



Behovsanalys och förslag på övervakning av fisk och kräfta



Underlag för beståndsbedömningar i Hjälmaren, Mälaren, Vänern och Vättern.



Behovsanalys och förslag på miljöövervakning av fisk och kräfta.

Underlag för beståndsbedömningar i Hjälmarenen, Mälaren, Vänern och Vättern

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten.

Rapportförfattarna Thomas Axenrot, Patrik Bohman, Magnus Dahlberg, Martin Ogonowski, Ola Renman, Björn Rogell, Alfred Sandström, Helena Strömberg och Göran Sundblad ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten.

Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från Havs- och vattenmyndighetens sida.

Förord

Havs- och vattenmyndigheten arbetar på uppdrag av regeringen för att säkerställa att sjöar, vattendrag, hav och fiskresurserna bevaras, restaureras och nyttjas hållbart. Myndigheten strävar efter att tillhandahålla kvalitetssäkrad kunskap som utgör grunden för en adaptiv förvaltning. Vårt mål är att information från den akvatiska övervakningen uppfyller relevanta krav, är tillgänglig och gör skillnad för miljön och samhället.

Bestånden av fisk och kräftor i sjöarna har övervakats sedan 1950-talet. Övervakningen har utvecklats efter hand som behov och krav tillkommit, och anpassats efter resurser, men inte utvärderats. Därför fick Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för akvatiska resurser (SLU Aqua), i uppdrag att genomföra en översyn och utvärdering av fisk- och kräftövervakningen. I ett parallellt projekt gjordes en utvärdering av krav på och en översyn av övervakningen samt föreslogs åtgärder för att förbättra underlaget till vattenförvaltningen. Resultaten av det projektet presenteras i "Behovsanalys och förslag på ändamålsenlig miljöövervakning av fisk och kräfta i Hjälmaren, Mälaren, Vänern och Vättern – översyn av krav på övervakning".

Havs- och vattenmyndigheten uppdrar SLU Aqua att analysera statusen för fisk- och kräftdjursbestånd samt göra en bedömning om bestånden är inom biologiskt säkra gränser. För beståndsanalyserna och bedömningarna nyttjas flera olika datakällor bestående av fiskerioberoende data och liknande miljöövervakning, samt fiskeriberoende data. SLU Aquas samlade bedömningen är viktig för en långsiktigt hållbar förvaltningen av fisk och fiske, men också för att följa upp miljötillståndet.

Rapporten omfattar förslag och rekommendationer på hur övervakningen av fisk och kräfta kan utvecklas, inklusive tillförlitligheten i statusbedömningen för respektive sjö. Berörda länsstyrelser har fått möjlighet att framföra sina synpunkter på rapporten. Havs- och vattenmyndighetens förhoppning är att resultaten från denna rapport på sikt ska kunna bidra till att uppnå ändamålsenlig miljöövervakning, vilket i sin tur möjliggör en ekosystembaserad förvaltning där miljö- och resursförvaltning integreras på ett optimalt sätt.

Mats Svensson

Avdelningschef för avdelningen för havsförvaltning

Sammanfattning

I föreliggande rapport presenteras resultat från en omfattande översyn av fisk- och kräftövervakningen i Sveriges stora sjöar (Vänern, Vättern, Mälaren, Hjälmaren och i viss utsträckning i Storsjön i Jämtland). Rapporten utgör den första övergripande och enhetliga utvärderingen av övervakningen av fisk och kräfter i stora sjöarna. Uppdraget bestod av att utvärdera befintlig datainsamling och de underlag som används för beståndsanalyser samt att identifiera brister och föreslå förbättringar. Fisk- och kräftövervakning har flera olika tillämpningar på lokal, regional, nationell och internationell nivå och spänner numera över många användningsområden inom såväl forskning som fisk-, miljö- och vattenförvaltning. Detta uppdrag har dock huvudsakligen varit avgränsat till tillämpningar inom förvaltningen av fisket.

Övervakning av fisk och kräfter har pågått sedan åtminstone mitten av 1950-talet, men undersökningarnas omfattning har varierat kraftigt. På 1970-talet var övervakningen med provfiskenet relativt intensiv, därefter förekom endast sporadiska undersökningar fram till början av 90-talet då hydroakustiska undersökningar startades. Återkommande och omfattande provfiskenet med nät återupptogs i mitten/slutet av 2000-talet. Kräftundersökningar initierades i slutet av 2000-talet. Uppenbart är att resurserna till övervakning varierat över tid och att intensiva perioder med mer övervakning förekommit på grund av specifika och akuta utmaningar som övergödning, miljögifter och överfiske.

Uppdraget omfattade i första hand en översyn av:

- hydroakustiska expeditioner med tillhörande provtrålning i den fria vattenmassan för bedömning av status hos pelagisk fisk och kvantitativ uppskattning av beståndsstorlek
- provfiskenet med bottensatta översiktsnät för bedömning av status för bentiska arter
- kräftprovfiskenet med standardiserade betade burar.

I uppdraget ingick även att se över individprovtagningen för biologiska analyser, som längd, ålder och tillväxt, samt provtagningen av yrkesfiskets fångster. Förutom att utvärdera möjligheten att optimera provtagningen utifrån statistisk precision och möjlighet till besparingar utvärderades också provtagningen utifrån behovet att minska antalet fiskar som dödas i undersökningar.

Översynen visar att undersökningarna överlag genererar användbara resultat och att särskilt skattningen av parametrar som storleks- och åldersstruktur är tillfredsställande för flertalet av undersökningarnas målarter och att precisionen anses tillräcklig för att detektera faktiska förändringar över år. Särskilt de hydroakustiska undersökningarna ger bra estimat för abundans av vuxna individer av de två målarterna nors och siklöja. Undersökningarna har genom åren gett värdefull information som varit viktig för förvaltningen och förståelsen för hur ekosystemen i dessa unika sjöar ser ut. Det fanns dock områden där vi bedömer att undersökningarna kan förbättras och/eller effektiviseras.

Det enskilt viktigaste förslaget på förändringar är att samtliga fiskundersökningar (hydroakustik + nätprovfiskenet) föreslås ske på årlig basis. I dagsläget genomförs provfiskenet med översiktsnät vart tredje år. Detta bedöms vara en otillräcklig frekvens för att kunna svara på kraven inom förvaltningen, exempelvis att man ibland behöver genomföra snabba ändringar i regleringen av fisket om beståndens status försämras. Det innebär också att det krävs lång tid innan man kan

statistiskt verifiera förändringar utan att riskera dra felaktiga slutsatser. Årsvisa fisken kan också bättre följa enskilda årsklasser i fångsten. Kräftundersökningar bör fortsatt genomföras varje år men varje enskild lokal bör provfiskas vartannat i stället för varje år. Antalet delområden kan då ökas för att förbättra den rumsliga täckningen vilket är särskilt viktigt i detta fall då variationen mellan lokaler är stor.

Resultaten visade att dataunderlaget från nätprovfisken blir mer fördelaktigt om man besöker många delområden jämfört med att ha en hög ansträngning i färre delområden, d.v.s. många nätnätter per delområde. Provfisken i fler delområden än idag innebär också att man kan få bättre täckning av olika miljögradienter och habitattyper i sjöarna samt att man kan följa fler av de unika delbestånd som i vissa fall endast förekommer i vissa delbassänger/delområden. De viktigaste sjöspecifika rekommendationerna är att:

- följa det känsliga och viktiga norsbeståndet i Hjälmarén årligen.
- lägga till ett provfiske på grundare vatten i Vättern med nättypen BKust9+2¹ eftersom denna miljö inte övervakas i Vättern idag.
- lägga till åtminstone ett delområde som provfiskas med nät i nordöstra Mälaren eftersom där finns unika delbestånd av gös och sannolikt andra arter.
- lägga till minst två nya delområden för provfiske av signalkräfta i Mälaren eftersom det endast är en lokal som följs i dagsläget.
- det inte behövs några nya delområden i Vänern för att följa fiskbestånden. Däremot kommer det på sikt behövas fler delområden för att följa signalkräfta i och med att den successivt sprids i sjön.

Översynen av individprovtagningen presenterar förslag på hur antalet fiskar som årligen mäts till längd kan optimeras. Där finns utrymme för besparingar eftersom det av en del vanligt förekommande arter idag längdmäts onödigt många individer. Det anges också ett ungefärligt riktvärde för hur många individer som behöver åldersbestämmas för att erhålla bra skattningar av fiskarnas tillväxt och dödlighet.

Slutligen presenteras förslag på förändringar som kan minska antalet fiskar som avlivas i undersökningarna. De viktigaste förslagen är att:

- hellre försöka komplettera datainsamlingen genom provtagning från fisket eller att testa andra skonsamma metoder än att öka ansträngningen i insamlingar med hög dödlighet,
- fasa ut eller minska ansträngningen med dödande metoder i de allra fiskrikaste miljöerna (grunda produktiva miljöer) där fångsterna är väsentligt högre än i andra områden,
- överväga att ta bort de två minsta maskorna i BKust9+2-näten eftersom en stor andel av fiskindividerna fångas i dessa maskor samt

¹ **Bkust9+2:** bottensatta översiktsnät som även används på ostkusten. Redskapet har elva maskstorlekar (6.25-60 mm i stolpe) och används strandnära i Vänern och Vättern och på samtliga djup och miljöer i Mälaren och Hjälmarén.

- överväga att minska panelytan på de två minsta maskorna i BSS-näten²² där de flesta fiskar fångas i detta redskap.

Avslutningsvis visar denna översyn på både styrkor och svagheter i den övervakning som i dag sker i de stora sjöarna. Vissa av förbättringsförslagen är lätta att implementera medan förslag av större karaktär kräver ytterligare uppföljande analyser, överväganden och samråd innan nuvarande upplägg kan ändras.

² BSS: Bottennät Stora Sjöar är lite större och längre och används enbart i de krävande utsjöområdena i Vänern och Vättern. Har fem maskstorlekar (20–60 mm i stolpe).

Abstract

This report presents results from an extensive evaluation of the monitoring programs for fish and crayfish in Sweden's largest lakes (Lake Vänern, L. Vättern, L. Mälaren, L. Hjälmaren and L. Storsjön). The report is the first comprehensive, critical analysis of the design of the monitoring programs for fish and crayfish in Sweden's large lakes. The main objectives have been to evaluate the current programs design and extent, to identify major deficiencies and to recommend ways to improve them. Our analyses have mainly been focused on applications within the field of fisheries management, but the results will have implications for several other important areas.

The evaluation focused mainly on:

- hydroacoustic with midwater trawling targeting pelagic species,
- fish monitoring with benthic multi-mesh gillnets and
- monitoring of signal crayfish using baited standard traps.

Monitoring programs targeting fish has been in place already since the mid-1950s but there is no long time series with similar design and sampling gears. Instead, the extent, focus and set-up of monitoring has varied considerably over time and focus has shifted depending on which particular challenge that has been prioritized during a certain era. Important focal areas have been eutrophication, contaminants and overexploitation within the fisheries. Shifts in attention has also caused difficulties with long-term funding. There was a short period (1970-1980) when there were intense monitoring activities in the lakes, particularly using multi-mesh gillnets. Later, in the early/mid 1990s a program for hydroacoustic with midwater trawling was initiated. A program for monitoring of fish using multi-mesh gillnets was established in the mid/late 2000s and a program for monitoring of crayfish in the late 2000s.

The evaluation showed that the monitoring programs in general have generated valuable results over the years. Particularly the hydroacoustic surveys as well as data on size and age structure have given acceptable and useful estimates for many species such as smelt and vendace. The various programs also have acquired useful information for the management of fisheries. The results could also be informative when describing lake ecosystem structure.

We identified several areas where we think the programs could be improved. Surveys using multi-mesh gillnets are proposed to be undertaken annually instead of once every third year. Annual surveys of fish stocks are important in order for management to quickly respond to changes in the stocks and to decrease the risk of false positive and/or negative conclusions. Having annual surveys also enhances the potential to follow individual cohorts over time. For crayfish monitoring we also propose having surveys performed on an annual basis but that the frequency of monitoring of a specific locality should be performed bi-annually in order to increase the number of sampling localities. The variation in the catch of crayfish varied considerably between localities and thus it is important to capture a large part of their distribution areas.

It was more important to increase the number of localities sampled with multi-mesh gillnets than to increase the overall effort. Adding new localities will make it possible to cover more important habitats and to follow more of the genetically distinct populations that exist in certain basins/areas.

The most important recommendations, specific to individual lakes, was to:

- follow the important and sensitive population of smelt in L. Hjälmaren on an annual basis,
- add monitoring of shallow areas in L. Vättern using the BKust9+2 multimesh gillnets,
- add at least one multimesh gillnet locality in the north-eastern parts of L. Mälaren,
- add at least two new survey localities for signal crayfish in L. Mälaren since there is only one locality at present.
- Keep the current selection of localities in L. Vänern as it is. Since the signal crayfish is expanding its distribution in this lake, there will be a need to expand the monitoring programme for this species to new localities in the near future.

We also analyzed how sampling of individuals was performed and present a strategy for how to optimize the number of individuals that are measured for length. There is some room for cutting down the number of individuals measured for length, particularly for the common species that occur in high numbers. We also present a rule of thumb for the number of individuals analyzed for age in order to optimize analyses of growth and mortality.

Lastly, we present a number of strategies to minimize the number of fish that are killed in the surveys. The most important ones were to:

- utilize data from ongoing fisheries rather than increasing the effort in monitoring to cover species that are rare,
- develop alternative methods for habitats with particularly high abundance of fish (shallow, productive areas),
- consider removing the two smallest mesh sizes (6.25- and 8-mm bar mesh) in the BKust9+2 gillnets since a majority of the fish individuals are caught in these meshes and
- consider reducing the panel size of the smallest mesh sizes in BSS multi-mesh gillnets since most fishes are caught in the two smallest mesh sizes.

The evaluation has highlighted strengths and weaknesses in the ongoing monitoring design. We anticipate that many of our suggestions will be rather easy to execute but that certain proposals will require substantial consideration and analysis before they can be implemented. We hope the recommendations will have the potential to contribute to reducing costs and to enhance the quality of the programs.

Innehåll

1	Målsättning med översynen	13
2	Inledning.....	15
	2.1 Undersökningar i stora sjöarna - historik.....	15
	2.2 Övrig miljöövervakning i sjöarna.....	22
	2.3 Förutsättningar, utmaningar och prioriterade frågor skiljer sig mellan de olika sjöarna .	23
	2.4 Sjöspecifika förutsättningar och prioriteringar	26
	2.5 Målsättningar, krav och användningsområden för fiskundersökningar.....	31
	2.6 Nuvarande upplägg på fiskundersökningar.....	33
	2.7 Hydroakustik och trålning	37
	2.8 Provfisken med bottensatta översiktsnät.....	38
	2.9 Kräftpровfiske	41
	2.10 Hur sker urvalet av individer för provtagning av ålder?.....	43
	2.11 Databasinsamling från yrkesfisket.....	45
	2.12 Dataläggning, validering, arkivering och datavärdskap	52
3	Utvärdering av indikatorer som används för skattning av beståndstatus.....	53
	3.1 Hydroakustik	53
	3.2 Individprovtagning.....	58
	3.3 Antal fångade fiskar i nätprovfisken	67
	3.4 Täckning av miljögradienter och habitat.....	85
4	Diskussion och rekommendationer för förbättring av programmen	88
	4.2 Kräftundersökningar	97
	4.3 Övriga rekommendationer/förslag	97
	4.4 Nationella och regionala förvaltningsmål är viktiga för upplägg och analys	98
	4.5 Ytterligare förslag på framtida utvecklingsområden.....	98
	4.6 Konsekvenser och risker för förvaltningen med olika upplägg på fiskeövervakningen ..	99
	4.7 Slutord	100
5	Referenser.....	101

Begreppslista

Här listas och förklaras förkortningar och tekniska begrepp som används ofta i rapporten.

Bkust9+2: bottensatta översiktsnät som även används på ostkusten. Redskapet har elva maskstorlekar (6.25–60 mm i stolpe) och används strandnära i Vänern och Vättern och på samtliga djup och miljöer i Mälaren och Hjälmaren.

BSS: Bottennät Stora Sjöar är större och längre översiktsnät än Bkust9+2. Redskapet har fem maskstorlekar (20–60 mm i stolpe) och används i utsjöområdena i Vänern och Vättern.

Hydroakustik: metod för att följa fisk i den fria vattenmassan. Bygger på att ekolod anpassade för vetenskapliga ändamål skickar ut pulser med ljudvågor som studsar tillbaka på fiskar i vattnet. Ekona från fisken registreras, sparas och tolkas med särskilda programvaror.

LINI-burar: betade kräftmjärdar av standardmodell för övervakning av kräftor.

NORS: Nationellt Register över Sjöprovfisken, databas för provfisken med nät i sjöar med SLU som datavärd.

HD-FISH: applikation för inmatning av data från provfisken.

L10, L50 och L90: längdbaserade indikatorer som beskriver skärningspunkter för längdfördelningen i fångsten i ett provfiske. L90 är längden vid 90 %, L10 längden vid 10 % och L50 längden vid 50 %, det vill säga medianen.

LMax5%: längdbaserad indikator. Medellängden hos de 5 % största individerna i en fångst.

1 Målsättning med översynen

Det arbete som här presenteras är en del av projektet "Bestånds- och ekosystemanalys i stora sjöar" som Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för akvatiska resurser (SLU Aqua) utför på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Det har haft som syfte att "utvärdera befintlig datainsamling och de underlag som används för beståndsanalyser, identifiera brister och föreslå förbättringar. Målsättningen är en effektiv datainsamling som möjliggör vetenskapligt förankrade underlag och rådgivning för en långsiktigt hållbar förvaltning av fiskeresurserna och ekosystemen i de stora sjöarna." Det finns många olika skäl till att en sådan översyn genomförs, dels har man upplevt att det finns ett behov att förbättra de beståndsanalyser som ligger till grund för många beslut inom fiskeriförvaltningen och dels så har kraven på undersökningarna förändrats. Det finns flera viktiga tillämpningar inom fiskeriförvaltningen som till exempel att bidra till utvärderingar av effekter av fiske, utvärdering av förvaltningsåtgärder, översyn av fiskebestämmelser samt tillträdes- och dispensrelaterade frågor. Det finns numera också ett större behov än tidigare att använda resultat från undersökningarna inte bara till fiskeriförvaltning utan även inom miljö- och vattenförvaltning samt för ekosystembaserad förvaltning (Grimvall m.fl. 2019; Havs- och vattenmyndigheten 2020; Bryhn m.fl. 2021).

En motsvarande utvärdering har nyligen gjorts för kustfiskundersökningar (Leonardsson m.fl. 2015; Appelberg m.fl. 2020). Bakgrunden till att en sådan utvärdering gjordes var bland annat att det fanns önskemål från länsstyrelser och andra regionala aktörer att hitta besparingar i nuvarande metodik för att på så vis skapa ekonomiska möjligheter att genomföra undersökningar på fler platser längs kusten. En motsvarande utvärdering har även genomförts för de provfisker med nät som bedrivs i små sjöar (Holmgren 2021).

På ett övergripande plan omfattar översynen all datainsamling i stora sjöarna, men vissa delar hanteras i andra projekt/sammanhang utanför arbetet med denna rapport. Denna rapport fokuserar huvudsakligen på tillämpningar inom fiskeriförvaltningen. Det pågår dock i skrivande stund ett liknande utvärderingsprojekt som syftar till att utveckla metoder och index för bedömning av ekologisk status utgående från fisk i stora sjöarna (projektet MÖSS med finansiering från Havs- och vattenmyndigheten). Hydroakustik och trålning utvärderades tidigare i samband med införandet av den europeiska standarden för beståndsskattnings av fisk med hjälp av hydroakustik i sötvatten, som utarbetats inom CEN (CEN, 2014). En sammanställning av metodiken publicerades nyligen (Axenrot, 2020) men vissa fördjupade utvärderingar av datainsamlingen med hydroakustik bedömdes dock vara så viktiga att de ingår i denna utvärdering. Provfisken och stickprovsinsamlingar från yrkesfisket riktat mot signalkräfta har redan i viss mån utvärderats i två separata rapporter (Rogell & Bohman 2021; Rogell m.fl. 2023). När det gäller datainsamling på fritidsfiskets område pågår parallellt en revidering av den nationella planen som SLU och Havs- och vattenmyndigheten gemensamt tagit fram (Sundblad m.fl. 2018).

Föreliggande översyn berör i första hand de fyra största sjöarna (Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren). Storsjön i Jämtland tas upp i vissa sammanhang men eftersom där inte pågår någon kontinuerlig fiskövervakning berörs den inte på samma sätt som övriga sjöar.

Målsättningen med översynen har varit att:

- analysera hur statistisk precision hos de viktigaste analyserade parametrarna i nuvarande program påverkas av kombinationen av provfiskeansträngning, antal undersökta lokaler och

provfiskefrekvens (varje år, vartannat år, vart tredje år). I denna analys bedöms effekter på ett urval av ekologiskt och ekonomiskt viktiga arter.

- beskriva hur stickprov av fångsten för analyser av längd, ålder, könsmognad och andra viktiga biologiska parametrar sker i nuvarande program. Hur kan man optimera antalet individer som provtas? Behöver man provta fler arter?
- utvärdera hur väl det nuvarande programmet fångar upp viktiga miljögradienter och därmed har adekvat täckning av de viktigaste habitattyperna i respektive sjö.

På basis av dessa analyser förs sedan en diskussion om hur fisk- och kräftövervakningen kan förbättras i framtiden. Vi gör också jämförelser mellan nuvarande övervakning av fiskbestånden i stora sjöarna med motsvarande i svenska kustområden.

Resultat och upplägg har presenterats i en referensgrupp bestående av personal från länsstyrelserna och vattenvårdsförbunden. Arbetet har dessutom kontinuerligt stämts av med uppdragsgivaren, Havs- och vattenmyndigheten. Presentationer av resultat har skett i Havs- och vattenmyndighetens beredningsgrupp för stora sjöar samt för vattenvårdsförbunden i de olika sjöarna.

Slutligen ges ett antal handfasta rekommendationer för att förbättra fiskundersökningar i framtiden och därmed även förbättra kunskapsunderlagen om fisk, fiske och ekosystem i Sveriges stora sjöar. Vi diskuterar också vilka områden som kräver ytterligare analyser och metodutveckling och vilka konsekvenser för förvaltningen man kan förvänta sig av olika kvalitet på kunskapsunderlagen.

2 Inledning

Sveriges stora sjöar (Vänern, Vättern, Mälaren, Hjälmaren och Storsjön) har haft en stor betydelse för Sveriges historia och utveckling (Degerman, 2004). De tillhör några av EU:s och därtill Europas största sjöar och har betydande kultur- och naturvärden. De har en mycket stor betydelse för en väsentlig andel av Sveriges befolkning. Sjöarna är viktiga dricksvattentäkter och vattnet används även inom industrin och för transporter sjövägen. De har även en stor betydelse för bad, rekreation och fiske.

Sedan 1950/60-talet har det pågått miljöövervakning i Vättern, Mälaren och Hjälmaren. År 1973 kom man igång med motsvarande övervakning även i Vänern. I Vänern, Vättern och Mälaren bedrivs numera samordnad nationell miljöövervakning i vattenvårdsförbundens regi. Motsvarande övervakning i Hjälmaren sker inom ramen för Eskilstunaåns recipientkontrollprogram. Fiskövervakningen i sjöarna har tidigare bedrivits i separata program som inte varit integrerade med den nationella miljöövervakningen. På senare år har dock vissa delar av fiskövervakningen allt mer kommit att samordnas med de nationella programmen och sannolikt kommer detta att fortgå, särskilt med tanke på nuvarande mål om att bedriva mer ekosysteminriktad övervakning. Föreliggande rapport utvärderar den nuvarande övervakningen av fisk i stora sjöarna och tar fram ett antal rekommendationer på hur övervakningen kan förbättras. Fiskövervakningen i sjöarna har utvärderats tidigare men i begränsade studier, oftast med fokus på enskilda metoder och sjöar. Denna rapport blir således den första övergripande och enhetliga utvärderingen av hur fiskbestånd och fisksamhällen övervakas i Sveriges stora sjöar. Utvärderingen tar fasta på de internationella, nationella och regionala mål och krav som finns och utgår från fiskens roll både för ekosystemen och som viktig resurs för fisket.

2.1 Undersökningar i stora sjöarna - historik

Systematisk övervakning av fisk i Sveriges stora sjöar initierades redan på mitten av 50-talet i Hjälmaren och Mälaren (Svärdson, 1976; Svärdson & Molin, 1968; Svärdson & Molin, 1973; Svärdson & Molin, 1981; Tabell 1). Fiskeribiologiska expeditioner genomfördes dock långt innan dess. Redan 1899 undersöktes Vänern med "Planktonhof såsom vanligt" samt "Försöksfiske med nya trawlen" (Wahlberg, 1974). Under 1970-talet intensifierades provfiskeverksamheten med stora insatser i alla sjöarna. Provfisken genomfördes i Vänern (Almer, 1979) för att kartlägga effekter av utsläpp från industrin i norra Värmlandssjön och Byälven samt för att bedöma effekterna av den då pågående övergödningen. Även i Vättern genomfördes en omfattande provfiskeinsats, som inleddes 1973 och i ett antal år pågick vår-sommar-höst (Filipsson, 1983). I Mälaren pågick provfiske i Lambarfjärden nära Hässelby och i Hjälmaren genomfördes provfisken i Mellanfjärden. I både Mälaren och Hjälmaren var huvudanledningen att bedöma effekterna av övergödning (Svärdson och Molin, 1981) men data användes också för att bedöma beståndens status och hur fisket skulle regleras (Svärdson, 1956; Svärdson & Molin, 1966; Svärdson & Molin, 1968; Svärdson, 1976; Svärdson & Molin, 1973). I Storsjön i Jämtland genomfördes det första provfisket med nät 1979, sannolikt för att undersöka hur sjön påverkades av vattenståndsregleringen (Axenrot m.fl. 2013).



Bild 1. Trålning från U/F Ancylus. Till höger Olof Enderlein, pionjär inom forskning och övervakning av fiske med ekolod. Foto: Manfred Svärd, 2006.

Under slutet av 70-talet fram till mitten av 80-talet utvecklades successivt provfiskeverksamheten i sjöarna. Under perioden 1980–2005 förekom sporadiska provfiske i samtliga sjöar. Redan på mitten av 80-talet gjordes de första försöken att använda vetenskapliga ekolod (Brabrand, 1986). Forskarna Åge Brabrand och Olof Enderlein genomförde studier 1983 i Vättern, 1984 i Vänern och Hjälmaren och 1985 i Storsjön. Man fortsatte 1987–1990 att utveckla undersökningar i allt större skala. I början användes så kallad partrålning, vilket innebär att två båtar används för trålning. Eftersom partrålning ansågs arbetskrävande och osäkert gick man i samband med att ett permanent program etablerades över till att utföra trålning och ekolodning från ett något större fartyg - U/F Ancylus som började användas 1992. Ancylus passade verksamheten i stora sjöarna särskilt bra eftersom den var smal och grundgående och därför kunde passera genom Göta kanal. Från 2008, då Ancylus gick i pension, användes istället en mindre häcktrålare, U/F Asterix som även är möjlig att transportera på trailer och därför även kan användas i andra stora sjöar utöver Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren (se Axenrot 2020 för mer detaljer). Under 2008 kördes Ancylus och Asterix parallellt i Vänern för att utvärdera eventuella konsekvenser för datainsamlingen av bytet av fartyg. År 2009 användes även U/F Mimer i Vänern (den var för bred och djupgående för att slussas till Vättern, för dyr och försåldes efter några år).

På U/F Asterix samlas hydroakustiska data in med två frekvenser, 38 och 120 kHz (ekolod Simrad EK80) i enlighet med den europeiska standarden (CEN, 2014). För att kunna tolka hydroakustiska data genomförs även standardiserade trålningar. Art- och storlekssammansättningen i trålragen används för att "översätta" data insamlade med hydroakustik och beräkna artspecifik täthet och biomassa per hektar i de undersökta delområdena. Ett urval av den fisk som fångas i trålningarna dissekteras och åldersbestäms. Detta görs regelbundet för fokusarter som siklöja, nors och gös. De hydroakustiska undersökningarna, som sker årligen i Vänern, Vättern och Mälaren, har successivt utvecklats

med modernare ekolod, kompletterande mätutrustning samt utökat antal tråldrag. Dataanalyserna har också förbättrats, exempelvis har den analys där trålresultat används för tolkning av ekolodsdata förändrats, vilket sedan 2011 resulterat i bättre skattningar och möjlighet att göra mer kraftfulla bedömningar av osäkerhet i resultaten.

Tabell 1. Antal ansträngningar med nätprovfiske (en natts fiske = 1 ansträngning) per år i stora sjöarna under perioden 1955–2022. Från databasen NORS.

År	Hjälmaren	Mälaren	Vättern	Vänern	Storsjön
1955	10	12	0	0	0
1956	10	15	0	0	0
1957	7	11	0	0	0
1958	10	14	0	0	0
1959	9	14	0	0	0
1960	10	10	0	0	0
1961	23	12	0	0	0
1962	10	11	0	0	0
1963	10	15	0	0	0
1964	15	16	0	0	0
1965	15	15	0	0	0
1966	6	15	0	0	0
1967	15	16	0	0	0
1968	10	15	0	0	0
1969	10	15	0	0	0
1970	10	48	0	0	0
1971	10	15	0	0	0
1972	10	15	0	0	0
1973	10	15	125	0	0
1974	10	15	270	30	0
1975	10	15	87	30	0
1976	10	15	123	30	0
1977	10	15	128	0	0
1978	10	15	62	0	0
1979	0	0	0	0	34
1980	0	0	0	0	52
1981	0	0	126	0	0
1982	0	0	17	0	0
1983	0	0	0	0	0
1984	0	0	10	0	43
1985	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0
1988	0	0	17	0	44
1989	0	0	20	0	0
1990	0	0	17	80	0
1991	0	0	0	80	0
1992	0	0	18	80	0
1993	0	0	0	80	0
1994	0	32	0	55	0
1995	0	0	0	152	0
1996	0	295	56	0	0
1997	0	0	56	0	0
1998	0	0	88	0	0

År	Hjälmaren	Mälaren	Vättern	Vänern	Storsjön
1999	0	0	0	75	0
2000	0	0	0	75	0
2001	0	16	0	75	0
2002	48	0	0	75	0
2003	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	32	0
2005	0	0	282	64	0
2006	20	40	216	24	0
2007	12	90	216	24	0
2008	75	72	216	56	0
2009	25	144	216	81	0
2010	24	160	216	151	0
2011	24	161	81	96	46
2012	131	131	40	48	0
2013	32	150	0	0	0
2014	0	0	40	56	0
2015	0	24	40	80	0
2016	32	172	0	0	0
2017	0	24	122	60	0
2018	0	0	0	80	0
2019	32	112	56	54	0
2020	0	0	288	56	0
2021	0	24	0	80	0
2022	32	112	0	0	0

I mitten av 2000-talet återupptogs systematiska provfisker med bottensatta översiktsnät som en del av den pågående miljö- och resursövervakningen i de stora sjöarna. Försök i mindre skala med olika typer av nät och provtagningsupplägg genomfördes under åren 2005–2007 i Sötvattenslaboratoriets Örebrokontors regi då bland annat två typer av provfisker: Kustöversiktsnät (9 och 11 maskor) och Nordiska nät (12 maskor) jämfördes.

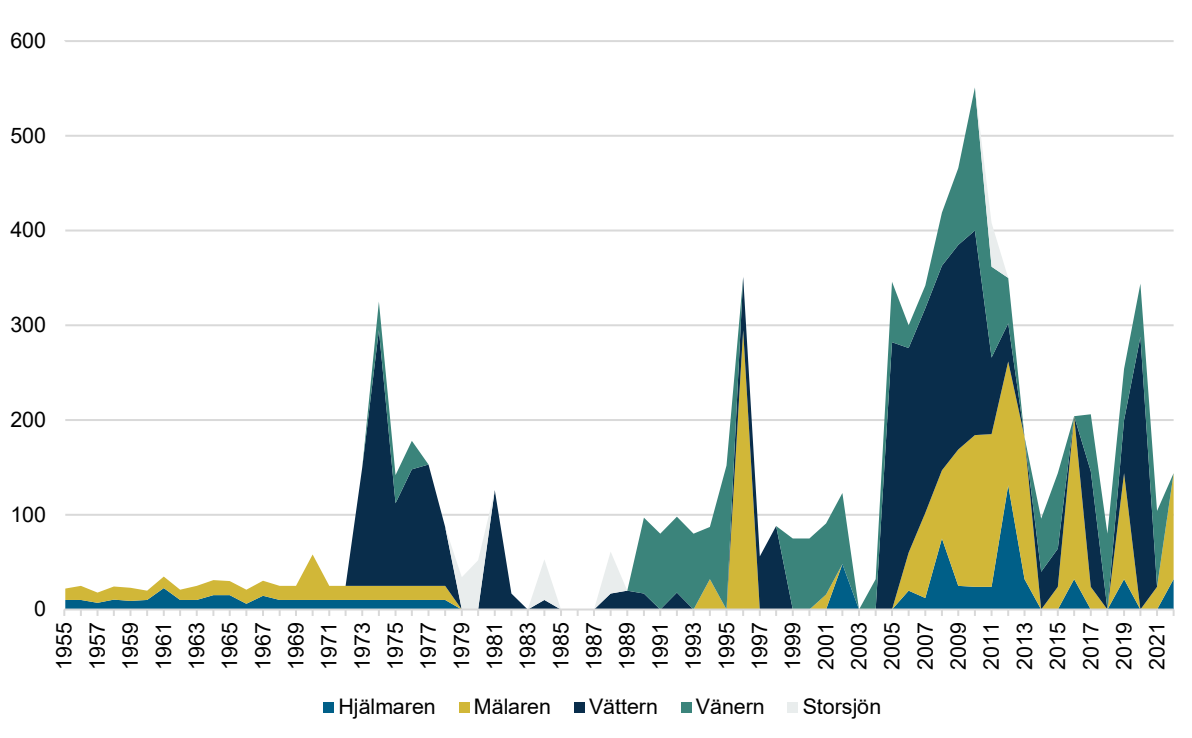
Efter att ha utvärderat statistisk precision i fångst, effekt av vattentemperatur och möjlighet att få ett mått på rekryteringen av gös och andra ekonomiskt värdefulla arter rekommenderades att använda kustöversiktsnät kompletterade med två mindre maskstorlekar för att fånga småvuxna arter och för att få ett bra mått på rekryteringen av främst gös. Man rekommenderade också ett antal områden i sjöarna som skulle vara lämpliga för att "spegla fiskesamhällena" och samtidigt ge ett bra mått på gösens rekrytering. Baserat på dessa erfarenheter inleddes årliga provfisker i Vänern (start 2009), Mälaren (start 2008) och Hjälmaren (start 2008). I Vättern hade systematiska, sjöäckande provfisker inletts redan 2005 för att följa upp de tre stora fiskefria områden som infördes samma år (Sandström m.fl. 2009). I Storsjön gjordes en liknande satsning år 2011 med provfisker med bottensatta nät parallellt med hydroakustisk och trålning (Axenrot m.fl. 2013). För Storsjön har det därefter inte funnits finansiering för regelbunden trendövervakning.



Bild 2. Provfisken med nät i Vättern. Nätdragare och nätlägningsrör behövs för att hantera större nät och djupare fiskeplatser i utsjön. Foto: Magnus Andersson.

Under 2009–2012 pågick årliga provfisken i Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren. Av besparingsskäl minskades provfiskeinsatsen, både vad gäller antal nätansträngningar och frekvens. Från och med 2013 har provfisken utförts enligt en omdrevsprincip med provfisken vart tredje år där Mälaren och Hjälmaren fiskas samma år. I Vättern har Länsstyrelsen i Jönköpings län bidragit med finansiering och personal för att kunna genomföra kompletterande provfisken vissa år så där har frekvensen varit tätare än vart tredje år (Tabell 1, Figur 1).

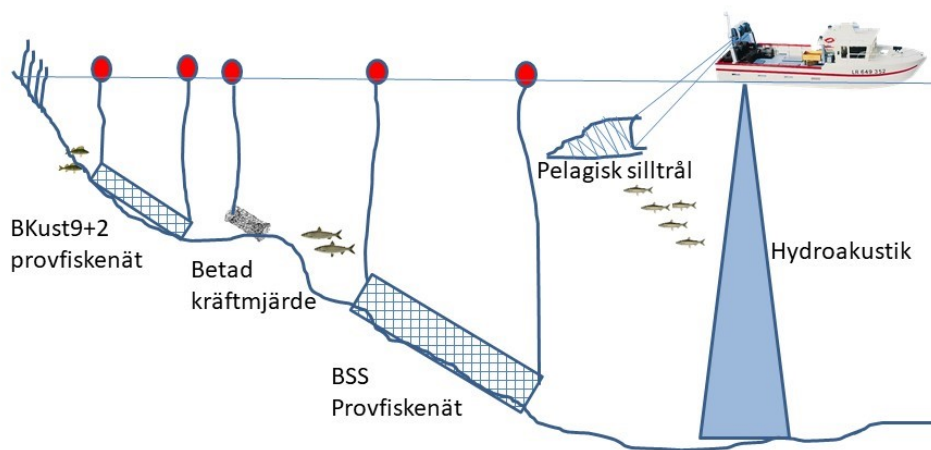
Sett från de första provfiskena på mitten av 50-talet till idag så är det uppenbart att ansträngning, inriktning och utförande varierat avsevärt över tid. Det finns två perioder med fler provfisken 1973–1980 och 2009–2012 och en period med färre provfisken: 1981–2008 (Figur 1, Tabell 1). Den stora variationen i provfiskeansträngning beror i hög grad på bristen av en stabil finansiering. Möjligheterna att få finansiering för fiskövervakning har främst varit under perioder då det funnits uppmärksammade storskaliga miljöproblem, som till exempel övergödning, miljögifter, vattenståndsreglering och/eller överfiske.



Figur 1. Total ansträngning (antal nätnätter per år) i undersökningar med bottensatta översiktsnät i de stora sjöarna under perioden 1955–2021.

Fiske efter kräfta var fram till 1910-talet sporadiskt i de stora sjöarna, förutom i Hjälmaren där kräftfångsterna var rikliga (Fjälling & Fürst 1985). Flodkräftan försvann succesivt p.g.a. kräftpestens framfart i Sverige under början av 1900-talet. Med start från 1969 genomfördes sedan utsättningar av den nordamerikanska arten signalkräfta i de stora sjöarna (förutom i Storsjön), både i form av yngel och vuxna individer. I Hjälmaren etablerade sig kräftorna snabbt och gav fiskbara bestånd redan på 1980-talet, bestånden i Vättern fick ett uppsving under början av 2000-talet och kräftorna i Vänern befinner sig idag i en expansionsfas. Hjälmaren och Vättern är idag två av de kräftrikaste sjöarna i landet med ett yrkesfiske som är starkt beroende av arten (Persson m.fl. 2022). I Vättern har kräftorna successivt blivit allt fler men samtidigt minskat i storlek. En förhöjd täthet av små kräftor skulle kunna påverka sjöns övriga flora och fauna (Bohman & Nyström 2022). I Mälaren erhöles rikliga kräftfångster fram till slutet av 1990-talet men sedan kraschade fisket och har efter det inte återhämtat sig (Persson m.fl. 2022).

Övervakning av signalkräfta genomfördes i Vättern för första gången 2003 av länsstyrelserna runt sjön (Ljung 2004). Dåvarande Fiskeriverket påbörjade övervakningen av kräfta 2009 i Vättern, Hjälmaren, Vänern och Mälaren, i samband med projektet "utveckling av förvaltningen av signalkräfta" (Bohman m.fl. 2013). Idag genomför SLU årlig övervakning av kräfta i Vättern (fem lokaler), Hjälmaren (tre lokaler), Vänern (två lokaler) och Mälaren (en lokal). Dessutom provfiskar länsstyrelserna Vättern vart fjärde år (28 lokaler). Övervakningen sker med betade Lini-burar med 14 mm maskor. Metodiken har modifierats för de stora sjöarna men baseras på "övervakningsmanual för miljöövervakning: provfiske efter kräfta i sjöar och vattendrag" (Havs- och vattenmyndigheten 2016).



Figur 2. Schematisk figur som beskriver de metoder som används för övervakning av fisk och kräftor i Sveriges stora sjöar. **BKust9+2 provfiske nät** används strandnära i Vänern och Vättern och på samtliga djup och miljöer i Mälaren och Hjälmaren. **BSS provfiske nät** är större och används i utsjöområdena i Vänern och Vättern. **Betade kräftmjärde** av standardmodellen LINI används för att övervaka kräftor. **Hydroakustik i kombination med trålning** används för att följa fisken som lever i den fria vattenmassan (så kallade pelagiska fiskar).

2.2 Övrig miljöövervakning i sjöarna

I samtliga av sjöarna pågår sedan långt tillbaka övervakning av en rad andra parametrar än fisk. Denna övervakning i Mälaren, Vänern och Vättern är sedan år 2000 ett separat delprogram av svensk nationell sötvattensövervakning, kallat Stora Sjöar, med särskild finansiering via Havs- och vattenmyndigheten. Hjälmaren ingick tidigare i det nationella programmet men har sedan en tid tillbaka ställts utanför eftersom man velat fokusera resurserna på sjöar med en storlek över 500 km². I Hjälmaren finansieras undersökningar inom ramen för Eskilstunaåns recipientkontrollprogram. I Storsjön i Jämtland är Havs- och vattenmyndigheten och Länsstyrelsen i Jämtlands län viktiga finansiärer för miljöövervakning. Finansiering i samtliga sjöar sker också via vattenvårdsförbundens medlemmar.

Miljöövervakning i Vänern, Vättern och Mälaren utförs inom Havs- och vattenmyndighetens nationella delprogram Stora Sjöar (Lindqvist 2023) och samordnas av respektive vattenvårdsförbund. Inom programmen görs undersökningar av elva olika parametrar, bland annat vattenkemi, växtplankton, djurplankton och bottenfauna. Utöver detta finns även samordnad recipientkontroll främst i tillrinningsområden.

Provtagningen i sjöarna följer svensk och internationell standard med vissa anpassningar till förhållandena i stora sjöar. Tidsserien på vattenkemiska parametrar i stora sjöar (Vänern, Vättern och Mälaren) är några av de längsta vi har i Sverige och data finns från mitten av 1960-talet och framåt.

Förutom löpande undersökningar inom delprogrammet sker även en del undersökningar av mer kortsiktig karaktär. Oftast handlar det om projektvisa insatser, exempelvis studier av miljögifter och läkemedelsrester i vatten och biota eller kartläggning av främmande arter.

2.3 Förutsättningar, utmaningar och prioriterade frågor skiljer sig mellan sjöarna

Miljön i sjöarna är väldigt olika (Tabell 2). Vättern och Storsjön är djupa och näringsfattiga. Vänern är djup och relativt näringsfattig i utsjön fast med några mycket näringsrika vikar och fjärdar. Mälaren är flikig med fjärdar sammankopplade av smala sund, blir grundare och näringsrikare västerut och uppvisar stor variation mellan de många delbassängerna. Hjälmaren är grund, mer homogen än Mälaren och näringsrik.

Tabell 2. Morfologi och näringsförhållanden i Sveriges fem största sjöar. Data från SMHI, SLU:s provfiskedatabas NORS (provtagning juli–september) samt klorofyll a (medelvärde maj–oktober, max och min) från satellitbildsanalyser (Philipson m.fl. 2015) och maximidjup (Kvarnäs 2001).

Sjö	Area (km ²)	Medeldjup (m)	Siktdjup (m)	Maxdjup (m)	Klorofyll a (mg m ⁻³)
Vänern	5 648	27	0.4 – 7.0	106	0.29 – 7.4
Vättern	1 939	39.9	1.2 – 13.8	128	0.27 – 2.8
Mälaren	1 140	13	0.7 – 5.5	63	5.4 – 33.2
Hjälmaren	477	6.1	0.7 – 2.4	22	4.0 – 43.2
Storsjön	458	17.3	6.8 – 7.4	74	saknas

En konsekvens av att sjöarna är så olika är att förekomst, täthet och biomassa av olika fiskarter och även artsammansättning skiljer sig (Tabell 3). I näringsfattiga och djupa Vättern dominerar till exempel laxfiskar, dock med ganska låg täthet, och i grunda och näringsrika Hjälmaren dominerar istället olika karpfiskar och nors i höga tätheter. I dessa stora sjöar utgörs en betydande del av vattenvolymen av öppet vatten där nors är den dominerande arten (i Storsjön är arten införd). Förutom de miljörelaterade skillnaderna finns också väsentliga skillnader i hur yrkes- och fritidsfisket ser ut. En viktig förändring i förvaltningen av fisket genomfördes 1985 då man införde frifiskerätt för handredskapsfiske i samtliga av de stora sjöarna. Mängdfångande redskap, som nät, får användas av fiskerättsinnehavaren på enskilt vatten, och av alla på det som kallas allmänt vatten. I Mälaren finns inget allmänt vatten. Där finns istället det så kallade enskilda frivattnet (består av delar av Prästfjärden samt Norra och Södra Björkfjärden) som infördes samtidigt med förändringarna för handredskapsfisket. I Storsjön finns en stor andel enskilda fiskerätter (Åssjön, Brunflovisken och Bergsviken) och ett område med allmänt vatten (Storsjöflaket). I de andra sjöarna finns även där enskilt vatten men enbart i strandnära områden (tumregeln är att vattnet är enskilt upp till 300 m från land och större öar, för mer exakt information om detta hänvisas till svenskafiskeregler.se). Stora delar av Hjälmaren, Vänern och Vättern är således allmänt vatten.

I Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren har de största utmaningarna för fisket och ekosystemen nyligen listats i samband med att bland annat fiskevårdsplaner, förvaltningsplaner och vattenvårdsplaner tagits fram (se vattenvårdsförbundens websidor). Vissa planer är specifika för enskilda sjöar och andra är gemensamma för samtliga sjöar. Viktiga utmaningar som är gemensamma och betydande i alla sjöar är klimatförändringar och främmande arter. Även problem med miljögifter, övergödning/vattenkvalitet, fysiska störningar av tillrinnande och

avrinnande vattendrag samt vattenståndsreglering finns i samtliga sjöar men varierar i omfattning. Exempelvis är vattenståndsreglering en stor utmaning i samtliga sjöar utom Vättern där variationen i vattenstånd är liten och inte tycks betyda något för fisket (Kao m.fl. 2020). Miljögifter i fisk har varit ett större problem i Vänern och Vättern än övriga sjöar. Det beror dels på att dessa sjöar är mer näringsfattiga (näringsfattiga sjöar har oftast större problem med miljögifter). En annan anledning är att feta laxfiskar oftast har högre halter av organiska miljögifter eftersom många av dessa ämnen anrikas i fett. Laxfiskar är också viktigare för fisket i Vänern och Vättern än övriga sjöar. Storsjön domineras också av laxfiskar men där har inga undersökningar av miljögifter genomförts.

Tabell 3. Fiskarter och kräftor/krabbor i Sveriges fyra största sjöar. I tabellen anges totalfångsten i yrkesfisket 2021, vilka arter som förekommer i respektive sjö samt vilka undersökningsredskap som de olika arterna företrädesvis fångas i. Arterna är sorterade efter förekomst och fet stil anger att de är huvudsakliga målarter för undersökningarna. BSS=Bottennät Stora Sjöar, BKust9+2=Bottennät Kustprovfiske, TRÅL=pelagisk silltrål, MJÄRDE=betad kräftmjärde av standardmodellen LINI. Artlistan är hämtad från Degerman (2004) samt Artdatabanken.se (2023-04-12).

Art	Vetenskapligt namn	Totalfångst (ton)	Vilka sjöar?	Vilka redskap?
Nors	<i>Osmerus eperlanus</i>	0,4	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2, BSS,
Gers	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	0	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2, BSS
Abborre	<i>Perca fluviatilis</i>	64	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2, BSS
Siklöja	<i>Coregonus albula</i>	250	Vn, Vt, Mä	BKUST9+2, BSS,
Mört	<i>Rutilus rutilus</i>	3,6	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2, BSS
Björkna	<i>Blicca bjoerkna</i>	0,03	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2
Gös	<i>Sander lucioperca</i>	437	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2, BSS,
Braxen	<i>Abramis brama</i>	138	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2, BSS
Benlöja	<i>Alburnus alburnus</i>	0	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2
Storspigg	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2, TRÅL
Sik	<i>Coregonus maraena</i>	19	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2, BSS,
Flodnejonöga	<i>Lampetra fluviatilis</i>	0	Vn, Vt, Mä	TRÅL
Lake	<i>Lota lota</i>	39	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2, BSS
Gädda	<i>Esox lucius</i>	70	Vn, Vt, Mä,	INGET
Sarv	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2
Hornsimpä	<i>Myoxocephalus quadricornis</i>	0	Vn, Vt, Mä	BKUST9+2, BSS,
Faren	<i>Abramis ballerus</i>	0	Vn, Mä, Hjä	BKUST9+2
Asp	<i>Aspus aspus</i>	0,9	Vn, Mä, Hjä	BKUST9+2
Röding	<i>Salvelinus salvelinus</i>	4,8	Vt	BSS
Ål	<i>Anguilla anguilla</i>	80	Vn, Vt, Mä,	INGET
Sutare	<i>Tinca tinca</i>	0,9	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2
Lax	<i>Salmo salar</i>	5,3	Vn, Vt, Mä	INGET
Småspigg	<i>Pungitius pungitius</i>	0	Vn, Vt, Mä,	TRÅL
Stäm	<i>Leuciscus leuciscus</i>	0	Vn, Vt	BKUST9+2
Elritsa	<i>Phoxinus phoxinus</i>	0	Vn, Vt, Mä	INGET
Öring	<i>Salmo trutta</i>	7,6	Vn, Vt, Mä	BSS
Id	<i>Idus idus</i>	0	Vn, Mä	BKUST9+2
Vimma	<i>Vimba vimba</i>	0	Vn, Mä	BKUST9+2
Nissöga	<i>Cobitis taenia</i>	0	Vn, Vt, Mä,	INGET
Stensimpa	<i>Cottus gobio</i>	0	Vn, Vt, Mä,	INGET
Harr	<i>Thymallus thymallus</i>	0	Vn, Vt	INGET
Ruda	<i>Carassius carassius</i>	0,1	Vn, Vt, Mä,	BKUST9+2
Regnbåge	<i>Onchorhynchus mykiss</i>	0	Vn, Vt, Mä,	
Bäcknejonöga	<i>Lampetra planeri</i>	0	Vn, Vt, Mä,	INGET
Färna	<i>Squalius cephalus</i>	0	Vn, Vt, Mä	INGET
Bergsimpä	<i>Cottus poecilopus</i>	0	Vn, Vt	INGET
Mal	<i>Silurus glanis</i>	0	Mä, Hjä	INGET
Majfisk	<i>Alosa alosa</i>	0	Vn, Mä	
Skrubbskädda	<i>Plathichtys flesus</i>	0	Vn, Mä	
Skärkniv	<i>Pelecus cultratus</i>	0	Vn, Vt, Mä,	
Sterlett	<i>Acipenser ruthenus</i>	0	Mä	
Signalkräfta	<i>Pacifastacus leniusculus</i>	263	Vn, Vt, Mä,	MJÄRDE
Kinesisk ullhandskrabba	<i>Eriocheir sinensis</i>	0	Vn, Mä	INGET

Sannolikt är belastningen (och därmed halterna) lägre i Storsjön än i Vänern och Vättern, men nyligen har det rapporterats om förhöjda halter av PFAS i abborre och gädda i Storsjön. Motsvarande problem med PFAS finns även i Vänern och Vättern och sannolikt också i Mälaren och Hjälmaren. PFAS i fisk är dock i skrivande stund otillräckligt kartlagda i de flesta av sjöarna. Övergödning är en viktig utmaning, särskilt i Hjälmaren och Mälaren men även i viss mån i delar av Vänern. I näringsfattiga Vättern och Storsjön är övergödning för närvarande inte en prioriterad utmaning annat än i små delområden.

Främmande arter är ett potentiellt hot mot ekosystem och fiske. Främmande arter räknas som invasiva om de kan orsaka skador på ekonomi, miljö och mänsklig hälsa (glansis.se). Jämfört med andra stora sjöar i Nordamerika, Europa och Asien har de svenska stora sjöarna än så länge varit relativt förskonade mot de värsta problemen som invasiva arter kan skapa. En viktig främmande art som introducerats till sjöarna genom utsättningar är signalkräftan. Arten introducerades under 1970- och 80-talen och den är idag mycket vanlig i Sveriges södra och mellersta delar samt sporadiskt förekommande i de norra delarna. Signalkräftan har på senare år blivit allt mer viktig för insjöfisket och år 2021 var arten den viktigaste för fiskets ekonomi. Signalkräfta uppfördes 2016 på EU:s lista över invasiva främmande arter eftersom den sprider kräftpest som flodkräftan saknar motståndskraft mot (EU, 2016). EU-förordningen tillåter att signalkräftan hanteras i förhållande till medlemsstaternas särskilda omständigheter som till exempel genom fiske, förutsatt att det görs i enlighet med ett hanteringsprogram. För detta har ett hanteringsprogram tagits fram som definierar riktlinjer för att minimera artens spridning och förebygga eventuella skadeverkningar på biologisk mångfald (Havs- och vattenmyndigheten, 2020).

2.4 Sjöspecifika förutsättningar och prioriteringar

2.4.1 Vänern

I Vänern har man nyligen antagit en ny vattenvårdsplan. Där listas de fyra största utmaningarna för sjön. De är 1) invasiva främmande arter, 2) vattennivåer och biologisk mångfald, 3) vattenkvalitet och närområden och 4) miljögifter.

2.4.1.1 Främmande invasiva arter

Invasiva arter i Vänern som fått uppmärksamhet på senare år är ullhandskrabban som finns spridd på många platser i Vänern (Leidenberger m.fl. 2021) samt signalkräftan som introducerats avsiktligt. År 2024 kommer det nya ballastvattendirektivet vara fullt implementerat och övergångsperioden passerad. Det bör innebära att risken för introduktionen av övriga invasiva arter minskar, inte bara till Vänern utan även till Mälaren som också har betydande sjöfartstrafik. Provfisken och andra undersökningar är viktiga dels för att utvärdera hur främmande arter påverkar det inhemska ekosystemet men också för att detektera ifall nya främmande arter dyker upp.

2.4.1.2 Vattenståndsreglering

Regleringen av Vänerns vattennivåer har ändrats ett flertal tillfällen de senaste hundra åren. Med undantag av 2001, som hade ovanligt höga vattennivåer (Bergström m.fl., 2010), har amplituden minskat sedan början av 80-talet. Från och med 2008 tillämpade man därför en ny tappningsstrategi enligt en tillfällig överenskommelse (Christensen, 2011). En

sektoröverskridande samverkansgrupp bildades 2018 för att få till stånd en ny strategi, vilket kom till stånd i december 2022. Den nya tappningsstrategin ska till viss del efterlikna den naturliga variationen i vattennivåerna, särskilt på våren och försommaren (Eklund m.fl., 2021). Provfisken kan användas för att följa upp effekter av den nya regleringsregimen.

2.4.1.3 Övergödning

Vattenkvaliteten i Vänern bedöms idag överlag som god. Däremot finns lokala problem med övergödning i avsnörda vikar och mindre delbassänger. Dessa produktiva vattenförekomster som exempelvis Dättern, Brandsfjorden, Kävelstocken, Ölmeviken och Mariestadsfjärden är samtliga viktiga lek- och uppväxtområden för gös och de hyser även en stor mångfald av olika karpfiskar.

2.4.1.4 Miljögifter

Höga halter av vissa miljögifter i fisk uppmärksammades redan på 1970-talet (Almer, 1979) och då var det huvudsakligen kvicksilver som stod i fokus. I dag är halterna av kvicksilver något lägre men fortfarande förhöjda. Samtidigt har organiska miljögifter identifierats som ett akut problem för vissa fiskarter. Under 2011 uppdagades att sik från Vänern hade halter av dioxiner och PCB-liknande ämnen som översteg gränsvärdet för avsalu inom EU. I och med att siken inte togs med i Sveriges undantag för försäljning inom landets gränser av fisk med halter av miljögifter som överskrider EU:s gränsvärden innebar detta att fisket på sik i praktiken upphörde. Fiskare kan idag sälja sik från Vänern givet att de själva finansierar analyser av halten av dessa miljögifter i sin fångst och därefter kan visa att ett givet parti har halter under gränsvärdet. Det innebär att sikfiske idag pågår i liten skala i framförallt södra delen av Dalbosjön där halterna överlag är något lägre (Karlsson, m.fl. 2018). En anledning till att halterna är högre i sik från Vänern jämfört med andra sjöar är att Vänersiken har högre fetthalt (Hållén, m.fl. 2020).

2.4.1.5 Övriga frågor

I Vänern har det genomförts ett antal viktiga förändringar i förvaltningen på senare tid. En sådan var införandet 2021 av ett stort fiskeförbudsområde utanför Gullspångsälven. I detta område är fiske efter lax och öring förbjudet under hela året. Fredningen är riktad mot öring och lax men kan antas få effekter på både yrkes- och fritidsfisket och därmed fler arter i och med att fiske med de flesta mängdfångande redskap förbjuds (lakstrut, mjärde och mörtstuga är tillåtet). Fiske med handredskap (efter andra arter än lax och öring) är fortsatt tillåtet om metoden som sådan inte kräver användning av båt. Nuvarande provfisken med nät täcker inte det fredade området, däremot täcks det in av undersökningar med ekolod och trålning.

Fångsterna i yrkesfisket i Klarälvens mynning har minskat kraftigt på senare år. Yrkesfiskare menar att det kan vara kopplat till minskad näringstillförsel. Därför har sedan ett antal år tillbaka ytterligare ett provfiskeområde lagts till i Sätterholmsfjärden, finansierat av Länsstyrelsen i Värmlands län. Målsättningen är att på sikt kunna följa hur fiskbestånden i detta område utvecklas i jämförelse med övriga områden som följs i Vänern.

En art som lyfts inom samförvaltningen av fisket i Vänern är gädda. Gädda är en generellt datafattig art men baserat på diskussioner i samförvaltningen förefaller fisketrycket öka, vilket bland annat indikeras av ett ökat antal tävlingar. Bristen på dataunderlag gör dock bedömningar av både status och möjlighet till uppföljning svår. Väners vattenvårdsförbund har under flera år uppdragit Sportfiskarna att under våren inventera yngel i utvalda lekområden vilket skulle kunna

fungera som uppföljning av förändrad tappningsstrategi (Eriksson 2022). Därtill samlar Sportfiskarna in data från sportfisket vilket kan användas för enklare bedömningar av gäddans status i Vänern (se Fiskbarometern.se). Under 2022 gjordes en särskild satsning på ett spöprovfiske vilket möjliggjorde en jämförelse med liknande provfisken på kusten (Sundblad 2023), men det saknas i dagsläget en långsiktig övervakning av gädda. Inte bara i Vänern, utan även övriga sjöar.

2.4.2 Vättern

I förvaltningsplanen för fisk och fiske i Vättern (Vätternvårdsförbundet, 2017) listas vad som anses vara de tre största utmaningarna för fisket och ekosystemet i Vättern: klimatförändringar, främmande arter och miljögifter.

2.4.2.1 Klimatförändring

En viktig utmaning är den pågående förändringen av klimatet vilket bedöms få långtgående effekter på fisk, fiske och ekosystem i samtliga av de stora sjöarna. Temperaturen utgör en av de mest grundläggande faktorerna för fiskars överlevnad, tillväxt och reproduktion. I Vättern finns en farhåga att rödingen missgynnas av klimatförändringarna, dels genom direkta effekter på tillväxt och överlevnad men också via indirekta effekter som tillgång på föda för ynglen (Jonsson och Setzer, 2015). Ytvattentemperaturen i Vättern har ökat med cirka 2 grader sedan 80-talet, och då framförallt under vinterhalvåret.

2.4.2.2 Främmande arter

Signalkräftan är idag den kommersiellt viktigaste arten i Vättern. Det sammanlagda värdet av det yrkesmässiga fisket efter signalkräfta i Vättern har under de senaste tio åren utgjort ca 90 % av värdet på fisket i sjön (Persson m.fl. 2022). Det är också en invasiv främmande art som på relativt kort tid ökat kraftigt i antal. Det finns idag behov av mer kunskap när det gäller signalkräftans roll och påverkan på ekosystemet, hur den tillväxer och vilken roll fisketrycket har på förändringarna i storlek och antal (Bohman & Nyström, 2022). Under 2023 upptäcktes Större rovmärsla (*Dikergammarus villosus*) och 2014 Nyazeeländsk tusensnäcka (*Potamopyrgus antipodarum*) i sjön. Det är i dagsläget oklart vilka effekter de kan ge på ekosystemet. Risken för spridning och påverkan på strandzonens småkryp får dock bedömas som hög.

2.4.2.3 Miljögifter

I Vättern har det under en lång tid funnits problem med miljögifter i fisk, särskilt gäller detta röding men också öring, lax och sik. I likhet med Vänern har halterna av vissa organiska miljögifter som dioxiner, dioxinlika PCB:er och PCB:er varit höga och i vissa fall överstigit EU:s gränsvärden för handel. Halterna i sik har inte varit så höga som i Vänern men tillräckligt höga för att det ska innebära en tydlig begränsning för fisket (Hållén m.fl. 2019). Halterna av de flesta av dessa miljögifter sjunker stadigt sedan deras användning reglerades (Bignert m.fl. 2020). Tyvärr finns fortfarande problem med andra miljögifter, som till exempel PFAS, som kan innebära nya begränsningar för fisket och därför behöver följas upp och åtgärdas.

2.4.2.4 Övriga frågor

En viktig målsättning med provfiskerna i Vättern har varit att följa upp effekterna av införandet av fiskefria områden som skedde hösten 2005. Då införde dåvarande Fiskeriverket totalt fiskeförbud

(förutom kräftfiske) i tre större områden i Vättern, motsvarande ca 16 % av sjöns totala yta och drygt 25 % av huvudbassängen, öppna Vättern. Samtidigt infördes också utökade lekfredningsområden och ändrade fiskeregler. Bakgrunden till beslutet var att på sikt kunna stärka röding- och sikbestånden som haft en negativ trend under en rad år. I samband med införandet av fredningsområdena inleddes också ett omfattande uppföljningsprogram med huvudsyfte att följa upp effekten av fiskeförbudsområdena och de andra regelförändringarna. Sannolikt är försöken med fredning i Vättern ett av de mest omfattande hittills, även ur ett internationellt perspektiv. Fredningen i Vättern kan därför anses vara en unik möjlighet att studera fiskefria områden i svenska förhållanden. Preliminära resultat visar att fredningen inledningsvis hade högre tätheter av fisk än fiskade områden och därför föreföll att bidra till att gynna fiskbestånden (Sandström m.fl. 2009). På senare år förefaller det som att det inte finns några större skillnader mellan fiskade områden och de skyddade områdena. De fredade områdenas betydelse under senare tid behöver dock utvärderas mer grundligt. En svårighet är t.ex. att man införde många olika fiskeregler samtidigt som fredningen infördes. Det innebär att det kan vara svårt att skilja effekterna av en fredning från de övriga förändringar som gjordes. Sedan ett par år genomförs en studie med akustisk telemetri för att kunna studera hur rödingar rör sig i anslutning till de fredade områdena i Vättern. Det sker även andra telemetriundersökningar i på arter som harr, gädda och lax.

2.4.3 Mälaren

Mälarens vattenvårdsförbund har nyligen publicerat en vision för det framtida arbetet. Där finns en lista på utmaningar som anses viktiga för Mälaren. Prioriterade områden är: 1) övergödning, 2) klimatförändringar, 3) miljögifter, 4) fysiska hinder i tillrinnande vattendrag och fysisk störning samt 5) främmande arter.

2.4.3.1 Övergödning

Övergödning är fortsatt problematiskt i delar av Mälaren, även om halterna av näringsämnen sjunkit jämfört med de höga nivåerna på 1950–1970-talet. Vissa av Mälarens 32 vattenförekomster klarar fortfarande inte vattendirektivets krav och fyra vattenförekomster bedöms till och med ha dålig ekologisk status på grund av övergödningens problemen (Västerås hamnområde, Stora Ullfjärden, Väsbyviken och Skofjärden). Ytterligare fyra vattenförekomster (Galten, Garnsviken, Ulvsundasjön och Årstaviken) har otillfredsställande status på grund av bland annat höga fosforhalter och avvikande växtplanktonsammansättning (VISS, 2021-10-06). Eventuellt kan övergödningen även samverka med klimatförändringar, syreförhållandena kan till exempel förvärras ifall vattnet blir varmare och stagnationsperioden sommartid blir längre. Fiskundersökningar kan användas för att följa upp hur övergödningens relaterade problem påverkar fisksamhällena.

2.4.3.2 Främmande invasiva arter

Mälaren har 22 främmande arter (Nellbring 2011). Av dessa är det största hotet mot ekosystemet just nu makrofyten sjögull. Arten finns etablerad på ett antal lokaler i västra Mälaren. Den kan bilda täta bestånd på grunt vatten (växer ned till cirka 3 m djup). Förutom att konkurrera ut inhemsk flora omöjliggör de täta bestånden fiske, båtliv och bad. Exakta effekter på Mälarens ekosystem är inte utredda men kan sannolikt vara omfattande. Nyligen påträffades Mindre rovmärla (*Dikergammarus haemobaphes*) i Albysjön vilket är en sjö som sitter ihop med Mälaren. Arten kommer därför med stor sannolikhet sprida sig till Mälaren och det är oklart vad

den kan få för effekter på ekosystemet. Provfisken och andra undersökningar är viktiga dels för att utvärdera hur främmande arter påverkar det inhemska ekosystemet men också för att detektera ifall nya främmande arter dyker upp. En viktig del i övervakningen av främmande arter är att genomföra provfisken av signalkräfta. Idag genomförs kräftprovfiske årligen endast vid en lokal (Lambarudd). Samarbete mellan SLU, länsstyrelserna och fiskevattenägare runt sjön är viktigt, särskilt för signalkräfta men även för andra främmande invasiva arter som kan fångas i fisket. Med ett ökat samarbete kan mer fångstdata samlas in och fler provfisken i olika delar av Mälaren utföras.

2.4.3.3 Övriga frågor

En viktig förändring som skett i regleringen av fisket i Mälaren var höjningen av minimimåttet för gös från 40 till 45 cm som skedde sommaren 2012. I samband med detta genomfördes också förändringar i minsta tillåtna maskstorlek i grovmaskiga nät. Undersökningar av fiskbestånden kan användas för att följa upp hur förändringarna i minimimått på gös påverkat bestånden. Som nämnts tidigare är det inte helt klarlagt vilka halter av PFAS som finns i fisk och kräftor i Mälaren. Det finns dock indikationer på att de kan vara nära de gällande gränsvärdena i vissa delområden (Waldetoft & Karlsson, 2023). Halterna i dricksvatten är dessutom problematiskt höga i förhållande till kommande gränsvärden och PFAS pekas ut som en av de enskilt största riskerna för dricksvatten och ekosystem i en nyligen publicerad riskanalys (Mälarens vattenvårdsförbund, 2023).

2.4.4 Hjälmaren

För Hjälmaren finns ingen publicerad vattenvårdsplan. Däremot är en förvaltningsplan för fisket under utveckling. Där listas tre viktigaste utmaningarna för Hjälmarens ekosystem och fiske: 1) vattenståndsreglering, 2) övergödning, och 3) klimatförändringar. Man poängterar att dessa tre utmaningar i hög grad samverkar och är svåra att skilja från varandra.

2.4.4.1 Vattenståndsreglering

Hjälmarens vattenstånd reglerades kraftigt redan 1888, i samband med det som kallades ”den stora sjösänkningen”, en av de mest omskrivna och omfattande regleringarna av en svensk sjö som någonsin företagits. Bland annat sänktes medelvattenståndet med 1,9 m och stora ytor torrlagd sjöbotten kunde tas i anspråk som jordbruksmark (Håkanson, 1978). Vattenståndet regleras numera av Hjälmarens vattenförbund som i möjligaste mån försöker följa den gällande vattendomen som anger att sjöns nivå måste ligga mellan 22,10 och 21,62 meter samt att vattenståndet sommartid ska följa en rät linje från 21,95 m den 20 maj och 21,73 m den 1 oktober. Under senare år har det blivit allt svårare att hålla vattenståndet på eller över den räta linjen sommartid. Istället har vattennivåerna varit lägre än den räta linjen beroende på hög avdunstning varma sommardagar i kombination med låg nederbörd och eventuellt en otillräckligt fungerande damm i Hyndevad som används för att reglera avrinningen från Hjälmaren ned i Eskilstunaån (Norconsult, 2021). Under perioden 2016–2021 har fyra av sex år haft vattenstånd lägre än vattendomen under minst 100 dagar årligen. Cirka 85 % av tiden har vattenståndet under denna period legat under den räta linjen. Särskilt åren 2017 och 2020 har haft mycket låga vattenstånd. Som mest har vattenståndet varit 16 cm under vattendomen (september 2020). Trots att det inte rört sig om mer än några decimeter får låga vattenstånd större konsekvenser i den långgrunda och steniga Hjälmaren än i de flesta andra sjöar. Särskilt den kallvattenberoende norsen, som är en viktig art i Hjälmarens ekosystem, är troligen känslig mot ett varmare klimat

(Gaeta m.fl. 2012). Regelbundna undersökningar i Hjälmaren är därför viktiga för att följa upp hur känsliga arter som nors och ekosystemet utvecklas (Axenrot 2019; Axenrot & Rogell 2020a, 2020b).

2.4.4.2 Övergödning

Övergödningssituationen är en annan mycket viktig utmaning för ekosystemet i Hjälmaren och det är alltså ett stort problem även om belastningen av näringsämnen sjunkit jämfört med de höga nivåerna på 1960- och 70-talet. Samtliga vattenförekomster klarar fortfarande inte vattendirektivets krav och bedöms ha dålig ekologisk status på grund av övergödningssituationen. Förslaget i skrivande stund är att man behöver uppnå god status senast 2033. Trots lägre belastning har fosforhalterna i Storhjälmaren och Östra Hjälmaren inte minskat nämnvärt, vilket troligen beror på så kallad internbelastning. Med det menas att det finns fosfor lagrat i sedimenten som frigörs med jämna mellanrum och ser därmed till att hålla halterna på en fortsatt hög nivå (Karlsson m.fl. 2019). Eventuellt kan övergödningen även samverka med klimatförändringar, sjöregleringen och syreförhållandena kan till exempel förvärras ifall vattnet blir varmare och stagnationsperioden sommartid blir längre. Under syrefria förhållanden frigörs dessutom bunden fosfor från sedimenten.

2.4.4.3 Övriga frågor

För att nå de mål som fastslagits i EU:s vattendirektiv behöver halterna av fosfor i Storhjälmaren och Östra Hjälmaren minska med cirka 50 %. I samband med detta har en rad mycket omfattande och storskaliga åtgärder diskuterats för att reducera fosforhalten och därmed nå målet om god ekologisk status. Fiskundersökningar behövs för att följa upp hur Hjälmarens ekosystem påverkas av övergödning och även för att följa upp hur ekosystemen påverkas av eventuella fosforreducerande åtgärder.

Det har inte gjorts några förändringar i fiskereglerna i Hjälmaren på många år. En viktig förändring som gjorts tidigare och som ledde till att yrkesfisket efter gös blev det första insjöfisket i världen som miljöcertifierades enligt Marine Stewardship Councils kriterier var att dåvarande Fiskeriverket efter diskussion med lokala fiskare och länsstyrelser 2006 höjde minimimåttet på gös från 40 cm till 45 cm. Man justerade då även minsta tillåtna maska i näten till 60 mm mellan knutarna i syfte att minimera bifångst av undermålig gös. När det gäller storleken på landad kräfta så är rekommendationerna från yrkesfiskarna att ta de som är lite större än 100 mm (ofta landas istället kräftor runt 105 mm). Fisket av kräfta ser annorlunda ut i Hjälmaren till skillnad från Vättern, då en större del av sjön utgörs av enskilda fiskevatten utan tillträde för allmänheten. Fisket ser därmed ut att förvaltas på ett mer återhållsamt sätt vilket kan vara en av orsakerna till att Hjälmaren inte har samma problematik med många men småvuxna kräftor som i Vättern. Till skillnad från Hjälmaren har Vättern större ytor av allmänt vatten där flera fiskare konkurrerar om samma resurs.

2.5 Målsättningar, krav och användningsområden för fiskundersökningar

Målsättningen med fiskundersökningar i de stora sjöarna har vidgats under 2000-talet. Förutom den ursprungliga målsättningen, att använda provfisken i första hand som underlag till förvaltning och utvärdering av förvaltningsåtgärder med hjälp av data som är oberoende av yrkesfisket, har

användningen av data från provfisken och hydroakustik för att bedöma ekosystemens/miljöns status blivit allt viktigare. Provfiskenas användbarhet för att bedöma ekologisk status har tidigare utvärderats av Philipson m.fl. (2015) där i första hand effekter av övergödning utvärderades genom att provfiskefångsterna jämfördes med data från satelliter.

Avseende förvaltningen av fisket är det viktigt att kunna bedöma beståndsstatus via tidstrender för rekrytering, täthet/biomassa, ålders- och storleksstruktur samt dödlighet för de arter som är viktigast för fisket. De arter som bedöms som viktigast i dagsläget är abborre, braxen, gädda, gös, lake, lax, röding, signalkräfta, sik, siklöja och öring. Även för arter som är viktiga bytesfiskar för fiskets målarter görs bedömningar (nors bedöms till exempel årligen trots att den inte är föremål för fiske). När det gäller signalkräfta kan inte ålder bestämmas så istället analyseras antal och storleksfördelning över tid.

De prioriterade beståndens status beskrivs årligen och har tidigare getts ut i en rapport från Havs- och vattenmyndigheten. Namnet på rapporten har varierat men har de senaste åren benämnts; "Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten, Resursöversikt". Efter ett utvecklingsarbete som gjorts gemensamt mellan SLU och Havs- och vattenmyndigheten har upplägget ändrats från och med 2023. Istället för en rapport presenteras varje bestånd på en webportal som fått namnet "Fiskbarometern", vilken ges ut av SLU (fiskbarometern.se). För varje bestånd ges en av fem statusklassningar. För bestånd där data saknas eller är av för låg kvalitet blir statusklassningen att "beståndet kan ej bedömas". För övriga bestånd ges en biologisk statusbedömning som anger om beståndet är utom eller inom biologiskt säkra gränser samt säkerheten i bedömningen. De fyra klassningarna blir således:

- Beståndet är mycket sannolikt inom biologiskt säkra gränser
- Beståndet är sannolikt inom biologiskt säkra gränser
- Beståndet är sannolikt inte inom biologiskt säkra gränser
- Beståndet är mycket sannolikt inte inom biologiskt säkra gränser

Formuleringen om biologiskt säkra gränser kommer från Havs- och vattenmyndighetens målsättning om hur fiskbestånden ska förvaltas (Havs- och vattenmyndigheten, 2020). För att bättre beakta och inkludera regionala målsättningar ska i fortsättningen analyserna som ligger till underlag för bedömningen på ett tydligare sätt än tidigare knytas till regionala samrådsgrupper och förvaltningsplaner. Den bedömning som presenteras i Fiskbarometern är i hög grad beroende av resultat från pågående fiskundersökningar och ett förändrat upplägg på undersökningarna kommer således att på sikt förändra även beståndens statusbedömningar.

I Vättern finns sedan flera år tillbaka en sexårig förvaltningsplan för fisket (Vätternvårdsförbundet, 2017) som i skrivande stund genomgår en revidering. I Väneren finns en fisk- och fiskevårdsplan (Länsstyrelsen, 2018) och i Mälaren och Hjälmaren är förvaltningsplaner för fisket under utveckling. I samtliga av dessa dokument föreslås sjöspecifika indikatorer för att kunna följa upp i vilken grad planernas målsättningar uppnås. Det är således viktigt att fiskundersökningar och analyser därtill så långt möjligt anpassas till dessa regionala mål och tillgängliga resurser.

Avseende miljörelaterade målsättningar är de svenska Miljömålen viktiga, då särskilt målen "Ingen övergödning", "Levande sjöar och vattendrag", "Ett rikt växt- och djurliv" samt i viss mån "Giffri miljö". Ett annat viktigt område är EU:s vattendirektiv där fisk är en av de organismgrupper som används för att bedöma ekologisk status. De nuvarande bedömningsgrunderna för fisk i

sjöar är dock inte direkt tillämpbara i större sjöar utan avsedda att bedöma status i mindre sjöar (Holmgren m.fl. 2017).

2.5.1 Ekosystembaserade ansatser blir allt viktigare

Inom fiskeriförvaltningen, både internationellt och i Sverige, har det länge förts diskussioner om hur man ska kunna ta större ekosystemhänsyn. Det är dock först det senaste decenniet som det blivit allt mer vanligt förekommande runtom i världen och därmed en väsentlig komponent i förvaltningen av fisket (Bryhn m.fl. 2021). Det finns målsättningar både på internationell, nationell och regional nivå om att stegvis låta förvaltningen bli mer ekosystembaserad (Garcia m.fl. 2003; Grimvall m.fl. 2019; HaV, 2022). Det innebär att förvaltningen behöver förändras på många olika plan (Trochta m. fl. 2019). De mest angelägna förändringarna, som har relevans för arbetet med denna översyn, är att det blir viktigare att ta hänsyn till fler arter (och inte bara fiskar) än de som är viktiga för fisket, att undersökningarnas upplägg gör det möjligt att bedöma artinteraktioner och ekosystemets funktion samt att fiskeintressenter bör bli mer involverade i förvaltningen (Marshall m. fl. 2018; Long m. fl. 2015; Rouillard m. fl. 2018). Möjligheten att implementera ekosystembaserad fiskförvaltning har nyligen utvärderats i Vättern (Bryhn m. fl. 2021). Författarna kom fram till att den viktigaste enskilda faktorn för att lyckas med ekosystembaserad fiskförvaltning är att det finns ett långsiktigt, faktabaserat och uthålligt arbete där samtliga nationella och regionala myndigheter och aktörer är engagerade.

2.6 Nuvarande upplägg på fiskundersökningar

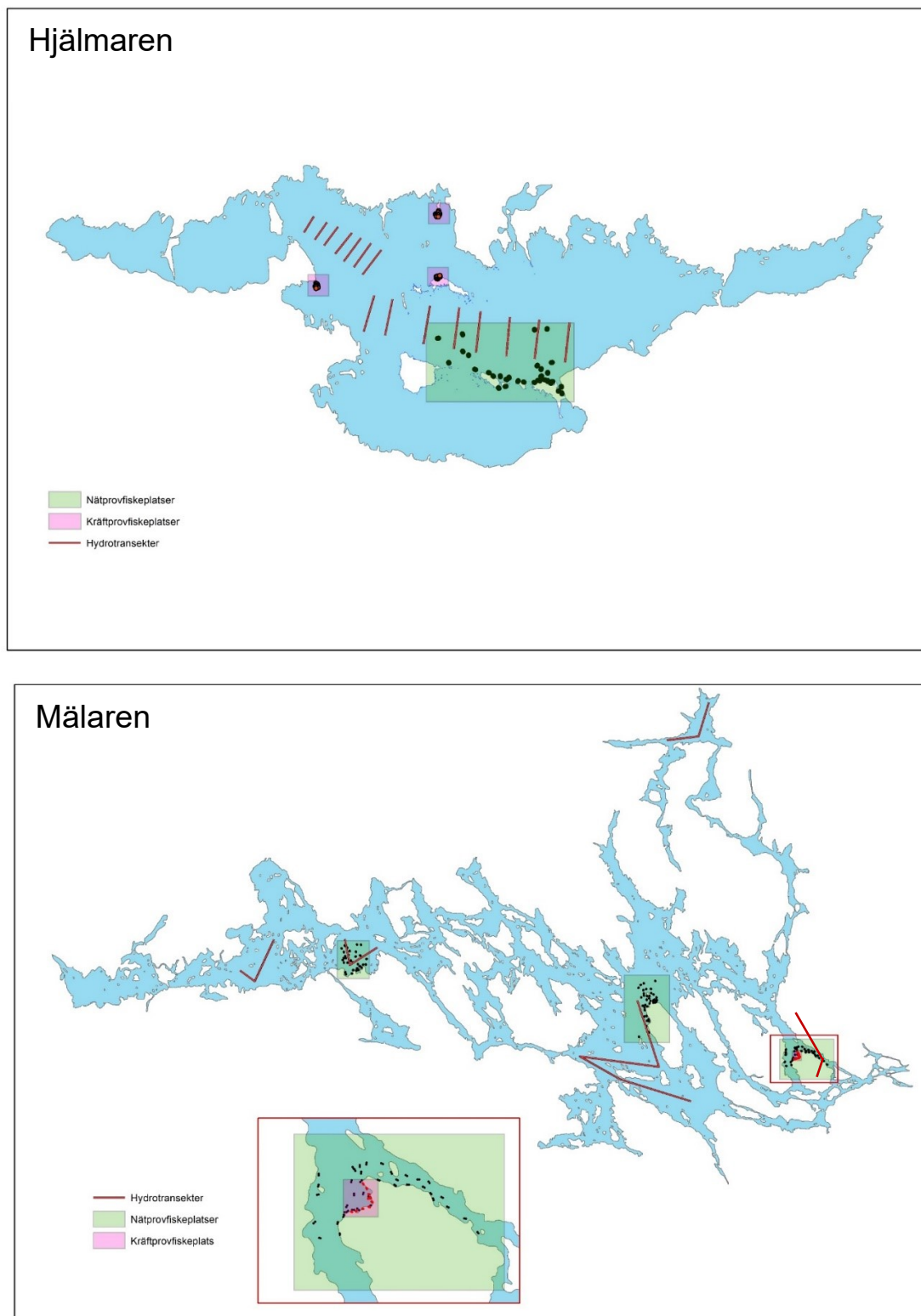
Pågående övervakningsprogram av fisk och kräftor i stora sjöarna består av flera olika delar (Figur 3). De viktigaste är:

- Övervakning av signalkräfta. Signalkräfta övervakas med betade burar (Lini cylindermjärde, 14 mm) i kombination med insamling av stickprov från yrkesfisket (som använder flera olika burkonstruktioner). Provfiskemetodiken som används för de stora sjöarna har modifierats något, men följer i stora drag den standardiserade metoden för kräftfiske i mindre sjöar (för mer detaljer se Persson m.fl. 2022; Havs- och vattenmyndigheten 2016).
- Övervakning av fisk i Vänern och Vättern. Övervakningen av fisksamhällena är i Vänern och Vättern uppdelad i utsjöområden och strandnära områden. Anledningen till detta är att utsjöområdena har andra förutsättningar, bland annat har de stora djup och starka strömmar som påverkar vilka redskap som är lämpliga att använda. Utsjön i Vänern och Vättern övervakas med en kombination av trålning, hydroakustik och provfiske med stora bottensatta nät av typen BSS. De mer strandnära och grundare områdena i Vättern och Vänern övervakas med mindre bottensatta nät av typen BKust9+2. I Vättern har dock de strandnära områdena med undantag för en större insats 2020 inte övervakats alls. Undantagsvis täcks dessa områden också av trålning och hydroakustik men den senare metoden begränsas i viss mån av djupet och ekolodets närgräns (se Axenrot, 2020 för mer detaljer om detta).
- Övervakning av fisk i Hjälmaren och Mälaren. I dessa sjöar finns ingen motsvarande utsjö med besvärliga djup- och strömförhållanden som i Vänern och Vättern. Därför bedrivs fiskundersökningar med en kombination av hydroakustik och trålning på djupare områden och bottensatta nät av typen BKust9+2 i strandnära områden (i likhet med Vänern och Vättern).

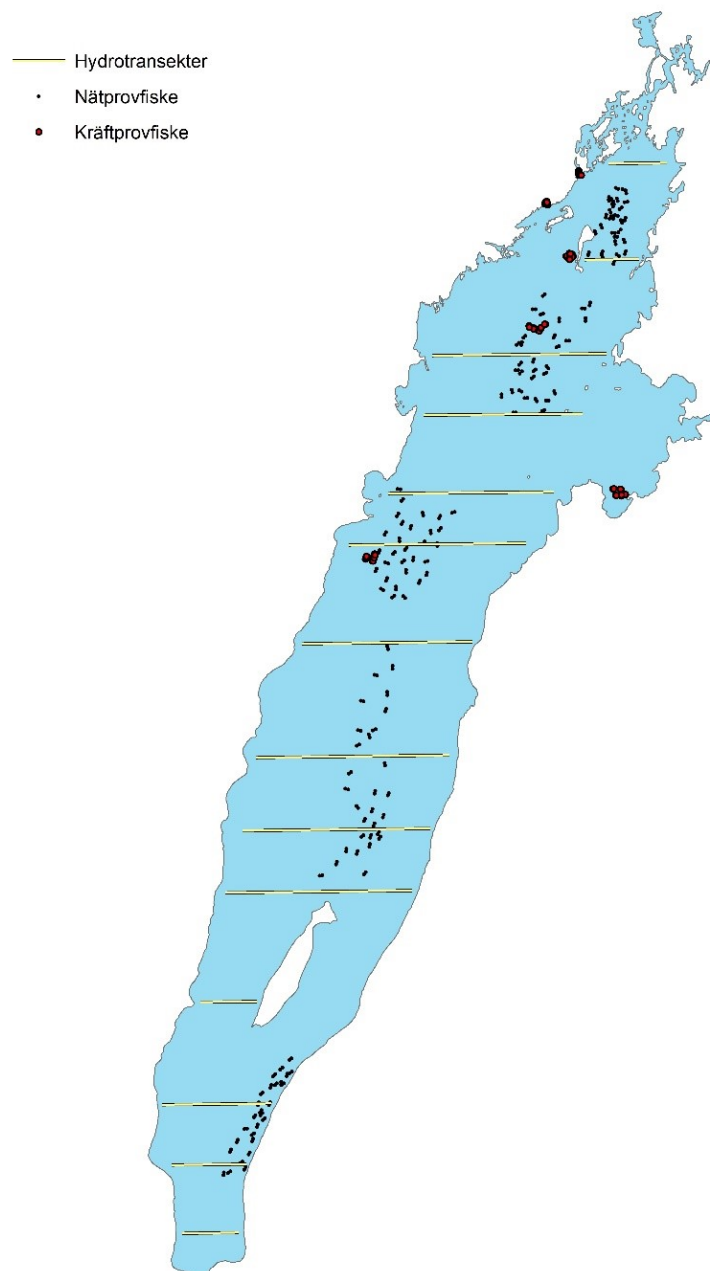
Sjöarnas storlek gör det orealistiskt att följa det upplägg som övervakningsmanualen för mindre sjöar specificerar, där man fördelar provfiskeanstängningen jämnt över hela sjöytan (Holmgren & Kinnerbäck, 2016; CEN, 2005). Istället genomförs provfiskena på samma sätt som i kustområden

där provfiske istället sker i väldefinierade delområden som antas vara representativa för ett större havs/sjö-område (Karlsson m.fl. 2020). Redskapet BKust9+2 är samma typ av bottensatt översiktsnät som används på kusten, men med två extra paneler med små maskor (se nedan).

Figur 3. Kartor över undersökningsområdena i de olika sjöarna.

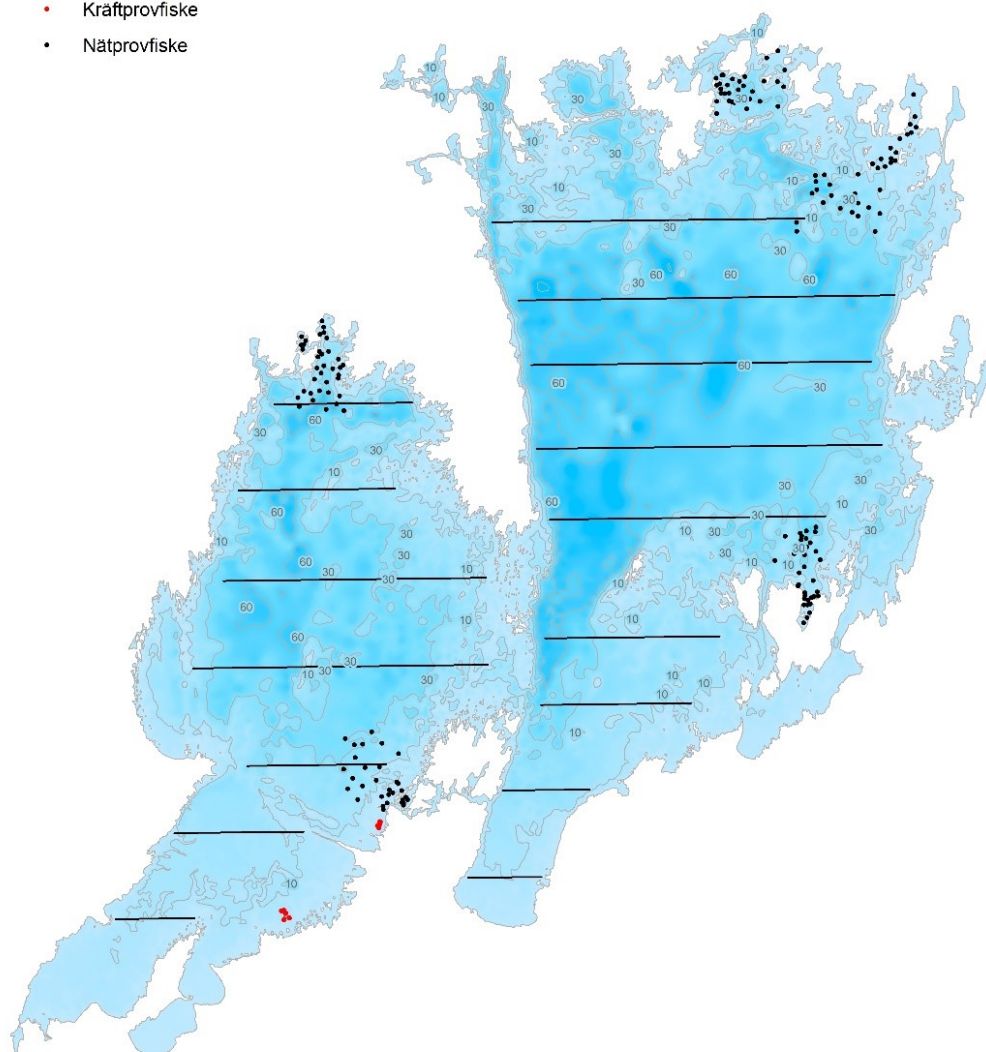


Vättern



Vänern

- Hydrotransekter
- Kraftprovfiske
- Nätprovfiske



2.7 Hydroakustik och trålning

I Axenrot (2020) beskrivs nuvarande metodik med hydroakustik och trålning i sötvatten ingående och i Axenrot & Rogell (2022a, b och c) beskrivs de senaste rapporterade resultaten (2021) från de sjöar som ingår i programmet vilka rapporteras årligen i SLU:s rapportserier. De hydroakustiska undersökningarna följer den europeiska standarden (CEN, 2014). Både resultat och metodik har beskrivits i flertalet rapporter och vetenskapliga artiklar (Axenrot och Degerman 2016; Sandström m.fl. 2014).

Stora sjöar består till stor del av öppet vatten, och ibland stora djup, som övervakas bäst med hydroakustiska metoder. För beståndsskattning av fisk i öppet vatten (pelagiska fiskar) i de stora sjöarna används hydroakustik som kompletteras med korta tråldrag på representativa djup för att tillskriva hydroakustiska data biologisk information om art- och storlekssammansättning. Hydroakustiska data registreras, lagras och analyseras med särskilda, specialiserade programvaror. Resultaten från den sammanväga analysen där tråldata och hydroakustik kombinerats ges som antal fiskar och fiskbiomassa (per art/storleksgrupp) per hektar (eller annan vald ytenhet) per delområde eller hel sjö. Vid de årliga undersökningarna följs på så sätt rekrytering och beståndsutveckling för målarterna.

Hydroakustik/trålning och nätprovfisken kan komplettera varandra vid beskrivning av hela fisksamhället i en sjö. Vissa arter fångas i både nätprovfisken och trålning och kan då även användas för att förbättra tolkningen av hydroakustiska data och statusen hos pelagiska bytesfiskar, som är de huvudsakliga målarterna för de hydroakustiska undersökningarna.

2.7.1 Fångst- och omgivningsdata

Fångstantal och vikt från de olika tråldragen registreras artvis uppdelat på två olika maskstorlekar (5 mm och 7 mm) på grund av att det sitter ett extra, något finmaskigare, nät utanpå trålens påse. För varje tråldrag registreras också en rad övriga parametrar. De data som alltid samlas in är:

- *Data som registreras om de enskilda tråldragen*
 - Sjö
 - Delområde
 - Fångstdatum
 - Fartyg
 - Station
 - Datum
 - Dragnummer
 - Stropplängd/fiskedjup
 - Lokal tid (start)
 - Lufttemperatur
 - Ytvattentemperatur
 - Vindriktning
 - Vindhastighet
 - Trålriktning (grader)
 - Tråltid (min)
 - Trålhastighet (knop)

- Trållängd vind – styrka och riktning
- *Data som registreras uppdelat på de olika maskstorlekarna*
 - Fiskart
 - Antal individer
 - Vikt (g)

2.7.2 Individdata

Ett urval av fångsten längdmäts till hela millimeter och alla individdata registreras per maska. För vissa arter kan det ibland handla om stora fångster (räknat till antal) av särskilt nors och även siklöja, om arbetsinsatsen bedöms bli för stor mäts endast ett stickprov om minst 200 individer. För övriga arter som oftast förekommer i lägre tätheter mäts vanligtvis samtliga individer i fångsten.

Provtagning av de vävnader som används för åldersbestämning och analys av tillväxt görs på ett stickprov av fångsten. Dissektionerna sker delvis i fält men en del fisk fryses även hel och tas med till ett laboratorium för senare analys. Detta gäller särskilt nors eftersom det kan vara besvärligt att könsbestämma mindre norsar utan stereomikroskop. I samband med dissektioner registreras andra parametrar som till exempel kön, gonadstatus och maginnehåll.

Data som registreras om individer

- Sjö
- Delområde
- Station
- Provtagningsdatum
- Stropplängd/fiskedjup
- Tråldrag
- Maska
- Art
- Längd (mm)
- Vikt (g)
- Kön (provtagen)
- Åldersprov (provtagen)
- Kön
- Antal otoliter
- Gonadstatus
- Maginnehåll
- Namn på personen som genomförde dissektionen

2.8 Provfisken med bottensatta översiktsnät

Översiktsnät är nät som består av flera sektioner (paneler) med olika maskstorlekar vilka sammantaget ger en ögonblicksbild av fiskartsammansättningen, den relativa förekomsten och storleksstrukturen hos de enskilda fiskarterna som finns i den provfiskade sjön/lokalen. Resultat

från standardiserade provfisker kan jämföras, både med andra sjöar eller områden som provfiskats på samma sätt, och med tidigare provfisker från samma område/sjö.

De olika översiktsnäten slumpas ut i representativa delområden i olika djupzoner. Ansträngningen i olika djupzoner är dock inte helt och hållet proportionell med de olika djupzonernas yttandel i delområden utan ansträngningen har i viss mån justerats för att optimera fångsten av vissa målarter för fisket. Antalet nät bestäms av delområdets storlek och maximidjup. Redskapen placeras ut på kvällen (17.00–19.00) och vittjas påföljande morgon (07.00–09.00). Vid nätläggning noteras djupet vid nätets båda ändar. Samtliga provfiskeuppgifter matas sedan direkt i fält in i HD-Fish som är ett inmatningsformulär i databasprogrammet Microsoft Access (Dahl & Dahlberg, 2019).

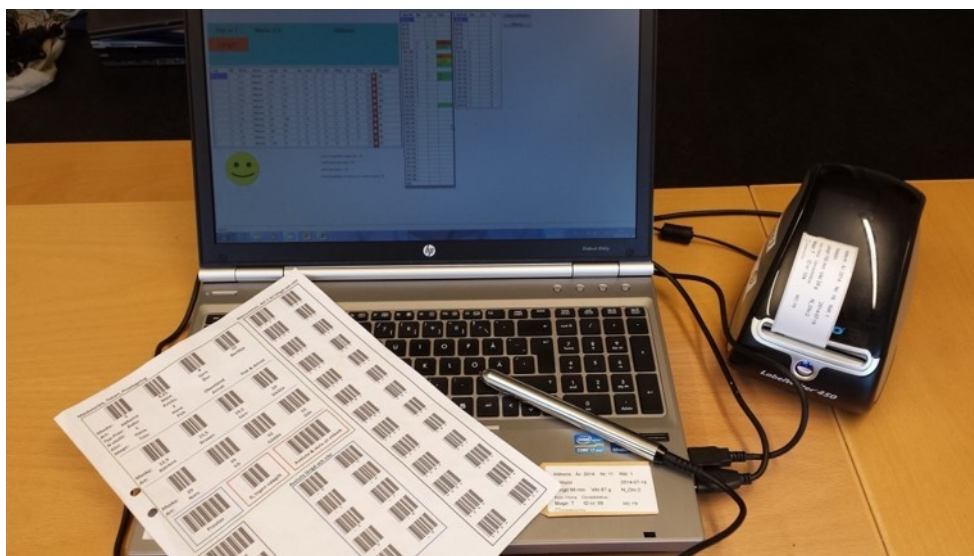


Bild 3. Vid fältharbete används applikationen HD-Fish som utvecklats för inmatning av data från nätprovfisker. Läspennor och art- och storleksspecifika streckkoder används för att göra inmatningen snabb och säker. Foto: Magnus Dahlberg.

2.8.1 Vilka nät används?

I de stora sjöarna används två olika nättyp: BSS-nät och Bkustnät.

BSS står för Bottennät Stora Sjöarna. Dessa nät är framtagna av Sötvattenslaboratoriet till provfiskerna i de stora sjöarna för att fånga målarter för fisket som exempelvis röding, sik, lake och gös i Väner och Vättern. Näten har utvecklats för att fungera på större djup och på platser med besvärliga strömförhållanden. BSS-näten är 5 m höga och 300 m långa. BSS-näten har använts i de stora sjöarna sedan 2005. De består av fem hopsydda paneler som är 60 m långa vardera. De fem maskstorlekarna är mellan 20 och 60 mm stolplängd (mättet knut till knut). Maskorna i näten sitter alltid i följande slumpvisa ordning: 60, 30 43, 20, 35 mm maska.

Bkustnäten är standardiserade kustöversiktsnät med två extra maskor (6,25 och 8 mm) som lagts till för att fånga småvuxna arter och få en bättre bild av rekryteringen, särskilt förekomst och täthet av ung gös. Kustöversiktsnät används i första hand för att beskriva fiskesamhällets sammansättning och för att ge underlag om miljöns status. Den standardiserade

provfiskemetodiken med kustöversiktsnät har använts för bestånds- och miljöövervakning av kustfisk och beskrivs i Naturvårdsverkets Handbok för Miljöövervakning (Naturvårdsverket 1997) och mer utförligt i Metoder för övervakning av kustfiskbestånd (Thoresson 1996b) samt på senare tid i Havs- och vattenmyndighetens Övervakningsmanual "Provfiske i Östersjöns kustområden – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät". Metoden har tidigare utvecklats för provfiske i sötvatten men då med 12 olika maskstorlekar i redskapet (Appelberg, 2000). B-kustnäten är 1,8 m höga och 55 m långa. BKust9+2-näten består av 11 stycken 5 m långa paneler med maskstorlekar mellan 6,25 och 60 mm stolplängd. Sektionerna är placerade i en slumpvis ordningsföljd vilken är densamma för alla nät enligt: 30, 15, 6, 25, 38, 10, 48, 12, 24, 60, 8 och 19 mm.

2.8.2 Fångst- och omgivningsdata

Fångstantal och vikt registreras artvis uppdelat på de olika maskstorlekarna. För varje nät registreras också en rad övriga parametrar. De data som alltid samlas in under provfiskena är:

- *Data som registreras om de enskilda näten*
 - Sjö
 - Delområde
 - Fångstdatum
 - Nätnummer (nätets ID-nummer)
 - Fiskedjup (minsta och största djup längs nätet)
 - Vind – styrka och riktning
 - Väder (sol/moln etc.)
 - Tid läggning och upptag
 - Vattentemperatur – yta vid varje nät samt en djupprofil/område
 - Siktdjup
 - Eventuella störningar (ansamling av alger och växter i näten, kräftor som fastnar och äter på fångsten, nät som skadats eller flyttats m.m.)
- *Data som registreras uppdelat på de olika maskstorlekarna*
 - Fiskart
 - Antal individer
 - Vikt (g)

2.8.3 Individdata

Samtliga fångade individer längdmäts till hela millimeter och alla individdata registreras per nät och maska. Ett undantag är dock ifall mycket stora fångster sker av en viss art i en viss maska och arbetsinsatsen för att mäta alla individer bedöms bli för stor. För dessa sällsynta fall finns en särskild algoritm i HD-Fish som först delar upp de olika individerna efter hur de fastnat i näten (se Jonsson m.fl. 2013 för detaljer om hur det går till). Därefter sker, i takt med att fisken mäts och registreras i HD-Fish, en bedömning av hur många individer som behöver mätas för att få ett fullgott mått på storleksstrukturen i populationen. Det innebär att i dessa sällsynta fall mäts inte samtliga individer i den aktuella maskan utan endast ett stickprov. De fiskar som inte mäts

tilldelas dock en uppskattad storlek baserad på stickprovet som sedan kan användas för att bedöma hela fångstens storleksstruktur (per nät och maska).

Provtagning av de vävnader som används för åldersbestämning och analys av tillväxt görs oftast på ett stickprov av fångsten. Dissektionerna sker nästan alltid i fält (undantagsvis fryses hel fisk och tas med till ett laboratorium för senare analys). I samband med dessa dissektioner registreras andra parametrar som till exempel kön, gonadstatus och maginnehåll. Informationen om individdata matas in i programmet HD-Fish.

- *Data som registreras om individer*
 - Sjö
 - Område
 - Fångstdatum
 - Provtagningsdatum
 - Nätnummer (nätets ID-nummer)
 - Maska
 - Fiskens ID-nummer
 - Art
 - Längd (mm)
 - Vikt (g)
 - Kön (provtagen)
 - Åldersprov (provtagen)
 - Kön
 - Antal otoliter
 - Gonadstatus
 - Maginnehåll
 - Namn på personen som genomförde dissektionen

2.9 Kräftprovfiske

I de stora sjöarna används en modifierad metodik som utgår från övervakningsmanualen för sötvattenskräftor i sjöar och vattendrag (Havs- och vattenmyndigheten 2016; Persson m.fl. 2022). Anledningen till denna modifiering är att fiskelokalerna ofta ligger på öppet vatten istället för vid strandkanten. Kräftprovfisket utförs på samma lokaler och på samma sätt år från år. Cylindriska Lini-burar (maskstorlek 14 mm) placeras i "lang" vilka vardera består av 10 länkade burar med 10 meters avstånd på en minst 100 meter lång lina. Langen fästs sedan i ett ankare som kopplas via en vakarlina upp till vålen. Varje bur betas med ca 100 gram skuren karpfisk. Djupet som fiskas varierar stort beroende på lokal, men håller sig grundare än 20 meter. Burarna ligger ute i ca 12 timmar under kräftornas nattliga aktivitetsperiod, vilket innebär att de läggs ca kl. 17.00–19.00 och tas upp ca 06.00–08.00. Datum och klockslag noteras för den första lagda buren och för den sista upptagna buren. Bottentyp och djup samt geografisk position noteras vid läggning för samtliga lang. Vikten av fångsten noteras för varje bur (även för de kräftor som enbart räknas) fördelat på individer som är 100 mm och över respektive individer under 100 mm. Individmätningar genomförs på samma sätt som vid stickprovstagning från fiskets fångster.

Eftersom kräftor rör sig inom begränsade områden är provfiskena i första hand informativa för de specifika lokaler och delpopulationer som provfiskas medan de säger mindre om kräftbeståndet som helhet i en stor sjö.

2.9.1 Individmätning

Mätningen av individer genomförs på samma sätt både vid provfiske och vid provtagning. Cirka 300 individer (i många fall betydligt fler) mäts per lokal och vid varje tillfälle. De kräftor som blir kvar räknas och vägs enbart. För de 300 kräftor som mäts noteras totallängd (i millimeter), från rostrum (nosspetsen) till spetsen av den mittersta stjärtfliken. Vidare noteras kön och skalfas, det vill säga om kräftans skal är hårt eller mjukt (det noteras om kräftan "ska ömsa" eller om den redan "har ömsat"). Symtom på kräftpest eller skador noteras också. Kategorier på skador som noteras på kräftorna innefattar "en klo", "inga klor", eller "annan skada" (till exempel skador på ryggsköld, stjärt, gångben m.m.). Även antal skadade simben noteras. Samtliga fångade kräftor räknas och vägs tillsammans uppdelade på två kategorier: över och under minimimåttet på 10 cm.



Bild 4. I provfischen mäts kräftors totallängd i mm. Man mäter från "rostrum" (huvudspetsen på kräftan) till spetsen av den mittersta stjärtfliken. Foto: Fredrik Engdahl

2.10 Hur sker urvalet av individer för provtagning av ålder?

I samband med provfisken med nät och provtrålning genomförs provtagningar och dissektioner av ett urval av fångsten. Detta har gjorts regelbundet och i större omfattning för ett antal arter: abborre, gös, mört, nors, röding, sik och siklöja (Tabell 4). För en del av dessa arter samlas också individer in från yrkesfisket med syfte att utföra analyser av olika slag (se senare avsnitt).

I samband med dissektionerna tas åldersprover. Vilka vävnader som provtas skiljer sig mellan arter men oftast är det fjäll och otoliter. Fiskens kön och gonadstatus samt maginnehåll och sjukdoms-/parasitangrepp analyseras också för enskilda arter. För ett mindre antal individer har även ytterligare provtagning skett inom ramen för mindre sidouppdrag eller andra projekt. Det kan vara sådant som analyser av miljögifter, genetiska analyser samt analyser av stabila isotoper och fettsyror.

Hur många och på vilket sätt individer väljs ut skiljer sig i viss mån mellan de olika arterna. För vissa arter som är mer sällsynt förekommande i provfiskefångsten tas prover på alla fiskar som fångas (exempelvis öring och röding i Vättern, gös i de flesta av sjöarna). För de arter som är vanliga och som har en stor storleksspridning i fångsten och en variabel tillväxt sker en storleksstratifierad provtagning. Det innebär att man gör ett slumpmässigt urval av ett givet maximiantal individer uppdelade på storleksklasser. Oftast innebär stratifieringsurvalet att man provtar fler av de storleksklasser som är mer ovanliga och något färre av de storlekar som är vanliga i fångsten. Baserat på resultat av åldersanalyser skapas i ett senare skede längd-åldersnycklar som används för att räkna upp hela fångstens ålders-storleksstruktur. Arter som har ett storleksstratifierat stickprovsförfarande är abborre, sik och mört. För mer småvuxna arter sker istället ett plant, slumpmässigt urval av stickprov, det vill säga det sker ingen stratifiering efter storlek. De arter som provtas via stickprov utan stratifiering är nors och siklöja. Förutom de arter som provtas systematiskt har det periodvis tagits prover på ett mindre antal individer av en rad andra arter exempelvis, gers, lake, harr, lax, braxen, gädda m.fl. I dessa fall har det rört sig om ett litet antal prover som samlats in i anslutning till mer begränsade projekt.

Tabell 4. Medelantal individer (samt max och min inom parentes) som provtagits för ålder per undersökningsår under perioden 2013–2022 i pelagiska provtrålningar, provfiske med översiktsnät och insamlat från fisket i de olika sjöarna. Inom parentes anges det högsta respektive lägsta antalet individer under perioden. Individprovtagning från provfiske och yrkesfiske sker även för signalkräfta men det redovisas i särskild delrapport.

	Vänern	Vättern	Mälaren	Hjälmaren
Provtrålning				
Gös			148 (100/193)	37 (0/76)
Nors	322 (298/391)	271(238/282)	309 (280/368)	172 (140/210)
Siklöja	216 (168/238)	142 (77/227)	149 (136/168)	
Provfiske med nät				
Abborre	365 (364/366)	137 (0/319)	224 (211/243)	77 (70/87)
Gös	283 (260/323)		117 (102/135)	45 (38/50)
Mört	266 (74/378)		214 (208/222)	71 (70/72)
Nors			33 (0/98)	28 (0/56)
Röding		100 (45/146)		
Sik	313 (297/343)	224 (100/369)		
Öring		14 (8/26)		
Insamling från yrkesfisket				
Gös			722 (632/923)	159 (217/110)
Äl	228 (87/255)		199 (71/392)	14 (217/0)

Tabell 5. Medelantal individer som fångats per undersökningstillfälle/år i olika undersökningar under perioden 2013–2022 för ett urval av arter i pelagiska provtrålningar samt provfiske med översiktsnät i de olika sjöarna. I Vättern har inga provfiske med BKust9+2 företagits inom ramen för de ordinarie övervakningsprogrammen, där används istället data från Länsstyrelsen i Jönköpings länsundersökningar 2020 (se Spjut, 2021).

Redskap: översiktsnät av typen BKust9+2

Art	Vänern	Vättern	Mälaren	Hjälmaren
Abborre	4588	446	9923	4342
Gers	1323	2458	3767	1748
Mört	2902	430	1739	997
Björkna	787	0	932	442
Benlöja	738	45	650	115
Nors	49	97	880	417
Storspigg	0	937	0	0
Gös	146	0	457	48
Braxen	259	8	187	55
Siklöja	17	105	38	art saknas
Sik	48	19	0,033	0
Lake	2	1	22	0,033
Gädda	5	1	12	1
Öring	0	6	0,033	art saknas
Röding	art saknas	0	art saknas	art saknas

Redskap: översiktsnät av typen BSS

Art	Vänern	Vättern
Nors	2847	377
Sik	1082	1966
Abborre	1701	704
Gers	1170	466
Lake	289	444
Mört	340	19
Röding	art saknas	146
Gös	261	0
Siklöja	211	31
Björkna	186	0
Braxen	178	7
Öring	0	24
Gädda	13	3
Benlöja	0	0
Storspigg	0	0

Redskap: trälning

Art	Vänern	Vättern	Mälaren	Hjälmaren
Nors	>10 000	>10 000	>10 000	>10 000
Siklöja	597	588	259	art saknas
Storspigg	2	340	36	0
Gös	2	0	225	34
Gers	98	28	9	13
Braxen	5	0	54	67
Sik	15	3	0	0
Röding	art saknas	3	art saknas	art saknas
Abborre	1	3	1	6
Björkna	0	0	2	8
Benlöja	0	0	6	2
Mört	2	0	0	1
Lake	1,33	0	1	0
Gädda	1	0	0	0
Öring	0	0	0	art saknas

2.11 Datainsamling från yrkesfisket

Provtagning av yrkesfiskets fångster är en viktig del av arbetet med att skatta beståndsstatus och bidrar med information om bland annat ålders- och storleksstrukturen för en given redskapstyp. Det möjliggör även beräkning av fångstindex för olika storleksfraktioner vilket är extra relevant då fisket, utöver tillträdesregleringar, regleras med hjälp av minimimått eller storleksfönster.

Tillsammans kan dessa parametrar användas för att skatta exempelvis total dödlighet (Z) och

tillväxt (Appelberg m.fl. 2020). För vissa arter har det genomförts tillfälliga satsningar och projekt där data samlats in via yrkesfisket (exempelvis gädda i Vänern, lake i Vättern, sik i Vättern och braxen i Mälaren). I de flesta av dessa fall har resultaten varit användbara till flera olika analyser och bedömningar av de berörda bestånden (Setzer m.fl. 2015; Berggren m.fl. 2022; Sandström m.fl. 2016; Setzer m.fl. 2020). Mer långsiktig och omfattande datainsamling från fisket är också en grundbult i analytiska beståndsmodeller, vilka är mer frekvent förekommande för de kommersiellt viktigaste marina bestånden. På senare år har sådana modeller utvecklats för gös i Hjälmarén (Naddafi m.fl. 2023), siklöja i Vänern och lax i Vänern. En annan fördel med denna typ av provtagning är att den är kostnadseffektiv och ger en direkt koppling mellan de redskap/platser som används inom fisket och den påverkan som fisket utgör på fiskbestånden. Provtagning från yrkesfiskets fångster innebär även att dödande av fisk i vetenskapligt syfte minskar eftersom fisken ändå skulle ha avlivats för konsumtion. Denna typ av "mervärde" är också i linje med Havs- och vattenmyndighetens strategi med målet att reducera dödligheten inom miljö- och resursövervakningen (Nilsson m.fl. 2022). Nackdelen är att data insamlade från yrkesfisket inte är fullständigt standardiserat som ett vetenskapligt provfiske, det vill säga att platser, tidpunkter och i viss mån redskap kan variera över tid vilket medför statistiska problem då data ska analyseras. En annan fördel med att samla in data från yrkesfisket är att det blir möjligt att jämföra viktiga parametrar som fångstnivåer och ålders- och storleksstruktur i fisket med motsvarande från fiskerioberoende undersökningar. Samarbete med yrkesfisket avseende datainsamling involverar även fisket i förvaltningen och är en del av en ekosystembaserad förvaltning samt stärker även fiskets tilltro till de data som samlas in.

2.11.1 Gösprovtagning från yrkesfisket

Sedan 2011 provtas gös regelbundet från yrkesfiskare i både Hjälmarén och Mälaren med vilka SLU har särskilda samarbetsavtal. Till skillnad från regelverket i havet, som hanteras inom EU:s datainsamlingsprogram, vilar insamling från fisket i sötvatten istället på frivilliga samarbeten mellan forskare och fisket. Det innebär att insamlingen blir mer variabel (mindre standardiserad) då olika typer av anpassningar är vanliga och nödvändiga. I vissa fall sköts provtagningen helt och hållet av fiskaren själv, på begäran av SLU och enligt SLU:s instruktioner. I andra fall, där det är praktiskt lämpligt, medverkar SLU vid provtagningstillfällena. Huvudsakligen provtas fisk från fasta bottengarn men i vissa områden och under särskilda tidsperioder provtas även nätfångster. Nätfiske efter gös sker vanligtvis under senhösten/vintern medan bottengarnsfisket är koncentrerat kring våren då gösen vandrar in för lek samt under sommar-tidig höst vilket sammanfaller med den huvudsakliga tillväxtperioden.

2.11.1.1 Hjälmarén

I Storhjälmaren provtas gös två gånger per år (vår och höst, tabell 6a). Provtagningen sker från fem redskap spridda över områdena Valen, Gällerstaberg, Lungers udde och Bastås. Denna fångst har antagits vara representativ för sjön i stort då tidigare studier visat att gösen i Hjälmarén utgör ett genetiskt homogent bestånd (Dannewitz m.fl., 2010), men det är osäkert om storleksstrukturen i fångsten från dessa områden är representativ för fisket som helhet vilket också skapar osäkerhet kring den analytiska beståndsmodell som utvecklas för gös i Hjälmarén (Naddafi m.fl. 2023).

I Hjälmarén ansvarar fiskaren själv för provtagningen och varje provtagningstillfälle inkluderar vittning av flera redskap (dock inte nödvändigtvis alla redskap). Totalt antal fiskar som längdmäts per år, kvartal och område anges i tabell 6b. Vid vittning räknas fångsten och sorteras efter storlek (tillåten respektive otillåten storlek). I normalfallet längdmäts all fisk över minimimått, men i

sällsynta fall är fångsten stor och då längdmäts ett slumpmässigt urval fiskar per redskap (100 stycken). Det är oftast fler fiskar under minimimått, och även där längdmäts minst 100 individer, men totalantalet räknas alltid. Urvalet av hur många individer som längdmäts från vilket redskap varierar således. Längderna för de individer som endast räknats estimeras (beräknas) baserat på längdfördelningen i den längdmätta fångsten enligt liknande princip som för provfiske med översiktsnät (Jonsson m.fl. 2013).

Eftersom det totala antalet fiskar som fångats i ett redskap alltid räknas möjliggörs således en totalskattning av längdfördelningen i fångsten. Genom att räkna antalet fångade gösar kan man också beräkna fångst per ansträngning i redskapet, vilket fungerar som ett fångstindex över tid. Från fångsten sparas även ett slumpmässigt urval fiskar under (minst 35 stycken) och över (minst 30 stycken) minimimåttet på 45 cm för vidare analys. Fisk som sparats för vidare analys hämtas färsk hos fiskaren och transporteras till SLU där fisken längdmäts, vägs och provtas för åldersanalys. Även analys av kön- och könsmognad genomförs i samband med denna dissektion. Urvalet för lab-provtagning görs baserat på längdfördelningen. Ett jämnt antal individer (storleksstratifierat urval) inom varje cm-klass väljs ut (så kallat platt uttag). Denna typ av urval gör det möjligt att skapa så kallade längd-åldersnycklar från vilka man sedan kan skatta åldern hos de fiskar som endast blivit längdmätta. Sammantaget erhålls således både en längd- och en åldersfördelning i fiskets fångster, vilket används som underlag i bedömningar av beståndets status.

2.11.1.2 Mälaren

På ett liknande sätt som i Hjälaren provtas gös huvudsakligen från bottengarn. Prover tas från fiskare spridda över västra, centrala och östra Mälaren. Ekoln och Ulvsundafjärden är exkluderade från denna provtagning då dessa bestånd visat sig vara genetiskt separerade från resten av Mälaren och således betraktas som egna enheter (Dannewitz m. fl., 2010). Dessutom förekommer inget fiske med bottengarn i dessa delar av sjön. I västra Mälaren provtas ca tio redskap spritt över områdena Galten, Blacken och Freden två gånger årligen (vår och höst). Cirka 40 individer under respektive över minimimåttet sparas för vidare provtagning (totalt ca 80). SLU medverkar vanligtvis vid provtagningen i detta område.

I centrala Mälaren provtogs det till och med år 2020 sex stycken redskap spritt över områdena Granfjärden, Oxfjärden och Strängnäs-fjärden. Provtagningen har skett fyra gånger per år spritt över året. Vid varje provtagningstillfälle har 60 slumpvis utvalda individer under minimimått och 70 över minimimått sparats och skickats vidare för analys på SLU. Fisk över minimimåttet kan efter vägning ibland levereras till SLU med filéerna borttagna men med resterande skroth kvar på kroppen. I detta område har all provtagning skötts av fiskarena själva.

I östra Mälaren provtas fångsten i yrkesfisket från tre lokaler (Kunsta, Kärsö, Lissbovik) och en fiskare. Här köper SLU 40 fiskar under respektive över minimimåttet för åldersbestämning, vikt och längdmätning i likhet med tidigare beskrivna provtagningar. Instruktionen till fiskaren angående urvalet av fisk för provtagning är att provta fisk baserat på längdfördelningen i fångsten (platt fördelning). Fiskaren längdmäter inget på egen hand utan detta sköts av SLU på Sötvattenslaboratoriet. Ett platt urval lämpar sig väl för att skapa en längd-åldersnyckel men representerar inte storleksfördelningen i populationen då urvalet inte är slumpmässigt. Fångsterna har under perioden som normalt fiskats (september) varit så små att den totala fångsten nästan alltid har rymts inom den mängd som beställts (totalt 80 individer) och ger därför information om längdstrukturen i fångsten trots att avsikten har varit att provta efter en "platt fördelning".

De låga fångsterna under höstprovtagningarna har gjort att SLU varit tvungna att omvärdera deras värde för övervakningen av det östra beståndet då stickprovsstorlekarna varit för låga för statistiska beräkningar. Under 2022 gjordes därför ett försök att även provta tidigare på säsongen (juli). Vid detta tillfälle var SLU med på sjön och längdmätte fångsten vilken var betydligt större än vid provtagningen på hösten. Utredning pågår nu huruvida insamlingen från fisket ska tidigareläggas för att kunna samla in tillräckligt med material för dataanalys.

Tabell 6a. Nuvarande provtagningsperioder 2020 i Hjälmaren och olika delar av Mälaren. Provtagningsfrekvensen per sjö/område är ungefär proportionerlig till fisketrycket.

Område	Vecka																									
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Storhjälmaren																										
Västra Mälaren																										
Centrala Mälaren																										
Östra Mälaren																										

Tabell 6b. Provtagningsfrekvens per kvartal av gös från yrkesfiskets bottengarn i Hjälmaren och Mälaren perioden 2008–2020. Värden i tabellen avser antalet längdmätta gösar.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Hjälmaren	65	78	1634	1218	1488	1090	1421	840	887	1277	1657	539	525
Mellanfjärden			680	307	102	210	198						
Q2			680	307		210	198						
Q3					102								
Storhjälmaren	65	78	954	911	1386	880	1223	840	887	1277	1657	539	525
Q2	49		827	195	1152	74	764	442	258	507	967	398	84
Q3	16	67	127	716	234						336	141	441
Q4		11				806	459	398	629	770	354		
Mälaren	5129	4585	7348	4386	4249	3758	3940	1125	2961	2044	3169	2588	1371
Centrala Mälaren	5129	4585	6724	2630	3261	2998	2868	401	1681	1012	1686	1505	1346
Q2	1963	1355	3339	1505	2524	1706	2063	300	987	559	721	498	417
Q3	2470	2167	2257	1101	402	460	719	83	517	133	683	738	805
Q4	696	1063	1128	24	335	832	86	18	177	320	282	269	124
Västra Mälaren			482	1587	961	672	900	706	1219	978	1447	1083	
Q2			283	909	478	572	900	456	983	801	694	1083	
Q3			199	678									
Q4					483	100		250	236	177	753		
Östra Mälaren			142	169	27	88	172	18	61	54	36		25
Q3			142	169	27		154	18		54	36		25
Q4						88	18		61				

2.11.2 Provtagning av yrkesfiskarnas kräftfångster

Vid provtagning av yrkesfiskarnas fångster fiskar yrkesfiskarna på en förutbestämd provruta vid lokalen (samma område där provfiske sker). Ofta använder yrkesfiskarna från samma sjö liknande burar, men burtyperna kan skilja sig mellan olika fiskare. För det mesta används burar med 28 mm flyktöppningar. Det är också ett sätt att sortera fångsterna redan i vattnet och på så sätt undvika att ta upp allt för många kräftor under minimimåttet på 100 mm (Andersson m.fl. 2013). Yrkesfiskarna ordnar med eget bete och burarna fiskar, med få undantag, en till två burnätter. Fångsten separeras inte per bur som i det fiskerioberoende provfisket utan hela fångsten från provrutan erhålls i en eller flera backar. Det totala antalet använda burar är dock alltid känt. Från fångsten väljs minst 300 individer ut slumpmässigt för individmätning. Vikten och antalet kräftor i fångsten noteras (även för de kräftor som enbart räknas) fördelat på de individer som är 100 mm och större samt för de som är under 100 mm. Individmätning sker på samma sätt som vid provfiske (se ovan).



Bild 5. John Persson, SLU Aqua, mäter och sorterar kräftfångst på en sorteringsrist i Vänern. Foto: Patrik Bohman.

2.12 Dataläggning, validering, arkivering och datavärdskap

Institutionen för akvatiska resurser, SLU, är datavärd för fisk och kräftor på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Det innebär bland annat att det finns särskilda rutiner för hur data tas om hand och att alla data ska vara öppet tillgängliga för allmänheten. De sjödata som samlas in i de olika undersökningarna dataläggs med få undantag direkt i fält i för ändamålet specialanpassade inmatningsstöd (exempelvis HD-Fish som används för provfisken med nät). Detta gäller inte bara de undersökningar som företas av SLU utan även projekt med andra utförare tas om hand till exempel konsultföretag och länsstyrelser. Ofta finns krav på att data ska skickas till NORS i de överenskommelser/avtal som utförarna har med sina finansörer. I nästa steg går data från undersökningarna vidare till datavärd som analyserar data med avseende på eventuella felaktigheter med hjälp av algoritmer som bedömer om enskilda uppgifter avviker från det normala (till exempel längd-vikt-relationer). När eventuella felaktigheter korrigerats lyfts därefter data in i någon av SLU:s databaser för fisk. Nätprovfiskedata registreras i databasen NORS (Nationellt Register över Sjöprovfisken) och övriga fiskdata i databasen SÖTEBASEN. Alla kräftdata lagras i Kräftdatabasen (www.kraftdatabasen.se). Biologiska vävnader som till exempel fjäll och otoliter arkiveras på SLU, Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm.

3 Utvärdering av indikatorer som används för skattning av beståndstatus

En effektiv övervakning kan detektera förändringar hos bestånden. Det är därför nödvändigt att ha en tillräcklig stickprovsstorlek för att de statistiska felmarginalerna ska bli små. Vi undersökte vilken statistisk styrka vi har för att upptäcka förändringar över tid, och hur den förändrades med stickprovsstorlek. För att undersöka precision i skattningar som används som indikatorer (t.ex. indikatorer för storleksstruktur, tillväxt, mortalitet eller fångst per nät) använde vi spridningsmått som standardiserad variation och relativ precision. För testbara hypoteser (populationsförändringar över tid) undersökte vi statistisk styrka och andelen felaktiga slutsatser genom att använda simuleringsbaserade analyser av statistisk styrka ("poweranalyser"). Med statistisk styrka menas den sannolikhet som finns för att upptäcka en given förändring över tid. Statistisk styrka kan kontrasteras mot typ 1-fel, d.v.s. den risk som finns att fel slutsats dras av beståndsutvecklingen (exempelvis att ett bestånd är stabilt eller minskar, men att analysen ger ett falskt intryck av att beståndet istället ökar).

3.1 Hydroakustik

För att klassificera ekon har vi använt en metod där klassificeringsträd passas till tråldata (Breiman m.fl. 1984, Yule m.fl. 2013; Axenrot, 2020). Dessa träd bygger på information om storlek, plats samt tråldjup. Klassificeringsträden försöker minimera variansen i data genom att hitta/tilldela kategorier för varje observation. Det här leder till kombinationer av brytpunkter i variabelerna, för vilka specifika arter utmärker sig. Fiskar under 80 mm är t.ex. till stor del nors, medan fiskar i storleksintervallet ~16–25 cm till stor del är äldre siklöja. Träden passas till varje unik kombination av område och år. Dessa metoder förlitar sig på en datamängd där både artidentiteter, och egenskaperna förknippade med arten, är kända. Resultaten kan användas för att passa en prediktiv modell som används för att förutsäga de okända artidentiteterna uteslutande baserade på de egenskaper som inkluderades i den prediktiva modellen (t.ex. fiskstorlek, djup och plats, som går att estimeras från hydroakustiskt data). Dessa typer av modeller kan därför använda informationsinnehållet i hydroakustiska data för att med en viss sannolikhet förutsäga vilka arter ett eko motsvarar, beroende på hur arterna skiljer sig i dessa egenskaper. Vi kan förvänta oss en mer säker bedömning av arter som skiljer sig från övriga arter med avseende på vilken storlek de har och vilket djup de uppehåller sig på.

Proportionerna av olika arter som faller inom de brytpunkter som förutbestäms av klassificeringsträdet (passat på tråldata) används sedan för att räkna upp förekomsterna av de olika arterna i hydroakustiska data. Ett potentiellt problem är att det ofta är relativt få tråldrag per område, vilket innebär att det kan vara svårt för modellerna att utvärdera enskilda relevanta faktorer. T.ex. om tre tråldrag tas på olika djup och platser kan den faktor som är relevant för förekomsten av en specifik art (djup) istället baseras på geografisk plats.

För att utvärdera våra undersökningar med hydroakustik och provtrålningar har vi fokuserat på de två dominerande arterna siklöja och nors samt två huvudsakliga/övergripande frågor:

- Med vilken säkerhet klassificeras ekon i hydroakustiska data korrekt?
- Vilken statistisk styrka finns för att detektera förändringar över år?

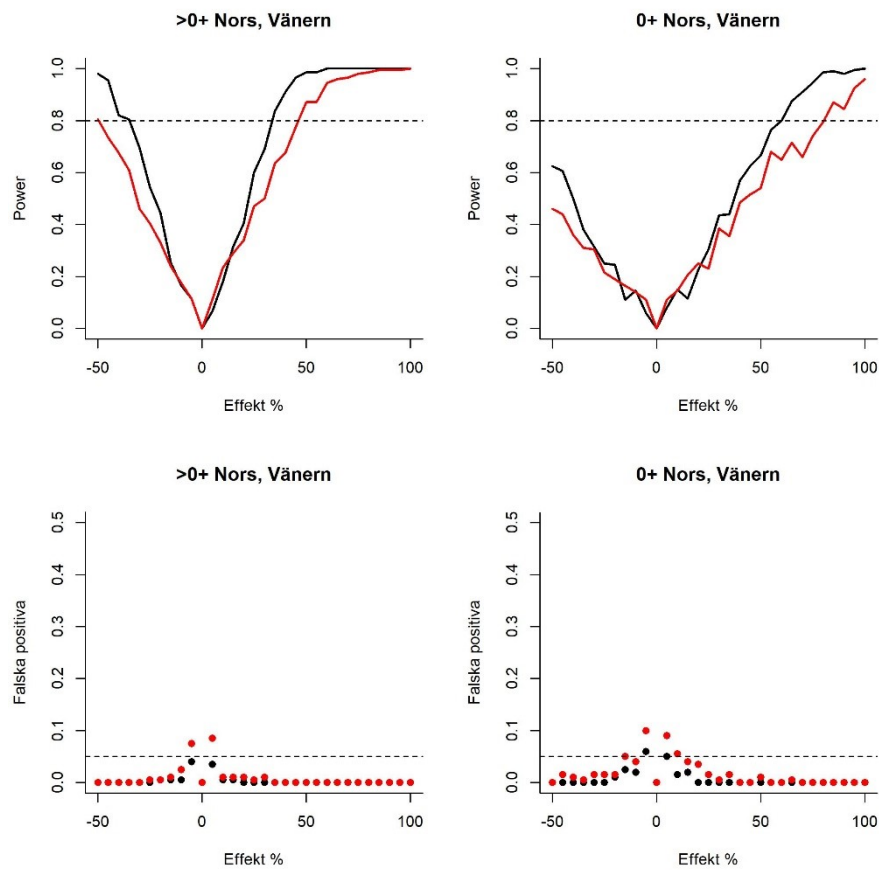
3.1.1 Klassificering av ekon

För att undersöka hur väl klassificeringen fungerade passades klassificeringsträd till en fraktion (70 %) av det totala tråldatat. Kvarstående 30 % av tråldatat tilldelades arttillhörighet med hjälp av klassificeringsträdet. Eftersom enbart tråldata används ger det en möjlighet att jämföra klassificerade arttillhörigheter med kända arttillhörigheter. Det går därmed att skatta hur väl modellen klassificerar arttillhörigheter. Resultaten visade att nors och äldre siklöjor i samtliga sjöar samt gös och braxen i Mälaren generellt klassificerades väl (klassificeringen var korrekt i >70 % av fallen). I Mälaren och Vänern var klassificeringen av årsyngel av siklöja mindre korrekt (<25 %). Detta berodde främst på att dessa yngre siklöjor föll inom samma storleksklass och delar av det pelagiska habitatet som den betydligt mer vanligt förekommande norsen. I Vättern var klassificeringen av årsyngel av siklöja i högre grad korrekt (~70 %). Arter som fanns i lägre förekomster hade som väntat lägre sannolikheter för korrekt klassificering.

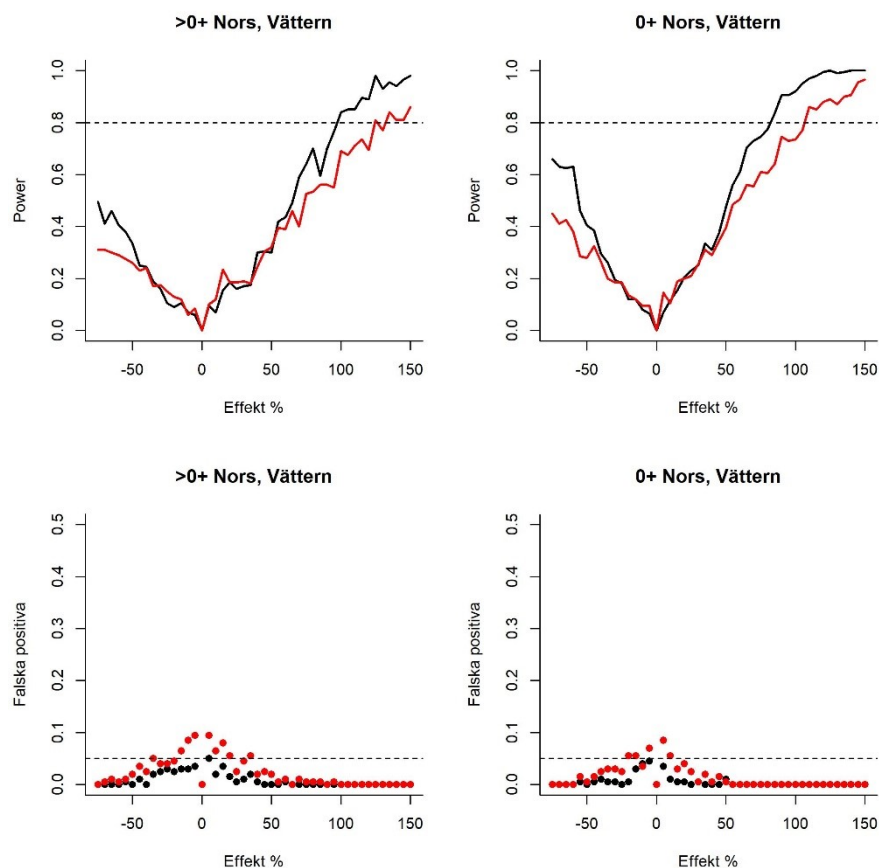
3.1.2 Statistisk styrka för detektion av förändringar för hydroakustiska data

Analyserna utfördes genom att först passa en modell där den slumpvisa variationen mellan år och mellan delområden extraherades. Från medelvärdet av antalet fiskar per hektar, samt den slumpvisa årsvariationen och variationen mellan delområden, simulerades nya data som var dels baserade på fem simulerade referensår, och dels på två simulerade studieår. Test och referensperioderna valdes baserat på att vi ska ha en möjlighet att upptäcka förändringar i populationsstorlekarna på ett relativt kort tidsspänn. Referensåren simulerades till att ha samma medelvärde som ingångsdata, medan studieåren hade medelvärden som var ingångsdata multiplicerat med en effekt (en procentuell ökning eller minskning). Simuleringen av nya data utfördes 200 gånger per effektstorlek och för varje simulering passades en modell som testade skillnaden mellan referens och studieperiod (dvs. förmågan att korrekt identifiera en skillnad hos två år jämfört med föregående fem år). Statistisk styrka var den procentuella andelen korrekta slutsatser (att antalet fiskar ökat eller minskat) baserat på en statistisk signifikansnivå på 5 %. Falska positiva var den procentuella andelen felaktiga slutsatser (t.ex. när modellen indikerar en ökning när beståndet i själva fallet varit oförändrat eller minskat). Vi valde att modellera nors och siklöja i Vänern och Vättern då dessa är de vanligast förekommande arterna och av stor ekologisk betydelse för hela ekosystemet. De fångas dessutom årligen i en tillräcklig mängd för att ge ett stabilt dataunderlag. Vänern och Vättern valdes eftersom de är de två sjöar där vi sannolikt har mest data på dessa arter. Två olika representativa scenarier utvärderades, antingen nuvarande undersökningsupplägg där undersökningarna sker årligen, alternativt att undersökningarna skulle utföras vartannat år.

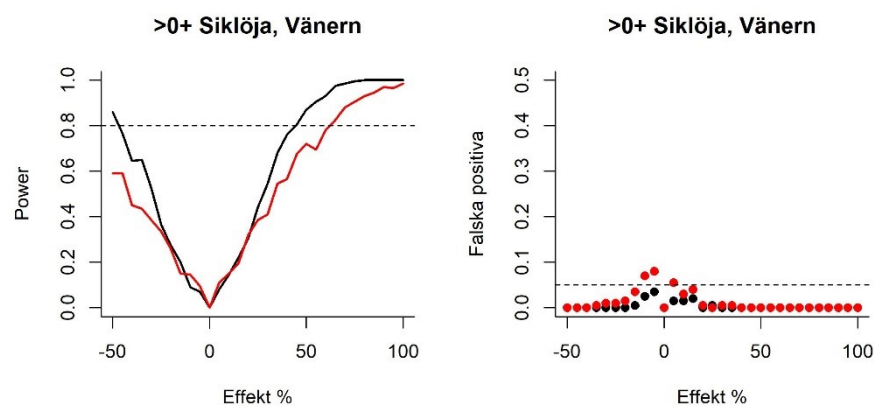
Resultaten visade att den statistiska styrkan generellt är högre om studierna utförs varje år, även om skillnaderna jämfört med undersökningar vartannat år var relativt små. Däremot ökade risken för felaktiga slutsatser när undersökningarna utfördes mer sällan än varje år. Resultaten ges i figur 4–7.



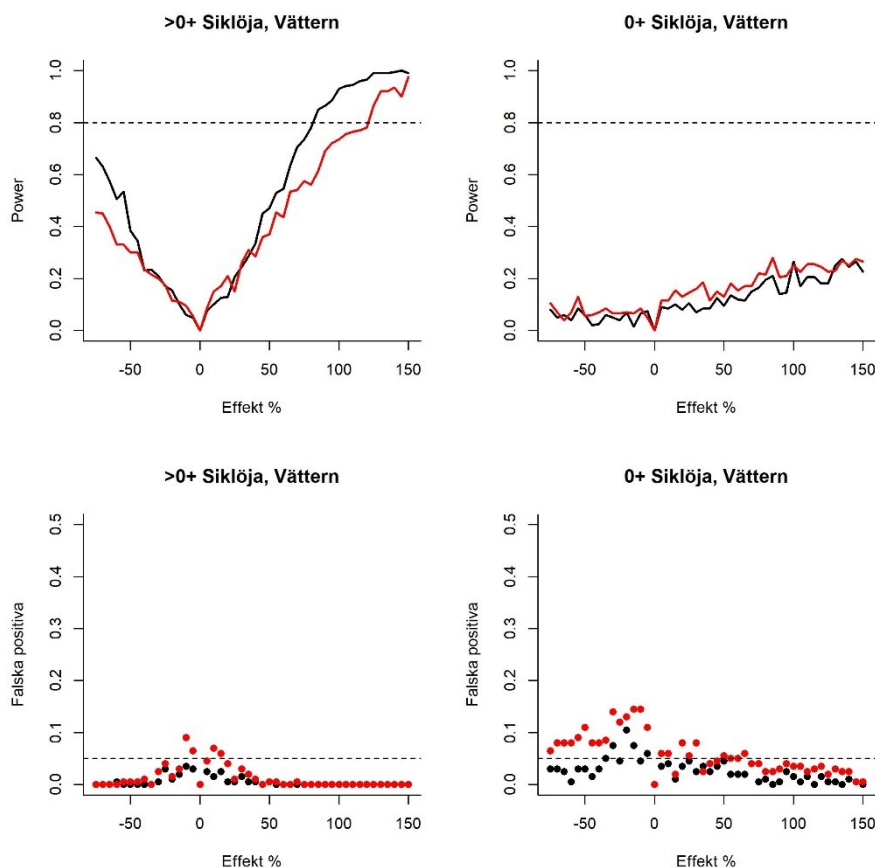
Figur 4. Den statistiska styrkan ("Power" de övre panelerna) och risken för felaktiga slutsatser ("Falska positiva" de nedre panelerna) för **nors i Vänern**. X-axeln är den effektstorlek som använts för att simulera studieperioden. Äldre nors ges i de vänstra panelerna, och yngre nors i de högra panelerna. Svart representerar nuvarande undersökningsfrekvens och röd representerar ett scenario där underökningarna genomförs vartannat år. Streckade linjer är det statistiska gränsvärdet på 0,05.



Figur 5. Den statistiska styrkan ("power" de övre panelerna) och risken för felaktiga slutsatser ("falska positiva" de nedre panelerna) för **nors i Vättern**. X-axeln är den effektstorlek som använts för att simulera studieperioden. Äldre nors ges i de vänstra panelerna, och yngre nors i de högra panelerna. Svart representerar nuvarande undersökningsfrekvens och röd representerar ett scenario där undersökningarna genomförs vartannat år. Streckade linjer är det statistiska gränsvärdet på 0,05.



Figur 6. Den statistiska styrkan ("power" den vänstra panelen) och risken för felaktiga slutsatser ("falska positiva" den högra panelen) för **siklöja i Vänern**. X-axeln är den effektstorlek som använts för att simulera studieperioden. Simuleringarna utfördes enbart på äldre siklöja p.g.a. den osäkra klassificeringen av yngre siklöja i Vänern. Svart representerar nuvarande undersökningsfrekvens och röd representerar ett scenario där undersökningarna genomförs vartannat år. Streckade linjer är det statistiska gränsvärdet på 0,05.



Figur 7. Den statistiska styrkan ("power" de övre panelerna) och risken för felaktiga slutsatser ("falska positiva" de nedre panelerna) för **siklöja i Vättern**. X-axeln är den effektstorlek som använts för att simulera studieperioden. Äldre siklöja ges i de vänstra panelerna, och yngre siklöja i de högra panelerna. Svart representerar nuvarande undersökningsfrekvens och röd representerar ett scenario där undersökningarna genomförs vartannat år. Streckade linjer är det statistiska gränsvärdet på 0,05.

Slutsatser:

- Statistisk styrka för bedömning av abundans av vuxen respektive ung nors var god i de analyserade sjöarna Vänern och Vättern.
- Hjälmarens besöks endast i undantagsfall. I Hjälmarens har årsklasser av nors blivit utslagna under varma år och det finns farhågor om att norsens status kan riskera att försämrats. Vi rekommenderar att kompletterande årliga undersökningar med andra metoder genomförs.
- Att genomföra den hydroakustiska undersökningen vartannat istället för varje år skulle leda till sämre statistisk styrka och ökade risker att dra felaktiga slutsatser om mängden pelagisk fisk, baserat på analyser av nors och siklöja i Vänern och Vättern. Orsaken är att vid reducerad provtagning kan slumpmässig variation mellan år lätt tolkas som en statistiskt fastställd förändring. Att reducera till vartannat år skulle också innebära att det tar dubbelt så lång tid att samla in den mängd data som krävs för att på ett statistiskt säkert sätt kunna detektera en förändring (14 jämfört med 7 år).
- Att minska antalet transekter skulle innebära att man inte uppfyller kraven som ställs inom den europeiska standarden och att jämförelsen med tidigare års undersökningar försvåras.
- För vuxen siklöja bedöms att statistisk styrka är god men för ung (0+) siklöja är statistisk styrka otillfredsställande och det finns således betydande osäkerheter i bedömningarna och

en risk att dra felaktiga slutsatser om sikløjans rekrytering. För att förbättra möjligheten att bedöma enskilda årsklassers relativa styrka behövs årlig hydroakustisk övervakning i kombination med en kontinuerlig och omfattande åldersanalys.

3.2 Individprovtagning

Utvärdering av individprovtagningen av längd och åldersprover är relevant eftersom ålder och längd används som indikatorer för ålders- och storleksstruktur, mortalitet och tillväxt. De undersökta frågorna är:

- Vilket antal individer behövs för att erhålla stabila estimat för längdpercentiler i en population?
- I vilken mån fångas tillräckligt antal individer per sjö och år för att följa beståndsutvecklingen?
- Vilket antal ålderslästa individer behövs för att skatta tillväxt och mortalitet?

En vanligt förekommande analys i bedömningen av ett bestånds status är att använda indikatorerna L10, L50 och L90 för att undersöka förändringar i storleksstrukturen (Naddafi m.fl. 2023). Dessa indikatorer är beräknade som percentiler, där L10 är den storlek som 10 % av individerna i beståndet är mindre än, L50 är den storlek som 50 % av individerna är mindre än (dvs. medianen), och L90 är den storlek som 90 % av individerna är mindre än. Ytterligare en vanlig längdindikator som inkluderas i denna analys är L_{max5%} (kallad L5_{max} nedan). Den har föreslagits som en indikator för havsmiljödirektivet (Probst et al. 2013) och beräknades då som "medellängden av de 5 % största fiskarna i fångsten". För att undersöka vilket antal individer som behövs för att få stabila värden av ovan nämnda indikatorer användes data ifrån nätprovfisken som utförts under de senaste tio åren. De redskap som används i sjöarna har olika maskstorlekar och därmed olika storlekselektivitet. Som beskrivits tidigare används i Vättern så kallade BSS-nät, medan provfiskena i Hjälmaren och Mälaren utförs med BKust9+2 nät. I Vänern används båda delarna. Eftersom dessa nät har olika maskstorlekar, och därmed selektivitet med avseende på längd, analyserades de separat. Vi analyserade arter vilka bedömdes som särskilt viktiga som resursarter och/eller betydelsefulla med avseende på ekologisk funktion. Vi prioriterade också arter som fångas i tillräcklig mängd för att en analys ens skulle vara möjlig. Braxen var tvungen att särbehandlas på grund av att liten braxen är mycket svår att skilja från björkna. Därför analyserades kombinationen av braxen och björkna (d.v.s. all braxen och björkna slogs ihop till en "art"). Vi testade även att ta bort de individer som är <11 cm då starka årsklasser annars kan riskera att påverka analyserna. Eftersom resultaten var liknande presenterar vi enbart analyser på samtliga individer.

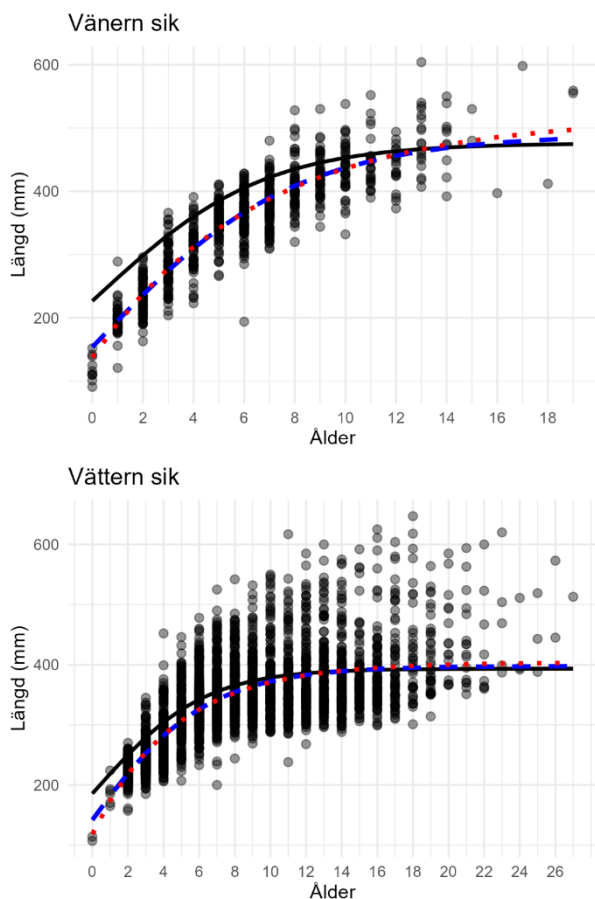
För att utvärdera åldersläsningen undersökte vi hur olika antal provtagna individer påverkar dels skattningar av parametrar i tillväxtmodeller och dels beräkningar av mortalitet. För tillväxt använde vi en von Bertalanffy-modell (von Bertalanffy, 1938) enligt:

$$\text{Längd} = L_{\text{inf}} * (1 - \exp(-(K * (\text{ålder} - t_0))))$$

Där längd är den förväntade längden vid en given ålder; L_{inf} (en förkortning av 'length at infinity') är den genomsnittliga maximala längden som individer av en art skulle nå om de kunde bli oändligt gamla, det vill säga den asymptotiska längd där tillväxten är noll; K är tillväxttakten (tillväxt per år) och t_0 är den teoretiska åldern då storleken är noll. Ifrån modellen extraherade vi L_{inf} och K vilka är de två viktigaste parametrarna.

För mortalitet baserade vi analyserna på "fångstkurvor" (Chapman and Robson, 1960), vilket är en frekvensfördelning per ålder. Endast åldrar som är fullt rekryterade till redskapet används. Genom att skatta lutningen på en regression där antal per ålder modellerades som beroende på ålder erhålls den momentana mortalitetskoefficienten (Millar, 2014).

För tillväxt undersökte vi sikbestånden i Vänern och Vättern. Dessa har skilda tillväxtmönster, där sikar i Vättern har en större variation i längd för en given ålder (Figur 8). För mortalitet undersökte vi enbart sikar ifrån Vättern, eftersom åldersläsningen i Vänern inte var tillräckligt omfattande för att kunna genomföra analysen. Antalet ålderslästa sikar i Vänern var dock tillräckligt stort för att kunna fastställa att sikar från Vänern har större variation i längd för en given ålder än sikar från Vättern (figur 8). I mortalitetsanalysen exkluderades alla individer som var <4 år. Anledningen var att det maximala antalet individer per ålder var 4-åringar, och att det är tveksamt om de var fullt rekryterade till redskapet (BSS-nät) innan fyra års ålder. Exkluderingen skedde efter det slumpvisa urvalet (se nedan), eftersom vi inte har någon möjlighet att bestämma åldern på en icke åldersläst individ.

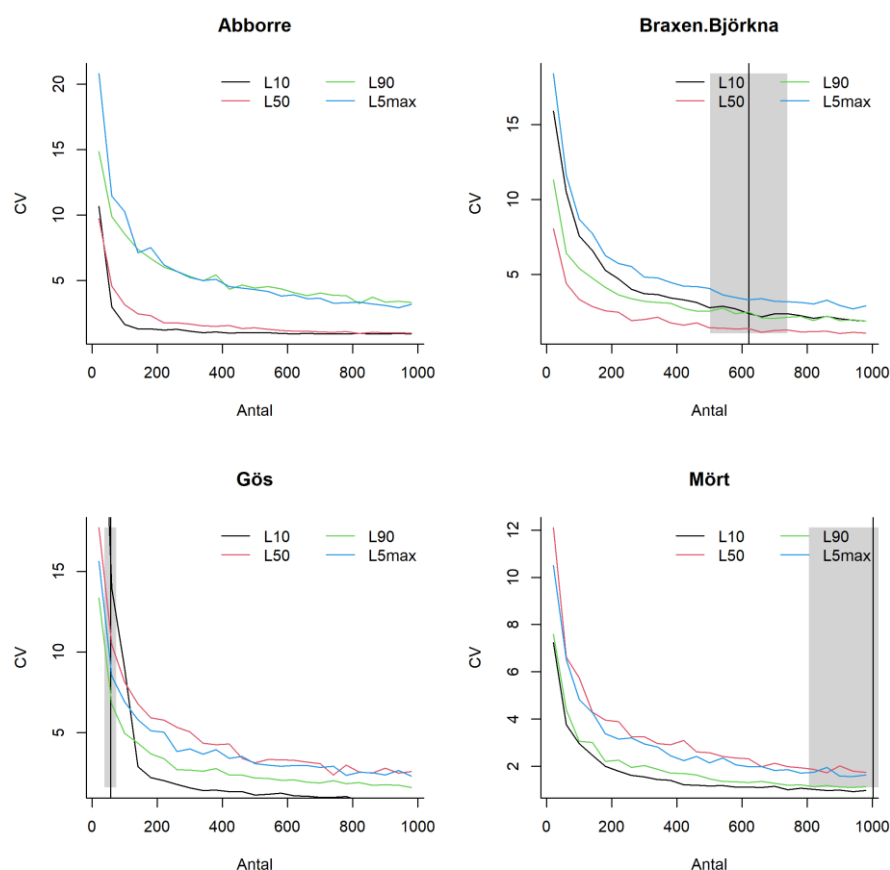


Figur 8. Tillväxt hos sik från Vänern och Vättern. Punkter är enskilda individer och de tre linjerna är tre olika tillväxtmodeller (svart linje = logistisk tillväxt, blå streckad linje = Gompertz modell, röd punkterad linje = Bertalanffy modell. Modellosäkerhet visas inte). Notera hur det i Vättern finns en större spridning i längd för en given ålder än i Vänern.

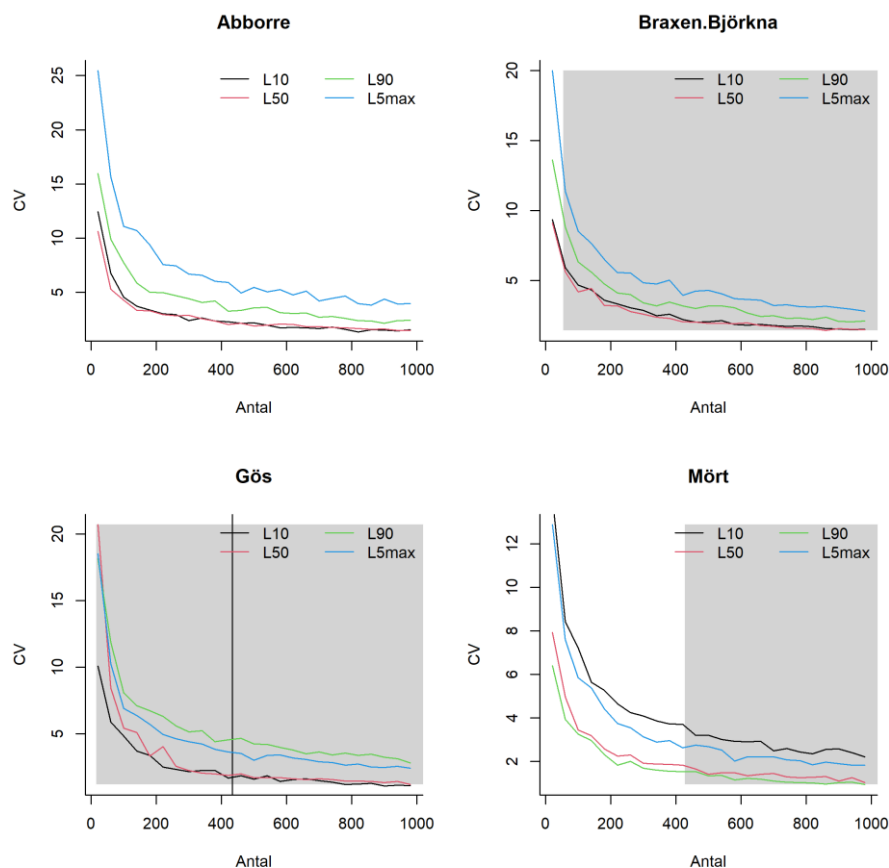
Analyserna av tillväxt och mortalitet utfördes med bootstrap, d.v.s. att vi ifrån samtliga individers data slumpmässigt tog ett stickprov med återinsättning. Storleken på stickprovet tilläts variera mellan 20 och 1000 individer, och för varje stickprovsstorlek upprepades den slumpmässiga provtagningen 200 gånger. Över dessa 200 replikat skattades variationskoefficienten CV ($CV =$

100*standardavvikelsen/medelvärde) för de indikatorer vi ville undersöka (längd och tillväxtindikatorerna samt mortalitet). CV kan sägas beskriva hur stor variationen är som en procent av medelvärdet, vilket gör att CV blir jämförbar mellan arter trots att de har olika storlek, tillväxt eller mortalitet. Eftersom replikaten för analysen erhöles från samma längdfördelning är samvariationen i CV och stickprovsstorleken enbart beroende på felmarginalen. Ju lägre CV desto bättre relativ precision. Målnivån är därmed att stickprovsstorleken skall vara i det intervall där CV inte påverkas nämnvärt av ökad stickprovsstorlek. Resultaten presenteras nedan i figurer (figur 9–16), där CV plottas mot stickprovsstorleken.

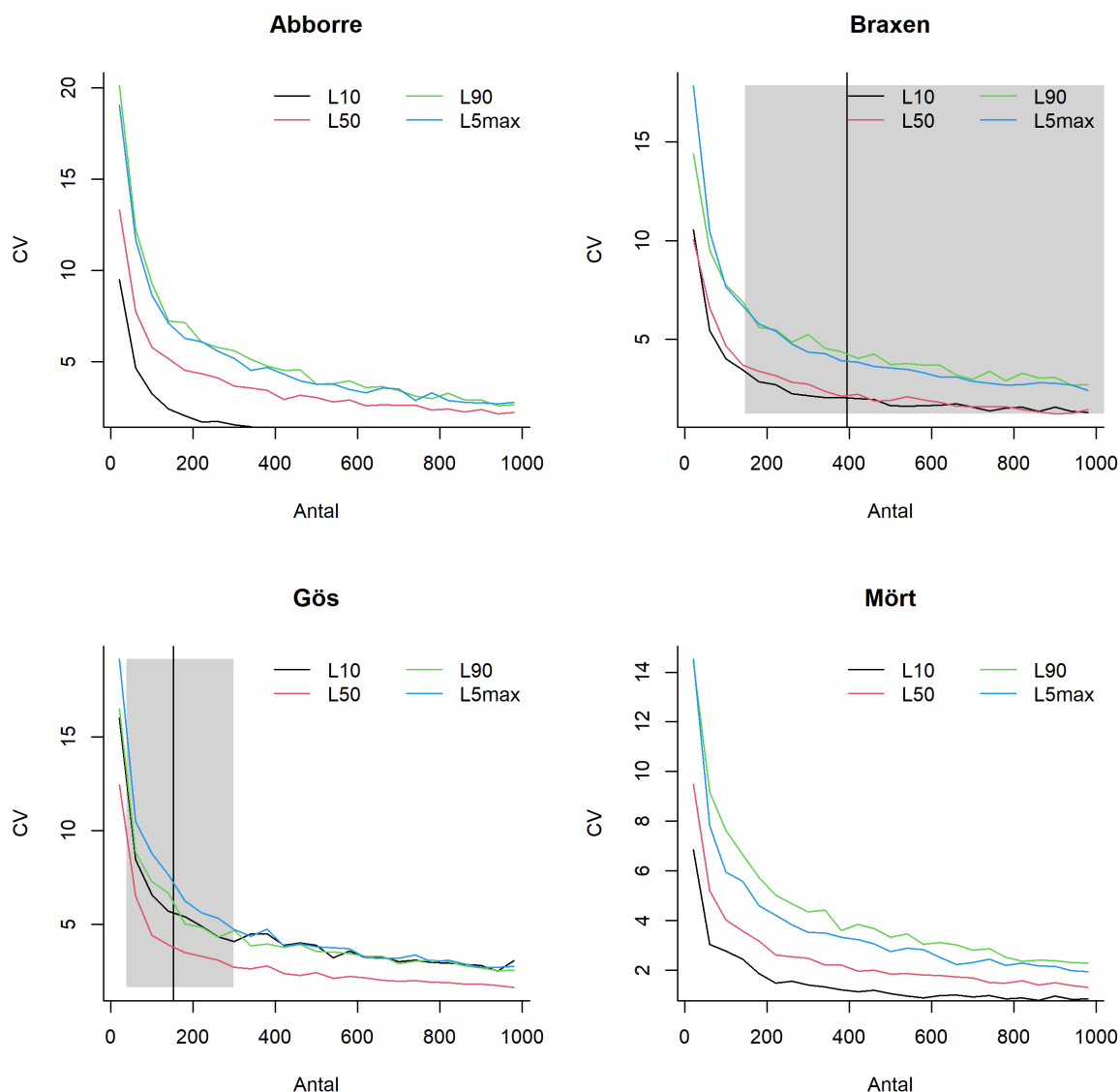
För längdindikatorerna (figur 9–13) jämfördes det antal individer som krävs för att få stabila skattningar av L10, L50 och L90 med det antal som faktiskt fångas per år i våra nätprovfisken. Detta gjordes genom att medelantalet för varje art är inlagt som en vertikal linje tillsammans med det spann som fångas mellan år (det minsta och största värdet som fångats per år, grå yta).



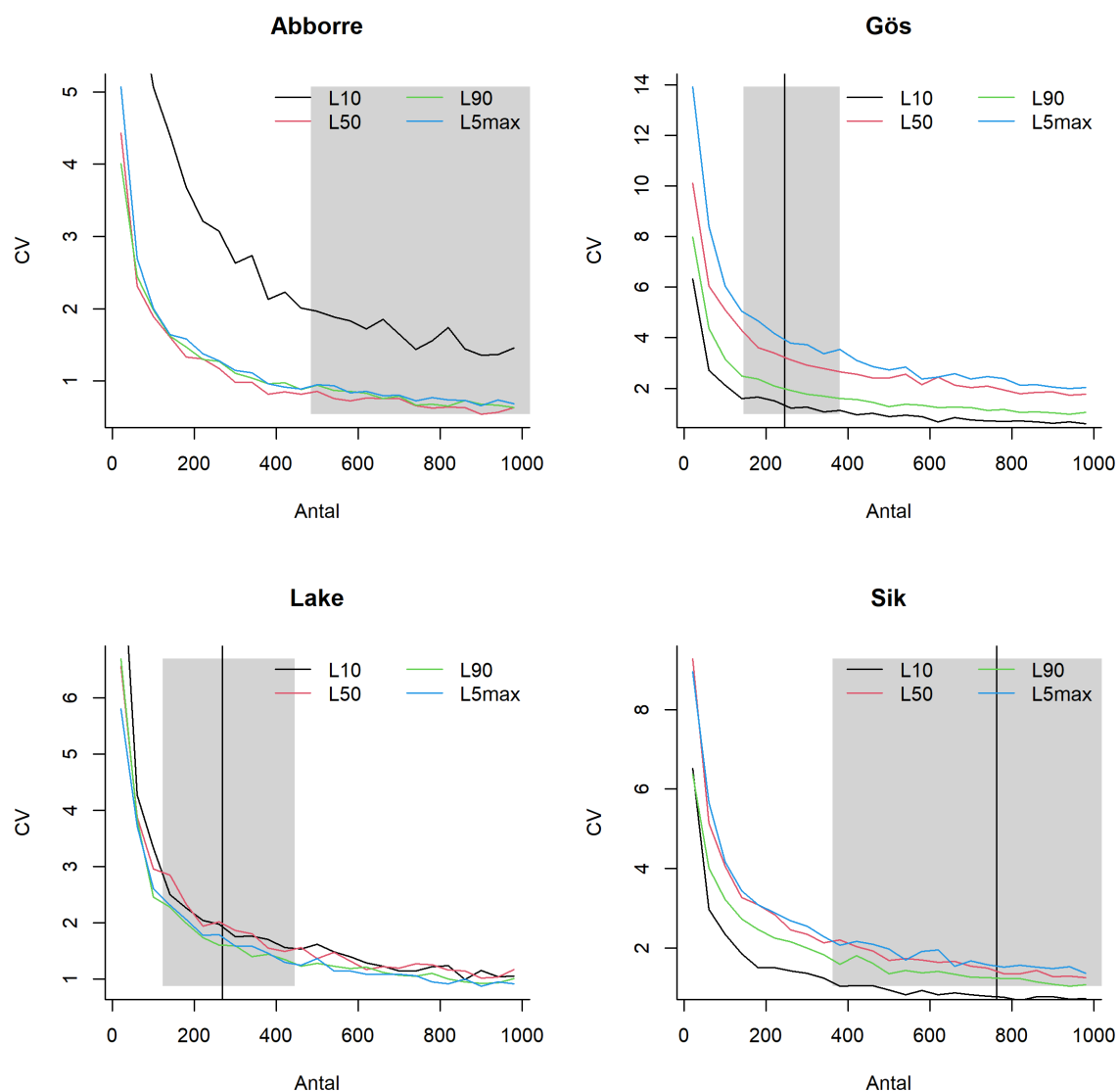
Figur 9. Variationskoefficienten (CV) för fyra olika längdindex plottat mot en (simulerad) stickprovsstorlek, för abborre, braxen/björkna, gös och mört i Hjälmaren. De tre längdindikatorer som utvärderats är L10 (längden som 10 % av fiskarna är mindre än), L50 (längden som 50 % av fiskarna är mindre än), L90 (längden som 90 % av fiskarna är mindre än) och L5max (medellängden för de största 5 %). Den vertikala linjen representerar det genomsnittliga antalet fiskar som fångas per år. Den gråa rektangeln indikerar spannet i antalet fångade fiskar per år. Ifall att den vertikala linjen eller den gråa rektangeln saknas, betyder det att antalet fångade fiskar per år är större än det maximala värdet på x-axeln.



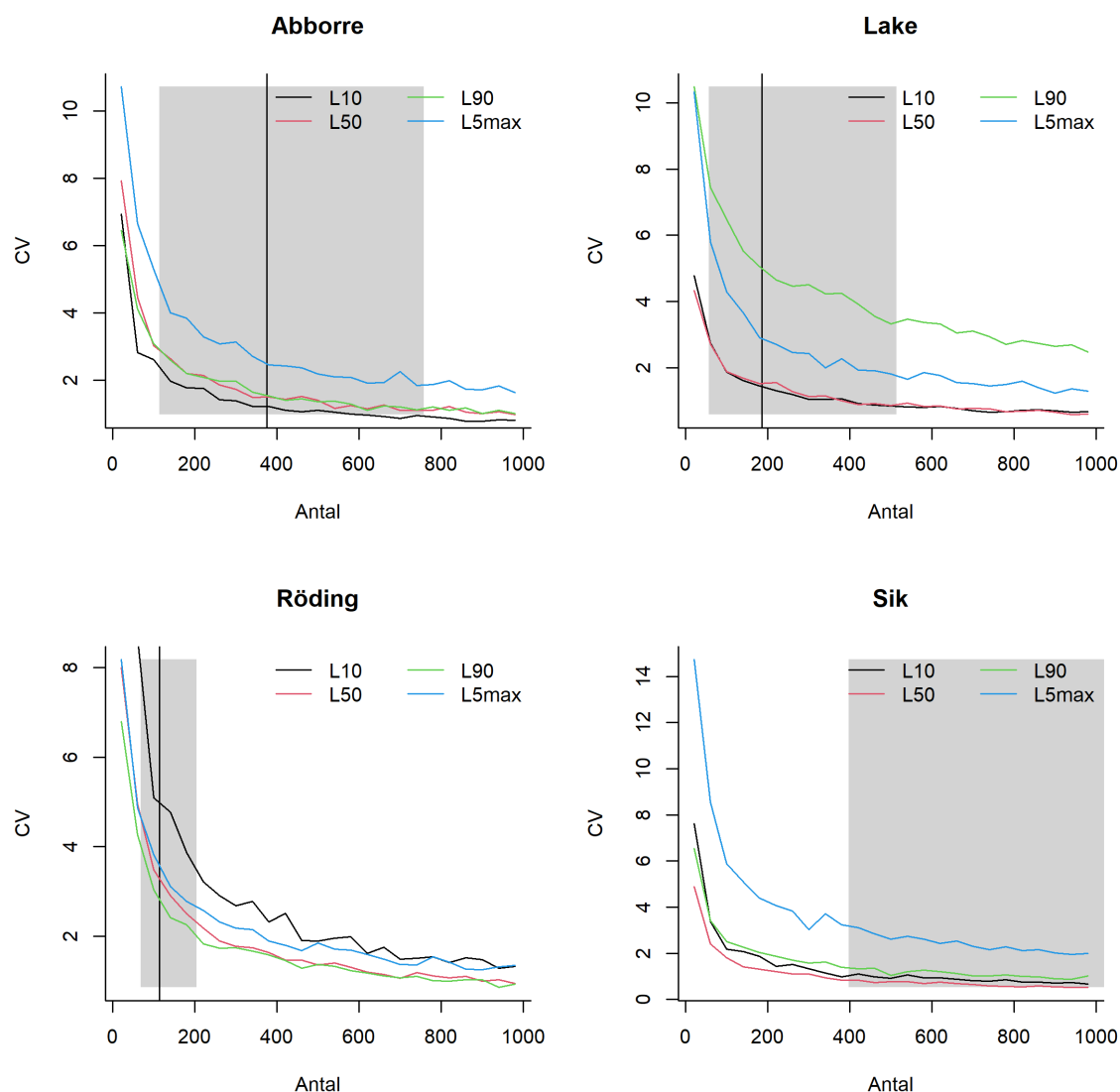
Figur 10. Variationskoefficienten (CV) för fyra olika längdindex plottat mot en (simulerad) stickprovsstorlek, för abborre, braxen/björkna, gös och mört i **Mälaren** (BKust 9+2 nät). De tre längdindikatorer som utvärderats är L10 (längden som 10 % av fiskarna är mindre än), L50 (längden som 50 % av fiskarna är mindre än), L90 (längden som 90 % av fiskarna är mindre än) och L5max (medellängden för de största 5 %). Den vertikala linjen representerar det genomsnittliga antalet fiskar som fångas per år. Den gråa rektangeln indikerar spannet i antalet fångade fiskar per år. Ifall att den vertikala linjen eller den gråa rektangeln saknas, betyder det att antalet fångade fiskar per år är större än det maximala värdet på x-axeln.



Figur 11. Variationskoefficienten (CV) för fyra olika längdindex plottat mot en (simulerad) stickprovsstorlek, för abborre, braxen/björkna, gös och mört i **Vänern (BKust 9+2 nät)**. De tre längdindikatorer som utvärderats är L10 (längden som 10 % av fiskarna är mindre än), L50 (längden som 50 % av fiskarna är mindre än), L90 (längden som 90 % av fiskarna är mindre än) och L5max (medellängden för de största 5 %). Den vertikala linjen representerar det genomsnittliga antalet fiskar som fångas per år. Den gråa rektangeln indikerar spannet i antalet fångade fiskar per år. Ifall att den vertikala linjen eller den gråa rektangeln saknas, betyder det att antalet fångade fiskar per år är större än det maximala värdet på x-axeln.



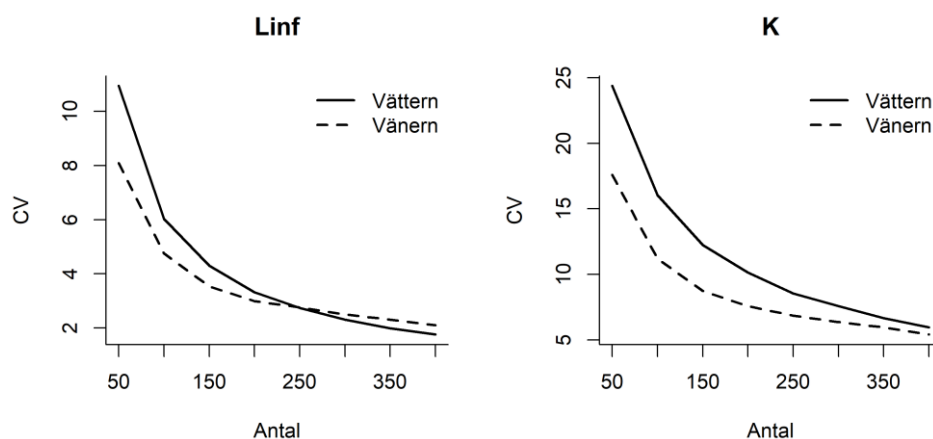
Figur 12. Variationskoefficienten (CV) för fyra olika längdindex plottat mot en (simulerad) stickprovsstorlek, för abborre, lake, gös och sik i **Vänern (BSS nät)**. De tre längdindikatorer som utvärderats är L10 (längden som 10 % av fiskarna är mindre än), L50 (längden som 50 % av fiskarna är mindre än), L90 (längden som 90 % av fiskarna är mindre än) och L5max (medellängden för de största 5 %). Den vertikala linjen representerar det genomsnittliga antalet fiskar som fångas per år. Den gråa rektangeln indikerar spannet i antalet fångade fiskar per år. Ifall att den vertikala linjen eller den gråa rektangeln saknas, betyder det att antalet fångade fiskar per år är större än det maximala värdet på x-axeln.



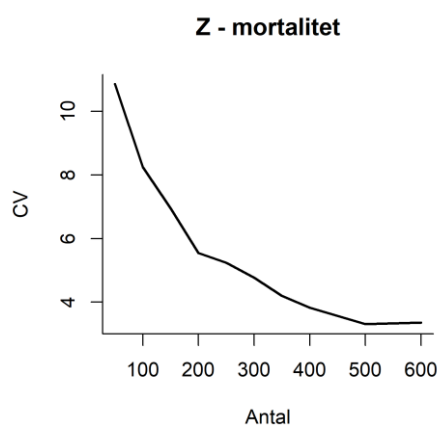
Figur 13. Variationskoefficienten (CV) för fyra olika längdindex plottat mot en (simulerad) stickprovsstorlek, för abborre, lake, röding och sik i **Vättern (BSS nät)**. De tre längdindikatorer som utvärderats är L10 (längden som 10 % av fiskarna är mindre än), L50 (längden som 50 % av fiskarna är mindre än), L90 (längden som 90 % av fiskarna är mindre än) och L5max (medellängden för de största 5 %). Den vertikala linjen representerar det genomsnittliga antalet fiskar som fångas per år. Den gråa rektangeln indikerar spannet i antalet fångade fiskar per år. Ifall att den vertikala linjen eller den gråa rektangeln saknas, betyder det att antalet fångade fiskar per år är större än det maximala värdet på x-axeln.

Tabell 7. Summerande tabell över vilka art-sjö-redskapskombinationer som vi har tillräcklig längdprovtagning på och om vi provtar fler än vad som behövs för acceptabel precision. Notera att resultaten är kombinerade per sjö och redskap. Om slutsatser ska ske på lokalnivå behöver ett större antal individer provtas för längd.

Sjö	Nät	Art	Tillräcklig insamling	Överdimensionerad insamling
Hjälmaren	BKust9+2	Abborre	Ja	Ja
		Braxen/Björkna	Ja	Ja
		Gös	Nej	Nej
		Mört	Ja	Ja
Mälaren	BKust9+2	Abborre	Ja	Ja
		Braxen/Björkna	Ibland inte	Nej
		Gös	Ibland inte	Nej
		Mört	Ja	Ja
Vänern	BKust9+2	Abborre	Ja	Ja
		Braxen/Björkna	Ibland inte	Nej
		Gös	Nej	Nej
		Mört	Ja	Ja
Vänern	BSS	Abborre	Ja	Ja
		Gös	Ja	Nej
		Lake	Ja	Nej
		Sik	Ja	Ja
Vättern	BSS	Abborre	Ibland inte	Nej
		Lake	Nej	Nej
		Röding	Nej	Nej
		Sik	Ja	Ja



Figur 14. Variationskoefficienten (CV) för tillväxtindikatorer på sik i Vättern (heldragen linje) och Vänern (punktad linje) i förhållande till antalet provtagna individer. L_{inf} (vänstra panelen) är den längd där fiskarna når en asymptot och K (högrapanelen) är tillväxttakten. På y-axeln presenteras variationskoefficienten och på x-axeln presenteras antalet ålderslästa individer.



Figur 15. Variationskoefficienten (CV) för den momentana mortalitetskoefficienten (z) för sik i Vättern. På y-axeln presenteras variationskoefficienten och på x-axeln presenteras antalet ålderslästa individer.

Slutsatser för individprovtagning

- För att dra slutsatser om storleksstrukturen för en sjö eller ett bestånd krävs 200–300 längdmätta individer. I en del fall är antalet fångade fiskar per sjö och art för få (t.ex. gös, tabell 8). Oavsett om förändringar i storleksstrukturen tolkas kvalitativt från figurer eller ingår i en mer formell analys är det viktigt att få en uppfattning om felmarginalen kring dessa skattningar. Vår analys var på sjönivå och är indikativa för det antal individer som krävs för den spatio-temporala enhet som ska undersökas. Om vi t.ex. vill ha en upplösning på lokalnivå bör vi längdmäta 200–300 individer per provfiske lokal. För flera arter är antalet provtagna individer långt fler än vad som behövs för att få en acceptabel felmarginal i storlekssammansättningen av beståndet.
- Att exkludera de minsta fiskarna gav inte bättre skattningar av percentiler. Variation över år i rekrytering var dock inte inkluderad i analysen, vilket eventuellt kan förändra resultaten.

- För skattningar av tillväxt krävdes mindre stickprov för att erhålla precisa estimat för sikarna i Vätern än i Vättern, även om dessa skillnader var små. Generellt krävs ett liknande antal individer som vid skattningarna för längdindikatorerna, det vill säga 200–300 ålderslästa individer. Även här behöver åldersläsningen öka om vi vill ha en upplösning på mer lokal nivå (Figur 14).
- För mortalitet krävdes en betydligt större stickprovsstorlek, uppemot 500 individer (figur 15). Detta beror antagligen på att regressionsanalysen är mycket känslig för hur många av de äldsta individerna som har fångats, och att variationen i hur många som normalt fångas är hög. Även om 500 individer framstår som ett högt antal upplever vi dock detta som mindre problematiskt. Detta då åldersnycklar kan användas för att "översätta" längd till ålder (vilket inte är möjligt för analyser av tillväxt). En alternativ lösning för att höja antalet provtagna individer kan också vara att analysera ett par år gemensamt, det vill säga att poola individer och beräkna mortalitet för föregående två provtagningstillfällen (vilket dock förutsätter att provtagningen är årlig).

3.3 Antal fångade fiskar i nätprovfisken

3.3.1 Analyser av precision och djupstrata i nätprovfisken

För att analysera om det nuvarande provfiskeupplägget har tillräcklig statistisk säkerhet har vi utfört en rad analyser. Våra provfisken är djupstratifierade för att vara informativa om en representativ andel av de förekommande arterna. Först analyserade vi därför vilket djup de olika fiskarterna förekom på, vilket gjordes genom att passa en modell till varje art där antal per nät modellerades som beroende av djupet. De djupstrata som hade positiva residualer (d.v.s. de djup där ~50 % av det totala antalet fiskar fångades) antogs vara de djup där arten förekommer mest. Eftersom det är ett djupstratifierat fiske som ibland varierade över år (olika djupzoner fiskades med olika antal nät), kontrollerade modellerna för insats. Djupfördelningen av våra provfisken, samt de djup de olika arterna föredrar ges i figur 16–19.

För de djupstrata som i den föregående analysen identifierats som lämpliga för den respektive arten undersökte vi sedan relativ precision i antalet fångade fiskar. Relativ precision är beräknad som $100 \cdot \frac{\text{absolutvärdet av det 95 procentiga konfidensintervallet}}{\text{medelvärde}}$, vilket liknar variationskoefficienten använd i andra analyser i det att den är normaliserad mot medelvärde och därmed jämförbar mellan arter. En låg relativ precision innebär därför att det är mer sannolikt att upptäcka faktiska förändringar mellan år, medan ett högre värde för relativ precision innebär att det är mindre sannolikt att upptäcka faktiska förändringar mellan år. Den relativa precisionen skattades som konfidensintervallet för antalet fiskar vid det optimala djupet för arten, med linjära modeller och negativt binomiala fel. Analysen av djup och precision utfördes för det senaste nätprovfisket i varje sjö och på lokalnivå, och separat för de olika redskapen (Bkust 9+2 samt BSS). Braxen var tvungen att särbehandlas på grund av att liten braxen är mycket svår att skilja från björkna. Därför analyserades kombinationen av braxen och björkna (d.v.s. alla braxnar och björkna slogs ihop till en "art"). Vi exkluderade individer som var <11 cm för att undvika att årsungar, som ibland kan förekomma i mycket höga antal, skulle påverka analyserna. Resultaten ges i tabell 8 och 9.

3.3.2 Analyser av statistisk styrka i nätprovfisken

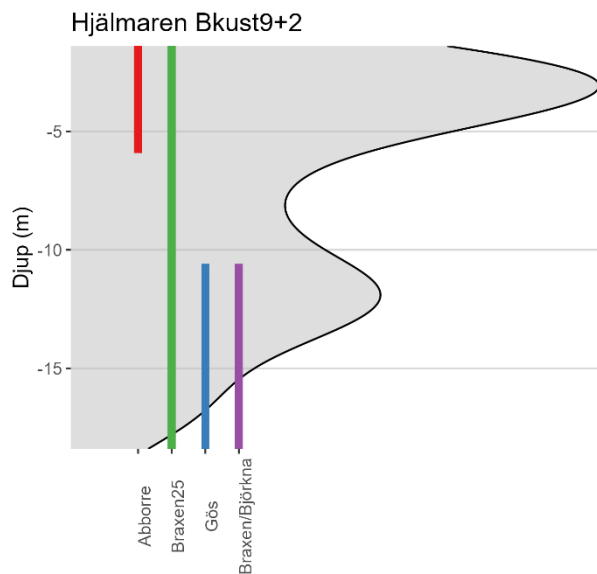
För att utvärdera om våra nätprovfisken kan detektera en given förändring i antal fiskar per nätnatt utfördes analyser av statistisk styrka. Det främsta syftet var att utvärdera antalet nät per lokal och antalet lokaler. Analyser av statistisk styrka (så kallade "Poweranalyser") utfördes genom att först passa en linjär modell med en kontinuerlig effekt av år, en slumpvis effekt av år (årsspecifika avvikelser ifrån en kontinuerlig effekt av år), en slumpvis effekt av lokal (avvikelser ifrån medelvärdet specifika för olika lokaler) och en slumpvis interaktion mellan lokal och år (avvikelser ifrån medelvärdet beroende på års- och lokalspecifika processer). Från modellen extraherades det totala medelvärdet av antalet fiskar per nätnatt samt den slumpvisa års- och lokalvariationen. Baserat på de extraherade parametrarna simulerades nya data för en tioårsperiod. Dessa data inkluderade en ökning, alternativt en minskning, om 10 % per år, samt de slumpvisa effekter som anges ovan.

De simulerade dataseten hade olika antal nät (mellan 10 och 50 nät per lokal med ett intervall av 10 nät) och olika antal lokaler (mellan 3 och 12 med ett intervall av tre lokaler). Analysen begränsades till att samtliga nät var lagda i de strata där den aktuella arten förekommer (se figur 16–19). För varje kombination av antal nät och antal lokaler utfördes simuleringen av nya data 200 gånger. För varje simulering passades en modell som testade den kontinuerliga effekten av år (dvs. förmågan att korrekt identifiera den linjära trenden av år). Statistisk styrka var den procentuella andelen korrekta slutsatser (att antalet fiskar ökat eller minskat) baserat på en signifikansnivå på 5 %. Två olika scenarier utvärderades, antingen med provfisken varje år, alternativt att provfisken utförs vartannat år. I dagsläget sker provfisken vart tredje år. Analysen krävde dock väldigt mycket processorkapacitet, och begränsades därför till provfisken varje och vartannat år. Vi gör därför ett antagande att den statistiska styrkan minskar med minskande datamängd (med längre intervall mellan provfisken). Resultaten presenteras i figur 21–29.

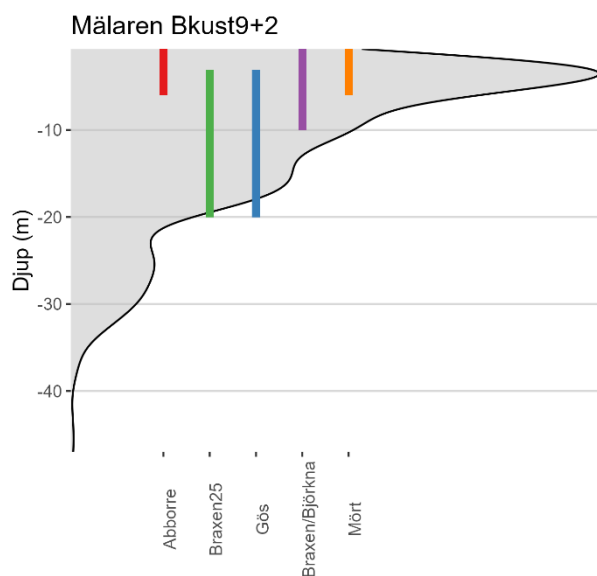
I Hjälmaran provfiskas enbart en lokal, vilket medförde att vi inte kunde skatta effekten av lokal. Analyserna för Hjälmaran blev också mindre dataintensiva och för Hjälmaran utvärderades därför också en skillnad mellan två fisken utförda med två års mellanrum (d.v.s. nuvarande provtagningsstrategi, figur 20).

I en mer begränsad analys (på sik och röding i Vättern, se nedan) utförde vi en mer djupgående analys där vi inkluderar en mindre effektstorlek (5 procentig ökning eller minskning per år), test av en skillnad mellan två fisken utförda med två års mellanrum (d.v.s. omdrev vart tredje år - nuvarande provtagningsstrategi, röding: figur 30 & 31, sik: figur 32 & 33), samt att vi undersöker risken för falska positiva resultat (d.v.s. att vi tror populationen har förändrat sig i storlek när den i själva verket är stabil, figur 34 & 35).

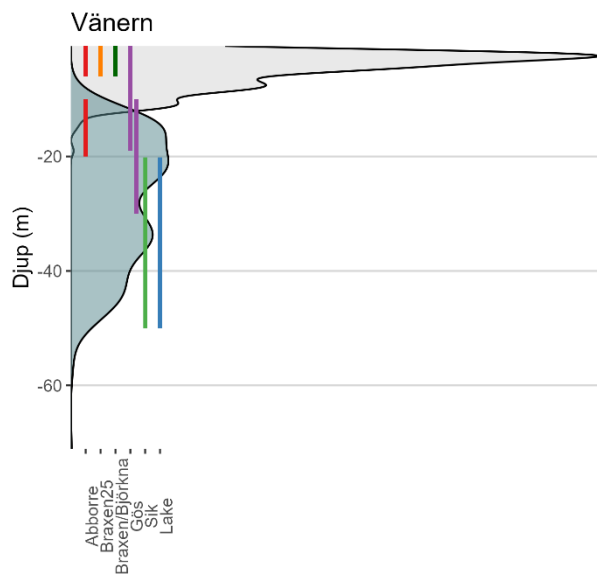
Analyser av statistisk styrka utvärderar simulerade dataset som är, till viss del, baserade på estimat ifrån modeller. Eftersom dessa modellestimat kan vara osäkra, är det viktigt att inte övertolka skattningar av statistisk styrka. T.ex. de exakta estimerade bör tolkas försiktigt, medan det finns större säkerhet i mer generella mönster. Vi inkluderade inga arter för vilka vi fick varningar om icke fungerande basmodeller.



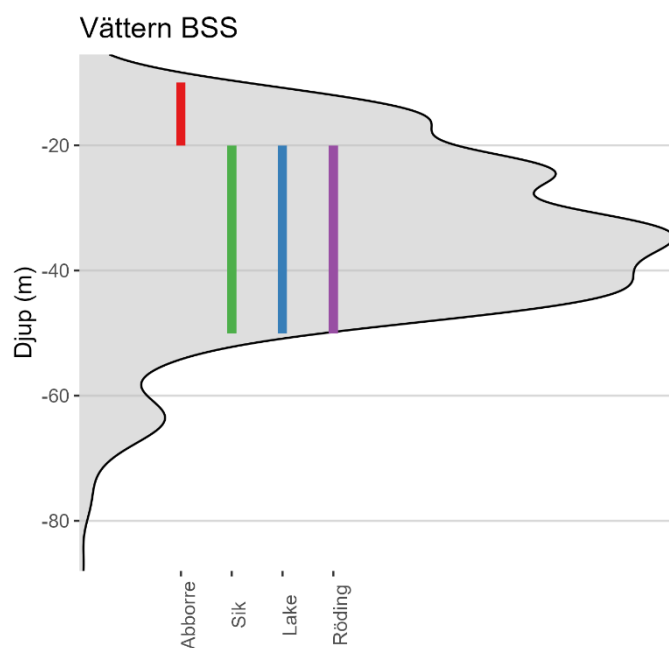
Figur 16. Artförekomster i förhållande till BKust9+2 nätens djupfördelning i Hjälmarén. Densiteten (gråa kurvan) anger den relativa djupfördelningen av nät, ju större yta desto fler nät på det djupet. De färgade vertikala linjerna anger de djupstrata där ~50 % av respektive art fångas i provfisket. I de fall där det inte fanns någon signifikant effekt av djup på antalet, stäcker sig den vertikala linjen över hela djupet (braxen 25).



Figur 17. Artförekomster i förhållande till BKust9+2 nätens djupfördelning i Mälaren. Densiteten (gråa kurvan) anger den relativa djupfördelningen av nät, ju större yta desto fler nät på det djupet. De färgade vertikala linjerna anger de djupstrata där ~50 % av respektive art fångas i provfisket.



Figur 18. Artförekomster i förhållande till nätens djupfördelning i Vätern. Densiteten anger den relativa djupfördelningen av nät, ju större yta desto fler nät på det djupet. Den gråa densiteten anger BKust 9+2 nät och den gröna densiteten anger BSS nät. De färgade vertikala linjerna anger de djupstrata där ~50 % av respektive art fångas i provfisket (uppdelat på nättyp).



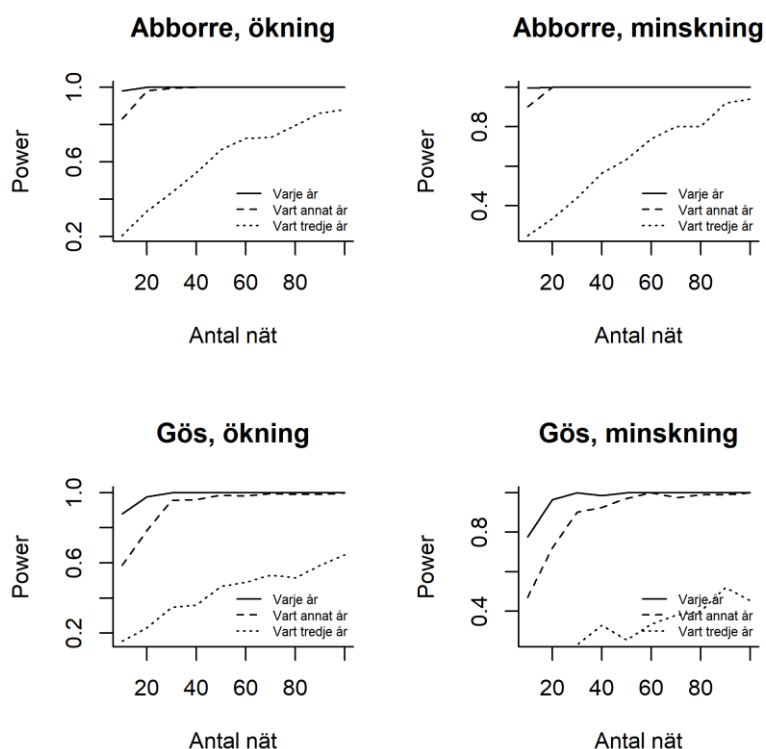
Figur 19. Artförekomster i förhållande till BSS nätens djupfördelning i Vättern. Densiteten (gråa kurvan) anger den relativa djupfördelningen av nät, ju större yta desto fler nät på det djupet. De färgade vertikala linjerna anger de djupstrata där ~50 % av respektive art fångas i provfisket.

Tabell 8. Precision relativt medelvärde i BKust 9+2 nät i Hjälmaren, Mälaren och Vänern. Precisionen (Rel.prec.nb) är beräknad med en negativ binomial fördelning. "NPUE" är genomsnittligt antal fångade fiskar per nätnatt. "N.nät" är antalet nät som användes vid provfisket. "Strata" är det eller de djupstrata som fångade >50 % av det totala antalet individer (kontrollerat för antalet nät per djupstrata – d.v.s. de djupstrata som föredrogs av de aktuella fiskarterna). Ifall att inget värde anges för strata, ska det tolkas som att vi inte kunde detektera någon signifikant skillnad mellan antalet fångade fiskar över djupstrata. "Pr nät per strata" är andelen (%) av det totala antalet nät som låg på de djupstrata som fiskarten föredrog. Analysen är utförd enbart på det senaste nätprovfisket. Strata 0 är djupintervallet 0–3 meter, 3 = 3–6 meter, 6 = 6–10 meter, 10 = 10–20 meter. Det finns djupare strata, men ingen av de analyserade arterna hade dessa djupare strata i sina habitatspreferenser.

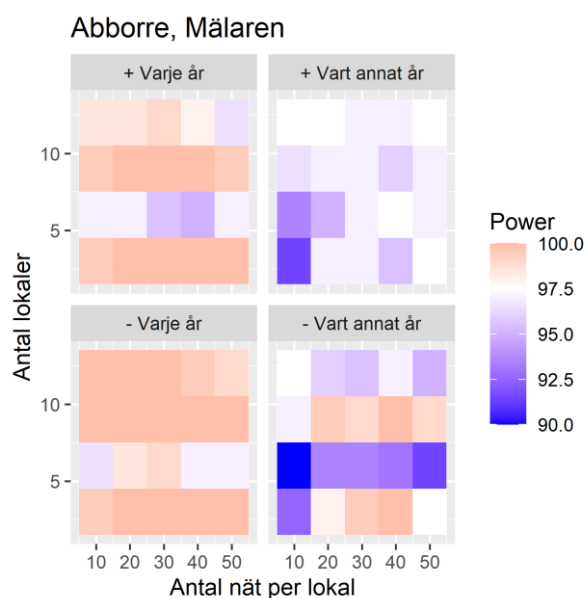
Bkust9+2							
Fiskart	Sjö	Lokal	N.nät	Strata	Pr nät per strata	NPUE	Rel.prec.nb
Abborre	Hjälmaren	Storhjälmaren SO	32	0; 3	49	75,3	126
		Lambarfjärden	40	3; 6; 10	59	88,9	8
		Granfjärden	32	0; 3	50	47,9	14
		Prästfjärden	40	0; 3; 6	51	84,7	104
	Vänern	Ölmeviken	16	-	100	13	40
		Byviken	16	0; 3	67	47,7	71
		Spårön-Rackeby skärgård	16	0; 3	72	29,3	76
		Fågelö-Torsö	16	3; 6	52	39,3	93
		Sättersholmsfjärden	16	3	40	49,9	97
Braxen > 25cm	Hjälmaren	Storhjälmaren SO	32	-	100	2	42
		Lambarfjärden	40	0; 3; 6; 10	81	1,1	89
		Prästfjärden	40	0; 3; 10	78	0,7	92
		Granfjärden	32	3; 10	74	1,3	98
	Vänern	Spårön-Rackeby skärgård	16	-	100	1	50
		Ölmeviken	16	0; 3	73	5,4	105
		Sättersholmsfjärden	16	0; 3	71	2,2	127
		Fågelö-Torsö	16	0	32	0,2	163
		Byviken	16	0; 3	67	2,6	191
Braxen Björkna	Hjälmaren	Storhjälmaren SO	32	10	36	28,4	59
		Granfjärden	32	0; 3	50	30,4	15
		Lambarfjärden	40	0; 3; 6; 10	81	3,7	84
		Prästfjärden	40	0; 3; 6; 10	78	5,2	124
	Vänern	Spårön-Rackeby skärgård	16	0; 3	72	23,6	70
		Sättersholmsfjärden	16	0; 3	71	12,4	95
		Byviken	16	0; 3	67	11,9	132
		Fågelö-Torsö	16	0	32	3	136
		Ölmeviken	16	0; 3	73	67,8	143
Gös	Hjälmaren	Storhjälmaren SO	32	10	36	3,2	128
		Granfjärden	32	0; 3; 10	99	3,6	88
		Prästfjärden	40	6; 10	40	0,7	111
		Lambarfjärden	40	6; 10	40	1,9	111
	Vänern	Ölmeviken	16	-	100	0	73
		Sättersholmsfjärden	16	3; 6	56	4,8	120
		Fågelö-Torsö	16	-	100	0	163
		Byviken	16	3; 6	63	1,6	263
		Spårön-Rackeby skärgård	16	3	35	0,4	746
Mört	Hjälmaren	Storhjälmaren SO	32	0; 3	49	40,1	123
		Lambarfjärden	40	0; 3	40	22,1	134
		Prästfjärden	40	0; 3	38	20,4	136
		Granfjärden	32	0; 3	50	15,8	184
	Vänern	Spårön-Rackeby skärgård	16	0; 3	72	39	73
		Fågelö-Torsö	16	0; 3	63	20,3	80
		Ölmeviken	16	0; 3	73	15,8	102
		Byviken	16	0; 3	67	33,5	104
		Sättersholmsfjärden	16	0; 3	71	22,3	163

Tabell 9. Precision relativt medelvärdet i BSS nät i Vänern och Vättern. Precisionen (Rel.prec.nb) är beräknad med en negativ binomial fördelning. "NPUE" är genomsnittligt antal fångade fiskar per nätnatt. "N.nät" är antalet nät som användes vid provfisket. "Strata" är det eller de djupstrata som fångade >50 % av det totala antalet individer (kontrollerat för antalet nät per djupstrata – d.v.s. de djupstrata som föredrogs av de aktuella fiskarterna). Ifall att inget värde anges för strata, ska det tolkas som att vi inte kunde detektera någon signifikant skillnad mellan antalet fångade fiskar över djupstrata. "Pr nät per strata" är andelen (%) av det totala antalet nät som låg på de djupstrata som fiskarten föredrog. Analysen är utförd enbart på det senaste nätprovfisket. Strata 10 är djupintervallet 10–20 meter, 20 = 20–30 meter, 30 = 30–40 meter, 40 = 40–50 meter och 50 = 50–60 meter. Det finns djupare strata, men ingen av de analyserade arterna hade dessa djupare strata i sina habitatspreferenser.

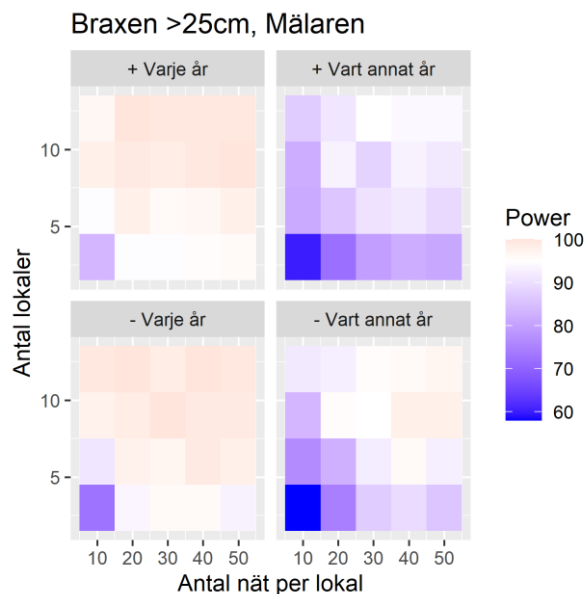
BSS							
Fiskart	Sjö	Lokal	N.nät	Strata	Pr nät strata	NPUE	Rel.prec.nb
Abborre	Vänern	Spårön-Rackeby skärgård	15	10	35	45	25
		Sättersholmsfjärden	15	10	36	9,3	157
		Ölmeviken	20	10; 20	51	133,7	287
		Byviken	20	10	29	67	377
		Fågelö-Torsö	20	10	27	71,2	394
	Vättern	Tängan	24	10	18	57,8	22
		Norrgrundet	24	10	19	31,8	35
		Lakaskär	26	10; 20	39	14,2	253
		Kråk/Flisen	24	10; 20	43	7,3	305
		Fingals	21	10	14	23	1648
Gös	Vänern	Sättersholmsfjärden	15	10	36	8,3	56
		Fågelö-Torsö	20	10	27	5,2	344
		Ölmeviken	20	10; 20	51	5,2	377
		Spårön-Rackeby skärgård	15	10	35	4,8	436
		Byviken	20	10; 20	50	6,7	1442
Lake	Vänern	Fågelö-Torsö	20	20; 30; 40	73	2,8	70
		Sättersholmsfjärden	15	30	29	7,5	101
		Ölmeviken	20	30; 40	48	5,9	103
		Byviken	20	30; 40	46	7,9	134
		Spårön-Rackeby skärgård	15	20; 30	65	2,4	173
	Vättern	Fingals	21	20; 30; 40; 50	83	11,8	56
		Norrgrundet	24	20; 30; 40	81	3,2	63
		Tängan	24	30; 40	56	1,2	95
		Lakaskär	26	30; 40	57	1,9	98
		Kråk/Flisen	24	30; 40	57	2,9	111
Röding	Vättern	Tängan	24	20; 30; 40	81	0,8	100
		Kråk/Flisen	24	30; 40	57	2,5	108
		Fingals	21	30; 40	41	1,5	113
		Lakaskär	26	20; 30; 40	81	1,6	118
		Norrgrundet	24	30; 40	57	2,6	119
Sik	Vänern	Fågelö-Torsö	20	-	100	21	42
		Byviken	20	30; 40	46	22,1	62
		Ölmeviken	20	30; 40	48	8	77
		Spårön-Rackeby skärgård	15	20; 30	65	9,4	134
		Sättersholmsfjärden	15	-	100	0	174
	Vättern	Tängan	24	-	100	13	21
		Norrgrundet	24	20; 30; 40	81	20,4	49
		Fingals	21	10; 20; 30; 40	71	28,3	55
		Lakaskär	26	20; 30; 40	81	27,2	75
		Kråk/Flisen	24	20; 30	57	22,6	89



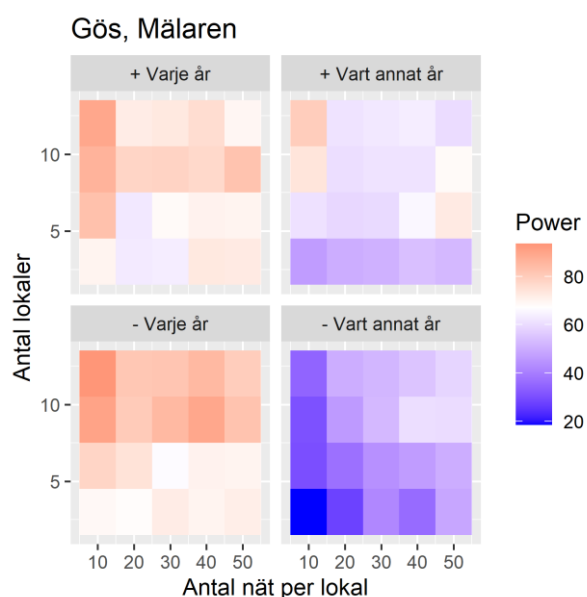
Figur 20. Den statistiska styrkan ("power") för **abborre** (övre panelerna) och **gös** (nedre panelerna) i **Hjälmarén**. X-axeln representerar antalet nät, och Y-axeln representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats. I de vänstra panelerna simuleras en ökning på 10 % per år, i de högra panelerna simuleras en minskning på 10 % per år.



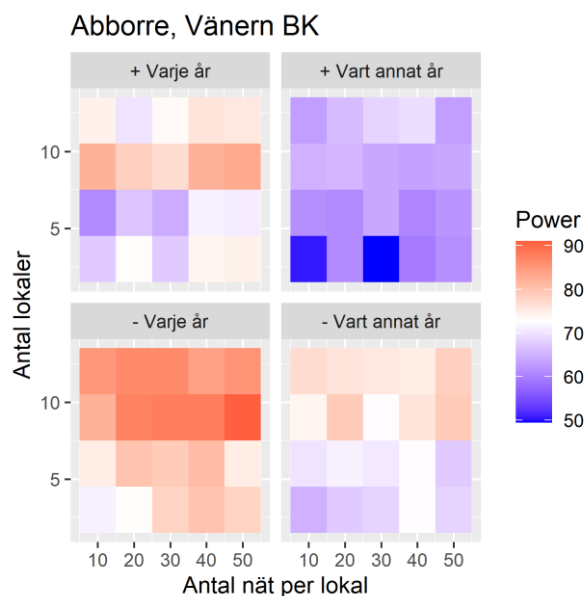
Figur 21. Den statistiska styrkan ("power") för **abborre** i **Mälaren**. X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfisker sker varje år, i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfisker sker vart annat år. I de övre panelerna simuleras en ökning på 10 % per år och i de nedre panelerna har en minskning på 10 % per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



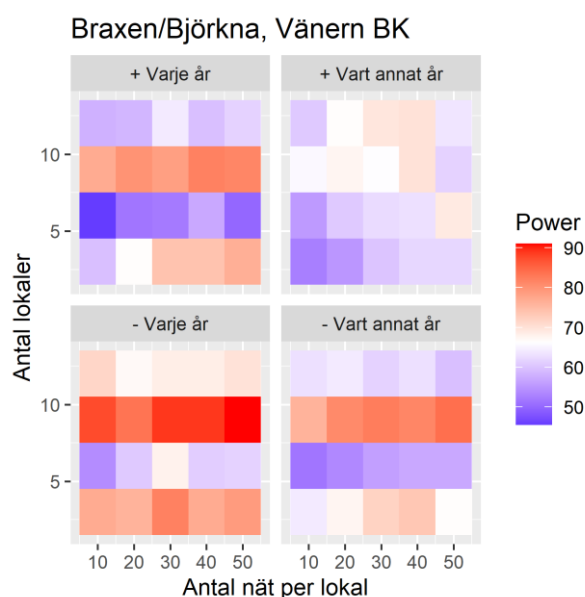
Figur 22. Den statistiska styrkan ("power") för **stor braxen (>25cm)** i **Mälaren**. X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfiskingen sker varje år, i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfiskingen sker vart annat år. I de övre panelerna simuleras en ökning på 10 % per år och i de nedre panelerna har en minskning på 10 % per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



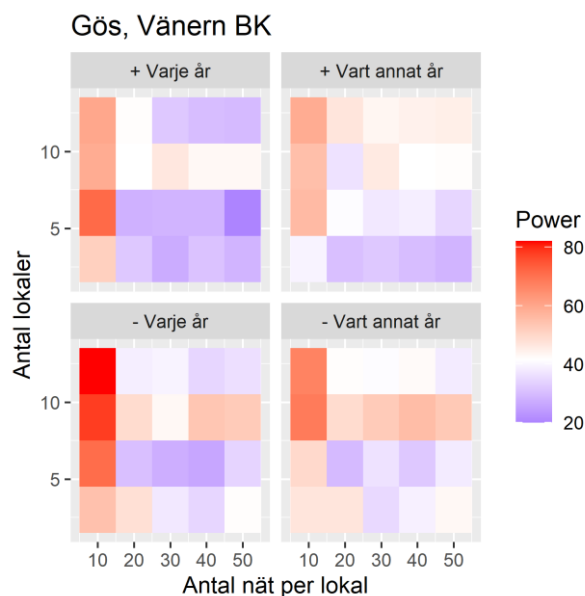
Figur 23. Den statistiska styrkan ("power") för **gös** i **Mälaren**. X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfiskingen sker varje år, i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfiskingen sker vart annat år. I de övre panelerna simuleras en ökning på 10 % per år och i de nedre panelerna har en minskning på 10 % per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



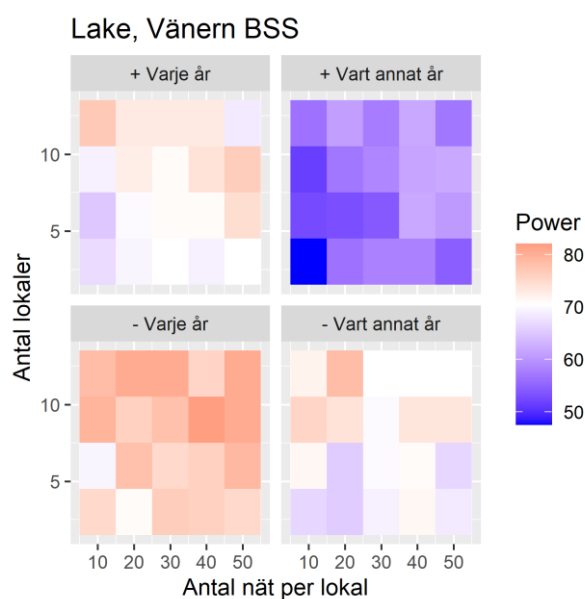
Figur 24. Den statistiska styrkan ("power") för **abborre** i **Vänern** (BKust 9+2). X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfischen sker varje år, i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfischen sker vart annat år. I de övre panelerna simuleras en ökning på 10 % per år och i de nedre panelerna har en minskning på 10 % per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



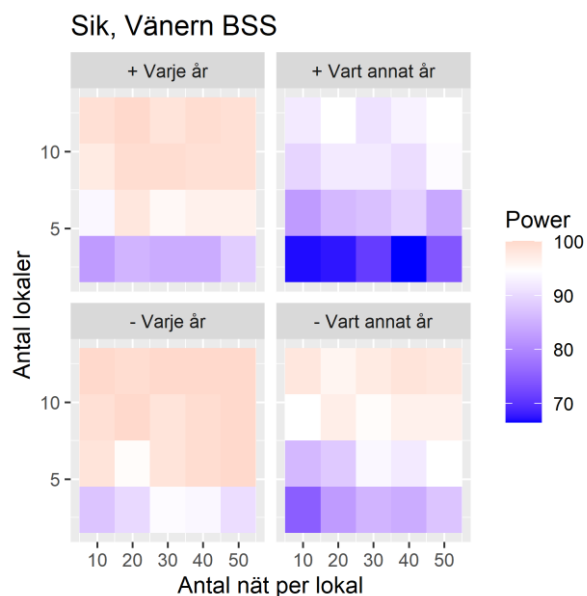
Figur 25. Den statistiska styrkan ("power") för **braxen och björkna** i **Vänern** (BKust 9+2). X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfischen sker varje år, i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfischen sker vart annat år. I de övre panelerna simuleras en ökning på 10 % per år och i de nedre panelerna har en minskning på 10 % per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



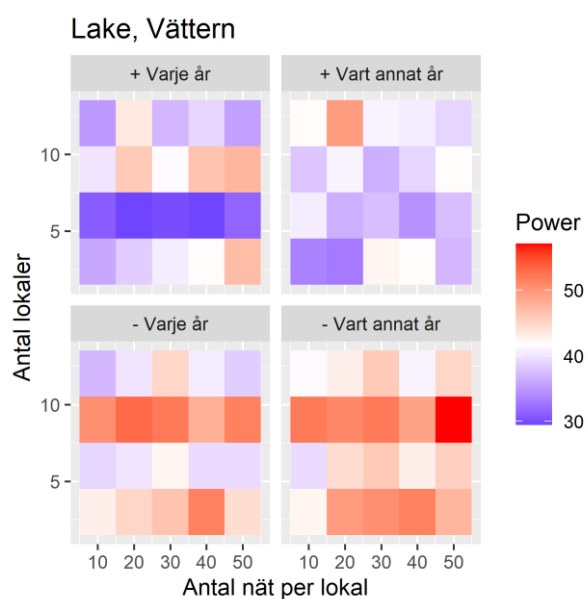
Figur 26. Den statistiska styrkan ("power") för **gös** i **Vänern** (BKust 9+2). X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfiskingen sker varje år, i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfiskingen sker vart annat år. I de övre panelerna simuleras en ökning på 10 % per år och i de nedre panelerna har en minskning på 10 % per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



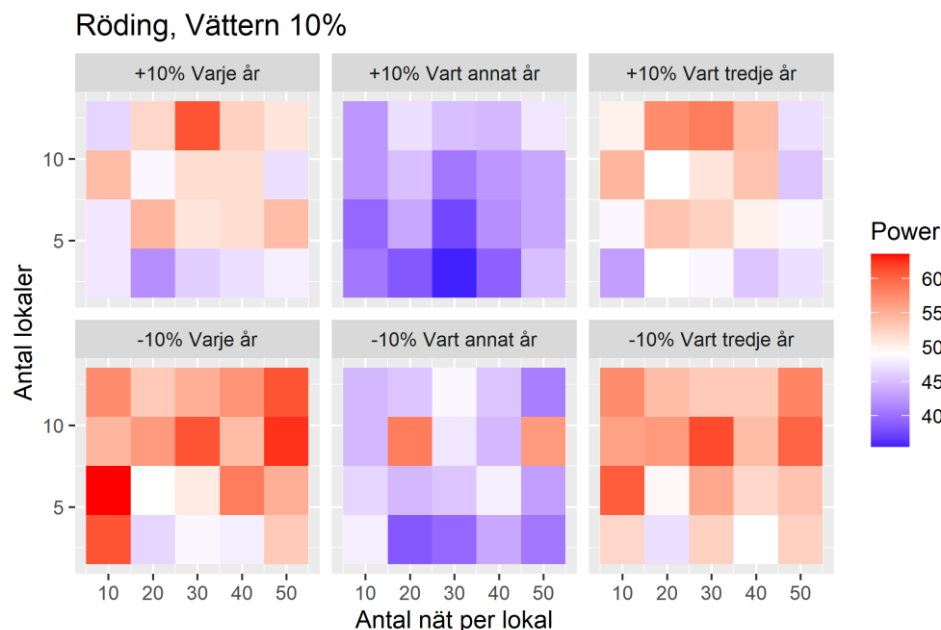
Figur 27. Den statistiska styrkan ("power") för **lake** i **Vänern** (BSS). X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfiskingen sker varje år, i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfiskingen sker vart annat år. I de övre panelerna simuleras en ökning på 10 % per år och i de nedre panelerna har en minskning på 10 % per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



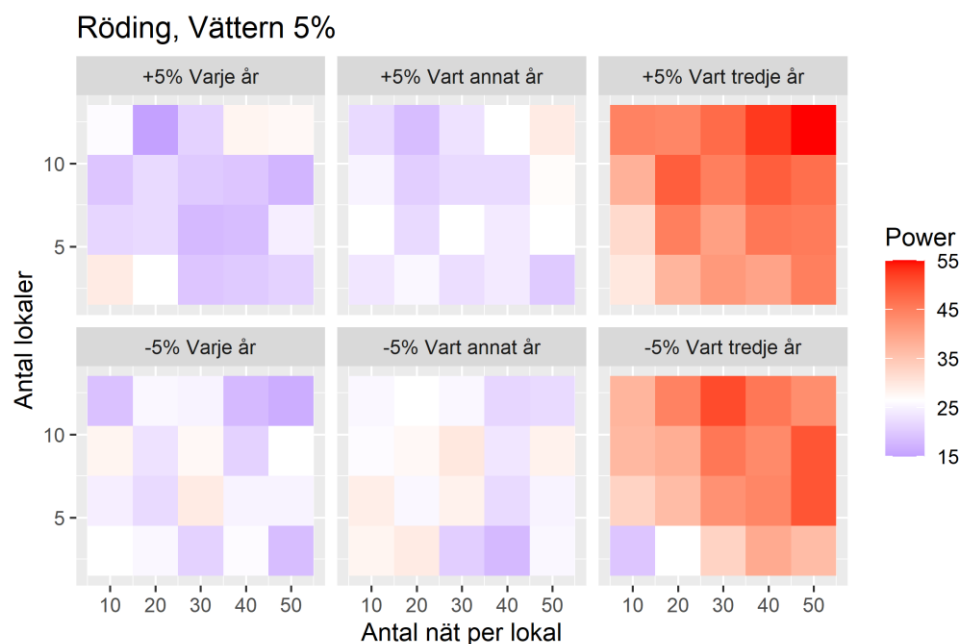
Figur 28. Den statistiska styrkan ("power") för **sik i Vänern (BSS)**. X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfisket sker varje år, i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfisket sker vart annat år. I de övre panelerna simuleras en ökning på 10 % per år och i de nedre panelerna har en minskning på 10 % per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



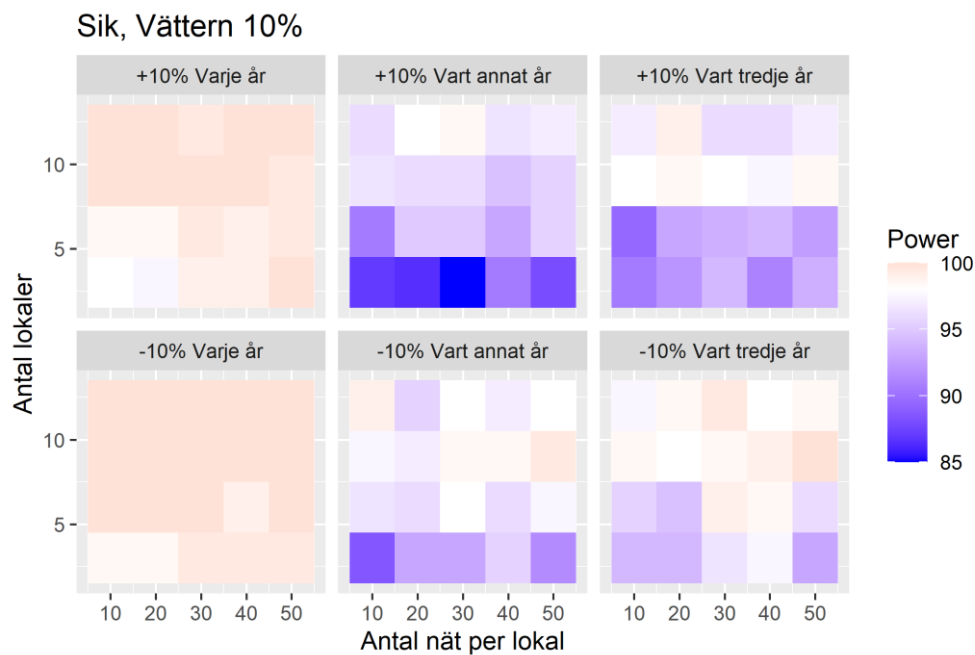
Figur 29. Den statistiska styrkan ("power") för **lake i Vättern**. X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfisket sker varje år, i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfisket sker vart annat år. I de övre panelerna simuleras en ökning på 10 % per år och i de nedre panelerna har en minskning på 10 % per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



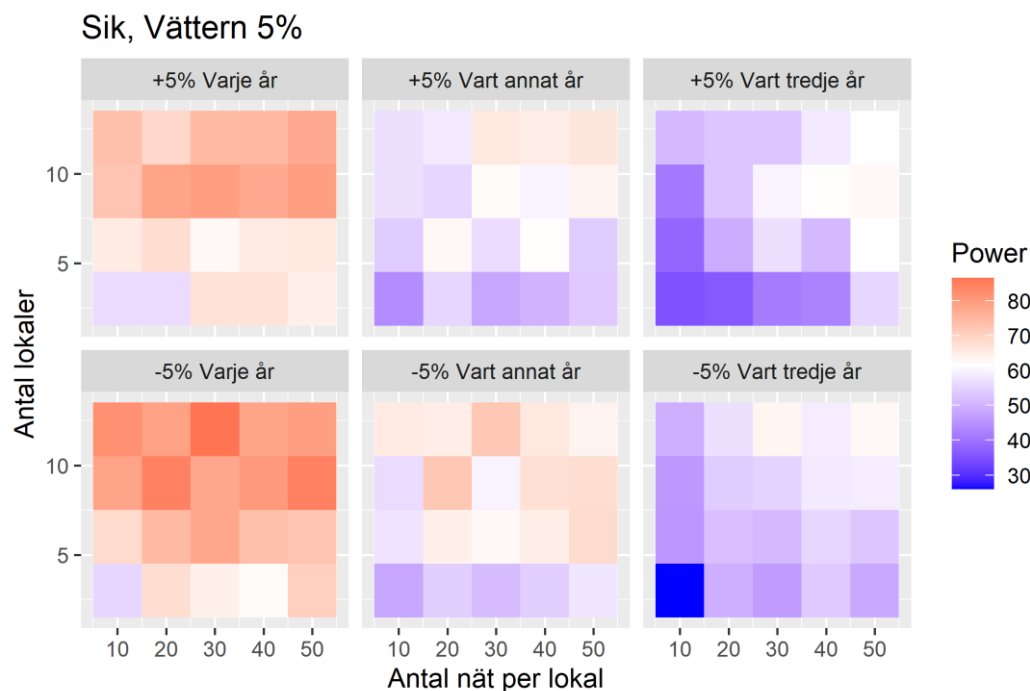
Figur 30. Den statistiska styrkan ("power") för **röding** i **Vättern**. X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfisken sker varje år, i mitten panelen presenteras ett (simulerat) scenario där fisken sker vartannat år, och i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där två provfisken skilda med två år testas mot varandra (d.v.s. nuvarande provfiskestrategi). I de övre panelerna simuleras en ökning på **10 %** per år och i de nedre panelerna har en minskning på **10 %** per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



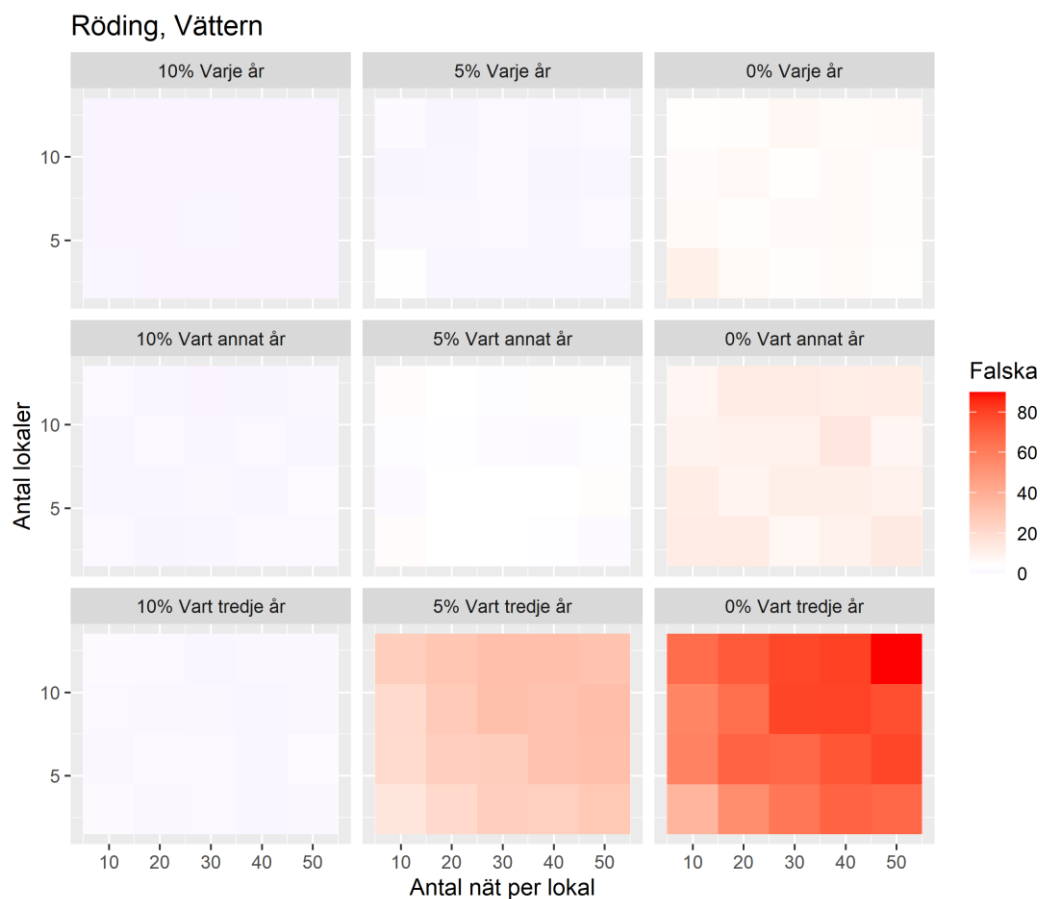
Figur 31. Den statistiska styrkan ("power") för **röding** i **Vättern**. X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfisken sker varje år, i mitten panelen presenteras ett (simulerat) scenario där fisken sker vartannat år, och i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där två provfisken skilda med två år testas mot varandra (d.v.s. nuvarande provfiskestrategi). I de övre panelerna simuleras en ökning på **5 %** per år och i de nedre panelerna har en minskning på **5 %** per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats. Rödingen avviker ifrån övriga arter i och med att provfisken vart tredje år har starkare power än provfisken varje och vartannat år. Anledningen är hur variationerna fördelar sig mellan lokal, år och lokal*år. I och med att inputvärdena är osäkra, rekommenderar vi en mer generell tolkning.



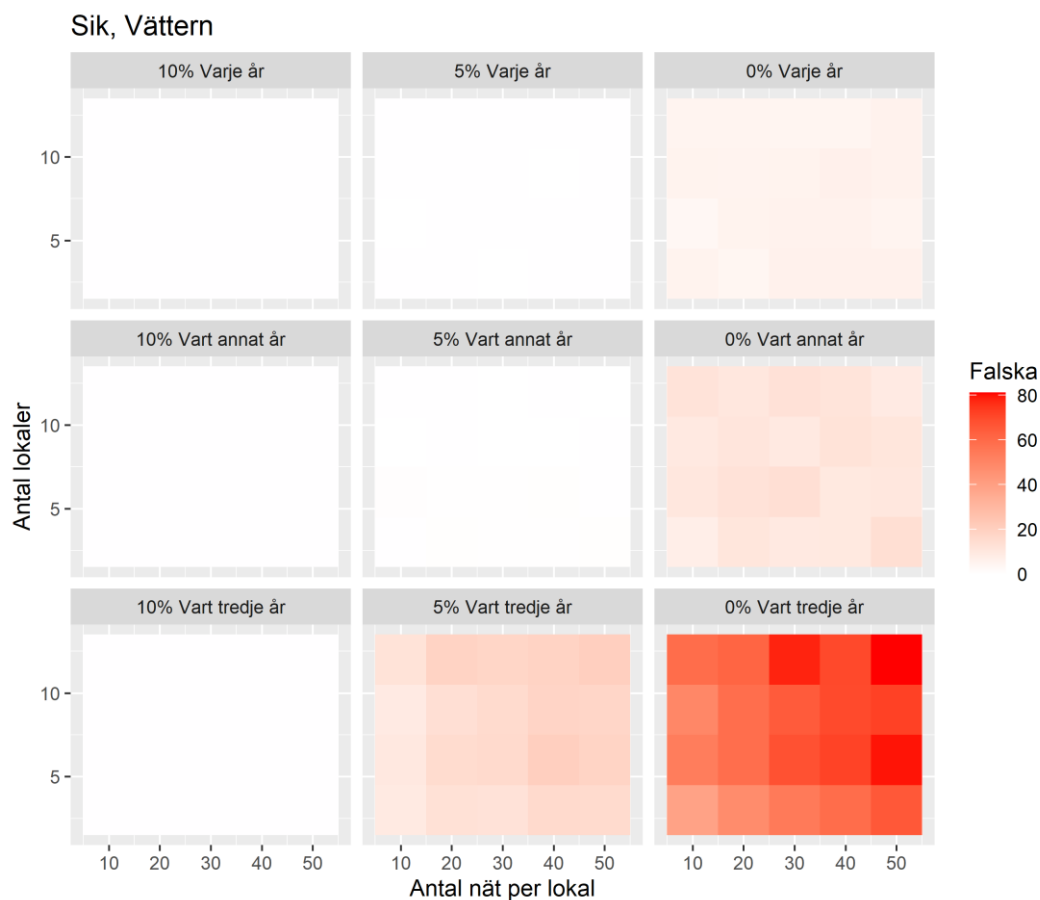
Figur 32. Den statistiska styrkan ("power") för **sik** i **Vättern**. X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfisken sker varje år, i mitten panelen presenteras ett (simulerat) scenario där fisken sker vart annat år, och i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där två provfisken skilda med två år testas mot varandra (d.v.s. nuvarande provfiskestrategi). I de övre panelerna simuleras en ökning på **10 %** per år och i de nedre panelerna har en minskning på **10 %** per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



Figur 33. Den statistiska styrkan ("power") för **sik** i **Vättern**. X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. I de vänstra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där provfisken sker varje år, i mitten panelen presenteras ett (simulerat) scenario där fisken sker vart annat år, och i de högra panelerna presenteras ett (simulerat) scenario där två provfisken skilda med två år testas mot varandra (d.v.s. nuvarande provfiskestrategi). I de övre panelerna simuleras en ökning på 5 % per år och i de nedre panelerna har en minskning på 5 % per år simulerats. Färgkodningen representerar den statistiska styrkan för att detektera en signifikant förändring i samma riktning som simulerats.



Figur 34. Risken för falska positiva resultat ("Falska") för röding i Vättern. Resultaten baseras på simuleringar av beståndsförändringar där beståndet förändrats med 10, 5 och 0 % per år över en 10 års period, och med provfisken varje år, vart annat år och vart tredje år (skillnad mellan två år som ligger tre år isär). X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. Både ökningar och minskningar av bestånden har simulerats, och i figuren presenteras medelvärden för andelen falska positiva för ökande och minskande bestånd. Färgkodningen representerar den proportionen felaktiga signifikanta resultat. De exakta värdena bör tolkas försiktigt.



Figur 35. Risken för falska positiva resultat ("Falska") för sik i Vättern. Resultaten baseras på simuleringar av beståndsförändringar där beståndet förändrats med 10, 5 och 0 % per år över en 10-årsperiod, och med provfisken varje år, vart annat år och vart tredje år (skillnad mellan två år som ligger tre år isär). X-axeln representerar antalet nät per lokal, och Y-axeln representerar antalet undersökta lokaler. Både ökning och minskning av bestånden har simulerats, och i figuren presenteras medelvärden för andelen falska positiva för ökande och minskande bestånd. Färgkodningen representerar den proportionen felaktiga signifikanta resultat. De exakta värdena bör tolkas försiktigt.

Slutsatser nätprovfisken

- På lokalnivå är den relativa precisionen generellt acceptabel för att kunna skatta standardiserade antal, som senare kan användas för att analysera trender.
- För abborre och gös som fångas i båda nättyperna BKust9+2 och BSS är precisionen på lokalnivå högre i BKust9+2 nät då dessa arter huvudsakligen förekommer där BKust9+2 nät läggs, dvs. på grundare vatten.
- Provfiskenas nuvarande upplägg innebär (till skillnad från motsvarande provfisken längs kusten) att de flesta befintliga djupzoner täcks av provfisket – det innebär att det finns större möjligheter att följa hur arter eventuellt ändrar sin djupfördelning i samband med klimatförändringen.
- Det finns en möjlighet att förbättra precisionen för flera arter genom att öka ansträngningen i de djupzoner där de är mest vanliga. Utan att nya resurser tillförs finns dock alltid en risk att sådana förändringar sker på bekostnad av precisionen av andra arter som förekommer i andra djupzoner.

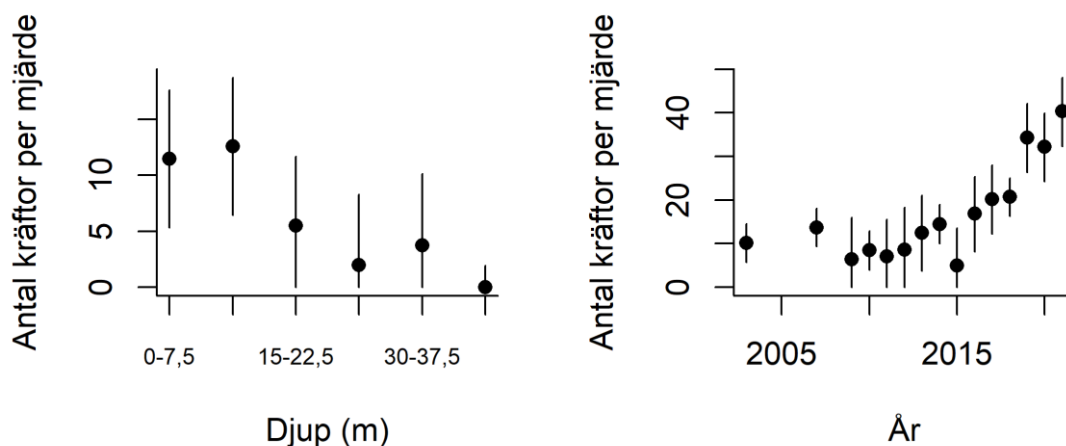
- Den statistiska styrkan varierar beroende på vilken art som studeras men är överlag relativt god för att upptäcka en sann populationsförändring på 10 % per år över en tioårsperiod. 10 % per år motsvarar en ökning på 169 % över en tioårsperiod eller en minskning med 65 % vilket kan anses som en stor men möjlig förändring över detta tidsspann.
- Statistisk styrka är bättre vid provtagning varje år jämfört med vartannat år.
- Idag sker provfiske med omdrev vart tredje år. För att upptäcka linjära trender med dagens upplägg kommer mycket långa tidsserier att behövas.
- I naturliga populationer är den sanna populationsförändringen okänd. I de fall det inte finns en populationsförändring är risken att vi drar felaktiga slutsatser (dvs. att våra analyser visar på en förändring då det faktiskt inte finns någon) hög vid fisken vart tredje år och låg vid fisken varje år.
- När ett års provfiskeresultat jämförs mot ett annat års provfiske är risken för att dra felaktiga slutsatser hög. Ju fler år som jämförs desto säkrare blir analysen.
- För många arter är antalet lokaler viktigare än antalet nät per lokal för att detektera förändringar på sjönivå.

3.3.3 Utvärdering provfiske efter kräftor

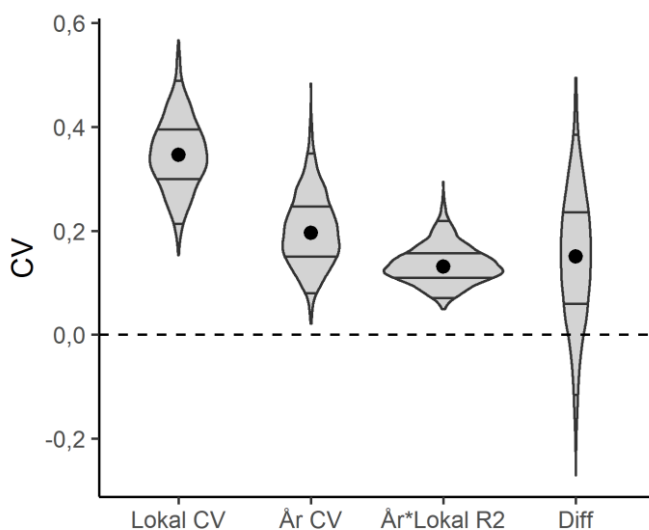
Signalkräftor har, jämfört med fisk, en låg spridningsförmåga och lokala bestånd i samma sjö kan därför ses som distinkta. I de stora sjöarna sker dock förvaltningen av kräftor på sjönivå och det är därför viktigt att ha en god rumslig täckning i de befintliga fiskeriöberoende övervakningsprogrammen (provfisken). Utöver spatiala mönster är det rimligt att anta att det förekommer slumpvisa effekter av år, d.v.s. att fångstbarheten av kräftorna påverkas av faktorer såsom väder, den exakta placeringen av burar och andra årsspecifika faktorer. Av ekonomiska skäl genomförs provfisken idag årligen på endast ett urval av de lokala bestånden i Vättern. Eftersom signalkräftan etablerade sig först i norra Vättern, sker provfisken idag på fem lokaler i norra Vättern. Provfiskena är väl anpassade för temporal täckning, men har brister i spatial täckning. Länsstyrelsen i Jönköpings län utför provfisken vart fjärde år på ett tjugotal lokaler jämnt spridda över Vättern, och dessa provfisken har därför god spatial (men sämre temporal) täckning. Om de rumsliga effekterna visar sig vara mer betydelsefulla än de temporala effekterna bör vi anpassa våra provfisken därefter. Om de temporala effekterna däremot visar sig vara mer betydelsefulla kan våra provfisken ses som optimerade under nuvarande budget.

För att undersöka de relativa effekterna av spatiala och temporala effekter kombinerade vi data från SLU Aquas och länsstyrelsernas provfiske. Dessa provfisken är utförda med liknande metodik och med samma redskapstyp (Lini14 mjärdar). Länsstyrelserna har dock under ett par år testat att fiska på ett större djupintervall än vad SLU Aqua har undersökt (Figur 36). För att kontrollera för fiskedjup delades djup in i strata med 7,5 meters intervall. Lokaler som provfiskats mindre än 3 år exkluderades från analysen ($n=7$). Den analyserbara datamängden erhöles från 28 lokaler och 15 år som provfiskats mellan 2003 och 2021. För att undersöka hur mycket variation som förklarades av lokal och slumpmässiga avvikelser kopplade till år användes en linjär modell där antal kräftor per mjärde representerade responsvariabeln. Djupstrata och tid (kontinuerlig) passades som förklarande variabler. Lokal, år (faktor) och interaktionen mellan år och lokal passades som "random effects" (d.v.s. variabler som kan ses som slumpmässiga drag ur en population). För de slumpmässiga variablerna representerar "lokal" avvikelserna ifrån medelvärdet som är kopplade till specifika lokaler. "År" representerar avvikelser ifrån medelvärdet som är kopplade till specifika fångstår. "Interaktionen mellan år och lokal" representerar de lokalspecifika skillnaderna i sambandet mellan tid och antal kräftor (d.v.s. att olika lokaler har

olika beståndsförändringar över tid). Medelvärdet av antalet kräftor per mjärde var relativt högt och residualerna var normalfördelade. En normalfördelning användes därför för att analysera data.



Figur 36. I den vänstra panelen visas det skattade *antalet kräftor per mjärde per djupstrata*, kontrollerat för år. Modellens skattning av antalet kräftor per djupstrata är för mitten av tidsserien (2014). I den högra panelen presenteras kräftornas *genomsnittliga beståndsutveckling* i Vättern över tid, kontrollerat för djupstrata och lokal. Modellens skattning av antalet kräftor per år är för djupstratat 0–7,5m och medelvärdet över lokaler.



Figur 37. Den slumpmässiga variationen förklarad av Lokal (CV), År (CV), interaktionen mellan lokal och år (R2), samt skillnaden mellan variationen som förklaras av lokal och år (CV). CV och R2 är olika mått på hur stor del av variationen som förklaras av dessa variabler. Formen på symbolerna representerar sannolikhetsfördelningen av de skattade parametrarna, punkten representerar medianen. De vertikala linjerna inom varje sannolikhetsfördelning representerar de 2,5, 25, 75 och 97,5% kvantilerna.

Slutsatser angående provtagningen av kräftor

I Vättern sker provfiskingen årligen på fem lokaler, vilket ger en god temporal upplösning men en sämre spatial upplösning. Den variation som förklaras av "random effekterna" lokal och år är inte signifikant skilda, men lokal tenderar att förklara mer variation än år (Figur 37). Det vore därför önskvärt att förbättra den spatiala provtagningen utan att kompromissa allt för mycket med den temporala täckningen. Ett potentiellt upplägg skulle därmed kunna vara att utöka antalet lokaler till 10, som provfiskas vartannat år. De fem lokaler som läggs till bör vara några av dem som länsstyrelsen redan övervakar, så att analyserna kan knytas till de långa tidsserierna. Ett exempel på upplägg är att SLU fortsätter att provfiska fem lokaler i norra Vättern vartannat år (jämna år) och vartannat år (ojämna år) fiskar fem lokaler runt Vättern som ingår i länsstyrelsens kräftprovfiskingen. Vi noterar att även om antalet kräftor per lokal varierar kraftigt, så är variationen som förklaras av interaktionen mellan år och lokal relativt liten. Det tyder på att beståndstrenderna i de olika lokalerna är liknande, om än med olika startpunkter. Eftersom kräftor har låg spridningsförmåga, är det sannolikt att de olika kräftbestånden utsätts för gemensamma påverkansfaktorer som kan ge upphov till likartade trender.

För de övriga sjöarna (Hjälmaren, Mälaren och Väneren) har vi inte tillräckliga data för att utföra dessa analyser. Man skulle dock kunna argumentera för att Vättern sannolikt är den mest homogena av våra större sjöar, och att processer kopplade till lokalspecifika faktorer sannolikt kan vara viktigare i andra sjöar. Det vore därför önskvärt att utöka antalet provfiskade lokaler i dessa sjöar. Det gäller framförallt i Mälaren som i dagsläget endast provfiskas på en lokal.

3.4 Täckning av miljögradienter och habitat

Det är viktigt att ett undersökningsprogram täcker de viktigaste habitattyperna. Dels för att resultaten i undersökningarna ska vara representativa för sjöarna som helhet och dels för att man ska fånga upp merparten av de arter som förekommer. Olika miljöer har också olika funktioner, vissa miljöer är viktiga lek- och uppväxtområden medan andra är mer betydelsefulla som födosöksområden eller övervintringsområden. Det anses också särskilt viktigt att samla data som täcker hela de miljögradienter som finns för de viktigaste parametrarna om man vill förutsäga eller modellera tillståndet för en art eller en grupp av arter i ett större område som går utanför det som man har data från (Thuiller et al., 2004; Jackson et al., 2001). Exempelvis om de delområden man bedriver undersökningar i skulle sakna djupa platser blir det svårt att förutsäga hur fiskbestånden ser ut i djupa områden i sjöarna som helhet. Provtagningsprogram (övervakning) som täcker större miljögradienter kan också förväntas att ha större möjlighet att fånga upp rumsliga förändringar jämfört med program där endast de mest optimala habitat/områdena provfiskas eftersom förändringar troligen först uppstår i kantområdena (Fretwell och Lucas, 1970). Nackdelen med att provta olika miljöer är att det ökar variationen mellan lokaler.

Vi har analyserat programmets täckning av olika miljötyper genom att använda resultaten i Sandström m.fl. (2016) samt Philipson m.fl. (2015) där en analys av hur artsammansättningen påverkas av olika miljöfaktorer presenterades. Analysen baserades i hög grad på data från övervakning via satelliter specialiserade för vattenklassificering. Sjöarna kunde delas in i olika distinkta samhällstyper och man kunde också beskriva i vilka miljöer som dessa förekommer. Vi genomförde en kartanalys över de parametrar som styr indelningen i samhällstyper. Parametrarna var djup, klorofyll a, CDOM (humushalt), grumlighet och närmaste avstånd till strandlinje. Därefter kunde den totala ytan av de miljöer som har distinkta fisksamhällen

summeras och jämföras med andelen samt antalet ansträngningar i olika undersökningar i respektive miljötyp. Analysen gjordes sjö för sjö. Djup och klorofyll *a*/CDOM *v* förklarade mest av variationen i fångster av olika fiskarter. Eftersom dessa parametrar var viktiga försökte vi också kvalitativt analysera hur väl programmen täckte in de befintliga gradienterna för dessa parametrar. Exempelvis i vilken grad undersökningarna genomförts i de djupzoner som finns i de olika sjöarna. Skillnader och likheter i ansträngning i olika djupzoner illustrerades genom att skapa hypsogram för varje enskild sjö (Håkanson, 1978; Håkanson, 2004).

3.4.1 Vänern

I Vänern var täckningen av olika typer av habitat i provfiskena med nät och hydroakustik med trålning relativt god. Nätprovfiskena täcker in produktivitetsgradienten, från de allra mest övergödda och grumliga miljöerna till de allra mest näringsfattiga klarvattenmiljöerna. Täckningen av djupzoner är dock inte riktigt lika fullständig, de allra djupaste miljöerna (djupare än 50 meter) täcks inte av nätprovfiskena. Täckningen är som bäst i de grunda djupzonerna (2–20 m). Nätprovfiskena har också dålig täckning i utsjömiljöerna. De hydroakustiska studierna hade något sämre täckning av de mest produktiva och grunda miljöerna men täckte å andra sidan övriga miljötyper mycket väl. Som beskrivits tidigare finns en djupbegränsning för vertikal hydroakustik och trålning. Metoden är svår att tillämpa i områden grundare än 10 meter vilket innebär att grunda, skyddade och produktiva fjärdar inte kan fångas upp med nuvarande metodik.

3.4.2 Vättern

I Vättern var täckningen av olika habitattyper överlag god med undantag för de grunda strandnära områdena som inte täcks av någon av dagens undersökningar. Det innebär att åtminstone två distinkta fisksamhällen inte fångas upp i tillräckligt hög utsträckning. Bristen gäller i första hand de fisksamhällen som finns på grunt vatten i Störvättern, vilka domineras av abborre, mört och gers och med öring, harr och elritsa som karaktärsarter (Spjut, 2021; Länsstyrelsen, 2011; Sandström m. fl. 2009). Programmet täcker heller inte de mest produktiva delområdena (Alsen, Kärrafjärden och Duvfjärden) i de norra skärgårdarna som har jämförelsevis större dominans av karpfiskar och även gös som karaktärsart (Länsstyrelsen, 2011). Undersökningarna med översiktsnät och hydroakustik/trålning har istället koncentrerats till Störvättern och i fallet med näten djupzonen 20–50 meter för att optimera fångsten av kommersiellt viktiga arter som sik och röding. Det innebär att dessa djupintervall har mycket god täckning och övriga djup följaktligen något sämre.

3.4.3 Mälaren och Hjälmaren

I både Hjälmaren och Mälaren är täckningen av förekommande grupper av fisksamhällen relativt god. Den största bristen är att täckningen inte är tillräckligt bra i de allra mest övergödda miljöerna som exempelvis Hemfjärden och Mellanfjärden i Hjälmaren och Galtén och Garnsviken i Mälaren. I likhet med övriga sjöar är det inte möjligt att genomföra vertikal hydroakustik och trålning i de grundaste miljöerna (grundare än 10 meter). Det innebär att djupförhållandena i Hjälmaren är mindre lämpliga för hydroakustik än de andra sjöarna, men att tråldata kompletterar nätprovfiskena. I Mälaren har det varit något högre ansträngning med nätprovfisken i de grundare djupzonerna och något lägre ansträngning i de djupaste områdena än vad som kunde förväntas givet hur vanliga olika djupintervall är. I Hjälmaren däremot, där variationen i djup är naturligt mindre, har ansträngningen varit relativt jämnt fördelad på befintliga djupzoner.

Sammanfattningsvis täcker hydroakustik och trålning de pelagiska miljöerna på ett bra sätt. Nätprovfiskena har bättre täckning av övergödda miljöer men i vissa av sjöarna otillräcklig täckning i de mest strandnära områdena och de allra djupaste områdena med undantag av Hjälmarén. Nätprovfisken har i varierande utsträckning designats för att optimera fångsten av kommersiella arter vilket innebär att vissa djupzoner har något högre ansträngning än andra.

3.4.4 Slutsatser avseende täckning

- Överlag är täckningen av olika samhällstyper god i alla sjöarna, med vissa undantag.
- De allra grundaste och mest strandnära miljöerna (grundare än 1,5 m) täcks i dagsläget dåligt i alla sjöarna på grund av de använda metodernas begränsningar. I Vättern är det dock dålig täckning av samtliga grunda områden (grundare än 20 m).
- De allra djupaste platserna i Vänern, Vättern och Mälaren täcks dåligt i provfiskena med bottensatta nät men täcks istället mycket bra via hydroakustik och trålning.
- Nätprovfisken i Vänern har på grund av de långa gångtider som krävs för att nå dem dålig täckning av områden långt ut i utsjön.
- De mest övergödda områdena täcks dåligt av samtliga undersökningar i Vättern, Hjälmarén och Mälaren. Dessa områden utgör visserligen en mycket liten del av den totala sjöytan, men kan dock ha en särskilt stor betydelse för rekrytering av vissa arter som exempelvis gös och även vara särskilt viktiga för vissa sällsynta och hotade karpfiskar.
- De mest ytnära delarna av pelagialen kan inte undersökas med vertikala ekolod av den typ som nu används, vilket innebär att exempelvis storspigg inte övervakas. Ett alternativ för ytnära områden är att använda anpassade trålar.
- I Mälaren är täckningen i provfisken med nät mycket dålig i nordöstra delarna av sjön.
- Många av de brister som finns beror på att nuvarande övervakning är riktad mot målarterna för yrkesfisket. Det är viktigt att påpeka att en omfördelning av resurser till andra områden för att möjliggöra bättre bedömningar av ekosystemen och miljörelaterade frågor kan komma att ske på bekostnad av bedömningarna av fiskets målarter.

4 Diskussion och rekommendationer för förbättring av programmen

Fisk- och kräftundersökningar i de stora sjöarna har genom åren gett värdefull information som varit viktig för förvaltningen och förståelsen för hur ekosystemen i dessa unika sjöar ser ut. Översynen av dagens datainsamling, som vi här presenterat, visade att undersökningarna överlag fortsatt genererar användbara resultat. Inte minst är skattningen av parametrar som storleks- och åldersstruktur tillfredsställande för många av de viktiga arterna. Befintlig insamling täcker även många av de olika typer av miljöer, samhällstyper och djup som finns i sjöarna. Vi bedömer att upplägget av enskilda provfiske generellt sett är tillfredsställande då precisionen för en enskild lokal ett specifikt år ofta är bra. Det vill säga att ett enskilt mätvärde utifrån ett standardiserat antal nät stratifierade efter djup fungerar bra, vilket är förväntat då nätprovfiske är en etablerad och väl beprövad metod.

Syftet med resursövervakningen är dock att följa utvecklingen över tid. För att följa utvecklingen behöver år jämföras mot varandra, därför har vi utfört power-simuleringar för scenarier där populationen förändras, och där den inte förändras. Vi kom fram till att när (den simulerade) populationen förändras har vi i flertalet fall goda chanser att upptäcka de förändringarna. När (den simulerade) populationen inte förändras var däremot risken relativt stor att vi tror att den ändå förändras, vilket beror på att vi fångar in slumpmässiga skillnader mellan år. Det gör att risken för felaktiga slutsatser på kort sikt är stor. Risken för sådana felaktiga slutsatser ökar dessutom ju mer sällan provfiskena genomförs.

Sammantaget har denna översyn identifierat både styrkor och områden där vi tror att undersökningarna kan förbättras. I vissa fall kan det krävas utveckling av ny metodik och något större förändringar men i andra fall krävs endast mindre justeringar för att uppnå kvalitetsförbättringar. Förhoppningen är att undersökningarna ska bli än mer användbara inom den framtida förvaltningen.

4.1.1 Undersökningar bör genomföras varje år

Resultaten visar att både hydroakustiska undersökningar och nätprovfiske bör genomföras varje år för att kunna bedöma förändringar över tid och för att inte riskera att dra felaktiga slutsatser som ger negativa konsekvenser på förvaltningen av fisket. Detta resultat överensstämmer med liknande analyser utförda på kustprovfiske (Leonhardsson m.fl. 2016 och Appelberg m.fl. 2020). Där jämförde man statistisk styrka och precision i undersökningar genomförda vartannat år med sådana som genomfördes varje år och kom till samma slutsats: undersökningar varje år är att föredra. "Den främsta anledningen till att omdrev inte rekommenderas är att möjligheterna att upptäcka befintliga trender försämras och risken att observera icke-sanna trender ökar avsevärt" (Appelberg m. fl. 2020).

Nätprovfiske i stora sjöarna genomförs i dagsläget vart tredje år. Detta bedömdes vara otillräckligt för att följa abundanstrender för de undersökta bestånden. **Med en omdrevsfrekvens på vart tredje år kan vi heller inte uttala oss om förändringar mellan två provtagningstillfällen för någon art då risken för falska positiva förändringar blir oacceptabelt hög.** Provtagning vartannat år ger något bättre statistisk styrka och lägre risk för falska positiva men risken bedöms fortfarande ligga på en oacceptabel nivå. Undersökningar vart tredje år innebär också att det är

mycket svårt att följa enskilda årsklasser i fångsten vilket gör det svårare att bedöma viktiga parametrar som årsklasstyrka och dödlighet.

För att nätprovfiskena ska kunna vara användbara för förvaltningen av fisket behöver förändringar i beståndsstorlek kunna identifieras i ett tidigt skede. Detta kräver årlig provtagning. Det är därför sannolikt en bättre strategi att provfisken sker årligen med lägre ansträngning än att de sker vart tredje år med en högre ansträngning. En kombination av årliga undersökningar och minskad ansträngning kommer att leda till lägre precision per år men bättre precision sett över hela tidsserien. **Med årliga undersökningar kommer möjligheten att detektera trender på sjönivå sannolikt att förbättras och förvaltningen kommer att kunna svara på förändringar i bestånden i ett tidigare skede än vad som är möjligt idag.**

Att genomföra årliga nätprovfiskeundersökningar kommer att ställa nya krav på utrustningsbehov och logistik. Ett uppenbart problem som kan innebära något högre kostnader är att det kommer att innebära fler förflyttningar och mer ställtid i samband med att fältpersonal rör sig från ett område till ett annat.

De hydroakustiska undersökningarna visade sig ha en relativt god förmåga att upptäcka populationsförändringar. Särskilt gällande förändringar i beståndet större än 50 % för både juvenil och äldre nors i Vänern och 100 % ökning i Vättern. En liknande förmåga noterades för äldre siklöja i Vättern. För juvenil siklöja i Vänern och Vättern var dock resultaten väsentligt sämre. Anledningen till den låga statistiska styrkan för juvenila siklöjor i Vättern är att rekryteringen av siklöja varierar väldigt kraftigt mellan år. Detta innebär att det är svårt att veta om rekryteringen av siklöja ökar eller minskar över den undersökta tidsperioden. Genom kontinuerlig åldersbestämning av insamlade individer kan dock starka rekryteringspulser beskrivas med något års fördröjning.

4.1.2 Minska inte antalet transekter i hydroakustiska undersökningar

Risken för felaktiga slutsatser var generellt låg med nuvarande undersökningsfrekvens (årliga hydroakustiska undersökningar). Ifall undersökningar istället skulle genomföras vartannat år ökade dock risken för felaktiga slutsatser. Orsaken är att redan vid en omdrevsfrekvens på två år kan slumpmässig variation mellan år lätt tolkas som en statistiskt fastställd förändring. Att reducera till vartannat år skulle också innebära att det tar dubbelt så lång tid att samla in den mängd data som krävs för att på ett statistiskt säkert sätt kunna detektera en förändring (14 jämfört med 7 år). **Att minska antalet transekter rekommenderas inte då det innebär ett avsteg från kraven inom den europeiska standarden (CEN, 2014) och att jämförelsen med tidigare års undersökningar försvåras.**

4.1.3 Följ norsen i Hjälmaren årligen

I Hjälmaren genomförs till skillnad från de tre större sjöarna inte årliga undersökningar med hydroakustik och trålning. Det innebär att man inte kan följa den viktiga och i Hjälmaren hotade norsen med den upplösning som behövs. På grund av norsens populationsdynamik i Hjälmaren där det periodvis endast förekommer en årsklass bedömer vi att **det är mycket viktigt att ha en årlig undersökning i Hjälmaren som riktar sig mot norsen.** Framförallt för att undersöka om rekryteringen lyckas eller inte där trålning visat sig ge bra data. Hjälmaren är en väsentligt grundare sjö än de övriga och därför är hydroakustik inte lika fördelaktigt som undersökningsmetod. Ett alternativ kan istället vara att följa norsen årligen men med annan

metodik. Detta undersöks i skrivande stund av länsstyrelserna runt Hjälmaren i ett projekt som nyligen startade (våren 2023) och som även syftar till att undersöka var norsens viktigaste lekområden finns. Detta projekt innebär att det finns goda möjligheter att hitta nya långsiktiga komplement till hydroakustiska undersökningar riktade mot nors och förhoppningsvis kan man utveckla kostnadseffektiva årliga undersökningar som kan kombineras med hydroakustiska undersökningar med längre omdrevsfrekvens.

4.1.4 För bedömning på sjönivå är antalet delområden viktigare än antalet provfiskade stationer

Ett betydelsefullt resultat var att det för bedömningar på sjö-nivå var viktigare att ha ett större antal delområden (lokaler) med nätprovfisken än att fiska med högre ansträngning i ett lägre antal delområden. För de flesta arter verkar statistisk styrka således öka med ökat antal lokaler. Det totala antalet lagda nät var generellt sett mindre viktigt än delområde. Det kan tolkas som att variansen huvudsakligen ligger på lokalnivå vilket är rimligt då specifika arter och livsstadier ofta är kopplade till specifika habitat.

Att öka antalet undersökta delområden har många biologiska fördelar men i likhet med rekommendationen om årliga undersökningar ställer det också nya krav på utrustning och logistik med potentiellt ännu fler förflyttningar och behov av fler och möjligtvis snabbare båtar. Det finns dock i flera fall möjligheter att styra valen av delområden så att förflyttningar minimeras. Ett exempel är att välja två delområden som ligger relativt nära varandra så att fältpersonal kan utgå från samma hamn och boende. En viktig avvägning vad gäller antalet undersökta delområden är att addering av nya delområden utan en markant höjning av budgeten för provfiskena innebär att man kommer att fiska med lägre ansträngning på varje enskilt delområde. Det innebär att det kan bli svårare att detektera skillnader mellan enskilda områden.

Exakt vilka delområden som ska provfiskas med nät och med vilken exakt ansträngning man bör provfiska i respektive delområde bör bli föremål för en fördjupad analys och även ett omfattande samråd med berörda länsstyrelser och andra intressenter.

4.1.5 Fler undersökta delområden ger större möjligheter att få en bättre täckning av befintliga delbestånd, miljögradients och habitat (nätprovfiske)

Vår analys visade att undersökningarna visserligen täcker de viktigaste miljögradienterna och habitaterna men också att det finns vissa brister i täckningen som varierar mellan sjöarna. Ökar man antalet undersökta delområden finns dock stora möjligheter att förbättra täckningsgraden. Denna situation påminner således en del om resultaten i utvärderingen av kustprovfisken (Appelberg m.fl., 2020). Vår bedömning är dock att behovet av att utöka med fler delområden på grund av otillräcklig täckning av specifika habitat inte är en lika kritisk brist i sjöarna som det är på kusten.

En positiv aspekt med att öka antalet undersökta delområden är att man får en bättre täckning av lokala delbestånd som kan finnas i sjöarna. Det mest uppenbara exemplet är att det helt saknas nätprovfisken i nordöstra Mälaren (Ekoln, Skofjärden, Sigtunafjärden, Skarven m.fl. vattenförekomster) trots att där finns unika lokala delbestånd av gös och sannolikt även andra fiskarter (Dannewitz, m. fl. 2010). **Vi rekommenderar därför att delområde för nätprovfiske adderas till nordöstra Mälaren.**

De mest övergödda områdena täcks dåligt av samtliga undersökningar i Vättern, Hjälmaren och Mälaren. Dessa områden utgör en liten del av den totala sjöytan men kan ha en särskilt stor betydelse för rekrytering av exempelvis gös och även vara särskilt viktiga för vissa sällsynta och hotade karpfiskar. Väljer man att öka antalet delområden finns anledning att överväga om man i samband med detta kan skaffa sig bättre täckning av högproduktiva områden.

Utvärderingen av kustprovfisken innehöll flera rekommendationer som berörde de provfiskade djupzonerna. En sådan var att behålla den djupaste zonen (10–20 m) för att inte försämra möjligheten att fånga kallvattenarter, potentiellt förändrade djuputbredning p.g.a. klimatförändring och möjligheten att upptäcka nya främmande arter. Provfiskena i stora sjöarna täcker väsentligt fler djupzoner än motsvarande på kusten, dock inte de allra djupaste områdena i Vänern, Vättern och Mälaren särskilt väl. Det beror på att de undersökta delområdena inte har tillräckligt stora maximidjup. Om man utökar antalet undersökta delområden finns möjlighet att genomföra provfisken i något djupare områden. Dessa djupa områden har vanligtvis mycket lågt antal fiskar i fångsten och är sällan av större betydelse för de kommersiellt viktiga arterna. Med undantag av området öster om Värmlandsnäs är det svårt att nå riktigt djupa områden i Vänern utan att man tvingas till långa gångtider med båt. Långa gångtider innebär högre kostnader och större krav på att man har sjösäkra arbetsbåtar av lämplig storlek.

I likhet med analysen av kustprovfisken tror vi att det kan finnas möjligheter att förbättra precisionen för flera arter genom att öka ansträngningen i de djupzonerna där de är vanligast. Fiskedjupen för BSS-näten respektive BKust9+2-näten skulle eventuellt kunna anpassas och omfördelas för att förbättra precisionen för olika målarter. Utan nya resurser finns dock en risk att sådana förändringar sker på bekostnad av precisionen av andra arter som förekommer i andra djupzoner. Sådana ändringar bör därför ske med eftertanke.

De allra grundaste och mest strandnära miljöerna (grundare än 1,5 m) täcks i dagsläget dåligt i alla sjöarna på grund av de använda metodernas begränsningar. Där krävs sannolikt att man utvecklar andra metoder.

I Vättern saknas helt och hållet långsiktig fiskövervakning på grundare områden (grundare än 20 m). Därför rekommenderas att man bör överväga att inkorporera provfiske i Vätterns strandzon med BKust9+2-nät i det nuvarande programmet i likhet med upplägget i Vänern. Provfiske på grunt vatten i Vättern innebär dock många svårigheter, till exempel hög andel nät med störningar av kräftor.

De mest ytnära delarna av pelagialen kan inte undersökas med vertikala ekolod av den typ som nu används, vilket innebär att storspigg som i hög grad uppehåller sig nära vattenytan inte övervakas. Där krävs särskild metodik som har använts på prov i tjeckiska reservoarer (Baran m.fl. 2021) samt i Vättern (Axenrot 2015).

4.1.6 Stickprov som beskriver storleksstruktur var tillräckligt stora för de flesta arter (hydroakustik + nätprovfisken)

Längd, vikt, ålder och könsmodnhet är viktiga parametrar som ofta används för att beskriva ett bestånds status i så väl komplexa analytiska beståndsmodeller som enklare beståndsanalyser. Fiske påverkar vanligtvis bestånden genom att de stora, gamla och könsmodna individerna avlägsnas i högre utsträckning än mindre storlekar. Överfiskade bestånd saknar därför ofta stora och gamla individer. Även störningar i miljön påverkar fiskens tillväxt och därmed storlek och

ålder. Storleks- och åldersstruktur samt dödlighet (som räknas fram baserat på längd- och åldersdata) utgör därför några av de viktigaste parametrarna som analyseras i SLU:s Fiskbarometern. Det är således viktigt att antalet individer som provtas och det stickprovsförfarande som styr provtagningen är väl avvägt.

Längdmätningarna av fångsterna i trålning och nätprovfisken är för de flesta av de vanligt förekommande arterna på en tillfredsställande nivå. Antalet individer som längdmäts bedömdes till exempel ge en acceptabel precision vid beräkning av enkla längdbaserade indikatorer som L10, L50, L90 och L5max. För vissa arter var till och med antalet provtagna individer fler än vad som behövs för en acceptabel felmarginal i storlekssammansättningen av populationen. Där finns således en möjlighet att effektivisera undersökningarna genom att minska på antalet längdmätningar på vissa arter. Redan idag finns en modul i inmatningsprogrammet HD-Fish som styr hur provfiskepersonalen längdmäter fångsten. Den är i dagsläget inriktad på att optimera antalet längdmätta fiskar per enskild nätmaska. En vidareutveckling av denna rekommenderas fokusera på att även optimera längdmätningen för ett helt provfiske. Att exkludera de minsta fiskarna gav inte bättre skattningar av percentiler. Variation över år i rekrytering var dock inte inkluderad i analysen, vilket eventuellt kan förändra resultaten.

En viktig aspekt är att bias (skevhet) kan introduceras till estimat av storlek och åldersstruktur om undersökningarna är storleksselektiva på grund av metoden i sig eller själva designen. I vårt fall finns i första hand nätselektivitet (som vi i viss mån kan hantera) och stratifierade provtagningsupplägg, att man tar proportionellt fler individer av vissa åldrar/storlekar. Det sistnämnda kan delvis åtgärdas genom att inte använda för små längdklasser (Goodyear, 2019).

4.1.7 Bra riktmärken för åldersanalyser är: 200–300 individer för tillväxtbedömningar och 500 för dödlighetsskattning (nätprovfiske + hydroakustik)

En analys av hur många prover som är lämpliga för att skatta de två viktiga tillväxtparametrarna L_{inf} och k genomfördes med sikarna i Vätern och Vättern som exempelpopulationer. Analysen visade att cirka 200–300 individer per art, sjö och år, kan ses som ett lämpligt riktmärke/miniminivå för insamlingen.

För de flesta arter bygger vi längd-åldersnycklar för att räkna upp åldersstrukturen för hela fångsten. Resultaten kan sedan användas för analyser av dödlighet och tillväxt. Simuleringsstudier har visat att det ibland kan vara viktigare att öka det totala antalet fiskar som fångas hellre än att öka den andel som analyseras med avseende på ålder. I de flesta fall behövs en totalfångst på åtminstone 500 individer per art och år och att man analyserar ålder för minst 10 individer per längdklass (Coggins m. fl. 2003). I en liknande simuleringsstudie rekommenderades att mäta storlek på minst 375 individer per år för att kunna beskriva längdfördelningen. Dessa resultat överensstämmer relativt väl med vår utvärdering av vad som är lämpliga provstorlekar för skattning av dödlighet hos sik i Vättern.

Antalet individer som längdmäts och/eller provtas, dissekeras och senare analyseras med avseende på ålder är därmed tillfredsställande för vissa arter och andra inte. För de vanligaste pelagiska arterna som fångas upp av den hydroakustiska undersökningen var nivån överlag bra. Insamlingen av nors var på en acceptabel nivå i samtliga sjöar. I Hjälmarén var undersökningsfrekvensen otillräcklig. För siklöja är nivån acceptabel i Vätern och på gränsen till acceptabel i Vättern och Mälaren. Särskilt i Vättern rekommenderas mer regelbunden

åldersläsning på grund av att det är svårt att bedöma rekryteringspulser. Av de arter som huvudsakligen fångas i nätprovfisken är nivån på längdmätning och åldersanalyser tillräcklig för abborre i Vänern och Mälaren, sik i Vänern och Vättern samt mört i Vänern och Mälaren. För de arter som fångas i nätprovfisken rekommenderas som nämnts tidigare att fiske sker varje istället för vart tredje år. Om man utgår från en målsättning om att minst 200–300 individer per art och sjö skall åldersläsas årligen innebär det att kostnaden för åldersanalyser ökar jämfört med nuvarande nivå. En lägre ansträngning per år innebär dock att det blir svårare att fånga tillräckligt många individer av vissa arter.

En skillnad mellan undersökningarna på kusten och sjöarna är urvalet av fiskarter för individprovtagning. På kusten är det normalt endast abborre som provtas och åldersläses på regelbunden basis, i sjöarna är det väsentligt fler arter. En anledning till detta är att fokus i sjöarna i större utsträckning har varit på underlag till fiskeriförvaltning. Vi anser att åldersanalyser är ett viktigt moment i övervakningen och att provtagning och analys av flertalet arter bidrar med viktiga kunskapsunderlag också till miljöförvaltning.

Vår analys av sikars tillväxt visade i likhet med andra studier (Miranda, 2007) att skattning av tillväxtparametrar kräver fler prover från det bestånd som hade högre variation i tillväxt (Vätternsikor) än det som hade lägre variation (Vänersikor). En del av variationen för vissa arter beror på att det förekommer flera olika delbestånd i sjöarna som i viss mån samexisterar. Förutom fler åldersprover kan det också vara relevant att försöka identifiera vilket delbestånd en given individ tillhör med t.ex. genetiska analyser och/eller morfologiska analyser. Generellt behövs fler prover för arter som har variabel och långsam tillväxt, hög dödlighet (antingen via fiske eller naturligt) och stor maximilängd. Vissa av de arter som vi följer i de stora sjöarna är särskilt krävande ur dessa perspektiv och där behövs ett stort antal prover. Sikar i Vättern har variabel tillväxt och förekommer i åtminstone två ekologiskt och morfologiskt distinkta delpopulationer (Sandström m.fl. 2020). Gösen i Mälaren är ett annat exempel på ett bestånd med variabel tillväxt (SLU, 2021) och därför kräver en proportionellt större insats.

Vissa arter är också dyrare att analysera för ålder på grund av att det är svårare att extrahera de vävnader man behöver (t.ex. gädda där det krävs tidsödande beredning av okben och vingben).

Metodiken för åldersanalys av vissa arter behöver utvecklas. Lake är ett sådant exempel där det krävs validering och jämförelser med hur man arbetar i andra länder.

4.1.8 Det är önskvärt att minska antalet fiskar som dödas i undersökningar

Det pågår arbete på SLU Aqua med att minska antalet fiskar som dödas i samband med undersökningar (Nilsson m.fl. 2022 och 2023). Arbetet utgår från den välkända 3R-ansatsen. 3R står för "Replace (ersätta)", "Reduce (minska)" och "Refine (förfina)". Tanken är att på sikt utveckla och byta ut metoder för att minska antalet fiskar som dör i samband med undersökningar. Det ska påpekas att detta arbete är en långsiktig satsning, i många fall finns värdefulla och långa tidsserier vilket gör att det kan krävas många år av parallell provtagning innan man kan övergå till nya, mer skonsamma, metoder.

4.1.9 Provtagning av fångsten i yrkes- och fritidsfisket kan komplettera undersökningarna

Det bör nämnas att det kan finnas flera olika fördelar med att samla in kunskap om fiskets fångster (t.ex. förbättrad samverkan med fisket, kunskapsutbyte, detaljerad information om fångstnivåer under många delar av året). I detta stycke fokuserar vi på möjligheterna att komplettera fiskerioberoende åldersanalyser och tillhörande indikatorer såsom tillväxt. Även om individprovtagningen bedömdes vara på en tillfredsställande nivå för vissa av de studerade arterna fanns det dock viktiga arter/bestånd där fångsterna i trålning och nätprovfiske var alldeles för låga. För arter som gös, röding, öring, braxen och i viss mån lake fångar vi så pass få individer att (nästan) alla som fångas i den fiskerioberoende provtagningen behöver åldersläsas. Vissa arter fångas inte i de redskap som används (gädda) och andra är inte tillräckligt vanliga även om de likväl är viktiga för fisket och som indikatorer för ekosystemets status (t.ex. gös, röding och öring). För dessa arter bedöms att det är bättre att antingen testa andra undersökningsmetoder eller att istället samla in data från yrkes- och fritidsfisket hellre än att kraftigt öka ansträngningen i nätprovfisken och/eller trålning. De bestånd som är mest relevanta i detta sammanhang är: gädda och lake i samtliga sjöar, röding i Vättern, öring i Vättern samt braxen i Mälaren och Hjälmaren.



Bild 6. En av svenska insjöfiskets viktigaste hamnar, Spikens fiskeläge i Vänern. Foto: Patrik Bohman.

Gös kompletteras på ett bra sätt i dagsläget via provtagning av yrkesfiskets fångster i Mälaren och Hjälmaren. I Vänern pågår ett arbete med att initiera en likartad provtagning (Johansson m.fl. 2023). I Sundblad m.fl. (2021) beskrevs resultat från undersökningarna på röding i Vättern. Där framgick att analyser av tillväxt på årsbasis inte var tillförlitliga och att det därför var svårt att detektera eventuella förändringar i tillväxtparametrar, även om man slår samman tidsperioder.

Anledningen till utmaningen är att tillväxtanalyserna ofta baseras på för få gamla och stora individer, vilket gör analysen känslig och lättpåverkad och därmed mer osäker. Liknande problem finns även för de flesta andra rovfiskar och långsamväxande arter där det finns en generell utmaning att få ihop tillräckligt många gamla och stora individer i de fiskerioberoende undersökningarna. Här kan insamling från fisket utgöra ett bra komplement.

Att komplettera insamlingen med data från fisket kommer dock sannolikt innebära ökade kostnader. Kostnaden för att nå upp till miniminivån avseende längdmätning och åldersanalyser ligger på mellan 100 000–200 000 kronor per art och sjö om data ska samlas in från yrkesfiskare. Variationen i kostnad beror främst på i vilken mån fiskarna själva kan bidra med arbetet eller om det krävs personal från SLU. Motsvarande kostnad för insamling av data från sportfisket har inte beräknats lika ingående som för yrkesfisket men sannolikt är det dyrare att samla data från sportfiske eftersom det krävs kontakter med väsentligt fler fiskare.

4.1.10 Minska på sikt ansträngningen med dödliga metoder i de fiskrikaste områdena

De största fångsterna (mätt som antal individer) fångas i kustöversiktsnäten på grunt vatten i produktiva miljöer som Hjälmaren och Mälaren samt i trålning i produktiva sjöar som Mälaren och Hjälmaren. Tråldragen i Mälaren och Hjälmaren är nedkortade jämfört med de andra sjöarna just för att försöka minska antalet fiskar som dödas per tråldrag. Särskilt strandnära områden är generellt besvärliga miljöer att samla in fiskar i. Det är exempelvis problem med stenar, vegetation, nedfallna träd och i exponerade miljöer kan det gå höga vågor som försvårar provtagningen. Det bedöms vara svårt att kraftigt minska ansträngningen i dessa miljöer utan att riskera att man drar inkorrekta slutsatser om trender. Däremot kan man på sikt överväga att komplettera undersökningarna med andra icke-dödande metoder i just dessa miljöer. Vi rekommenderar att just dessa fiskrika och betydelsefulla miljöer blir föremål för särskilda metodutvecklingssatsningar. Intressanta metoder att vidareutveckla är båtelfiske, provtagningar med tryckvåg, E-DNA, spöprovfisken samt användning av kameror.

4.1.11 Utred konsekvenserna av att ta bort de två minsta maskorna i BKust9+2-näten

Som nämnts tidigare har kustöversiktsnäten som används i sjöarna två extra maskor (6,25 och 8 mm) jämfört med de översiktsnät som används på svenska ostkusten och i flera andra Östersjöländer för övervakning av kustfisk. Anledningen att dessa maskor lagts till är att näten bättre ska fånga upp vissa arters rekrytering och fler småvuxna arter som spiggar och simpör. Längs kusterna, där storspigg nu kommit att bli en mycket dominerande art, har avsaknaden av mindre maskor inneburit att det varit svårare att beskriva hur ekosystemet förändrats i samband med spiggens stora ökning (Bergström m.fl. 2015).

En stor andel av de fångade fiskindividerna i maska 6,25 mm och 8 mm är små/unga fiskar. På grund av den mycket specifika och säregna nätselektiviteten i dessa maskor samt små/unga fiskars tendens att fångas i stim, vilket ökar variationen, är data från dessa två maskstorlekar svårare att använda för statistiska analyser. Att ta bort dessa maskor kan förväntas minska antalet dödade fiskar och samtidigt minska arbetsinsatsen i fält.

En nackdel med att ta bort de minsta maskorna är att det blir svårare att bedöma vissa arters rekrytering. Det kommer därför troligen innebära att man behöver använda sig av en annan storleks/åldersgrupp för bedömningar av rekrytering. För vissa arter, som abborre, blir det snarare att man får bedöma årsgruppen 1+ än 0+. En nackdel med att ta bort de minsta

maskorna är att vissa småvuxna arter inte kommer att fångas lika bra, det handlar främst om arter som spiggar, simpör, elritsa och nissöga. Särskilt storspigg är en ekologiskt relevant art som det är viktigt att fånga upp i ett provfiske. Storspigg var till exempel dominerande art i 2 av 11 undersökta delområden i Vättern i länsstyrelsernas nyligen genomförda provfiske med BKust9+2 (Spjut, 2021).

4.1.12 Överväg att minska panelytan på de minsta maskstorlekarna i BSS-näten

De långa och höga så kallade BSS-nät som används för utsjöområden i Väner och Vättern fångar trots sin storlek mindre antal fiskar än BKust9+2-näten. Sannolikt beror detta på att de har mestadels grövre maskor och att de används på djupare områden som håller mindre fisk. Över 70 % av individantalet som fångas i dessa nät tas i de två minsta maskorna (20 och 30 mm). En möjlighet, om man vill minska antalet fiskar som dör i detta redskap skulle kunna vara att minska de finmaskiga panelernas yta. I så fall behöver man korrigera fångsterna för att kompensera för detta i jämförelser med äldre data. Om ytan av en maskstorlek krymper med hälften behöver man således justera fångsten med en faktor två i jämförelser med tidigare års fisken, under antagandet att fångstbarheten är linjär med storleken på nätet, vilket inte är säkert. Det bör också utvärderas vilken effekt en halverad panelstorlek skulle få på övriga analyser i denna översyn, då antalet fångade individer ligger till grund för precision, power och individprovtagningar.

4.1.13 Återutsätt om möjligt hotade och/eller mycket sällsynta arter

För vissa, särskilt hotade arter, rekommenderas att om möjligt undvika att döda fiskarna för att extrahera åldersprover och andra biologiska data. För sådana arter rekommenderas att om fiskarna lever i samband med fångsten ska de skyndsamt sättas tillbaka i sjön. I fall fiskarna däremot är döda vid fångst rekommenderas att de dissekeras noggrant och att biologiska registreras. Exempel på hotade och svaga bestånd är vild lax och öring i Väner, harr i Vättern samt sik och asp i Hjälmar och Mälaren.

4.1.14 Akustisk telemetri kan stärka våra beståndsskattningar

För analys av både hydroakustik och nätprovfisken är det önskvärt att öka förståelsen för fiskarnas beteende över säsongen och mellan år. I fallet med hydroakustik är det en stor utmaning att tilldela arttillhörighet till ekon. Förbättrad kunskap om vilka fiskarter som uppehåller sig på olika djup och områden skulle ge en förbättrad möjlighet att säkerställa att ekon tillhör en viss art. För både nätprovfisken och hydroakustik kan kunskap om fiskarnas beteenden användas för att analysera hur stora populationsstorlekarna är (d.v.s. att man kontrollerar för beteendeförändringar kopplade till t.ex. väderförhållanden). En möjlighet att öka vår förståelse om fiskarnas beteenden är genom att använda modern fiskspårningsteknik (akustisk telemetri). Akustisk telemetri är en robust och lättanvänd teknologi där fisken märks med små sändare som skickar ut ID-kodade ljudsignaler. Signalerna detekteras, avkodas och tidsstämplas av hydrofoner (s.k. loggrar) som placeras ut inom det område man avser spåra fisken. Akustisk telemetri är den spårningsteknik som idag dominerar fiskspårning i både sjöar och hav, och används flitigt för att utvärdera t.ex. marina reservat globalt. Tekniken möjliggör spårning av hundratals fiskar över stora områden och under lång tid (flera år) m.h.a. autonoma loggrar. Eftersom telemetri ger data på fiskens val av djup och temperatur över säsongen förväntas det ge kompletterande information som skulle stärka våra beståndsskattningar. Sedan ett antal år finns nätverk av mottagare i Hjälmar, Mälaren och Vättern. Kommande års analyser förväntas därmed bidra med relevant kunskap.

4.2 Kräftundersökningar

4.2.1 Kräftprovfisken bör fortsatt ske varje år. Geografisk täckning kan förbättras inom pågående övervakningsprogram

Den invasiva signalkräftan är en mycket betydelsefull art i alla sjöarna. Dels är den mycket viktig för fisket och dels kan den potentiellt ha stor påverkan på miljön och ekosystemet. Därför är det viktigt att den övervakas i väl fungerande undersökningsprogram. Våra analyser visar att variationen som finns mellan delområden är mer betydande än den som finns mellan år. Vi vet också att signalkräftan har små hemområden (Bohman & Krögerström, 2016). Därför är det viktigt att ett provfiske omfattar många delområden. Vi föreslår således att fiske fortsatt sker varje år men att varje lokal fiskas vartannat år och att antalet lokaler fördubblas. Det innebär således att kostnadsläget blir som tidigare men att man får en bättre rumslig täckning och högre statistisk styrka överlag.

En viktig aspekt i upplägget av provfisken efter kräftor i Vättern är att insatserna samordnas med länsstyrelsernas sjötäckande provfisken vart fjärde år. Exempelvis kan de undersökta delområdena vara identiska med de som undersöks av länsstyrelserna för att på så vis spara in kostnaden av provfisken de år sådana genomförs i länsstyrelsernas regi. Sådan samverkan kan sannolikt bli aktuell i någon/några av de andra sjöarna på sikt.

4.2.2 Kräftprovfisken bör utföras i fler delområden i Mälaren

I Mälaren sker undersökningar med inriktning på signalkräfta endast i ett delområde (Lambarudd, Görvalns vattenförekomst). I likhet med rekommendationerna för Vättern är det möjligt att flera delområden kan undersökas i omdrev. Här föreslås att antalet delområden bör öka för att få bättre täckning. Särskilt med tanke på flera rapporter om att signalkräftan tycks ha ökat i Mälaren på senare år. Om kräftorna i Mälaren är under en expansionsfas kan initiala pilotområden varieras för att försöka få en bild av var i Mälaren som förändringarna sker. Även i Mälaren är det viktigt att samverka med lokala och regionala myndigheter. Särskilt relevanta är länsstyrelserna och även Stockholms stad som bedriver arbete med inriktning på signalkräfta.

4.3 Övriga rekommendationer/förslag

4.3.1 Undersök möjligheten att skära ned antalet insamlade åldersprover på mört

Vi bedömer att det finns möjlighet att spara in på insamlingen av åldersprover på mört. Mört är en ekologiskt viktig art i fokus inom miljöövervakningen i mindre sjöar på grund att den är allmän samt är en tydlig indikator på förurning. I stora sjöarna är den allmänt förekommande och sannolikt ekologiskt betydelsefull. Det sker dock inget kommersiellt fiske på mört i nuläget. Innan man kan ange en exakt nivå för reducerad insamling av mört bör en fördjupad analys av befintliga data göras.

4.3.2 Undersök möjligheten att skära ned på gonadbestämning hos nors

Bedömningar av kön och gonadstatus hos nors görs med mikroskop och är krävande. Det innebär att bedömningen inte kan göras i fält utan norsarna fryses styckvis, dissekeras och analyseras på laboratorium. Detta innebär extra kostnader jämfört med andra arter. Vi föreslår därför att man utvärderar om omfattningen av gonadbedömningar på nors kan minskas.

4.4 Nationella och regionala förvaltningsmål är viktiga för upplägg och analys

Det är viktigt att eventuella förändringar av övervakningsprogrammen stäms av mot befintliga förvaltningsmål i sjöarna. Förändringar av programmen som påverkar möjligheten att följa upp förvaltningsmål måste diskuteras med nationella och regionala myndigheter och relevanta grupper involverade i fiskeri- och vattenförvaltningen.

Ett exempel på behovet av förankring är vilka tidsperspektiv som är viktigast i utvärderingar av beståndens status. Vi har nu utvärderat förmågan att på ett statistiskt sätt jämföra två år med de fem föregående åren i en tidsserie (hydroakustik). Det vore värdefullt att diskutera om det finns andra tidshorisonter som är mer eller mindre relevanta i bedömningen av beståndens status. Ett exempel på hur konkreta förvaltningsmål kan vara konstruerade är de målvärden som finns för vissa arter i nordamerikanska stora sjöarna (Great Lakes). För kanadaröding i Lake Superior har man en målsättning om att provfiskefångsten helst ska överstiga 2 kg per ansträngning i provfisken (Lantry m. fl. 2014). Förutom redan nämnda myndigheter är det också viktigt att kommunicera med relevanta berörda avnämare, i första hand fiskets intressenter. Exempelvis genom att delta i de samverkansgrupper som finns för stora sjöarna (HaV:s Samverkansgrupp för yrkesfiske, samförvaltning-Fiske i Vättern, Samförvaltningsgruppen för fisket i Vänern m.fl.).

4.5 Ytterligare förslag på framtida utvecklingsområden

- En stor utmaning vid analys av hydroakustiska data är att tillskriva enskilda ekon arttillhörighet och storlek. Tidigare analyser har visat att satellitdata i kombination med djupdata kan förbättra tolkningen av hydroakustiska data i kombination med tråldata. En möjlighet som borde testas är att applicera statistiska modeller som förutsäger arters utbredning. Dessa kan användas för att göra heltäckande kartprediktioner av olika arters täthet baserat på tråldata och därefter överförs hydroakustiska data
- Som beskrivits tidigare är det av vikt att utveckla alternativa, icke-dödande undersökningsmetoder som båtelfiske, kameror (med och utan bete), E-DNA, uppåt-/sidtittande ekolod.
- Ett annat område som är intressant är fler jämförelser med de undersökningar som företas på ostkusten eftersom metodik och arter är snarlika.
- Ett praktiskt utvecklingsområde är att förbättra fältinmatningsapplikationen HD-Fish för att ge stöd åt fältpersonal att implementera mer komplexa provtagningsupplägg.
- Ett annat område är kvantitativa beståndsanalyser. I dagsläget har Stock Synthesis 3 applicerats på gös i Hjälaren och siklöja i Vänern och en Bayesiansk storleks- och åldersbaserad modell är under utveckling för lax i Vänern. Det bedöms prioriterat att fortsatt utveckla denna och liknande storleks- och åldersstrukturerade beståndsanalyser för bättre rådgivning om säkra fångstnivåer och populationsestimat. Det är samtidigt även betydelsefullt att vi fortsätter att testa och utveckla metoder som passar "data-fattiga" arter som exempelvis: gädda, abborre, braxen och asp (se referens Östman, m. fl. 2016; Sandström m. fl. 2015.)
- Ett förslag är en större engångsinsats för att jämföra nuvarande undersökningar i Mälaren och Hjälaren med de som företogs med bottensatta översiktsnät 1955–1978. Detta bör helst upprepas över ett antal år.
- All provtagning av fisk och övrig övervakning sker för tillfället under sommarhalvåret. Det vore värdefullt att inkludera den kalla delen av året. Särskilt med tanke på effekter av

klimatförändringar och att de numera vanligt förekommande perioderna med isfria förhållanden vintertid underlättar studier med båt.

4.6 Konsekvenser och risker för förvaltningen med olika upplägg på fiskövervakningen

En effektiv förvaltning kräver goda kunskaper om beståndens utveckling över tid. Uppdraget i denna rapport var att "utvärdera befintlig datainsamling och de underlag som används för beståndsanalyser, identifiera brister och föreslå förbättringar med målsättning att få en effektiv datainsamling som möjliggör vetenskapligt förankrade underlag och rådgivning för en långsiktigt hållbar förvaltning av fiskeresurserna och ekosystemen i de stora sjöarna". För att åstadkomma det här har vi till stor del utgått från power-analyser som detekterar statistisk styrka i kombination med analyser av risken att få falska positiva resultat (d.v.s. resultat som är signifikanta i en viss riktning som inte överensstämmer med beståndens faktiska utveckling). Våra huvudsakliga resultat avseende nätprovfisken är att det nuvarande upplägget med omdrev vart tredje år generellt sett har lägre statistisk styrka än om dessa nätprovfisken skulle ha varit årliga. Detta resultat har konsekvensen att det med nuvarande upplägg blir svårare att identifiera förändringar i beståndens status. Detta leder sannolikt till att försiktighetsprincipen måste åberopas oftare vilket får konsekvenser för frågor som rör redskapsdispenser och tilldelning av fiskelicenser vilket på sikt innebär begränsningar i yrkesfiskets fiskemöjligheter. En annan risk med att inte ha årliga provfisken är att man genomför förändringar i regleringen av fisket utan att sådana varit nödvändiga (det vill säga man bedömer att ett bestånd minskar fast så inte skett). Många av de vanligaste förändringarna i regleringen av fisket (införande av fredningsområde, ändrade minimimått, maskstorlekar, fångstbegränsningar med mera) innebär påtagliga effekter för enskilda fiskare och ska således endast genomföras när det verkligen krävs. Om så inte är fallet riskerar man att legitimiteten för förvaltningen urholkas.

Man kan statistiskt undersöka förändringar över tid på olika sätt, och i våra analyser har vi använt en vanlig metod, att testa för linjära förändringar i antal över tid (monotona förändringar i antal över tid). Dessa är främst beroende på antalet år som testas. Det är därför sannolikt att nuvarande omdrevsfiske skulle kunna fungera, under förutsättning att betydligt längre tidsskalor används (30 vs 10 år). Förvaltningen av fisket bedrivs dock vanligtvis över väsentligt kortare tidsskalor än så. Ofta försöker man införa förvaltningsåtgärder inom 0–3 år efter att man upptäckt att ett bestånd försvagats. Under en 30-årsperiod kan dock beståndsförändringar vara långt gångna och nödvändiga åtgärder riskerar därmed att bli kraftigt försenade. Det andra större resultatet från analysen av nätprovfiskena var att andelen falska positiva resultat ökade kraftigt när två omdrevsfisken testades mot varandra. Andelen falska positiva ökade också när omdrev vartannat år testades för förändringar över en tioårsperiod. Dessa falska positiva resultat kan vara allvarliga i och med att de kan ge intrycket av exempelvis en ökning när beståndet i själva verket är stabilt eller minskar. I situationer där det görs felaktiga bedömningar av beståndets utveckling är det sannolikt att förvaltningen tar felaktiga beslut, vilket kan äventyra fiskbeståndens status och/eller leda till försämrade avkastning i fisket och en risk att fiskemöjligheterna begränsas mer än vad som är nödvändigt.

Sammanfattningsvis rekommenderar vi årlig övervakning. Det skulle öka den statistiska styrkan och minska risken för falska positiva resultat, vilket annars riskerar leda till att förvaltningen tar felaktiga beslut, antingen genom att öka fisket på bestånd som inte klarar av ett högre fisketryck,

eller genom att ha en onödigt restriktiv reglering av fisket. Nyttan med årliga provfisken skulle också vara att försiktighetsprincipen inte skulle behöva användas i samma utsträckning, och att risken för felaktiga förvaltningsbeslut skulle minska. Dessa resultat är i stort sett generella för samtliga sjöar och bestånd.

4.7 Slutord

De stora sjöarna är unika och viktiga miljöer. Därför är det också av stor vikt att de undersökningar som företas är av hög kvalitet. I denna översyn har vi gått igenom styrkor och svagheter i nuvarande undersökningsmetodik. Vi har presenterat förslag på hur möjligheterna att följa beståndsutvecklingen i våra stora sjöar kan stärkas. Även om det inte alltid är möjligt att statistiskt hantera alla utmaningar och brister som förknippas med fiskundersökningar tror vi att det är realistiskt att förbättra fältundersökningarnas utformning och de analyser som baseras på resultat från dem. En utmaning med utvärderingen har varit att undersökningar genomförs med flera olika metoder. I ett större perspektiv kan detta dock vara en styrka. De olika metoderna kompletterar varandra och ger sammantaget en bättre bild av fisksamhället genom att man får en bättre täckning av olika miljöer, arter och storlekar på fisk.

5 Referenser

- Almer, B. (1979). Vänerprojektet 1972–1977: fiskedelen. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm. 1979:1. 40 s.
- Andersson, M., Persson, J., Johansson, M., Edsman, L. (2013). Can escape gaps in traps improve selectivity in freshwater crayfish fisheries? *Freshwater crayfish*. 19(2): 119–123.
- Appelberg, M. Blass, M.; Dahlberg, M.; Holmgren, K.; Kokkin, M. & R. Yngwe (2020). Åldersanalys i fiskövervakningen: viktig miljöinformation finns i fiskars hårda vävnader. *Aqua reports* 2020:19. 72 s.
- Appelberg, M., Mustamäki, N., Bergström L., Sundqvist, F., Prista N. & Olsson, J. (2020). Reviderat program för övervakning av fisk i kustvatten Havs- och vattenmyndigheten rapport 2020:2.
- Axenrot, T. & B. Rogell (2021). Rapport från undersökning av det pelagiska fisksamhället i Hjälmaren 2020. Rapport till Havs- och vattenmyndigheten. Dnr: SLU.aqua.2020.5.5-223. 11s.
- Axenrot, T. & Degerman, E. (2016). Year-class strength, physical fitness and recruitment cycles in vendace (*Coregonus albula*). *Fisheries Research* 173 (1): 61-69.
- Axenrot, T. Andersson, M. & E. Degerman. (2013). Fisksamhället i Storsjön, Jämtland. Undersökningar med ekolodning, trålning och nätprovfiske år 2011. *Aqua Reports* 2013:6. 35 s.
- Axenrot, T. (2015). Vätterns pelagiska fiskbestånd. I: Årsskrift 2014. Rapport 119 från Vätternvårdsförbundet, s 52-59.
- Axenrot, T. (2019). Norsens beståndsstatus. Leverans till Havs- och vattenmyndigheten, SLU.aqua. 12 s.
- Axenrot, T. (2020). Hydroakustik i sötvatten: ett verktyg i fisk- och miljöövervakning Institutionen för akvatiska resurser , Sveriges lantbruksuniversitet. *Aqua reports*, 12, 37 s.
- Baran, R. m. fl. (2021). New way to investigate fish density and distribution in the shallowest layers of the open water. *Fisheries Research* 238, 105907. 8s.
- Berggren T., Bergström U., Sundblad G. & Östman Ö. (2021). Warmer water increases early body growth of northern pike (*Esox lucius*) but mortality has larger impact on decreasing body sizes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, doi: 10.1139/cjfas-2020-0386.
- Bergström, S., Andréasson, J., Asp, M., Caldarulo, L., German, J., Lindahl, S., Losjö, K. & Stensen, B. (2010). Fördjupad studie rörande översvänningsriskerna för Väner – slutrapport SMHI RAPPORT NR 2010-85.

- Bergström, U., Olsson, J., Casini, M., Eriksson, B. K., Fredriksson, R., Wennhage, H., & Appelberg, M. (2015). Stickleback increase in the Baltic Sea: A thorny issue for coastal predatory fish. *Estuarine coastal and shelf science*, 163(part B), 134-142.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.06.017><https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.06.017>
- Bignert, A., Aune, M., Fridén, U., Gyllenhammar, I., Lignell, S. Nyberg, E. & A. Glynn3 (2020). Temporal trends of Swedish environmental and human milk concentrations of dioxins, furans and dioxin-like PCBs, with forecasts to 2040. Report to the Swedish EPA (the Health-Related Environmental Monitoring Program). 53 s.
- Bohman, P. och Nyström, P. (2022) Signalkraftans påverkan på Vätterns ekosystem. Vätternvårdsförbundets rapport 149, 112 s. https://vattnet.org/wp-content/uploads/Rapport149-Signalkraftans_paverkan_Vattnet_tga-1.pdf.
- Bohman, P., Edsman, L., Sandström, A., Asp, A., Engdahl, F. och Dahlberg, J. (2014). Kompletterande uppgifter till uppföljningsrapport för projektet "Utveckling av förvaltningen av signalkräfta, Fas 3. SJVs Dnr. 18-11740/11, inom ramen för Europeiska fiskerifonden, 74 s.
- Brabrand, Å. (1986). Beståndsuppskattning av fisk i Vänern och Hjälmaren med hjälp av hydroakustisk utrustning. Information Från Sötvattenslaboratoriet Drottningholm nr 7, 26 s.
- Bryhn, A.C., Grände, A., Setzer, M., Johansson, K.-M., Bergström, L., (2021). Ecosystem-based fisheries management is attainable, affordable, and should be viewed as a long-term commitment: Experiences from Lake Vättern, Sweden. *Journal of Great Lakes Research*.
<https://doi.org/10.1016/j.jglr.2021.08.012><https://doi.org/10.1016/j.jglr.2021.08.012>
- CEN, (2005). Water quality – sampling of fish with multi-mesh gillnets. Ref. No. EN 14757:2005.
- CEN, (2014). CSN EN 15910 - Water quality - Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods, Category: 7577 Water quality. Biological. In <https://www.en-standard.eu>, (Brussels), p. 41
- Christensen, A. (2011). Program för samordnad nationell miljöövervakning i Vänern från 2011. Vänerns vattenvårdsförbund, rapport nr 64.
- Dannewitz, J., Palm, S. & Prestegard, T. (2010). Långsiktigt hållbar gösförvaltning. Genetiska data ger ny information om bestånd och effekter av utsättningar. (Fiskeriverket informerar, 2010:3): Institute of Freshwater Research.
- Degerman, E. & Ekman, T. (2004). Det stora blå. Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren: Gullers förlag. Örebro. 149 s.
- Degerman, E. (2004). Fisk, fiske och miljö i de fyra stora sjöarna från istid till nutid. Text till Naturvårdsverket, 2004-12-22. 238 s.
- Eklund, A., Ericsson A. & J. Södling (2021). Justering av naturanpassad tappningsstrategi för Vänern. SMHI RAPPORT NR 2021-11. 44 s.
- Eriksson, J. (2022). Gäddans rekrytering i tre Vänervikar. En sammanställning av 6 års inventeringar 2017-2022. Vänerns vattenvårdsförbund, 2022.

- EU, (2016). Kommissionens genomförandeförordning av den 13 juli 2016 om antagande av en förteckning nr 2016/1141 över invasiva främmande arter av unionsbetydelse i enlighet med Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 1143/2014.
- Filipsson, O. (1983). Vätterns fiskbestånd belysta genom provfisken med bottennät. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm. 1983:1. 61 s.
- Fjälling, A. & M. Fürst, (1985). Signalkräftan i Sverige 1969-84. Inf. fr. Sötvattenslaboratoriet, nr 8, 29 s.
- Florin A.-B., Bergenius, M. Östman, Ö. Sandström, A. Sundelöf, A. Svedäng, H. Beier, U. Whitlock, R. Olsson, J., Pekcan-Hekim Z. & R. Naddafi (2016). Developing stock assessment methods and national reference points for data-limited stocks. Draft report, diariennr SLU.aqua.2016.5.2-150, 44 sidor.
- Fretwell, D.S., Lucas, H.L., (1970). On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica* 19, 16-32.
- Garcia, S.M., Zerbi, A., Aliaume, C., Do Chi, T. & Lasserre, G. (2003). The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. FAO Fisheries Technical Paper. No. 443. Rome, FAO. 71 sidor.
- Grimvall, A., Svedäng, H., Farnelid, H., Moksnes, P.-O. & J. Albertsson (2019) Ekosystembaserad förvaltning som metod för att hantera negativa miljötrender och oklara orsakssamband Rapport nr 2019:6, Havsmiljöinstitutet.
- Havs- och vattenmyndigheten (2016). Författare: Bergquist, B., Edsman, L. och Bohman, P. Undersökningstyp för miljöövervakning: Provfiske efter kräfta i sjöar och vattendrag (41 s): <https://www.havochvatten.se/download/18.2daa1277152c4afdb30b9ad5/1456319302311/undersokningstyp-provfiske-efter-krafter-i-sjoar-och-vattendrag.pdf>
- Havs- och vattenmyndigheten (2020) Hanteringsprogram för signalkräfta. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2020:27. ISBN 978-91-88727-60-2 (48 sidor).
- Holmgren, K. (2021) Provfiske i trendsjöar: historia, nuläge och framtida behov. Aqua reports 2021:19. 90 s.
- <https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/vagledningar/ovriga-vagledningar/undersokningstyper-for-miljoovervakning/undersokningstyper/provfiske-i-sjoar.html>
- Håkanson, L. (1978). Hjälmarén - en naturgeografisk beskrivning. SNV PM 1079. NLU Rapp. 95. 53 s.
- Håkanson, L. (2004). Morphometric parameters and their role in lake studies. Lakes – form and function. Chapter 3. Morphometric parameters and their role in lake studies. 88 s.
- Hållén, J., Waldetoft, H., Viktor, T., Ogonowski, M., Andersson G. & M. Karlsson (2020). IVL Rapport nummer B 2402. Dioxiner i fet fisk från Östersjön, Vänern och Vättern. 118 s.

- Jackson, D. A., Perez-Neto, P.R. & J.D. Olden (2001). What controls who is where in freshwater fish communities – the roles biotic, abiotic and spatial factors. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* 58:157-170.
- Jeppesen, E. m. fl. (2012). Impacts of climate warming on the long-term dynamics of key fish species in 24 European lakes. *Hydrobiologia* DOI 10.1007/s10750-012-1182-1.
- Jonsson, T., Setzer, M., (2015). A freshwater predator hit twice by the effects of warming across trophic levels. *Nat Commun* 6, 5992.
<https://doi.org/10.1038/ncomms6992>
<https://doi.org/10.1038/ncomms6992>
- Jonsson T., M. Setzer, J. G. Pope & A. Sandström (2013). Addressing catch mechanisms in gillnets improves modelling of selectivity and estimates of mortality rates: a case study using survey data on an endangered stock of Arctic charr. *Canadian Journal of Fishery and Aquatic Sciences* 70(10): 1477-1487, 10.1139/cjfas-2012-0472.
- Kao, Y.-C. m. fl. (2020). Effects of climate and land-use changes on fish catches across lakes at a global scale. *Nature Communications* 11(1):2526, <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14624-2>.
- Karlsson, M. (2020). Undersökningstyp: Provfiske i Östersjöns kustområden – Djupstratifierat provfiske med Nordiska Kustöversiktsnät. Havs- och vattenmyndigheten. 46s. Version 1:4 2020-02-03.
- Karlsson, M., Hållen, J. & T. Viktor (2018). Dioxiner i fet fisk - Hot och utvecklingsmöjligheter för svenskt småskaligt kust- och insjöfiske. IVI rapport nummer B2301. 34 s.
- Karlsson, M., Malmaeus, M. & E. Rydin (2019). Åtgärder mot internbelastning av fosfor i Hjälmarén. IVL rapport C381. 29 s. ISBN: 978-91-7883-028-2
- Kocovsky, P.M., R. Sturtevant & J. Schardt (2018). What it is to be established: policy and management implications for non-native and invasive species. *Management of Biological Invasions* 9(3): 177–185. Kocovsky, P.M., R. Sturtevant & J. Schardt (2018). What it is to be established: policy and management implications for non-native and invasive species. *Management of Biological Invasions* 9(3): 177–185.
- Kvarnäs, H. (2001). Morphometry and hydrology of the four large lakes of Sweden. *Ambio*, 30(8): 467-474.
- Lantry, B. F. et al (2014). The offshore benthic fish community. Great Lakes Fishery Commission, In: The state of Lake Ontario in 2008, s 23-41.
- Leidenberger, S., Kilströmer A., Herring, M. & E. Bergwall (2021). Inventering av invasiva främmande arter i Vänern – Kinesisk ullhandskrabban. Rapport från Vänerns vattenvårdsförbund 126. 28 s.
- Ljung, M. (2004) Kräftprovfiske i Vättern 2003. Rapport nr 87 från Vätternvårdsförbundet (34 sidor).

- Länsstyrelsen, (2011). Provfiske i Norra Vättern 2009. Rapport från Länsstyrelsen i Örebro län nr 2011:40. 72 s.
- Marshall, K., P. S. Levin, T. E. Essington, L. E. Koehn, L. G. Anderson, A. Bundy, C. Carothers, F. Coleman, L. R. Gerber, J. H. Grabowski, E. Houde, O. P. Jensen, C. Möllmann, K. Rose, J. N. Sanchirico, & A. D.M. Smith (2018). Ecosystem-Based Fisheries Management for Social–Ecological Systems: Renewing the Focus in the United States with Next Generation Fishery Ecosystem Plans. *Conservation letters*, 11(1): 1–7. doi:10.1111/conl.12367
- Naddafi, R., Sundblad, G., Sandström, A., Fetterplace, L., Vinterstare, J., Ogonowski, M., Kulatska, N. (2023) Developing management goals and associated assessment methods for Sweden's nationally managed fish stocks : a project synthesis. *Aqua Reports* 2023:5. Department of Aquatic Resources, Swedish University of Agricultural Sciences. <https://doi.org/10.54612/a.31cfjep2i0>
- Nellbring, S. (2011). Övervakning av främmande arter i Mälaren. Naturvårdsverket rapport 6375.
- Parsons, S. (2005). Ecosystem Considerations in Fisheries Management: Theory and Practice. *ESTU* 20(3): 380-422.
- Persson, J., Rogell, B. och Bohman, P. (2022) Signalkräftbeståndens utveckling i de stora sjöarna 2021 - resultat från fångstprovtagning och provfiske inom projekt datainsamling sötvattenskräftor. *Aqua Reports* 2022:16, 106 s. <https://pub.epsilon.slu.se/27700/1/persson-j-et-al-20220505.pdf>.
- Philipson, P., Sandström, A. Asp, A., Axenrot, T., Kinnerbäck, A., Ragnarsson-Stabo H. & W. Dekker (2015). Tillämpning av satellitdata för statusbedömning, underlag till fiskeriförvaltning och kartläggning av viktiga vattenmiljöer. Vänerns vattenvårdsförbund, rapport nr 90. Vätternvårdsförbundet, Vättern-fakta 2015:5. Mälarens Vattenvårdsförbund, Hjälmarens vattenvårdsförbund, 112 sidor.
- Rogell, B. och Bohman, P. (2021) Sambandet mellan fisketid och fångst i yrkesfisket efter signalkräfta i Vättern: en experimentell undersökning. SLU, 9 s. <https://res.slu.se/id/publ/116634>.
- Rogell, B., Persson, J., Kockin, M. och Bohman, P. (2023) In press: Hur påverkar agnmängd och betestyp fångst vid provfiske efter signalkräfta? SLU, 8 s.
- Rundberg, H. (1977). Trends in harvests of pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) pike (*Esox lucius*) and associated environmental changes in lakes Mälaren and Hjälmaren, 1914-74. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 34: 1720-1724.
- Sandsten, H, Nilsson S, Nordén E & Johansson V. (2017). Sjögull invaderar Mälaren. Utbredning, spridning, risk, bekämpning. Calluna AB.
- Sandström, A., Norrgård, J., Axenrot, T., Setzer, M. & T. Jonsson. (2020). Getting Choosy About Whitefish in Lake Vättern. Using Participatory Approaches to Improve Fisheries Selectivity. I: *Collaborative Research in Fisheries* / [ed] Peter Holm, Maria Hadjimichael, Sebastian Linke, Steven Mackinson, Cham: Springer, 2020, s. 43-59.

- Sandström, A., Norrgård, J., Dannewitz, J & E. Bergstrand (2009). Kan införandet av fiskefria områden vända trenden för fisket i Vättern? Vätternvårdsförbundet rapport nr 96, 96 s.
- Sandström, A., P. Philipson, A. Asp, T. Axenrot, A. Kinnerbäck, H. Ragnarsson-Stabo & K. Holmgren. (2016). Assessing the potential of remote sensing derived water quality data to explain variations in fish assemblages and to support status assessments in large lakes. *Hydrobiologia* 780: 71-84.
- SLU, (2022). Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten 2021. Resursöversikt. Rapport 2022:2 Havs- och Vattenmyndigheten. 344 s.
- Sonesten, L., K. Wallman, T. Axenrot, U. Beijer, S. Drakare, F. Ecke, W. Goedkoop & U. Grandin (2013). Mälaren, Tillståndsutvecklingen 1965–2011. Uppsala: Department of aquatic sciences and assessment, SLU. ISBN: 978-91-576-9139-2.
- Spjut, D. (2021). Strandnära provfisken i Vättern 2020 - Analys och resultat. Vätternvårdsförbundets rapport 2021:142. 72 s.
- Sundblad, G. (2023). Spöprovfiske efter gädda i Vänern. *Aqua notes* 2023:15. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://doi.org/10.54612/a.7scudfk3ut>
- Sundblad, G. Svensson, R. & Ö. Östman (2020). Hållbart nyttjande av lågt exploaterade fiskbestånd - Ett pilotprojekt om ökat fiske på braxen. *Aqua reports* 2020:14. Institutionen för akvatiska resurser.
- Sundblad, G., Sundelöf, A., Ovegård, M., Karlsson, M., Blomqvist, G., Carlstrand, H., Thörnqvist, S. (2018). Fritidsfiske inom fisk-, havs- och vattenförvaltningen. Nationell plan för datainsamling. *Aqua reports* 2018:22. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet, Drottningholm Lysekil Öregrund. 65 s.
- Svärdson, G. & G. Molin (1968). Growth, weight and year-class fluctuations in the pike-perch (*Lucioperca lucioperca* L.) of Lakes Hjälmaren och Mälaren. *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm* 48: 17-35.
- Svärdson, G. & G. Molin (1973). The impact of climate on Scandinavian populations of the sander, *Stizostedion lucioperca* (L.). Report from the Institute of Freshwater Research Drottningholm, 53: 112-139.
- Svärdson, G. & G. Molin (1981). Fiskbeståndens förändringar i Mellanfjärden, Hjälmaren under åren 1955-1978. Sötvattenslaboratoriet, nr 3, 28 p.
- Svärdson, G. & G. Molin (1981). The impact of eutrophication and climate on a warmwater fish community. Report from the Institute of Freshwater Research Drottningholm, 59, 142-151.
- Svärdson, G. (1956). Lambarfjärdens siklöja, *Svensk Fiskeritidskrift* 1956, s 73-80.
- Svärdson, G. (1976). Översikt av laboratoriets verksamhet med plan för år 1976. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm 1: 38 p.

- Thuiller, W., Brotons, L., Araujo, M. B., & S. Lavorel 2004. Effects of restricting environmental range of data to project current and future species distributions. *Ecography*, 27: 165-172.
- Trochta, m fl. (2019). Ecosystem-based fisheries management: Perception on definitions, implementations, and aspirations. *PLoS ONE* 13 (1): e0190467.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190467>.
- Vätternvårdsförbundet, (2017). Förvaltningsplan fisk och fiske Vättern 2017-2022. Rapport 127 Vätternvårdsförbundet, 120 sidor, ISSN1102-3791.
- Wahlberg, V. (1974). Fiskeriundersökningar i Vänern 1899-1900, Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, nr 7 1974.
- Waldén, B. (1940). Den stora sjösänkningen. Utgiven av Styrelsen för Hjälmarens och Kvismarens sjösänkningsbolag, Örebro, 335 s. (KB, Nordiska museet).
- Wallman, K., Köhler, S., Drakare, S. (2019). Mälaren 2018 – Sammanfattande resultat från miljöövervakning och forskningsprojekt knutna till samarbetet med MVVF. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö; Rapport 2019:4.
- Yule, D. L. Adams, J. V., Hrabik, T. R., Vinsona, M. R., Woiaka, Z. & T. D. Ahrenstorff (2012). Use of classification trees to apportion single echo detections to species: Application to the pelagic fish community of Lake Superior. *Fisheries Research* 140 (2013) 123–132.

Behovsanalys och förslag på ändamålsenlig övervakning av fisk och kräfta i Hjälmaren, Mälaren, Vänern och Vättern

Underlag för beståndsbedömningar i Hjälmaren, Mälaren,
Vänern och Vättern