

Inventering av vandarmusslans larver i Göta kanal och Kinda kanal 2013



Inventering av vandrarmusslas larver i Göta kanal och Kinda Kanal 2013

Jan-Erik Svensson¹⁾ & Stefan Lundberg²⁾

¹⁾ Institutionen för Pedagogik, Högskolan i Borås, 501 90 Borås. jan-erik.svensson@hb.se

²⁾ Naturhistoriska riksmuseet, Box 50007, 104 05 Stockholm. stefan.lundberg@nrm.se

Ansvarig och kontaktperson på Havs- och vattenmyndigheten
Jakob Bergengren, Enheten för miljöövervakning, Kunskapsavdelningen

Havs- och vattenmyndighetens rapport 2014:8

Havs- och vattenmyndigheten
Datum: 2014-06-24

Ansvarig utgivare: Björn Risinger
ISBN 978-91-87025-53-2

Omslagsfoto: Jakob Bergengren

Havs- och vattenmyndigheten
Box 11 930, 404 39 Göteborg
www.havochvatten.se

Förord

Havs- och vattenmyndigheten har det administrativa och sammanhållande ansvaret för arbetet med främmande invasiva arter i vattenmiljön. Vi samverkar främst med Naturvårdsverket, som har det nationella övergripande ansvaret för alla invasiva arter, men också med andra viktiga aktörer.

I Sverige finns drygt 2000 främmande arter, varav ett hundratal är kända som invasiva. Bland de akvatiska organismerna som utgörs av grupperna växter, alger, svampar, protozoer och högre djur är cirka 80 främmande invasiva arter. Därutöver finns ett tiotal vattenlevande däggdjur och sjöfåglar.

Havs- och vattenmyndighetens huvudsakliga roll är att:

- Förhindra att invasiva främmande arter introduceras och sprider sig för att minimera skadan på den biologiska mångfalden, miljön och människors hälsa.
- Begränsa invasiva främmande arter och deras spridningsvägar.

Vandarmusslan (*Dreissena polymorpha*) blev under sommaren 2013 medialt mycket uppmärksammas då den för första gången upptäcktes utanför Mälaren och Hjälmarens vattenområde i Sverige. Arten upptäcktes först i Glan och därefter även i Roxen, Motala ström, Östergötland.

För att få en bättre bild av vandarmusslans utbredning lät Havs- och vattenmyndigheten genomföra en undersökning under 2013 som presenteras i denna rapport.

Anna Jöborn
Avdelningschef
Kunskapsavdelningen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
FÖRFATTARNAS FÖRORD	5
SAMMANFATTNING.....	6
SUMMARY: AN INVENTORY OF ZEBRA MUSSEL LARVAE IN THE GÖTA AND KINDA CANALS, SOUTH-EASTERN SWEDEN, 2013.	7
INLEDNING	9
LARVEKOLOGI OCH FÖRVÄXLINGS-RISKER.....	10
METODER	12
RESULTAT	14
DISKUSSION.....	17
REFERENSER.....	19
BILAGA 1. PROVTAGNINGSPLATSER.....	21

Författarnas förord

Under 2013 upptäcktes vandrarmusslor för första gången i sjöarna Roxen och Glan i Östergötland. Spridningen till ett vattensystem, som via kanaler och sjöar har förbindelse med en mycket stor andel av Sydsveriges sötvattenmiljöer, gör det motiverat att intensifiera studierna av vandrarmusslornas utbredning och effekt i svenska vatten.

Det finns egentligen två arter av *Dreissena*-musslor som invaderar sötvatten på många håll i världen, vandrarmusslan (ibland kallad zebarmusslan) och quaggamusslan. De båda arternas larver är mycket svåra att särskilja enbart med hjälp av utseendet och vi påpekar i denna rapport att vi inte har haft möjlighet att med molekylärbiologiska metoder verifiera vilken av arterna (eller båda) som vi dokumenterat. Vandarmusslan har sedan länge varit på spridning i Europa och Nordamerika. Även quaggamusslan sprider sig men har ännu inte rapporterats från Sverige. Trots att vi inte kunnat avgöra vilken arts larver vi egentligen studerat har vi, efter diskussion med tjänstemän på Havs- och Vattenmyndigheten och för att underlätta kommunikeringen av resultaten, valt att här benämna Göta kanal-systemets *Dreissena*-musslor för vandrarmussla.

Vi tackar Havs- och Vattenmyndigheten för bidrag till studiens finansiering (dnr 3180-13). Elisabeth Feuk Lagerstedt gav goda råd vid fotograferingen i mikroskop och Jakob Bergengren, Agneta Hultstrand och Ulrika Stensdotter Blomberg gav väsentliga kommentarer på den skriftliga rapporten.

Jan-Erik Svensson, Borås
Stefan Lundberg, Stockholm

Sammanfattning

Under sensommaren 2013 inventerades 14 lokaler längs Göta kanal och tre lokaler längs Kinda kanal på förekomst av larver av vandrarmusslor. Syftet var att dokumentera deras förekomst och att skaffa ytterligare erfarenhet av metoder för provtagning av mussellarver. Inventeringen skedde genom provtagning från land; kvalitativ förekomst dokumenterades genom insamling med planktonhäv medan absoluta tätheter kvantifierades i sållade vattenprov. Mussellarver förekom på samtliga de tre lokalerna nedströms sjön Roxen i Östergötland, dvs. i kanalfåran nedströms slussen i Norsholm, i Motala ström vid Kimstad och i Norrköping. Larver påträffades inte i Kinda kanal-systemet (Linköping, Sturefors, Brokind), inte vid de fyra lokalerna uppströms Roxen i Östergötland, och inte heller vid de sju lokalerna längs kanalen i Västergötland.

Vid lokalen i Norsholm skedde provtagning vid två tillfällen, 10 aug och 30 aug. Larvtätheten var hög vid den första icke-replikerade pilotprovtagningen (70 ind/liter) men avsevärt lägre tre veckor senare ($4,6 \pm 2,3$ ind/liter). Skillnaden antyder att produktionen av larver minskade under tidsperioden vilket styrks av en signifikant förändring i larvernas kroppsstorlek som ökade från $0,139 \pm 0,030$ till $0,189 \pm 0,030$ mm mellan provtagningarna. En rimlig tolkning är att täthets- och storleksskillnaden var en konsekvens av en minskad nyproduktion av larver samtidigt som överlevande larver tillväxte i storlek. Kortvariga täthetstoppar av mussellarver har ofta rapporterats i andra studier. Detaljerade studier av larvernas säsongsdynamik kräver således en tät provtagning.

Vuxna vandrarmusslor kan spridas inom och mellan vattensystem på föremål som förflyttas, t.ex. båtar och vattenväxter, medan larverna i första hand sprids vid förflyttning av vatten. Ballastvatten och fisksumpar i större båtar liksom skvalpvatten i mindre fritidsbåtar och kanoter är tänkbara vektorer för larver. Även vatten i behållare med agnfisk utgör en potentiell risk. Spridningen i kanalsystem underlättas naturligtvis också av slussningen av vatten och av vattnets och larvernas naturliga rörelser.

Vandrarmusslor är skildkönade och eftersom larvdödigheten ofta är hög krävs vanligen att många larver förflyttas för att nya populationer ska etableras i nya vattensystem. Dessutom, för att hon- och hangameter ska ha en rimlig möjlighet att träffa på varandra krävs att kolonisationsförmågan av båda könen etablerar sig nära varandra. När vuxna populationer väl har byggts upp kan dock spridningen inom vattensystem gå mycket fort om larvproduktionen är hög. De tätheter vi uppmätt i denna undersökning (4,6 till 70 larver per liter) är av samma storleksordning som i svenska sjöar med etablerade bestånd av vuxna musslor. Vår bedömning är därför att larvproduktionen redan är hög i Roxen och Glan och med tanke på den livliga båttrafiken finns idag inga påtagliga spridningsbegränsningar som hindrar musslornas fortsatta etablering i Göta kanal-systemet. Deras fortsatta utbredning kommer istället att bestämmas av fysikalisk-kemiska och/eller biologiska förhållanden.

Summary: An inventory of Zebra mussel larvae in the Göta and Kinda canals, South-eastern Sweden, 2013.

In 2013 a massive invasion of the Zebra mussel, *Dreissena polymorpha* (Pallas 1771), was discovered in Lakes Roxen and Glan (the Motala Ström river basin) in the province of Östergötland, South-eastern Sweden. Through this spread to a water system which, via canals and lakes, connects a very large proportion of southern Sweden's freshwater environments, it is justified to intensify studies of Zebra mussels' prevalence and impact on Swedish waters.

The first observation of Zebra mussels in Sweden was made in Lake Mälaren in the 1920s. Since then, the spread has increased, but compared with developments in other European countries and in North America, the rate of spreading has so far been relatively slow and has been limited to parts of Lakes Mälaren and Hjälmaren and their connecting water systems and nearby lakes, primarily in the provinces of Uppland and Södermanland, Eastern Sweden. Moreover, Zebra mussels are occasionally documented in brackish water along the Baltic coast.

In recent years, concerns have been raised that Zebra mussel distribution in Sweden may increase. Firstly, there is a general spread of alien invasive species in both fresh and brackish water, and secondly, a number of lakes/regions in Sweden have been identified as potential habitats depending on adequate chemical-physical conditions. The international literature often emphasize that Zebra mussels prefer water with high calcium levels, but in Sweden the spread has also been found to correlate to high pH and magnesium levels. In contrast, biological factors that may affect the dispersal and density of Zebra mussels within the potential Swedish distribution area are not well-researched. Neither the adult mussels nor their planktonic larvae are well studied in this regard.

The new observations from lakes Roxen and Glan are logical for several reasons: 1) these lakes are suitable from a chemical and physical point of view, 2) the dispersal risk can be expected to be large to, and within, the canal systems, and 3) Zebra mussels have previously been reported from a nearby brackish bay of the Baltic (Bråviken) in the province of Östergötland. Nevertheless, lakes Roxen and Glan are the first known Swedish freshwater bodies to be invaded by Zebra mussels outside the region of Lakes Mälaren/Hjälmaren.

There are actually two species of *Dreissena*-mussels invading fresh waters in many parts of the world, Zebra mussel, *D. polymorpha* (Pallas 1771), and Quagga mussel, *D. rostriformis bugensis* (Andrusov 1897). The larvae of these species are very difficult to distinguish using only morphology and we point out in this report that we have not been able to use molecular techniques in verifying which of the species (or both) that we have documented. The Zebra mussel has long been invading freshwaters in Europe and North America. Even Quagga mussel spreads but have not yet been reported from Sweden. Although we have not been able to determine which species of larvae we have actually observed, we have, after discussions with officials at SwAM (The Swedish

Agency for Marine and Water Management) chosen to use "Zebra mussel" as a term for the *Dreissena*-mussels found in this study.

Fourteen locations along the Göta canal and three locations along the Kinda canal were surveyed in late summer 2013 for the presence of Zebra mussel larvae. The aim was to document their occurrence and to obtain further experience in testing methods for sampling of mussel larvae. The inventory was done by sampling from the shore or from bridges along the canals; qualitative occurrence was documented through the collection with a plankton net while absolute densities were determined in quantitative water samples. Zebra mussel larvae occurred in all the three sites downstream of lake Roxen, i.e. in the canal downstream of the lock in Norsholm, and in the Motala River at Kimstad and Norrköping. Larvae were not found in the Kinda canal system (Linköping, Sturefors and Brokind), nor at the four localities upstream Lake Roxen in the province of Östergötland, nor at the seven localities along the Göta canal in the province of Västergötland.

At Norsholm, sampling occurred on two occasions, August 10 and August 30. Larval density was high at the first non-replicated pilot sampling (70 ind/l) but significantly lower three weeks later (4.6 ± 2.3 ind /liter). The difference suggests that the production of larvae decreased during the period of time as evidenced by a significant change in larval body size, which increased from 0.139 ± 0.030 to 0.189 ± 0.030 mm between the sampling occasions. A reasonable interpretation is that the abundance and size difference was a consequence of a decreased production of new larvae while surviving larvae grew in size. Short term density peaks of Zebra mussel larvae have often been reported in other studies. Detailed studies of larval seasonal dynamics thus require a dense sampling.

Adult Zebra mussels can be spread within and between water systems on moving objects, such as boats and aquatic plants, while the larvae primarily spread by the movement of water. Ballast water and fish sumps of larger boats as well as sloshing water in small boats and canoes are potential vectors. Even water in containers with for example fish bait pose a potential risk. The spread is also facilitated during opening of canal-locks and by natural movement of water with mussel-larvae.

Zebra mussels are not hermaphroditic and because larval mortality is often high, it usually requires that many larvae are moved before new populations will be established in a water system. In addition, for the female and male gametes to have a reasonable opportunity to meet, it also requires that both sexes establish themselves close together. When an adult population has been built up, however, the spread within the water system may be very quick if larval production is high. The densities we measured in this study (4.6 to 70 larvae per liter) is of the same order of magnitude as in Swedish lakes with already established populations of adult Zebra mussels.

Our conclusion is that the larval production is already high in lake Roxen and Glan and, given the busy boat traffic in the canal system, there is currently no significant diffusion limitations preventing the mussels' continued presence. Their continued expansion will instead be determined by the chemical-physical and/or biological conditions.

Inledning

De första iakttagelserna av vandrarmusslor i Sverige gjordes i Mälaren under 1920-talet (Arwidsson 1926). Därefter har utbredningen ökat men jämfört med utvecklingen i andra länder i Europa och i Nordamerika, har spridningstakten hittills varit relativt långsam (von Proschwitz 2003, Grandin & Larsson 2007, Hallstan et al. 2010). Utbredningen har varit begränsad till delar av Mälaren och Hjälmaren och deras tillrinnande vatten, samt närliggande sjöar i framför allt Uppland. Dessutom är vandrarmusslan dokumenterad på brackvattenslokaler längs Östersjökusten.

Under senare år har det rests farhågor om att vandrarmusslans utbredning i Sverige kan komma att öka. Dels pågår en generell spridning av främmande arter i både sött och bräckt vatten, dels har ett antal sjöar/regioner kunnat identifieras som tänkbara lokaler beroende på lämpliga kemisk-fysikaliska förhållanden. I den internationella litteraturen poängteras ofta att vandrarmusslan föredrar vatten med höga kalciumhalter men i Sverige har utbredningen också visat sig korrelera till högt pH och magnesium (Hallstan et al. 2010). Däremot är de biologiska faktorer som kan tänkas påverka musslans utbredning inom det potentiella svenska utbredningsområdet inte särskilt väl undersökta. Varken de vuxna musslorna eller de planktiska larverna är välstuderade i detta avseende.

Under 2013 rapporterades vandrarmusslor för första gången från sjöarna Roxen och Glan i Motala ströms avrinningsområde (Jakob Bergengren, Erik Årnfelt, muntlig information). Observationerna är logiska av flera skäl: 1) dessa sjöar är lämpliga ur kemisk-fysikalisk synpunkt, 2) den människoberoende spridningspotentialen kan förväntas vara stor till och inom Göta kanalsystemet och 3) vandrarmusslor har tidigare etablerat sig i ett närliggande brackvatten, Bråviken. Likväl är förekomsterna i Roxen och Glan de första kända sötvattensförekomsterna utanför kärnområdet i Mälardalen. Farhågorna om en ökad utbredning har således besannats och det är därför motiverat att intensifiera studierna av vandrarmusslornas utbredning och effekt i svenska vatten.

Det finns flera sätt att inventera vandrarmusslor. Vuxna musslor kan övervakas genom vadande eller dykande inventeringar eller genom undervattensfilmning med en fjärrstyrd apparatur. Förutom information om deras utbredning kan sådana inventeringar även ge mått på faktiska populationstätheter. Unga musslor kan inventeras genom utplacering av artificiella substrat som sedan samlas in och undersöks under stereolupp efter att de har koloniserats. Antalet koloniserande juveniler ger bl.a. ett mått på musselpopulationens fortplantningsförmåga och dess spridningspotential. Slutligen kan planktiska larver övervakas vad gäller kvalitativ förekomst och kvantitativ täthet. En hög produktion av livskraftiga larver medför också en större spridningspotential. Provtagningen av larver är relativ enkel, den kan ske med planktonhåv och/eller vattenhämtare, men analysen kräver tillgång till mikroskop. Genomsökningen av proven underlättas dessutom om man använder kors-polariserat ljus (Johnson 1995) och om analyseraren har erfarenhet av planktonanalyser.

I denna undersökning genomförs en inventering av vandrarmusslans larver. Undersökningen har två syften: 1) att inventera lokaler längs hela Göta kanals sträckning mellan Östersjön och Väneren, samt några närliggande lokaler i Kinda kanal i Östergötland, vad gäller förekomst av mussellarver och 2) att

samla ytterligare erfarenhet av metodik vid inventering av vandrarmusslans larvstadier.

Larvekologi och förväxlingsrisker

Vandarmusslor är normalt skildkönade. Både honans ägg och hanens spermier avges till det fria vattnet där befruktning sker. Den individuella musslans fortplantningsperiod är utdragen under säsongen men ofta finns det en topp i larvproduktion som är relaterad till temperatur och födotillgång. Den larv som utvecklas ur det befruktade ägget lever frisimmande i plankton. Den filtrerar bakterier och små växtplankton. Larven tillväxer i relation till temperatur och födotillgång men påverkas också av bl.a. kalciumhalt och troligen även av andra näringsämnen. Den ökar i storlek från ca 40-70 µm till uppemot 180-290 µm innan det fastsittande livet inleds. Det går även att urskilja flera morfologiskt skilda typer av larvstadier under larvernas tillväxt men då krävs betydande expertkunskap (Nichols & Black 1994).

Jämfört med andra sötvattensmusslor är vandarmusslans nyproducerade larv mycket liten (McMahon & Bogan, 2001). Å andra sidan kan vandarmusslor producera väldigt många larver. Det finns uppgifter i litteraturen om att en hona potentiellt kan producera upp till 1,5 miljoner ägg per år men det finns även rapporter om avsevärt lägre antal, 30 000-40 000 ägg per år. Det kan således finnas betydande skillnader i larvproduktion mellan populationer av vandarmusslor (se referenser i Nichols 1996).

Uppgifterna i litteraturen om hur länge larverna stannar i plankton varierar också påtagligt, från ca 8 dagar till upp emot 8 månader (Nichols 1996). Det planktiska livet avslutas med att larverna koloniserar olika typer av hårda ytor där de förankrar sig med byssustrådar. Till en början har de unga fastsittande musslorna kvar en viss förmåga att frigöra sig från underlaget, t.ex. för att uppsöka fördelaktigare miljöer. Det medför att juvenila musslor i viss mån kan resuspenderas tillbaka till plankton.

Vandarmusslans larv är, liksom andra planktonorganismer, utsatt för predation. Larverna kan ätas av småfisk (Molloy et al. 1997) och rolevande hoppkräftor (Liebig & Vanderploeg 1995). De löper även risk att ätas upp av de filtrerande vuxna musslorna (MacIsaac et al. 1991) och denna risk kan vara ansevärd i täta musselpopulationer.

Det finns flera arter av musslor inom släktet *Dreissena*. I miljöer som invaderats i Nordamerika kan man ibland finna två arter tillsammans, vandarmusslan, *Dreissena polymorpha* (Pallas 1771), och quaggamusslan, *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov 1897). I modern tid har båda arterna spridit sig från det ponto-kaspiska området. Arterna skiljer sig något åt vad gäller de vuxna individernas morfologi men samtidigt är morfologin flexibel – utseendet kan t.ex. variera med musslornas ålder och med vilket vattendjup de växer på. Förväxlingsrisken är därför stor och det var egentligen först med molekylärbiologiska metoder som de första quaggamusselpopulationerna kunde säkerställas i Nordamerika. Således går det inte att utesluta att den stora variationen i t.ex. storlek och reproduktionspotential som redovisats i olika *Dreissena*-studier i viss mån avspeglar skillnader mellan arter.

Quaggamusslan sprider sig nu i såväl Öst- som Västeuropa. En relevant fråga i sammanhanget är om spridningen till Roxen och Glan skett från norr, dvs. från någon av de svenska populationerna, eller från söder/öster, dvs. från den

europiska kontinenten, där även quaggamusslan är under spridning (Molloy et al. 2007, van der Velde & Platvoet 2007). Vi har tidigare rapporterat om upprepade spridningar från syd och/eller öst av sötvattensmaneten *Craspedacusta sowerbyi* till sjöar i Östergötland och Mälardalen (Lundberg et al. 2005, 2007). Den erfarenheten visar att upprepade spridningar av organismer med planktonlevande livsstadier faktiskt sker till regionen och att spridningen dessutom kan ske från områden utanför Sverige, där potentiellt både vandrarmusslan och quaggamusslan kan förekomma. Samtidigt är naturligtvis spridningen av såväl larver som vuxna musslor från de svenska populationerna också sannolik, t.ex. med den inhemska båttrafiken.

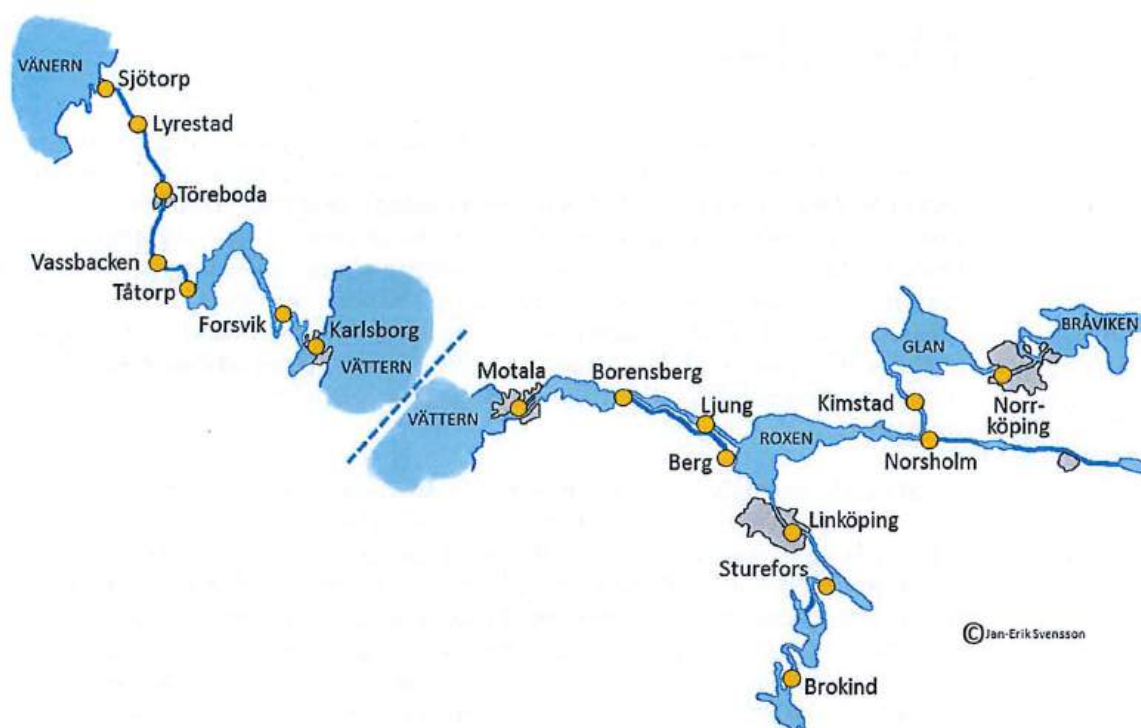
Larver av quagga- och vandrarmusslan är svåra, eller rentav omöjliga, att skilja åt på rent morfologiska karaktärer (Nichols & Black 1994). Alla tidigare svenska rapporter har förutsatt att det är vandrarmusslans larver som observerats och vi har ingen anledning att ifrågasätta tidigare artbestämningar. Quaggamusslan har ännu inte rapporterats, vare sig som larv eller som vuxen, men det finns en uppenbar risk att även den sprids till svenska vatten. Med förbehållet att vi inte heller i denna undersökning haft möjlighet att konfirmera artbestämningen genom DNA-analys har vi ändå antagit att vi studerat larver av vandrarmusslan.

Metoder

Resultaten som redovisas kommer dels från en pilotundersökning den 10 augusti vid tre lokaler i östra Östergötland (nedströms slussarna i Norsholm, samt i Motala Ström i Kimstad och i Norrköping), dels från en större provtagningsinsats 30 aug-1 sept (figur 1). Vid den senare provtagningen besöktes Norsholm och ytterligare 11 lokaler från Bergs slussar uppströms sjön Roxen i Östergötland till kanalens mynning i Vänern vid Sjötorp i Västergötland. Dessutom togs prov vid tre lokaler i Kinda kanal-systemet, som ansluter till Göta kanal/Motala ström i sjön Roxen; Stångån i Linköping, Sturefors sluss och Brokind sluss. Samtliga provtagna lokaler avfotograferades (bilaga 1).

Såväl den kvantitativa som den kvalitativa provtagningen genomfördes från land. Vid den kvantitativa provtagningen användes en 1 liters provtagningsflaska (0,5 liter vid pilotprovtagningen) fastsatt på ett förlängningsbart skaft. Provtagningsdjupet var 0,5 m. Vid den kvalitativa provtagningen användes en lodförsedd planktonhåv (diameter 15 cm, maskvidd 25 μm) som kastades ut 4-5 m och drogs in till land så sakta som möjligt samtidigt som ett provtagningsdjup på 0,5 m eftersträvades. Både den kvantitativa och den kvalitativa provtagningen upprepades fem gånger inom en sträcka av ca 20 m vid varje lokal. Den kvantitativa provtagningen den 10 aug gjordes dock på en plats per lokal. Proven från den kvantitativa provtagningen hölls alltid isär och sållades genom ett 25 μm handsäll.

Sällningen var tidsödande men gjordes noggrant eftersom sanna kvantitativa värden på larvtätheter eftersträvades. Sållet sköljdes upprepade gånger med hjälp av en sprutflaska (fylld med kranvatten) så att allt material följde med ner i provkärlet (100 ml glasburk). De fem håvproverna från varje lokal slogs dock samman till ett prov, sållades i 25 μm med hjälp av planktonhåven, och överfördes till 100 ml glasburk. Som fixeringsmedel användes Lugols lösning. Efter provtagningen desinficerades utrustningen i 70-80% etanol vid varje lokal.



Figur 1. Översiktsskarta över de delar av Göta kanal- och Kinda kanal-systemet som ingått i denna studie. De 17 provtagningslokaler har markerats.

Proverna analyserades i ett inverterat mikroskop (Leitz Wetzlar med 25x till 400x förstoring). Vid storleksmätningen av larverna användes 100x förstoring, samt ett okular med mätskala. De kvalitativa proven analyserades genom att andelar motsvarande 5 % av hela provet togs ut med automatpipett och överfördes till en öppen räknkammare. De mussellarver som påträffades mättes med avseende på längd och bredd och uttaget av delprov upprepades tills minst 50 individer påträffats. I de prov där inga mussellarver hittades avbröts genomsökandet efter 45 min. Då hade vanligen 10-40% av hela det kvalitativa provet analyserats.

Om mussellarver påträffades i det kvalitativa provet analyserades även de kvantitativa proven. Då användes en sedimentationskammare av samma typ som vid kvantitativ analys av växtplankton (25 mm diameter). Hela den insamlade kvantitativa vattenvolymen genomsöktes.

Resultat

Den 10 augusti påträffades mussellarver i de kvalitativa proven från all de tre provtagna lokalerna (tabell 1). Proven innehöll stora mängder alger och partiklar men larverna var ändå enkla att påträffa vid analysen. Inte i något fall användes mer än en minuts söktid i mikroskopet innan första individen var påträffad. Larver förekom även vid Norsholm den 30 augusti, även i det provet påträffades de efter en kort söktid. Inga larver hittades i de kvalitativa proven väster om sjön Roxen i Östergötland, i Kinda kanal-systemet eller i Västgötadeln av kanalen.

Den 10 augusti var larvtätheten mycket hög i det kvantitativa provet från Norsholm, 70 larver per liter (tabell 2) och relativt hög vid lokalerna i Kimstad och Norrköping, 10 larver per liter. Den 30 aug hade larvtätheten minskat i Norsholm till $4,6 \pm 2,3$ larver per liter.

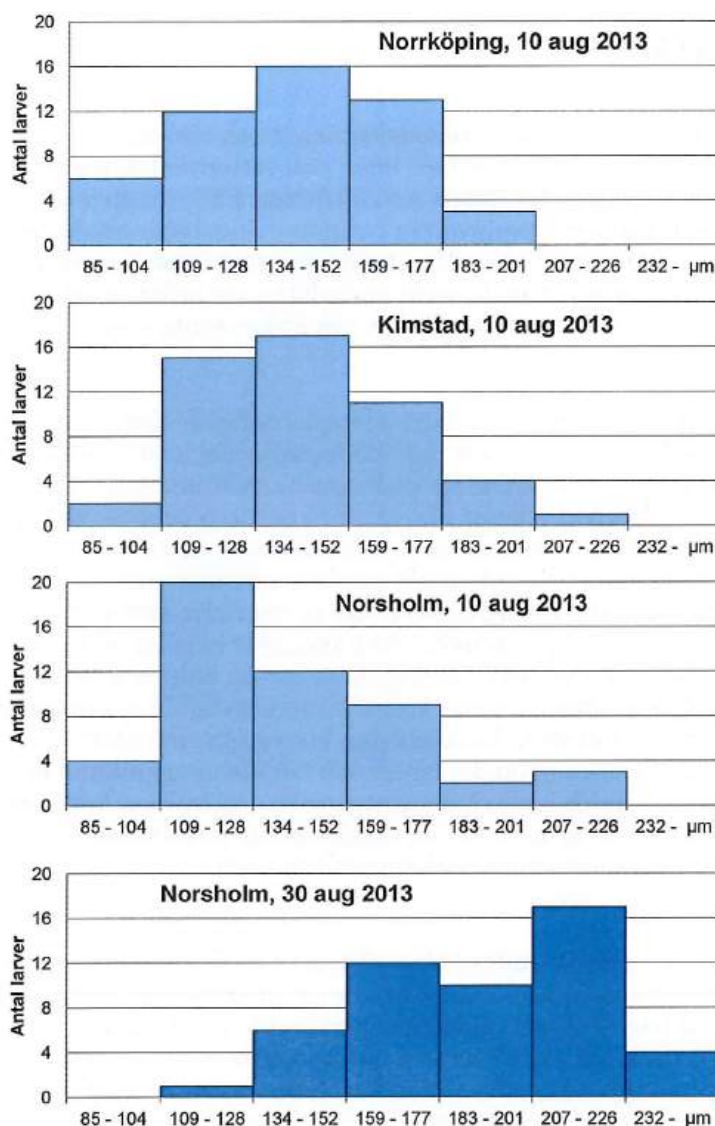
Tabell 1. Kvalitativ förekomst av mussellarver i håvprover från Göta kanal- och Kinda kanal-systemet i aug-sept 2013. Proven togs från land med fem håvkast om 4-5 m på ca 0,5 m djup. Håvens maskvidd var 25 µm och dess diameter var 15 cm. Den teoretiskt provtagna vattenvolymen var därför ca 35-45 liter. Vid mikroskopieringen ägnades upp till 45 min per prov åt sök efter mussellarver.

Lokal nr	Lokalnamn	Datum	X = förekomst	Datum	X = förekomst O = ej förekomst
1	Norrköping Motala ström, nedströms Femöresbron	2013-08-10	X		
2	Kimstad Motala ström, nedströms kraftverk	2013-08-10	X		
3	Norsholm Göta kanal, nedströms sluss	2013-08-10	X	2013-08-30	X
4	Linköping Stångån, nedströms Braskens bro			2013-08-30	O
5	Sturefors Kinda kanal, uppströms sluss			2013-08-30	O
6	Brokind Kinda kanal, uppströms sluss			2013-08-30	O
7	Berg Göta kanal, uppströms slussar			2013-08-30	O
8	Ljung Motala ström, badplats vid Ljung kyrka			2013-08-30	O
9	Borensberg Göta kanal, uppströms sluss			2013-08-30	O
10	Motala Göta kanal, nedströms första slussen			2013-09-01	O
11	Karlsborg Uppströms bron i gästhamnen			2013-09-01	O
12	Forsvik Göta kanal, uppströms sluss			2013-09-01	O
13	Tåtorp Göta kanal, uppströms sluss			2013-09-01	O
14	Vassbacken Utflöde ur kanaldamm			2013-09-01	O
15	Töreboda Göta kanal, i gästhamn			2013-09-01	O
16	Lyrestad Göta kanal, uppströms sluss			2013-09-01	O
17	Sjötorp Göta kanal, uppströms sluss			2013-09-01	O

Tabell 2. Kvantitativ förekomst av mussellarver i Göta kanal- och Kinda kanal-systemet i aug-sept 2013. Proven togs med vattenprovsflaska på skafthämtare från land på ca 0,5 m djup och sällades i 25 µm såll; n=1 (den 10 aug) eller n=5 (övriga).

Lokal nr	Lokalnamn	Datum	Larver per liter	Datum	Larver per liter (medel±stdav)
1	Norrköping Motala ström, nedströms Femöresbron	2013-08-10	10		
2	Kimstad Motala ström, nedströms kraftverk	2013-08-10	10		
3	Norsholm Göta kanal, nedströms sluss	2013-08-10	70	2013-08-30	4,6±2,3
4	Linköping Stångån, nedströms Braskens bro			2013-08-30	0
5	Sturefors Kinda kanal, uppströms sluss			2013-08-30	0
6	Brokind Kinda kanal, uppströms sluss			2013-08-30	0
7	Berg Göta kanal, uppströms slussar			2013-08-30	0
8	Ljung Motala ström, badplats vid Ljung kyrka			2013-08-30	0
9	Borensberg Göta kanal, uppströms sluss			2013-08-30	0
10	Motala Göta kanal, nedströms första slussen			2013-09-01	0
11	Karlsborg Uppströms bron i gästhamnen			2013-09-01	0
12	Forsvik Göta kanal, uppströms sluss			2013-09-01	0
13	Tåtorp Göta kanal, uppströms sluss			2013-09-01	0
14	Vassbacken Utflöde ur kanaldamm			2013-09-01	0
15	Töreboda Göta kanal, i gästhamn			2013-09-01	0
16	Ljrestad Göta kanal, uppströms sluss			2013-09-01	0
17	Sjötorp Göta kanal, uppströms sluss			2013-09-01	0

Den 10 aug var larvernas storlek ungefär densamma på alla lokalerna. Frekvensfördelningen (figur 2) visar möjligen en större andel små larver i Norsholm än vid Kimstad och i Norrköping, vilket kan antyda skillnader i reproduktion mellan lokalerna. Skillnaderna mellan lokalerna var dock små och medelstorleken skiljde sig inte påtagligt; $0,138 \pm 0,026$ mm i Norrköping, $0,142 \pm 0,025$ mm i Kimstad och $0,139 \pm 0,030$ mm i Norsholm (medel±stdav, $n=50$). Vid provtagningen i Norsholm den 30 aug var medelstorleken signifikant större ($0,189 \pm 0,030$ mm) än vid motsvarande provtagning den 10 aug ($p < 0,0005$, $z = -3,221$, Mann-Whitney U-test, two-tailed) och frekvensfördelning hade nu sin tyngdpunkt påtagligt förskjuten från mindre till större larver (figur 2).



Figur 2. Storleksfördelningen av mussellarver i de kvalitativa håvproven från provtagningarna i Norrköping, Kimstad och Norsholm den 10 aug och från Norsholm den 30 aug. I varje prov mättes de 50 första identifierade individerna med hjälp av en mätskala i ockularet. Indelningen i storleksklasser beror av mätskalans kalibrering vid den använda förstoringen.

Diskussion

Vuxna vandrarmusslor kan spridas av människan inom och mellan vattensystem på föremål som förflyttas, t.ex. båtar och vattenväxter, medan levande larver i första hand sprids i vatten som förflyttas. Ballastvatten och fisksumpar i större båtar liksom skvalpvatten i mindre fritidsbåtar och kanoter är tänkbara vektorer för larver. Även vatten i behållare med agnfisk utgör en potentiell risk och spridningen i kanalsystem underlättas naturligtvis också av slussningen av vatten, av naturliga vattenflöden och av larvernas egen rörelseförmåga.

Det finns flera aspekter på vandrarmusslornas fortplantningsbiologi som påverkar spridningsrisken. Musslorna är enkönade varför det krävs att båda könen sprids för att nya reproducerande populationer ska kunna etableras i nya vattensystem. Eftersom larvdödligheten ofta är stor i naturen behövs vanligen många larver för att minst en mussla av varje kön ska utvecklas till könsmognad. Dessutom, för att de potentiellt producerade hon- och hangameterna ska ha en rimlig möjlighet att träffa på varandra krävs att kolonisationsrerna etablerar sig nära varandra. Sammantaget betyder detta att spridningsrisken mellan vattensystem, med hjälp av larver, kan vara mycket låg om bara enstaka larver förflyttas men den kan öka mycket snabbt om mängden vatten/larver som förflyttas är stor. Å andra sidan har vandrarmusslor kapaciteten att producera stora mängder larver och när vuxna populationer väl har etablerats kan därför spridningen inom vattensystem gå mycket fort. I östra delen av Göta kanal-systemet är musslan nu etablerad och larvproduktionen är hög, vilket underlättar dess fortsatta populationstillväxt och spridningsförmåga.

Trots att vandrarmusslor observerades redan på 1920-talet i Sverige dröjde det länge innan deras larver började dokumenteras inom miljöövervakningen. I Halmsjön vid Arlanda pågick under många år djurplanktonprovtagning. Mussellarver började räknas 2003 (Svensson 2004) och fortsatte sedan med samma metodik till och med 2011. Resultaten har delvis redovisats i årliga rapporter till ALcontrol för vidare befordran till beställande myndighet, dvs. Luftfartsverket/Swedavia. Provtagningen genomfördes varje månad under maj till oktober och *Dreissena*-larver kunde vissa år påträffas under hela provtagningssäsongen men täthetstopparna inträffade vanligen under juli eller augusti. Den högsta larvtäthet som uppmättes i Halmsjön var dock vid en vårprovtagning, 140 larver per liter den 29 maj 2007. Under sommaren varierade tätheten vanligen mellan 2 och 44 larver per liter.

Dokumentationen av mussellarver i djurplanktonprover från Mälaren startade 2004 (Svensson 2005) och den genomfördes sedan av samme analyserare med samma metodik och ambitionsnivå i ytterligare två år (Mälarens vattenvårdsförbund 2006 och 2007, se även bilaga 1 i Grandin & Larsson 2007). Högsta uppmätta tätheter i Mälaren under de åren var 77 larver per liter i Ekoln den 12 juli 2006. Förutom i Ekoln påträffades vandrarmusslans larver regelbundet även vid provtagningslokalen i Görväln. Vandrarmusslans larver räknas numera alltid inom den djurplanktonövervakning som utförs på Havs- och Vattenmyndighetens uppdrag i Mälaren och tätheter finns tillgängliga via datavärdens hemsida (<http://www.slu.se/sv/institutioner/vatten-miljo/>). Den uppmätta tätheten av larver i Göta kanal-systemet i denna studie (4,6 till 70 larver per liter) är således av samma storleksordning som i svenska sjöar med kända bestånd av vuxna musslor. Tätheterna är också jämförbara med andra europeiska *Dreissena*-populationer under etablering. Under de sex år

som vandrarmusslan byggde upp en livskraftig population i en irländsk sjö ökade t.ex. den årliga *maximala* tätheten från 2 till ca 45 larver per liter (Lucy 2007). I vissa näringsrika europeiska sjöar med mycket täta populationer kan dock tätheterna av larver vara avsevärt högre, som i Müggelsee, Berlin, där *medeltätheten* under sommaren under en följd av år var ca 150 larver per liter (Wilhelm & Adrian 2007). I samband med kvantitativa analyser av växtplankton har vi gjort observationer som antyder larvtätheter på flera hundra per liter även i näringsrika svenska *Dreissena*-sjöar, t.ex. i Norrviken norr om Stockholm (Svensson et al. 2012).

Vår bedömning är att de larvtätheter vi uppmätt i denna studie i kanalen vid Norsholm och i Motala ström i Kimstad och Norrköping åstadkommit av gedigna bestånd av vuxna musslor uppströms lokalerna, t.ex. i sjöarna Roxen och Glan. Den uppmätta larvtätheten var tidvis så hög att vi bedömer spridningsrisken vid förflyttning av vatten som påtaglig. Vi tror inte att det nu finns några spridningsmässiga hinder för musslornas fortsatta etablering i östgötadelen av Göta kanal-systemet. Etableringen kommer istället att begränsas av fysikalisk-kemiska och/eller biologiska förhållanden.

Referenser

- Arwidsson, I. 1926. Vandraremuslan (*Dreissensia polymorpha* Pallas) inkommen i Sverige. Fauna och Flora 21 (5): 209-217.
- Grandin, U. & Larsson, D. 2007. Riskanalys och metodik för övervakning av vandrarmussla (*Dreissena polymorpha*). Rapport från institutionen för miljöanalys, SLU 2007: 26. ISSN 1403-977X
- Hallstam, S., Grandin, U. & Goedkoop, W. 2010. Current and modeled potential distribution of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Sweden. Biological Invasions 12: 285-296.
- Johnson, L.E. 1995. Enhanced early detection and enumeration of zebra mussel (*Dreissena* spp.) veligers using cross-polarized light microscopy. Hydrobiologia 312:139-146.
- Liebig, J.R. & Vanderploeg, H.A. 1995. Vulnerability of *Dreissena polymorpha* larvae to predation by Great Lakes calanoid copepods: the importance of the bivalve shell. J Great Lakes Res 21: 353-358.
- Lundberg, S., Svensson, J-E. & Petrusek, A. 2005. *Craspedacusta* invasions in Sweden. Verh. Internat. Verein. Limnol. 29: 899-902.
- Lundberg, S., Svensson, J-E. & Petrusek, A. 2007. Sötvattensmaneten *Craspedacusta* – enkönade populationer bevis för upprepad invasion. Fauna och Flora 102(2): 18-22.
- Lucy, F. 2006. Early life stages of *Dreissena polymorpha* (zebra mussel): the importance of long-term datasets in invasion ecology. Aquatic Invasions 1: 171-182.
- MacIsaac, H. Sprules, W.G. & Leach J.H. 1991. Ingestion of small-bodied zooplankton by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): can cannibalism on larvae influence population dynamics? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 48: 2051-2060
- McMahon, R.F. & Bogan, A.E. 2001. Mollusca: Bivalvia. Ur: Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. 2:a upplagan. Academic Press, San Diego.
- Molloy, D.P., Karatayev, A.Y., Burlakova, L.E., Kurandina, D.P. & Laruelle, F. 1997. Natural enemies of zebra mussels: predators, parasites and ecological competitors. Reviews in Fisheries Science 5: 27-97
- Molloy, D.P., bij de Vaate, A., Wilke, T & Giamberini, L. 2007. Discovery of *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov 1897) in Western Europe. Biological Invasions 9: 871-874
- Mälarens vattenvårdsförbund, 2006. Miljöövervakning i Mälaren 2005. Rapport från ALcontrol Laboratories.
- Mälarens vattenvårdsförbund, 2007. Miljöövervakning i Mälaren 2006. Rapport från ALcontrol Laboratories.

- Nichols, S.J. 1996. Variations in the reproductive cycle of *Dreissena polymorpha* in Europe, Russia, and North America. *Amer. Zool.* 36: 311-325.
- Nichols, S. & Black, G. 1994. Identification of larvae: The zebra mussel (*Dreissena polymorpha*), quagga mussel (*Dreissena rostriformis bugensis*), and Asian clam. *Can J Zool* 72: 406-417.
- Persson, G. & Svensson, J-E. 2004. Kvantitativa djurplanktonundersökningar i Sverige. Institutionen för miljöanalys, SLU. Rapport 2004: 21.
- Svensson, J-E. 2004. Zooplankton i Halmsjön 2003. Stencil, 5 s.
- Svensson, J-E. 2005. Zooplankton i Mälaren 2004. Rapport från Institutionen Ingenjörshögskolan, Högskolan i Borås. 52 s.
- Svensson, J-E., Hårding, I. & Medin, M. 2012. Växtplankton i 33 sjöar i Västmanlands, Stockholms och Dalarnas län 2011: klassificering av ekologisk status. Rapport från Lst Stockholms läns 2012: 20.
- van der Velde, G. & Platvoet, D. 2007. Quagga mussels *Dreissena rostriformis bugensis* (Andrusov, 1897) in the Main River (Germany). *Aquatic Invasions* 2:261-264.
- von Proschwitz, T. 2003. Faunistiskt nytt 2002 – snäckor, sniglar och musslor. Göteborgs Naturhistoriska Museums Årstryck 2003: 25-42.
- Wilhelm, S. & Adrian, R. 2007. Long-term response of *Dreissena polymorpha* larvae to physical and biological forcing in a shallow lake. *Oecologia* 151: 104-114.

Bilaga 1. Provtagningsplatser



Lokal 1. Norrköping. Motala ström nedströms Femöresbron. Utsikt från provtagningsplatsen. Provtaget 10 aug 2013. Mussellarver påträffades på lokalen och på botten sågs vuxna musslor.



Lokal 2. Kimstad. Motala ström, nedströms kraftverket. Provtagningen skedde 10 aug 2013 från betongfundamentet närmast i bild. Mussellarver påträffades på lokalen.



Lokal 3. Norsholm. Göta kanal, nedströms sluss. Provtagning genomfördes från båtbyggnad vid två tillfällen, 10 aug och 30 aug 2013. Mussellarver påträffades vid båda tillfällena.



Lokal 4. Linköping. Stångån, nedströms Braskens bro. Provtagning skedde från bryggan den 30 aug 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 5. Sturefors. Kinda kanal, uppströms sluss. Provtagningen skedde från träbryggan den 30 aug 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 6. Brokind. Kinda kanal, uppströms sluss. Provtagning skedde från kanalkanten den 30 aug 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 7. Berg. Göta kanal, uppströms slussarna. Provtagningen utfördes från bryggan mitt emot minnesmonumentet den 30 aug 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 8. Ljung. Motala ström, badplats vid Ljung kyrka. Provtagningen utfördes från badbryggan den 30 aug 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 9. Borensberg. Göta kanal, uppströms sluss. Provtagningen utfördes från kanalkanten på kvällen den 30 aug 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 10. Motala. Göta kanal, nedströms första slussen. Provtagningen utfördes från bryggan den 1 sept 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 11. Karlsborg. Uppströms bron i gästhamnen. Provtagningen utfördes från båtbyggen den 1 sept 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 12. Forsvik. Göta kanal, uppströms sluss. Provtagningen utfördes från kanalkanten den 1 sept 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 13. Tåtorp. Göta kanal, uppströms sluss. Provtagningen utfördes från träbryggan och kanalkanten den 1 sept 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 14. Vassbacken. Utflöde ur kanaldamm. Provtagningen utfördes i utloppsbäcken nedanför kanalens nivåregleringsdämme den 1 sept 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 15. Töreboda. Göta kanal, i gästhamnen. Provtagningen utfördes från träbryggan den 1 sept 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 16. Lyrestad. Göta Kanal, uppströms sluss. Provtagningen utfördes från kanalkanten mitt emot kanalstugan den 1 sept 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.



Lokal 17. Sjötorp. Göta kanal, uppströms sluss. Provtagningen utfördes från kanalkanten vid minnesmonumentet den 1 sept 2013. Mussellarver påträffades inte på lokalen.

