

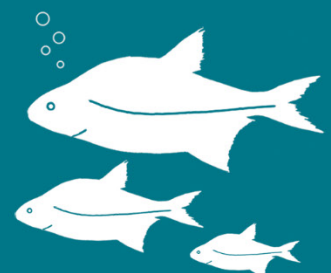
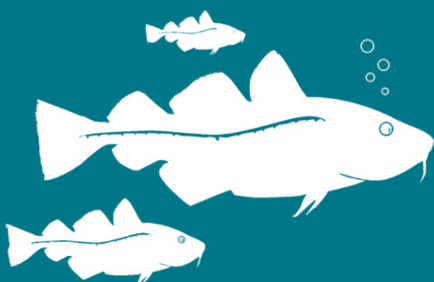


Aqua notes 2025:15

Pelagisk fisk i Mälaren 2024

Björn Rogell, Thomas Axenrot

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för akvatiska resurser



Pelagisk fisk i Mälaren 2024

Pelagic fish in Lake Mälaren 2024

Björn Rogell, <https://orcid.org/0000-0002-5553-2691>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Thomas Axenrot, <https://orcid.org/0000-0002-0647-9759>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Rapportens innehåll har granskats av:

Göran Sundblad, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Alfred Sandström, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär: Havs- och vattenmyndigheten, Dnr **2024-001740**, (SLU-ID: **SLU.aqua.2022.5.4-116**), och Mälarens vattenvårdsförbund.

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från uppdragsgivarens sida.

Rekommenderad citering:	Rogell B, Axenrot, T (2025). Pelagisk fisk i Mälaren 2024. Aqua notes 2025:15. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. https://doi.org/10.54612/a.48joeg8djc
Publikationsansvarig:	Sara Bergek, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Redaktör:	Stefan Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
Utgivningsår:	2025
Utgivningsort:	Uppsala
Illustration framsida:	torsk (t.v.): Fredrik Saarkoppel; braxen (t.h.): SLU
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Aqua notes
Delnummer i serien:	2025:15
ISBN (elektronisk version):	978-91-8124-011-5
DOI:	https://doi.org/10.54612/a.48joeg8djc
Nyckelord:	beståndsanalys, resursövervakning

Sammanfattning

Sötvattenslaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser, SLU, genomförde i september 2024 en hydroakustisk undersökning med pelagisk provtrålning i Mälaren. Fältarbetet ägde rum mellan 16 och 19 september 2024, som en del av de årliga hydroakustiska undersökningarna i Mälaren, Vättern och Vänern. De delområden som undersöktes var Ekoln, Granfjärden, Görvälén och Prästfjärden. Analyserna av 2024 års data omfattade de pelagiska fiskarterna nors, siklöja och gös, uppdelade i åldersklasserna årsyngel (0+) samt ettåriga och äldre individer (>0+), samt braxen och storspigg. Övriga arter fångades inte i tillräckligt antal för att möjliggöra analys.

För att dra slutsatser om beståndens utveckling avseende rekrytering och beståndsstorlek, samt förändringar i fiskarnas längd, genomfördes två typer av analyser: Korttidstrender analyserades genom att jämföra medelvärden för fisktäthet under de två senaste åren (2023 och 2024) med medelvärdet för de fem föregående åren (2018–2022). Långtidstrender (sedan 2012) analyserades med hjälp av linjär regression, där antalet fiskar förklarades av årtal. Utöver analyserna av fiskantal presenteras även utvecklingen över tid för storleksindex, ålder och kondition, samt för total biomassa och antal fiskar uppdelat i storleksklasser. Resultaten var:

- På kort sikt har antalet fiskar under 17 cm ökat i Görvälén, medan antalet större fiskar har minskat i Prästfjärden. I Prästfjärden och Ekoln fanns icke statistiskt säkerställda indikationer på att den totala biomassan per hektar har minskat. Under samma period har braxen minskat i samtliga delområden utom Granfjärden, och storspigg har minskat i Görvälén och Prästfjärden. Även siklöjan visar minskning i Prästfjärden. I Granfjärden finns tendenser till ökning av antalet vuxna individer av både nors och gös, och i Görvälén ökar både antalet vuxna och antalet årsungar av nors.
- På längre sikt (sedan 2012) har antalet fiskar per hektar i storleksintervallet 4–8 cm har ökat i Ekoln, och antalet fiskar i storleksintervallet 8–17 cm har ökat i Görvälén. Uppdelat på arter har antalet vuxen nors i Görvälén ökat kontinuerligt sedan 2012, medan det finns en icke statistiskt säkerställd tendens till att antalet vuxen gös har minskat i Prästfjärden.
- Vuxen gös medianlängd har ökat i östra Mälaren (Görvälén och Prästfjärden) och längden hos de största individerna har ökat både i östra Mälaren och i Granfjärden. För årsungar av gös verkar tillväxten ha ökat i Granfjärden. Längden hos vuxen nors har minskat i Ekoln, medan längden hos årsungar av nors har ökat både i Ekoln och i östra Mälaren. Även årsungar av siklöja har ökat i längd i östra Mälaren. Däremot har konditionen hos vuxen siklöja försämrats i östra Mälaren.

Summary

The Institute of Freshwater Research at the Department of Aquatic Resources, SLU, conducted a hydroacoustic survey with pelagic trawling in Lake Mälaren in September 2024. Fieldwork took place between September 16 and 19, 2024, as part of the annual hydroacoustic surveys carried out in lakes Mälaren, Vättern, and Vänern. The areas surveyed in Mälaren were Ekoln, Granfjärden, Görvälén, and Prästfjärden. The 2024 data analyses focused on the pelagic fish species smelt (nors) and vendace (siklöja), divided into age classes: young-of-the-year (0+) and yearling-and-older individuals (>0+), as well as pikeperch, young-of-the-year pikeperch, bream, and three-spined

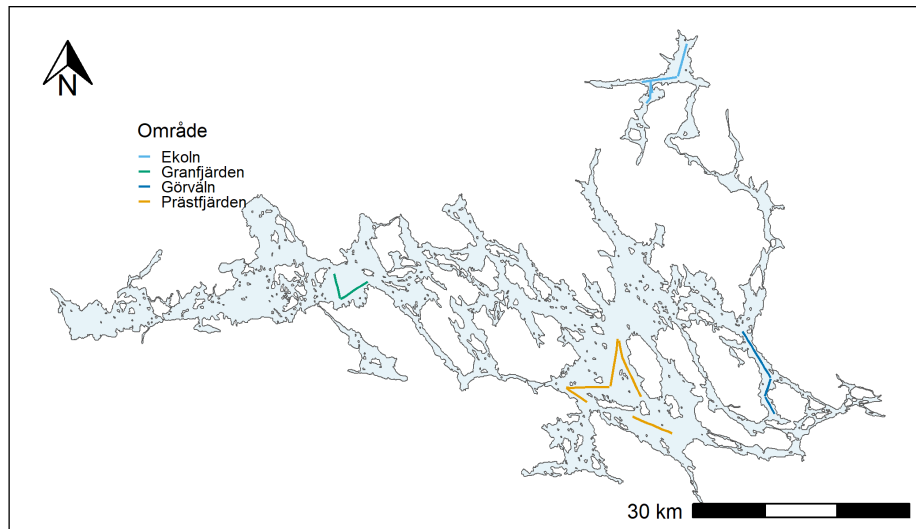
stickleback. Other species were not caught in sufficient numbers to allow analysis. To assess the development of fish stocks in terms of recruitment, abundance, and changes in fish length, two types of analyses were carried out: Short-term trends were evaluated by comparing the mean fish densities from the last two years (2023 and 2024) with the average of the five preceding years (2018–2022). Long-term trends (since 2012) were analyzed using linear regression, where fish abundance was explained by year. In addition to abundance, the development over time using indices of size, age, and condition was presented, as well as total biomass and the number of fish divided into size classes. The results were:

- In the short term, the number of fish under 17 cm increased in Görväln, while the number of larger fish decreased in Prästfjärden. In Prästfjärden and Ekoln, there were non-significant trends indicating a decrease in total biomass per hectare. During the same period, bream decreased in all areas except Granfjärden, and stickleback declined in Görväln and Prästfjärden. Vendace also showed a decline in Prästfjärden. In Granfjärden, there were tendencies toward increases in the number of adult smelt and adult pikeperch. In Görväln, both adult smelt and young-of-the-year smelt increased.
- Over the longer term (since 2012) the number of fish per hectare in the 4–8 cm size range showed a trend to increase in Ekoln, as well as fish in the 8–17 cm range in Görväln. At the species level, adult smelt in Görväln have steadily increased since 2012, while pikeperch show a declining trend in Prästfjärden.
- Adult pikeperch length has increased in eastern Mälaren (Görväln and Prästfjärden) and the length of the largest individuals have increased in both eastern Mälaren and Granfjärden. Growth in young-of-the-year pikeperch appear to have increased in Granfjärden. The length of adult smelt has decreased in Ekoln, while the length of smelt young-of-the-year has increased in both Ekoln and eastern Mälaren. Vendace young-of-the-year have also increased in length in eastern Mälaren. However, the condition of adult vendace has declined in eastern Mälaren.

Innehållsförteckning

1. Metod.....	6
1.1 Övervakningsmetod	6
1.2 Statistisk analys	7
1.3 Miljöförhållanden	10
2. Resultat	12
2.1 Övergripande resultat	12
2.2 Artspecifika resultat.....	17
2.2.1 Nors	21
2.2.2 Siklöja	24
2.2.3 Övriga arter	26
Referenser.....	32
Tack	33

1. Metod



Figur 1. Karta över de hydroakustiska transekter som ingår i SLU:s årliga undersökningar i Mälaren.

1.1 Övervakningsmetod

De pelagiska fiskbestånden i Mälaren övervakas årligen genom ekolodning i kombination med pelagisk provtrålning. Övervakningen finansieras av Havs- och vattenmyndigheten samt Mälarens vattenvårdsförbund, och utgör även en del av det nationella miljöövervakningsprogrammet för sötvatten (delprogram Stora sjöar). Undersökningarna i Mälaren inleddes 1993. Under denna period har både hårdvara, mjukvara och analysteknik utvecklats avsevärt. För att undvika metodrelaterade avvikelser i tidsserierna presenteras i denna rapport enbart resultat från hydroakustiska data för perioden 2012–2024, där samtliga steg i metodiken har standardiserats. Undersökningarna genomförs med vetenskapliga ekolod som nattetid (i mörker) samlar in hydroakustiska data längs transekter i fyra utvalda områden i Mälaren (Figur 1). Sedan 2006 används ett 120 kHz-ekolod, vilket 2011 kompletterades med ett 38 kHz-ekolod (Simrad EK60/80 med givare ES120 7C och ES38B). Sedan 2020 mäts även temperatur och syrehalt med en temperatursond (Rinko ASTD-102 profiler; JFE Advantech Co., Ltd.).

Utöver hydroakustiska data finns tråldata från åren 1993–2024 (dock ej för 2006–2007 då det saknades finansiering dessa år). Trålningen ger information om art- och storlekssammansättning i de undersökta delområdena. Provtrålningarna genomförs i anslutning till ekolodningen och syftar till att fånga de vanligast förekommande pelagiska fiskarterna. Större fiskar med god simförmåga kan undkomma trålen, vilket innebär att dessa kan bli underrepresenterade och därmed ge en sämre precision i skattningen av deras bestånd. Sedan 2008 har forskningsfartyget U/F Asterix använts vid undersökningarna. Den kontinuerliga utvecklingen av tolkningen av hydroakustiska data har skett i samarbete med forskare i Europa, Nordamerika och inom Internationella havsforskningsrådet (Ices), samt inom ramen för olika forskningsprojekt. Undersökningarna följer den europeiska standarden för beståndsskattning av fisk i sötvatten med hjälp av ekolodning (CEN, 2014).

Fältundersökningarna genomförs under sensommaren eller tidig höst. Denna tidpunkt är vald för att även kunna registrera årsyngel, det vill säga den årliga rekryteringen. Hydroakustiska data har extraherats som antal fiskar per hektar med mjukvaran Sonar5 (Balk & Lindem, 2004). Ekoloden var kalibrerad enligt Foote et al. (1987) samt tillverkarens rekommendationer (Simrad A/S). Ekon extraherades i 35 klasser av ekostyrka, indelade i 1 dB-intervall från –60 dB till –25 dB, vilket möjliggör en uppskattning av storleken på de detekterade fiskarna (motsvarande 15–1000 mm; Love, 1971; CEN, 2014). Akustiska detektioner närmare än 50 cm från botten exkluderades för att undvika störningar från bottenekon. På grund av ekolodsgivarens placering (bottenmonterad) och dess tekniska närgräns registreras inte vattenvolumen från ytan ned till 5 meters djup. Djupet på tråldragen varierade beroende på språngskiktets och det maximala vattendjupets läge i respektive område, och var följande: Ekoln 5, 15 och 22 m, Granfjärden 5, 10 och 18 m, Görväln 5, 15 och 27 m och Prästfjärden 5, 17 och 28 m. Djupangivelserna avser överteln och trålen öppnar sig ca 5 m vertikalt och 12 m horisontellt.

1.2 Statistisk analys

Transekterna i respektive område delades in i deltransekter om cirka 500–1000 meter för att erhålla statistiskt oberoende replikat. Variationer i deltransekternas längd beror på skillnader i de ursprungliga transekternas längder. Deltransekterna delades in i 5-meters djuplager för att möjliggöra analys av fiskarnas fördelning över djup och avstånd till botten. Deltransekter med exceptionellt höga fisktätheter (dvs. deltransekter där fisktätheten översteg medelvärdet med mer än tre standardavvikelser, vilket motsvarar cirka 0,3 % av datamängden) exkluderades från analysen, då de inte ansågs representativa för medelfisktätheterna i sjön. För att tillskriva detekterade ekon artidentitet användes en metod baserad på

klassificeringsträd, där variabler som är möjliga att skatta från både tråldata och hydroakustiska data utnyttjades, dvs. fiskens storlek (ekostyrka), position och djup. Tillskrivningen av art skedde genom att först träna ett klassificeringsträd på tråldata, där sannolikheten för att en enskild fisk tillhör en specifik art modellerades som beroende av fisklängd, djup, avstånd till botten, delområde, fångstår (som diskret variabel) samt position relativt språngskiktet (binärt: över eller under). Det framtagna klassificeringsträdet användes sedan för att tillskriva artidentitet till samtliga detektioner i varje djuplager och deltransekt i hydroakustiska data. I de fall där språngskikt inte kunde detekteras klassades fisken som under språngskiktet, då fokusarterna nors och siklöja båda är kallvattenarter. För arterna nors, gös och siklöja, där rekrytering (täthet av årsyngel, 0+) skattades, användes ålders- och längddata. För år med åldersbestämda stickprov användes en ålders-längdnyckel för att uppskatta åldrar på individer som inte åldersbestämts. För år utan åldersbestämning predikterades årsyngel (0+) och äldre individer (>0+) med en modell där åldersklass (0+ respektive >0+) var binär responsvariabel och längd förklarande variabel. Andra variabler såsom område, år och deras interaktion bidrog inte till att förbättra modellens förklaringsgrad och inkluderades därför inte. Arter som var representerade med mindre än 50 individer av de totala trålfångsterna 2012 - 2024 filterades bort före analys. Årsyngel av siklöja och gös var i samma storleksklass som flertalet av ettårig och äldre nors (>0+) vilka är numerärt betydligt mer frekventa. Detta ledde till att klassificeringen av årsyngel av gös och siklöja i hydroakustiska data blev osäker. För årsyngel av siklöja baseras därför skattningen på enbart trålfångster i stället för hydroakustiska data.

Vid skattning av lutningen i regressionsanalys mellan biomassa per storleksklass och de 35 storleksklasserna användes inte artklassificerade data, eftersom många arter förekommer i flera av de storleksklasser som extraherades. Biomassan per storleksklass skattades istället som produkten av antalet fiskar och vikten för en genomsnittlig fisk i respektive storleksklass. Vikten för en enskild fisk skattades via en generell allometrisk modell där vikt förklarades av längd och art. Eftersom längd förklarade mer än 95 % av variationen i vikt, var den artspecifika viktfordelningen av mindre betydelse för den sammanlagda biomassan per storleksklass. Total biomassa beräknades därefter som summan av biomassan för de olika arterna. Individuell kondition beräknades som det allometriska konditionsindexet, dvs. kvoten mellan fiskens uppmätta vikt och vikten predikterad utifrån längd (Ricker 1975).

Förändringar över tid analyserades på två sätt: (i) genom att studera korttidstrender och (ii) genom att undersöka långtidstrender. Analysen av det korttidstrender gjordes genom att jämföra medelvärdet för de två senaste åren (2023–2024) med medelvärdet för de fem föregående åren (2018–2022, Tabell 1 och Tabell 3). I modellerna inkluderades år som diskret slumpmässig variabel. Arter med

medelvärden på noll under någon av perioderna exkluderades från analysen på grund av otillräcklig datakvalitet. Långtidstrender undersöktes genom regressionsanalyser där medelantalet fiskar förklarades av den kontinuerliga variabeln år.

För att analysera förändringar i storleks-, konditions- och åldersfördelning användes kvantilbaserade indikatorer: Q10 (10 %-kvantil), Q50 (median) och Q90 (90 %-kvantil). Varje indikator testades för linjära trender över år genom regressionsanalyser. Trålfångsterna var ofta allt för låga för att kunna analysera kvantiler, och för att få ett större stickprov behandlades Görväln och Prästfjärden därför som en enhet ("Östra Mälaren"). Dessa vattenförekomster angränsar till varandra och är miljömässigt mer lika varandra än Ekoln och Granfjärden (Figur 1-3). Resultaten presenteras i Tabell 5 och i Tabell 6 men enbart i figurer om signifikanta samband påvisades.

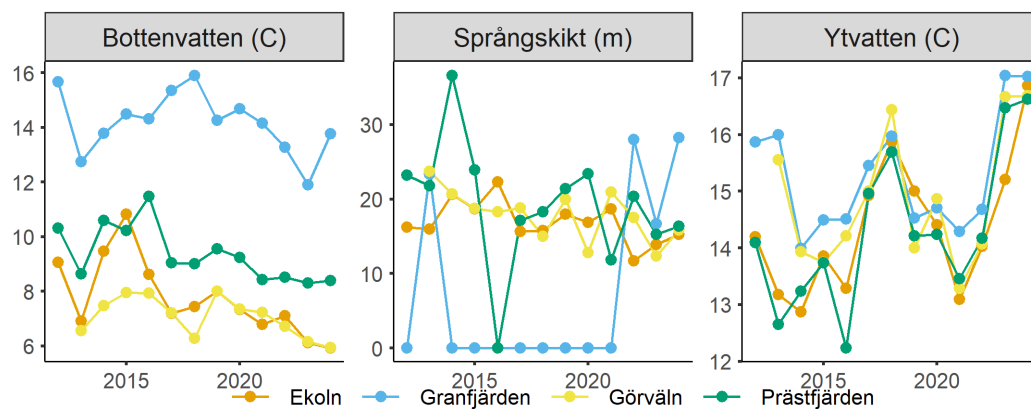
För att hantera mätfel och avvikelser från normalfördelning för både långtidstrender i abundans och i analyser av kvantiler användes bootstrapping med 999 pseudoreplikater på två nivåer, mellan och inom år på två nivåer (individ- respektive årsnivå; Tabell 2 och Tabell 4). Signifikans testades genom att jämföra om de bootstrappade konfidensintervallen överlappade noll.

Utöver hydroakustiska data på antal per hektar, finns även tråldata för åren 1993 - 2024. Provfisketrålningarna har inte varit helt standardiserade över tid, framför allt vad gäller trålade djup. Analys av dessa data kräver därför statistisk modellering med kontroll för djup. För vissa arter med tillräckligt många fångster kunde en standardiserad analys göras med linjära modeller med negativ binomialfördelning för att uppskatta antal individer per trålad kilometer. Modellerna inkluderade år som faktoriell variabel och djup som faktoriell variabel med strata baserade på artspecifika fångstdjup där cirka 50 % av fångsterna sker (justerat för ansträngning), samt djupare eller grundare strata. Den trålade distansen varierade ibland mellan tråldrag och modellerades därför som en offset-variabel, vilket antog ett proportionellt förhållande mellan trålad distans och antal fångade individer. Dessa modellbaserade analyser genererar ett beståndsindex (antal fångade individer per trålad kilometer) för de djup där arten förekom. Antalet tråldrag per år och djup är relativt lågt givet mängden data som krävs av dessa modeller och modellerna gav därför ej tillförlitliga resultat för yngre gös och siklöja (0+, som inte kan skattas som antal per hektar, se ovan). För dessa presenteras i stället medelantalet fångade individer per km, och eftersom dessa medelvärden inte kontrollerar för tråldjup kan eventuella avvikelser bero på metodskillnader.

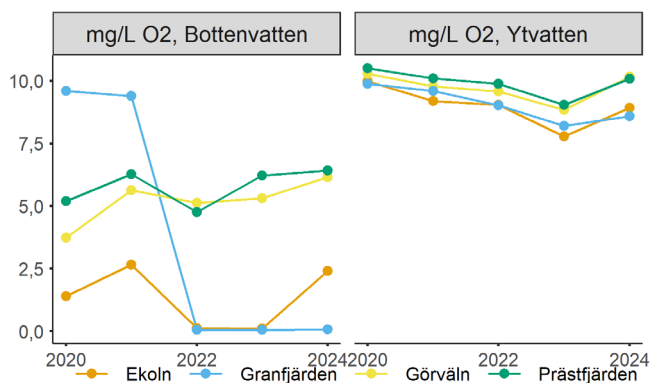
Slutligen skattades dödlighet för ettårig och äldre siklöja enligt ansatsen i Millar (2015), där dödligheten skattas som lutningen av en poissonfördelad regression där

antalet fångade individer förklaras av ålder, där kohort och år är inkluderade som diskreta slumpmässiga variabler. Årsungar uteslöts ur analysen då dessa visade på en större variation mellan år än andra åldersklasser. Modellerna passades med en Bayesiansk modell implementerad i R-paketet MCMCglmm (Hadfield 2010). Analysen utfördes enbart på de längddata där det var möjligt att tillämpa en åldersnyckel. Eftersom analyserna inte konvergerade presenteras dom inte.

1.3 Miljöförhållanden



Figur 2. Temperatur i yt- och bottenvatten (°C), samt språngskiktets djup (meter) för de fyra undersökta områdena 2012-2024. När språngskiktet var så otydligt att det inte kunde detekteras, anges det som 0 i grafen.

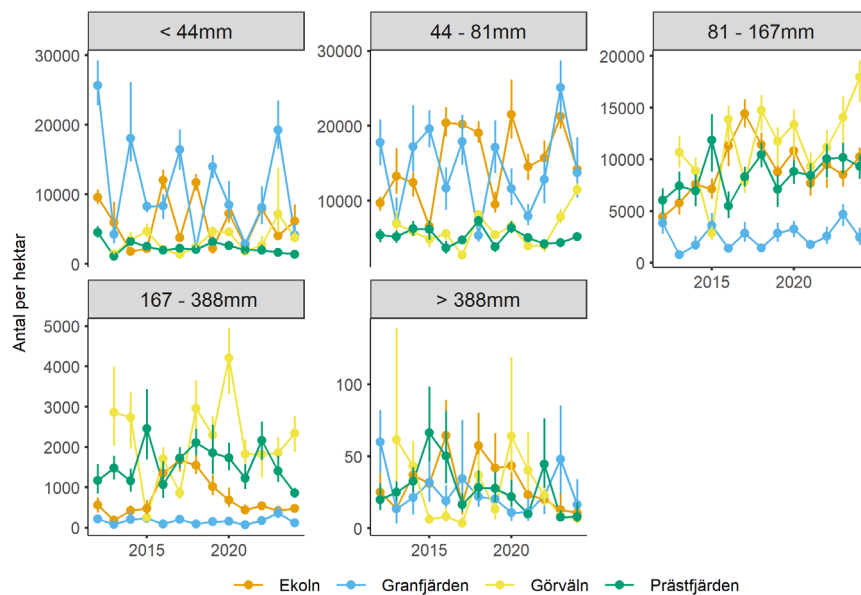


Figur 3. Syrehalt i yt- och bottenvatten (mg/L), för de fyra undersökta områdena i Mälaren 2020-2024.

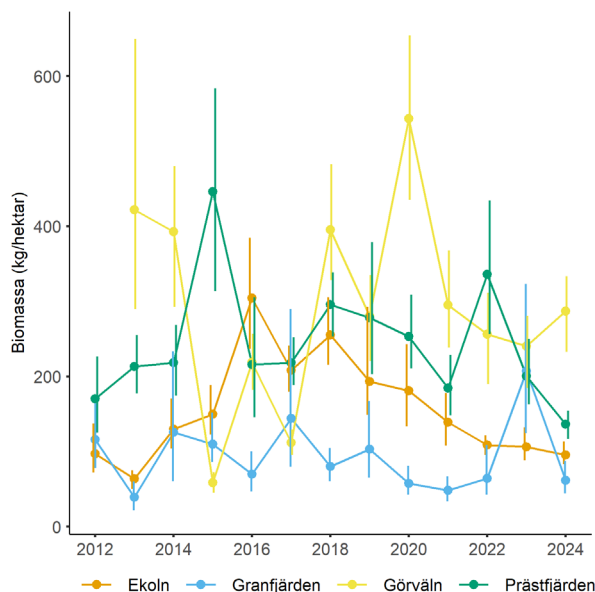
De undersökta områdena i Mälaren skiljer sig åt i sina djupförhållanden. De undersökta områdena i Ekoln har ett maxdjup på 37 meter och ett medeldjup på 30 meter, Granfjärden har ett maxdjup på 33 meter och ett medeldjup på 20 meter, Görväln har ett maxdjup på 55 meter och ett medeldjup på 44 meter, och Prästfjärden är djupast med ett maxdjup på 58 meter och ett medeldjup på 40 meter. Under 2024 var ytvattentemperaturerna bland de högsta som uppmätts i tidsserien, medan temperaturerna i bottenvattnet inte avvek nämnvärt från tidigare år (Figur 2). Språngskiktets djup låg på en nivå som motsvarar det normala (Figur 2). De varierande djupförhållandena mellan områdena medför skillnader i limniska miljöförhållanden. Granfjärden, som är den grundaste av de undersökta fjärdarna, uppvisar sällan en tydligt etablerad temperatursprångskiktning under den period då undersökningarna genomförts. I Granfjärden är vattnet under det eventuella språngskiktet ofta i stort sett syrefritt (Figur 3), vilket kan innebära att stora delar av vattenvolymen blir syrefria när språngskiktet ligger grunt, såsom under 2023. Detta begränsar fiskens möjlighet att uppehålla sig i Granfjärden, i synnerhet för kallvattenarter som behöver vistas under språngskiktet. Det bör noteras att temperaturdata normalt samlas in vid en mätpunkt per delområde i samband med undersökningen, och att bottendjup vid respektive mättillfälle kan variera något mellan åren. De mätningar som Institutionen för mark, vatten och miljö (SLU) genomför i Västra Mälaren visar tydligt att syrebrist regelbundet förekommer i samband med att ett språngskikt detekteras. I övrigt är syreförhållandena goda i ytvattnet och acceptabla i bottenvattnet i Prästfjärden och Görväln. I Ekoln är syreförhållande relativt dåliga i bottenvattnet.

2. Resultat

2.1 Övergripande resultat



Figur 4. Antal fiskar (oavsett art) per hektar och år (2012 - 2024) för fem olika storleksklasser, <44 mm, 44 - 81 mm, 81 - 167 mm, 167 - 388 mm och >388 mm (omräknade från ekostyrka, dB; CEN 2014). Värdena är medelvärden och spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.



Figur 5. Biomassa (kg) per hektar och år (2012 - 2024). Värdena är medelvärden och spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.

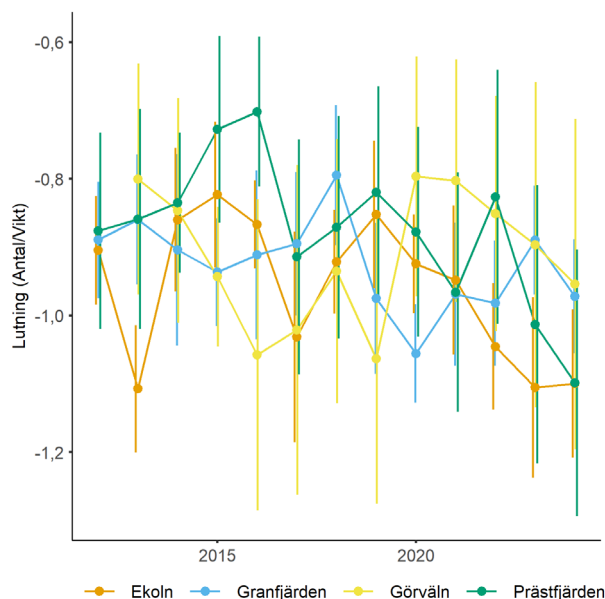
Under trålningarna fångades totalt 45 000 fiskar av 8 olika arter (storspigg *Gasterosteus aculeatus*, gers *Gymnocephalus cernuus*, benlöja *Alburnus alburnus*, björkna *Blicca bjoerkna*, braxen *Abramis brama*, nors *Osmerus eperlanus*, siklöja *Coregonus albula* och gös *Sander lucioperca*). När medelvärdet för åren 2023 och 2024 jämfördes med medelvärdet för de föregående fem åren (2018–2022, Figur 4), framkom att antalet fiskar per hektar hade ökat i Görväl för de storleksklasser som är mindre än 167 mm (Figur 4 och Tabell 1). Bland dessa var ökningen i storleksklassen 44–81 mm statistiskt säkerställd, medan ökningarna i storleksklasserna <44 mm respektive 81–167 mm utgjorde icke statistiskt säkerställda trender ($0,05 < p < 0,1$; Figur 4 och Tabell 1). Under samma tidsperiod hade antalet fiskar i den minsta samt de två största storleksklasserna minskat i Prästfjärden. Minskningarna i storleksklasserna <44 mm (den minsta) och 167–388 mm (den näst största) var statistiskt säkerställda, medan minskningen i storleksklassen >388 mm (den största) utgjorde en icke statistiskt säkerställd trend (Figur 4 och Tabell 1).

I både Prästfjärden och Ekoln finns icke statistiskt säkerställda indikationer på att den totala biomassan per hektar har minskat (Figur 4, Figur 5 och Tabell 1). Biomassan per hektar är starkt kopplad till förekomsten av större fiskar, såsom braxen, gös och siklöja. I Prästfjärden är det sannolikt att biomassan minskat som en följd av de tidigare påvisade minskningarna i antalet stora fiskar (Figur 4 och Tabell 1). En liknande utveckling förefaller sannolik även i Ekoln. Även om statistiskt säkerställda minskningar inte kunde påvisas där, indikerar resultaten att

antalet stora fiskar i storleksklasserna 167–388 mm och >388 mm har minskat mellan åren 2018 och 2021 (Figur 4 och Tabell 1). Det är möjligt att dessa minskningar inte sammanfaller med den valda testperioden, eller att de inte fångas av de tester som syftar till att identifiera kontinuerliga förändringar över tid. Därför kan vi inte påvisa några statistiskt säkerställda minskningar i dessa storleksintervall.

För Granfjärden är det värt att notera att 2023 faller inom vår definierade testperiod för korttidstrender. Detta år noterades ett ökat antal ekon och en högre biomassa (Figur 4 och Figur 5), vilket sannolikt berodde på att språngskiktet var grundare än vanligt och den syrebrist som detekterades i bottenvattnet påverkade därmed en större vattenvolym. Området under språngskiktet där syrebrist kunde uppmätas var tomt på fiskekon, och dessa förhållanden var ovanligt omfattande 2023 vilket sannolikt påverkat fiskarnas djupfördelning och rörelsemönster (Kraus 2015), vilket i sin tur kan ha lett till en koncentration av fisk och att ett ökat antal ekon detekterades i vår studie. Vår testperiod (2023 och 2024) har därför sannolikt ett högre värde än vad som kan förväntas i normalfallet.

På längre sikt (sedan 2012) finns två icke statistiskt säkerställda trender: en ökning av antalet fiskar per hektar i storleksintervallet 44–81 mm i Ekoln, samt en ökning av antalet fiskar i storleksintervallet 81–167 mm i Görväln (Figur 4 och Tabell 2).



Figur 6. Förhållandet mellan antalet stora och små fiskar. Punkterna representerar lutningen från en linjär regression där logaritmen av antalet förklaras av logaritmen av storleksklass (biomassa i gram) per år (2012 - 2024). Ju högre värde (dvs. närmare noll) desto flackare blir lutningen, vilket indikerar ett relativt mindre antal små fiskar eller ett relativt större antal stora fiskar. Spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.

Förhållandet mellan antalet stora och små fiskar kvantifieras genom lutningen på en logaritmerad (ln) regression mellan antalet fiskar per storleksklass och biomassan för respektive storleksklass (Figur 6). En lägre lutning, det vill säga ett värde närmare noll, indikerar en större andel potentiella rovfiskar i förhållande till potentiella bytesfiskar. I Mälaren är lutningen lägre än i både Vänern och Vättern, vilket tyder på att andelen stora fiskar är större i Mälaren jämfört med dessa två sjöar. Detta skulle kunna tolkas som att en större andel av fiskbeståndet i Mälaren utgörs av rovfisk. En alternativ förklaring är att Mälaren hyser en högre andel stora fiskar som inte är funktionella predatorer, exempelvis braxen, vilket också kan påverka lutningen i denna riktning.

Tabell 1. Analys av förändringar på kortare tid i abundans för olika storleksklasser samt total biomassa i de områden vi undersöker. M.p representerar medelvärde per hektar för de senaste två åren (2023 - 2024, studieperiod), medan M.r är motsvarande medelvärde för de föregående fem åren (2018 - 2022, referensperiod). Storleksklasserna anges i antal per hektar, och biomassan anges i kilogram (kg). Förändringen i procent beräknas enligt formeln: (studieperiod – referensperiod) / referensperiod. Negativa värden indikerar en minskning i procent, medan positiva värden indikerar en ökning i procent. Skillnaden i medelvärden testades med en F-fördelning, och det resulterande P-värdet visas. Kolumnen Förändring anger riktningen på förändringen i antal/biomassa. Signifikanta förändringar ($p < 0,05$) visas med ett + eller -, medan marginellt icke-signifikanta förändringar ($p < 0,1$) visas med (+) eller (-). Rader utan värde innebär att ingen signifikant förändring kunnat påvisas.

Område	Enhet	M.p	M.r	Förändring %	F	P-värde	Förändring
Ekoln	< 44 mm	5081	5895	-14	0,1	0,784	
Ekoln	44 - 81 mm	17697	16773	6	0,1	0,812	
Ekoln	81 - 167 mm	9418	10491	-10	0,3	0,589	
Ekoln	167 - 388 mm	449	999	-55	1,9	0,221	
Ekoln	> 388 mm	12	34	-65	2,8	0,142	
Granfjärden	< 44 mm	11676	8694	34	0,3	0,611	
Granfjärden	44 - 81 mm	19413	12129	60	2,5	0,165	
Granfjärden	81 - 167 mm	3555	2452	45	2,1	0,193	
Granfjärden	167 - 388 mm	239	143	67	2,1	0,196	
Granfjärden	> 388 mm	31	21	48	1,2	0,313	
Görvål	< 44 mm	5426	2858	90	3,8	0,099	(+)
Görvål	44 - 81 mm	9681	5183	87	6,9	0,039	+
Görvål	81 - 167 mm	16062	11323	42	4,8	0,072	(+)
Görvål	167 - 388 mm	2102	2318	-9	0,1	0,812	
Görvål	> 388 mm	8	30	-73	1,9	0,218	
Prästfjärden	< 44 mm	1509	2314	-35	6,6	0,045	-
Prästfjärden	44 - 81 mm	4822	5315	-9	0,2	0,641	
Prästfjärden	81 - 167 mm	9735	8965	9	0,8	0,416	
Prästfjärden	167 - 388 mm	1121	1807	-38	6,4	0,049	-
Prästfjärden	> 388 mm	8	24	-67	4	0,097	(-)
Ekoln	Biomassa (kg)	100	185	-46	4,5	0,076	(-)
Granfjärden	Biomassa (kg)	132	85	55	1,2	0,311	
Görvål	Biomassa (kg)	264	312	-15	0,2	0,67	
Prästfjärden	Biomassa (kg)	167	260	-36	4,9	0,072	(-)

Tabell 2. Analys av kontinuerliga förändringar av abundans 2012 - 2024 för olika storleksklasser samt total biomassa i de områden vi undersöker. Beta representerar regressionskoefficienten för regressionen av abundans per hektar av de olika storleksklasserna, och biomassa per hektar, mot år. Nedre och Övre är det nedre och övre 95 %-iga konfidensintervallet för beta. Storleksklasserna anges i antal per hektar, och biomassan anges i kilogram (kg). Kolumnen Förändring anger riktningen på förändringen i antal/biomassa. Signifikanta förändringar ($p < 0,05$) visas med ett + eller -, medan marginellt icke-signifikanta förändringar ($p < 0,1$) visas med (+) eller (-). Rader utan värde innebär att ingen signifikant förändring kunnat påvisas.

Område	Enhet	Beta	Nedre	Övre	Förändring
Ekoln	< 44 mm	-86	-522	442,1	
Ekoln	44 - 81 mm	523,7	-98,3	1160,9	(+)
Ekoln	81 - 167 mm	281,1	-170,6	635,1	
Ekoln	167 - 388 mm	-5,1	-96,3	64,6	
Ekoln	> 388 mm	-1,1	-4,4	1,7	
Ekoln	Biomassa	-1	-16,6	10,1	
Granfjärden	< 44 mm	-618,3	-1754,9	788,6	
Granfjärden	44 - 81 mm	73,6	-864	1123,5	
Granfjärden	81 - 167 mm	69,1	-135	285,2	
Granfjärden	167 - 388 mm	1,9	-12,9	20,1	
Granfjärden	> 388 mm	-1	-4,3	2,3	
Granfjärden	Biomassa	0,1	-9,2	10,5	
Görväln	< 44 mm	195,6	-95,7	604,8	
Görväln	44 - 81 mm	220	-245,3	624	
Görväln	81 - 167 mm	612,4	-15,9	1223	(+)
Görväln	167 - 388 mm	25,6	-116,2	214,8	
Görväln	> 388 mm	-1,7	-5,6	3,4	
Görväln	Biomassa	0,3	-19,4	31,1	
Prästfjärden	< 44 mm	-111,8	-243,1	61,8	
Prästfjärden	44 - 81 mm	-67,7	-199,5	64,5	
Prästfjärden	81 - 167 mm	226,5	-92,6	437,1	
Prästfjärden	167 - 388 mm	-2,7	-90,9	92,2	
Prästfjärden	> 388 mm	-1,8	-4,8	1	
Prästfjärden	Biomassa	-2,5	-19,8	11,5	

2.2 Artspecifika resultat

Tabell 3. Populationsutveckling över kort tid för braxen, gös, nors, storspigg och siklöja. M.p representerar medelvärde per hektar för de senaste två åren (2023 - 2024, studieperiod), medan M.r är motsvarande medelvärde för de föregående fem åren (2018 - 2022, referensperiod). Förändringen i procent beräknas som: $(\text{studieperiod} - \text{referensperiod}) / \text{referensperiod}$. Negativa värden indikerar en minskning i procent, medan positiva värden indikerar en ökning i procent. Skillnaden i medelvärden testades med en Chi-square-fördelning (Chisq), och det resulterande P-värdet anges. Kolumnen Förändring visar riktningen på populationsförändringen. Signifikanta förändringar ($p < 0,05$) visas med ett + eller -, medan marginellt icke-signifikanta förändringar ($p < 0,1$) visas med (+) eller (-). Rader utan värde innebär att ingen förändring kunnat påvisas.

Område	Art	M.p	M.r	Förändring %	Chisq	P-värde	Förändring
Ekoln	Braxen	49	130	-62	2,8	0,096	(-)
Ekoln	Gös >0+	53	111	-52	0,4	0,513	
Ekoln	Nors >0+	12101	11806	2	0	0,85	
Ekoln	Nors 0+	20018	19332	4	0	0,907	
Ekoln	Storspigg	427	959	-55	0,9	0,337	
Granfjärden	Braxen	50	44	14	0	0,834	
Granfjärden	Gös >0+	145	78	86	3	0,081	(+)
Granfjärden	Nors >0+	4479	2936	53	3,1	0,076	(+)
Granfjärden	Nors 0+	30222	17558	72	1,6	0,201	
Görvåln	Braxen	97	252	-62	18,9	0	-
Görvåln	Gös >0+	139	187	-26	0,1	0,73	
Görvåln	Nors >0+	18181	13415	36	4,2	0,04	+
Görvåln	Nors 0+	13373	6034	122	32,8	0	+
Görvåln	Siklöja >0+	1402	1734	-19	0,3	0,576	
Görvåln	Storspigg	145	2020	-93	2,9	0,086	(-)
Prästfjärden	Braxen	77	202	-62	3,8	0,051	(-)
Prästfjärden	Gös >0+	72	112	-36	0,7	0,411	
Prästfjärden	Nors >0+	10899	10248	6	0,3	0,608	
Prästfjärden	Nors 0+	4346	4790	-9	0,3	0,556	
Prästfjärden	Siklöja >0+	771	1218	-37	3,3	0,068	(-)
Prästfjärden	Storspigg	1041	2138	-51	6,8	0,009	-

Tabell 4. Analys av kontinuerliga förändringar av abundans 2012 - 2024 för braxen, gös, nors, storspigg och siklöja. "Beta" representerar regressionskoefficienten för regressionen av antal per hektar mot år. "Nedre" och "Övre" är det nedre och övre 95 %-iga konfidensintervallet för beta. Storleksklasserna anges i antal per hektar, och biomassan anges i kilogram (kg). Kolumnen Förändring anger riktningen på förändringen i antal. Signifikanta förändringar ($p < 0,05$) visas med ett + eller -, medan marginellt icke-signifikanta förändringar ($p < 0,1$) visas med (+) eller (-). Rader utan värde innebär att ingen signifikant förändring kunnat påvisas.

Område	Art	Beta	Nedre	Övre	Förändring
Ekoln	Nors >0+	352,4	-200,8	728,8	
Ekoln	Nors 0+	351,1	-459	1117,3	
Ekoln	Siklöja >0+	-1,5	-4,2	0,3	
Ekoln	Gös >0+	-3,6	-14,6	4,3	
Ekoln	Braxen	-1,9	-15,2	8,2	
Ekoln	Storspigg	-19,7	-143,9	119,3	
Granfjärden	Nors >0+	73	-191,1	312,9	
Granfjärden	Nors 0+	-549,2	-2359	1618,8	
Granfjärden	Siklöja >0+	0	-0,2	0	
Granfjärden	Gös >0+	-0,4	-10	10,4	
Granfjärden	Braxen	-0,8	-6,8	4,3	
Granfjärden	Storspigg	0	0	0	
Görvål	Nors >0+	678,4	64,4	1356,4	+
Görvål	Nors 0+	336,6	-414,1	1092,2	
Görvål	Siklöja >0+	35,5	-52,5	154,7	
Görvål	Gös >0+	2,9	-18,4	27,9	
Görvål	Braxen	-15,8	-38,2	11,5	
Görvål	Storspigg	14,4	-191,4	225,6	
Prästfjärden	Nors >0+	242,3	-74,6	489,7	
Prästfjärden	Nors 0+	-104	-373,7	86,1	
Prästfjärden	Siklöja >0+	-3,6	-74,2	60,6	
Prästfjärden	Gös >0+	-6,6	-14,7	1,4	(-)
Prästfjärden	Braxen	-2,9	-24,3	13,6	
Prästfjärden	Storspigg	-84	-258	101,9	

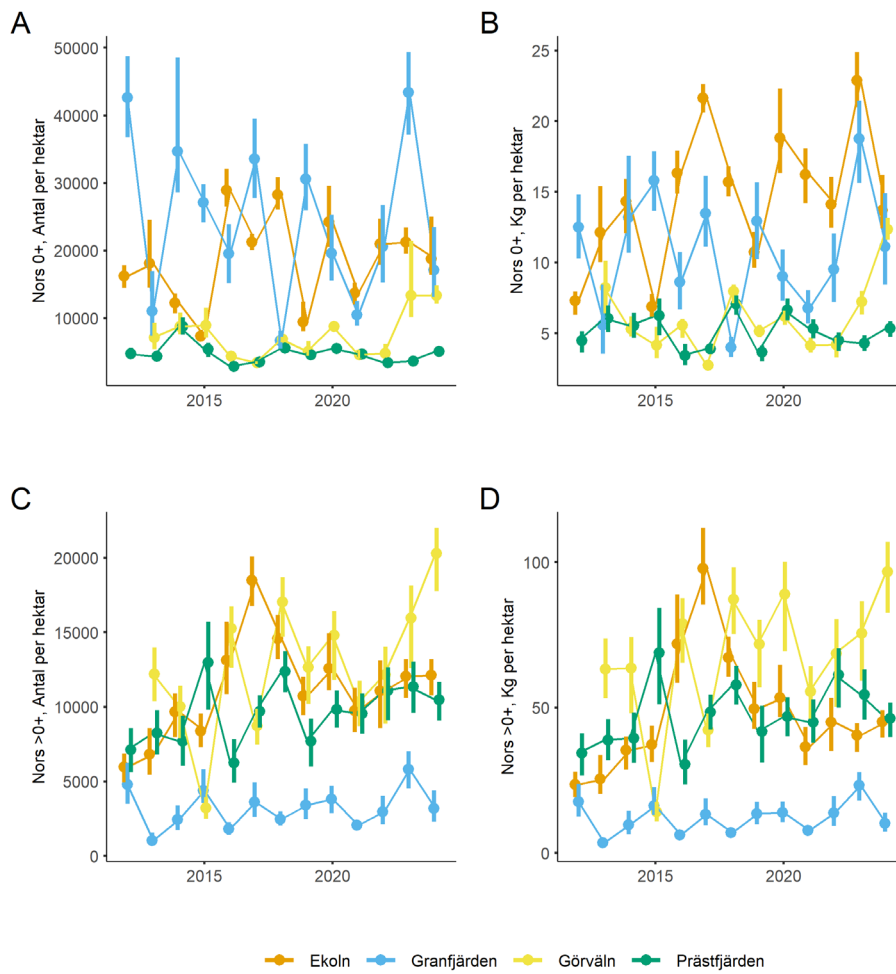
Tabell 5. Analys av kontinuerliga förändringar av längdkvantiler (10, 50 och 90 %). Beta representerar regressionskoefficienten för regressionen av längdkvantilernas värde mot år. Nedre och Övre är det nedre och övre 95 %-iga konfidensintervallet. Signifikanta förändringar (konfidensintervallen överlappar ej 0) visas med ett + eller -. Eftersom signifikans bedömdes som överlapp med konfidensintervall, bedömdes ej marginellt icke-signifikanta förändringar.

Art	Område	Kvantil	Beta	Övre	Nedre	Förändring
Gös >0+	Granfjärden	10	-0,947	-3,257	1,54	
Gös >0+	Granfjärden	50	-0,351	-3,246	2,83	
Gös >0+	Granfjärden	90	2,24	0,197	4,042	+
Gös >0+	Östra Mälaren	10	1,277	-1,951	4,972	
Gös >0+	Östra Mälaren	50	2,301	0,586	5,453	+
Gös >0+	Östra Mälaren	90	7,282	3,431	11,096	+
Gös 0+	Granfjärden	10	0,605	0,002	1,582	+
Gös 0+	Granfjärden	50	1,122	0,311	1,916	+
Gös 0+	Granfjärden	90	0,591	-0,286	1,48	
Nors >0+	Ekoln	10	-0,456	-0,736	-0,18	-
Nors >0+	Ekoln	50	-0,415	-0,668	-0,113	-
Nors >0+	Ekoln	90	-0,494	-0,734	-0,184	-
Nors >0+	Granfjärden	10	-0,061	-0,456	0,478	
Nors >0+	Granfjärden	50	0,052	-0,351	0,532	
Nors >0+	Granfjärden	90	-0,092	-0,658	0,678	
Nors >0+	Östra Mälaren	10	-0,198	-0,407	0,028	
Nors >0+	Östra Mälaren	50	-0,239	-0,434	-0,015	-
Nors >0+	Östra Mälaren	90	-0,234	-0,525	0,077	
Nors 0+	Ekoln	10	0,603	0,381	0,836	+
Nors 0+	Ekoln	50	0,603	0,273	0,914	+
Nors 0+	Ekoln	90	0,404	0,007	0,746	+
Nors 0+	Granfjärden	10	-0,061	-0,456	0,478	
Nors 0+	Granfjärden	50	0,052	-0,351	0,532	
Nors 0+	Granfjärden	90	-0,092	-0,658	0,678	
Nors 0+	Östra Mälaren	10	0,567	0,336	0,809	+
Nors 0+	Östra Mälaren	50	0,449	0,143	0,806	+
Nors 0+	Östra Mälaren	90	0,359	0,005	0,701	+
Siklöja >0+	Östra Mälaren	10	-0,001	-0,478	0,446	
Siklöja >0+	Östra Mälaren	50	-0,059	-0,612	0,751	
Siklöja >0+	Östra Mälaren	90	-0,244	-0,943	0,509	
Siklöja 0+	Östra Mälaren	10	0,189	-0,159	0,628	
Siklöja 0+	Östra Mälaren	50	0,371	0,023	0,688	+
Siklöja 0+	Östra Mälaren	90	0,392	0,019	0,756	+

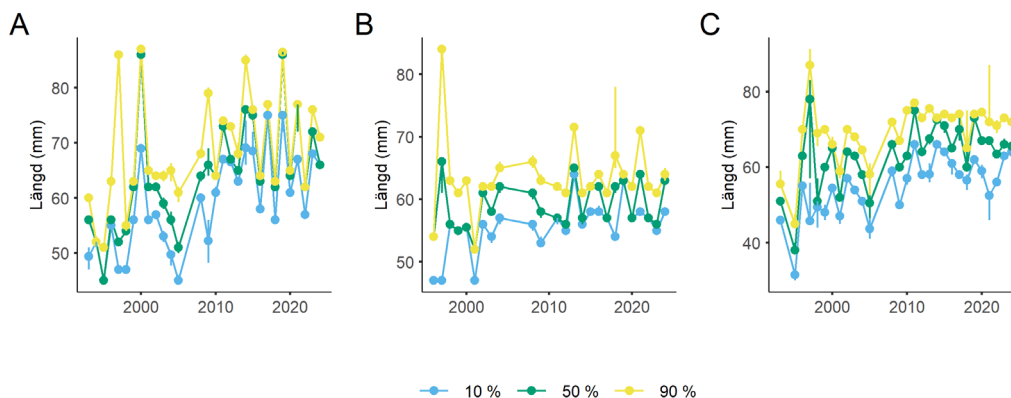
Tabell 6. Analys av kontinuerliga förändringar av kvantiler för kondition och ålder (10,50 och 90 %). Beta representerar regressionskoefficienten för regressionen av kvantilernas värde mot år. Nedre och Övre är det nedre och övre 95 %-iga konfidensintervallet. Signifikanta förändringar (konfidensintervallen överlappar ej 0) visas med ett + eller -. Eftersom signifikans bedömdes som överlapp med konfidensintervall, bedömdes ej marginellt icke-signifikanta förändringar.

Variabel	Art	Område	Kvantil	Beta	Övre	Nedre	Förändring
Kondition	Nors >0+	Ekoln	10	-0,004	-0,009	0,004	
Kondition	Nors >0+	Ekoln	50	-0,002	-0,009	0,003	
Kondition	Nors >0+	Ekoln	90	-0,004	-0,011	0,003	
Kondition	Nors >0+	Granfjärden	10	0,003	-0,002	0,01	
Kondition	Nors >0+	Granfjärden	50	0,005	-0,001	0,01	
Kondition	Nors >0+	Granfjärden	90	0,006	-0,002	0,17	
Kondition	Nors >0+	Östra Mälaren	10	-0,003	-0,008	0,007	
Kondition	Nors >0+	Östra Mälaren	50	-0,002	-0,009	0,007	
Kondition	Nors >0+	Östra Mälaren	90	0,003	-0,005	0,014	
Kondition	Nors 0+	Ekoln	10	-0,01	-0,025	0,023	
Kondition	Nors 0+	Ekoln	50	-0,008	-0,022	0,002	
Kondition	Nors 0+	Ekoln	90	-0,008	-0,034	0,007	
Kondition	Nors 0+	Granfjärden	10	0,001	-0,014	0,014	
Kondition	Nors 0+	Granfjärden	50	0	-0,01	0,015	
Kondition	Nors 0+	Granfjärden	90	0,003	-0,014	0,331	
Kondition	Nors 0+	Östra Mälaren	10	-0,006	-0,024	0,079	
Kondition	Nors 0+	Östra Mälaren	50	-0,006	-0,05	0,057	
Kondition	Nors 0+	Östra Mälaren	90	-0,002	-0,041	0,102	
Kondition	Siklöja >0+	Östra Mälaren	10	-0,006	-0,01	0	
Kondition	Siklöja >0+	Östra Mälaren	50	-0,006	-0,01	0	
Kondition	Siklöja >0+	Östra Mälaren	90	-0,005	-0,01	-0,001	-
Kondition	Siklöja 0+	Östra Mälaren	10	-0,002	-0,014	0,005	
Kondition	Siklöja 0+	Östra Mälaren	50	-0,005	-0,013	0,004	
Kondition	Siklöja 0+	Östra Mälaren	90	-0,006	-0,019	0,003	
Ålder	Siklöja >0+	Östra Mälaren	10	-0,008	-0,048	0,01	
Ålder	Siklöja >0+	Östra Mälaren	50	-0,005	-0,072	0,035	
Ålder	Siklöja >0+	Östra Mälaren	90	0,016	-0,09	0,099	

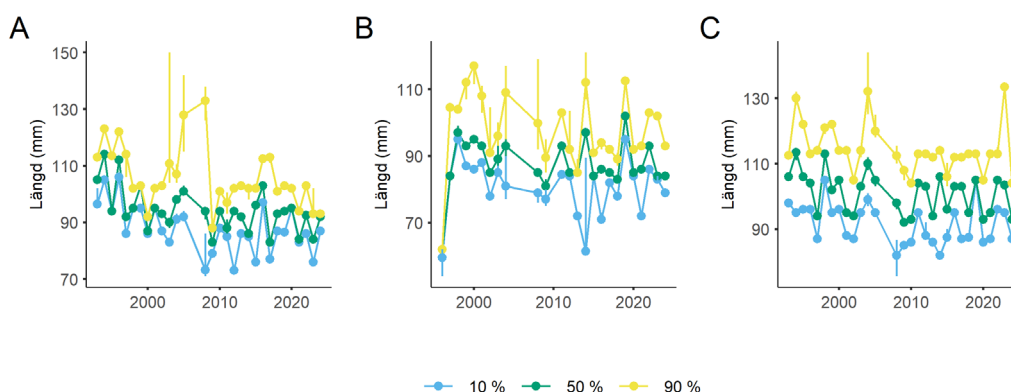
2.2.1 Nors



Figur 7. Antal ("A" och "C") och biomassa ("B" och "D") per hektar av årsyngel (0+, "A" och "B") och 1-årig och äldre nors (>0+, "C" och "D") 2012 - 2024 per område i Mälaren. Värdena är medelvärden och spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.



Figur 8. Längdfördelning hos årsyngel av nors ($0+$) fångad i trålen 1995 – 2024 uppbruten i A) Ekoln, B) Granfjärden och C) Ekoln. Den blå linjen illustrerar 10:e kvantilen, det vill säga det värde som 10 procent av individerna är mindre än. Den gröna linjen representerar 50:e kvantilen (medianen, det värde som hälften av individerna är mindre än). Den gula linjen representerar 90:e kvantilen (det värde som 90 procent av individerna är mindre än). År där färre än 10 individer fångades är uteslutna ifrån analysen. Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).



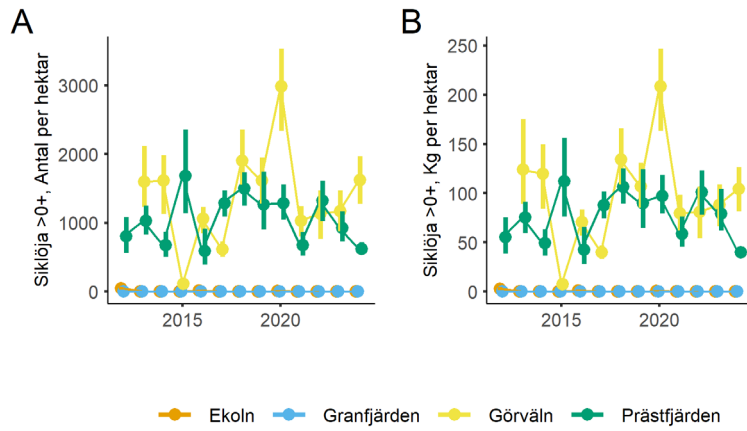
Figur 9. Längdfördelning hos ettårig och äldre av nors ($>0+$) fångad i trålen 1995 – 2024 uppbruten i A) Ekoln, B) Granfjärden och C) Ekoln. Den blå linjen illustrerar 10:e kvantilen, det vill säga det värde som 10 procent av individerna är mindre än. Den gröna linjen representerar 50:e kvantilen (medianen, det värde som hälften av individerna är mindre än). Den gula linjen representerar 90:e kvantilen (det värde som 90 procent av individerna är mindre än). År där färre än 10 individer fångades är uteslutna ifrån analysen. Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).

För den kortare tidsperioden har den vuxna delen av norsbeståndet (ettåriga och äldre individer, >0+) ökat i Granfjärden (icke statistiskt säkerställd trend, Figur 7), och i Görväln (Figur 7 och Tabell 3). Även rekryteringen av nors ökar i Görväln (Figur 7 och Tabell 3). Under den längre tidsperiod som vi studerar med kombinationen av hydroakustik och trålning (2012-2024) har norsbeståndet ökat i Görväln (Figur 8 och Tabell 4).

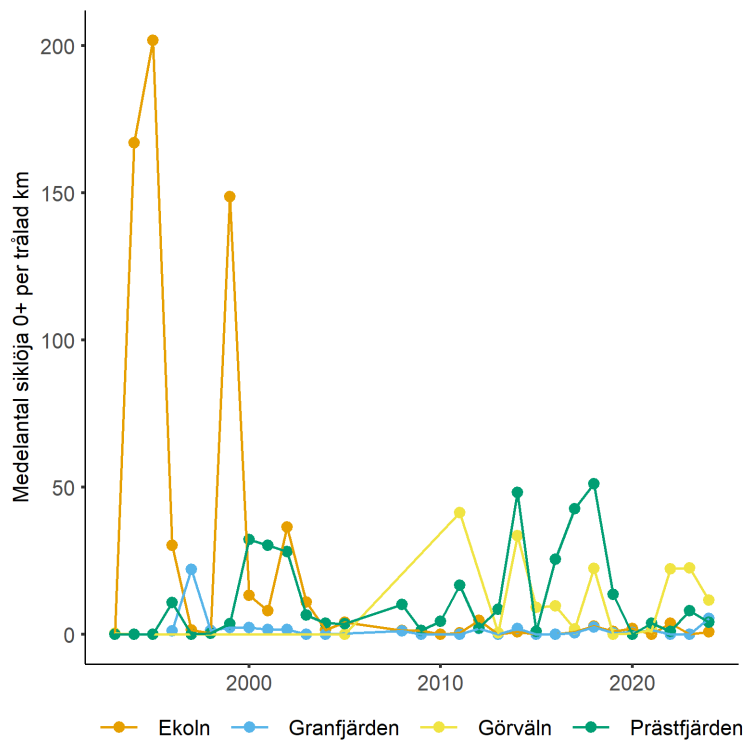
I både Prästfjärden och Görväln är rekryteringen av nors ofta lägre än i Granfjärden, samtidigt som beståndet av vuxen nors är större. Detta kan tyda på att Granfjärden fungerar som ett viktigt lek- och uppväxtområde för nors, som i sin tur kan bidra till att försörja andra delar av Mälaren med rekryter. De djupare fjärdarna, såsom Prästfjärden och Görväln, kan därmed främst fungera som viktiga områden för födosök och tillväxt hos vuxna individer.

Granfjärden och Ekoln präglas sommartid ofta av syrefattiga förhållanden i det djupare vattnet under språngskiktet. Detta innebär att norsen i högre grad blir beroende av temperaturförhållandena i ytvattnet under denna period. Längden hos vuxen nors har minskat i Ekoln, medan längden hos årsungar har ökat både i Ekoln och i östra Mälaren (Görväln och Prästfjärden). I Ekoln leder de ökande längderna hos årsungar och de minskande storlekarna hos vuxna till att storleksskillnaden mellan åldersgrupperna minskar (Tabell 5). Det är möjligt att detta återspeglar en förändring i livshistoriestrategi hos norsen i Ekoln, där populationen kan vara på väg mot en snabbare livscykel. Vi fann inga tecken på att konditionen hos nors förändrats över tid (Tabell 6).

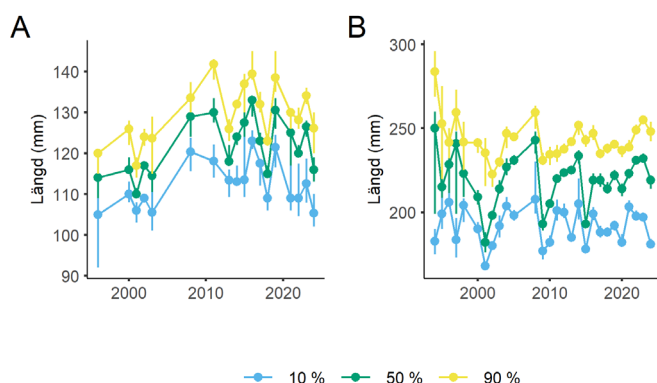
2.2.2 Siklöja



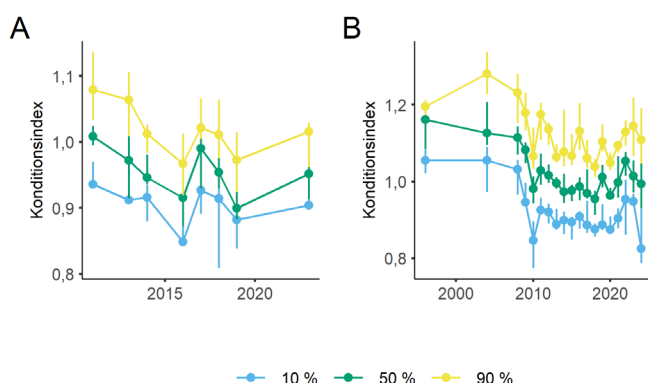
Figur 10. Antal ("A") och biomassa ("B") per hektar av 1-årig och äldre siklöja (>0+) 2012 - 2024 per område i Mälaren. Värdena är medelvärden och spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.



Figur 11. Antal årsyngel av siklöja (0+) per trålad km i Mälaren 1993-2024. Punkterna representerar det aggregerade medelvärdet per delområde.



Figur 12. Längdfördelning hos A) årsungar (0+) och B) ettårig och äldre av siklöja (>0+) fångad i trålen 1995 – 2024 i östra Mälaren (kortare tidsspann för 0+ p.g.a för låga fångster). Den blå linjen illustrerar 10:e kvantilen, det vill säga det värde som 10 procent av individerna är mindre än. Den gröna linjen representerar 50:e kvantilen (medianen, det värde som hälften av individerna är mindre än). Den gula linjen representerar 90:e kvantilen (det värde som 90 procent av individerna är mindre än). År där färre än 10 individer fångades är uteslutna ifrån analysen. Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).



Figur 13. Konditionsfördelning hos A) årsungar (0+) och B) ettårig och äldre av siklöja (>0+) fångad i trålen 1995 – 2024 i östra Mälaren (kortare tidsspann för 0+ p.g.a för låga fångster). Den blå linjen illustrerar 10:e kvantilen, det vill säga det värde som 10 procent av individerna är mindre än. Den gröna linjen representerar 50:e kvantilen (medianen, det värde som hälften av individerna är mindre än). Den gula linjen representerar 90:e kvantilen (det värde som 90 procent av individerna är mindre än). År där färre än 10 individer fångades är uteslutna ifrån analysen. Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).

Under den temperaturstratifierade perioden förekommer siklöja i Mälaren främst i de djupare områden som erbjuder både kallt och syresatt vatten. Det vuxna siklöjebeståndet i Görväln har varit relativt stabilt under studieperioden; medelvärde för åren 2023 och 2024 skiljde sig inte signifikant från medelvärde för den föregående femårsperioden (Figur 10 och Tabell 3). I Prästfjärden fanns en icke statistiskt säkerställd tendens till minskande antal siklöja per hektar under samma tidsperiod (Figur 10 och Tabell 3). I både Prästfjärden och Görväln sker

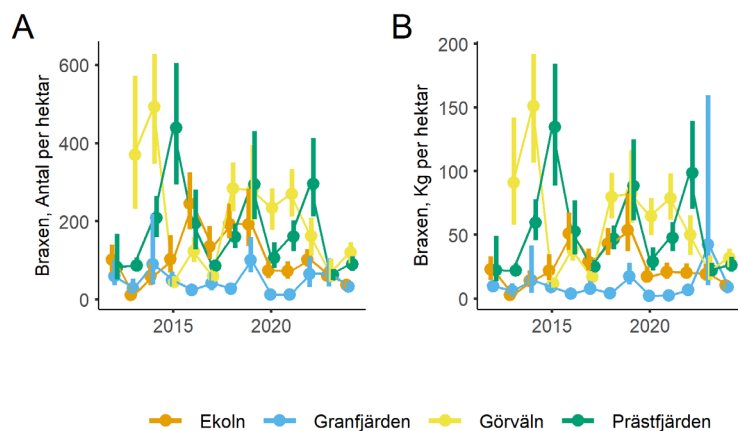
regelbunden rekrytering, även om rekryteringen år 2024 var lägre i båda områdena jämfört med tidigare år (Figur 11). I Ekoln och Granfjärden är såväl antalet vuxna siklöjor som rekryteringsnivåerna lägre än i Görvåln och Prästfjärden. Ekolns fysiska isolering från övriga delar av Mälaren innebär att migration av siklöja från andra delar av sjön sannolikt inte förekommer, vilket gör beståndet beroende av intern rekrytering. Stark rekrytering i Ekoln sker mycket oregelbundet och med flera års mellanrum.

Granfjärden utgör sannolikt ett olämpligt habitat för siklöja under den temperaturstratifierade delen av året, till följd av kombinationen av höga sommartemperaturer och syrefattiga förhållanden under språngskiktet (Axenrot et al. 2023). Jämfört med Vänern och Vättern är tätheten av siklöja i Mälaren mycket hög. En möjlig förklaring är att undersökningarna i Mälaren genomförs under den temperaturstratifierade perioden, då siklöjorna tenderar att ansamlas i höga tätheter strax under språngskiktet i de djupare delområdena – vilka omfattar cirka 10 % av Mälarens totala volym (Axenrot et al. 2023). Vad gäller längdfördelningen har både 50- och 90-procentkvantilen för längd ökat hos årsungar av siklöja i östra Mälaren (Figur 12 och Tabell 5). Däremot har konditionen hos de äldre siklöjorna – framför allt de individer som uppvisar högst kondition (90-procentkvantilen) – minskat i samma område (Figur 13 och Tabell 6). Generellt är siklöja ifrån Mälaren större än siklöja ifrån Vänern och Vättern.

2.2.3 Övriga arter

Utöver nors och siklöja kunde vi under 2024 även uppskatta tätheten av braxen, gös och storspigg genom en kombination av provtrålning och hydroakustik. För dessa arter är skattningarna dock särskilt känsliga för variationer i hur väl arterna fångas i provtrålningen under enskilda år. Större fiskar har förmåga att undkomma trålen, vilket innebär att de riskerar att bli underrepresenterade i fångsten. Dessutom förekommer de i betydligt lägre antal än mindre bytesfiskar, vilket ytterligare minskar sannolikheten för att de fångas i tillräcklig omfattning för säker analys. Variationer i fångstbarhet påverkar den beräknade artsammansättningen och medför att beståndsskattningen för dessa arter blir mer osäker. I fallet med storspigg tillkommer att arten vid tiden för undersökningen i stor utsträckning uppehåller sig nära ytan. Eftersom hydroakustiska data av tekniska skäl inte registreras i det översta vattenlagret och detekteringsförmågan ökar med djup, är metoden mindre lämpad för denna art. Skattningarna för dessa övriga arter bör därför tolkas med försiktighet.

Braxen

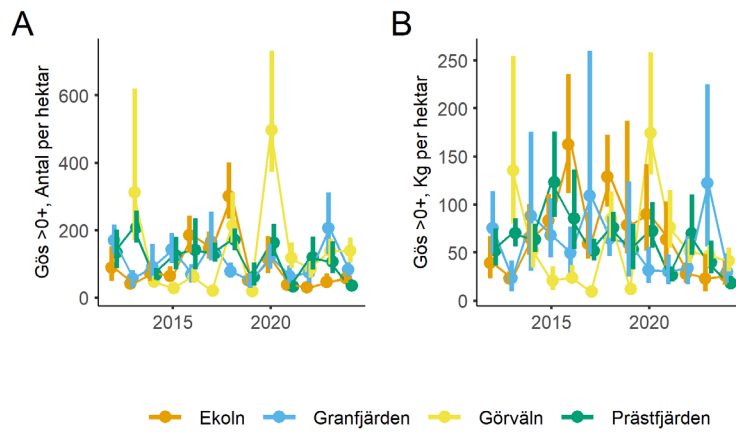


Figur 14. Antal ("A") och biomassa ("B") per hektar av braxen 2012 - 2024 i Mälaren. Värdena är medelvärden och spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.

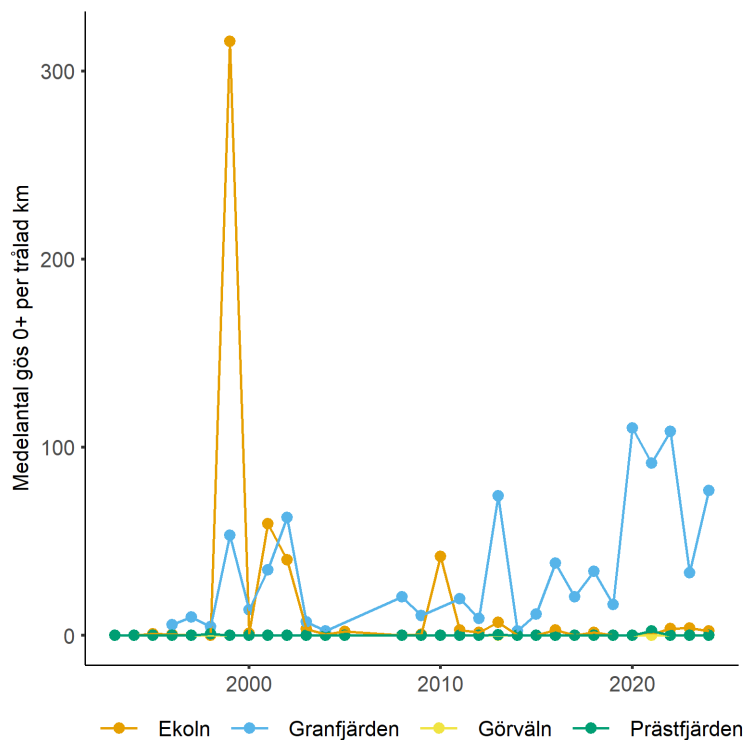
Antalet braxen i Ekoln, Görväln och Prästfjärden har minskat under 2023 och 2024 jämfört med 2022-2018, men de stora felmarginalerna i skattningarna begränsar möjligheterna att dra säkra slutsatser om beståndsutvecklingen (Figur 14, Tabell 3).

Den höga biomassa av braxen som observerades i Granfjärden år 2023 sammanföll med ovanligt stor volym vatten med syrebrist. Det är möjligt att den låga syrehalten påverkade fiskarnas rörelsemönster, vilket i sin tur kan ha lett till en ökad exponering för både hydroakustik och trålning. Sådana beteendemässiga förändringar kan därmed utgöra en förklaring till de höga observerade tätheterna av braxen.

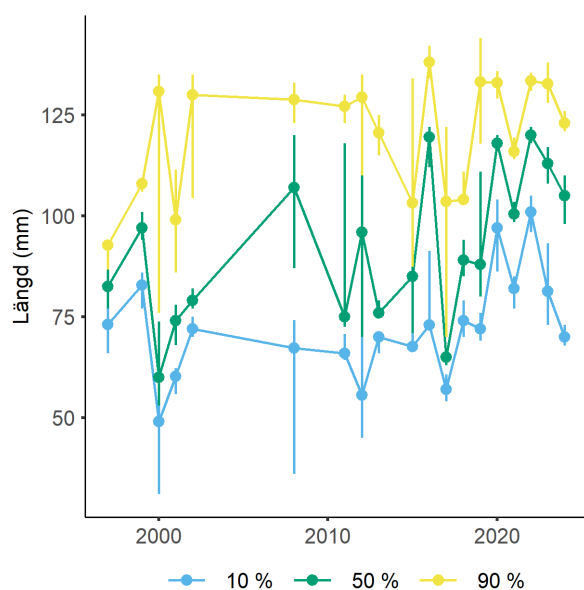
Gös



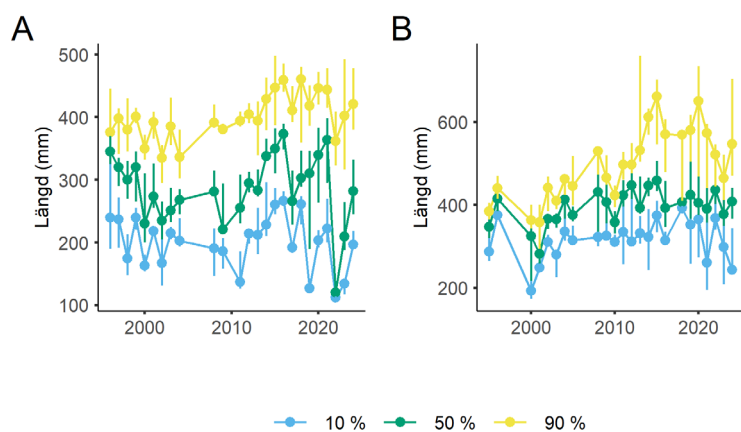
Figur 15. Antal ("A") och biomassa ("B") per hektar av vuxen gös >0+ 2012 - 2024 i Mälaren. Värdena är medelvärden och spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.



Figur 16. Antal årsyngel av gös (0+) per trålad km i Mälaren 1993-2024. Punkterna representerar det aggregerade medelvärdet per delområde.



Figur 17. Längdfördelning hos årsungar (0+) av gös fångad i trålen 1997 – 2024 i Granfjärden. Den blå linjen illustrerar 10:e kvantilen, det vill säga det värde som 10 procent av individerna är mindre än. Den gröna linjen representerar 50:e kvantilen (medianen, det värde som hälften av individerna är mindre än). Den gula linjen representerar 90:e kvantilen (det värde som 90 procent av individerna är mindre än). År där färre än 10 individer fångades är uteslutna ifrån analysen. Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).

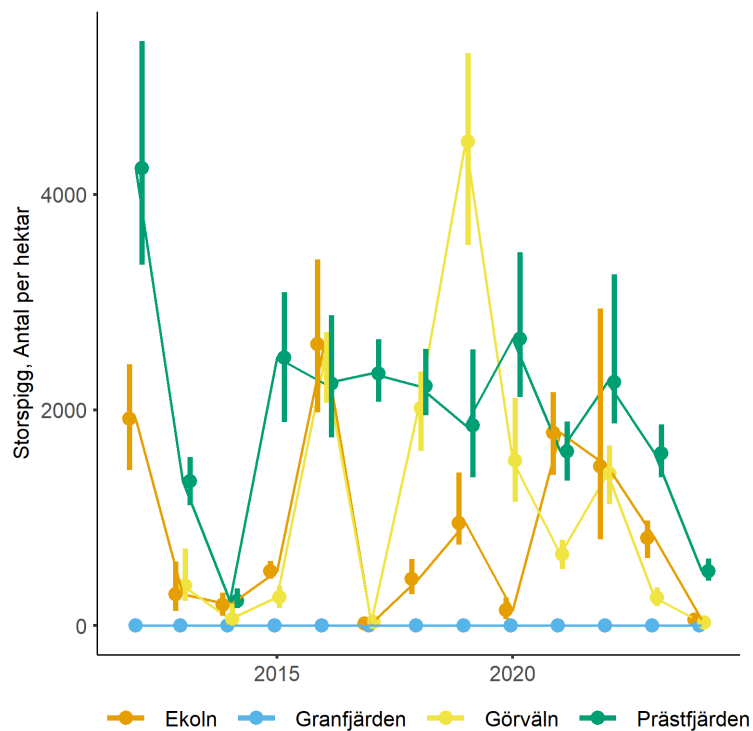


Figur 18. Längdfördelning hos ettårig och äldre gös (>0+) fångad i trålen 1995 – 2024 i Granfjärden (A) och östra Mälaren (B). Den blå linjen illustrerar 10:e kvantilen, det vill säga det värde som 10 procent av individerna är mindre än. Den gröna linjen representerar 50:e kvantilen (medianen, det värde som hälften av individerna är mindre än). Den gula linjen representerar 90:e kvantilen (det värde som 90 procent av individerna är mindre än). År där färre än 10 individer fångades är uteslutna ifrån analysen. Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).

I Granfjärden finns icke statistiskt säkerställd trend till en ökning av tätheten av vuxna gösar (>0+), baserat på jämförelse mellan medelvärden för åren 2023 och 2024 och den föregående femårsperioden (2018–2022, Figur 15 och Tabell 3). Den höga biomassan av braxen som observerades i Granfjärden 2023 sammanföll med en ovanligt stor volym syrefattigt vatten. Det är möjligt att den låga syrehalten påverkade fiskarnas rörelsemönster, vilket i sin tur kan ha ökat deras exponering för både hydroakustiska metoder och trålning. Sådana beteendeförändringar kan därmed vara en möjlig förklaring till de höga tätheterna av gös som observerades. Mängden gös (>0+) framstår i övrigt överlag som relativt stabil över tid (Figur 15, Tabell 2). De vuxna gösarnas medianlängd har ökat både i Granfjärden och i östra Mälaren (Görvåln och Prästfjärden, Figur 18 och Tabell 6), och årsungarnas medianlängd har ökat i Granfjärden (Figur 17 och Tabell 6).

Av de undersökta områdena sker rekryteringen av gös främst i Granfjärden, där en ökande trend har kunnat observeras sedan 2014 (Figur 16), och här har rekrytering påvisats årligen sedan 2019. Granfjärden uppvisar högst täthet av årsyngel av gös, vilket sannolikt beror på att gös förflyttar sig mellan fjärdarna i Mälaren både för lek och för födosök (Andersson 2015). Det framstår därför som troligt att Granfjärden, och sannolikt även andra områden i västra Mälaren, är betydelsefulla rekryteringsområden för både gös och nors. Det är viktigt att notera att den metodik som används i undersökningen inte är specifikt utvecklad för beståndsskattning av gös. Eftersom undersökningarna genomförs på ett likartat sätt varje år kan resultaten ändå ge värdefull information om utvecklingen över tid.

Storspigg



Figur 19. Antal per hektar av och storspigg 2012 - 2024 i Mälaren. Värdena är medelvärden och spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.

Antalet storspigg i Görvälén och Prästfjärden har minskat under 2023 och 2024 jämfört med 2022-2018 (Tabell 3 och Figur 19). Storspigg är vanligt förekommande i Ekoln, Görvälén och Prästfjärden, men uppträder i lägre tätheter i Granfjärden (Figur 19). Tätheten varierar kraftigt mellan år i samtliga fjärdar, särskilt i Ekoln. Denna variation kan delvis förklaras av metodologiska begränsningar, då den använda tekniken inte är optimerad för att detektera storspigg. Arten förekommer ofta i de allra översta vattenlagren, där ett nedåtriktat ekolod monterat vid båtens köl saknar detektionsförmåga. Även trålningen, som syftar till att komplettera hydroakustiska data, täcker inte de översta fem meterna av vattenkolumnen och riskerar därmed att underskatta förekomsten av storspigg. Trots metodbegränsningarna är storspigg en ekologiskt betydelsefull art. Den kan fungera både som viktig bytesfisk och som konkurrent om föda, samt agera predator på ägg och yngel av andra fiskarter. Det vore därför önskvärt att följa utvecklingen av storspiggens bestånd med mer riktade och anpassade undersökningsmetoder.

Referenser

- Axenrot T, Degerman E, Asp A (2023) Seasonal variation in thermal habitat volume for cold-water fish populations; implications for hydroacoustic survey design and stock assessment. Aqua reports 2023:7. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser, 27 pp.
<https://doi.org/10.54612/a.5i05rb1iu1>
- Balk H, Lindem T (2004) *Sonar4 and Sonar5-Pro. Post processing system. Operator manual v5.9.4*. Lindem Data Acquisition. 405.
- [CEN] Comité Européen de Normalisation (European Committee for Standardization) (2014) *Water quality – Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods*. EN 15910.
- Foote KG, Knudsen HP, Vestnes G, Maclellan DN, Simmonds EJ (1987) *Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide*. ICES Cooperative. ICES (144).
- Hadfield JD (2010). *MCMC Methods for Multi-Response Generalized Linear Mixed Models: The MCMCglmm R Package*. Journal of Statistical Software (2). <https://doi.org/10.18637/jss.v033.i02>
- HaV (2024). *Fiskbarometern 2024*. [Fiskbarometern – tillstånd och trender för fisk och skaldjur](#)
- Kraus R, Knight CT, Farmer TM, Gorman AM, Collingsworth PD, Warren GJ, Kocovsky PM, Conroy JD (2015). Dynamic hypoxic zones in Lake Erie compress fish habitat, altering vulnerability to fishing gears. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 72(6): 797-806.
- Love, R.H., 1971. Dorsal aspect target strength of an individual fish. J. Acoust. Soc. Am. 49, 816–823.
- Millar RB. 2015. A better estimator of mortality rate from age-frequency data. Can J Fish Aquat Sci. 72(3):364–75.
- Ricker WE (1975). *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 191, Ottawa.

Tack

Malin Hällbom, Olavi Kaljuste, Magnus Kokkin, Svend Koppetsch, Magnus Larsson, Thommy Möller, John Persson, Ola Renman, Jennie Strömquist, Linda Söderberg, Birgitta Söör Ekstrand och Rickard Yngwe.