

# Glacialrelikta kräftdjur i Vänern, Vättern och Mälaren 2023

Resultat av håvning



**Titel:** Glacialrelikta kräftdjur i Vänern, Vättern och Mälaren 2023. Resultat av håvning.

**Tryckår:** 2024

**ISSN:** 1403-6134

**Rapportnummer:** 138

**Författare:** Björn Kinsten

**Foto:** Björn Kinsten

**Utgivare:** Vänerns vattenvårdsförbund

Rapporten finns som pdf på [www.vanern.se](http://www.vanern.se)

**Copyright:** Vänerns vattenvårdsförbund. Kopiera gärna texten i rapporten men ange författare och utgivare. Användande av rapportens fotografier eller bilder i annat sammanhang kräver tillstånd från Vänerns vattenvårdsförbund.

# Förord

Skattningar av tätheten hos glacialrelikta kräftdjur (i första hand Pungräka, *M. relicta s.l.*) genomförs med hjälp av vertikalhåvning med stor håv i mörker under kvällstid i slutet på sommaren. Denna rapport redovisar undersökningarna från Vänern, Vättern och Mälaren i augusti 2023. Glacialrelikta kräftdjur undersöktes första gången 2011, i Vänern och Vättern och har sedan upprepats årligen sedan 2013. I Mälaren har samma moment genomförts årligen sedan 2015. I Norges största sjö Mjösa har man genomfört regelbundna undersökningar av glacialrelikta kräftdjur sedan 1976. Från och med 2019 ingår glacialrelikter som ett moment i den nationella miljöövervakningen inom delprogram Stora sjöar, där Vänern, Vättern och Mälaren ingår.

Undersökningen finansierades med medel från respektive vattenvårdsförbund och Havs- och vattenmyndigheten.

Sara Peilot  
Vänerns vattenvårdsförbund  
2024-01-19

# Glacialrelikta kräftdjur i Vänern, Vättern och Mälaren 2023

## Resultat av håvning

---

**Författare Björn Kinsten**



Innehåll	
Resultatbilagor till rapporten: .....	3
Sammanfattning .....	4
1 Inledning .....	6
2 Materiel och metoder .....	8
2.1 Undersökningsområden .....	8
2.2 Insamlingsmetodik .....	9
2.3 Analys på laboratoriet .....	12
3 Resultat och diskussion .....	12
3.1 Tidpunkten för håvningarna i förhållande till solnedgången .....	12
3.2 Täthet .....	12
3.2.1 <i>Mysis relicta s.l.</i> .....	12
3.2.2 <i>Pallaseopsis quadrispinosa, Monoporeia affinis, Gammaracanthus lacustris</i> och <i>Saduria entomon</i> 16	
3.2.3 <i>Limnocalanus macrurus</i> .....	21
3.3 Vertikalfördelning över största djupet .....	24
3.3.1 <i>Mysis relicta s.l.</i> .....	24
3.3.2 <i>Limnocalanus macrurus</i> .....	26
3.4 Längdfördelning samt livscykel hos <i>M. relicta s.l.</i> .....	26
3.5 Artbestämning av <i>M. relicta s.l.</i> genom sekvensering av en mitokondriell gen .....	32
3.6 <i>Hemimysis anomala</i> och <i>Limnomysis benedeni</i> - två främmande mysider som nyligen påträffats i Mälaren.....	33
4 Slutord .....	33
5 Tack! .....	35
6 Källförteckning.....	35
Bilaga 1. Allmänna sjödata för Mälaren, Vänern och Vättern .....	39
Bilaga 2. Solens nedgång vid undersökningsområdena 17 augusti– 7 september 2022 .....	40
Bilaga 3. Påbörjande av håvningar i förhållande till solnedgången vid skattning av täthet hos <i>Mysis relicta s.l.</i> i Vättern och Vänern 2013 – 2023 .....	41
Bilaga 4. Betydelsen av partiell migration hos <i>Mysis relicta s.l.</i> i Vänern, Vättern och Mälaren vid skattning av artens täthet .....	45

## **Resultatbilagor till rapporten:**

Bilaga 5. Resultat av håvning med stor håv vid Lurö i Vänern den 27/8 2023 inkl. provplatsernas koordinater, provtagningsdjup och individtäthet av glacialrelikta kräftdjur.

Bilaga 6. Resultat av håvning med stor håv vid Hästholmen i Vättern den 20/8 2023 inkl. provplatsernas koordinater, provtagningsdjup och individtäthet av glacialrelikta kräftdjur.

Bilaga 7. Resultat av håvning med stor håv i Blacken i Mälaren den 24/8 2023 inkl. provplatsernas koordinater, provtagningsdjup och individtäthet av glacialrelikta kräftdjur.

Bilaga 8. Resultat av håvning med stor håv i Görvältn i Mälaren den 22/8 2023 inkl. provplatsernas koordinater, provtagningsdjup och individtäthet av glacialrelikta kräftdjur.

Bilaga 9. Resultat av håvning med stor håv i Norra Björkfjärden i Mälaren den 23/8 2023 inkl. provplatsernas koordinater, provtagningsdjup och individtäthet av glacialrelikta kräftdjur.

Bilaga 10. Medeltätheter med standardavvikelse och 95%-konfidensintervall av glacialrelikta kräftdjur (ind./m<sup>2</sup>) i Vänern, Vättern 2011, 2013 – 2023 och i Mälaren 2015 – 2023

Bilaga 11. Skattad relativ täthet av *M. relicta* s.l. och *L. macrurus* i olika vertikala skikt.

Bilaga 12. Resultat av längdmätning av *M. relicta* s.l. vid Lurö i Vänern den 27/8 2023.

Bilaga 13. Resultat av längdmätning av *M. relicta* s.l. vid Hästholmen i Vättern den 20/8 2023.

Bilaga 14. Resultat av längdmätning av *M. relicta* s.l. i Blacken i Mälaren den 24/8 2023.

Bilaga 15. Resultat av längdmätning av *M. relicta* s.l. i Görvältn i Mälaren den 22/8 2023.

Bilaga 16. Resultat av längdmätning av *M. relicta* s.l. i Norra Björkfjärden i Mälaren den 23/8 2023

## Sammanfattning

I Sverige har sedan länge de glacialrelikta kräftdjuren omfattat sex arter, nämligen sjösyrsa (*Gammaracanthus lacustris*), *Limnocalanus macrurus*, vitmärla (*Monoporeia affinis*), pungträka (*Mysis relicta*), taggmärla (*Pallaseopsis quadrispinosa*) och skorv eller ishavsgråsugga (*Saduria entomon*). Senare rön har dock visat att *M. relicta* i Sverige innefattar de två arterna *M. relictas.str.* och *M. salemaai*. Gruppen glacialrelikta kräftdjur i Sverige består därför numera av sju arter. Båda *Mysis*-arterna har noterats i såväl Vänern och som Vättern, men inte i Mälaren där endast *M. relicta s.str.* har iakttagits. Vänern och Vättern är de enda sjöarna i Sverige där alla sju arterna har iakttagits. I denna undersökning har de båda *Mysis*-arterna behandlats som en art med namnet *M. relicta s.l.*

Skattningar av tätheten hos de glacialrelikta kräftdjuren utfördes med hjälp av vertikalhävning med stor håv i mörker under kvällstid i slutet av augusti 2023 i centralt belägna områden i Vänern (vid Lurö), i Vättern (vid Hästholmen) samt i tre fjärdar i Mälaren (Blacken, Görväln och Norra Björkfjärden). I de nämnda undersökningsområdena i Vänern och Vättern gjordes även undersökningar 2011, 2013 - 2022 samt i Mälaren 2015 - 2022.

Den skattade medeltätheten av *M. relicta s.l.* i slutet av augusti 2023 med 95%-konfidensintervall var 37,6 (+- 7,4) ind./m<sup>2</sup> vid Lurö i Vänern och 17,9 (+- 6,8) ind./m<sup>2</sup> vid Hästholmen i Vättern. Tätheten i de två sjöarna tillhör de lägre som uppmätts sedan undersökningarna började 2011. Förhållandet med en högre uppmätt täthet i Vänern i jämförelse med Vättern överensstämmer även med resultaten från tidigare år.

I Mälaren 2023 var den skattade medeltätheten av *M. relicta s.l.* i Blacken 254,0 (+- 35,6) ind./m<sup>2</sup>, i Görväln 149,6 (+- 11,6) ind./m<sup>2</sup> och i Norra Björkfjärden 194,4 (+- 27,3) ind./m<sup>2</sup>. En jämförelse med tidigare undersökningsår visade att nämnda tätheter i alla tre mälarfjärdarna låg över den högsta tätheten som dittills uppmätts och i Blacken och Görväln var tätheten dessutom klart högre.

I Vänern och Vättern 2023 var den skattade medeltätheten av *P. quadrispinosa* låg liksom tidigare år. I Vänern skattades medeltätheten till 0,4 (+- 0,7) ind./m<sup>2</sup> och i Vättern noterades medeltätheten 0,7 (+- 1,1) ind./m<sup>2</sup>. I mälarfjärden Blacken 2023 var medeltätheten 11,4 (+- 4,5) ind./m<sup>2</sup> vilket var klart högre än tidigare år. Att den skattade tätheten var ovanligt hög hos både *M. relicta s.str.* och *P. quadrispinosa* i Blacken 2023 antyder att förhållandena i nämnda fjärd bör ha varit ovanligt gynnsamma för glacialrelikta kräftdjur detta år. I håvproven från Görväln och Norra Björkfjärden 2023 saknades däremot *P. quadrispinosa*.

*M. affinis* saknades i håvproverna från Vänern 2023 och noterades i låg täthet i de två övriga sjöarna. Tätheten av *M. affinis* är med säkerhet mycket underskattad med den metod som använts i denna undersökning. En bättre metod för att skatta tätheten av denna art är provtagning med bottenhuggare, vilket görs inom ramen för den nationella miljöövervakningen (SLU).

Den skattade medeltätheten av *L. macrurus* i Vänern 2023 var 5 056 (+- 640) ind./m<sup>2</sup> vilket var den lägsta som uppmätts sedan undersökningarna började 2011. Vid Hästholmen i Vättern var den skattade medeltätheten 11 738 (+- 5 258) ind./m<sup>2</sup>. Den högsta tätheten av arten 2023 noterades i Görväln där 122 429 (+- 14 133) ind./m<sup>2</sup> uppmättes. I Norra Björkfjärden var den skattade medeltätheten 2023 56 210 (+- 6 490) ind./m<sup>2</sup>. I Blacken påträffades inte arten vid undersökningarna 2015 - 2019 men noterades i mycket litet antal 2020 - 2023. I mälarfjärdarna Görväln och Norra Björkfjärden har medeltätheten av *L. macrurus* under alla undersökningsår sedan 2015 varit klart högre än i Vänern och Vättern, medan arten har haft en mycket låg täthet eller har saknats i Blacken.

Vid undersökningarna 2023 gjordes även försök att skatta den vertikala fördelningen av *M. relicta s.l.* Resultatet visade att den största relativa tätheten – 20 meter. I de tre mälarfjärdarna uppmättes den största relativa tätheten i provplatsernas djupaste del.

Längdmätningar av *M. relicta s.l.* visade att livscykeln skiljer sig åt mellan Vänern och de två andra sjöarna. I alla tre sjöarna sker av allt att döma fortplantning under hösten/vintern (vinterfortplantning) och födsel av en ny generation den efterkommande vintern/våren. I Vänern förekommer dessutom sommarfortplantning. I alla tre sjöarna tycks ettåriga livscyklar dominera.

En ny situation har uppstått i Mälaren då två främmande mysider, *Hemimysis anomala* och *Limnomysis benedeni*, har invaderat åtminstone den östligaste delen av sjön. Tre mysider förekommer alltså nu i Mälaren och finns nu i såväl sjöns littoral som pelagial.



# 1 Inledning

De första fynden i Sverige av glacialrelikta kräftdjur gjordes i Vänern och i Vättern. Sven Lovén angav i ett föredrag på Kungliga Vetenskapsakademien 1860 att friherre Cederström under våren 1859 vid Vätterns nordvästra strand nära Aspa påträffat *Idothea (Saduria) entomon* och utanför Jönköping funnit pungträkan *Mysis*. Han nämner samtidigt också att i en samling på Riksmuseet med djur från Vänern, skänkt av ovannämnda friherre, påträffades *Mysis* och *Pallasea (Pallaseopsis)*. I en artikel med titeln ”Darwinismens inträngande i Sverige” författad av Ulf Danielsson och införd i Lärdomshistoriska Samfundets årsbok *Lychnos* 1963-1964 nämns Sven Lovéns ovannämnda presentation på Kungliga Vetenskapsakademien och att Lovén var influerad av Darwins ideer och att han också var en av förkämparna för darwinismen. Intressant är att den ovannämnda vetenskapliga undersökningen och som berör glacialrelikta kräftdjur av allt att döma är den första i Sverige som influerats av Darwins teorier (uppgift av Peter Johansson, Vänersborgs museum) och som presenterades av Darwin 1859 med boken ”On the origin of species by means of natural selection”.

Det har sedan dess funnits ett intresse för de glacialrelikta kräftdjurens invandrings- och utbredningshistoria och det konstaterades tidigt att de glacialrelikta kräftdjuren har sin naturliga förekomst nedan den s.k. högsta kustlinjen (HK) (bl.a. Ekman 1922, Segerstråle 1957, Kinsten 2012 a). Kunskapen om dessa djurs utbredning i våra trakter har sedermera förbättrats genom de inventeringar som skett i Sverige (Kinsten 2012 a), Norge (Spikkeland et al. 2016) och Finland (Särkkä 1976, Särkkä et al. 1990).

De glacialrelikta kräftdjuren har sedan länge omfattat sex arter, nämligen sjösyrsa (*Gammaracanthus lacustris*, äldre namn: *Relictacanthus lacustris*), limnocalanus (*Limnocalanus macrurus*), vitmärla (*Monoporeia affinis*, äldre namn: *Pontoporeia affinis*), pungträka (*Mysis relicta*), taggmärla (*Pallaseopsis quadrispinosa*, äldre namn: *Pallasea quadrispinosa*) och skorv eller ishavsgråsugga (*Saduria entomon*, äldre namn: *Mesidothea entomon*) (se bl.a. Svärdson et al. 1988). *M. relicta* i Sverige är numera uppdelad i två arter, nämligen *M. relicta s.str.* och *M. salemaai* (Audzijonytė & Väinölä 2005), vilket innebär att de glacialrelikta kräftdjuren i Sverige numera omfattar sju arter och de enda sjöar i Sverige där alla de sju arterna har påträffats är Vänern och Vättern (Kinsten 2012 a, 2012 b). I Mälaren har endast en av *Mysis*-arterna registrerats, nämligen *M. relicta s.str.* (Audzijonytė & Väinölä 2005). Då inte heller *G. lacustris* påvisats i Mälaren, så är antalet observerade glacialrelikta kräftdjursarter i denna sjö fem arter. De nämnda *Mysis*-arterna är svåra att skilja åt genom morfologiska studier och behandlas i denna undersökning som en art med namnet *M. relicta s.l.* (sensu lato). En närmare beskrivning av de glacialrelikta kräftdjursarterna framgår av Kinsten (2012 a).

Det är väl känt att de glacialrelikta kräftdjuren är viktiga som fiskföda. Svärdson et al. (1988) angav t ex att nämnda djurgrupp har mycket stor betydelse för flertalet fiskar i Vättern, vilket i hög grad gäller de glacialrelikta fiskarna hornsimpa, nors och röding. Beträffande nors så angav nämnda författare att glacialrelikta kräftdjur svarade för mer än 50 % av norsens föda i Vättern och bland dessa bytesorganismer var *M. relicta s.l.* den dominerande arten. En undersökning av Hammar et al. (2018) visade att *M. relicta s.l.* i Vättern, under perioden maj – december 1973 - 2012, var viktig föda hos nors som i sin tur utgjorde en viktig föda för rödingen i Vättern.

Insikten om de glacialrelikta kräftdjurens betydelse som fiskföda ledde till att några av arterna (framför allt *M. relicta s.l.*) har inplanterats i många för vattenkraftsändamål reglerade fjällsjöar, vilka är belägna ovan HK (Fürst 1965, 1981, Kinsten 2012 a). Bakgrunden har varit försök att kompensera för förluster av fisknäringssdjur i strandzonen i samband med reglering (Fürst et al. 1984). De kallvattenälskande glacialrelikta kräftdjuren är inte på samma sätt som många av de naturligt förekommande bottendjuren i fjällsjöarna beroende av strandzonen. Resultaten av inplanteringarna av *M. relicta s.l.* har visat att

bentiska fiskar som t.ex. öring har fått fördel av det nya näringsdjuret medan planktiska fiskarter som t.ex. röding och sik kan ha fått en konkurrent om djurplankton som utgör en viktig föda för fisken (bl.a. Fürst et al. 1984).

Undersökningen 2023 syftade i första hand till att beskriva den ungefärliga tätheten av glacialrelikta kräftdjur (i första hand *Mysis relicta* s.l.) med hjälp av vertikalhävning i mörker över det största djupet i ett centralt beläget område i Vänern, i Vättern samt i de tre fjärdarna Blacken, Görväln och Norra Björkfjärden i Mälaren. Samma metod användes vid undersökningarna på de nämnda provplatserna i Vänern och Vättern 2011, 2013 - 2022 och i Mälaren 2015 - 2022. Undersökningen i Vänern och Vättern 2011 var dock mer omfattande och innefattade flera provplatser och djup där både hävning och trålning skedde (Kinsten 2012 b). Undersökningarna i de ovannämnda fjärdarna i Mälaren 2015 var också mer omfattande och inkluderade hävning och trålning på flera djup (Kinsten 2016).



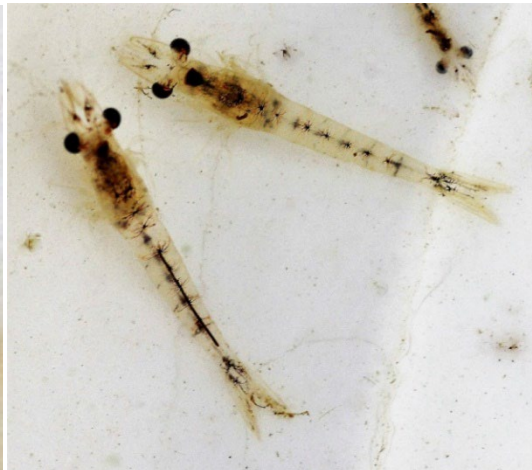
Sjösyrsa (*Gammaracanthus lacustris*) (35 mm).



*Limnocalanus macrurus* (2,8 mm).



Vitmärla (*Monoporeia affinis*) (10 mm).



Pungräka (*Mysis relicta* s.l.) (25 mm).



Taggmärla (*Pallaseopsis quadrispinosa*) (27 mm).

Skorv eller Ishavsgråsugga (*Saduria entomon*) (50 mm).

Ungefärlig maxstorlek i insjöar har angivits inom parentes. Foton: Björn Kinsten.

## 2 Materiel och metoder

### 2.1 Undersökningsområden

Undersökningar av glacialrelikta kräftdjur utfördes 2023 i såväl Vänern som Vättern i ett centralt beläget område i vardera sjön. I Vänern skedde undersökningen vid Lurö över 70 meters djup den 27/8 och i Vättern vid Hästholmen över 100 meters djup den 20/8. Samma provtagningsplatser användes även vid undersökningarna 2011 (Kinsten 2012 b) och 2013 - 2022 (Kinsten 2023 a).

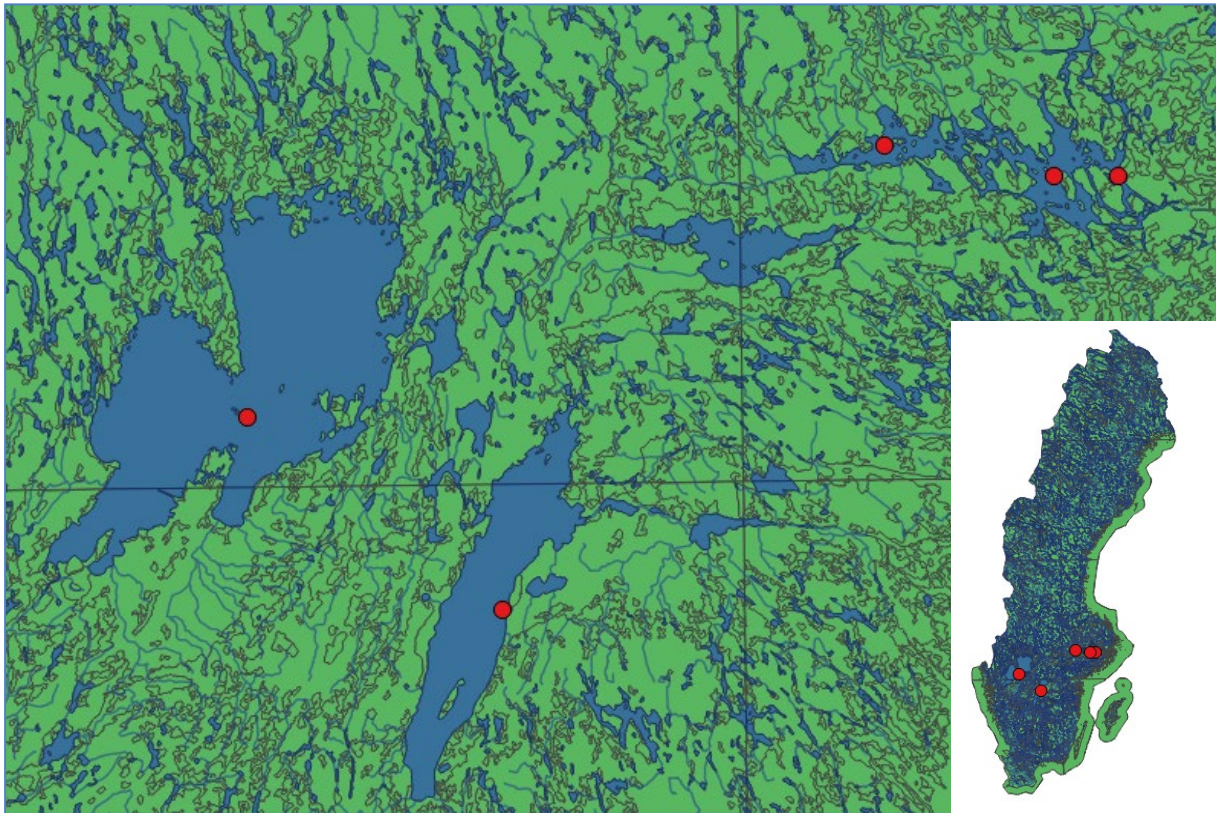
I Mälaren utfördes undersökningar av glacialrelikta kräftdjur 2023 i de tre fjärdarna Blacken (över 26 meters djup den 24/8), i Görväln (över 55 meters djup den 22/8) och i Norra Björkfjärden (över 60 meters djup den 23/8). Samma provtagningsplatser undersöktes även 2015 - 2022.

Allmänna sjödata för de tre sjöarna framgår av Bilaga 1.

För positionsbestämning av provtagningslokalerna har GPS-utrustning använts. Provpunkternas läge framgår av tabell 1 samt på karta (Figur 1).

Tabell 1. Koordinater (RT90) för provtagningslokalerna 2023.

Sjö	Provpunkt	Djup	Koord NS	Koord EW
Mälaren	Blacken	26 m	65 97 950	15 42 550
"	<u>Görväln</u>	56 m	65 88 300	16 10 890
"	N Björkfjärden	60 m	65 88 540	15 92 220
Vänern	Lurö	70 m	65 19 730	13 54 750
Vättern	Hästholmen	100 m	64 63 230	14 28 800



Figur 1. Provplatserna för håvningarna 2023 (räknat från vänster på kartan) i Vänern (vid Lurö), Vättern (vid Hästholmen) och Mälaren (Blacken, Norra Björkfjärden, Görväln) har markerats med röda punkter. Provtagningsplatserna är desamma som använts vid tidigare undersökningar av glacialrelikta kräftdjur från och med 2011.

## 2.2 Insamlingsmetodik

Skattning av tätheten hos *M.relicta s.l.* skedde med hjälp av ett större antal vertikalhåvningar i mörker under kvällstid. Den håv som användes hade en öppningsarea på 0,28 m<sup>2</sup>, längden 1,80 m och en maskstorlek på 500 µ (Figur 2). Insamlingen av prover skedde genom att håven av egen tyngd med öppningen nedåt sänktes ned från ytan till nära botten varifrån den drogs upp i lugn och jämn takt. Håvens hastighet var i genomsnitt ca 0,2 – 0,3 m/s. En jämförelse kan göras med en undersökning utförd av Chipps & Bennett (1996), som rekommenderade att håvningshastigheten för de av dem använda håvtyperna (maskstorlek 0,333 och 1,000 mm) inte borde överstiga 0,5 m/s. Metoden 2023 var densamma som användes på samma provplatser 2011, 2013 - 2022 i Vänern och Vättern och i Mälaren 2015 – 2022 (Kinsten 2023 a).

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) och anses för närvarande vara den bästa för skattning av tätheten hos *M. relicta s.l.* (se bl a Bagge et al 1996, Kinsten & Degerman 2012), då denna art i mörker söker sig mot ytligare lager för att bl a äta djurplankton.

Då håvning även lämpar sig för skattning av tätheten hos den planktiskt levande *L. macrurus* noterades även denna art och i den mån även andra glacialrelikta kräftdjursarter påträffades noterades även dessa.

Håvningar genomfördes också för att bilda sig en uppfattning om fördelningen i djupled hos i första hand *M. relicta s.l.* och *L. macrurus*. Metodiken var densamma som vid håvningarna för att skatta tätheten i

hela vertikalprofilen (se ovan), men vid studiet av vertikal fördelningen utfördes håvningarna över största djupet i olika vattenskikt från ytan ned till olika djup (se Bilaga 3 – 7). Beräkningen av den relativa tätheten i ett visst skikt gjordes genom att subtrahera täthetsvärdet i det närmast överliggande skiktet från täthetsvärdet i skiktet som sträckte sig från ytan ned till djupet närmast under. Exempelvis för att beräkna tätheten i skiktet 40 - 60 meter så har tätheten i skiktet 0 – 40 meter subtraherats från tätheten i skiktet 0 – 60 meter. Det kan förväntas att den beräknade relativa tätheten i håvningarna ned till det större djupet ska vara högre än i håvningarna ned till det lägre djupet då håven ju på sin väg ned till det större djupet har passerat djupintervallet högre upp i vattenmassan. Det nämnda förfarandet för att beräkna tätheten i de olika djupintervallen har dock lett till att negativa täthetsvärden uppstått för vissa djupintervall. En negativ täthet är naturligtvis inte möjlig utan är en följd av beräkningssättet. Att sådana täthetsvärden uppstår kan bero på en ojämn fördelning av organismerna i sjön, som gör att ett djupare håvdrag slumpvis kan ge upphov till ett lägre täthetsvärde än ett grundare håvdrag.

Ytterligare information om utrustning, metoder och analyser framgår av ”Undersökningstyp: Glacialrelikta kräftdjur i sjöar och vattendrag.” (Havs och Vattenmyndigheten 2016). Dessutom kan metodupplysningar hämtas från Kinsten & Degerman (2012).

En sammanfattning av rekommenderade metoder för undersökning av olika glacialrelikta kräftdjurs förekomst respektive täthet framgår av tabell 2.

Tabell 2. Rekommenderade metoder för undersökning av olika glacialrelikta kräftdjursarters förekomst respektive täthet. (Tabellens uppgifter är i första hand baserad på informationen i Kinsten & Degerman (2012)).

	<u><i>G.lacustris</i></u>	<u><i>L.macrurus</i></u>	<u><i>M.affinis</i></u>	<u><i>M.relicta s.l.</i></u>	<u><i>P.quadrspinosa</i></u>	<u><i>S.entomon</i></u>
Förekomst	M	V	B, M	M	M	M
Täthet	V?	V	B	V	V?	B

B= Bottenhuggare (Ekmanhuggare eller van Veenhuggare). M = Mysistrål. V = Vertikalhåv.



Foto: Björn Kinsten

Figur 2. Bilden visar den stora håv som använts vid alla undersökningarna av glacialrelikta kräftdjur i Vänern, Vättern och Mälaren till och med 2023.

### 2.3 Analys på laboratoriet

Analysen av de insamlade proven gjordes under förstoring på laboratoriet. I håvproven räknades samtliga individer av de större glacialrelikta kräftdjuren (*G. lacustris*, *M. affinis*, *M. relictta s.l.* och *P. quadrispinosa*), medan endast en liten del av proven (subsampling) analyserades då tätheten av *L. macrurus* skattades. Beträffande den sistnämnda arten skall resultatet ses som ett komplement till resultaten i de undersökningar av djurplankton som sker inom den nationella miljöövervakningen (SLU).

Medeltätheten hos samtliga arter har angivits som antal individer/m<sup>2</sup> (ind./m<sup>2</sup>) med 95%-konfidensintervall inom parentes.

För att bilda sig en uppfattning om livscykeln hos *M. relictta s.l.* utfördes längdmätningar på merparten av de individer som insamlades i håvproven. Längden mättes från rostrums spets till yttersta delen av telson. Samma sätt att mäta längden använde också Fürst (1972 a).

## 3 Resultat och diskussion

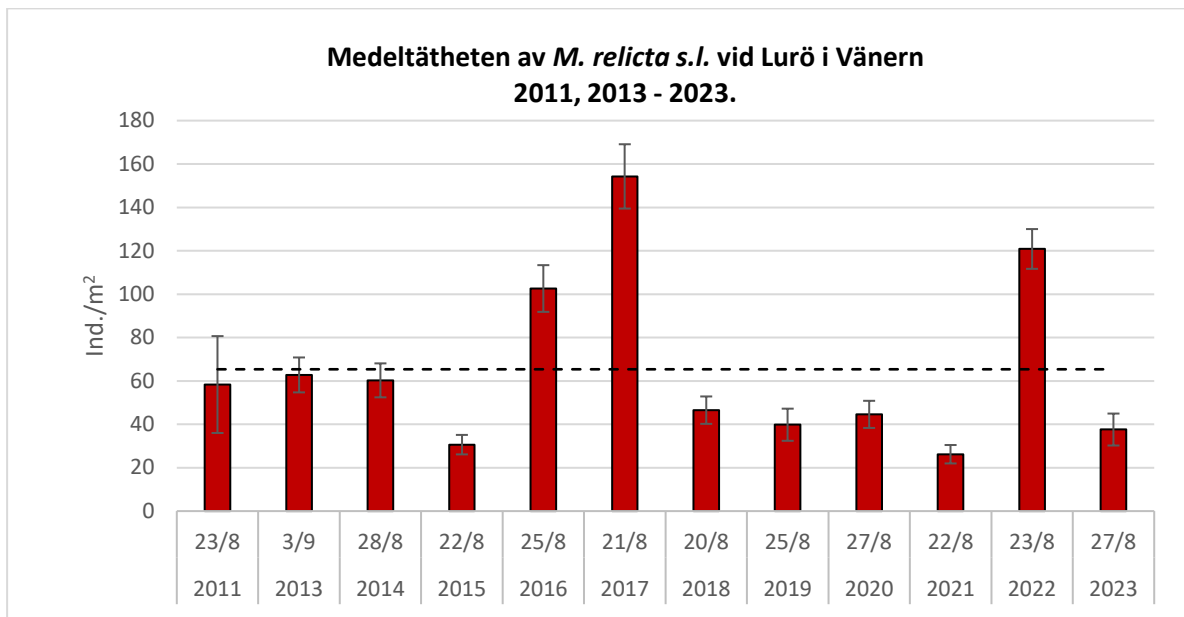
### 3.1 Tidpunkten för hävningarna i förhållande till solnedgången

Vid kvantitativa undersökningar av *Mysis*' täthet medelst hävning brukar rekommendationen vara att hävning tidigast bör ske en timme efter solnedgången. Hävningarna 2023 i Görvältn och Norra Björkfjärden i Mälaren inleddes mer än en timme efter solnedgången, vilket dock inte var fallet i Vänern, Vättern och Blacken (Mälaren) 2023. I framför allt Vättern kunde en lägre täthet konstateras i de prov som insamlades mindre än en timme efter solnedgången vid en jämförelse med resultatet i de efterföljande proven. Ett förhållande som dock inte kunde skönjas i Vänern och i mindre grad i Blacken. Tidpunkten för solens nedgång vid undersökningsområdena framgår av Bilaga 2 och 3 – 7. En beräkning har gjorts för att skatta när hävningar i Vänern och Vättern tidigast bör ske i förhållande till solnedgången för att nå relevanta täthetsvärden för *M. relictta s.l.* (Bilaga 15). Resultatet visade att hävningarna i Vättern tidigast bör ske ca en halvtimme efter solnedgången medan hävningarna i Vänern kan inledas mer än två timmar tidigare.

### 3.2 Täthet

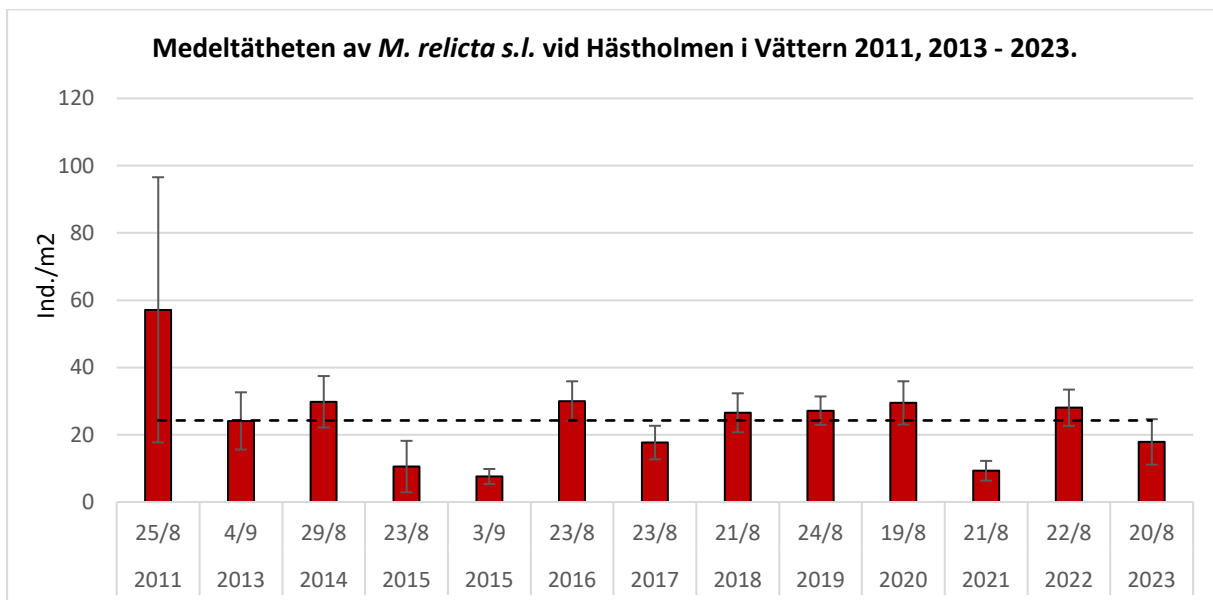
#### 3.2.1 *Mysis relictta s.l.*

Undersökningarna 2023 vid Lurö i Vänern resulterade i en skattad medeltäthet av *M. relictta s.l.* på 37,6 (+- 7,4) ind./m<sup>2</sup>, medan den skattade medeltätheten vid Hästholmen i Vättern 2023 var 17,9 (+- 6,8) ind./m<sup>2</sup>. Om två prov i Vättern som insamlades mindre än en timme efter solnedgången undantas så blev medeltätheten i Vättern endast något högre eller 21,4 ind./m<sup>2</sup>. Tätheterna i båda sjöarna kan bedömas som relativt låga i jämförelse med resultaten från tidigare undersökningsår (Bilaga 3, 4, 8 och Figur 3, 4).



**Antal prov: 3 13 16 13 13 10 10 10 10 10 11 10 8**

Figur 3. Medeltätheten per undersökningstillfälle av *M. relicta s.l.* skattad genom hāvning över 70 meters djup vid Lurö i Vänern. Provtagningarna skedde vid flera tidpunkter under en kväll/natt i slutet av augusti/början av september 2011, 2013 - 2023. Felstapeln anger 95%-konfidensintervall. Den vågräta streckade linjen anger medelvärdet för alla år. Under diagrammet anges antalet prov per undersökningstillfälle.

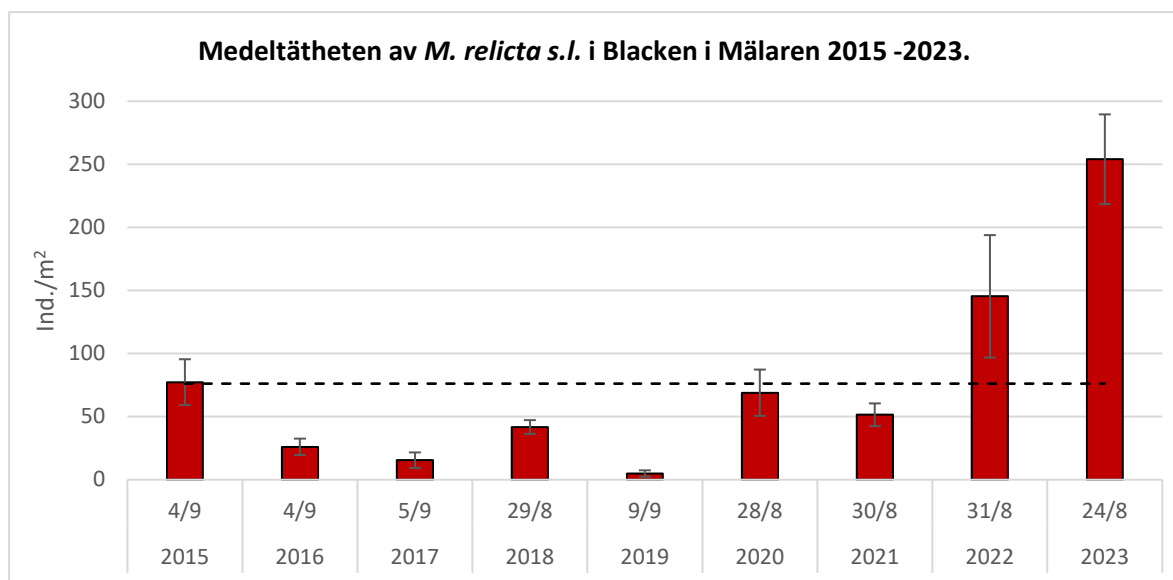


**Antal prov: 3 12 13 10 8 10 10 10 10 10 10 10 8**

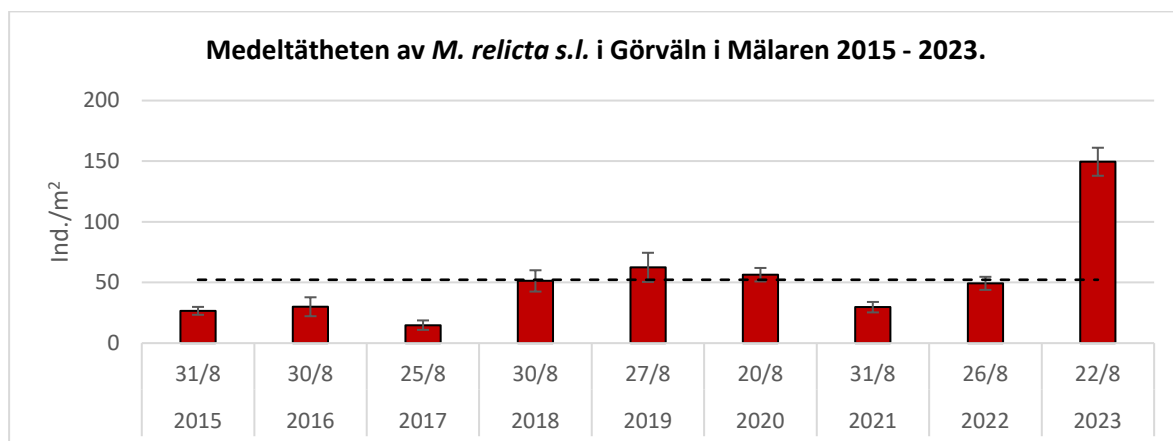
Figur 4. Medeltätheten per undersökningstillfälle av *M. relicta s.l.* skattad genom hāvning över 100 meters djup vid Hästholmen i Vättern. Provtagningarna skedde vid flera tidpunkter under en kväll i slutet av augusti/början av september 2011, 2013 - 2023. (Obs! Två provtillfällen 2015). Felstapeln anger 95%-konfidensintervall. Den vågräta streckade linjen anger medelvärdet för alla år. Under diagrammet anges antalet prov per undersökningstillfälle.



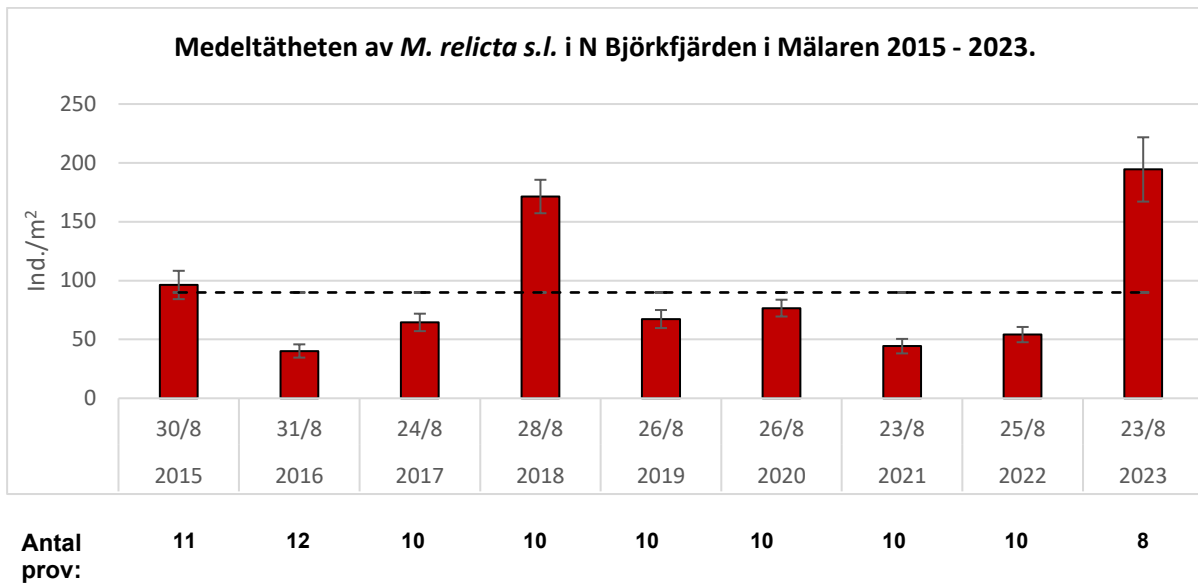
I Mälaren 2023 var den skattade medeltätheten hos *M. relicta s.l.* i Blacken 254,0 (+- 35,6) ind./m<sup>2</sup>, i Görväln 149,6 (+- 11,6) ind./m<sup>2</sup> och i Norra Björkfjärden 194,4 (+- 27,3) ind./m<sup>2</sup> (Bilaga 5 – 8 och Figur 5). En jämförelse med tidigare år visade att de uppmätta medeltätheterna i mälarfjärdarna 2023 var klart högre än åren 2015 – 2022 med undantag av tätheten 2018 i Norra Björkfjärden då tätheten nästan var lika hög som 2023.



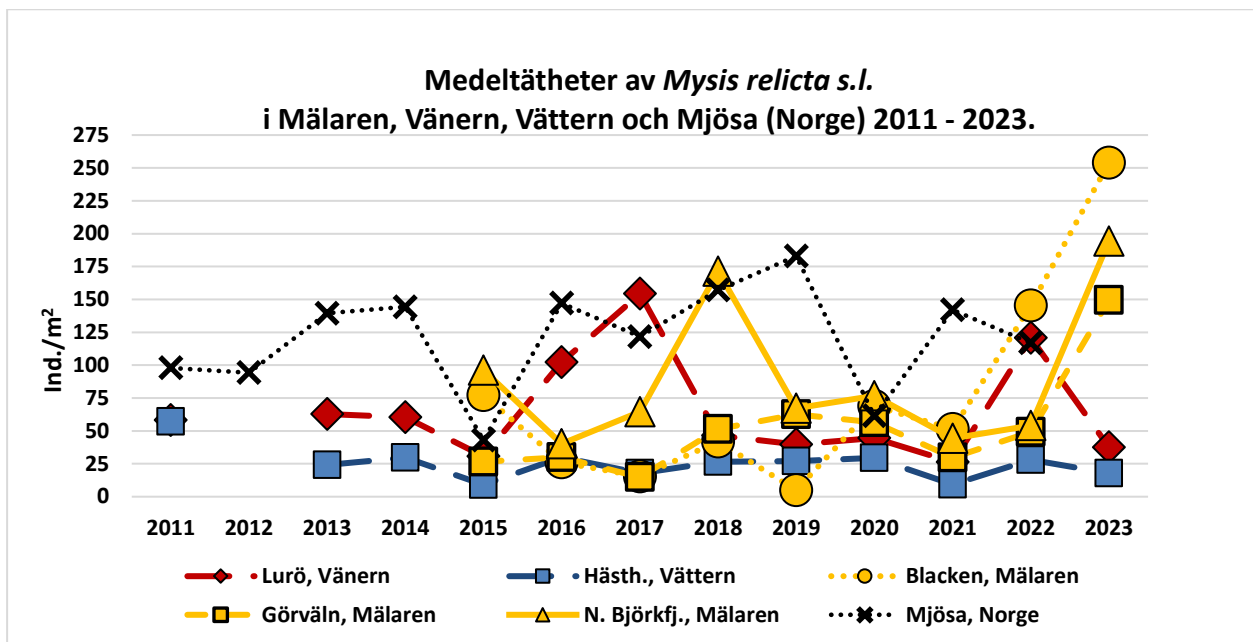
**Antal prov:** 10      10      12      10      13      13      12      10      8



**Antal prov:** 10      10      10      11      10      10      10      10      8



Figur 5. Medeltätheten av *M. relicta* s.l. skattad genom håvning i de tre Mälarfjärdarna Blacken, Görväln och Norra Björkfjärden över 26, 56 respektive 60 meters djup vid flera tidpunkter i mörker under en kväll i slutet av augusti/början av september 2015 - 2023. Felstapeln anger 95%-konfidensintervall. Den vågräta streckade linjen anger medelvärdet för alla år. Under diagrammen anges antalet prov per undersökningstillfälle.



Figur 6. Medeltätheten av *M. relicta* s.l. i Vänern (Lurö) och Vättern (Hästholmen) 2011, 2013 – 2023 samt i Mälaren (Blacken, Görväln, Norra Björkfjärden) 2015 - 2023. En jämförelse har också gjorts med

medeltätheten uppmätt vid Skreia i Mjösa (Norge) 2011 - 2022. Data från Mjösa kommer från övervakningen som NIVA utför på uppdrag från Vassdragsförbundet för Mjösa (Thrane et al. 2023).

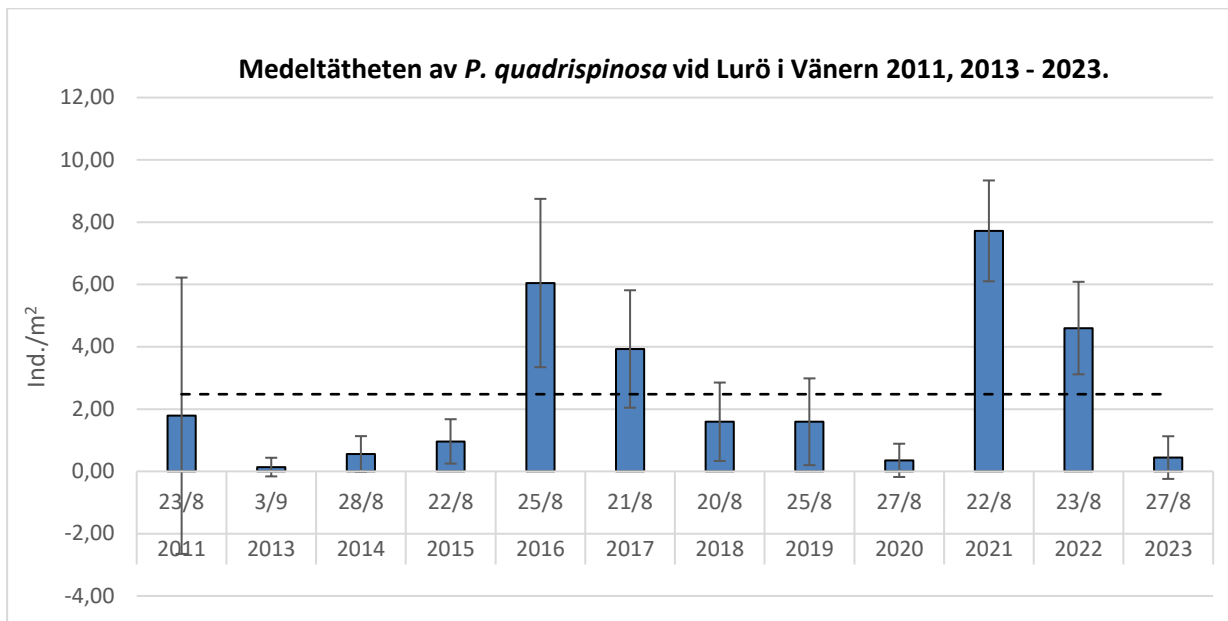
En jämförelse av resultaten från alla tre sjöarna 2023 (Bilaga 8 och Figur 6) visade att den skattade medeltätheten hos *M. relicta s.l.* var klart högre i de tre mälarfjärdarna än i Vänern och Vättern och alla tre mälarfjärdarna nådde högre skattade medeltätheter än de nått under tidigare år. Förhållandet med en högre medeltäthet i Vänern i jämförelse med Vättern överensstämde med resultaten från tidigare år. Kinsten & Degerman (2012) noterade också en signifikant större medeltäthet av *M. relicta s.l.* 2011 i Vänern i jämförelse med Vättern, då täthetsvärden från flera provplatser medräknades.

En tillbakablick visar att tätheten av *M. relicta s.l.* i Blacken 2019 var ovanligt låg vilket kan ha varit en följd av hög temperatur i epilimnion och låg syrgashalt i hypolimnion sensommaren 2018 (Kinsten 2019). De fyra åren efter 2019 (d.v.s. 2020 – 2023) var tätheten åter högre i Blacken och 2022 uppmättes den dittills klart högsta tätheten för åren 2015 – 2022. Den skattade medeltätheten av *M. relicta s.l.* 2023 (254,0 ind./m<sup>2</sup> +- 35,6) var dock än högre och var till och med den högsta tätheten som uppmätts i de tre sjöarna sedan undersökningarna startade (Figur 6), vilket tyder på ovanligt gynnsamma förhållanden för arten. Att förhållandena varit gynnsamma för de glacialrelikta kräftdjuren i Blacken 2023 stöds också av att även *P. quadrispinosa* nådde betydligt högre täthet 2023 än tidigare (se kap. 3.2.2.).

En jämförelse av de skattade medeltätheterna hos *M. relicta s.l.* har också gjorts med resultat från undersökningar av glacialrelikta kräftdjur i Mjösa, Norges största sjö (Figur 6). Undersökningarna i Mjösa har pågått under betydligt längre tid än vad som framgår av nämnda figur och har utförts under sammanlagt 47 år sedan 1976 och dessutom vid flera tillfällen under samma år (Thrane et al. 2023). En jämförelse av medeltätheten hos *M. relicta s.l.* i alla fyra sjöarna under perioden 2011 – 2023 visar att ovanligt låga medeltätheter uppmättes hos *M. relicta s.l.* i Vänern, Vättern och Mjösa 2015, i Mjösa 2020 samt i Vänern och Vättern 2021. Den högsta medeltätheten som har noterats av arten i någon av de fyra sjöarna sedan 2011 uppmättes i Blacken 2023.

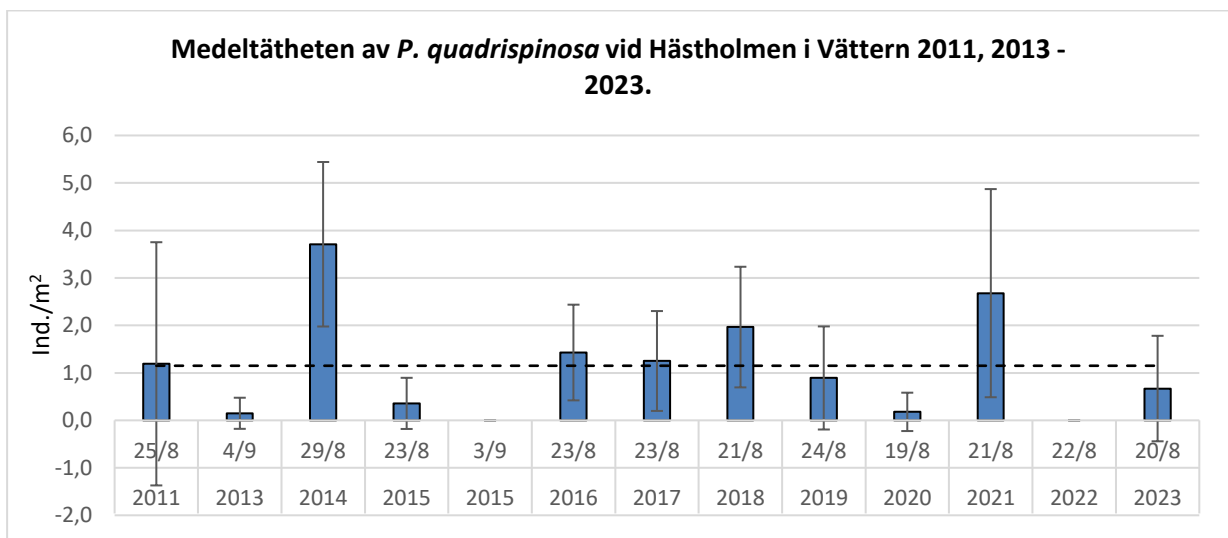
### **3.2.2 *Pallaseopsis quadrispinosa*, *Monoporeia affinis*, *Gammaracanthus lacustris* och *Saduria entomon***

*P. quadrispinosa* har oftast bara noterats i ett mindre antal håvprov/provtillfälle i Vänern och Vättern med undantag av något enstaka år och antalet individer/prov har oftast varit litet (Bilaga 3, 4, 8 och Figur 7, 8). Den högsta medeltätheten i Vänern uppmättes 2021 då tätheten var 7,7 (+- 1,6) ind./m<sup>2</sup>, medan den högsta medeltätheten i Vättern noterades 2014 med 3,7 (+- 1,7) ind./m<sup>2</sup>. Övriga år har medeltätheten vanligen varit betydligt lägre.



**Antal prov: 3 13 16 13 13 10 10 10 10 10 11 10 8**

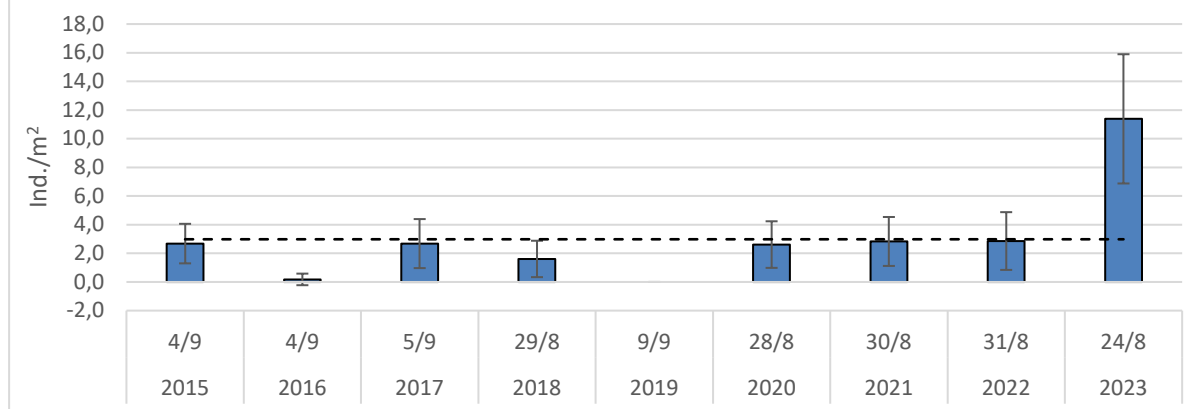
Figur 7. Medeltätheten av *P. quadrispinosa* skattad genom hävning över 70 meters djup vid Lurö, Vänern, vid flera tidpunkter under en kväll i slutet av augusti/början av september 2011, 2013 - 2023. Felstapeln anger 95%-konfidensintervall. Den vågräta streckade linjen anger medelvärdet för alla år. Under diagrammet anges antalet prov per undersökningstillfälle.



**Antal prov: 3 12 13 10 8 10 10 10 10 10 10 10 8**

Figur 8. Medeltätheten av *P. quadrispinosa* skattad genom hävning över 100 meters djup vid Hästholmen, Vättern, vid flera tidpunkter under en kväll i slutet av augusti/början av september 2011, 2013 - 2023. (Obs! Två provtillfällen 2015. Arten påträffades inte vid provtagningarna vid Hästholmen den 3/9 2015.) Felstapeln anger 95%-konfidensintervall. Den vågräta streckade linjen anger medelvärdet för alla år. Under diagrammet anges antalet prov per undersökningstillfälle.

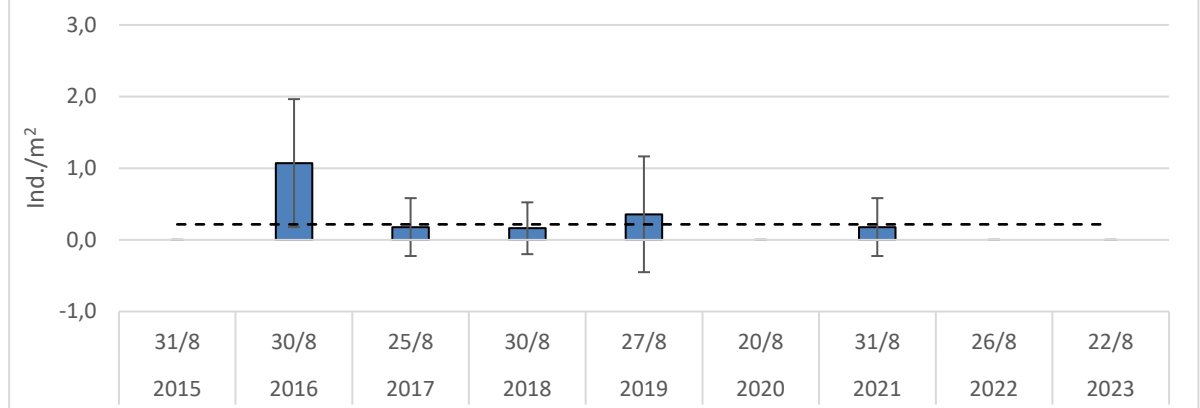
**Medeltätheten av *P. quadrispinosa* i Blacken i Mälaren 2015 - 2023.**



**Antal prov:**

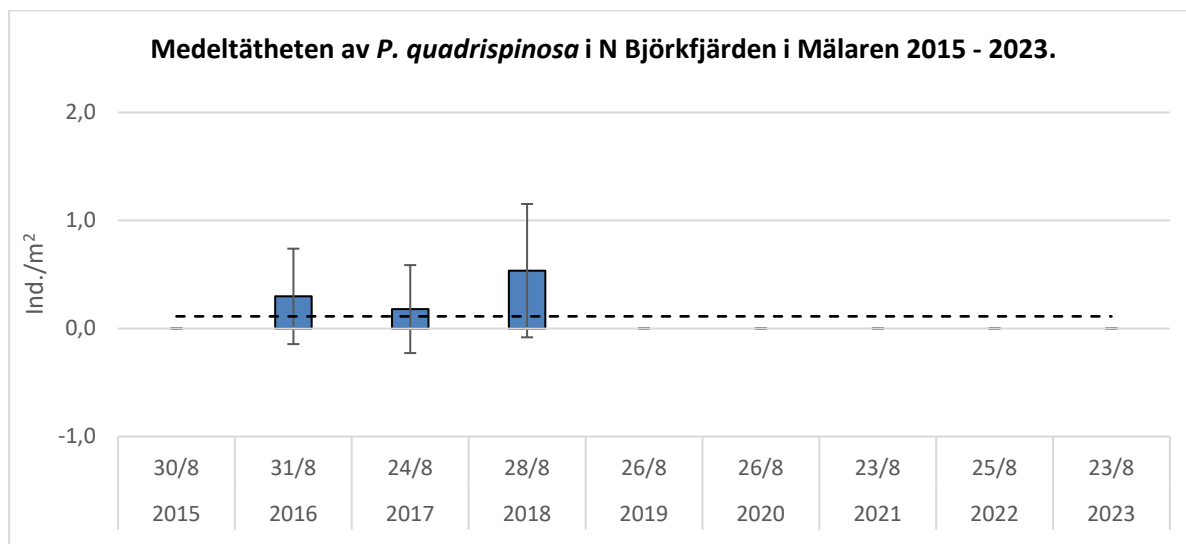
**10      10      12      10      13      13      12      10      8**

**Medeltätheten av *P. quadrispinosa* i Görvåln i Mälaren 2015 - 2023.**



**Antal prov:**

**10      10      10      11      10      10      10      10      8**

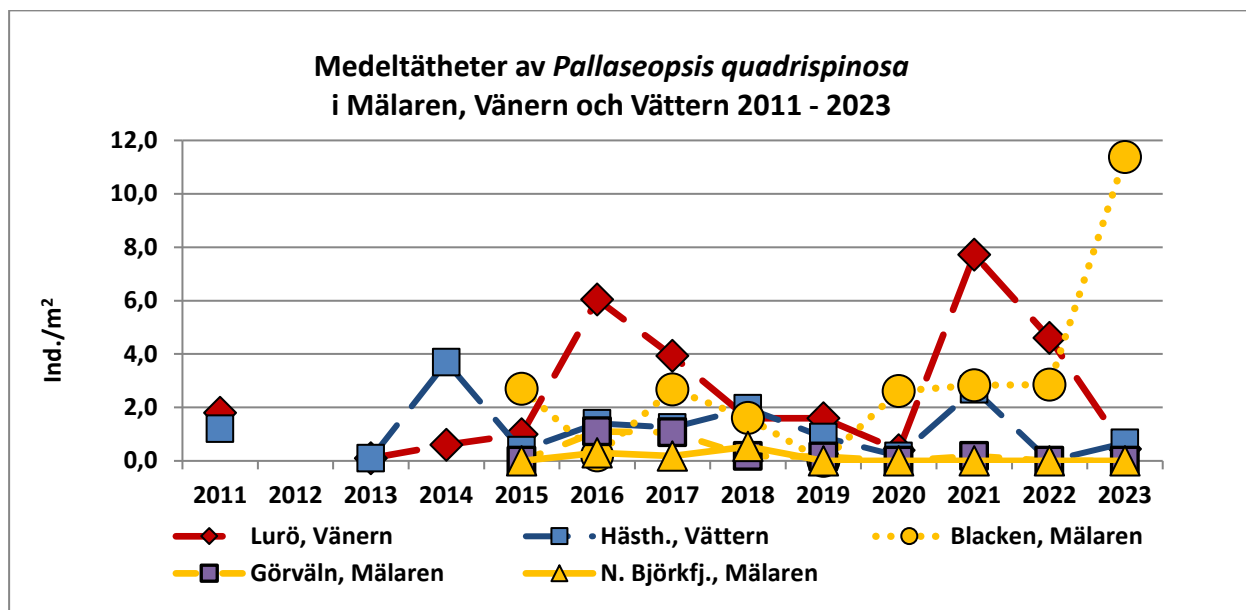


**Antal prov:**            **11**        **12**        **10**        **10**        **10**        **10**        **10**        **10**        **8**

Figur 9. Medeltätheten av *P. quadrispinosa* skattad genom håvning i de tre Mälarfjärdarna Blacken, Görväln och Norra Björkfjärden över 26, 56 respektive 60 meters djup vid flera tidpunkter under en kväll i slutet av augusti/början av september 2015 - 2023. Felstapeln anger 95%-konfidensintervall. Den vågräta streckade linjen anger medelvärdet för alla år. Under diagrammet anges antalet prov per undersökningstillfälle.

I Mälaren har vanligen endast enstaka håvprov/undersökningstillfälle innehållit *P. quadrispinosa* och då i litet antal (Bilaga 5 – 8 och Figur 9). Medeltätheten hos *P. quadrispinosa* i Blacken 2023 var dock klart högre än tidigare år, nämligen 11,4 (+/- 4,5) ind/m<sup>2</sup>, vilket också var den högsta tätheten som uppmätts av arten i någon av sjöarna sedan undersökningarna påbörjades 2011 (Figur 10). Arten noterades inte i Görväln och Norra Björkfjärden 2023.

Kinsten & Degerman (2012) påpekade att vare sig håv, trål eller bottenhuggare kunde rekommenderas för skattning av artens täthet, men att högre tätheter noterades med håv i jämförelse med trål.



Figur 10. Medeltätheten av *P. quadrispinosa* i Vänern (Lurö) och Vättern (Hästholmen) 2011, 2013 – 2023 samt i Mälaren (Blacken, Görväln, Norra Björkfjärden) 2015 – 2023.

*P. quadrispinosa* har oftare än de övriga glacialrelikta kräftdjuren påträffats i grunda områden (se t ex Kinsten 2012a, 2012b). Vid en bottenfaunaundersökning i Vänern 2014 noterades *P. quadrispinosa* på flera strandlokaler, bl a vid Torsö utanför Mariestad och vid Kållandsö (Nilsson et al. 2015). Vid undersökningen 2021 i Mjösa, Norge, påträffades inte *P. quadrispinosa* vid Skreia (maxdjup > 400 m), medan den noterades i litet antal vid Furnesfjorden.. (Thrane et al. 2022).

*G. lacustris* förekommer i Vänern och Vättern men har aldrig upptäckts i Mälaren (Kinsten 2012 a, 2012 b), som avsnördes från Östersjöns bräckta vatten med början under 900-talet och blev en insjö under 1200-talet (Mälarens vattenvårdsförbund 2020). Då *G. lacustris* vare sig har noterats i Östersjöns bräckta vatten eller i sjöar uppströms Mälaren är det förväntat att arten också saknas i Mälaren. Arten noterades inte vid Hästholmen i Vättern 2023, men påträffades i ett exemplar i Vänern 2023, vilket var det femte tillfället som arten har noterats i håvprov i Vänern sedan undersökningarna påbörjades 2011. De tidigare tillfällena var 2014, 2018, 2019 och 2022 (Bilaga 8). Arten noterades också i Vättern 2019 då den påträffades i två exemplar, vilket var första och hittills enda gången som arten noterats i håvprov i Vättern sedan 2011. Fler fynd av arten har dock gjorts i trålprov framför allt vid Lurö i Vänern 2011 (Kinsten 2012 b). Som jämförelse kan nämnas att arten påträffades i enstaka exemplar i några håvprov 2021 vid Furnesfjorden och Skreia, Mjösa i Norge (Thrane et al. 2022). I en undersökning i oktober i en finsk sjö med maxdjupet 74 meter fann Salonen et al. (2019) att alla *G. lacustris* infångades under 25 meters djup där temperaturen understeg 8°C. De nämnde också att arten har en viktig roll i pelagiska näringsvävar men också att de kan vara en viktig föda för bentiskt levande fiskar.

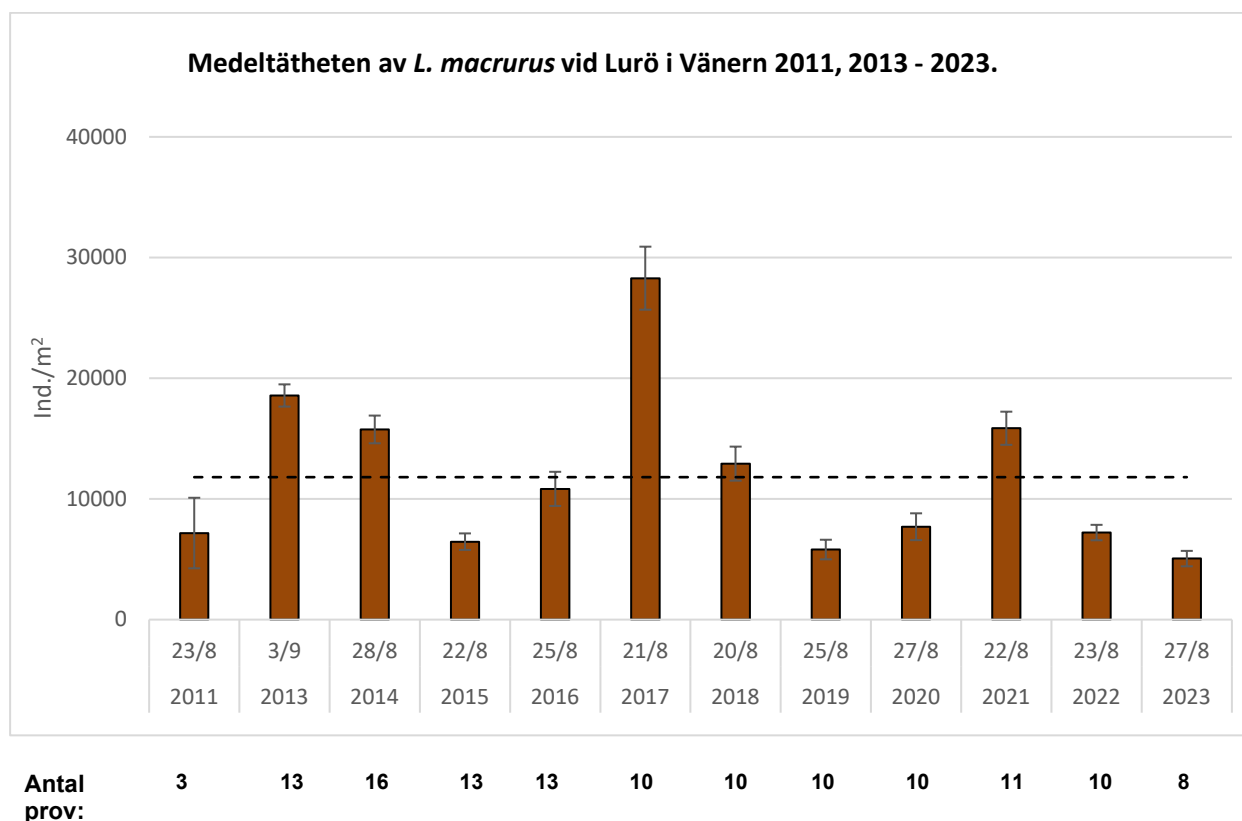
*M. affinis* förekommer i alla tre sjöarna och har vid något tillfälle sedan 2011 påträffats i håvprov i alla tre Mälarfjärdarna och i Vänern och för första gången i Vättern 2023. Håvning är dock inte en lämplig metod för skattning av tätheten hos *M. affinis*. Med stor sannolikhet är tätheten av nämnda art mycket underskattad med den metod som använts i denna undersökning. En betydligt bättre metod är provtagning med bottenhuggare (Kinsten & Degerman 2012).

*S. entomon* har inte noterats i håvprov i någon av de tre sjöarna. Håvning är dock inte en lämplig metod för täthetsbestämning av *S. entomon*. Istället är undersökning med bottenhuggare den metod som rekommenderas för täthetsbestämning av *S. entomon* (se Leonardsson & Sparrevik 1995).

Det bör påpekas att undersökning med bottenhuggare sker inom den nationella miljöövervakningen av bottenfauna (SLU) där både *M. affinis* och *S. entomon* ingår.

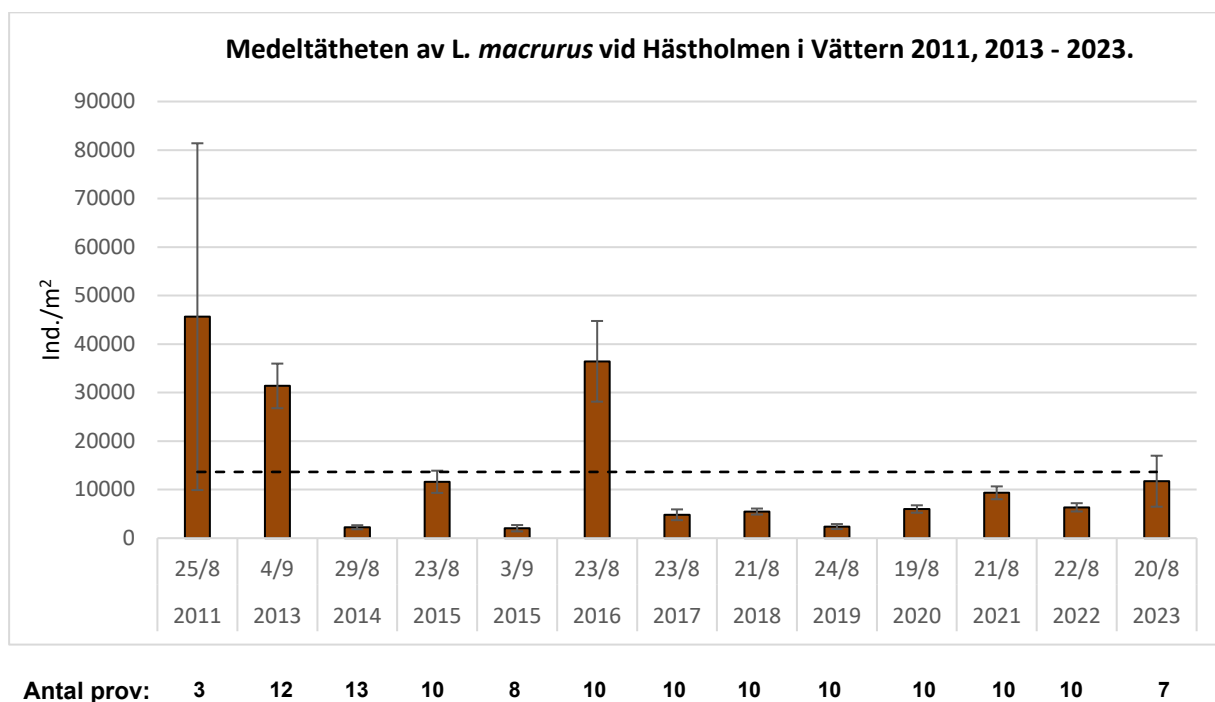
### 3.2.3 *Limnocalanus macrurus*

Medeltätheten 2023 av det planktiska och minsta glacialrelikta kräftdjuret *L. macrurus* skattades vid Lurö i Vänern till 5 056 (+- 640) ind./m<sup>2</sup> (Bilaga 3, 8 och Figur 11), vilket är den lägsta tätheten som uppmätts i sjön sedan undersökningarna påbörjades 2011. Vid Hästholmen i Vättern skattades tätheten till 11 738 (+- 5 258) ind./m<sup>2</sup> (Bilaga 4, 8 och Figur 12). Ragnarsson Stabo et al. (2012) angav i kartform att Luröområdet i Vänern i augusti-september 2011 hörde till de områden i sjön som hade den lägsta biomassan av stora djurplankton, dit *L. macrurus* räknas. Nämda författare påtalade att biomassan av de stora djurplanktonen i Vättern var högst i det område där Hästholmen ligger och var där högre än vid Lurö i Vänern.



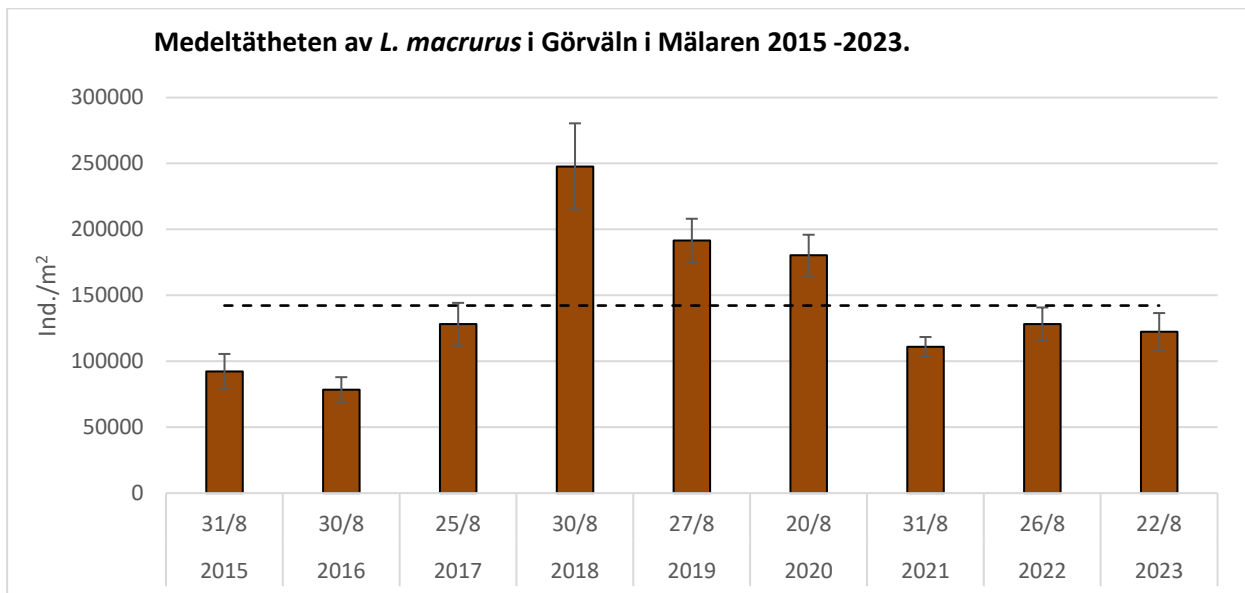
Figur 11. Medeltätheten av *L. macrurus* skattad genom håvning vid Lurö, Vänern, över 70 meters djup vid flera tidpunkter under en kväll i slutet av augusti/början av september 2011, 2013 - 2023. Felstapeln anger 95%-konfidensintervall. Den vågräta streckade linjen anger medelvärdet för alla år. Under diagrammet anges antalet prov per undersökningstillfälle.



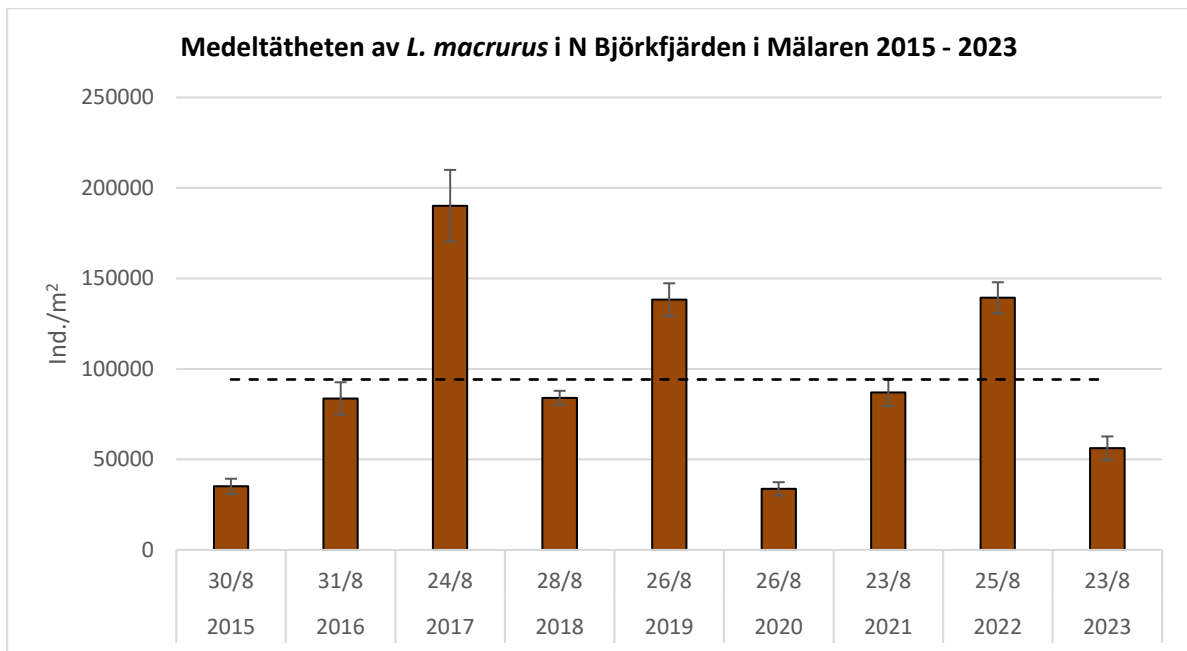


Figur 12. Medeltätheten av *L. macrurus* skattad genom håvning vid Hästholmen, Vättern, över 100 meters djup vid flera tidpunkter under en kväll i slutet av augusti/början av september 2011, 2013 - 2023 (OBS! Två provtillfällen 2015). Felstapeln anger 95%-konfidensintervall. Den vågräta streckade linjen anger medelvärde för alla år. Under diagrammet anges antalet prov per undersökningstillfälle.

I Mälaren noterades *L. macrurus* i alla tre fjärdarna 2023 liksom 2020 – 2022. Den första noteringen av arten i Blacken, sedan undersökningarna påbörjades 2015, gjordes 2020. *L. macrurus* noterades även 2023 i nämnda fjärd men i mycket låg medeltäthet (198 +/- 48 ind./m<sup>2</sup>). Den skattade medeltätheten 2023 av arten i Görväln var 122 429 (+/- 14 133) ind./m<sup>2</sup> och i Norra Björkfjärden 56 210 (+/- 6 490) ind./m<sup>2</sup>. Den högsta medeltätheten av *L. macrurus* i någon av de tre sjöarna noterades i Görväln 2018 då tätheten 247 788 (+/- 32 672) ind./m<sup>2</sup> registrerades (Bilaga 6, 8 och Figur 13, 14). En hög medeltäthet skattades också i Norra Björkfjärden 2017 då medeltätheten uppmättes till 190 181 (+/- 19 782) ind./m<sup>2</sup> (Bilaga 7, 8 och Figur 13, 14). Medeltätheten i de sistnämnda två mälarfjärdarna har vanligen varit klart högre alla undersökningsåren (2015 – 2023) än de medeltätheter som skattats i Vänern och Vättern samma år (Figur 14). Ragnarsson Stabo et al. (2012) angav i kartform att biomassan av stora djurplankton generellt var högre i Mälaren, speciellt i de västra delarna, än i Vänern och Vättern. Nämnda författare beskrev i kartform också att *L. macrurus* dominerade bland stora djurplankton i håvprov från Vättern 2011, medan *Leptodora kindtii* dominerade bland de stora djurplanktonen i Vänern och Mälaren.

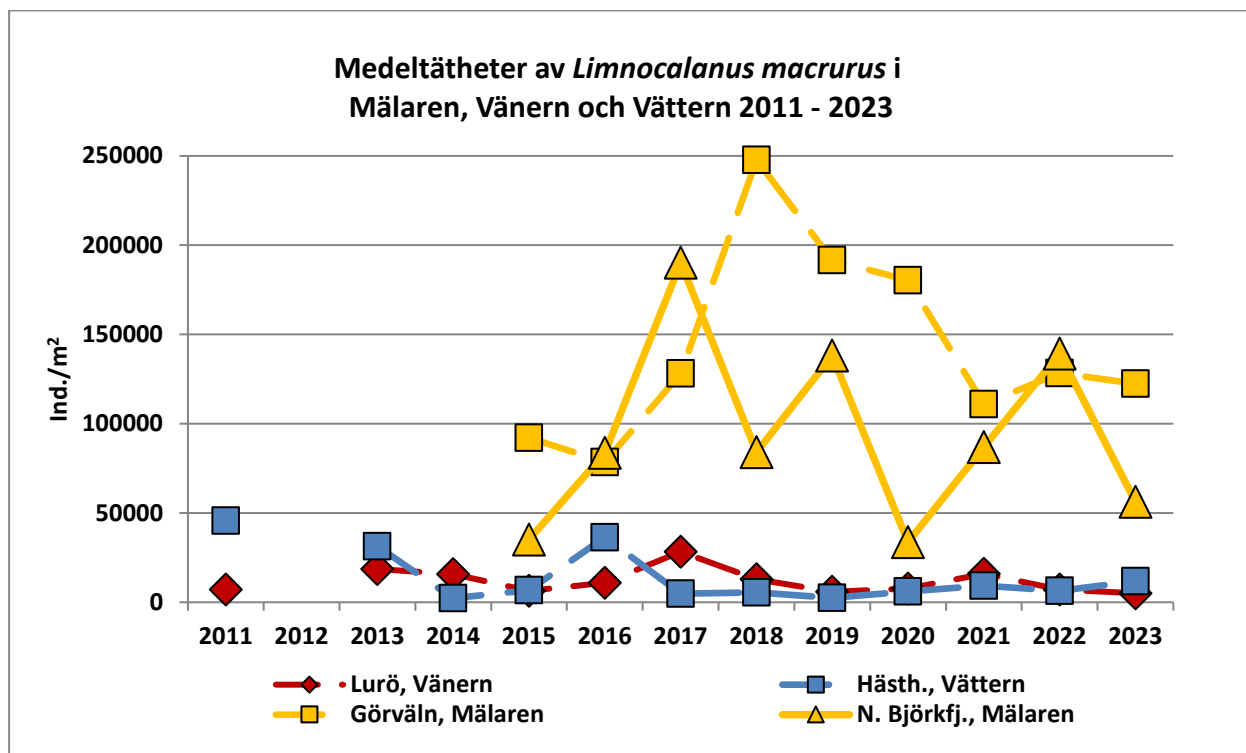


**Antal prov: 10 10 10 11 10 10 10 10 7**



**Antal prov: 11 12 10 10 10 10 10 10 8**

Figur 13. Medeltätheten av *L. macrurus* skattad genom hävning i de två Mälarfjärdarna Görväln och Norra Björkfjärden över 56 respektive 60 meters djup vid flera tidpunkter under en kväll i slutet av augusti 2015 - 2023. Felstapeln anger 95%-konfidensintervall. Den vågräta streckade linjen anger medelvärde§t för alla år. Under diagrammet anges antalet prov per undersökningstillfälle.



Figur 14. Medeltätheten av *L. macrurus* i Väneren (Lurö) och Vättern (Hästholmen) 2011, 2013 - 2023 samt i Mälaren (Görväl och Norra Björkfjärden) 2015 - 2023.

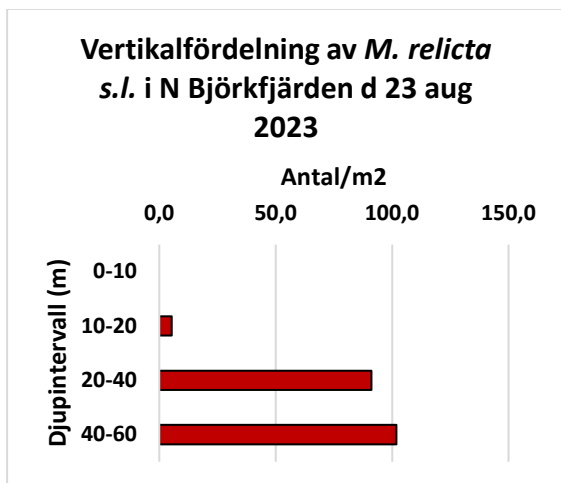
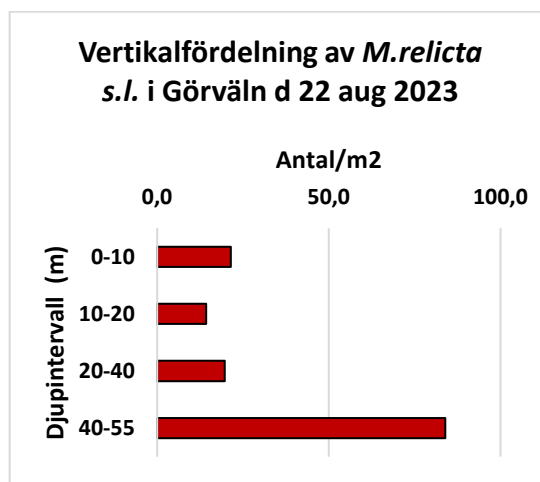
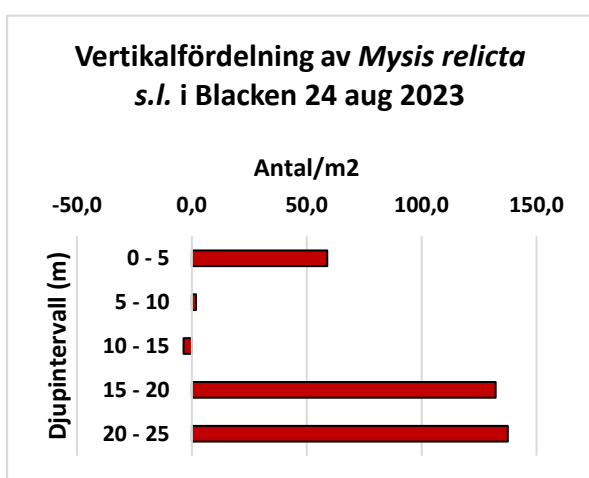
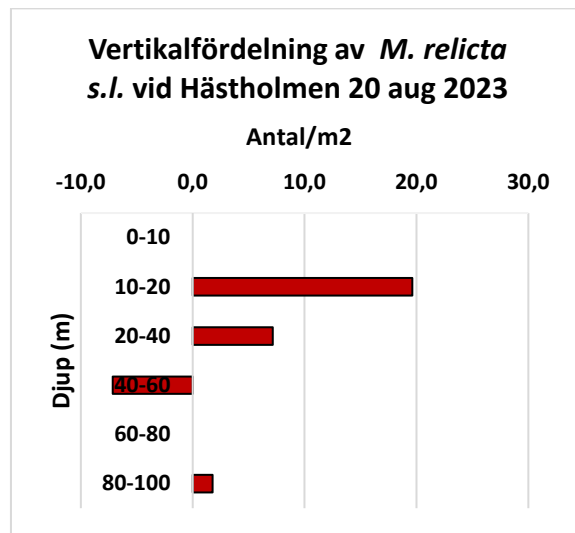
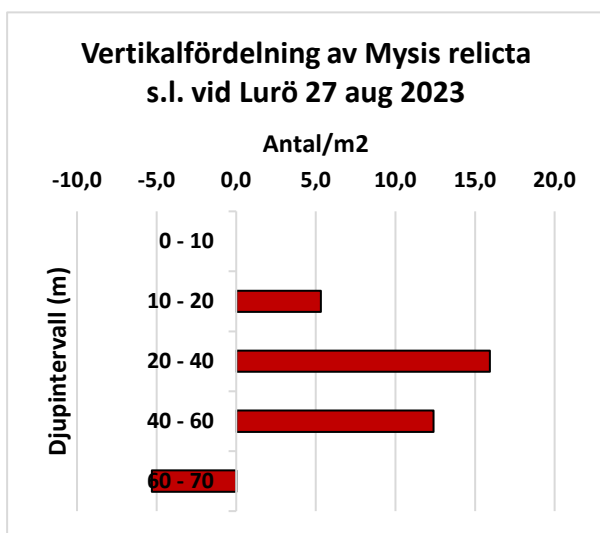
Resultat från Mjösa har visat att *L. macrurus* kan variera en hel del i biomassa mellan och inom år (Thrane et al. 2023).

### 3.3 Vertikalfördelning över största djupet

#### 3.3.1 *Mysis relicta s.l.*

Den största skattade relativa tätheten av *M. relicta s.l.* i Väneren fanns i skiktet 20 – 40 meter, medan den i Vättern var störst i det lägre skiktet 10 – 20 meter (Bilaga 9, Figur 15). Arten saknades i båda sjöarna i skiktet 0 – 10 meter.

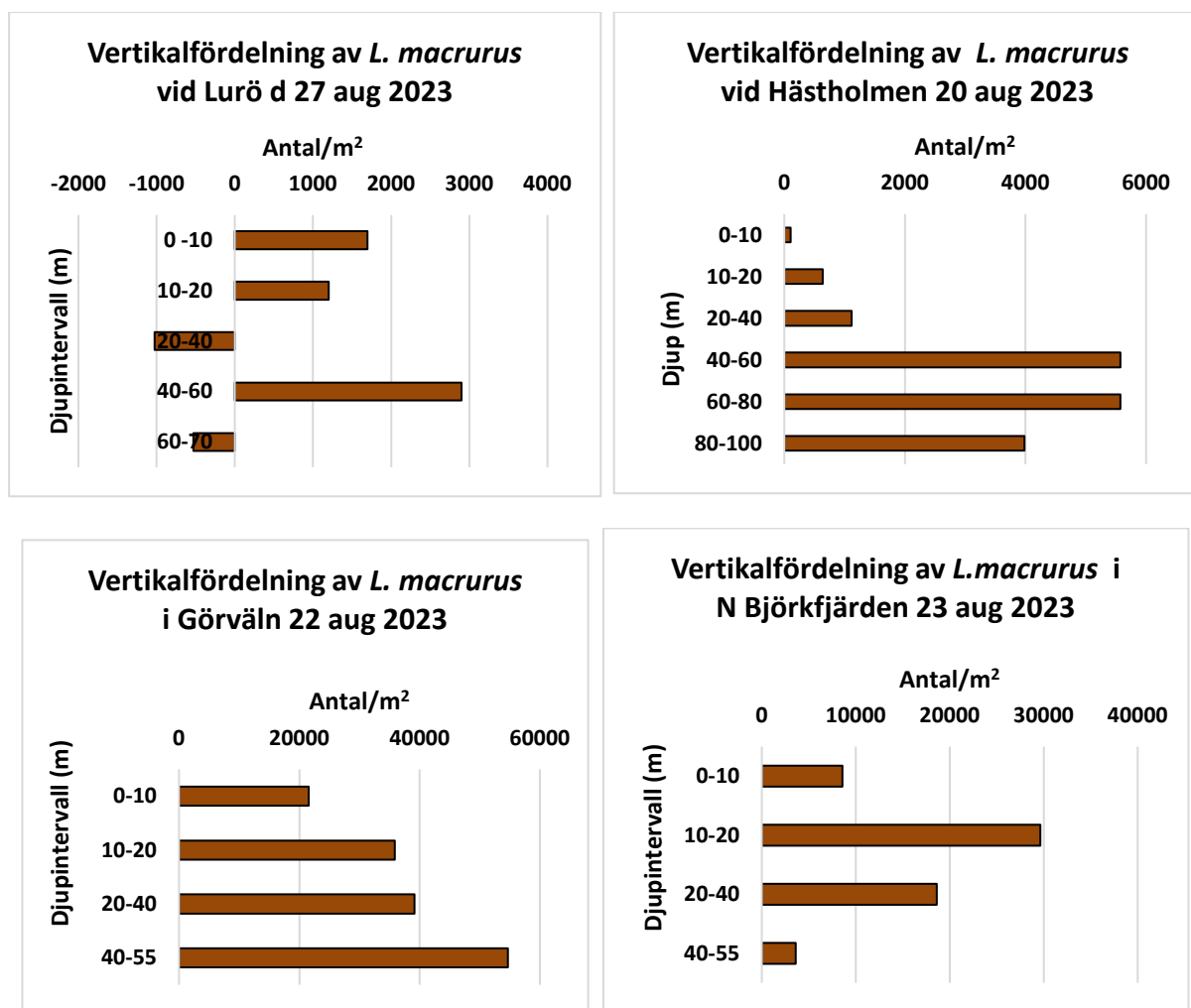
I mälarfjärdarna noterades den största relativa tätheten i de djupare skikten (Bilaga 9, Figur 15). Den högsta relativa tätheten i Blacken uppmättes i skikten 15 – 20 och 20 – 26 meter, i Görväl i skiktet 40 – 55 meter och i N. Björkfjärden i skikten 20 – 40 och 40 – 60 meter. I den sistnämnda mälarfjärden saknades *M. relicta s.l.* i prov från skiktet 0 – 10 meter, vilket inte var fallet i de två andra mälarfjärdarna. Alla sjöarna och provplatserna saknade individer större än 15 mm i de översta skikten ned till 20 meter, med undantag av Blacken där detta förhållande endast gällde ned till 10 meters djup (Bilaga 10 – 14).



Figur 15. Den relativa tätheten av *M. relicta* s.l. i olika skikt över största djupet vid Lurö (Vänern), Hästholmen (Vättern) och mälarfjärdarna Blacken, Görväln och Norra Björkfjärden. (I några av diagrammen anges negativa tätheter. Negativa tätheter kan naturligtvis inte förekomma i realiteten. Sättet att beräkna tätheterna i olika skikt kan dock medföra att negativa värden uppstår (se kap. 2.2).)

### 3.3.2 *Limnocalanus macrurus*

I både Vänern och Vättern noterades den största relativa tätheten av *L. macrurus* under 40 meters djup (Figur 16). Även i Görväln (Mälaren) ökade den relativa tätheten av arten mot större djup, medan den i N. Björkfjärden var störst i skiktet 10 – 20 meter. I Blacken noterades endast ett mycket litet antal individer vilka påträffades i skiktet 15 - 26 meter. Tätheten i de översta 20 metrarna var klart lägre i Vättern i jämförelse med samma djup på provplatserna i de två andra sjöarna.



Figur 16. Den relativa tätheten av *L. macrurus* i olika skikt över största djupet vid Lurö (Vänern), Hästholmen (Vättern), Görväln (Mälaren) och Norra Björkfjärden (Mälaren). (I ett av diagrammen syns negativa tätheter. Negativa tätheter kan naturligtvis inte förekomma i realiteten. Sättet att beräkna tätheten i olika skikt kan dock medföra att negativa värden uppstår (se kap. 2.2).)

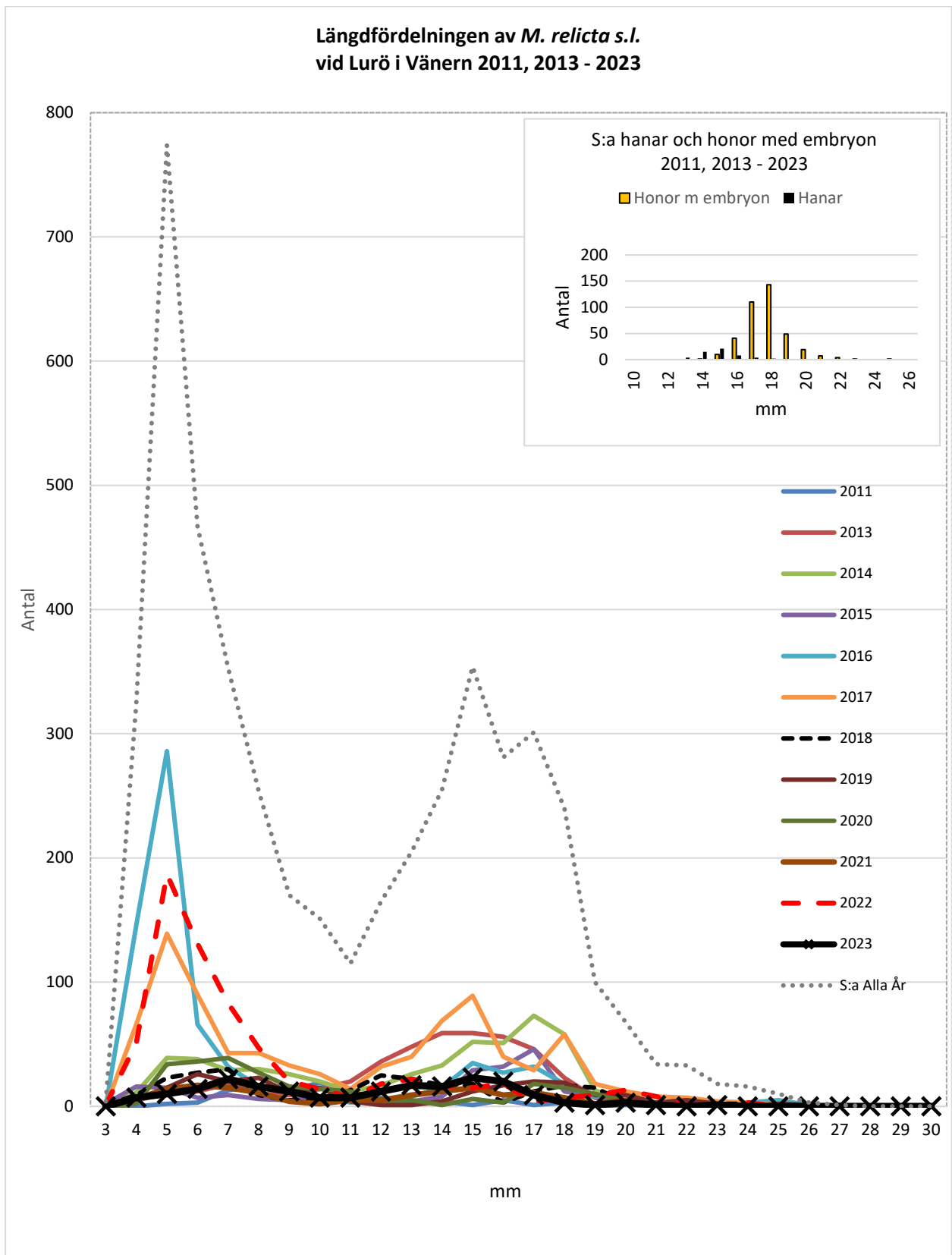
### 3.4 Längdfördelning samt livscykel hos *M. relicta s.l.*

Längdmätningar av *M. relicta s.l.* insamlade i slutet av augusti/början av september vid Lurö i Vänern 2011 samt 2013 - 2023 har mer eller mindre tydligt visat på minst två längdgrupper som visar sig som ”pucklar” i diagrammet i Figur 17 (se även Bilaga 10). En jämförelse av längdfördelningen mellan

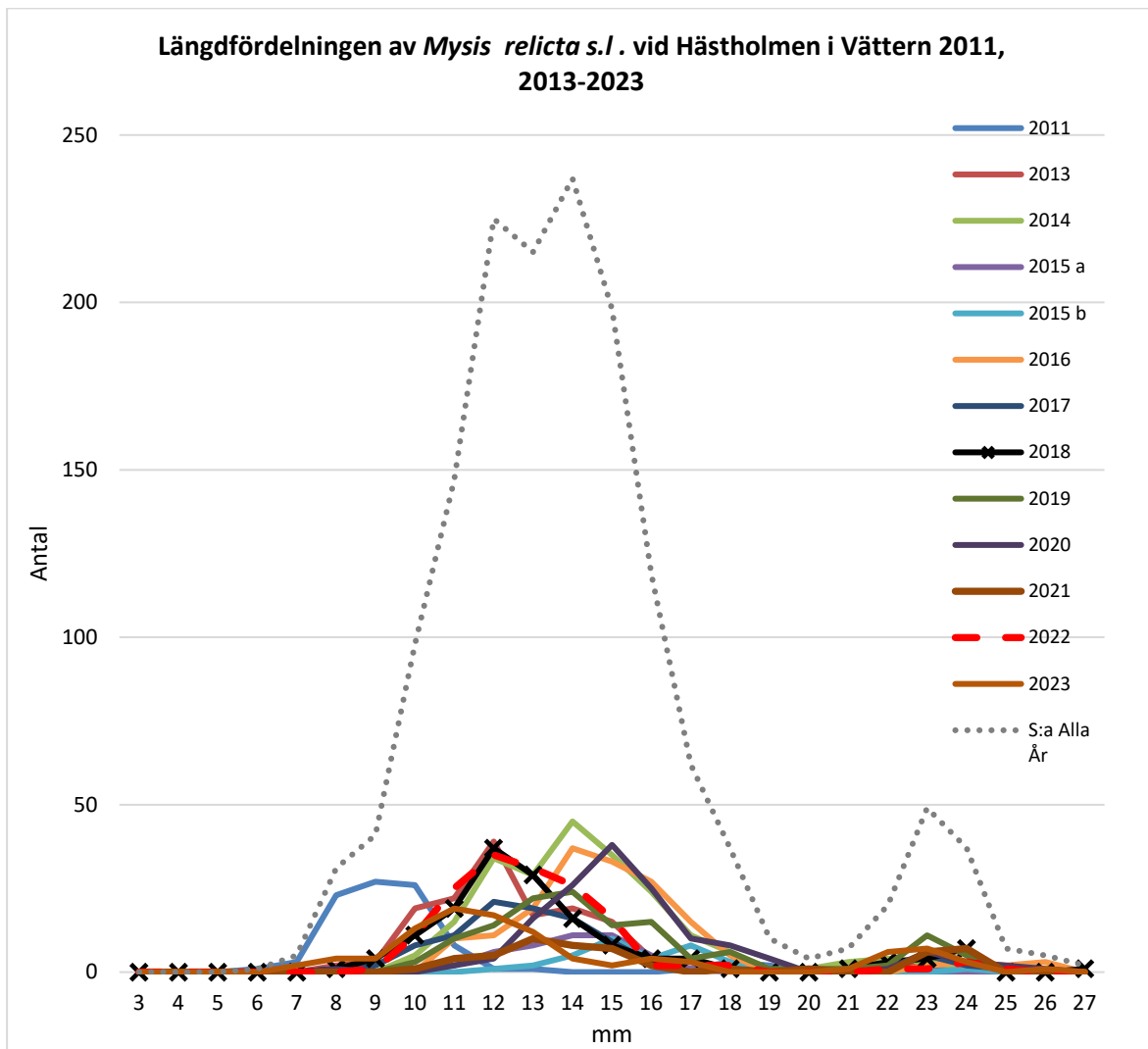
Vänern (Bilaga 10 och Figur 17) å ena sidan och Vättern (Bilaga 11 och Figur 18) samt Mälaren (Bilaga 12 – 14 och Figur 19) å andra sidan visade att andelen mycket små individer (ca 3 – 9 mm) var betydligt större i Vänern än i de två andra sjöarna. Dessutom har hanar och/eller embryobärande honor påträffats i Vänern 2011 – 2023, med undantag av 2020. Hanar och embryobärande honor har dock aldrig noterats i Mälaren och Vättern under nämnda undersökningsår. Tolkningen av detta innebär att s.k.

sommarfortplantning förekommer i Vänern men inte i de två andra sjöarna vilket också har konstaterats av Fürst (1972 a). I Vänern är de minsta individerna (vänstra ”puckeln” i Figur 17) födda under den innevarande sommaren och hör till gruppen med sommarfortplantning. Individerna i den högra ”puckeln” i samma figur bestod i en blandning av hanar, embryobärande honor och honor som just fött (sommarfortplantning) samt individer som kan vara födda under den senaste vintern/våren och som kan komma att bli könsmogna under den kommande hösten/vintern varefter födsel av en ny generation kommer att ske under den nästkommande vintern/våren (vinterfortplantning). En tredje mindre grupp kan anas med individer med längden ca 20 mm och däröver. Dessa utgörs troligen av tvååriga honor varav vissa kan vara omlekare (jfr Fürst 1972 a). Enligt sistnämnda författare är dock båda livscyklerna i Vänern i huvudsak ettåriga. Livscykeln i Vänern kan dock vara svår att tolka utifrån längdmätningar då två olika livscykler samexisterar i sjön. Dessutom konstaterade Audzijonytė & Väinölä (2005) att *M. relictas s.l.* innefattade två arter (*M. relictas.str.* och *M. salemaai*) i Vänern liksom i Vättern och är svåra att skilja åt med hjälp av morfologiska karaktärer varför andra metoder behövs för att skilja arterna (se kapitel 3.5.). En analys genom sekvensering av en mitokondriell gen hos *M. relictas s.l.* i Vänern som gjordes på prover från 2018 visade att de minsta juvenilerna tillhörde arten *M. salemaai* medan större juveniler och gravida honor tillhörde arten *M. relictas s.str* (Kinsten 2020).

Längdfördelningen i Vättern (Bilaga 11 och Figur 18,) och i Mälaren (Bilaga 12 – 14 och Figur 19) var likartad och var uppdelad i två ”pucklar”. En grupp innefattade individer som fanns inom intervallet ca 6 - 20 mm, med en del variationer mellan åren. Den andra ”puckeln” omfattade individer med längder större än ca 21 mm. Den vänstra och största ”puckeln” med de mindre individerna bestod sannolikt av djur som fötts under vintern/våren samma år (vinterfortplantning) och kommer troligen att fortplanta sig under den kommande hösten/vintern varefter en ny generation kommer att födas under den nästkommande vintern/våren. Den högra lilla ”puckeln” med de större djuren innehöll förmodligen tvååriga honor varav vissa kan ha varit omlekare. Fürst (1972 a) ansåg att livscykeln i Mälaren och Vättern i huvudsak var ettårig.



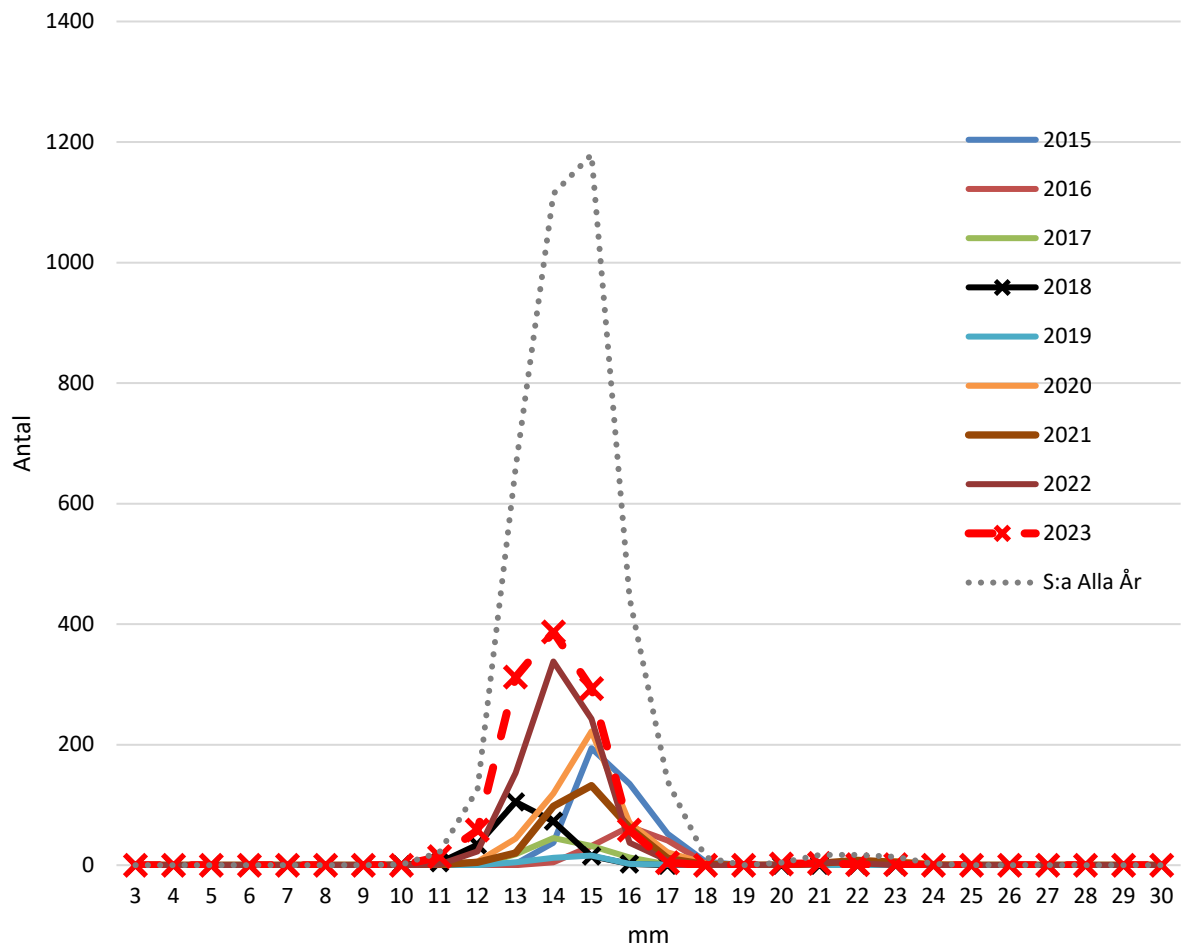
Figur 17. Längdfördelningen av *M. relicta s.l.* i håvprovinsamlade vid Lurö i Vänern över 70 meters djup i slutet av augusti/början av september 2011, 2013 – 2023. Antalet längdmätt djur har angivits längs Y-axeln.



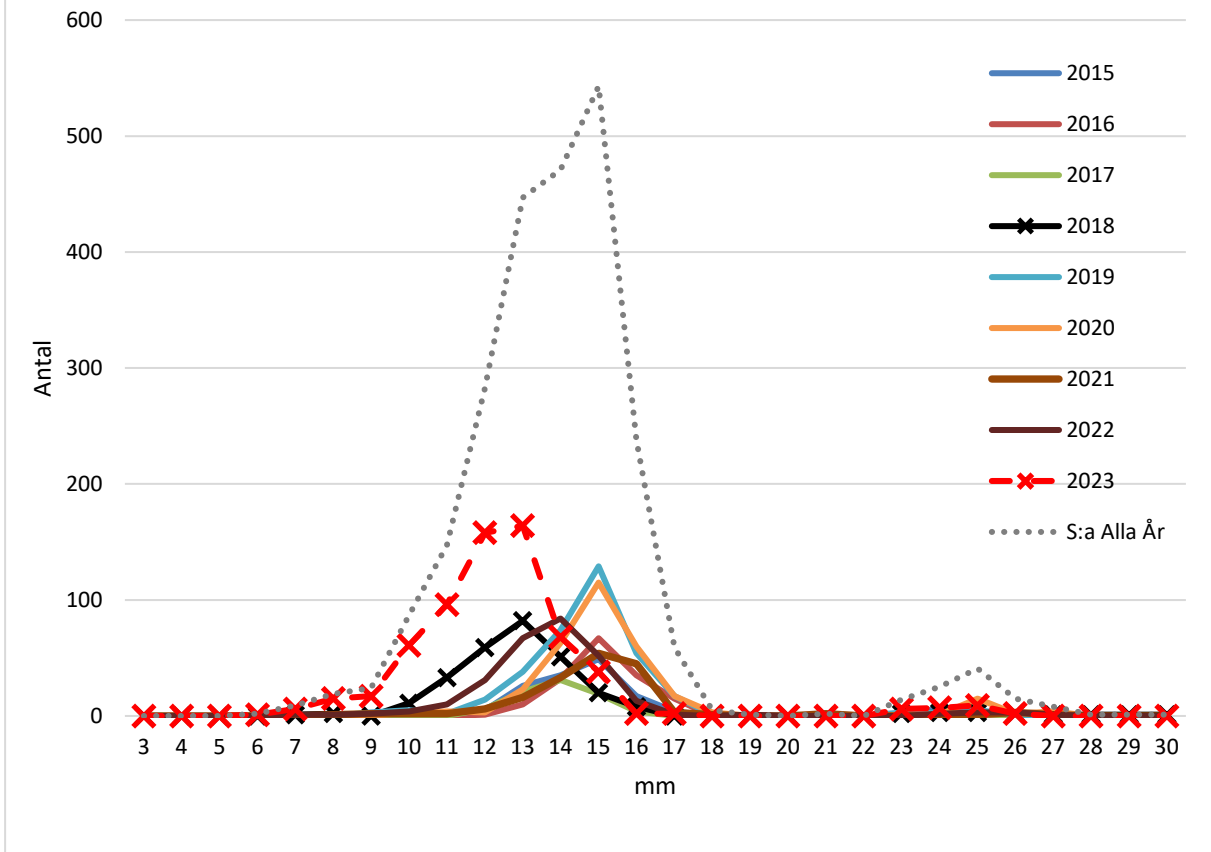
Figur 18. Längdfördelningen av *M. relicta s.l.* i håvprov insamlade vid Hästholmen i Vättern över 100 meters djup i slutet av augusti/början av september 2011, 2013 - 2022. Inga hanar eller honor med embryon har påträffats i håvproven från Hästholmen. Antalet längdmätta djur har angivits längs Y-axeln.

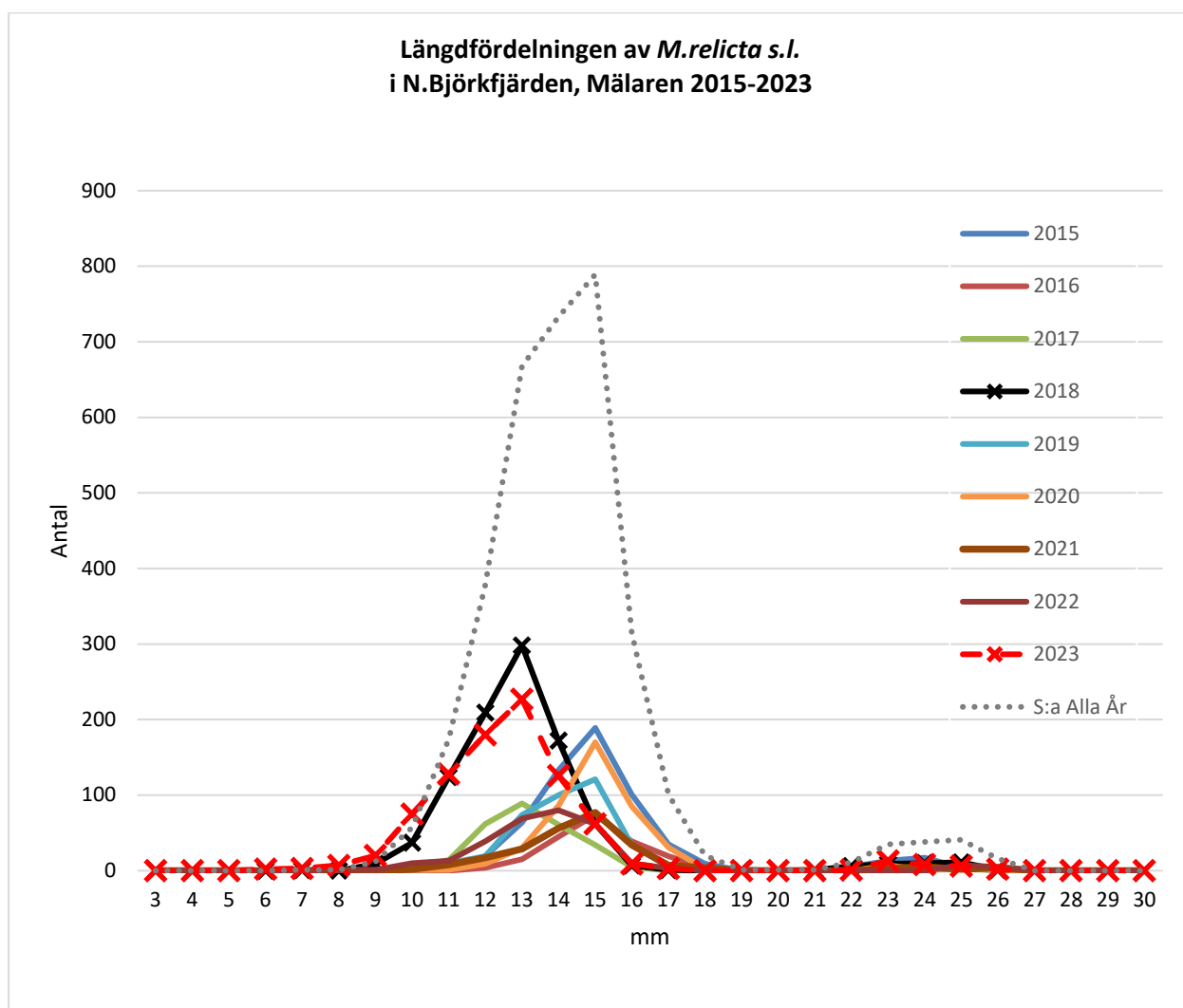


Längdfördelningen av *M. relictus* s.l.  
i Blacken, Mälaren 2015 - 2023



Längdfördelningen av *M. relictus* s.l.  
i Görvåln, Mälaren 2015 - 2023





Figur 19. Längdfördelningen av *M. relicta s.l.* i håvprov insamlade i de tre Mälarfjärdarna Blacken, Görvåln och Norra Björkfjärden över 26, 56 respektive 60 meters djup i slutet av augusti/början av september 2015 - 2023. Inga hanar eller honor med embryon har påträffats i håvproven från Mälaren. Antalet längdmätta djur har angivits längs Y-axeln.

Längdtillväxten hos *M. relicta s.l.* i de tre sjöarna visar en viss variation mellan olika år. I Mälaren 2015 – 2023 (Figur 19) tycks till exempel längdtillväxten i alla tre fjärdarna ha gått något långsammare 2018 och 2023 (möjligen med undantag av Blacken 2023) än merparten av de övriga åren. I Vättern framstår det första undersökningsåret 2011 som året då längdtillväxten var som lägst (Figur 18). Sedan länge är det känt att en minskad näringstillgång för *M. relicta s.l.* leder till en lägre individtillväxt och därmed också en förlängd tid för att uppnå könsmognad (Fürst 1972 b, Olsén 1980).

### 3.5 Artbestämning av *M. relicta s.l.* genom sekvensering av en mitokondriell gen

*M. relicta s.l.* i Vänern innefattar de två arterna *M. relicta s.str.* och *M. salemaai* (Audzijonytė & Väinölä 2005). En speciell undersökning utfördes 2019 av Martin Ogonowski (SLU) med syftet att avgöra arttillhörigheten hos 17 individer av *M. relicta s.l.* som insamlats 2018 i Vänern. Resultatet visade att medelstora juveniler och gravida honor identifierades som *Mysis relicta s.str.*. Däremot identifierades de allra minsta nykläckta individerna som *Mysis salemaai* (se Kinsten 2020). För att noggrannare utreda

eventuell separering av reproduktionscyklerna hos de två arterna skulle ett större material behöva analyseras.

### 3.6 *Hemimysis anomala* och *Limnomysis benedeni* - två främmande mysider som nyligen påträffats i Mälaren

Två främmande mysider, *H. anomala* (blodröd pungräka) och *L. benedeni*, har upptäckts i Mälaren. Arterna räknas inte till de glacialrelikta kräftdjuren. *H. anomala* upptäcktes första gången i en svensk sjö då den noterades i prov insamlade över 55 meters djup i mälarfjärden Görväln 2021 (Kinsten 2023 b). En individ av arten noterades även i den föreliggande undersökningen 2023 över 55 meters djup i samma mälarfjärd. Ytterligare en främmande mysid, nämligen *L. benedeni*, registrerades för första gången i en svensk sjö i oktober 2020 då den upptäcktes i Riddarfjärden och Årstaviken i Mälaren (SLU Artdatabanken 2023). Under sommaren 2023 gjordes en särskild undersökning i östra Mälaren för att nå kunskap om utbredningen av de två främmande mysidarterna. Resultatet av denna undersökning visade att båda arterna är spridda i strandzonen av de stora öarna i den östra delen av Mälaren (Kinsten 2023 b).

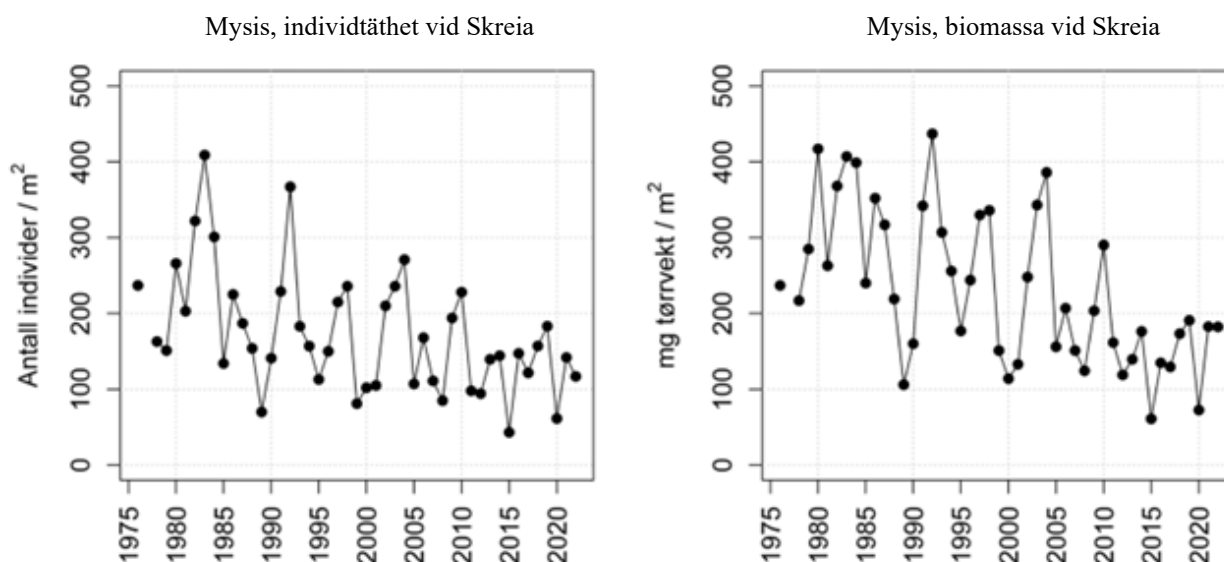
## 4 Slutord

Med början under sensommaren 2011 inleddes undersökningar av förekomst och täthet av glacialrelikta kräftdjur i såväl Väneren som Vättern. Undersökningarna 2011 var omfattande och innefattade såväl trålning dagtid som håvning i mörker under kvällstid. Tre undersökningsområden i vardera sjön ingick där undersökningar gjordes på flera olika djup. Undersökningar har därefter fortsatt 2013 – 2023 genom håvning i mörker under kvällstid över största djupet på en lokal i vardera sjön (vid Lurö i Väneren respektive vid Hästholmen i Vättern).

Liknande undersökningar av glacialrelikta kräftdjur påbörjades även i Mälaren 2015 då tre fjärdar (Blacken, Görväln och Norra Björkfjärden) undersöktes på flera djup genom trålning dagtid och håvning i mörker under kvällstid. Undersökningarna i nämnda fjärdar fortsatte 2016 – 2023 med håvning över det största djupet i mörker under kvällstid.

Genom undersökningar omfattande många år kan en grund skapas för framtida studier av långsiktiga förändringar i de glacialrelikta kräftdjuren individtäthet. Förändringar som kan ha långtgående inverkan på det övriga ekosystemet. Boscarino et al. (2007) ansåg t ex att mysider var en central djurgrupp när det gäller att förstå näringsvävsdynamiken i de Stora sjöarna och andra djupa sjöars ekosystem i Nordamerika. Betydelsen av flera av de glacialrelikta kräftdjuren som fiskföda är välkänd (se t ex Fürst et al. 1984, Svärdson et al. 1988). Ett exempel på undersökningar av glacialrelikta kräftdjur som pågått i många år är de som utförts i Norges största sjö, Mjösa. De arter som förekommer i denna sjö är *G. lacustris*, *L. macrurus*, *M. relicta s.str.* och *P. quadrispinosa*. Undersökningarna i Mjösa har skett på flera stationer och vid flera tillfällen under samma år och har pågått under 47 år sedan 1976 (Thrane et al. 2023) (Figur 20). Resultatet har visat på tydliga oscillationer mellan olika år hos *M. relicta s.str.* men har också, sett över hela tidsperioden 1976 – 2022, visat en nedåtgående trend i täthet hos denna art. Förklaringen hänger samman med sjunkande fosforhalter sedan 1970-talet vilket lett till en minskad biomassa av växtplankton och djurplankton (Thrane (op. cit.). Nämnda författare anger också att förändringar i fiskbestånden och dess inverkan via fiskpredation också kan ha haft betydelse.

I Vänern (liksom i Vättern) förekommer två arter av *Mysis*, nämligen *M. relicta s.str.* och *M. salemaai*, som är svåra att skilja åt genom morfologiska studier. Dessutom förekommer i Vänern två olika livscyklar med sommar- respektive vinterfortplantning. Ett litet första steg för att försöka klargöra reproduktionscyklerna hos *Mysis* i Vänern gjordes på insamlat material 2018 genom sekvensering av en mitokondriell gen med resultat som redovisats i kapitel 3.5. För att få större klarhet i reproduktionscykeln hos de två arterna är det önskvärt att en utförligare undersökning görs.



Figur 20. Medelvärden av individtäthet och biomassa hos *M. relicta* vid Skreia (djupaste delen av Mjösa) under perioden 1976 - 2022. Figureerna är hämtade från Thrane et al. (2023).

På senare år har undersökningar visat att s.k. partiell migration hos *Mysis* förekommer i vissa sjöar (t.ex. Euclide et al. 2017, O'Malley et al. 2018). Partiell migration i detta fall innebär att en viss del av *Mysis*-populationen stannar kvar nära botten när den övriga delen av populationen i mörker vandrar upp till mer ytnära nivåer. En översiktlig bedömning har därför gjorts för att utröna om en sådan migration förekommer i Vänern och Vättern (Bilaga 16). Resultatet antydde att den skattade tätheten med den metod som använts i den föreliggande undersökningen möjligen kan ha lett till något underskattade tätheter i Vättern men inte i Vänern. En mer riktad undersökning bör dock göras för att nå bättre kunskap om betydelsen av partiell migration i de båda sjöarna.

De glacialrelikta kräftdjursarter som har den största individtätheten i Vänern, Vättern och Mälaren, är den bottenlevande *M. affinis* (se t ex Johnson & Wiederholm 1992, Sonesten 2020) och makrozooplanktonet *L. macrurus*. Av dessa två arter kan *L. macrurus* med fördel undersökas genom håvning i mörker under kvällstid (se Kinsten & Degerman 2012, Ragnarsson Stabo et al. 2012) på det sätt som gjorts i denna undersökning. Det bör dock påpekas att *L. macrurus* är betydligt mindre än de övriga glacialrelikta kräftdjursarterna och förekommer endast i sjöarnas pelagial samt räknas till djurplankton. Arten ingår därför i undersökningarna av zooplankton inom den nationella miljöövervakningen (SLU). Dessa undersökningar omfattar djup ner till 40 meter. Det ska jämföras med utförandet i den föreliggande undersökningen där håvningar av *L. macrurus* skett ner till strax ovan det största djupet på provtagningsplatsen och bör därför ses som ett komplement till djurplanktonundersökningarna inom den nationella miljöövervakningen. Tätheten av *M. affinis* bör dock inte undersökas med hjälp av håvning

som skett i den föreliggande undersökningen. Istället bör bottenhuggare användas (Kinsten & Degerman 2012), vilket också årligen sker inom ramen för den nationella miljöövervakningen (SLU).

Vad gäller de glacialrelikta kräftdjursarterna *G. lacustris* och *S. entomon* som vanligen förekommer i låga tätheter (se t.ex. Kinsten 2012 b) kan speciella insatser behövas för att skatta tätheten av dessa arter.

Då Mälaren är en komplex sjö med många fjärdar kan det vara av värde att vid något tillfälle undersöka fler fjärdar på samma sätt som gjorts i de tre hittills undersökta fjärdarna.

Upptäckten av de två främmande mysiderna *Hemimysis anomala* och *Limnomysis bendeni* i Mälaren (Kinsten, i manuskript) innebär att tre mysider nu förekommer i denna sjö och att mysider förekommer såväl i sjöns littoral som pelagial. Invasionen av de två främmande mysiderna i Mälaren gör det än angelägnare att i fortsättningen följa utvecklingen hos den naturligt förekommande *M. relicta s.l.* i Mälaren.

## 5 Tack!

Friederike Ermold (Länsstyrelsen i Jönköpings län), Ingrid Hägermark (Länsstyrelsen i Västmanlands län), samt Sara Peilot (Länsstyrelsen i Västra Götalands län) som initierat projektet. Erik Degerman för hans visade intresse och betydelsefulla stöd när det gäller de statistiska beräkningarna.

Havs- och Vattenmyndigheten, Mälarens vattenvårdsförbund, Vänerns vattenvårdsförbund och Vätternvårdsförbundet som bekostat undersökningen.

## 6 Källförteckning

- 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.
- 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.
- Boscarino, B.T., L.G. Rudstam, S. Mata, G. Gal, O. E. Johannsson & E. L. Mills. 2007. The effects of temperature and predator–prey interactions on the migration behavior and vertical distribution of *Mysis relicta*. *Limnol. Oceanogr.*, 52(4): 1599–1613.
- Chipp, S.R. 1998. Temperature dependant and gut-residence time in the opossum shrimp *Mysis relicta*. *J.Plankton.Res.* Vol.20. 12:2401-2411.
- Chipp, 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.
- Ekman, S. 1922. Djurvärldens utbredningshistoria på Skandinaviska halvön. Bonniers. Stockholm. 614 p.
- Euclide, P.T., S. Hansson, J.D. Stockwell. 2017. Partial diel vertical migration in an omnivorous macroinvertebrate, *Mysis diluviana*. *Hydrobiologia* 787:387-396.

- Fürst, M. 1965. Experiments on the transplantation of *Mysis relicta* Lovén into Swedish lakes. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 46:79–89.
- Fürst, M. 1972 a. Livscyklar, tillväxt och reproduktion hos *Mysis relicta* Lovén. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (11). 41p.
- Fürst, M. 1972 b. On the biology of the Opossum shrimp *Mysis relicta* Lovén and its introduction in impounded lakes in Scandinavia. Abstracts of Uppsala dissertations from Faculty of Science, No. 207. Univ of Uppsala, Uppsala, Sweden. 7 pp
- Fürst, M. 1981. Results of introductions of new fish food organisms into Swedish lakes. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 59:33–47.
- 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.
- Hakkala, I. 1978. Distribution, population dynamics and production of *Mysis relicta* (Lovén) in southern Finland. Ann. Zool. Fennici 15:243–258.
- Hammar, J., T. Axenrot, E. Degerman, A. Asp, E. Bergstrand, O. Enderlein, O. Filipsson, E. Kylberg. 2018. Smelt (*Osmerus eperlanus*): Glacial relict, planktivore, predator, competitor, and key prey for the endangered Arctic char in Lake Vättern, southern Sweden. Journal of Great Lakes Research 44: 126-139.
- Havs- och Vattenmyndigheten. 2016. Undersökningstyp: Glacialrelikta kräftdjur i sjöar och vattendrag. Programområde: Sötvatten. Version 1:2, 2016-11-01.
- 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.
- 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.
- Kinsten, B. 2012 a. De glacialrelikta kräftdjurens utbredning i Sverige. Havs- och vattenmyndigheten. Publ. (1). 284 p.
- Kinsten, B. 2012 b. Glacialrelikta kräftdjur i Vänern och Vättern 2011. Havs- och vattenmyndigheten. Rapport nr 115 från Vätternvårdsförbundet och rapport nr 70 från Vänerns vattenvårdsförbund.
- Kinsten, B. 2016. Glacialrelikta kräftdjur i fjärdarna Blacken, Norra Björkfjärden och Görvälén i Mälaren 2015 – resultat av håvning och trålning. Mälarens vattenvårdsförbund 2016.
- Kinsten, B. 2019. Glacialrelikta kräftdjur i Mälaren, Vänern och Vättern 2018 – Resultat av håvning. Vänerns vattenvårdsförbund 2019, rapport nr 109.
- Kinsten, B. 2020. Glacialrelikta kräftdjur i Mälaren, Vänern och Vättern 2019 – Resultat av håvning. Vänerns vattenvårdsförbund 2020, rapport nr 115. Vätternvårdsförbundet 2020, rapport nr 138.
- Kinsten, B. 2023 a. Glacialrelikta kräftdjur i Mälaren, Vänern och Vättern 2022 – Resultat av håvning. Vänerns vattenvårdsförbund 2023, rapport nr 136.
- Kinsten, B. 2023 b. Utbredningen av två främmande mysider, *Hemimysis anomala* och *Limnomysis benedeni*, i östra Mälaren 2023. Länsstyrelsen i Stockholms län, rapport nr 28.

- Kinsten, B. & E. Degerman. 2012. Skattning av glacialrelikta kräftdjurs täthet. En jämförelse av tre metoder samt täthet i Vänern och Vättern. Havs- och vattenmyndigheten. Rapport nr 115 från Vätternvårdsförbundet och rapport nr 70 från Vänerns vattenvårdsförbund.
- 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.
- 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.
- 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.E. & E. Sparrevik. 1995. Metoder för insamling och övervakning av glaciala kräftdjur. I: Vätternvårdsförbundet, Rapport 36:157-171.
- Mälarens vattenvårdsförbund. 2020. <http://www.malaren.org/malaren/malarens-historia/miljoperspektiv/> (23/11 2023)
- 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, C., K. Johansson, A. Boström & M. Ljungman. 2015. Bottenfauna vid Vänerns stränder 2014. En undersökning av sju strandlokaler. Medins Havs- och Vattenkonsulter AB på uppdrag av Vänerns vattenvårdsförbund.
- Olsén, P. 1980. Population development of introduced *Mysis relicta* and impact on char and brown trout. Ph. D. Thesis, Univ. Uppsala. 82 p.
- O'Malley, B.P., S. Hansson & J.D. Stockwell. 2018. Evidence for a size-structured explanation of partial diel vertical migration in mysids. *J. Plankton Res.* 40(1):66-76.
- 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, A. Sandström & T. Vrede. 2012. Kvantifiering av stora djurplankton i de stora sjöarna. Havs- och vattenmyndigheten. Rapport nr 115 från Vätternvårdsförbundet och rapport nr 70 från Vänerns vattenvårdsförbund.
- 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.
- Salonen, J.K., M. Hiltunen, K. Figueiredo, P. Paavilainen, T. Sinisalo, U. Strandberg, P. Kankaala & J. Taskinen. 2019. Population structure, life cycle, and trophic niche of the glacial relict amphipod, *Gammaracanthus lacustris*, in a large boreal lake. *Freshwater Biology* 64:2176-2188.
- Segestråle, S.G., 1957. On the immigration of the glacialrelicts of northern Europe, with remarks on their prehistory. *Comment.Biol.(Soc.Sci.Fenn.)* 16. 117p.



- Sonesten, L. 2020. Bottendjur i StorVänern 2019. Årsredovisning av bottendjur i Storvänern 2019, inom den nationella miljöövervakningen i Vänern. Institutionen för vatten och miljö, SLU. Vänerns vattenvårdsförbund.
- Sonesten, L. 2022. Vattenkvaliteten i Storvänern 2022. Institutionen för vatten och miljö, SLU. Vänerns vattenvårdsförbund.
- Spikkeland, I., B. Kinsten, G. Kjellberg, J.P. Nilssen & R. Väinölä. 2016. The aquatic glacial relict fauna of Norway – an update of distribution and conservation status. *Fauna norvegica* 36:51-65.
- Svärdson, G., O. Filipsson, M.Fürst, M.Hansson & N.-A. Nilsson. 1988. Glacialrelikternas betydelse för Vätterns fiskar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (15). 61p.
- Särkkä, J. 1976. Record of relict Crustaceans in lakes drained by the river Kymijoki. *Ann.Zool.Fennici* 13:44-47.
- Särkkä, J., J.J. Meriläinen & J. Hynynen. 1990. The distribution of relict crustaceans in Finland: new observations and some problems and ideas concerning relicts. *Ann.Zool.Fennici* 27:221-225.
- Thrane, J.E., A. Ökelsrud, B. Skjelbred, J. Håll och M. Röst Kile. 2022. Tiltaksorientert overvåking i vannområde Mjøsa. Hovedrapport for 2021. NIVA-rapport 774322-2022. 177 s.  
[https://www.vassdragsforbundet.no/wp-content/uploads/2022/05/Hovedrapport\\_2021.pdf](https://www.vassdragsforbundet.no/wp-content/uploads/2022/05/Hovedrapport_2021.pdf)
- Thrane, J.E., A. Ökelsrud, B. Skjelbred, J. L. Kemp och J. Håll. 2023. Tiltaksorientert overvåking i vannområde Mjøsa. Årsrapport for 2022. NIVA-rapport 7857-2023. 53 s.  
[https://www.vassdragsforbundet.no/wp-content/uploads/2023/05/Hovedrapport\\_2022.pdf](https://www.vassdragsforbundet.no/wp-content/uploads/2023/05/Hovedrapport_2022.pdf)

## Bilaga 1. Allmänna sjödata för Mälaren, Vänern och Vättern

Angivna koordinater (RT 90) markerar utloppet enligt Svenskt Vattenarkiv (SMHI).

Enheter som använts i tabellen: Sjöarea (km<sup>2</sup>), Maxdjup (meter), Höh (meter över havet), HK (meter över havet).

Sjö	<u>Utlopps- koord</u> NS	<u>Utlopps- koord</u> EW	<u>Avrinn.- omr.</u>	<u>Avrinn.- område</u> (km <sup>2</sup> )	Sjö- area (km <sup>2</sup> )	Max- djup (m)	Medel- djup (m)	<u>Beräknad omsättn.tid</u> (år)	<u>Höh</u> (m ö h)	<u>HK</u> (möh)
Mälaren	<a href="#">658086</a>	<a href="#">162894</a>	Norrström	<a href="#">23720</a>	1120	76	13	<a href="#">2-3</a>	0,7	
Vänern	<a href="#">647666</a>	<a href="#">129906</a>	Göta älv	<a href="#">52530</a>	5650	106	27	<a href="#">8-9</a>	44	135
Vättern	<a href="#">649029</a>	<a href="#">145550</a>	Motala ström	6310	1910	128	40	59 - 60	89	150

## Bilaga 2. Solens nedgång vid undersökningsområdena 17 augusti- 7 september 2022

Tidsangivelser för solens nedgång för några datum under provtagningsperioden 2022 för en tätort nära respektive undersökningsområde. Tabellen går även att använda för andra undersökningsår än 2022. Tidpunkterna för solnedgången vid samma datum men andra undersökningsår skiljer sig från de angivna tidpunkterna med endast någon minut.

Uppgifterna nedan är hämtade från <https://www.sunrise-and-sunset.com/sv/sun/sverige>

Sjö	Undersökn.- område	Närbelägen ort	17/8 kl.	21/8 kl.	25/8 kl.	30/8 kl.	3/9 kl.	7/9 kl.	Spännvidd i minuter
Vänern	Lurö	Lidköping	20.47	20.36	20.25	20.12	20.00	19.49	58
Vättern	Hästholmen	Vadstena	20.40	20.29	20.18	20.04	19.53	19.42	58
Mälaren	Blacken	Västerås	20.38	20.27	20.15	20.01	19.49	19.37	61
"	<u>Görväln</u>	Jakobsberg	20.32	20.21	20.10	19.55	19.44	19.32	60
"	N Björkfjärden	Ekerö	20.32	20.21	20.09	19.52	19.43	19.32	60

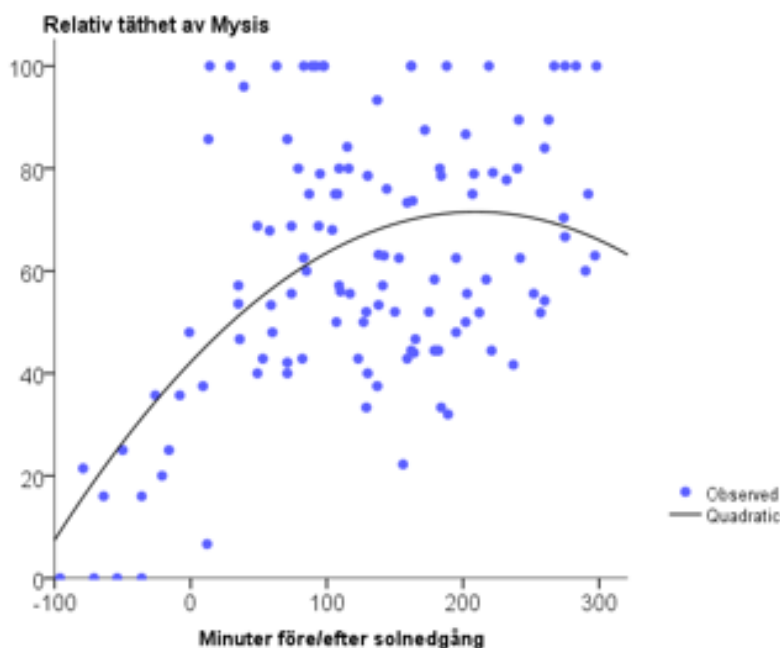
## Bilaga 3. Påbörjande av håvningar i förhållande till solnedgången vid skattning av täthet hos *Mysis relicta s.l.* i Vättern och Vänern 2013 – 2023

Analyser har utförts för att utröna när håvningar i Vättern och Vänern tidigast bör påbörjas i förhållande till solnedgången för att erhålla relevanta täthetsvärden för *M. relicta s.l.* på provplatsen.

I analysen för de båda sjöarna användes alla täthetsdata från håvningarna 2013 – 2023 över 100 meters djup vid Hästholmen i Vättern respektive över 70 meters djup vid Lurö i Vänern. I Vättern ingick resultat från totalt 121 håvningar, medan det totala antalet i Vänern var 124 håvningar. Då dessa täthetsdata är från olika år så var det nödvändigt att göra normeringar. Enklast var då att ange relativ täthet. Den beräknades så att för varje håvning så dividerades den funna tätheten med den högsta tätheten som noterades vid samma tillfälle. På så vis har relativa tätheter (%) kunnat anges för varje håvning. Initialt presenterades data för respektive sjö i en XY-plot (scatterplot). Avsikten var att se om det fanns trender i relativ täthet över tid på dygnet. Därefter gjordes en indelning av tiden i enheter om 25 minuter. För varje sådan enhet beräknades medelvärdet samt 95%-konfidensintervall för den relativa tätheten.

### Vättern

I Figur 1 framgår sambandet mellan den relativa tätheten av *M. relicta s.l.* och provtagningstiden före/efter solnedgången i Vättern. En tydlig effekt av tid relativt solnedgång förelåg med betydligt lägre täthet av *M. relicta s.l.* före solnedgång.

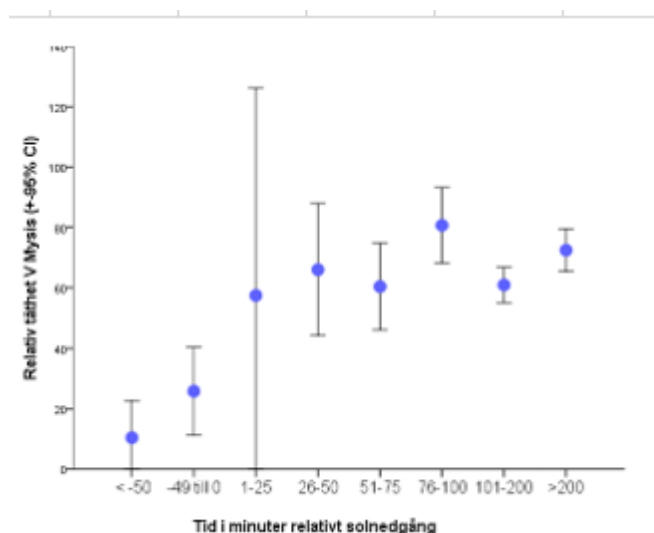


Figur 1. Diagrammet visar en XY-plot (scatterplot) för Vättern med provtagningstiden uttryckt i antalet minuter före/efter solnedgången längs X-axeln och den relativa tätheten av *M. relicta s.l.* längs Y-axeln. Den svarta linjen anger den bästa anpassningen till dessa data som utgjordes av en kvadratisk regression.

En variansanalys (Anova) visade att det funna sambandet mellan tidpunkt och relativ täthet var signifikant (ANOVA  $F_{2,118}=22,97$ ,  $p<0,001$ ). Den förklarade variationen var 27% ( $r^2=0,268$ ).

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	21952,860	2	10976,430	22,971	,000
Residual	56385,745	118	477,845		
Total	78338,605	120			

Materialet delades sedan in i ett antal fasta tidsintervall relativt solnedgången. Resultatet av analysen där den relativa tätheten grupperats i 25-minuters tidsintervall visas i figur 2 nedan.

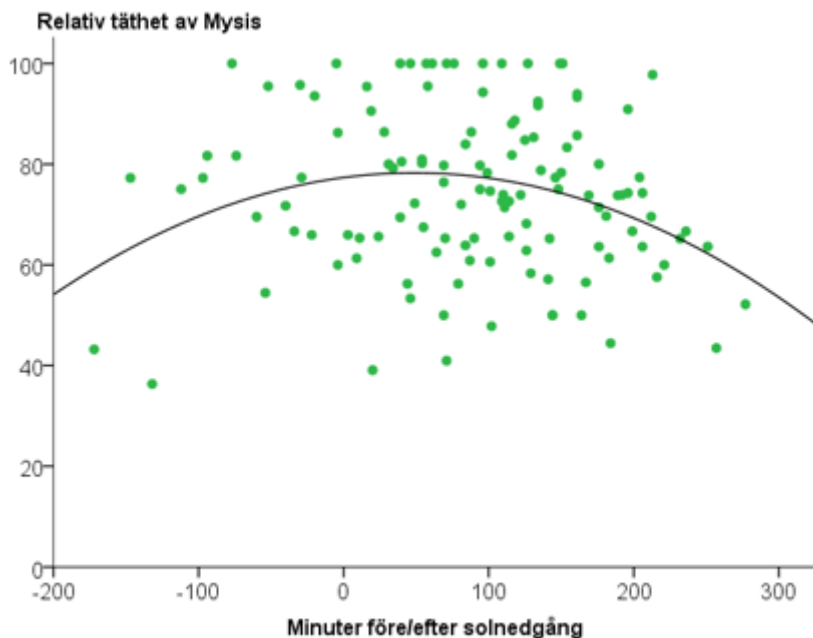


Figur 2. De relativa tätheterna i Vättern har klassats i 25-minutersgrupper längs X-axeln och har angivits mot medelvärdet av den relativa tätheten (med 95%-konfidensintervall) av *M. relicta s.l.* längs Y-axeln.

Av diagrammet går det att utläsa att före solnedgång var tätheten av *M. relicta s.l.* signifikant lägre än mer än 25 minuter efter solnedgång. De första 25 minuterna efter solnedgången kan resultatet slå ganska mycket (stort konfidensintervall). Därefter var variationen betydligt mindre och det förelåg inga statistiskt signifikanta skillnader mellan de olika tidsintervallen. Slutsatsen utifrån denna analys blir att håvningarna i Vättern inte bör påbörjas förrän det gått 25 minuter efter solnedgången för att uppnå relevanta värden för tätheten av *M. relicta s.l.* på provplatsen.

## Vänern

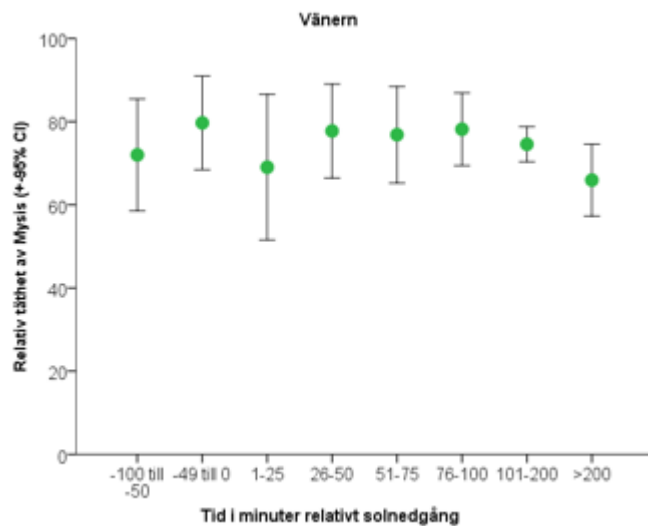
I Figur 3 anges sambandet mellan den relativa tätheten av *M. relicta s.l.* och provtagningstiden före/efter solnedgången i Vänern på samma sätt som för Vättern ovan.



Figur 3. Diagrammet visar en XY-plot (scatterplot) för Vänern med provtagningstiden uttryckt i antalet minuter före/efter solnedgången längs X-axeln och den relativa tätheten av *M. relicta s.l.* längs Y-axeln. Den svarta linjen anger den bästa anpassningen till dessa data som utgjordes av en kvadratisk regression.

Datapunkterna i ovanstående diagram för Vänern (Figur 3) var betydligt spretigare än för Vättern, dvs anpassningen till en tänkt trendlinje var sämre. En kubisk anpassning blev dock signifikant. Detta framgår av en variansanalys (Anova), vilket kan uttryckas med Anova  $F_{2,121}=5,09$ ,  $p=0,008$ . Den förklarade variationen var dock så låg som 6% ( $r^2=0,062$ ). Med en så låg förklarad variation inses att modellen enbart drivs av de låga relativa tätheter som erhöles långt före och sedan långt efter solnedgången (dvs enstaka punkter; se diagrammet).

En indelning av tiden i 25-minutersintervall visade inga signifikanta skillnader mellan tidsintervall (Figur 4).



Figur 4. De relativa tätheterna i Vänern har klassats i 25-minutersgrupper längs X-axeln och har angivits mot medelvärdet av den relativa tätheten (med 95%-konfidensintervall) av *M. relicta s.l.* längs Y-axeln.

De två ovanstående analyserna ledde till slutsatsen att håvningarna i Vättern tidigast bör inledas ca en halvtimme efter solnedgången, medan håvningarna i Vänern uppenbarligen kan inledas uppåt två timmar tidigare, vilket i båda fallen bör ge relevanta resultat för tätheten i respektive sjö.

En möjlig orsak till de nämnda skillnaderna mellan sjöarna kan vara deras olika ljusförhållanden, vilket visas i form av de två sjöarnas olika siktdjup. Siktdjupet är betydligt större i Vättern än i Vänern (<https://vattern.org/om-vattern/vatterns-tillstand-idag/> respektive Sonesten 2022), vilket bör inverka på och fördröja uppstigningen av *M. relicta s.l.* i Vättern.

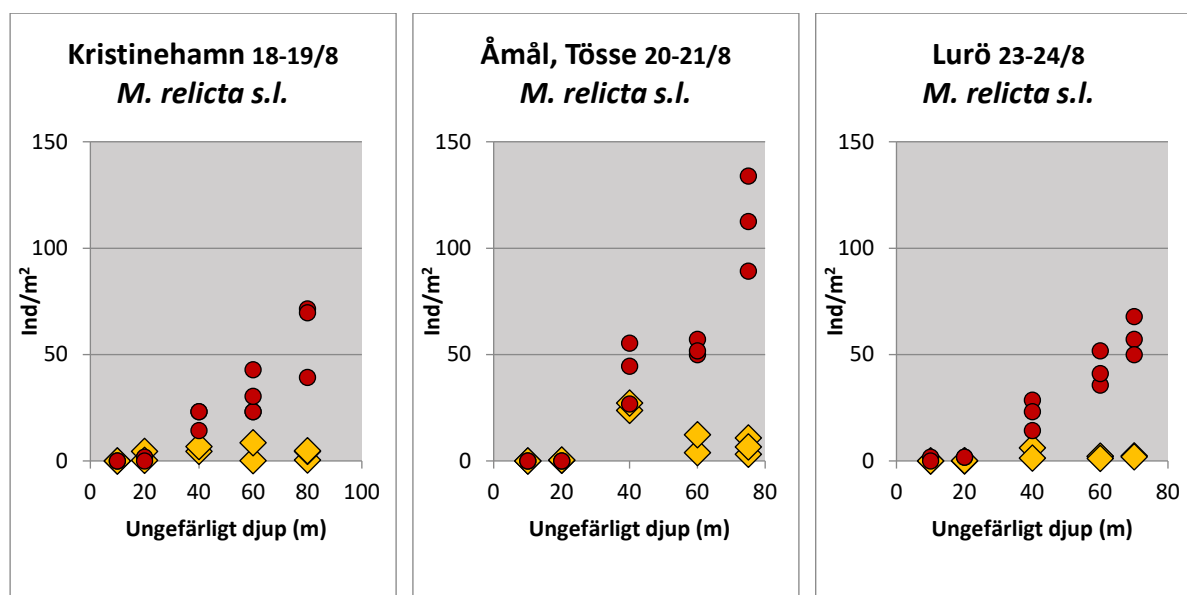
## Bilaga 4. Betydelsen av partiell migration hos *Mysis relicta s.l.* i Vänern, Vättern och Mälaren vid skattning av artens täthet

*M. relicta s.l.* genomför vertikalkvandringar under dygnet då arten söker sig till mer ytnära nivåer i mörker under natten för att konsumera plankton, men vandrar ned mot större djup på dagen för att bli undgå fiskpredation. Det är känt att framför allt större individer av *Mysis* kan stanna kvar vid botten nattetid medan resten av populationen vandrar uppåt i vattenmassan, s.k. partiell migration (Euclide m fl 2017, O'Malley 2018). Detta leder till underskattningar av den täthet som skattats med hjälp av håvning i pelagialen nattetid.

I Vänern och Vättern 2011 utfördes såväl trålningar dagtid som håvningar nattetid på samma provstationer och djup för att skatta tätheten av *M. relicta s.l.* (Kinsten 2012 b). Resultatet av dessa provtagningar har här utnyttjats för att nå en ökad insikt om betydelsen av partiell migration i de nämnda sjöarna.

De nattliga håvproven i båda sjöarna 2011 visade högre skattade tätheter av arten med större djup (Figur 1 och 2). I Vättern ökade även tätheten i trålproven med djupet. En tendens som dock var svårare att utläsa från trålproven i Vänern. Den skattade tätheten i trålproven från Vänern var dessutom låg eller mycket låg på alla djup.

Resultaten från håvning nattetid på större djup i Vänern visade att den skattade tätheten där var betydligt större än vid trålning dagtid. Då det inte är sannolikt att tätheten vid botten skulle vara högre i mörker på natten än på dagen så kan man anta att större delen av djuren fanns i pelagialen på natten, vilket innebär att håvmetoden bör ha gett en god bild av tätheten i Vänern. Dessutom antyder nämnda resultat att en stor del av populationen bör ha befunnit sig i pelagialen även på dagen då tätheten ju var mycket låg i trålproven dagtid.



Figur 1. Skattningar av täthet med hjälp av bottentrål dagtid (gul diamant) respektive med vertikalthåv nattetid (röd cirkel) på tre stationer i Vänern 2011.

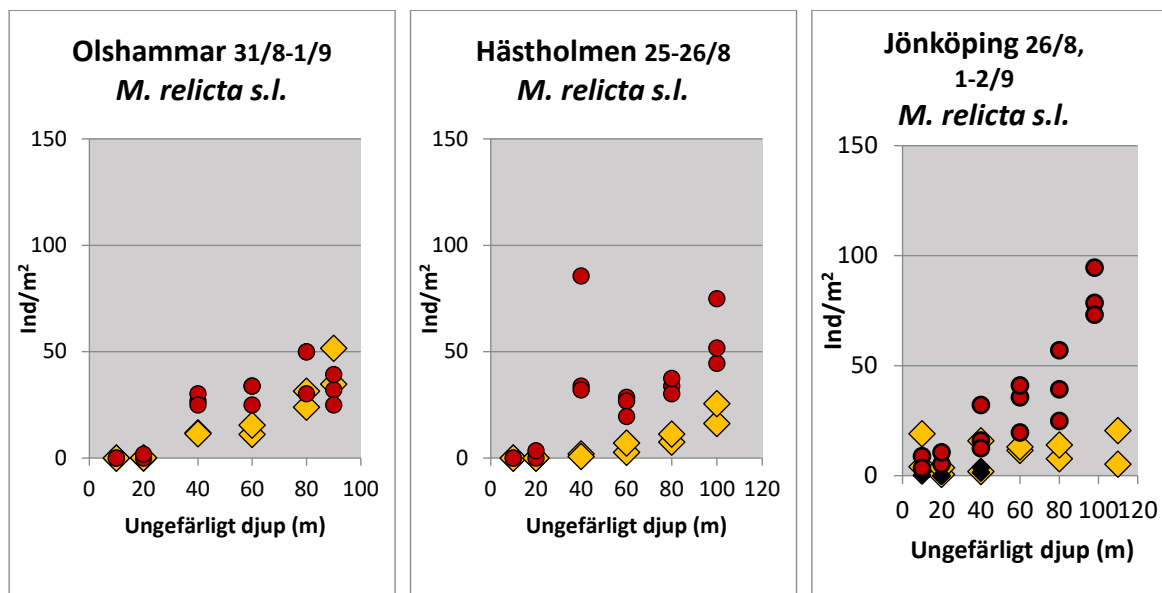


I Vänern och i Vättern vid Hästholmen och vid Jönköping 2011 var tätheten som skattades med håv på dessa stationer klart högre än tätheten skattad med trål. En av stationerna i Vättern, nämligen Olshammar, avvek dock från detta mönster genom att skillnaden i täthet mellan de två metoderna var förhållandevis liten. Tolkningen av detta resultat var att större delen av individerna som befann sig på botten dagtid tycks ha återfunnits i pelagialen nattetid, dvs den partiella migrationen tycks ha varit begränsad vid denna station.

Då stationerna vid Lurö i Vänern och vid Hästholmen i Vättern senare valdes ut för fortsatta undersökningar under åren 2013 – 2023 är det av speciellt intresse att jämföra resultaten från 2011 på dessa stationer då både trålningar dagtid och håvningar nattetid gjordes på/över samma djup det året.

En jämförelse av resultaten över det största djupet vid Hästholmen i Vättern och vid Lurö i Vänern 2011 visade att skillnaden mellan den skattade tätheten vid håvning i jämförelse med vid trålning var mindre i Vättern än i Vänern. Vid Lurö var tätheten vid trålning dagtid den 23/8 2011 på alla djup mycket låg och skattades till 2,2 ind./m<sup>2</sup> på 70 meters djup. Trålresultatet kan jämföras med tätheten vid håvningen den efterföljande natten som gav tätheten 58,9 ind./m<sup>2</sup> på denna provstation. Resultatet antyder att praktiskt taget hela populationen vid Lurö befann sig i pelagialen hela dygnet. Vid Hästholmen i Vättern skattades högre tätheter vid trålning under dagtid den 25/8 på 100 meters djup och uppmättes där till 21,0 ind./m<sup>2</sup>, vilket kan jämföras med tätheten 57,1 ind./m<sup>2</sup> som uppmättes vid håvningen nattetid över samma djup. Om vi nu i det sistnämnda fallet hypotetiskt tänker oss att alla individerna som befann sig nära botten dagtid stannade där under natten då håvning skedde så kan den skattade tätheten på provplatsen fås genom att de nämnda täthetsvärdena slås samman, vilket skulle ge 78,1 ind./m<sup>2</sup> totalt i hela djupprofilen. Av dessa skulle i så fall 27% av individerna befinna sig kvar på botten nattetid. En effekt av detta har i så fall lett till att håven missat en del individer vid den nattliga håvningen, vilket lett till att den skattade tätheten av *M. relicta s.l.* vid Hästholmen i Vättern kan ha blivit för låg. Det mest troliga är dock att åtminstone en del av individerna på botten lämnat den nattetid och därför kunnat fångas med håv. En iakttagelse som i någon mån stöder det sista antagandet är resultatet från ett av håvproven 2023 vid Hästholmen som innehöll sediment. Denna notering visade att håven nådde ända ned till botten och borde då ha infångat bottenlevande individer av *M. relicta s.l.* Den skattade tätheten i detta prov var 21,4 ind./m<sup>2</sup> att jämföra med medeltätheten 17,9 ind./m<sup>2</sup> för de åtta vertikalhåvningar som gjordes ned till strax ovan största djupet vid detta tillfälle eller medeltätheten 21,4 ind./m<sup>2</sup> för de sex prov som insamlades ca en timme efter solnedgången (se kapitel 3.2.1.). Vid jämförelser av tätheter hos *M. relicta s.str.* som skattats med håv respektive trål bör man vara medveten om att håvning nattetid är en bättre metod för skattning av täthet av denna art än trålning dagtid (se Kinsten & Degerman 2012).

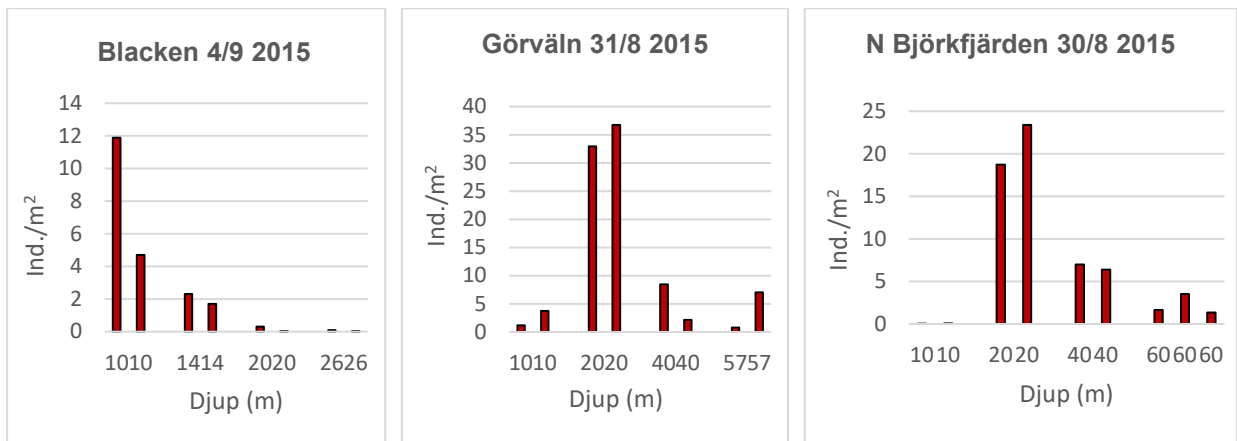
Det är dock möjligt att den skattade tätheten av *M. relicta s.l.* vid Hästholmen i Vättern kan ha underskattats något på grund av partiell migration vilket däremot i betydligt mindre utsträckning skulle vara fallet vid Lurö i Vänern. En del av förklaringen till skillnaden mellan de två sjöarna skulle kunna sammanhålla med sjöarnas olika siktdjup. I Vättern är siktdjupet betydligt större än i Vänern (<https://vattern.org/om-vattern/vatterns-tillstand-idag/> respektive Sonesten 2022). Detta innebär att ljuset tränger djupare ned i Vättern än i Vänern. Då *Mysis* undviker ljuset så kan det förväntas att uppvandringen av *M. relicta s.l.* i högre grad påverkas och begränsas i Vättern i jämförelse med i Vänern. O'Malley et al. (2018) nämner också att en samverkan mellan bottendjup, vattnets transparens och ljus har betydelse för den partiella migrationen.



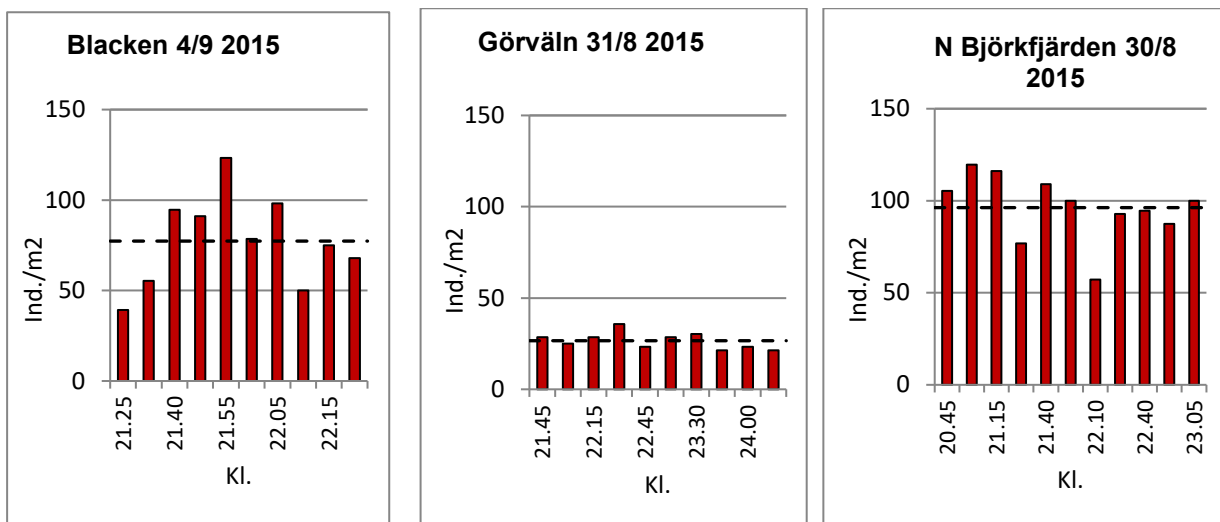
Figur 2. Skattningar av täthet med hjälp av bottenstrål dagtid (gul diamant) respektive med vertikalhåv nattetid (röd cirkel) på tre stationer i Vättern 2011.

I de tre mälarfjärdarna 2015 utfördes skattningar av tätheten genom trålning dagtid på flera djup samt håvningar nattetid över de största djupen (Kinsten 2016). Dessa täthetsdata var baserade på två trålningar/mälarfjärd dagtid (Figur 3) och tio håvningar/mälarfjärd nattetid (Figur 4) och gör det möjligt att göra en jämförelse mellan de två metoderna.

Vid trålning dagtid så framgick det att förhållandevis låga tätheter skattades på de största djupen i alla tre mälarfjärdarna. Medeltätheterna vid dessa trålningar var 0,06 ind./m<sup>2</sup> i Blacken, 3,9 ind./m<sup>2</sup> i Görvältn och 2,6 ind./m<sup>2</sup> i Norra Björkfjärden vilket ska jämföras med resultaten vid håvningarna nattetid som var 77,3 ind./m<sup>2</sup> i Blacken, 26,6 ind./m<sup>2</sup> i Görvältn och 96,3 ind./m<sup>2</sup> i Norra Björkfjärden. Det framgår då tydligt att den skattade tätheten vid håvningarna var betydligt högre än de tätheter som skattades vid trålning på samma platser. Då tätheten skattad med trål på de största djupen sannolikt inte är högre under natten så kan bedömningen göras att den partiella migrationen förmodligen spelat en förhållandevis liten roll i Blacken och Norra Björkfjärden, medan betydelsen i Görvältn kan ha varit något större. Det bör även här tilläggas att håvning nattetid är en bättre metod för att skatta tätheter av *M. relicta s.str.* än trålning dagtid.



Figur 3. Den skattade tätheten av *M. relicta s.str.* vid trålning på olika djup i de tre mälarfjärdarna Blacken, Görväln och Norra Björkfjärden 2015.



Figur 4. Den skattade tätheten av *M. relicta s.str.* vid håvning över det största djupet i de tre mälarfjärdarna Blacken, Görväln och Norra Björkfjärden 2015. Den streckade linjen anger medelvärdet.

Den ovannämnda analysen får ses som ett första översiktligt försök att skatta betydelsen av partiell migration i Väneren, Vättern och Mälaren. För att göra en mer tillförlitlig bedömning av betydelsen av partiell migration i sjöarna behöver dock mer riktade undersökningar utföras.

# Vänerns vattenvårdsförbund

Vänerns vattenvårdsförbund är en ideell förening med totalt 72 medlemmar varav 34 stödjande medlemmar. Medlemmar i förbundet är alla som nyttjar, påverkar, har tillsyn eller i övrigt värnar om Vänern.

Förbundet ska verka för att Vänerns naturliga miljöförhållanden bevaras genom att:

- fungera som ett forum för miljöfrågor för Vänern och för information om Vänern
- genomföra undersökningar av Vänern
- sammanställa och utvärdera resultaten från miljöövervakningen
- formulera miljömål och föreslå åtgärder där det behövs. Vid behov initiera ytterligare undersökningar. Initiera projekt som ökar kunskapen om Vänern
- informera om Vänerns miljötilstånd och aktuella miljöfrågor
- ta fram lättillgänglig information om Vänern
- samverka med andra organisationer för att utbyta erfarenheter och effektivisera arbetet.

## Medlemmar

Medlemmar är samtliga kommuner runt Vänern, industrier och andra företag med direktutsläpp och diffusa utsläpp till Vänern, organisationer inom sjöfart och vattenkraft, landsting, region, intresseorganisationer för fiske, jordbruk, skogsbruk och fritidsbåtar, naturskyddsföreningar, andra vattenvårdsförbund och vattenförbund vid Vänern med flera. Länsstyrelserna kring Vänern, Havs- och vattenmyndigheten och SLU Aqua Sötvattenslaboratoriet deltar också i föreningsarbetet.

## Mer information

Mer information om Vänern och Vänerns vattenvårdsförbund finns på förbundets webbplats: [www.vanern.se](http://www.vanern.se). Förbundets kansli kan svara på frågor, telefonnummer 010-224 52 05.

