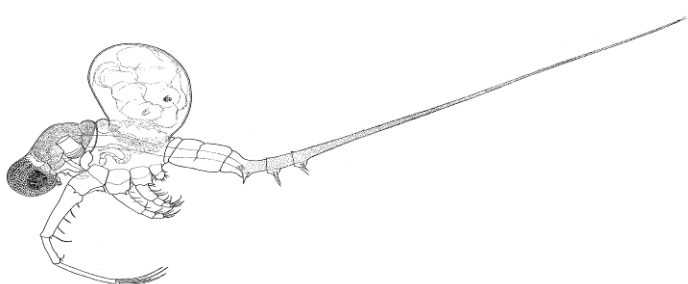




Glacialrelikter och makrozooplankton i Vänern och Vättern 2011



Rapport nr 115 från Vätternvårdsförbundet
Rapport nr 70 från Vänerns Vattenvårdsförbund

Havs
och Vatten
myndigheten

Rapport nr 115 från Vätternvårdsförbundet Rapport nr 70 från Vänerns Vattenvårdsförbund

(Rapport 1-29 utgavs av Kommittén för Vätterns vattenvårds. Kommittén ombildades 1989 till Vätternvårdsförbundet som fortsätter rapportserien fr o m Rapport 30.)

Rapportnr	Enligt ovan
Framsida	Taggmärla (Foto: Björn Kinsten), Provtagning (Foto: Henrik Ragnarsson Stabo), <i>Bythotrephes longimanus</i> från Lilljeborg (1982[1900])
Utgivare	Måns Lindell (Red Vätternvårdsförbundet) Sara Peilot (Red, Vänerns vattenvårdsförbund, Augusti 2012.
Kontaktperson	Respektive kansli för Vattenvårdsförbunden
Webbplats	www.vattern.org ; www.vanern.se
Författare	Del 1-2: Björn Kinsten Del 3: Håkan Ragnarsson mfl, SLU
Fotografier	Respektive författare (om inget annat anges)
Kartmaterial	Kartkälla: Länsstyrelsen i Jönköpings län.
ISSN	Vättern: 1102-3791 Vänern: 1403-6134
Upplaga	150 ex/kansli.
Tryckt på	Länsstyrelsen, Jönköping.2012
Miljö och återvinning	Rapporten är tryckt på miljömärkt papper.

Innehållsförteckning

Kapitel 1: Glacialrelikta kräddjur i Vänern och Vättern 2011

Björn Kinsten

Kapitel 2: Skattning av glacialrelikta kräddjurs täthet.

En jämförelse av tre metoder samt täthet i Vänern och Vättern.

Björn Kinsten & Erik Degerman

Kapitel 3: Kvantifiering av stora djurplankton i de stora sjöarna

Henrik Ragnarsson Stabo, Thomas Axenrot, och Alfred Sandström,
Sötvattenslaboriet, Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges
lantbruksuniversitet (SLU), Tobias Vrede, Institutionen för vatten och miljö,
Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

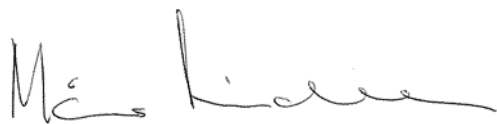
Förord

Några av de mest fascinerande organismerna som simmar runt i våra stora sjöar är de sk glacialrelikterna, dvs de som blev "innestängda" i sjöarna när landet höjde sig efter inlandsisen tillbakadragning och därefter anpassat sig. De utgörs av små kräftdjur som de senaste årtionden inte tillägnats nämnvärd uppmärksamhet ändå är de värdefulla både ur naturvärdes- och ekologisk synvinkel. Just i stora, djupa sjöar såsom Vänern och Vättern förekommer en rik mångfald av flera olika arter av relikter. De utgör en viktig länk mellan det som produceras i sjön och/eller ramlar ned på sedimenten till högre näringsnivåer t ex fisk. Det är t ex sedan länge känt att dessa näringsrika "munsbitar" utgör en viktig förutsättning för de laxartade bestånd som finns i sjöarna. Vi sätter därför stort värde på att de finns kvar, har goda livsbetingelser och kan fortleva framåt.

Men hur många är de och hur mår de i sjöarna? Hur ska vi kunna mäta och räkna dem? Hur ska vi överhuvudtaget fånga dem när vissa är frisimmande, andra bottenlevande, och vissa rör sig genom hela vattenpelaren under dygnets timmar? Det finns olika metodiker och i föreliggande rapport behandlas just frågan om metoder och hur vi skulle kunna övervaka dessa framåt. Idag finns inget riktat program mot samtliga av relikterna även om någon art ingår i det löpande övervakningsprogrammet.

Föreliggande rapport är en sammanställning av tre olika delundersökningar. Förslag ges på lämpliga metoder för olika arter och dataunderlag redovisas på hur det är ställt med de sk glacialrelikterna i Vänern och Vättern. De två första delmomenten har utförts av en av landets ledande glacialreliktextpert Björn Kinsten, som i ett kapitel fått assistans av Erik Degerman på Sötvattenslaboratoriet. Det tredje kapitlet behandlar extremt stora djurplankton som till antalet är få i vattenpelaren. Inte heller dessa fångas med "vanlig standardmetod" utan måste ha särskilda undersökningstekniker. Även här jämförs olika metoder. Provtagning har här ägt rum även i Mälaren.

För att få hålla ihop delmomenten väljer Vätternvårdsförbundet tillsammans med Vänerns Vattenvårdsförbund att sampublicera studierna i en och samma rapport. Samtliga studier har samfinansierats av Hav-och Vattenmyndigheten, Vänerns vattenvårdsförbund och Vätternvårdsförbundet.



Måns Lindell

Glacialrelikta kräftdjur i Vänern och Vättern 2011



Mysis relicta s.l. Foto Sven-Arne Sandberg.

Författare Björn Kinsten

Glacialrelikta kräftdjur i Vänern och Vättern 2011

Innehåll

Sammanfattning.....	2
1 Inledning.....	3
1.1 Syfte.....	3
1.2 Relikter och glacialrelikter.....	3
1.3 De glacialrelikta kräftdjursarterna.....	4
1.3.1 Arter och fortplantningsperioder hos <i>M. relict</i> s.l. i Vänern och Vättern	11
1.4 Exempel på andra undersökningar av de glacialrelikta kräftdjuren i Vänern och Vättern ..	11
1.4.1 Fortlöpande undersökningar av täthet av glacialrelikta kräftdjur (inkluderade i bottenfauna) ingående i den nationella/regionala övervakningen av Vänern och Vättern sedan början av 1970-talet	11
1.4.2 Övriga undersökningar av de glacialrelikta kräftdjuren – deras förekomst, individtäthet samt betydelse som fiskföda i Vänern och Vättern.....	12
1.4.3 Studie av genetisk mångfald hos <i>M. affinis</i>	16
2 Materiel och metoder	16
2.1 Undersökningsområden	16
2.2 Insamlingsmetodik	17
2.3 Längdmätning av <i>M. relict</i> s.l.	19
3 Resultat och diskussion	20
3.1 Individdensitet och fördelning av glacialrelikta kräftdjur.....	20
3.1.1 Vänern	20
3.1.2 Vättern.....	25
3.1.3 Jämförelse av täthet mm mellan Vänern och Vättern	32
3.2 Längdfördelning hos <i>M. relict</i> s.l.	32
3.2.1 Livscykel.....	32
3.2.2 Längdfördelning på olika djup i den övre pelagialen	35
4 Tack!	38
5 Källförteckning.....	38
6 Förklaring till karta (figur 1).....	45
7 Förteckning över bilagor	45

Sammanfattning

De glacialrelikta kräftdjuren har sedan länge omfattat sex arter, nämligen *Gammaracanthus lacustris* (*Relictacanthus lacustris*), *Limnocalanus macrurus*, *Monoporeia affinis* (*Pontoporeia affinis*), *Mysis relicta* s.l., *Pallasea quadrispinosa* och *Saduria entomon* (*Mesidothea entomon*). De enda sjöar i Sverige där alla sex arterna påträffats är Vänern och Vättern och samtliga arter påträffades också i denna undersökning. Senare rön har dock visat att *M. relicta* i Sverige innefattar de två arterna *M. relicta* s.str. och *M. salemaai*, som båda har noterats i Vänern och Vättern. Gruppen glacialrelikta kräftdjur i Sverige består därför numera av sju arter. De båda sistnämnda arterna har dock i denna undersökning behandlats som en art med namnet *M. relicta* s.l.. Den planktiskt levande *L. macrurus* noterades i båda sjöarna men ingick i övrigt inte i denna undersökning.

Skattningar av de fem största glacialrelikta kräftdjurens täthet och fördelning gjordes med hjälp av mysistrål dagtid och stor håv nattetid i slutet av augusti till början av september 2011 i framförallt tre undersökningsområden i vardera sjön.

Antalet insamlade individer av alla fem arterna var betydligt större i trålprov än i håvprov. Den största tätheten av *M. affinis* noterades i trålprov men översteg inte inom något undersökningsområde i vare sig Vänern eller Vättern 50 ind/m². En betydligt lägre täthet registrerades vid Åmål (Tösse) i Vänern i jämförelse med de övriga områdena. En jämförelse med tätheter som påvisats i den nationella/-regionala övervakningen med Ekmanhuggare sedan början av 1970-talet (se SLU:s databas för bottenfauna) visade dock att tätheterna som skattades med håv och trål kraftigt understeg de tätheter som påvisats med hjälp av Ekmanhuggare.

Ingen av de övriga arterna hade högre skattad täthet än *M. relicta* s.l. i undersökningarna 2011. Andelen prov utan fångst var få för arten i såväl håv- som trålprov. I Vänern var tätheten klart högre i håvprov än i trålprov. Den högsta skattade tätheten i håvprov noterades över det största djupet i alla undersökningsområdena. Högst täthet påträffades över största djupet vid Åmål (Tösse) där i genomsnitt c:a 110 ind/m² noterades. I övrigt var tätheten i Vänern lägre än 80 ind/m². Även i Vättern noterades generellt en högre täthet i håvprov än i trålprov. Tendensen att tätheten ökade med större djup i håvproven var i Vättern dock tydlig endast i undersökningsområdet vid Jönköping, däremot fanns tendensen i trålproven vid Olshammar och Hästholmen. Den högsta skattade medeltätheten i Vättern var strax över 80 ind/m² i håvprov över c:a 100 m djup vid Jönköping. I övrigt översteg inte medeltätheten i Vättern på något djup 60 ind/m². Med hjälp av längdmätningar noterades att ettåriga individer av *M. relicta* s.l. dominerade i båda sjöarna men också att vissa större individer kan ha varit två år gamla. I Vänern noterades förutom vinterfortplantning även sommarfortplantning, medan sommarfortplantning inte kunde konstateras i Vättern. Horisontalhåvning med Truckertrål i sjöarnas pelagial nattetid visade i båda sjöarna en ansamling av individer under språngskiktet. Någon tydlig skillnad i längdfördelning hos *M. relicta* s.l. på de olika djup där horisontalhåvning skedde kunde inte konstateras.

P. quadrispinosa var spridd över alla djup i båda sjöarna men hade en större täthet från och med 40 m och djupare. Arten saknade dock samma tydliga tendens till ökad täthet mot större djup som fanns hos de övriga arterna. Den högsta medeltätheten noterades utanför Jönköping där c:a 9 ind/m² noterades i håvprov på c:a 60 m. Något lägre var medeltätheten vid Lurö och Hästholmen på c:a 60 m respektive 80 m. En jämförelse med undersökningar utförda i Vättern under 1970-talet visade att den skattade tätheten vid Jönköping 2011 var klart lägre än den som uppmätts med hjälp av Ekmanhuggare vid undersökningar utanför Jönköping i början av 1970-talet.

G. lacustris var sällsynt och påträffades endast i drygt 50 exemplar i vardera sjön. Den helt övervägande delen av fynden gjordes med mysistrål och noterades bara på större djup (60 m och djupare). Tätheten som skattades med hjälp av trålprov översteg inte i något fall 1,0 ind/m². Undersökningsområdet vid Olshammar i Vättern saknade fynd av arten.

S. entomon var den mest sällsynta av arterna och påträffades bara i trålprov. I Vänern noterades 25 exemplar, varav 24 påträffades i Lurö skärgård. Alla fångades under 60 m djup. I Vättern var den totala fångsten endast 13 individer och saknades i prov från undersökningsområdet vid Jönköping. Den skattade tätheten var både i Vänern och Vättern långt under 1 ind/m².

1 Inledning

1.1 Syfte

De glacialrelikta kräftdjuren har sedan länge omfattat sex arter, nämligen *Gammaracanthus lacustris* (*Relictacanthus lacustris*), *Limnocalanus macrurus*, *Monoporeia affinis* (*Pontoporeia affinis*), *Mysis relicta* s.l., *Pallasea quadrispinosa* och *Saduria entomon* (*Mesidothea entomon*). Då *M. relicta* i Sverige numera innefattar två arter, nämligen *M. relicta* s.str. och *M. salemaai* (Audzijonytė & Väinölä 2005), så omfattar de glacialrelikta kräftdjuren i Sverige numera sju arter. I denna undersökning har dock de båda arterna behandlats som en art med namnet *M. relicta* s.l.. (I Nordamerika har namnet *M. relicta* numera ersatts med namnet *M. diluviana*. Då äldre artiklar refererats, som berör *M. relicta* i Nordamerika, har även i det fallet namnet *M. relicta* s.l. använts.)

Föreliggande arbete syftar i första hand till att beskriva förekomst, ungefärlig täthet och fördelning av de glacialrelikta kräftdjuren *Gammaracanthus lacustris* (*Relictacanthus lacustris*), *Monoporeia affinis* (*Pontoporeia affinis*), *Mysis relicta* s.l., *Pallasea quadrispinosa* och *Saduria entomon* (*Mesidothea entomon*) i Vänern och Vättern. Studien är tänkt att skapa en grund för framtida studier av eventuella förändringar i de glacialrelikta kräftdjuren individtäthet. De nämnda djuren benämns i denna redovisning glacialrelikta kräftdjur men har inte omfattat den mindre planktiskt levande copepoden *Limnocalanus macrurus* som också räknas till gruppen glacialrelikta kräftdjur. (Sistnämnda art ingår däremot i SLU:s undersökning av rovdjursplankton (se Ragnarsson m fl 2012, i manuskript) som genomförts under sensommaren 2011.)

1.2 Relikter och glacialrelikter

(till större delen hämtat från Kinsten (2012))

Enligt Fürst (1991) började de glacialrelikta kräftdjuren historia i svenska sjöar med några upptäckter i Vänern och Vättern. Våren 1859 vid stranden nära Aspa i Vättern upptäcktes *S. entomon* (skorv) av Gustaf Cederström (statens undervisare i fiskodling), som samma år också fann *M. relicta* s. l. (pungräka) vid Jönköping. Enligt Fürst (1991) hade Cederström även året innan skickat ett prov från Vänern till Sven Lovén (Riksmuseet) som visade sig innehålla *P. quadrispinosa* (taggmärsla). En presentation av fynden gjordes av Lovén på Vetenskapsakademien (Lovén 1862,1863). Sedan dess har intresset för de glacialrelikta kräftdjuren varit stort inom forskningsvärlden. En orsak till det stora intresset var djurgruppens speciella utbredning nedanför högsta kustlinjen (HK) och deras begränsade spridningsförmåga (Ekman 1922). Begreppet relik definierades av Ekman (1922) på följande sätt: ”En art är relik inom ett område, om dess därvaro nödvändigt förutsätter, att den själv eller dess stamform blev kvarlämnad i området under naturförhållanden, som numera äro främmande för

detsamma”. Han påpekade särskilt att ”ett djur kan alltså inte vara relik i inom ett område, dit det har aktivt vandrat in eller passivt transporterats”. Till mitten av 1900-talet användes begreppet maringlaciala relikter. Därefter började begreppet glacialrelikter användas för de organismer som här kommer att behandlas. Sex arter räknades till den nämnda djurgruppen, nämligen *Gammaracanthus lacustris* (*Relictacanthus lacustris*), *Limnocalanus macrurus*, *Monoporeia affinis* (*Pontoporeia affinis*), *Mysis relicta*, *Pallasea quadrispinosa* och *Saduria entomon* (*Mesidothea entomon*). Även fiskarterna hornsimpa och nors har sedan länge räknats till djurgruppen, liksom röding (Ekman 1922). Då rödingens förmåga att sprida sig uppströms markant skiljer den från t.ex. hornsimpa och nors ansåg Fürst (1991) att röding inte var att betrakta som en egentlig glacialrelik. Han nämnde dock att rödingen i Vättern kan benämnas glacialrelik då ”den där är en kvarleva sedan inlandsisens avsmältningsskede”. Liksom Ekman (1922) ansåg också Hammar (muntl. medd.) att alla naturliga rödingpopulationer i isolerade sjöar i södra Sverige (utanför fjällkedjan) bör betraktas som glacialrelikter.

Väinölä (1990) påpekade att betydelsen av termen ’relict’ har varierat och blivit oklar, men påpekade också att det tycks som att begreppet har överlevt som ett praktiskt begrepp för de berörda kräftdjuren. Begreppet ’glacialrelikter’ har också fortsättningsvis dominerat. Det bör dock nämnas att Økland & Økland (1999) föredrog benämningen ’istidskräftdjur’ för nämnda djurgrupp.

Utbredningen av fem av arterna (*L. macrurus*, *M. affinis*, *M. relicta* s.l., *G. lacustris* och *S. entomon*) betraktades av Dadswell (1974) som cirkumpolär till skillnad från *P. quadrispinosa* som inte har påträffats i Nordamerika. Utbredningen av de glacialrelikta kräftdjuren i Sverige har beskrivits av Kinsten (2012).

Med exempel från Vättern har Svärdson et al. (1988) och Hammar (2008) understrukit djurgruppens stora ekologiska betydelse inte minst som födoorganismer för fisk. Kunskapen om detta förhållande har sedan ett halvsekel haft stor betydelse för fiskevårdande åtgärder i reglerade sjöar i norra Sverige.

De näringsskador för fisk som skapades av vattenkraftsregleringarna i norra Sverige medförde att storskaliga inplanteringar av glacialrelikta kräftdjur genomfördes (Fürst et al. 1984, 1986). *M. relicta* s.l. var det glacialrelikta kräftdjur som inplanterades i flest sjöar. Arten visade sig bli ett viktigt fisknäringssdjur men blev också en betydelsefull predator som påverkade ekosystemen genom predation på den planktiska kräftdjursfaunan, vilket i sin tur fick till följd att bl.a. röding och sik i många sjöar missgynnades (Fürst et al. 1984, Hammar 1988). Glacialrelikta kräftdjur kan alltså ha stor inverkan på ett sjöekosystems struktur.

De glacialrelikta kräftdjurens känslighet för miljöförändringar som t.ex. försurning, eutrofiering, syrgastärkande ämnen från skogsindustri och metallförorening har påvisats (t.ex. Kinsten 1986, 1990 a, 1990 b, 1996 och 2008, Malmestrand 2002). *M. affinis* har också använts som bioindikator i sjöar, bl.a. Väner och Vättern, för att detektera kontaminerade sediment (Sundelin et al. 1999, 2003). En undersökning av Hammar et al. (1991) visade att *M. relicta* s.l. genom bioackumulering bidrog till höga värden av Cesium-137 i fisk. De glacialrelikta kräftdjurens krav på låg temperatur leder också till en möjlighet att använda dem för att följa biologiska förändringar orsakade av den beräknade globala uppvärmningen (se Kinsten 2012).

1.3 De glacialrelikta kräftdjursarterna

(till större delen hämtat från Kinsten (2012))

Monoporeia affinis (Lindström), *vitmärla*. Arten hette tidigare *Pontoporeia affinis*, men ingår numera i släktet *Monoporeia* (Bousfield 1989). Denna gulaktiga-vita amphipod är den minsta av de

glacialrelikta amphipoderna och når som mest en längd av ca 8 mm (Enckell 1980). Arten är både marin och limnisk (Enckell 1980) och är t.ex. vanlig i Östersjön (t.ex. Hill 1991), samt förekommer ofta på större djup där den kan vara allmän (Enckell 1980). Dadswell (1974) angav att *M. affinis* föredrog djupa sjöar med låg syrekonsumention, hög hårdhet och högt pH, men undvek dystrofa sjöar. Nämnade författare påpekade dock att *M. affinis* var tolerant mot låga syrgashalter och var ofta den enda av de glacialrelikta kräftdjuren i Nordamerika som påträffades i eutrofa sjöar. Arten gräver ner sig i sedimentet under dagtid (Hill & Elmgren 1987, Karlsson & Leonardsson 2004), men kan under natten lämna botten (Donner & Lindström 1980, Hill & Elmgren 1987). Under reproduktionen lämnar hanarna botten i svärmar, därefter följer honorna och parning kan ske (Bousfield 1989).



Monoporeia affinis. Foto Lars Bengtsson.

M. affinis kan uppnå betydligt högre tätheter än de övriga bottenlevande arterna. Johnson & Wiederholm (1989) angav t.ex. tätheter på över 10 000 ind per m² under flera år i Mälaren. Artens täthet kan variera periodiskt i flerårscykler (bl.a. Johnson & Wiederholm 1989, 1992, Sparrevik & Leonardsson 1998, Goedkoop & Johnson 2001, Leonardsson & Karlsson 2002). Livscykeln varierar mycket och kan vara mellan 1 och 4 år beroende på djup och geografisk lokalisering (Leonardsson & Sparrevik 1995). Födan består av planktiska mikroalger nära botten (Jacobson 1954) och detritus i sedimentet (Uitto & Sarvala 1991). Enligt Uitto & Sarvala (1990) kan även meiofauna (små bentiska evertrebrater) ingå i födan. I en sjö, Stor-Blåsjön, har arten inplanterats. Något återfynd har dock inte gjorts (Fürost 1981, Kinsten opubl.).

Mysis relicta s.l., pungräka, finns i sjöar i norra Europa och Östersjön (Audzijonytė & Väinölä 2005, Audzijonytė 2006). Sydgränsen för förekomsten i Östersjön är i nivå med Blekinge (Salemaa et al. 1990). *M. relicta s.l.* är den vanligast förekommande av de glacialrelikta kräftdjuren i svenska insjöar (bl.a. Kinsten 1986). Dadswell (1974) ansåg att *M. relicta s.l.* var den mest toleranta av de glacialrelikta kräftdjursarterna i nordamerikanska sjöar, men saknades vanligen i små klarvattensjöar med skarp temperaturskiktning och låga syrgashalter i hypolimnion. Arten kan nå en kroppslängd på upp till 20–25 mm (Fürost 1972). Kroppen är till stor del transparent, vilket fungerar som skydd mot predation (Ramcharan & Sprules 1986). Som övriga leddjur ömsar *M. relicta s.l.* skal, vilket enligt

Holmquist (1959) sker med 17 – 30 dagars mellanrum under tillväxtsäsongen. Antalet skalömsningar för en tvåårig individ skulle då enligt Hakkala (1978) uppgå till 16 – 28 stycken.

Arten har en mycket flexibel livscykelstrategi och livscykeln kan i svenska vatten variera mellan ett och två år (Fürost 1972). I norska Mjösa hade en del av populationen en treårig livscykel (Kjellberg et al. 1991) och Morgan (1980) angav för en sjö t o m en fyraårig livscykel. Den variabla livscykellängden antas vara en buffert mot förändringar i miljön (Kjellberg et al. 1991). Honorna kan leka mer än en gång medan hanarna dör efter sin första kopulation (Fürost 1972). På kroppens undersida har honorna ett så kallat marsupium där de enligt Holmquist (1959) kan bära ca 40 – 45 ägg. Fürost (1972) visade senare att antalet embryoner per hona var relaterat till honornas kroppslängd. I marsupiet utvecklas alltså äggen till embryon, som vid mognad föds fritt simmande (Holmquist 1959). Fortplantningen sker vanligen vintertid, men i vissa sjöar finns populationer som fortplantar sig under sommaren (Fürost 1972).



Mysis relicta s.l.. Foto Sven-Arne Sandberg.

M. relicta s.l. är välkänd för sina omfattande vertikala dygnsvandringar (t.ex. Beeton & Bowers 1982). Sträckor på över 100 meter i vertikal led under dygnsvandringen beskrevs av Brownell (1970). I Lake Tahoe i Kalifornien, USA har t o m sträckor på uppåt 300 meter angivits (Morgan et al. 1978). Morgan & Threlkeld (1982) uttryckte uppfattningen att arten kan ha den största vertikala vandringsamplituden av alla evertebrater i sötvatten. Den vertikala fördelningen under natten påverkas av såväl ljus som temperatur, men sannolikt också av predatorer (Gal et al. 2004). På natten befinner sig *M. relicta s.l.* vid språngskiktet där de äter växt- och djurplankton för att när dagen gryr simma mot botten (t.ex. Beeton & Bowers 1982). Arten genomför också horisontella vandringar. Med exempel från Norges största sjö, Mjösa, angav Kjellberg et al. (1991) att *M. relicta s.l.* vandrar mot grunda

littorala områden under vintern. Morgan & Threlkeld (1982) noterade att det framförallt var nyfödda juvenila individer som vandrade mot grunda områden under våren för att under sensommaren vandra mot djupare nivåer. Moen & Langeland (1989) visade senare att de unga individerna föddes på våren i grunda områden för att efter tillväxt i storlek vandra ut i pelagialen och till djupare bentiska områden. Enligt Hakkala (1978) varierade populationens storlek under året beroende på livscykel, födotillgång och predation.

M. relicta s.l. har i stor omfattning använts i fiskeförbättrande åtgärder i norrländska regleringsmagasin (Fürst et al. 1986). Insikten om artens stora betydelse som predator på planktiska crustaceer (t.ex. Lasenby & Langford 1973, Richards et al. 1975, Kinsten & Olsén 1981, Langeland 1981 och 1988, Bowers & Vanderploeg 1982, Grossnickle 1982, Koksvik et al. 2009) och därmed konkurrent till djurplanktonätande fiskarter har också ökat insikten om den stora inverkan *M. relicta s.l.* har på fisksammansättning och fiskpopulationer (Fürst et al. 1984, Hammar 1988, Svärdsson et al. 1988, Martinez & Bergersen 1991). Arten betraktas som allätare och äter såväl planktiska crustaceer som rotatorier, växtplankton och detritus (bl.a. Lasenby & Langford 1973, Kinsten & Olsén 1981, Grossnickle 1982, Hammar et al. 1991).

Holmquist (1959) diskuterade släktskapen mellan *M. relicta s.l.* och dess släktingar bland de marina arterna och ansåg att uppdelningen mellan dessa två grupper skedde för mycket länge sedan. Baserat på molekylära studier av så kallade allozymer visade Väinölä (1990) att nämnda uppdelning skedde i tertiär för många miljoner år sedan men visade också att *M. relicta s.l.* kunde delas upp i fyra distinkta arter och att uppdelningen i dessa arter skedde för minst ca 2 miljoner år sedan. Audzijonytė & Väinölä (2005) namngav de fyra arterna och beskrev bl.a. deras morfologiska karaktärer och utbredning. En av arterna, *M. diluviana*, förekommer i Nordamerika och en annan, *M. segerstralei*, är cirkumpolär och är spridd längs Arktis kuster. De övriga två arterna, *M. relicta s. str.* och *M. salemaai* förekommer i norra Europa. *M. salemaai* finns dessutom på de brittiska öarna och längs den sibiriska nordkusten. Båda arterna existerar i Östersjön och är vanliga i Bottenviken. I Östersjön är *M. relicta s. str.* vanlig i kustnära områden medan *M. salemaai* förekommer pelagiskt i det öppna havet. *M. salemaai* har också konstaterats i några sjöar i västra Sverige, nämligen Aspen (O-län), Kärnsjön, Mjörn, Skärsjön, Stora Färgen och Öresjön. Dessutom har arten påträffats tillsammans med *M. relicta s. str.* i Båven i Södermanlands län samt i Vänern och Vättern. I den här föreliggande rapporten rörande Vänern och Vättern har de båda arterna inte skilts åt utan benämns *M. relicta s.l.*.

Pallasea quadrispinosa (G.O. Sars), *taggmärkla*, är en amphipod med växlande färg från gulgrå (Enckell 1980) till brunröd-olivbrun och tegelröd (bl.a. Ekman 1915, Kinsten 1986) och kan bli upp till 27 mm (Enckell 1980). I den bakre delen av kroppen på första och andra bakkroppssegmentet finns



Pallasia quadrispinosa omgiven av *Mysis relicta* s.l.. Foto Björn Kinsten.

fyra bakåt pekande taggar (Enckell 1980), vilket gett arten både dess latinska och svenska namn. Taggarna kan dock enligt bl.a. Nybelin & Oldevig (1944) och Segerstråle (1958) ibland vara reducerade i storlek och antal. Enligt Ekman (1922) är *P. quadrispinosa* en utpräglad sötvattensart och avviker från de övriga relikterna genom att släktet inte har någon marin art. Den förekommer såväl på grunt vatten som på större djup (bl.a. Ekman 1915, Kinsten 1986, Hill et al. 1990) och kan även förekomma i rinnande vatten (Ekman 1940, Mathiesen 1953). Nybelin & Oldevig (1944) antydde också en viss förmåga hos arten att vandra uppströms. *P. quadrispinosa* har också påträffats i grunda vatten under stenar (Holmquist 1966) och i förhållandevis höga tätheter på grunt vatten med mycket vegetation (Ekman 1915). Nybelin & Oldevig (1944) fann *P. quadrispinosa* i september på 2–3 dm djup under trästycken och barkflagor i sjöar i östra Jämtland.

En speciell förekomst är artens existens i källflöden med uppströmmande vatten. En förekomst i ett källflöde i södra Finland beskrevs av Segerstråle (1958). Källan uppskattades ha ett maxdjup på 3–4 m men hade ändå låg vattentemperatur under sommaren. Engblom et al. (2006) konstaterade senare förekomster av arten i ett källflöde till Tuna ån samt i en källa i Alderängarna i Dalarnas län. Ingen av de övriga fem arterna har påträffats i liknande miljöer.

P. quadrispinosa kan sällsynt förekomma i kustnära områden i Östersjön (Segerstråle 1957) och littoralt i Bottenviken (Leonardsson & Sparrevik 1995). Livscykeln är vanligen 1–2-årig (bl.a. Hill 1988). *P. quadrispinosa* är omnivor och livnär sig bl.a. på mikroalger, diatomeer, rotatorier, chironomidlarver, cladocerer, copepoder, detritus och mineralpartiklar (Mathiesen 1953, Jacobson 1954, Hill 1988, Hill et al. 1990). Simturer i pelagialen förekommer (Ekman 1915, Furst muntl. medd.). Även denna art har använts för fiskeförbättrande åtgärder i många norrländska regleringsmagasin (Furst et al. 1986, Hill et al. 1990).

Gammaracanthus lacustris (G.O Sars), *sjösyrsa*. *Gammaracanthus* är det gamla släktnamnet för detta kräftdjur. Ett nytt släktnamn, *Relictacanthus*, angavs för arten av Bousfield (1989). Väinölä et al. (2001) återinförde dock det gamla släktnamnet *Gammaracanthus* vilket nu anses gälla för denna art.



Gammaracanthus lacustris. Foto Björn Kinsten.

Tidigare beskrev Lomakina (1952) hur saltvattensarten *G. loricatus* genom gradvisa morfologiska förändringar utvecklades till den sötvattenslevande arten *G. lacustris*. Holmqvist (1966) och Enckell (1980) ansåg att de två arterna var synonyma. Segerstråle (1962) och Svärdsson et al. (1988) uttryckte dock tveksamhet om det riktiga i denna uppfattning. *G. lacustris* tillhör, liksom *M. affinis* och *P. quadrispinosa*, amphipoderna, men är större och kan nå en storlek upp till 35 mm (Enckell 1980). Den kännetecknas av en serie kraftiga och spetsiga taggar som en köl på ryggen (Enckell 1980). Färgen varierar från vitaktig till gulbrun men kan ha en ton åt andra färger som violett (Kinsten opubl.) och till rödaktig (Eriksson 1943).

Arten är liksom *P. quadrispinosa* en utpräglad sötvattensart (Bousfield 1989). Svärdsson et al. (1988) ansåg att arten hade sin talrikaste förekomst i Vättern. Livscykeln i Vättern är 2-årig (Svärdsson et al. 1988). Den vertikalvandrar och befinner sig nära botten dagtid och pelagialt nattetid (Svärdsson et al. 1988). Arten är rovlevande och födan består i Vättern till stor del av *M. relicta* s.l. och *P. quadrispinosa* (Svärdsson et al. 1988). Adulter äter också cladocerer som *Daphnia* sp. och *Bosmina* sp., calanoida och cyclopoida copepoder samt chironomidlarver (Hill et al. 1990). *G. lacustris* är betydligt mera sällsynt än de föregående tre glacialrelikta kräftdjursarterna och har bara konstaterats i ett drygt 30-tal sjöar i Sverige (bl.a. Ekman 1940, Lundberg 1957, Fürst 1966, Kinsten 1986, Kinsten 1990a). Liksom *M. relicta* s.l. och *P. quadrispinosa* har *G. lacustris* också utnyttjats som näringsdjur i regleringsmagasin, men vad gäller denna art endast i ett mindre antal sjöar (Fürst et al. 1986). Arten är den enda av de glacialrelikta kräftdjuren som inte påträffats i Östersjön.

***Saduria entomon* (L.)**, ishavsgråsugga eller skorv, gick tidigare under namnet *Mesidothea entomon*. Arten förekommer i Östersjön och Öresund och i ett fåtal insjöar i Sverige (Enckell 1980). Den är det

mest sällsynt förekommande av de glacialrelikta kräftdjuren i våra insjöar, och ansågs av Svärdsson et al. (1988), liksom *G. lacustris*, ha sin talrikaste förekomst i Vättern. Livscykeln är treårig men kan vara längre på djupa bottenar (Leonardsson & Sparrevik 1995). Arten är storvuxen och kan på större djup i Bottenhavet nå längder på upp till 50–90 mm. I Vättern kan den nå en storlek upp till 50 mm



Saduria entomon. Foto Sven-Arne Sandberg.

enligt Svärdsson et al. (1988), men i de flesta sötvatten är arten troligen betydligt mindre. *M. affinis* utgör en viktig föda (Hill 1991, Leonardsson 1991), men födan kan också innehålla andra större eller mindre djur som *M. relicta* s.l., chironomidlarver och individer av den egna arten (Leonardsson 1991). Leonardsson (muntl. medd.) har också noterat att den äter död fisk och enligt Hammar (muntl. medd.) klagar fiskare i Östersjön på att skorven ger sig på fisk som fastnat i nät. *S. entomon* kan påträffas i Östersjön ända ned till 300 m (Leonardsson 1986). Utbredningen i Östersjön överensstämmer väl med utbredningen hos *M. affinis* (Leonardsson 1990). *S. entomon* har inte påträffats i någon sjö i Norrland, men Ekman (1922) uppgav att arten påträffats som fossil ”i Sollefteåtrakten antagligen i Ancyluslager”. *S. entomon* är vanlig i Bottenviken. En försöksinplantering av arten har enligt Bergman (1987) skett i Stora Ton, Skinnskattebergs kommun i Västmanland. Någon uppföljning av försöket har såvitt känt inte gjorts.

Limnocalanus macrurus (G.O.Sars). En stor planktisk calanoid copepod men med betydligt mindre storlek än de övriga glacialrelikterna. Enckell (1980) angav dess maximala storlek till 2,5–2,8 mm. Holmquist (1963) betecknade arten som övervägande limnisk, men angav att den både tål och sporadiskt förekommer i saltvatten. Dadswell (1974) angav att arten ofta saknades i mycket grunda sjöar på grund av hög vattentemperatur och starkt ljus. Den förekommer i hypolimnion under sommaren men återfinns på hösten även i övre vattenlager och genomför dagliga och säsongsmässiga vandringar (Eriksson 1943, Lindquist 1961). Ekman (1907) uttryckte uppfattningen att det i norra Europa inte finns någon art som är en mer utpräglad relik än *L. macrurus*. En viktig orsak till detta är att den har speciellt stora svårigheter att sprida sig genom att den, till skillnad från många andra calanoida copepoder, sannolikt inte bildar viloägg (Engel 2005). Honan bär heller inte äggsäckar utan släpper äggen direkt i vattnet (Roff 1972, Balcer et al. 1984). Arten förekommer i Östersjön (Enckell 1980). Inplantering av *L. macrurus* har skett i Kvarnbergsvattnet, Jämtland. Något återfynd har däremot inte gjorts (Füerst 1981).

L. macrurus innefattades inte i den föreliggande undersökningen av de glacialrelikta kräftdjuren i Vänern och Vättern 2011, men ingick däremot i SLU:s undersökning av rovdjursplankton i nämnda sjöar 2011 (Ragnarsson Stabo m fl 2012).



Limnocalanus macrurus. Foto Elisabeth Lundkvist, Calluna AB.

1.3.1 Arter och fortplantningsperioder hos *M. relicta* s.l. i Vänern och Vättern

Fürst (1966, 1972) angav att det fanns två grupper av *M. relicta* s.l. i Vänern, en med vinterfortplantning och en med sommarfortplantning, medan det i Vättern endast förekom vinterfortplantning. Audzijonytė & Väinölä (2005) angav förekomst av såväl *M. relicta* s. str. och *M. salemaai* i i såväl Vänern som Vättern, men fann inga bevis för att svenska *Mysis*-populationer med distinkt sommar- respektive vinterfortplantning hade någon motsvarighet i de två av författarna namngivna arterna *M. relicta* s. str. och *M. salemaai*. Samma författare angav dock att alla europeiska *Mysis*-populationer med sommarfortplantning tillhörde arten *M. relicta* s. str.

1.4 Exempel på andra undersökningar av de glacialrelikta kräftdjuren i Vänern och Vättern

1.4.1 Fortlöpande undersökningar av täthet av glacialrelikta kräftdjur (inkluderade i bottenfauna) ingående i den nationella/regionala övervakningen av Vänern och Vättern sedan början av 1970-talet

Inom den nationella/regionala övervakningen har undersökningar av bottenfauna (inkl. glacialrelikta kräftdjur) genomförts med bottenhuggare i Vänern och Vättern sedan början av 1970-talet. Uppgifter om individtäthet från dessa undersökningar finns i databasen för bottenfauna vid Institutionen för Vatten och Miljö vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Uppsala. Databasen innehåller

information om individtätheten hos glacialrelikta kräftdjur i Vänern under framförallt maj, augusti och september men även under april, juni, juli och oktober. I nämnda undersökningar har sammanlagt nära 1700 bottenfaunahugg gjorts i Vänern t o m 2010 varav c:a 500 gjorts under augusti-september. Den stora skillnaden i antalet bottenhugg beror framförallt på att inga provtagningar gjorts i Mariestadsviken under augusti-september. I nämnda vik har dock endast enstaka individer av *M. relicta* s.l., *P. quadrispinosa* och *M. affinis* påträffats i maj och oktober vissa år. I Vättern har totalt drygt 1300 bottenhugg gjorts t o m 2009 varav drygt 800 gjorts under augusti-september. Den helt dominerande glacialrelikta kräftdjursarten i båda sjöarna har varit *M. affinis* och har varit föremål för flera specifika utvärderingar. Johnson & Wiederholm (1990) visade att individtätheten av *M. affinis* i Vänern och Mälaren tycktes följa en oscillation i 8-12 års perioder. Både individtätheten och biomassan hos *M. affinis* tycktes vara signifikant positivt korrelerade med variabler som representerade födokvalitet och kvantitet. Senare visade Johnson & Wiederholm (1992) och Goedkoop & Johnson (2001) att mellanårsvariationen i födotillgänglighet i form av kiselalger i Vänern var korrelerad med individtätheten hos *M. affinis*. Även i Vättern påvisades fluktuationer i tätheten mellan år, men någon signifikant relation mellan kiselalger och tätheten av *M. affinis* kunde dock inte påvisas i Vättern vilket troligen kunde förklaras med sjöns större djup och lägre näringsnivå (Goedkoop & Johnson 2001). Sistnämnda författare påpekade också att nämnda fluktuationer i täthet mellan år hos *M. affinis* inte kunde förklaras av en enda faktor. Goedkoop & Johnson (2001) angav också att tätheten av *M. affinis* i Vänern gradvis hade ökat under 1990-talet och att tätheten av arten i Vättern vanligen var mycket lägre än i Vänern. Under de senaste åren har dock tätheten hos arten åter minskat i Vänern (se SLU:s databas för bottenfauna).

Uppman (2010) angav att den procentuella andelen individer av *M. affinis* av det totala antalet bottendjur i ett flersårsperspektiv hade ökat signifikant vid Omberg och Visingsö, vilket tolkades som att sjöns vattenkvalitet vid dessa stationer hade förbättrats. Vid Stora Aspön var trenden för andelen *M. affinis* i stället att arten minskat, vilket då tolkades som att vattenkvaliteten vid den stationen försämrats. Den enda långsiktigt signifikanta förändringen i individtäthet av *M. affinis* noterades vid Visingsö, där arten ökat.

Sonesten (2011) angav att individtätheten av *M. affinis* i Vänern var rekordlåg under 2009-2010. Möjligen kan en kombination av minskad födotillgång och hög temperatur i bottenvattnet vara en förklaring till nämnda minskning. Nämnda miljöfaktorer angavs också av Leonardsson & Karlsson (2002) som en möjlig förklaring till att *M. affinis* minskat i täthet i Bottenviken.

Fr o m 2004 ersattes Ekmanhuggaren vid bottenfaunaprovtagningarna i Vättern med den större Veenhuggaren (Måns Lindell, muntl. medd.).

1.4.2 Övriga undersökningar av de glacialrelikta kräftdjuren – deras förekomst, individtäthet samt betydelse som fiskföda i Vänern och Vättern

1.4.2.1 Vänern

Lovén (1862) redovisade förekomst av *M. relicta* s.l. och *P. quadrispinosa* i Vänern. Ytterligare uppgifter om glacialrelikta kräftdjur i Vänern angavs av Ekman (1907, 1913, 1920). Ekman (1922) uppgav att alla glacialrelikta kräftdjur utom *S. entomon* hade påträffats i Vänern. Den sistnämnda artens förekomst i Vänern noterades av Ekman (1940), vilket innebar att alla sex glacialrelikta kräftdjursarterna påträffats i Vänern.

Nilsson (1979) redovisade näringsvalet hos fisk fångade med bottennät och trål i Vänern och fann att glacialrelikta kräftdjur spelade en viktig roll som näringsdjur för många fiskarter. Bland de större

glacialrelikta kräftdjuren påträffades alla arter utom *S. entomon* i fiskmagar, vilket också gällde lake. Tre arter noterades i magar hos sik (*G. lacustris*, *M. affinis* och *P. quadrispinosa*), nors (*G. lacustris*, *M. relicta* s.l. och *P. quadrispinosa*) och gers (*M. affinis*, *M. relicta* s.l. och *P. quadrispinosa*). Nilsson (1974) angav också att *P. quadrispinosa* förekom som föda hos brax.

Goedkoop (2000) beskrev miljökvälitetstillståndet utifrån bottenfauna och sedimentdata vid 32 stationer inom Vänerns strandnära recipientkontroll under perioden 1989-1998. En tydligt ökad individtätet av *M. affinis* i Stor-Vänern sedan 1989 noterades vilket sannolikt kunde förklaras med att vädret blivit varmare och eventuellt också med att halterna av miljögifter i ytsedimentet i Vänern sjunkit.

Hydroakustiska undersökningar med syftet att skatta tätheten av större rovdjursplankton och *M. relicta* s.l. i Vänern utfördes under sommaren 2011 (Ragnarsson Stabo m fl. 2012).

1.4.2.2 Vättern

Förutom att de första upptäckterna av glacialrelikta kräftdjur i sötvatten gjordes i Vättern (Lovén 1862, 1863) har även fler undersökningar av dessa djur gjorts i Vättern i jämförelse med Vänern. Lovén (1862) angav förekomst av *M. relicta* s.l., *M. affinis*, *P. quadrispinosa*, *G. lacustris* och *S. entomon* i Vättern. I och med att Ekman (1907) redovisade att *L. macrurus* påträffats i Vättern hade alla sex glacialrelikta kräftdjuren noterats i sjön.

1.4.2.2.1 Sven Ekmans undersökningar

Uppgifter om glacialrelikta kräftdjurs förekomst i Vättern finns redovisade av Ekman i flera publikationer (t ex 1907, 1913, 1915, 1920, 1922, 1940). En mer omfattande undersökning av de glacialrelikta kräftdjuren i Vättern redovisades av Ekman (1915). Undersökningarna omfattade bottenfaunan i Vättern och genomfördes med olika typer av bottentrålar men också med bottenhuggare (beträffande metodiken se Ekman, 1911). Undersökningarna pågick under åren 1910-1914 och innefattade förutom förekomst av glacialrelikta kräftdjur även skattningar av deras vertikal-fördelning och individtätet. Redovisningen utgjordes av en sammanställning av uppgifter från olika tidpunkter där olika metoder använts.

M. affinis påträffades i stor täthet och Ekman påpekade att det inte fanns någon flercellig bottenlevande art som förekom i så stora antal som *M. affinis*. Arten förekom från 10 m djup och djupare under alla årstider. Han noterade också att vertikalvandringar inte tycktes ske hos arten. Djupfördelningen beskrevs med hjälp av Ekmanhuggare och omfattade tiden 14 juli till 11 augusti och visade högst individtätet på djupen 21-30 meter och 61-70 meter.

Bottentrål användes för att beskriva djupfördelningen hos *M. relicta* s.l., som påträffades på alla djup med en större andel adulta på större djup och få individer på djup mindre än 10 m. I juni påträffades flest djur i djupområdet 0-50 meter, medan klart flest djur (nästan enbart juvenila) i juli till september noterades i skiktet 0-25 meter.

Ekman fann *P. quadrispinosa* i alla djupzoner under 10 m. Han ansåg att Ekmanhuggaren inte var ett lämpligt redskap för fångst av *P. quadrispinosa*. Orsaken ansågs vara artens livlighet och rörlighet och att den inte var strängt bunden till bottenytan. Dessutom kunde *P. quadrispinosa* förekomma i stor täthet i områden med submers vegetation (huvudsakligen characeer), vilket också gav arten en oregelbunden fördelning över botten. Han noterade också att arten inte undvek littoralzonen och gav som exempel att *P. quadrispinosa* noterades i stor täthet på mycket grund botten (0-2 meter) under täta *Elodea*-bestånd i hamnen i Hjo. Arten var också talrikare i skyddade vikar än längs öppen strand. Bottentrål ansågs vara ett bättre redskap för fångst av *P. quadrispinosa* än Ekmanhuggare. Med

bottentrål påträffades arten på alla djup i sjön och gav de högsta individtätheterna ovan 60 meter. Den allra högsta individtätheten noterades inom djupzonen 11-20 meter.

Ekman fann ytterst få individer av *G. lacustris* med hjälp av Ekmanhuggare och få men något fler infångades med bottentrål. De flesta individerna insamlades dock från fiskare som erhöll dessa djur speciellt efter stormväder då characeer och annan submers vegetation fastnade i näten. *G. lacustris* påträffades framförallt under 20 m djup men i ett fall gjordes ett fynd av arten i juni på 12 meters djup. Flest djur förekom på 40-60 meter men påträffades ned till 100-120 meters djup.

Få individer av *S. entomon* fångades med Ekmanhämtare. Något fler individer erhöles med bottentrål. De flesta individerna insamlades med fiskeredskap. Arten klamrar sig t ex fast i fiskenät. I fisketrålar påträffades *S. entomon* under maj och september inom 30-70 meters djup, men kunde i juni förekomma så grunt som på 12 meter. (Som jämförelse kan nämnas att undertecknad fann arten i början av augusti 2011 i vegetation på 8-9 meters djup i Bottenviken norr om Piteå, medan den inte påträffades på större djup utan vegetation i samma område.) *S. entomon* tycktes under juli vara jämnt fördelad från 20 m till största djupet, möjligen med en övervikt på 30-80 meters djup. Arten angavs komma in på mycket grunda områden under vintern.

1.4.2.2.2 Bottenfaunaundersökningar utförda av Grimås (1969)

Grimås (1969) undersökte Vättern åren 1966-1968 med hjälp av Ekmanhämtare. Proven sällades genom ett nät med 0,6 mm maskstorlek. Grimås (1969) noterade en ökning av individtäthet hos bottenfaunan med större djup. Han ställde det i kontrast mot de förhållanden som vanligen rådde i andra jämförbara sjöar. Förhållandet i Vättern förklarades vara en effekt av fördelningen av organiskt material med låga koncentrationer i littoralen och en relativt hög och snabb transport av organiskt material till de djupare delarna av sjön.

Han fann en hög individtäthet av stora crustaceer i huvudsak glacialrelikta kräftdjur och framförallt *M. affinis* i profundalen i kombination med stora mängder av oligochaeter i de djupaste regionerna. Han noterade att stora crustaceer stod för merparten av bottenfaunan på 40-100 m djup, vilket var jämförbart med de resultat som noterades av Ekman (1915). Som en möjlig förklaring till förhållandet angavs det att det kunde vara en effekt av den nämnda transporten av organiskt material till större djup. Crustaceerna bestod framförallt av *M. affinis*, medan *P. quadrispinosa*, *S. entomon*, *G. lacustris* och *M. relicta* s.l. tillsammans endast svarade för 3 % av antalet stora crustaceer. Grimås (1969) noterade att inga stora förändringar hade skett i den kvalitativa sammansättningen av den profundala faunan under de år som gått sedan undersökningarna genomfördes av Ekman (1915). Han nämnde också att situationen i Vättern till stor del påminde om situationen i Lake Michigan och Lake Huron i Nordamerika där *Pontoporeia* (numera *Diporeia*, förf. anm.) dominerade bottenfaunan. Han noterade i jämförelse med Ekman (1915) en 50%-ig ökning av stora crustaceer ovan och inom kontaktzonen mellan vatten och sediment och betonade speciellt ökningen av stora crustaceer i den centrala delen av sjön, vilket ansågs understryka att sjön i slutet av 1960-talet befann sig inom ett oligotroft - tidigt eutroft stadium.

1.4.2.2.3 Bottenfaunaundersökningar utförda av Wiederholm (1974)

Även Wiederholm (1974) undersökte Vätterns bottenfauna med hjälp av Ekmanhuggare, varvid även glacialrelikta kräftdjur noterades. Han betonade att det kvantitativt mest betydande glacialrelikta kräftdjuret var *M. affinis*, som dessutom ansågs vara ”en av huvudkomponenterna i Vätterns bottenfauna”. Efter sällning med 0,6 mm nät angavs individtätheten för arten på grunda botten variera mellan 0 och 2400 ind/m². Mellan 20-40 m uppmättes 500-740 ind/m² och på djupare botten var tätheten 330-4210 ind/m². Den genomsnittligt sett högsta tätheten påträffades i centrala Vättern med 2800 ind/m², medan den lägsta individtätheten noterades i Jönköpingsområdet.

M. relicta s.l. påträffades nästan uteslutande på 20-40m djup. Individtätheten angavs vanligen vara mindre än 100 ind/m². På större djup noterades arten endast undantagsvis. Individtätheten i Jönköpingsområdet betecknades som låg. I motsats till ovanstående arter var *P. quadrispinosa* talrikast i Jönköpingsområdet där c:a 200 ind/m² noterades på 20-40 m. På större djup i hela Vättern förekom arten endast i mycket låga tätheter. *G. lacustris* noterades tillfälligtvis i de flesta områdena i sjön med undantag av Jönköpingsområdet. *S. entomon* noterades i enstaka exemplar på större djup i centrala Vättern.

1.4.2.2.4 Undersökningar av de glacialrelikta kräftdjurens betydelse som fiskföda.

Svårdsson et al. (1988) påpekade att ”Det är individrikedomen hos de tre viktigaste relikterna *Pontoporeia* (numera *Monoporeia*, förf. anm.), *Mysis* och *Pallasea* som gör Vättern så enastående. De utgör grunden inte bara för de mer predatoriska *Gammaracanthus* och *Saduria* utan även för hornsimpan.” Den omfattande genomgång av de glacialrelikta kräftdjurens betydelse i Vättern som gjordes av Svårdsson et al. (1988) var bl a baserat på material som insamlats av yrkesfiskare och vid sötvattenslaboratoriets egna provfischen.

Glacialrelikten hornsimpa ansågs vara den mest specialiserade predatorn på glacialrelikta kräftdjur. Av 60 undersökta hornsimpor hade 86 % ätit glacialrelikta kräftdjur. Alla arter utom *L. macrurus* var representerade. *M. affinis* och *M. relicta* s.l. förekom framförallt hos simpor mindre än 20 cm, medan dieten hos större simpor dominerades av *P. quadrispinosa*, *G. lacustris* och *S. entomon*. Det påpekades också att ingen annan fisk i Vättern äter så mycket skorv (*S. entomon*) som hornsimpan.

Ett särskilt påpekande gällde näringskonkurrensen mellan siklöja och nors i Vättern som ansågs vara starkt mildrad genom förekomsten av glacialrelikta kräftdjur som norsen kan utnyttja. Den dominerande arten i norsens föda var *M. relicta* s.l. men även *P. quadrispinosa* och *M. affinis* förekom. Siklöjan åt endast *L. macrurus*, den minsta av de glacialrelikta kräftdjuren, och endast i ringa grad. (Siklöja kan dock i vissa sjöar i hög grad livnära sig på *M. relicta* s.l. (Köhn & Waterstraat 1990)).

M. relicta s.l. och *M. affinis* spelade stor roll som föda hos rödingar i storleksklassen 20-39 cm, medan *M. relicta* s.l. dominerade i magarna hos rödingar i storleksklassen 30-39 cm. Hos de sistnämnda rödingarna ingick även *P. quadrispinosa*, *M. affinis* och *G. lacustris* i födan. Hos rödingar i storleksklassen 40-49 cm förekom *M. relicta* s.l., *P. quadrispinosa*, *G. lacustris* och *S. entomon* i mindre antal. I födan hos större exemplar av öring och i födan hos den inplanterade laxen förekom glacialrelikta kräftdjur som *M. relicta* s.l., *P. quadrispinosa* och *G. lacustris* men fåtaligt. Öringens föda innehöll dessutom *M. affinis*. Författarna påpekade att relikterna hade dubbel betydelse för röding, öring och lax, dels som direkt föda, dels indirekt genom att dessa laxfiskar äter nors.

P. quadrispinosa och *M. relicta* s.l. ansågs var de viktigaste födoorganismerna för sik, men även *M. affinis* förekom som föda. *P. quadrispinosa* angavs betyda mest för större sikar under vintern, medan *M. affinis* förekom i födan under sommaren. *M. relicta* s.l. äts mest av små sikar.

I magar hos större lake förekom *M. relicta* s.l. och *P. quadrispinosa* medan *M. affinis* saknades, vilket påpekades som märkligt. Av de nämnda arterna var *P. quadrispinosa* vanligast i lakens magar.

I den bottenlevande gersens föda ingick också glacialrelikta kräftdjur. *P. quadrispinosa* och *M. affinis* var mest förekommande, men också *G. lacustris* och *S. entomon* noterades. I abborrens diet förekom *M. relicta* s.l. och *P. quadrispinosa* och ett mindre antal *P. quadrispinosa* påträffades i födan hos mört.

Beier et al. (2011) angav att glacialrelikta kräftdjur utgjorde 67 % av maginnehållet i 10-20 cm stora och 23 % i 20-30 cm stora rödingar som insamlats 1963-1984 i Vättern, medan framförallt mindre individer av den inplanterade laxen utnyttjade glacialrelikta kräftdjur som föda.

Hammar (opubl) har också analyserat dieten hos nors som insamlats vid provfisken framförallt sommartid under 1970-talet t o m 2000-talet och då funnit att norsen i storleken 10-15 cm till större delen livnärde sig på *M. relicta s.l.*.

1.4.2.2.5 Hydroakustiska undersökningar

Axenrot et al (2009) genomförde hydroakustiska studier i Vättern i slutet av augusti 2007 med syftet att undersöka om hydroakustiska data från en kombination av frekvenser kunde användas för att skatta individtätheten och fördelningen av *M. relicta s.l.*. Jämförelser gjordes med fångster av *M. relicta s.l.* i Tuckertrål, som hade öppningsarean 0,25 m², maskstorleken 0,5 mm och drogs i farten 1 knop. Dagtid saknades *M. relicta s.l.* i Tuckertrålproven på alla undersökta djup i pelagialen. Nattetid fångades flest individer av *M. relicta s.l.* i nedre metalimnion och övre hypolimnion (dvs 20 meter eller djupare). Längden hos infångade *M. relicta s.l.* varierade mellan 4 och 14 mm och ökade inte signifikant mot större djup, även om individer fångade i det djupaste tråldraget (29 m) var något större än i övriga tråldrag.

En positiv korrelation kunde visas mellan individtätheten och biomassan hos *M. relicta s.l.* i trålproven och ”fiskfiltrerade” ekon (i 120 och 200 kHz ekogram) av *M. relicta s.l.* på motsvarande djup. I nämnda undersökning nattetid uppmättes med Tuckertrål individtätheter av *M. relicta s.l.* i pelagialen till 0,02 – 0,76 ind/m³. För att få en uppfattning om vad denna täthet motsvarar i antal/ytenhet kan ett grovt antagande göras att om nämnda tätheter skulle gälla en hel vattenpelare ned till 100 m djup så skulle det leda till en skattad täthet på 2 – 76 ind/m².

Förnyade hydroakustiska undersökningar utfördes under sommaren 2011 (Ragnarsson Stabo m fl. 2012). Syftet var att skatta tätheten av större rovdjursplankton och *M. relicta s.l.*

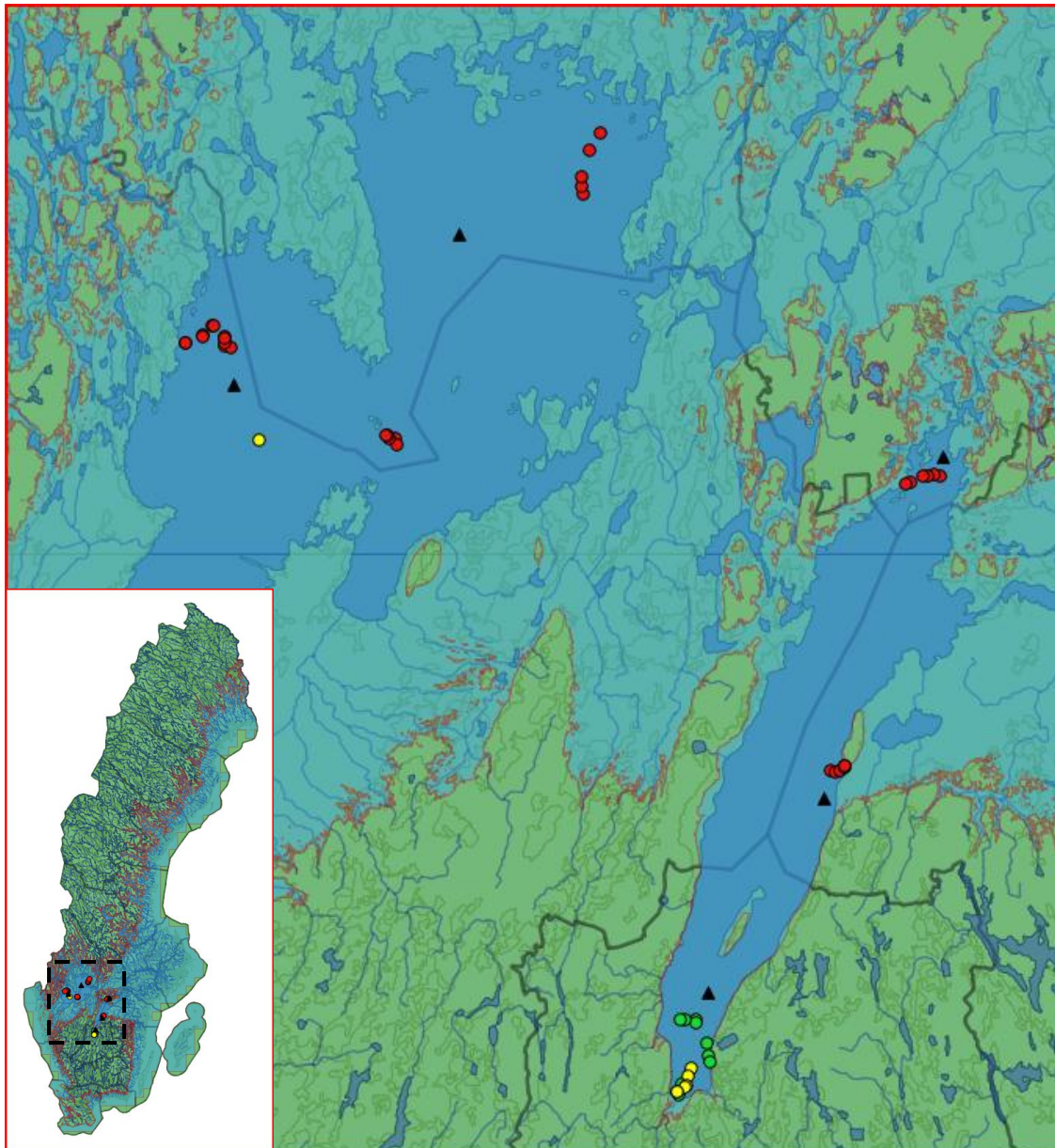
1.4.3 Studie av genetisk mångfald hos *M. affinis*

Demandt (Vätterns vattenvårdsförbund, i manuskript) studerade den genetiska mångfalden av *M. affinis* i Mälaren, Vänern och Vättern. Resultatet visade att populationerna i de tre sjöarna var genetiskt differentierade. Den genetiska variationen låg på samma nivå i de tre sjöarna, vilket ansågs tyda på att någon genetisk utarmning inte skett i någon av sjöarna. Det framhölls också som osannolikt att en förlust av genetisk variation sker för närvarande då populationsstorleken hos arten i alla tre sjöarna ansågs vara tillräckligt stor.

2 Materiel och metoder

2.1 Undersökningsområden

Provtagningar med håv och trål genomfördes i slutet av august till början av september 2011 och skedde framförallt inom tre olika undersökningsområden i Vänern respektive Vättern. I Vänern var dessa belägna utanför Kristinehamn respektive Åmål (Tösse) samt vid Lurö. En begränsad håvningsinsats gjordes också nordost om Megrundet. Undersökningsområdena i Vättern var belägna utanför Olshammar, Hästholmen (Omberg) och Jönköping. Provpunkternas positioner framgår av karta i figur 1. Allmänna data om sjöarna finns i bilaga 1.



Figur 1. Provpunkter i Vänern och Vättern 2011 (för förklaring av symboler m m se kap. 6).

2.2 Insamlingsmetodik

De glacialrelikta kräftdjurens storlek och därmed sammanhängande stora rörlighet (undantag *L. macrurus*) samt i några fall sällsynthet gör att flera av dessa djur inte med lätthet låter sig kvantifieras.

Inom varje undersökningsområde skedde provtagningar på flera olika djup från 10m, 20m och därefter i stort sett var 20:e meter till undersökningsområdets djupaste punkt. Samma provpunkter användes såväl vid provtagningar dagtid med mysistrål som nattetid med mysishåv med undantag för undersökningsområdet utanför Jönköping i Vättern (se figur 1).

En metod för skattning av individtätthet hos de glacialrelikta kräftdjuren har varit håvning under natt i mörker. Metoden lämpar sig framförallt för *M.relicta s.l.*, som i mörker söker sig mot ytliga lager för att där bl a äta zooplankton. Den håv som användes i denna undersökning hade öppningsarean 0,28 m² och maskstorleken 500 µ (se figur 2). Prov insamlades genom att redskapet tilläts sjunka av egen tyngd med mynningen nedåt till strax ovan botten där håven vändes och därefter drogs upp för hand i jämn hastighet. Håvens genomsnittliga hastighet var 0,21-0,25 m/s. Som jämförelse kan nämnas att Chipps & Bennett (1996), som använde en konisk håv med öppningsdiametern 0,5 m, angav att

håvningshastigheten inte bör överstiga 0,5 m/s för den håvtyp som de använde och som hade maskstorleken 0,333-1,000 mm.

Håvningsförfarandet upprepades så att tre olika prov erhöles över varje vald djupnivå, utom över 10 och 20 meters djup där två prov togs. Håvning har använts vid många undersökningar av individtäthet hos *M. relicta s.l.* (t.ex. Hakkala 1978, Nero & Davies 1982, Bagge et al. 1996, Salemaa et al. 1986, Langeland 1988, Lehman et al. 1990, Chipps & Bennett 1996, Pothoven et al. 2000, Horppila et al. 2003, Koksvik et al. 2009). Bagge et al. (1996) ansåg att vertikala håvdrag i mörker nattetid var den mest effektiva metoden för insamling av *M. relicta s.l.*. Metodiken vid håvning kan dock variera. Även *M. affinis*, *P. quadrispinosa*, *G. lacustris* och *S. entomon* kan fångas i ovannämnda håv. Bagge et al. (1996) ansåg t o m att håvning var den mest effektiva metoden för fångst av *G. lacustris*. De sistnämnda fyra arterna förekommer dock vanligen i litet antal då de uppträder i håvprov. Vid beräkning av de olika arternas individtäthet användes en beräknad håvvolym som räknades ut med formeln "håvvolymen=2*håvdjupet*håvens öppningsarea".



Figur 2. Bilderna visar de två redskap som användes under undersökningarna av glacialrelikta kräftdjur i Väner och Vättern 2011. Till vänster syns mysistrål som användes under dagtid och till höger den stora håv som användes i mörker nattetid.

Samtliga fem arterna kan dock insamlas i större mängder med hjälp av en trål, s k mysistrål (se figur 2)(Fürst 1965). Speciellt *M. affinis* kan ibland påträffas i stort antal och framförallt vid de tillfällen då större sedimentmängder insamlas med trålen. Artens individtäthet har dock sedan länge skattats med hjälp av bottenhuggare Ekmanhämtare eller van Veenhämtare (se t ex SLU:s databas för bottenfauna, vattenvårdsförbundens årsskrifter ,Wiederholm 1973, 1974, 1975, 1983, Johnson & Wiederholm 1989, 1990, 1992). Trålningen med mysistrål i denna undersökning skedde under ljusa förhållanden dagtid inom varje provstation på de djup som nämnts ovan. Två trålningar gjordes på varje djup och varje tråldrag pågick i c:a fem minuter. Hastigheten under trålningen var c:a 0,5 knop.

Parallellt med denna undersökning genomförde SLU också en undersökning av s k rovdjursplankton i Vänern och Vättern (Ragnarsson Stabom fl 2012). För att få tillgång till prov från flera provplatser träffades därför en överenskommelse med SLU om att använda samma håvtyp i de två undersökningarna. På så vis kunde planktiskt levande *M. relicta s.l.* och de likaledes planktiskt levande rovdjursplanktonen (där bl a *L. macrurus* ingick) insamlas på ett jämförbart sätt i båda undersökningarna. Provtagningarna utförda av SLU medförde alltså att denna undersökning kunde kompletterades med prover från Värmlandssjön i Vänern samt från huvudstationerna Tärnan SV i Vänern och Jungfrun och Edesvarna i Vättern. På samma vis kompletterades SLU:s undersökning med prover som insamlades inom ramen för denna undersökning. I SLU:s undersökningar ingick i augusti 2011 även trålning med Tuckertrål på olika djup i den övre pelagialen i Vänern (Värmlandssjön och Tärnan SV) och i Vättern (Edesvarna och Jungfrun). Genom den undersökningen har vertikal fördelningen av *M. relicta s.l.* i den övre pelagialen på dessa stationer kunnat visas.

För positionsbestämning av provtagningslokaler har båtarnas GPS-utrustning använts i alla undersökningsområden utom vid undersökningslokalen utanför Jönköping där båten saknade sådan utrustning. I det sistnämnda undersökningsområdet har provpunkternas koordinater skattats med hjälp av sjökort.

Förutom i Vänern och Vättern har undersökningar av glacialrelikta krädddjurs förekomst skett i ett antal sjöar ovan eller nära högsta kustlinjen sydost om Vättern. Vid undersökningen användes den nämnda mysistrålen på samma sätt som nämnts ovan. I sjöarna har insamling av glacialrelikta krädddjur skett på på sjöns största djup och i de flesta fall på ytterligare något mindre djup. Ofta har flera tråldrag skett på samma djup. Dessutom insamlades planktonprov med en håv med maskstorleken 75µ för att konstatera eventuell förekomst av *L. macrurus*. Håven sänktes till strax ovan sjöns största djup och som djupast till 25 m djup. Insamling av djur skedde såväl under håvens nedgång som uppgång och förfarandet upprepades tre gånger innan tömning av håven skedde.

En statistiskt grundad jämförelse mellan resultaten som uppnåts med de två metoder (stor håv och trål) som använts vid undersökningen i Vänern och Vättern 2011 har utförts av Kinsten & Degerman (2012). I den sistnämnda studien ingick även en jämförelse med resultat som erhållits med hjälp av bottenhuggare inom den nationella/regionala övervakningen av bottenfauna (se SLU:s databas för bottenfauna).

2.3 Längdmätning av *M. relicta s.l.*

För att bilda sig en uppfattning om livscykeln hos *M. relicta s.l.* utfördes längdmätningar av individer som infångades vid håvning över det största provtagningsdjupet inom respektive undersökningsområde i såväl Vänern som Vättern. Alla individer i ett prov längdmättes, såvida inte antalet individer var stort då som mest c:a 200 individer/prov mättes. Längden mättes från rostrums spets till yttersta delen av telson. Samma sätt att mäta längden användes också av t ex Fürst (1972).

3 Resultat och diskussion

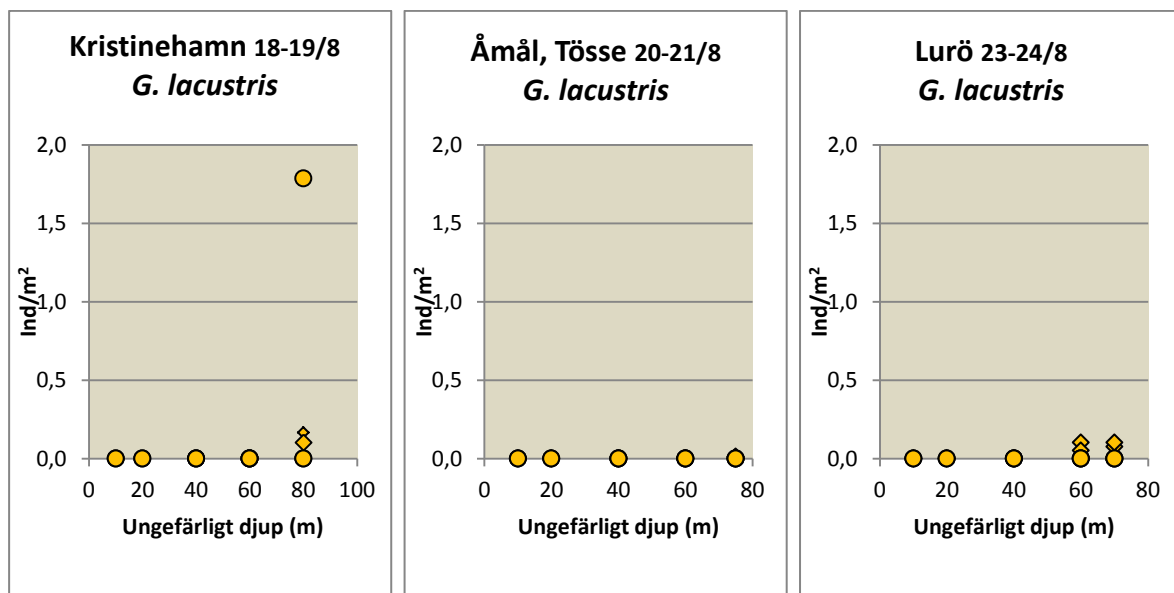
3.1 Individdensitet och fördelning av glacialrelikta kräftdjur

Uppgifter om individdensitet hos de glacialrelikta kräftdjuren vid undersökning med mysistrål under dagtid samt provtagningsdjup framgår av bilaga 2. Motsvarande uppgifter vid undersökning med håv nattetid samt sjödjup vid provtagningsplatsen framgår av bilaga 3.

3.1.1 Vänern

3.1.1.1 *G. lacustris*

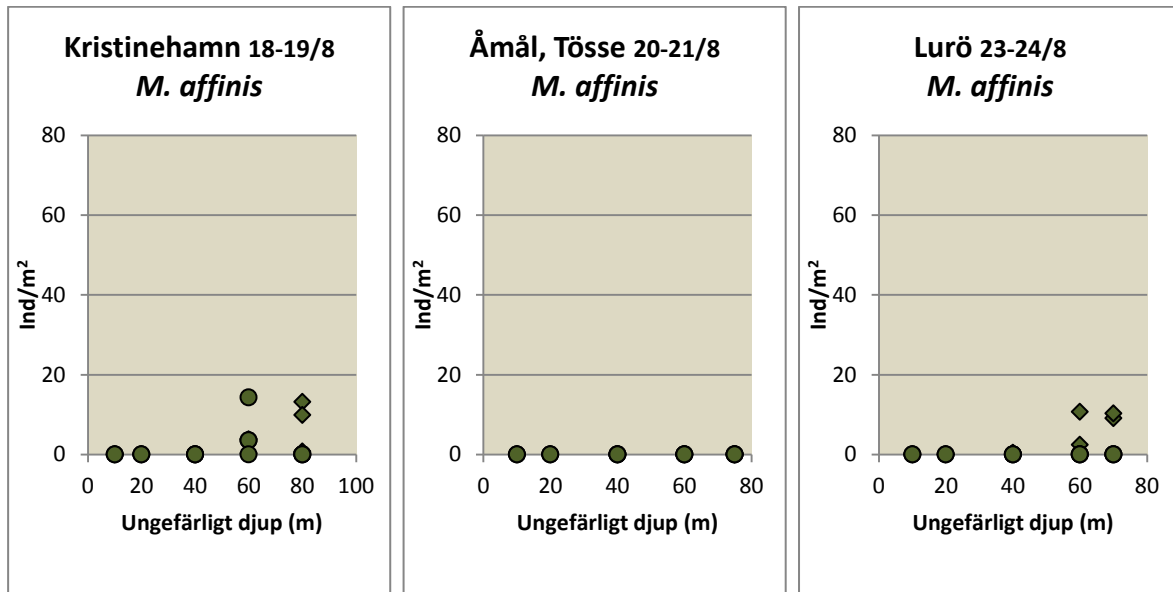
Sammanlagt påträffades 51 exemplar av *G. lacustris* i trålproven i Vänern och merparten noterades utanför Kristinehamn och i Lurö skärgård, medan endast tre exemplar av arten påträffades i håvprov i Vänern. Samtliga fynd av *G. lacustris* i trålprov skedde på 60 m djup och mer, medan de i håvprov endast påträffades över 80 meters djup utanför Kristinehamn (figur 3), vilket antyder artens preferens för större djup.



Figur 3. Antal individer/m² av *G. lacustris* i trål- och håvprov insamlade på respektive över olika ungefärligt angivna sjödjup i undersökningsområdena i Vänern 18-24/8 2011. Symboler i diagrammen: cirkel – håv, diamant – trål. (OBS! Provtagning har skett med båda metoderna vid samtliga angivna djup, men vid de djup där båda metoderna gett liknande resultat kan symbolerna täcka varandra.)

3.1.1.2 *M. affinis*

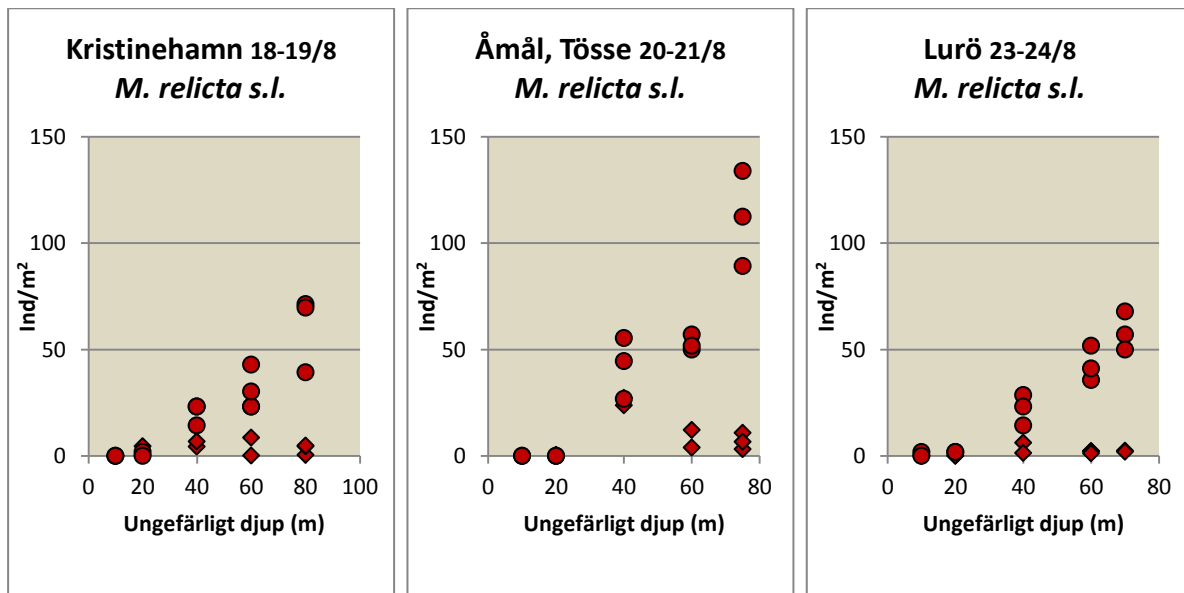
Sammanlagt påträffades något mindre än 5000 individer av *M. affinis* i trålprov, varav den helt dominerande delen noterades utanför Kristinehamn och i Lurö skärgård, medan endast 12 individer noterades i håvprov. I trålprov noterades *M. affinis* endast på c:a 60 m djup och mer vid Kristinehamn och på 40 m och djupare vid Lurö (figur 4). Ett litet antal individer noterades på c:a 80 m vid Åmål (Tösse). De gjorda fynden styrker uppfattningen att arten föredrar större djup. Den högsta tätheten påträffades i ett håvprov och var mindre än 15 ind/m² och understeg kraftigt de tätheter som påvisats med hjälp av Ekmanhuggare inom den nationella/regionala övervakningen av bottenfauna i sjön sedan början av 1970-talet (se Kinsten & Degerman, 2012 samt SLU:s databas för bottenfauna).



Figur 4. Antal individer/m² av *M. affinis* i trål- och håvprov insamlade på respektive över olika ungefärligt angivna sjödjup i undersökningsområdena i Vänern 18-24/8 2011. Symboler i diagrammen: cirkel – håv, diamant – trål. (OBS! Provtagning har skett med båda metoderna vid samtliga angivna djup, men vid de djup där båda metoderna gett liknande resultat kan symbolerna täcka varandra.)

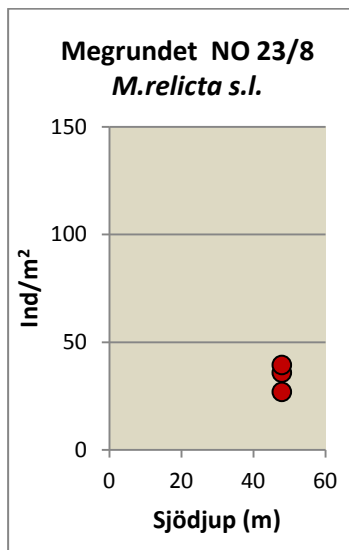
3.1.1.3 *M. relicta s.l.*

Antalet registrerade individer av *M. relicta s.l.* i trålprov var drygt 11 000 stycken, medan antalet i håvprov var drygt 800. Arten uppträdde i samtliga tre undersökningsområdena på alla djup utom på 10 m vid Åmål, Tösse (figur 5). Individdtätheten på c:a 10 meter och 20 meter var dock genomgående mycket låg. Genomgående noterades klart högre tätheter med håvprov än med trålprov. Håvproven gav fler individer av *M. relicta s.l.* med större djup. En liknande tendens kunde dock inte utläsas från trålproven. Den högsta tätheten påträffades vid Åmål (Tösse), där i genomsnitt för tre prov c:a 110 ind/m² noterades över c:a 75-76 m sjödjup. I övrigt var tätheten lägre än 80 ind/m².

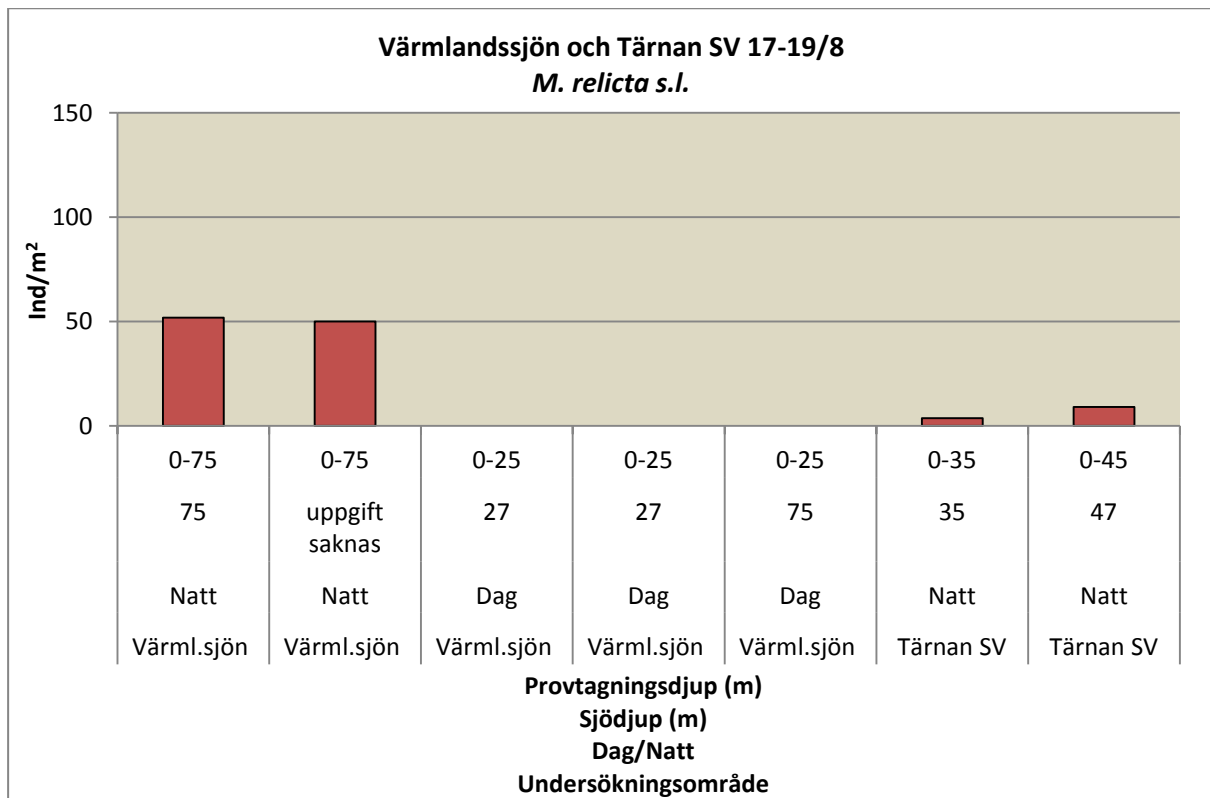


Figur 5. Antal individer/m² av *M. relicta s.l.* i trål- och håvprov insamlade på respektive över olika ungefärligt angivna sjödjup i undersökningsområdena i Vänern 18-24/8 2011. Symboler i diagrammen: cirkel – håv, diamant – trål. (OBS! Provtagning har skett med båda metoderna vid samtliga angivna djup, men vid de djup där båda metoderna gett liknande resultat kan symbolerna täcka varandra.)

En jämförelse av ovan beskrivna individtätheter i håvprov hos *M. relicta s.l.* med resultaten på motsvarande djup vid Megrundet NO (figur 6) och i Värmlandssjön (figur 7) visade inte på några stora skillnader. Däremot var individtätheterna vid Tärnan SV (figur 7) förhållandevis låga. Håvningarna under dagtid i Värmlandssjön visade inga fynd av *M. relicta s.l.* (figur 7), vilket också är förväntat då dessa djur under dagtid normalt befinner sig nära botten.

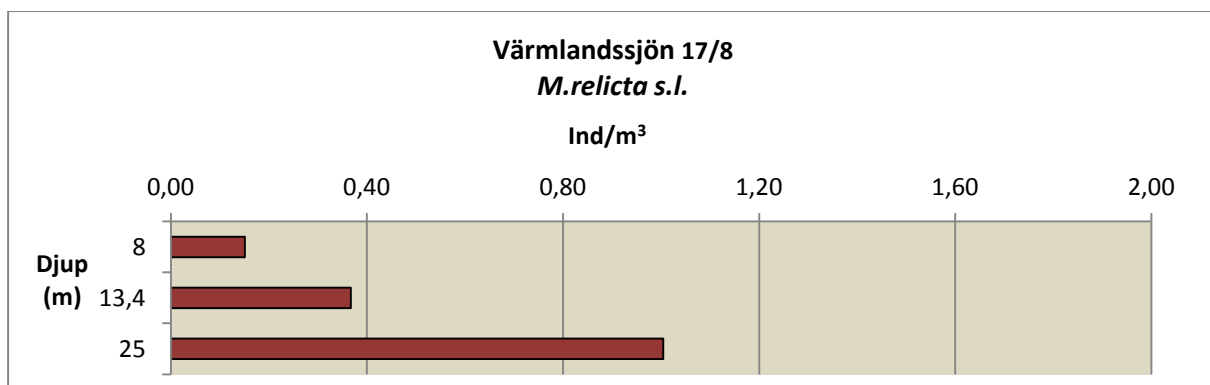


Figur 6. Antalet individer/m² av *M. relicta s.l.* i tre prov insamlade nordost om Megrundet i Vänern 23/8 2011. Proven insamlade med stor håv över sjödjupet 48 m. Symboler i diagrammet: cirkel – håv.

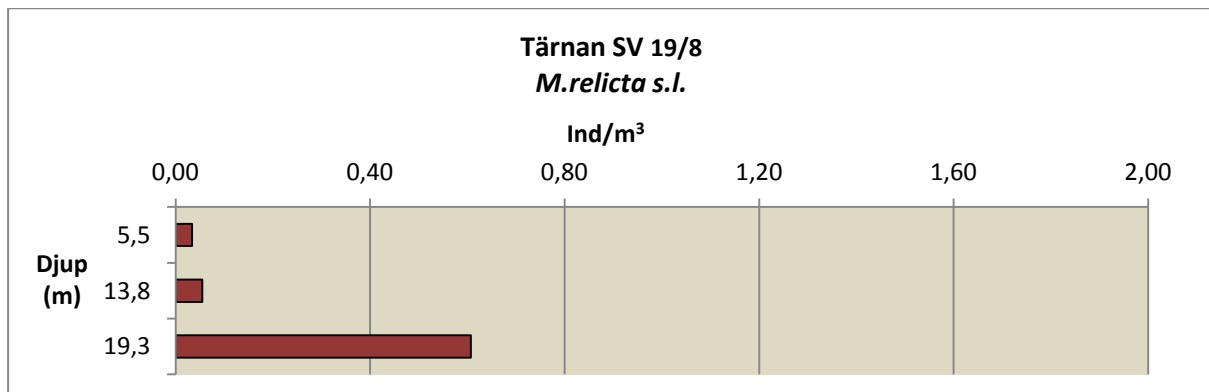


Figur 7. Antalet individer/m² av *M.relicta s.l.* i Värmlandssjön och Tärnan SV i Väneren 17–19/8 2011. Proven har insamlats med håv av SLU (se Ragnarsson Stabo m fl. 2012).

En genomgång av prov insamlade av SLU (se Ragnarsson Stabo m fl. 2012) med hjälp av Tuckertrål på olika djup i den övre delen av pelagialen i Värmlandssjön och vid Tärnan SV under augusti 2011 visade att individtätheten av *M. relicta s.l.* ökade påtagligt mot större djup (figur 8 och 9). Då språngskiktet var beläget på c:a 12 m djup i Värmlandssjön och c:a 15 – 17 m vid Tärnan SV (SLU) tycktes en ansamling av individer ha skett under språngskiktet.



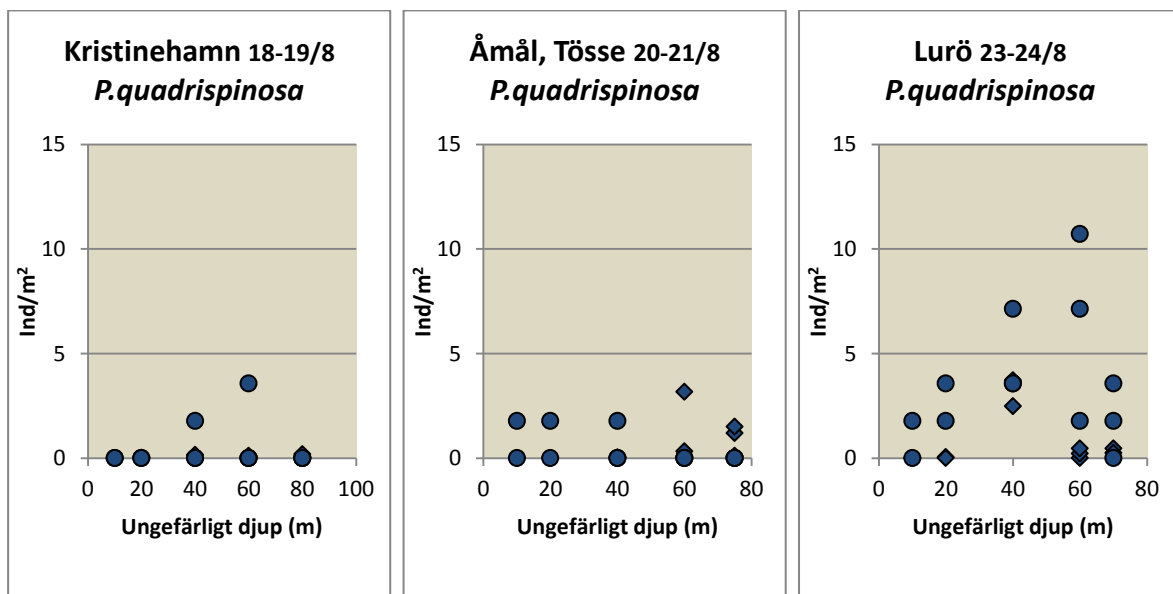
Figur 8. Vertikalfördelning av *M. relicta s.l.* i Värmlandssjön den 17/8 2011. Proven har insamlats med Tuckertrål av SLU (se Ragnarsson Stabo m fl. 2012).



Figur 9. Vertikalfördelning av *M. relicta s.l.* vid Tärnan SV den 19/8 2011. Proven har insamlats med Tuckertrål av SLU (se Ragnarsson Stabo m fl. 2012).

3.1.1.4 *P. quadrispinosa*

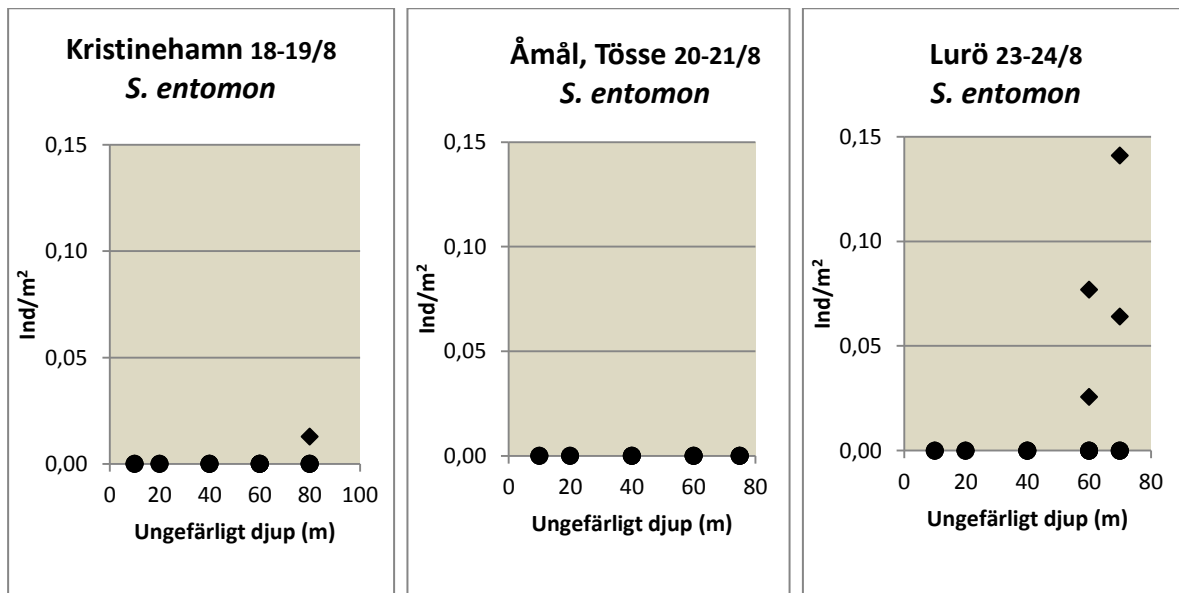
Antalet individer av *P. quadrispinosa* som förekom i trålprov i Vänern var drygt 1100 och i håvprov 32 individer. *P. quadrispinosa* påträffades på alla djup i Vänern. Preferensen för större djup som syntes för de tre ovannämnda arterna framgick inte lika tydligt för *P. quadrispinosa* (figur 10). Den högsta tätheten påträffades i ett håvprov på c:a 60 m djup vid Lurö där drygt 10 ind/m² noterades.



Figur 10. Antal individer/m² av *P. quadrispinosa* i trål- och håvprov insamlade på respektive över olika ungefärligt angivna sjödjup i undersökningsområdena i Vänern 18-24/8 2011. Symboler i diagrammen: cirkel – håv, diamant – trål. (OBS! Provtagning har skett med båda metoderna vid samtliga angivna djup, men vid de djup där båda metoderna gett liknande resultat kan symbolerna täcka varandra.)

3.1.1.5 *S. entomon*

S. entomon var sällsynt och påträffades endast i trålprov i sammanlagt 25 exemplar varav 24 individer noterades i Lurö skärgård och en individ vid Kristinehamn. Alla individerna fångades under 60 meters djup (figur 11). Den högsta uppmätta individtätheten uppmättes i ett trålprov från Lurö och var mindre än 0,15 ind/m².



Figur 11. Antal individer/m² av *S. entomon* i trål- och håvprov insamlade på respektive över olika ungefärligt angivna sjödjup i undersökningsområdena i Vänern 18-24/8 2011. Symboler i diagrammen: cirkel – håv, diamant – trål. (OBS! Provtagning har skett med båda metoderna vid samtliga angivna djup, men vid de djup där båda metoderna gett liknande resultat kan symbolerna täcka varandra.)

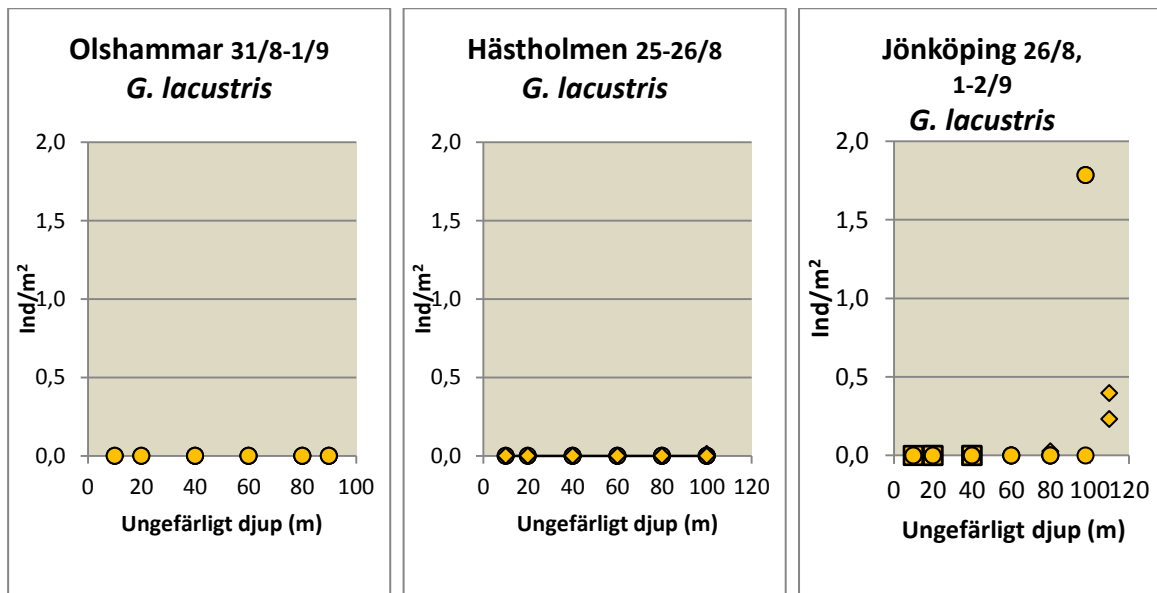
3.1.1.6 *L. macrurus*

Arten noterades i håvprov, men någon skattning av tätheten har inte gjorts i denna undersökning. En täthetsskattning av *L. macrurus* i Vänern och Vättern 2011 har däremot utförts av Ragnarsson Stabo m fl (2012).

3.1.2 Vättern

3.1.2.1 *G. lacustris*

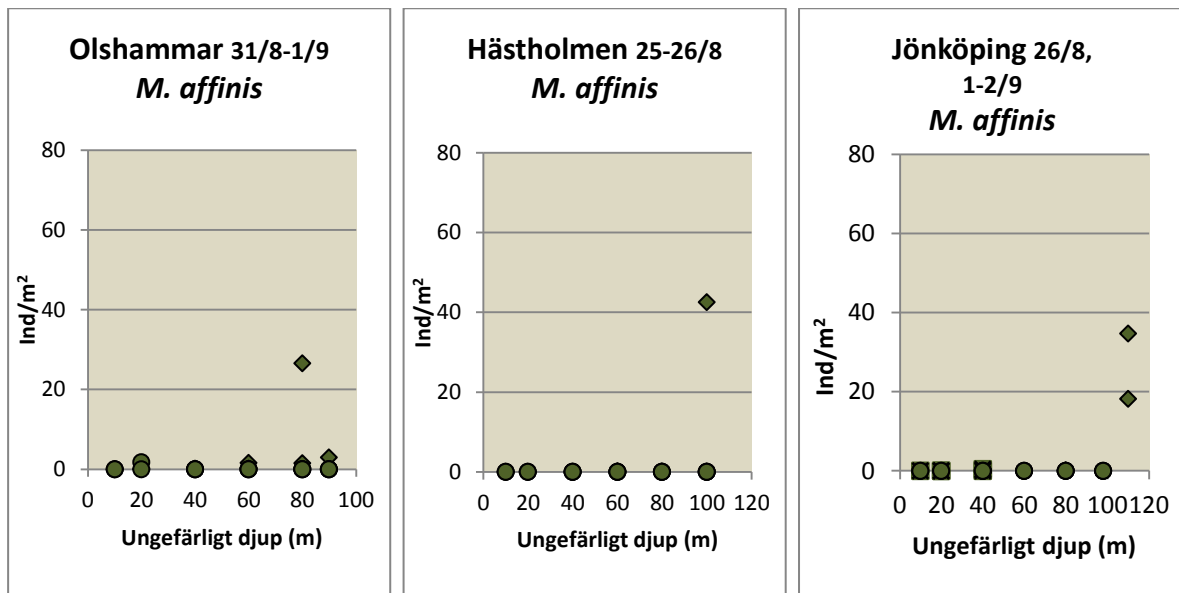
G. lacustris påträffades endast i 54 exemplar i Vättern varav 51 individer noterades i trålprov i undersökningsområdet utanför Jönköping där preferensen för stort djup var märkbar (figur 12). Wiederholm (1974) noterade dock inte arten nära Jönköping och inte heller i det djupaste området i södra delen av sjön. Arten saknades helt i prov från Olshammar.



Figur 12. Antal individer/m² av *G. lacustris* i trål- och håvprov insamlade på respektive över olika ungefärligt angivna sjödjup i undersökningsområdena i Vättern 25/8-2/9 2011. Vid Jönköping skedde trålning den 26/8 och den 2/9 (endast 10 m, 20 m och 40 m) samt håvning den 1-2/9. Symboler i diagrammen: cirkel – håv, diamant – trål. Resultatet av trålningen den 2/9 vid Jönköping har markerats med fyrkant med kryss. (OBS! Provtagning har skett med båda metoderna vid samtliga angivna djup, men vid de djup där båda metoderna gett liknande resultat kan symbolerna täcka varandra.)

3.1.2.2 *M. affinis*

Antalet fynd av *M. affinis* i trålprov i Vättern var drygt 10 000 individer. Endast en enda notering skedde i håvprov (Olshammar) och fyndet gjordes över endast 20 meters sjödjup. Några få fynd gjordes också med trål på 20 m. I övrigt förekom arten endast på 40 m djup och djupare och visade en märkbar preferens för större djup (figur 13). Den högsta påträffade tätheten var drygt 40 ind/m² på 100 m djup vid Hästholmen. De tätheter som skattats i Vättern var dock mycket lägre än de tätheter som påvisats med hjälp av Ekmanhuggare inom den nationella/regionala övervakningen av bottenfauna sedan början av 1970-talet (se SLU:s databas för bottenfauna samt Kinsten & Degerman 2012).

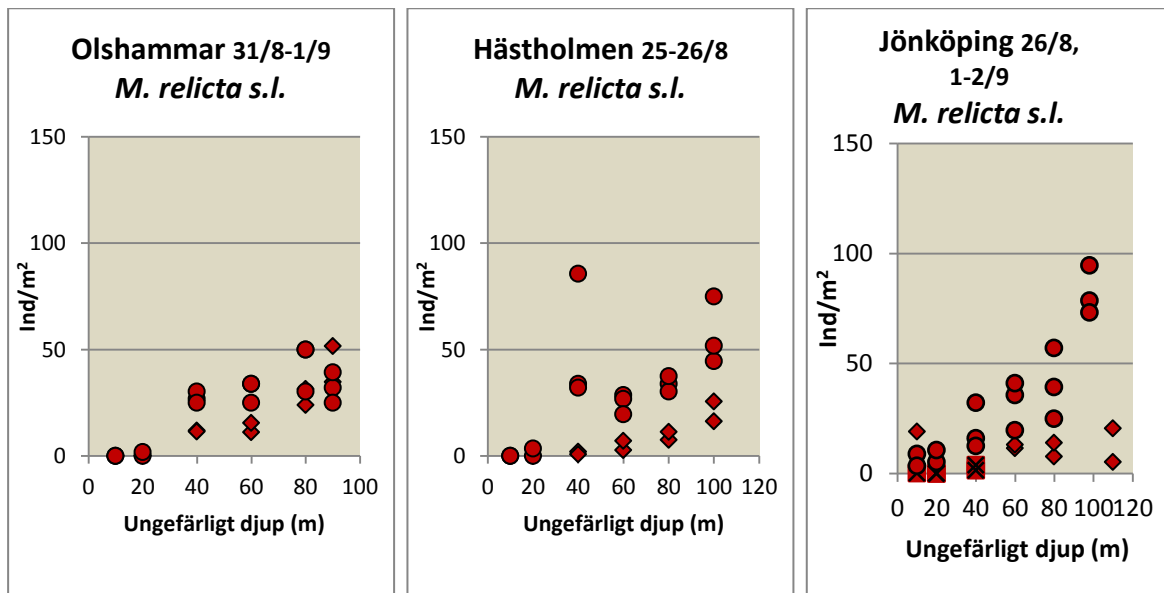


Figur 13. Antal individer/m² av *M. affinis* i trål- och håvprov insamlade på respektive över olika ungefärligt angivna sjödjup i undersökningsområdena i Vättern 25/8-2/9 2011. Vid Jönköping skedde trålning den 26/8 och den 2/9 (endast 10 m, 20 m och 40 m) samt håvning den 1-2/9. Symboler i diagrammen: cirkel – håv, diamant – trål. Resultatet av trålningen den 2/9 vid Jönköping har markerats med fyrkant med kryss. (OBS! Provtagning har skett med båda metoderna vid samtliga angivna djup, men vid de djup där båda metoderna gett liknande resultat kan symbolerna täcka varandra.)

3.1.2.3 *M. relicta s.l.*

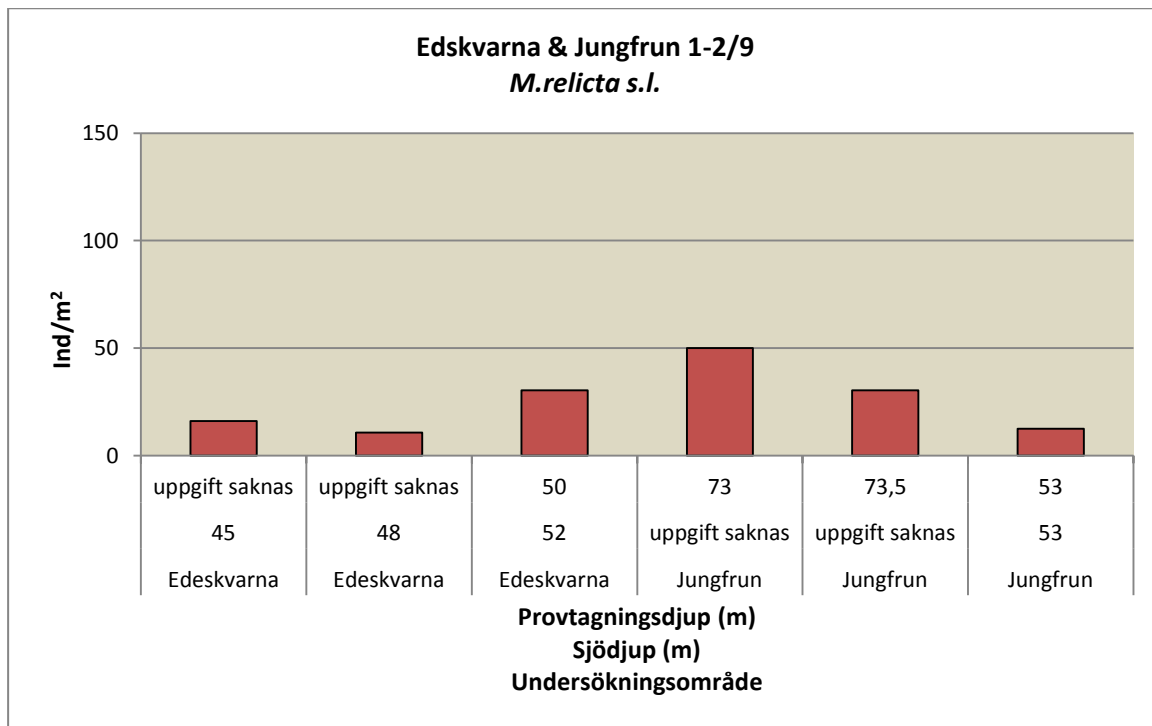
Ett stort antal individer av arten (över 30 000 ex.) påträffades i trålprov och drygt 800 noterades i håvprov i Vättern. Med få undantag gav håvprov högre täthet än trålprov vid jämförelse av prov insamlade på samma djup. Tätheten låg i samtliga områden under 100 ind/m². Wiederholm (1974) angav också den skattade tätheten av arten till vanligen under 100 ind/m². Wiederholm (op cit.) noterade också att arten endast undantagsvis noterades på större djup än 40 m och att arten endast förekom i låg täthet i Jönköpingsområdet. I undersökningen 2011 skilde sig dock tätheten från den sistnämnda undersökningen på så vis att tätheten var ungefär lika stor eller större på djup över 40 m i jämförelse med tätheten vid 40 m och att den högsta tätheten som noterades i Vättern påträffades just i Jönköpingsområdet över c:a 100 m djup.

En viss tendens till ökad täthet mot större djup noterades (figur 14). Få fynd av arten gjordes på 10 och 20 meters djup. Ett undantag var framförallt trålproven på 10 meters djup utanför Jönköping den 26/8. En sannolik förklaring till den relativt höga tätheten på detta djup är att dessa prov insamlades i samband med solnedgången varför den vertikala vandringen som denna art genomför då mörkret faller kan ha påbörjats. Av den orsaken gjordes ytterligare en trålning under dagtid på 10, 20 och 40 m djup utanför Jönköping den 2/9. Låga tätheter av *M. relicta s.l.* kunde då noteras på 10 och 20 m djup.



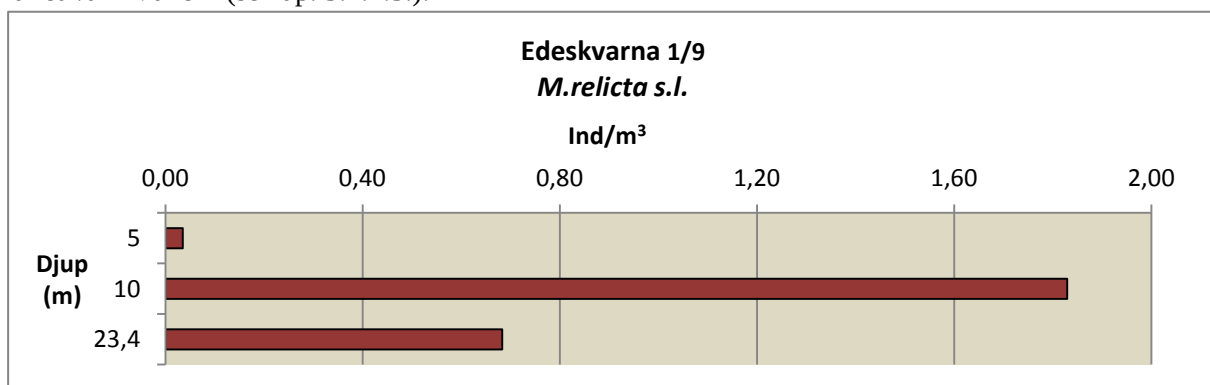
Figur 14. Antal individer/m² av *M. relicta s.l.* i trål- och håvprov insamlade på respektive över olika ungefärligt angivna sjödjup i undersökningsområdena i Vättern 25/8-2/9 2011. Vid Jönköping skedde trålning den 26/8 och den 2/9 (endast 10 m, 20 m och 40 m) samt håvning den 1-2/9. Symboler i diagrammen: cirkel – håv, diamant – trål. Resultatet av trålningen den 2/9 vid Jönköping har markerats med fyrkant med kryss. (OBS! Provtagning har skett med båda metoderna vid samtliga angivna djup, men vid de djup där båda metoderna gett liknande resultat kan symbolerna täcka varandra.)

En jämförelse av ovan beskrivna individtätheter av *M. relicta s.l.* i håvprov över c:a 40 m utanför Jönköping (figur 14) och de individtätheter som noterats på motsvarande djup vid Edeskvärna i södra Vättern (figur 15) visade inte på några stora skillnader i täthet. En liknande jämförelse av individtätheterna hos *M. relicta s.l.* i håvprov över 80 m vid Olshammar och Hästholmen (figur 14) med individtätheterna som noterats på motsvarande djup i håvprov vid Jungfrun i Vätterns norra ände (figur 15) visade heller inte på några påtagliga skillnader.

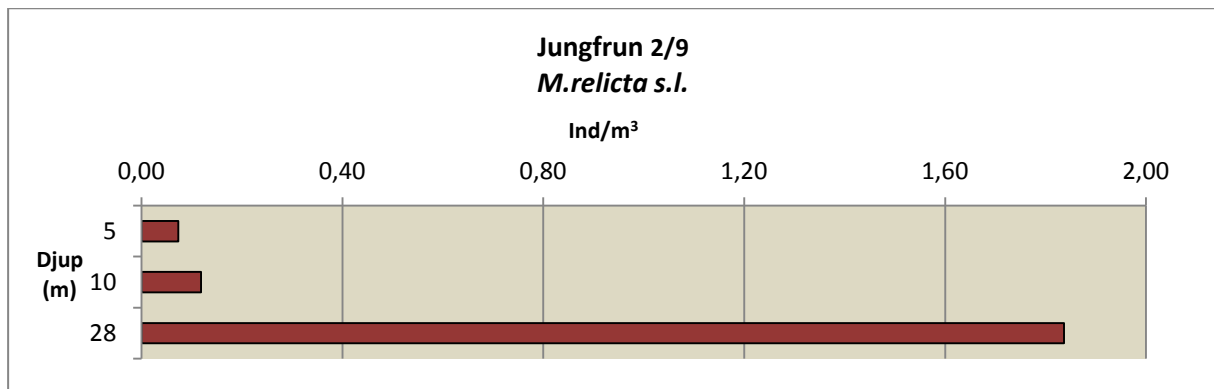


Figur 15. Antalet individer/m² av *M.relicta s.l.* vid Edskvarna och Jungfrun i Vättern 1-2/9 2011. Proven har insamlats med håv av SLU (Ragnarsson Stabo m fl. 2012).

En genomgång av prov insamlade av SLU (se Ragnarsson Stabo m fl. 2012) med hjälp av Tuckertrål på olika djup i den övre delen av pelagialen vid Edskvarna och Jungfrun under augusti 2011 visade att individtätheten av *M. relicta s.l.* var som högst på 10 m djup vid Edskvarna och på 28 m djup vid Jungfrun (figur 16 och 17). Då språngskiktet var beläget på c:a 5-10 m djup i Edskvarna och på c:a 22 m vid Jungfrun (SLU) tycktes en ansamling av individer ha skett strax under språngskiktet liksom fallet var i Vänern (se kap. 3.1.1.3.).



Figur 16. Vertikalfördelning av *M. relicta s.l.* i Edskvarna den 1/9 2011. Proven har insamlats med Tuckertrål av SLU (Ragnarsson Stabo m fl. 2012).

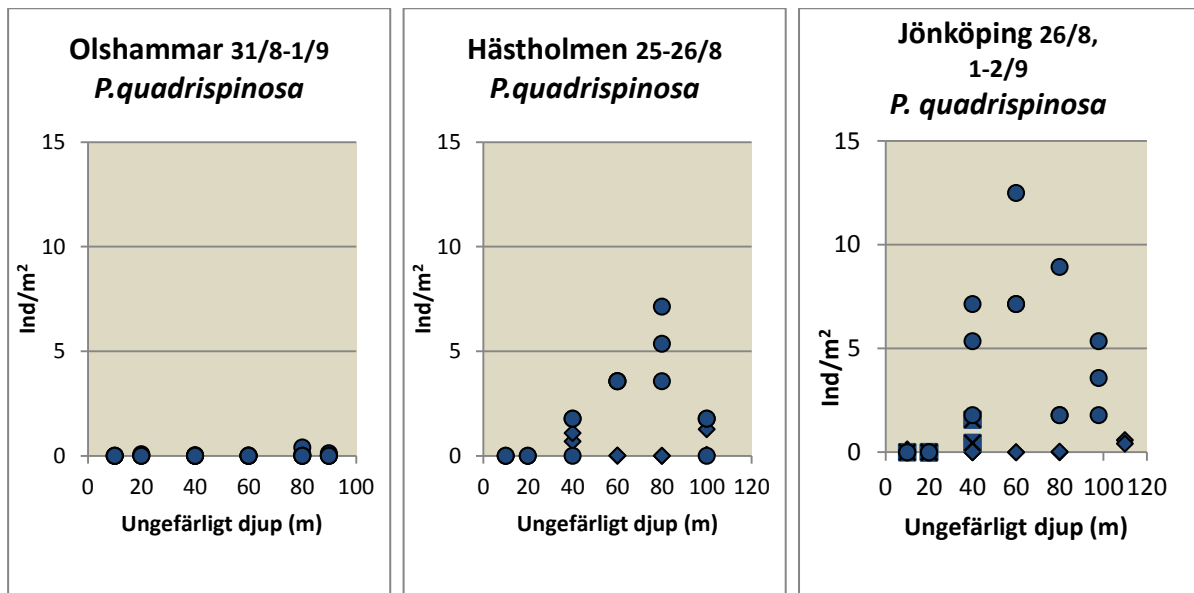


Figur 17. Vertikalfördelning av *M. relicta s.l.* vid Jungfrun den 2/9 2011. Proven har insamlats med Tuckertrål av SLU (Ragnarsson Stabo m fl. 2012).

3.1.2.4 *P. quadrispinosa*

Trålproven från Vättern innehöll c:a 550 individer och håvproven 55 individer av *P. quadrispinosa*. Arten observerades framförallt på djup större än 20 meter (figur 18), men saknade den tydligare tendensen till större individtäthet mot större djup som fanns hos de övriga arterna. Det är också känt att *P. quadrispinosa* kan uppträda på grunt vatten (se kapitel 1.3. och 1.4.2.1.) och i grunda sjöar (t ex Ekman 1915, Mathiesen 1953, Kinsten 2012). Ett mindre antal exemplar av arten noterades också högt ovan botten vid något enstaka tillfälle vid undersökningarna med Tuckertrål i sjöarnas pelagial nattetid 2011.

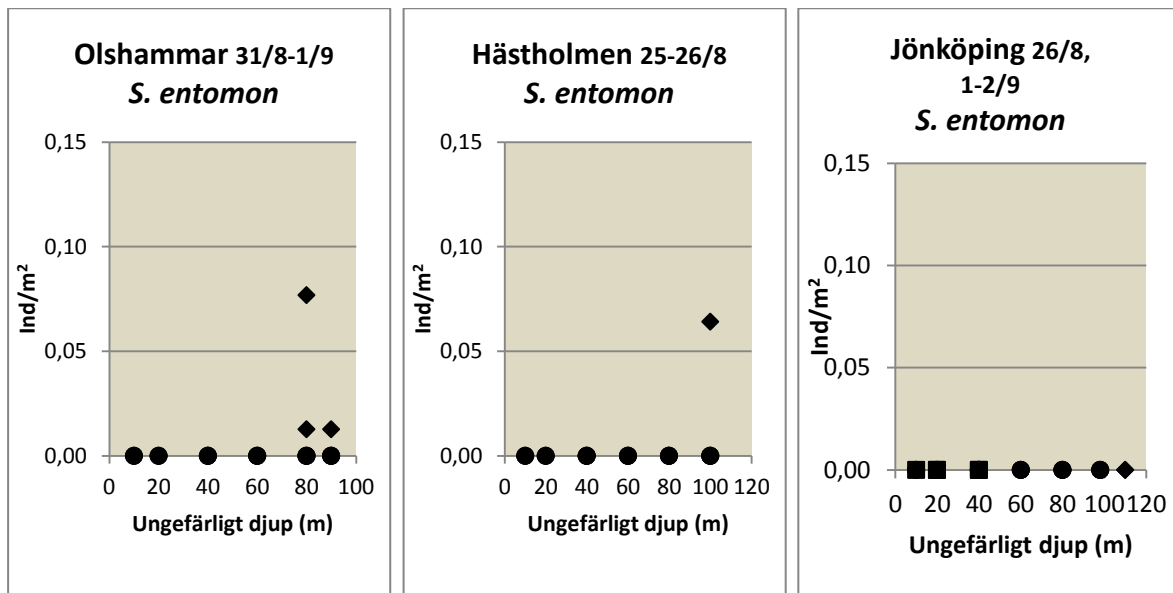
Det är också värt att notera att individtätheten i håvproven från undersökningsområdena vid Hästholmen och utanför Jönköping i de flesta fall var klart större än i trålproven (figur 18). I håvproven från Olshammar saknades dock arten helt. Wiederholm (1974) påpekade att tätheten av *P. quadrispinosa* var klart högre (c:a 200 ind/m²) vid en provtagningsstation nära Jönköping på 18-35 m än i de andra områdena. Undersökningarna med håv 2011 utfördes i ungefär samma område och visade de högsta individtätheterna i såväl håv-som trålprov av arten i Vättern. Tätheten var dock klart lägre än den som påvisades av Wiederholm (1974) med hjälp av Ekmanhuggare. Wiederholm (1974) noterade också att *P. quadrispinosa* saknades i prov från större djup eller endast förekom i litet antal. Detta förhållande noterades inte i undersökningen 2011.



Figur 18. Antal individer/m² av *P. quadrispinosa* i trål- och håvprov insamlade på respektive över olika ungefärligt angivna sjödjup i undersökningsområdena i Vättern 25/8-2/9 2011. Vid Jönköping skedde trålning den 26/8 och den 2/9 (endast 10 m, 20 m och 40 m) samt håvning den 1-2/9. Symboler i diagrammen: cirkel – håv, diamant – trål. Resultatet av trålningen den 2/9 vid Jönköping har markerats med fyrkant med kryss. (OBS! Provtagning har skett med båda metoderna vid samtliga angivna djup, men vid de djup där båda metoderna gett liknande resultat kan symbolerna täcka varandra.)

3.1.2.5 *S. entomon*

S. entomon observerades endast i sammanlagt 13 exemplar i Vättern och förekom endast i trålprov i undersökningsområdena utanför Olshammar och Hästholmen där den noterades på 80 meters djup eller djupare (figur 19). Liksom i undersökningen utförd av Wiederholm (1974) noterades arten inte i Jönköpingsområdet.



Figur 19. Antal individer/m² av *S. entomon* i trål- och håvprov insamlade på respektive över olika ungefärligt angivna sjödjup i undersökningsområdena i Vättern 25/8-2/9 2011. Vid Jönköping skedde trålning den 26/8 och den 2/9 (endast 10 m, 20 m och 40 m) samt håvning den 1-2/9. Symboler i diagrammen: cirkel – håv, diamant – trål. Resultatet av trålningen den 2/9 vid Jönköping har markerats med fyrkant med kryss. (OBS! Provtagning har skett med båda metoderna vid samtliga angivna djup, men vid de djup där båda metoderna gett liknande resultat kan symbolerna täcka varandra.)

3.1.2.6 *L. macrurus*

Arten noterades i håvprov, men någon skattning av tätheten har inte gjorts i denna undersökning. En täthetsskattning av *L. macrurus* i Vänern och Vättern 2011 har däremot utförts av Ragnarsson Stabo m fl (2012,).

3.1.3 Jämförelse av täthet mm mellan Vänern och Vättern

En statistiskt grundad jämförelse av tätheten hos de glacialrelikta kräftdjursarterna i Vänern och Vättern 2011 har utförts av Kinsten & Degerman (2012).

3.2 Längdfördelning hos *M. relicta s.l.*

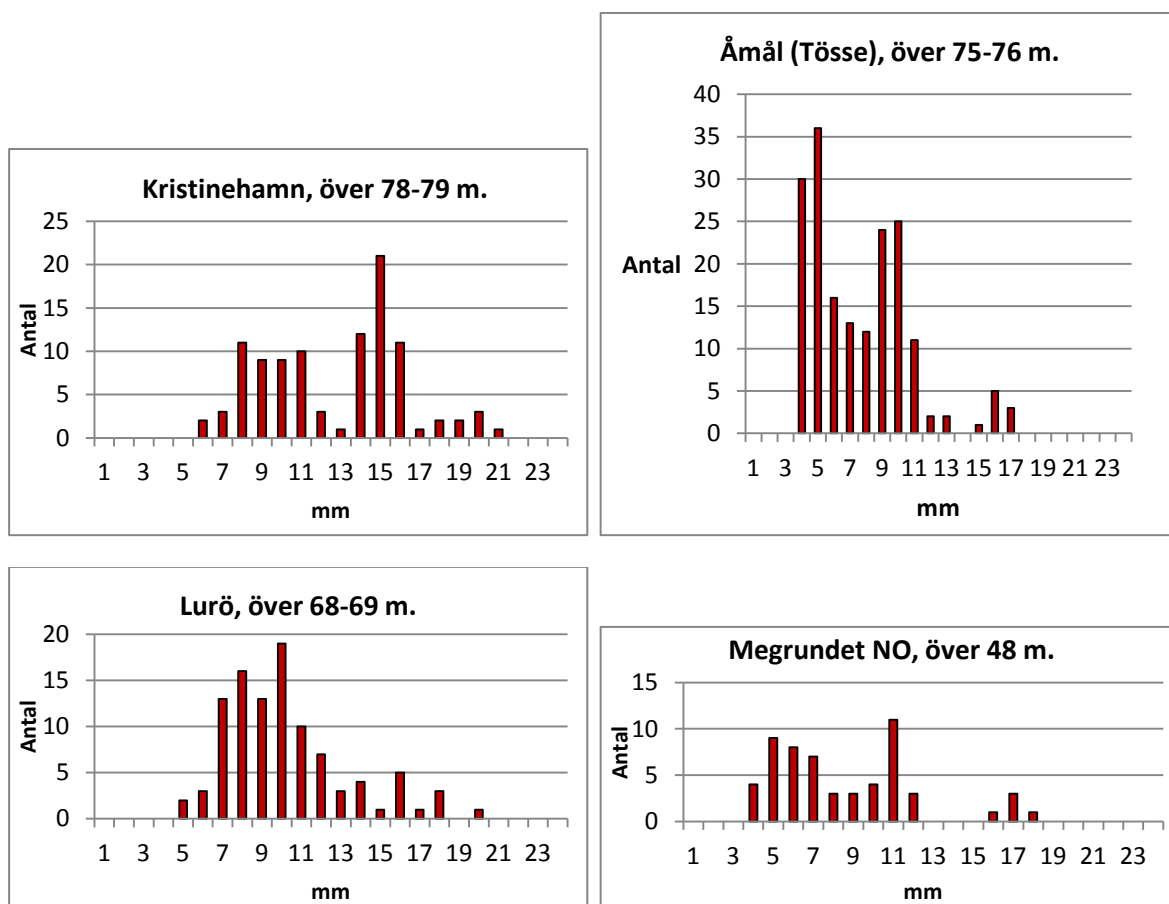
3.2.1 Livscykel

I Kristinehamnsområdet noterades en större andel stora individer (över 13 mm) än i Vänerns övriga områden (figur 20). Av längdfördelningen i området gick det att ana en gruppering i tre grupper. De minsta individerna i gruppen c:a 4-11 mm var av allt döma födda under sommaren-sensommaren 2011, medan de större individerna inom samma grupp bör ha fötts under vårvintern-våren. Nästa grupp med något större individer (14-18 mm), och som helt utgjordes av honor med embryon bör ha varit ettåriga, medan honor kring 19-21 mm kan ha varit ytterligare ett år äldre.

I Åmålsområdet noterades en förhållandevis stor andel små nyfödda individer (4-5 mm) (figur 20). Som jämförelse kan nämnas att längdmätningar av embryon i några honors marsupium från Kristinehamn och Lurö visade att embryon kunde uppnå längden 3.5 mm. Även Megrundet NO hade en relativt stor andel mycket små unga individer (figur 20). Förhållandet antyder att fortplantning skett

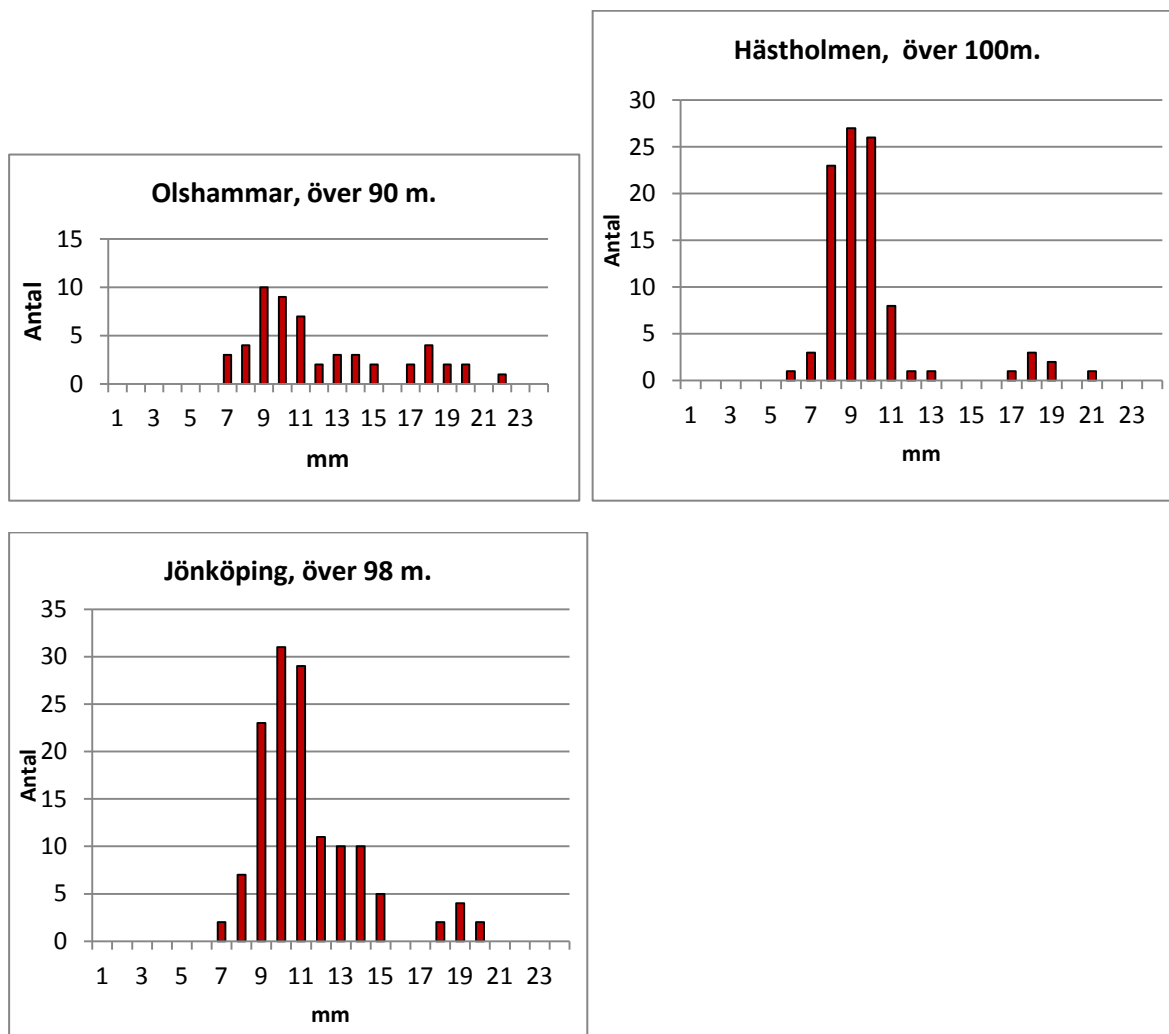
under sensommaren i de två sistnämnda områdena. Även i Åmålsområdet och vid Megrundet NO fanns en antydning om tre grupper i längdfördelningen. De honor som påträffades i dessa områden var över 14 mm och utan embryon. Vid Lurö var alla individer i storleksklassen 14-16 mm honor med embryon och var av allt att döma ettåriga. Alla honor med en längd över 16 mm saknade embryon. Eventuellt kan vissa av de större honorna ha varit ett år äldre, dvs tvååriga. Endast vid Kristinehamn och Lurö påträffades honor med embryon.

Fürst (1972) angav att den s k vinterpopulationen föds på våren medan sommarpopulationen föds under sensommaren. Vinterpopulationer tycks vara vanligast och noterades i ett 40-tal sjöar som undersöktes av Fürst (1972). Nämnda författare noterade däremot endast ett fåtal sjöar med sommarpopulationer varav Vänern var en. Förhållandet i Vänern tycks också bekräftat av resultatet i denna undersökning.



Figur 20. Längdfördelning hos *M. relicta* s.l. i håvprov insamlade över det största provtagningsdjupet i de olika undersökningsområdena i Vänern.

Alla individer över 17 mm inom alla undersökningsområden i Vättern var honor utan embryon och var möjligen ettåriga (figur 21). Eventuellt kan någon av de största honorna ha varit ett år äldre. Liknande tecken på sommarfortplantning som de som noterades i Vänern kunde dock inte konstateras i Vättern, vilket också överensstämde med de iakttagelser som gjordes av Fürst (1972). Vinterfortplantning torde därför ha dominerat i Vättern.



Figur 21. Längdfördelning hos *M. relicta s.l.* i håvprov insamlade över det största provtagningsdjupet i de olika undersökningsområdena i Vättern 2011.

I Vänern och Vättern 2011 tycktes en ettårig livscykel hos *M. relicta s.l.* ha dominerat, vilket också noterades av Fürst (1972). Nämnade författare undersökte livscykeln hos *M. relicta s.l.* i ett 40-tal sjöar i Sverige och visade att en ettårig livscykel dominerade i de flesta av dessa sjöar. Som jämförelse kan nämnas att en tvåårig livscykel dominerade i Norges största sjö Mjösa (Kjellberg et al. 1991).

Livscykeln kan också variera över tiden inom en sjö, vilket har kunnat visas i samband med inplanteringar av *M. relicta s.l.* i nya miljöer. Fürst (1972) visade att livscykeln ändrades från ettårig till tvåårig vid överföring av *M. relicta s. l.* från Vättern till den reglerade fjällsjön Torrön. Olsén (1980) visade att *M. relicta s.l.* efter inplantering i en mindre fjällsjö ändrade sin livscykel från tvåårig till ettårig för att efter något år återgå till en tvåårig livscykel. Sannolikt kan detta förklaras med att de nyinplanterade individerna mötte en god födotillgång direkt efter inplanteringen för att när arten blivit talrikare känna av en större konkurrens om födan (Fürst 1972). Låg temperatur och födobegränsning leder enligt Morgan (1980) till en långsammare tillväxt och längre livscykel. Kjellberg et al. (1991) noterade också att ett ökat tryck från en predator kan leda till förändringar i livscykeln. De noterade att en hög biomassa av nors i norska Mjösa under ett år ledde till att de små under året födda individerna dominerade i sjön och att de större tvååriga individerna av *M. relicta s. l.* nästan utplånades av norsen.

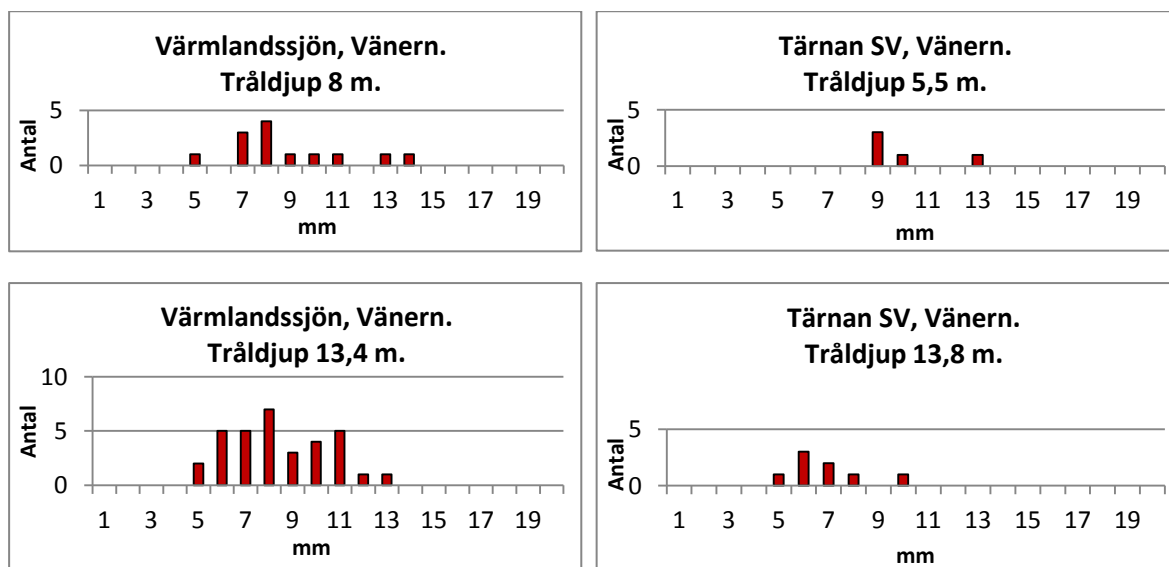
Det bör dock påpekas att det faktum att *M. relicta s. l.* innefattar två arter i Vänern och Vättern (Audzijonytė & Väinölä 2005) samt svårigheten att skilja dessa arter åt med hjälp av morfologiska karaktärer bör mana till försiktighet vid tolkningen av livscykeln i dessa sjöar.

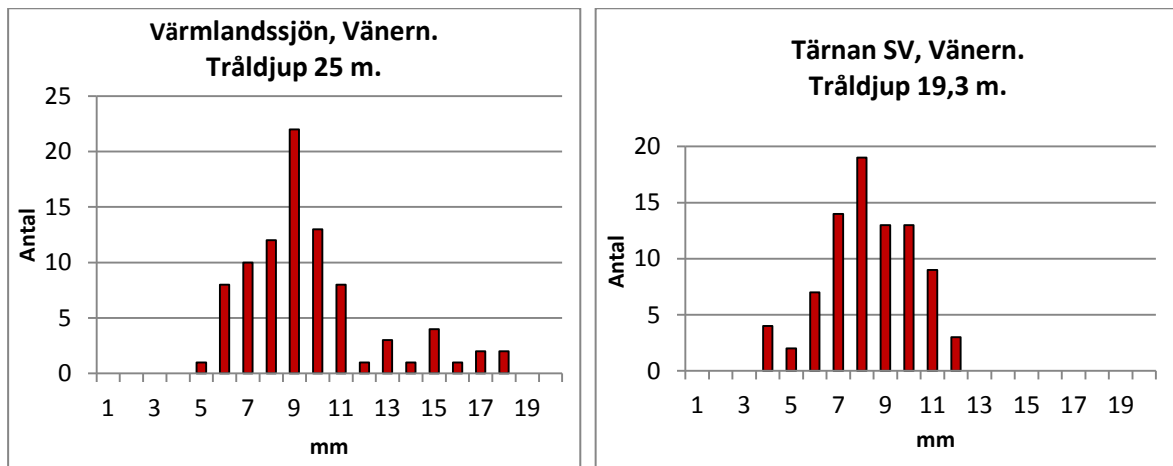
3.2.2 Längdfördelning på olika djup i den övre pelagialen

Som tidigare nämnts utförde SLU horisontella trålningar med Tuckertrål i sjöarnas pelagial på två stationer i såväl Vänern som Vättern i mitten av augusti respektive början av september 2011. Trålningarna vid stationerna skedde på tre olika djup i pelagialen: ovan, i nära anslutning till samt nedanför språngskiktet (se kap. 3.1.1.3. och 3.1.2.3.).

3.2.2.1 Vänern

I Vänern genomfördes undersökningarna vid stationerna Värmlandssjön (sjödjup 75 m) och Tärnan SV (sjödjup 35-47 m). Språngskiktet var vid provtagningstillfällena beläget på c:a 12 m djup i Värmlandssjön och c:a 15 – 17 m vid Tärnan SV. Resultat från längdmätningarna av *M. relicta s.l.* i prov från nämnda trålningar framgår av figur 22.





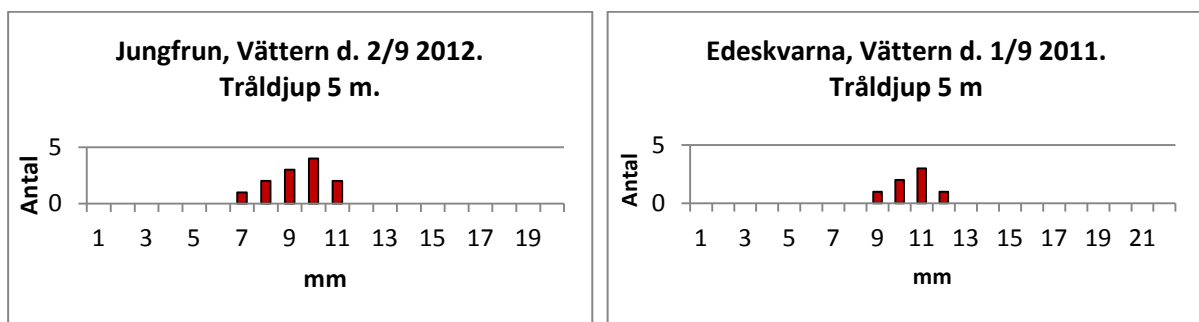
Figur 22. Längdfördelning av *M. relicta s.l.* på olika djup i Värmlandssjön (17/8 2011) och vid Tärnan SV (19/8 2011) i Vänern. Språngskiktet i Värmlandssjön var beläget på c:a 12 m djup och vid Tärnan SV på c:a 15–17 m. Proven har insamlats av SLU (se Ragnarsson Stabo m fl. 2012).

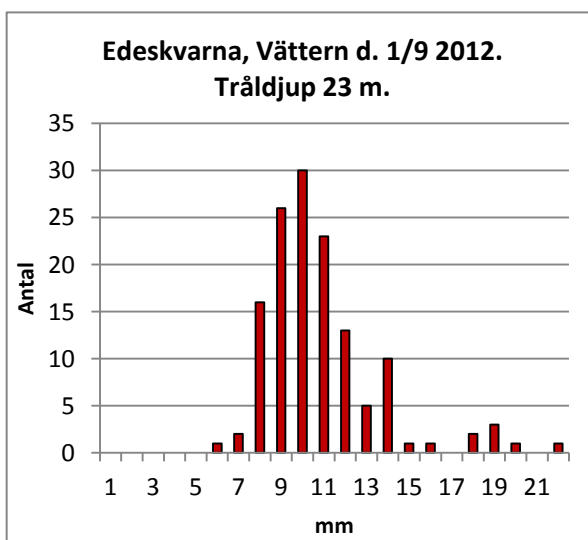
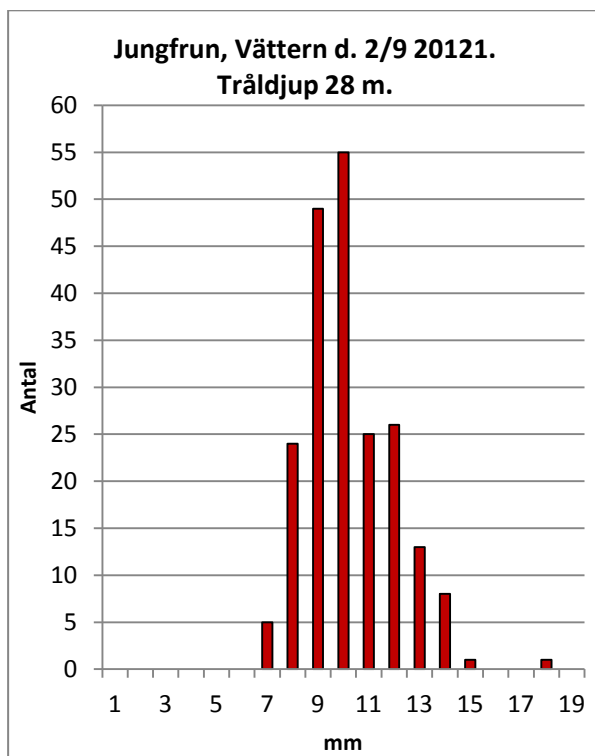
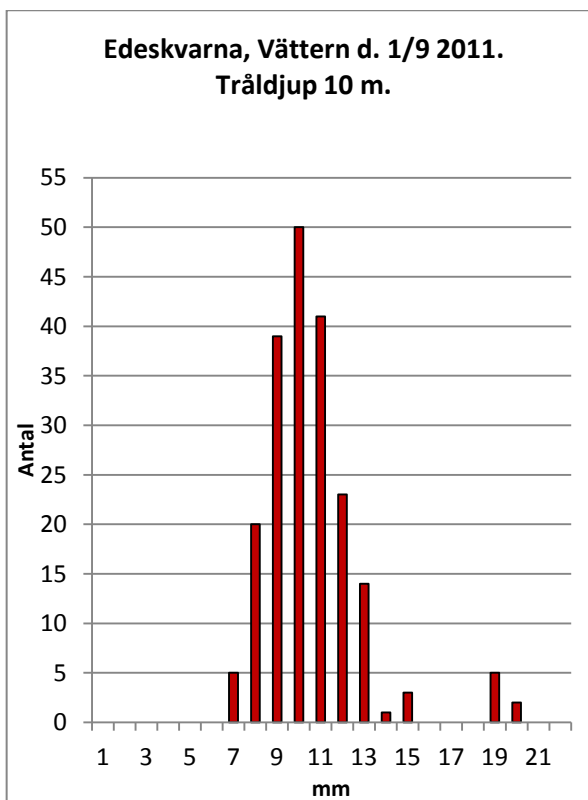
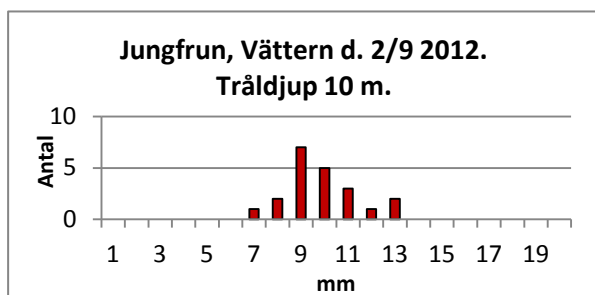
Längdfördelningen hos *M. relicta s.l.* i Värmlandssjön visade ingen tydlig skillnad mellan de tre djup (8 m, 13,4 m och 25 m) där horisontell trålning skedde, med undantag av att individer över 14 mm (samtliga honor utan embryon) bara noterades på 25 m djup. Vid Tärnan SV noterades däremot inga individer över 13 mm på något av djupen 5,5 m, 13,8 m och 19,3 m.

Antalet fångade individer var dock alltför få i proven från de minsta djupen för att några slutsatser om reella skillnader i längdfördelning mellan djupen skall kunna dras.

3.2.2.2 Vättern

Undersökningarna utfördes vid stationerna Jungfrun (sjödjup 58-74 m) och Edeskvärna (sjödjup 43-46 m). Språngskiktet var vid provtagningsstillfällena beläget på c:a 5-10 m djup vid Edeskvärna och c:a 22 m vid Jungfrun. Resultat från längdmätningar av *M. relicta s.l.* i prov från nämnda trålningar beskrivs i figur 23.





Figur 23. Längdfördelning av *M. relicta s.l.* på olika djup vid Jungfrun (1/9 2011) och vid Edeskvärna (2/9 2011) i Vättern. Språngskiktet vid Jungfrun var beläget på c:a 5-10 m djup och vid Edeskvärna på c:a 22 m djup. Proven har insamlats av SLU (se Ragnarsson Stabo m fl. 2012).

Längdfördelningen hos *M. relicta s.l.* mellan de olika undersökta djupen i pelagialen på de två stationerna i Vättern var likartad, och visade på alla djup en topp vid 9 -11 mm. Större individer (13 mm och mer) noterades dock endast på de djupare nivåerna (28m vid Jungfrun samt 10m och 23 m vid Edeskvärna). Då antalet individer på de minsta djupen var alltför få har det inte varit möjligt att dra

några slutsatser om verkliga skillnader i längdfördelning mellan olika djup. Någon tydlig skillnad i längdfördelning mellan de två stationerna kunde heller inte utläsas.

4 Tack!

Erik Degerman, Magnus Fürst, Johan Hammar och Gösta Kjellberg för ert engagemang och stöd samt betydelsefulla råd i olika skeden av projektet. Måns Lindell (Länsstyrelsen i Jönköpings län) som i hög grad bidragit till att projektet kunde påbörjas och utföras. Vänerns vattenvårdsförbund och Vätternvårdsförbundet som bekostat undersökningen.

5 Källförteckning

- Audzijonytė, A. 2006: Diversity and zoogeography of continental mysid crustaceans. – W. & A. de Nottbeck Foundation Sci. Rep. 28: 1–46. ISBN 951-98521-9-0 (paperback); ISBN 952-10-2871-8 (PDF).
- Audzijonytė, A. & R. Väinölä. 2005. Diversity and distribution of circumpolar fresh- and brackish-water *Mysis* (Crustacea: Mysida): descriptions of *M. relicta* Lovén, 1862, *M. salemaai* n. sp., *M. segerstralei* n. sp. and *M. diluviana* n. sp., based on molecular and morphological characters. *Hydrobiologia* (2005) 544:89–141.
- Axenrot, T., M. Ogonowski, A. Sandström, & T. Didrikas. 2009. Multifrequency discrimination of fish and mysids. *ICES Journal of Marine Science*, 66:1106–1110.
- Bagge, P., H.-M. Liimatainen & P. Liljaniemi. 1996. Comparison of sampling methods for semipelagical animals in two deep basins of Lake Saimaa. *Hydrobiologia* 322:293–300.
- Beeton, A.M. & J.A. Bowers. 1982. Vertical migration of *Mysis relicta* Lovén. *Hydrobiologia* 93:53–61.
- Beier, U., Degerman, E., Hammar, J. & Sandström, A., Axenrot, T., Bergstrand, E., Filipsson, O. & Nyberg, P. 2011. En främmande art i Vättern – ekologiska effekter av utsättningar av Gullspångslax. Fiskeriverket, Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm. Finfo 2011:7.
- Bergman, W. 1987. Näringsdjur för reglerade sjöar. Åtgärdsstudier för kompensation av fiskeskador. Delrapport 1. Vattenfall. Stockholm.
- Bousfield, E.L. 1989. Revised morphological relationships within the amphipod genera *Pontoporeia* and *Gammaracanthus* and the “glacial relict” significance of their postglacial distributions. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 46:1714–1725.
- Bowers, J.A. & H.A. Vanderploeg. 1982. *In situ* predatory behavior of *Mysis relicta* in Lake Michigan. *Hydrobiologia*, 93:121–132.
- Brownell, W.N. 1970. Studies on the ecology of *M. relicta* in Cayuga lake. Thesis presented to the Faculty of Graduate School of Cornell University, Ithaca. 76p.
- Chipps, S.R. & D.H. Bennett. 1996. Comparison of net mesh sizes for estimating abundance of the opossum shrimp *Mysis relicta* from vertical hauls. *North American Journal of Fisheries Management*, 16:689–692.

- Dadswell, M.J. 1974. Distribution, ecology and postglacial dispersal of certain crustaceans and fishes in Eastern North America. Natl. Mus. Canada. Publ. Zool. 11. 110 p.
- Demandt, M.H. (i manuskript). Genetisk mångfald hos märkräftan *Monoporeia affinis* och sambandet med miljöfaktorer i Sveriges största sjöar. Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Donner, K.O. & M. Lindström. 1980. Sensitivity to light and circadian activity of *Pontoporeia affinis* (Crustacea, Amphipoda). Ann.Zool.Fennici 17:203–212.
- Ekman, S. 1907. Über das Crustaceenplankton des Ekoln (Mälaren) und über verschiedene Kategorien von marinen Relikten in Schwedischen Binnenseen. Zool.stud.prof. Tullberg: 42–65, Uppsala.
- Ekman, S. 1911. Neue Apparate zur qualitativen Erforschung der Bodenfauna der Seen. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie 3:553-561.
- Ekman, S. 1913. Studien über die marinen Relikte der nordeuropäischen Binnengewässer. II. Die Variation der Kopfform bei *Limnocalanus grimaldii* (de Guerne) und *L. macrurus* G. O. Sars. Internat.Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogeogr. Bd. 6:336-374.
- Ekman, S. 1915. Die Bodenfauna des Vättern, qualitative und quantitative untersucht. Int.Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. VII:146–204, 275–425.
- Ekman, S. 1920. Studien über die marinen Relikte der nordeuropäischen Binnengewässer. VII. Fortpflanzung und Lebenslauf der marin-glazialen Relikte und ihrer marinen Stammformen. Internat. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. Bd. VIII.
- Ekman, S. 1922. Djurvärldens utbredningshistoria på Skandinaviska halvön. Bonniers. Stockholm. 614p.
- Ekman, S. 1940. Die schwedische Verbreitung der glazialmarinen Relikte. Verh.Internat.Verein.Limnol. 9:37–58.
- Enckell, P.H. 1980. Kräftdjur. Signum, Lund. 685 p.
- Engblom, E., T. Hedlund, P-E. Lingdell & P. Mossberg. 2006. Bottenfauna i Dalarna juni 2005. Länsstyrelsen i Dalarnas län. Rapport 36. 62 p.
- Engel, M. 2005. Calanoid copepod resting eggs—a safeguard against adverse environmental conditions in the German Bight and the Kara Sea? Ber Polarforsch Meeresforsch 508:108. Univ. Bremen. 99p. <http://epic.awi.de/Publications/BerPolarforsch2005508.pdf>
- Eriksson, S. 1943. Våra glaciala relikter. Fauna och Flora sid. 212–219.
- Fürst, M. 1965. Experiments on the transplantation of *Mysis relicta* Lovén into Swedish lakes. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 46:79–89.
- Fürst, M. 1966. Två fortplantningsperioder hos *M. relicta* Lovén. Fil. Lic.avhandl., Uppsala Univ. 77p.
- Fürst, M. 1972. Livscyklar, tillväxt och reproduktion hos *Mysis relicta* Lovén. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (11). 41p.
- Fürst, M. 1981. Results of introductions of new fish food organisms into Swedish lakes. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 59:33–47.
- Fürst, M. 1991. Glacialrelikter i Vättern. Vätternvårdsförbundet. 1991. Rapport 30.

- Fürst, M., J. Hammar, C. Hill, U. Boström & B. Kinsten. 1984. Effekter av introduktion av *M. relicta* i reglerade sjöar i Sverige. (English summary: Effects of the introduction of *M. relicta* into impounded lakes in Sweden.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 84p.
- Fürst, M., J. Hammar & C. Hill. 1986. Inplantering av nya fisknäringdjur i reglerade sjöar. Slutrapport från FÅK, del II. ISBN 91-7810-547-1. 78p.
- Fürst, M. 1991. Glacialrelikter i Vättern. Vätternvårdsförbundet. 1991. Rapport 30.
- Gal, G., L.G. Rudstam & O.E. Johannsson. 2004. Predicting *Mysis relicta* vertical distribution in Lake Ontario. Arch. Hydrobiol. 159:1, pp.1–23. Stuttgart.
- Goedkoop, W. 2000. Övervakning av bottenfauna i Vänern och dess vikar – ett tioårigt perspektiv. Inst. för miljöanalys, SLU. Vänerns vattenvårdsförbund. Rapport nr 12.
- Goedkoop, W. & R.J. Johnson. 2001. Factors affecting population fluctuations of the glacial relict amphipod *Monoporeia affinis* (Lindström) in Sweden's largest lakes. Ambio. Vol 30. Issue 8, pp. 552–558.
- Grimås, U. 1969. The bottomfauna of Lake Vättern and some effects of eutrophication. Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 49:49-62.
- Grossnickle, N.E. 1982. Feeding habits of *M. relicta* – an overview. Hydrobiologia 93:101–107.
- Hakkala, I. 1978. Distribution, population dynamics and production of *Mysis relicta* (Lovén) in southern Finland. Ann. Zool. Fennici 15:243–258.
- Hammar, J. 1988. Planktivorous whitefish and introduced *Mysis relicta*: Ultimate competitors in the pelagic community. Finnish Fisheries Research 9:497–521.
- Hammar, J. 2008. Varför har Vätterns storröding börjat äta hornsimpa? Drottningholm: Fiskeriverkets sötvattenslaboratorium. (PM 2008-12-31. 26 s.).
- Hammar, J., M. Notter & G. Neumann. 1991. Radioaktivt cesium i rödingsjöar – effekter av Tjernobylnkatastrofen. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3). 152 p.
- Hill, C. 1988. Life cycle and spatial distribution of the amphipod *Pallasea quadrispinosa* in a lake in northern Sweden. Holarct. Ecol. 11:298–304.
- Hill, C. 1991. Mechanisms influencing the growth, reproduction and mortality of two co-occurring amphipod species in the Baltic Sea. Ph.D. Thesis, University of Stockholm, Stockholm. 47 pp. plus six full papers.
- Hill, C. & R. Elmgren. 1987. Vertical distribution in the sediment in the co-occurring benthic amphipods *Pontoporeia affinis* and *P. femorata*. Oikos 49:221–229.
- Hill, C., M. Fürst & J. Hammar. 1990. Introduction of the amphipods *Pallasea quadrispinosa* and *Gammaracanthus lacustris* into lakes in northern Sweden. Ann. Zool. Fennici 27:241–244.
- Holmquist, C. 1959. Problems on marine-glacial relicts on account of investigations on the genus *Mysis*. Lund. 270p.
- Holmquist, C. 1963. Dags att omvärdera de s. k. maringlaciala relikterna? Fauna och flora 58:30–42.
- Holmquist, C. 1966. Die sogenannten marin-glazialen Relikte nach neueren Gesichtspunkten. Arch. Hydrobiol. 62:285–326.
- Horppila, J., A. Liljendahl-Nurminen, T. Malinen, M. Salonen, A. Tuomaala, L. Uusitalo & M. Vinni. 2003. *Mysis relicta* in a eutrophic lake: Consequences of obligatory habitat shifts. Limnology and Oceanography, 48(3):1214–1222.

- Jacobson, C.-O. 1954. Om maringlaciala relikter i dalsländska sjöar. Fauna och Flora, sid 218–228.
- Johnson, R.K. & T. Wiederholm. 1989. Long-term growth oscillations of *Pontoporeia affinis* Lindström (Crustacea:Amphipoda) in Lake Mälaren. Hydrobiologia 175:183–194.
- Johnson, R.K. & T. Wiederholm. 1990. Long-term studies of profundal zoomacrobenthos in Sweden's great lakes: implications of biotic interactions. A.. Zool. Fennici 27:291-295.
- Johnson, R.K. & T. Wiederholm. 1992. Pelagic-benthic coupling – The importance of diatom interannual variability for population oscillations of *Monoporeia affinis*. Limnol.Oceanogr. 37(8), 1596–1607.
- Jägerskiöld, L.A. 1912. Om marina, glaciala relikter i nordiska insjöar. Ymer, 32. Stockholm. s.16–40.
- Karlsson, A. & K. Leonardsson. 2004. Bottniska viken 2004. Mjukbottenfauna.Umeå Marina Forskningscentrum/Institutionen för Ekologi och Geovetenskap, Umeå universitet. <http://www.havet.nu/dokument/Bv2004bottenfauna.pdf>
- Kinsten, B. 1986. Förekomst av relikta kräftdjur i mellersta Sverige med speciell inriktning på effekter av försurning. (English summary: The occurrence of glacial relict crustaceans in central Sweden with emphasis on the effects of acidification.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (11). 42p.
- Kinsten, B. 1990 a. Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Kalmar län 1986. Länsstyrelsen i Kalmar län. Publ. (3). 39 p.
- Kinsten, B. 1990 b. Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Örebro län 1987–1988. Länsstyrelsen i Örebro län. Publ. (5). 34 p.
- Kinsten, B. 1996. Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Dalarna. Länsstyrelsen i Dalarna. Publ. (4). 28p.
- Kinsten, B. 2008. Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Blekinge 2008. Länsstyrelsen i Blekinge län. Publ. (26). 13p.
- Kinsten, B. 2012. De glacialrelikta kräftdjurens utbredning i Sverige. Havs- och vattenmyndigheten. Publ. (1). 284 p.
- Kinsten, B. & E. Degerman. 2012. Skattning av glacialrelikta kräftdjurs täthet. En jämförelse av tre metoder samt täthet i Vänern och Vättern. Vätternvårdsförbundet 115. Vänerns vattenvårdsförbund 70.
- Kinsten, B. & P. Olsén. 1981. Impact of *Mysis relicta* Lovén introduction on the plankton of two mountain lakes, Sweden. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 59:64–74.
- Kjellberg, G., D.O. Hansen & J.P. Nilssen. 1991. Life history, growth and production of *Mysis relicta* in the large, fiord-type Lake Mjösa, Norway. Freshwater Biology 26:165–173.
- Kjällman,, A. & U. Grimås. 1967. Bottenfaunan. Zoologisk Revy. Del 1.
- Koksvik, J.I., H. Reinertsen & J. Koksvik. 2009. Plankton development in Lake Jonsvatn, Norway, after introduction of *Mysis relicta*: a long-term study. Aquat.Biol. 5:293–304.
- Köhn, J. & A. Waterstraat. 1990. Recent distribution of glacial relict Malacostraca in the lakes of Mecklenburg. Ann. Zool. Fennici 27:237-240.
- Langeland, A. 1981. Decreased zooplankton density in two Norwegian lakes caused by predation of recently introduced *Mysis relicta*. Verh.Int.Verein.Limnol. 21:926–937.

- Langeland, A. 1988. Decreased zooplankton density in a mountain lake resulting from predation by recently introduced *Mysis relicta*. Verh.Internat.Verein.Limnol. 23:419–429.
- Lassenby D.C. & R.R. Langford. 1973. Feeding and assimilation of *Mysis relicta*. Limnol.Oceanogr. 18:280–285.
- Lehman, J. T., J. A. Bowers, R. W. Gensemer, G. J. Warren and D. K. Branstrator. 1990. *Mysis relicta* in Lake Michigan: abundances and relationships with their potential prey, *Daphnia*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47:977–983.
- Leonardsson, K. 1986. Growth and reproduction of *Mesidothea entomon* (Isopoda) in the northern Bothnian Sea. Holarct.Ecol. 9:240–244.
- Leonardsson, K. 1990. Variation in age and size at maturation in two benthic crustaceans in the Gulf of Bothnia. Ph D diss University of Umeå, Sweden.
- Leonardsson, K. 1991. Effects of cannibalism and alternative prey on population dynamics of *S. entomon* (Isopoda). Ecology 72:1273–1285.
- Leonardsson, K. E. & Sparrevik. 1995. Metoder för insamling och övervakning av glacialrelikta kräftdjur. I: Vätternvårdsförbundet, Rapport 36. S. 157–171.
- Leonardsson, K. & A. Karlsson. 2002. Bottniska viken 2002. Mjukbottenfauna.Umeå Marina Forskningscentrum/Institutionen för Ekologi och Geovetenskap, Umeå universitet. <http://www.havet.nu/dokument/Bv2002bottenfauna.pdf>.
- Lindquist, A. 1961. Untersuchungen an *Limnocalanus* (Copepoda, Calanoida). Inst.Mar.Res.Lysekil, Ser.Biol., Rep.No. 13:1–124. (Fishery Board of Sweden).
- Lomakina, N.B. 1952. The origin of the glacial relict amphipods in relation to the question of postglacial connections between the White Sea and the Baltic. Trans.Fish.Res.Board.Can. 390. (In Russian, Uch.Zap.Karelo-Fin Gos.Univ.Biol.Nauki (1952) 4:110–127).
- Lovén, S. 1862. Om några i Vättern och Venern funna Crustaceer. Öfvers.K.Vet.-akad.Förhandl., 1861:6. s.285–314.
- Lovén, S. 1863. Till frågan om Ishafsfaunans forna utsträckning öfver en del av Nordens fastland. Öfvers.K.-Akad.Förhandl. 1862(8):463–468.
- Lundberg, F. 1957. Glacialmarina relikter i Västsverige. Fauna och Flora. 52:137–155.
- Lövik, J.E. & G. Kjellberg. 2003. Long-term changes of the crustacean zooplankton community I Lake Mjösa, the largest lake in Norway. J. Limnol., 62(2):143–150.
- Lövik, J.E., T. Baekken & R. Romstad. 2010. Titaksorientert övervakning av Mjösa med tilloppselver. Årsrapport/datarapport for 2009. Vassdragsforbundet for Mjösa med tilloppselver. Norsk institut for vannforskning. Rapport L.nr 5974-2010.
- Malmestrand, H. 2002. Glacialrelikta kräftdjur i Värmlands län 2001. Länsstyrelsen i Värmlands län. Publ. (4). 30 p.
- Martinez, P.J. & E.P.Bergersen. 1991. Interactions of Zooplankton, *Mysis relicta*, and Kokanees in Lake Granby, Colorado. American Fisheries Society Symposium 9:49–64.
- Mathiesen, O.A. 1953. Some investigations of the relict crustaceans in Norway with special reference to *Pontoporeia affinis* Lindström and *Pallasea quadrispinosa* G.O. Sars. Nytt Mag. Zool. 1:49–86.

- Moen, V. & A. Langeland. 1989. Diurnal and seasonal horizontal distribution patterns of *Mysis relicta* in a large Norwegian lake. *J. Plankton Res.* 11:729–745.
- Morgan, M.D. 1980. Life history characteristics of two introduced populations of *Mysis relicta*. *Ecology*, 61(3):551–561.
- Morgan, J. D., S. T. Threlkeld & C. R. Goldman. 1978. Impact of the introduction of kokanee and opossum shrimp on a subalpine lake. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 35:1572–1579.
- Morgan, M.D. & S.T. Threlkeld. 1982. Size dependent horizontal migration of *Mysis relicta*. *Hydrobiologia* 93:63–68.
- Naturvårdsverket. 2011. Undersökningstyp: Glacialrelikta kräftdjur i sjöar och vattendrag. Version 1:1.
- Nero, R.W. & I.J. Davies. 1982. Comparison of two sampling methods for estimating the abundance and distribution of *Mysis relicta*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39:349–355.
- Nilsson, N.-A. 1974. Fiskens näringsval i öppna Väner. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (17). 57p.
- Nilsson, N.-A. 1979. Food and Habitat of the Fish Community of the Offshore Region of Lake Väner, Sweden. *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm* 58:126–139.
- Nybelin, O. & H. Oldevig. 1944. Om *Pallasea quadrispinosa* G.O. Sars ovan marina gränsen i östra Jämtland. *Göteb. Kgl. Vet. o. Vitterh.-samh. Handl., F.6., Ser.B., Band 3, No 4, s.3–14*.
- Olsén, P. 1980. Population development of introduced *M. relicta* and impact on char and brown trout. Uppsala dissertation from the Faculty of Science, nr 570, University of Uppsala, Uppsala.
- Pothoven, S.A., G.L. Fahnenstiel, H.A. Vanderploeg & M. Luttenton. 2000. Population Dynamics of *Mysis relicta* in Southeastern Lake Michigan, 1995–1998. *Journal of Great Lakes Research*, 26(4):357–365.
- Ragnarsson Stabo, H., T. Axenrot, T. Vrede & A. Sandström. (2012, i manuskript). Kvantifiering av stora djurplankton i de stora sjöarna. Sötvattenslaboratoriet, Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Vätternvårdsförbundet 115. Vänerns vattenvårdsförbund 70.
- Ramcharan, C.W. & W.G. Sprules. 1986. Visual predation in *Mysis relicta* Lovén. *Limnol. Oceanogr.* 31(2), 414–420.
- Richards, R.C., C.R. Goldman, T.C. Frantz & R. Wickwire. 1975. Where have all the *Daphnia* gone? The decline of a major cladoceran in Lake Tahoe, California-Nevada. *Int. Ver. theor. Angew. Limnol. Verh.* 19:835–842.
- Roff, J.C. 1972. Aspects of the reproductive biology of the planktonic copepod, *Limnocalanus macrurus* (Sars). *Crustaceana*. 22:155–160.
- Salemaa, H., K. Tyystjärvi-Muuronen & E. Aro. 1986. Life histories, distribution and abundance of *Mysis mixta* and *Mysis relicta* in the northern Baltic Sea. *Ophelia*, Suppl. 4:239–247.
- Salemaa, H., I. Vuorinen & P. Välipakka. 1990. The distribution and abundance of *Mysis* populations in the Baltic Sea. *Ann. Zool. Fennici*. 27:253–257.

- Segerstråle, S.G. 1957. On the immigration of the glacialrelicts of northern Europe, with remarks on their prehistory. *Comment.Biol.(Soc.Sci.Fenn.)* 16. 117p.
- Segerstråle, S.G. 1958. On an isolated Finnish population of the relict amphipod *Pallasea quadrispinosa* G.O.Sars exhibiting striking morphological reduction, with remarks on other cases of morphological reduction in the species. *Soc.Sci.Fenn.,Comment.Biol.* XVII (5), 33p.
- Segerstråle, S.G. 1962. The immigration and prehistory of the glacial relicts of Eurasia and North America. A survey and discussion of Modern views. *Int.Rew.Ges.Hydrobiol.* 47:1–25.
- Sonesten, L. 2011. Vattenkemi och mjukbottenfauna i Mariestadsfjärden 2010. Institutionen för vatten och miljö, SLU. Rapport 18.
- Sparrevik, E. & K. Leonardsson. 1998. Recruitment in the predacious isopod *Saduria entomon* (L.): alternative prey reduces cannibalism. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 221:117–130.
- Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Institutionen för vatten och miljö. Databas för bottenfauna. <http://www.ma.slu.se/>
- Sundelin, B., A.-K. Eriksson & E. Håkansson. 1999. Embryonal utveckling hos vitmärkla i fyra sjöar, Vänern, Vättern, Vågsfjärden och Rogsjön. Institutet för tillämpad miljöforskning (ITM), Stockholm. Vänerns vattenvårdsförbund, Rapport nr 8. Vätternvårdsförbundet, Rapport nr 54. Naturvårdsverket.
- Sundelin, B., T. Börjesson, A.-K. Eriksson-Wiklund & E. Håkansson. 2003. Vitmärklans reproduktion i Vänern och Vättern 2002. Institutet för tillämpad miljöforskning (ITM), Stockholm. Vänerns vattenvårdsförbund, Rapport nr 24. Vätternvårdsförbundet, Rapport nr 72. Naturvårdsverket.
- Svårdsson, G., O. Filipsson, M. Fürst, M. Hansson & N.-A. Nilsson. 1988. Glacialrelikernas betydelse för Vätterns fiskar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (15). 61p.
- Svårdsson, G. 1989. Den sista Vättern-glaciärens inverkan på faunan. *Fauna och Flora* 84, 151–157.
- Uitto, A. & J. Sarvala. 1990. Perspectives on the ecological factors regulating *Pontoporeia* populations in the northern Baltic Sea. *Ann.Zool.Fennici.* 27:297–301.
- Uitto, A. & J. Sarvala. 1991. Seasonal growth of the benthic amphipods *Pontoporeia affinis* and *P.femorata* in a Baltic archipelago in relation to environmental factors. *Marin Biology* 111, 237–246.
- Väinölä, R. 1990. Molecular time scales for evolution in *Mysis* and *Pontoporeia*. *Ann.Zool.Fennici* 27:211–214.
- Väinölä, R., J. K. Vainio & J. U. Palo. 2001. Phylogeography of “glacial relict” *Gammaracanthus* (Crustacea, Amphipoda) from boreal lakes and the Caspian and White seas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 2247–2257.
- Wiederholm, T. 1973. Bottenfaunaundersökningar i Vänern, maj 1973. Stockholm: Statens Naturvårdsverk. (NLU/SNV PM Rapporter 64/391)
- Wiederholm, T. 1974. Studier av bottenfaunan i Vättern. Stockholm: Statens Naturvårdsverk. (NLU/SNV PM Rapporter 72/416)
- Wiederholm, T. 1975. Bottenfaunan i Åsfjorden, Vänern. Regional variation och återhämtning. Stockholm: Statens Naturvårdsverk. (NLU/SNV PM Rapporter 83/656).
- Wiederholm, T. 1983. Resultat av undersökningar av bottenfaunan i Vättern 1982. Kommittén för Vätterns vattenvård. 24:35–39.

Økland, J. & K.A. Økland. 1999. Vann og vassdrag 4. Dyr og planter: Invandring og geografisk fordeling. Vett & Viten AS. Nesbru. Norge.

6 Förklaring till karta (figur 1)

Röd linje – högsta kustlinjen (HK)

Grön yta - område ovan HK

Mörk linje - Länsgräns

Svart triangel – SLU:s provpunkter för bottenfauna

Röd rund prick - provpunkt för håvning *och* trålning av glacialrelikta kräftdjur 2011

Gul rund prick – provpunkt för håvning av glacialrelikta kräftdjur 2011

Grön rund prick – provpunkt för trålning av glacialrelikta kräftdjur 2011

Sjöarnas koordinater (RT 90) utgörs av utloppskoordinater enligt Svenskt Vattenarkiv (SMHI).

7 Förteckning över bilagor

- Bilaga 1. Tabell med allmänna data för Vänern och Vättern, samt utloppskoordinater (RT90) enligt Svenskt Vattenarkiv (SMHI).
- Bilaga 2. Tabell som visar resultat från trålning med mysistrål i Vänern och Vättern 2011 med provplatsernas koordinater, provtagningsdjup, metod och individtäthet av glacialrelikta kräftdjur.
- Bilaga 3. Tabell som visar resultat från håvning med stor håv i Vänern och Vättern 2011 med provplatsernas koordinater, provtagningsdjup, metod och individtäthet av glacialrelikta kräftdjur.

Bilaga 1.

Allmänna sjödata för Vänern och Vättern

Angivna koordinaterna markerar utloppet enligt Svenskt Vattenarkiv (SMHI).

Enheter som använts i tabellen: Sjöarea (km²), Maxdjup (meter), Höh (meter över havet), HK (meter över havet)

Sjö	KoordNS	KoordEW	Area	Maxdjup	Höh	HK	Avrinn.omr.
Vänern	6476660	1299060	5648,00	106	44	135	Göta älv
Vättern	6490290	1455500	1850,77	128	88	150	Motala ström

Bilaga 2.

Resultat av trålning med mysistrål i Vänern och Vättern 2011 inkl. provplatsernas koordinater, provtagningsdjup, metod och individtäthet av glacialrelikta kräftdjur.

”Provpkt Koord” anger koordinaterna för respektive provpunkt.

”Provt.djup” anger provtagningsdjupet i meter.P

Under rubrikerna M.rel., P.quad., M.aff., G.lac., S.ent. anges antalet individer/m².

Sjö	Undersökn.omr.	Datum	Provpkt KoordNS	Provpkt KoordEW	Provt.djup	Metod	Prov nr	G.lac.	M.aff.	M.rel.	P.quad.	S.ent.
Vänern	Kristinehamn	18-19/8	657179	138957	11	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
					11	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
			656892	138775	23	Trål (dag)	1	0,00	0,00	4,55	0,03	0,00
					22	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00
			656441	138638	35	Trål (dag)	1	0,00	0,00	4,47	0,12	0,00
					36	Trål (dag)	2	0,00	0,00	6,83	0,15	0,00

Sjö	Undersökn.omr.	Datum	Provpkt KoordNS	Provpkt KoordEW	Provt.djup	Metod	Prov nr	G.lac.	M.aff.	M.rel.	P.quad.	S.ent.
			656284	138639	62	Trål (dag)	1	0,01	3,81	0,17	0,12	0,00
					58	Trål (dag)	2	0,01	0,27	8,59	0,03	0,00
			656128	138665	78	Trål (dag)	1	0,01	13,21	0,47	0,00	0,01
					82	Trål (dag)	2	0,10	0,73	4,62	0,03	0,00
					82	Trål (dag)	3	0,17	9,87	4,79	0,19	0,00
	Åmål, Tösse	20-21/8	653616	131908	11	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					11	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			653727	132195	20	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00
					21	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00
			653900	132380	38	Trål (dag)	1	0,00	0,00	23,85	0,03	0,00
					39	Trål (dag)	2	0,00	0,00	27,23	0,04	0,00
			653709	132574	60	Trål (dag)	1	0,00	0,00	3,90	0,32	0,00
					60	Trål (dag)	2	0,00	0,00	12,31	3,18	0,00
			653564	132587	78	Trål (dag)	1	0,01	0,00	3,21	0,12	0,00
					78	Trål (dag)	2	0,00	0,05	10,88	1,21	0,00
					76	Trål (dag)	3	0,00	0,00	6,60	1,50	0,00
	Lurö	23-24/8	652026	135316	10	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
					10	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
			652032	135355	20	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00
					20	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,23	0,01	0,00
			651986	135378	40	Trål (dag)	1	0,00	0,35	6,18	2,49	0,00
					40	Trål (dag)	2	0,00	0,42	1,40	3,73	0,00
			651884	135513	61	Trål (dag)	1	0,00	0,00	2,13	0,00	0,00
					61	Trål (dag)	2	0,10	2,44	2,35	0,22	0,03
					61	Trål (dag)	3	0,05	10,68	1,19	0,46	0,08
			651973	135475	71	Trål (dag)	1	0,08	9,12	2,41	0,46	0,14
					70	Trål (dag)	2	0,10	10,28	2,05	0,24	0,06

Sjö	Undersökn.omr.	Datum	Provpkt KoordNS	Provpkt KoordEW	Provt.djup	Metod	Prov nr	G.lac.	M.aff.	M.rel.	P.quad.	S.ent.
Vättern	Olshammar	31/8-1/9	651218	144160	10	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
					10	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			651247	144239	20	Trål (dag)	1	0,00	0,01	0,10	0,03	0,00
					20	Trål (dag)	2	0,00	0,06	0,21	0,08	0,00
			651338	144457	40	Trål (dag)	1	0,00	0,03	12,01	0,00	0,00
					40	Trål (dag)	2	0,00	0,15	11,49	0,04	0,00
			651346	144536	60	Trål (dag)	1	0,00	1,59	11,15	0,03	0,00
					60	Trål (dag)	2	0,00	0,19	15,55	0,01	0,00
			651364	144632	80	Trål (dag)	1	0,00	1,54	31,56	0,08	0,01
					80	Trål (dag)	2	0,00	26,54	24,03	0,40	0,08
			651352	144753	90	Trål (dag)	1	0,00	0,14	34,83	0,05	0,00
					90	Trål (dag)	2	0,00	2,97	51,72	0,13	0,01
	Hästholmen	25-26/8	646415	143135	10	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					10	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
			646410	143127	20	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00
					20	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00
			646397	143116	40	Trål (dag)	1	0,00	0,00	2,08	0,69	0,00
					40	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,86	1,09	0,00
			646325	143040	60	Trål (dag)	1	0,00	0,03	2,79	0,00	0,00
					60	Trål (dag)	2	0,00	0,22	7,08	0,03	0,00
			646300	142965	80	Trål (dag)	1	0,00	0,10	7,59	0,00	0,00
					80	Trål (dag)	2	0,00	0,00	11,35	0,01	0,00
			646323	142880	100	Trål (dag)	1	0,00	0,12	16,32	0,05	0,00
					100	Trål (dag)	2	0,01	42,56	25,56	1,28	0,06

Sjö	Undersökn.omr.	Datum	Provpkt KoordNS	Provpkt KoordEW	Provt.djup	Metod	Prov nr	G.lac.	M.aff.	M.rel.	P.quad.	S.ent.
	Jönköping	26/8	641369	140836	10	Trål (dag)	1	0,00	0,00	4,19	0,00	0,00
					10	Trål (dag)	2	0,00	0,00	19,08	0,14	0,00
			641481	140805	20	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00
					20	Trål (dag)	2	0,00	0,00	3,74	0,00	0,00
			641705	140780	40	Trål (dag)	1	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
					40	Trål (dag)	2	0,00	0,00	15,96	0,00	0,00
			642086	140325	60	Trål (dag)	1	0,00	0,00	11,50	0,00	0,00
					60	Trål (dag)	2	0,00	0,00	13,10	0,00	0,00
			642084	140410	80	Trål (dag)	1	0,03	0,17	7,69	0,00	0,00
					80	Trål (dag)	2	0,00	0,00	14,04	0,03	0,00
			642042	140596	113	Trål (dag)	1	0,40	18,21	20,54	0,58	0,00
			642098	140596	115	Trål (dag)	2	0,23	34,74	5,35	0,41	0,00
	"	2/9	640806	140293	10	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00
			640879	140312	20	Trål (dag)	1	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00
					20	Trål (dag)	2	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
			641009	140358	40	Trål (dag)	1	0,00	0,44	1,54	1,56	0,00
					40	Trål (dag)	2	0,00	0,00	3,78	0,44	0,00

Bilaga 3.

Resultat av håvning med stor håv i Vänern och Vättern 2011 inkl. provplatsernas koordinater, provtagningsdjup, metod och individtäthet av glacialrelikta kräftdjur.

”Provpkt Koord” anger koordinaterna för respektive provpunkt.

”Provpkt sjödjup” anger sjödjupet vid provpunkten. Håvning skedde ned till någon enstaka meter ovan botten.

Under rubrikerna M.rel., P.quad., M.aff., G.lac., S.ent. anges antalet individer/m².

Sjö	Undersöknområde	Datum	Provpkt KoordNS	Provpkt KoordEW	Provpkt sjödjup	Metod	Prov nr	G.lac.	M.aff.	M.rel.	P.quad.	S.ent.		
Vänern	Kristinehamn	18-19/8	657179	13896	10	Håv(natt)	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
					10	Håv(natt)	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			656892	138775	20	Håv(natt)	1	0,00	0,00	1,79	0,00	0,00		
					20	Håv(natt)	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
			656441	138638	38	Håv(natt)	1	0,00	0,00	23,21	0,00	0,00		
					41	Håv(natt)	2	0,00	0,00	14,29	1,79	0,00		
					40	Håv(natt)	3	0,00	0,00	23,21	0,00	0,00		
			656285	138639	60	Håv(natt)	1	0,00	3,57	42,86	3,57	0,00		
					58	Håv(natt)	2	0,00	14,29	23,21	0,00	0,00		
					60	Håv(natt)	3	0,00	0,00	30,36	0,00	0,00		
			656128	138665	81	Håv(natt)	1	0,00	0,00	71,43	0,00	0,00		
					80	Håv(natt)	2	0,00	0,00	69,64	0,00	0,00		
					80	Håv(natt)	3	1,79	0,00	39,29	0,00	0,00		
			Åmål, Tösse	20-21/8	653616	131908	10	Håv(natt)	1	0,00	0,00	0,00	1,79	0,00
							10	Håv(natt)	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	653727	132195			20	Håv(natt)	1	0,00	0,00	0,00	1,79	0,00		
					20	Håv(natt)	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	653900	132380			40	Håv(natt)	1	0,00	0,00	44,64	0,00	0,00		
			40	Håv(natt)	2	0,00	0,00	55,36	0,00	0,00				

Sjö	Undersökningsområde	Datum	Provpkt KoordinatNS	Provpkt KoordinatEW	Provpkt sjödjup	Metod	Prov nr	G.lac.	M.aff.	M.rel.	P.quad.	S.ent.
					40	Håv(natt)	3	0,00	0,00	26,79	1,79	0,00
			653709	132574	58	Håv(natt)	1	0,00	0,00	57,14	0,00	0,00
					58	Håv(natt)	2	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00
					59	Håv(natt)	3	0,00	0,00	51,79	0,00	0,00
			653564	132587	78	Håv(natt)	1	0,00	0,00	89,29	0,00	0,00
					78	Håv(natt)	2	0,00	0,00	112,50	0,00	0,00
					77	Håv(natt)	3	0,00	0,00	133,93	0,00	0,00
	Lurö	23-24/8	652026	135316	10	Håv(natt)	1	0,00	0,00	1,79	1,79	0,00
					10	Håv(natt)	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			652032	135355	20	Håv(natt)	1	0,00	0,00	1,79	3,57	0,00
					20	Håv(natt)	2	0,00	0,00	1,79	1,79	0,00
			651986	135378	39	Håv(natt)	1	0,00	0,00	28,57	7,14	0,00
					40	Håv(natt)	2	0,00	0,00	23,21	3,57	0,00
					41	Håv(natt)	3	0,00	0,00	14,29	3,57	0,00
			651884	135513	59	Håv(natt)	1	0,00	0,00	35,71	10,71	0,00
					59	Håv(natt)	2	0,00	0,00	51,79	7,14	0,00
					59	Håv(natt)	3	0,00	0,00	41,07	1,79	0,00
			651973	135475	71	Håv(natt)	1	0,00	0,00	57,14	1,79	0,00
					70	Håv(natt)	2	0,00	0,00	50,00	3,57	0,00
					70	Håv(natt)	3	0,00	0,00	67,86	0,00	0,00
	Megrundet NO	23-24/8	651962	133160	48	Håv(natt)	1	0,00	0,00	26,79	0,00	0,00
					48	Håv(natt)	2	0,00	0,00	35,71	0,00	0,00
					48	Håv(natt)	3	0,00	0,00	39,29	0,00	0,00

Sjö	Undersökningsområde	Datum	Provpkt KoordNS	Provpkt KoordEW	Provpkt sjödjup	Metod	Prov nr	G.lac.	M.aff.	M.rel.	P.quad.	S.ent.
Vättern	Olshammar	31/8-1/9	651218	144160	10	Håv(natt)	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					10	Håv(natt)	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			651247	144239	20	Håv(natt)	1	0,00	1,79	0,00	0,00	0,00
					20	Håv(natt)	2	0,00	0,00	1,79	0,00	0,00
			651338	144457	40	Håv(natt)	1	0,00	0,00	26,79	0,00	0,00
					40	Håv(natt)	2	0,00	0,00	30,36	0,00	0,00
					40	Håv(natt)	3	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00
			651346	144536	60	Håv(natt)	1	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00
					60	Håv(natt)	2	0,00	0,00	33,93	0,00	0,00
					60	Håv(natt)	3	0,00	0,00	33,93	0,00	0,00
			651364	144632	80	Håv(natt)	1	0,00	0,00	30,36	0,00	0,00
					80	Håv(natt)	2	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00
					80	Håv(natt)	3	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00
			651352	144753	90	Håv(natt)	1	0,00	0,00	32,14	0,00	0,00
					90	Håv(natt)	2	0,00	0,00	39,29	0,00	0,00
					90	Håv(natt)	3	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00
	Hästholmen	25-26/8	646415	143135	10	Håv(natt)	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					10	Håv(natt)	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			646410	143127	20	Håv(natt)	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
					20	Håv(natt)	2	0,00	0,00	3,57	0,00	0,00
			646397	143116	40	Håv(natt)	1	0,00	0,00	33,93	1,79	0,00
					40	Håv(natt)	2	0,00	0,00	32,14	1,79	0,00
					40	Håv(natt)	3	0,00	0,00	85,71	0,00	0,00
			646325	143040	60	Håv(natt)	1	0,00	0,00	28,57	3,57	0,00
					60	Håv(natt)	2	0,00	0,00	26,79	3,57	0,00
					60	Håv(natt)	3	0,00	0,00	19,64	3,57	0,00

Sjö	Undersökningsområde	Datum	Provpkt KoordNS	Provpkt KoordEW	Provpkt sjödjup	Metod	Prov nr	G.lac.	M.aff.	M.rel.	P.quad.	S.ent.
			646300	142965	80	Håv(natt)	1	0,00	0,00	33,93	3,57	0,00
					80	Håv(natt)	2	0,00	0,00	30,36	7,14	0,00
					80	Håv(natt)	3	0,00	0,00	37,50	5,36	0,00
			646323	142880	100	Håv(natt)	1	0,00	0,00	75,00	1,79	0,00
					100	Håv(natt)	2	0,00	0,00	44,64	0,00	0,00
					100	Håv(natt)	3	0,00	0,00	51,79	1,79	0,00
	Jönköping	1-2/9	640862	140285	10	Håv(natt)	1	0,00	0,00	8,93	0,00	0,00
					10	Håv(natt)	2	0,00	0,00	3,57	0,00	0,00
			640880	140285	20	Håv(natt)	1	0,00	0,00	5,36	0,00	0,00
					20	Håv(natt)	2	0,00	0,00	10,71	0,00	0,00
			640952	140416	40	Håv(natt)	1	0,00	0,00	16,07	5,36	0,00
					40	Håv(natt)	2	0,00	0,00	12,50	7,14	0,00
					40	Håv(natt)	3	0,00	0,00	32,14	1,79	0,00
			640988	140437	60	Håv(natt)	1	0,00	0,00	35,71	7,14	0,00
					60	Håv(natt)	2	0,00	0,00	41,07	7,14	0,00
					60	Håv(natt)	3	0,00	0,00	19,64	12,50	0,00
			641136	140460	80	Håv(natt)	1	0,00	0,00	25,00	1,79	0,00
					80	Håv(natt)	2	0,00	0,00	57,14	1,79	0,00
					80	Håv(natt)	3	0,00	0,00	39,29	8,93	0,00
			641265	140513	98	Håv(natt)	1	0,00	0,00	78,57	3,57	0,00
					98	Håv(natt)	2	1,79	0,00	94,64	5,36	0,00
					98	Håv(natt)	3	1,79	0,00	73,21	1,79	0,00

Skattning av glacialrelikta kräftdjurs täthet.

En jämförelse av tre metoder samt täthet i Vänern och Vättern.



Författare Björn Kinsten och Erik Degerman

Skattning av glacialrelikta kräftdjurs individdens täthet. En jämförelse av tre metoder samt täthet i Vänern och Vättern.

Innehåll

Sammanfattning.....	1
1 Inledning.....	2
2 Material och metoder	3
2.1 Provtagningsmetodik	3
2.2 Statistisk analys	5
2.2.1 Jämförelse av resultat från provtagning med håv respektive trål	5
2.2.2 Jämförelse av resultat från provtagning med håv/trål respektive bottenhuggare.....	6
3 Resultat och diskussion	7
3.1 Metodjämförelse.....	7
3.1.1 Jämförelse mellan mysistrål och stor håv	7
3.1.2 Jämförelse mellan håv/trål och bottenhuggare	13
3.2 Sammanfattande jämförelse av täthet mellan Vänern och Vättern samt viss jämförelse med andra sjöar.....	16
3.3 Sammanfattning av metodjämförelsen och rekommendation av metoder för skattning av täthet hos glacialrelikta kräftdjur.....	18
4 Källförteckning.....	20
5 Förklaring till karta med symboler (bilaga 1).	23
Bilaga 1.	24

Sammanfattning

De glacialrelikta kräftdjuren har sedan länge omfattat sex arter, nämligen *Gammaracanthus lacustris* (*Relictacanthus lacustris*), *Limnocalanus macrurus*, *Monoporeia affinis* (*Pontoporeia affinis*), *Mysis relicta* s.l., *Pallasea quadrispinosa* och *Saduria entomon* (*Mesidothea entomon*). De enda sjöar i Sverige där alla sex arterna påträffats är Vänern och Vättern. Senare rön har dock visat att *M. relicta* i Sverige innefattar de två arterna *M. relicta* s.str. och *M. salemaai*, som båda har noterats i Vänern och Vättern. Gruppen glacialrelikta kräftdjur i Sverige består därför numera av sju arter. De båda sistnämnda arterna har dock i denna undersökning behandlats som en art med namnet *M. relicta* s.l..

En undersökning med mysistrål dagtid och stor håv nattetid gjordes i Vänern och Vättern 2011 för att skatta tätheten hos de glacialrelikta kräftdjuren *M. affinis*, *M. relicta* s.l., *P. quadrispinosa*, *G. lacustris* och *S. entomon* (Kinsten 2012 b). Sedan början av 1970-talet och fortsättningsvis har också undersökningar av bottenfauna (inkl. glacialrelikta kräftdjur) med bottenhuggare pågått i den

nationella/regionala övervakningen av dessa två sjöar (se SLU:s databas för bottenfauna). Detta har gett en möjlighet att jämföra de nämnda tre metodernas förutsättningar för skattning av tätheten hos de nämnda arterna. Det har bl a framkommit att olika arter kräver olika metoder.

Bottenhuggare var det redskap som visade sig passa bäst för skattning av tätheten hos *M. affinis*. Tätheten hos *M. affinis* i Vänern och Vättern som skattats med hjälp av Ekmanhuggare har också varit betydligt högre än de som noterades med hjälp av mysistrål och håv 2011. Någon skillnad i täthet hos arten mellan Vänern och Vättern i prov med bottenhuggare kunde dock inte påvisas. Håvning med stor håv nattetid lämpade sig bäst för *M. relicta s.l.*. Tätheten av *M. relicta s.l.* skattad med denna metod var signifikant större i Vänern än i Vättern. För de övriga arterna, som påträffades i lägre täthet, gav metodjämförelsen inte lika klart besked om vilka redskap som bör användas. En skattning av tätheten hos *P. quadrispinosa* med hjälp av trålprov visade på en signifikant större täthet i Vänern i jämförelse med Vättern. En skattning av medeltäthet sammantaget för Vänern och Vättern gjordes också med hjälp av trålprov för *G. lacustris* och *S. entomon* och visade på mycket låga tätheter. I bottenhugg noterades *P. quadrispinosa* och *G. lacustris* vid signifikant fler tillfällen i Vättern än i Vänern, medan någon motsvarande skillnad mellan sjöarna inte kunde noteras för *S. entomon*. I Vättern har *S. entomon* under de senaste c:a trettio åren endast påträffats vid stationen St Aspön, där den noterats varje år från 1995. Det kan också vara värt att notera att *S. entomon* var den enda av arterna som inte förekom i håvprov i någon av sjöarna.

Erfarenhet från andra undersökningar antyder att van Veenhuggaren kan vara det bästa tillgängliga redskapet för skattning av täthet hos *S. entomon*, medan håvning kan vara den bästa metoden för fångst av *G. lacustris*. Osäkerheten vid val av metod var störst för *P. quadrispinosa*.

Trålning gav vanligen låga tätheter av de undersökta arterna men insamlade flest individer och flest arter/undersökningstillfälle och tycks vara den metod som fungerar bäst då undersökning av förekomst av flera arter skall göras.

1 Inledning

De glacialrelikta kräftdjuren har sedan länge omfattat sex arter, nämligen *Gammaracanthus lacustris* (*Relictacanthus lacustris*), *Limnocalanus macrurus*, *Monoporeia affinis* (*Pontoporeia affinis*), *Mysis relicta s.l.*, *Pallasea quadrispinosa* och *Saduria entomon* (*Mesidothea entomon*). De enda sjöar i Sverige där alla de nämnda sex arterna påträffats är Vänern och Vättern (se Kinsten 2012 a). Det bör dock noteras att *M. relicta s.l.* i Sverige numera innefattar två arter, nämligen *M. relicta s.str.* och *M. salemaai* (Audzijonytė & Väinölä 2005), därigenom omfattar de glacialrelikta kräftdjuren i Sverige numera sju arter. Båda arterna har också noterats i Vänern och Vättern varför dessa två sjöar också har sju arter. I denna undersökning går dock de båda sistnämnda arterna under namnet *M. relicta s.l.*. En närmare presentation av de glacialrelikta kräftdjursarterna framgår av bl a Kinsten (2012 a).

De glacialrelikta kräftdjursarternas stora ekologiska betydelse i våra två största sjöar har sedan länge gjort det angeläget att finna användbara fältmetoder för att öka kunskapen om dessa djur. Djurens stora rörlighet samt att några av arterna är sällsynta har gjort att skattningar av täthet hos flera av arterna har varit svåra att göra. Under 2011 gjordes ett särskilt försök till skattning av dessa djurs individtäthet i Vänern och Vättern med hjälp av stor håv nattetid och en bottentrål s k mysistrål dagtid (se Kinsten 2012 b). Inom den nationella/regionala övervakningen har sedan början av 1970-talet också näst intill årliga undersökningar av bottenfauna (inkl. glacialrelikta kräftdjur) med bottenhuggare gjorts i dessa sjöar (se SLU:s databas för bottenfauna).

Då tre metoder har använts för skattning av de nämnda djurens individtäthet i Vänern och Vättern har det gett en möjlighet till jämförelse av dessa metoders effektivitet.

En av arterna (*L. macrurus*) är planktisk och dessutom betydligt mindre än de övriga fem arterna och har inte innefattats i nedanstående metodjämförelse. Nedan används begreppet glacialrelikta kräftdjur för de övriga fem arterna.

2 Material och metoder

2.1 Provtagningsmetodik

Vid undersökningarna av de glacialrelikta kräftdjuren i augusti-september 2011 (se Kinsten 2012 b) ingick tre undersökningsområden i såväl Vänern som Vättern, nämligen Kristinehamn, Åmål (Tösse) och Lurö i Vänern och Olshammar, Omberg och Jönköping i Vättern (se karta i bilaga 1).

Undersökningarna omfattade håvning nattetid respektive trålning dagtid på olika djup varvid prov insamlades på 10 m, 20 m och därefter var 20:e meter ned till största djupet i undersökningsområdet. Vid trålning dagtid gjordes två trålningar på varje djup medan tre prov över varje djup insamlades vid håvning nattetid utom över 10 m och 20 m där två håvprov insamlades. Provtagningsplatserna inom undersökningsområdena i Vänern och Vättern var i stort sett desamma vid håvning och trålning med undantag av undersökningsområdet utanför Jönköping där provpunkterna skilde sig något mellan de två metoderna (se bilaga 1). Nämda undersökningsområden i Vättern har också ungefärligen överensstämmt med platserna för provtagning med bottenhuggare som skett inom den nationella/regionala övervakningen (Se SLU:s databas för bottenfauna) (se bilaga 1). I Vänern skilde sig dock undersökningsområdenas läge för provtagning med bottenhuggare från provtagningarna med håv och trål 2011 (se bilaga 1).

Vid trålningen användes en sk mysistrål (figur 1) som var 1 meter bred och hade höjden 0,2 meter samt maskstorleken 1 mm. Varje tråldrag pågick i ca fem minuter. Hastigheten vid trålningen var ca 0,5 knop. En närmare beskrivning av trålens konstruktion framgår av Fürst (1965).

Håven (figur 1), som användes i mörker nattetid, var cirkulär med diametern 0,6 m, öppningsarean 0,28 m² och maskstorleken 500 µm. Håvning skedde från ytan till strax ovan botten där håven vändes och drogs upp till ytan igen. Ett prov innefattade alltså insamling av djur både under håvens nedfärd som uppfärd. Håven drogs för hand i jämn takt med en genomsnittlig hastighet på 0,21-0,25 m/s. Som jämförelse kan nämnas att Chipps & Bennett (1996) angav den rekommenderade övre gränsen för hastigheten vid håvning till 0,5 m/s. Rekommendationen gällde en håv med öppningsdiametern 0,5 m och maskstorleken 0,333-1,000 mm.



Figur 1. Bilderna visar de två redskap som användes vid undersökningarna av glacialrelikta kräftdjur i Vänern och Vättern 2011. Till vänster syns mysistrål som användes under dagtid och till höger den stora håv som användes i mörker nattetid.

Resultat från bottenfaunaundersökningarna finns redovisade i databasen för bottenfauna vid Institutionen för Vatten och Miljö vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Uppsala sedan början av 1970-talet. Det redskap som använts i dessa undersökningar har varit Ekmanhuggare (figur 2). Fr o m 2004 skedde dock ett skifte till den större van Veenhuggaren i Vättern (Måns Lindell, Länsstyrelsen i Jönköpings län, muntl.medd.). I den nämnda databasen har individtätheten hos bl a de glacialrelikta kräftdjuren redovisats för fyra stationer i Vänern (Tärnan SSO, Megrundet N, Mariestadsfjärden M1 och Mariestadsfjärden M2) och tre stationer i Vättern (St Aspön SO, Omberg och Visingsö SV). Resultaten har framförallt omfattat månaderna maj, augusti och september, men även april, juni, juli och oktober.



Figur 2. Ekmanhuggare har använts vid den nationella/regionala övervakningen av bottenfauna (inkl. glacialrelikta kräftdjur) i Vänern och Vättern sedan början av 1970-talet. I Vättern har dock fr o m 2004 detta redskap ersatts med van Veenhuggare.

2.2 Statistisk analys

2.2.1 Jämförelse av resultat från provtagning med håv respektive trål

2.2.1.1 *Provtagning*

För att öka jämförbarheten mellan de tre metoderna håvning, trålning och bottenhuggare har endast data från undersökningar inom den nationella/regionala övervakningen i augusti och september innefattats, dvs den tidsperiod under året då undersökningarna med håv och mysistrål skedde 2011. De sistnämnda undersökningarna har skett på fler djupnivåer än undersökningarna med bottenhuggare. Ett urval av data från undersökningarna har därför gjorts så att jämförbara djup erhållits för alla tre undersökningarna.

En sammanslagning av antalet håv- och trålprov på olika djupnivåer i Vänern och Vättern har skett. Antalet prov per djupzon för det samlade materialet varierade mellan 15 och 32 prov (Tabell 1).

Tabell 1. Antalet håv- och trålprov som insamlats i Vänern och Vättern 2011 på olika djup. Djupen som angivits skall betraktas som den ungefärliga djupnivå där prov insamlats, då djupnivån på olika stationer har varierat.

	Vänern		Vättern		
Djup (m)	Trål	Håv	Trål	Håv	Totalt
10	6	6	7	6	25
20	6	6	8	6	26
40	6	9	8	9	32
60	7	9	6	9	31
75	8	9	6	9	32
100	-	-	6	9	15
S:a	33	39	41	48	161

2.2.1.2 Statistisk bearbetning

Initialt studerades vilka djup som olika arter fångats på. Endast djup med förekomst av arten inkluderades i analysen. Antalet individer, fångade med de olika teknikerna, per kvadratmeter jämfördes sedan med parvis t-test per djupzon. Metoden innebär att effekten av olika sjöar och djup i princip blir betydelselös. Materialet har oftast inte transformerats före bearbetning då differensen mellan metoderna oftast blir normalfördelad.

För att studera precisionen i skattning av medeltätheter beräknades variationskvoten (CV, dvs standardavvikelsen/medelvärde*100).

För beräkning av medeltäthet hos en art inom en sjö har ibland tätheterna transformerats med $\text{Log}_{10}(x+1)$ för att minska variansen och anpassa data till en normalfördelning.

2.2.2 Jämförelse av resultat från provtagning med håv/trål respektive bottenhuggare

Jämförelsen omfattade 33 trålprov i Vänern och 41 i Vättern, medan antalet håvprov i Vänern var 39 och i Vättern 48 (tabell 1). Proverna insamlades under augusti-september 2011. Resultat av bottenhugg sedan början av 1970-talet finns redovisade i SLU:s databas för bottenfauna. Det sammanlagda antalet bottenhugg var för Vänerns del 1670 stycken, varav 498 bottenprov insamlats under augusti-september. Den stora skillnaden i antal beror bl a på att inga provtagningar i Mariestadsviken har redovisats för augusti-september. Under andra delar av året (maj och oktober vissa år) har endast enstaka individer av arterna *M. relicta s. l.*, *P. quadrispinosa* och *M. affinis* påträffats på denna station. För Vätterns del har 1309 bottenhugg redovisats t o m 2009, varav 808 har insamlats under augusti-september.

Tyvärr fanns inte enskilda data för bottenhuggen tillgängliga utan endast medelvärdet av 1-10 prov. I Vänern har i medeltal 6-8 hugg gjorts årligen på de båda stationerna Tärnan SSO och Megrundet N, och i Vättern har i medeltal 8 hugg gjorts på de tre stationerna Omberg, Visingsö SV och St Aspön SO. Vi har betraktat dessa medelvärden som ett sammelvprov. Endast hugg från augusti (dominerade) och september (enstaka) har medtagits.

För jämförelse med trål/håv studerades variation i prov tagna med Ekman- eller van Veenhuggare.

3 Resultat och diskussion

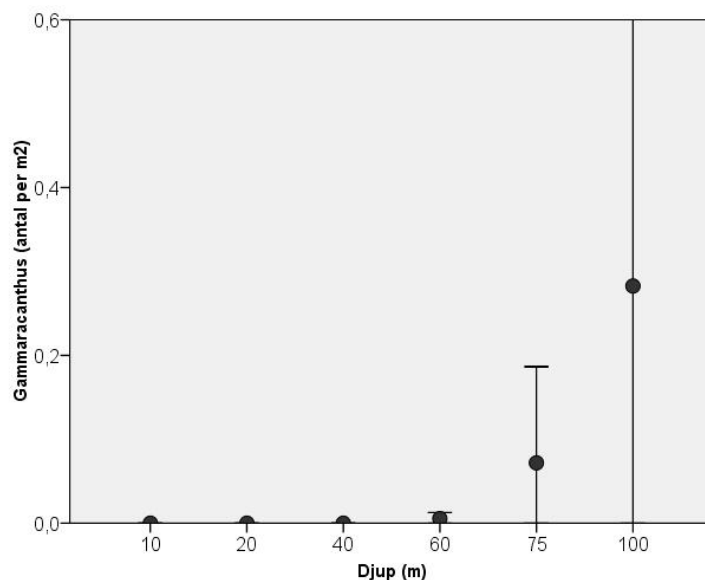
Alla fem glacialrelikta kräftdjursarterna som ingick i jämförelsen, utom *S. entomon*, fångades åtminstone vid något tillfälle med alla tre metoderna. *S. entomon* förekom inte i håvprov.

3.1 Metodjämförelse

3.1.1 Jämförelse mellan mysistrål och stor håv

3.1.1.1 *G. lacustris*

G. lacustris påträffades mycket sparsamt och huvudsakligen på de största djupen (Figur 8). På djupen 75 respektive 100 m i båda sjöarna erhöles 72% nollprov. Andelen nollprov var 50% med trål och 89% med håv. Risken att inte fånga arten om den fanns i sjön var efter fem prov med vardera metoden 0,03 respektive 0,19. Återigen framstod trål som det bättre redskapet för att fånga arter som uppträder i låg



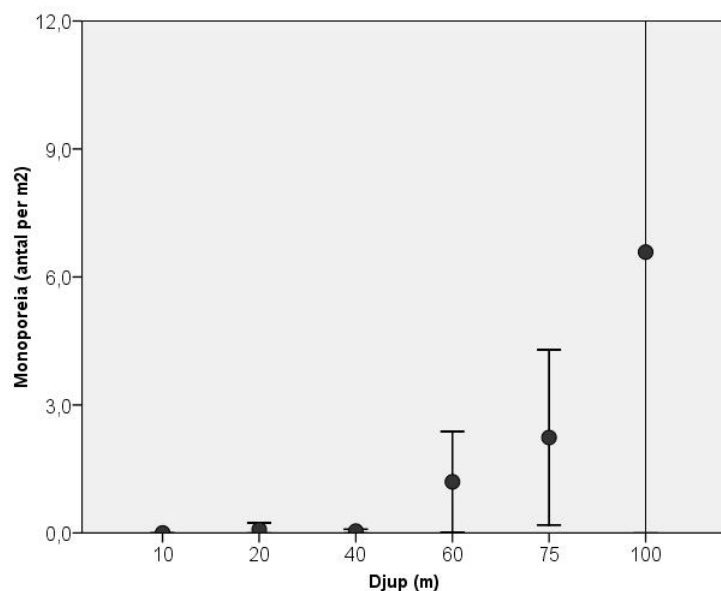
Figur 8. Tätheter ($\pm 95\%$ -konfidensintervall) av *G. lacustris* per m^2 med trål respektive håv sammantaget i Vänern och Vättern per djupzon.

numerär. Liksom ovan testades att göra sammelprov av tråldata, fem trålprov blev ett sammelprov. Eftersom det bara fanns 20 stickprov kunde bara fyra sammelprov skapas. Tätheten av *G. lacustris* var i dessa prov 0,11, 0,13, 0,32 och 0,58 ind/5 m^2 . Detta gav ett medelvärde av 0,28 ind/5 m^2 ($\pm 0,21$ SD), dvs en varianskvot på 75%.

Det är knappast meningsfullt att försöka jämföra tätheten av arten mellan sjöarna. Vi kan istället studera förekomsten. Andelen nollprov med trål och håv var 25% i Vänern ($n=8$) och 67% ($n=12$) i Vättern på djup över 60 m (dvs även djupare delar i Vättern medräknade). I en analys av förekomst-avsaknad i proven kan jämförelse ske mellan sjöarna i en 2×2 tabell med Chi-square. Analysen visade att frekvensen av *G. lacustris* nästan var signifikant högre i Vänern (Pearson Chi-square 3,33, $p=0,068$ (tvåsidigt)). För få prov föreligger för att enbart studera tråldata.

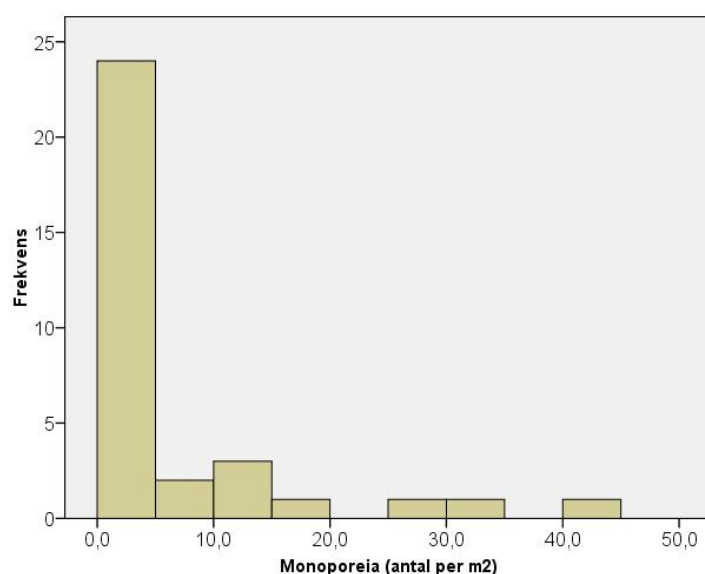
3.1.1.2 *M.affinis*

M. affinis förekom i låga tätheter på djup om minst 60 m (Figur 3). Det innebar att det totalt fanns 33 parade stickprov för jämförelse av trål och håv. Medeltätheten var 5,7 ind/m² i trål respektive 0,54 ind/m² i håv. Standardavvikelsen runt medelvärdet var 10,5 respektive 2,2. Detta gav en variationskvot (CV) på 184% respektive 550%. I den fortsatta analysen sker därför en koncentration på resultaten från trål som gav en högre precision.



Figur 3. Tätheter ($\pm 95\%$ -konfidensintervall) av *M. affinis* per m² med trål respektive håv sammantaget i Väner och Vättern per djupzon.

Tätheterna av *M. affinis* var dock mycket skevt fördelade med många låga värden och enstaka höga värden (Figur 4). Detta kan naturligtvis bero av artens utbredning på bottenarna relativt tråls storlek och svepta yta, huruvida trålen gräver sig ned i sedimentet där *M. affinis* finns eller skillnader mellan



Figur 4. Frekvensfördelning av uppmätta tätheter av *M. affinis* per m² med trål i Vänern och Vättern på djup på 60 meter eller mer.

sjöarna. Någon sådan skillnad mellan sjöarna förelåg dock inte vid jämförelse (Mann-Whitney U-test, $U=134$, $Z=-0,37$, $p=0,98$). Alltså kan vi ur denna aspekt behandla sjöarna sammantaget. Problemet återstår dock med att göra täthetsskattningar av *M. affinis*.

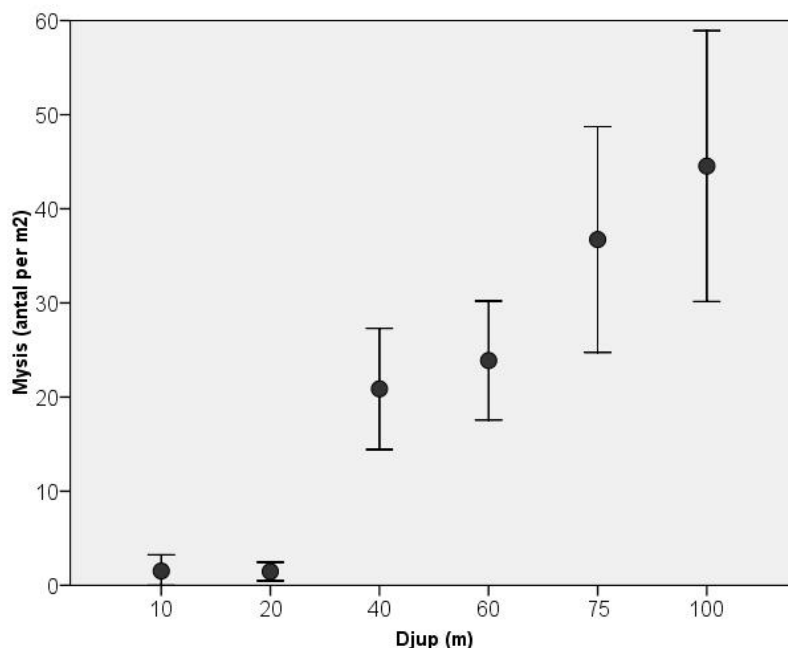
Därvid kan man transformera data, men data med många nollprov är svåra att hantera. Andelen nollprov var 27%. Om data transformeras med $\log_{10}(\text{täthet} + 1)$ erhöles en fördelning som fortfarande var långt ifrån normalfördelad. Således bör man i detta fall poola (slå samman) tråldrag. Låt oss se effekten av att poola fem tråldrag för denna art. Vi sammanför således fem slumpvis utvalda (med hjälp av SPSS) prov och slår samman till ett sammelprov (tre slumpvis valda prov används ej). Även fördelningen av sammelprov var starkt fördelad åt höger och data logaritmerades (Log-10) därför. Därvid erhöles ett medelvärde på 1,0 ($\pm 0,78$ SD), dvs en variationskvot på 78%.

För *M. affinis* kan således analys ske av sammelprov om förslagsvis fem stickprov. Det är rimligt att anta att precisionen i skattningen av populationsstorlek kan öka om en mer homogen miljö undersöks. Här var dock endast djup på 60 m eller mer inkluderade, vilket borde borga för en relativt homogen miljö.

I de fall sammelprov användes förekom inget nollprov. Men då 9 av 33 initialt ingående prov var tomma fanns alltså en risk att ett sammelprov om fem separata stickprov skall innehålla fem nollprov. Den sannolikheten var dock så låg som $0,27^5 = 0,0014$.

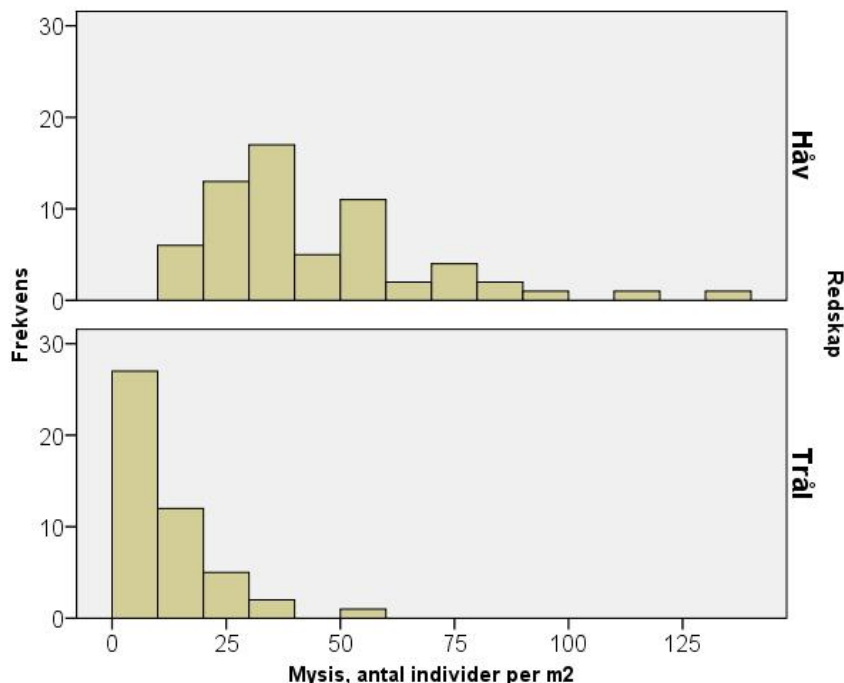
3.1.1.3 *M. relicta s.l.*

M relicta s.l. fångades i alla djupzoner, men tätheten ökade vid 40 m djup eller mer (Figur 5). Antalet fångade individer jämfördes på djup av 40-100 m. Det fanns 45 dubbelpar av prov för jämförelse.



Figur 5. Tätheter ($\pm 95\%$ -konfidensintervall) av *Mysis relicta s.l.* per m² med trål och håv sammantaget i Vänern och Vättern per djupzon.

Medeltätheten av *M. relicta s.l.* var 10,9 ind/m² ($\pm 10,7$ SD) i trål och 45,5 ind/m² ($\pm 25,6$ SD) i håv. Skillnaden var signifikant (parat t-test, $t=8,23$, $df=44$, $p<0,001$). Om CV beräknas från dessa värden var den 98% respektive 56%. Variationen i prov med håv var således nära hälften. Andelen nollprov, dvs prov utan fångst av *M. relicta s.l.*, var 0 med båda metoderna. Av frekvensfördelningen av tätheter framgick tydligt att data från håv var mer normalfördelade, medan tråldata var skevt fördelade åt höger (Figur 6).



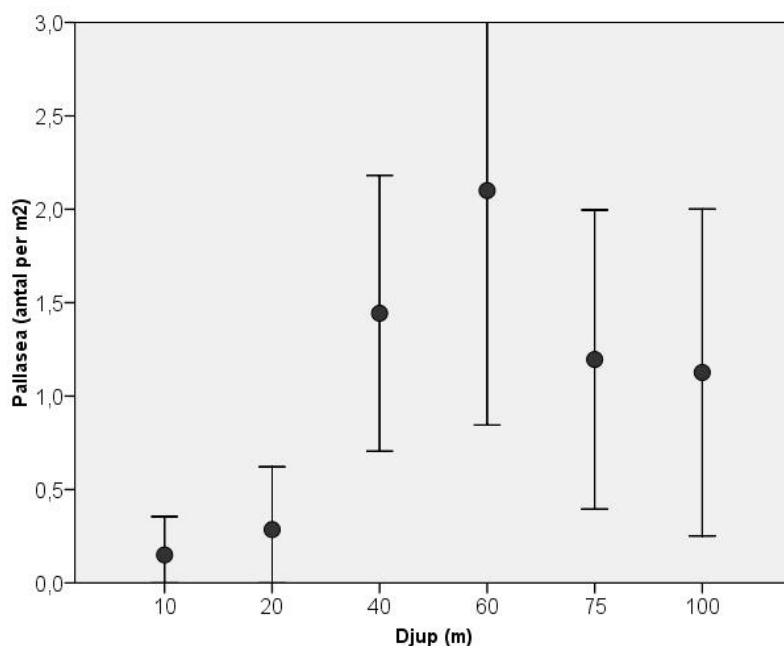
Figur 6. Frekvensfördelning av uppmätta tätheter av *M. relicta s.l.* per m² med trål respektive håv i Vänern och Vättern på 40 meters djup eller mer.

Utgående från trålning kan tätheten av *M. relicta s.l.* jämföras mellan sjöarna. Återigen sker jämförelsen med parat t-test och då bara på djup som är jämförbara (40-75 m). Medeltätheten av *M. relicta s.l.* var 6,7 ind/m² ($\pm 7,5$ SD) i Vänern och 11,1 ind/m² ($\pm 7,8$ SD) i Vättern. Med stickprovstorleken ($n=18$) var denna skillnad inte signifikant (parat t-test, $t=1,29$, $df=17$, $p=0,21$). Hade man tagit 40 stickprov i vardera sjön hade skillnaden blivit signifikant ($p<0,05$) med motsvarande fördelning av data.

Men som framgått ovan gav håvdata en mer normalfördelad fördelning av täthetsdata (Figur 6). Om motsvarande jämförelse mellan sjöarna görs utgående från dessa data (här finns fler prov, $n=27$ par) så erhöles en signifikant skillnad (parat t-test, $t=2,58$, $df=26$, $p=0,016$). Medeltätheten i Vänern var 49,2 ind/m² ($\pm 28,4$ SD) och i Vättern 33,8 ind/m² ($\pm 14,1$ SD). Noterbart var att Vättern med håvdata hade signifikant lägre tätheter av *M. relicta s.l.* än Vänern, medan ingen signifikant skillnad förelåg med trål – som dock indikerade högre tätheter i Vättern. Vad är då korrekt resultat? Håv gav högre medeltäthet och mindre variation mellan proven. Detta indikerar att håvresultaten bör vara att föredra. Alltså var tätheten av *M. relicta s.l.* lägre i Vättern.

3.1.1.4 *P. quadrispinosa*

P. quadrispinosa fångades i alla djupzoner, men tätheten ökade vid 40 m djup eller mer (Figur 7). Antalet fångade individer jämfördes på djup av 40-100 m. Det fanns 45 dubbelpar av prov för jämförelse.



Figur 7. Tätheter ($\pm 95\%$ -konfidensintervall) av *P. quadrispinosa* per m^2 med trål respektive håv sammantaget i Vänern och Vättern per djupzon.

Medeltätheten av *P. quadrispinosa* var $0,43 \text{ ind}/m^2$ ($\pm 0,82 \text{ SD}$) i trål och $2,3 \text{ ind}/m^2$ ($\pm 2,83 \text{ SD}$) i håv. Skillnaden var signifikant (parat t-test, $t=4,24$, $df=44$, $p<0,001$). Om CV beräknas från dessa värden var den 190% respektive 123%. Den större variationen jämfört med *M. relicta s.l.* torde delvis bero på de lägre individtätheterna.

Andelen nollprov i de utvalda djupzonerna, dvs prov utan fångst av *P. quadrispinosa*, var 10 (22%) med trål och hela 29 (64%) med håv. Trots den stora skillnaden var mängden nollprov inte signifikant skild (Pearson Chi-square, $df=1$, $p=0,16$, tväsidigt). Med tanke på låg täthet per prov och många nollprov gav inget av redskapen ett nöjaktigt resultat när det gäller kvantifiering av *P. quadrispinosa*.

Redskapen bör dock kunna användas för att detektera *P. quadrispinosa*. Om vi behandlar alla prov i djupzonen 40 m eller mer sammantaget samt inte skiljer på sjöarna var risken för nollprov således 0,22 resp 0,64 trots att arten bevisligen förekom. Hur många prov bör man då ta för att vara säker på att inte missa förekomst av arten i dessa miljöer? Tar man två prov är risken för två nollprov $0,22 * 0,22$ för trål. Detta motsvarar 0,048. Risken att få två nollprov om arten förekommer var således ringa. Tar man tre prov var risken 0,01, dvs 1%. Vid fem prov var risken $0,22^5=0,0005$. För håv krävs 7 prov för att hamna på en risknivå under 5%.

Ett alternativ till att beräkna tätheter av arten på enskilda prov är att poola, lägga samman, flera prov. Vi negligerar skillnader i djup och mellan sjöar och poolar proven fem och fem. För vardera metoden har vi då 9 sammelprov. Eftersom trål verkade vara en bättre metod gjorde vi beräkningar för den. De fem delproven slumpades ut och sedan beräknades medeltätheten per $5 m^2$. Den var $2,4 \text{ ind}/5 m^2$ ($\pm 1,4$), dvs en CV på 58%. Nio slumpvisa prov (totalt 45 delprov) på 40-100 m gav alltså en hyfsad skattning av populationstätheten. Det går genom bootstrapping att närmare utreda hur många sammelprov (med vardera fem stickprov) som behövs för en acceptabel precision i populationsskattningen.

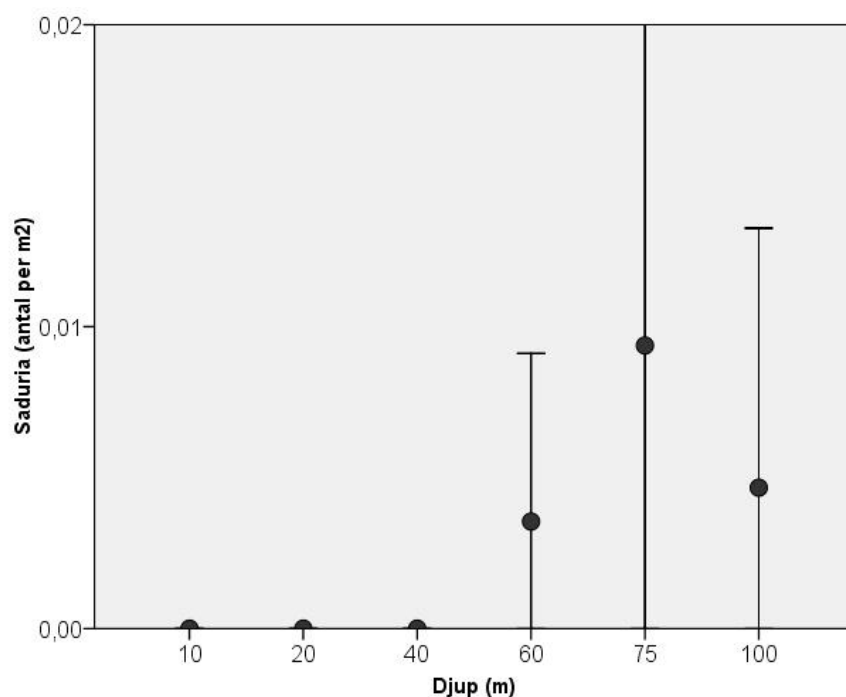
Förelåg det skillnader i täthet av *P. quadrispinosa* mellan sjöarna? Initialt kan man ju se hur ofta arten påträffades i respektive sjö. Oavsett metod var andelen tomma prov 20% i Vänern och 21% i Vättern. Således ingen skillnad. En jämförelse av tätheterna i sjöarna utgående från tråldata på 40-75 m vattendjup skedde med Mann-Whitney U-test för att hantera den stora mängden nollprov. Då betraktas alla prov sammantaget, dvs proven jämförs inte parvis. Medeltätheten av *P. quadrispinosa* i Vänern var 0,69 ind/m² ($\pm 1,10$ SD) och i Vättern 0,22 ind/m² ($\pm 0,43$ SD), vilket var signifikant skilt (Mann-Whitney U-test, U=112, df=20+21, Z=-2,58, p=0,010)

3.1.1.5 *S. entomon*

S. entomon fångades i extremt låg täthet och bara på stora djup (Figur 9). Efter 78 genomförda prov med både trål och håv på djup om 60 m eller mer, påträffades *S. entomon* bara i nio prov (11,5%). Andelen nollprov var således 88,5%. Med trål (n=33) var antalet nollprov 73% och med håv (n=45) 100%.

Fortsatt analys sker således på tråldata. För att vara rimligt säker ($p < 0,05$) på att man inte missat *S. entomon* med trål i sjöar som har arten i samma utsträckning som Vänern och Vättern skulle man behöva genomföra 10 tråldrag i djupzonen.

Någon skattning av populationstätheten är inte rimlig. Tio stickprov sammanfördes till ett sammelprov, vilket innebar att befintligt material räckte till 3 sammelprov. De tio stickproven



Figur 9. Tätheter ($\pm 95\%$ -konfidensintervall) av *S. entomon* per m² med trål respektive håv sammantaget i Vänern och Vättern per djupzon.

slumpades på olika sätt 3 * 5 gånger, dvs så att effekten av att ta tre sammelprov testades vid fem olika tillfällen. Eftersom proven slumpades ur samma material bör resultatet vara likartat. Slumpningen skedde dock med återläggning. Medelvärdet av skattningen med sammelprov blev 0,14-0,25 *S. entomon* per 10 m² (Tabell 2). CV varierade från 31% till 100%. Inga nollprov erhöles men uppenbarligen krävs fler sammelprov för att få en täthetsskattning av *S. entomon* som är stabil.

Tabell 2. Fem genomförda slumpningar som vardera innebär att tre sammelprov skapats varefter medeltäthet av *S. entomon* per 10 m² beräknats för tråldrag från båda sjöarna.

	Antal sammelprov	Medel	Std. Deviation
Försök 1	3	,1500	,09539
Försök 2	3	,2467	,07572
Försök 3	3	,1533	,07095
Försök 4	3	,1800	,18083
Försök 5	3	,1400	,05568

Det är inte meningsfullt att jämföra sjöarna eftersom materialet med data från djup på 60 m eller mer var sammantaget för håv och trål 10 i Vänern och 15 i Vättern. Andelen nollprov i sjöarna var 67% respektive 78%, en skillnad som inte var signifikant i en chi-square analys av förekomst/avsaknad av arten.

3.1.2 Jämförelse mellan håv/trål och bottenhuggare

Uppgifter om tätheter hos de glacialrelikta kräftdjuren i undersökningarna med bottenhuggare utgörs av årsmedelvärden (se SLU:s databas för bottenfauna).

3.1.2.1 *Gammaracanthus lacustris*

Bottenhugg verkade inte vara en lämplig metodik för övervakning av *G. lacustris*. Andelen nollprov, beräknat på årsmedelvärden per lokal, var i ordning 90% (Tärnan SSO), 89% (Megrundet N), 77% (Omberg), 60% (Visingsö SV) samt 79% (St Aspön SO). Arten noterades således något oftare i Vättern. Medeltätheten av arten per kvadratmeter var i ordning; 0,8, 1,9, 1,7, 3,1 respektive 0,8 ind/m². Vid jämförelse av lokalerna i Vänern med lokalerna i Vättern var det endast möjligt att jämföra om arten saknades eller förekom ett år. Jämförelsen kan då göras med chi-square test. I Vänern påträffades arten vid 8 av 74 årsmedelvärden (11%), i Vättern vid 28 av 98 (28%), en skillnad som var signifikant (Pearson chi-square=8,03, df=1, p=0,005). Arten var alltså mer frekvent förekommande i Vättern, vilket motsäger resultatet från trål/håv (avsnitt 3.1.1.4). Sammantaget fungerade ingen av metoderna speciellt bra för arten.

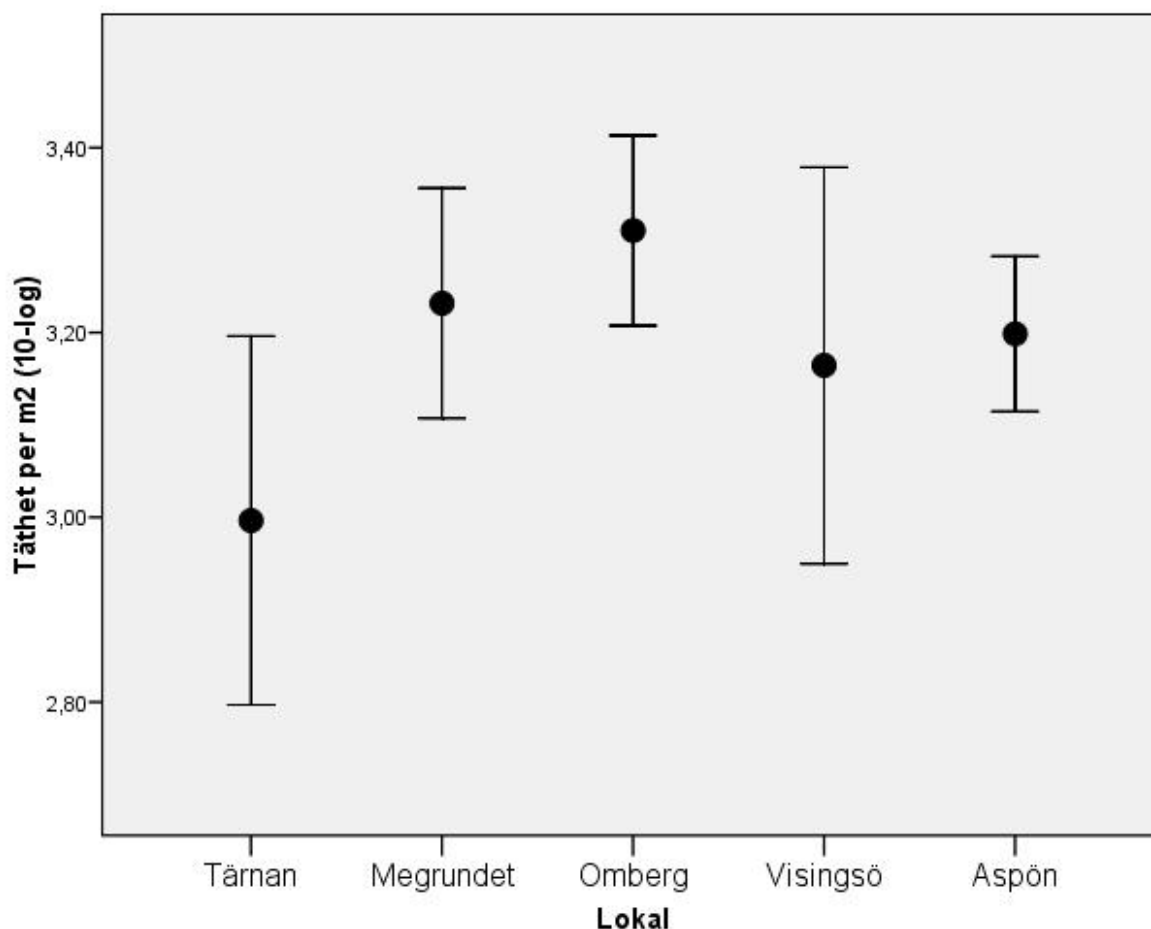
3.1.2.2 *Monoporeia affinis*

För enstaka stationer var medelvärden av tätheten av *M. affinis* (fångade med bottenhuggare) ganska väl samlade runt ett genomsnittligt värde, medan det på andra stationer var en något skev fördelning åt höger. De årliga medelvärdena på respektive station transformerades därför med Log10.

Det förelåg inga signifikanta trender över tid under perioden 1984-2009, dvs perioden med mest kompletta data från samtliga stationer. Den bivariata Pearson korrelationskoefficienten mellan årtal och logaritmerad täthet var 0,267, 0,26, -0,14, -0,22 respektive -0,16 för Tärnan SSO, Megrundet N, Omberg, Visingsö SV och St Aspön SO (n=25 till 26; p=0,20 till 0,48).

Medeltätheten (logaritmerade värden) var för stationerna i ordning 3,00 (SD 0,48); 3,23 (SD 0,30); 3,31 (SD 0,25); 3,16 (SD 0,53); 3,20 (SD 0,21). Detta innebär att variationskoefficienten (CV) var i ordning 16%, 9%, 8%, 17% respektive 6%. Det är något oegentligt att räkna CV på medelvärdena, men data visar ändå att variationen runt genomsnittet för samtliga år på respektive station var ringa. Analysen indikerar starkt att denna metodik är lämpligast av trål, håv och bottenhuggare för *M. affinis*, vilket inte var förvånande för en art som ligger nedgrävd i sedimentytan.

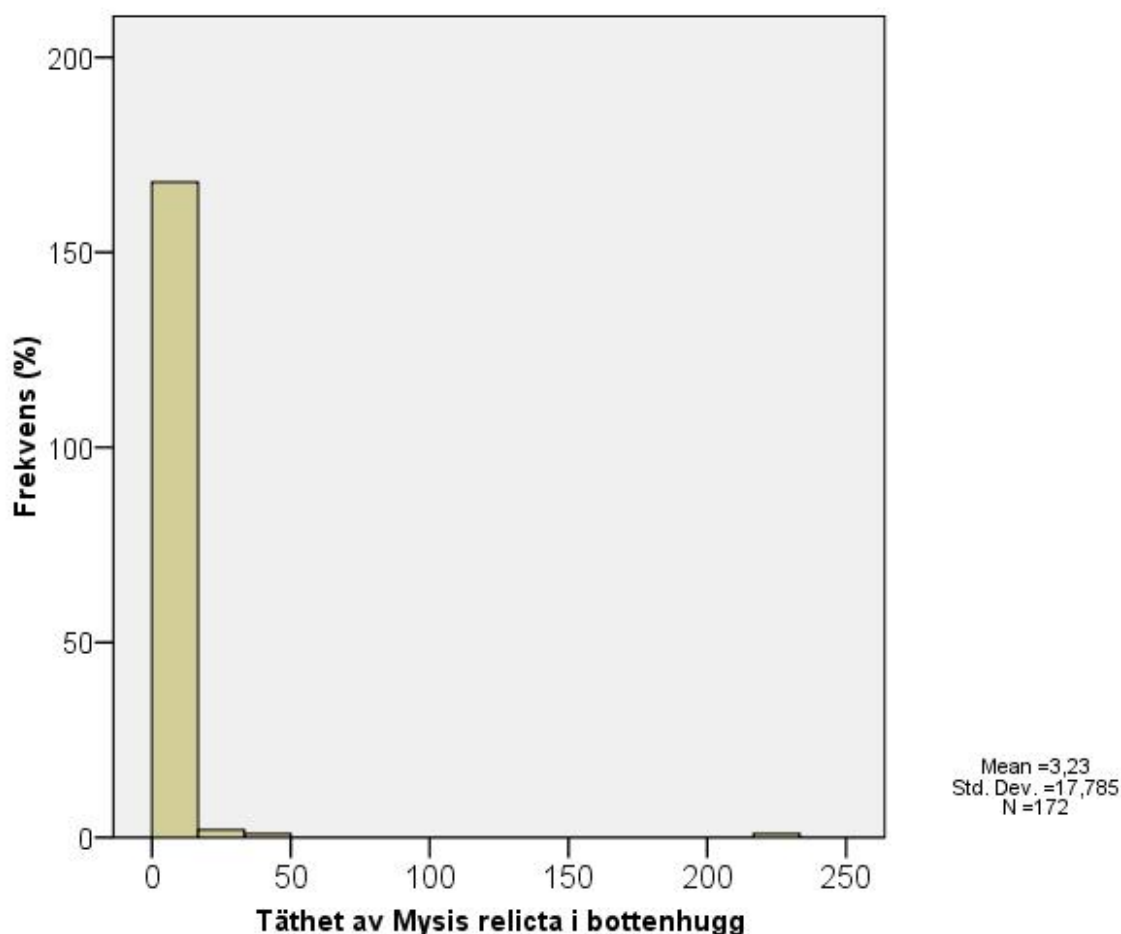
Noterbart var att det förekom signifikanta skillnader mellan de båda stationerna i Vänern (t-test på logaritmerade medeltätheter, $t=2,06$, $df=48$, $p=0,045$). Mellan de tre stationerna i Vättern förelåg ingen signifikant skillnad (Anova, $F_{2,75}=1,16$, $p=0,317$) (Figur 10).



Figur 10. Medeltäthet av *M. affinis* per kvadratmeter (10-loggade värden) på två stationer i Vänern (till vänster) och tre stationer i Vättern (till höger) perioden 1984-2009 under augusti-september vid prov med Ekman- eller van Veen huggare.

3.1.2.3 *Mysis relicta s.l.*

Medeltätheten av *M. relicta s.l.* per lokal och år var låg i prov insamlade med bottenhuggare. Framför allt förekom många nollprov, trots att medelvärdet utgjordes av 6,8-8 enskilda bottenhugg i genomsnitt. Andelen nollprov, dvs andelen år då medelvärdet för täthet av *M. relicta s.l.* var noll, var 74%, 86%, 69%, 66% respektive 79% för lokalerna i den ordning de nämnts ovan. För det samlade materialet var 128 av 172 årsmedelvärden lika med noll (Figur 11). Detta visar att metodiken inte är lämplig för övervakning av *M. relicta s.l.*.



Figur 11. Fördelning av täthet (ind/m²) av *M. relicta* s.l. som årsmedelvärde vid undersökningar med bottenhuggare på fem lokaler, två i Vänern och tre i Vättern.

Man kan jämföra sjöarna med avseende på saknad/förekomst av *M. relicta* s.l. i årsmedelvärdena. De olika lokalerna i respektive sjö slås därvid samman. Andelen nollprov var 79,7% i Vänern och 70,4% i Vättern. Denna skillnad var inte statistiskt signifikant (Pearson chi-square=1,9, df=1, p=0,165).

3.1.2.4 *Pallasea quadrispinosa*

Liksom för *G. lacustris* och *M. relicta* s.l. var det vanligt med nollprov för *P. quadrispinosa* i prov insamlade med bottenhuggare. På lokal Tärnan SSO i Vänern var andelen 82% och på lokal Megrundet N i samma sjö 63%. För lokalerna i Vättern, Omberg, Visingsö SV och St Aspön SO, var andelen nollprov i ordning 57%, 50% respektive 64%. Medeltätheten av *P. quadrispinosa* i dessa årsmedelvärden var 1,4- 5,6 ind/m². Det förelåg ingen signifikant korrelation mellan lokaler (Spearman rank korrelation). Utan närmare analys kan konstateras att metodiken inte är lämplig för övervakning av *P. quadrispinosa*.

Vid jämförelse av lokalerna i Vänern med lokalerna i Vättern är det enbart möjligt att studera om arten saknades eller förekom ett år. Jämförelsen kan då göras med chi-square test. I Vänern påträffades arten vid 27% av årsmedelvärdena, i Vättern vid 44%, en skillnad som var signifikant (Pearson chi-square=5,2, df=1, p=0,023). *P. quadrispinosa* var således mer frekvent förekommande i Vänern enligt bottenhuggen, vilket var förväntat eftersom tätheten var signifikant högre i Vänern enligt trålprov (avsnitt 3.1.1.3).

3.1.2.5 *Saduria entomon*

S. entomon fångades generellt sällan med bottenhuggare på de flesta lokaler. Andelen nollprov, dvs år utan fångst av arten, var 80% (Tärnan SSO), 72% (Megrundet N), 80% (Omberg), 100% (Visingsö SV) och 28% (St Aspön SO). Noterbar var den stora skillnaden mellan Visingsö SV och St Aspön SO. Orsaken till skillnaden är oklar. Medelvärdet av *S. entomon* per lokal var i ordning 1,8, 3,0, 1,8, 0 respektive 13,8 ind/m². Det senare höga värdet vid St Aspön SO berodde framför allt på ett extremt värde (249 ind/m²), exkluderas det var medelvärdet för lokalen 5,0 ind/m². Jämför man sjöarna rakt av, Vänern två lokaler och Vättern tre lokaler, förelåg dock ingen skillnad i saknad/förekomst av *S. entomon* i proven mellan sjöarna (Pearson chi-square=0,82, df=1, p=0,35). Arten har inte alls noterats i bottenhugg vid Visingsö i Vättern och inte sedan 1982 vid Omberg, däremot har arten påträffats ofta vid St Aspön och varje år från och med 1995.

3.2 Sammanfattande jämförelse av täthet mellan Vänern och Vättern samt viss jämförelse med andra sjöar

De glacialrelikta kräftdjuren påträffades framförallt på större djup (40 m och djupare). *M. relicta s.l.* och *P. quadrispinosa* kunde dock i mindre antal förekomma på 10 och 20 m. Även *M. affinis* förekom i enstaka exemplar på 20 m. Däremot påträffades de sällsyntare *G. lacustris* och *S. entomon* endast på 60 m djup och djupare.

M. affinis påträffades i håv- och trålprov framförallt på större djup (60 m och djupare) men endast i låga tätheter i båda sjöarna. Antalet fångade individer var dock 10 gånger högre i trål än i håv och variationen runt medelvärdet var också mindre. Trål var således att föredra, men enstaka tråldrag gav för instabilt resultat och förslagsvis bör fem tråldrag slås samman till ett prov för att stabilisera resultaten. Vid undersökningar inom den nationella/regionala övervakningen med bottenhuggare har medeltätheten däremot varit hög (ca 1000- 2000 ind/m²) på de olika stationerna i Vänern och Vättern (se SLU:s databas för bottenfauna). Variationen runt genomsnittet för samtliga år på respektive station har varit liten. En signifikant högre medeltäthet av *M. affinis* noterades vid Megrundet N i jämförelse med Tärnan SSO i Vänern. En liknande skillnad fanns inte mellan de tre stationerna St Aspön SO, Omberg och Visingsö SV i Vättern. Någon skillnad i täthet mellan Vänern och Vättern för bottenhuggare förelåg ej (se figur 10). Det förelåg heller inga signifikanta trender i sjöarna över tidsperioden 1984-2009, dvs perioden med mest kompletta data från samtliga stationer. Goedkoop & Johnson (2001) som studerat tätheten av *M. affinis* under augusti-september åren 1982-2000 angav dock att tätheten i Vänern gradvis hade ökat under 1990-talet och angav också att tätheten av *M. affinis* i Vättern vanligen var mycket lägre än i Vänern. Under de senaste åren har dock tätheten hos arten åter minskat i Vänern (se SLU:s databas för bottenfauna). En jämförelse av den tidsmässiga variationen visade att den överensstämde väl mellan de nämnda stationerna i Vänern liksom mellan stationerna Omberg och Visingsö i Vättern (Goedkoop & Johnson 2001).

M. relicta s.l. fångades i håv- och/eller trålprov på alla djup från 10 m och neråt, men förekom framförallt på 40 m djup och djupare. En signifikant större medeltäthet noterades i håvprov i Vänern (49,2 ind/m², ±28,4 SD) i jämförelse med Vättern (33,8 ind/m², ±14,1 SD). Medeltätheten i trålprov i båda sjöarna var klart lägre än i håvprov, medan skillnaden mellan sjöarna inte var signifikant. Den högsta tätheten av *M. relicta s.l.* i håvprov i Vänern noterades utanför Åmål (Tösse) över 70-80 m djup (89-134 ind/m²), medan den högsta tätheten i Vättern noterades över 110-115 m djup utanför Jönköping i Vättern (73-95 ind/m²). Andelen bottenhugg som innehöll arten i Vänern respektive Vättern skilde sig inte signifikant från varandra.

I Sverige har det gjorts få skattningar av individtätheten hos *M. relicta s.l.* med hjälp av håvning. Några undantag finns dock t ex Rogsjön i Dalarna 2011 (Kinsten opubl) och några svenska fjällsjöar

med inplanterade bestånd som undersöktes under 1980-talet (Kinsten opubl.). Resultaten i Rogsjön låg i nivå med resultaten i Vänern och Vättern. Däremot var resultaten från fjällsjöarna både högre och lägre än de som skattats för Vänern och Vättern 2011. Uppgifter om individtäthet hos *M. relicta s.l.* finns angivna för ett antal norska sjöar med inplanterade bestånd (t ex Langeland et al. 1982, 1986, Arnekleiv & Koksvik 1986, Koksvik & Arnekleiv 1988, Langeland 1988, Koksvik et al 2009). Uppgifter finns även från finska sjöar med naturliga bestånd (t ex Hakala 1978, Bagge et al. 1996). Flera sjöar i Nordamerika har också uppgifter om täthet hos nämnda art (där dock arten numera benämns *M. diluviana*) (t ex Carpenter et al. 1974, Morgan et al. 1978, Johannsson 1992, Pothoven et al. 2004, Pothoven et al. 2010). Av dessa undersökningar framgår att skillnaden i individtäthet hos nämnda art(-er) kan vara stor mellan olika sjöar, men också att den kan variera en hel del inom en och samma sjö. En sjö som kan vara intressant att jämföra med är Mjösa som inte ligger så långt från Vänern och Vättern. Mjösa är stor (Norges största sjö) om än betydligt mindre till ytan än Vänern och Vättern, mycket djup (453 m) och relativt näringsfattig. Sjön har naturliga bestånd av flera glacialrelikta kräftdjur (*M.relicta s. l.*, *P.quadrspinosa*, *G.lacustris* och *L.macrurus*) och är ovanligt väl undersökt vad gäller dessa djur och framförallt *M. relicta s.l.* I sjön har skattningar av individtätheten hos denna art pågått sedan 1972 (Kjellberg et al. 1991, Lövik et al. 2010). En jämförelse mellan den ovan angivna individtätheten hos *M. relicta s.l.* i Vänern och Vättern och individtätheten i Mjösa (c:a 50-500 ind/m²) visade att tätheten i genomsnitt tycktes vara något större i Mjösa. Kjellberg et al. (1991) angav bl a en medeltäthet av arten på 200 ind/m² för en period i slutet av 1970-talet då sjön var mer näringsrik än idag (Lövik et al. 2010), men betonade också att fluktuationerna kunde vara stora.

P. quadrispinosa förekom i trål- och/eller håvprov på alla djup från 10 m och neråt. Tätheten var generellt sett högre från 40 m och djupare än på 10 och 20 m. Tendensen till större täthet mot större djup som kunde återfinnas hos flera av de övriga arterna var dock inte lika tydlig hos *P. quadrispinosa*. Någon signifikant skillnad mellan sjöarna kunde inte påvisas vad gällde andelen håv- och trålprov (summa håv och trål) där arten förekom. En täthetsskattning av *P. quadrispinosa* med hjälp av trålprov inom djupintervallet 40-75 m gav en medeltäthet i Vänern på 0,69 ind/m² ($\pm 1,10$ SD) och i Vättern på 0,22 ind/m² ($\pm 0,43$ SD). Skillnaden mellan sjöarna var signifikant. En stor andel av de bottenhugg som gjorts i Vänern och Vättern saknade arten, men den noterades vid fler tillfällen i Vättern än i Vänern. En skillnad som också var signifikant.

G. lacustris förekom i låg täthet i båda sjöarna och endast på 60 m och djupare. Någon skillnad i täthet mellan sjöarna gick inte att utläsa av det låga antalet insamlade individer av arten. Andelen prov av det sammanlagda antalet håv- och trålprov där arten påträffades var nästan signifikant större i Vänern än i Vättern. En skattning av artens medeltäthet gav värdet 0,28 ind/5 m² ($\pm 0,21$ SD) i trålprov för båda sjöarna sammantaget. I undersökningarna med bottenhuggare påträffades arten vid signifikant fler undersökningstillfällen i Vättern än i Vänern. *G. lacustris* noterades inte i undersökningsområdet vid Olshammar i Vättern 2011.

Då antalet fynd av *S. entomon* i håv- och trålprov var mycket få var det inte meningsfullt att jämföra tätheten mellan sjöarna. En skattning av medeltätheten sammantaget i Vänern och Vättern med hjälp av trålprov gav tätheten 0,14-0,25 ind/10 m². Andelen prov med fynd av arten i dessa prov skilde sig inte signifikant mellan Vänern och Vättern. Någon skillnad i förekomst i undersökningarna med bottenhuggare kunde heller inte påvisas mellan sjöarna. I Vättern har arten under de senaste c:a trettio åren endast påträffats vid stationen vid St Aspön, där arten noterats varje år från och med 1995.

3.3 Sammanfattning av metodjämförelsen och rekommendation av metoder för skattning av täthet hos glacialrelikta kräftdjur.

M. affinis förekom endast i låga tätheter i håv- och trålprov. Sjöarnas sammanlagda medeltäthet var dock klart högre i trålprov än i håvprov. Tätheten i trålprov var dock mycket skevt fördelade med många låga värden och enstaka höga värden, vilket bl a kan bero på artens utbredningsmönster, beteende, skillnader mellan sjöarna mm. Tätheten hos arten för Vänern och Vättern sammantaget skattades till c:a 10 ind/m² med hjälp av trålprov. Variationen var dock stor. Betydligt större var den beräknade medeltätheten på olika stationer baserat på prov med bottenhuggare inom den nationella/regionala övervakningen sedan början av 1970-talet (se SLU:s databas för bottenfauna). Den redovisade medeltätheten skattad med bottenhuggare har varierat mellan c:a 1000 till mer än 2000 ind/m². Artens variation i medeltäthet runt genomsnittet för alla år på respektive station där bottenhuggare använts har dessutom varit liten och betydligt mindre än vad fallet var för trålen. Bottenhuggare var således att föredra för sampling av arten. *M. affinis* har, tillsammans med *S. entomon*, i större utsträckning än de övriga glacialrelikta kräftdjuren beteendet att gräva ner sig i sedimentet (Kjällman & Grimås 1967, Hill & Elmgren 1987, Karlsson & Leonardsson 2004) och har därför större svårigheter att undkomma bottenhuggare som ju samlar in den översta delen av sedimentet. Den statistiska analysen visade också att bottenhuggare var den klart bästa metoden för övervakning av *M. affinis*. Metoden har också använts sedan länge och ansågs av Leonardsson & Sparrevik (1995) vara den säkraste metoden för att skatta tätheter av *M. affinis*. Nämnade författare framhöll också att van Veenhuggaren (som använts i Vättern fr o m 2004) hade flera fördelar framför Ekmanhuggaren och ansågs av dem vara den bästa bottenhuggaren. En generell fördel med bottenhuggare är att de fångar djur som finns djupare ned i sedimentet, medan en generell nackdel med dessa redskap är att de täcker en, i jämförelse med de övriga metoderna, liten yta. För att insamla ett större antal individer på en viss lokal av arter som förekommer i litet antal kan det därför krävas ett mycket stort antal bottenhugg.

Medeltätheten av *M. relicta s.l.* skattad med hjälp av håv var signifikant större än medeltätheten i trålprov. Variationen i prov med håv var dessutom nära hälften så stor som variationen i trålprov. Bottenhuggare bedömdes inte vara lämplig för övervakning av *M. relicta s.l.*, då andelen nollprov var nära 75%. Slutsatsen blir att håvning nattetid rekommenderas som insamlingsmetod av *M. relicta s.l.* på grund av lägre variation runt medelvärdet. En fördel med håvmetoden är att den tar prov i en stor volym över en hel djupprofil och fångar djur som finns i sjöns pelagial. Ett exempel på en svaghet med metoden är att håvtekniken kan underskatta individtätheten av en art då håven inte filtrerar hela vattenpelaren beroende på det motstånd i vattnet som uppstår då en finmaskig håv dras genom vattnet. För att minska det felet kan en flödesmätare anbringas i håvens mynning för att därigenom kunna beräkna vattenvolymen som passerar håven. En annan nackdel med metoden kan uppstå om en del av en population förekommer mycket nära eller i botten under natten och därigenom inte fångas av håven. Sell (1982) ansåg dock, liksom den slutsats som gjordes i denna undersökning, att vertikala håvdrag nattetid var den bästa tillgängliga metoden för skattning av individtätheten hos *M. relicta s.l.*. I en jämförelse mellan bl a vertikal håvning, trålning med mysistrål och bottenhugg med Ekmanhuggare noterades också att vertikal håvning var den mest effektiva metoden vid fångst av nämnda art (Bagge et al. 1996). I den sistnämnda undersökningen tilläts håven dock ligga på botten i 5 minuter innan insamlandet påbörjades genom att håven drogs upp mot ytan.

Det bör också påpekas att det pågår en intressant utveckling av hydroakustiska metoder för skattning av individtätheten hos *M. relicta s.l.*. Tekniken har tidigare prövats i Vättern (Axenrot m fl 2009). Under 2011 användes åter denna teknik i samband med en undersökning av stora djurplankton i Vänern och Vättern då även sistnämnda art registrerades (Ragnarsson Stabo m fl. 2012).

Medeltätheten av *P. quadrispinosa* i håvprov var signifikant större än i trålprov. Variationen hos dessa två metoder var större än hos *M. relicta* s.l. vilket förmodligen kan förklaras med den lägre tätheten hos *P. quadrispinosa*. Liksom hos *M. relicta* s.l. var även variationen större i trålprov än i håvprov. Även om håvning gav signifikant högre tätheter än trålning var tätheten låg per prov och då arten också saknades i många prov gav inget av redskapen ett godtagbart resultat när det gäller kvantifiering av *P. quadrispinosa*. Redskapen bör dock kunna användas för att upptäcka arten. Det skulle dock sannolikt krävas klart fler håvprov än trålprov för att nå ungefär samma möjlighet att finna arten. Trålen är alltså att föredra om uppgiften är att upptäcka arten i en sjö. Bottenhuggare (i första hand Ekmanhuggare) kan heller inte anses lämplig för övervakning av *P. quadrispinosa* då arten saknades i 50-82 % av alla prov med den metoden. Kjällman & Grimås (1967) visade dock att en betydande del av en population av *P. quadrispinosa* kan förekomma på sedimentdjup ned till 5-10 cm. Om bottenhuggare väljs för skattning av täthet hos denna rörliga art bör van Veenhuggare komma i första hand då det redskapet bl a har tätare luckor i dess övre del än Ekmanhuggaren, vilket förhindrar att djur kan undkomma den vägen (jfr Blomqvist 1990). Det kan nämnas att en högre medeltäthet har noterats med van Veenhuggaren än för Ekmanhuggaren framförallt vid Omberg i Vättern, däremot gav Ekmanhuggaren en något högre medeltäthet vid Visingsö. Andelen nollprov var också klart lägre för van Veenhuggaren än för Ekmanhuggaren på alla tre stationerna. Antalet undersökningstillfällen med van Veenhuggaren i Vättern har dock hittills varit få och fler undersökningsår med van Veenhuggaren behövs därför innan några mer välgrundade slutsatser om skillnaden i effektivitet mellan redskapen kan anges. Det återstår alltså tills vidare att finna en bra metod för skattning av tätheten hos *P. quadrispinosa*.

Enligt Svärdson m fl. (1988) uppträder den sällsynta *G. lacustris* framförallt i de djupare delarna av en sjö och vertikalvandrar och kan även påträffas i härvor av vegetation eller nät (Olle Lind, Risede respektive Gösta Kjellberg, Roa, Norge muntl.medd.). Endast en liten andel av de prov som insamlades med de tre metoderna innehöll *G. lacustris*. Möjligheten att finna arten var dock större för trål än för håv. Arten påträffades dock endast i låg täthet med nämnda redskap. Ingen av metoderna kan därför rekommenderas för skattning av tätheten hos *G. lacustris*. Bagge et al. (1996) ansåg dock vid en jämförelse mellan vertikalhåv, mysistrål och Ekmanhuggare att vertikala håvdrag var den bästa metoden för skattning av individtätheten hos *G. lacustris*. Håvtekniken innebar i det fallet att håven tilläts ligga på botten i 5 minuter för att därefter dras upp mot ytan, varvid fångst endast tilläts ske under håvens uppväg.

S. entomon fångades i extremt låg täthet i trålprov och noterades inte i alla håvprov. För att kunna bekräfta att arten finns i en sjö i nämnda djupzon med samma täthet som i Vänern och Vättern skulle det behövas tio tråldrag. Arten har också sällan fångats i bottenhugg. Sammantaget kan utifrån metodjämförelsen ingen av metoderna rekommenderas för skattning av täthet hos *S. entomon*. En klart högre medeltäthet har dock noterats vid St Aspön med hjälp av van Veenhuggare i jämförelse med Ekmanhuggaren. Antalet undersökningstillfällen med van Veenhuggaren har dock som nämnts hittills varit få, varför några generella slutsatser om skillnader får anstå tills ett bättre underlag erhållits. Kjällman & Grimås (1967) visade att *S. entomon* tillsammans med *M. affinis* var de arter som förekom djupast i sedimentet, vilket också torde tala för ett redskap som samlar in även djupare sediment. Leonardsson & Sparrevik (1995) angav också bottenhuggare, speciellt van Veenhuggare, som den säkraste metoden för kvantifiering av *S. entomon*.

Av ovanstående framgår att två metoder i första hand bör användas för skattning av de glacialrelikta kräftdjurens individtäthet, nämligen van Veenhuggare och stor håv. Van Veenhuggaren har flera fördelar framför Ekmanhuggaren. Den täcker en större bottenyta, har tätare lock, har mindre variation i grävdjup och går att använda vid sjögång (Leonardsson & Sparrevik 1995). Van Veenhuggaren bör i första hand användas för fångst av *M. affinis*, medan stor håv bör användas för fångst av *M. relicta* s.l.

under den mörka delen av dygnet. Den sistnämnda metoden kan också användas för fångst av den lilla planktiskt levande *L. macrurus*, som inte ingick i denna jämförelse men som ingick i SLU:s undersökningar av rovdjursplankton i Vänern och Vättern 2011 (Ragnarsson Stabo m fl 2012). Metodjämförelsen kunde inte anvisa någon lämplig metod för fångst av *G. lacustris*, *P. quadrispinosa* och *S. entomon*. Andra författare har dock rekommenderat van Veenhuggare för fångst av *S. entomon* och håv för fångst av *G. lacustris*.

Trålning gav flest individer och flest arter/undersökningstillfälle och tycks vara den metod som fungerar bäst då undersökning av förekomst av flera arter skall göras. Då trålen kan svepa över stora ytor på kort tid kan metoden också användas för insamling av stora mängder organismer som förekommer nära sedimentytan, vilket t ex kan vara värdefullt vid beskrivning av arters relativa djupfördelning. Arter som förekommer i låg täthet (t ex *G. lacustris* och *S. entomon* i Vänern och Vättern) kan också med större sannolikhet infångas vid varje provtagningstillfälle. Metoden är dock behäftad med ett antal begränsningar vid skattning av täthet och ger vanligen låga tätheter av de undersökta arterna. Hinder på botten, variationer i bottenpografi och mängden insamlat sediment i trålen är faktorer som kan inverka på effektiviteten vid trålningen. Det är också svårt att skatta den exakta trålsträckan. Metoden är dock mycket använd och kan, med medvetenhet om dess begränsningar, användas vid vissa tillfällen för s k semikvantitativ beskrivning av de glacialrelikta kräftdjurens individtäthet.

För att förbättra möjligheter till jämförelser är det en fördel om de metoder som används i Vänern och Vättern är desamma. För att öka möjligheten till slutsatser om förändringar i de glacialrelikta kräftdjurens populationer orsakade av storskalig miljöpåverkan som t ex klimatförändring är det också en fördel om ytterligare stora sjöar undersöks med samma metodik. En sjö som är intressant i detta avseende är Norges största sjö Mjösa, som är jämförelsevis välundersökt vad gäller glacialrelikta kräftdjur och framförallt *M. relicta* s.l.. För att nå målet att samma metodik används i de tre sjöarna kan förändringar i den nuvarande metodiken behöva göras.

En mer detaljerad beskrivning av metodiken framgår av Naturvårdsverket (2011).

4 Källförteckning

- Arnekleiv, J.V. & J.I. Koksvik. 1986. Fisk, zooplankton og *Mysis relicta* i Bangsjöene 1983-85. K. Norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1986-3. 23 s.
- Audzijonytė, A. & R. Väinölä. 2005. Diversity and distribution of circumpolar fresh- and brackish-water *Mysis* (Crustacea: Mysida): descriptions of *M. relicta* Lovén, 1862, *M. salemaai* n. sp., *M. segerstralei* n. sp. and *M. diluviana* n. sp., based on molecular and morphological characters. *Hydrobiologia* (2005) 544:89–141.
- Axenrot, T., M. Ogonowski, A. Sandström, & T. Didrikas. 2009. Multifrequency discrimination of fish and mysids. *ICES Journal of Marine Science*, 66:1106–1110.
- Bagge, P., H.-M. Liimatainen & P. Liljaniemi. 1996. Comparison of sampling methods for semipelagical animals in two deep basins of Lake Saimaa. *Hydrobiologia* 322:293–300.
- Blomqvist, S. 1990. Sampling performance of Ekman grabs – in situ observations and design improvements. *Hydrobiologia* 206:245-254.

- Carpenter, G.F., E.L. Mansey & N.H.F. Watson. 1974. Abundance and life history of *Mysis relicta* in the St. Lawrence Great Lakes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 31:319–325.
- Chippis, S.R. & D.H. Bennett. 1996. Comparison of net mesh sizes for estimating abundance of the opossum shrimp *Mysis relicta* from vertical hauls. *North American Journal of Fisheries Management*, 16:689–692.
- Fürst, M. 1965. Experiments on the transplantation of *Mysis relicta* Lovén into Swedish lakes. *Rep.Inst.Freshw.Res.*, Drottningholm 46:79–89.
- Goedkoop, W. & R.J. Johnson. 2001. Factors affecting population fluctuations of the glacial relict amphipod *Monoporeia affinis* (Lindström) in Sweden's largest lakes. *Ambio*. Vol 30. Issue 8, pp. 552–558.
- Hakkala, I. 1978. Distribution, population dynamics and production of *Mysis relicta* (Lovén) in southern Finland. *Annales Zoologici Fennici*, 15:243–258.
- Hill, C. & R. Elmgren. 1987. Vertical distribution in the sediment in the co-occurring benthic amphipods *Pontoporeia affinis* and *P.femorata*. *Oikos* 49:221–229.
- Johannsson, O. 1992. Life history and productivity of *Mysis relicta* in Lake Ontario. *J. Great Lakes Res.* 18(1):154-168.
- Karlsson, A. & K. Leonardsson. 2004. Bottniska viken 2004. Mjukbottenfauna. Umeå Marina Forskningscentrum/Institutionen för Ekologi och Geovetenskap, Umeå universitet. <http://www.havet.nu/dokument/Bv2004bottenfauna.pdf>
- Kinsten, B. 2012 a. De glacialrelikta kräftdjurens utbredning i Sverige. Havs- och vattenmyndigheten. Publ. (1). 284 s.
- Kinsten, B. 2012 b. Glacialrelikta kräftdjur i Vänern och Vättern 2011. Vänerns vattenvårdsförbund. Årsskrift 70 och Vätternårdsförbundet. 115
- Kjellberg, G., D.O. Hansen & J.P. Nilssen. 1991. Life history, growth and production of *Mysis relicta* in the large, fiord-type Lake Mjøsa, Norway. *Freshwater Biology* 26:165–173.
- Kjällman, A. & U. Grimås. 1967. Bottenfaunan. *Zoologisk Revy*. Del 1.
- Koksvik, J.I. & J.V. Arnekleiv. 1988. Zooplankton, *Mysis relicta* og fisk i Snåsavatn 1984-87. K. Norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1983-3. 55 s.
- Koksvik, J.I., H. Reinertsen & J. Koksvik. 2009. Plankton development in Lake Jonsvatn, Norway, after introduction of *Mysis relicta*: a long-term study. *Aquatic Biology*, 5:293–304.
- Langeland, A., H. Reinertsen & Y. Olsen. 1982. Undersøkelser av vannkjemi, fyto- og zooplankton i Namsvatn, Limingen og Tunnsjøen i 1979, 1980 og 1981. K. Norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1982-4. 35 s.
- Langeland, A. J.I. Koksvik & J. Nydal. 1986. Reguleringer og utsettning av *Mysis relicta* i Selbusjøen – virkninger på zooplankton og fisk. K. Norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1986-2. 103 s.
- Langeland, A. 1988. Decreased zooplankton density in a mountain lake resulting from predation by recently introduced *Mysis relicta*. *Verhandlungen des Internationalen Verein. Limnologie*, 23:419–429.
- Leonardsson, K. E. & Sparrevik. 1995. Metoder för insamling och övervakning av glacialrelikta kräftdjur. I: Vätternvårdsförbundet, Rapport 36. S. 157-171.

- Lövik, J.E., T. Baekken & R. Romstad. 2010. Tilltaksorientert övervakning av Mjösa med tilloppselver. Årsrapport/Datarapport for 2009. NIVA-rapport 5974-2010. 80 s.
- Morgan, M.D., S.T. Threlkeld & C.R Goldman. 1978. Impact of introduction of Kokanee (*Onchorhynchus nerka*) and opossum shrimp (*Mysis relicta*) on a subalpine lake. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 35:1572–1579.
- Naturvårdsverket. 2011. Undersökningstyp: Glacialrelikta kräftdjur i sjöar och vattendrag. Version 1:1.
- Pothoven, S.A., G.L. Fahnenstiel & H.A. Vanderploeg. 2004. Spatial distribution, biomass and population dynamics of *Mysis relicta* in Lake Michigan. Hydrobiologia 522:291-299.
- Pothoven, S.A., G.L. Fahnenstiel & H.A. Vanderploeg. 2010. Temporal trends in *Mysis relicta* abundance, production, and life-history characteristics in southeastern Lake Michigan. J. Great Lakes Res. 36:60-64.
- Ragnarsson Stabo, H., T. Axenrot, T. Vrede & A. Sandström. 2012. Kvantifiering av stora djurplankton i de stora sjöarna. SLU, Vänerns vattenvårdsförbund. Årsskrift 70 och Vätternårdsförbundet.115
- Sell, D.W. 1982. Size-frequency estimates of secondary production by *Mysis relicta* in Lakes Michigan and Huron. Hydrobiologia 93:69–78 .
- Svärdsson, G., O. Filipsson, M. Fürst, M. Hansson & N.-A. Nilsson. 1988. Glacialrelikternas betydelse för Vätterns fiskar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (15). 61p.

5 Förklaring till karta med symboler (bilaga 1).

Tre områden undersöktes 2011 i såväl Vänern och Vättern. I Vänern var undersökningsområdena belägna utanför Kristinehamn, utanför Åmål (Tösse) och vid Lurö, medan de i Vättern fanns utanför Olshammar, Omberg och Jönköping.

Röd linje – högsta kustlinjen (HK)

Grön yta - område ovan HK

Mörk linje - Länsgräns

Svart triangel – provpunkt för bottenfauna (se SLU:s databas för bottenfauna), som ingått i denna metodjämförelse.

Röd rund prick - provpunkt för håvning *och* trålning av glacialrelikta kräftdjur 2011

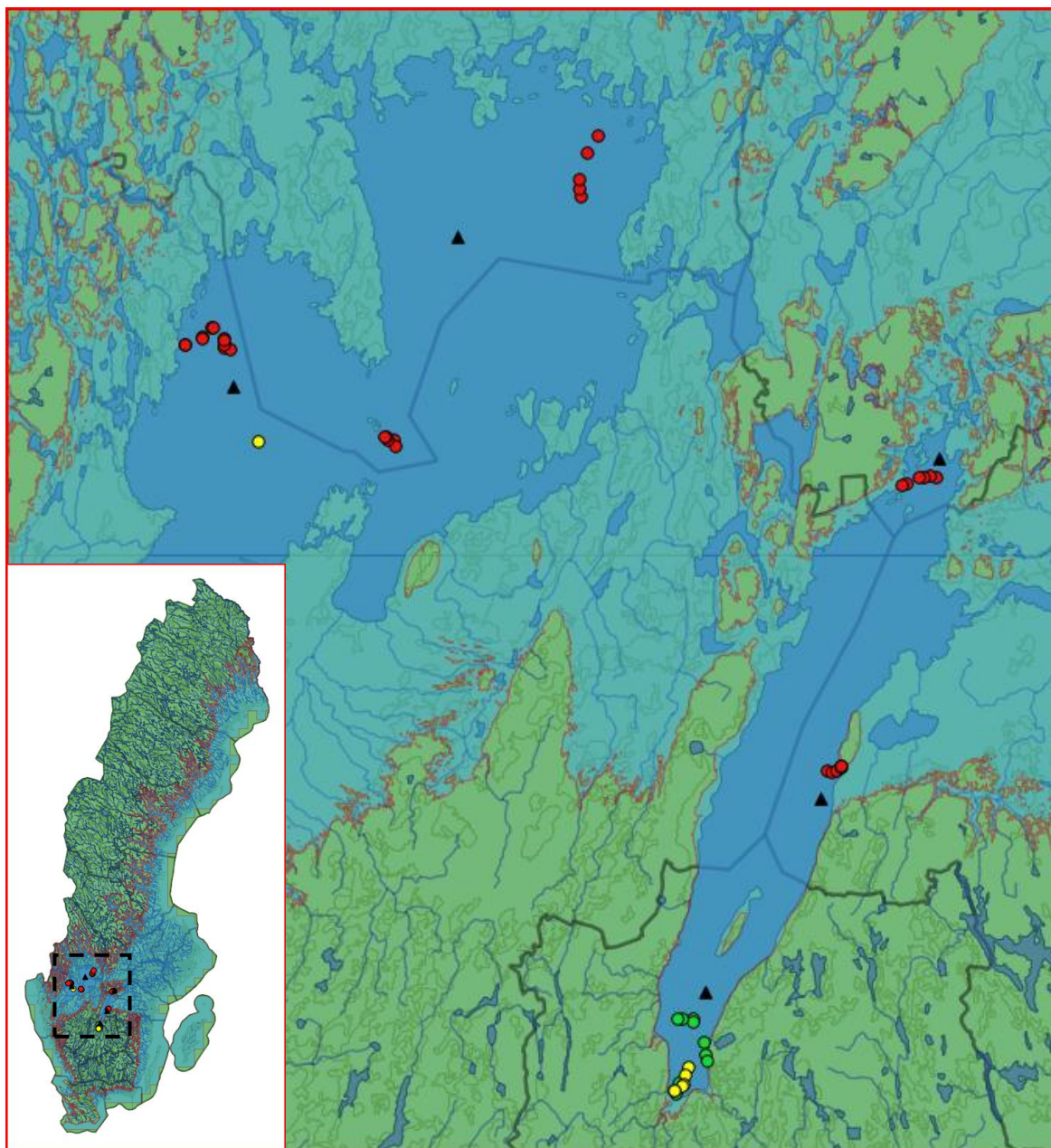
Gul rund prick – provpunkt för håvning av glacialrelikta kräftdjur 2011

Grön rund prick – provpunkt för trålning av glacialrelikta kräftdjur 2011

Bilaga 1.

Provpunkter i Vänern och Vättern där undersökning av glacialrelikta kräftdjur skett 2011 samt provpunkter för undersökning av bottenfauna (se SLU:s databas för bottenfauna) och som ingått i denna metodjämförelse.

Förklaring av karta med symboler anges i kapitel 5.



ÄRENDENUMMER NV-6492-11
AVTALSNUMMER 2161150

PROGRAMOMRÅDE SÖTVATTEN
DELPORGRAM UTVECKLINGSPROJEKT

I denna rapport presenteras resultat från projektet ”Kvantifiering av stora djurplankton i de stora sjöarna”, vilket finansierats av Havs och vattenmyndigheten.

Projektleddare

Henrik Ragnarsson Stabo

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Akvatiska resurser
Stångholmsvägen 2
178 93 Drottningholm
018-671000 (växel)

Författare: Henrik Ragnarsson Stabo, Thomas Axenrot, Tobias Vrede och Alfred Sandström, Sveriges lantbruksuniversitet

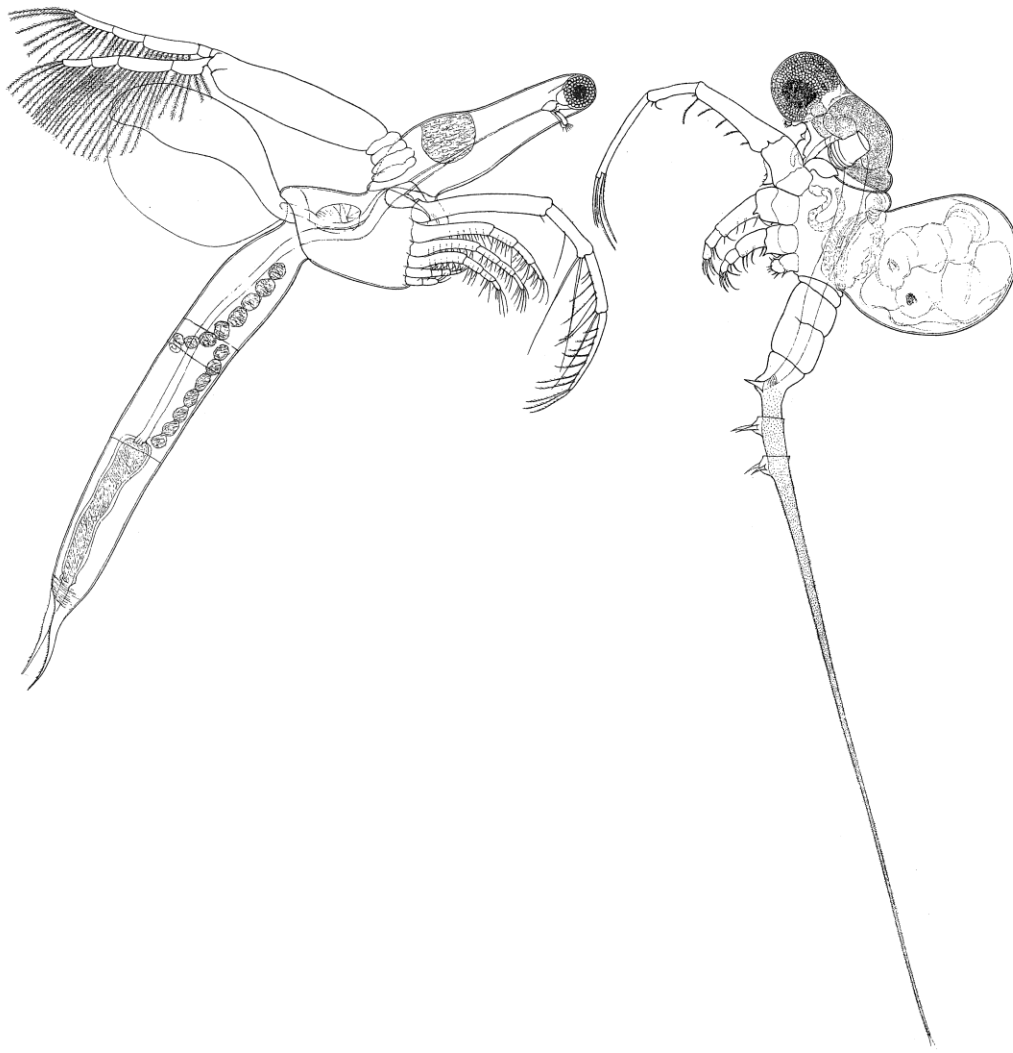
Fotografier : Anders Asp, Institutionen för akvatiska resurser, Sötvattenslaboratoriet, SLU

Kvantifiering av stora djurplankton i de stora sjöarna

Henrik Ragnarsson Stabo, Thomas Axenrot, och Alfred Sandström, Sötvattenslaboratoriet,
Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

Tobias Vrede, Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

Mars 2012



Innehållsförteckning

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Bakgrund	5
Syfte	5
Stora djurplankton i de stora sjöarna	5
Nuvarande provtagningsmetodik	6
Hydroakustisk kvantifiering av djurplankton	7
Metoder	7
Hydroakustik	7
Vertikalhåvning	8
Tuckertrålning	9
Planktonräkning	9
Resultat	10
Håv	10
Hydroakustik och Tuckertrål	12
Diskussion	15
Tack:	15
Referenser	16
Bilaga: Tabeller	18

Sammanfattning

Stora djurplankton (>2 mm) fyller en viktig funktion i många sjöecosystem. De flesta är rovdjur, vilket leder till att de är både konkurrenter och föda till många planktonätande fiskar. Dessa storväxta planktonarter kan också utgöra viktig föda för unga rovfiskar, t.ex. gös (*Sander lucioperca*). I denna studie testades olika metoder för att kartlägga och kvantifiera förekomsten av stora djurplankton i Vänern, Vättern och Mälaren.

Det har visat sig att den traditionella provtagningen ofta missar de stora djurplanktonarterna. Här testade vi en stor och grovmaskig planktonhäv för att få ett mått på biomassorna av plankton per ytenhet. Tuckertrål kombinerat med hydroakustik användes för att få ett mått på arternas vertikalfördelning och rumsliga fördelning. Flera frekvenser användes för att skilja på den detekterade energin från fisk och djurplankton som vid ekolodning reflekteras från organismerna. Totalt samlades 58 häv- och trålprover in.

Planktonsamhället varierade starkt både mellan och inom sjöar. Vänern och Mälaren dominerades av *Leptodora*, medan Vättern dominerades av *Limnocalanus*. Djupet var avgörande för vilka arter som förekom i proverna, speciellt tydligt var det hos *Limnocalanus* som främst förekom i det kalla vattnet under språngskiktet.

Hydroakustisk visade sig vara en möjlig metod för att mäta mängden stora djurplankton i de stora sjöarna. Mysider har tidigare visats ge starka och urskiljningsbara signaler i Vättern. Vår undersökning visade att även tofsmygglarver (*Chaoborus*) gav mycket starka signaler, som riskerar att överskugga de svagare signalerna från djurplankton. Vi föreslår därför att eventuell framtida hydroakustisk övervakning ska ske i dagsljus då både mysider och tofsmygglarver håller sig nära eller på botten.

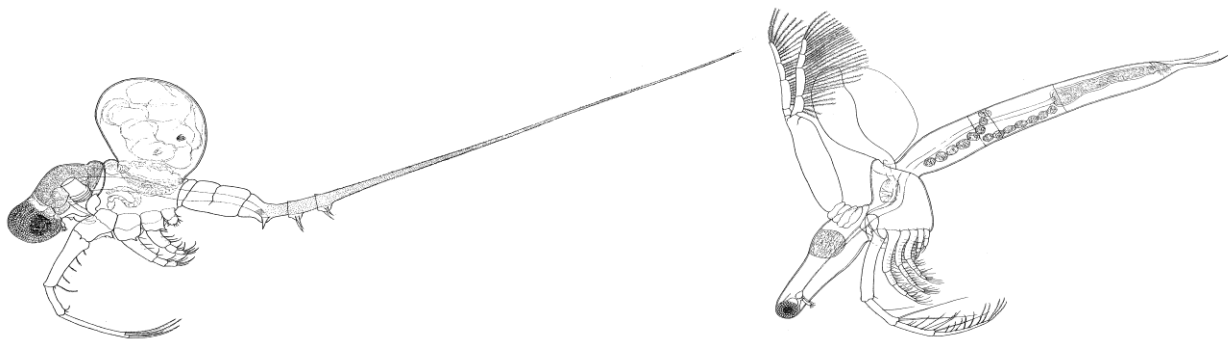
Våra resultat visar att biomassan stora djurplankton per ytenhet är i samma storleksordning som mängden fisk. Det indikerar att de är viktiga i födoväven och bör övervakas. Hydroakustik kombinerad med hävning eller Tucker-trålning skulle utgöra ett värdefullt komplement till den vanliga djurplanktonprovtagningen.

Bakgrund

Syfte

Syftet med denna studie var att testa och jämföra olika metoder för att kvantifiera mängden stora djurplankton i de tre största svenska sjöarna Vänern, Vättern och Mälaren.

Tillförlitliga abundans- och biomassedata är värdefulla för att förbättra förståelsen för dynamiken i pelagiska system och ge en förbättrad uppfattning om tillgången på viktiga födodjur för fisk. Detta öppnar i sin tur möjligheter för att undersöka i vilken mån förändringar i tätheter av stora djurplankton bidrar till att förklara förändringar i bestånd av t.ex. siklöja och nors samt förklara dynamiken i den övriga pelagiska födoväven. God kännedom om födoväven är en förutsättning för att förutsäga effekter av fiskeriförvaltning och framtida klimatförändring. Det öppnar även upp möjligheten att övervaka glacialrelikten *Limnocalanus*. Övriga glacialrelikter som fångades rapporteras av Kinsten (2012) som gjorde en mer omfattande kartläggning fokuserad på dessa.



Figur 1. *Bythotrephes longimanus* från Lilljeborg (1982[1900])

Fig 2: *Leptodora kindtii* från Lilljeborg (1982[1900])

Stora djurplankton i de stora sjöarna

Stora djurplankton (>2 mm) fyller en viktig funktion där de förekommer. De stora arter som är vanligt förekommande i de stora sjöarna Vänern, Vättern och Mälaren är hinnkräftorna *Bythotrephes longimanus* (fig. 1) och *Leptodora kindtii* (fig. 2) som är utpräglade rovdjur (se Hessen, Bakkestuen et al. 2011), och hoppkräftorna *Limnocalanus macrurus* och *Heterope spp.*, där den förstnämnda är omnivor (Warren 1985).

I de stora sjöarna förekommer stora djurplankton ofta i födan hos de dominerande planktonätande fiskarna nors och siklöja (Vallin 1969; Northcote and Rundberg 1971; Nilsson 1979). De är också viktiga som föda för ung rovfisk (Ginter, Kangur et al. 2011), som gös (*Sander lucioperca*). Tillgång till stora plankton förbättrar tillväxten, och snabbar därmed på övergången från planktondiet till fiskdiet. Att de kan ha en stor inverkan på pelagiska ekosystem visas t.ex. av *Bythotrephes longimanus* som har orsakat kraftiga förändringar i födoväven i de nordamerikanska stora sjöarna sedan den spridits dit via ballastvatten (Barbiero and Tuchman 2004). I Nordamerika har *Bythotrephes* ofta konkurrerat ut *Leptodora*, men i Skandinavien tycks de samexistera (Hessen, Bakkestuen et al. 2011). En sammanställning av effekterna av *Bythotrephes*-invasionen i Nordamerika presenteras i ett specialnummer av "Biological invasions" (Yan, Leung et al. 2011).



Figur 3. Henrik Ragnarsson Stabo provtar stora djurplankton genom vertikalhävning från U/F Asterix

Det är troligt att mängden stora djurplankton påverkas av förvaltningen av de stora sjöarna, då mängden rovfisk regleras genom fiskets uttag samt av utsättningar av laxfisk i Vänern och Vättern. Mängden rovfisk reglerar i sin tur mängden planktonätande fiskar, som i sin tur kan förväntas påverka förekomsten av stora rovlevande plankton. Men hur denna kaskad fortsätter är i dagsläget okänt, då de stora djurplanktonarterna inte övervakas effektivt.

Nuvarande provtagningsmetodik

I dagsläget finns ingen effektiv kvantitativ övervakning av de stora planktonarterna i Sveriges stora sjöar. De fångas vid den nuvarande djurplanktonprovtagningen, men inte i sådan omfattning att det går att analysera trender i förekomst och täthet. Provtagning har huvudsakligen skett med Clarke-Bumpushåv (120 μ m maskvidd, provvolym ca 200-1000 l, men den analyserade volymen har varit betydligt mindre) i Vänern och med Rodhehämtare (40 μ m såll, provvolym ca 2-30 l) i Mälaren. I Vättern har provtagningsmetodiken varierat mera. Dessa provvolymmer är optimala för att säkert kvantifiera mindre planktonkräftdjur, men ger alltså inte tillräckligt stora delprov för att ge en säker

uppskattning av tätheten av större zooplankton. Dessutom är det väl känt att de stora djurplanktonarterna har förmåga att undvika vattenhämtare, vilket gör att den metodik som normalt används för djurplanktonprovtagning är negativt selektiv för stora djurplankton.

Hydroakustisk kvantifiering av djurplankton

Hydroakustik har använts med framgång för att kvantifiera andra organismer än fisk, t.ex. för krill, mysider (Axenrot, Ogonowski et al. 2009) och insektslarver (*Chaoborus*) (Knudsen och Larsson 2009). På senare tid har utveckling av teknik och analysmetoder öppnat nya möjligheter att kvantitativt bestämma mängden evertebrater och därmed även djurplankton. För att kunna göra sådana skattningar krävs att man kan skilja på den detekterade energin från fisk och djurplankton som vid ekolodning reflekteras från organismerna. Detta är idag möjligt genom att använda flera frekvenser som registrerar samma volym vatten vid en och samma tidpunkt och parallellt analysera dessa data och maskera bort den betydligt kraftigare reflektionen från fisk. Reflektionen av olika frekvenser (s.k. frequency response) skiljer sig åt hos olika organismer.

Fiskeriverkets Sötvattenslaboratorium har sedan 1988 bedrivit hydroakustisk övervakning av de pelagiska fisksamhällena i Mälaren, Vättern och Vänern. Från 2011 har denna verksamhet gått över till SLU Aqua. Under dessa årliga expeditioner som är en del av den nationella miljöövervakningen i sötvatten, täcks varje sjö med ett antal tvärgående transekter där pelagisk fisk registreras med ekolod. För att verifiera hydroakustiska data och för att få en uppfattning om artsammansättning bland fiskar av samma storleksklass utförs korta provtrålningar med en silltrål. Expeditionerna genomförs normalt under augusti och september. Vid denna tid på året är djurplanktonsamhället fullt utvecklat och provtagningar med gängse djurplanktonmetodik genomförs samma årstid vilket underlättar metodjämförelser.

Metoder

I samband med ekoräkningar och trålningar med U/F Asterix i Vänern, Vättern och Mälaren provtogs sommaren 2011 stora djurplankton med två olika metoder i syfte att verifiera vilka arter som förekommer, på vilka djup och vid vilken täthet. Provtagningen gjordes dels som tråldrag med Tucker-trål på tre olika djupnivåer, dels som vertikal håvdragning från ytan till nära botten och upp till ytan igen med en stor planktonhåv.

Djurplankton migrerar ofta ner på djupt vatten på dagen för att undkomma predation, varför huvuddelen av proverna togs på natten samtidigt med fisktrålningen. Ett mindre antal prover togs i ljus för att undersöka eventuell migration.

Hydroakustik

Hydroakustiska data samlades in med ekolodning i ljus och mörker på Vänern och enbart i mörker på Vättern och Mälaren under augusti och september 2011. Studien genomfördes från Sötvattenslaboratoriets forskningsfartyg U/F Asterix med två fasta ekolod monterade på 1,5 m djup. Hydroakustiska data kunde därmed tas upp för två olika frekvenser – 38 och 120 kHz. Ekolodens transduktorer är av typen sfärisk *split-beam* med en vinkel för utgående ljudpuls nära 7°. Transduktorererna är monterade för att så långt som möjligt samla in data i samma volym vatten vilket är avgörande om data för de två frekvenserna ska kunna bearbetas gemensamt (Korneliussen and

Ona 2002; Korneliussen 2004; Korneliussen, Diner et al. 2008). Ekoloden sände simultant ljudpulser med en hastighet av 3 ping per sekund. Pulslängden var satt till 512 μ s, och effekten till 1000 och 100 W för 38 respektive 120 kHz. Då data samlades in under trålning var fartygets hastighet 2 knop. Hydroakustiska data med de två frekvenserna samlades in under sammanlagt 1842 m i Vänern, 4300 m i Vättern och 1477 m i Mälaren. Ekoloden (Simrad EK60, med programvara ER60 version 2.2.1) kalibrerades i enlighet med rekommenderade metoder (Foote 1982; Foote, Knudsen et al. 1987; Simmonds and MacLennan 2005).

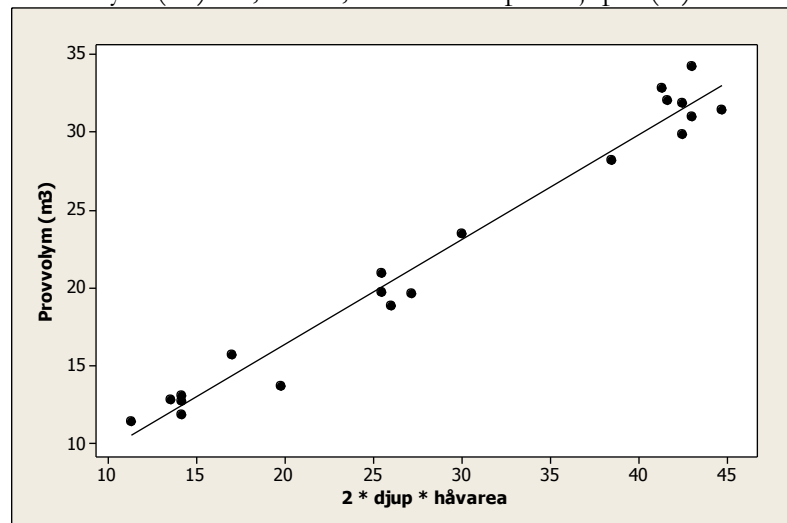
Vattnets temperatur mättes från ytan till botten vid varje provtagning i de undersökta områdena med sond (CTM208 probe; software SDA v. 1.83, SST GmbH).

Hydroakustiska data analyserades i Echoview 5.1 (SonarData). Inledningsvis fastställdes nivån för brus vilket filtrerades bort. Normalt ligger brusnivån långt under detektionsnivån, men djurplankton och mysider återger betydligt svagare eko än fisk. Därefter användes ekon från fisk i hydroakustiska data från 38 och 120 kHz för att konstruera ett filter som avlägsnade all reflekterad ekoenergi (S_v , dB; Simmonds & MacLennan 2007, MacLennan et al 2002) som genererats av fisk (figur 9-11). Eftersom skillnaden i ekostyrka mellan fisk och djurplankton respektive mysider är avsevärd filtrerades även en liten del runt varje identifierat fiskeko för att minska risken för fel. Baserat på resultat från tidigare studier (Axenrot et al. 2009) analyserades filtrerade data för 120 kHz med avseende på resterande reflekterad ekoenergi för de vattenvolymer som trålats.

Vertikalhävning

Vertikal håvdragning utfördes från ytan till nära botten och åter till ytan med en planktonhåv (Aquatic Research Instruments, simple plankton net) med en öppningsdiameter på 60 cm, längd 180 cm och maskstorlek 500 μ m (figur 3). I öppningen på håven monterades en flödesmätare (OceanTest Equipment Flowmeter MF315), med vilken provvolymen mättes. Vissa håvningar gjordes utan flödesmätare (på grund av tekniska problem). För att beräkna den provtagna volymen i de fall flödesmätningar saknades använde vi en empirisk linjär modell baserad på djup- och flödesmätningar ($r^2=0,97$, $p<0,001$, $N=20$) (figur 4):

$$\text{Provvolym (m}^3\text{)} = 2,95 + 0,672 \times 2 \times \text{provdjupet (m)} \times \text{håvöppningens area (m}^2\text{)}$$



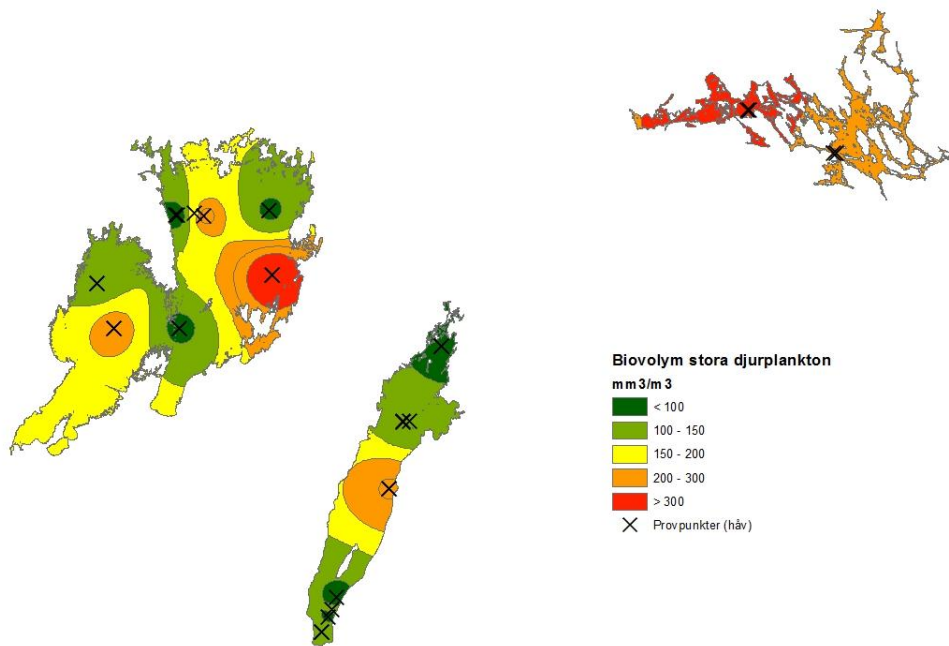
Figur 4. Regressionsmodell för justering av provvolym

Tuckertrålning

För att få ett mått på vertikal fördelningen av stora djurplankton och eventuella andra organismer användes en Tucker-trål. Denna fördelning användes sedan för jämförelsen med de hydroakustiska resultaten. Tucker-trålen (500 µm maskvidd; 0,25 m² öppningsarea) drogs på tre olika djupnivåer per lokal. Tråldjupet reglerades genom att variera längden på wiren, enligt en wire-längd/hastighet/djup-tabell framtagen av Martin Ogonowski, Stockholms universitet. Tabellen är baserad på formeln $\text{djup} = \sin(\text{wire-vinkel} \times \pi / 180) \times \text{wirelängd}$. För att verifiera djupet fästes en Sensus ultra sond (Reefnet inc.) vid trålen med hjälp av en karbinhake. Sonden aktiveras av tryckförändring och registrerar tid, djup och temperatur. Trålen har 3 olika fack som kan öppnas och stängas oberoende av varandra, vilket innebär att man kan ta prover från olika djup vid samma tråltillfälle. Trålen lånades från Institutionen för Systemekologi, Stockholms universitet.

Planktonräkning

Zooplanktonproven räknades i stereomikroskop efter subsampling i en Wiborg whirling vessel. Om möjligt räknades totalt minst 200 individer av *Bythotrephes*, *Leptodora*, *Limnocalanus* och *Heterocope* i varje prov (median 416 individer). Laboratoriet är ackrediterat av SWEDAC (styrelsen för teknisk ackreditering) enligt SS-EN ISO/IEC 17025. Ackrediteringen omfattar analys av djurplankton enligt Naturvårdsverkets undersökningstyp Djurplankton i sjöar (version 1.1 2003-05-27), vilken använts i tillämpliga delar med avseende på provbehandling, analyser och primär resultatbehandling.



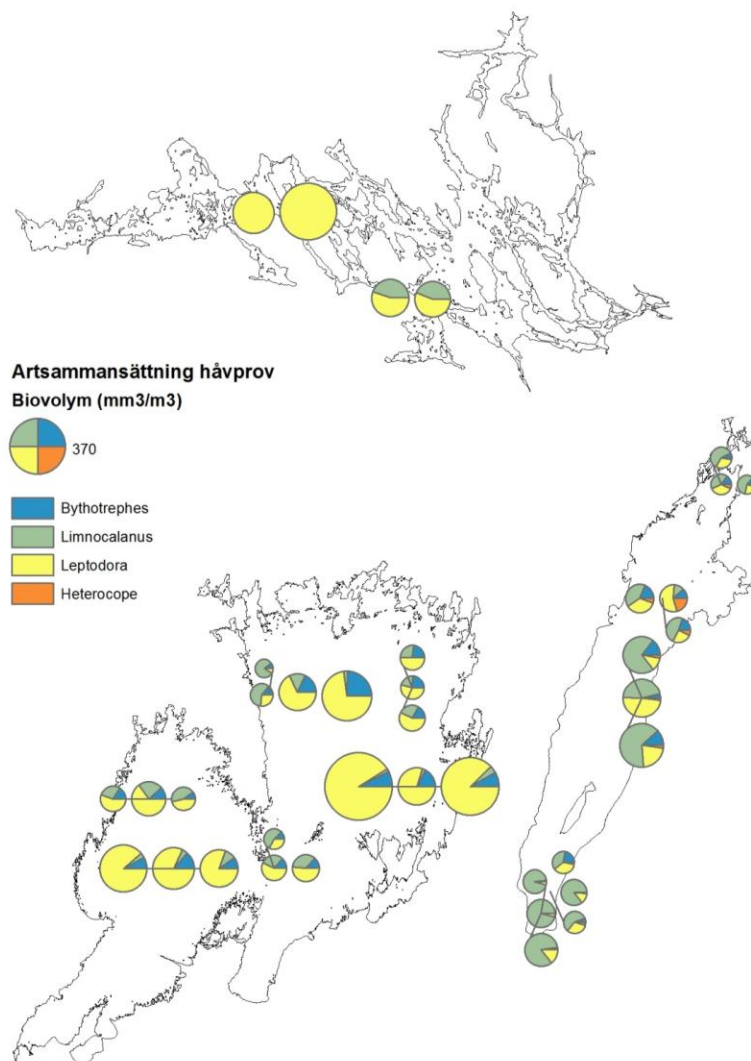
Figur 5. Total biovolym (mm³/m³) stora djurplankton i håvprov från Vänern, Vättern och Mälaren. Bilden är en interpolation (IDW) utgående från provtagningspunkterna. © Lantmäteriet, ärende nr I 2010/0345

Resultat

Håv

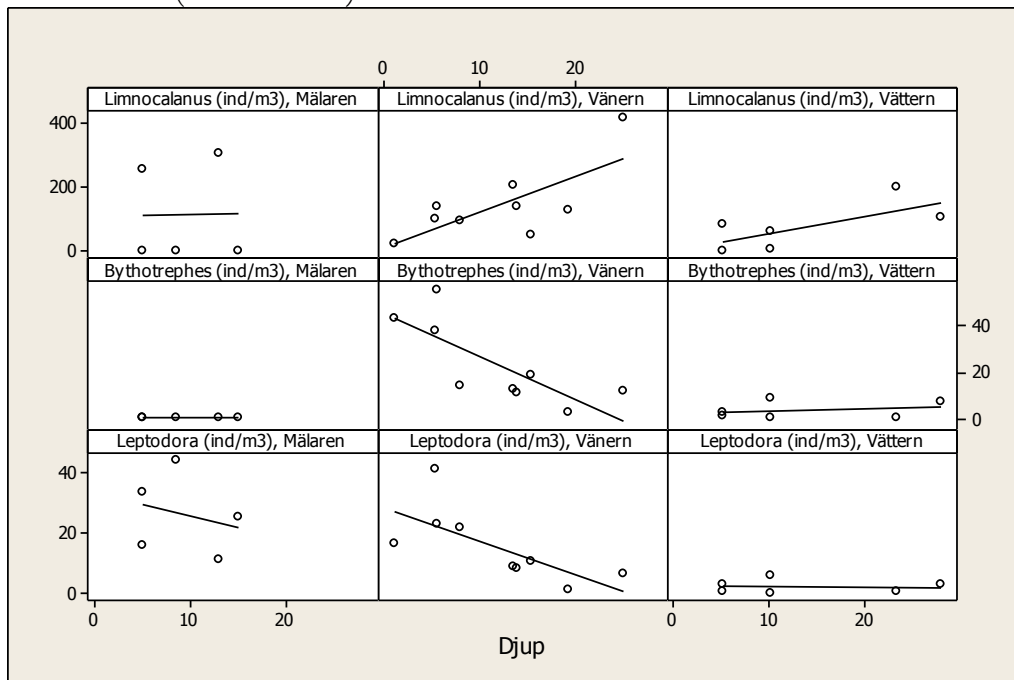
Håvdragningarna visade att det var stor skillnad i mängden stora djurplankton både mellan de olika sjöarna och mellan stationer i samma sjö (figur 5, tabell 1). Variationen var mindre mellan håvdrag i samma område (tabell 1).

Även artsammansättningen varierade mellan och inom sjöarna (figur 6). I djupa områden fanns det mer av glacial-relikten *Limnocalanus* som främst förekommer i kallt vatten under språngskiktet – i samma områden som *Mysis* (figur 7, tabell 3). Tofsmyggglarver (*Chaoborus*) återfanns endast i den något näringsrikare Mälaren (tabell 3). Även en del ovanliga arter fångades (tabell 2), t.ex. fisklusen *Caligus lacustris*. Mängden stora djurplankton per ytenhet var stor (figur 8).

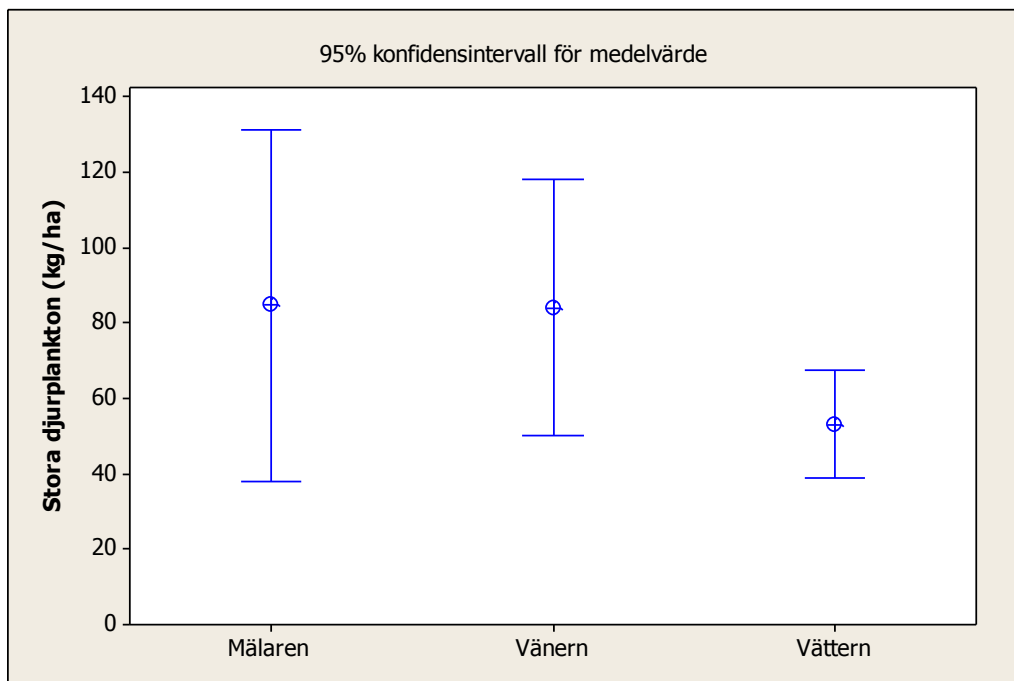


Figur 6. Artsammansättning i håvproverna i de olika sjöarna. Mälaren upptill, Vänern nere t.v., och Vättern nere t.h. Andelarna är baserade på biovolym.

Vid de flesta stationerna var fångsterna av stora djurplankton avsevärt större i denna studie än i det ordinarie provtagningsprogrammet (augusti-september 2011). Enligt ordinarie undersökningen ser det ut som om *Heterocope* helt försvunnit från Vänern (figur 16). Vår undersökning visar att de finns – men på en mycket låg nivå. Arten var åtminstone förr en viktig födoorganism för planktonätande fisk i Vänern (Nilsson 1979).



Figur 7. Djupfördelning av *Limnocalanus*, *Bythotrephes* och *Leptodora* i Vänern och Vättern och Mälaren.

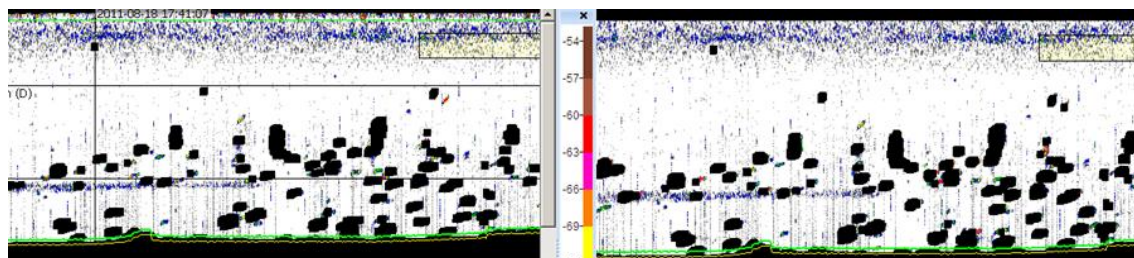


Figur 8. Mängden stora djurplankton per hektar i Mälaren, Vänern och Vättern. Värdena är från prover tagna genom vertikalhävning från U/F Asterix 2011.

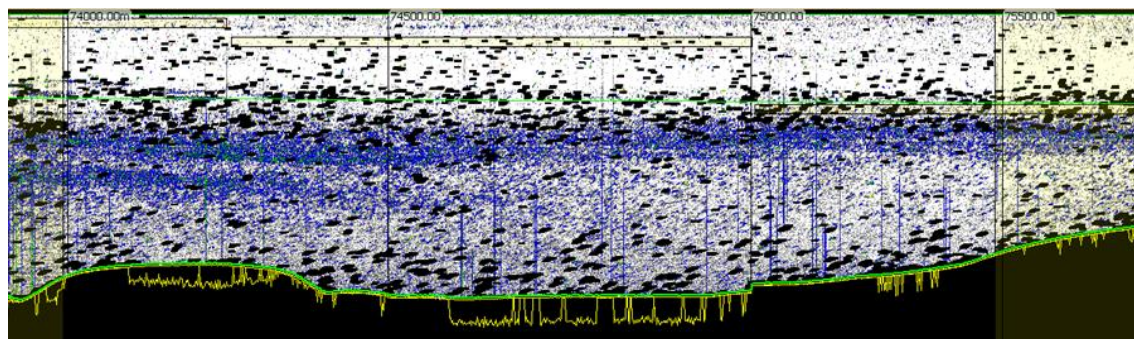
Hydroakustik och Tuckertrål

Det var ingen signifikant skillnad i mängden stora rovp plankton i Tuckertrålfångsterna i ljus och mörker (Vänern). Median mörker = $184 \text{ mm}^3/\text{m}^3$, ljus = 277 (Mann–Whitney $U = 27$, $n_{\text{mörker}} = 6$, $n_{\text{ljus}} = 3$, $P = 0,51$). Varken *Mysis* eller *Chaoborus* fångades i ljus.

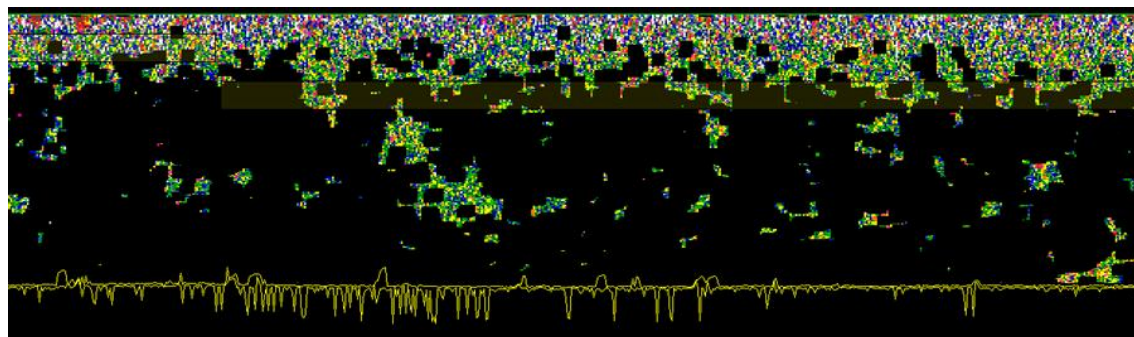
Stora djurplankton och andra evertebrater fångades i Tuckertråldragen (tabell 2 och 3). Förekomsten av dessa organismer relaterades till signalstyrka vid ekolodning. Den reflekterade ekoenergin (S_v) från ekolodning med 120kHz, där fiskekon identifierats med 38 kHz och filtrerats bort, påverkas av mängden djurplankton (figur 12). Den påverkas även starkt av mängden tofsmyggglarver, *Chaoborus* (figur 13). En stegvis multipel regression visar att mängden *Chaoborus* (antal/ m^3) och tätheten stora djurplankton (mm^3/m^3) förklarar en mycket stor andel av variationen i S_v : $S_v = -97,74 + 18,8 \times \log(\text{Chaoborus}[\text{antal}/\text{m}^3] + 1) + 4,5 \times \log(\text{stora djurplankton}[\text{mm}^3/\text{m}^3])$, $r^2 = 93,5$, $r^2_{\text{adj}} = 92,4$, $p = 0,025$ (figur 14). De låga tätheter *Mysis* som vi observerade hade ingen effekt på S_v ($T = -0,62$ $P = 0,548$). Tre prover exkluderades från analysen på grund av problem med maskningen. De exkluderade proven hade mycket låga tätheter av djurplankton ($< 50 \text{ mm}^3/\text{m}^3$).



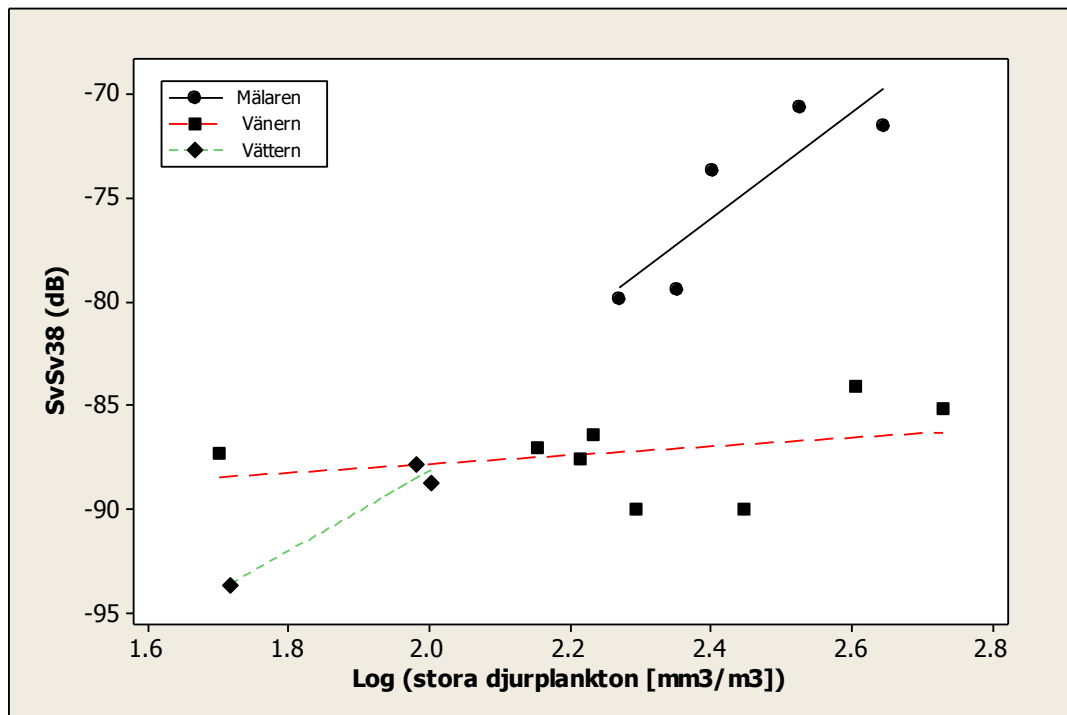
Figur 9. Ekogram från hydroakustiska mätningar dagtid i Vänern. Till höger har 38kHz använts för att maskera bort signaler från fisk. Till vänster har 120 kHz använts. Det svarta är maskade ekon från fiskar. Det blå bandet nära ytan är troligen koncentrationer av djurplankton. Notera avsaknad av *Mysis* dagtid (jämför figur 10).



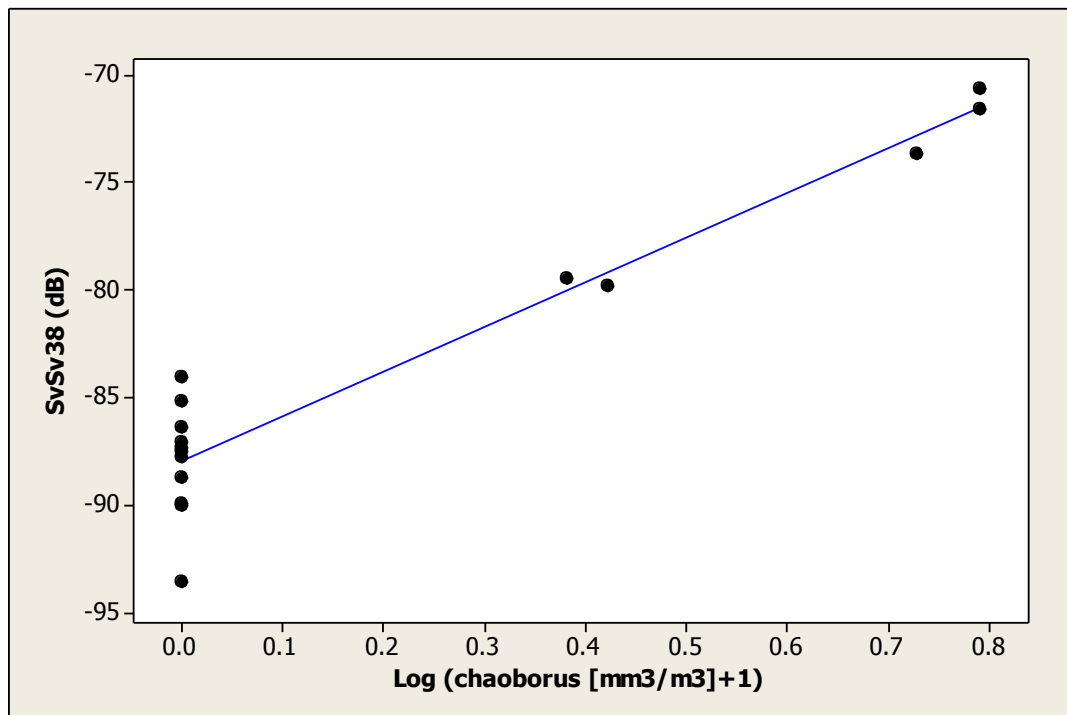
Figur 10. Ekogram från Vättern nattetid. Det blå nedtill är troligen *Mysis*. Det svarta är fiskekon som maskats bort för att inte dölja de svagt reflekterande evertebraterna.



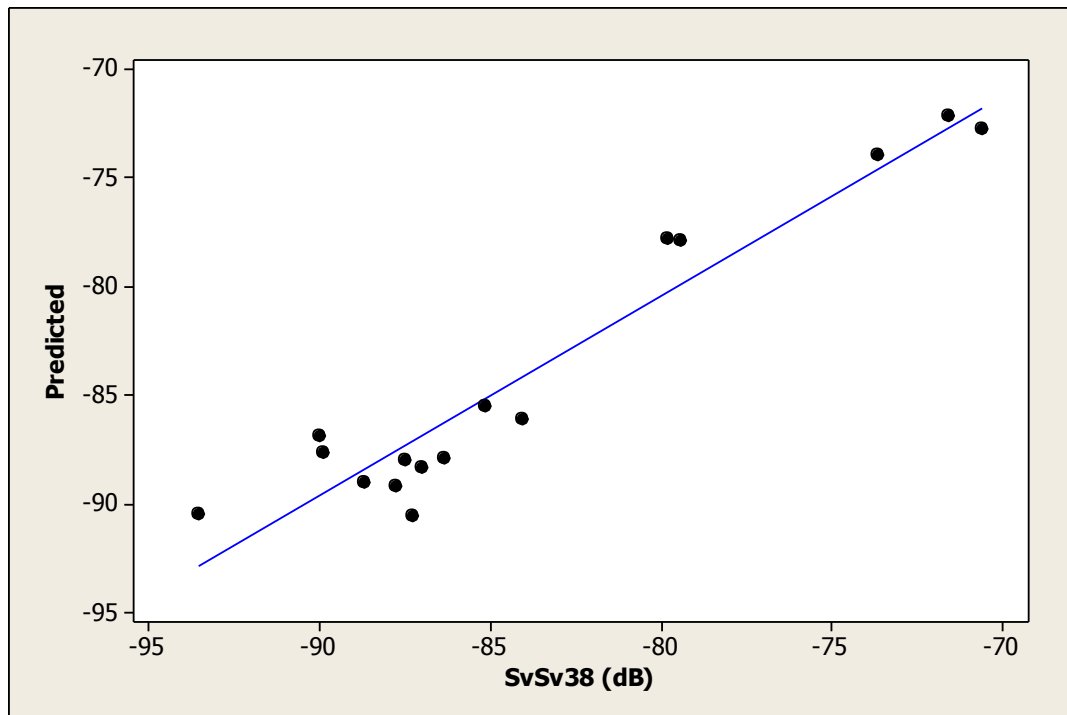
Figur 11. Ekogram från Mälaren nattetid. De svarta områdena är bortmaskade fiskar. Den höga fisktätheten försvårar analysen av evertebrater.



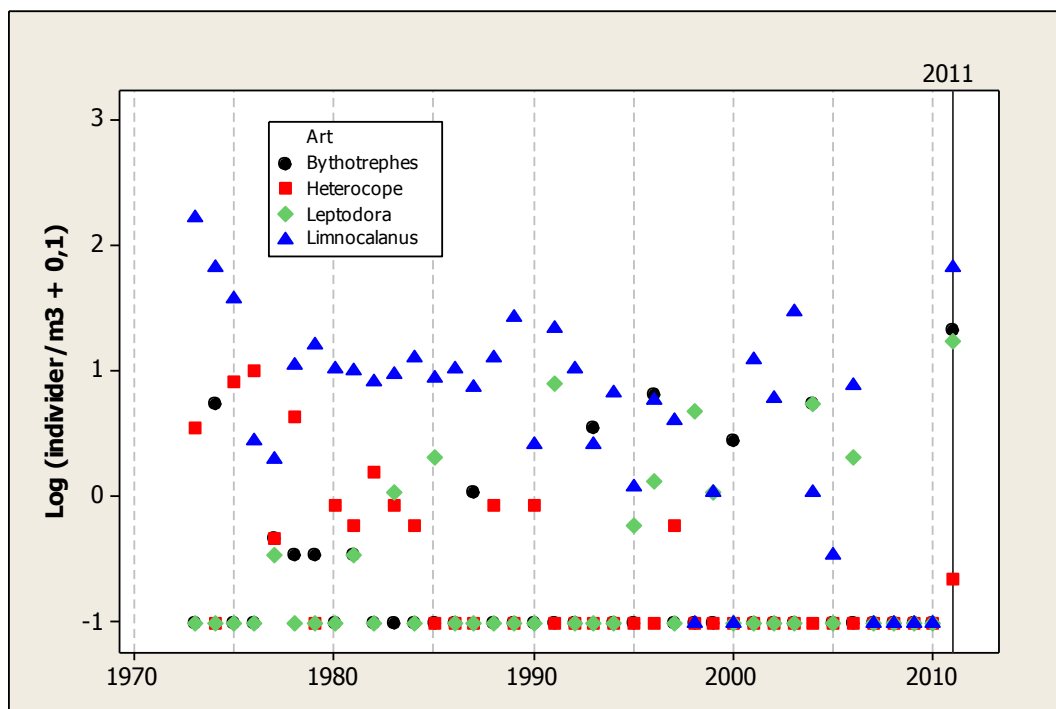
Figur 12. Mängden stora djurplankton som trålats med s.k. Tucker-trål relaterat till reflekterad ekoenergi (S_v) från ekolodning med 120kHz. Fiskekon har identifierats i 38 kHz och filterats bort (Vänern, Vättern och Mälaren 2011). Stora zooplankton > 50mm³/m³. Provpunkter med planktontäthet under 50mm³/m³ har inte tagits med.



Figur 13. Reflekterad ekoenergi (S_v) från ekolodning med 120kHz vid olika tätheter av tofsmygglarver, *Chaoborus*. Fiskekon har identifierats i 38 kHz och filterats bort.



Figur 14. Jämförelse mellan resultatet från en linjär modell ($-97,74 + 18,8 \times \log(\text{chaoborus}[\text{antal}/\text{m}^3] + 1) + 4,5 \times \log(\text{stora djurplankton} [\text{mm}^3/\text{m}^3])$), $r^2 = 93,5$, $r^2_{\text{adj}} = 92,4$, $p=0,025$) och reflekterad ekoenergi (S_v) från ekolodning med 120kHz. Fiskekon har identifierats i 38 kHz och filterats bort.



Figur 15. Djurplankton vid Tärnan, Vänern. Punkterna på linjen är från Asterix-undersökningen 2011. Resterande punkter är från den ordinarie undersökningen. -1 motsvarar ingen fångst.

Diskussion

Biomassan stora djurplankton var stor (figur 8), i samma storleksordning som mängden planktivor fisk enligt den hydroakustiska undersökningen. Även de mängder fisk som förväntas för sjöarna utgående från fosforhalt och djup är i samma storleksordning (50-120 kg fisk/ha för Mälaren (TP 20-70 µg/l), 20-25 i Vänern (TP 5-8) respektive 12-16 kg/Ha i Vättern (TP 3-4) enligt empirisk regression från Peters (1986)). Resultaten visar alltså att stora rovlevande djurplankton förekommer i så stora tätheter att de har potentialen att vara viktiga predatorer på djurplankton, men att de i ordinarie djurplanktonprovtagningsprogram underskattas systematiskt. Det finns klara rumsliga mönster, vilket talar för att hydroakustiska undersökningar som är yttäckande skulle tillföra väsentlig information.

Studien indikerade att det skulle vara lämpligare att utföra hydroakustisk planktonövervakning på dagen. Detta för att mysider och *Chaoborus* då håller sig nära botten. Detta skulle öka chanserna att med precision uppskatta mängden stora djurplankton, speciellt för *Limnocalanus* som delar habitat med *Mysis*. Inget tyder på att dessa plankton vandrar ner till botten på dagen, tvärt om var tätheten i våra prover högre på dagen – vilket skulle kunna tyda på att en del av de djurplankton som håller sig i de översta 5 metrarna, som inte går att övervaka med hydroakustiken, rör sig nedåt dagtid och då kan detekteras vid ekolodningen. Dessutom sker fiskövervakningen nattetid då fiskarna är utspridda och man kan särskilja individuella fisk-ekon. I det här fallet vill vi filtrera bort fiskarna, och då torde det vara en fördel om de är aggregerade eller har sökt sig nära botten i skydd för predatorer.

Vissa mönster i artsammansättning uppenbarar sig redan vid en sådan här undersökning, som t.ex. att *Limnocalanus* förekommer rikligare på djupare platser. Men även frågor som kräver tidsserier väcks. Varför finns *Heterocope* nu mer bara i Vättern? Varför saknas *Bythotrephes* nästan helt i Mälaren, trots att den vissa år har varit mycket talrik – även i den ordinarie provtagningen?

En tillförlitlig tidsserie över abundans- och biomassedata skulle vara värdefullt för att öka förståelsen för dynamiken i dessa pelagiska system och i synnerhet för att kvantifiera tillgången på viktiga födoorganismer. Detta skulle i sin tur öppna möjligheter för att undersöka om förändringar i tätheter av stora djurplankton kan förklara förändringar i bestånd av t.ex. siklöja och nors. Men även för att förklara dynamiken i den övriga pelagiska födoväven samt att studera vilka övriga faktorer, t.ex. klimat-relaterade, som påverkar tillgången av stora djurplankton.

En effektiv övervakning skulle också öka möjligheten att detektera samt effektivt övervaka eventuella invasiva arter som har möjlighet att sprida sig till de stora sjöarna, t.ex. via ballastvatten.

Sammanfattningsvis visar denna studie att det är möjligt att riktat övervaka stora djurplankton i Vänern, Vättern och Mälaren med en kombination av Tuckertrål och hydroakustik.

Tack:

Tack till Martin Ogonowski och Sture Hansson på Institutionen för Systemekologi, Stockholms Universitet, för lånet av Tuckertrålen. Tack även till Björn Wiklund som räknat planktonproverna och Björn Kinsten som räknat *Mysis* och hjälpte till att samla in planktonprover. Och tack till U/F Asterix som erbjöd utmärkta arbetsförhållanden, speciellt genom de ombordvarande: Kaptenen

Lars-Erik Wiberg, Thomas Axenrot och Anders Asp. Sist men inte minst, ett stort tack till Lars Rudstam på Cornell University, Ithaca, för assistans med analysen av hydroakustikdatamaterialet.

Referenser

- Axenrot, T., M. Ogonowski, et al. (2009). "Multifrequency discrimination of fish and mysids." ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil **66**(6): 1106-1110.
- Barbiero, R. P. och M. L. Tuchman (2004). "Changes in the crustacean communities of Lakes Michigan, Huron, and Erie following the invasion of the predatory cladoceran *Bythotrephes longimanus*." Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **61**(11): 2111-2125.
- Foote, K. G. (1982). "Optimizing copper spheres for precision calibration of hydroacoustic equipment." Journal of the Acoustical Society of America **71**: 742-747.
- Foote, K. G., H. P. Knudsen, et al. (1987). Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Cooperative Research Report. **144**: 69.
- Ginter, K., K. Kangur, et al. (2011). "Diet patterns and ontogenetic diet shift of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) fry in lakes Peipsi and Võrtsjärv (Estonia)." Hydrobiologia **660**(1): 79-91.
- Hessen, D., V. Bakkestuen, et al. (2011). "The ecological niches of *Bythotrephes* and *Leptodora*: lessons for predicting long-term effects of invasion." Biological Invasions **13**(11): 2561-2572.
- Knudsen, F. R. och P. Larsson (2009). "Discriminating the diel vertical migration of fish and *Chaoborus flavicans* larvae in a lake using a dual-frequency echo sounder." Aquatic Living Resources **22**(3): 273-280.
- Kinsten, B. (2012). "Glacialrelikta kräftdjur i Väner och Vättern 2012." Vätternvårdsförbundet
- Korneliussen, R. J. (2004). "The Bergen echo integrator post-processing system, with focus on recent improvements." Fisheries Research **68**(1-3): 159-169.
- Korneliussen, R. J., N. Diner, et al. (2008). "Proposals for the collection of multifrequency acoustic data." ICES Journal of Marine Science **65**(6): 982-994.
- Korneliussen, R. J. och E. Ona (2002). "An operational system for processing and visualizing multi-frequency acoustic data." ICES Journal of Marine Science **59**(2): 293-313.
- Lilljeborg, W. (1982[1900]). Cladocera Sueciæ: facsimile reissue of the original edition with a prologue. Stockholm, Almqvist & Wiksell international.
- Nilsson, N.-A. (1979). "Food and habitat of the fish community of the offshore region of Lake Vänern, Sweden." Rep Inst Freshwat Res Drottningholm **58**: 126-139.
- Northcote, T. G. och H. Rundberg (1971). "Fördelningen av pelagiska fiskarter i Lambarfjärden (Mälaren) med speciell hänsyn till konkurrens mellan nors och siklöja." Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm(7).

Simmonds, J. E. och D. N. MacLennan (2005). Fisheries acoustics: theory and practice, John Wiley & Sons.

Vallin, S. (1969). "Sikløjans näringsbiologi i Lambarfjärden; Mälaren." Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 7: 1-57.

Warren, G. J. (1985). "Predaceous feeding-habits of *Limnocalanus macrurus*." Journal of Plankton Research 7(4): 537-552.

Yan, N. D., B. Leung, et al. (2011). "The spread, establishment and impacts of the spiny water flea, *Bythotrephes longimanus*, in temperate North America: a synopsis of the special issue INTRODUCTION." Biological Invasions 13(11): 2423-2432.

Bilaga: Tabeller

Tabell 1. Medelabundans och variationskoefficient (CV) för Bythotrephes, Leptodora, Limnocalanus och Heterocope inom och mellan provtagningsstationer i de tre stora sjöarna. Resultaten avser vertikala håvdrag (N=2-5 för varje station)

Taxon	Sjö	Abundans (ind m ⁻³)	CV inom stationer	CV mellan stationer
Bythotrephes	Mälaren	0,231	96,0	61,5
Bythotrephes	Vänern	9,08	31,3	68,1
Bythotrephes	Vättern	4,94	68,6	78,7
Leptodora	Mälaren	25,8	25,4	76,7
Leptodora	Vänern	12,6	45,3	91,4
Leptodora	Vättern	3,37	56,9	65,5
Limnocalanus	Mälaren	196	9,65	141
Limnocalanus	Vänern	100	33,7	51,9
Limnocalanus	Vättern	336	36,5	69,1
Heterocope	Mälaren	0,296	96,0	16,8
Heterocope	Vänern	0,483	113	134
Heterocope	Vättern	17,2	44,9	98,4

Tabell 2. Förekomst av ovanliga taxa i prover tagna både med håv och Tuckertrål. Värdena anger antalet prov där respektive taxon observerats

Sjö	Antal prover	Caligus lacustris	Polyphemus	Chironomini	Hydracarina	Chironomidae
Mälaren	9	0	0	0	7	1
Vänern	28	2	2	0	0	1
Vättern	21	0	0	1	0	0

Tabell 3. Fångster i tuckerträlen

Sjö	Tuckerdjup(m)	Sv (dB)	Stora djurplankton (mm ³ /m3)	Chaoborus (antal/m3)	Mysis (antal/m ³)
Mälaren	5	-70,6	335,8	5,2	0,1
Mälaren	8,5	-71,6	443,0	5,2	0,1
Mälaren	15	-73,6	253,3	4,4	0,1
Mälaren	5	-79,4	225,4	1,4	0,7
Mälaren	13	-79,8	186,3	1,6	0,6
Vänern	5,5	-84,1	404,2	0,0	0,0
Vänern	13,8	-87,0	142,1	0,0	0,1
Vänern	19,3	-87,3	50,3	0,0	0,6
Vänern	8	-90,0	280,7	0,0	0,2
Vänern	13,4	-86,3	171,4	0,0	0,4
Vänern	25	-89,9	196,7	0,0	1,0
Vänern	1	NA	277,0	0,0	0,0
Vänern	5,4	-85,1	536,8	0,0	0,0
Vänern	15,3	-87,5	163,5	0,0	0,0
Vättern	5	-69,0	35,5	0,0	0,0
Vättern	10	-84,1	17,6	0,0	1,8
Vättern	23,2	-93,6	52,1	0,0	0,7
Vättern	5	-73,0	47,8	0,0	0,1
Vättern	10	-88,7	100,7	0,0	0,1

Tabell 4. Jämförelse mellan vertikala håvprover i denna studie och ordinarie djurplanktonprovtagningar 2011. Siffrorna anger medianvärde (ind/m3)

Station	Ordinarie	Limnocalanus	Bythotrephes	Leptodora	Heterocope
Dagskär (Vänern)	Asterix	44,4	8,9	18,1	1,7
Dagskär (Vänern)	Ordinarie	0	0	0	0
Tärnan (Vänern)	Asterix	68,0	21,6	17,3	0,1
Tärnan (Vänern)	Ordinarie	30	0	0	0
Jungfrun (Vättern)	Asterix	197,2	7,6	4,7	25,3
Jungfrun (Vättern)	Ordinarie	0	4,3	1,2	24,2
Edeskvarna (Vättern)	Asterix	292,7	1,0	2,0	8,1
Edeskvarna (Vättern)	Ordinarie	40	0,2	0,8	0
Prästfjärden (Mälaren)	Asterix	392,1	0,3	11,8	0,3
Prästfjärden (Mälaren)	Ordinarie	0	41,5	0	0
Granfjärden (Mälaren)	Asterix	0	0,1	39,7	0,3
Granfjärden (Mälaren)	Ordinarie	0	0	0	0