



Var har Mälarens vitmärklor tagit vägen?

Stina Drakare, Putte Olsson och Joel Segersten

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för vatten och miljö
Rapport 2025:04
2025

Var har Mälarens vitmärklor tagit vägen?

Stina Drakare, <https://orcid.org/0000-0002-7389-2105>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för vatten och miljö,

Putte Olsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö,

Joel Segersten, <https://orcid.org/0009-0005-5656-7211>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för vatten och miljö.

Detta verk är licenserat under CC BY 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsår:	2025
Utgivningsort:	Uppsala
Omslagsbild:	Stina Drakare, SLU. Fotot visar en vitmärkla på ett pekfinger.
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö
Nyckelord:	Mälaren, vitmärkla

© 2025 (Drakare, Olsson, Segersten)

Detta verk är licenserat under CC BY 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

Denna rapport är resultatet av en omfattande undersökning av den bottenlevande vitmärlan, *Monoporeia affinis*, i östra Mälaren hösten 2024. Den gjordes för att vitmärlor sedan några år försvunnit från de provplatser i Mälaren som ingår i ordinarie provtagningar i nationella miljöövervakningsprogrammet Stora sjöar. Utbredningen av vitmärlor i Mälaren har minskat och de har även minskat i täthet. Fältdelen av studien visade att de nu återfinns på grundare bottnar än tidigare, på cirka 30 meters djup jämfört med tidigare på 40–50 meter, dvs. fjärdarna Görväl, Lambarfjärden, Norra Björkfjärden, Prästfjärden, Gripsholmsviken samt Västra Prästfjärden mellan Stallarholmen och Ridön.

Tidigare perioder med populationskrascher i Mälaren sammanfaller med torrperioder, indirekt visat som mindre humusämnen i vattnet och högre konduktivitet vilket kan tyda på att de gynnas av inkommande vattens födotillgång. Vårens kiselalgs mängder som i litteraturen visats vara viktiga för att vitmärlor ska kunna bygga upp biomassan inför reproduktionen har ökat med tiden i Mälaren och anses inte kunna förklara minskningen av vitmärlor. Varmare vatten på bottenarna skulle kunna vara en bidragande orsak till minskningen och litteraturstudien visade att honornas befruktningsandel minskar vid höga hösttemperaturer och att det är tiden innan parning som temperaturen behöver vara under 10 grader för att befruktningsandelen ska ligga över 50 %.

Vitmärlor tål syrgashalter ner mot 2 mg/l. På senare år har några fjärdar haft relativt låga syrgashalter i djuphålorna i september, kopplat till lång period med temperaturskiktning av vattnet, vilket skulle kunna förklara varför de undvikit dem under senaste åren. Studien visar hur viktigt det är med bra levnadsförhållanden i de delar av Mälaren som är djupare än 20 meter för att kunna bevara de kallvattensarter som Mälaren har flera av förutom vitmärlan.

Abstract

This report is the result of an extensive survey of *Monoporeia affinis*, a small benthic amphipod, in eastern Mälaren in the autumn of 2024. The study was carried out because *Monoporeia* have disappeared from many sites that are routinely sampled as part of the national monitoring program Stora sjöar. Monitoring data has shown that both densities and spatial distributions of *Monoporeia* have decreased and that *Monoporeia* are now found at shallower sites, approximately 30 meters depth compared to the previous 40–50 meters depth, i.e. the basins of Görvåln, Lambarfjärden, Norra Björkfjärden, Prästfjärden, Gripsholmsviken and Västra Prästfjärden between Stallarholmen and Ridön. Although *Monoporeia* can tolerate relatively low oxygen concentrations (down to 2 mg/l), in recent years the deep waters of Mälaren have had relatively low oxygen levels in September, which could explain why *Monoporeia* have avoided these sites.

Analyses of time-series data revealed that population crashes of *Monoporeia* in Mälaren coincided with dry periods and was related to lower concentrations in humic matter and higher conductivity; findings which may indicate that they benefit from the food supply of incoming water. The biomass of diatoms in spring, an important food resource for *Monoporeia*, has increased over time in Mälaren and thus food limitation cannot explain the observed population decreases. Warmer bottom water may also be related to the population decrease as the literature study revealed that the fertilization success of females decreases at high autumn temperatures, especially just before mating. Water temperatures below 10 °C are required to achieve fertilization rates >50%.

In summary, this study indicates that deepest regions in Mälaren (> 40 m) might have become inhospitable for this cold-water species but that they are still present at some sites at depth around 30 m.

Innehållsförteckning

Var har Mälarens vitmärlor tagit vägen?	2
1. Inledning och syfte	6
1.1 Var i sjön har vitmärlor funnits tidigare?	7
1.2 Hur ser minskningen av vitmärlor ut?	9
1.3 Vanliga tätheter i Väner och Vättern samt utmed Östersjökusten.....	10
1.4 Vitmärlans livscykel.....	11
1.4.1 Livscykeln i en subarktisk sjö	11
1.4.2 Livscykeln i en uppländsk sjö	12
1.4.3 Livscykeln i Väner.....	12
1.5 Vitmärlors medelvikt.....	12
2. Möjliga orsaker till att vitmärlor minskat.....	14
2.1 Finns känslighet för hög temperatur?	14
2.2 Hur känslig är vitmärlan för låga syrgashalter?	15
2.3 Äta och ätas	18
2.4 Samband mellan vitmärlor och inkommande vatten.....	18
2.5 Har födokällan kiselalger minskat i Mälaren?	20
2.6 Horisontell migration	21
3. Karta över provtagningsplatserna vid den extra provtagningen 2024.....	22
4. Resultat	24
4.1 Temperatur.....	24
4.2 Syrgas	25
4.3 Bottenmaterial	25
4.4 Bottendjuren.....	26
5. Diskussion och slutsats	29
Referenser.....	31

1. Inledning och syfte

Märkräftar är en viktig del av bottenfaunasamhället på de djupa bottenarna i centrala Mälaren. Vitmärslans, *Monoporeia affinis*, population har tillsammans med övrig bottenfauna följts på flera stationer i de djupa Mälarbassängerna sedan 1969. När vi på uppdrag av Mälarens vattenvårdsförbund 2024 gick igenom de långa tidsserierna av data visade dessa att vitmärslor inte längre finns kvar vid de bottenstationer som idag har bottenfaunaprovtagning ([Drakare et al. 2024](#)). Senaste tillfälle med vitmärslor i Görväln var 2015 (ca 4000 per m²) och för Södra Björkfjärden 2019 och då med väldigt låga tätheter på endast 8 djur per m² (figur 3). Åtta djur per kvadratmeter innebär att ett djur hittats i ett av fem Ekmanhugg, vilket är den standardiserade mängd hugg som rekommenderas per provtagningsplats. Så lång bortavaro som den nuvarande perioden på 8 respektive 4 år är oroväckande eftersom djuren vanligtvis bara lever 2–3 år. Dock är detta bara två stationer i en stor sjö och förhoppningen är att de finns kvar på andra ställen i sjön.

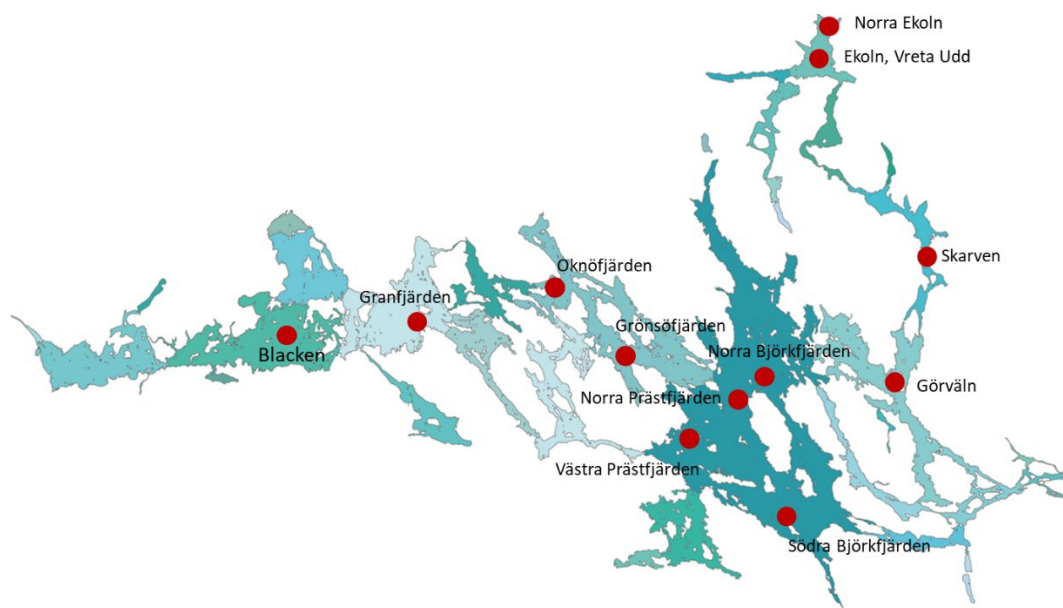
I denna rapport redovisas resultaten från en yttäckande undersökning med provtagning vid 22 provplatser i september 2024 för att utreda om vitmärslor finns kvar i närliggande områden av östra Mälaren. Förutom bottenfaunaprover tagna med Ekmanhuggare togs även temperatur- och syrgasprofiler för att grovt beskriva vilka miljöförhållanden som råder botten nära efter sommaren vid dessa relativt djupa provplatser. I studien ingick att göra en kort litteraturgenomgång om vilka förhållanden som styr vitmärslor samt att jämföra med förhållanden i Mälaren tidigare, allt finansierat av Havs- och vattenmyndigheten.



Vitmärla, *Monoporeia affinis*. Längd cirka 8mm. Foto: Anders Tukler, Källa: Artfakta

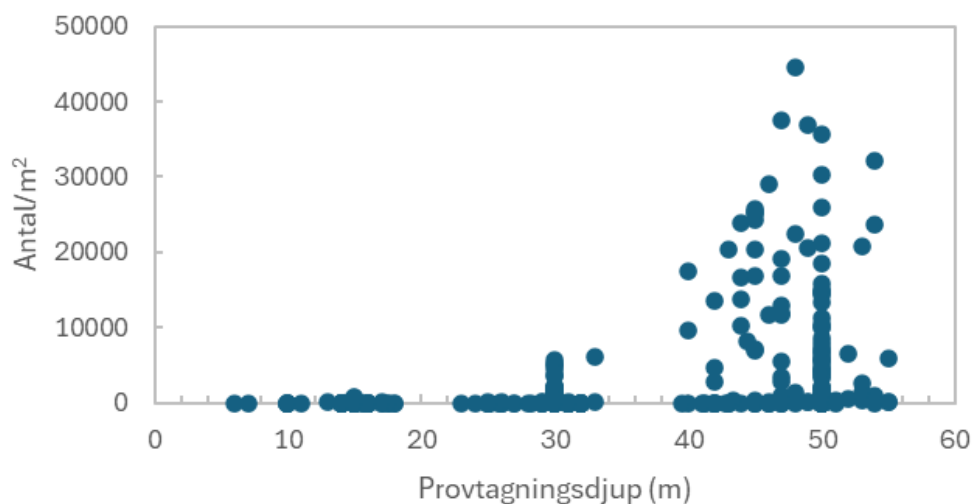
1.1 Var i sjön har vitmärlor funnits tidigare?

Vitmärlor har påträffats vid 12 provplatser i Mälaren sedan provtagningen startade (figur 1). Medianvärdet för stationer med långa tidserier visar att tätheterna varit mycket höga. Görvälns medianvärde för hela tidsserien (1969–2023) är 10 000 vitmärlor per m² och Södra Björkfjärdens 4000 per m². Som mest har 45 000 per m² hittats! Norra Prästfjärdens medianvärde är 250 vitmärlor per m² fram till stationen slutade provtas 2013 (förutom två prov 2018–2019). Granfjärden har haft vitmärlor tidigare men i mindre antal (median 160 djur per m²) och efter 1995 endast sporadiskt. I Norra Ekoln vid 30 m djup har det varit sporadisk förekomst, dvs. endast enstaka individer, vid bara fyra tillfällen sedan 1969 medan den förekommit mer frekvent men i lågt antal på 15 m djup. Denna nordliga del av Ekoln anses vara en provplats med stor påverkan från Uppsala från Fyrisån. Även i Görväl och Södra Björkfjärden har prov tidigare tagits vid flera djup, dvs. både på runt 30 och 50 meters djup. I Görväl och Södra Björkfjärden har tätheterna av vitmärlor varit större på de djupare stationerna på runt 50 m än på 30 meter.



Figur 1. Provplatser där vitmärlor hittats tidigare i Mälaren (1969-2023).

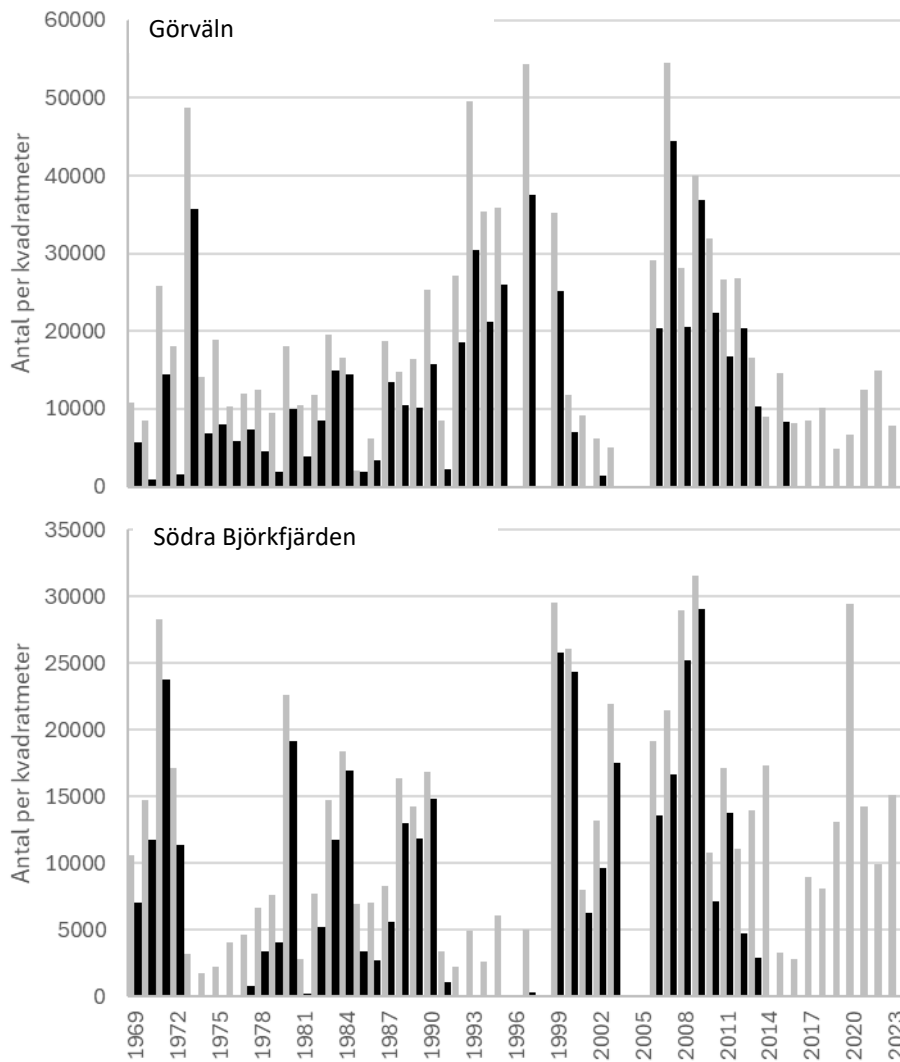
Vitmärlor har tidigare hittats främst på mycket djupa lokaler vid provtagningarna som genomförs på hösten. Höstprovtagningen har under alla år gjorts i september eller oktober. Vid 30 meters djup och djupare har de varit mycket talrika vid dessa provtagningar (Figur 2).



Figur 2. Vitmärlans djuputbredning i Mälaren. Data från 1969–2023 från Mälaren, totalt 634 provtagningar vid 32 provplatser i 14 fjärdar. Datakälla: MiljödataMVM, SLU.

1.2 Hur ser minskningen av vitmärlor ut?

Bottenfaunan på Mälarens djupbottnar, så kallad profundal bottenfauna, övervakas numera bara regelbundet vid fem provplatser: Galten, Granfjärden, Södra Björkfjärden, Norra Ekoln och Görvåln. Det gör att tätheten av vitmärlor i andra delar av Mälaren är okända.



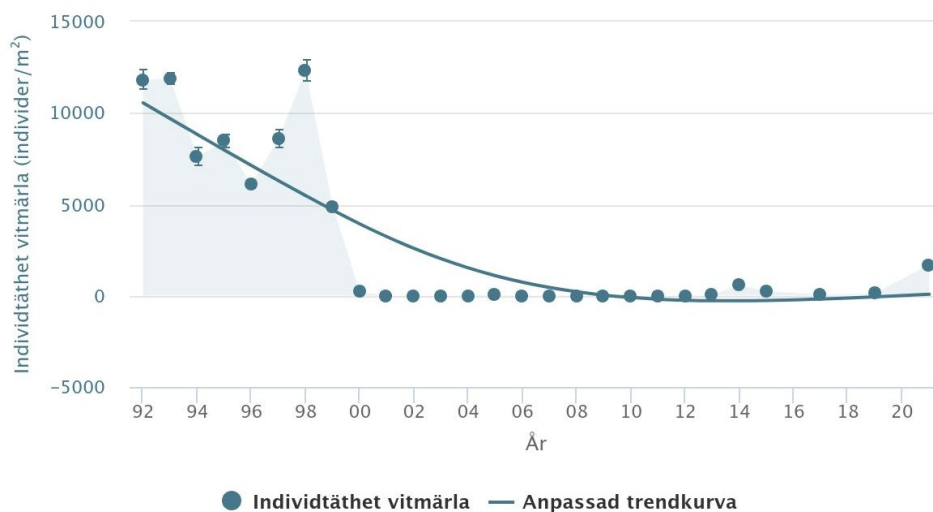
Figur 3. Total abundans av bottendjur (grå staplar) och vitmärlor (svarta staplar) i Görvåln och Södra Björkfjärden, Mälaren. Fyra år saknas provtagning: 1996, 1998, 2004–2005 vilket syns genom att även den grå stapeln saknas.

I Görvåln och Södra Björkfjärden, där de tidigare varit mycket talrika, har de minskat enligt figur 3. I Görvåln var 2014 det första året som vitmärlor inte förekom i bottenfaunaproverna, de påträffades åter 2015 men från 2016–2023 saknas de vid den aktuella provplatsen. För Södra Björkfjärden saknas vitmärlor första gången år 1974 vilket följdes av två år med mycket låga tätheter. Nästa gång de saknas är 1995. Tyvärr sker ingen provtagning 1996 och 1998, men de finns i låg täthet 1997.

I mer sentida prover saknas de vid provplatsen i Södra Björkfjärden 2015–2017 samt 2020–2023. År 2018–2019 återfinns de i låga tätheter på 16–33 ind./m².

1.3 Vanliga tätheter i Vänern och Vättern samt utmed Östersjökusten

Vitmärslor hittas, förutom i Mälaren, i Vänern, Vättern i flera mindre sjöar i Mellansverige. De är också vanliga i Östersjön. Mälaren har varit individtätast av de tre stora sjöar som ingår i det nationella miljöövervakningsprogrammet Stora sjöar (enligt ovan). Långtidsmedelvärdet för **Vänern** är strax över 2000 individer/m² för provplatsen Tärnan i Värmlandssjön (maximalt värde 7000 ind./m²) och 3500 ind./m² för provplatsen Megrundet i Dalbosjön (max 11 000 ind./m²). Båda dessa provplatser är ca 70 m djupa (Sonesten 2024). I Vänern har vitmärslor påträffats alla år sedan provtagningen började 1974, även om de varit fåtaliga enskilda år som 1980, 1988 och 2009. I **Vättern** är de högsta uppmätta tätheterna av vitmärslor 4700 ind./m² och långtidsmedelvärdet 1470 ind./m². Provtagningsstationerna i Vättern ligger på 80–110 m. Även i Vättern verkar vitmärslor återfinnas alla år man tagit prover sedan 1974.



Figur 4. Exempel på krasch av vitmärslor för provplats Norra Bottenhavet station N 18 i vattenförekomsten N Bottenhavets kustvatten. Från Sveriges vattenmiljö:
<https://www.sverigesvattenmiljo.se/karta#5/62.186/17.007/0/all/all/16948/118-849/16948>.

Tyvärr går det inte längre att komma åt bottenfaunadata från kustvatten via nationell datavärd för kustdata (SMHI, Sharkweb). Webbplatsen Sveriges vattenmiljö har dock en karttjänst som visar trender för vitmärslor utmed Östersjökusten där man kan se tätheter som mest på ca 10 000–12 500 ind./m² men oftast mycket lägre (<https://www.sverigesvattenmiljo.se/karta#5/62.186/17.007/0/all/all/16948/117-11/16948>). Det finns också tecken på krascher av populationen runt år 2000 i Norra Bottenhavet (figur 4) där populationen nu sakta återhämtar sig.

1.4 Vitmärlans livscykel

Vitmärlor har en monocyklisk livscykel vilket innebär att de dör efter att ha reproducerat sig.

1.4.1 Livscykeln i en subarktisk sjö

Här beskrivs hur livscykeln ser ut i en rysk subarktisk sjö, Krivoe ([Maximov et al. 2023](#)). Säsongsdynamiksstudierna i denna sjö visar att parning och äggläggning sker sent i december och hela januari. Hanarna dör nära efter parningen vilket gör att vuxna hanar inte alls återfinns i februariprover. Honorna bär de befruktade äggen och dör efter att äggen kläckts sent i mars och under april. Nyfödda vitmärlor har en storlek på bara 1,6–1,9 mm. De växer snabbt första sommaren fram till november, då tillväxten avstannar för vintern. När våren kommer (maj), andra levnadsåret, fortsätter de att tillväxa. I den ryska sjön, där studien gjordes, började vitmärlor att reproducera sig vid en kroppslängd på 6 mm. De flesta nådde denna längd som tvååringar på hösten, medan ett fåtal växte långsammare och kunde reproducera sig först efter tre år. De stora treåringarna framträdde tydligt i prover (2–10 % av populationen) på våren och försommaren men inte under sensommaren, hösten och vintern.

Jämfört med Mälaren är den ryska sjön avsevärt mindre (0,5 km² sjöarea) och ligger längre norrut. Vidare insamlades bottenfaunaproverna grundare i den ryska sjön, från den sublitorala zonen på 8,5 m djup, än vad de gör i Mälaren (profundalprover). Islossningen skedde i maj i den ryska sjön och temperaturskiktning under sommaren gjorde att bottenvattnet sällan hade en temperatur högre än 8 °C. Maximal bottenvattentemperatur, cirka 10 °C, var i augusti-september och temperaturskiktningen bröts i slutet av september till oktober. Sen isbildning i november-december gav kallt bottenvatten på mindre än 2 °C.

Den ryska studien kopplade tillväxten hos vitmärlor till förekomst av växtplankton, mätt som klorofyllkoncentration, vilken var hög på våren och kopplades till hög tillväxt av vitmärlor precis efter kläckningen. Temperatur hade negativt samband till tillväxt; tillväxten minskade på hösten när bottenvattentemperaturen var som högst. Själva parningen skedde vid den lägsta vattentemperaturen för året runt nyår. Den embryonala utvecklingen verkar kopplad till vattentemperaturen; kläckningen försköts med två veckor ett år med lägre vintertemperatur (1,8 jämfört med 2,8 °C). Norska studier har visat att inkubationstiden för äggen är 98 dygn vid 2,7 °C vattentemperatur och vitryska studier att den är 115 dygn vid 1,4 °C.

Författarna diskuterar vidare att tidpunkten för vårens klorofyllmaximum kan göra att vitmärlor och andra vinterlekande glacialrelikter missgynnas med ett varmare klimat. De diskuterar inte vilka typer av växtplankton det är frågan om men normalt är det kiselalger som dominerar under våren och de sedimenterar också relativt snabbt när våromblandningen av vattnet övergår i det temperaturskiktade. Isfria förhållanden på vintern leder till låga bottenvattentemperaturer vilket gör att kläckningen av larver fördröjs på våren medan växtplanktontillväxten styrs av ljuset, som de når av tidigare när ytvattnet inte skuggas av is och snö. Kopplat till temperatur föreslås att varmare bottenvatten även kan öka konkurrensen med varmvattensarter.

1.4.2 Livscykeln i en uppländsk sjö

En studie av vitmärlor i mesotrofa sjön Erken i Uppland ([Johnson 1987](#)) visade att vitmärlorna där hade en ettårig livscykel där honor med ägg noterades i slutet av februari, varefter nya generationen fanns på plats i slutet av april för att nå sin maximala vikt på runt 1 mg/ind. i mars året efter. Ingen information om tätheter av olika kön redovisas. Vitmärlornas maginnehåll varierade efter säsong kopplat till den temporala variationen av vad som sedimenterar från överliggande vatten. Maginnehållet bestod mest av detritus (97,6 %) i form av aggregat av oorganiskt-organiskt material där alger stod för 2,3 % volymen. Kiselalger var dominerande alg i maj medan andelen alger i maginnehållet var störst i oktober med mycket *Cladophora* (en påväxtalg). I oktober hade de även en del ciliater och hinnkräftor i magarna.

1.4.3 Livscykeln i Vänern

I oligotrofa Vänern kunde tre åldersklasser av vitmärlor urskiljas (0+, 1+ och 2+) och fluktuationer i täthet och biomassa mellan år kunde kopplas till biomassan av kiselalger. Särskilt maximal biomassa av kiselalger och biomassan av kiselalger av släktet *Aulacoseira* i maj, som dominerade kiselalgerna i maj i Vänern, hade ett positivt samband till täthet och storlek hos vitmärlor med ett års förskjutning i studien som gällde åren 1973–1989 ([Johnson & Wiederholm 1992](#)). De diskuterar vidare att vitmärlorna troligtvis är födobegränsade i Vänern.

1.5 Vitmärlors medelvikt

Tecken på att vitmärlor ibland förökar sig andra levnadsåret och ibland det tredje kan studeras som skillnader i medelvikt på djuren mellan år. Höstar då en större del av populationen är treåringar, som inte förökade sig föregående år och därmed inte dött, blir medelvikten större än år då populationen domineras av ett- och

tvååringar. De vitmärlor som analyseras av SLU vägs efter identifiering och räkning. I **Mälaren** varierar medelvikten mellan 0,20–15 mg, i **Vänern** 0,73–11 mg och i **Vättern** 0,13–7,2 mg. I Vänern finns det skillnader i medelvikt mellan år där vitmärklorna ungefär vartannat år är större och väger ca 7–11 mg i medelvikt medan de andra år väger 1–5 mg, särskilt tydligt är detta vid provplatsen Megrundet. Vid provplatsen Tärnan i Värmlandssjön i Vänern är de generellt mindre, ca 3–4 mg, med mindre skillnader mellan år. I Mälaren, där variationen i medelvikt är stor, syns inga mönster i medelvikt mellan år och stationer. Från Vättern finns tyvärr inga viktangivelser efter 2003 hos datavärd, men år 1978 och 2001 har vitmärlor tydligt högre medelvikt i Vättern än övriga år.

En studie som jämfört fekunditeten hos vitmärlor i Vättern och Vänern ([Sundelin et al. 2003](#)) visade att det fanns ett tydligt samband mellan vitmärlores fettsyresammansättning och fekunditet och att båda generellt är högre i Vänern än Vättern. De noterade också att en ökning i vitmärlor med försenad sexuell utveckling mellan de två studieåren 2001 och 2002, särskilt hos hanar. Honorna hade degenererade ägganlag vilket gör att befruktning inte längre är möjlig. Dessutom var hormonnivåerna hos dessa honor mycket låga. Orsakerna till de kraftiga reproduktionsstörningarna var oklara men uppkom under en period då både Vättern och Vänern tillfördes mycket stora vattenflöden. Dock var mängden vitmärlor i Vänern inte lägre året efter, 2003, enligt data från miljöövervakningen ([Sonesten 2024](#)).

2. Möjliga orsaker till att vitmärlor minskat

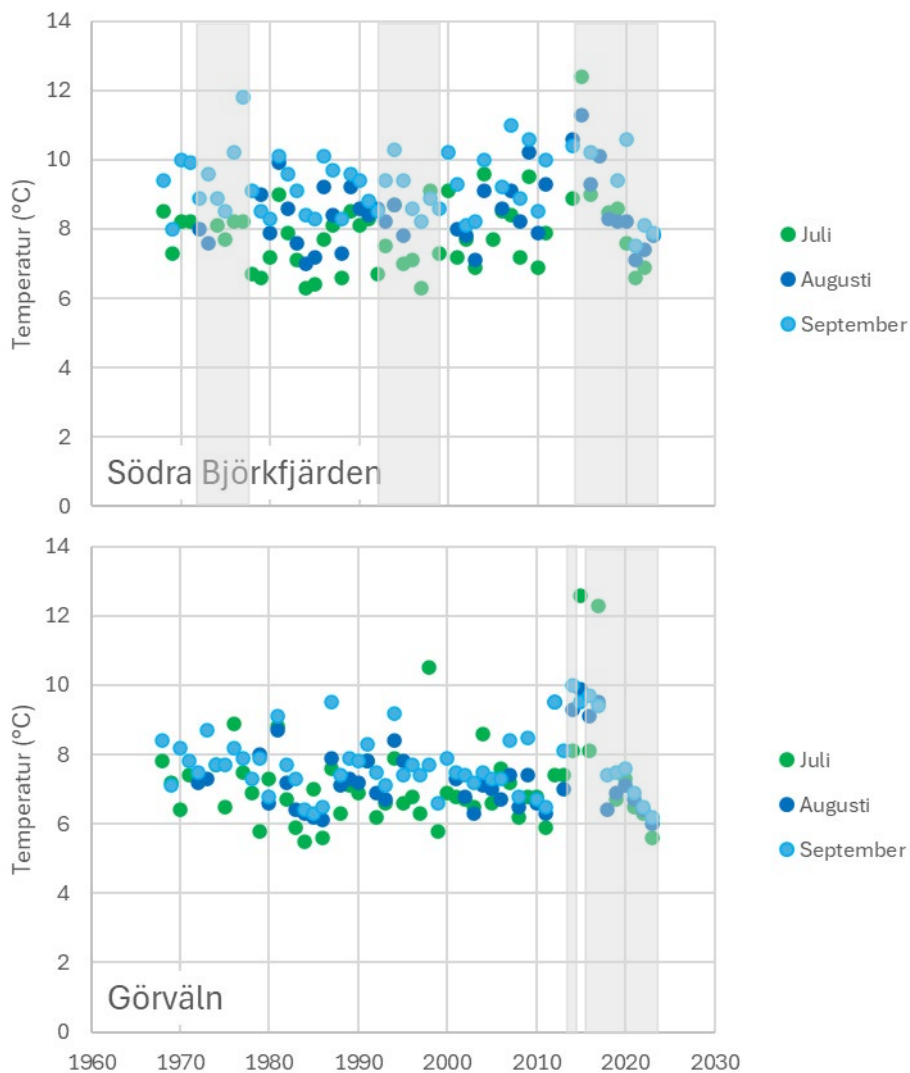
2.1 Finns känslighet för hög temperatur?

Vitmärlor från Östersjön har använts i experiment för att studera hur känslig reproduktionen är för hög temperatur ([Eriksson Wiklund & Sundelin 2001](#)). Tre temperaturer testades: vanlig temperatur i bottenvattnet på hösten (6,5 °C), höjd 3,2 °C (till 9,7 °C) och höjd 5,4 °C (till 11,9 °C). Experimentet, som startades i september under gonadernas mognadsperiod och avslutades i november när parningen skett, visade att honornas befruktningsandel minskade från 76 % vid 6,5 °C till ca 52 % vid 9,7 °C och 44 % vid 11,9 °C. Ett parallellt experiment som fortsatte med de tre olika temperaturerna till januari visade att det främst var förhöjda temperaturer innan parning som hade en negativ påverkan, detta kvantifierades som döda ägg, ej utvecklade ägg och döda yngel.

Bottenvattnet i Görväln och Södra Björkfjärden är som varmast på hösten. Bottenvattnets mediantemperaturen i Södra Björkfjärden, som ligger relativt vindexponerat, är 11,8 °C i september medan Görvälns mediantemperatur för september är 7,6 °C (perioden 1969–2023). Dessa septembertemperaturer skulle kunna ge visst reproduktionsbortfall varma höstar om vitmärlor i sjöar har liknande anpassningar till sin miljö som vitmärlor i Östersjön.

Under vissa år råder det höga bottenvattentemperaturer i Görväln och Södra Björkfjärden, till exempel i september 1977 och i juli 2015 i Södra Björkfjärden när bottenvattentemperaturen steg till 12,4 °C. I Görväln är det främst mellan åren 2012–2017 som bottenvattentemperaturen varit hög från juli till september, både 2015 och 2017 är julitemperaturen över 12 °C och septembertemperaturen mellan 8–10 °C. Denna period med hög bottenvattentemperatur under hela sensommaren syns i båda Mälarbassängerna (figur 5). Bottentemperaturen är sedan 2020 lägre igen i juli till september vilket kunde vara positivt för vitmärlornas reproduktion. Av de perioder då inga eller låga tätheter av vitmärlor har påträffats i Görväln och Södra Björkfjärden så är det bara den senaste perioden som sammanfaller med höga bottenvattentemperaturer på hösten. Tidigare populationsminskningar i Södra

Björkfjärden bör ha andra orsaker. Eftersom vitmärlornas livscykel är relativt kort gör det dem känsliga för höga vattentemperaturer under ett år.

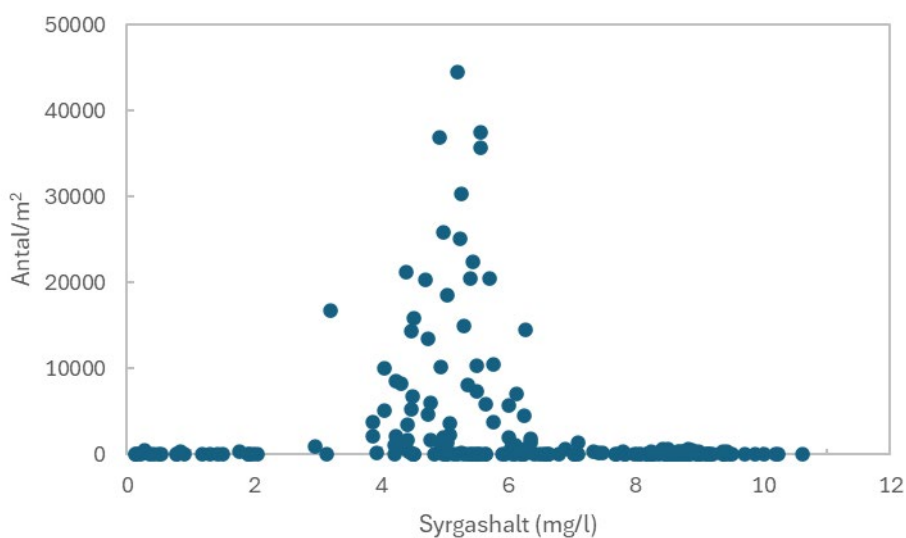


Figur 5. Bottentemperatur på ca 40 m djup i Mälarens bassänger Södra Björkfjärden och Görvälén 1968–2023. Grå fält visar perioder vitmärlor saknas i proverna.

2.2 Hur känslig är vitmärlan för låga syrgashalter?

Syrgashalten på botten kontrollerar vilka organismer som kan leva där. I näringsrika sjöar med hög produktion av växtplankton som sedimenterar till botten konsumeras stora mängder syrgas vid nedbrytningen av detta organiska material. Mängden löst syrgas i bottenvattnet styrs i sommarskiktade sjöar av hur stor volym bottenvattnet har och hur lång tid sommarskiktningen pågår. En syrgasfri miljö, med svarta bottensediment där svavelväte ger en speciell lukt på sedimentet och där endast vissa typer av bakterier och arkéer trivs är oftast förhållanden som man i

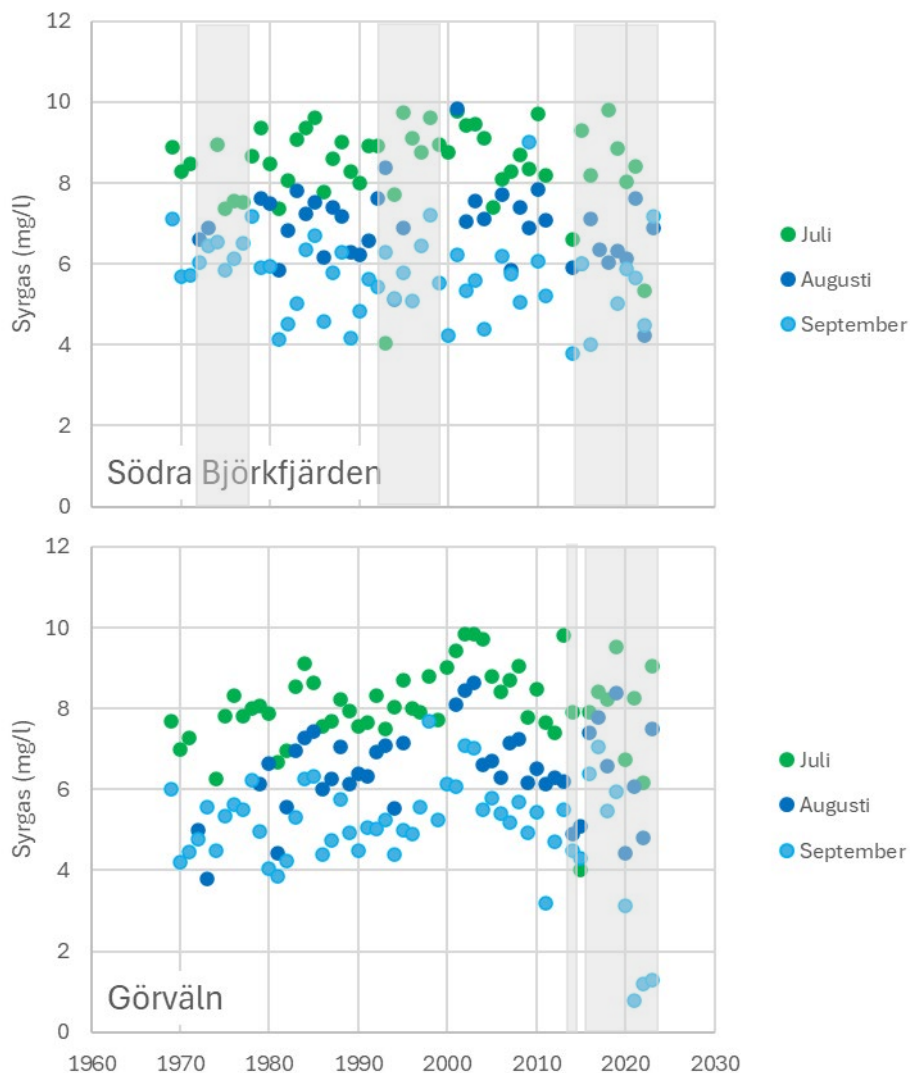
vattenförvaltningen vill undvika. Vid syrgasfria förhållanden läcker också näringsämnen från sedimentet upp i vattnet och bidrar till sjöns näringsbelastning, så kallad internbelastning. Bottendjuren i Mälaren kan utsättas för låga syrgashalter främst under sensommar och tidig höst, dvs. i slutet på temperatur-skiktningssperioden när nedbrytningsprocesser förbrukat syrgas i bottenvattnet hela sommaren utan att ny syrgas kunnat fyllas på från ytvattnet. Vitmärlor bör relativt djuren i andra delar av sjön vara tåliga mot låga syrgasnivåer eftersom de lever på och i mjukbottenars sediment där syrgasnivåerna oftast är lägre än i det omgivande i vattnet. Men det finns många bottenlevande djur som är mer tåliga som andra arter av märlor och fåborstmaskar. I figur 6 visas syrgashalten i bottenvattnet (mätt cirka 1 meter över botten) från septemberprovtagningar, när vattnet oftast fortfarande är skiktat, jämfört med antalet vitmärlor vid höstprovtagningen som skett antingen i september och oktober. Syrgashalter på 5 mg/l verkar inte vara ett problem för vitmärlorna medan det vid syrgashalter under 3 mg/l bara påträffats vitmärlor i ett fåtal insamlade bottenfaunaprover från Mälaren (alla stationer alla år med djupprofiler och bottenfaunaprovtagning). Under andra perioder under året är oftast syrgashalterna mycket högre, även i bottenvattnet, vilket de förstås klarar bra.



Figur 6. Samband mellan syrgashalt och antalet vitmärlor för alla provplatser i Mälaren på hösten för åren 1969–2023.

Experimentella studier på vitmärlor från Östersjön visar att de kan tåla mycket låga syrgashalter, på 0,3–0,8 mg/l, under kortare perioder men att bara 20 % av djuren överlever 5 dagar under dylika förhållanden (Johansson 1997). Långtidsöverlevnad, i experimentets fall 24 dygn, vid låga syrgashalter var 58 % vid 1,2 mg O₂/l medan den redan vid 2,0 mg O₂/l var 100% (Johansson 1997)! Båda experimenten gjordes i små akvarier utan sediment att gräva ner sig i. Dessa resultat visar att vitmärlor bör klara syrgashalter på 2 mg/l men att de antagligen undviker så låga halter genom att förflytta sig till grundare delar av sjön med högre

syrgashalter. Denna studie utvärderade dock inte om reproduktionen påverkades av de låga syrgashalterna genom att gonader, ägg och yngel påverkades negativt.



Figur 7. Syrgashalter i cirka 1 meter över bottensedimentet på ca 40 meters djup i Södra Björkfjärden och Görväln, Mälaren. Grå fält visar perioder vitmörkor saknas i proverna.

För de två Mälarbassängerna Södra Björkfjärden och Görväln sjunker generellt syrgasnivåerna i bottenvattnet från juli till september och är som lägst i september (figur 7). I Södra Björkfjärden verkar syrgaskoncentrationen som lägst bli 4 mg/l medan den i Görväln efter 2010 vid två tillfällen legat strax över 3 mg/l och de senaste tre åren runt 1 mg/l. De senaste tre årens låga syrgashalter i Görväln gör att vitmörkor borde undvika denna bassängs djupare delar och migrera till grundare botten, vilket kan vara en förklaring till att vitmörkor inte hittats vid Görväln, eller att de inte återkoloniserat dessa botten. Trots att Mälaren hade större övergödningsproblem på 1970-talet var syrgasnivåerna i bottenvattnet högre då.

Det beror troligtvis på att sommarperiodens temperaturskiktade period var mycket kortare på den tiden.

2.3 Äta och ätas

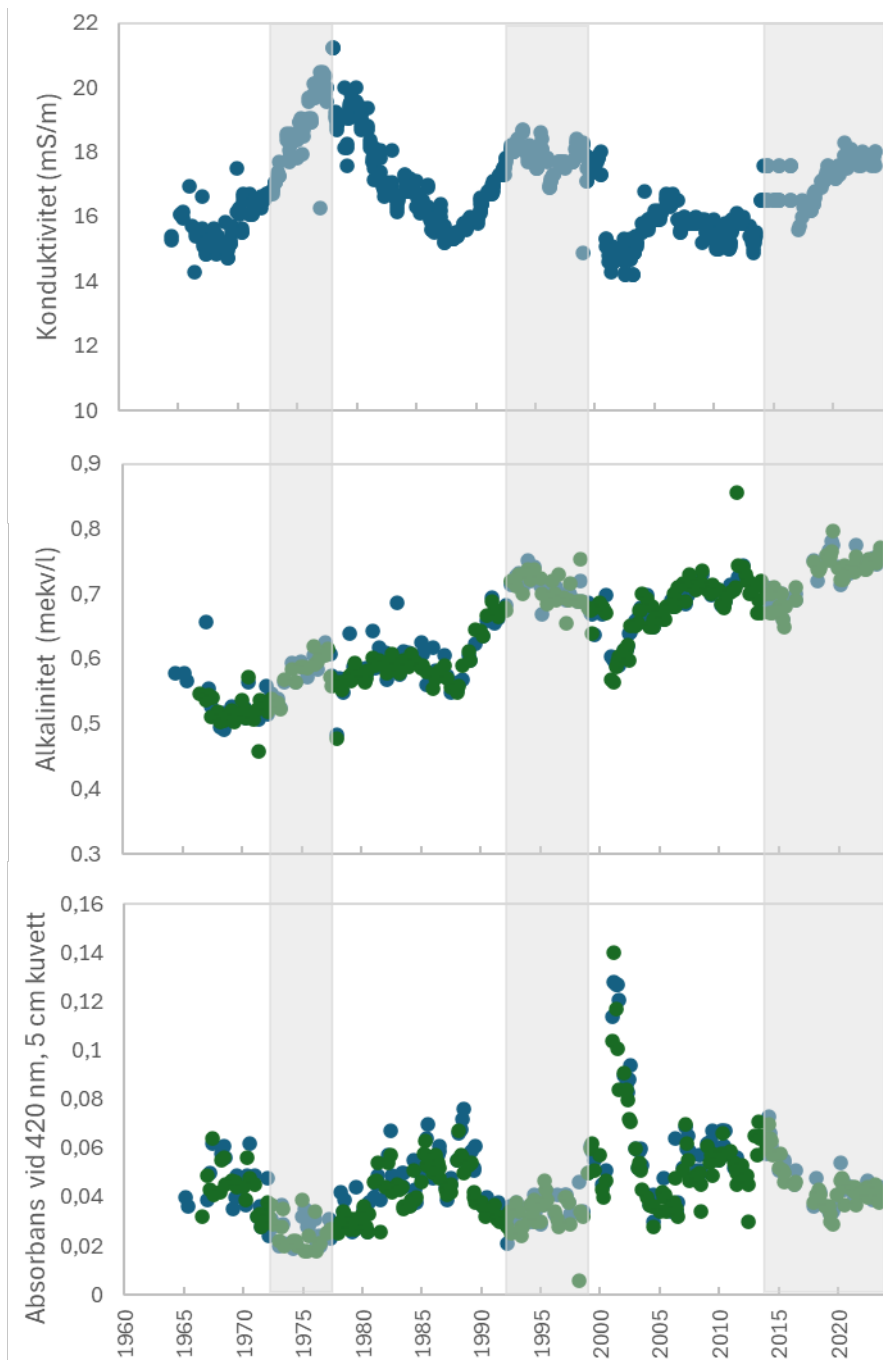
Vitmärlor är detritusätare och detritus består av plankton som sedimenterat samt annat dött organiskt material. De hjälper till att blanda och syresätta det översta sedimentlagret eftersom de även gräver i de översta centimetrarna av sediment. Det är energin och näringen i vårens och sommarens produktion av plankton som utgör basen för att de kan bygga upp en fettreserv att använda för reproduktion och för att överleva vintern. Tidigare studier i Vänern har visat att vitmärlors abundans korrelerar till mängden kiselalger på våren med ett års förskjutning ([Johnson & Wiederholm 1992](#), [Goedkoop & Johnson 2001](#)). Och studier i en rysk subarktisk sjö visar att koncentration växtplankton, mätt som klorofyll-a, korrelerar till vitmärlors abundans ihop med botten temperaturen med två års förskjutning ([Maximov 2021](#)). Det är känt att unga vitmärlor äter heterotrofa bakterier och andra mikrober som är nedbrytare i sedimentet och organiskt kol från bakterier kan stå för 6% av deras kolbehov ([Goedkoop & Johnsson 1994](#)).

Vitmärlor äts av större bottendjur som skorv samt av fisk, särskilt nors. Nors och siklöja anses främst vara djurplanktonätare men i Lambarfjärden har de visats äta också större småkräftdjur som vitmärlor och pungräkor ([Northcote & Hammar 2006](#)). Det finns dock ingen information om de har möjlighet att helt äta ner bestånden av vitmärlor. Gärs och små lakar har troligtvis möjlighet att äta vitmärlor eftersom de lever på botten. Det finns studier som visar att lakar äter både små och större kräftdjur men det har inte redovisats vilka arter det rör sig om ([Blabolil et al. 2018](#)).

2.4 Samband mellan vitmärlor och inkommande vatten

Det tydligaste sambandet mellan vitmärlor och olika fysikalisk-kemiska variabler i Mälaren är till jonsammansättningen på vattnet, t.ex. konduktivitet och alkalinitet (samt de joner som ingår) samt humushalten i det tillrinnande vattnet (figur 8). Dessa parametrar varierar dels spatialt, med högre halter nära inflödet av stora åar, dels temporalt med tydliga mellanårsskillnader kopplat till inflöde, regn och torka. Som synes, från figur 8 för Södra Björkfjärden, finns det låg täthet av vitmärlor vid mindre brunt vatten (mätt som absorbans vid 420 nm), perioder när alkaliniteten ökar samt perioder när konduktiviteten ökar. I Mälarens fall ökar konduktivitet och alkalinitet under perioder med lite nederbörd och torka (grundvatten med högre saltinnehåll dominerar då i vattendragen) och absorbansen minskar (humusämnen kommer in i mindre mängd och de hinner brytas ner i sjön). Troligtvis har absorbans

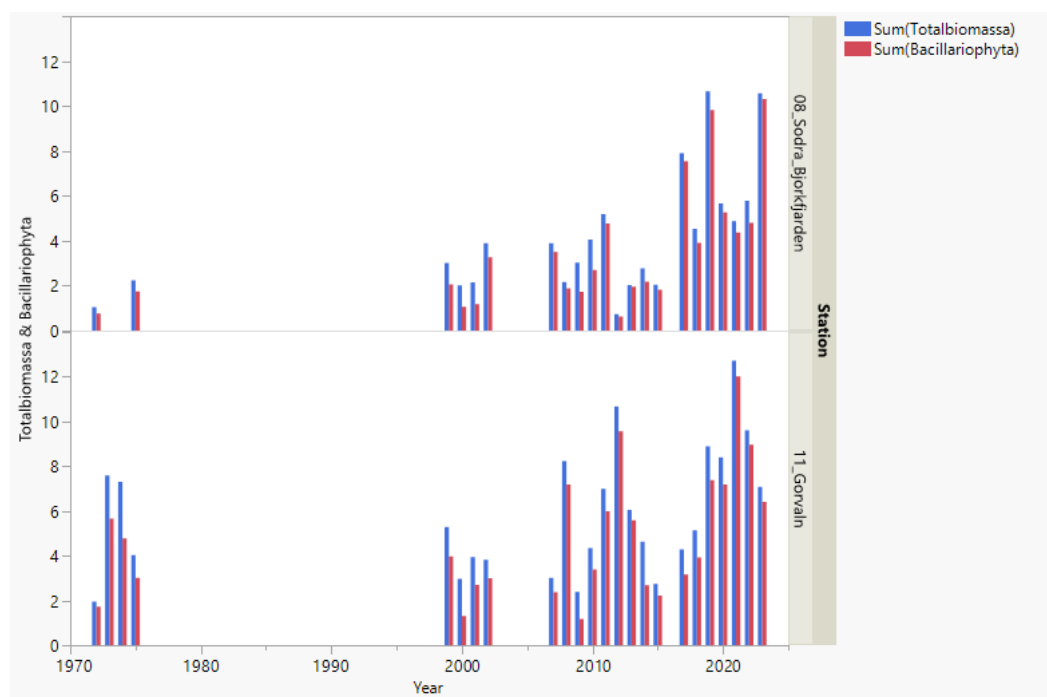
en koppling till att vid högre inkommande mängder av humusämnen har vitmärlorna även tillgång till denna form av organiskt material via associerade heterotrofa bakterier. För konduktivitet och alkalinitet är kopplingen troligen indirekt (dvs. mer kopplat till andra ämnen i det inkommande vatten) eftersom vitmärlor till exempel lever vid mycket högre konduktivitet i Östersjön.



Figur 8. Konduktivitet, alkalinitet och absorbans (humus) i Södra Björkfjärden kopplat till perioder med låga antal av vitmärlor inritat som grå fält.

2.5 Har födokällan kiselalger minskat i Mälaren?

Figur 9 visar växtplankton (totalt) och kiselalger för april och maj när kiselalger oftast uppträder i störst tätheter i Mälaren (under våromblandningen av vattnet). Bara år där båda månaderna provtagits har inkluderats. Biomassan av kiselalger på våren är högst under den sista tioårsperioden i både Södra Björkfjärden och Görväln. Dessa två stationers vitmärlor verkar således inte lida brist på mat i form av kiselalger under våren. Hur det ser ut på hösten, när kiselalger också har relativt stor biomassa under höstomblandningen av vattnet, är svårare att säga då den sista provtagningen i Mälaren sker för tidigt på hösten innan höstomblandningen börjat. Det är också svårt att bedöma hur länge vårbloomingens kiselalger räcker som mat, eller indirekt som lagrade fettreserver för vitmärlorna, samt om ökade mängder av kiselalger på senare år bidrar till ökad syrgastäring i bottenvattnet.



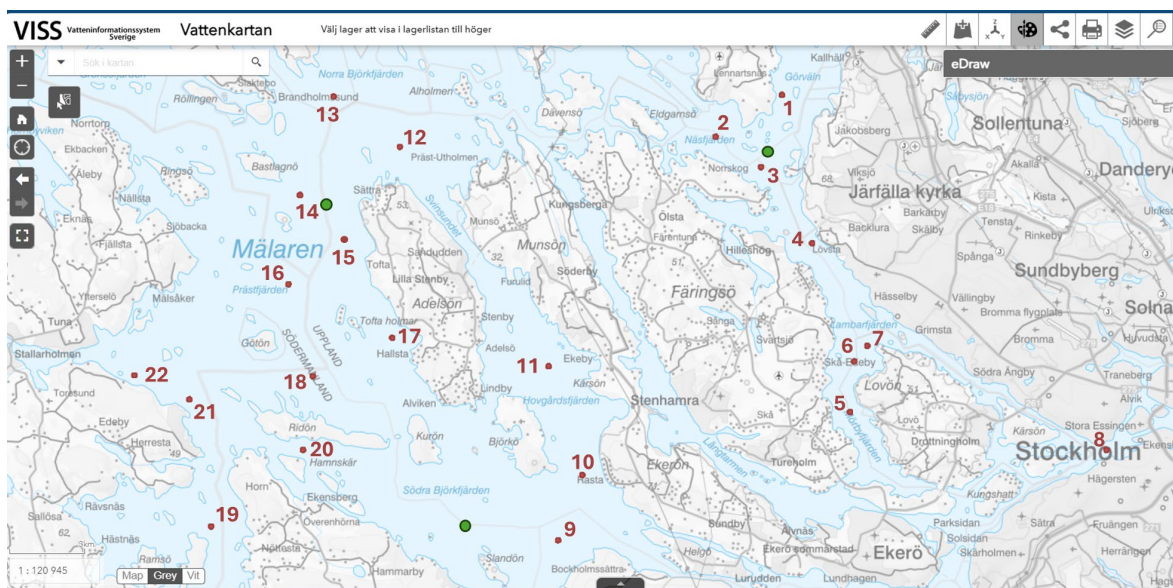
Figur 9. Totalbiovolymen av växtplankton samt endast kiselalger summerat för månaderna april och maj i Södra Björkfjärden och Görväln, Mälaren för år under perioden 1969–2023, endast för de år när båda månaderna provtagits.

2.6 Horisontell migration

Vitmärlor simmar omkring strax över sedimentytan nattetid och lever nedgrävda i bottensedimentet dagtid. På riktigt djupa bottenar är det generellt dåligt med ljus men att simma omkring är riskfyllt pga risken att bli uppäten. Tidiga publikationer beskriver vitmärlan som en viktig fiskföda eftersom den vid vissa tillfällen förekommer i stort antal. De anses vara mest aktiva på hösten. En experimentell studie ([Lindström & Fortelius 2001](#)) gjord på hösten, i temperaturer mellan 3 och 18 grader, visade att djuren simmade fortast (5,5 cm/s) vid 18 grader och långsammast vid 3 grader (3,8 cm/s). Lekmogna hanar gjorde ibland väldigt snabba rusher på 12 cm/s. Fler djur var dock aktiva med simningsbeteende vid 3 graders vattentemperatur (25 %) än 9–18 grader (4 %). Gravida honor slutade simma under senhösten medan hanarna fortsatte att simma. Att hanarna simmar mer tolkas som att de letar efter honor. Simbeteendet har dock främst studerats på hösten så det är svårt att säga något om hur det skiljer mellan könen övriga delar av året. Experimentella studier av horisontell migration visar att vitmärlor simmar mot svaga vattenströmmar på ca 20 cm/min ([Lindström 1991](#)). Horisontell förflyttning ger troligtvis möjlighet att hitta bättre födosöksområden eller miljöbetingelser.

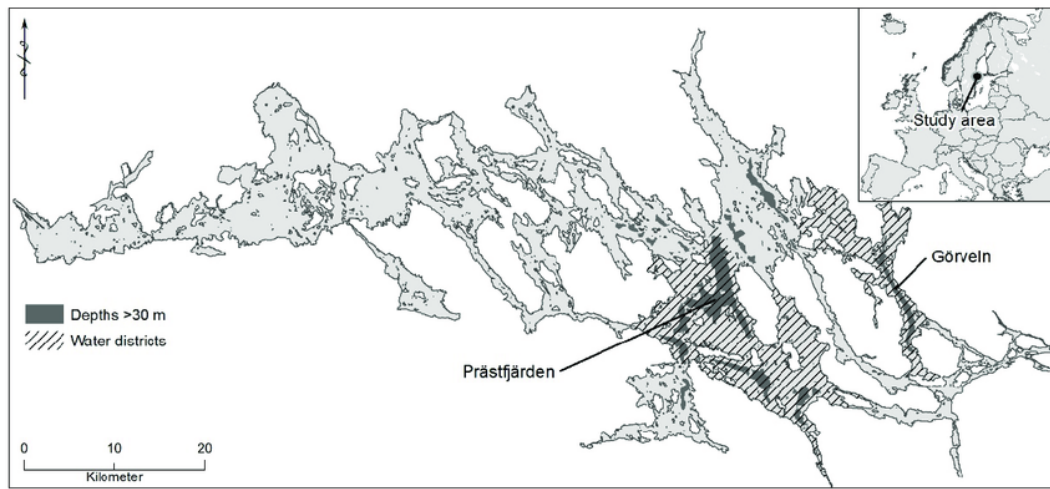
3. Karta över provtagningsplatserna vid den extra provtagningen 2024

Provplatserna valdes i djupa delar av Mälaren som ligger i samma område där det tidigare funnits stora tätheter av vitmålror, dvs. i och i närheten av Görväln och Södra Björkfjärden. Både djuphålor och grundare platser valdes ut, men alltid så att provtagningsplatsen låg under språngskiktet dvs. djupare är 20 meter. Totalt blev det 22 lokaler som besöktes under tre dagar i september 2024 (figur 10). Provpunkterna kan ses på en karta med hjälp av karttjänsten från VISS: <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=1589fd5a099a4e309035beb900d12399&bookmarkid=54013>.



Figur 10. Tjugotvå lokaler för extraprovtagning av bottenfauna september 2024 i rött i sydöstra Mälaren. Ordinarie provplatser för bottenfaunaprovtagning visas i grönt: Görväln, Södra Björkfjärden och Prästfjärden. Prästfjärden är dock endast vattenkemiprovplats.

Det finns ingen enkel djupkarta som visar hur stor del av Mälaren som är djupare än 20 meter men en karta som visar djup större än 30 meter (från Axenrot et al. 2023) demonstrerar att djupa delar, där kallvattensarter som vitmärlor kan trivas, främst återfinns i de östra delarna av Mälaren (figur 11). I figur 11 syns att den stora vattenförekomsten Prästfjärden har flera djupområden separerade av grundområden norr om Ekeröarna, så att det ur ett kallvattensartsperspektiv bör vara svårt att migrera mellan dessa under sommaren utan att hamna i för varmt ytvatten. En ny karta som producerats (Drakare et al. 2025) visar att vitmärlans tidigare utbredning sammanfaller med bottnar som är djupare än 20 meter.



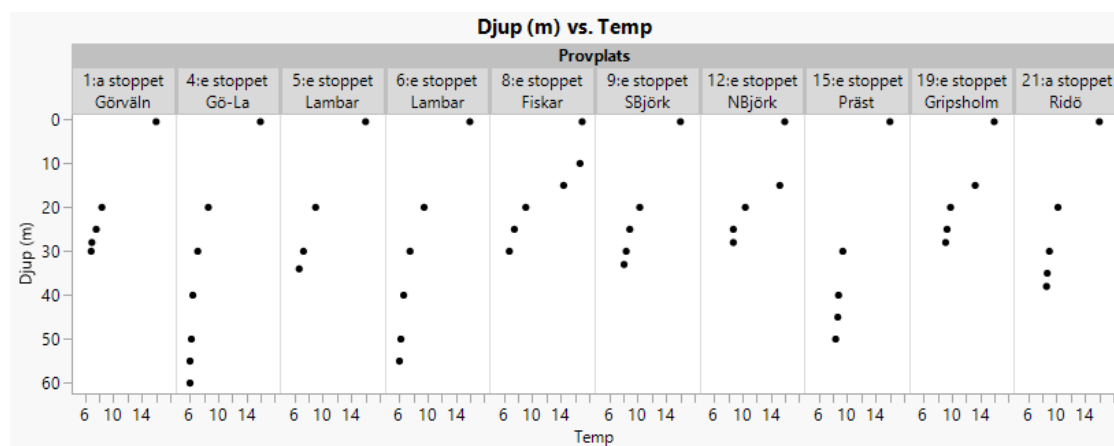
Figur 11. Karta som visar Mälaren och att de djupaste delarna ligger i bassängerna Prästfjärden, Norra Björkfjärden, Södra Björkfjärden, Görveln - Lambarfjärden. Från Axenrot et al. 2023.

4. Resultat

Tjugotvå provplatser besöktes och det totala antalet Ekmanhugg blev 62. Planen var att ta tre prover vid varje plats. Vid två provplatser togs dock bara ett hugg. I Fiskarfjärden visade första hugget svart sediment, inga organismer i sållet och mycket dåliga syrgasförhållanden i hela hypolimnion vilket föranledde att inga fler hugg togs. Vid Norra Björkfjärden på 23 m (lokal 13, figur 10) var botten stenig och bara första hugget av flera försök noterades och det hade småstenar fastkilade i hämtaren så att den ej slog igen på rätt sätt.

4.1 Temperatur

Vid tiden för provtagningen, 23–25 september 2024 hade Mälaren en relativt varm ytvattentemperatur på runt 16 °C och vattnet var temperaturskiktat på ca 10–20 m djup (figur 12). Bottenvattnets temperatur varierade mellan 6 och 9,1 °C med en median på 7,5 °C. De större fjärdarna hade dock varmare bottenvatten 8–9 °C (Björkfjärden, Prästfjärden, Gripsholmsviken och Ridösundet) än de mer långsmala och vindskyddade fjärdarna där bottenvattnets temperatur var 6–7 °C (Görväln, Lambarfjärden och Fiskarfjärden).



Figur 12. Temperaturprofiler för de olika bassänger som besöktes i Mälaren 23–25 september 2024. Djupprofiler togs per bassäng och användes för flera stationer i denna. Fokus var på vatten under temperaturskiktningen (termoklinen) varför mätningar närmare ytan saknas, utom yttemperaturen (0,5 m).

4.2 Syrgas

På samma sätt som för temperaturen var syrgashalterna något lägre, runt 5 mg/l, i de långsmala bassängerna Görväl och Lambarfjärden än i de mer öppna stora fjärdarna tillhörande Prästfjärdens vattenförekomst (tabell 1), som oftast hade halter över 6 mg/l (motsvarande lokal 9–21 i figur 10). Syrgashalten var mycket låg i hela hypolimnion för Fiskarfjärdens provplats som var 35 meter djup (lokal 8). Precis över skiktningen på 10 meter var syrgashalten normal på över 8 mg/l och redan på 15 meter hade den sjunkit till 2 mg/l. Här var också sedimentet helt svart istället för gråbrunt som det var vid alla andra stationer. Norra Björkfjärden som är en isolerad djuphåla hade relativt låg syrgashalt på 3,7 mg/l.

Tabell 1. Temperatur och syrgas i bottennära vatten i Mälaren vid de 22 provplatser som besöktes 23–25 september 2024. Stationen med dåliga syrgasförhållanden är markerad. Vid Fiskarfjärden var syrgashalten låg, 2,21 mg/l redan vid 15 meters djup strax under termoklinen.

Provplatser se även karta figur xx	SWEREF 99 TM - N	SWEREF 99 TM - E	Djup för mätning (m)	Temperatur (C°)	Syrgas (mg/l)
Görväl 1:a lokalen	6592569	655927	30	6,9	4,74
Görväl 2:a lokalen	6590916	653297	30	6,9	4,74
Görväl 3:e lokalen	6589690	655087	30	6,9	4,74
Görväl-Lambar 4:e lokalen	6586683	657125	55	6,0	5,10
Lambar 5:e lokalen	6579998	658619	30	6,7	6,10
Lambar 6:e lokalen	6582007	658820	55	6,0	5,28
Lambar 7:e lokalen	6582691	659308	25	8,5	5,83
Fiskar 8:e lokalen	6578554	668785	30	6,8	0,34
SBjörk 9:e lokalen	6574947	647067	33	8,1	5,55
SBjörk - Hov 10:e lokalen	6577527	648023	30	8,4	6,03
Hov 11:e lokalen	6581842	646690	25	8,9	6,53
NBjörk 12:e lokalen	6590415	640797	28	8,7	3,70
NBjörk 13:e lokalen	6592529	638167	25	8,7	5,55
Präst 14:e lokalen	6588621	636838	30	9,4	6,05
Präst 15:e lokalen	6586844	638532	50	8,4	5,50
Präst 16:e lokalen	6585090	636376	40	8,8	6,38
Präst 17:e lokalen	6582978	640482	50	8,4	5,50
Präst 18:e lokalen	6581441	637340	30	9,4	6,05
Gripsholm 19:e lokalen	6575491	633305	28	9,1	6,11
Ridö 20:e lokalen	6578532	636956	30	9,0	6,17
Ridö 21:a lokalen	6580526	632452	38	8,6	5,91
Ridö 22:a lokalen	6581582	630286	30	9,0	6,17

4.3 Bottenmaterial

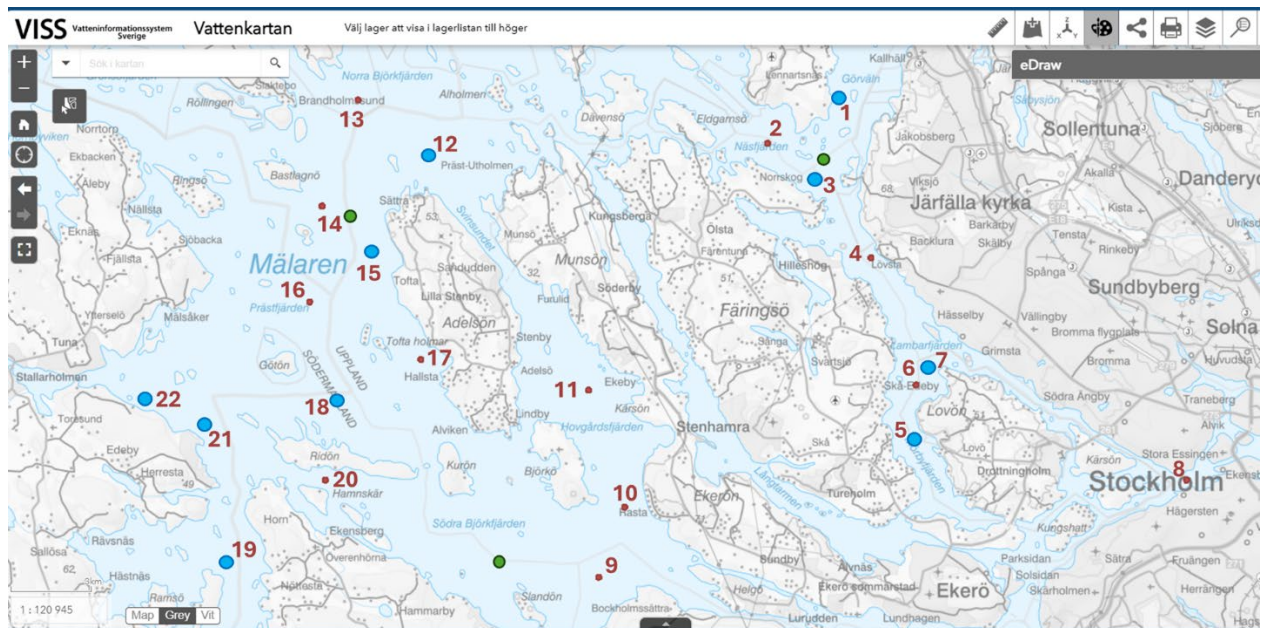
Sedimentet som togs upp var oftast finkornigt. Ibland relativt löst, ofta med växtdelar som löv och kvistar.

4.4 Bottendjuren

Märklkräftorna gick att se direkt vid sållningen av sedimentet i båten (0,5 mm maskvidd) och endast prover med märklkräftor etanolkonserverades och sparades för räkning och artbestämning. Artbestämningen gjordes på laboratoriet under stereolupp för att säkert kunna skilja vitmärlor från taggmärlor. Övriga organismer som fastnade i sållet var fåborstmaskar, fjädermyggor, tofsmyggor, hoppkräftor och ärtmusslor. Totalt hittades 218 vitmärlor och 30 taggmärlor i de 62 proven. Täthetsmässigt innebar detta tätheter på 0 till nästan 300 individer per kvadratmeter för vitmärlorna (Tabell 2), vilket är lågt jämfört med tidigare års abundanser.

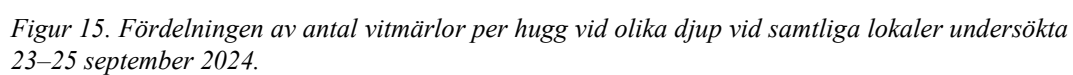
Tabell 2. Täthet av vit- och taggmärlor vid de 22 provplatserna i Mälaren 23–25 september 2024, med provplatskoordinater och provdjup. Tätheten är medelvärde för tre hugg med Ekmanhämtare. Täthet saknas för en plats där botten var för stenig för att få upp djur.

Provplatser	SWEREF 99 TM - N	SWEREF 99 TM - E	Djup för hugg (m)	Vitmärlor (ind/m ²)	Taggmärla (ind/m ²)
Görvåln 1:a lokalen	6592569	655927	31	4,44	0
Görvåln 2:a lokalen	6590916	653297	30	0	4,44
Görvåln 3:e lokalen	6589690	655087	39	4,44	17,8
Görvål-Lambar 4:e lokalen	6586683	657125	61,5	0	8,89
Lambar 5:e lokalen	6579998	658619	30	13,3	35,6
Lambar 6:e lokalen	6582007	658820	58	0	0
Lambar 7:e lokalen	6582691	659308	24	195	8,89
Fiskar 8:e lokalen	6578554	668785	33	0	0
SBJörk 9:e lokalen	6574947	647067	35	0	0
SBJörk - Hov 10:e lokalen	6577527	648023	30	0	0
Hov 11:e lokalen	6581842	646690	25	0	0
NBJörk 12:e lokalen	6590415	640797	30	97,8	40,0
NBJörk 13:e lokalen	6592529	638167	23	-	-
Präst 14:e lokalen	6588621	636838	30	0	0
Präst 15:e lokalen	6586844	638532	53	26,7	0
Präst 16:e lokalen	6585090	636376	39	0	0
Präst 17:e lokalen	6582978	640482	49	0	0
Präst 18:e lokalen	6581441	637340	28	168	0
Gripsholm 19:e lokalen	6575491	633305	30	298	8,89
Ridö 20:e lokalen	6578532	636956	34	0	13,3
Ridö 21:a lokalen	6580526	632452	40	107	4,44
Ridö 22:a lokalen	6581582	630286	29	53,3	0



Figur 14. Tio lokaler där vitmärlor hittades vid extraprovtagningen i september 2024 visas i blått, 11 lokaler utan vitmärlor visas i rött och ordinarie provplatser för provtagning i grönt.

Figur 14 visar lokaler med förekomst av vitmärlor tydliggjorda med blå punkter och visar att den ordinarie provplatsen i Görväln (grön punkt nära lokal 3 på djup 44 m), som saknat vitmärlor vid senaste årens provtagningar, ändå har vitmärlor i låga tätheter i närheten i samma bassäng men på 30–40 meters djup. Likaså finns det vitmärlor i sydvästra delen av den stora vattenförekomsten Prästfjärden (lokal 18–19 och 21–22) som skulle kunna återkolonisera den ordinarie provplatsen vid Södra Björkfjärden (djup 44 m). Lokal 14 (djup 30 m) närmast ordinarie provplats Prästfjärden saknade vitmärlor, men däremot fanns de i närheten vid lokalerna 12 och 15 (djup 23 och 53 m). Vitmärlor saknades i de djupaste proven vid denna undersökning och störst tätheter uppträdde vid omkring 30 meters djup (figur 15).



5. Diskussion och slutsats

Studiens primära syfte var att se om vitmärlor fortfarande finns i Mälaren – och det gör de! Det är mycket positiva nyheter, men förstås bekymmersamt att de inte längre finns i samma tätheter och på samma platser som tidigare.

Syrgashalterna på de djupa provplatserna i Görväln och Södra Björkfjärden har varit relativt låga på senare tid vilket skulle kunna göra att vitmärlorna undviker dessa bottenar. Tidsserieanalyserna visar att vitmärlor indirekt verkar gynnas av högt inflöde av organiskt material från avrinningsområdet och det ska bli intressant att se om det stora inflödet av vatten som skedde under andra halvan av 2023, som mättade marken och ledde till hög absorbans under våren 2023–2024, påverkar vattenkemin i bottenvattnet och om detta gör att vitmärlorna återkoloniserar djupbottenarna. Eller om det ändå är så att sämre syrgasnivåer kopplat till lång period med skiktning på grund av det varmare klimatet gör att de ändå kommer att undvika dessa bottenar samt att reproduktionen sätts ner av hög temperatur på hösten särskilt om de väljer grundare bottenar. Organiskt material kräver syrgas vid nedbrytning så det är inte självklart att sambandet fortsätter att vara tydligt.

Något som inte undersökts i denna studie är om vitmärlorna drabbats av sjukdom och därför minskat i antal. Ogynnsamma förhållanden kan till exempel göra att de skulle kunna bli känsligare för att drabbas. De kan också ha påverkats negativt genom konkurrens med eller sjukdomsspridning från flera nya kräftdjursarter som hittats i Mälaren på senare tid, som märlorna *Dikerogammarus haemobaphes* (mindre rovmärla), *Chelicorophium curvispinum* och *Pontogammarus robustoides* samt pungräkorna *Hemimysis anomala* och *Limnomysis benedeni* (Bjelke 2024). Dessa för Sverige nya arter kommer från det pontokaspiska området kring Svarta och Kaspiska havet och sprids via kanaler väster och norrut med såväl kommersiella fartyg som fritidsbåtar eftersom de kan överleva i fuktiga linor, rep och prång även på båtar som transporteras via bilsläp. Ingen av de nyanlända kräftdjuren är av kallvattentyp och flera av dem lever på grundare vatten än vitmärlan men de kan påverka indirekt samt under den kalla perioden på året direkt när även vitmärlor har möjlighet att vara på grundare vatten.

Vitmärlan är en kallvattensart bland flera i Mälaren och en nyckelorganism som visar oss vilka förhållanden som bör vara målet vad gäller syrgashalter på Mälarens

bottnar samt att det är viktigt att implementera åtgärder som leder oss bort från ett varmare klimat.

Referenser

- Axenrot T., Degerman E. & Asp A. (2023) Seasonal variation in thermal habitat volume for cold-water fish populations. SLU Department of Aquatic Resources. Aqua Reports 2023:7. <https://pub.epsilon.slu.se/30919/1/axenrot-t-et-al-20230509.pdf>
- Blabolil P., Čech M., Jůza T., Kočvara L., Matěna J., Říha M., Vejřík L. & Peterka J. (2018) Condition and feeding behaviour of subadult burbot (*Lota lota*) in riverine and lacustrine environments. *Biologia* 73: 83–91. <https://doi.org/10.2478/s11756-018-0008-7>.
- Drakare S, Wallman K, Djodjic F & Segersten J. Fokus på Mälaren 2024. Sammanfattande resultat från miljöövervakning och forskningsprojekt knutna till samarbetet mellan SLU och Mälarens vattenvårdsförbund. SLU Vatten och miljö, rapport 2025:05. Mälarens vattenvårdsförbund rapport 2025:02.
- Goedkoop W & Johnson J (1994) Exploitation of sediment bacterial carbon by juveniles of the amphipod *Monoporeia affinis*. *Freshwater Biology* 32: 553-563. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb01146.x>
- Goedkoop W. & Johnson R. K. (2001) Factors affecting population fluctuations of the glacial relict amphipod *Monoporeia affinis* (Lindström) in Sweden's largest lakes. *Ambio* 30 (8): 552-558. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-30.8.552>
- Johansson B. (1997) Tolerance of the deposit-feeding Baltic amphipids *Monoporeia affinis* and *Pontoporeia femorata* to oxygen deficiency. *Marine Ecology Progress Series* 151:135-141. <https://www.int-res.com/articles/meps/151/m151p135.pdf>
- Johnson R (1987) The life history, production and food habits of *Pontoporeia affinis* Lindström (Crustacea: Amphipoda) in mesotrophic Lake Erken. *Hydrobiologia* 144: 277-283. <https://doi.org/10.1007/BF00005562>
- Johnson R & Wiederholm T (1992) Pelagic-benthic coupling – The importance of diatom interannual variability for population oscillations of *Monoporeia affinis*. *Limnology and Oceanography* 37(8): 1596-1607.
- Lindström M. (1991) Factors affecting the horizontal migration of the amphipod *Pontoporeia affinis* Lindström. I. Recording method and response to water currents. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 150: 149-162. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(91\)90065-5](https://doi.org/10.1016/0022-0981(91)90065-5)
- Lindström M. & Fortelius W. (2001) Swimming behaviour in *Monoporeia affinis* (Crustacea: Amphipoda) – dependence on temperature and population density. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 256: 73–83. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(00\)00309-9](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(00)00309-9)
- Maximov A. A. (2021) Population dynamics of the glacial relict amphipods in a subarctic lake: role of density-dependent and density-independent factors. *Ecology and Evolution* 11: 15905–15915. <https://doi.org/10.1002/ece3.8260>.

- Maximov A. A., Maximova O. B. & Usov N. V. (2023) Seasonal dynamics of growth and production of *Monoporeia affinis* (Amphipoda: Pontoporeiidae) in a subarctic lake: The role of temperature and trophic conditions. *Inland Water Biology*. 16(5): 912–922.
- Northcote T. G. & Hammar J. (2006) Feeding ecology of *Coregonus albula* and *Osmerus eperlanus* in the limnetic waters of Lake Mälaren, Sweden. *Boreal Environment Research* 11: 229-246.
- Sonesten, L. (2024) Bottendjur i Storvänern 2023. Vänerns vattenvårdsförbund.
https://www.vanern.se/wp-content/uploads/Bottenfauna_Storvanern_2023-1.pdf.
- Sundelin B, Börjesson T, Eriksson-Wiklund A-K & Håkansson E (2003) Vitmälans reproduktion i Väner och Vättern 2002. Naturvårdsverket. Vänerns vattenvårdsförbund rapport 24, Vätternvårdsförbundet rapport 72.
https://vattnet.org/wp-content/uploads/Rapport72_Vitmarlans_reproduktion_i_Vanern_och_Vattnet_2002.pdf