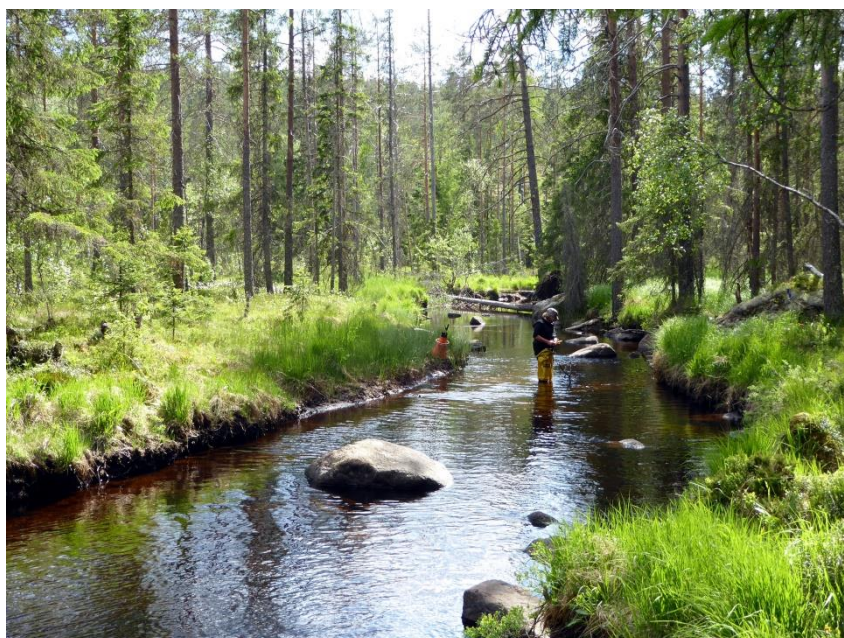




Skaltillväxt hos flodpärlmusslor från Hedmark fylke, Norge



2016

Rapport Nr 14/2016: Skaltillväxt hos flodpärlmusslor från Hedmark fylke, Norge

av

Elena Aliona Meret (Dunca)
Bivalvia konsultföretag

i samarbete med Naturhistoriska riksmuseet, enheten för paleobiologi, Sverige

och

Kjell Sandaas
Naturfaglige konsulenttenester, Norge

Foto: Kjell Sandaas, Nøkkelvassåa i Grue kommune 2016.

Producerad 11e november 2016



Bivalvia

Roslagsvägen 35 C
74842 ÖRBYHUS

Mobil: 0709-423209

Orgnr: 6506292827

E-post: info@bivalvia.se / info@bivalvia.eu



Box 50007
10405 STOCKHOLM

Tel: 08-51955172

Innehållsförteckning

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	3
SAMMANFATTING.....	4
FÖRORD.....	4
INLEDNING	4
MATERIAL OCH METODER	8
RESULTAT	10
DISKUSSION.....	14
LITTERATURLISTA	15
BILAGA 1	16
METODBESKRIVNING.....	16

Sammanfattning

Målsättningen med vår undersökning var att utvärdera skaltillväxten hos flodpärlmusslor insamlade från 6 vattendrag i Hedmark fylke, Norge. Musslorna åldersbestämdes med hjälp av en speciell metod som utvecklades på 90-talet vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm av Elena Meret (Dunca) och Harry Mutvei. Enligt denna metod räknade man årstillväxten i snittytor av skal. Snittytorna behandlades först med Mutvei-lösning för etsning och infärgning och sedan undersöktes i ljusmikroskop. Skalens mått uttrycktes som en funktion av musslornas ålder i diagram. Tillväxten jämfördes sedan med allmänna tillväxtkurvor för flodpärlmusslan. Dessa diagram kan användas för att uppskatta musslornas ålder genom att mäta skallängden. Skalens årliga tillväxt mättes i bilder tagna i ljusmikroskop med ca 40x förstoring och presenterades i diagram.

Förord

Undersökningen ”Skaltillväxt hos flodpärlmusslor från Hedmark, Norge” genomfördes av Elena Aliona Meret (Dunca), i regi av Bivalvia konsultföretag i samarbete med Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm, sektionen för paleobiologi, på uppdrag av Kjell Sandaas, Naturfaglige konsulenttenester, Norge. Musselmaterialet insamlades av Kjell Sandaas och Jørn Enerud.

Inledning

Flodpärlmusslan, *Margaritifera margaritifera* (L), mest känd för sina värdefulla pärlor är idag klassat som utrotningshotad art och är rödlistad i alla europeiska länder. Pärlfisket har bidragit i hundratals år till att minska musselbeståndet men idag är det miljöföroreningar, försämrad vattenkvalité (t.ex. lågt pH värde), habitatföreändringar, fysiska ingrepp, samt igenslamning av botten som är de främsta orsakerna till att musselbestånd minskar eller har försämrad fortplantning (Hastie m.fl., 2000, 2003; Geist, 1997; Wahlström, 2006).

Som exempel, har de senaste inventeringarna i Sverige visat att flodpärlmusslan har försvunnit i 35 % av de vattendrag som har haft musslor i början av 1900-talet och att fortplantningen fungerar bra endast i en tredjedel av de vattendrag där flodpärlmusslorna finns (Eriksson et al., 1998). Fynd av juvenila musslor (mindre än 20mm) har använts som ett mått på fungerande fortplantning (Eriksson m.fl., 1998). Stora satsningar görs i alla de europeiska länder där flodpärlmusslan är rödlistad. I första hand satsar man på åtgärder för att bevara och förnygra de musselbestånd som finns.

Norge är ett av få europeiska länder som har mest livskraftiga flodpärlmusselbestånd (Larsen, 2005). Trots detta finns det tecken på att en försämrad vattenkvalité kan hota många musselpopulationer (Larsen, 2005). Kampåa i Akershus fylke, Nes kommune, är ett exempel på detta. Vattenkvalitén i denna å har försämrats med åren eftersom berggrunden har en liten buffertkapacitet i detta område (Sandaas m.fl., 2011).

Analysen som presenteras här, av flodpärlmusselskal samlat inn i 2016 från 6 vattendrag sydost i Hedmark, ingår i arbetet med att dokumentera kalkningseffekter och övervakningen av vattenvägarna.

Nederbörden är naturligt sura och vattendragens natur i Norge är anpassat till detta. Men industrialisering under det senaste århundradet ökade bidraget av antropogena utsläpp, och därefter under 1960-talet var detta påtagligt även om fenomenet fiskfri vatten var känd redan på slutet av 1800-talet. Under senare hälften av 1970-talet var frågan på dagordningen med stora internationella forskningsprogram. Antalet fiskfria vatten hade ökat, medan forskning pågick. Försurning av sjöar och vattendrag har länge varit ett av de allvarligaste miljöproblemen i Norge och är den faktor som har lett till den största minskningen av den biologiska mångfalden i norska sjöar och floder. Den södra delen av Hedmark har flera decennier varit föremål för försurning av sjöar och vattendrag till följd av surt regn. Sverige var tidigt ute och började kalka för att säkerställa utsatta fiskbestånd redan i början av 1980-talet. I Norge, den första miljonen tilldelades kalkningen år 1983 och Hedmark med från början. I Hedmark nådde kalkningsverksamheten sin största omfattning 1995-1997.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) genomgick under 2011 vattenprover från ett stort antal kalkade vatten i Hedmark. Granskningen fastställde att det var säkert att avsluta kalkningen i huvuddelen av vattnet. Med detta som underlag beslutade landshövding i Hedmark i samråd med Miljödirektoratet till att friskförklara alla sjöar i Hedmark från 2014. Särskild vikt läggs vid att kunna återuppta kalkning av orter som visar en ogynnsam utveckling efter avslutningen av kalkningsåtgärder. Det genomförs en omfattande övervakning av vattenkemi och biologi. Till exempel började övervakningen av flodpärlmusslan i Finsrudåa (Sandaas & Enerud 2015). Analysen som presenteras här, av flodpärlmusselskal från 6 vattendrag sydost i Hedmark, ingår i arbetet med att dokumentera kalkningseffekter och övervakningen av vattenvägarna.

De 6 vattendrag (figurer 1 och 2) i denna studie har något annorlunda kalkning historik och i vissa fall, kalkning i Sverige har påverkat vatten kvalitén på norska sidan, och vice versa.

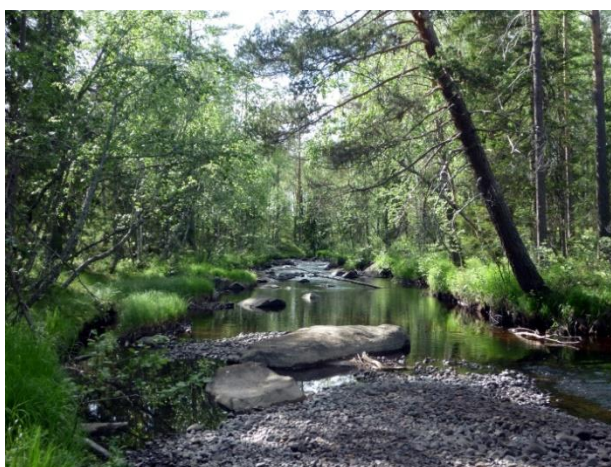
I Bråtaåa började kalkningen 1994 och fortsatte 1995, 2000-2005, 2007, 2009-2012. Kalkningen avslutades 2013. Även om resultaten (Sandaas och Enerud 2012) tyder på en ökning av rekryteringen hos flodpärlmusslan, är den mycket begränsad. Saknad rekrytering kan bero på otillfredsställande vattenkvalitet.

Finsrudåa södra och norra Billingen (uppströms Finsrudåa) är kalkade årligen från 1998 till 2013. För övrigt, Vintertjern, ö. och v. Stråttjern, Vålvatn, Damtjern och Nottjern kalkades flera år under perioden 1998-2012. Alla dessa dammar ligger i avrinningsområdet till Finsrudåa.

I Kjerksjøvattendraget (Sandaas och Enerud 2016) är Kalsjøen och Kjerkesjøen kalkade under perioden 1994-2012. Nyckelvatnet (191 ha) på den svenska sidan årligen kalkas med 30-40 ton. Vattenkvalitén i Nøkkelvassåa (Sandaas och Enerud 2016) och Kjerkesjøåa är nu bra och älven är känd för fin fisk.

Løvhaugsåa är också kalkad. Kalking i Rotbergsjøen 1993, 1995-2001. Avsluttat i 2002.

Gjerda kalkades under ett år genom att kalka Nordre Gjerdtjernet år 2014 (i samband med kartläggning av flodpärlmusslan).



Figur 1. De 6 undersøkte lokalerna. Från vänster till höger och från toppen till botten är: Bråtaåa, Finsrudåa, Løvhaugsåa, Gjerda, Kjerkesjøåa och Nøkkelvassåa. Foto: Kjell Sandaas.



Figur 2. Norges fylker og lokalitetens plassering i Hedmark fylke.

Material och metoder

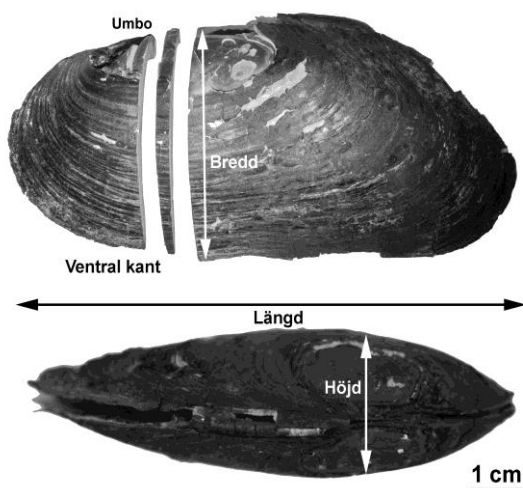
Totalt har 13 musslor från 6 vattendrag i Hedmark undersökts. Musslorna insamlades enligt tabell 1.

Tabell 1. Lista över vattendrag där musslorna samlades in och insamlingsdatum.

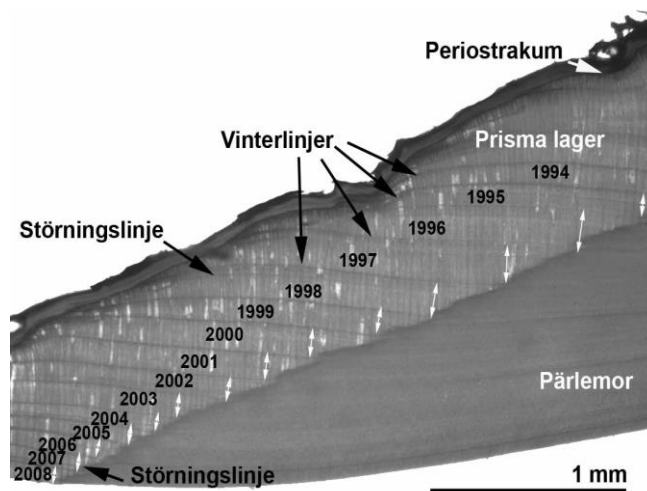
Lokal	Insamlingsdatum	Antal musselskal
Løvhaugsåa	07.06.2016	2
Nøkkelvassåa	14.06.2016	2
Nøkkelvassåa	06.06.2016	2
Kjerkesjøåa	06.06.2016	2
Finsrudåa	02.08.2016	1
Gjerda	07.06.2016	2
Bråtaåa	05.06.2016	2

Preparationsteknik

Skalen rensades, etiketterades och mättes med hänsyn till längd, höjd och bredd (figur 1).



Figur 2. Skalens olika mått.



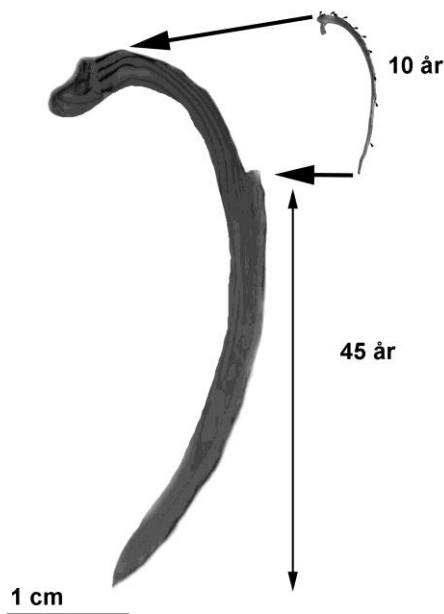
Figur 3. Tunnslip av musselskal nummer 5 som är etsat med Mutvei's blandning och fotograferad i ljusmikroskop. Vinterlinjer och tillväxtstörningslinjer är mörkare och är markerade med svarta pilar. De vita pilarna markerar avståndet mellan två vinterlinjer som ett mått på den årliga tillväxten.

En skalhalva valdes ut för var och en av de 13 musslorna. Alla skalhalvor sågades från umbo till nedre skalkant, vinkelrätt mot årsringarna (se figur 2). Snittytor genom skalet preparerades fram enligt en speciell metod som utvecklades under 90-talet vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm (se bilaga 1 för en mer detaljerad metodbeskrivning). För att årsringar skall bättre framträda behandlades snittytorna med Mutvei's lösning, en blandning av glutardialdehyd, ättiksyra och elsassblätt. Denna lösning fixerade och färgade de organiska komponenter mellan kristallerna i skalet och samtidigt löste långsamt upp kristallerna på snittytan. Vinterlinjerna och tillväxtstörningslinjerna blev synliga i ljusmikroskop som mörkblåa linjer.

Åldersbestämning

Årsringarna hos en mussla, eller den årliga tillväxten, är det skalmaterial som läggs till under tillväxtsäsongen (mellan april och oktober). I tvärsnitt är årliga tillväxten representerad av det kortaste avståndet som finns mellan två vinterlinjer och räknas i tunnslip i syftet att åldersbestämna musslor.

Den eroderade delen vid umbo förlorar all information om den årliga tillväxten och därför uppskattas (se figur 3) med hjälp av tidigare åldersbestämda yngre musslor från andra norska musslor som till exempel musslor från Numedalslågen (Dunca, 2009a) och med hjälp av allmänna tillväxtkurvor (Dunca m. fl., 2011).



Figur 4. Uppskattning av den eroderade delen hos äldre musslor.

Årlig tillväxt

Det minsta avståndet mellan två vinterlinjer användes som mått på den årliga tillväxten. Avståndet mättes vid gränsen mellan pärlemor och prisma lager. I tvärsnitt sjönk den årliga tillväxten exponentiellt med åldern och för att kunna jämföra tillväxten hos äldre musslor med tillväxten hos yngre musslor behövde man standardisera mätningarna (figur 1.1 i bilaga 1). Standardiseringen gjordes med samma matematiska redskap som dendrokronologerna (trädkännarna) använde för årsringarna på träd (Dunca, 1999). En utförlig metodbeskrivning finns i bilaga 1. Efter standardiseringen omvandlades mätningarnas värde till standardiserade tillväxtindex (SGI) som representerade förändringen i den årliga tillväxten och blev jämförbar mellan alla musslor.

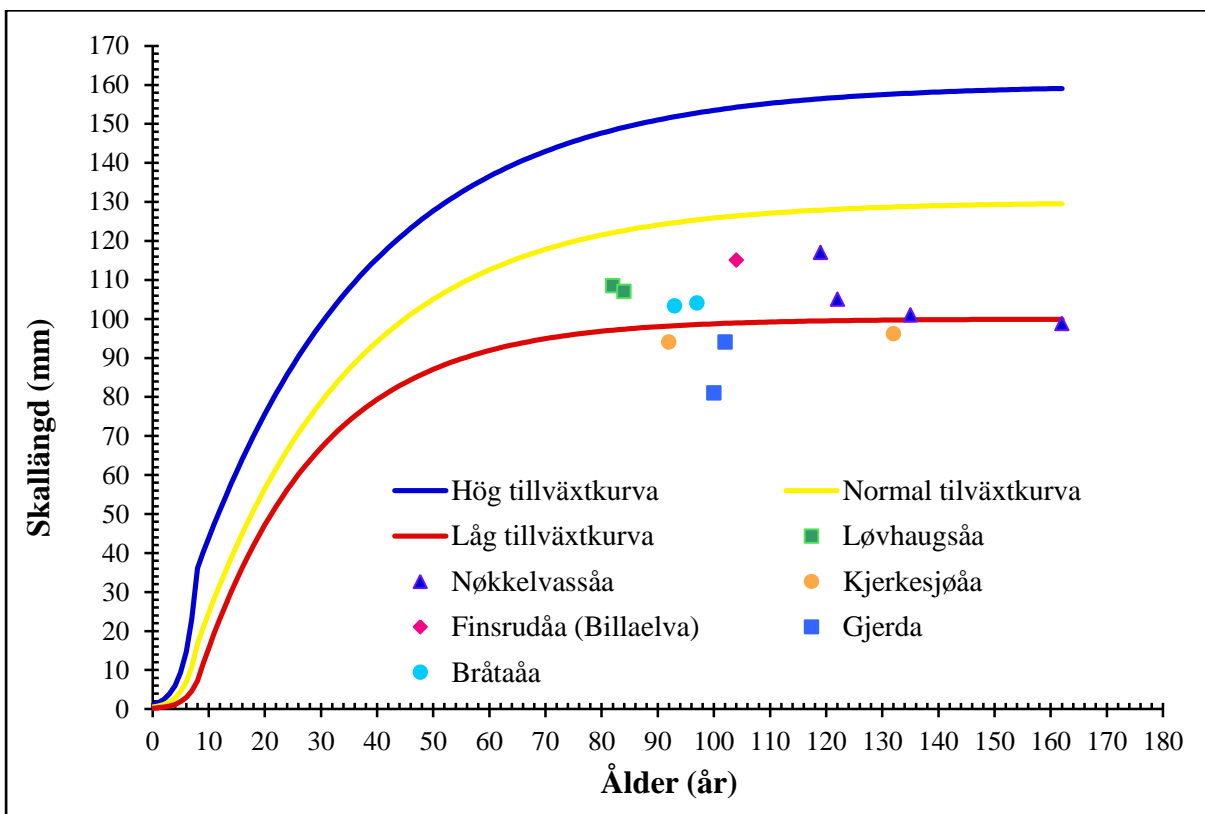
Resultat

Musslornas ålder varierade från 82 till 162 år och skallängden mellan 81 och 117 mm (se tabell 2). De yngsta musslorna insamlades i Løvhaugsåa medan den äldsta och största musslan insamlades i Nøkkelvassåa.

Tabell 2. Lista över skallängden och musslornas ålder (inklusive uppskattade umbonala år).

Lokal	Insamlingsdatum	Skallängd (mm)		Ålder (år)	
		Skal 1	Skal 2	Skal 1	Skal 2
Løvhaugsåa	07.06.2016	108,5	107	82	84
Nøkkelvassåa	14.06.2016	105	101	122	135
Nøkkelvassåa	06.06.2016	117	98,8	119	162
Kjerkesjøåa	06.06.2016	96,2	94	132	92
Finsrudåa	02.08.2016	115	-	104	-
Gjerda	07.06.2016	94	81	102	100
Bråtaåa	05.06.2016	103,3	104	93	97

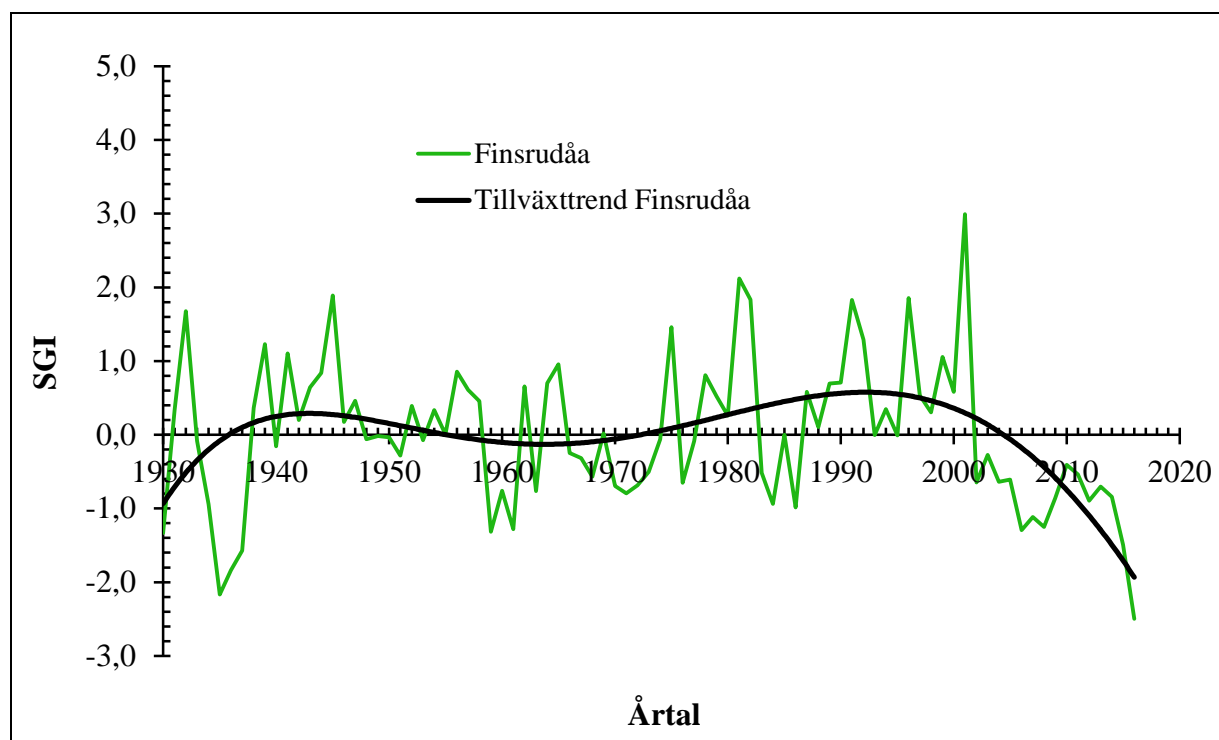
Relationen mellan skallängden och åldern på musslan visar en normal tillväxt hos musslorna från Løvhaugsåa och Finsrudåa medan musslorna från Gjerda, Bråtaåa, Kjerkesjøåa och Nøkkelvassåa (med ett undantag) har en lågtillväxt (figur 5).



Figur 5. Diagram som visar förhållandet mellan musslorna från Hedmark sin ålder och skalens längd och de tre allmänna tillväxtkurvorna för flodpärlmusslan.

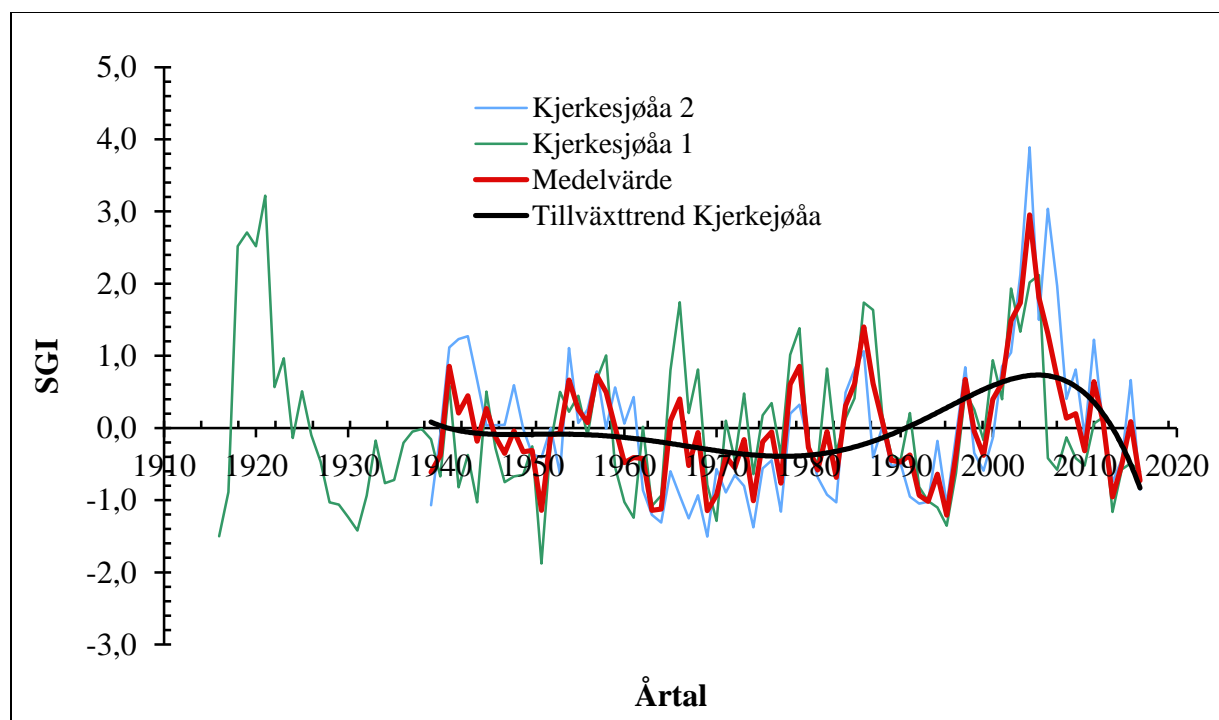
Den årliga tillväxten mättes på samtliga skal från alla 6 vattendrag och visar en specifik variation för varje lokal (figurerna 6-11). Tillväxttrenden har beräknats för varje vattendrag utifrån medelvärdet på mätningarna för alla musslor från samma lokal.

Musslan från Finsrudåa visar en normal tillväxt fram till 2002. Efter det avtar tillväxten kraftigt (figur 6).



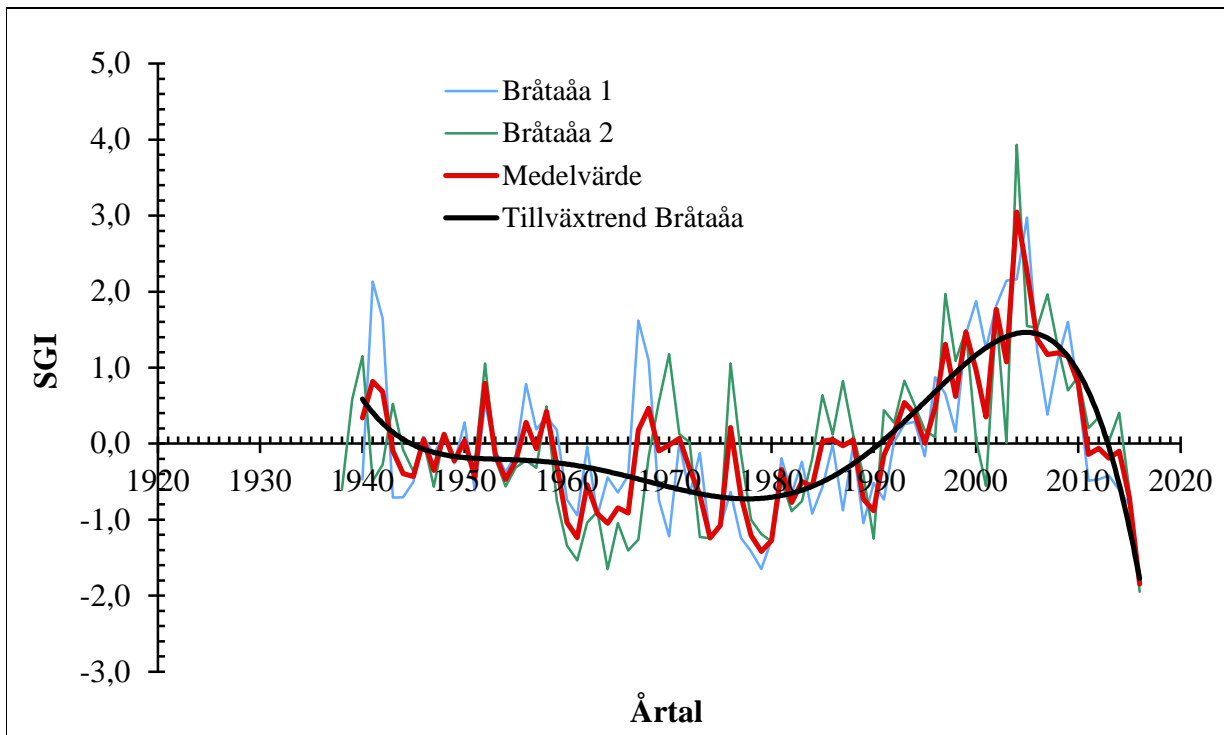
Figur 6. Diagram som visar den årliga tillväxten (SGI) hos flodpärlmusslan från Finsrudåa. Tillväxttrenden är beräknad som en 6:e grads polynom.

I Kjerkesjøåa har musslorna något högre årlig tillväxt mellan 2002 och 2008 och något lägre på 1990-talet. Tillväxten avtar kraftigt från 2008 (figur 7).



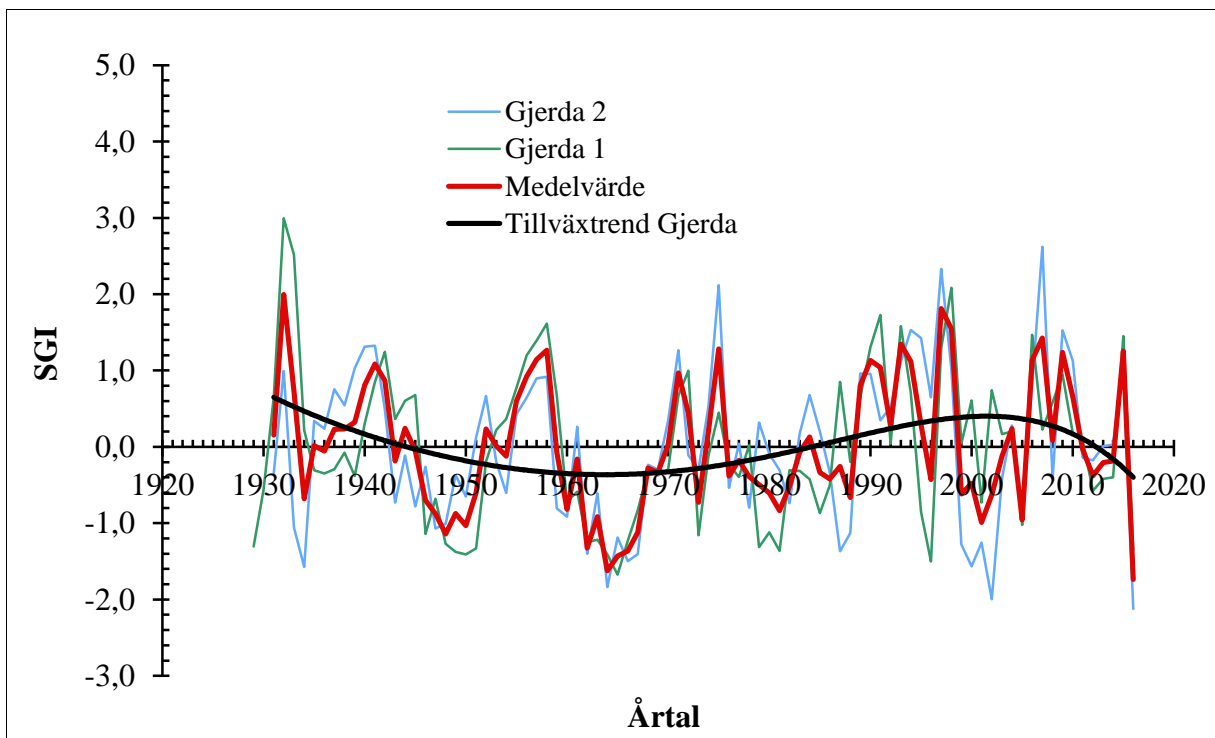
Figur 7. Diagram som visar den årliga tillväxten (SGI) hos två flodpärlmusslor från Kjerkesjøåa. Tillväxttrenden är beräknad som en 5:e grads polynom av medelvärdet.

Musslorna från Bråtaåa visar en högre tillväxt mellan 1995 och 2010 och betydligt lägre tillväxt efter 2010 (figur 8).



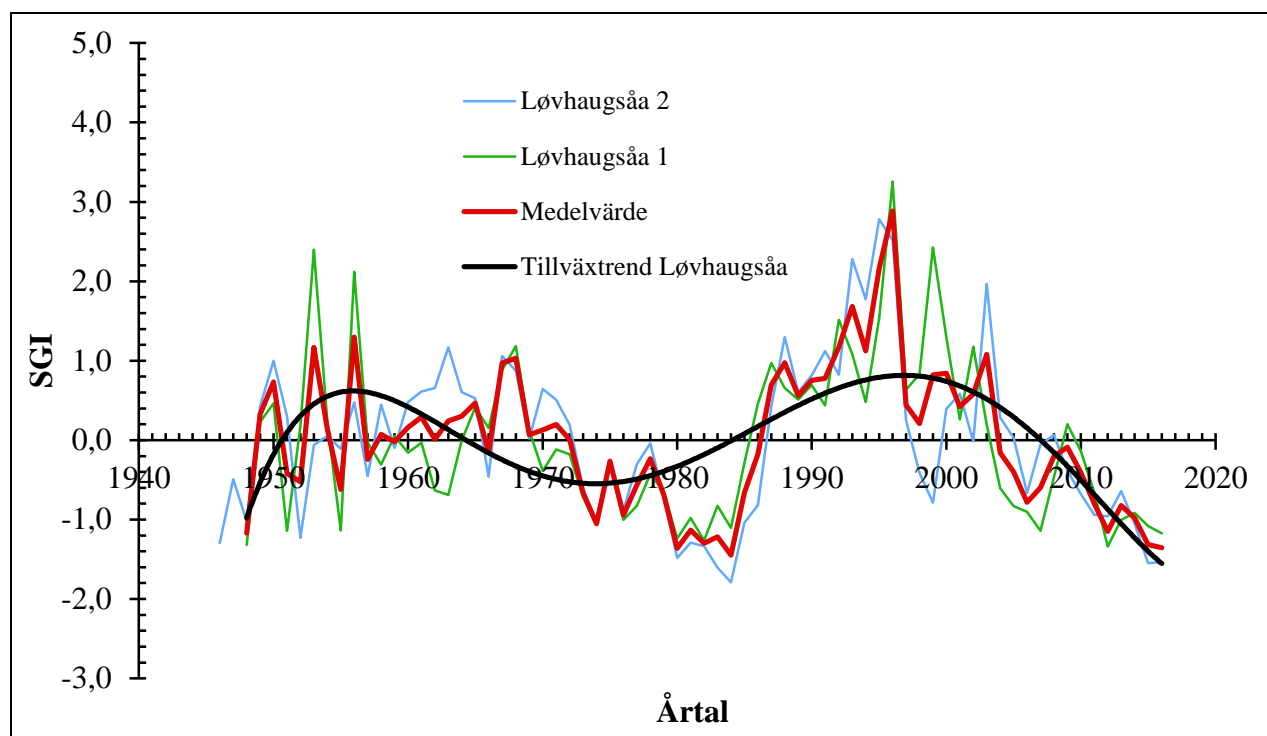
Figur 8. Diagram som visar den årliga tillväxten (SGI) hos två flodpärlmusslor från Bråtaåa. Tillväxttrenden är beräknad som en 5:e grads polynom.

Musslorna från Gjerda visar något lägre årlig tillväxt mellan 1945 och 1950 och på 1960-talet och betydligt lägre tillväxt efter 2010 (figur 9).



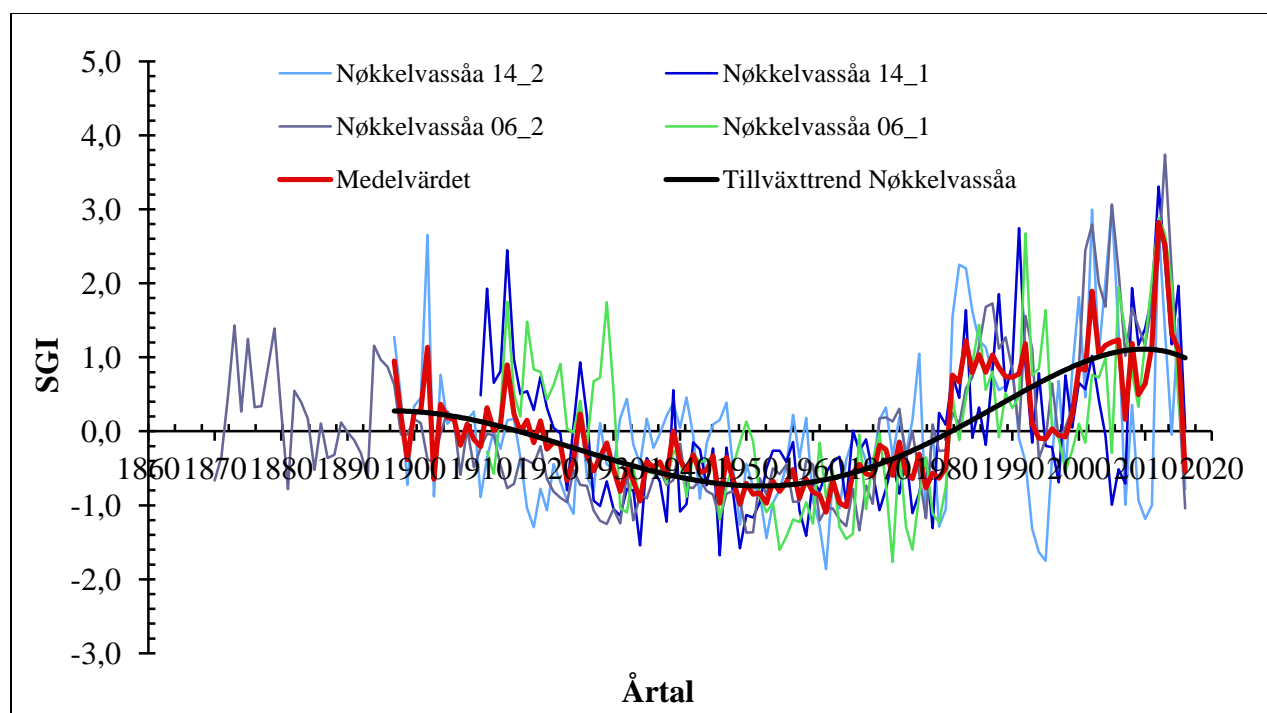
Figur 9. Diagram som visar den årliga tillväxten (SGI) hos två flodpärlmusslor från Gjerda. Tillväxttrenden är beräknad som en 5:e grads polynom.

Løvhaugsåa musslorna har lägre årlig tillväxt mellan 1970 och 1985, något högre mellan 1995 och 2005. Efter 2005 sjunker den årliga tillväxten drastiskt (figur 10).



Figur 10. Diagram som visar den årliga tillväxten (SGI) hos två flodpärlmusslor från Løvhaugsåa. Tillväxttrenden är beräknad som en 5'e grads polynom.

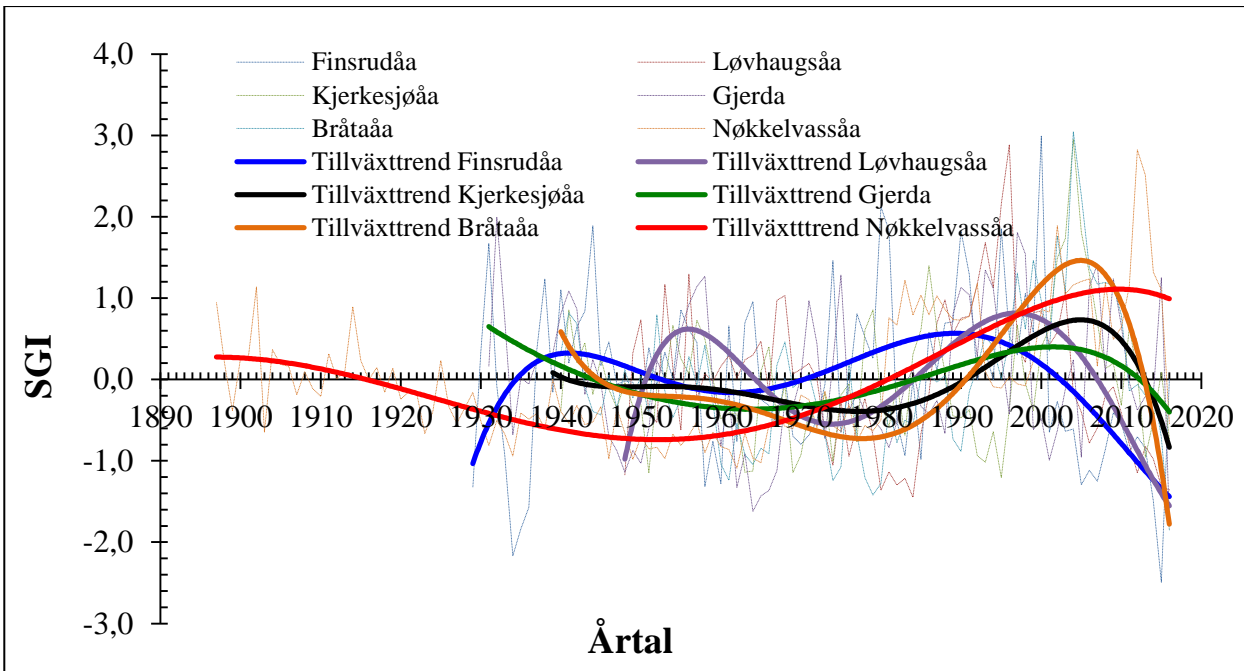
I Nøkkelvassåa musslorna växer sämre mellan 1920 och 1980 men efter 1980 ökar den årliga tillväxten ganska tvärt (figur 11).



Figur 11. Diagram som visar den årliga tillväxten (SGI) hos fyra flodpärlmusslor från Nøkkelvassåa. Tillväxttrenden är beräknad som en 5'e grads polynom.

Diskussion

Relationen mellan ålder och skaltillväxt visar att musslorna från 6 vattendrag i Hedmark fylke, Norge, har en något lägre tillväxt än musslor från andra vattendrag i Norge som Simoa (Dunca & Larsen 2012a) och Numedalslågen, Håelva, Aursunda (Dunca 2009a; Dunca & Larsen 2012b). Variationerna i den årliga tillväxten hos de analyserade musslorna (figur 12) tyder på olika levnadsförhållanden i de olika vattendragen.



Figur 12. Diagram som visar den årliga tillväxten (SGI) och tillväxttrenden beräknad som en 5^e grads polynom hos musslor i alla undersökta vattendrag.

Flodpärlmusslans tillväxt i vattendrag från Hedmark fylke kan jämföras med den i Kampåa och Leira, Akershus fylke (Dunca 2009b, c). Både Kampåa och Leira är drabbade av förorening vilket påverkar musslornas tillväxt på ett negativt sätt. Den årliga tillväxten hos Bråtaåa och Kjerkesjøåa musslorna visar bättre tillväxt år mellan 2000 och 2010 men tillväxten avtar de senaste åren vilket indikerar att kalkningen har inverkat på musslornas skaltillväxt. I Nøkkelvassåa musslorna växer sämre fram till 80-talet men efter att kalkningen har börjat 90-talet ökar den årliga tillväxten markant. Samma effekt har registrerats i svenska vattendrag (Dunca m.fl. 2011).

Finsrudåa och Løvhaugsåa skiljer sig markant från de andra 4 vattendrag med att växten går kraftig ned i början på 2000-talet. Detta kan vara en effekt på att kalkningen i avrinningsområdet har avtagit. Analysen från Finsrudåa bygger på ett skall, medan de övriga bygger på 2 och för Nøkkelvassåas del 4 skall vilket kan påverka tillväxtkurvans utseende.

I Hedmark nådde kalkningsverksamheten sin största omfattning under perioden 1995-1997. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) genomgick 2011 vattenprover från ett stort antal kalkade vatten i Hedmark. Konklusionen etter gjennomgangen är att det är försvarligt att avsluta kalkningen i huvuddelen av vattnet. På bakgrund av detta beslut Fylkesmannen i Hedmark i samråd med Miljødirektoratet friskförklarade alla insjöarna i Hedmark från och med 2014.

Litteraturlista

- Dunca, E. 1999. **Bivalve shells as archives for changes in water environment.** Vatten no 55: 279-290.
- Dunca, E. 2009a. **Skaltillväxt och åldersbestämning av flodpärlmusslor från Numedalslågen, Norge.** Bivalvia Rapport Nr 1/2009, 22 s.
- Dunca, E. 2009b. **Skaltillväxt och kemiska analyser av flodpärlmusslor från Kampåa, Norge.** Bivalvia Rapport Nr 3/2009, 27 s.
- Dunca, E. 2009c. **Skaltillväxt och kemiska analyser av flodpärlmusslor från Leira, Norge.** Bivalvia Rapport Nr 2/2009, 26 s.
- Dunca, E. & Larsen B. M. 2012a. **Skaltillväxt och kemiska analyser av flodpärlmusslor från Simoa, Norge.** NINA Rapport 912, 29 s.
- Dunca, E. & Larsen B. M. 2012b. **Skillnader i skaltillväxt hos flodpärlmusslor från reglerade och icke-reglerade vattendrag i Norge.** NINA Rapport 795, 63 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.
- Eriksson, M.O.G., Henrikson, L. & Söderberg, H. 1998. **Flodpärlmusslan i Sverige.** Rapport 4887 Naturvårdsverket.
- Geist, J. 1997. **Ecological studies on the effects of fine sediment illuviation in the interstices of Northern Bavarian freshwater pearl mussel brooks.** Technische Universitaet Muenchen, Germany.
- 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., 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. 1998. **Utbredelse av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Østre og Vestre Toten kommuner, Oppland.** - NINA Oppdragsmelding 570: 1-22.
- Larsen, B.M. 2005. **Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge.** Innspill til den faglige delen av handlingsplanen. – NINA Rapport 122. 33 s.
- Sandaas, K., Enerud, J. & Wivestad, T. 2011. **Elvemusling i Kampåa Nes kommune i Akershus 2008-2010.** Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Miljøvernnavdelingen, rapportnummer X/2011, 49 s. http://gint.no/fmnt/elvemusling/kilder/ID_159.pdf
- Sandaas, K. & Enerud, J. 2012. **Elvemusling i Bråtaåa 2012.** Rapport til Fylkesmannen i Hedmark, rapport.
- Sandaas, K. og Enerud, J. 2014. **Elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Trøftåa, Løvhaugsåa og Gjerda.** Hedmark fylke 2014. 18 sider.
- Sandaas, K. og Enerud, J. 2016a. **Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Finsrudåa 2012-2015.** Eidskog kommune, Hedmark. 21 sider inkl. vedlegg.
- Sandaas, K. og Enerud, J. 2016b. **Utbredelse og bestandsstatus for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Kjerkesjøåa og Rotna 2015.** Grue kommune, Hedmark. 17 sider inkl. vedlegg.
- Sandaas, K. og Enerud, J. 2016c. **Utbredelse og bestandsstatus for elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Nøkkelvassåa 2016.** Grue kommune, Hedmark. 14 sider.
- Schöne, B.R., Dunca, E., Fiebig, J. & Pfeiffer, M. 2005. **Mutvei's solution: an ideal agent for resolving microgrowth structures of biogenic carbonates.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, BR Schöne & D Surge (eds) Special Issue: Looking back over Skeletal Diaries – High-resolution Environmental Reconstructions from Accretionary Hard Parts of Aquatic Organisms, (in print).
- Wahlström, K. 2006. **Sediment Requirements for Freshwater Pearl Mussel (*Margaritifera margaritifera*) Recruitment.** Degree Project, Biology, Karlstads universitet. Serial Number: 06:89.

Bilaga 1

Metodbeskrivning

Musslorna rensas i ultraljudbad med 95 % alkohol. Skalen etiketteras och mäts med hänsyn till deras längd, höjd och bredd.

Sedan sågas musselskalen vinkelrätt mot vinterlinjerna från den yngsta, umbonala, delen till den äldsta, ventrala, delen med hjälp av en diamantklinga (figur 1.3 A).

Tunna slipsnitt tillverkas sedan enligt en speciell metod som utvecklades under 1990-talet och som används idag som standard metod vid Naturhistoriska riksmuseet (Dunca, 1999; se figur 1.3). Skalsnittet poleras (figur 1.3 B) och klistras fast på objektglas med hjälp av tvåkomponentsplasten CaldoFix, Struers (figur 1.3 C). När plasten hårdnar sågas skalen så att ett tunt skalsnitt (ca 0,5 mm) är kvar på objektglaset (figur 1.3 D).

Alla tunnslip poleras med tennoxid på en roterande platta Struers DP-U3 och etsas med Mutvei´s blandning (Schöne et al, 2005) under 25 min (figur 1.3 E och F). 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 i SEM syns de som upphöjda ryggar.

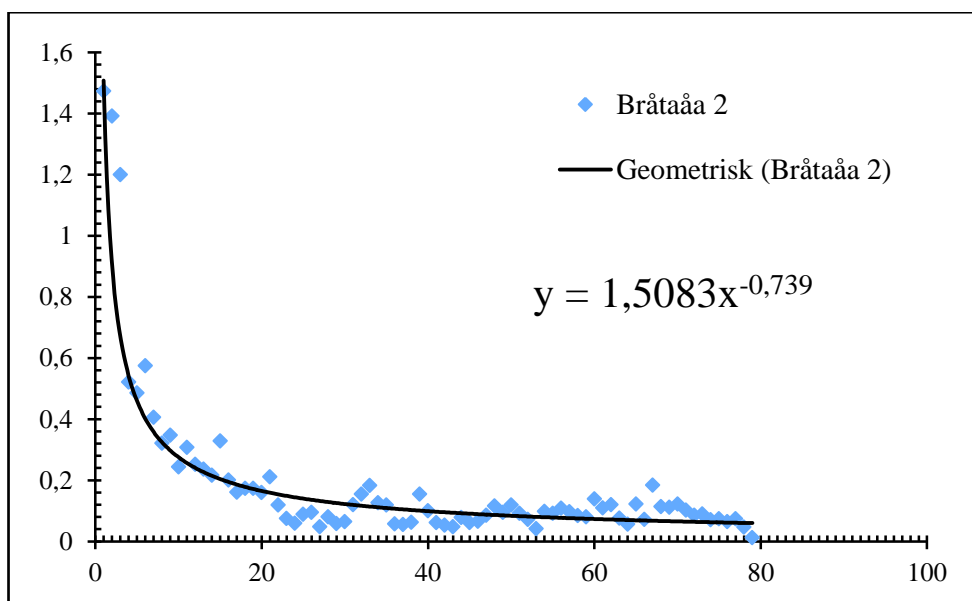
Tillväxtanalys

För att genomföra tillväxtanalysen alla tunnslip fotograferas i ljusmikroskop med 100-gångers förstoring. Den årliga tillväxten mäts på dessa bilder med hjälp av DinoXscope program. Mätningarna standardiseras för att kunna jämföra tillväxten hos äldre musslor med tillväxten hos yngre musslor. Standardiseringen görs med samma matematiska redskap som dendrokronologerna, trädkännarna, använder för årsringarna på ett träd.

För varje mussla anpassar man en potens kurva (figur 11) 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 1.1 Diagram som representerar årstillväxten (i mm) för de levnadsår som är synliga i tvärsnitt. År noll i diagrammet motsvarar den 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 mäta tillväxten med den teoretiska tillväxten för varje levnadsår. Detta uttrycks i följande formel:

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

där:

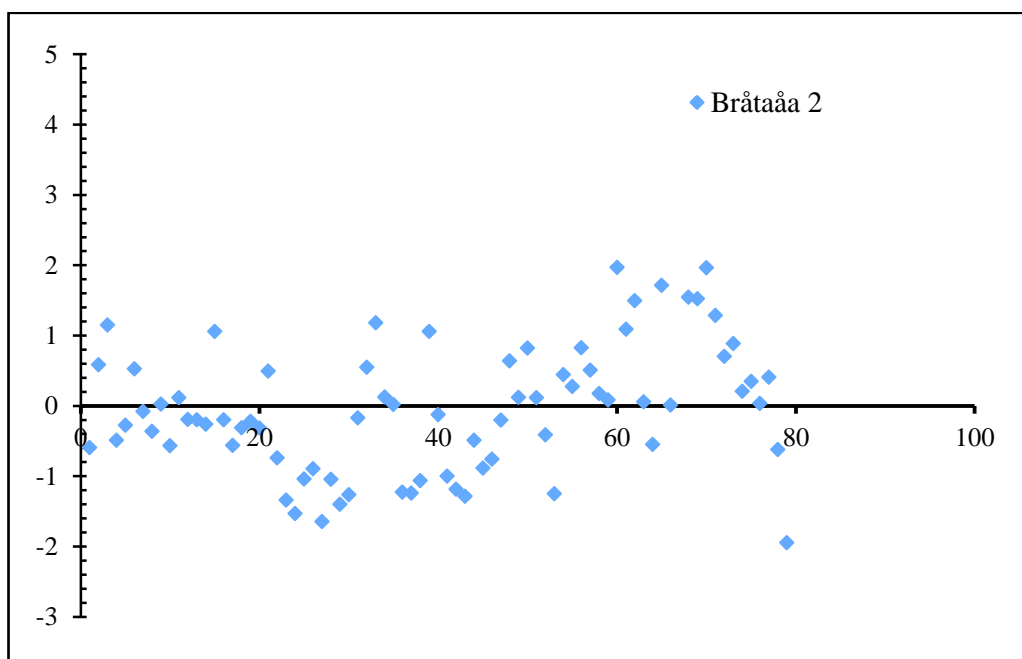
$F(t)$ = teoretiska tillväxten; $F(m)$ = tillväxtmätningar;

Standardiserat tillväxtindex SGI (figur 12) räknas fram med hjälp av följande formel:

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

där:

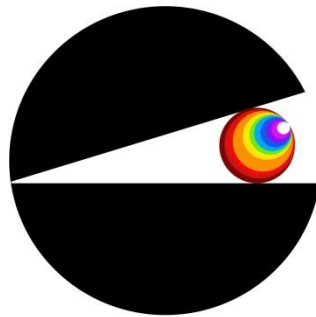
$M_{(GI)}$ = medelvärdet för tillväxtindexen och $\sigma_{(GI)}$ = standardavvikelsen för tillväxtindexen.



Figur 1.2. Diagram som representerar standardiserade tillväxtindex (SGI) för samma mussla som i figur 11. SGI representerar förändringen i den årliga tillväxten och är jämförbar med SGI för andra musslor oberoende av deras ålder.



Figur 1.3. A- Musselskallen sågades vinkelrätt mot vinterlinjerna från den ventrala kanten till den yngsta, umbonala, delen med hjälp av en diamantklinga; B- Polering av skalsnittet; C- klistrades fast på objektglas; D- Skallen sågades så att ett tunt skalsnitt (ca 0,5 mm) är kvar på objektglaset; E- Etsning med Mutvei's blandning; F- Färdig slipsnitt.



Bivalvia