

FÖRVALTNINGSPLAN FÖR RINGSJÖNS ROVFISKBESTÅND

Problemidentifiering och förslag till åtgärdsplan

av Patrik Larsson

Handledare: Anders Persson

Sportfiskarna, Malmö

Kandidatexamen 30hp

Biologi, BIOK0

Lunds universitet

2018-05-22

Sammanfattning

Eutrofiering är ett världsomspännande problem för sötvatten. Höga tillflöden av fosfor leder till försämrade förutsättningar för många typer av rovfiskar såsom abborre (*Perca fluviatilis*) och gädda (*Esox lucius*). Biomanipulation är en åtgärd som antas förbättra förutsättningarna för dessa rovfiskar, men kan samtidigt betyda försämrade förutsättningar för rovfiskarter som får konkurrensfördel av lågt siktdjup, såsom gös (*Sander lucioperca*). Ringsjön, en sjö belägen i mellersta Skåne, har under många decennier lidit av eutrofiering, och på senare tid svaga rovfiskbestånd. Ett frustrations- och orosmoment för rekreationsfiskare, yrkesfiskare och Ringsjöns Vattenråd, där sistnämnda sedan 2005 bedrivit biomanipulering i form av trålning efter cyprinida arterna braxen (*Abramis brama*) och mört (*Rutilus rutilus*). Den här studien gjordes för att identifiera de potentiella problem som rovfiskbestånden står inför, och en åtgärdsplan för gynnande av rovfiskar i Ringsjön. Resultaten visar att abborrar potentiellt står inför en flaskhals på grund av konkurrens med mört, och att linjärt ökande antal abborrar (<100 mm) kan antas medföra ökad intraspecifik konkurrens som minskar möjligheten för abborrar att bli piskivora. Minskad avkastning av gös kan vara påverkat av predation från stor abborre (>300 mm) på juvenil gös (<90 mm), men även minskad rekrytering de år stor gös är frånvarande. Vidare utgör husbehovsfiske och rekreationsfiske osäkra variabler, vars uttag ovanpå uttag från yrkesfisket kan tänkas påverka gösbestånden och abborrbestånden. Gäddbeståndet har potentiellt bättre förutsättningar än de hade tidigare, men reproduktionen antas lida på grund av förlust av lekområden och makrofyter som tillflykt för unga gäddor. Med stora förändringar i Ringsjön under rådande biomanipulation finns en nödvändighet för mer frekvent och bättre datainsamling, implementering av restriktionsmått och restaurationsåtgärder i form av makrofyter och bottenstruktur samt lekområden för gädda. Vidare måste avvägningar göras för vilken ekosystemtjänst som är slutmålet, och vilka potentiella effekter detta kan få på respektive rovfisk.

Introduktion

Övergödning, vida känt som eutrofiering, har det senaste halvsekle varit ett av de största problemen för sjöar i hela världen. Stora tillflöden av näringsämnen, framförallt fosfor, från bland annat jordbruk och avlopp har bidragit till en rad olika effekter på sötvattenssjöar. Fosfor gynnar alger, vilket leder till en ökad biomassa och även en förändring i kompositionen av alger. Detta kan medföra toxiska blomningar från blågröna alger, en förlust av biodiversitet och en negativ effekt på siktdjupet som i sin tur påverkar de trofiska strukturerna i sjön. Förändringen i trofisk struktur sker generellt genom att fiskarter som är bottenlevande och/eller konsumenter av zooplankton gynnas av det nya tillståndet (Jeppesen et al., 2012). Det beror delvis på att siktdjupet försvårar födosöket för visuella rovfiskar (piskivorer), vilket i Sverige är arter såsom gädda (*Esox lucius*) och abborre (*Perca fluviatilis*) (Salonen & Engström-Öst, 2013; Radke & Gaupisch, 2004). Det kan också leda till positiva effekter för arter som är mer specialiserade för sjöar med sämre siktdjup såsom gös (*Sander lucioperca*) (Ljunggren & Sandström, 2007). Vidare påverkar detta karpfiskar (*Cyprinidae*) positivt. Arter såsom braxen (*Abramis brama*) och mört (*Rutilus rutilus*) är bottenlevande och zooplanktivora. En så kallad trofisk kaskad, där en negativ effekt på toppredatorer (framförallt förlusten av stora individer) bidrar till en indirekt positiv effekt på dess byte (Fausch et al., 1990). Detta skulle i ett hypotetiskt scenario bidra till en ökning av framförallt små individer braxen och mört, som potentiellt kan decimera bestånden av zooplankton, vilket därav indirekt gynnar alger. Bottenlevande arter såsom braxen bidrar även

till resuspension av fosfor och andra näringsämnen från sedimentet där det annars ligger begravt på obestämd tid. Effekten blir en cementering eller ökning av det problem man står inför i en eutrofierad sjö, om metoder för att hantera och åtgärda problemet inte påbörjas så snart som möjligt (Jeppesen et al., 2012). Dessa åtgärder är en initial reducering av tillflödet av näringsämnen såsom fosfor. Den här typen av metod kallas "Bottom-up", och fungerar som en direkt reducering av algernas tillgängliga näringsämnen. I teorin minskar då algerna i storlek och biomassa, och siktdjup, makrofyter (undervattensväxter) och piskivorer (rovfiskar) gynnas. Ett alternativ, och framförallt ett supplement, är den så kallade "top-down" effekten (Baker et al., 1993), mer känt som biomanipulation. En massiv utfiskning ($\geq 75\%$) av cypriniderna görs för att minska resuspension och predation av zooplankton (Hansson et al., 1998). Detta ökar siktdjup, makrofyter och invertebrater, som i sin tur ökar andelen piskivorer (40% optimum). Piskivorerna decimerar sedan kraftigt ner andelen cyprinider, medan makrofyter konkurrerar om näringsämnen med algerna, så kallat feed-back loop (Mehner et al., 2007). En tidigare vanlig metod, framförallt i andra länder än Sverige, har varit inplantering av gös eller gädda – med vitt varierande framgång. Användandet av enbart en av dessa strategier, bottom-up och top-down, anses inte vara tillräckligt enligt Baker et al., (1993, ss 149-157).

Som ovan nämnt är piskivorerna viktiga för en långtgående förbättring av en biomanipulerad, eutrofierad sjö såsom Ringsjön. Trots att Ringsjön är en högproduktiv sjö har avsaknaden av högkvalitativt fiske, och främst andelen stora piskivora individer, har uttryckts varit låg under en lång period av rekreativfiskare och Vattenrådet. En stor andel av tillfrågade sportfiskare är missnöjda över sitt fiske på grund av små individer, en yrkesfiskare (2018) har sett sina fångster av gös minska genom åren och Vattenrådet vill se en ökning av piskivora fiskar för bland annat förbättrad vattenkvalité (Vattenrådet, 2018). En misslyckad återhämtning av predatoriska fiskar vore onekligen ett dråpslag för alla som är intresserad av Ringsjöns välmående som fiskevatten både nationellt och internationellt, men även som reservvattentäkt och badvatten. Det finns en rad olika potentiella anledningar till att piskivorer omedvetet hämmas i Ringsjön. För att få en överblick över faktorer som kan påverka rovfiskarna introduceras nedan de olika variablerna som kan ha en direkt och indirekt effekt på piskivorer i Ringsjön.

Födodynamik

För fiskar i allmänhet gäller följande funktion för tillväxt:

$$\text{Tillväxt} = f[(\text{födointag})(\text{assimileringsgrad av föda}) - \text{metabolism} - \text{födosök} - \text{reproduktion}]$$

Generellt är födointaget den viktigaste av dessa faktorer. Födointaget kan påverkas både kvantitativt och kvalitativt. Vidare är bytestäthet viktig, då ett ökat intyg av byte, och minskad energi lagd på rörelse, ökar den tillgängliga energin. Således kan en långväga färd för att fånga få antal byte betyda en stor energiförlust, och hindra tillväxt. Både intraspecifik och interspecifik konkurrens spelar också en stor roll i födoval, födointag och tillväxt (Baker et al., 1993, ss 30-52). Det troligtvis mest dokumenterade fallet i Sveriges sötvatten gäller abborre och mört, som är i ständig konkurrens, vilket kommer nämnas mer i metoddelen nedan (underrubriken Abborre). Konkurrensen mellan de båda arterna går att väldigt kort summera till att vara beroende av sjöstruktur och siktdjup, men även predation från de större abborrarna. Ett vanligt resultat blir hämmad tillväxt av bentivora (makrovertebratätande)

abborrar som då ökar i antal medan färre gör ontogenetiskt skifte till fiskdiet (Boll et al., 2012). Konkurrens har även påvisats för gös och piskivor abborre – där den specialiserade piskivoren gös i regel är dominant i konkurrensen och påverkar abborren negativt (Schulze et al., 2006). I diskussion tas det upp mer ingående, i relation till erhållet resultat. Vidare har gös och gädda generellt antagits utsätta varandra för konkurrens, men i samma studie kunde det motsatta ses med nästan dubblad biomassa och signifikant högre antal gäddor efter de år gös blev inplanterad. Detta antogs vara på grund av de olika arternas nisch, där gädda är en litoral jägare medan gösen jagar i pelagialen. Predationsrisken i pelagialen av gös gjorde att mer bytesfisk uppehöll sig i litoralen, och således gynnades litoral gädda av förekomsten av gös.

Predationsrisk är även en faktor som påverkar tillväxt, där stora predatorer på ett visst område, såsom i ovan scenario, kan resultera i att bytesfisk söker sig till litoralen. Dels påverkar detta predatorm i att densiteten av bytesfisk minskar i dess område, men det påverkar även bytesfisk och andra fiskarter som huvudsakligen lever nära land under en viss period av sitt liv, såsom abborre, som får ökad konkurrens (Schulze et al., 2006; Persson & Greenberg, 1990). Predation har även andra effekter, som ofta ger en motsatt effekt. Predationskänsliga och ofta mindre individer av en viss årsklass kan decimeras, vilket ökar frekvensen och tillväxten av snabbväxande individer på grund av minskad konkurrens och är ett fenomen som Baker et al., (1993, ss 40-41) kallade kompensationsdödlighet.

Fiske

Effekter av fiske har i flera decennier kunnat påvisas förändra en rad olika faktorer i fiskbestånd. Hos arter såsom torsk (*Gadus morhua*), gös och gädda har negativa effekter på fenotyper som stimulerar snabb tillväxt kunnat observeras. Denna insikt gavs inte förrän yrkesfisket hade påverkat bestånden av torsk och gös i Östersjön, gös i Hjälmaren och gös på flera områden i Finland. Yrkesfiske och rekreativfiske har länge bedrivit fiske efter en viss storleksklass, med majoriteten av fångsten på snabbväxande honor på grund av vanligt förekommande sexuell dimorfism. Detta fick på sina ställen negativa effekter med småväxta individer som var reproduktiva i allt kortare längder, och fenotyperna av snabb tillväxt blev sällsynta (Svedäng och Hornborg, 2017; Kokkonen et al., 2015; Svärdson och Molin, 1966; Tiainen et al., 2017). Förlust och hämmade piskivora bestånd i ekosystem kan innebära en förstärkning av eutrofiering på grund av indirekt främjande av stort antal cyprinider som sedan äter zooplankton. En annan effekt är gynandet av stora antal makrovertebratätande cyprinider, vilket kan leda till rejäl minskning av algbetande evertebrater, något som påvisats i Östersjön (Eriksson et al., 2009). Hjälmaren är däremot ett fall som står ut bland resten, där samarbete med yrkesfiskarna ledde till ett hållbart fiske med en stabil och frodande göspopulation (Degerman et al., 2008). Yrkesfisket är ofta lokalt viktigt, och inte minst för yrkesfiskarna själva. Med ett ökande sportfiske i Sverige, i kombination med husbehovsfiske och miljömål om siktdjup, kan det vara viktigt att analysera och avgöra effekter på sjöar beroende på uttag samt göra ett samlat försök för att optimera olika ekosystemåtgärder.

Abiotiska faktorer

Även abiotiska faktorer kan påverka tillväxten av piskivorer. Exempel för gös och abborre är temperatur och siktdjup. Gösen gynnas av lågt siktdjup till skillnad från abborre som ofta bli hämmad i sin tillväxt (Ljunggren & Sandström, 2006). Detta diskuteras närmare i metoddelen nedan (underrubrik Gösen). Gällande temperatur är gösen till viss mån beroende av temperatur för starka årsklasser (Svärdson & Molin, 1966).

Syfte

Som tidigare diskuterats bidrar rovfisk till olika typer av ekosystemtjänster (t.ex. yrkesfiske- och rekreationsfiske samt vattenkvalité, såsom dricksvatten och som rekreationsområde). Det relativa bidraget till dessa ekosystemtjänster påverkas av bland annat art- och storlekssammansättningen samt abiotiska förutsättningar i sjön. Gösen i Ringsjön är viktig för yrkes- husbehov- och rekreationsfiske. Gäddan är i sin tur enbart måttligt viktig för yrkes- och husbehovsfiske, men har ett stort värde för rekreationsfisket som sportfisk. Abborren är också en relativt viktig fisk för yrkes- husbehov- och rekreationsfiske. Samtliga rovfiskarterna bidrar till reduktion av zooplanktivorer, och är således viktiga för en förbättrad vattenkvalité. Till skillnad från gädda och abborre hade en sådan effekt lett till försämrade förutsättningar för gösen.

I introduktion presenterades litteraturuppgifter som visade på olika orsakssammanhang mellan rovfiskar, deras föda och miljöfaktorer som kan ses som indikationer på vad som kan förväntas förekomma i Ringsjön. Genom statistisk analys av tillgängliga data med litteraturen som härledning kan liknande information om vilken typ av orsakssammanhang som är viktiga för Ringsjön illustreras. Rovfiskpopulationens status kan sedan utvärderas ur resultaten och även hur statusen kan förändras genom förvaltningsåtgärder (biomanipulation, reglering av yrkes-, hushålls- och rekreationsfiske, restaurering m.m.). Vidare kan effekterna leda till att man står inför en kompromiss eller avvägning om slutförande och tillvägagång.

Med tanke på komplexiteten i ekosystemet finns det ett antal hypoteser:

- H₁: Konkurrens mellan gös och stor abborre, och leder till negativ korrelation
- H₂: *Bentivora* abborrar är i konkurrens med mört om makrovertebrater och visar positiv korrelation då det hämmar antalet abborrar som gör ontogenetiskt skifte till fiskdiet
- H₃: Konkurrens bland juvenila abborrar, mörtar och gösar leder till negativ korrelation.
- H₄: Interspezifikt predationstryck mellan gös och abborre, där antalet stora individer kommer ha en negativ effekt på yngre abborrar/gösars antal.
- H₅: Antalet stora, reproduktiva gösar har en positiv effekt på rekryteringen av mindre gösar.
- H₆: Ökat siktdjup, och minskande temperaturer på grund av minskad absorbans till följd av biomanipulation de senaste åren har bidragit till negativ effekt på göspopulationen.
- H₇: Yrkesfisket av abborre och gös antas påverka antalet större individer i bestånden, vilket ger positiv korrelation mellan totalt uttag och antalet större individer.

Metod

Områdesbeskrivning

Ringsjön är en eutrofierad sjö i mitten av Skåne som innefattar kommunerna Eslöv, Höör och Hörby. Med sina, ungefär, 40 km² utgör den Skånes näst största sjö – och är indelad i Sätoftasjön (4,2 km²), samt Västra och Östra Ringsjön (14,8 km² respektive 20,5 km²). Sjön har 14 tillflöden och rinner ut i Rönne å. Strukturen hos sjön är väldigt typisk för åkermarkssjöar, med ett lågt medeldjup av 4,7 meter där strax över 50% är områden som är djupare än 4,7 meter. Västra Ringsjön är grund, och har ett maxdjup på 5,4 meter. Detta i kontrast till Östra Ringsjön som med ett maxdjup på 16,4 meter, och ett medeldjup på 6,1 meter, utgör 68% av hela Ringsjöns volym. Sätoftasjön innehar maxdjupet på 17,5 meter, men utgör endast en bråkdel av volymen (7%). I början av 1800-talet sänktes vattennivån med 1,5 meter (25% av den totala volymen). Vidare har även sjön blivit reglerad i sitt utflöde till Rönne å, vilket gör att årlig fluktuation är liten. Detta i kombination med högt flöde av näringsämnen från avlopp och jordbruket i regionen bidrog till ett rejält skifte för Ringsjöns ekosystem, som vid 60-talet som fick klassifikationen hypereutrof. En förlust av makrofyter och förekomst av blågrön algbloomning minskade siktdjupet till 0,5 meter. Fisksamhället dominerades av småväxta bestånd av mört och braxen. Rekreativfisket minskade drastiskt såväl som mängden badare, och Ringsjön blev reservvattentäkt från att tidigare ha bidragit med dricksvatten till regionen. En kraftinsats för att sänka tillflöden av näringsämnen påbörjades kring 70-talet, och ett decennium senare en biomanipulation som ledde till temporärt positiva effekter. Makrofyter och zooplankton återhämtade sig inte trots biomanipulationen. Direkta effekter för att gynna piskivorer diskuterades inte i någon större utsträckning i efterföljande rapport (Hansson et al., 1999). 10 år efter biomanipulationen var siktdjupet i Ringsjön tillbaka på samma nivå som innan biomanipulationen. 2005 startade en andra biomanipulation, där man kontinuerligt trålar Ringsjön efter mört och braxen. Nyligen släpptes en rapport av Nyström och Stenberg (2018) om de förändringar som förekommit sedan trålningens början år 2005. Medelsiktdjupet sommartid har enligt rapporten ökat signifikant (1,7 m i dagsläget), likväl som förekomsten av makrofyter. Storlek, biomassa och antal zooplankton påstås också ha ökat (ej signifikant). Makrovertebrater, framförallt fjädermygglarver, har i Västra Ringsjön ökat (data för Östra saknas). Rapporten innefattar även förändringar av rovfiskbestånd. Antalet gösar som har fångats i provfiskenäten har sedan biomanipulationen börjat minskat signifikant. I rapporten illustreras det även att kvoten rovfisk och vitfisk har ökat signifikant genom åren sedan början av biomanipulationen. Braxnar, som fortfarande fångas i stora mängder under biomanipulationen i Ringsjön, fångas inte i provfiskenäten, och inte heller gädda (Nyström & Stenberg, 2018).

Abborre

Abborren är en opportunistisk jägare vars diet består av zooplankton, makrovertebrater, kräftdjur och bytesfisk. Abborrar över 30 cm kan ofta ha nått en ålder på 10 år, och likt andra abborrfiskar är sexuell dimorfism vanlig, där honorna blir större för att kunna bära rom (Kullander & Dellings, 2012). Abborren jagar med sin syn och trivs bra i vattendrag med struktur. I de vatten där mört och abborre uppehåller sig samtidigt uppstår konkurrens. I sjöar med låg näringsstillförsel och mycket struktur är abborren vanligtvis toppkonkurrent. I eutrofa sjöar med lite struktur, eller där abborren är numerärt överlägsen, är abborren ofta tillväxthindrad (Hargeby et al., 2005), vilket kan leda till vad som i vardagligt tal kallas ”tusenbröder”. De blir då småvuxna och många (Kullander & Dellings, 2012). Abborren har ofta tre olika födoskiften beroende på storlek. Som juvenila under sitt första år har

tillgängligheten av zooplankton en stor effekt på tillväxten. Vid låga nivåer av zooplankton på grund av högt antal zooplanktivorer (såsom mört) förekommer ett för tidigt ontogenetiskt skifte av abborrarna till makrovertebrater, vilket ökar intraspecifik konkurrens i litoralen. Vanligtvis vid ungefär 100–120 mm övergår dieten till makrovertebrater i litoralen (från zooplankton i pelagialen), något som brukar leda till en flaskhals för abborren under stark konkurrens från mörten, både indirekt (via tidigare nämnd intraspecifik konkurrens) och direkt (Persson & Greenberg, 1990; Boll et al., 2012). Vid en sådan flaskhals hämmas tillväxten av abborre, och få individer gör tredje dietskiftet till fisk. Förutom att konkurrensen kan bidra till ökad mortalitet, så bidrar den minskande tillväxten till ökad predationsrisk.

Gös

Gösen är en väldigt kommersiellt viktig art i de svenska sötvattnen samt kustremsan i nordöst. Likt abborren tillhör gösen abborrfiskar. Som tidigare nämnt är dåligt siktdjup inget som hindrar gös, och den brukar utkonkurrera både gädda och abborre i sjöar med dåligt siktdjup på grund av sin exceptionella syn. Större delen av sitt liv lever den i pelagialen, ofta på rejäla djup, och jagar på natten efter bytesfisk (Kullander & Dellings, 2012c). Sexuell dimorfism gäller, likt abborren, även för gös. Vidare har större honor ökad kvalitativ och kvantitativ uppsättning av rom (till viss gräns, se nedan), med ett medelvärde på 200 000 ägg/kg. Detta följer stora variationer, mellan 50 000 till 450 000 ägg/kg beroende på storleken och fekunditeten hos honan. Vidare är överlevnaden fram till kläckningen beroende av honans storlek. För honor över 75 cm har tidigare forskning på odlad gös visat att fekunditet och fertilitet minskar – och i en del exemplar relativt drastiskt, långt under gösar som nyligen uppnådde reproduktiv ålder (Schäfer et al., 2016). Samma forskning visar även att optimal reproduktion för honor förekommer vid 65–70 cm, men också att stress är något som har stor påverkan på reproduktionen.

Gädda

Gäddan är Sveriges sötvattens glupskaste predator, med en diet bestående av zooplankton/makrovertebrater under ett väldigt kort skede för att gå över till fiskar upp till 50% av sin egen längd, där höjden/bredden av bytesfisken leder till minskad predationsrisk (Kullander & Dellings, 2012b). Ett positivt, linjärt samband är mer regel än undantag mellan gäddlängd och bytesfisklängd, där byten över 20 cm står för $\geq 5\%$ av intaget för gäddor över 60 cm. Vid ca 90 cm längd består 5% av gäddans föda av bytefisk strax över 30 cm (Gaeta et al., 2018). Den äter även amfibier (såsom grodor), fåglar (t.ex. änder) och gnagare som beger sig ut i vattnet. Till skillnad från tidigare nämnda arter är gäddan relativt stationär, och ligger ofta i bakhåll i vegetationen. Leken görs tidigt på våren på översvämmade områden såsom ängar, där vattentemperaturen är varmare när solen står på, vilket skapar en snabb tillväxt för ynglen (Kullander & Dellings, 2012b). Dessa översvämningsområden har i tidigare forskning visats väldigt viktiga för densiteten av rom (Wright et al., 1988). I studien återfanns 110 ägg per meter på översvämmade ängar, medan makrofyter och sand/lerbotten hade 8 respektive <1 ägg per meter. Även längd och vikt ansågs i studien spela stor roll för fekunditeten hos gäddhonor, där längre gäddor har högre fekunditet. När de andra fiskarna leker, har gäddynglen blivit så pass stora att de kan jaga på de nyfödda fiskarna. Även gäddan är könsdimorf, mer så än hos abborrfiskarna. Hanarna blir sällan större än 8 kg, där största dokumenterade har varit 10 kg, medan honor upp till 25–30 kg har observerats (Kullander & Dellings, 2012b).

Insamling och transformering av data

Provfiskedata angående antal och individer per längd för mört, abborre och gös laddades ner från Nationellt register över Sjöprovsviske – NORS (2018). Yrkesfiskets fångster erhöles av

Havs- och Vattenmyndigheten (2018). Siktdjup och temperatur laddades ner från Vatteninformationssystem – VISS (2018). Siktdjup presenterades i VISS för Östra och Västra Ringsjön separat. Uträkning gjordes för Ringsjöns totala somarmedelvärden under 6 månader (Maj-Oktober) för att inte påverkas av vintersiktdjup, som generellt sett är större än resterande månader. Medelvärde siktdjup för hela Ringsjön gjordes på grund av att abborre och gös är mobila arter och simmar mellan Västra- och Östra Ringsjön (Nilsson, L., 2014). Sättoftasjön ingår i Östra Ringsjön eller saknas i de flesta fall, och data räknas därmed inte för de undantagsfall där Sättoftasjön räknas som en separat del.

Linjär regression gjordes för att testa om det fanns trender över tid vad gäller populationerna av mört, abborre och gös i form av antal och antal inom viss längdkategori (se Indelning av kategorier fram till och med Yrkesfiske) och yrkesfiskets fångster under åren som data fanns tillgänglig för Östra. Data för både Östra och Västra Ringsjön summerades i de flesta fall, med undantag för effekter från yrkesfiske samt siktdjup på gös, som antogs ha störst effekt i Östra Ringsjön på grund av tidigare nämnd låg migration och majoriteten av yrkesfiskets fokus (Yrkesfiskare, 2018). Årtal med provfiskedata tillgänglig var 2001, 2002, 2008, 2010–2012, 2014–2017 (n=10). Siktdjup och temperatur som gick att korrelera med provfiskedata fanns för 2001, 2002, 2008, 2010, 2011, 2014–2016 (n=8). Yrkesfiske fanns från 1996–2016, där 2015 ansågs tvivelaktig med totalt ca 1,4 ton kontra tidigare års 20+ ton totalfångst, och uteslöts därför, vilket var i linje med Nyström & Stenbergs (2018) resonemang.

Ett vikt-längdförhållande för gäddor gjordes genom att mäta och väga gäddor som fångades med trålen som används i biomanipulationen under en halvdag i Ringsjön under april 2018 då gäddleken antogs vara över. Fångsterna av gädda var slumpmässig i trålningen av braxen och mört. Längdmätningen gjordes från yttersta gapspetsen till basen av stjärten. Vägning gjordes i en fuktad påse från Ikea vars vikt vägdes i förhand. Vågen var av modellen Brecknell Electro Samson, 25 kg. Längden bestämdes till närmsta millimeter och vikten till närmsta tiotal gram. Vikt-längdförhållande räknades ut genom log-transformering av vikten och längden. Ett spridningsdiagram med vikt som y, och längd som x, ger en funktion vars skärningspunkt är b, och dess lutning är a. Detta följer linjära ekvationen:

$$\text{Log}(W) = \log(a) + b \log(L)$$

W = vikt i gram, (y)
 a = linjära ekvationens lutning
 L = längd i centimeter (x)

Värdet för b visar om fisken i fråga har isometrisk tillväxt (>3) eller allometrisk (<3). Värdet för a diskuteras inte nämnvärt i artiklar, men indikerar kroppsform. b-värdet går sedan jämföra med andra studier på gäddor med vikt-längdförhållanden (Žiliukienė och Žiliukas, 2010; Aqdam-Moslemi et al., 2014). Formeln för vikt-längdförhållande är:

$$W = aL^b$$

Vidare bestämdes det relativa konditionsfaktorn för jämförelse med data från en tidigare undersökning av gäddor i Ringjön (Johnmark, 2012) genom:

$$Kn = W_{obs} / (aL^b)$$

Kn = relativ konditionsfaktor
 W_{obs} = observerad vikt
 aL^b = uträknad vikt för teoretisk gädda av samma längd

Analysen gjordes enbart för gädda, och inte abborre och gös, på grund av avsaknaden av data för gädda i provfiskedata och begränsad tid och möjlighet att göra det för de andra arterna.

Korrelationsvariabler

Tabell 1. Korrelationsvariabler och längdintervall per art och egenskap.

Art	Längd (mm)	Egenskap
Abborre	<100	Juvenil (0+)
	120–180	Bentivor
	>180	Piskivor
	>300	Stor abborre
Gös	<90	Juvenil (0+) inom predationsrisk
	<200	Juvenil (0+ till +1)
	>400	Stor, reproduktiv gös
Mört	<80-90	Juvenil (0+)
	>300	Bentivor

Rekryteringskonkurrens

Längd för abborre som är juvenil avgjordes genom längdintervall och årsklassdistribution (se Appendix, Fig. 6), och gick i linje med en tidigare studies medellängd på 107 mm efter första året (Jellyman, 1980). Juvenil mört avgjordes även genom längdintervall (se Appendix 1, Fig. 6). För gös var längdfrekvenser varierande, vilket gjorde att bestämning av juvenil gös från datamaterialet var svårt. Juvenil gös antogs till 200 mm, som är en relativt hög totallängd. Gösar under sitt andra år i tidigare studier har haft en medellängd på 262 mm vilket rimligtvis borde indikera att 200 mm inte är en orimlig gräns för förstaårs gös (Kamilov et al., 2017). Abborre (<100 mm) samt gös (<200 mm) korrelerades med abborre (<100 mm), mört (<80-90) och gös (<200 mm) för att undersöka konkurrens bland rekrytering. Även piskivor abborre (>180 mm) korrelerades med juvenil gös (<200 mm), då deras födoval initialt kan antas vara liknande. Piskivor abborres längd bestämdes utifrån litteratur, där mer än 50% av dess föda antogs vara fisk (Yazıcıoğlu et al., 2016).

Konkurrens

Analys av konkurrens mellan individer gjordes för stor abborre (>300 mm) och stor gös (>400 mm) med korrelation, där valet av längder gjordes utifrån där de kan tänkas vara i vuxen ålder och av sportfiskebetydelse. Utöver dessa korrelerades även piskivor abborre (>180 mm) med stor gös (>400 mm). Konkurrens mellan abborre och mört analyserades genom korrelation mellan bentivor abborre (120–180 mm) och bentivor mört (>300 mm). Bentivor mörts längd bestämdes ur premissen att mörtar över 300 mm bör ha så hög andel ryggradslösa djur som möjligt i jämförelse med yngre årsklasser, på grund av dess betydande storlek. Tidigare studier har visat att dominant dietskifte till bentivordiet sker efter 150 mm, men att ökad längd ledde till större andel makrovertebrater (Hjelm et al., 2003). För att inte låta juvenil abborre (<100 mm) påverka resultatet för bentivora abborrar med dess ofta höga antal upp till 110 mm sattes den undre gränsen för bentivora abborrar till 120 mm, och den övre till 180 mm. Detta förutsätter att vid en storlek på 120 mm är mer än 50% av abborrens föda makrovertebrater, vilket inte är orimligt (Allen, 1935).

Födötillgång

Tillgången av föda för piskivorer (abborre >180 samt >300 mm och gös >400 mm), i detta fall juvenil mört (<80-90 mm) och juvenil abborre (<100 mm) korrelerades för att undersöka födotillgång.

Predation

För att undersöka effekter av predation på ung gös korrelerades stor abborre (>300 mm) och piskivor abborre (>180 mm) med predationskänslig gös (<90 mm). Valet av gösens längd motiveras med att abborrens vanliga födoval sällan övergår 30% av sin egen längd. Detta i kombination med gösens taggiga ryggfena borde rimligtvis begränsa abborren till gös <90 mm. Predation av >400 mm gös på den yngre gösen (<90 mm och <200 mm) bedömdes inte vara orimlig då kannibalism bland gös är vida känt – men reproduktion antogs vara mer påverkad på grund av extensiva uttag av gös i Ringsjön.

Reproduktion

Gösens reproduktion analyserades via en korrelation mellan gös >400 mm och gös <90mm och gös <200 mm. Positivt samband kan indikera vikten av de större individerna, och att ökad mortalitet hos reproduktiva individer kan innebära försämras rekrytering av gös i Ringsjön.

Yrkesfiske

Fångsterna i yrkesfiske i totalt antal kilo per år korrelerades med antalet fiskar av en längd som ansågs vara i risk för uttag från nätfiske, både i bottengarn och fiskenät eftersom båda används (Yrkesfiskare, 2018). Gös antogs vara i risk för fångst efter 400 mm. Abborre antogs vara i risk för fångst efter 300 mm. Detta på grund av yrkesfiskets storleksselektivitet. Yrkesfisket efter abborre korrelerades med mört <80-90 mm som skulle kunna fungera som en andra indikation på grund av den något bristande fångstfrekvensen av stor fisk i provnätsfiske. Vidare räknades årliga avkastningen ut i kg/ha.

Abiotiska faktorer

Temperatur och siktdjup korrelerades med gös (<200 mm samt >400 mm) och abborre (>300 mm) för att undersöka om abiotiska faktorer kan förklara eventuella fluktuationer, där dess effekt tidigare diskuterats.

Statistik

Spearman's rank korrelation, eller Spearman's rho, på IBM SPSS Statistics 24, mäter icke-parametriska förhållanden mellan två variabler och följer en monoton funktion. Icke-parametriska test är till skillnad från parametriska tester inte känsliga för extremvärden, och kräver inte att data är normalfördelad. Signifikans räknades ut med Benjamini-Hochberg metoden som förklaras nedan. Positiv rho betyder att faktorerna stiger (eller sjunker) med varandra, medan negativ rho betyder att den ena faktorn sjunker när den andra stiger. Ett rho-värde av 1 eller -1 är perfekt positivt eller negativ korrelation (Liu et al., 2016). Ensidigt test utfördes för samtliga test, på grund av karaktären av hypoteserna med en given riktning baserat på tidigare studier av fiskekosystem (Ruxton & Neuhäuser, 2010).

Linjär regression användes för trender över tid i år i Microsoft Excel 2016. Tabeller över längdfrekvenser gjordes i Excel för val av längdindelning på fiskarna.

Benjamini-Hochberg

På grund av en stor andel variabler och tester gjordes en korrektion av signifikansvärdet för att inte begå typ 1 fel, där risken för ett sådant ökar med antalet test. Ett alfa på 0,05 ger på 100 test, 5 falska signifikanser (Peres-Neto, 1999). För en korrektion av detta användes Benjamini-Hochberg metoden, som använder falsk upptäcksfrekvens (FDR). Korrektion minskar risken för typ 1 fel. Vid experimentell statistik är Benjamini-Hochberg att föredra framför Sekventiell Bonferroni som ofta används inom ekologi. Benjamini-Hochberg minskar risken för typ-2 fel, som annars är vanlig vid användning av Bonferroni korrektion vid högt antal variabler (Waite et al., 2006).

Benjamini-Hochberg (FDR):

$$\left(\frac{i}{m}\right)Q = p$$

i = ranking av p – värde

m = totalt antal tester

Q = falsk upptäcksfrekvens

p = korrekt signifikansvärde

Signifikansvärdena från den statistiska undersökningen blir rankade från mest signifikant till minst signifikant (1,2,3... m) (Appendix, tabell 5). Totalt antal tester är antalet par som ställts mot varandra i korrelation. Q är en frekvens (FDR) som sätts på förhand beroende på materialet man arbetar med och risken för typ 1 och typ 2 fel vägs in i valet. Precis som med signifikansvärdet ska Q bestämmas innan de statistiska testerna utförts för att inte påverka antalet signifikanta resultat. Q , eller FDR, bestämdes till 0.1. Detta betyder att 10% av de nollhypoteser som förkastas är falsk upptäckt, eller falsk positiv som det kallas. Detta är viktigt att komma ihåg när man läser av resultaten. Däremot kan 10% motiveras med att sambanden som analyseras tidigare har visat på samhörighet i andra sjöecosystem av liknande karaktär. Det finns således god tro att resurstillgång, konkurrens, predation, reproduktion och abiotiska faktorer tillhör även Ringsjöns ekosystem i mer eller mindre mån. Eftersom korrelation användes i denna studie, och i undersökningssyfte med potentiella sambandsindikationer för vidare arbete, är ett värde högre än 5% att föredra. Vidare är korrelation med så få antal observationer bidragande till en minskad chans att erhålla signifikans, och därmed typ 1 fel. Att således förkasta en falsk negativ, under t.ex. 5% FDR, och därmed inte bidra till en åtgärd på ett område som kräver åtgärd kan negativt påverka piskivoren i fråga. Därav vore ett falskt positivt, även om risken är liten, att föredra (Waite et al., 2006; Garcíá, 2004).

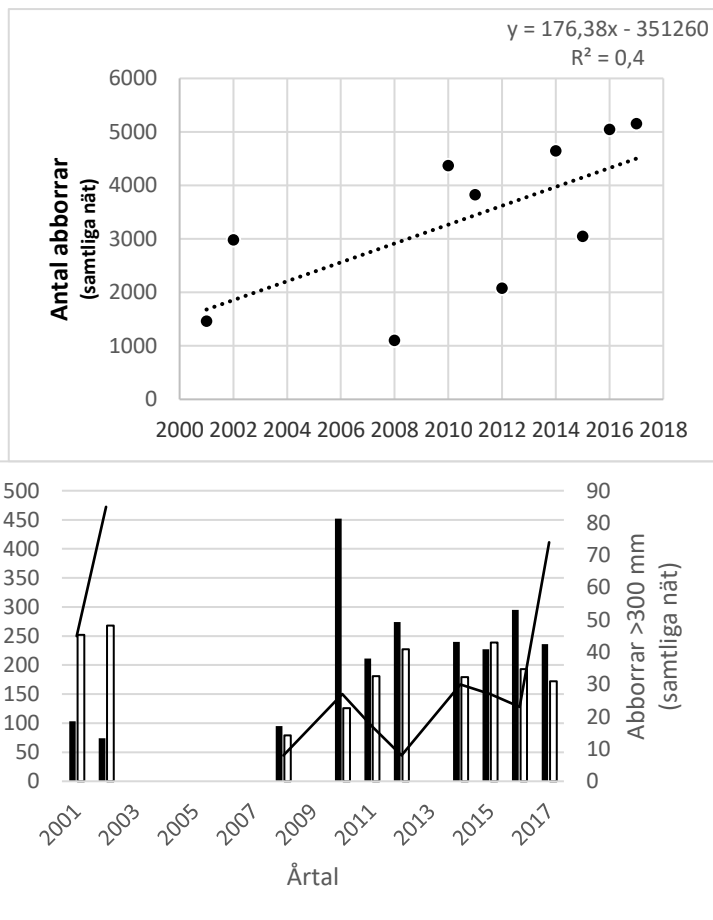
Resultat

Abborre och gös förändring över tid (2001–2017)

Antalet juvenila abborrar (<100 mm) har ökat linjärt signifikant genom åren (linjär regression, $p=0,037$, $R^2=0,4$). 5/8 av punkterna efter biomanipulationen (2005) är över 3000 individer, där det högsta antalet återfinns 2017 med 5156 individer vilket är en ökning på 350% sedan 2001 och 170% sedan 2002 (Fig. 1).

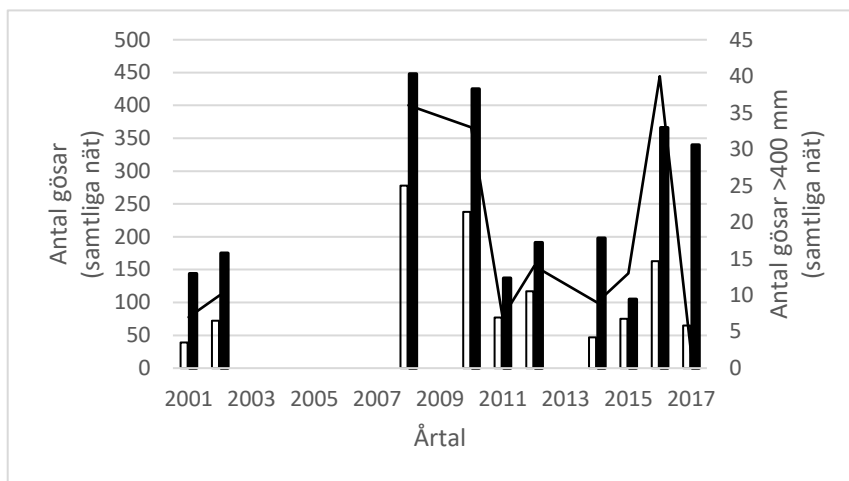
För andra längdklasser och levnadsstadier (120-180 mm, >180 mm samt >300 mm) gällde inget linjärt samband. Antalet 120-180 mm abborrar var i regel högre efter 2008 än 2001 och 2002, men var relativt balanserade efter 2008 med 200–300 individer fångade i provfiskenäten. Detta i kontrast till piskivora abborrar (>180 mm) som efter 2008 var färre än de var 2001 och 2002.

Abborrar (>300 mm) visade sig vara generellt färre under de senare åren, med undantag för undantag för 2017 där de steg till nivåer som liknade 2002, där stora abborrar som fångades i provnäten var som högst (85st). Utöver 2017 har abborrar (>300 mm) varierat kraftigt men återfinns oftast mellan 20–30 stycken individer i provfiskenäten efter biomanipulationen, och visar även under dessa år (<2008) en ökande trend (Fig. 1).



Figur 1. Linjär regression för totala antalet abborrar (<100 mm) fångade i provfiskenäät (överst) samt olika längdfrekvenser av abborrars förändring över tiden (nedtill). Fylld stapel är bentivora abborrar (120-180 mm) och ofylld är piskivora abborre (>180 mm) medan linjen visar antalet stora abborrar (>300 mm) Båda för åren 2001, 2002, 2008, 2010–2012, 2014–2017.

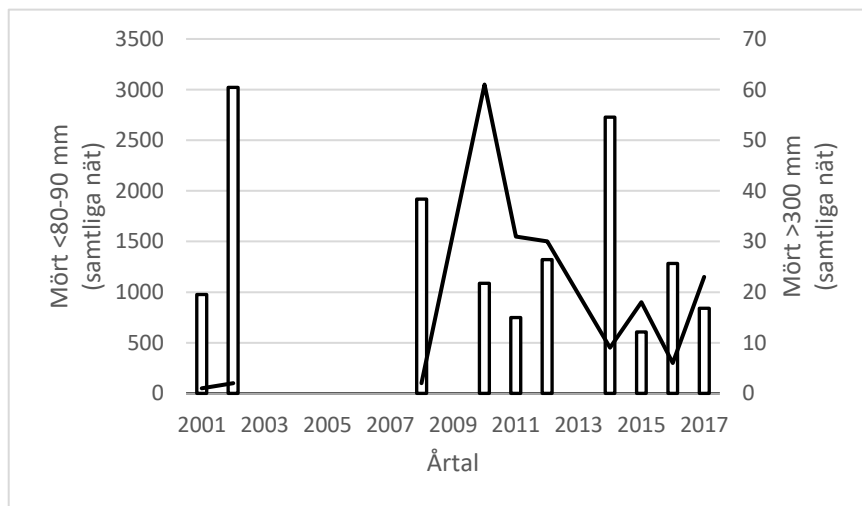
Göspopulationen följde inget linjärt samband (Fig. 2), oberoende av längdklass. Efter biomanipulationen ökade gösen i alla storleksklasser (2008, 2010), men dalade sedan till en nivå som är jämförbar med åren 2001 och 2002. 2016 ökade antalet gösar som fångades i provfisket rejält med undantag för <90 mm gös. Under 2017 erhöles nästintill samma antal <200 mm gös (366 till 340st) men gös <90 mm och gös (>400 mm) minskade kraftigt (163 till 65st respektive 40 till 2st). I övrigt går det att se att göspopulationen i stort följt varandra med simultan ökning/minskning i de olika längdintervallen (Fig. 2).



Figur 2. Gösens utveckling, totalt antal i provfiskenaäten över tiden för olika längdfrekvenser. Fylld stapel är gös <200 mm, ofylld stapel gös <90 mm och linjen är gös >400 mm. För åren 2001, 2002, 2008, 2010–2012, 2014–2017.

Mörtens förändring över tid (2001–2017)

Mörtpopulationen följde inget linjärt samband (Fig. 3). Före biomanipulationen fångades enbart ett par individer över 300 mm i provfiskenaäten. Efter 2008 ökade mörtar över >300 mm i antal till 60 individer år 2010 – samma år som bentivor abborre (120–180 mm) fångades som mest i provfiskenaäten. För mört <80-90 mm har ingen generell minskning eller ökning skett (Fig. 3).



Figur 3. Totalt antal mörtar fångade i provfiskenaäten. Staplar indikerar antalet mörtar <80–90 mm och linjen representerar antalet mörtar >300 mm. För åren 2001, 2002, 2008, 2010–2012, 2014–2017.

Korrelationsresultat

Tabell 2. Spearmans rank korrelation data för olika tester mellan två variabler. Diagonalt streck innebär att dessa två variabler inte korrelerades mot varandra. Signifikant resultat är kursiv och större text. ρ är Rho, P är erhållen signifikans och korrigerat signifikansvärde anges inom parentes och återfinns även i Appendix, Tabell 4.

Spearmans rank			Gös (Östra) (>400 mm)	Abborre (> 300 mm)	Abborre (>180 mm)	Abborre (120–180 mm)	Yrkesfiske abborre
	Gös (<90 mm)	ρ P (sig.)	0,86 0,0003 (0,004)	-0,74 0,0068 (0,029)	-0,67 0,017 (0,036)		
	Gös (<200 mm)	ρ P (sig.)	0,78 0,002 (0,08)	-0,22 0,27	-0,74 0,0067 (0,025)		
	Gös (>400 mm)	ρ P (sig.)		-0,57 0,041 (0,054)	-0,20 0,289		
	Abborre (<100 mm)	ρ P (sig.)	-0,18 0,31	0,31 0,19	-0,27 0,22		
	Mört (<80-90 mm)	ρ P (sig.)	0,35 0,16	0,061 0,43	-0,006 0,49	-0,13 0,363	0,800 0,01 (0,028)
	Mört (>300 mm)	ρ P (sig.)				0,62 0,028 (0,046)	
	Abborre (Östra) (<300 mm)	ρ P (sig.)					0,850 0,004 (0,016)

Konkurrens

Stor abborre (>300 mm) och stor gös (>400 mm) korrelerade signifikant med ett måttligt stark negativ korrelation ($P=0,041$, $\rho=-0,57$). Piskivor abborre (>180 mm) och juvenil gös (<200 mm) korrelerade starkt negativt, och var signifikant ($P=0,0067$, $\rho=-0,74$). Bentivor abborre (120-180 mm) och bentivor mört (>300 mm) korrelerade signifikant med en måttligt stark positiv korrelation ($P=0,028$, $\rho=0,62$).

Konkurrens bland rekrytering (juvenila individer) visade inte på någon signifikans för abborre, gös och mört.

Predation och resurstillgång

Predationskänslig gös (<90 mm) korrelerade signifikant starkt negativt med abborre över 300 mm ($P=0,0068$, $\rho=-0,74$), och signifikant måttligt starkt negativt med abborre över 180 mm ($P=0,017$, $\rho=-0,67$). Gös (>400 mm) korrelerade inte med någon resursvariabel, varken mört <80-90 mm ($P=0,16$, $\rho=0,35$) eller abborre <100 mm ($P=0,31$, $\rho=-0,18$).

Reproduktion

Korrelation för Östra Ringsjöns stora gösar (>400 mm) och juvenil gös (<90 mm) samt stor gös (>400 mm) och gös <200 mm, var signifikant, starkt positiva ($P=0,0003$, $\rho=0,864$ respektive $P=0,002$, $\rho=0,778$).

Abiotiska faktorer

Varken temperatur eller siktdjup korrelerade med gös över 400 mm eller under 200 mm för totala Ringsjön. Östra Ringsjöns siktdjup och antalet gösar över 400 mm i Östra Ringsjön visade på starkt positiv korrelation ($P=0,008$, $\rho=0,805$), vilket betyder att den inte är följande kriteriet av ensidig korrelation där negativ korrelation antogs vara hypotetisk utgång. Resultatet från korrelationen antyder ett positivt samband mellan gös (>400 mm) och siktdjup.

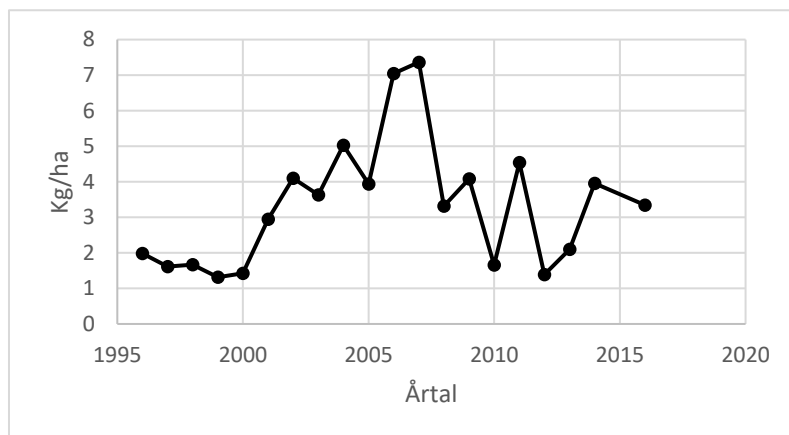
Hypoteser

- H₁: Konkurrens mellan gös och stor abborre, och leder till negativ korrelation
 - H₁ kan antas, och nollhypotesen förkastas.
- H₂: *Bentivora* abborrar är i konkurrens med mört om makrovertebrater och visar positiv korrelation då det hämmar antalet abborrar som gör ontogenetiskt skifte till fiskdiet
 - H₂ kan antas, och nollhypotesen förkastas.
- H₃: Konkurrens bland juvenila abborrar, mörtar och gösar leder till negativ korrelation.
 - H₃ kan inte antas, och nollhypotesen kan inte förkastas.
- H₄: Interspecifikt predationstryck mellan gös och abborre, där antalet stora individer kommer ha en negativ effekt på yngre abborrar/gösars antal.
 - H₄ kan inte antas, och nollhypotesen kan inte förkastas för predation av gös (>400 mm) på abborre (<100 mm).
 - H₄ kan antas, och nollhypotesen förkastas för predation av abborre (>180 mm och >300 mm) på gös (<90 mm).
- H₅: Antalet stora, reproduktiva gösar har en positiv effekt på rekryteringen av mindre gösar.
 - H₅ kan antas, och nollhypotesen förkastas.
- H₆: Ökat siktdjup, och minskande temperaturer på grund av minskad absorptions till följd av biomanipulation de senaste åren har bidragit till negativ effekt på göspopulationen.
 - H₆ kan inte antas, och nollhypotesen kan inte förkastas.
- H₇: Yrkesfisket av abborre och gös antas påverka antalet större individer i bestånden, vilket ger positiv korrelation mellan totalt uttag och antalet större individer.
 - H₇ för yrkesfiske av abborre kan antas, och nollhypotesen förkastas.
 - H₇ för yrkesfiske av gös kan inte antas, och nollhypotesen kan inte förkastas.

Yrkesfiske

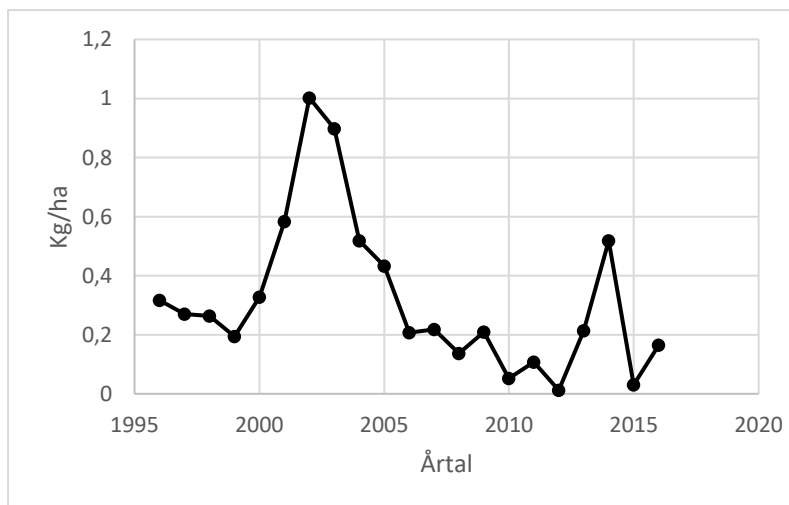
Tabell 3. Yrkesfiskets inrapporterade fångst av gös omvandlat till kg/ha/år, med medelvärden för angivna år samt högsta värdet kg/ha/år.

Årtal	1996–2000	2001–2005	2006–2011	2012–2016
Kg/ha	1,601	3,93	4,67	2,7
Högsta värde	1,98	5,03	7,36	3,96



Figur 4. Inrapporterad fångst av gös i kg/ha/år för perioderna 1996–2016.

Yrkesfisket av gös är i dagsläget ofta dubbelt så högt per kg/ha/år som i slutet av 90-talet. Fångsten fluktuerar med årliga toppar och dalar. 2006 och 2007 fiskades över 7 kg/ha/år – dubbelt så högt som majoriteten av åren (Fig. 4). Statistisk signifikant korrelation för yrkesfisket av gös på de olika längdklasserna återfanns inte.



Figur 5. Inrapporterad fångst av abborre i kg/ha/år mellan åren 1996–2016

Yrkesfisket av abborre följer ett liknande mönster som gösen. Ett lågt uttag följt av en topp som är mycket högre än fångsterna innan och efter. Uttagen för abborre under senare år är låg, med undantag för 2014. Det totala uttaget av abborre korrelerar signifikant starkt positivt med abborre (>300 mm) från Östra Ringsjön ($P=0,004$, $\rho=0,850$) samt mört <80-90 mm ($P=0,01$, $\rho=0,800$) (Fig. 5 och Tabell 2).

Vikt-längdförhållande för Ringsjöns gäddor

Det relativt höga R^2 -värdet som erhöles (0,93) ur vikt-längdekvationen visar att det finns ett starkt förhållande mellan vikt och längd för gäddorna i Ringsjön under 2018 ($n=23$). Skärningspunkten (a) räknades ut till 0,0025. Funktionen för vikt-längdförhållandet för gäddor i Ringsjön kalkylerades till $W=0,0025L^{3,28}$. Ett lutningsvärde (b) på 3,28 indikerar relativt hög isometrisk tillväxt (>3).

Gäddorna från 2005 ($n=44$) hade ett lägre R^2 -värde (0,90) som visar på ett mindre linjärt samband för vikt och längd. Skärningspunkten räknades ut till ($a=0,0068$), och funktionen räknades ut till $W=0,0068L^3$. Det lägre värdet för b indikerar mindre isometrisk tillväxt och större vikt-längdförhållandeskillnader än för 2018 vilket avspeglar sig i skillnaderna på R^2 -värdet.

Den relativa konditionsfaktorn för år 2005 gav ett medelvärde av $Kn=0,89$. De kortare fiskarna för 2005 hade betydligt bättre Kn än de större individerna för samma år (1,7 för 40–50 cm, 1,07 för 51–61 cm, 0,69 för 73–83 cm samt 0,81 för 84–94 cm), och kan jämföras med 2018 (0,93 för 51–61 cm, 0,86 för 73–83 cm samt 1,01 för 84–94 cm).

Diskussion

Min studie antyder att reduceringen av antalet piskivora abborrar (>180 mm och >300 mm) sedan 2001 beror på ett antal orsaker. En av orsakerna är troligtvis interspecifik konkurrens mellan abborre >300 mm med den mer dominanta, specialiserade rovfisken gös (>400 mm) som förutom 2017 varit fler under senaste åren än under 2001. Även abborre >180 mm kan misstänkas utstå konkurrens från gös >200 mm (Tabell 2). En faktor som även verkar påverka bestånden av stora abborrar över 300 mm är yrkesfiskets uttag i Östra Ringsjön, som även verkar leda till ökade antal juvenila mörtar (<80 –90 mm) vilket vidare kan tänkas öka konkurrensen för yngre abborrar (<100 mm) i födosök efter zooplankton. Andelen abborrar som blir piskivora är troligtvis ytterligare reducerat av ett högt antal mindre abborrar (<100 mm), som hämmar tillväxten av populationen, något som tidigare visats förekomma vid hög konkurrens för zooplankton (Persson & Greenberg, 1990). Det höga antalet abborrar kan vidare tänkas påverka bestånden av zooplankton negativt. Det finns även anledning att anta från resultaten att abborrar (120–180 mm) konkurrerar med mört (>300 mm) om makrovertebrater i avsaknad på makrofyter – vilket kan ha lett till flaskhalseffekt på populationen av abborrar (120–180 mm) eftersom de, till skillnad från piskivora abborre, har ökat sedan 2001 (Fig.1) (Boll et al., 2012). Den uteblivna återetableringen, och minskade antalet piskivora abborrar under åren efter biomanipulationen (2005) påverkar troligtvis vattenkvalitén negativt i form av predation på zooplankton av hämmade abborrbestånd och en minskad predation på juvenil mört (<80 –90 mm) av piskivora abborre. Detta skulle kunna innebära en förklaring till siktdjupets relativt långsamma ökning och makrofyternas sparsamma återetablering trots extensiva biomanipulationsåtgärder.

Abborren (>300 mm) i Ringsjön utsätter i sin tur troligtvis gös under 90 mm för predation. Detta i kombination med ett högt uttag i kg/ha från yrkesfisket i en trolig kombination med husbehovsfiske, där år med färre gösar (>400 mm) ger sämre rekrytering av juvenila gösar (<90 mm) på grund av det reducerade antalet reproduktiva gösar. Sådana effekter kan innebära en minskning av gösbiomassan i Ringsjön likt den som syns för år 2017 (Appendix, Fig. 7).

Gäddan i Ringsjön år 2018 hade relativt god kondition i jämförelse med 2005, där yngre gäddor hade väldigt god kondition och längre individer hade markant sämre kondition. Däremot råder ovisshet om gäddans tillgång av lekområden och uppväxtplatser.

Resurstillgång i form av bytesfisk verkar inte enligt mina undersökningar begränsa Ringsjöns rovfiskbestånd, och inte heller det ökande siktdjupet.

Situationen för abborren

Den markanta ökningen av abborrar under 100 mm sedan 2001, och framförallt sedan 2008, kan bero på det uteblivna antalet piskivora fiskar, men beror troligtvis mest på effekter från biomanipulationen. Uttaget av konkurrenter, primärt mört men också braxen, har i tidigare biomanipulerade sjöar (och även tidigare i Ringsjön) visat på rejäl ökning av densiteten av 0+ fiskar efter ett par till fem år (Hansson et al., 1999; Jeppesen et al., 2012; Hansson et al., 1998). De starka årsklasserna av 0+ fiskar vid biomanipulation motverkar i regel den ökning av zooplankton som är önskvärd vid biomanipulering. Detta sker framförallt när andelen piskivora fiskar är låg (<25–30%) (Hansson et al., 1998). Vidare kan en markant ökning av 0+ fiskar bidra till en ökad konkurrens och försämrad tillväxt av unga, potentiella piskivora fiskar såsom abborre och gös något som för åtminstone abborren i denna studie verkar troligt (Hjelm et al., 2000; Persson & Brönmark 2002). Däremot har även biomanipulation kunnat påvisas öka tillväxten för abborrar, och en ökning av andelen piskivora abborrar förekommer ofta med ökat siktdjup och andel makrofyter (Hargeby et al., 2005). Trots det har andelen piskivora abborrar (>180 mm) i Ringsjön inte ökat i provfiskedatan, och är till och med färre än under åren 2001 och 2002. Detsamma gäller för stor abborre (>300 mm), som förutom året 2017, legat på ungefär hälften av antalet före biomanipulationen. Däremot har abborre >300 mm ökat sedan 2008. Bentivora abborrar (120–180 mm) har däremot två- till tredubblats, likt abborrarna (<100 mm) också gjort. Tidigare studier har kunnat påvisa flaskhalsar för abborrar, vid övergång från zooplankton till makrovertebrater (100-120 mm), men även vid makrovertebrater till fiskdiet (180 mm) (Allen, 1935; Yazıcıoğlu et al., 2016). Någon konkurrens för abborrar (<100 mm) med mört (<80-90) om zooplankton kunde inte belysas i statistiken, däremot är det höga antalet abborrar under 100 mm troligtvis konkurrenter med sig själva – och även andra fiskar såsom braxen i kombination med mört. I provfiskedata saknas braxen, vilket vidare gör dessa variabler svåra att tolka. Det finns dock skäl att tro att en viss hämning av abborren förekommer i deras första år som zooplanktivor med tanke på det extrema antalet abborrar under 100 mm, vilket kan tänkas leda till intraspecifik konkurrens.

Vidare går det avläsa från resultaten att antalet abborrar mellan 120–180 mm är positivt korrelerat med antalet mörtar över 300 mm. Sambandet kan ge indikationer på att tidigare nämnda flaskhals för abborrar är realitet i Ringsjön. Ett ökat antal 120–180 mm abborrar kan innebära en reducerad tillväxthastighet vilket ökar andelen som uppehåller i längdintervallen och en minskad andel som konsumerar fisk. Detta kan vidare styrkas av att antalet mörtar över 300 mm under 2001 och 2002 var så lågt som 1 respektive 2 stycken fångade i provfiskanäten, och att de åren efter 2008 har ett medelvärde på 25 stycken. Abborre mellan 120–180 mm hade 2001, 2002 låga värden på 103 respektive 74 stycken individer, och i medelvärde som efter 2008 var 276 st. Under åren 2001 och 2002 var andelen piskivora abborrar (>180 mm) högre än bentivora abborrar (120-180 mm), vilket inte förekommer efter 2008 (Fig. 1). Det går dock inte utesluta att en sådan effekt har med andra yttre faktorer såsom ökat siktdjup och ökad andel makrovertebrater att göra (Nyström & Stenberg, 2018).

Något annat som kan tänkas påverka bestånden av piskivor (>180 mm) och stor abborre (>300 mm) är förekomsten av gös (<200 mm och >400 mm). De visade båda signifikant negativa korrelationer där gös under 200 mm och piskivor abborre (>180 mm) hade starkt negativ korrelation. Korrelationen beskriver inte huruvida detta är en konkurrens, som antas i denna studie, eller en predation. Eftersom >180 mm abborrar innefattar abborrar som kan utsätta gösar under 200 mm för predation finns det en risk att korrelationen i fråga pekar på

predation, eller både predation och konkurrens. Som tidigare nämnt i metoddelen är abborrens föredragna storlek på bytesfisk >30% av sin egen längd. Gös under 200 mm borde då rimligtvis korrelera för konkurrens då en stor del av dem är över 90 mm, medan <90 mm gös korrelerar för predation av abborre vilket diskuteras närmare i underrubriken *Situationen för gös* längre ner i diskussionen. Gällande stor abborre och stor gös är det nästan onekligen en fråga om konkurrens om bytesfisk ($\rho=-0,57$). En abborre över 300 mm utsätts troligtvis inte för predation från gösar över 400 mm på grund av abborrens storlek och rygghöjd. Det kan givetvis ligga andra faktorer bakom deras negativa korrelation, som inte gick att återfinna i tillgängliga data. Tidigare forskning av Schulze et al. (2006) har kunnat påvisa konkurrens mellan stora abborrar och stor gös, där gösen var dominant. Denna konkurrens ledde till att abborrarna under dagen sökte upp litoralen och där utsattes för konkurrens från gädda samtidigt som det ökade kannibalismen för abborrarna. Med andra ord är konkurrensen mellan abborre (>300 mm) och gös (>400 mm) i Ringsjön högst trolig. Denna konkurrens, i kombination med tidigare diskuterad flaskhalseffekt på yngre längdklasser av abborre (<100 och 120-180 mm) skulle kunna förklara den upplevda bristen på stora abborrar.

Vidare utsätts abborre (>300 mm) för ett tryck från yrkesfiske i Östra Ringsjön som visade en stark korrelation ($\rho=0,850$). Det här skulle kunna betyda att yrkesfisket på abborre styr andelen stora abborrar som finns i Östra Ringsjön, och det kan spela en stor roll för att det finns få stora abborrar, trots forskning som antyder att de borde öka efter biomanipulation. Däremot skulle det också kunna vara så att yrkesfisket bedrivs efter tillgången på stora abborrar, och att det därmed fångas fler de år stora abborrar är talrika. I det fallet skulle en annan variabel förklara de uteblivna stora abborrarna. Från data som är tillgänglig verkar däremot yrkesfisket och konkurrensen med gösen, i kombination med hämmad tillväxt i tidigare längdklasser, vara anledningen till uteblivna populationer av stor abborre. Utöver detta förekommer husbehovsfiske och rekreativfiske, där uttaget är omöjligt att veta i dagsläget. Stora abborrars (>300 mm) effekt på mörtpopulationen i Ringsjön kan illustreras av korrelationen mellan yrkesfiskets uttag av abborre i kg och antalet juvenila mörtar (<80–90 mm). Däremot gavs ingen korrelation mellan abborrar (>300 mm) och juvenila mörtar (<80–90), vilket försvårar tolkningen. Yrkesfiskets fångster kan däremot utgöra en mer direkt effekt på antalet juvenila mörtar (<80–90 mm) än provfiskedata kan visa på.

I ett försök att hålla mörtpopulationerna, som görs i dagsläget av Vattenrådet, kan här betydelsen av stor abborre ses i sin förmåga att påverka rekryteringen av mörtar, och därmed dess potentiellt positiva effekt på ekosystemet och zooplankton i Ringsjön. Robusta åtgärder för ökad rekrytering för stora abborrar är således viktig. I konkurrens med både stor gös och stor gädda som innehar pelagialen respektive litoralen finns dock en viss risk att abborren får utstå dubbelt konkurrenstryck, och minskad tillväxt (Schulze et al., 2006). I denna rapport diskuteras även åtgärder för gynnande av stor abborre och gädda, och detta bör således hållas i åtanke när eventuella åtgärder görs.

Situationen för gös

Antalet juvenila gösar (<200 mm) som fångas i provfiskenäten sedan 2001, 2002 har inte förändrats nämnvärt förutom för fyra rejäla toppar med dubbelt antal. Medan detta skulle kunna indikera starka årsklasser, så visar resultaten i denna studie att rekryteringen av juvenila gösar (både <90 mm och <200 mm) styrs av förekomsten av stora, reproduktiva gösar (>400 mm). Resultaten från Östra Ringsjön, där den stora majoriteten av den stora gösen uppehåller sig enligt provfiskedatan (NORS, 2018), visar en starkt positiv korrelationen med gös under 200 mm ($\rho=0,78$). Korrelationen mellan gös <90 mm och gös >400 mm är ännu starkare ($\rho=0,864$). Det finns anledning att tro att detta beror på att den större gösen krävs för en lyckad reproduktion och rekrytering av de yngre årsklasserna. Om det var en

fråga om predation, skulle ett negativt samband vara tydligt. En avstickare kan däremot ses 2017 där enbart 2 stora individer fångades i provdatafiskena, men andelen gös under 200 mm är nästan samma antal som året innan där 40 stora individer fångades. Andelen gös under 90 mm minskar precis som gös över 400 mm, vilket gör scenariot svårtolkat. Däremot har en ökad medelstorlek på gös i Ringsjön kunnat påvisas under senare år (Nyström & Stenberg, 2018). En annan förklaring är att den starkt negativa korrelation mellan abborre >300 mm och gös <90 mm ($\rho=-0,74$) skulle kunna indikera varför gös under 90 mm minskar 2017, och även under ett par andra år, då abborre >300 mm kan antas utsätta gös under 90 mm för predationstryck. Även om gös under 90 mm i dagsläget inte är nere på någon rekordlåg nivå, så kan en ökning av stor abborre inte minst i framtiden, leda till större konsekvenser för gös under 90 mm. Däremot går det även se att även om gös <90 mm är låg i antal 2017, så är gösen (<200 mm) på en väldigt hög nivå. Predationen av stor abborre skulle kunna innebära en minskad interspecifik konkurrens som frigör en stor andel gös så att de kollektivt når ett högre snitt och på så vis undviker ökad predation. Även om det inte går att återfinna i erhållna data så är den här typen av effekt inte ovanlig vid predation, där snabbväxande individer gynnas. En sådan effekt, även om den kan verka negativ för gösen, ger en minskad vinterdödlighet och stabilare population (Dörner & Wagner, 2003). Som nämnt har medelstorleken för gös under senare år ökat enligt Nyström & Stenberg (2018), något de föreslår beror på ökad förekomst av zooplankton (icke-signifikant). Att detta delvis skulle vara på grund av predation från abborre är en möjlighet, men detta går inte analysera från den data som finns tillgänglig.

Längdfrekvensen för gös under 2017 visar däremot på någonting oroväckande som under tidigare år inte förekommit (Appendix, Fig. 7), där årsklasser över 230 mm inte existerar. Upp till 160 mm förekommer några hundra individer i provfiskedata, medan över 160 mm enbart är 13 individer, där enbart 2 av dem är över 260 mm. Den här typen av förlust av diversitet bland längdfrekvenser har tidigare kunnat påvisas för andra, hårt fiskade gösbestånd, och även torskbestånden i Östersjön, och beskrevs i introduktionen (Mustamäki et al., 2014; Svedäng & Hornborg, 2017; Appendix, Fig.8). En av yrkesfiskarna i Ringsjöns nät har en maskstorlek på 70 mm (Yrkesfiskare, 2018), vilket är över det rekommenderade från det MSC-certifierade och fenomenalt bra yrkesfisket i Hjälmaren. Där antogs 60 mm som en åtgärd för att gynna gösen, vilket fick önskvärd effekt (Degerman et al., 2008). Således bör den här effekten på göspopulationen inte helt krediteras till nämnd yrkesfiskare. Med detta sagt är den kg/ha/år som tagits ut av gös i Ringsjön stundvis troligtvis för hög för att inte påverka gösbeståndet, med exempel på över 7 kg/ha under ett par år för yrkesfiskarna. Hjälmaren har sedan åtgärden haft 3,5 kg/ha/år som medelvärde, och även där övergår Ringsjön i medelvärde per 5 år sedan 2001 – där 2/4 år övergår, med uttag på 3,93 och 4,67 kg/ha/år (Tabell 3). Det är som sagt inte fullständigt orimligt att ett sådant uttag skulle vara möjligt, med tanke på Ringsjöns produktivitet och på grund av yrkesfiskets maskstorlek. De förändrade förutsättningarna som kommer med biomanipulationen under senare år kan dock allvarligt ha påverkat vilket uttag som är möjligt i form av kg/ha/år, och framförallt vad som är möjligt i framtiden trots att abiotiska faktorer med denna data inte visade någon korrelation. Att det finns fler intressenter som plockar upp gös, såsom rekreativfiske och husbehovsfiske, visar vidare att det potentiella, totala uttaget i kg/ha/år för samtliga intressenter (yrkesfiske, husbehovsfiske samt rekreativfiske) kan vara för högt de senaste åren. Enligt den nyligen utgivna rapporten av Nyström & Stenberg (2018), estimeras det att ca 175 stycken husbehovsfiskare har rätt att fiska med nät, samt 2500 fiskekort löstes under 2016–2017 varav majoriteten var dagsfiskekort. För rekreativfiske gör de en uppskattning som visar på att ungefär 165 kg gös per år fiskas upp. I dagsläget får enbart en gös tas upp per dag av rekreativfisket. Att det skulle finnas en större effekt av ett uttag på 165 kg är inte troligt. Vidare estimerar Nyström & Stenberg (2018) de med hjälp av Ringsjöns FVOF att ca 8700–11600 kg gös plockas upp

årligen. De uttrycker att det är osäkra siffror, men även en halvering av denna estimerade siffra är ett högt uttag. Om deras estimering däremot är nära sanningen är det 2,12–2,8 kg/ha/år, vilket motsvarar en högre avkastning än majoriteten av yrkesfisket på gös i hela landet. Inte heller här vet vi storleksfördelningen på gös som tas upp, men trots det skulle 1,2 kg/ha/år utöver den redan höga avkastningen definitivt ses som något som måste undersökas. Inte minst på grund av att det är möjligt att detta fiske fångar gös av annan längdfrekvens än yrkesfiskarna gör. Detta skulle onekligen ge en kolossal effekt på individstorleken i göspopulationen. Med det sagt finns det en risk att ogynnsamma förhållanden vid rekrytering något år tidigare har lett till denna effekt. I (Fig. 2) kan dock inte någon exceptionellt låg nivå av gös under 200 mm ses förutom 2015, som inte ens är alarmerande låg. Däremot bör hänsyn tas till att annat kan ha påverkat den minimala diversiteten i längdfrekvensen av gös som syns 2017.

Situationen för gädda

Gädda utgör i dagsläget en stor del av rekreativfisket i Ringsjön, och är i stort begränsad i form av uttag från yrkesfisket (Yrkesfiskare, 2018). Hur uttaget ser ut för rekreativfiskare och husbehovsfiskare är svåranalyserat då data saknas. Inte heller provfiskedata för gädda är aktuellt på grund av hur stationära gäddor i regel är. Således finns begränsat med möjlighet att undersöka hur situationen ser ut. I jämförelse med andra områden kan man få ut att Ringsjögäddorna (n=23) fångade 2018 hade högre b-faktor (isometrisk tillväxt) än många andra sjöar såsom Lake Rubikiai i Lettland ($W=0,0060L^{3,02}$) och i Anzali Wetland i i Norra Iran ($W=0,0037L^{3,21}$) (Žiliukienė och Žiliukas, 2010; Aqdam-Moslemi et al., 2014). Ringsjön och Anzali Wetlands skiljer sig väldigt mycket åt i form av vilka arter som finns i sjöarna, men även abiotiska faktorer. Deras relativa konditionsfaktor tillsammans med 2018s relativt höga b-värde kan ändå ge en indikation på att födobrist inte är anledningen till bristen av kvalitativt gäddfiske. I jämförelse med 2005 (n=44) har dessutom konditionen för gäddor (framförallt större exemplar) ökat ($Kn=0,89$ för 2005). Detta kan däremot ha att göra med att insamlingen av data gjordes under två olika tidsperioder, där denna studies insamling gjordes under tiden då ett fåtal gäddor fortfarande bar rom vilket kan ha påverkat resultatet (April 2018). Gäddorna 2005 fångades 2-3/11. En av förklaringarna till gäddornas potentiellt bättre förutsättningar i dagsläget kan vara på grund av ökat siktdjupet och den ökade andelen makrofyter som är vida känt för att gynna gädda. Makrofyter kommer att diskuteras djupare i förslag för åtgärdsplan nedanför.

Både en Lokalbo (2018), Vattenrådet (2018) samt en äldre skötselplan på Ringsjön (Länstyrelsen, 2012) har poängterat avsaknaden av lekplatser för gädda – något som är givet att påverka bestånden av gädda. Utifrån detta kan man anta att en brist på lekområden förekommer. Detta skulle i sin tur också kunna förklara avsaknaden av större gäddor på så vis att färre ges möjligheten att växa sig stora. En fortfarande relativt låg andel makrofyter ökar dessutom predationsrisken på gäddyngel från gös och abborre. Med det sagt är det teoretiskt möjligt att gäddan kommer att öka i takt med ökat siktdjup och ökad andel makrofyter som är målet för biomanipulationen. En stabil population trots en avsaknad av dessa faktorer kan dock vara viktigt om planer på mer sparsam underhållstrålning är aktuell då sådant leder risken av att skjutas tillbaks under år då resuspension av fosfor på grund av t.ex. hård vind förekommer. Vidare kan en predation av gädda på mindre abborrar minska konkurrenstrycket på abborrbestånden, och på så vis gynna tillväxten av större individer, något som tidigare nämndes som kompensationsdödighet (Baker et al., 1993).

Åtgärdsplan

Summering av ovan problem lämnar en rad olika potentiella åtgärder. Den viktigaste åtgärden i dagsläget är däremot en större och mer konsistent insamling av data. Med hjälp av nedan angivna data skulle det vara lättare att få en konkret bild och svar på vilken problematik som finns för predatorerna. Problematiken har i denna studie överskådligt analyserats med hjälp av korrelation som inte förutsätter att det man korrelerar verkligen påverkar varandra, även om det kan ge en riktlinje för vad som är potentiellt och vad som bör undersökas närmare.

Insamling av data

För samtliga arter krävs det en mer gedigen rapportering av både kvalitativa och kvantitativa uppgifter från husbehovsfiske och sportfiske. Dessa innefattar antal av art samt längd och vikt av fångst. Med hjälp av detta skulle man kunna räkna ut det faktiska uttaget av potentiella rovfiskar, vilket skulle ge en mer trolig bild av effekterna på ekosystemet. Längd-viktförhållande för att analysera den relativa konditionsfaktorn blir då också möjligt. För rekreativfiske kan en deposition tas vid köp av fiskekort, som ges tillbaka vid rapportering. Frekvensen av anmälningar skulle då öka markant. Vikten av husbehovsfiskets rapportering kan inte betonas nog mycket. Här är totala fångstvikten väldigt viktig, men även längden, för att veta vilka längdfrekvenser som kan tänkas påverkas av upptagen. Det är viktigt att vara tydlig i informationen för husbehovsfiske och rekreativfiske att deras arbete är väsentligt och viktigt för Ringsjöns, och även deras eget bästa, med tanke på Ringsjöns snabbt skiftande ekosystem. Vidare vore ett nära samarbete med yrkesfiskarna fördelaktigt. De har en större inblick i Ringsjöns predatorbestånd än någon annan. Ett samarbete där man kan få erhålla längd och viktdata för individer, och helst även insamling av otoliter för åldersbestämning av någon som är van och erfaren inom området. Även antalet fiskedagar och antalet nät per dessa dagar bidrar med väldigt viktiga fakta. Detta skulle avlasta ett stort, nödvändigt arbete med datainsamling på äldre individer och kunna vidare analyseras och beskriva dödligheten vid viss ålder samt vid vilken längd de är reproduktiva (ekvationer och metod återfinns i Mustamäki et al., 2014). Hämmade populationer visar ofta ett större spann av åldrar inom ett visst längdintervall, och som tidigare diskuterats i introduktionen kan den reproduktiva längden hos individer minska på grund av höga uttag av visst längdintervall. Utöver det kan en mindre omfattande insamling på yngre och/eller ännu äldre individer än de som fångas av yrkesfisket behövas för en enhetlig bild av populationen.

Tillväxt är en annan viktig faktor som behövs undersökas för att kunna få en korrekt bild av hur och varför det finns få antal stora abborrar, gösar och gäddor. Abborrar har i denna rapport kunnat visats kunna ha konkurrens med både mört och gös, och risken att populationen lider av en flaskhals har diskuterats. För att analysera det kan tillväxten och åldern mätas (mer ingående beskrivet i Hjelm et al., 2000) för längdintervallen som utsätts för konkurrenstrycket och jämföras med andra liknande studier. Abborrars mycket varierande födoval och ontogenetiska skift beroende på sjö gör att en insamling av maginnehåll också kan fungera som en viktig datapunkt (Hjelm et al., 2000).

Gösen kräver som tidigare nämnt en bättre inrapportering från husbehovsfiske, för att en ordentlig summering av det totala uttaget ska bli tillgängligt. Vidare vore en åldersbestämning, längd och reproduktiv storlek viktiga parametrar för att kunna svara på huruvida uttag har påverkat bestånden, eller om det finns en annan faktor som kan förklara situationen.

För gäddor krävs onekligen en hel del data för en bättre värdering av situationen. Även om denna rapport pekat på att gäddorna har god kondition och har mycket föda i Ringsjön i dagsläget, så är provtagningen inte utförd tillräckligt många gånger under ett år och säsonger

för ett säkert och robust resultat. Den relativa konditionsfaktorn är alldeles precis under 1, som tidigare ansetts vara värdet för hälsosamma fiskar. Om ifall en högre frekvens av romfyllda honor fångades i detta projekt så blir konditionsfaktorn förskjuten uppåt i kontrast till verkligheten. Med andra ord är uppföljning och kontinuerlig mätning att föreslå för bättre och mer tillförlitliga data.

Hur gäddors rekryteringsmöjligheter i Ringsjön ser ut är inte heller kartlagt i någon större grad mer än i tal och personliga observationer samt uttalade från Länsstyrelsen i en skötselplan av Johnmark (2012). Således vore längd, vikt, ålder och lekplatser viktiga datainsamlingspunkter för en bättre överblick på gäddbestånden.

Åtgärdsförslag

Gallring

Den överhängande risken att abborrar lider av en flaskhals bidrar till att en av åtgärderna för fler piskivora abborrar bör ligga på främjande av tillväxt. Det kontinuerligt ökande abborrbeståndet (<100 mm) kan likt vitfiscen behöva en gallring, med uttag av stora mängder småabborrar och fortsatt uttag av mört (<80-90 mm). Tidigare forskning har indikerat att ca 10 kg/ha/år är ett rimligt uttag för att minska konkurrensen intraspecifikt (Degerman och Näslund, 2017). Gallringen av 0+ fiskar skulle kunna, utöver att öka tillväxten för abborrar, leda till en ökad frekvens av zooplankton som i dagsläget kan tänkas till stor del decimeras på grund av de enorma antalen 0+ fiskar – varav en stor andel kan antas dö till vintern. Gallringen kan dessutom antas gynna bentivora abborrar (120-180 mm) i linje med Persson & Greenberg (1990) som visar att 0+ abborrar under konkurrens kan söka sig till makrovertebrater tidigare, och öka intraspecifik konkurrens på bentivora abborrar.

Makrofytetablering

Främjandet av bentivora abborrar, och även zooplankton och gädda, har i tidigare studier kunnat påvisas vara beroende av förekomsten av makrofyter (Boll et al., 2011; Persson et al., 1990). Medan makrofyter i Ringsjön på senare år har ökat, så är ökningen så långsam att medeldjupet är 1 meter, med maximalt djup på 2 meter, trots att utbredning till 3–4 meter skulle kunna vara möjlig och tidigare förekommit (Nyström & Stenberg, 2018). För en ordentlig effekt på abborrbestånden, och en väg ut ur konkurrensen, är detta troligtvis för lite, då fördelaktiga områden för bentivora abborrar hypotetiskt i dagsläget är få i antal. I en tidigare studie av (Boll et al., 2011) skapades artificiella växter av plast för att gynna abborre i en grund sjö i Danmark där naturlig makrofytutbredning misslyckats. Makrovertebratbestånden inne i växterna visade på $53\text{--}567 \cdot 10^3$ individer/m² medan sedimentet i sjön enbart höll $17 \cdot 10^3$ individer/m², vidare sökte zooplankton tillflykt i de artificiella makrofyterna under dagen. Proportionen av abborrar gentemot cyprinider inne i makrofyterna var också hög. Även i andra studier uttrycks makrofyternas stora värde i rekryteringen av piskivora abborrar, och rovfiskens indirekt positiva effekt på vattenkvalité (Hargeby et al., 2005). Ett gynnande av piskivor abborre leder enligt denna studies resultat till minskade juvenila mörtbestånd (<80-90). Det kan även från observationer i litteraturen leda till kannibalism och minskat antal abborrar under 100 mm, som under tidsperioden 2001–2017 varit stigande i Ringsjön. Stor abborres potentiella predation på gös (<90 mm) som återfanns i denna studie antyder dock att ett gynnande av piskivor abborre kan leda till att gösens förutsättningar minskar på grund av predationsrisk från abborre. Konkurrens mellan stor abborre (>300 mm) och stor gös (>400 mm) verkar också förekomma i Ringsjön, men en ökning av stor abborre bör inte vara negativt för populationen av större gösar (Schulze et al., 2006). Däremot kan abborren (>300 mm) vara fortsatt minskad i antal beroende på andelen stora gösar (>400 mm). Piskivor abborre har i en del tidigare studier visat sig vara en nyckelart för positiva

effekter på vattenkvalité i form av bättre siktdjup och mindre algblomningar (Dörner et al., 2001; Boll et al., 2012). Det finns således anledning att tro att ovanstående åtgärder för abborre på sikt skulle gynna sjöns återställning, som i dagsläget bedrivs av Vattenrådet (2018). En effekt är en potentiell ökning av zooplankton som kommer utstå minskad predationsrisk av juvenil mört och juvenil abborre på grund av ökat skydd i form av makrofyter, men även på grund av ökat predationstryck från piskivor abborre på zooplanktivorer. Vidare skulle förekomsten av stora abborrar verka positivt på rekreationsfisket. En ökning av makrofyter skulle som tidigare nämnt även gynna gäddan i Ringsjön, då det erbjuder en tillflykt från kannibalism av större artfränder – men också utgör viktiga jaktmarker (Craig, 2008). Eftersom gäddan kan jaga bytesfiskar av markant större storlek än abborre, erbjuder gynnande av gädda en ytterligare reduktion av cyprinider, och således positiva effekter på vattenkvalité.

Den utökade utbredningen av makrofyter och dess ekosystemtjänster i Ringsjön är från ovan diskussion en viktig komponent i återställningen av sjön, något som även betonas av Nyström & Stenberg (2018). Som tidigare nämnt i min studie är återetableringen långsam. I detta fall kan artificiella makrofyter fungera som en åtgärd för att gynna abborre, zooplankton, gädda och indirekt vattenkvalité innan ordentliga effekter från biomanipulationen förekommer. Det vore fördelaktigt att initialt göra ett fåtal artificiella makrofyter för utvärdering innan ett fullskaligt försök gjordes. I en tidigare studie av Boll et al. (2012) som diskuterades ovan gjordes åtgärden i en liten sjö, och om effekten i Ringsjön inte är påtaglig kan kostnaden vara högre än nyttan. Studien nämner dock att kostnaden är låg i jämförelse till många andra typer av restaurationsåtgärder såsom biomanipulation. Viktiga områden, där potentiell återetablering av makrofyter är möjlig, är de första områdena som skulle kunna gynnas av artificiella makrofyter. Framförallt är de djupaste gränserna (2–4 meter) viktiga, då de kan tänkas vara mest avlägsna i form av naturlig återetablering. En karta över potentiell makrofytetablering återfinns i rapporten från Nyström & Stenberg (2018). Förutom artificiella makrofyter av plast, kan försök till återplantering, eller skyddande av makrofyter, göras för att ytterligare gynna och öka återetableringen av makrofyter.

Kvoter och restriktioner på uttag av piskivorer

Det totala uttaget av yrkesfisket på stor abborre (>300 mm) korrelerade positivt med abborrar >300 mm vilket skulle kunna indikera en effekt från yrkesfisket på storleksstrukturen hos abborrarna. Uttagen på stor abborre bör således vara mer stabil och utvärderad. Utvärdering av en rimlig kvot diskuteras längre ned. Restriktionsmått i form av maximimått på abborre är inte vanligt förekommande i Sverige, men 2015 blev Yngern i Södertälje enligt SportFiskarna (2015) första sjön att tillämpa detta på 38 cm. För att värna om storabborrarna som nyckelart i återställandet av Ringsjön vore ett liknande maximimått att föredra. Ringsjöns yrkesfiske av abborre kan däremot bedrivas efter tillgången av abborrar >300 mm, vilket skulle förklara korrelationen som erhöles.

Ur vattenkvalitetsynpunkt är förekomsten av hög medelvikt och stora antal gäddor en viktig komponent. Gäddans fekunditet har tidigare diskuterats, och faktumet att större gäddor har ett högre antal romkorn och högre överlevnadsgrad för de juvenila gäddorna (Wright & Shoesmith, 1988). Belägg för vikten av stora gäddors effekt på gäddpopulationens stabilitet går att återfinna i många studier, där det påvisas att fönsteruttag bidrar till ökad medelvikt och stabilare gäddbestånd som visar stor diversitet. Däremot förutsatte det en god tillväxt och låg intensitet i det generella uttaget av gäddor (Tiainen et al., 2017; Byström, 2013; Pierce, 2010). I dagsläget har Ringsjön enbart ett maximimått på 90 cm, vilket ger en stor uttagsmöjlighet av flera årsklasser. I tidigare nämnda studier av Tiainen et al. (2017) och Byström (2013) var fönsteruttagen 40–65 cm respektive 40–60 cm. För gynnande av rekreationsfiske, yrkesfiske

och husbehovsfiske samt vattenkvalité bör åtminstone ett fönsteruttag på 40–75 cm för gädda antas. Detta fönsteruttag kanske senare måste justeras, något som ingår i uppföljning av åtgärder. Viktigt här är dock att det gäller samtliga intressenter (rekreationsfiske, husbehovs- och yrkesfiske) för att få den önskade effekten, då andelen större gäddor i kontrast till abborrar och gösar är naturligt låg. Detta är något som yrkesfiskarna troligtvis ser positivt till med tanke på att åtminstone en i dagsläget enbart plockar upp gäddor på 2–4 kg och värnar om de stora gäddorna (Yrkesfiskare, 2018). Vidare har rekreationsfiskare i Ringsjön ställt sig positivt till utökade restriktionsmått, och större gäddor skulle kraftigt gynna rekreationsfisket i Ringsjön. Ökad predation av gädda på yngre klasser (zooplanktivora, <100 mm, eller bentivora, 120–180 mm) av abborre skulle kunna leda till minskad intraspecifik konkurrens för abborren och ökad andel piskivorer.

Att lägga en viss vikt i att fundera dels över gösuttaget och även längderna kan vara en viktig åtgärd för yrkes- och husbehovsfisket. Om ett liknande uttag av gös som finns i dagsläget fortsätter förekomma i Ringsjön, kan det leda till allvarliga effekter på göspopulationen. Detta framförallt på grund av ökande siktdjup, och förändringar i Ringsjöns ekosystem. Viktigt att återigen poängtera är att yrkesfiskes avkastning på gös i korrelation med gös >400 mm inte visade statistisk signifikans, och att yrkesfisket troligtvis inte är den enda faktorn till den minskande avkastningen sedan 2007. Yrkesfisket efter gös har dessutom sedan 2005, och även under de senaste åren, haft högre avkastning än det haft sedan inrapporteringen började (1996–2000), vilket skulle kunna indikera att det varit fördelaktiga år för gösen som nu åter missgynnas. Ett större uttag av braxen kan ge ett tillskott i ekonomin samtidigt som det går i linje med fiskevårdsåtgärderna i Ringsjön. Vidare vore det fördelaktigt för samtliga intressenter samt för gösen och abborren om en kvot räknades ut. Kvotuträkning har så vitt jag vet inte gjorts i andra sötvattenssjöar i Sverige, men kan vara motiverat i dagsläget på grund av vad som anses vara dalande gösfångster. Detta skulle i det långa loppet kunna öka avkastningen och vinsten för yrkesfiskarna, på grund av en mer balanserad nivå och en mer hållbar population. Den här åtgärden bör också kunna öka potentialen att återfå gösar som är runt 65–70 cm och i sin bästa reproduktionslängd. Det vore vidare fördelaktigt med fönsteruttag även för gös i form av 45–60 cm på grund av dess optimala reproduktionslängd på 65–70 cm. Detta skulle kunna slå tillbaka en del av den dalande yrkesfisketrenden (sedan år 2005), och predation från större abborre på gös <90 mm skulle ge mindre betydande konsekvenser då rekryteringen hade ökat. Precis som nämnt för gädda är det inte säkert att fönsteruttaget nämnvärt förändrar populationen på grund av intensivt fiske på gös inom uttagsgränsen. En ökad andel gös kan dessutom ha negativ effekt på gädda, men framförallt abborre, vilket potentiellt kan innebära negativa effekter för siktdjupet. Biomanipulationens ökning av siktdjup gör dock att konkurrensen inte är lika fördelad på gösens fördel längre, vilket bör minimera den risken. I denna studie visade dessutom siktdjupet positiv korrelation med gös (>400 mm) vilket kan indikera gösens positiva effekt på siktdjupet. Således är risken att gösen negativt påverkar siktdjupet på grund av effekter på abborr- och gäddpopulationen minimal. En mer reell risk finns att ett sådant fönsteruttag i kombination med kvotsystem skulle leda till ett stort antal stora gösar (>700 mm) med potentiellt sämre reproduktionsförmåga som tidigare nämndes i metoddelen i underrubriken Gös (Schäfer, 2016). Denna typen av troféfisk skulle vara positivt för rekreationsfiskare, men potentiellt negativt för yrkesfiske då det ökar risken för kannibalism.

Lekområden för gädda

En annan problematik som observerats för gäddorna är lekområden, som nämndes tidigare i diskussionen. Ordentlig utvärdering av situationen under våren vore fördelaktigt för en bättre förståelse för huruvida lekområden saknas. Om det visar sig att lekområden saknas bör åtgärder, såsom lekfabriker, diskuteras. Vilken omfattning detta bör ha är svårt att säga i

nuläget på grund av den uteblivna informationen i data. Dessa lekområden brukar dessutom vara positivt för fågelliv, som gärna uppehåller sig i närheten av lekfabrikerna som nyligen skapats i Sverige.

Konflikter, avvägning och åtgärder för att behålla gös

Av ovan åtgärder finns det en del konflikter med gösen. Utöver ökad konkurrens och predationsrisk för gösen, kan ökat siktdjup som troligtvis blir effekten av ovan åtgärder, leda till försämrade förutsättningar för gösens samtliga livsstadier. Däremot bedrivs en biomanipulation i dagsläget, vars mål är att öka siktdjupet oavsett. Vidare hade ovan effekter även betytt en mer stabil övergång med hälsosamma rovfiskbestånd (framförallt gädda och abborre). Detta hade således troligtvis gett mer långsiktiga effekter. Siktdjupet kunde inte i denna studie anses vara en hämmande faktor för gösen. Däremot är de få observationerna och det korta tidsspännat en trolig anledning till att det inte kunde påvisas, alternativt att siktdjupet ännu inte ökat så pass mycket att en effekt är given. Enligt litteratur och allmän kunskap inom fiskeriekologi är det nästan givet att ökat siktdjup kommer verka negativt på göspopulationen (Ljunggren & Sandström, 2007). Majoriteten av effekten kommer troligtvis vara på juvenila gösar som kommer utsättas för ökad predationsrisk av större abborrar (>300 mm). Som tidigare diskuterats är gäddans effekt på gös enligt Schulze et al. (2006) inte speciellt stor på grund av deras olika nischer och uppehållsområden. För att motverka effekten på <90 mm gös kan enkla exempel på fysiska åtgärder tas i bruk, såsom risvasar som tyngs ner till lämpligt bottenstrat med hjälp av betong eller sten. Detta kan framförallt vara viktigt för gösens lek och deras yngels uppväxt, som enligt korrelationen i denna studie fick utstå predationstryck. Det är viktigt att placeringen görs i göslekområden, vilket kan behöva utvärderas om tillgänglig information inte finns. Ett vanligt riktmärke är områden med 1–3 meters djup och ett relativt till resten av sjön sämre siktdjup (Kullander & Delling, 2012c). Dessutom bör ett lämpligt träslag användas, såsom enbuske, som romen kan fästa sig vid. En risk finns att detta bidrar till ökad reproduktion hos abborre också, vilket troligtvis inte vore fördelaktigt med tanke på abborrens redan stora antal i unga årsklasser. En placering av risvase närmare djup kan även fungera som en åtgärd för ökad kvalitet i rekreationsfisket, då det inte är ovanligt att strukturen blir en samlingsplats för fisk. Utöver risvase, så bör en ökning av zooplankton på grund av gallring av zooplanktivorer kunna bidra till snabbare tillväxt för gösen, och därmed minskad predationsrisk då de kan växa förbi längden då de utsätts för predation av abborre.

Som tidigare diskuterat finns risken att gösen kommer minska i antal på grund av ökande siktdjupet oavsett åtgärder. För att öka potentiell avkastning av gös skulle således förbättringen av siktdjupet behöva avta – vilket skulle kunna leda till sämre förutsättningar för sjön på en rad andra ekosystemtjänster. Gösar kan däremot leva i mesotrofiska sjöar (2-4 m siktdjup), även om gädda och abborre finns (Schulze et al., 2006). Så även om ökat siktdjup kan betyda förlusten av gös, så finns det också en möjlighet att bevara gösen (dock kanske i mindre omfattning) under rätt förvaltningsåtgärder. Inte enbart på grund av detta, men även för abborren och gäddans fortsatta trivsel, krävs det att uppföljningar av eventuella åtgärder är väldigt viktiga så att förändring av åtgärd eller nya åtgärder kan diskuteras. Sötvatten är komplexa, och hur det utvecklas är svårt att förutspå trots litteratur och teoretiska scenario.

Åtgärder för gynnande av rekreationsfiske

Rekreationfiske är en av ekosystemtjänsterna som Ringsjön kan bidra med. Utöver dessa åtgärder på fiskbestånden finns det ett antal åtgärder som kan öka rekreationsfisket utan någon nämnvärd förändring av bestånden. Avsaknaden av bra båtramper, uthyrning av ordentliga båtar samt en samlad plattform om boende och fiske är åsikter som delgetts mig via rekreationsfiskare från området. Vidare vore en tillgänglig guide viktig för att öka

förekomsten av nöjda fiskare. En slättsjö med stora områden och få strukturer gör fisket svårt, vilket ökar missnöjet hos rekreativfiskare. Framförallt finns det en stor avsaknad av information på engelska. Vidare vore information till allmänheten, med tillgång till faktablad och dylikt, om restaurationerna och ekosystemet i Ringsjön fördelaktigt. Fortfarande är den generella tanken hos en stor andel människor att Ringsjön är den algblomande, giftiga, gröna sjön som den under en kort period var (Anonym, 2018).

Sammanfattning av åtgärder

- Större insamling av data. Framförallt totalt uttag av husbehovsfiske i vikt och art, men även längd vore fördelaktigt för att veta om gös som inte är i längd för att vara reproduktiv är en del av uttaget. Antal fiskedagar och nät för yrkesfiske för uträkning av kvot, och ett nära samarbete med ålder, längd och vikt för individer vore bra underlag för en validering av rovfiskbestånden.
- Gallring av zooplanktivorer, främst abborrar <100 mm som på senare år ökat till höga nivåer – potentiellt positiva effekter är ökat antal zooplankton som leder till bättre vattenkvalité och snabbare tillväxt för unga piskivorer.
- Snabbare återetablering av makrofyter med olika typer av åtgärder, såsom artificiella, återplantering eller skyddande från herbivora fåglar. Eventuellt positiva effekter är ökat antal zooplankton, bättre vattenkvalité via konkurrens om näringsämnen med alger, ökad andel makrovertebrater, snabbare tillväxt för bentivor abborre och minskad predationsrisk för gädda.
- Kvotuträkning för framförallt gös, så att bestånden inte kollapsar med ökat siktdjup och höga uttag i kombination med reducerad reproduktion under år med få stora individer. Positiv effekt för yrkesfiskets ekonomi, göspopulationen och rekreativfisket.
- Restriktionsmått för samtliga uttag av abborre, gädda och gös för att värna om de viktiga populationerna av piskivorer:
 - Maximimått på 35 cm för abborre
 - Fönsteruttag på 40-75 cm för gädda
 - Fönsteruttag på 45-60 cm för gös
- Lekområden för gädda, utvärdering och slutförande, för starkare bestånd av gädda.
- Eventuellt risvasar eller annan struktur som kan gynna gösen i yngre år, för att minska predationsrisk.

Summering

Ringsjön har onekligen en stor potential som fiskeområde, med dess höga näringsvärde och stora produktion av fisk. Det är inte slumpen som gjort att fiskgjuse häckar kring Ringsjön. Att yrkesfiskare, husbehovs och rekreativfiskare skulle kunna dela på området och vara nöjda är långt ifrån en omöjlighet. Däremot kan framtiden för Ringsjön med biomanipulationens åtgärder för ökat siktdjup innebära att fisket behöver anpassa sig med mindre avkastning av gös och mer avkastning av abborre och gädda, och stödfiske av braxen. Alternativt att extensiva åtgärder för gynnande av gösen utvärderas och att fortsatt diskussion förs mellan de olika intressehavarna. Det är som sagt inte givet att åtgärder för gösen kan bidra till att den trots det ökande siktdjupet har en livskraftig population.

Däremot krävs ett riktat arbete mot att gynna abborrar och potentiellt gäddor för en hållbar lösning för Ringsjöns vattenkvalité, sedan eutrofieringen som varit och är, allvarligt påverkat ekosystemet. Avsaknad av lek- och uppväxtområden för gädda, utökad konkurrens som leder till en hämrad population av abborre är troligtvis en del av problematiken till att eventuell återetablering av makrofyter är långsam och att siktdjupet inte ökar snabbare – samtidigt som

de också är en av anledningarna till den negativa effekten på rovfiskarna. Detta berör också rekreativfisket som uttrycker missnöje över att populationerna är småväxta, och att stora individer är sällsynta.

Min tro är att med ökat antal piskivora abborrar och fler, större gäddor kan piskivorerna påverka bestånden, och framförallt rekryteringen av cyprinider till den grad att den kostsamma biomanipulationen så slutligen kan avta till underhållsarbete och yrkesfiske efter braxnar. Tidigare studier har kunnat påvisa att piskivora abborrar är nyckelart för en lyckad biomanipulation och återhämtning av sjön från eutrofiering (Dörner et al., 2001; Boll et al., 2012), och stödisättning av gös och gädda har likt tidigare nämnt använts som metod flera gånger. Att naturligt skifta den här balansen är troligtvis en bättre åtgärd, utan stora kostnader för uppfödning och låg överlevnadsfrekvens av den inplanterade rovfisken.

Att i dagsläget sluta med biomanipulationen vore i min mening och även i Nyström & Stenbergs (2018) mening ett beslut som hade gjort att Ringsjön efter några år återgår till det scenario som tidigare kunde ses med lågt siktdjup och algbloomningar av blågröna alger. Detta enligt mig på grund av avsaknaden av stabila rovfiskbestånd, stabila makrofytbestånd, men även vad som kan antas vara suboptimala levnadsområden för abborre, gös och gädda – där åtminstone en krävs för reducering av cyprinider. Detta skulle troligtvis gynna gösen, men kraftigt påverka abborre och gädda negativt på samma vis som ett ökande siktdjup skulle leda till positiva effekter för abborre och gädda, men negativt för gös. Med större diskussion och ett större samarbete mellan yrkesfiske, vattenråd, rekreativfiskare och mer planerade och fokuserade åtgärder kan piskivorerna öka i antal och deras ekosystemtjänster bli påtagliga. Samtidigt kan det öppna ögon för andra projekt inom Sverige med sjöar som lider av liknande problematik.

Tacksägelse

Jag vill rikta stora tack till Sportfiskarna, Malmö för deras tillit och hjälp med projektet. Vidare vill jag tacka Anders Persson för hans råd och expertis samt tack till Ringsjöns vattenråd för information och möjligheten att följa med på en av trålarna. Ett stort tack går även ut till John Bergström från Ringsjön, och Per Nyberg från Hjälmjarprojektet för viktig input.

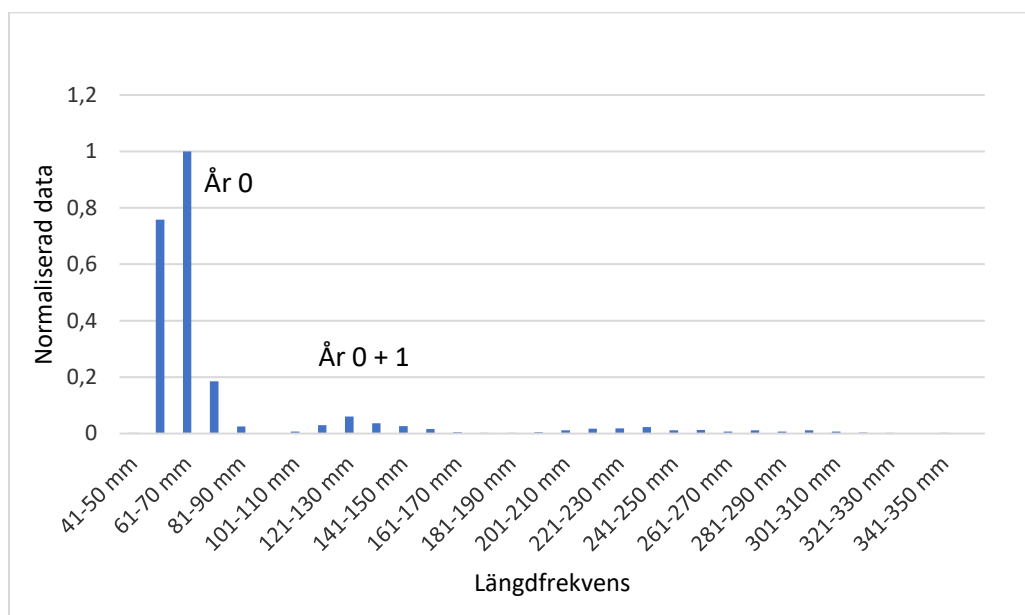
Referenser

- Allen, K.R., 1935. The Food and Migration of the Perch (*Perca fluviatilis*) in Windermere. *Journal of Animal Ecology*, 2(4), ss 264-273.
- Aqdam-Moslemi, M., Namin I.J., Sattari, M., Abdolmalaki, Sh., Bani, A., 2014. Length-Weight relationship and relative condition factor of pike, *Esox Lucius* Linnaeus, 1758, in Anzali Wetland (Southwest of the Caspian Sea). *Caspian Journal of Environmental Sciences (CJES)*, 12(1) ss 109-117.
- Baker, J.P., Olem, H., Creager, C.S., Parkhurst, B.R., 1993. *Fish and Fisheries Management in Lakes and Reservoirs: Technical Supplement to the Lake and Reservoir Restoration Guidance Manual* (EPA 841-R-93-002). Washington, DC: United States Environmental Protection Agency (EPA). ss 30-52, 53, 81, 117-120, 149-157. Tillgänglig: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=20004RPR.TXT>
- Boll, T., Balayala, D., Jeppesen, E., Andersen, F.Ø., 2012. Can artificial plant-beds be used to enhance macroinvertebrate food resources for perch (*Perca fluviatilis* L.) during the initial phase of lake restoration by cyprinid removal? *Hydrobiologia*, 679(1), ss 175-186.
- Byström, P., 2013. Effekter av olika fiskeregleringar på gäddpopulationer – resultat och rekommendationer [Presentation]. Tillgänglig: http://sodralappland.nu/wp-content/uploads/2017/09/pelle-g_dda20130929_4.pdf [2018-05-14]
- Craig, J.F., 2008. A short review of pike ecology. *Hydrobiologia*, 601(1), ss 5-16.
- Degerman, E., Nyberg, P., Sandström, A., Beier, U., 2008. Höjt minimimått på gös ger ökad avkastning i fisket. Länsstyrelsen i Örebro län & Fiskeriverkets Sötvattenslaboratorium, publ.nr. 2008:41.
- Degerman, E., Näslund, I., 2017. Fiskevård – för friska fiskbestånd i friska vatten. Stockholm: SportFiskarna.
- Dörner, H., Schultz, H., Mehner, T., Benndorf, J., 2001. Interaction between Prey Availability and Feeding Behaviour of Age-1 and Age-2 Perch (*Perca fluviatilis* L.) in a Biomanipulated Lake (Bautzen Reservoir, Germany). *Limnologia*, 31(1), ss 11-16.
- Dörner, H., Wagner, A., 2003. Size-dependent predator-prey relationships between perch and their fish prey. *Journal of Fish Biology*, 62(5), ss 1021-1032. doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00092.x
- Eriksson, B.K., Ljunggren, L., Sandström, A., Johansson, G., Mattila, J., Rubach, A., Råberg, S., Snickars, M., 2009. Declines in Predatory Fish Promote Bloom-Forming Macroalgae. *Ecological Applications*, 19(8), ss 1975-1988.
- Fausch, K.D., Karr, J.R., Lyons, J., Angermeier, P.L., 1990. Fish Communities as Indicators of Environmental Degradation. *American Fisheries Society Symposium*, (8), ss. 123-144.
- Gaeta, J.W., Ahrenstorff, T.D., Diana, J.S., Fetzer, W.W., Jones, T.S., Lawson, Z.J., McInerney, M.C., Jr.Santucci, V.J., Vander Zanden, M.J., 2018. Go big or...don't? A field-based diet evaluation of freshwater piscivore and prey fish size relationships. *PLoS ONE*, 13(3), ss 1-20.
- García, L.V., 2004. Escaping the Bonferroni Iron Claw in Ecological Studies. *Oikos*, 105(3), ss 657-663.
- Hansson, L.-A., Annadotter, H., Bergman, E., Hamrin, S.F., Jeppesen, E., Kairesalo, T., Luokkanen, E., Nilsson, P.-Å., Søndergaard, M., Strand, J., 1998. Biomanipulation as an Application of Food-Chain Theory: Constraints, Synthesis, and Recommendations for Temperate Lakes. *Ecosystems*, 1(6), ss 558-574.
- Hansson, L.A., Enell, M. & Bergman, E. (1999). Lake Ringsjön: its catchment area, its history and its importance. *Hydrobiologica*, 404(0), ss. 1-7. Tillgänglig: <https://link.springer.com/ludwig.lub.lu.se/content/pdf/10.1023%2FA%3A1003793019176.pdf> [2018-05-12]
- Hargeby, A., Blom, H., Blindow, I., Andersson, G., 2005. Increased growth and recruitment of piscivorous perch, *Perca fluviatilis*, during a transient phase of expanding submerged vegetation in a shallow lake. *Freshwater biology*, 50(12), ss 2053-2062. doi: doi:10.1111/j.1365-2427.2005.01446.x
- Hjelm, J., Persson, L., Christensen, B., 2000. Growth, morphological variation and ontogenetic niche shifts in perch (*Perca fluviatilis*) in relation to resource availability. *Oecologia*, 122(2), ss 190-199.
- Hjelm, J., van de Weerd, G.H., Sibbing, F.A., 2003. Functional link between foraging performance, functional morphology, and diet shift in roach (*Rutilus rutilus*). *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 60(6), ss 700-709.
- Holmgren, K., Appelberg, M., 2001. Effects of environmental factors on size-related growth efficiency of perch, *Perca fluviatilis*. *Ecology of Freshwater Fish*, 10(4), ss 247-256.
- Jellyman, D.J., 1980. Age, growth and reproduction of perch, *Perca fluviatilis* L., in Lake Pounui. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 14(4), ss 391-400. doi: <https://doi.org/10.1080/00288330.1980.9515881>
- Jeppesen, E., Søndergaard, M., Lauridsen, L.T., Davidson, A.T., Liu, Z., Mazzeo, N., Trochine, C., Özkan, K., Jensen, H.S., Trolle, D., Starling, F., Lazzaro, X., Johansson, L.S., Bjerring, R., Liboriussen,

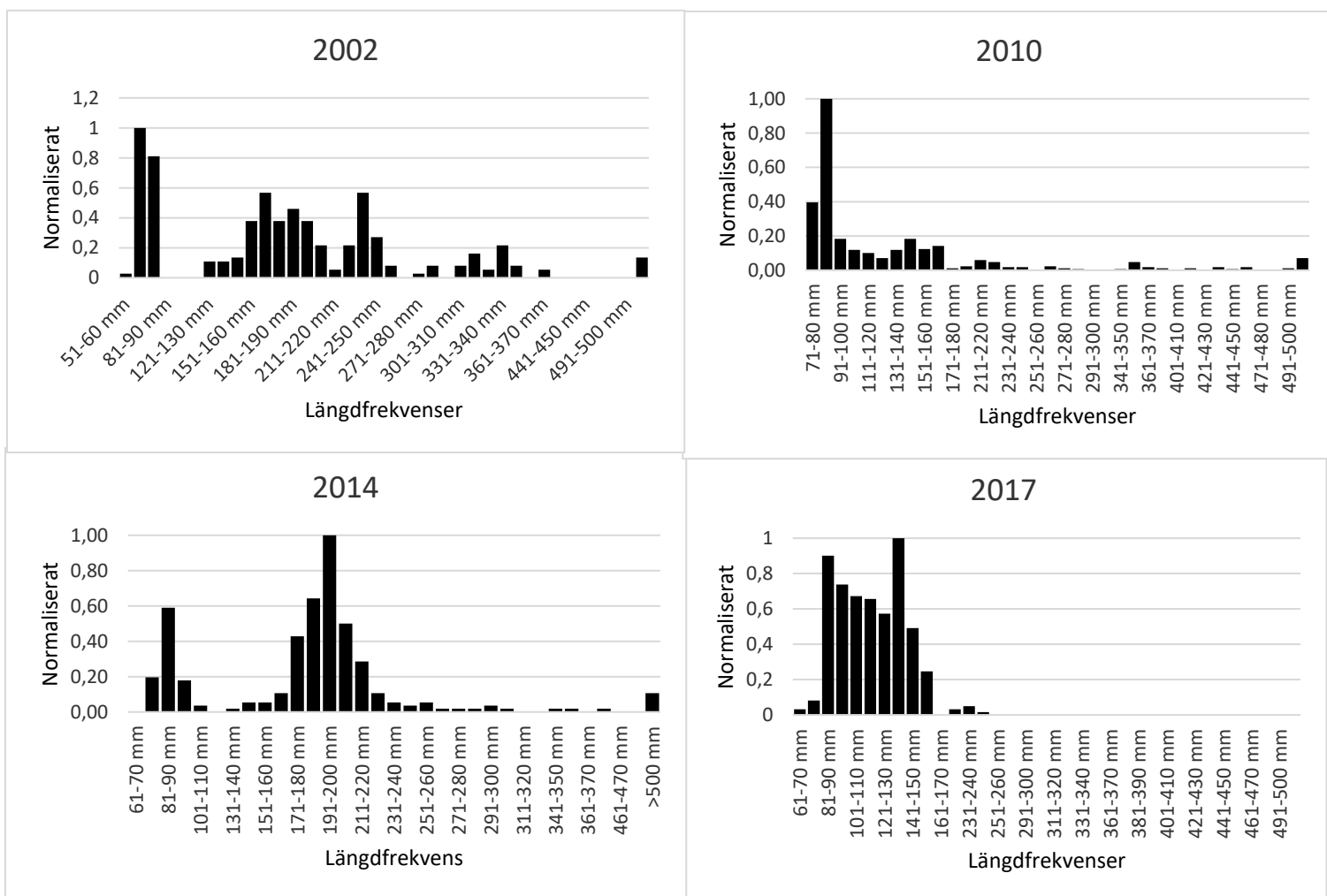
- L., Larsen, S.E., Landkildehus, F., Egemose, S., Meerhoff, M., 2012. Biomanipulation as a Restoration Tool to Combat Eutrophication: Recent Advances and Future Challenges. *Advances in Ecological Research*, (47), ss. 411-488.
- Johnmark, J., 2012. *Skötselplan för naturreservatet Östra Bosjöklosterhalvön*. Höör: Länsstyrelsen. Diariern.: 511-2694-2012 1267-221. Tillgänglig: http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/djur-och-natur/skyddad-natur/naturreservat/hoor/%C3%96stra%20Bosj%C3%B6klosterhalv%C3%B6n/Faststallande_skpl_O_Bosjoklosteralvon.pdf [2018-05-12]
- Kamilov, B., Mirzayev, U., Mustafayeva, Z., 2017. Age and growth of pike-perch (*Sander lucioperca* (L.)) in Tudakul reservoir, Uzbekistan. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(3), ss 361-364.
- Kokkonen, E., Vainikka, A., Heikinheimo, O., 2015. Probabilistic maturation reaction norm trends reveal decreased size and age at maturation in an intensively harvested stock of pikeperch *Sander lucioperca*. *Fisheries research*, 167(0), ss 1-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.01.009>
- Kullander, S.O., Delling, B., 2015a. *Perca fluviatilis* Abborre. I *ArtDatabanken*, SLU. Tillgänglig: <https://artfakta.artdatabanken.se/taxon/206198> [2018-05-03]
- Kullander, S.O., Delling, B., 2015b. *Esox lucius* Gädda. I *ArtDatabanken*, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Tillgänglig: <https://artfakta.artdatabanken.se/taxon/206139> [2018-05-03]
- Kullander, S.O., Delling, B., 2015c. *Sander lucioperca* Gös. I *ArtDatabanken*, SLU. Tillgänglig: <https://artfakta.artdatabanken.se/taxon/206199> [2018-05-03]
- Liu, J., Tang, W., Chen, G., Lu, Y., Feng, C., Tu., M.X., 2016. Correlation and agreement: overview and clarification of competing concepts and measures. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 28(2), ss 115-120.
- Ljunggren, L., Sandström, A., 2007. Influence of visual conditions on foraging and growth of juvenile fishes with dissimilar sensory physiology. *Journal of Fish biology*, 70(5), ss 1319-1334. doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01412.x
- Mehner, T., Hulsmann, S., Kasprzak, P., Gonsiorczyk, T., Koschel, R., Krienitz, L., Benndorf, J., Huelsmann, S., Schultz, H., Wagner, A., 2007. Reduction of nutrient loading and biomanipulation as tools in water quality management: Longterm observations on Bautzen Reservoir and Feldberger Haussee (Germany). *LAKE AND RESERVOIR MANAGEMENT*, 23(4), ss 410-427. doi: <https://doi.org/10.1080/07438140709354027>
- Mustamäki, N., Bergström, U., Ådjers, K., Sevastik, A., Mattila, J., 2014. Pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) in Decline: High mortality of Three Populations in the Northern Baltic Sea. *Ambio*, 43(3), ss 325-336.
- Nationellt Register över Sjöprovfisken – NORS. 2018. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser. Ringsjön. Tillgänglig: <http://www.slu.se/sjoprovfiskedatabasen> [2018-02-18]
- Nilsson, L., 2014. *Movement of pikeperch, bream and pike in Lake Ringsjön, Sweden*. Masteruppsats, Institutionen för Biologi. Lund: Lunds universitet. Tillgänglig: http://www.ringsjon.se/wp-content/uploads/2015/05/Fiskmarkning_Master_thesis_Liselott_Nilsson2014.pdf [2018-03-14]
- Nyström, P., Stenberg, M., 2018. *Reduktionsfiske i Ringsjön 2005-2017. Fiskbeståndens utveckling och riktlinjer för fortsatta åtgärder*. Malmö: Ekoll AB. Tillgänglig: http://www.ringsjon.se/wp-content/uploads/2018/04/Reduktionsfiske_i_Ringsjon_2005-2017.pdf [2018-05-16]
- Persson, L., Greenberg, A.L., 1990. Juvenile Competitive Bottlenecks: The Perch (*Perca fluviatilis*)-Roach (*Rutilus rutilus*) Interaction. *Ecology*, 71(1), ss 44-56.
- Persson, A., Brönmark, C., 2002. Foraging capacity and resource synchronization in an ontogenetic diet switcher, pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Ecology*, 83(11), ss 3014-3022.
- Peres-Neto, P.R., 1999. How many statistical tests are too many? The problem of conducting multiple ecological inferences revisited. *Marine Ecology Progress Series*, 176(0), ss 303-306.
- Pierce, R.B., 2010. Long-Term Evaluations of Length Limit Regulations for Northern Pike in Minnesota. *North American Journal of Fisheries Management*, 30(2), ss 412-432.
- Quentin, G.R., Kompas, T., Long, C., Nhu, C., 2010. Maximum economic yield. *Australian Journal of Agricultural & Resource Economics*, 54(3), ss 273-280.
- Radke, R.J., Gaupisch, A., 2004. Effects of phytoplankton-induced turbidity on predation success of piscivorous Eurasian perch (*Perca fluviatilis*): possible implications for fish community structure in lakes. *Naturwissenschaften*, 92(2), ss 91-94.
- Ruxton, G.D., Neuhäuser, M., 2010. When should we use one-tailed hypothesis testing? *Methods in Ecology & Evolution*, 1(2) ss 114-117.
- Salonen, M., Engström-Öst, J., 2013. Growth of pike larvae: effects of prey, turbidity and food quality. *Hydrobiologia*, 717(1), ss 169-175.

- Schulze, T., Baade, U., Dörner, H., Eckmann, R., Haertel-Borrer, S.S., Hölker, F., Mehner, T., 2006. Response of the residential piscivorous fish community to introduction of a new predator type in a mesotrophic lake. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 63(10), ss 2202-2212.
- Schäfer, J.F., 2016. *Reproductive management and gamete quality in pikeperch (Sander lucioperca)*. Diss. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin.
- SportFiskarna, 2015. *Stora abborrar är viktiga*. <https://www.sportfiskarna.se/Omoss/Aktuellt/ArticleID/5396> [2018-05-16]
- Svedäng, H., Hornborg, S., 2017. Historic changes in length distributions of three Baltic cod (*Gadus morhua*) stocks: Evidence of growth retardation. *Ecology and Evolution*, 7(16), ss 6089-6102.
- Svärdson, G., Molin, G., 1966. *Gösen i Hjälmaran och Mälaren* (Nr 1). Stockholm: Sötvattenslaboratoriet Drottningholm. Tillgänglig: <https://www.slu.se/institutioner/akvatiska-resurser/sok-publikation/ovriga-publikationer1/sotvattenlab-informerar/> [2018-05-15]
- Tiainen, J., Olin, M., Lehtonen, H., Nyberg, K., Ruuhijärvi, J., 2017. The capability of harvestable slot-length limit regulation in conserving large and old northern pike (*Esox Lucius*). *Boreal Environment Research*, 22(0), ss 169-186.
- Vatteninformationssystem – VISS. 2018. Länsstyrelsen. Ringsjön. Tillgänglig: <http://viss.lansstyrelsen.se/> [2018-02-18]
- Waite, A.T., Campbell, G.L., 2006. Controlling the false discovery rate and increasing statistical power in ecological studies. *Écoscience*, 13(4), ss 439-442.
- Wright, R.M., Shoesmith, E.A., 1988. The reproductive success of pike, *Esox lucius*: aspects of fecundity, egg density and survival. *Journal of Fish Biology*, 33(4), ss 623-636.
- Yazıcıoğlu, O., Yılmaz, S., Yazıcı, R., Erbaşaran, M., Polat, N., 2016. Feeding ecology and prey selection of European perch, *Perca fluviatilis* inhabiting a eutrophic lake in northern Turkey, *Journal of Freshwater Ecology*, 31(4), ss 641-651. doi: 10.1080/02705060.2016.1220432
- Žiliukienė, V., Žiliukas, V., 2010. Growth of pike *Esox lucius* L. in Lake Rubikiai (Lithuania). *Journal of Applied Ichthyology*, 26(6), ss 898-903. doi: 10.1111/j.1439-0426.2010.01517.x
- Icke publicerat material:
- Yrkesfiskare. 2018. Vid Ringsjön. Intervju 16 april.
- Havs- och vattenmyndigheten, 2018. *Yrkesfiskefångster i Ringsjön*.
- Lokalbo. 2018. Ringsjön. Telefonsamtal.
- Ringsjöns Vattenråd. 2018. Löpande frågeställningar från januari-maj.

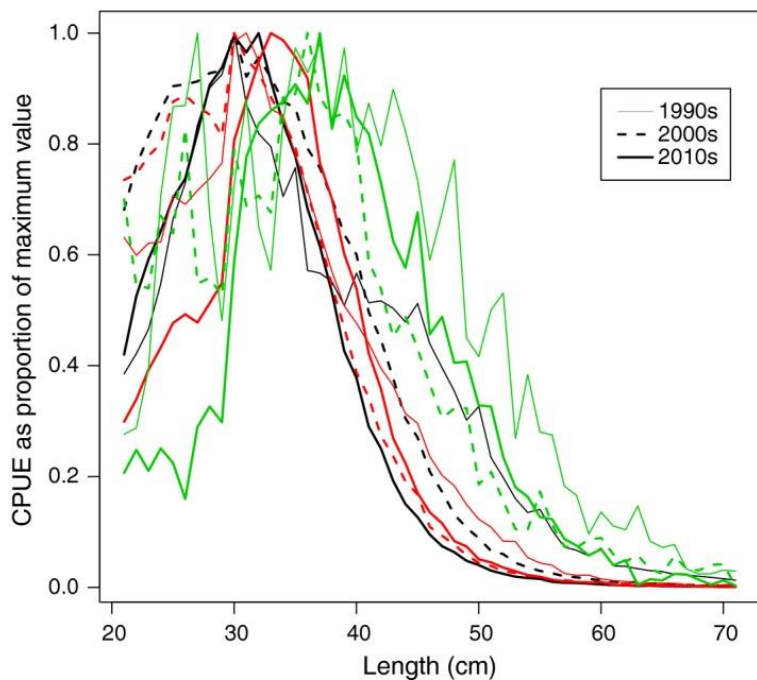
Appendix



Figur 6. Exempelgraf för indelning av längder enligt populationsfrekvens i provfiskedata. Normalisering av data följer $N = n_{\text{obs}} - n_{\text{min}} / n_{\text{max}} - n_{\text{min}}$.



Figur 7. Längdfrekvensfördelning av normaliserade provfiskedata för gös i Ringsjön med årtal.



Figur 8. Längdfrekvens för normaliserad CPUE ("Catch-per-unit-effort) av torsk. Grön, röd och svart är från olika områden, där svart är mest överexploaterad (Svedäng & Hornborg, 2017)

Tabell 4. Benjamini-Hochberg uträkningar för korrektion av signifikansvärde vid multipel experimentell statistik.

I	Sig.	Korrigerat Sig.
1	0,00030	0,0040
2	0,0020	0,0080
3	0,0020	0,012
4	0,0040	0,016
5	0,0067	0,020
6	0,0068	0,024
7	0,010	0,028
8	0,017	0,032
9	0,028	0,036
10	0,037	0,040
11	0,041	0,044
12	0,051 (ns)	0,048
13–25	Ns	Ns

