

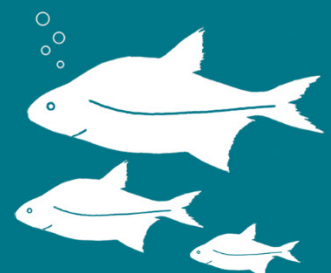
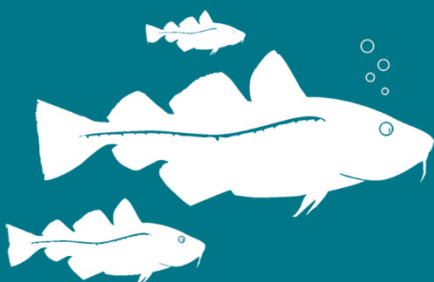


Aqua notes 2025:17

Pelagisk fisk i Vättern 2024

Björn Rogell, Thomas Axenrot

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för akvatiska resurser



Pelagisk fisk i Vättern 2024

Pelagic fish in Lake Vättern 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 Vätternvårdsförbundet.

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 Vättern 2024. Aqua notes 2025:17. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. https://doi.org/10.54612/a.3jc5ub9usm
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:	2025:17
ISBN (elektronisk version):	978-91-8124-010-8
DOI:	https://doi.org/10.54612/a.3jc5ub9usm
Nyckelord:	beståndsanalys, resursövervakning

Sammanfattning

Sötvattenslaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser, SLU, genomförde en hydroakustisk undersökning med provtrålning i Vättern hösten 2024. Fältarbetet ägde rum mellan 2024-09-02 och 2024-09-06 som en del av de årliga hydroakustiska undersökningarna i Mälaren, Vänern och Vättern. Analyserna av 2024 års data omfattade de pelagiska bytesfiskarna nors och siklöja, uppdelade på åldersklasserna årsyngel (0+) samt ettåriga och äldre (>0+). Detta användes som underlag för bedömning av rekrytering respektive beståndsstorlek, samt fiskens storlek. För att dra slutsatser om beståndens utveckling utfördes två analyser. Analyser av förändringar över ett kortare tidsspann utfördes genom att jämföra medelvärdet för de senaste två åren (2023-2024) med medelvärdet för de föregående fem åren (2018-2022). Analyser av förändringar över ett längre tidsspann utfördes genom att passa en bootstrappad linjär regression där antal förklarades av år. Utöver analyserna av antal presenteras även utvecklingen över tid av storleksindex, ålder och kondition. Analyserna inkluderade siklöja och nors eftersom övriga arter inte fångades i tillräckliga antal. Även total biomassa och storlek (omräknat från ekostyrka, oaktat art) analyserades. De viktigaste resultaten var:

- Siklöja var den art som utgjorde störst andel av biomassan i öppet vatten (56 %), följt av sik (17 %) och nors (16 %).
- Antalet siklöjor (0+ och >0+) hade ökat över längre tid (sedan 2011), men det fanns inga signifikanta förändringar över det kortare tidsspannet.
- Rekryteringen av nors (0+) hade ökat över det kortare tidsspannet, men det fanns inga signifikanta förändringar över längre tid i antalet ettåriga eller äldre individer.
- Det fanns en tendens till att den totala biomassan, och antalet fiskar i storleksklassen 17 – 39 cm ökat över längre tid, men inga signifikanta förändringar över det kortare tidsspannet.
- Storlekarna hos årsyngel av nors och siklöja hade ökat sedan 2011, medan storlekarna hos äldre nors hade minskat.

Summary

The Institute of Freshwater Research at the Department of Aquatic Resources, SLU, conducted a hydroacoustic survey with midwater trawling for apportionment in Lake Vättern during the autumn of 2024. The survey took place between 2024-09-02 and 2024-09-06, as part of annual hydroacoustic surveys carried out in Lake Mälaren, Lake Vänern, and Lake Vättern. Analyses of the 2024 data focused on the two pelagic fish species smelt and vendace, divided into two age classes – young-of-the-year (0+) and yearling-and-older (>0+). To draw conclusions about population trends, two analyses were performed. To assess short-term changes, the average of the most recent two years (2023-2024) was compared with the average of the preceding five years (2018-2022). To assess long-term changes, a bootstrapped linear regression was conducted, where abundance was explained by year. In addition to the abundance analyses, temporal trends in size index, age, and condition were also analysed. Analyses included vendace and smelt since other species were caught in low abundances. In addition, total biomass and size (converted from echo strength, regardless of species) were analysed. Key results were:

- Vendace had the largest contribution to biomass in open water (56%), followed by whitefish (17%), and smelt (16%).
- Vendace abundance (0+ and >0+) had increased in the long term (since 2011), but there were no significant changes in the short term.

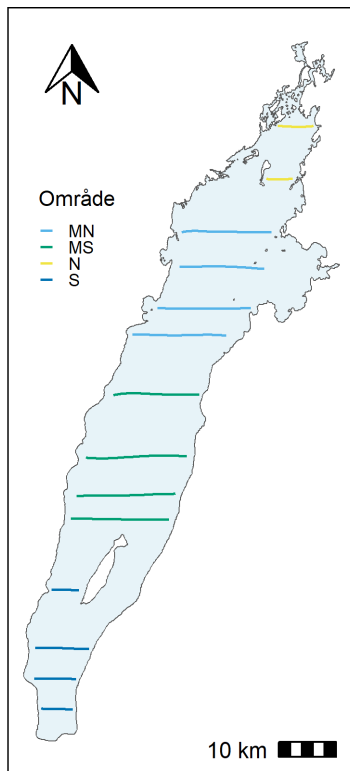
- Recruitment of smelt (0+) had increased in the short.term, but there were no significant long-term changes in the number of yearling and older individuals.
- There was a tendency for long-term increase of total biomass, but no significant short-term changes.
- The sizes of young-of-the-year smelt and vendace had increased, while the sizes of adult smelt had decreased since 2011.

Innehållsförteckning

1. Metod.....	6
1.0 Övervakningsmetod	6
1.1 Statistisk analys	8
1.2 Miljöförhållanden	10
2. Resultat	12
2.0 Övergripande resultat	12
2.1 Artspecifika resultat.....	16
2.1.1 Nors	17
2.1.2 Siklöja	20
2.1.3 Övriga arter	23
Referenser.....	25
Tack	26

1. Metod

1.0 Övervakningsmetod



Figur 1. Karta över de hydroakustiska transekter som kördes 2024 i SLU:s årliga undersökning i Vättern. MN = Mellersta Norra, MS = Mellersta Södra, N = Norra och S = Södra.

De pelagiska fiskbestånden i Vättern övervakas årligen med ekolodning kombinerat med provtrålning, med finansiering av Havs- och vattenmyndigheten och Vätternvårdsförbundet. Övervakningen utgör också en del av den nationella miljöövervakningen i sötvatten (delprogrammet stora sjöar). Undersökningarna påbörjades 1988 och har genomförts årligen sedan 1992. Under denna tid har både hårdvara, mjukvara och analystekniska möjligheter utvecklats. För att undvika avvikelser i tidsserierna som förklaras av metodologiska snarare än biologiska

skillnader, presenteras i denna rapport hydroakustiska data från 2011–2024 där samtliga steg har standardiserats. Undersökningarna genomförs med vetenskapliga ekolod som nattetid samlar in hydroakustiska data längs 14 transekter tvärs över sjön (Figur 1). Från 2006 används ett 120 kHz ekolod som kompletterades 2011 med ett 38 kHz ekolod (Simrad EK60/80 med ES120 7C och ES38B). Data på temperatur och syrehalt samlades in med en temperatursond (Rinko ASTD-102 profiler; JFE Advantech Co., Ltd.). Utöver hydroakustiska data finns även tråldata för åren 1992–2024.

De hydroakustiska transekterna är jämnt fördelade över sjön, men har delats in i fyra delområden för att få högre precision relativt de tråldrag och de temperaturmätningar i respektive delområde som hydroakustiska data kompletteras med. Trålningen ger information om art- och storlekssammansättningen i de undersökta fiskbestånden. Provtrålningarna genomförs i samband med de hydroakustiska undersökningarna och är avsedda att fånga de vanligast förekommande fiskarna i öppet vatten. Större fiskar som är starka simmare kan undkomma trålen och riskerar därför att bli underrepresenterade, vilket ger sämre precision i beståndsskattningen av dessa fiskar. Sedan 2008 används forskningsfartyget U/F Asterix. Den fortlöpande utvecklingen av tolkningen av hydroakustiska data sker genom kunskapsutbyte med forskare i Europa, Nordamerika och Internationella havsforskningsrådet (Ices) samt i olika projekt. Undersökningarna följer den europeiska standarden för beståndsskattning av fisk med ekolodning i sötvatten (CEN, 2014) och metodiken beskrivs i Aqua reports 2020:12 (Axenrot 2020).

Hydroakustiska data extraherades med mjukvaran Sonar5 (Balk & Lindem 2004). Ekoloden var kalibrerad i enlighet med Foote et al. (1987) och tillverkarens rekommendationer (Simrad A/S). Ekon extraherades i 35 klasser av ekostyrka uppdelade i 1 dB intervall (-60 dB - -25 dB), från vilka det är möjligt att skatta storleken på de detekterade fiskarna (motsvarande 15-1000 mm; Love 1971). Akustiska detektioner som var mindre än 50 cm från botten exkluderades för att utesluta eventuella störningar från bottenekon. Akustiska ekon som var <5 meter under ytan exkluderades på grund av givarens position (djup 1,3 m) och tekniska närgräns. Distansen av de undersökta områdena var 63 km i Mellersta Norra ("MN"), 69 km i Mellersta Södra ("MS"), 12 km i Norra ("N") och 28 km i Södra ("S", Figur 1). För att kunna relatera detekterade ekon till de förekommande fiskarterna genomfördes tråldrag i de undersökta områdena. I de fyra områdena låg tråldjupen för MN på 5, 24, 30 och 34 m, för MS på 5, 15, 22 och 27 m, för N på 5, 25 och 32 m och för S på 5, 18 och 25 m. Djupangivelserna avser överteln och trålen öppnar sig ca 5 m vertikalt och 12 m horisontellt. Tråldjup och temperatur mäts i realtid under trålningen.

1.1 Statistisk analys

De 14 transekterna delades in i deltransekter om cirka 500-1000 meter för att få statistiskt oberoende replikat. Variationer i deltransekternas längder beror på skillnader i de ursprungliga transekternas längd. För att undvika dataförlust har transekterna därför delats in i deltransekter av anpassad längd. Dessa deltransekter delades också in i 5-meters djuplager för att ge möjlighet att analysera fiskarnas fördelning över djup och avstånd till botten. Deltransekter som hade exceptionellt höga fisktätheter (dvs. deltransekter vars fisktäthet låg mer än 3 standardavvikelser från medelvärdet, vilket motsvarar 0,3 % av datamängden) exkluderades från analysen, eftersom de inte kan ses som representativa för medelfisktätheterna i sjön.

För att tillskriva detekterade ekon artidentitet användes en metod baserad på klassificeringsträd, där variabler som är möjliga att skatta både från tråldata och hydroakustiska data (dvs. fiskens storlek/eko, position och djup) nyttjades. Tillskrivningen gjordes genom att först passa ett klassificeringsträd på tråldata, där sannolikheten för att en enskild fisk tillhörde en specifik art modellerades som beroende av fisklängd, djup, avstånd till botten, delområde, fångstår (som en diskret variabel) samt position relativt språngskiktet (binärt över eller under). Det resulterande klassificeringsträdet användes därefter för att tillskriva artidentitet för samtliga detektioner från varje djuplager och deltransekt i de mer heltäckande hydroakustiska data. I de fall där ett språngskikt inte kunde detekteras klassades fisken som att den befann sig under språngskiktet, eftersom fokusarterna nors och siklöja båda är kallvattenarter. För de arter (nors och siklöja) där vi skattar rekryteringen (tätheten av årsyngel, 0+) användes ålders- och längddata. För år där ett stickprov av individer ålderslästs användes en ålders-längdnyckel för att utifrån längd skatta åldrarna också på de individer som inte ålderslästs. För de år där inga individer ålderslästs, predikterades årsyngel (0+) och äldre individer (>0+) från en modell där åldersklass (0+ och >0+) passades som en binär responsvariabel med längd som förklarande variabel. Andra förklarande variabler (område, år och deras interaktion) bidrog inte till att öka modellens förklaringsgrad och inkluderades därför inte. Arter som var representerade med mindre än 25 individer (av de totala trålfångsterna 2011–2024) filterades bort före analys.

För skattningen av lutningen på regressionen mellan biomassa per storleksklass och de 35 storleksklasserna användes inte artklassificerade data. Anledningen är att flertalet arter förekommer i flera av de 35 storleksklasser som extraherades. I detta fall skattades biomassan per storleksklass som produkten av antalet fiskar och vikten av en genomsnittlig fisk i varje storleksklass. Vikten hos en enskild fisk i en given storleksklass skattades i sin tur via en generell allometrisk modell (där vikt förklaras av längd och art). Längd förklarade >95 % av variationen i vikt, vilket innebär att artspecifika förhållanden mellan vikt och längd inte påverkar den

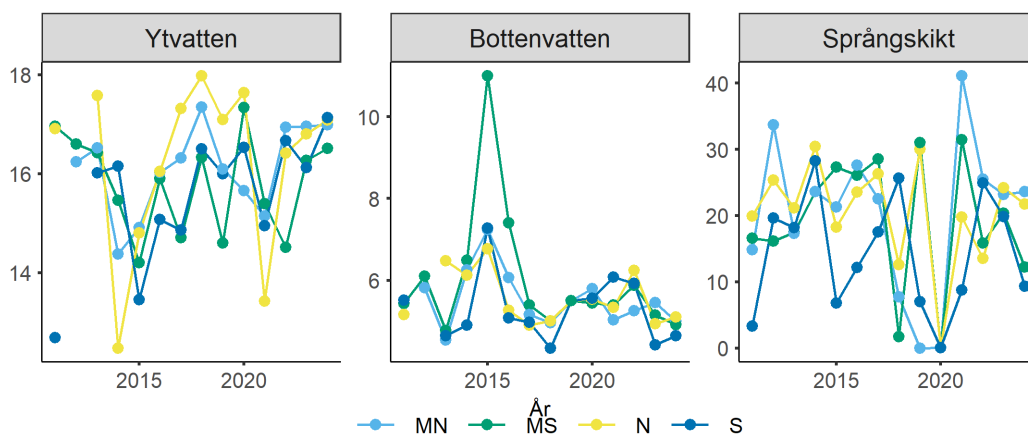
summerade vikten per storleksklass (dvs. att effekten av art var liten i förhållande till effekten av längd). Total biomassa skattades därefter som summan av biomassan för de olika arterna. Individuell kondition beräknades som det allometriskt konditionsindexet, dvs som kvoten mellan fiskens uppmätta vikt och den vikt som fisken predikteras ha utifrån sin längd (Ricker 1975).

Förändringar över tid undersöktes på två olika sätt, ett för att fokusera på ett kortare tidsspänn och ett för att undersöka kontinuerliga förändringar över längre tid. Korttidstrender analyserades genom att göra statistiska jämförelser av skillnader i medelvärde för de två senaste åren (2023-2024) jämfört med medelvärdet för de fem föregående åren (2018-2022, Tabell 1). I dessa modeller inkluderades parametern år som en slumpmässig variabel och modellerna blev därför inte väl anpassade för arter med cyklisk förekomst (som t.ex. årsyngel av siklöja, t.ex. Axenrot & Degerman 2016). Detta beror på att sällsynt förekommande ökningar kan partitioneras statistiskt på den slumpmässiga effekten av år. För årsyngel av siklöja rekommenderas därför att slutsatser gällande det kortare tidsspännet baseras på visuell tolkning av graferna. Arter som hade medelvärden av 0 (arter som inte fångats i trålen) i antingen två- eller femårsperioden exkluderades från analysen, eftersom datakvaliteten inte kunde anses vara tillräckligt god i dessa fall. Långtidstrender analyserades genom att passa en regression där medelantalet fiskar förklaras av den kontinuerliga variabeln år. Eftersom det finns ett mätfel i medelvärdet fiskar per år, samt att effekter av år inte nödvändigtvis följer antagandet av normalfördelning, krävs en analysmetod som kontrollerar för dessa potentiella problem. Här valde vi att bootstrappa analysen på två nivåer, mellan och inom år (Tabell 2).

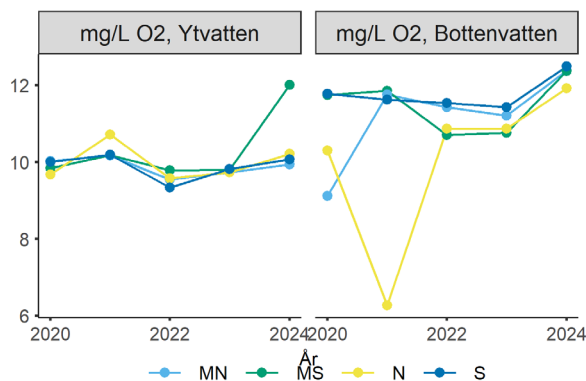
För att undersöka utvecklingen hos fördelningen av storlek, kondition och ålder, användes indikatorer baserade på kvantiler; Q10 (den 10 %-iga kvantilen, dvs. det värde som 10 % av fiskarna är mindre än), Q50 (den 50 %-iga kvantilen, dvs. det värde som 50 % av fiskarna är mindre än), och Q90 (den 90 %-iga kvantilen, dvs. det värde som 90 % av fiskarna är mindre än). Var och en av indikatorerna testades för linjära trender över år. Detta gjordes genom att passa en regression där indikatorerna förklarades av år. I regressionen finns två felkällor, dels ett stickprovsvil inom år och dels årsspecifika effekter som avviker från ett linjärt samband. För att kontrollera för dessa två felkällor bootstrappades data med 999 pseudoreplikater på två nivåer, inom år (individnivå) och mellan år (årsnivå). Signifikans testades genom att jämföra absolutvärdet av lutningen från den bootstrappade regressionen med absolutvärdet av regressionslutningen under en nollhypotes (där det inte finns en koppling mellan indikatorerna och år, dvs. en lutning på noll med ett tillhörande stickprovsvil).

Utöver hydroakustiska data finns även tråldata för åren 1992–2024. Provfisketrålningarna har inte varit helt standardiserade över åren, framför allt med avseende på trålade djup. Analys av dessa data kräver därför statistisk modellering som kontrollerar för djup. För vissa arter som fångas i tillräckliga antal var det möjligt att utföra en standardiserad analys med linjära modeller med negativ binomial fördelning för att skatta antal individer per trålad kilometer. Dessa modeller inkluderade år (som en faktoriell variabel) och djup. Djup inkluderades som en faktoriell variabel med strata baserade på det artspecifika fångstdjup där ~50% av fångsterna sker (kontrollerat för ansträngning), samt djupare eller grundare. Eftersom den trålade distansen ibland varierade mellan tråldrag, vilket påverkar fångsten, modellerades den trålade distansen som en offset-variabel, dvs. en variabel vars förhållande till responsvariabeln antas vara konstant (dvs. att om två kilometer trålas får man dubbelt så många fiskar som om en kilometer trålas). Dessa modellbaserade analyser beräknar därmed ett beståndsindex (antalet fångade individer av en given art per trålad kilometer) för de djup där arten föredrar att förekomma. Jämförelser över år ger sedan en sammanvägd bild av beståndens utveckling. Separata analyser utfördes för årsyngel och äldre individer av nors och siklöja. Antalet tråldrag per år och djup är relativt lågt givet mängden data som krävs för modellering. Resultaten ifrån dessa analyser av tråldrag gav därför tillförlitliga resultat endast för nors.

1.2 Miljöförhållanden



Figur 2. Temperatur i yt - och bottenvatten (°C), samt språngskiktets djup i meter för de fyra undersökta områdena i Vättern 2011-2024. 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 Vättern 2020-2024.

Djupet på de hydroakustiska transekterna är liknande mellan undersökta områden. Maxdjupet ligger kring 100 meter och medeldjupet kring 60 meter (MN: maxdjup = 110 m, medeldjup = 54 m, MS: maxdjup = 104 m, medeldjup = 55 m, N: maxdjup = 87 m, medeldjup = 58 m, S: maxdjup = 110 m, medeldjup = 76 m). Både djup och temperatur, vid ytan och på botten, erbjuder därmed relativt lika miljöförhållanden runtom Vättern (Figur 2). År 2024 var ett ganska genomsnittligt år med avseende på språngskiktets djup och temperaturförhållandena i yt- och bottenvatten. Även syrehalterna var på goda nivåer under hela tidsserien, både i bottenvatten och i ytvatten (Figur 3). Notera att djupet mäts kontinuerligt längs hela transekterna, medan temperatur och syrehalt på olika djup oftast mäts vid ett tillfälle per område.

2. Resultat

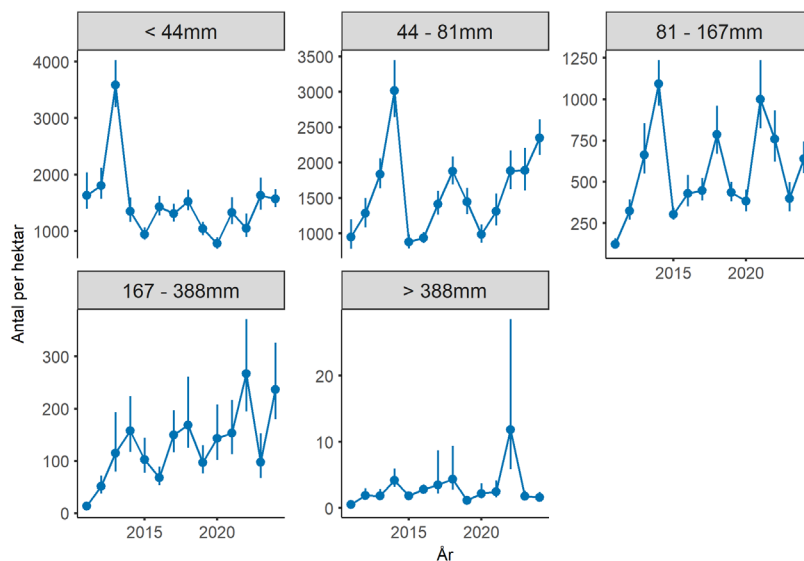
2.0 Övergripande resultat

Tabell 1. Analys av förändringar på kortare tid i abundans för olika storleksklasser samt total biomassa i Vättern. M.p representerar medelvärdet 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
Hela sjön	< 44 mm	1647	1279	29	1,9	0,215	
Hela sjön	44 - 81 mm	2224	1581	41	4,7	0,071	(+)
Hela sjön	81 - 167 mm	539	668	-19	0,4	0,551	
Hela sjön	167 - 388 mm	177	194	-9	0,1	0,824	
Hela sjön	> 388 mm	2	6	-67	0,9	0,379	
Hela sjön	Biomassa (kg)	18504	19580	-5	0	0,847	

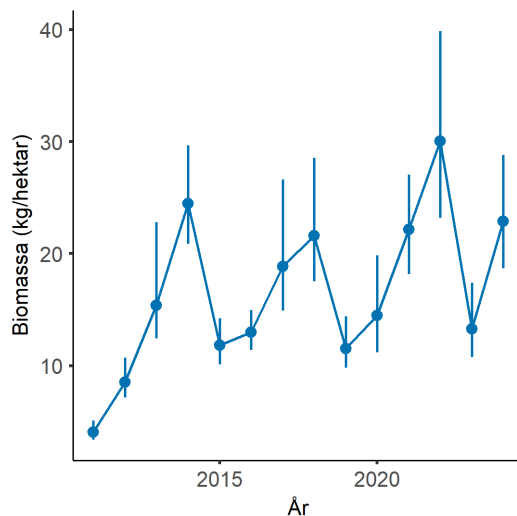
Tabell 2. Analys av kontinuerliga förändringar av abundans för olika storleksklasser samt för total biomassa i Vättern mellan 2011 och 2024. "Beta" representerar regressionskoefficienten för regressionen av abundansen av de olika storleksklasserna, och biomassa, mot år. "Nedre" och "Övre" är det nedre 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
Hela sjön	< 44 mm	-60,4	-165,7	18,6	
Hela sjön	44 - 81 mm	34,9	-58,6	102,8	
Hela sjön	81 - 167 mm	18,7	-27	52,7	
Hela sjön	167 - 388 mm	11,1	1,6	19,3	+
Hela sjön	> 388 mm	0,2	-0,1	0,8	
Hela sjön	Biomassa	0,9	-0,1	1,8	(+)



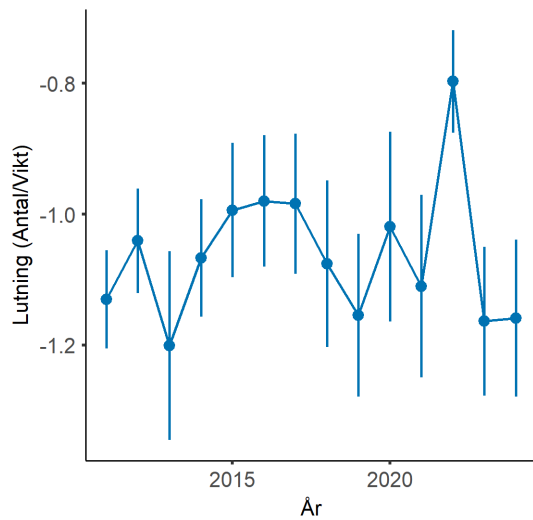
Figur 4. Antal fiskar (oavsett art) per hektar och år (2011-2024) för fem olika storleksklasser, <44 mm, 44 - 81 mm, 81 – 167 mm, 167 – 388 mm och >388 mm (omräknade från ekostyrka, dB). Värdena är medelvärden beräknade för hela Vättern och spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.

Under trålningarna fångades totalt 11 362 individer av 9 olika arter (hornsimpa *Myoxocephalus quadricornis*, storspigg *Gasterosteus aculeatus*, flodnejonöga *Lampetra fluviatilis*, röding *Salvelinus alpinus*, sik *Coregonus maraena*, abborre *Perca fluviatilis*, nors *Osmerus eperlanus*, siklöja *Coregonus albula*, gers *Gymnocephalus cernuus*). Den totala fisktätheten i öppet vatten (pelagialen) 2024 var 4 796 fiskar per hektar. För antal per hektar av de storleksklasser som undersöks, fanns en icke statistiskt säkerställd trend till att medelvärdet för 2024 och 2023 var högre än de föregående fem åren för den näst minsta storleksklassen (44 mm-81 mm; Figur 4, Tabell 1). På det längre tidsspannet hade även antalet fiskar i storleksklasserna 167 - 388 mm ökat sedan 2011 (Tabell 2).



Figur 5. Biomassa (kg) per hektar och år (2011-2024). Värdena är medelvärden för Vättern med 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.

Biomassa per hektar är starkt kopplad till antalet större fiskar (t.ex. sik, röding och siklöja) som detekteras i hydroakustiska data (Figur 4 och Figur 5). Den beräknade totala biomassan kan därför variera betydligt mellan år. För 2024 noterades 23 kg per hektar, och inga signifikanta förändringar upptäcktes när medelvärdet för biomassa 2023 och 2024 jämfördes med medelvärdet för referensperioden 2018-2022 (Tabell 1). På det längre av de tidsspann vi undersöker har biomassan ökat kontinuerligt sedan 2011, vilket sannolikt beror på ökningarna av antalet fiskar i storleksklasserna 167 - 388 mm (Tabell 2). Dessa består sannolikt till stor del av siklöja. Andelen småfisk (<81 mm), som storspigg och årsyngel av nors, var fortsatt hög (ca 70 %), vilket innebär att beståndet vid undersökningen (september) till största delen bestod av små bytesfiskar.



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 (2011–2024). 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. De vertikala linjerna visar 95 % konfidensintervall.

Förhållandet mellan antalet stora och små fiskar kvantifieras som lutningen på en logaritmerad (ln) regression av antalet fiskar per storleksklass och biomassan för dessa storleksklasser. En lägre lutning (dvs. närmare noll) indikerar en större andel potentiell rovfisk i förhållande till potentiell bytesfisk. För 2022 skattades andelen potentiella rovfiskar till det högsta värdet under de tolv år som studien har data för (Figur 6), vilket främst berodde på en ökning av antalet större fiskar (>17 cm, Figur 4). För 2024 var andelen potentiella rovfiskar relativt låg (Figur 6).

2.1 Artspecifika resultat

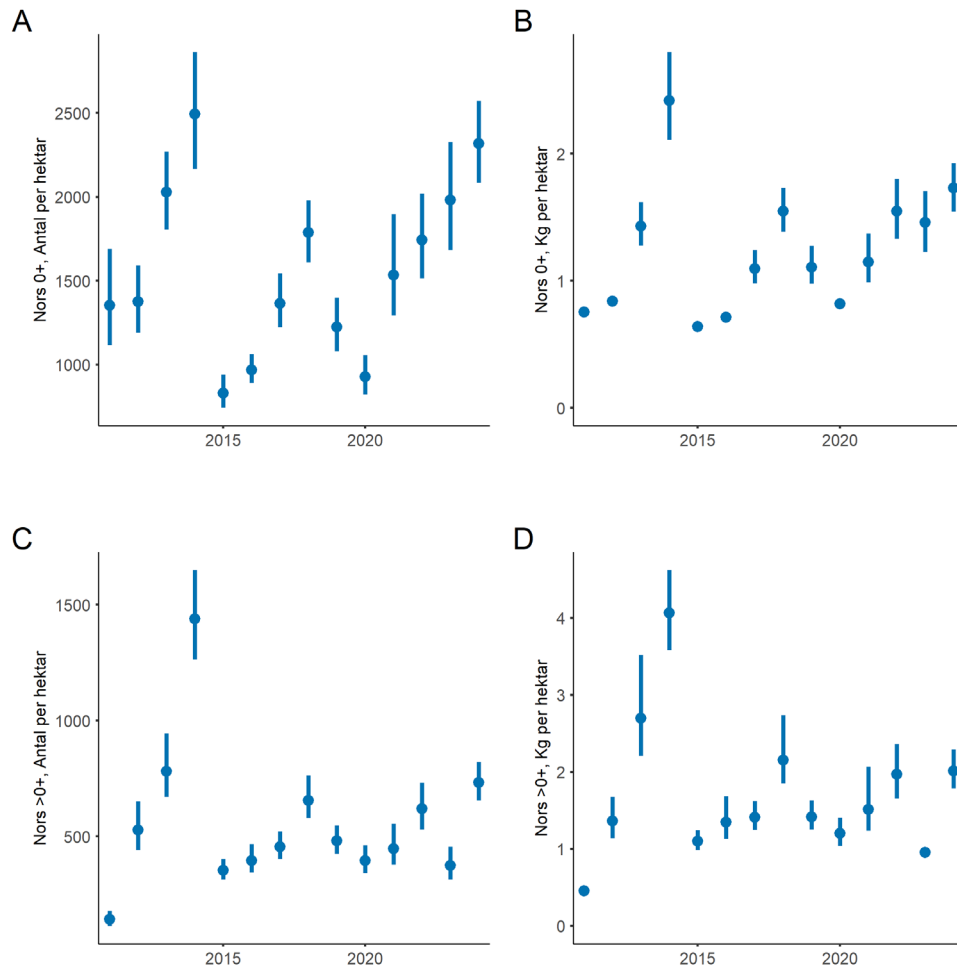
Tabell 3. Populationsutveckling på kort tid för nors och siklöja. *M.p* representerar medelvärde för antal per hektar under de senaste två åren (2023-2024, studieperiod), medan *M.r* är motsvarande medelvärde för de föregående fem åren (2018-2022, referensperiod). Förändringen i procent beräknas som: (studieperiod - referensperiod / 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
Hela sjön	Nors >0+	590	535	10	0,2	0,636	
Hela sjön	Nors 0+	2125	1390	53	7,8	0,005	+
Hela sjön	Siklöja >0+	291	282	3	0	0,936	
Hela sjön	Siklöja 0+	62	88	-30	0	0,845	

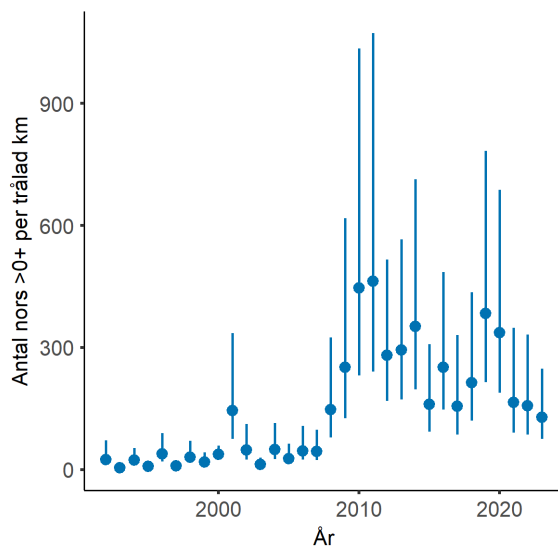
Tabell 4. Analys av kontinuerliga förändringar i abundans för nors och siklöja. "Beta" representerar regressionskoefficienten för regressionen av variabeln mot år. "Nedre" och "Övre" är det nedre och övre 95 %-iga konfidensintervallet för beta. Storleksklasserna anges i antal per hektar, och biomassan 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
Hela sjön	Nors >0+	-3,8	-57,2	31,2	
Hela sjön	Nors 0+	25,6	-61,1	92,8	
Hela sjön	Siklöja >0+	24,6	10,4	41,5	+
Hela sjön	Siklöja 0+	10,1	1,1	27,6	+

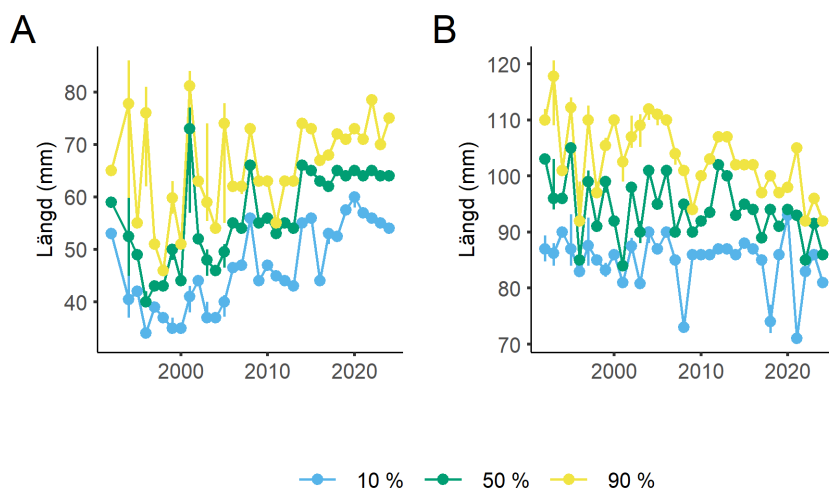
2.1.1 Nors



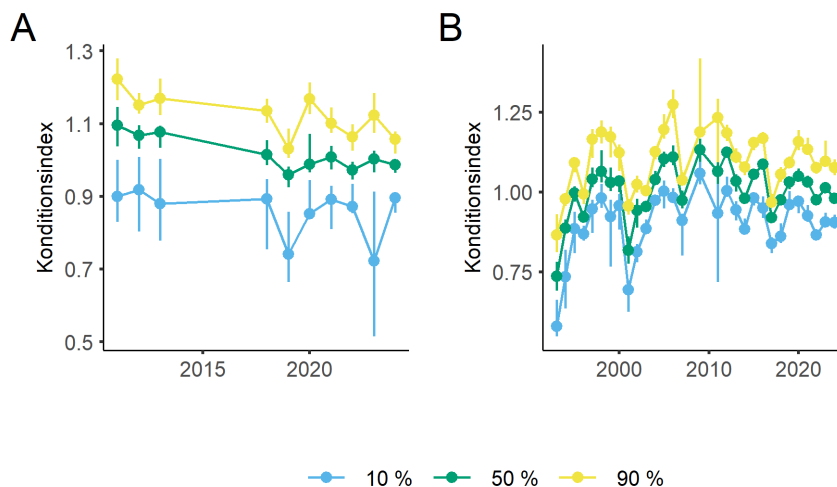
Figur 7. Antal ("A" och "C") och biomassa ("B" och "D") per hektar av nors, årsyngel (0+; "A" och "B") samt 1-årig och äldre (>0+; "C" och "D") 2011-2024 i Vättern. Punkterna representerar medelvärden och felstaplarna representerar 95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap.



Figur 8. Antal av 1-årig och äldre (>0+) nors per trålad km i Vättern 1992-2024. Punkten representerar medelvärde och de vertikala linjerna representerar 95 % konfidensintervall. Modellen kontrollerar för fiskedjup (se Metod).



Figur 9. Längdfördelning hos nors fångad i trålen uppbruten i A) årsyngel 0+ och B) äldre >0+ 1992-2024. 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 (den längd som 90 procent av individerna är mindre än). Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).



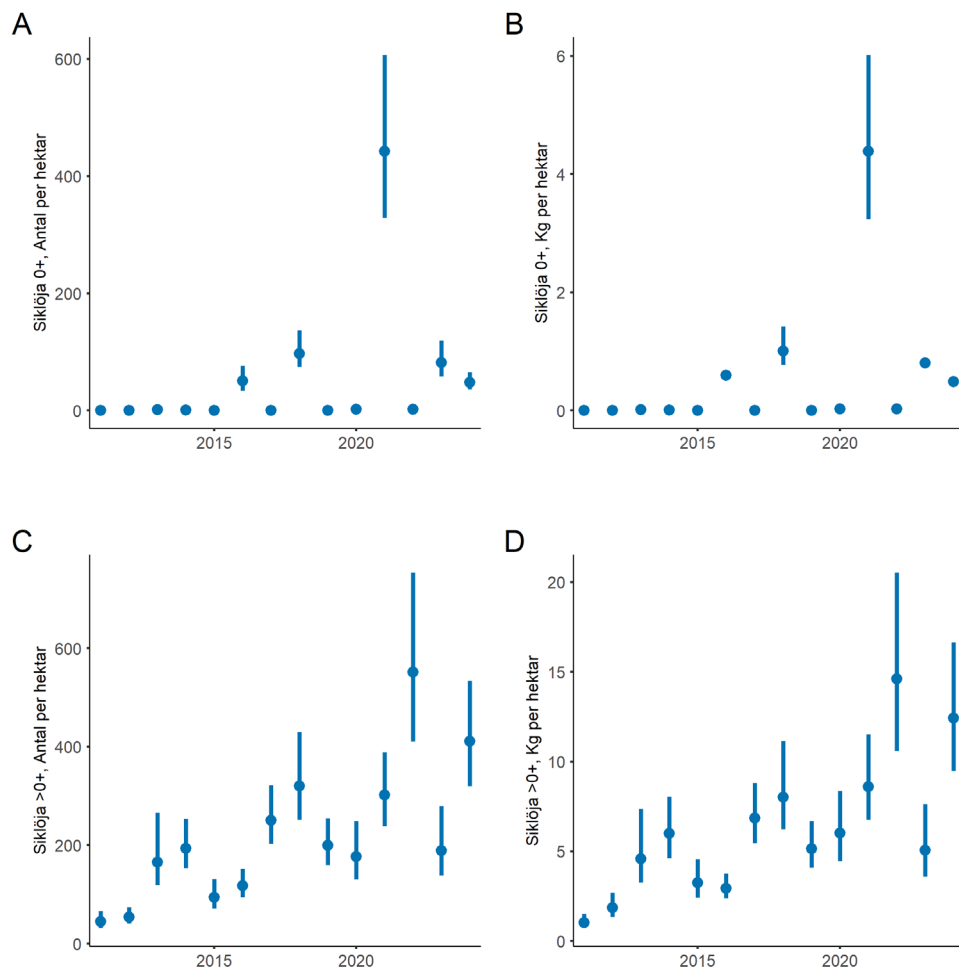
Figur 10. Fördelning i individuell kondition hos nors fångad i trålen uppbruten i A) årsyngel 0+ och B) äldre >0+ 1992-2024. Den blå linjen illustrerar 10:e kvantilen, det vill säga det värde som 10 procent av individerna är mindre än. Den gröna linjen representerar 50: e kvantilen (medianen, det värde som hälften av individerna är mindre än). Den gula linjen representerar 90:e kvantilen (det värde som 90 procent av individerna är mindre än). Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).

Nors är en viktig bytesfisk och de flesta individerna lever inte särskilt länge. Mängden nors har varit relativt stabil över åren, med undantag för de stora mängderna som observerades under 2014 och 2015. För 2024 fortsatte nors att vara den till antal vanligaste fisken i öppet vatten med 3 052 individer per hektar vilket motsvarade 64 % av det totala antalet fiskar per hektar, och 16 % av den totala biomassan per hektar. Av antalet nors var 76 % årsungar (0+, Figur 7, Tabell 3). Nors har haft god rekrytering under de senaste åren (figur 6, Tabell 2), och beståndet av äldre nors (>0+) har varit relativt stabilt sedan 2015 (Figur 7, Tabell 3). Över den längre tidsperiod som kan analyseras med tråldata, verkar antalet äldre nors ha ökat under 2010-talet från relativt låga nivåer (Figur 8). Dessa resultat baseras på ett beståndsindex som kontrollerar för tråldjup, men vi kan inte helt utesluta att metodavvikelser i tråldjupen kan ha påverkat sambandet.

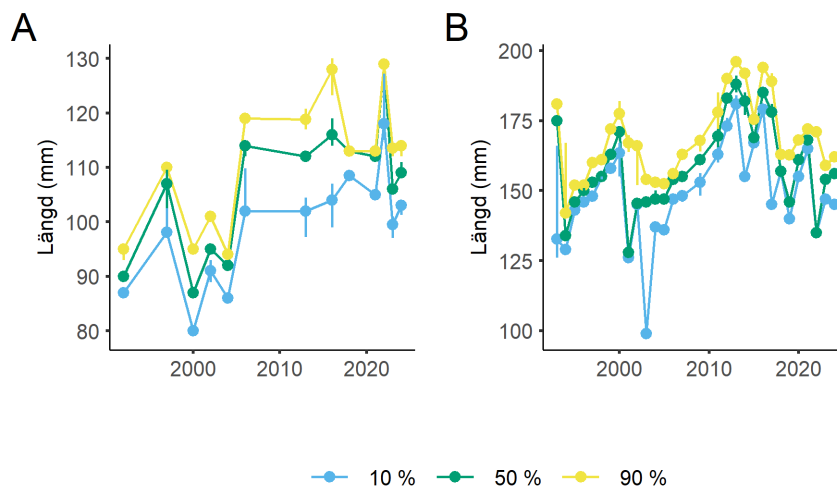
För årsungar av nors (0+) har de minsta individerna (Q10; 0,6 mm/år, bootstrap p-värde = 0,002, Figur 9), och individerna av medianlängd (Q50; 0,6 mm/år, bootstrap p-värde = 0,007), ökat i storlek mellan 1992 och 2024. Även konditionen har minskat bland årsyngel av nors (Q50; 0,04 mm/år, bootstrap p-värde = 0,044). En möjlig förklaring vilket kan bero på att de unga norsarna prioriterar tillväxt i längd över att lagra reserver, vilket skulle kunna vara en effekt av ökande ytvattentemperaturer. När det gäller äldre nors (>0+) har de största individernas längd minskat mellan 1992 och 2024 (Q90; -0,4 mm/år, bootstrap p-värde = 0,028, Figur 9). Detta innebär att storleksskillnaden mellan årsungar och äldre norsar har

minskat över tid. Orsaken till de ökande längderna hos årsyngel och minskande längderna hos äldre nors är oklar. Möjliga delförklaringar inkluderar förändrad åldersstruktur och förändrad tillväxt. I dagsläget har för få norsar från Vättern ålderslästs för att analysera åldersstruktur och tillväxt, men det är möjligt att utföra sådana analyser om åldersläsning görs på nors som årligen samlats in för detta ändamål.

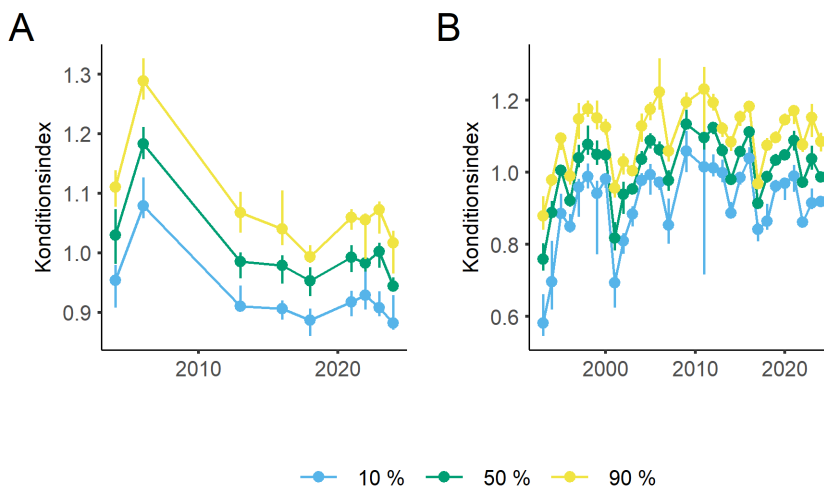
2.1.2 Siklöja



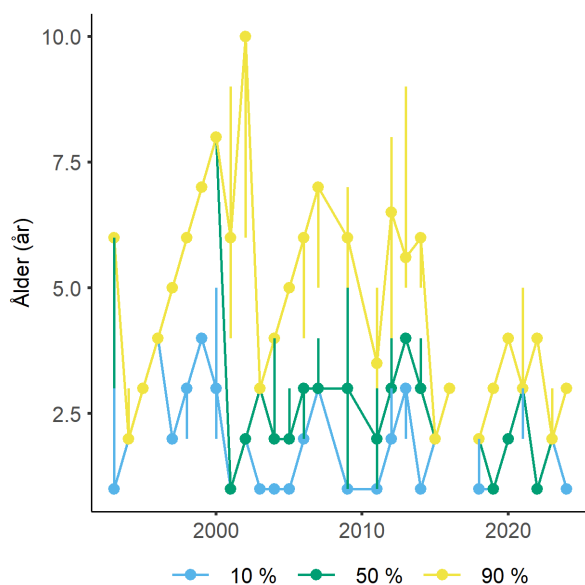
Figur 11. Antal ("A" och "C") och biomassa ("B" och "D") per hektar av siklöja, årsyngel (0+; "A" och "B") samt 1-årig och äldre (>0+; "C" och "D") 2011-2024 i Vättern. Punkterna representerar medelvärden och felstaplarna representerar 95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap.



Figur 12. Längdfördelning hos siklöja fångad i trålen uppbruten i A) årsyngel 0+ och B) äldre >0+ 1992-2024. 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 (den längd som 90 procent av individerna är mindre än). Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).



Figur 13. Fördelning i individuell kondition hos siklöja fångad i trålen uppbruten i A) årsyngel 0+ och B) äldre >0+ 1992-2024. 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 (den längd som 90 procent av individerna är mindre än). Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).



Figur 14. Åldersfördelning hos siklöja fångad i trålen 1992-2024. Den blå linjen illustrerar 10:e kvantilen, det vill säga det värde som 10 procent av individerna är yngre än. Den gröna linjen representerar 50:e kvantilen (medianen, det värde som hälften av individerna är yngre än). Den gula linjen representerar 90:e kvantilen (det värde som 90 procent av individerna är yngre än). År där färre än tio individer fångades är uteslutna från analysen. Vertikala linjer visar osäkerheten (95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap).

Siklöjan förekom 2024 med 459 individer per hektar vilket motsvarade 10 % av det totala antalet fiskar, och 56 % av den totala biomassan per hektar. Av antalet siklöja var 10 % årsungar (0+, Figur 11, Tabell 1). Årsungar av siklöja växer relativt snabbt, med en medellängd på 10,5 cm vid undersökningstillfället. En ökning i antalet siklöjor leder därför snabbt till en ökad biomassa i sjön.

Efter flera svaga år ökade beståndet av siklöja (>0+) 2013, och har sedan dess ökat kontinuerligt (Figur 11, Tabell 1). År 2021 uppstod en mycket stark årsklass av siklöja, vilket resulterade i en generell ökning av beståndet (>0+, Figur 11, Tabell 1) året därpå. Den högsta biomassan av siklöja sedan 2011 noterades 2022, vilket delvis kan förklaras av den goda rekryteringen 2021 (mer om rekrytering nedan). Siklöjan har ökat i Vättern och är nu den dominerande arten i pelagialen (avseende biomassa) och den tredje vanligaste fiskarten sett till antal. För äldre siklöja (>0+) har medianåldern minskat mellan 1993 och 2024 (Q50; $-0,1 \text{ År}^{-1}$, bootstrapat p-värde = 0,045, Figur 14). För årsungel av siklöja (0+) har de minsta individernas längd ökat mellan 1992 och 2024 Q10; $0,7 \text{ mm/år}$, bootstrap p-värde = 0,043, Figur 12). När det gäller äldre siklöja (>0+) mellan 1993 och 2024 har vi inte detekterat några signifikanta förändringar i längd (Figur 12).

I Vättern har sikløjans rekrytering varit variabel och sporadisk, vilket har lett till stora skillnader mellan starka och svaga årsklasser. Ett av de mest extrema exemplen på hur en enskild årsklass kan dominera populationen är den årsklass som föddes 1992. År 1999 utgjorde denna årsklass 77 % av de ålderslästa sikløjorna. En stark årsklass kan därför dominera beståndet av siklöja under flera år. Dessa starka rekryteringar har oftast inträffat med flera års mellanrum, följt av minskande bestånd under de mellanliggande åren, och ett allt svagare bestånd tills en ny stark rekrytering fyller på. Vissa år fångas få årsungar, men att rekrytering måste ägt rum då ålderläsningar har visat på förekomst av ettåringar efterföljande år. Sedan 2011 har starka rekryteringar skett 2013 (främst observerat i ålderslästa individer), 2016, 2018, 2021, 2022 (främst observerat i ålderslästa individer) och 2024 (Figur 11). Under övriga år har enbart enskilda årsyngel (0+) observerats. Rekryteringen av siklöja i Vättern har under de senaste 10 åren skett med ökande frekvens (Tabell 4).

Orsakerna till den stora variationen i sikløjans rekrytering är inte helt klarlagda. Siklöjan leker på senhösten och äggen kläcks först på våren, medan norsen leker på våren och äggen kläcks ett par veckor senare. Detta innebär att förutsättningarna för de nykläckta årsynglen kan skilja sig åt beroende på art. Det är av största vikt för de nykläckta ynglen att produktionen av lämpliga födoorganismer sker i rätt tid, vilket i sin tur beror på miljöförhållandena. Studier har dock inte funnit något direkt samband mellan klimatfaktorer och rekryteringsframgången hos siklöja (Nyberg m.fl., 2001; Sandström m.fl., 2014).

Siklöja är vår mest utpräglade djurplanktonätare och en av få fiskarter där alla åldersklasser och storlekar äter samma föda. Detta innebär att siklöjan konkurrerar starkt om födan med sina artfränder, oavsett ålder eller storlek. Axenrot och Degerman (2016) har visat att det förekommer perioder med låg konditionsfaktor hos siklöjan i Vättern, och att den låga konditionen kan ha påverkat reproduktionen. För perioden 1993-2024 har vi dock inte detekterat någon signifikant förändring i kondition hos siklöja >0+ eller siklöja 0+ i Vättern (Figur 13). Att sikløjans rekrytering under de senaste 10 åren verkar ha skett med tätare frekvens tyder på att de faktorer som tidigare påverkade rekryteringen kan ha förändrats.

2.1.3 Övriga arter

Utöver nors och siklöja ger kombinationen av provtrålning och hydroakustik viss information om bestånd av storspigg och sik, liksom om andra arter som tillfälligt fångas i trålen, såsom hornsimpa, röding och lake. För dessa arter är skattningarna mycket känsliga för variationer i fångstfrekvens mellan år. Större rovfiskar har dessutom en förmåga att undvika trålen, vilket gör att de lätt blir underrepresenterade. Därtill förekommer de generellt i betydligt lägre antal än

bytesfiskar, vilket minskar sannolikheten för att de ska fångas vid de relativt korta provtråldragen.

Variationer i fångstbarhet påverkar beräkningen av artsammansättning och leder till ökad osäkerhet i beståndsskattningen för dessa arter. Vissa arter, såsom gädda, fångas dessutom mycket sällan trots att det är känt att de förekommer i de pelagiska delarna av sjön. Antalet stora ekon per hektar – motsvarande fiskar från cirka 40 cm och uppåt – ökade markant under 2022. Åren 2023 och 2024 återgick nivåerna till de som observerades 2020 och 2021. Dessa stora ekon kan representera arter som braxen, gädda, lake, lax, sik, öring eller röding. Det är dock svårt att med säkerhet fastställa arttillhörighet, eftersom enstaka trålfångster av individer under ett visst år påverkar tolkningen oproportionerligt mycket.

När det gäller storspigg, som förekommer nära ytan vid undersökningstillfällena, är den hydroakustiska metoden mindre lämplig. Tekniken registrerar inte data från de översta vattenlagren, och detektionsförmågan ökar med djup. Detta innebär att skattningarna av storspigg blir särskilt osäkra. Mot bakgrund av dessa begränsningar presenteras inga beståndsskattningar för dessa arter i denna rapport. För att möjliggöra framtida analyser vore det önskvärt med en metodutveckling anpassad för arter som förekommer nära ytan eller i låga tätheter.

Referenser

- Axenrot T, Degerman E (2016) *Year-class strength, fitness and recruitment cycles in vendace (Coregonus albula)*. Fisheries Research (173) 61-96.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2015.03.017>
- Axenrot T (2020) *Hydroakustik i sötvatten - Ett verktyg i fisk- och miljöövervakning*. Aqua reports 2020:12.
- [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, Maclelln DN, Simmonds EJ (1987) *Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide*. ICES Cooperative. ICES (144).
- Hårding I (2023) *Djurplankton*. Vätternvårdsförbundets rapportserie (159). ISSN 1102-3791.
- Nyberg P, Degerman E, Bergstrand E, Enderlein O (2001) *Recruitment of pelagic fish in an unstable climate: studies in Sweden's four largest lakes*. AMBIO 30(8), 559-564.
- Ricker WE (1975) Computation and interpretation of the biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 191, pp. 1-382.
- Sandström A, Ragnarsson Stabo H, Axenrot T, Bergstrand E (2014) *Has climate variability driven the trends and dynamics in recruitment of pelagic fish species in Swedish Lakes Vänern and Vättern in recent decades?* Aquatic Ecosystem Health and Management. 17(4): 349-356.
- Sundblad G, Larsson S, Wennerström L, Linderfalk R, Halldén A (2019) *Fritidsfiskets omfattning i Vättern 2017. Fångster av röding, lax och öring*. SLU Aqua reports. (7). ISBN: 978-91-576-9652-6.
- Vätternvårdsförbundet (2017). *Förvaltningsplan fisk och fiske Vättern 2017-2022*. (127). https://vattnetn.org/wp-content/uploads/Rapport127_Forvaltningsplan-fisk-och-fiske_2017.pdf

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.