Mutvei's blandning och fotograferat i ljusmikroskop. Vinterlinjer och tillväxtstörningslinjer är mörkare. En tydlig tillväxtstörning som går igenom hela skalet syns vid 2004 årstillväxt (på sommaren), samt på sommaren 2009. De svarta pilarna markerar avståndet mellan två vinterlinjer som ett mått på den årliga tillväxten.

2.2 Åldersbestämning

Den årliga tillväxten (årsringarna) hos en mussla är det skalmaterialet som byggs på under tillväxtsäsongen mellan april och oktober. Under vinterperioden växer inte musslornas skal och det bildas så kallade vinterlinjer. I tvärsnitt är den årliga tillväxten representerad av det kortaste avståndet som finns mellan två vinterlinjer (markerade med svarta pilar i **figur 2 B**).

För åldersbestämning räknades den årliga tillväxten i tunnslip hos samtliga musslor. Äldre musslor har oftast eroderad umbo och den årliga tillväxten syns inte där. Åldern på den eroderade delen uppskattades med hjälp av åldersbestämda yngre musslor som växer enligt samma tillväxtkurva (Dunca m.fl. 2011).

2.3 Årlig tillväxt

Det minsta avståndet mellan två vinterlinjer (den årliga tillväxten) mättes vid gränsen mellan pärlemor och prisma lager (se **figur 2 B**). I tvärsnitt avtar den årliga tillväxten exponentiellt med åldern. För att kunna jämföra den årliga tillväxten hos äldre musslor med den hos yngre musslor behöver man standardisera mätningarna (se **bilaga 1**). Standardiseringen gjordes med samma matematiska redskap som dendrokronologerna (trädkännarna) använder för årsringarna på träd (Dunca 1999). En utförlig metodbeskrivning finns i **bilaga 1**.

Efter standardiseringen är den årliga tillväxten representerad av en standardiserad tillväxtindex (SGI), som är ett mått på förändringen i den årliga tillväxten och är jämförbar mellan alla musslor.

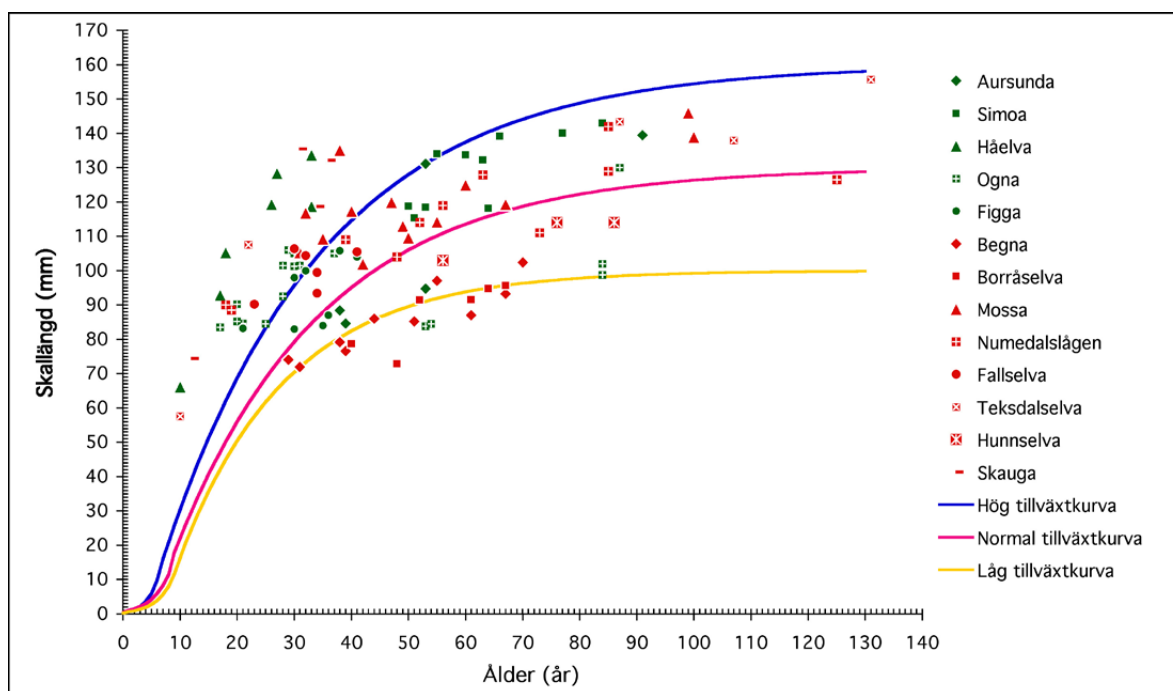
3 Resultat

3.1 Åldersbestämning av musslor och relationen mellan skallängd och ålder

Musslornas ålder varierade mellan 10 och 131 år i reglerade vattendrag och mellan 10 och 91 år i icke-reglerade vattendrag, medan skallängden varierade mellan 57,6 och 155,6 mm i reglerade vattendrag och mellan 66,2 och 143,0 mm i icke-reglerade vattendrag (**tabell 1** och **2**). Åldern på den eroderade delen vid umbo har uppskattats och inräknats i musslans ålder (se **tabell 1** och **2**).

Musslornas ålder relaterad till skallängden varierade kraftigt mellan de olika vattendragen. Musslor från Numedalslågen, Mossa och musslor från nedre del av Aursunda (Svartfossen) växte sig större jämfört med musslor från Begna, Borråselva och övre del av Aursunda (Gammelsagelva) av samma ålder.

Om man jämför med allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan (se **bilaga 1** för en detaljerad beskrivning av dessa kurvor) ligger musslorna från Numedalslågen och Mossa mellan den höga och normala tillväxtkurvan medan de från Begna och Borråselva ligger nära den låga tillväxtkurvan (**figur 3**). Om man vill uppskatta musslornas ålder utifrån deras skallängd kan man använda sig av dessa kurvor. I Aursunda var musslorna från Gammelsagelva (station 25, se **bilaga 2.12**) mindre än musslorna från Svartfossen (station 7 och 8, se **bilaga 2.12**) vid samma ålder och hamnade mellan den normala och låga tillväxtkurvan, medan musslor från Svartfossen hamnade mellan den höga och normala tillväxtkurvan vilket gör det svårt att uppskatta musslornas ålder utifrån deras skallängd (**figur 3**).



Figur 3. Diagram som visar förhållandet mellan musslornas ålder och skalens längd och de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan. Icke-reglerade vattendrag har symboler i grön färg och reglerade vattendrag har symboler i röd färg.

3.2 Årlig skaltillväxt i reglerade vattendrag

Musslornas årliga tillväxt varierade mellan populationer från olika vattendrag och även mellan olika stationer i samma vattendrag.

3.2.1 Hunnselva

Hunnselva ligger huvudsakligen i Vestre Toten kommun i Oppland fylke, och är en del av ett 376 km² stort nederbördsområde som också berör Gran, Søndre Land och Gjøvik kommuner. Själva Hunnselva har sin källa i Einavatnet (398 m ö.h.) och rinner ut i Mjøsa vid Gjøvik (123 m ö.h.). Det finns flera kraftverk i drift längs Hunnselva, men det är bara regleringen av Skjelbreia och Einavatnet och driften av Vestbakken kraftverk som berör sträckan i älven med flodpärlmusslor. Einavatnet blev reglerat i flera omgångar bl.a. under 1872 och 1897, och fördämningen blev byggd och flera gånger förnyad i övre delen av Hunnselva. Sista ombygge skedde under 1992. Mellan Einafjorden och Vestbakken kraftverk är ca fyra kilometer av älvsträckan dämd eller delvis torrlagd. Vattnet som passerar igenom Vestfossen kraftverk kommer ut i älven en bit ovanför det området där flodpärlmussla finns i dag (bl.a. Larsen & Berger 2009).

Från Hunnselva har tre musslor insamlats under 2008 (**tabell 3**) från en station vid Raufoss, nedre del av vattendraget (mellan station 4 och 5 på karta i **bilaga 2.1**). Den yngsta musslan är 56 år och den äldsta 86 år gamla. Skallängden varierar mellan 103 och 114 mm.

Tabell 3. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor från Hunnselva (station Raufoss), Oppland.

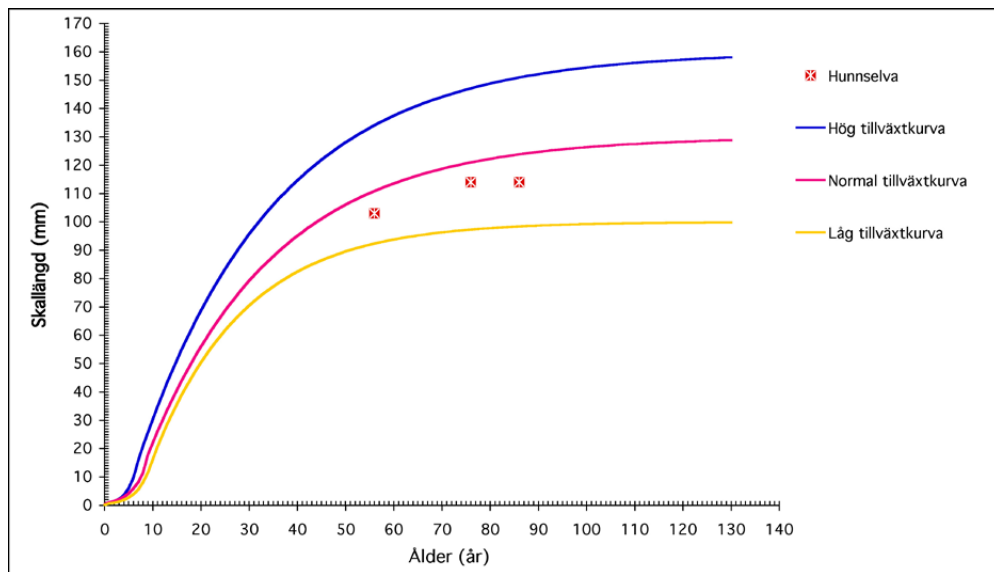
Mussla	Skallängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Datum
1002	103	56	6	07-08-2008
1003	114	86	8	07-08-2008
1004	114	76	10	07-08-2008



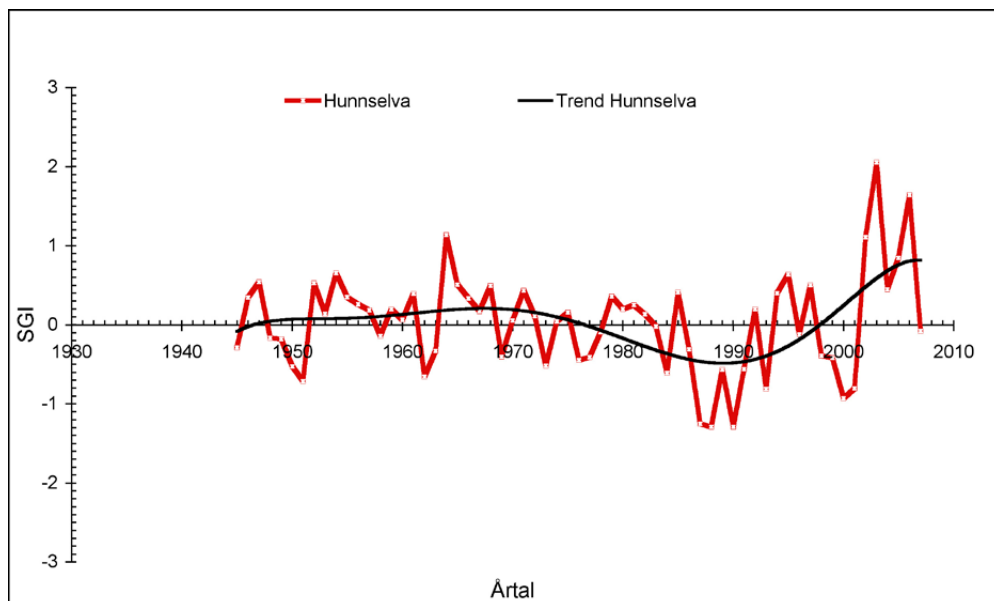
Insamlingen av musslor till åldersbestämning gjordes här, 1-2 km ovanför Raufoss centrum. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Relationen mellan ålder och skallängd hos musslorna från Hunnselva följer den normala tillväxtkurvan (**figur 4**). I Hunnselva var musslornas årliga tillväxt jämn (runt SGI=0) fram till 1980-talet. Mellan 1985 och 1995, samt mellan 1998 och 2001 var musslornas tillväxt sämre. Den

årliga tillväxten ökade markant efter 2001 (**figur 5**). Musslorna i Hunnselva har få tillväxtstörningar, bara på ca 5 % av alla år som går att se i tunnslip (**tabell 4**).



Figur 4. Diagram som visar förhållandet mellan musslornas ålder och skalens längd i Hunnselva, samt de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Figur 5. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslor vid Raufoss stationen i Hunnselva (röd linje). Trendkurvan (svart) är en 6:e grads polynom.

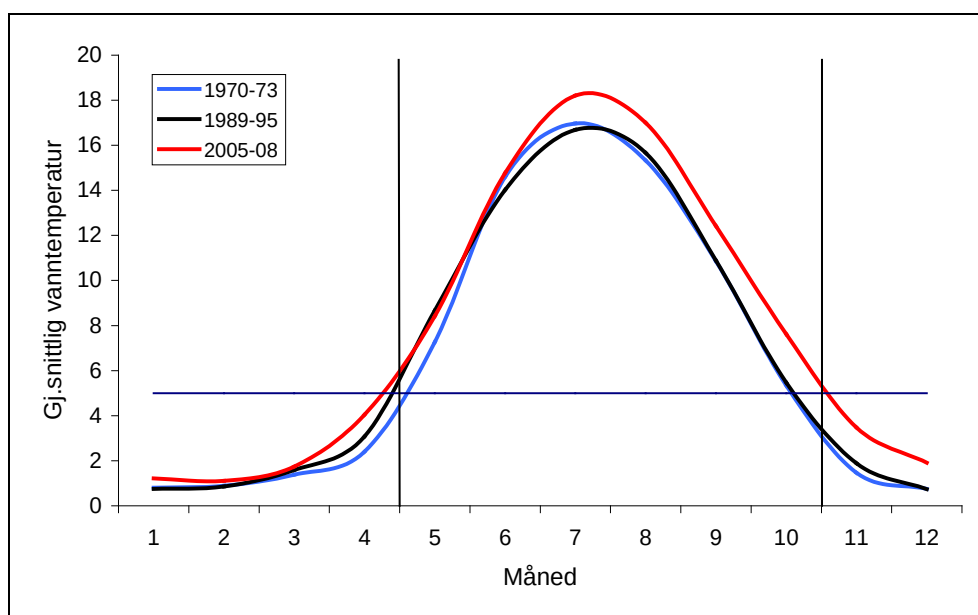
Vattentemperaturen i Hunnselva är mätt på intagsvattnet till anläggningen A/L Settefisk på Reinsvoll (Larsen 2010b). Sammanhängande dataserier finns för perioderna 1970-1973, 1989-1995 och 2005-2008. Månadsmedelvärden i de olika perioderna är presenterade i **figur 6**. Tidigare studier har visat att skaltillväxten hos flodpärlmusslan sker då temperaturen överstiger 5°C (Dunca & Mutvei 2001). Detta inträffar normalt på våren, månadsskiftet april-maj, fram till månadsskiftet oktober-november, på hösten.

Tabell 4. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från Hunnselva (station Raufoss). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Andel tillväxtstörningar (%)
1002	1,7
1003	6,9
1004	6,3
Medelvärde Hunnselva	5,0

Månadsmedeltemperaturen för perioderna 1970-1973 och 1989-1995 är nästan identiska förutom någon avvikelse på vårsidan (**figur 6**). Från en vintertemperatur på 0,7-0,8 °C ökar temperaturen gradvis under mars och april och i månadsskiftet april-maj kommer den över 5°C. Högsta registrerade temperaturer är under juli och augusti med 15-17 °C. Under perioden 2005-2008 har vårtemperaturen (april) ökat. Månadsmedeltemperaturen från juli till december har ökat mellan en och to grader. Detta kan förklara musselskalens tillväxtökning efter 2001.

Det finns inget uppenbart sammanhang mellan ökningen i vattentemperatur, speciellt under sommarmånaderna 2005-2008, och regleringen av Einafjorden. Både vattenföringen och vattentemperaturen har ökat på 2000-talet (Larsen 2010b). Den observerade temperaturökningen kan skyllas på generella klimatvariationer, men vi kan inte heller utesluta att ändringar i tappningen av Einavatnet och driften av Vestbakken kraftverk kan vara medverkande faktorer för vattnets temperaturvariation.



Figur 6. Månadsmedeltemperaturen baserat på dagliga vattentemperatursmätningar vid A/L Settefisk på Reinsvoll (Larsen 2010b).

3.2.2 Fallselva

Fallselva ligger i Søndre Land kommun, Oppland fylke, och rinner från Trevatna ned till Randsfjorden. Trevatna är reglerad och Skrankefoss kraftverk utnyttjar sedan 1966 delar av fallet mellan Trevatna och Randsfjorden. Ett nytt kraftverk vid Fall, satt i drift 2009, baserar sig på den existerande regleringen av Trevatna, men utnyttjar hela fallet (238 m) från Trevatna till

Randsfjorden. Under 2009 omdirigerades vattenflödet från det gamla kraftverket vid Skrankefoss och flyttades nära utloppet i Randsfjorden (Westly & Rustadbakken 2003, Torgersen & Ebne 2011). Som följd av detta är vattenkapaciteten vid Fall kraftverk dubbelt så stor som i det gamla Skrankefoss kraftverk. Det nya kraftverket medförde ingen väsentlig ändring i vattenföringen ovanför Skrankefoss men däremot blev vattenföringen reducerad på sträckan mellan Skrankefoss och Randsfjorden under större delen av året.

Under 2011 har 6 musslor insamlats från Fallselva (**tabell 5**) vid två stationer nära Skrankefoss (uppströms och nedströms kraftverket; motsvarande station M3 respektive M2 på kartan i **bilaga 2.2**). Den yngsta musslan är 23 år och den äldsta 41 år. Skallängden varierar mellan 90,2 och 106,4 mm.

Tabell 5. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor från Fallselva, Oppland.

Mussla	Skallängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
10009	90,2	23	5	uppströms Skrankefoss	15-05-2011
10010	99,5	34	7	uppströms Skrankefoss	15-05-2011
10011	93,4	34	6	uppströms Skrankefoss	15-05-2011
10001	106,4	30	4	nedströms Skrankefoss	15-05-2011
10002	105,5	41	4	nedströms Skrankefoss	15-05-2011
10003	104,4	32	4	nedströms Skrankefoss	15-05-2011

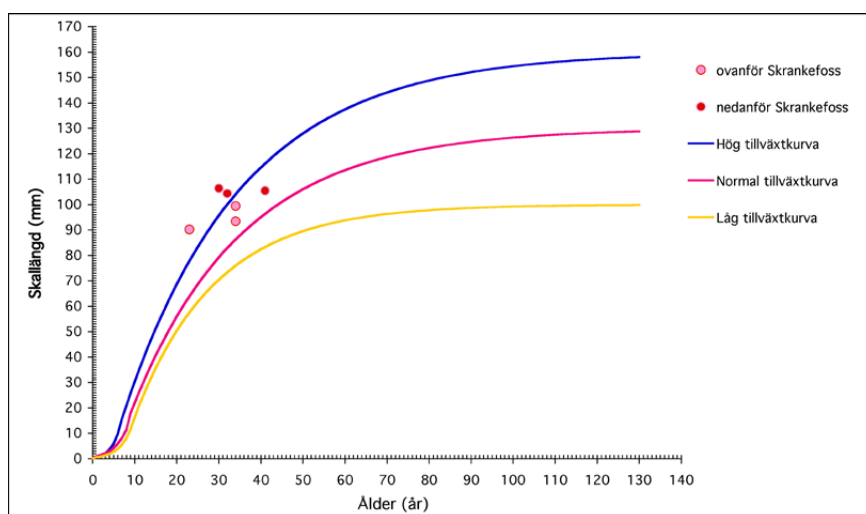
I relation till deras ålder var musslorna från Fallselva stora, och hamnade nära den höga tillväxtkurvan (**figur 7**). De visar en liknande hög årlig tillväxt både uppströms och nedströms kraftverket vid Skrankefoss förutom under sista tillväxtåren då musslorna nedanför kraftverket har sämre tillväxt (**figur 8**). Detta kan vara en konsekvens av att vattenflödet reducerades på denna sträcka i samband med att det nya kraftverket sattes i drift 2009. Musslorna i Fallselva nedanför Skrankefoss har även flera tillväxtstörningar (ca 36 % av alla år som går att se i tunnslip) än musslorna ovanför Skrankefoss (ca 23 %; **tabell 6**).



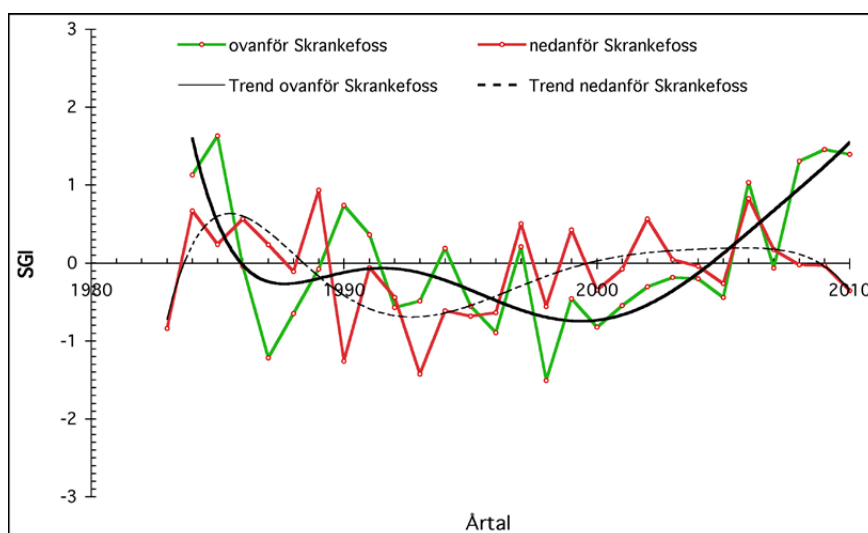
Fallselva uppströms Skrankefoss.
Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Tabell 6. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från två stationer i Fallselva (Uppströms Skrankefoss och Nedströms Skrankefoss). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Station	Andel tillväxtstörningar (%)
10009	uppströms Skrankefoss	27,8
10010	uppströms Skrankefoss	22,2
10011	uppströms Skrankefoss	17,9
10001	nedströms Skrankefoss	30,8
10002	nedströms Skrankefoss	48,6
10003	nedströms Skrankefoss	28,6
Medelvärde	uppströms Skrankefoss	22,6
Medelvärde	nedströms Skrankefoss	36,0
Medelvärde	Fallselva	29,3



Figur 7. Diagram som visar förhållandet mellan musslornas ålder och skalens längd i Fallselva, samt de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Figur 8. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslor i Fallselva ovanför (grön linje) och nedanför (röd linje) kraftverket i Skrankefoss. Trendkurvorna (svarta) är 6:e grads polynomer.

3.2.3 Begna

Begna rinner igenom Vang, Vestre-Slidle, Nord-Aurdal och Sør-Aurdal kommuner, Oppland fylke, och igenom Ringerike kommun, Buskerud fylke. Det man kallar Begna älv i Sør-Aurdal är en sträcka på ca 40 km från Bagn centrum (Bagn kraftverk) ner till fylkesgränsen vid Buskerud. Nord om Bagn finns det 18 reglerade magasin i vattendraget. Det nedersta magasinet är Aurdalsfjorden. Från Aurdalsfjorden förs vattnet i en ca 5 km tunnel, via Bagn kraftverket (satt i drift i 1963) och ut i Begna. I Begna finns flodpärlmusslan bara nedanför Bagn (Larsen 2000).

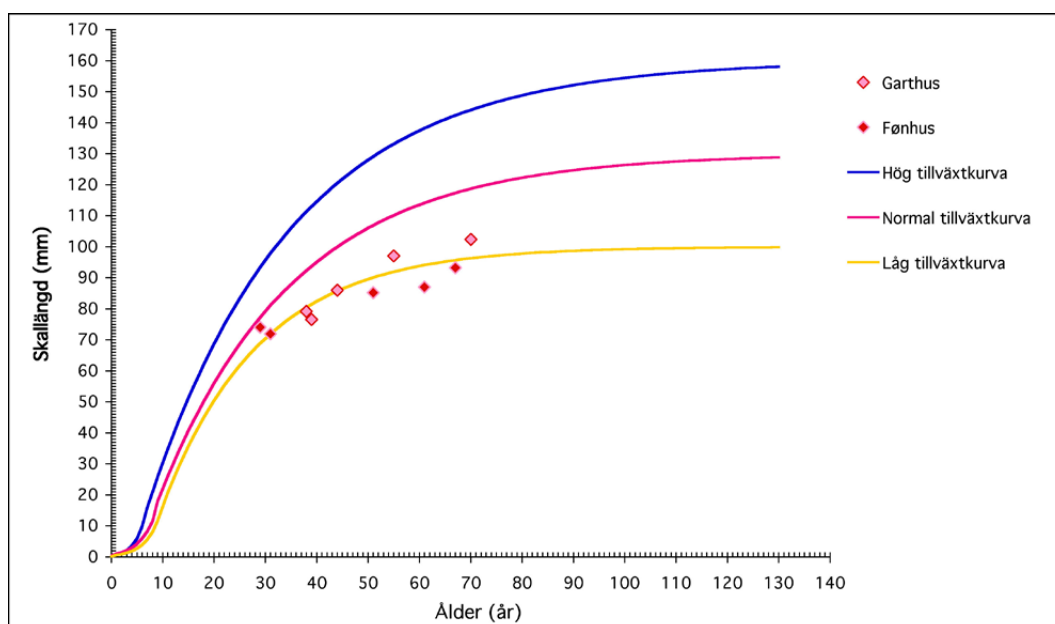
Nedströms kraftverket i Bagn finns det ett vattenföringskrav på minst 6 m³/s, men vattenföringen är sällan lägre än 12 m³/s. Oppland Energiverk fick 1994 en koncession för att bygga ut Eidsfossen och bygga Eid kraftverket i Begna. Utbyggandet startade hösten 1997 och kraftverket stod färdig år 2000. Eidsfossen var en ca 1100 meter lång sträcka med ett fall på ca 10 m. Ovanför fördämningen finns det nu ett 2 km långt intagsmagasin och nedanför den är vattendraget kanaliserat på en 1,3 km lång sträcka.

Från Begna har 10 musslor insamlats under 2010 (**tabell 7**) vid stationerna Fønhus och Garthus (motsvarande station 5, 6 och 10 på karta i **bilaga 2.3**). Den yngsta musslan är 29 år och den äldsta 70 år. Skallängden varierar mellan 71,9 och 102,4 mm.

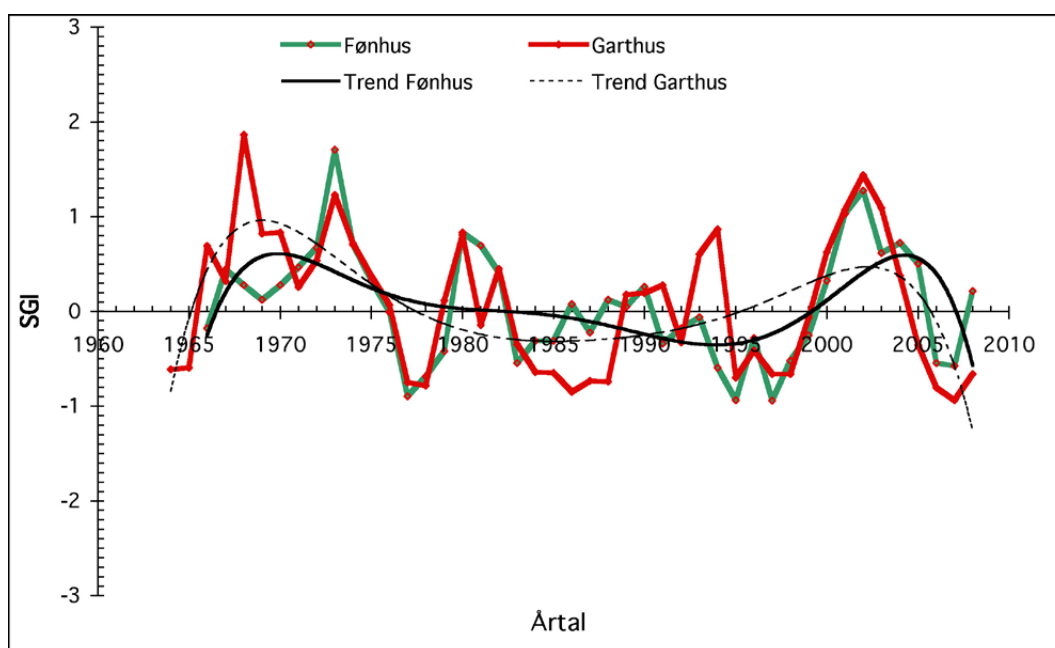
Tabell 7. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor från Begna, Oppland.

Mussla	Skallängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
406	85,2	51	11	Fønhus	03-08-2010
407	93,2	67	13	Fønhus	03-08-2010
408	87,0	61	13	Fønhus	03-08-2010
409	74,0	29	5	Fønhus	03-08-2010
410	71,9	31	7	Fønhus	03-08-2010
2	79,2	38	7	Garthus	03-08-2010
3	76,6	39	6	Garthus	03-08-2010
5	86,0	44	7	Garthus	03-08-2010
12	102,4	70	8	Garthus	03-08-2010
15	97,1	55	7	Garthus	03-08-2010

Musslorna i Begna var relativt små i relation till deras ålder så att deras tillväxt följer den låga tillväxtkurvan (**figur 9**). De visar också en viss variation när det gäller den årliga tillväxten (**figur 10**). Dock, medelvärde på den årliga tillväxten visar liknande variationer både vid Fønhus (ovanför Eidsfossen) och vid Garthus (nedanför Eidsfossen) med en sämre tillväxt mellan 1977 och 1980, mellan 1985 och 1990 och mellan 1995 och 2000, samt mellan 2006 och 2009 (**figur 10**). Utbyggandet av Eidsfoss kraftverk (1997-2000) ser inte ut att ha påverkat den årliga tillväxten hos musslorna nedanför kraftverket (Garthus). Tillväxten hos musslorna nedanför kraftverket är stort sett den samma som hos musslorna ovanför kraftverket (vid Fønhus) både under anläggningsverksamheten och under åren efter att kraftverket var färdig. Det tyder på att andra faktorer än kraftverket påverkar tillväxten hos flodpärlmusslan i denna del av Begna. Begna-musslorna har tillväxtstörningar på ca 32 % av alla år som går att se i tunnslip, och omfattningen var ungefär lik ovanför och nedanför kraftverket (**tabell 8**).



Figur 9. Diagram som visar förhållandet mellan musslornas ålder och skalens längd i Begna vid Garthus (nedanför kraftverk) och Fønhus (ovanför kraftverk), samt de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Figur 10. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslor från de två stationerna i Begna (Fønhus, ovanför kraftverket (grön linje) och Garthus, nedanför kraftverket (röd linje)). Trendkurvorna (svarta) är 6:e grads polynomer.

Tabell 8. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från Begna ovanför (Fønhus) och nedanför (Gartshus) kraftverket. Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Station	Andel tillväxtstörningar (%)
406	Fønhus	45,2
407	Fønhus	28,8
408	Fønhus	42,2
409	Fønhus	21,7
410	Fønhus	12,0
2	Garthus	33,3
3	Garthus	40,6
12	Garthus	33,3
15	Garthus	30,4
Medelvärde	Fønhus	30,0
Medelvärde	Garthus	34,4
Medelvärde	Begna	32,0

3.2.4 Numedalslågen

Numedalslågen är Norges tredje längsta älv (336 km). Nederbördsområdet sträcker sig från Larvik by, Vestfold fylke, i söder, till Hardangervidda och Eidfjord kommun, Hordaland fylke, i nordväst. Numedalslågen har en naturlig laxförande vattensträcka på 72 km upp till Hvittefoss, som också är det viktigaste utbredningsområdet för flodpärlmusslan (Aasestad & Simonson 2008). Den årliga medelvattenföringen vid utloppet i Larvik är 120 m³/s.

Under tidiga år har Numedalslågen varit ett viktigt timmerflottningsvattendrag och sedan ca 1920 har den även reglerats för kraftproduktion. I dag finns det sammanlagt 6 magasin kraftverk och 9 älvkraftverk ovanför den naturliga laxförande älvsträckan. Exploateringsreglerna fastsatta under den första koncessionen, var baserade på regler för timmerflottningsregler från 1914. Timmerflottningsbestämmelserna gällde även för koncessionen 1994 och dess förlängning 2001 trots att timmerflottningen upphörde redan 1979. Nuvarande exploateringsregler har något högre krav till minsta vattenföring och även om vattenföringen på våren tenderar att bli lägre än tidigare är höstens vattenföring något högre. I förhållande till icke-reglerat tillstånd är både vår- och höstfloden dämpad vilket ger en jämnare vattenföring året runt. Vintervattenföringen är dock lite högre än vid icke-reglerat tillstånd. Under början av 1900- talet var högsta dygnsmedel-vattenföring i många av åren väsentlig högre än efter 1940 (Sundt-Hansen m.fl. 2012).

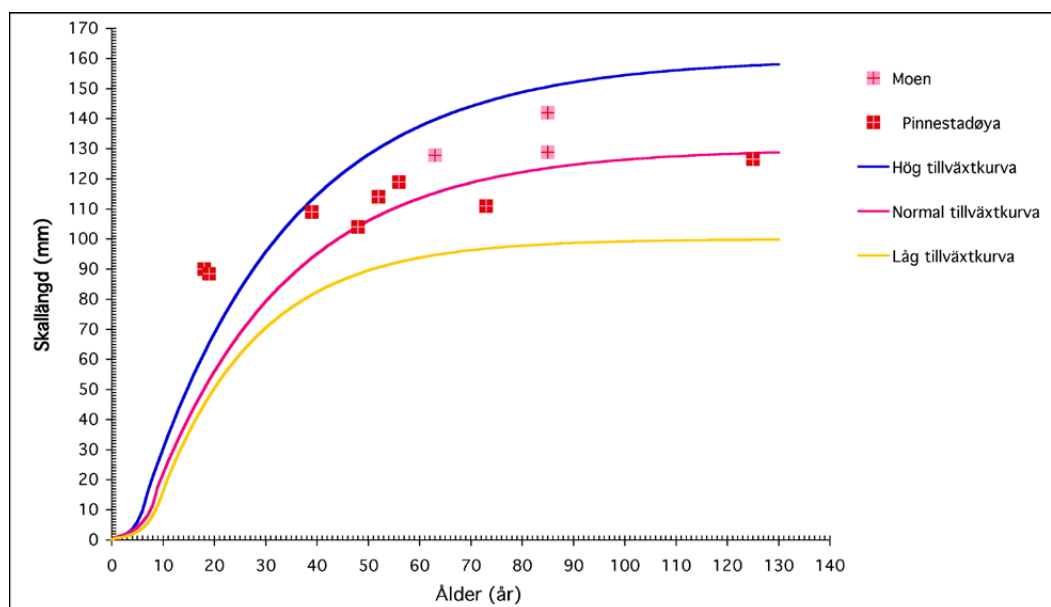
Reglerad vattenföring i juli-augusti är i genomsnitt högre än i icke-reglerat tillstånd, och särskilt under torra år är det sannolikt att den ökade vattenföringen jämfört med icke-reglerat förhållande bidrar väsentlig till ökat habitattillgång. Vattentemperaturen i juli-augusti kan bli ganska hög i Numedalslågen, med genomsnittstemperaturer upp mot 17-18 °C, och maximala temperaturer över 20 °C (som antas vara övre gräns för optimal tillväxt) vilket kan påverka musslor-nas tillväxt negativt och orsaka tillväxtstörningslinjer. Vattentemperaturen kan variera avsevärt mellan år. I 2006 var t.ex. vattnets dygnsmedeltemperatur över 20 °C i 56 % av det totala timmantalet under denna period medan den i 2007 aldrig över 20 °C.

Under 2009 har tre musslor insamlats vid Moen och 2008 har ytterligare åtta musslor insamlats vid Pinnestadøya (nära Brufoss; motsvarande station 9 och 8 på karta i **bilaga 2.4**; se **tabell 9**). Den yngsta musslan är 18 år och den äldsta 125 år. Skallängden varierar mellan 88,5 och 142,0 mm.

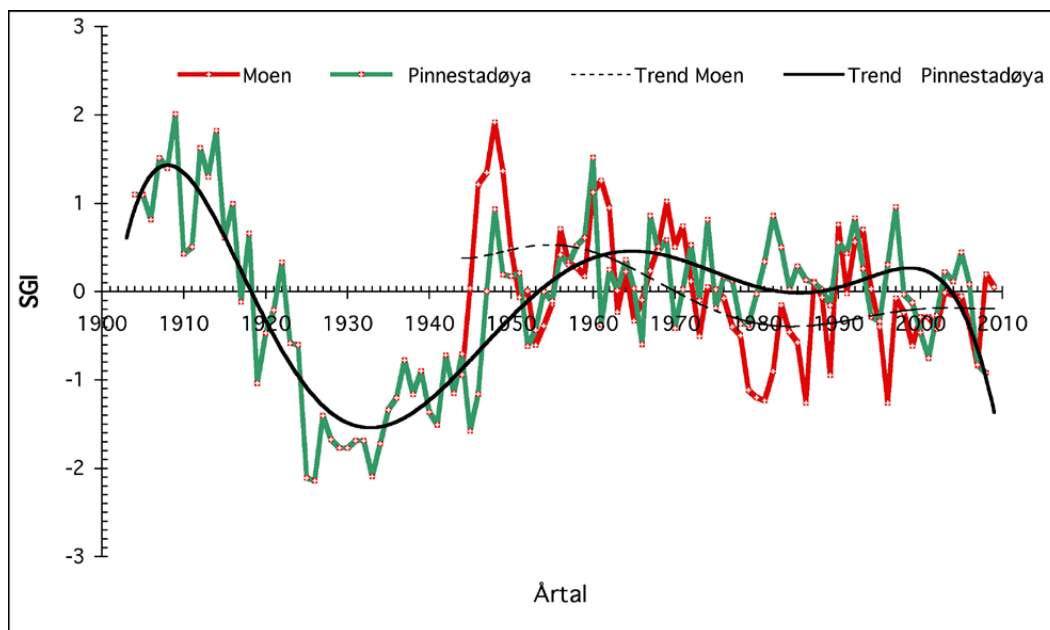
Tabell 9. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor i Numedalslågen, Vestfold.

Mussla	Skallängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
10003	128,9	85	7	Moen	21-09-2009
10004	142,0	85	8	Moen	21-09-2009
10009	127,9	63	7	Moen	21-09-2009
1	126,5	125	19	Pinnestadøya	31-08-2008
2	119	56	8	Pinnestadøya	31-08-2008
3	114	52	8	Pinnestadøya	31-08-2008
4	111	73	9	Pinnestadøya	31-08-2008
5	109	39	7	Pinnestadøya	31-08-2008
6	104	48	9	Pinnestadøya	31-08-2008
7	90	18	4	Pinnestadøya	31-08-2008
8	88,5	19	4	Pinnestadøya	31-08-2008

Längd i relation till ålder på musslorna från Numedalslågen ger en tillväxttakt mellan den höga och normala tillväxtkurvan (**figur 11**). I Numedalslågen har musslorna växt med ungefär samma takt i de båda populationerna förutom under perioden 1980-1990 (**figur 12**). Musslor från Moen visar en lägre tillväxt än genomsnittet under 1980-talet samt enskilda år runt 2000. En mussla från Pinnestadøya har en kraftig tillväxtreduktion under perioden 1910-1930. Därefter ökar tillväxten igen fram mot 1945 då växten i större grad stabiliserar sig omkring medelvärden. Musslorna i Numedalslågen har tillväxtstörningar på ca 34 % av alla år som går att se i tunnslip (**tabell 10**).



Figur 11. Diagram som visar förhållandet mellan musslornas ålder och skalens längd i Numedalslågen vid Moen och Pinnestadøya nära Brufoss, samt de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Figur 12. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslormusslor från de två sttionerna i Numedalslågen (Moen (röd linje) och Pinnestadøya (grön linje)). Trendkurvorna (svarta) är 6'e grads polynomer.

Tabell 10. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från två stationer i Numedalslågen (Moen och Pinnestadøya). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Station	Andel tillväxtstörningar (%)
10003	Moen	40,9
10004	Moen	39,2
10009	Moen	30,4
1	Pinnestadøya	11,3
2	Pinnestadøya	16,7
3	Pinnestadøya	18,2
4	Pinnestadøya	14,1
5	Pinnestadøya	87,5
6	Pinnestadøya	28,2
7	Pinnestadøya	71,4
8	Pinnestadøya	6,7
Medelvärde	Moen	36,8
Medelvärde	Pinnestadøya	31,8
Medelvärde	Numedalslågen	34,3

3.2.5 Skauga

Skauga ligger i Rissa och Leksvik kommuner, Sør-Trøndelag fylke. Svartelva Kraftverk utnyttjar fallet på ca 110 m från Storvatnet till älven Skauga i Skaugdalen, Rissa. Storvatnet är in-tags- och regleringsmagasin för kraftverket. Från Storvatnet förs vattnet genom tilloppstunnel fram till kraftverket och sedan vidare genom en avloppstunnel ut i Skauga. Arbetet med kraft-verket startade 1957 och sattes i drift vid årsskiftet 1959/1960. Kraftverket blev senare moder-niserat under 1996. För att stimulera laxvandringen i Skauga har man åstadkommit korta över-

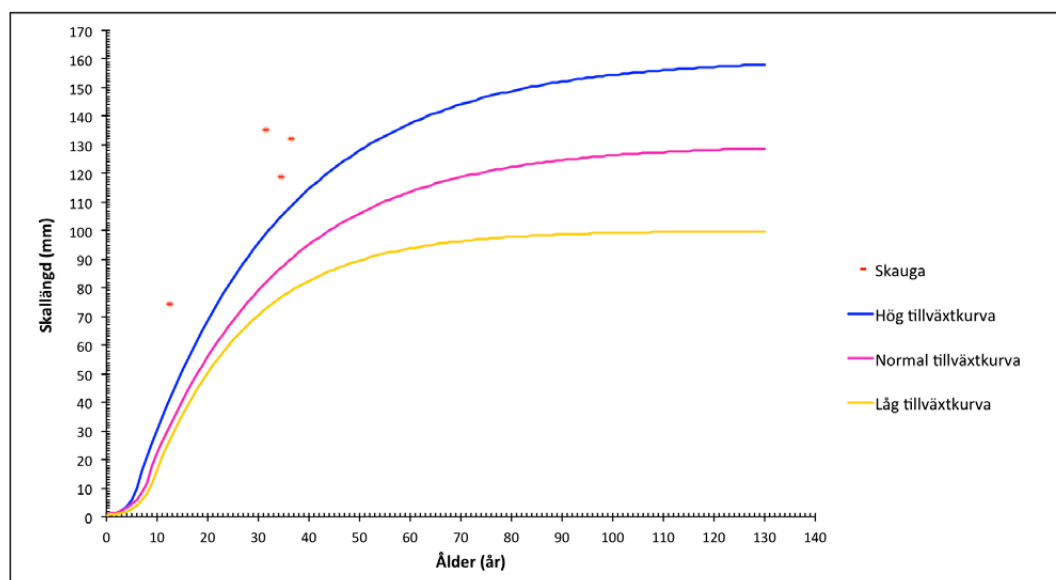
svämningar under alla år. Bestånden av lax och havsöring karakteriseras som svaga och är starkt påverkade av den omfattande regleringen av vattendraget (Arnekleiv 1994). Flodpärlmusselbeståndet är också beskrivet som svagt i Skauga (Berger 2010). Kallare vatten från Storvatnet och Svartelva sänker vattentemperaturen något nedströms sammanflytningen med Skauga. Regleringen har också medfört stark reduktion av vattentäckt areal i Skauga.

Från Skauga har fyra musslor insamlats under 2011 (**tabell 11**) från Foss (för lokalisering se karta i **bilaga 2.5**). Den yngsta musslan är 12 år och den äldsta bara 36 år. Skallängden varierar mellan 74,4 och 135,4 mm.

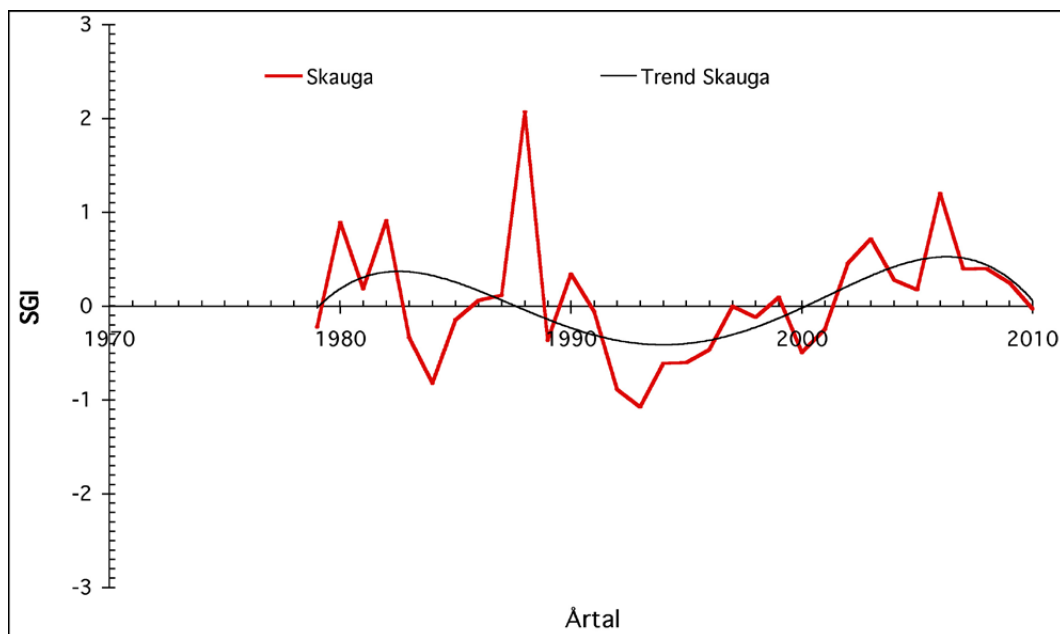
Tabell 11. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor från Skauga (station Foss), Sør-Trøndelag.

Mussla	Skallängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Datum
10001	135,4	31	3	03-07-2011
10002	132,1	36	3	03-07-2011
10003	118,7	34	3	03-07-2011
10004	74,4	12	2	03-07-2011

Musslorna har växt mycket bra och hamnar över den höga tillväxtkurvan (**figur 13**). Skauga-musslorna (insamlade vid Foss) visar en sämre tillväxt mellan 1990 och 2000 (**figur 14**). Kallare vatten från Storvatnet sänker Skaugas vattentemperatur något. Musslorna i urvalet är dessvärre ej gamla nog för att fånga upp någon direkt effekt på tillväxten i samband med bygget och uppstarten av kraftverket. Musslorna i Skauga har få tillväxtstörningar: bara i ca 12 % av alla år som går att se i tunnslip (**tabell 12**).



Figur 13. Diagram som visar förhållandet mellan musslornas ålder och skalens längd i Skauga, samt de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Figur 14. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslor från Foss stationen i Skauga (röd linje). Trendkurvan (svart) är en 6:e grads polynom.

Tabell 12. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från Skauga (station Foss). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Andel tillväxtstörningar (%)
10001	21,4
10002	18,2
10003	9,7
10004	0,0
Medelvärde Skauga	12,3

3.2.6 Teksdalselva

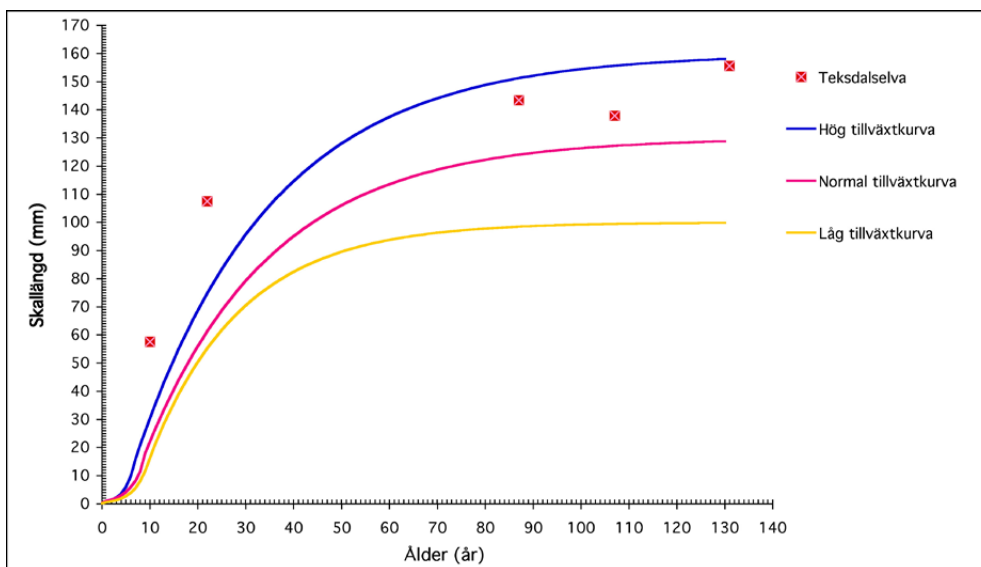
Teksdalselva ligger i Bjugn kommun, Sør-Trøndelag fylke. FosenKraftNord (Fosen kommunale kraftlag för 2001) har drivit kraftproduktionen i Teksdal sedan 1941. Vattenvägen till Teksdal Kraftstation består av fyra magasin (Laugen, Hildremsvann, Gjølgevann och Teksdalsvann). Från dammen vid Teksdalsvann finns det en sprängd tunnel till kraftstationen med en fallhöjd på 38 m. Flodpärlmusslan finns i Teksdalselva på en sträcka från kraftstationen till utloppet i havet (egna observationer). Mellan utloppet från Gjølgevann och kraftstationen är musslorna frånvarande på grund av reglering och torrläggning av älven.

Från Teksdalselva har fem musslor insamlats under 2011 (**tabell 13**) från Aunet (för lokalisering se karta i **bilaga 2.6**). Den yngsta musslan är 10 år och den äldsta 131 år. Skallängden varierar mellan 57,6 och 155,6 mm.

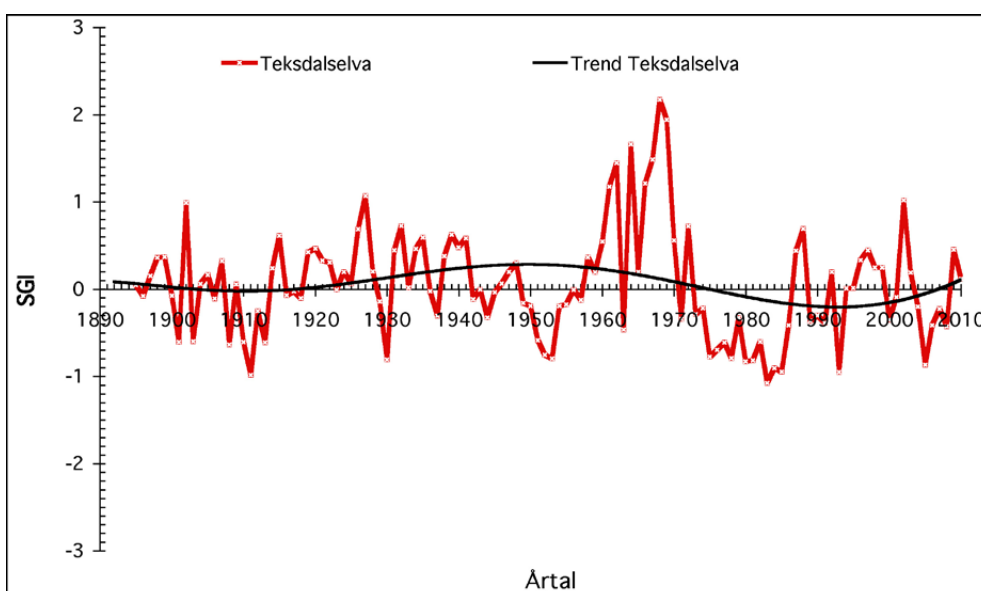
Teksdalselva-musslorna var stora i förhållande till deras ålder och har därmed en hög tillväxttakt (**figur 15**). Den årliga tillväxten var bra mellan 1960 och 1970, och något sämre i början av 1950-talet samt mellan 1975 och 1985 (**figur 16**). Musslorna i Teksdalselva har få tillväxtstörningar, bara ca 15 % av alla år som går att se i tunnslip (**tabell 14**).

Tabell 13. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor från Teksdalselva (station Aunet), Sør-Trøndelag.

Mussla	Skallängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Datum
10001	137,9	107	6	03-07-2011
10002	155,6	131	11	03-07-2011
10003	143,4	87	5	03-07-2011
10004	107,5	22	3	03-07-2011
10005	57,6	10	1	03-07-2011



Figur 15. Diagram som visar förhållandet mellan musslornas ålder och skalens längd i Teksdalselva, samt de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Figur 16. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslor vid Aunet stationen i Teksdalselva (röd linje). Trendkurvan (svart) är en 6'e grads polynom.

Tabell 14. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från Teksdalselva (station Auset). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Andel tillväxtstörningar (%)
10001	17,6
10002	30,8
10003	25,6
10004	0,0
10005	0,0
Medelvärde Teksdalselva	14,8

3.2.7 Borråselva

Gråelvattendraget, som ligger i Stjørdal kommun, Nord-Trøndelag fylke, är reglerat för utbyggnad av kraftverk och är fördämt vid Ausetvatn, Almovatn/Buvatn och Liavatn utlopp. Borråselva är den delen av vattendraget som ligger mellan Ausetvatn och Almovatn/Buvatn. År 1910 startade utbyggandet av Skulbørstadfoss kraftverk nedanför Liavatn. Regleringsdammen i Almovatn-Buvatn blev byggd 1923 och den i Ausetvatn 1926. Dessa två sjöar fungerar som vattenmagasin för Liavatn som är intagsmagasin för Skulbørstadfoss kraftverk. Ausetdammen blev restaurerat första gång 1963. Ett sista ombygge av den existerande fördämningen påbörjades 2008 och orsakade mycket grumligt vatten i perioder och lägre vattenflöde. Sprängningsarbete har förekommit och delar av dammen har tagits bort för att sedan bygga om till en högre damm.

Vattenföringen i Borråselva styrs genom att öka eller minska luckan vid öppningen i dammen. Under enstaka år kan vattenföringen variera betydligt som en följd av nedtappning av Ausetvatn med påföljande stängning av luckan. Det händer sällan att luckan är helt stängd, men det har förekommit tre gånger under åren 1996-2005: april-maj 1996, september-november 1997 och maj-juni 2001. Flodpärlmusslan påträffas i Borråselva på hela den 7,8 km långa sträckan mellan Ausetvatn och Almovatn-Buvatn (Larsen m.fl. 2008, Larsen 2008).

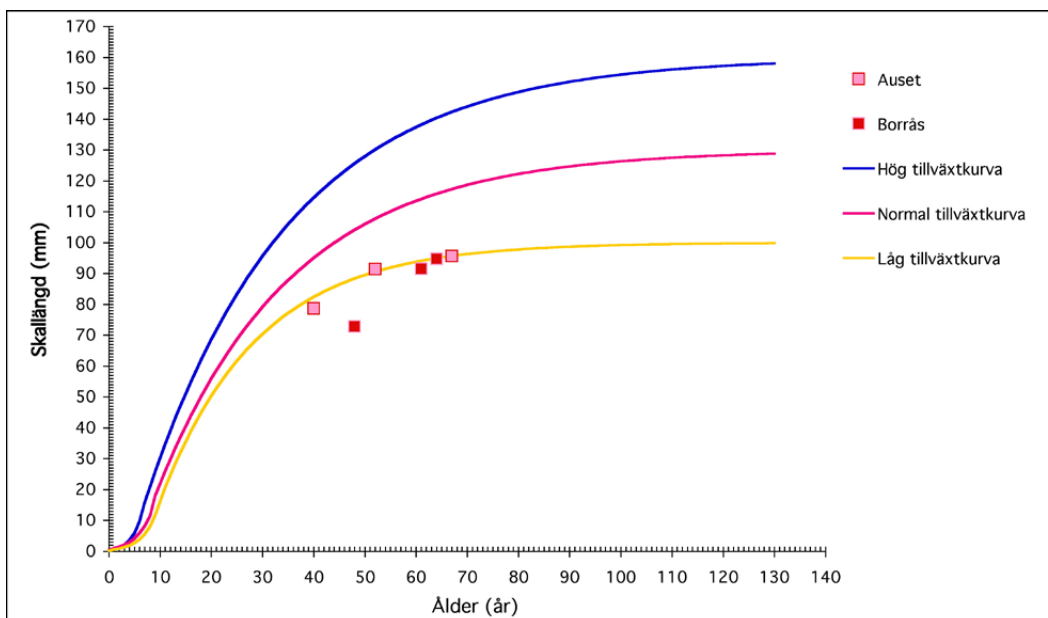
Under 2010 har 6 musslor insamlats (**tabell 15**) vid stationerna Auset och Borrås: 0,4 och 3,7 km från utloppet av Ausetvatn (motsvarande station 1 och 8 på karta i **bilaga 2.7**). Den yngsta musslan är 48 år och den äldsta 67 år. Skallängden varierar mellan 72,8 och 95,6 mm.

Tabell 15. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor från Borråselva (Gråelvavattendraget), Nord-Trøndelag.

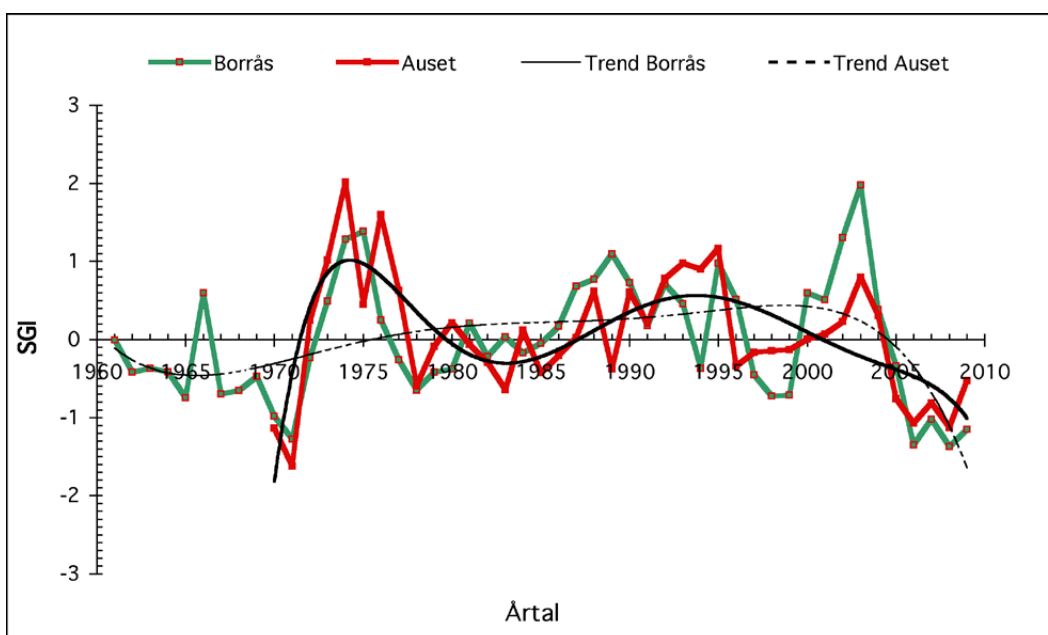
Mussla	Skallängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
1	91,4	52	9	Auset	13-10-2010
2	95,6	67	12	Auset	13-10-2010
3	78,7	40	9	Auset	13-10-2010
4	91,5	61	9	Borrås	13-10-2010
5	94,7	64	10	Borrås	13-10-2010
6	72,8	48	9	Borrås	13-10-2010

Musslorna i Borråselva var små i relation till deras ålder och följer den låga tillväxtkurvan (**figur 17**). I Borråselva har musslorna från båda stationerna (Auset och Borrås) en liknande årlig tillväxt med sämre tillväxt på 1960-talet och början av 1970-talet (med minimum 1971), samt på

1980- och 1990-talet (med minima 1978, 1983 och 1997-1999). Även efter 2006 har musslorna växt dåligt (**figur 18**). Vid Auset sammanfaller en kraftigt minskad tillväxt efter 1996 med att vattnet i magasinet har tappats och vattenflödet i älven sjunkit (Larsen m.fl. 2008). Borråselva-musslorna (båda stationerna) har en hög frekvens av tillväxtstörningar på ca 55 % av alla år som går att se i tunnslip (**tabell 16**).



Figur 17. Diagram som visar förhållandet mellan musslornas ålder och skalens längd i Borråselva vid station Auset och Borrås, samt de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Figur 18. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) hos flodpärlmusslor från de två stationerna i Borråselva (Borrås (grön linje) och Auset (röd linje)). Trendkurvorna (svarta) är 6:e grads polynomier.

Tabell 16. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från två stationer i Borråselva (Auset och Borrås). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Station	Andel tillväxtstörningar (%)
1	Auset	51,2
2	Auset	69,1
3	Auset	46,2
4	Borrås	56,0
5	Borrås	60,4
6	Borrås	48,7
Medelvärde	Auset	55,5
Medelvärde	Borrås	55,0
Medelvärde	Borråselva	55,3

3.2.8 Mossa

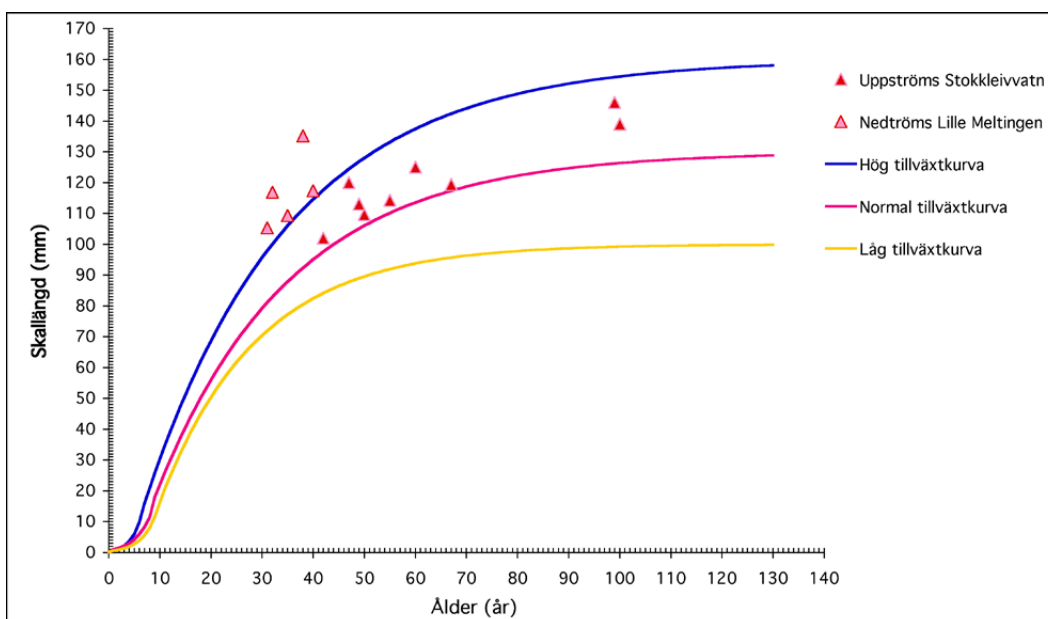
Mossa vattendraget ligger i Mosvik kommun, Nord-Trøndelag fylke. Vattendraget blev reglerat av den Kungliga resolutionen 4:e december 1981. Vid regleringen blev 55 % av fältet överfört till Kalddalen för kraftproduktion. Mosvik kraftverk har varit i drift sedan januari 1984. Insjön Meltingen blev reglerad med en sänkning på 21 m. Åfjorden blev avskild med en tröskel mot Meltingen och en tröskel med lucka i utloppet till Mossa med möjlighet för att släppa vatten i Mossa. Regleringen har medfört en starkt reducerad vattenföring under hela året. Restvattenföringen är 25–30 % vid Lille Meltingen, men mycket av detta utgörs av nederbördsfältet runt Langen som rinner ut i Lille Meltingen igenom Tverrelva. Restvattenföringen sjunker gradvis från 5 % vid inlopp i Lille Meltingen till 0 % vid Åfjorden. Vårfloden är ca tre veckor tidigare efter regleringen (1984-1991) jämfört med tidigare oreglerat vattendrag (1916-1931). Ursprungligen har flodpärlmusslan varit utbredd i hela laxförande delen av Mossa, och antalet musslor var störst ovanför Lille Meltingen (Dolmen & Kleiven 1997).

Tabell 17. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor från Mossa, Nord-Trøndelag.

Mussla	Skalllängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
1048	113	49	7	uppströms Stokkleivvatn	22-06-1984
1179	120	47	7	uppströms Stokkleivvatn	22-06-1984
1184	146	99	8	uppströms Stokkleivvatn	22-06-1984
1242	139	100	8	uppströms Stokkleivvatn	22-06-1984
167	114,2	55	7	uppströms Stokkleivvatn	18-06-2010
168	109,6	50	7	uppströms Stokkleivvatn	18-06-2010
169	125,0	60	8	uppströms Stokkleivvatn	18-06-2010
170	119,4	67	8	uppströms Stokkleivvatn	18-06-2010
171	102,0	42	6	uppströms Stokkleivvatn	18-06-2010
53	116,9	32	5	nedströms Lille Meltingen	05-08-2011
58	117,4	40	6	nedströms Lille Meltingen	05-08-2011
59	135,1	38	7	nedströms Lille Meltingen	05-08-2011
61	105,3	31	5	nedströms Lille Meltingen	05-08-2011
68	109,3	35	6	nedströms Lille Meltingen	05-08-2011

Sammanlagt har 9 musslor insamlats i Mossa uppströms Stokkleivvatn (station 3, bilaga 2.8) vid två olika tidpunkter: 1984 då vattenregleringssystemet sattes i drift och 2010. Från nedströms Lille Meltingen (station 14, bilaga 2.8) har 5 musslor insamlats 2011 (**tabell 17**). Den yngsta musslan är 31 år och den äldsta 100 år. Skallängden varierar mellan 102 och 146 mm.

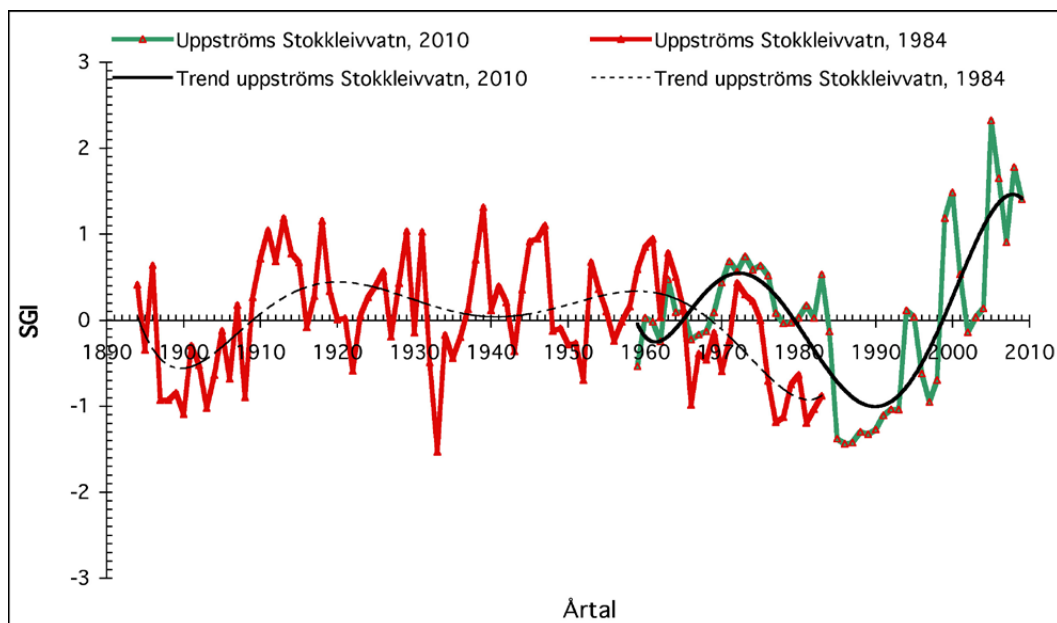
Musslorna nedströms Lille Meltingen var större i relation till deras ålder än musslorna uppströms Stokkleivvatn och befinner sig över hög tillväxtkurvan (**figur 19**). Den årliga tillväxten för musslorna uppströms Stokkleivvatn visar nedgående trender från början på 1980-talet då fördamningens konstruktion påbörjades (**figur 20**). På 1980- och 1990-talet är tillväxten väldigt dålig för att sedan öka efter år 2000 (**figur 20**).



Figur 19. Diagram som visar förhållandet mellan musslornas ålder och skalens längd i Mossa, uppströms Stokkleivvatn och nedströms Lille Meltingen, samt de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.

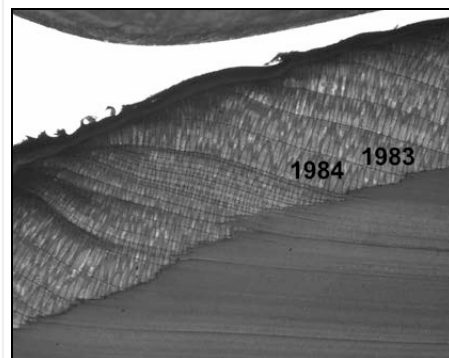
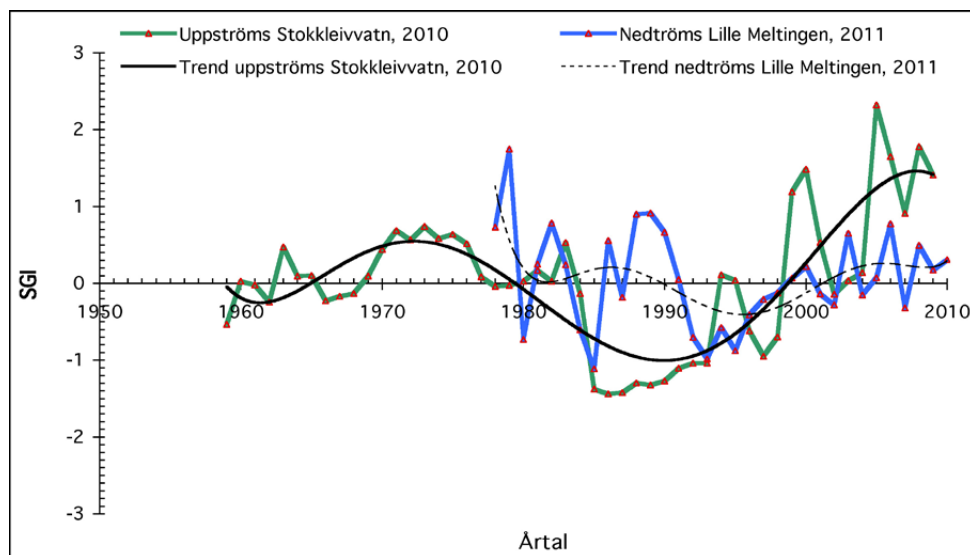


Regleringsdammen vid utloppet av Åfjorden med vattenutsläpp i Mossa ($0,1 \text{ m}^3/\text{s}$), juni 2010. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.



Figur 20. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) hos musslor från uppströms Stokkleivvatn i Mossa, insamlade 1984 (röd linje) och 2010 (grön linje). Trendkurvorna (svarta) är 6:e grads polynomer.

Musslorna från nedströms Lille Meltingen som befinner sig längre från fördämningen har en jämnare årlig tillväxt (runt $SGI=0$) än musslorna insamlade uppströms Stokkleivvatn. Skillnaderna i tillväxt mellan stationerna är störst under de första åren efter att Mossa blev reglerat och under perioden efter 2000 (**figur 21**). Musslor som blev insamlade 1984 uppströms Stokkleivvatn har lägre frekvens av tillväxtstörningar än musslor insamlade 2010 och musslor nedströms Lille Meltingen (**tabell 18**).



Figur 21. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslor i Mossa insamlade 2010 uppströms Stokkleivvatn (grön linje), samt insamlade 2011 nedströms Lille Meltingen (blå linje). Trendkurvorna (svarta) är 6:e grads polynomer. Tillväxtstörningarna i Mossa musslorna uppströms Stokkleivvatn är starkast på 1980- och 1990-talet och tillväxten är starkt reducerad. Foto: Elena Dunca.

Tabell 18. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från två stationer i Mossa (Uppströms Stokkleivvatn och Nedströms Lille Meltingen). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år. Uppströms Stokkleivvatn är musselpopulationen undersökt både 1984 och 2010.

Mussla	Station (år)	Andel tillväxtstörningar (%)
1048	uppströms Stokkleivvatn (1984)	9,5
1179	uppströms Stokkleivvatn (1984)	2,6
1184	uppströms Stokkleivvatn (1984)	11,0
1242	uppströms Stokkleivvatn (1984)	13,8
167	uppströms Stokkleivvatn (2010)	34,0
168	uppströms Stokkleivvatn (2010)	46,5
169	uppströms Stokkleivvatn (2010)	44,2
170	uppströms Stokkleivvatn (2010)	32,2
53	nedströms Lille Meltingen (2011)	44,4
58	nedströms Lille Meltingen (2011)	64,7
59	nedströms Lille Meltingen (2011)	48,4
61	nedströms Lille Meltingen (2011)	50,0
68	nedströms Lille Meltingen (2011)	44,8
Medelvärde	uppströms Stokkleivvatn (1984)	9,2
Medelvärde	uppströms Stokkleivvatn (2010)	39,2
Medelvärde	nedströms Lille Meltingen (2011)	50,5
Medelvärde	Mossa 2010-2011	45,5

3.3 Årlig skaltillväxt i icke-reglerade vattendrag

3.3.1 Simoa

Simoa ligger i Sigdal och Modum kommuner, Buskerud fylke. Ovanför utloppet av Soneren dominerar nederbördsfältet av kalkfattiga bergarter. Det i kombination med sur nederbörd har påverkat vattenkvaliteten och fiskbestånd (starkt reduktion eller försvinnande av fiskbestånd har förekommit). På kort sikt var kalkning den enda åtgärden som kunde återställa förurningsskadorna. Kalkingsarbetet i Sigdal kom i gång på mitten av 1980-talet. Under åren 1988-1993 blev det kalkat med ca 50 ton kalkstensmjöl per år (4-6 insjöar). Detta ökade under 1994 då kalkningen blev utvidgad till 17 insjöar och det blev ett ytterligare uppsving under 1995 då 57 små och stora insjöar blev kalkade med 323 ton kalkstensmjöl. Fem år senare, under 2000, blev det kalkat i 71 insjöar med 301 ton, och under 2006 blev det utspritt 202 ton kalk i 70 insjöar. Senare har kalkningen trappats ytterligare ner.

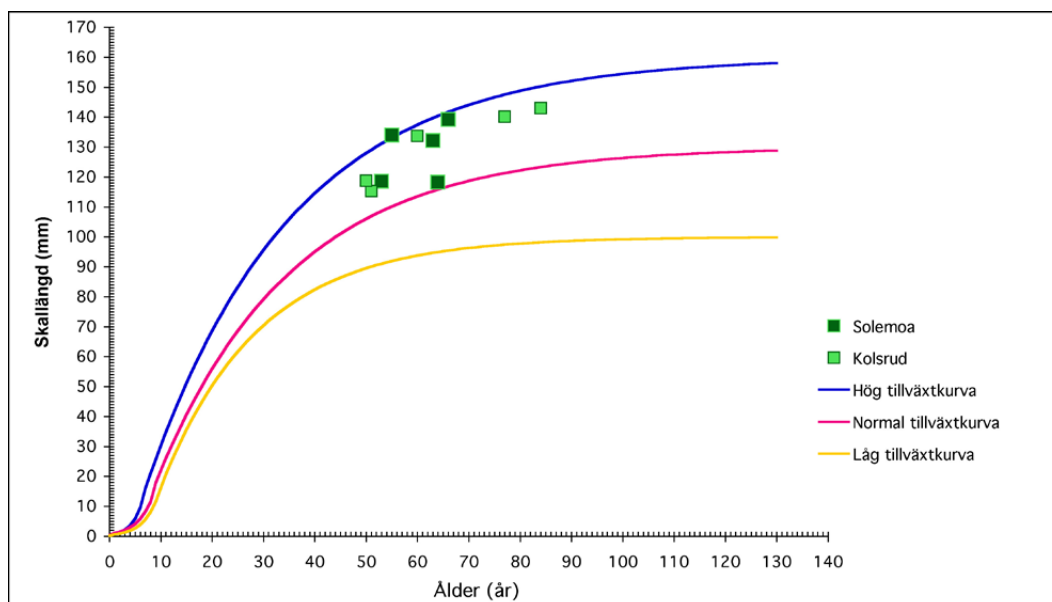
Flodpärlmusslan utbreder sig i Simoa från inloppet till Solevatn och nästan ner till Åmot (Blaafargeverket), en älvsträcka på ca 39 km om man utesluter insjöarna. Det viktigaste utbredningsområdet är emellertid den 12 km långa sträckan mellan Solevatn och Soneren (Larsen m.fl. 2007a).

Från Simoa har 10 musslor insamlats under 2010 (**tabell 19**) vid stationerna Solemoa och Kolsrud (motsvarande station 202, 203 och 308 på kartan i **bilaga 2.9**). Den yngsta musslan är 50 år och den äldsta 84 år. Skallängden varierar mellan 115,3 och 143,0 mm.

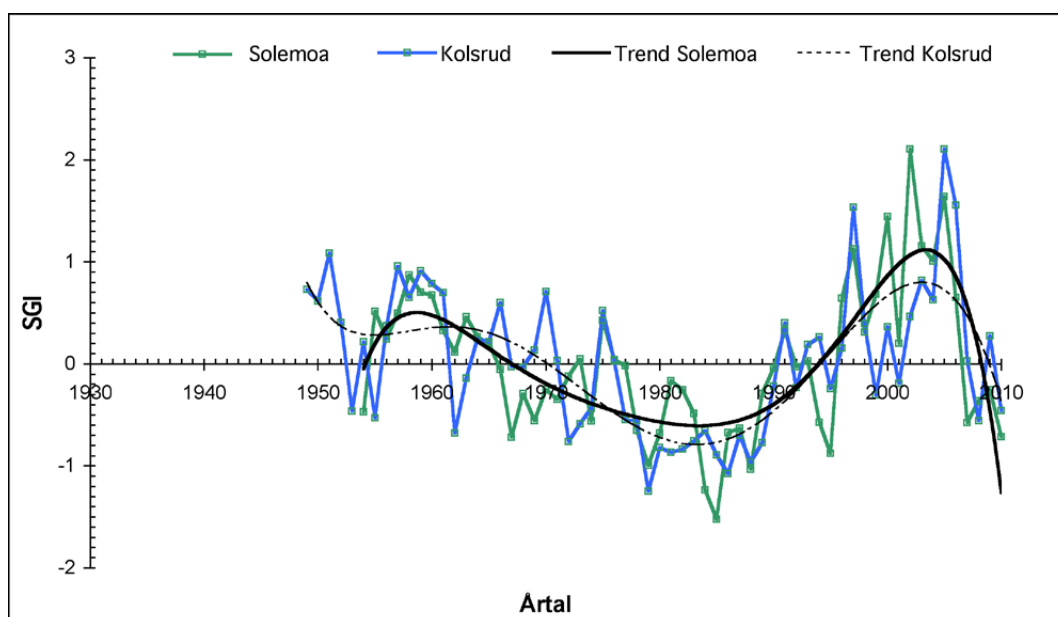
Tabell 19. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor från Simoa, Buskerud.

Mussla	Skalllängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
1	134,0	55	6	Solemoa	04-08-2010
2	132,3	63	7	Solemoa	04-08-2010
8	118,5	53	6	Solemoa	04-08-2010
13	139,2	66	7	Solemoa	04-08-2010
15	118,2	64	7	Solemoa	04-08-2010
401	133,7	60	7	Kolsrud	04-08-2010
402	115,3	51	6	Kolsrud	04-08-2010
403	140,1	77	6	Kolsrud	04-08-2010
404	143,0	84	7	Kolsrud	04-08-2010
405	118,8	50	6	Kolsrud	04-08-2010

Musslornas tillväxt hamnar mellan den höga och normala tillväxtkurvan (**figur 22**). Simoa är ett icke-reglerat vattendrag, men är påverkat av försurning och kalkning. Musslorna från Simoa har liknande årlig tillväxt i båda stationerna, med lägre tillväxt mellan 1975 och 1990, samt efter 2007. Det var högre tillväxt mellan 1995 och 2005 då de högsta doserna av kalk användes i kalkningsåtgärderna (**figur 23**). Larsen m.fl. (2007a) fann också att tillväxthastigheten hade ökat i Simoa på 2000-talet, och tio år gamla musslor var i genomsnitt 22 mm längre år 2006 jämfört med beräkningar gjorda år 1995. Musslorna från Simoa visar en hög frekvens av tillväxstörningar. Den högsta frekvensen av tillväxstörningar har registrerats i musselskal från Solemoa (mer än dubbelt så hög som hos skalen från Kolsrud; **tabell 20**).



Figur 22. Diagram som visar förhållandet mellan Simoa musslornas ålder och skalens längd och de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Figur 23. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslor i Simoa insamlade vid Solemoa (grön linje) och Kolsrud (blå linje). Trendkurvorna (svarta) är 6:e grads polynomer.

Tabell 20. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från två stationer i Simoa (Solemoa och Kolsrud). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Station	Andel tillväxtstörningar (%)
1	Solemoa	76,6
2	Solemoa	55,6
8	Solemoa	74,0
13	Solemoa	41,7
15	Solemoa	56,1
401	Kolsrud	21,4
402	Kolsrud	23,9
403	Kolsrud	44,9
404	Kolsrud	16,9
405	Kolsrud	20,4
Medelvärde	Solemoa	60,8
Medelvärde	Kolsrud	25,5
Medelvärde	Simoa	43,2

3.3.2 Håelva

Håelva-vattendraget ligger huvudsakligen i Hå och Time kommuner, Rogaland fylke. De nedre delarna av vattendraget är påverkade av avrinning från jordbruksmark och utsläpp från tätorter. I tillägg har flera större ingrepp gjorts i vattendraget. På gamla kartor var älven mycket bredare och det var flera insjöar. År 1909 blev vattenståndet sänkt och 1400 mål blev frigjord til odling. Mycket av älvbrädden är stensatt på senare tid för att förhindra översvämningar. Trots detta fortsätter Håelva att ha ett fint bestånd av flodpärlmusslor, som förekommer på en ca 16,5 km lång älvsträcka. Dock, är rekryteringen svag idag och uppväxtförhållandena varierar längs vattendraget. Dessa är sämst i vattendragets nedre del (Hå), men något bättre mellan Oma och

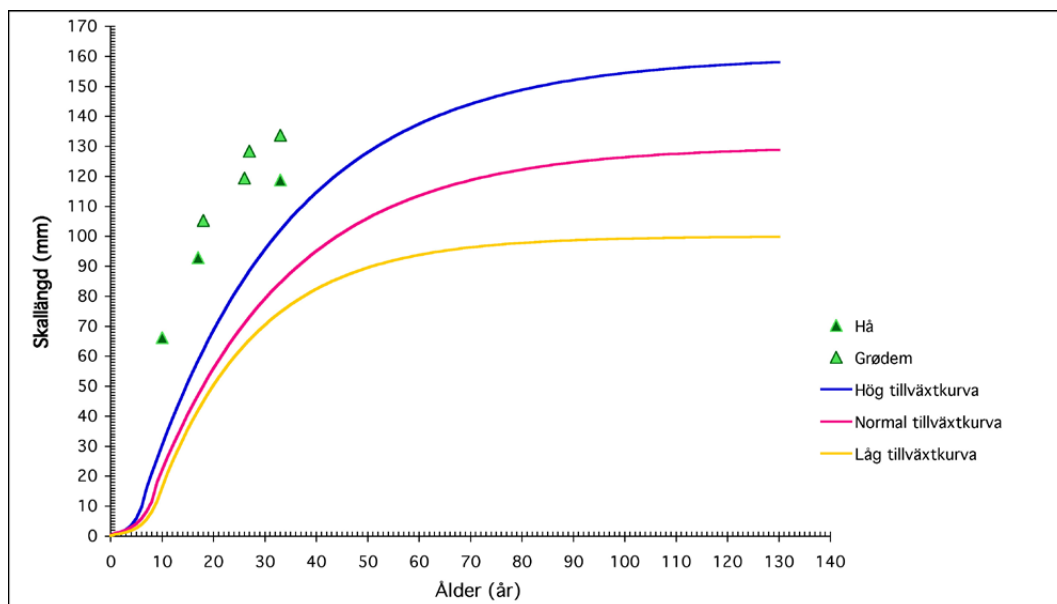
Haugland (bl.a. Grødem) där mer än 90 % av hela beståndet förekommer (Larsen & Berger 2010).

Från Håelva har 7 musslor insamlats under 2010 vid stationerna Grødem och Hå (**tabell 21**) (motsvarande station 1, 11 och 12 på karta i **bilaga 2.10**). Den yngsta musslan är 10 år och den äldsta bara 33 år. Skalllängden varierar mellan 66,2 och 133,7 mm.

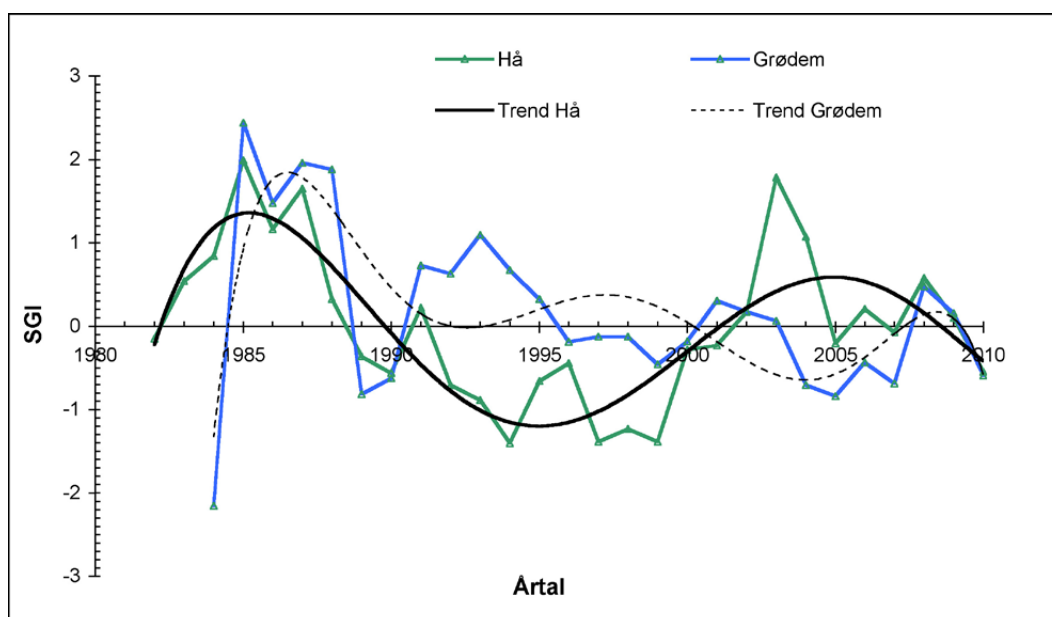
Tabell 21. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor från Håelva, Rogaland.

Mussla	Skalllängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
10036	128,4	27	5	Grødem	01-09-2010
10040	119,4	26	5	Grødem	01-09-2010
10043	133,7	33	5	Grødem	01-09-2010
10045	105,3	18	5	Grødem	01-09-2010
391	92,9	17	5	Hå	01-09-2010
392	118,8	33	6	Hå	01-09-2010
393	66,2	10	4	Hå	01-09-2010

Håelva-musslorna var mycket stora i relation till deras ålder och hamnar långt över den höga tillväxtkurvan (**figur 24**). Håelva-musslorna växer på ett liknande sätt på båda stationerna förutom mellan 1990 och 2000 då musslorna från Hå har en lägre årlig tillväxt (**figur 25**). Vissa musslor i Håelva har få tillväxtstörningar (7-8 %) medan andra har många tillväxtstörningar (56 %), alltså stor variation (**tabell 22**).



Figur 24. Diagram som visar förhållandet mellan Håelva musslornas ålder och skalens längd och de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Figur 25. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslor i Håelva insamlade vid Hå (grön linje) och Grødem (blå linje). Trendkurvorna (svarta) är 6:e grads polynomer.

Tabell 22. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från två stationer i Håelva (Grødem och Hå). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Station	Andel tillväxtstörningar (%)
10036	Grødem	23,8
10040	Grødem	45,5
10043	Grødem	55,6
10045	Grødem	7,1
391	Hå	8,3
392	Hå	36,7
393	Hå	16,7
Medelvärde	Grødem	33,0
Medelvärde	Hå	20,6
Medelvärde	Håelva	26,8

3.3.3 Figga

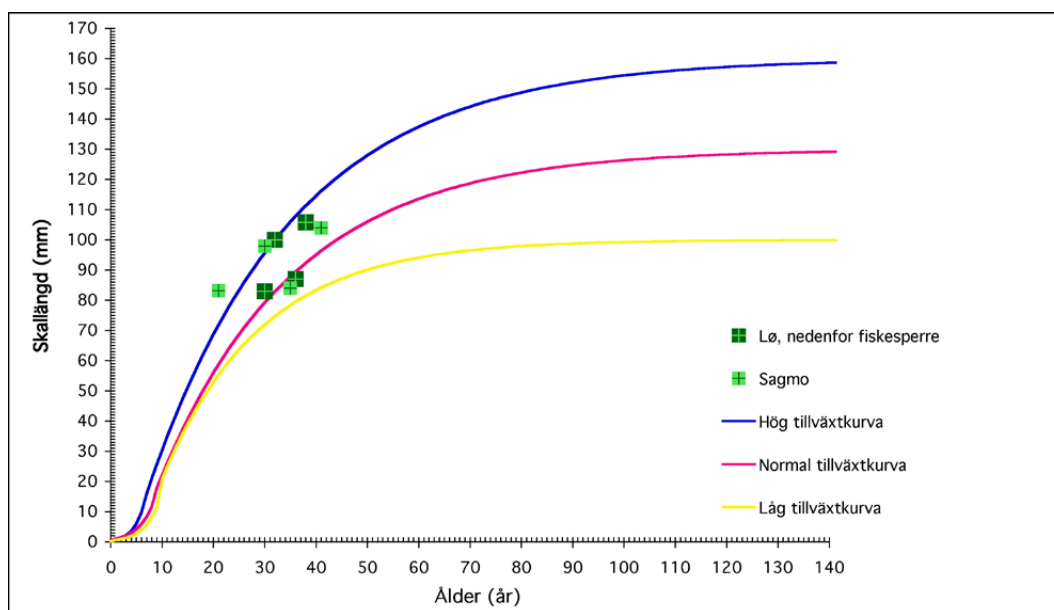
Figga ligger i Steinkjer kommun, Nord-Trøndelag fylke och kommer från Leksdalsvatnet (70 m ö.h.) 14 km från utloppet i sjön. Laxparasiten *Gyrodactylus salaris* blev överförd med infekterade yngel till Figga år 1977. I ett försök att begränsa utbredningen av parasiten byggdes 1988 en fiskspärr vid Lø (ca 1,3 km från utloppet i sjön). Figga blev också rotenonbehandlad för första gången 1993, men parasiten har dykt upp igen och ytterligare tre större behandlingar mot laxparasiten har genomförts. Trots detta finns flodpärlmusslan på hela sträckan mellan Leksdalsvatnet och utloppet i sjön. År 1999 blev beståndet estimerat till 6,4 miljoner individer (Larsen m.fl. 2000; 2011a).

Från Figga har 8 musslor insamlats under 2009 (**tabell 23**) vid stationerna Sagmo och Lø (nedströms fiskspärren) (motsvarande station 314 och 303 på karta i **bilaga 2.11**). Den yngsta musslan är 21 år och den äldsta 41 år. Skallängden varierar mellan 84,0 och 108,2 mm.

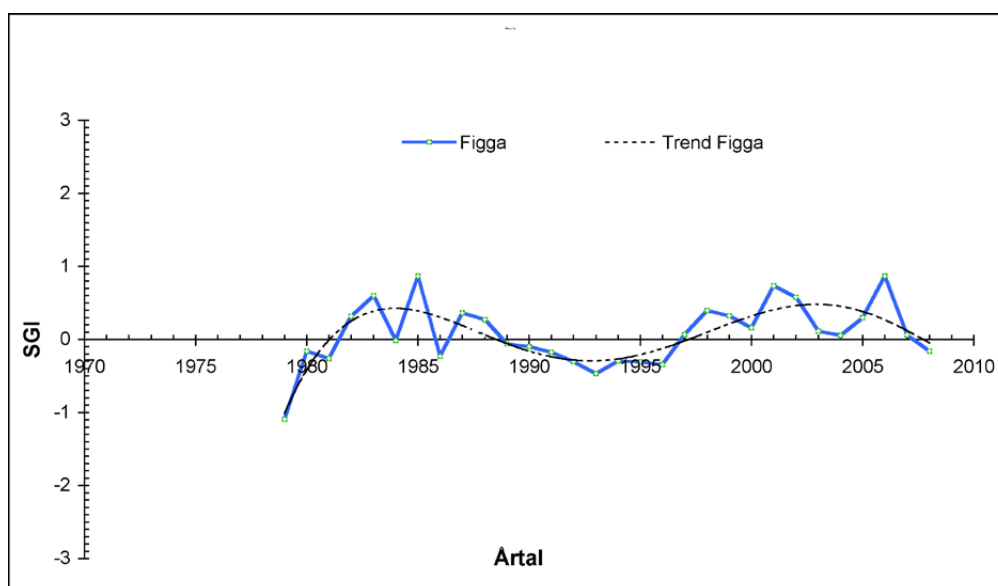
Tabell 23. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) hos flodpärlmusslor från Figga, Nord-Trøndelag.

Mussla	Skalllängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
31401	84,6	21	4	Sagmo	01-07-2009
31402	85,0	35	7	Sagmo	01-07-2009
31403	99,8	30	6	Sagmo	01-07-2009
31404	105,6	41	10	Sagmo	01-07-2009
30301	108,2	38	7	Lø, nedströms fiskspärren	30-06-2009
30302	84,0	30	8	Lø, nedströms fiskspärren	30-06-2009
30303	103,4	32	6	Lø, nedströms fiskspärren	30-06-2009
30304	89,8	36	8	Lø, nedströms fiskspärren	30-06-2009

I Figga växer musslorna omkring den höga och normala tillväxtkurvan (**figur 26**). Musslornas årliga tillväxt är något sämre mellan 1990 och 1995 i jämförelse med de andra åren som ingår i tillväxtdiagrammet (**figur 27**). Den årliga tillväxten hos musslor från Figga varierar på ett liknande sätt som den hos musslor från Onga (se kapitel 3.3.4; Dunca m.fl. 2010). Tillväxtstörningar finns på ca 20 % av alla år som går att se i tunnslip (**tabell 24**).



Figur 26. Diagram som visar förhållandet mellan Figga musslornas ålder och skalens längd och de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Figur 27. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslorna Figga (blå linje). Trendkurvan (svart) är en 6:e grads polynom.

Tabell 24. Tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor från två stationer i Figga (Sagmo och Lø). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Station	Andel tillväxtstörningar (%)
31401	Sagmo	17,6
31402	Sagmo	30,0
31403	Sagmo	25,0
31404	Sagmo	12,9
30301	Lø, nedströms fiskspärren	16,1
30302	Lø, nedströms fiskspärren	18,2
30303	Lø, nedströms fiskspärren	11,5
30304	Lø, nedströms fiskspärren	25,0
Medelvärde	Sagmo	21,4
Medelvärde	Lø	17,7
Medelvärde	Figga	19,6

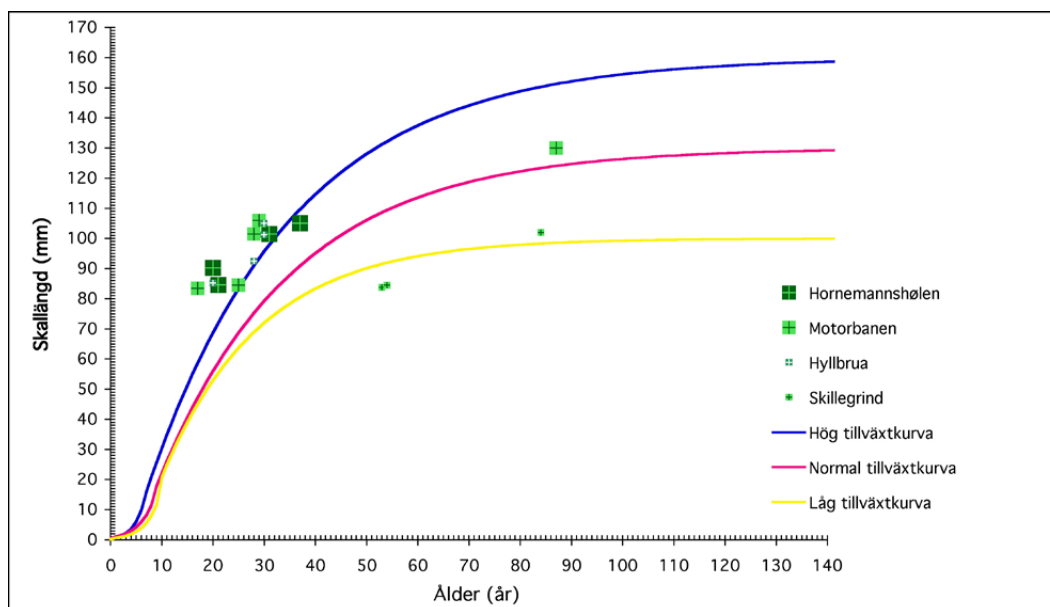
3.3.4 Oгна

Steinkjer-vattendraget ligger i Steinkjer kommun, Nord-Trøndelag fylke, och består av Byaelva och Oгна som rinner samman en kilometer ovanför utloppet i Beistadfjorden och bildar Steinkjernelva. Vattendraget har ett nederbördsfält på 2143 km², av vilket Oгна utgör 578 km². Oгна är ett utpräglad låglandsvattendrag med 93 % av nederbördsfältet lägre än 600 m ö.h. och är konstant värnat mot kraftverksbygge. Laxparasiten *Gyrodactylus salaris* som blev överförd med infekterade yngel utsläppta 1977 i Figga spred sig också till Steinkjer-vattendraget. Som ett försök att utrota parasiten rotenonbehandlades Oгна 1993 för första gången. Parasiten har dykt upp igen efter det och ytterligare tre större behandlingar har genomförts under senare år. Under 8 av de senaste 18 åren har det varit betydande störningar och kemiska belastningar på miljön runt detta vattendrag. Flodpärlmusslan förekommer vanligtvis i hela vattendraget, men störst täthet finns på den laxförande delen av älven nedströms Støafossen (Larsen m.fl. 2000; 2011a).

Från Ogna har 17 musslor insamlats under 2009 (**tabell 25**) vid stationerna Skillegrind, Hyllbrua, Motorbanen och Hornemannshølen (motsvarande station 221, 215, 211 och 205 på karta i **bilaga 2.11**). Den yngsta musslan är 17 år och den äldsta 87 år. Skallängden varierar mellan 84,6 och 133,9 mm.

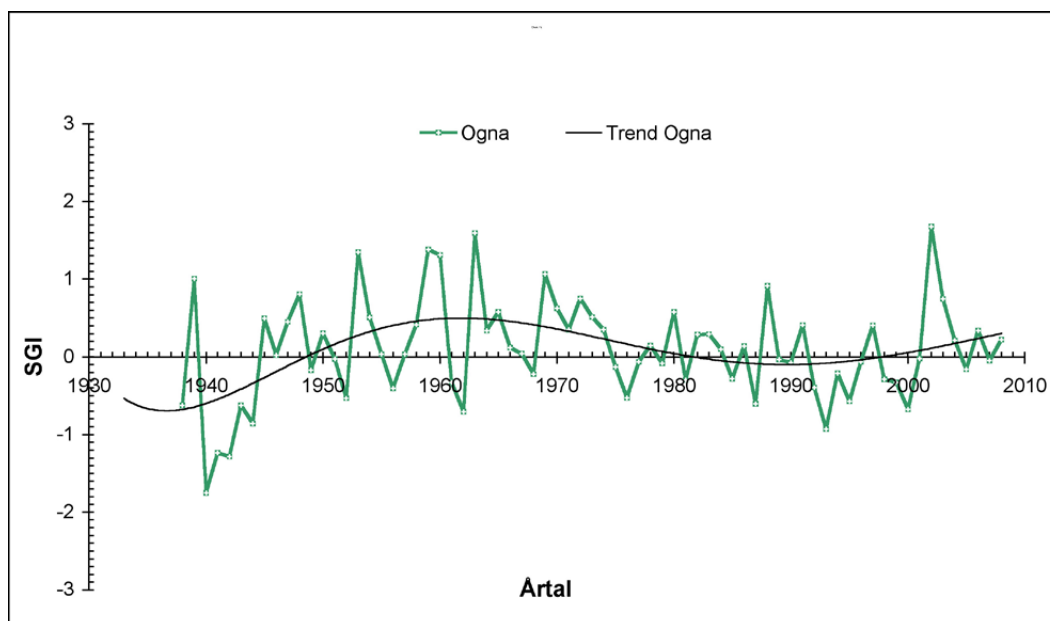
Tabell 25. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) för flodpärlmusslor från Ogna, Nord-Trøndelag.

Mussla	Skallängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
22101	101,4	84	11	Skillegrind	22-06-2009
22102	104,7	84	12	Skillegrind	22-06-2009
22103	86,5	53	11	Skillegrind	22-06-2009
22104	86,0	54	10	Skillegrind	22-06-2009
21501	85,9	20	4	Hyllbrua	23-06-2009
21502	94,5	28	5	Hyllbrua	23-06-2009
21503	104,4	30	5	Hyllbrua	23-06-2009
21504	107,3	30	5	Hyllbrua	23-06-2009
21101	84,6	17	3	Motorbanen	24-06-2009
21102	102,0	28	6	Motorbanen	24-06-2009
21103	108,6	29	3	Motorbanen	24-06-2009
21104	85,6	32	7	Motorbanen	24-06-2009
21105	133,9	87	10	Motorbanen	24-06-2009
20501	85,6	21	4	Hornemannshølen	25-06-2009
20502	108,0	37	8	Hornemannshølen	25-06-2009
20503	91,7	20	5	Hornemannshølen	25-06-2009
20504	102,1	31	7	Hornemannshølen	25-06-2009



Figur 28. Diagram som visar förhållandet mellan Ogna musslornas ålder och skalens längd och de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.

Musslorna från Hornemannshølen, Motorbanen och Hyllbrua (stationerna 205, 211 och 215) växer stort sett enligt den höga tillväxtkurvan (**figur 28**). Musslorna från Skillegrind (station 221) växer saktare och följer den låga tillväxtkurvan. Den genomsnittliga årliga tillväxten för Oгна-musslorna visar relativt små variationer, men skalltillväxten är något högre än förväntat på 1960-tallet (SGI >0) och något lägre under 1940-talet och delar av 1990-tallet (SGI <0) (**figur 29**). Musslorna i Oгна har få tillväxtstörningar (**tabell 26**).



Figur 29. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) hos flodpärlmusslorna i Oгна (grön linja). Trendkurvan (svart) är en 6:e grads polynom.



Insamlingen av musslor för åldersbestämning gjordes vid fyra stationer i Oгна, bland annat här vid Motorbanen, ca 4 km nedanför Støafossen (station 211). Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Tabell 26. Tillväxtstörningar (% av alla värderade år) hos flodpärlmusslor från Oгна. Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Station	Andel tillväxtstörningar (%)
22101	Skillegrind	5,5
22102	Skillegrind	2,8
22103	Skillegrind	2,4
22104	Skillegrind	15,9
21501	Hyllbrua	12,5
21502	Hyllbrua	21,7
21503	Hyllbrua	24,0
21504	Hyllbrua	4,0
21101	Motorbanen	28,6
21102	Motorbanen	18,2
21103	Motorbanen	7,7
21104	Motorbanen	32,0
21105	Motorbanen	20,8
20501	Hornemannshølen	5,9
20502	Hornemannshølen	17,2
20503	Hornemannshølen	13,3
20504	Hornemannshølen	12,5
Medelvärde	Skillegrind	6,7
Medelvärde	Hyllbrua	15,6
Medelvärde	Motorbanen	21,5
Medelvärde	Hornemannshølen	12,2
Medelvärde	Oгна	14,0

3.3.5 Aursunda

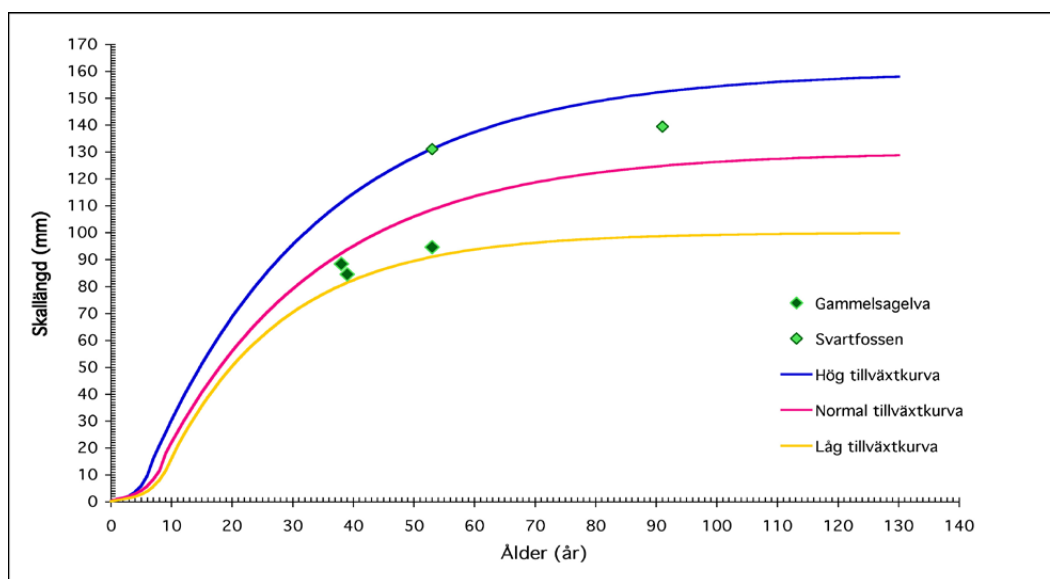
Aursunda-vattendraget är näringsfattigt och har ett nederbördsfält som täcker en areal på 164 km² fördelat på kommunerna Steinkjer, Namsos och Namdalseid, Nord-Trøndelag fylke. Aursunda-vattendraget har flera äldre flottningsdammar och dammar med trärännor till vattenförsörjning, kraftförsörjning och timmerflottning. Høyfættdammen har varit använd för att reglera vattenföringen i samband med uppgången av lax och för att förebygga utbrott av furunkulos fram till och med 2009. Flodpärlmusslan är utspridd på ca 8 km längs Aursunda-vattendraget. Beståndet är tätt med mycket högt antal individer ända upp till Gjermundsfossen. Beståndet är estimerat till något över 1,4 millioner flodpärlmusslor 2010 (Larsen & Saksgård 2011).

Från Aursunda har 5 musslor insamlats under 2009 och 2010 (**tabell 27**) vid Gammelsagelva och Svartfossen (motsvarande stationerna 7, 8 och 25 på karta i **bilaga 2.12**). Den yngsta musslan är 38 år och den äldsta 91 år. Skallängden varierar mellan 84,6 och 139,5 mm. De längsta skalen är insamlade vid Svartfossen (station 7 och 8) och kom från nyligen döda musslor.

Relationen mellan skallängd och ålder (**figur 30**) tyder på att musslorna i Aursunda vid Svartfossen har en normal till hög tillväxt medan musslorna från Gammelsagelva har en normal till låg tillväxt.

Tabell 27. Längd och ålder (inklusive uppskattade umbonala år) för flodpärlmusslor från Aursunda, Nord-Trøndelag.

Mussla	Skallängd (mm)	Ålder (år)	Umbonala år	Station	Datum
10041	88,4	38	7	Gammelsagelva	24-08-2009
10045	94,7	53	8	Gammelsagelva	24-08-2009
10047	84,6	39	7	Gammelsagelva	24-08-2009
412	131,1	53	9	Svartfossen	16-06-2010
413	139,5	91	16	Svartfossen	16-06-2010

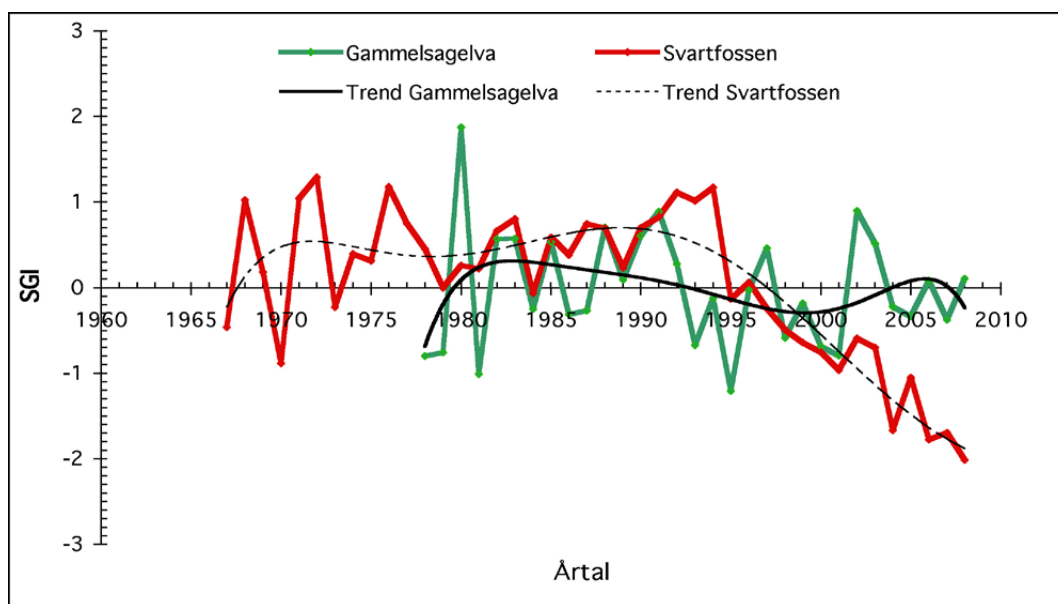


Figur 30. Diagram som visar förhållandet mellan musslornas ålder och skalens längd i Aursunda och de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.



Den dominerande vegetations-typen i Aursundas nederbördsfält är fattig granskog i kombination med myr. Berggrundsförhållandet och jordarterna ger vattendraget en generellt näringsfattig prägel. Foto: Bjørn Mejdell Larsen.

Hos de insamlade musslorna från Svartfossen sjunker den årliga tillväxten fr.o.m. 1995 medan musslorna från Gammelsagelva visar en variation i tillväxten runt nollvärdet av SGI (**figur 31**). Det finns ingen god förklaring för denna skillnad. Musslorna från Gammelsagelva har tillväxtstörningar i 42 % av åren medan musslorna från Svartfossen har 26 % störningar (**tabell 28**). Ibland förekommer svaga och ibland starkare tillväxtstörningar, men dessa störningar förekommer inte alltid under samma tidsperiod på de insamlade musslorna. Olika lokala omständigheter som torrläggningar under kortare perioder och högt flöde, men även tillfälligheter som stenras, upplockning, djur eller fiskare som kliver på dem, kan också orsaka tillväxtstörningar som påverkar musslorna på ett individuellt sätt.



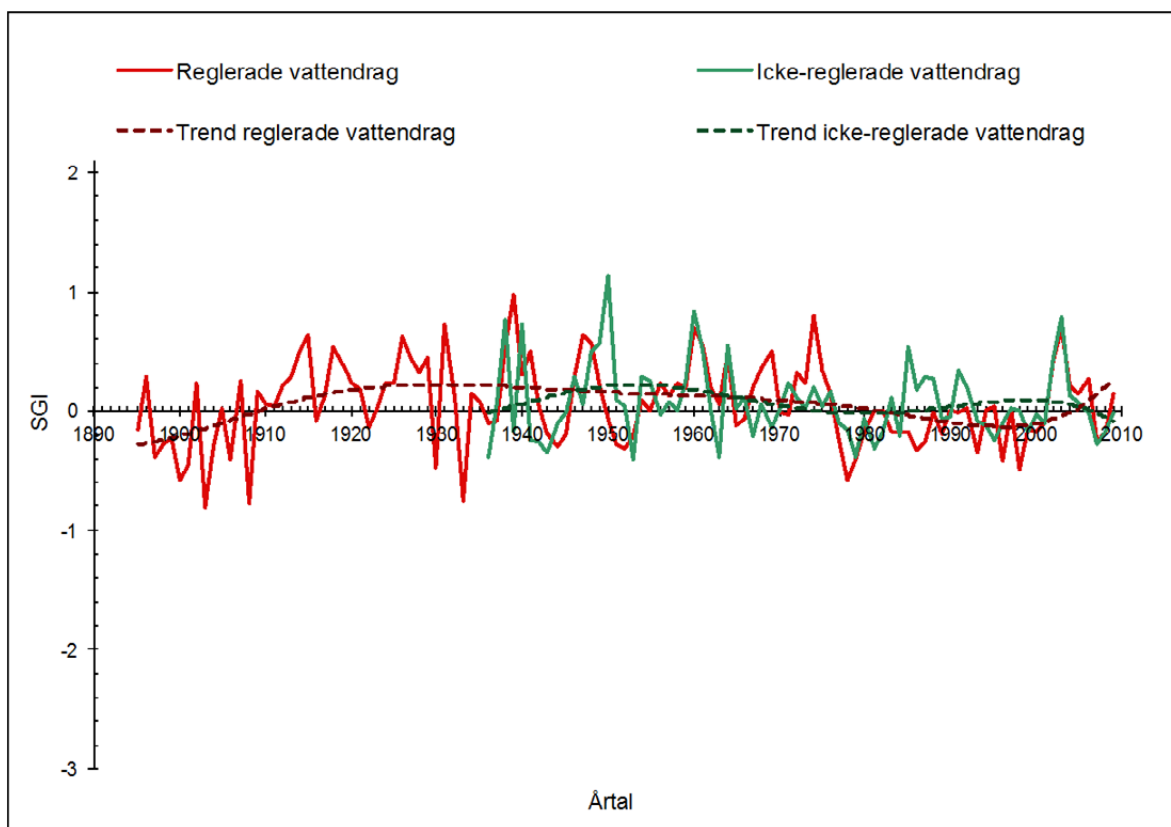
Figur 31. Diagram som visar medel årlig tillväxt (SGI) för flodpärlmusslor i Aursunda insamlade vid Gammelsagelva (grön linje) och Svartfossen (röd linje). Trendkurvorna (svarta) är en 6:e grads polynom.

Tabell 28. Tillväxtstörningar hos flodpärlmossor från två stationer i Aursunda (Gammelsagelva och Svartfossen). Värdena representerar andel tillväxtstörningar i procent av alla värderade år.

Mussla	Station	Andel tillväxtstörningar (%)
10041	Gammelsagelva	43,8
10045	Gammelsagelva	26,7
10047	Gammelsagelva	54,8
412	Svartfossen	16,3
413	Svartfossen	36,5
Medelvärde	Gammelsagelva	41,8
Medelvärde	Svartfossen	26,4
Medelvärde	Aursunda	34,1

4 Sammanställning och diskussion

Om man jämför den årliga tillväxten hos musslor från reglerade och icke-reglerade vattendrag är trenderna mycket lika med undantag på åren runt 1990 då tillväxten är obetydlig lägre hos musslor från reglerade vattendrag (**figur 32**).



Figur 32. Diagram som visar medel årlig standardiserad tillväxt (SGI) för flodpärlmusslor i reglerade (röd linje) och icke-reglerade (grön linje) vattendrag. Trendkurvorna (svarta) är 6:e grads polynomer.

Den årliga tillväxten hos de undersökta musslorna varierar dock väldigt mycket mellan älvarna och en direkt effekt av vattenreglering kan därför vara svår att påvisa. Resultaten tyder på att musslornas tillväxt påverkas av flera andra faktorer än vattenregleringen. Tidigare studier (bl.a. Dolmen & Kleiven 2004, Dunca 1999, Geist & Auerswald 2007, Hastie m.fl. 2001; 2003, Mutvei m.fl. 1996, Mutvei & Westermarck 2001) har visat att faktorer som vattentemperatur, vattenkvalité och flöde, samt substrat påverkar musslornas tillväxt och rekrutering. Själva regleringen av vattenflödet kan troligen påverka musslornas tillväxt indirekt genom att sänka/öka vattenflödet. Detta kan igen sänka/öka vattentemperaturen och tillgången på näring som i sig är viktiga faktorer som påverkar skaltillväxten hos musslor.

I Nätraån, Västernorrlands län är det undersökt hur skaltillväxten påverkas av en fördämning (E. Dunca, i arbete). Inga stora skillnader har hittats när årlig tillväxt för musselbeståndet vid fördämningen jämfördes med beståndet uppströms. Analysen visar att Nätraån musslornas tillväxt påverkas mest av temperaturvariationer (E. Dunca, i arbete).

Tabell 29. Tillväxtstörningar (% av alla värderade år) hos musslor från reglerade och icke-reglerade vattendrag. Värdena representerar medelvärde av antal år med tillväxtstörningar hos alla undersökta musslor i varje vattendrag.

Lokal nr.	Vattendrag	Tillväxtstörningar medel (%)
REGLERADE VATTENDRAG		
1	Hunnselva	5,0
2	Fallselva	29,3
	Uppströms Skrankefoss 22,6 % Nedströms Skrankefoss 36,0 %	
3	Begna	32,2
	Fønhus 30,0 % Garthus 34,4 %	
5	Numedalslågen	34,3
	Moen 36,8 % Pinnestadøya 31,8 %	
7	Skauga	12,3
8	Teksdalselva	14,8
9	Borråselva	55,3
	Auset 55,5 % Borrås 55,0 %	
10	Mossa	44,9*
	Uppströms Stokkleivvatn 39,2 % Nedströms Lille Meltingen 50,5 %	
Medelvärde reglerade vattendrag		28,5
ICKE-REGLERADE VATTENDRAG		
4	Simoa	43,2
	Solemoa 60,8 % Kolsrud 25,5 %	
6	Håelva	26,8
	Grødem 33,0 % Hå 20,6 %	
11	Figga	19,6
	Sagmo 21,4 % Lø 17,7 %	
12	Ogna	14,0
	Skillegrind 6,7 % Hyllbrua 15,6 % Motorbanen 21,5 % Hornemannshølen 12,2 %	
13	Aursunda	34,1
	Gammelsagelva 41,8 % Svartfossen 26,4 %	
Medelvärde icke-reglerade vattendrag		29,4

*Tillväxtstörningar på skall samlet inn i 1984 (före reglering) är inte inräknad

Frekvensen tillväxtstörningar hos musslor från reglerade vattendrag är i genomsnitt den samma som hos musslorna från icke-reglerade vattendrag (**tabell 29**). Dock om man räknar tillväxtstörningar bara hos de musselpopulationer som är direktpåverkade av en reglering (närmast och nedströms en fördämning) så är medelvärdet ca 30 %. Försättningsvis, om man bortser från musslorna i Simoa, som är påverkade av försurning och kalkning (vilket också orsakar tillväxtstörningar, bl.a. Dunca 1999, Mutvei & Westermarck 2001) och om man lägger till värdet för musslorna i Mossa som var insamlade 1984, blir medelvärdet för tillväxtstörningar i icke-reglerade vattendrag ca 20 %. Detta kan tyda på att reglering kan ge tillväxtstörningar, men detta borde undersökas närmare, helst experimentellt.

Även om vi inte fann någon generell skillnad mellan reglerade och icke-reglerade vattendrag när det gäller flodpärlmusslans tillväxt, vil man om man ser närmare på vattendragen var för sig och tillväxt över tid, finns exempel på att fördämning, vattenreglering och byggarbete i samband med vattenreglering har påverkat musslornas skaltillväxt negativt. Ett bra exempel på detta är musslorna från Mossa som visar en försämrade skaltillväxt och kraftigt reducerad rekrytering av nya musslor fr.o.m. att byggarbetet startade i början på 1980-talet.

Borråselva är ett annat exempel där byggarbetet kan ha orsakat sämre skaltillväxt hos musslor från båda insamlingsstationerna eftersom båda ligger nedanför fördämningen. Ombygget av en existerande fördämning påbörjades under 2006. I samband med detta har vattenflödet sjunkit. Skog har huggits ner för att anlägga en väg nödvändig för att komma fram med grävmaskiner. Sprängningsarbete har förekommit och i perioder har vattnet blivit grumligt. Efter dessa ingrepp fick musslorna sämre tillväxt. Musslorna vid Auset visar också en nedåtgående tillväxttrend mellan 1996 och 2000 då vattnet i magasinet tappades och vattenflödet i älven sjönk (Larsen m.fl. 2008, Larsen 2008).

Skaltillväxten varierar ibland mellan olika platser inom samma vattendrag. Aursunda-musslor är ett bra exempel på detta då musslor från Svartfossen, nedre del av vattendraget, är större än musslor från Gammelsagelva, övre del av vattendraget, vid samma ålder. En förklaring kan vara att musslorna som väljer olika värd fiskarter ("laxmusslor" eller "öringmusslor") skiljer sig genetiskt (Larsen m.fl. 2011b). "Laxmusslor" växer fortare enn "öringmusslor". Detta är visat för flodpärlmusslan i övre och nedre del av Ognå og Aursunda (Larsen m.fl. 2011a, Larsen & Saksgård 2011). Under 1990 drabbades värd fisken i Aursunda av furunkulosis och som åtgärd har mera vatten släppts in mellan 1996 och 2009 för att kyla ner vattendraget. Denna åtgärd burde emellertid ha påverkat både stationerna likt. Att musslor från Svartfossen har en markant sämre tillväxt under denna period kan kanske tyda på att musslor som växer snabbt är känsligare gentemot miljöförändringar.

I Begna nedanför Bagn styrs vattenföringen av ett kraftverk sedan 1963. Under 1998-1999 började bygget av ett elkraftverk mellan Fønhus och Garthus som sattes i drift 2000. Under bygget har vattenflödet varit konstant, men mycket partiklar har släppts ut i vattnet. Dammen som byggdes har ökat älvens djup på en sträcka av 2 km ovanför elverket, och ca 1,3 km nedströms elverket har kanalisering genomförts. Byggarbetet ser inte ut att ha inverkat på musslornas tillväxt eftersom tillväxtkurvan har samma variation både ovanför och nedanför älvkraftverket.

När det gäller frekvensen av tillväxtstörningar visar musslorna från Borråselva i genomsnitt flest störningar. Mossa-musslor som är insamlade 1984 (innan kraftverksbygget) har markant mindre tillväxtstörningar än musslor insamlade från samma station 2010 (efter reglering). Detta tyder på att själva vattenregleringen, men även byggarbete i samband med detta, kan orsaka tillväxtstörningar hos flodpärlmusslor.

I Simoa (speciellt i övre del vid Solemoa) var det en hög frekvens tillväxtstörningar. Denna älv har varit kraftigt påverkad av försurning, och kalkning har genomförts. I tidigare studier har man sett att kraftiga pH-förändringar i vattendrag i samband med försurning, kalkning och gödsling kan orsaka tillväxtstörningar hos flodpärlmusslan speciellt när buffertkapaciteten är låg (Mutvei

m.fl. 1996, Dunca m.fl. 2011). Men också naturligt låg vattenföring och tillfällig torka, samt sena frostperioder på våren och tidig frost på hösten kan orsaka sådana störningar (Dunca m.fl. 2011).

Som vi ser det i Hunnselva behöver inte vattenregleringen påverka musslornas tillväxt om det inte sker en extrem torrläggning eller plötsliga vattenståndsförändringar. I Fallselva, med stora ändringar pga omdirigerat vattenflöde vid flyttning av kraftverk, tyder våra resultat på att musslorna under sista tillväxtåren växte sämre och hade en högre frekvens av tillväxtstörningar på den nya sträckan med minskat vattenflöde.

Våra resultat tyder alltså på att reglering kan ha negativa effekter på flodpärlmusslans skaltillväxt vid extrema torrläggningar och vattenståndsförändringar. Det finns även vissa antydningar på att vattenreglering påverkar musslornas skaltillväxt även indirekt genom en ändring av andra olika faktorer, så som ändringar i vattentemperatur, näringstillgång och/eller vattenflöde. Dock, musslornas skaltillväxt är inte det enda måttet på hur en population mår. En annan viktig sak som man måste ta hänsyn till är rekryteringen i populationen. Vidare studier som tar hänsyn även till rekryteringen i populationer som utsätts för vattenreglering kan ge en bättre bild av vattenregleringens påverkan på flodpärlmusslornas bestånd.

5 Referenser

- Arnekleiv, J. V. 1994. Fisk og bunndyr i Skauga 1985–1990. - Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet. Zool. Notat 1-1994. 23 s.
- Berger, H.M. 2010. Kartlegging av elvemusling i 10 små vassdrag i Sør-Trøndelag 2009. – Sweco. Oppdrag nr. 576121. Rapport. 57 s.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1997. Elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* i Norge 2. - Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet. Zool. Notat 2-1997. 28 s.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 2004. The impact of acidic precipitation and eutrophication on the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in Southern Norway. - Fauna norv. 24: 7-18.
- Dunca, E. 1999. Bivalve shells as archives for changes in water environment. - Vatten 55: 279-290.
- Dunca, E. 2009. Skaltillväxt och åldersbetsämning av flodpärlmuslor från Numedalslågen, Norge. - Bivalvia rapport nr 1. 22 s.
- Dunca, E. & Mutvei, H. 2001. Comparison of micrgrowth pattern in *Margaritifera margaritifera* shells from south and north Sweden. – American Malacological Bulletin, 16: 239-250.
- Dunca, E., Mörtz, C.-M. & Sandaas, K. 2009a. Skaltillväxt och kemiska analyser av flodpärlmusslor från Kampåa, Norge. - Bivalvia rapport 2009. 24 s.
- Dunca, E., Mörtz, C.-M. & Sandaas, K. 2009b. Skaltillväxt och kemiska analyser av flodpärlmusslor från Leira, Norge. - Bivalvia rapport 2009. 26 s.
- Dunca, E., Larsen, B.M. & Mörtz, C.M. 2009c. Flodpärlmusslan i Hunnselva – åldersbestämning och kemisk analys av musselskal. – NINA Rapport 487. 28 s.
- Dunca, E., Mörtz, C.-M. & Larsen, B.M. 2010. Skaltillväxt och kemiska analyser av flodpärlmusslor från Ogna och Figga, Norge. – Bivalvia Rapport 2010. 28 s.
- Dunca, E., Söderberg, H. & Norrgrann, O. 2011. Shell growth and age determination in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Sweden: natural versus limed streams. - Ferrantia 64: 48-58.
- Geist, J. Auerswald, K. 2007. Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). - Freshwater Biology, 52: 2299-2316.
- Hastie, L.C. Boon P.J. & Young M.R. 2000. Physical microhabitat requirements of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). - Hydrobiologia 429: 59-71.
- 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.
- Hastie, L.C., Cooksley, S.L., Scougall, F., Young, M.R., Boon, P.J. & Gaywood M.J. 2003. Characterization of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) riverine habitat using River Habitat Survey data. - Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 13-3: 213-224.

- Larsen, B.M. 2000. Utbredelse og bestandsstatus for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Begna, Oppland. – Fylkesmannen i Oppland, Miljøvern avdelingen. Rapport 5-2000. 19 s.
- Larsen, B.M. 2005. Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Innspill till den faglige delen av handlingsplanen. – NINA Rapport 122. 33 s.
- Larsen, B.M. 2008. Elvemusling i Boråsälva og Brekkelva, Nord-Trøndelag. Undersøkelser og bedømmelse av skadeomfang etter anleggsarbeid i 2008. – NINA Minirapport 243. 31 s.
- Larsen, B.M. 2010a. Distribution and status of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in Norway. – S. 35-43 i: Ieshko, E.P. & Lindholm, T. (red.). Conservation of freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera* populations in Northern Europe. Proceedings of the International workshop. Karelien Research Centre of RAS.
- Larsen, B.M. 2010b. Problemkartlegging med tilknytning til elvemusling i Hunnselva og forslag til tiltaksplan for å ta vare på og reetablere elvemusling i vassdraget. - NINA Rapport 559. 39 s.
- Larsen, B.M. (red.) 2012. Elvemusling og konsekvenser av kraftutbygging – en kunnskapsoppsummering. – NVE. Miljøbasert vassføring. Rapport x-2012 (i trykk).
- Larsen, B.M. & Berger, H.M. 2009. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport for 2008: Hunnselva, Oppland. – NINA Rapport 443. 29 s.
- Larsen, B.M. & Berger, H.M. 2010. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport for 2008: Håelva, Rogaland. – NINA Rapport 565. 35 s.
- Larsen, B.M. & Saksgård, R. 2011. Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport 2010: Aursunda, Nord-Trøndelag. - NINA Rapport 718. 29 s.
- Larsen, B.M., Hårsaker, K., Bakken, J. & Barstad, D.V. 2000. Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Steinkjervassdraget og Figga, Nord-Trøndelag. Forundersøkelse i forbindelse med planlagt rotenonbehandling. - NINA Fagrapport 39: 1-39.
- Larsen, B.M., Eken, M., Tysse, Å. & Engen, Ø. 2007a. Overvåking av elvemusling i Simoa, Buskerud. Statusrapport 2006. - NINA Rapport 314. 45 s.
- Larsen, B.M., Aasestad, I. & Forseth, T. 2007b. Ungfiskundersøkelser i Numedalslågen. Årsrapport 2006. – NINA Minirapport 177. 21 s.
- Larsen, B.M., Berger, H.M. & Julien, K. 2008. Boråsälva i Gråelvavassdraget, Nord-Trøndelag (vassdragsnr. 124.2Z). – S. 39-54 i Larsen, B.M. (red). Overvåking av elvemusling i Norge. Årsrapport for 2006 og 2007. NINA Rapport 417.
- Larsen, B.M., Dunca E., Karlsson, S. & Saksgård, R. 2011a. Elvemusling i Steinkjervassdragene: Status etter 30 år med *Gyrodactylus salaris* og flere forsøk på å utrydde lakseparasitten i Ognå og Figga. - NINA Rapport 730. 79 s.
- Larsen, B.M., Karlsson, S., Hindar, K. & Balstad, T. 2011b. Genetisk variasjon hos elvemusling *Margaritifera margaritifera* (L.) i Norge – en pilotstudie - NINA Minirapport 316. 20 s.
- Mutvei, H. & Westermark, T. 2001. How environmental information can be obtained from Naiad shells. - S. 367-379 i: Bauer, G. & Wächtler, K. (red.) 2001. Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida. – Ecological Studies, Vol. 145. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Mutvei, H., Dunca, E., Timm, H. & Slepukhina, T. 1996. Structure and growth rates of bivalve shells as indicators of environmental changes and pollution. - Bulletin de l'Institut océanographique, Monaco. Numéro spécial 14-4: 65-72.
- Schöne, R.B., Dunca, E., Fiebig, J. & Pfeiffer, M. 2005. Mutvei's solution: an ideal agent for resolving microgrowth structures of biogenic carbonates. - Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 228: 149-166.
- Sundt-Hansen, L., Forseth, T., Kvingedal, E., Thorstad, E., Larsen, B.M., Hvidsten, N.A. & Fiske, P. 2012. Laksen i Numedalslågen – evaluering av manøvreringsreglement. NINA Rapport 793. 91 s.
- Torgersen, P. & Ebne, I. 2011. Bedre bruk av fiskeressursene i regulerte vassdrag i Oppland. Fagrapport 2010. – Fylkesmannen i Oppland, Miljøvern avdelingen. Rapport 8-2011. 77 s.
- Wahlström, K. 2006. Sediment requirements for freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) recruitment. - Degree Project, Biology, Karlstads universitet: 2006: 89.
- Westly, T. & Rustadbakken, A. 2003. Fagutredning fisk og ferskvassøkologi i samband med planlagt utbygging i Fallselva, Søndre Land kommune 2002. – Naturkompetanse AS. Rapport 2-2003. 31 s.
- Aasestad, I. & Simonsen, L. 2008. Elvemusling i Numedalslågen - Hvitvingfoss till Larvik by. – Naturplan. Rapport. 27 s.

6 Bilagor

Bilaga 1. Metodbeskrivning

Preparationsteknik

Musslorna rensades i ultraljudbad med 95 % alkohol. Skalen etiketterades och mättes med hänsyn till deras längd, höjd och bredd. Ena skalhalvan sågades vinkelrätt mot vinterlinjerna från den äldsta, ventrala delen till den umbonala, yngsta delen med hjälp av en diamantklinga (figur 1.1A).



Figur 1.1. A. Musselskalen sågades vinkelrätt mot vinterlinjerna från den ventrala kanten till umbo med hjälp av en diamantklinga; B. Polering av skalsnitten; C. Skalbitarna klistrades fast på objektglas; D. Skalen sågades så att ett tunt skalsnitt (ca 0,5 mm) blev kvar på objektglaset; E. Etsning med Mutvei's blandning; F. Färdig slipsnitt.

Tunna slipsnitt tillverkades sedan enligt en speciell metod som utvecklades under 1990-talet och som idag används som standard metod vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm (Dunca 1999; samt se **figur 1**). Skalsnitten polerades (**figur 1.1B**) och klistrades fast på objektglas med hjälp av tvåkomponentsplasten Specifix-40, Struers (**figur 1.1C**). När plasten hade hårdnat (4 timmar i vid 55°C) sågades skalen så att ett tunt skalsnitt (ca 0,5 mm) blev kvar på objektglaset (**figur 1.1D**).

Alla tunnslip polerades med tennoxid på en roterande platta Struers DP-U3 och etsades med Mutvei's blandning (Schöne m.fl. 2005) under 25 min (**figur 1.1E** och **1.1F**). Mutvei's blandning består av lika delar vattenlöslig glutardialdehyd 25% och ättiksyra 1 % med tillsats av elsassblått (Alcian blue) pigment. Glutardialdehyden fixerar organiska komponenter i skalen, elsassblått både fixerar och färgar glukoproteinerna mellan kristallerna i skalen, medan den svaga ättiksyran långsamt löser upp ytkristallerna. På detta sätt bildas en relief som är synlig både i ljusmikroskop (LM) och svepelektronmikroskop (SEM). Vinterlinjerna och tillväxtstörningslinjerna framträder i mörkblått i LM, medan de syns som upphöjda ryggar i SEM.

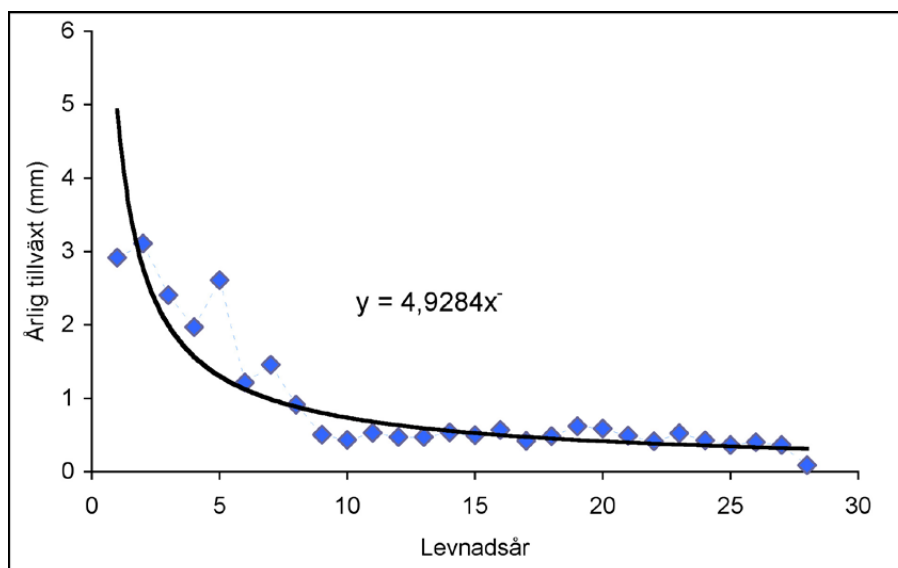
Tillväxtanalys och standardisering av mätningar

För att genomföra tillväxtanalysen har alla tunnslip fotograferats i ljusmikroskop med 30 till 100-gångers förstoring. Den årliga tillväxten mäts på dessa bilder med hjälp av programmet Panopea som har utvecklats speciellt för detta ändamål av Peinl & Schöne, vid Göthe Universitet, Frankfurt, Tyskland.

För att kunna jämföra tillväxten hos äldre musslor med tillväxten hos yngre musslor behövs en standardisering av mätningarna. Detta kan göras med samma matematiska redskap som dendrokronologerna, trädkännarna, använder för årsringarna på träd. För varje mussla anpassar man en potens kurva (**figur 1.2**) med följande formel:

$$F(t) = a \cdot t^b$$

där a och b är konstanter som avgör kurvans utseende och t är tiden (levnadsåret).



Figur 1.2. Diagram som visar årstillväxten (i mm) för de levnadsår som är synliga i tvärsnitt. År noll i diagrammet motsvarar det tidigaste levnadsår som kunde mätas i tvärsnitt. Potens kurvan med formeln som är presenterad i diagrammet är anpassad för musslans mätvärden och representerar den teoretiska tillväxtkurvan.

Tillväxtindexet GI räknas fram genom att dela den mätta tillväxten med den teoretiska tillväxten för varje levnadsår. Detta uttrycks i följande formel:

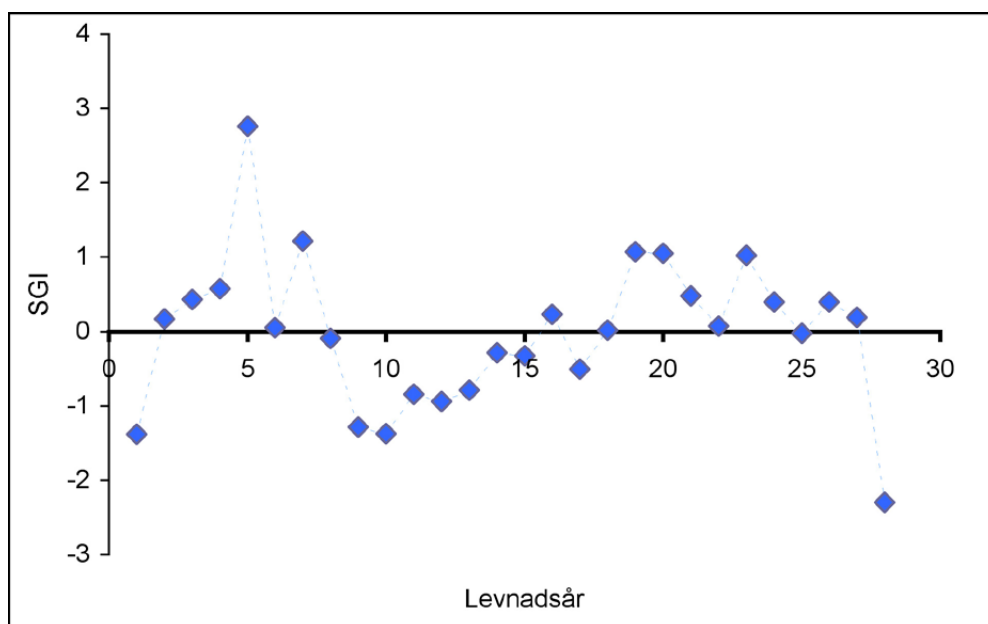
$$GI = F(m)/F(t)$$

där $F(t)$ = teoretiska tillväxten; $F(m)$ = tillväxtmätningar

Standardiserat tillväxtindex SGI (**figur 1.3**) räknas fram med hjälp av följande formel:

$$SGI = (GI - M_{(GI)})/\sigma_{(GI)}$$

där $M_{(GI)}$ = medelvärdet för tillväxtindexen och $\sigma_{(GI)}$ = standardavvikelsen för tillväxtindexen.



Figur 1.3. Diagram som visar standardiserade tillväxtindex (SGI) för samma mussla som i figur 1. SGI representerar förändringen i den årliga tillväxten och är jämförbar med SGI för andra musslor oberoende av deras ålder.

En årlig tillväxtkurva som representerar populationens tillväxt framställs genom att räkna fram medelvärdet på SGI för varje år på samtliga mätta musslor inom respektive populationen.

Normal, hög och låg tillväxtkurva

Relationen mellan skallängden och åldern på flodpärlmusslorna varierar starkt i tidigare undersökta flodpärlmusselpopulationer från Sverige, Norge och Kolahalvön (Dunca m.fl. 2010, 2011). För att kunna få en uppfattning om hur populationens skalstorlek förhåller sig till en viss ålder har tre olika kurvor framställs: kurva för normal tillväxt, kurva för hög tillväxt och kurva för låg tillväxt (se **figur 1.4**). Kurvorna har framställts med hjälp av von Bertalanffy-formeln (1) för musslor äldre än ca 10 år. För musslor mellan 0-10 år är kurvorna exponentiella (2).

$$(1) H = L_{\max} (1 - e^{-(a \cdot t)})$$

där H = skallängd, $L_{\max}$ = maximal skallängd, a = skallängd vid år noll, λ = specifik tillväxthastighet, t = tiden (åldern).

$$(2) H_j = a \cdot e^{(\lambda \cdot t)}$$

där H_j = skallängd hos juvenila musslor (0-10 år gamla), a = skallängd vid år noll, λ = specifik tillväxthastighet, t = tiden (åldern).

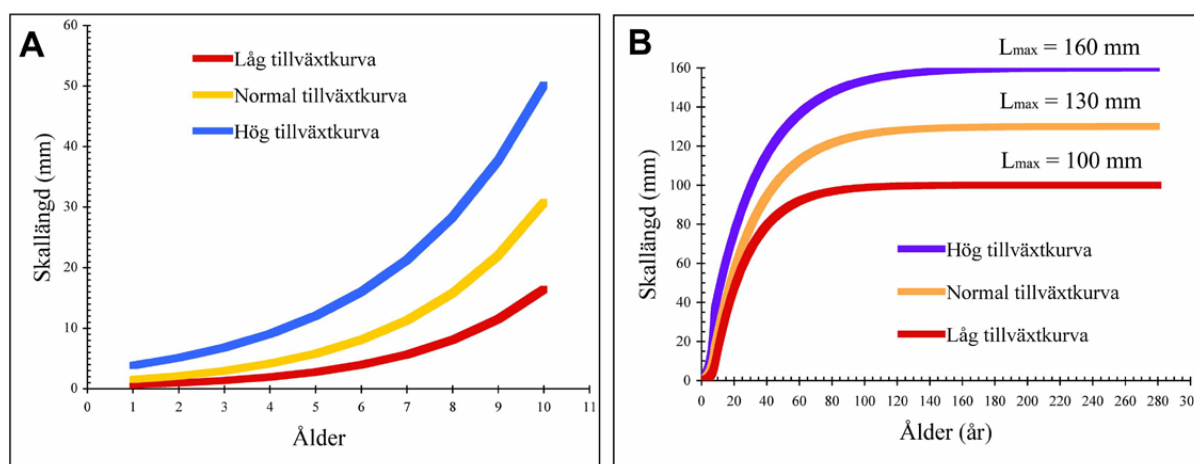
Dessa kurvor är anpassade till de mätningar och åldersbestämningar som finns tillgängliga för flodpärlmusslan i hela Sverige och Kolahalvön.

Den maximala skallängden, $L_{\max}$ för den normala tillväxtkurvan är vald som 130 mm, för den höga tillväxtkurvan är den 160 mm och för den låga tillväxtkurvan är den 100 mm (**figur 1.4B**). Den specifika tillväxthastigheten, λ varieras så att man får den bästa anpassningen till de befintliga mätningarna.

Kurvorna har följande formler:

$$\begin{aligned} H_{jh} &= 1 \cdot e^{(0,433 \cdot t)} \\ H_{jn} &= 0,5 \cdot e^{(0,438997 \cdot t)} \\ H_{jl} &= 0,2 \cdot e^{(0,449 \cdot t)} \\ H_h &= 160 \cdot (1 - e^{-(0,05 - 0,034089 \cdot t)}) \\ H_n &= 130 \cdot (1 - e^{-(0,15 - 0,036 \cdot t)}) \\ H_l &= 100 \cdot (1 - e^{-(0,3 - 0,046923 \cdot t)}) \end{aligned}$$

där H_{jh} = skallängd hos juvenila musslor med hög tillväxt, H_{jn} = skallängd hos juvenila musslor med normal tillväxt, H_{jl} = skallängd hos juvenila musslor med låg tillväxt, H_h = skallängd hos musslor med hög tillväxt, H_n = skallängd hos musslor med normal tillväxt och H_l = skallängd hos musslor med låg tillväxt.

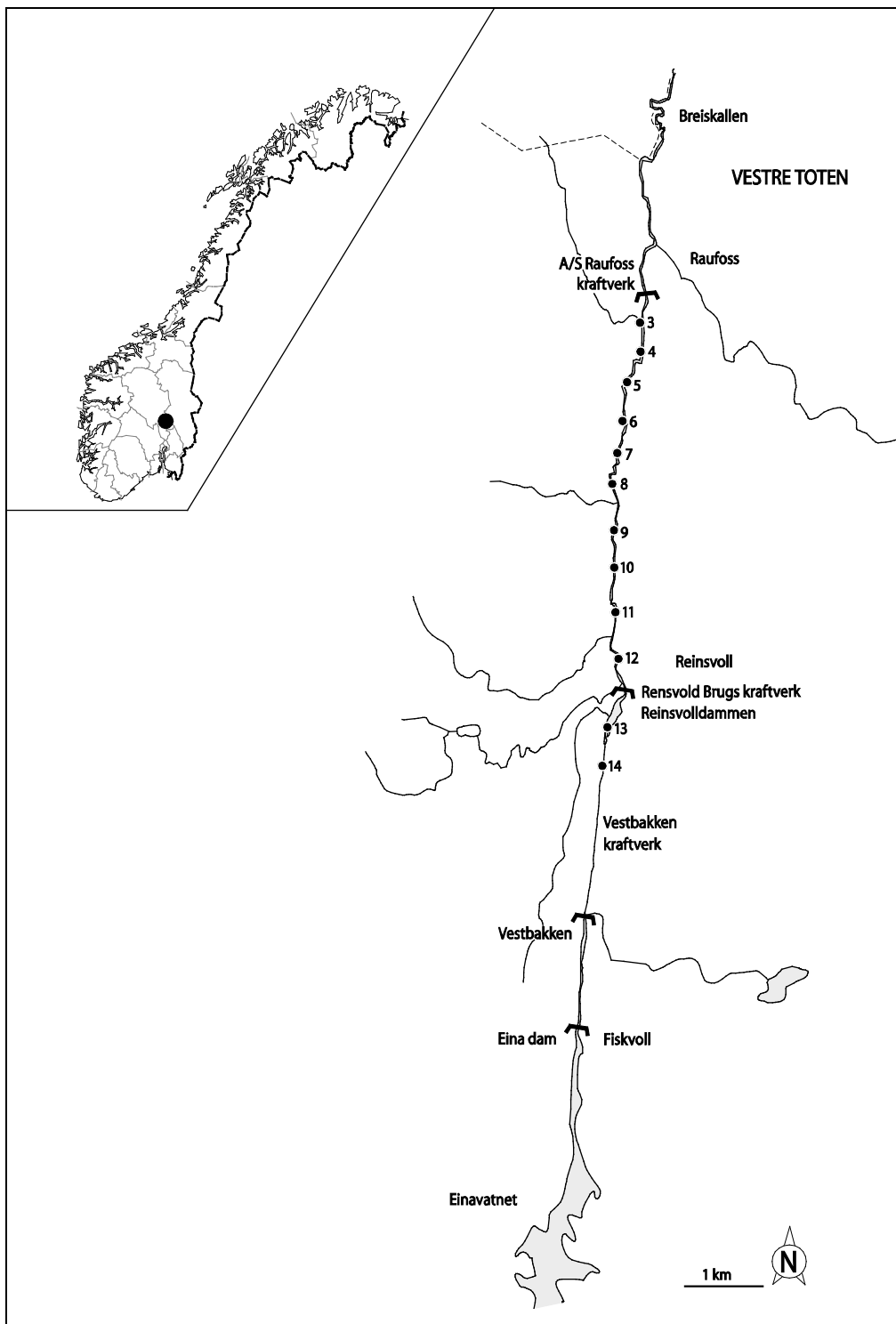


Figur 1.4. A. Allmänna tillväxtkurvor för flodpärlmusslor yngre än 10 år; B. Allmänna tillväxtkurvor för flodpärlmusslor äldre än 10 år.

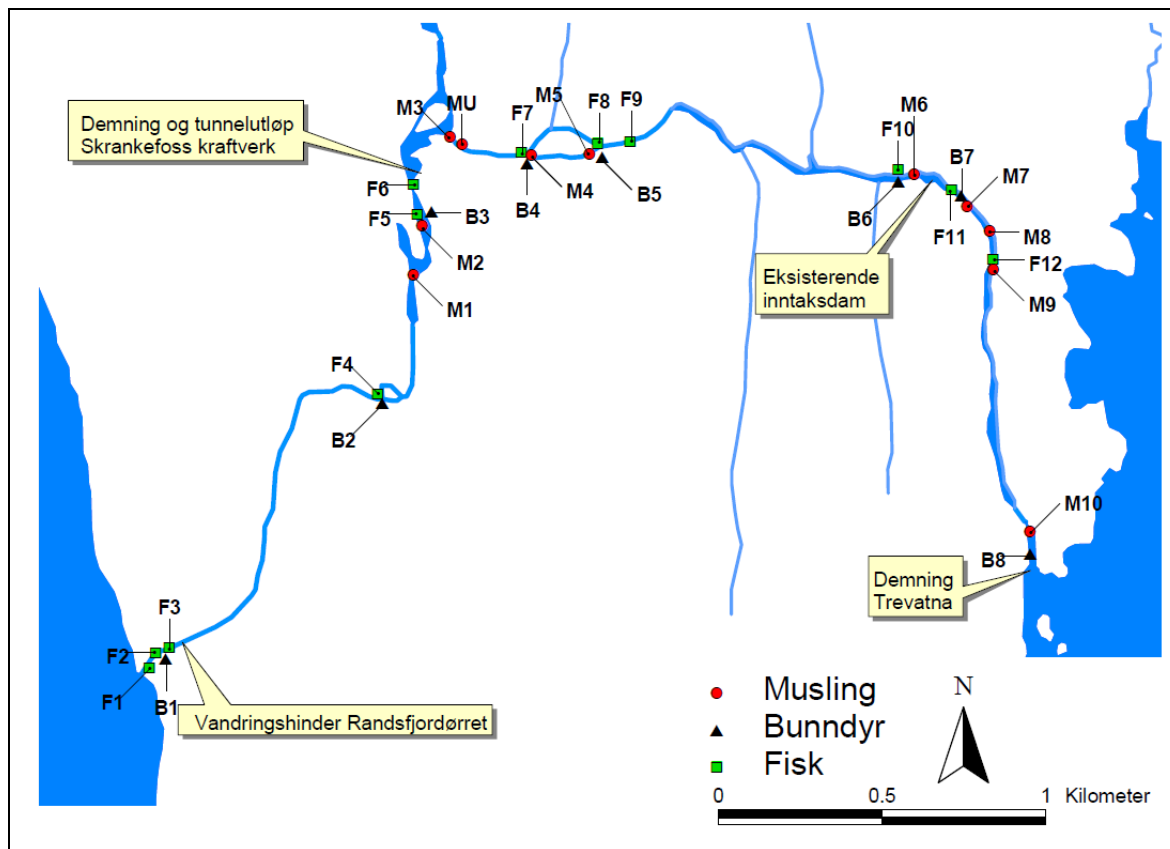
Musslorna som hamnar närmast normal tillväxtkurva anses ha en normal tillväxt, de runt hög tillväxtkurva anses ha en hög tillväxt och de runt låg tillväxtkurva anses ha en låg tillväxt.

Bilaga 2. Kartor

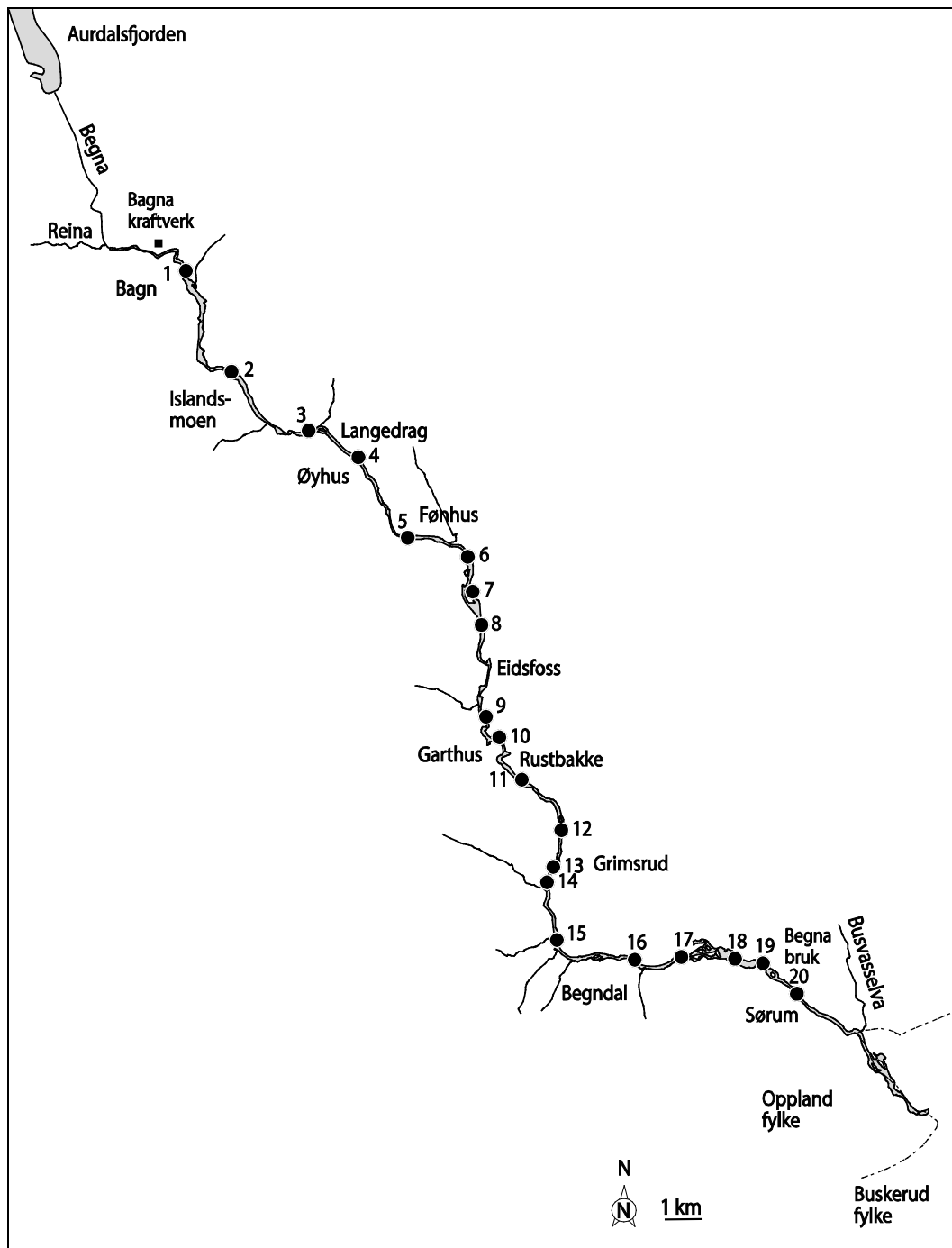
Bilaga 2.1. Hunnselva med lokalisering av station i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Raufoss (station 4 och 5). Från Dunca m.fl. (2009c).



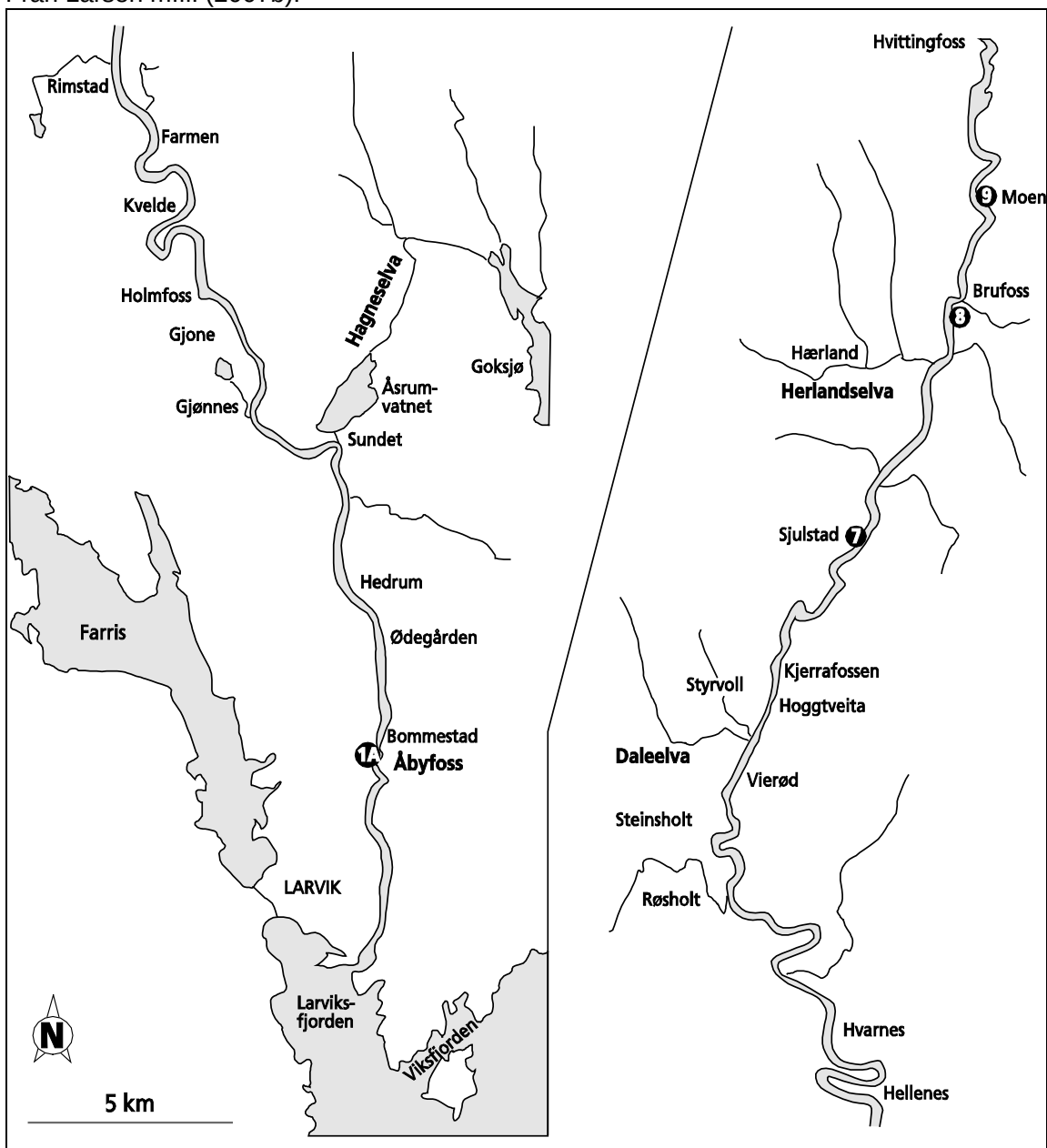
Bilaga 2.2. Fallselva med lokalisering av stationer i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Uppströms Skrankefoss (station M3) och nedströms Skrankefoss (station M2). Från Westly & Rustadbakken (2003).



Bilaga 2.3. Begna med lokalisering av stationer i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Fønhus (station 5 och 6) och Garthus (station 10). Från Larsen (2000).



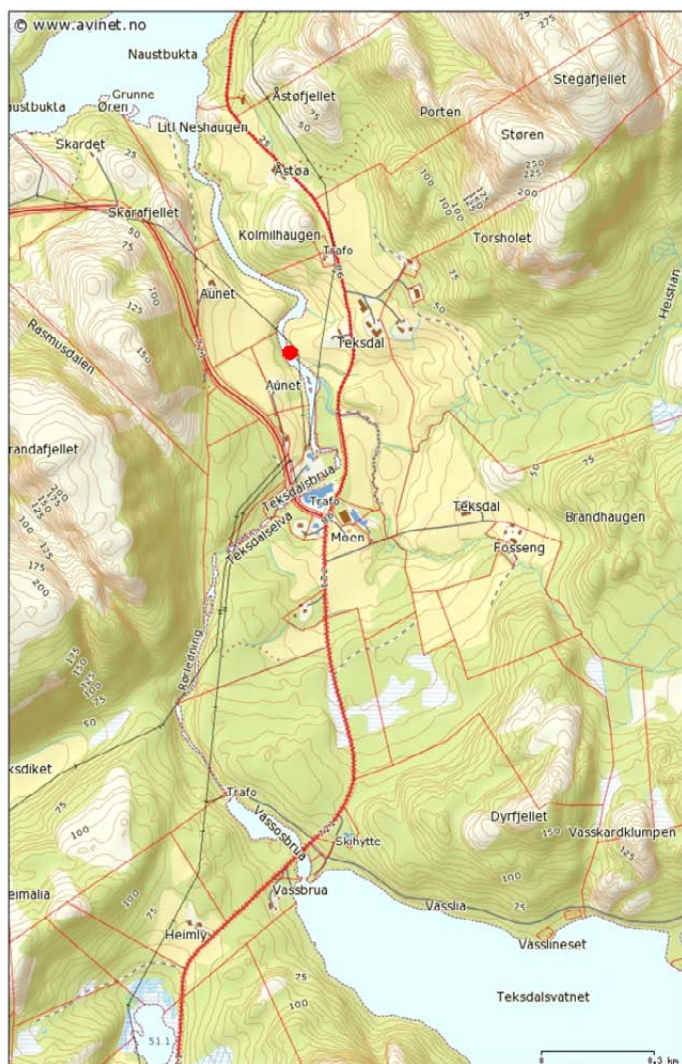
Bilaga 2.4. Numedalslågen med lokalisering av stationer i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Moen (station 9) och Pinnestadøya (nedanför Brufoss station 8). Från Larsen m.fl. (2007b).



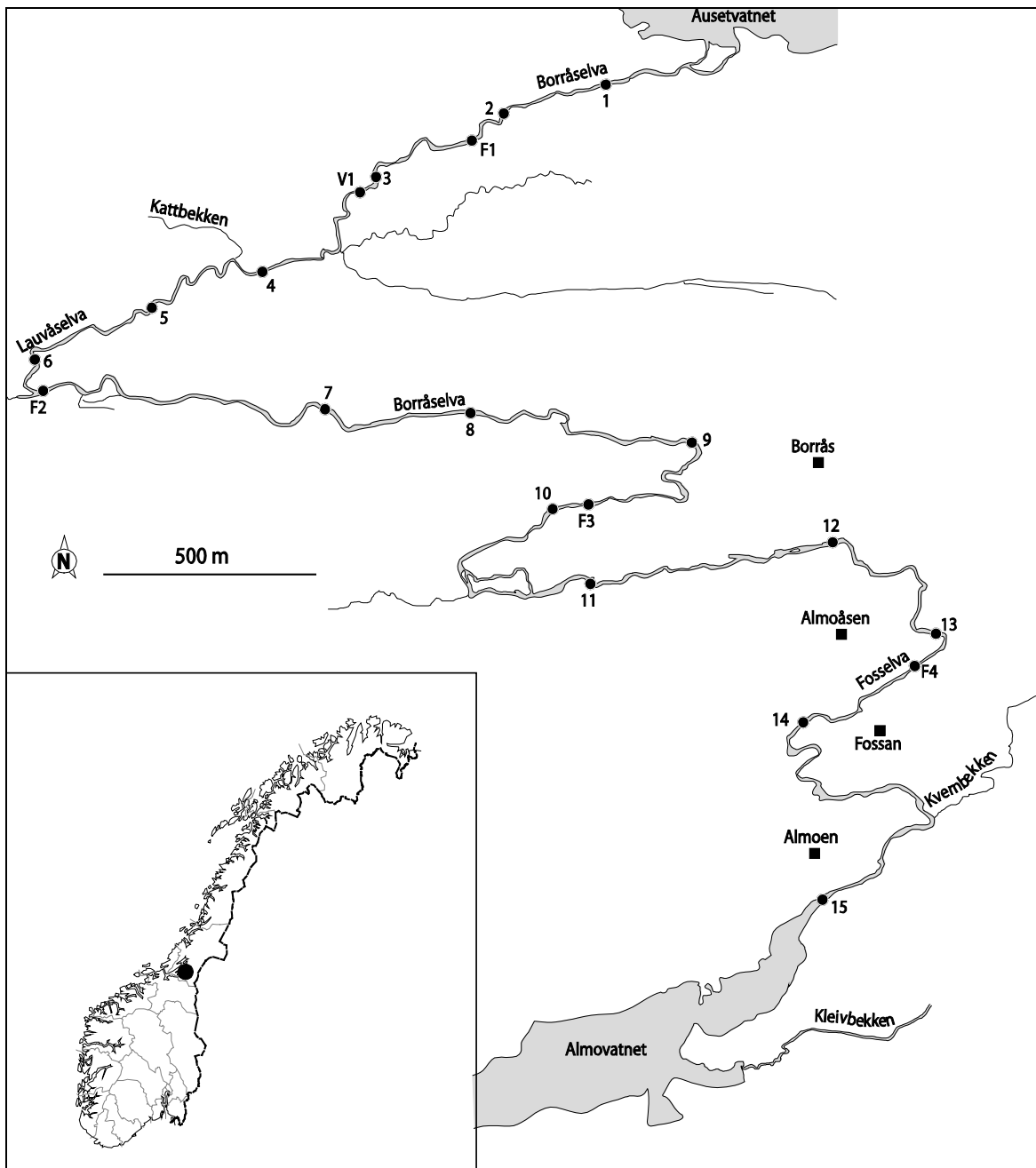
Bilaga 2.5. Skauga med lokalisering av station i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Foss (markerad med röd cirkel).



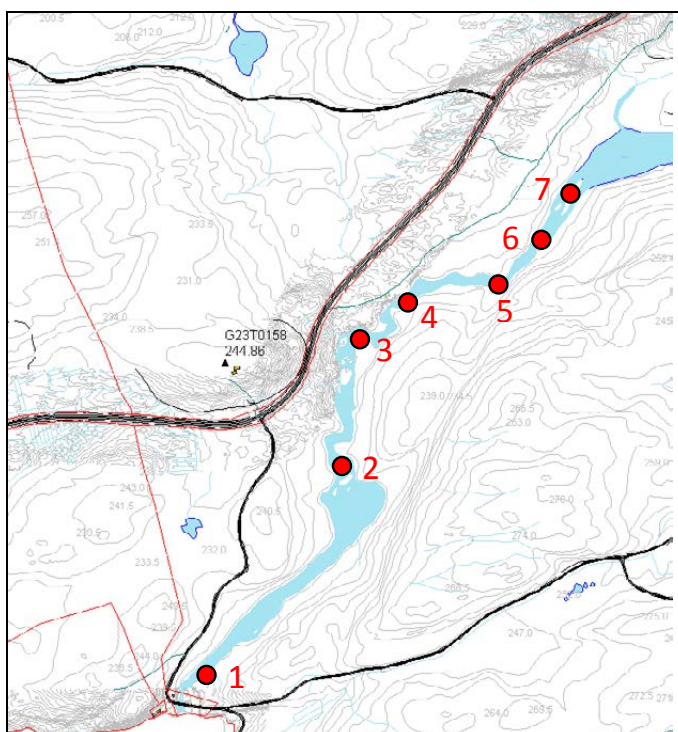
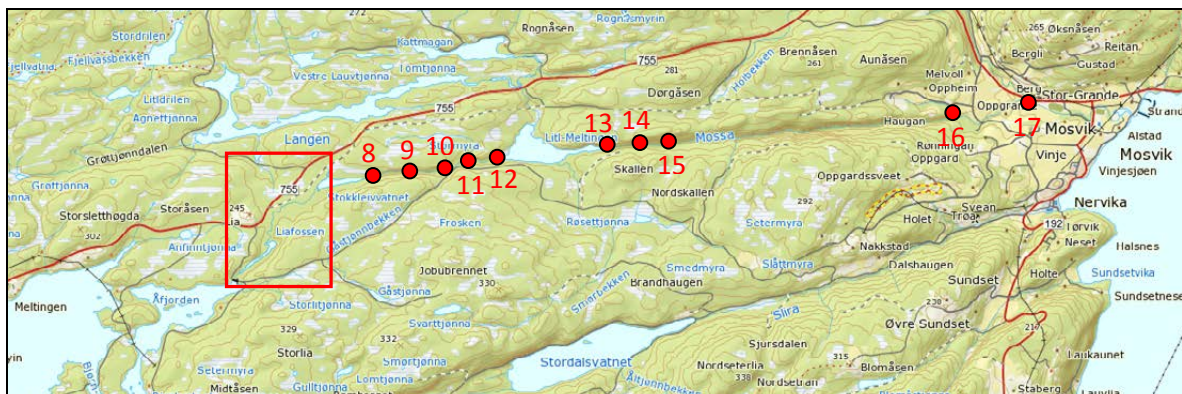
Bilaga 2.6. Teksdalselva med lokalisering av station i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Aunet (markerad med röd cirkel).



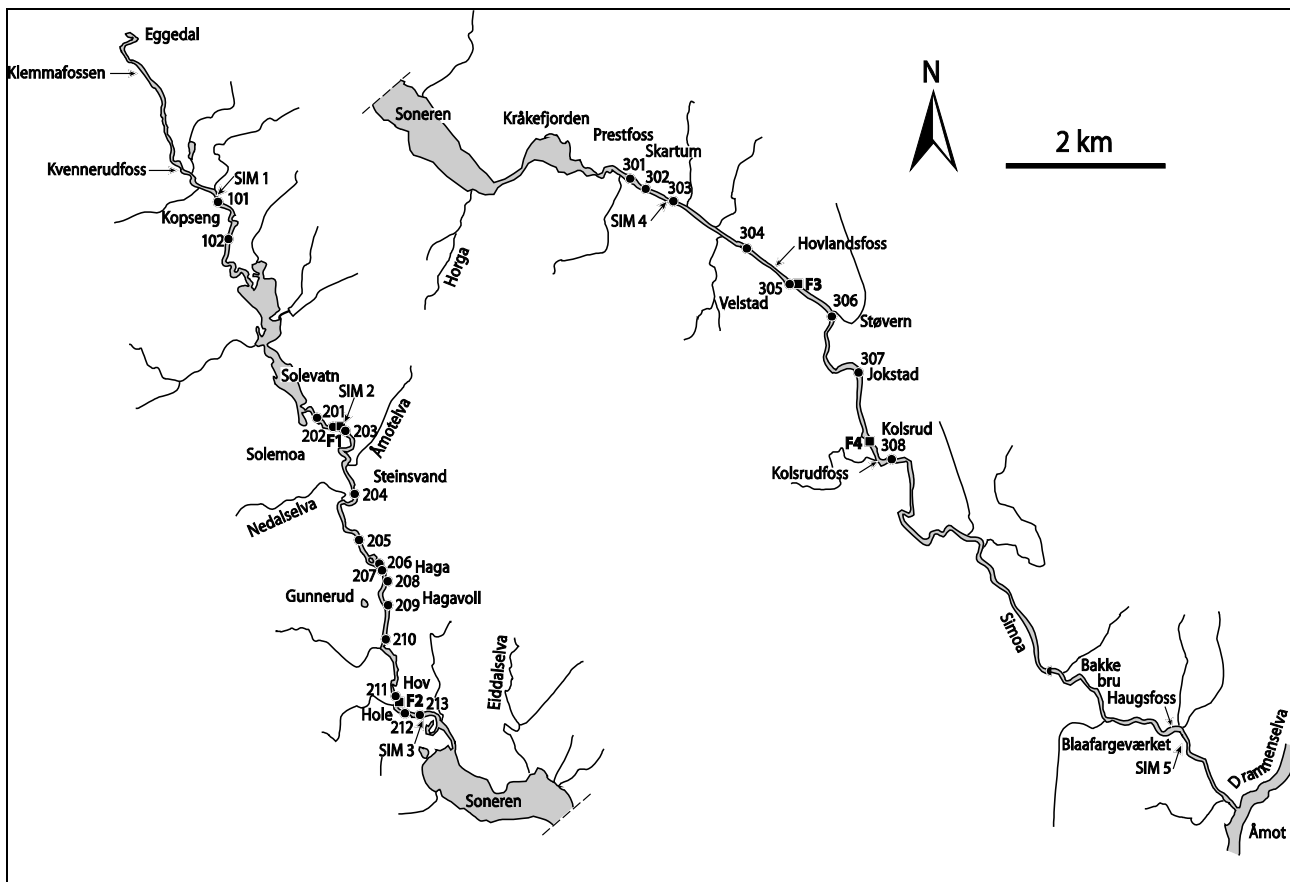
Bilaga 2.7. Borråselva med lokalisering av stationer i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Auset (station 1) och Borrås (station 8). Från Larsen m.fl. (2008).



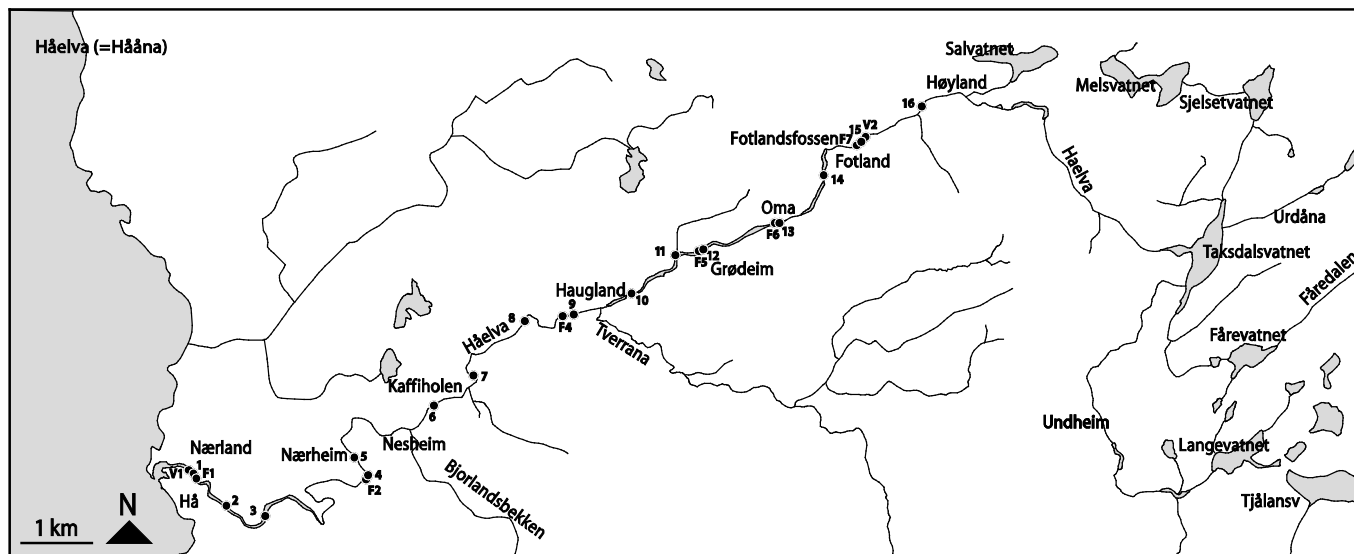
Bilaga 2.8. Mossa med lokalisering av stationer i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Uppströms Stokkleivvatn (station 3) och nedströms Lille Meltingen (station 14). Från Larsen (2012).



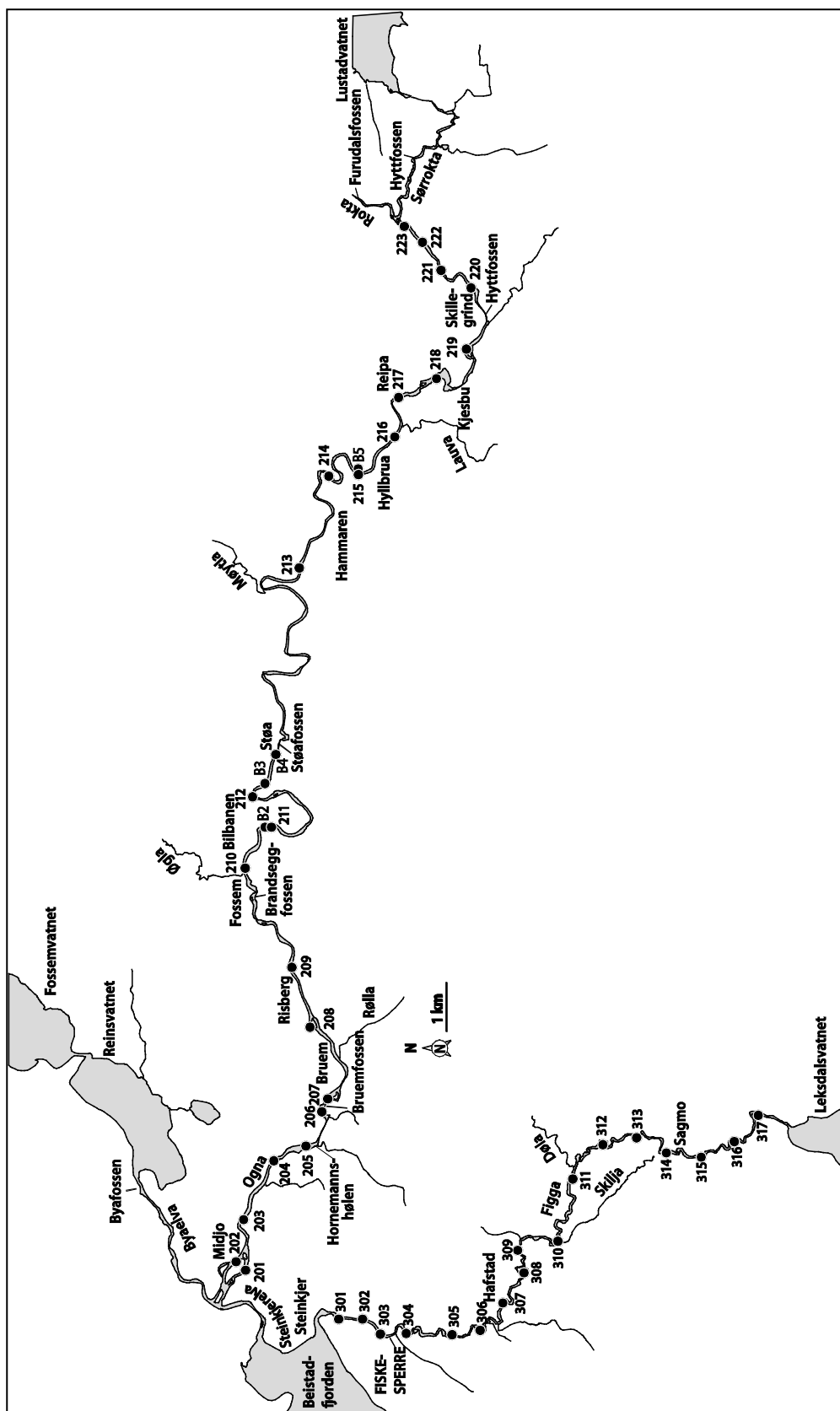
Bilaga 2.9. Simoa med lokalisering av stationer i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Solemoa (station 202 och 203) och Kolsrud (station 308). Från Larsen m.fl. (2007a).



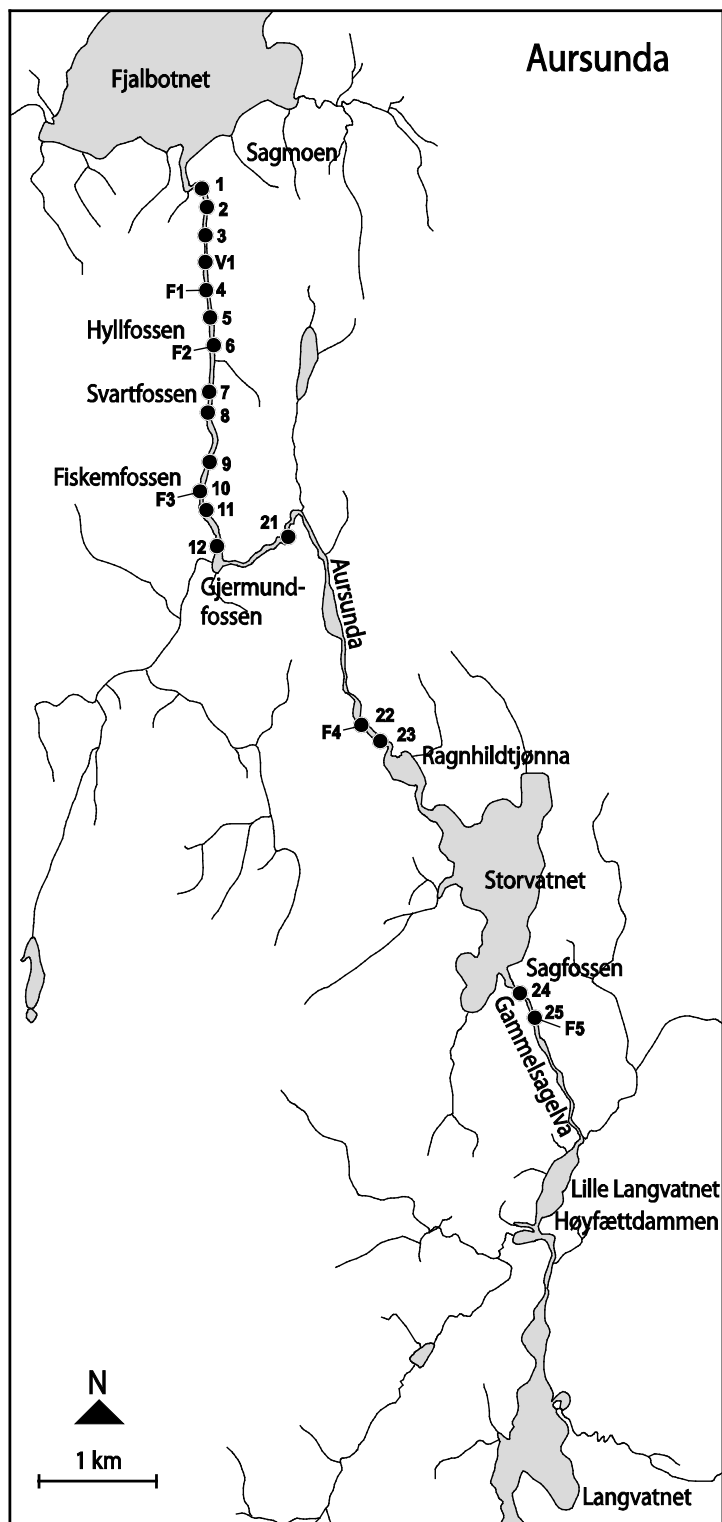
Bilaga 2.10. Håelva med lokalisering av stationer i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Grødem (station 7 och 8) och Hå (station 1). Från Larsen & Berger (2010).



Bilaga 2.11. Figga och Onga med lokalisering av stationer i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Sagmo (station 314) och Lø (station 303) i Figga; Skillegrind (station 221), Hyllbrua (station 215), Motorbanen (station 211) och Hornemannshølen (station 205) i Onga. Från Larsen m.fl. (2011a).



Bilaga 2.12. Aursunda med lokalisering av stationer i samband med insamling av flodpärlmusslor till skallanalyser: Svartfossen (station 7 och 8) och Gammelsagelva (station 25). Från Larsen & Saksgård (2011).





Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2390-4

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger