

Slutrappport för projektet
Mitigating eutrophication
by means of biomanipulation



Sture Hansson
Institutionen för ekologi, miljö och botanik
Stockholms universitet
Sture.Hansson@su.se

Innehåll

Slutsatser	2
Inledning.....	3
Syfte	3
Teoretisk bakgrund.....	3
Praktisk bakgrund.....	3
Val av område	3
Val av art.....	3
Utsättningar av gös.....	4
Insamling av bakgrundsdata.....	4
Fisk i pelagialen	5
Fisk på grunda bottnar.....	5
Gös i Himmerfjärden.....	6
Fångster i yrkesfiske.....	6
Fångster i provfiske.....	7
Födoval.....	7
Tillväxt	9
Genetik – effekter av utsättningarna	9
Abborre i Himmerfjärden.....	10
Födoval.....	10
Tillväxt	10
Abborrens utseende	10
Abborrens rörelser inom fjärden	11
Djurplankton.....	11
Långtidsförändringar	11
Kvalitativa svar på fiskpredation.....	12
Möjligt problem genom främmande rovdjurplankton.....	12
Publikationer	13
Ekonomisk sammanställning.....	14

Slutsatser

En tidigare utsättning (1991) av 17.766 ensamriga gösar i Himmerfjärden gav goda återfångster. I detta projekt har sammanlagt 870.000 gösar satts ut vilket förväntades öka beståndet mycket markant, i synnerhet då gösen förekommer betydligt sparsammare nu än på 1990-talet. Även om genetiska analyser visar att utsatt gös finns i området, har fångsterna inte ökat i sådan omfattning som förväntats. Slutsatsen blir att vi misslyckats att åstadkomma en biomanipulation.

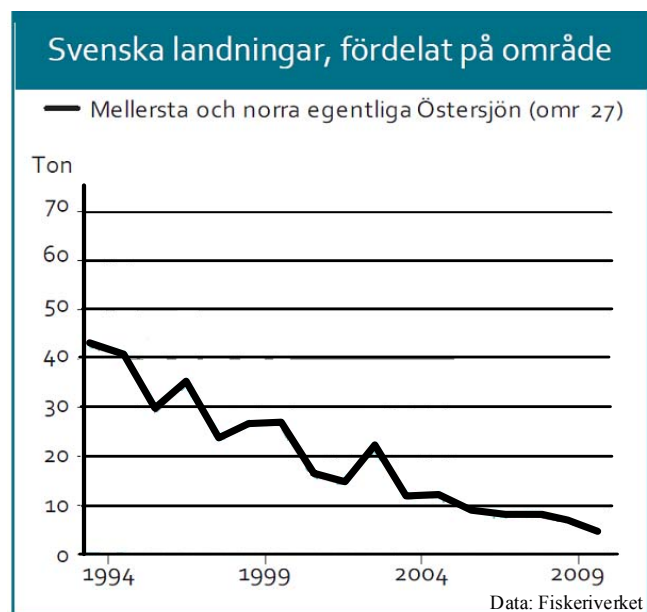
Anledningen till det dåliga utfallet av utsättningarna 2008-2011 är okänd, men två förändringar som kan ha påverkat gösens situation i Himmerfjärden har ägt rum sedan 1990-talet: *effektiviteten i reningsverket har förbättrats genom bl.a. kväverening, *predationstrycket kan ha ökat markant då en skarvkoloni har etablerats i fjärden och stora mängder skarv från andra områden ”mellanlandar” också i fjärden under vår- och höstflytt.

Sedan 1990-talet har de kommersiella svenska fångsterna av gös i egentliga Östersjön minskat drastiskt (samma utveckling som i Himmerfjärden), vilket kan tyda på en storskalig försämring för arten och att överlevnaden reducerats hos så pass stora gösungar som de som använts i utsättningen. Vanligtvis antas fiskbestånd regleras genom dödligheten hos larvar/yngel.

Resultaten visar dock *inte* att biomanipulation som metod för att motverka eutrofieringseffekter är misslyckad. För att utvärdera nyttan av en biomanipulation måste en lyckad etablering av ett stort rovfiskbestånd åstadkommas. En sådan kan (åtminstone teoretiskt) åstadkommas

genom att betydligt större utsättningar av gös genomförs, men även då är det möjligt att framgången påverkas av okontrollerbara/okända faktorer. Alternativt kan åtgärder genomföras som påtagligt förbättrar den naturliga reproduktionen hos gös, förutsatt att kunskap skaffas om hur det kan ske. Andra pelagiala och förhållandevis stationära rovfiskar än gös skulle kunna användas, men vilka dessa arter är kan jag inte inse. Ett alternativ är att genomföra reduktionsfiske, som på ett markant sätt reducerar mängderna djurplanktonätande fisk. Kostnaderna för ett sådant fiske blir sannolikt minst lika stora som mycket omfattande åtgärder för att öka mängden rovfisk.

Mitt förslag är att projektet *Mitigating eutrophication by means of biomanipulation* avslutas med en sista provtagningsomgång (littoralfiske samt ekolodning) i augusti 2013, med uppföljande genetiska analyser av fångad gös. Erfarenhetsmässigt vet vi att smågösar är svåra att fånga med nät. På 90-talet när gösbeståndet var betydligt större än nu, fångades ändå förhållandevis få ettåriga gösar (redovisning 2011-09-12 för styrelsen för BalticSea2020). Fångsten av ettåriga gösar 2012 var därför påfallande god och en stor del av dessa kom från utsättningen. Genom ett fiske också innevarande år slipper vi riskera att underskatta beståndseffekten av utsättningarna. Kostnaden för dessa aktiviteter (3 personmånader, båthyror, provtagningskostnader, genetiska analyser och andra tillkommande kostnader) rymms inom ramen för de medel som ursprungligen avsattes för projektet.



Inledning

I denna rapport finns två slags referenser, dels sådana som avser skrifter producerade inom projektet och dels andra publikationer. Se senare refereras till med fotnoter och de tidigare med ”traditionell” hänvisning, t.ex. Ahlbeck m.fl. (2012). Uppsatser som hittills producerats i projektet redovisas under *Publikationer*

Syfte

Syftet med projektet var att utvärdera möjligheten att genom biomanipulation motverka effekterna av eutrofierande utsläpp. Om detta lyckas på lokal skala, men ändå i ett relativt stort område, skulle också ett argument erhållas för att förändra Östersjöns fiskeriförvaltning så att storskaliga eutrofieringeffekter motverkas (återuppbyggnad av ett stort torskbestånd).

Teoretisk bakgrund

Ett starkt bestånd av rovfisk kan genom predation reducera mängden små djurplanktonätande fiskar. Detta kan möjliggöra för djurplankton att öka i sådan utsträckning att de genom sin betning av växtplankton reducerar dessa, och på så sätt åstadkomma ett klarare vatten. Dessa samband, och möjligheten till biomanipulation, är så pass väl etablerade att Stephen R Carpenter fick Stockholm Water Prize 2011 för bl.a. studier av detta.

Praktisk bakgrund

Val av område

En förutsättning för att ett försök med biomanipulation ska kunna utvärderas, är att det finns rikligt med bakgrundsinformation på variabler från vattnets närsalthalter till förekomsten av pelagial fisk. Himmerfjärden är det enda område längs Östersjökusten som uppfyller dessa krav. Högfrekventa (c. 25 ggr/år) provtagningar av vatten och plankton startade i mitten av 1970-talet. Pelagial fisk har kvantifierats sedan 1985 och motsvarande data finns inte från något annat kustområde i Östersjön.

Val av art

I området finns fyra utpräglade rovfiskar: abborre, gädda, gös och öring. Abborre och gädda finns företrädesvis vid vegetationsklädda bottenar och är därför inte effektiva predatorer på de djurplanktoätande fiskarna som dominerar pelagialen. Öringen finns pelagialt, men den är inte stationär, varför utsatt fisk i stor utsträckning kan förväntas lämna Himmerfjärden. Unga gösar finns huvudsakligen vid vegetationsklädda bottenar, medan större individer finns pelagialt och har en diet dominerad av djurplanktonätande fisk¹. Analyser av stabila isotoper hos gös från Himmerfjärden visar att de är förhållandevis stationära².

¹ Hansson, S., Arrhenius, F., and Nellbring, S. 1997. Diet and growth of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L) in a Baltic Sea area. *Fisheries Research*, 31(1-2):163-167.

² Hansson, S., Hobbie, J.E., Elmgren, R., Larsson, U., Fry, B., and Johansson, S. 1997. The stable nitrogen isotope ratio as a marker of food web interactions and fish migration. *Ecology*, 78(7):2249-2257.

I början av 1990-talet gjorde utsättningar av ensamrig gös i dels i dammar (för att utvärdera olika sätt att märka dessa små fiskar) och dels i Himmerfjärden¹. Studierna visade att:

*gösungar var tåliga och har god överlevnad även efter olika typer av märkningar

*gösungar var förhållandevis stationära inom det område där de blev utsatta

*ett år efter en utsättning av 17.766 gösungar, utgjorde dessa en betydande andel av de ettåriga gösar som fångades i ett fiske riktat mot dessa. Det skall särskilt noteras att den naturliga reproduktionen hos gös i Himmerfjärden under denna period var god, och gav årliga fångster på 10-15 ton.

Baserat på dessa studier, och abundansen av pelagial, djurplanktonätande fisk i Himmerfjärden, beräknades hur stora mängder gös som skulle behöva sättas ut i området för att åstadkomma en kraftig biomanipulation^{2,3}. Resultatet blev att utsättningar av 290.000 ensamriga gösar under vardera två år i följd (år 1-3), skulle resultera i en kraftigt ökad predation under åren 4-7.

Utsättningar av gös

Årsungar av gös inhandlades från kommersiella odlingar (Svensk gös, Dylta och Ljusterö lax). Första året (2008) misslyckades leverantören nästan helt att uppfylla sitt åtagande, eftersom intensivt regnande under hösten omöjliggjorde tömningen av odlingsdammarna. För att sprida leveransrisken påföljande år, beställdes 100.000 fiskar från vardera tre odlare. Två av odlarna fick problem – en drabbades av stor dödlighet i anläggningen och kunde endast leverera 6.000 fiskar den andres gösar var så små att han endast kunde leverera 50.000 av acceptabel storlek. Hösten 2010 kunde emellertid odlarna leverera mer gös än utlovat, varför vi gjorde en extra stor utsättning, för att i viss utsträckning komma ikapp den ursprungliga tidsplanen. Sista året levererades fisken utan problem.

Gjorda utsättningar:

utsättningsår	2008	2009	2010	2011	totalt
antal utsatta gösar	20 000	156 000	530 000	165 000	871 000

Insamling av bakgrundsdata

För att kunna upptäcka och tolka effekter av ett ökat bestånd av gös i Himmerfjärden behövs rik bakgrundsinformation. Som redan framhållits finns en hel del sådan för vattenkemi, plankton och pelagial fisk. Däremot saknades detta för vissa andra variabler, varför ett omfattande arbete genomfördes för att dokumentera sådana ”nya” aspekter av ekosystemet.

När insamlingen av bakgrundsdata presenteras nedan, motiveras detta med behovet att beskriva situationen innan fjärden påverkats av biomanipulationen. Detta kan synas märkligt eftersom vi inte lyckats bygga upp ett stort gösbestånd. Dessa studier beslutades dock innan

¹ Hansson, S., Arrhenius, F., and Nellbring, S. 1997. Benefits from fish stocking - experiences from stocking young-of-the-year pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L. to a bay in the Baltic Sea. *Fisheries Research*, 32(2):123-132.

² Hansson, S., Arrhenius, F., and Nellbring, S. 1997. Food web interactions in a Baltic Sea coastal area. In *Forage Fishes in Marine Ecosystems. Proceedings of the International Symposium on the Role of Forage Fish in Marine Ecosystems*. Alaska Sea Grant Program report: 97-01, pp 281-291. Anonymous. University of Alaska Fairbanks, Fairbanks.

³ Hansson, S., and Didrikas, T. 2005. Minskad övergödning och förbättrat fiske. Rapport till Stockholms läns landsting, 8pp.

utfallet av utsättningarna var känt, och utgångspunkten var att ett mycket rikt gösbestånd skulle etableras.

Fisk i pelagialen

Data för pelagial fisk samlades in med ekolod i kombination med fiske med s.k. vertikalnät (25m djupa nät som sträcker sig från botten till ytan, maskstorlekar 6,25; 8; 10; 12; 15 och 18,75 mm knut till knut).

Projektet drabbades av problem 2008, då ekolodsutrustningen uppvisade akuta förslitningar. Ett tilläggsanslag erhöles då från stiftelsen för inköp av en ny utrustning som fungerat klanderfritt. I samband med detta krävdes ny programvara för att bearbeta ekolodsinspelningarna. Sedan ekolodningarna i Himmerfjärden inleddes 1985 har därför tre olika ekolod använts (Simrad EY/M, EY500 och EK60) och signalerna har analyserats med tre olika datorprogram (Hadas, EP500 och Sonar5). En preliminär analys av ekolodningar har genomförts (Karlsson 2010), men för en relevant dataserie över mängden pelagial fisk för de 28 åren 1985-2012 krävs en omfattande interkalibrering av såväl ekolod som datorprogram. Hösten 2012 genomfördes denna interkalibrering och analysen av data pågår för närvarande, varför någon komplett dataserie inte kan redovisas.

Under projektets gång, med finansiering från annat håll, har en analys av den vertikala fördelningen och dygnsmigrationen hos årsungar av strömming genomförts¹. Om predationstrycket på dessa fiskar ökar genom biomanipulationen, kan förändringar i dessa fördelningar/vandringsmönster förväntas, varför denna studie kan ge viktig bakgrundsinformation.

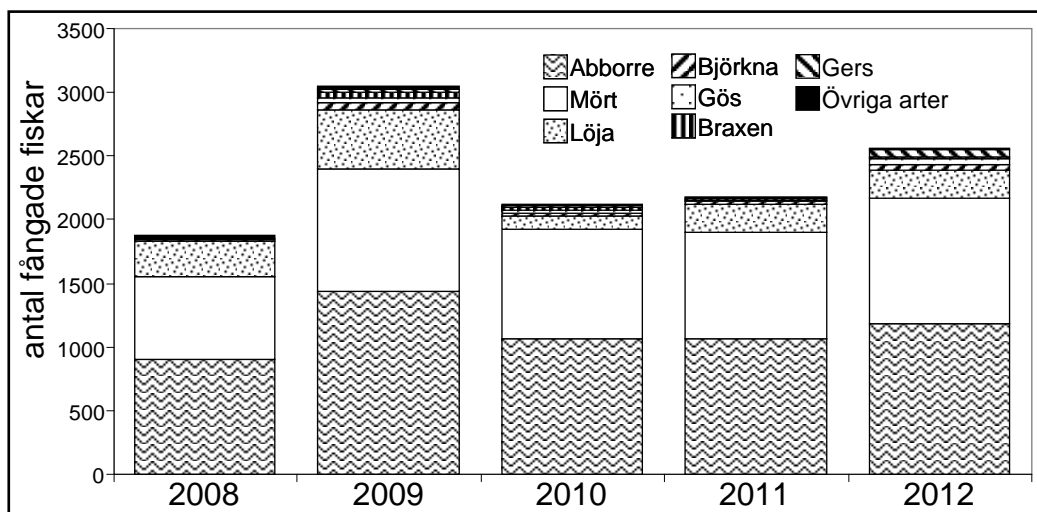
Fisk på grunda bottenar

Syftet med dessa studier var att beskriva dessa bottenars fiskesamhälle innan fjärden påverkats av biomanipulationen.

Åren 2008-2012 har provfiske med s.k. Norden-nät genomfördes på 30 stationer under vardera en natt. Näten är 30 m långa, 1.5 m djupa och innehåller 12 segment om 2.5 meter (maskstorlekar 5; 6,25; 8; 10; 12,5; 15,5; 19,5; 24; 29; 35; 43 och 55 mm knut till knut). De olika maskstorlekarna sitter i en bestämd ordningsföljd, och i detta fiske lades näten så att nätändan med 43 mm maska kom närmast land.

I sammanställningen nedan har fångsterna av strömming och skarpsill (~ 900 fiskar) exkluderas, eftersom dessa inte ”tillhör” de grunda bottenarnas fiskfauna även om de emellanåt kan fångas i stort antal även i den biotopen. Fångsterna var relativt konstanta mellan år, med kraftig dominans av abborre och mört.

¹ Jensen, O.P., Hansson, S., Didrikas, T., Stockwell, J.D., Hrabik, T.R., Axenrot, T., and Kitchell, J.F. 2011. Foraging, bioenergetic and predation constraints on diel vertical migration: field observations and modelling of reverse migration by young-of-the-year herring *Clupea harengus*. *Journal of Fish Biology*, 78:449-465.

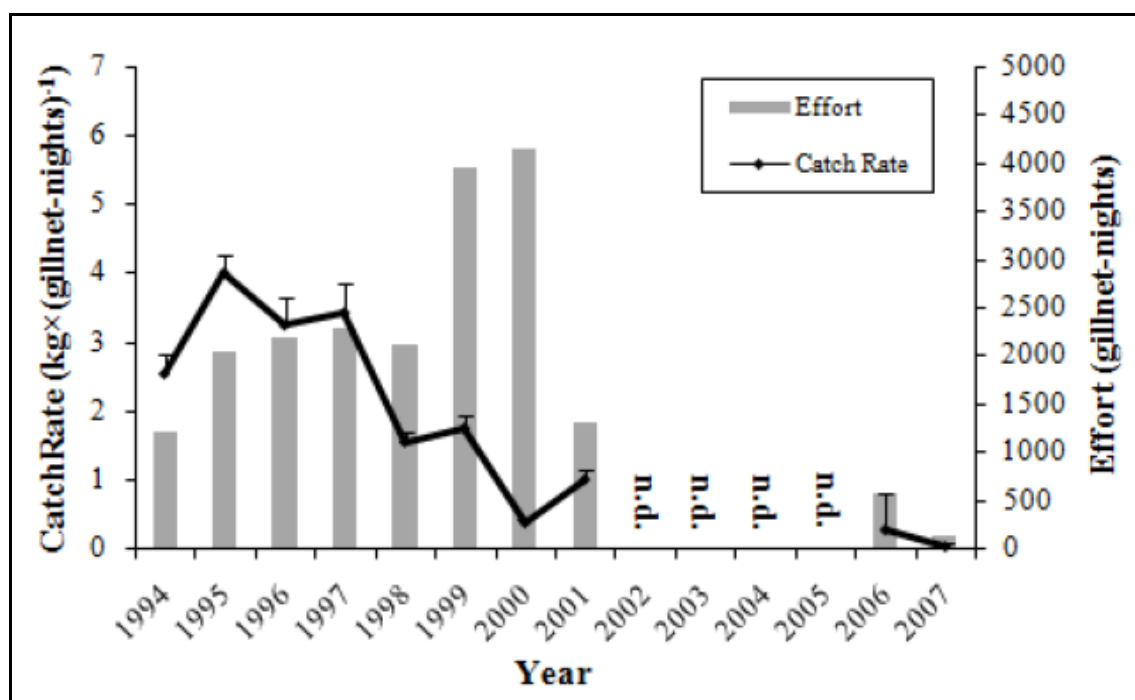


Inte oväntat varierade fångstsammansättningen mellan stationerna, med vissa som hade genomgående större/mindre andelar av vissa arter än vad andra stationer hade (Johansson 2012). Det fanns inga stora och genomgående skillnader mellan olika områden av fjärden även om vissa trender registrerats. Fångsterna av marina arter minskade norrut. Gers och gös fångades främst i norra delen av fjärden, medan årsungar av abborre var vanligast längs den västra, mer långgrundna stranden.

Gös i Himmerfjärden

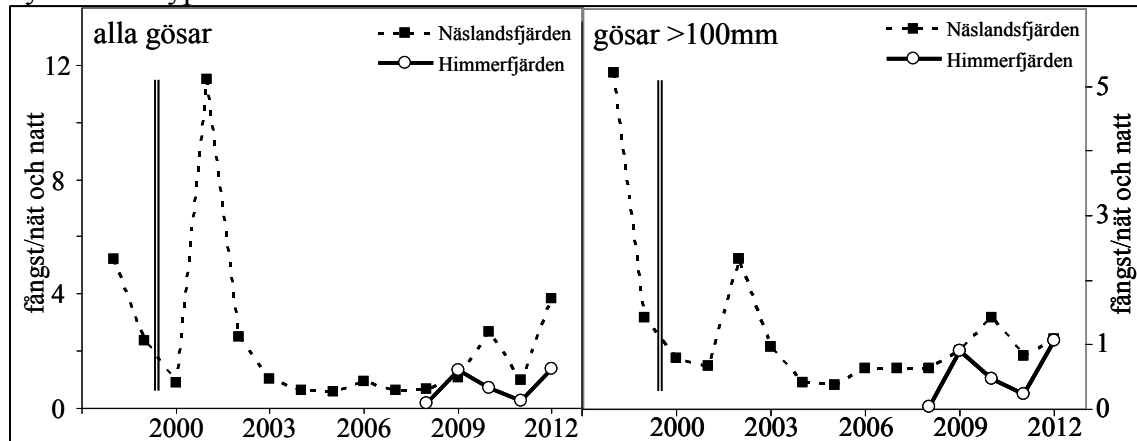
Fångster i yrkesfiske

Tack vare samarbete med f.d. yrkesfiskaren Börje Larsson i Grönvik, har vi fått tillgång till hans privata och detaljerade fångststatistik. Av denna framgår (nedan) att gösfångsterna, uttryckt som fångst per ansträngning (catch rate), minskat mycket påtagligt sedan mitten av 1990-talet (Andersson 2009). Denna fångstminskning avspeglar rimligen en lika dramatisk reduktion av gösbeståndet.



Fångster i provfiske

Sedan 1998 har provfiske, inom miljökontrollen för AstraZeneca och Söderenergi, genomförts på 6 stationer i Näslandsfjärden, området omedelbart norr om Himmerfjärden. Dessa fisken har ägt rum vid ung. samma tid på året som fisket 2008-2012 i Himmerfjärden (sista halvan av augusti). Vid provtagningarna 1998-99 användes en äldre typ av översiktsnät (42 m långa med 14 segment om 3 meter och maskorna 6.25, 8, 10, 12.5, 16.5, 22, 25, 30, 33, 38, 43, 50, 60 och 75 mm knut till knut), medan senare fisken använt samma typ av nät som nu använts i Himmerfjärden (Norden-nät, se *Fiske på grunda bottnar* ovan). Denna skillnad i de använda nät kan ha påverkat fångsterna, men då omvandlingstabeller för gös saknas redovisas fångsterna utan korrektion för nättyp. Det lodräta dubbelstrecket i figuren nedan markerar bytet av nättyp.



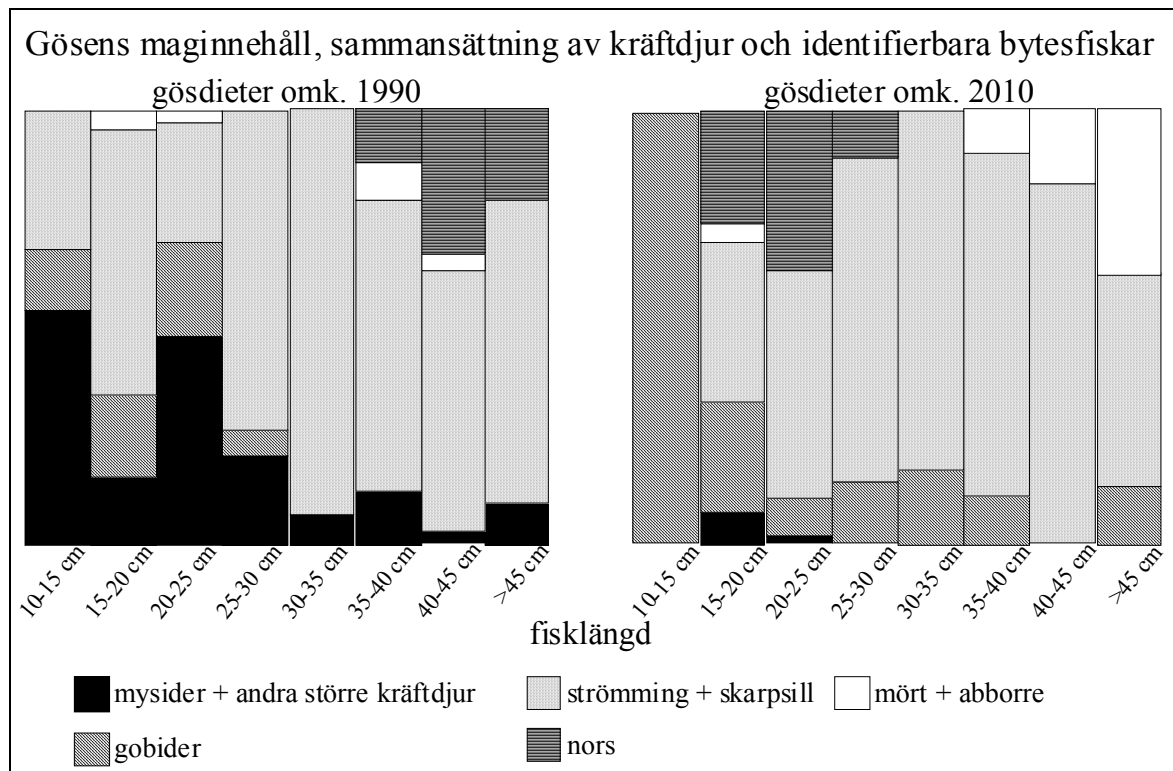
Eftersom årsungar emellanåt kan fångas i 'stort' antal jämfört med äldre fiskar, redovisas gösfångsterna i dessa provfisken dels som totala fångster och dels enbart för fiskar >100 mm. Tidserien i Näslandsfjärden omfattar inte den period då yrkesfiskaren i Himmerfjärden fick goda gösfångster, varför det inte går att avgöra om en minskning också ägt rum i Näslandsfjärden. Någon entydig trend i fångsterna i den fjärden föreligger inte. Generellt har fångsterna av gös i Himmerfjärden varit lägre än de i Näslandsfjärden. Ökningen av gösfångster i Himmerfjärden 2012 förklaras till betydande del med fångster av gösar från våra utsättningar (se *Genetik – effekter av utsättningarna*).

Födoval

God kunskap om gösens födoval är central för analysen av gösens påverkan på Himmerfjärdens ekosystem och därmed motverkan av eutrofieringens effekter. Analyser av fiskars dietsammansättning är dock inte trivialt, utan kan göras på en mängd olika sätt varav vissa är direkt olämpliga¹. För att undersöka vilka metoder som bäst avspeglar den faktiska dieten, gjordes en teoretisk analys genom modellering (Ahlbeck m.fl. 2012). Analysen visade att den metodik som användes i tidigare studier av gösens diet i Himmerfjärden² var bland de bästa, och samma metod användes för analyser av material insamlat i detta projekt (Vogel 2012).

¹ Hansson S. 1998. Methods of studying fish feeding: a comment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55, 2706-2707.

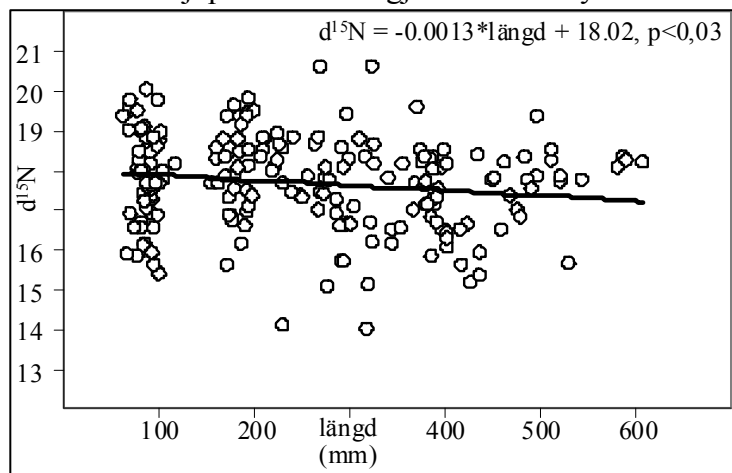
² Hansson S., Arrhenius F. and Nellbring S. 1997. Diet and growth of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L) in a Baltic Sea area. *Fisheries Research* 31, 163-167.



Under båda tidsperioderna var strömming och skarpsill de viktigaste enskilda bytesdjuren. Den mest påtaglig skillnaden mellan de två tidsperioderna är att kräftdjuren mer eller mindre ersatts av gobider. Orsaken till detta skifte, och dess möjliga konsekvenser, kan inte bedömas. Det kan inte uteslutas att det försämrade rekryteringen av gös i området kan ha orsakats av brist på lämplig föda i form av kräftdjur och att detta särskilt drabbat årsungar och ettåriga gösar. Dessvärre saknas långtidsserier över tätheten av kräftdjur i Himmerfjärden. En alternativ förklaring kan vara att tillgången på gobider ökat, varför dessa blivit vanligare i dieten, men även här saknas data.

Det oväntade resultatet, att maginnehållet hos gös av alla undersökta storlekar domineras av fisk, föranledde ytterligare analys för att utesluta att det var en slump-effekt av att magdata endast ger en ögonblicksbild av dieten. Denna fördjupade studie utgjordes av analyser av isotopsammansättningen hos kväve ($\delta^{15}\text{N}$) i fiskens muskler.

Ju högre upp i näringskedjan ett djur befinner sig, desto högre är dess $\delta^{15}\text{N}$ signatur. Om maganalyserna gav en riktig bild förväntades inget samband mellan göslängd och $\delta^{15}\text{N}$, medan ett positivt samband förväntades om andelen bytesfisk ökade med ökad fiskstorlek. Våra gösar uppvisar ett svagt, men statistiskt signifikant, negativt samband. En möjlig förklaring är

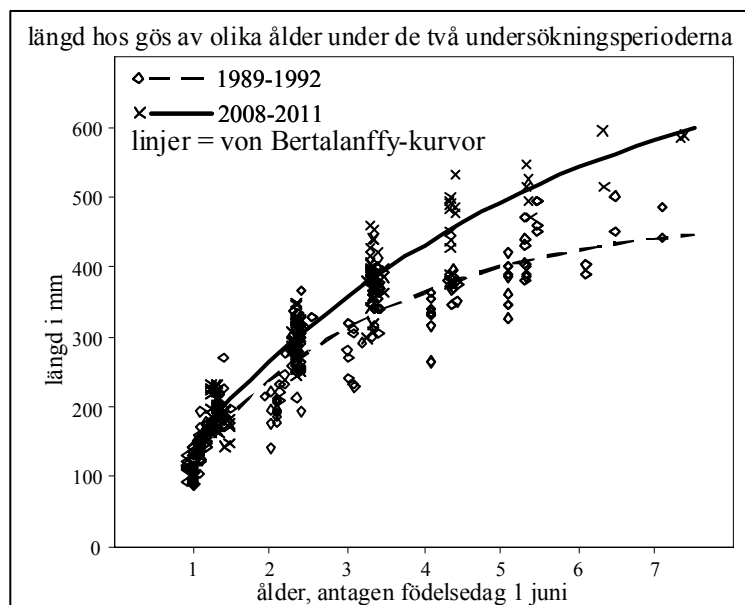


att de gobider som små gösar äter, har ett högre $\delta^{15}\text{N}$ än strömming och skarpsill, eftersom gobiderna äter bottenfauna som kan befinna sig högre upp i födokedjan än djurplankton.

Spridningen i $\delta^{15}\text{N}$ är stor mellan gösar av ungefär samma längd, men möjliga orsaker till detta har ännu inte analyserats eftersom isotopdata erhöles för endast en vecka sedan.

Tillväxt

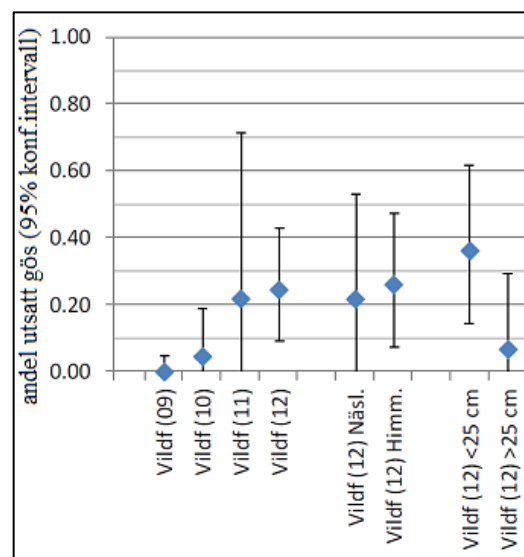
Gösens tillväxt i Himmerfjärden undersöktes på fiskar fångade kring 1990, och den uppvisade då en tillväxttak som var normal för Östersjöförhållanden¹. Dessa åldersanalyser gjordes på ben från gällock (operculum), och i samband med analysen av de nu insamlade gösarna gjordes analysen på otoloter enligt den standard som tags fram av Fiskeriverket. Eftersom otoliter fanns sparade från den tidigare studien, lästes nu även dessa för att utesluta att metodskillnader skulle påverka resultaten. Jämförelser av data från otoloter och operculum visade inga systematiska ålderskillnader, men de resultat som visas här är alla från otoliter.



Tillväxttakten nu är signifikant högre än för 20 år sedan. Skillnaden är särskilt markant för de större fiskarna, och en möjlig förklaring är skillnader i fisketryck. På 90-talet förekom ett kommersiellt nätfiske med betydande fångster. Med minimimåttet 40 cm medförde detta rimligen en markant ökad dödlighet så fort fisken närmade sig denna storlek, vilket kan förklara varför tillväxtkurvan då ”föll av” jämfört med i dagsläget, när tillväxten fortsätter även efter denna storlek. Nu förekommer inget yrkesfiske efter gös i Himmerfjärden. Denna förklaring får stöd av tillväxtdata från Roslagen och Åland, där kommersiellt fiskade bestånd även nu uppvisar en tillväxttakt liknande den i Himmerfjärden under 90-talet (U. Bergström, SLU, opublicerat manuskript). Faktorer som en uppmätt ökad vattentemperatur och minskad inomartskonkurrens kan också ha bidragit till den snabbare tillväxten

Genetik – effekter av utsättningarna

De utsatta gösarna var avkomma från fisk från Hjälmaran, och dessa har en annan genetisk signatur än gösar reproducerade i Himmerfjärden (Andersson 2009). För att undersöka hur stor andel av de fångade gösarna som kom från utsättningarna genomfördes därför genetiska analyser. Under projektets gång har andelen utsatt gös ökat och i fångsterna 2012 utgjorde de omk. 20-25% i både Himmerfjärden och den norr därom liggande Näslandsfjärden (fisk från AstraZenecas miljökontroll). Bland fiskar kortare än 25 cm, vilka huvudsakligen är individer från årsklass 2011, var 30-40% av utsatt ursprung.



¹ Hansson S., Arrhenius F. and Nellbring S. 1997. Diet and growth of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L) in a Baltic Sea area. Fisheries Research 31, 163-167.

Liksom fallet var med data på stabila isotoper, blev de genetiska analyserna färdiga för endast någon vecka sedan, varför ytterligare analyser kommer att göras. Genom att beakta faktisk ålder hos de genetiskt analyserade fiskarna, kommer vi att säkrare kunna avgöra vilket utsättningsår som gav bäst effekt. Det mesta tyder på att det var utsättningen 2011, vilken följdes av en mild vinter 2011-12, som gav den bästa beståndsförstärkningen.

Abborre i Himmerfjärden

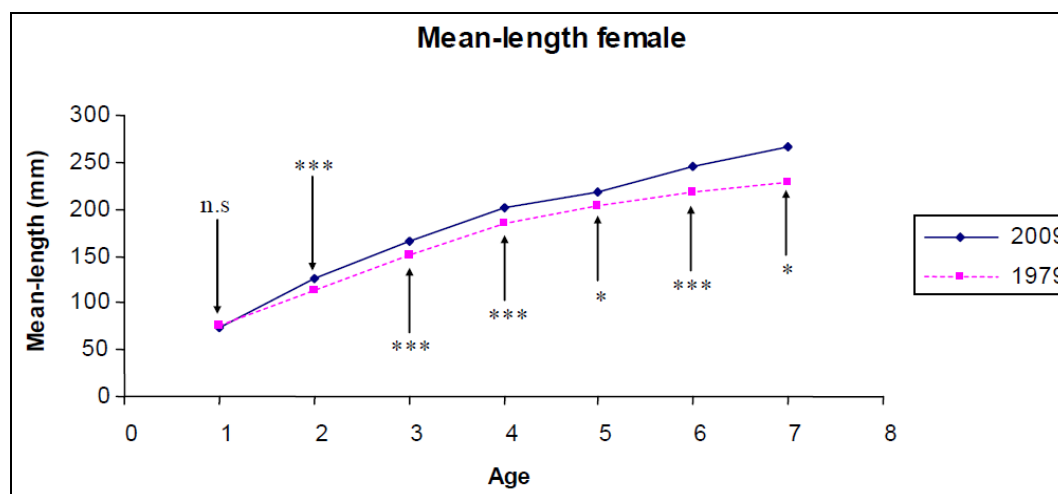
Från sjöar är det känt att bestånden av gös och abborre kan vara negativt korrelerade¹, och både konkurrens och predation är möjliga mekanismer. Eftersom abborren är en av de vanligaste fiskarterna i området och en uppskattad matfisk, är det viktigt att ett bakgrunds-material finns för att kunna bedöma hur arten påverkats av biomanipulationen. Relativ förekomst fås genom nätprovfisket, men en annan viktig aspekt är dess tillväxt. Det är möjligt att tillväxt- eller dietförändringar kan komplettera provfiskefångsternas information om populationsförändringar.

Födoval

Vissa analyser av abborrens födoval har genomförts (Enhus 2010), men mer omfattande studier pågår för närvarande och några resultat kan inte presenteras i denna rapport.

Tillväxt

Abborrens tillväxt i Himmerfjärden undersöktes 1979², men för att få moderna referensdata från perioden innan biomanipulationen samlades fisk från provfisket 2009. Resultatet visade på signifikant snabbare tillväxt i det senare materialet. En möjlig förklaring till detta är den ökade vattentemperaturen



Abborrens utseende

Från insjöar har två morfer av abborre beskrivits, smala pelagiska individer och fiskar från grunda bottnar med en högre kroppsform³. Om predationstrycket från gös på abborre ökar, kan abborrens utseende förändras, så att de får en högre kroppsform. En sådan kroppsform

¹ Svårdson G. and Molin G. 1981. The impact of eutrophication and climate on a warmwater fish community. Rep Inst Freshw Res, Drottningholm 59:142-151.

² Hansson S. and Westin L. 1985. A comparison of the growth of perch, *Perca fluviatilis* L. in a eutrophicated bay and a reference area in the northern Baltic proper. Rep Inst Freshw Res, Drottningholm 62:57-59.

³ Svanback, R. and Eklov, P. 2004. Morphology in perch affects habitat specific feeding efficiency. Functional Ecology 18:503-510.

skulle dels ge ökat predationsskydd och dels vara ett resultat av att abborrarna kan förväntas undvika pelagialen och dess gösar. Amid (2010) gjorde en analys av abborrens morfologi i Himmerfjärden innan biomanipulationen fått någon effekt.

Abborrens rörelser inom fjärden

Om biomanipulationen resulterar i kraftigt ökat predationstryck på abborre kan en minskning i beståndet förväntas, förutsatt att dessa fiskar är så stationära att inte beståndet kontinuerligt ”fylls på” med individer från närliggande fjärdar: För att undersöka hur stationära abborrarna är inom fjärden, gjordes analyser av skillnader mellan stationer i fiskens kondition (längd-vikt relation) och isotopsammansättning. Dessa analyser visade tydliga skillnader mellan stationer, alltså att abborren är förhållandevis stationär (Karlöf 2012). En pågående, och mer djuplodande analys av detta material och data från andra områden styrker denna slutsats.

Djurplankton

För förståelse av en biomanipulations effekter är kunskap om djurplankton, i Östersjön främst hoppkräftor, av central betydelse. Det är dessa som ska öka, för att i sin tur beta ned växtplankton och ge klarare vatten. Kvantitativa prover av djurplankton har därför tagits i samarbete med miljökontrollprogrammet för reningsverket och den nationella miljöövervakningen.

Långtidsförändringar

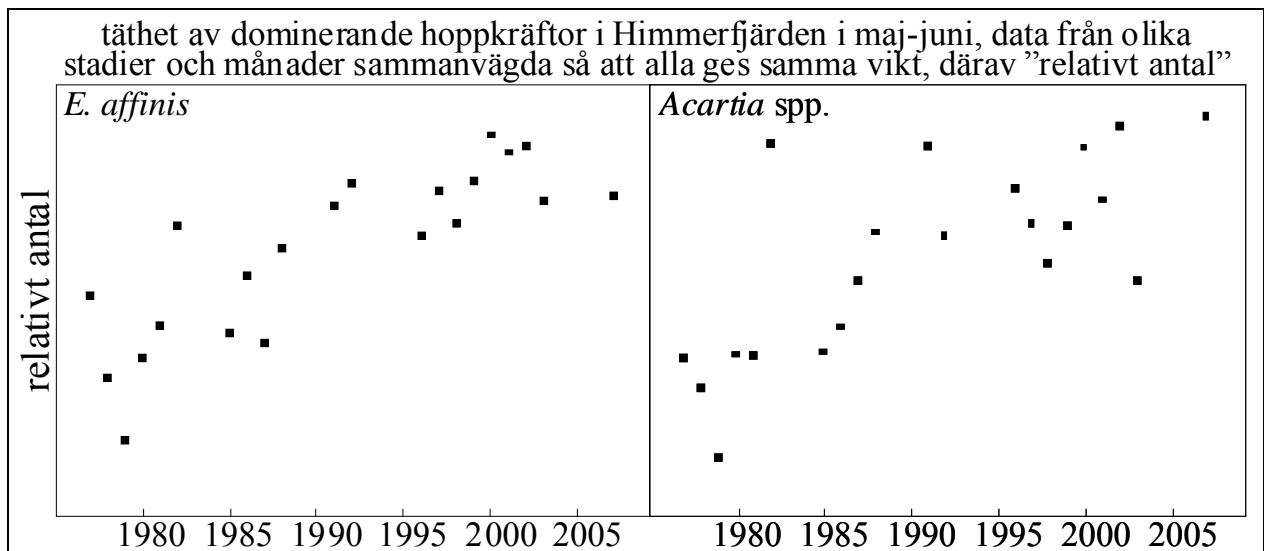
Under projektets gång, men med finansiering från annat håll, har en analys av klimatets betydelse för mellanårsvariationen i Himmerfjärdens djurplankton publicerats¹. Detta ger en värdefull bakgrund vid en framtida utvärdering av biomanipulationens effekter.

Det är inte möjligt att korrelera mängden djurplankton till tätheten av pelagial djurplanktonätande fisk förrän interkalibreringar av olika ekolodsutrustningar genomförts (se *Fisk i pelagialen*). Däremot är det av intressa att undersöka om mängden djurplankton under våren minskat och skulle kunna förklara det minskade gösbeståndet i Himmerfjärden (denna minskning är rimligen ett resultat av försämrade reproduktionsframgång). Det har föreslagits att minskningar i djurplanktonmängderna under fiskens larvperiod (vår-försommar) resulterat i ökad dödlighet och minskade rovfiskbestånd i kustvattnen².

Eftersom larverna av gös finns i maj-juni, har en separat analys av data på djurplankton under dessa månader genomförts. Det finns inget som tyder på att födotillgången för gös yngel minskat, i alla fall inte om de är beroende av pelagiala djurplankton. De i området dominerande arterna, hoppkräftorna *Acartia* spp. och *Eurytemora affinis*, har tvärt om ökat sedan studierna inleddes i mitten av 1970-talet.

¹ Hansson, S., Dippner, J.W., and Larsson, U. 2010. Climate effects on zooplankton dynamics in a coastal Baltic Sea area. *Boreal Environment Research*, 15:370-374.

² Ljunggren, L., Sandström, A., Bergström, U., Mattila, J., Lappalainen, A., Johansson, G., Sundblad, G., Casini, M., Kaljuste, O., and Eriksson, B.K. 2010. Recruitment failure of coastal predatory fish in the Baltic Sea coincident with an offshore ecosystem regime shift. *ICES Journal of Marine Science*, 67:1587-1595.



Kvalitativa svar på fiskpredation

Predation från fisk påverkar inte endast mängden djurplankton utan även dess beteende. Ett sätt att undvika predation är att genomföra vertikala dygnsvandringar. Djurplankton uppehåller sig då i det varma och födorika ytvattnet endast nattetid när mörkret ger skydd från fisken, medan de uppsöker mörker på större djup under dagen. Om biomanipulationen minskar predationstrycket på djurplankton, kan dessa förväntas minska vertikalmigrationen för att bättre utnyttja ytvattnet. Vid sidan av förändringar i mängden djurplankton, kan alltså ändrad vertikalmigration vara en indikation på effekter av biomanipulationen.

Holliland m.fl. (2012a) fann att de dominerande hoppkräftorna i Himmerfjärden uppvisar vertikalmigration, men att denna är olika för olika stadier – generellt vandrar de mer ju större de är. Däremot fanns inget samband mellan mängden fisk och vandringarna, vilket vi tolkar som att även vid de lägsta tätheterna av fisk utgjorde dessa ett tillräckligt hot för att inducera vertikalandringar. Dessa vandringsmönster är därför inte en särskilt känslig indikator för effekter av biomanipulation.

Möjligt problem genom främmande rovdjurplankton

En möjlig komplikation vid en biomanipulation är att ett främmande rovdjurplankton, hinnkräftan *Cercopagis pengoi*, koloniserat Östersjön och kan förekomma rikligt i Himmerfjärden. Det finns en risk att detta plankton ökar om mängden djurplanktonätande fisk minskar, vilket skulle kunna motverka biomanipulationen. Av den anledningen har en dietstudie genomförts, vilken belägger detta potentiella problem eftersom dieten hos *C. pengoi* liknar den hos de djurplanktonätande fiskarna (Holliland m.fl. 2012b).

Publikationer

Ahlbeck, I. 2012. Living in a predation matrix: Studies on fish and their prey in a Baltic Sea coastal area. PhD thesis.

Ahlbeck, I., Hansson, S., and Hjerne, O. 2012. Evaluating fish diet analysis methods by individual-based modelling. *Can. J. Fish. & Aquatic Sci.*, 69:1184-1201.

Ahlbeck, I., and Holliland, P.B. 2012. Rearing environment affects important skills in pikeperch (*Sander lucioperca*). *Boreal Environment Research*, 17:291-304.

Amid, C. 2010. Morphometrical analysis of littoral *Perca fluviatilis* L. in the coastal brackish bay of Himmerfjärden; possible signs of polymorphism within the structural complex system of the littoral zone. Examensarbete, Department of Systems Ecology, Stockholm University, 2:1-13.

Andersson, M. 2009. Pikeperch (*Sander lucioperca* L.) in a Baltic Sea bay: a synopsis of history, commercial fishery, stocking and effects on genetic structure from stocking activities. Stockholms universitet, Systemekologiska institutionen, Examensarbete, 19:1-13.

Enhus C. 2010. The importance of predator length and mouth morphology on prey size composition - a study of pikeperch, perch and ruffe in the Baltic Sea. Examensarbete, Department of Systems Ecology, Stockholm University 5, 1-11.

Holliland, P.B. 2012. Trophic interactions and behaviour: Studies relevant to a Baltic Sea biomanipulation. PhD thesis

Holliland, P.B., Ahlbeck, I., Westlund, E., and Hansson, S. 2012a. Ontogenetic and seasonal changes in diel vertical migration amplitude of the calanoid copepods *Eurytemora affinis* and *Acartia* spp. in a coastal area of the northern Baltic Proper. *Journal of Plankton Research*, 34(4):298-307.

Holliland, P.B., Holmborn, T., and Gorokhova, E. 2012b. Assessing diet of the non-indigenous predatory cladoceran *Cercopagis pengoi* using stable isotopes. *Journal of Plankton Research*, 34(5):376-387.

Johansson, K.-M. 2012. Spatial distribution in the littoral fish community in an enclosed bay in the Baltic Sea. Examensarbete, Dept Systems Ecology, Stockholm University, 7:1-34.

Karlsson, A.-K. 2010. Quantification and horizontal distribution of fish stock in Himmerfjärden - an echo sounder study 1986-2007. Examensarbete, Department of Systems Ecology, Stockholm University, 17:1-9.

Karlöf, O. 2012. Sedentarity in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). Examensarbete, Department of Systems Ecology, Stockholm University, 9:1-17.

Vogel M. 2012 Diet analyses of Baltic Sea Pikeperch- a study in the Himmerfjärden bay. Examensarbete, Department of Systems Ecology, Stockholm University 4:1-11.

Westerlund, E. 2010. Vertical migration in zooplankton, a study of two copepod species. Examensarbete, Department of Systems Ecology, Stockholm University, 16:1-17.

Ekonomisk sammanställning

Kostnadslag	Budget	Utfall	Balans
Lön, baskostnad	4 525 000	4 836 181	-311 181
Lön,tillkostn (adm.)	360 000	427 305	-67 305
Management	570 000	387 741	182 259
Utrustning	200 000	73 424	126 576
Förbrukningsmaterial	2 338 000	2 177 966	160 034
Resor för provtagningar	400 000	260 457	139 543
Spridning av resultat	90 000	106 368	-16 368
Högskolemoms	737 700	54 966	682 734
Totalt:	9 220 700	8 324 408	896 292