

Miljöövervakning i Hanöbukten – finns det ett samband mellan tillståndet för fisken, dess hälsa och belastningen av miljöfarliga ämnen?

Delrapport 2016



Havs- och vattenmyndigheten
Datum: 2016-05-23

Ansvarig utgivare: Ingemar Berglund
Omslagsfoto: Fredrik Ljunghager
ISBN 978-91-87967-26-9

Havs- och vattenmyndigheten
Box 11 930, 404 39 Göteborg
www.havochvatten.se

Miljöövervakning i Hanöbukten – finns det ett samband mellan tillståndet för fisken, dess hälsa och belastningen av miljöfarliga ämnen?

Författare:

Jens Olsson, Anna Lingman och Anna-Li Jonsson vid
Institutionen för akvatiska resurser vid Sveriges
lantbruksuniversitet

Lars Förllin, Niklas Hanson, Åke Larsson och Jari Parkkonen vid
Institutionen för biologi och miljövetenskap vid Göteborgs
universitet

Suzanne Faxneld vid Enheten för miljöforskning och övervakning
på Naturhistoriska Riksmuseet

Fredrik Ljunghager vid Enheten för miljöövervakning på Havs-
och vattenmyndigheten

Förord

Efter utredningar utförda av Länsstyrelsen i Skåne län och senare av Havs- och vattenmyndigheten gav regeringen Havs- och vattenmyndigheten ett nytt uppdrag att närmare undersöka Hanöbukts eventuella miljöproblem. Utredningen som pågår mellan åren 2014 till 2017 fokuserar på att undersöka om det finns ett samband mellan tillståndet för fisken, dess hälsa och belastningen av miljöfarliga ämnen.


Efter samråd med utpekade myndigheter gav Havs- och vattenmyndigheten Göteborgs universitet, Sveriges lantbruksuniversitet och Naturhistoriska riksmuseet i uppdrag att genomföra ett integrerat miljöövervakningsprogram i Hanöbukten. Detta program utgörs av undersökningar avseende förekomst av miljöfarliga ämnen, fiskars hälsa och fiskbeståndens sammansättning.

Resultaten från dessa undersökningar och analyser presenteras var för sig och i en sammanvägd bedömning. Hittills erhållna resultat sammanställs i denna delrapport och ligger också till grund för utformningen av den miljöövervakning som kommer att utföras i Hanöbukten senare under projektets gång.

En slutredovisning av uppdraget kommer göras till Regeringskansliet (Miljö- och energidepartementet) senast den 28 februari 2018.

Tack till alla som bidragit till ökad kunskap.

Göteborg maj 2016



Anna Jöborn
Avdelningschef Kunskapsavdelningen

SAMMANVÄGD BEDÖMNING	7
INLEDNING	8
Bakgrund	8
Syfte	9
Metoder	9
Fiskbestånd.....	9
Fiskhälsa.....	11
Miljögifter	13
RESULTAT OCH DISKUSSION.....	14
Fiskbestånd.....	14
Fiskhälsa.....	31
Miljögifter i skrubbskädda.....	41
Miljögifter i sill	49
KÄLLFÖRTECKNING.....	55

Sammanvägd bedömning

Överlag fanns det inte några övergripande skillnader i de beståndsparametrar som undersökts jämfört med tidigare undersökningar i området. Det fanns heller inga tecken på avvikande fångster utanför Helgeås mynning och endast tecken på syrebrist vid en lokal under den undersökta perioden. Det observerades en något förhöjd sjukdomsfrekvens hos fiskar i Hanöbukten. De bakomliggande orsakerna till den förhöjda sjukdomsfrekvensen i området är inte klarlagd, men pekar på en yttre påverkan på individ-, men inte på bestånds- eller samhällsnivå hos fisken.

Resultaten från undersökningarna av fiskars hälsotillstånd visar på flera mycket tydliga fysiologiska skillnader hos fiskarna mellan Hanöbukten och referensområdet Kvädöfjärden. Tolkningen kompliceras av det faktum att de två jämförda populationerna av skrubbskädda anses ha olika lekstrategier vilket kan ha påverkat främst fysiologiska mätvariabler som ska spegla fortplantningfunktionen. Det är dock viktigt att betona att det är mycket unikt att två populationer av samma fiskart som fångats vid samma tidpunkt på året uppvisar så stora skillnader i fysiologiska hälsovariabler mellan två områden. Det kan därför inte uteslutas att de observerade skillnaderna för flera hälsovariabler är en indikation på att fiskarna i Hanöbukten är exponerade för något eller några toxiska ämnen.

Resultaten från miljögiftsundersökningen visar att det inte är några förhöjda halter av metaller, PCB:er, bromerade flamskyddsmedel och dioxiner i skrubbskäddor från Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden. DDT, kvoten DDT/DDE och PFOS var däremot något högre i Hanöbukten. Resultat från övervakning av sill i Hanöbukten visar också att PFOS och några andra perfluorerade ämnen är förhöjda jämfört med de flesta andra övervakningslokaler i Östersjön.

Sammantaget ger inte fiskundersökningarna under 2015 några belägg för effekter på beståndsnivå. Däremot observerades effekter på fisk i Hanöbukten på individnivå, såsom svagt förhöjd sjukdomsfrekvens hos torsk och skrubbskädda samt tecken på hälsoeffekter hos skrubbskädda. Överlag fanns inga förhöjda halter av miljögifter, men det observerades en förhöjd halt av DDT och PFOS och en högre DDT/DDE kvot hos skrubbskädda i området.

Fortsatta fiskundersökningar under hösten 2016 syftar till att säkerställa att observerade skillnader/effekter är bestående, samt att försöka belysa vilken betydelse de olika populationernas fortplantningsstrategi respektive rådande miljögiftsbelastning i området har för de observerade hälsoeffekterna hos skrubbskädda i Hanöbukten.

Inledning

Bakgrund

Efter iakttagelser från lokala fiskare och allmänheten om att de inre delarna av Hanöbukten tidvis uppvisat problem med lägre förekomst av fisk, sårskador på fisk och dålig vattenkvalitet genomfördes fördjupade analyser, först av Länsstyrelsen i Skåne län 2011 och sedan av Havs- och vattenmyndigheten under 2013. Dessa analyser kunde inte bekräfta de observerade problemen i Hanöbukten eller möjliga orsaker. Ingen enstaka faktor, eller enskild källa kunde pekas ut som bakomliggande orsak. Det bedömdes därför att det fanns ett behov av att vidare undersöka kopplingen mellan fiskhälsa och miljöfarliga ämnen i Hanöbukten, något som tidigare inte har täckts av regional och nationell övervakning.

Regeringen beslutade därför att genom ett regeringsuppdrag vidare utreda Hanöbuktens miljöproblem som fokuserar på att undersöka eventuella samband mellan miljöfarliga ämnen, kända eller ännu inte kända, och fiskhälsa (inklusive sårskador). Havs- och vattenmyndigheten fick i uppdrag att under tre år genomföra ett program för att övervaka miljön i Hanöbukten. Programmet skulle inkludera studier och kartläggning av kustfiskbestånd, miljöfarliga ämnen och fiskhälsa.

Regeringsuppdraget

Havs- och vattenmyndigheten har genom ett regeringsbeslut, 2014-05-28 (M2014/840/Nm, M2014/1350/Nm), fått i uppdrag att övervaka miljön i Hanöbukten under tre år för att undersöka eventuella samband mellan miljöfarliga ämnen och fiskhälsa samt orsakerna till uppkomsten av sårskadad fisk. Programmet bör inkludera studier och kartläggning av kustfiskbestånd, miljöfarliga ämnen och fiskhälsa.

Efter samråd med Naturvårdsverket och Statens veterinärmedicinska anstalt, Göteborgs universitet, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Naturhistoriska riksmuseet (NRM), Kemikalieinspektionen och Länsstyrelserna i Skåne län, Blekinge län gav Havs- och vattenmyndigheten därför i uppdrag till Göteborgs universitet, Sveriges lantbruksuniversitet och Naturhistoriska riksmuseet att genomföra ett integrerat miljöövervakningsprogram i Hanöbukten.

Denna delrapport utgör redovisning av hittills erhållna resultat från miljöövervakningen i Hanöbukten, inom programmet, fram till 2016. En slutrapport med slutsatserna från uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet (Miljödepartementet) senast den 28 februari 2018.

Syfte

Syftet med programmet är att undersöka eventuella samband mellan miljöfarliga ämnen, och fiskhälsa samt orsakerna till uppkomsten av sårskadad fisk. Genom studier och kartläggning av kustfiskbestånd integrerat med undersökningar av fiskhälsa och förekomst av miljöfarliga ämnen bör eventuella effekter på fiskhälsa och fiskbestånd kunna kopplas till graden av belastning av miljöfarliga ämnen i Hanöbukten.

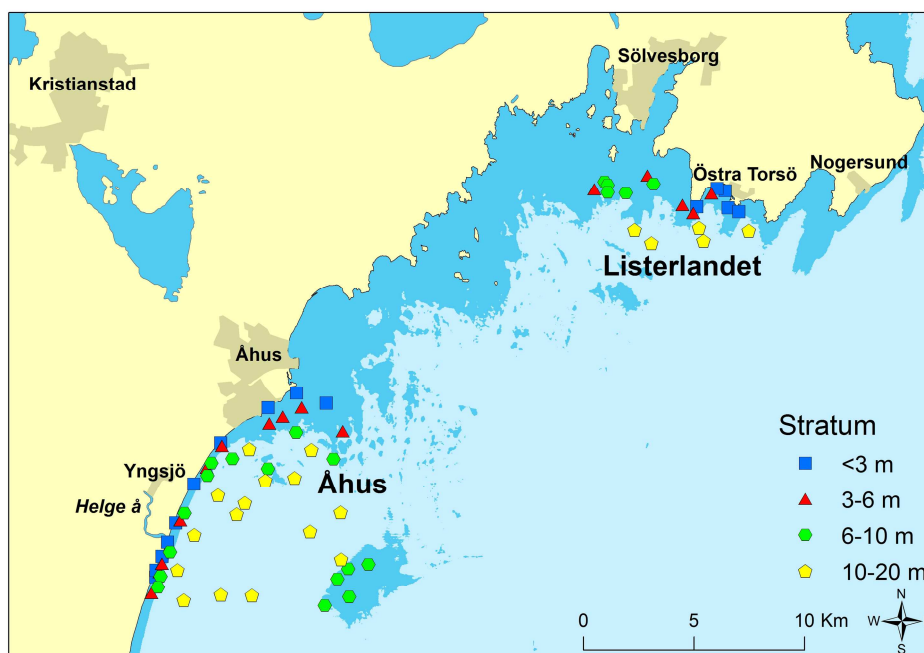
Genom jämförande analyser från övervakning i andra områden syftar undersökningarna också till att eventuellt ge svar på om effekter på fiskhälsa och fiskbestånd kopplade till miljöfarliga ämnen kan vara ett generellt problem för Östersjön snarare än ett lokalt problem i Hanöbukten.

Metoder

Fiskbestånd

Provfiske utfördes i två områden, Listerlandet och Åhus under hösten 2015 (figur karta 1). Provfisket genomfördes enligt undersökningstypen ”Provfiske i Östersjöns kustområden – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät” (Karlsson 2015). I Listerlandet fiskades totalt 20 stationer fördelade på fyra olika djupintervall (figur 1, tabell 1). Det provfiskade området omfattade cirka 25 km². Som grund för val av stationer låg de stationer (ordinarie och reserv) som slumpades ut till provfisket som utfördes av SLU Aqua (Institutionen för akvatiska resurser) i Listerlandet 2012 (Lingman 2012).

I Åhus provfiskades totalt 50 stationer inom de fyra djupintervallen (figur 1, tabell 1) inom ett geografiskt avgränsat område söder om Åhus. Området var cirka 70 km² stort, ansågs representativt för området och innehöll djup från 0–20 meter. Anledningen till att två olika områden provfiskades var att få en uppfattning om huruvida det fanns lokala variationer i tillståndet för kustfisksamhället i området. Att endast 20 stationer fiskades i Listerlandet har sitt ursprung i att ett provfiske inom forskningsprojektet Inspire (<http://www.bonus-inspire.org>) skulle utföras i samma område som komplement. Detta provfiske fick dock ställas in på grund av hårt väder, varför jämförelsematerialet är bristande i Listerlandet och resultaten därför något osäkra.



Figur 1. Karta över provfiskestationer inom olika djupintervall (stratum) vid provfiske med nordiska kustöversiktsnät i Listerlandet och Åhus i oktober–november 2015.

Tabell 1. Översikt för genomförda provfisken i Hanöbukten, fiskade med nordiska nät. De störda ansträngningarna vid provfisken i Åhus 2013 och 2015 orsakades av drivande alger. Vid provfisket i Listerlandet 2012 stördes en ansträngning på grund av att nätet på en station inte återfanns vid vittningstillfället. Inom parentes anges antalet störda stationer.

Fångstområde	År	Fisketid	Antal fiske-nätter	Total ansträngning (ostörd ansträngning)				
				<3 m	3–6 m	6–10 m	10–20 m	Alla djup
Listerlandet SV	2015	Nov	2	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	20 (20)
Åhus SO	2015	Okt–Nov	5	10 (10)	10 (10)	15 (11)	15 (11)	50 (42)
Listerlandet SV	2012	Sept–Okt	4	5 (5)	5 (5)	15 (15)	20 (19)	45 (44)
Åhus SO	2013	Okt	3	6 (6)	8 (8)	8 (3)	8 (8)	30 (25)
Stenshuvud	2014	Okt	1	4 (4)	4 (4)	4 (4)	4 (4)	16 (16)

Vid provfisket användes Nordiska kustöversiktsnät. Näten är 1,8 m djupa och 45 m långa. Varje nät består av 9 stycken 5 m långa sektioner med olika maskstorlekar, fördelade mellan 10 och 60 mm stolplängd (30, 15, 38, 10, 48, 12, 24, 60 och 19 mm stolpe).

Tio stationer fiskades per natt. Varje station fiskades med ett nät. I Åhus utfördes fisket under sammanlagt fem nätter i slutet av oktober till början av november. I Listerlandet utfördes fisket under totalt två nätter i början av november (tabell 1).

Vindriktning, vindstyrka och siktdjup (endast vid läggning) registrerades på en central punkt inom provfiskeområdet vid läggning och vittjning. Temperatur, salthalt och syrgaskoncentration mättes i bottenvattnet vid redskapet på varje station vid läggning av näten. På grund av att mätinstrumentet gick sönder saknas syrgaskoncentration från de stationer som fiskades under de två sista nätterna i Åhus och från samtliga stationer i Listerlandet. Vid läggning av näten filmades även botten på samtliga stationer med en så kallad drop-videokamera (Go Pro modell Hero 3 och Hero 4) för att undersöka botten och förekomst av synliga tecken på syrebrist.

För varje station och maskstorlek registrerades antal individer per cm-längdgrupp för alla förekommande arter av fiskar. Vikt registrerades artvis per maskstorlek. Därtill utfördes individprovtagning av torsk och skrubbskädda (5 individer per cm-klass och djupstratum, max 50 st per djupstratum). Vid provtagningen noterades totallängd (mm), totalvikt (g), somatisk vikt (g), kön och gonadstatus. Småväxta arter och mindre individer av samtliga arter (< 12 cm) anses inte bli fångade representativt i redskapet och ingår därför inte i fångstsammanställningarna i denna rapport.

Samtliga fångade fiskar (oavsett art) genomgick en okulär yttre besiktning efter sjukdomar, missbildningar och skador enligt undersökningstypen ”Provfiske i Östersjöns kustområden – Djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät” (Karlsson 2015).

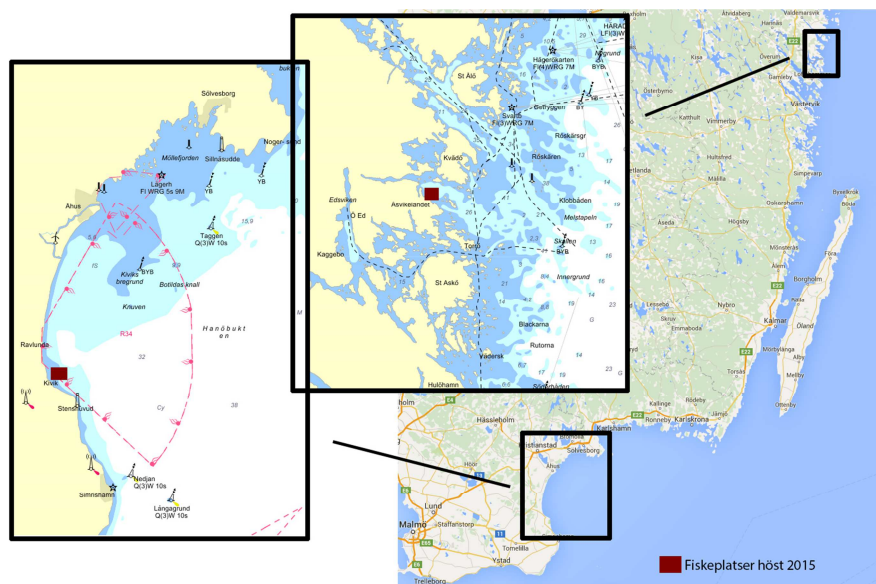
All fångstdata registrerades och kvalitetssäkrades efter fiskets slut i KUL – databasen för kustfiske vid SLU Aqua.

Resultaten som presenteras i denna rapport är baserade på ett antal indikatorer ämnade att beskriva fiskesamhällets struktur och funktion. Därtill har konditionen hos torsk och skrubbskädda analyserats, samt förekomsten av sjukdomar hos samtliga fiskar i fångsten.

Fiskhälsa

Undersökningarna av hälsotillstånd hos fiskar i Hanöbukten gjordes på skrubbskädda som infångades i en lokal i Hanöbukten (Vitemölla) och i Kvädöfjärden som tjänade som referenslokal till provtagningen i Hanöbukten (figur 2). Fisket och provtagningen gjordes i sista veckan i september 2015. Fångst och sumpning av fiskarna sköttes av yrkesfiskare enligt de standardiserade föreskrifter som finns för kustfiskundersökningar. Provtagning, provberedning och analyser gjordes enligt beskrivningar i undersökningstyp ”Hälsotillstånd hos kustfisk – biologiska effekter på subcellulär och cellulär nivå (www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/miljoovervakning/handledning/metoder/undersokningstyper/kust-hav/fiskhalsa.pdf). I korthet gick provtagningen till så att fiskens längd och vikt mättes, dess kön registrerades och en mängd prover togs för mätning av olika biokemiska och fysiologiska parametrar

(biomarkörer). Sammanlagt togs prover från 25 honor och 10 hanar. I tabell 2 framgår vilka parametrar som ingår i undersökningen. I samband med provtagningen säkrades fiskar för analys av miljögifter. Dessa fiskar skickades till Naturhistoriska riksmuseet för vidare provhantering och miljögiftanalyser.



Figur 2: "Karta över fiskeplatser efter skrubbskädda i Hanöbukten och Kvädöfjärden sista veckan i september 2015."

Tabell 2. Effekt- och exponeringsvariabler/indikatorer som ingår i undersökningen av fiskens hälsotillstånd (Undersökningstyp: Hälsotillstånd hos kustfisk – biologiska effekter på subcellulär och cellulär nivå, (www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/miljoovervakning/handledning/metoder/undersokningstyper/kust-hav/fiskhalso.pdf))

Funktion	Mätvariabel/biomarkör
Energilagring, tillväxt, kondition	Total kroppsvikt, somatisk vikt, längd, ålder, somatiskt konditionsfaktor
Fortplantning, hormonstörning	Gonadsomatiskt index (GSI), vitellogenin i blodplasma
Leverfunktion, avgiftning, oxidativ stress	Leversomatiskt index (LSI), EROD-aktivitet, aktiviteterna av glutathionreduktas (GR), glutathion S-transferas (GST) och katalas
Kolhydratmetabolism/stress	Blodglukos
Syretransport, blodbildning	Hematokrit, omogna röda blodceller, hemoglobin
Immunförsvar, vävnadsskador	Vita blodceller: lymfocyter, granulocyter, trombocyter
Saltbalans, cellskador	Klorid, natrium, kalium och kalcium i

	blodplasma
Exponeringsindikator	EROD-aktivitet, GR-aktivitet, GST-aktivitet, och katalasaktivitet

Miljögifter

Samma skrubbskäddor som användes för att undersöka fiskhälsa har provtagits för miljögiftsanalyser.

Fiskarna skickades frysta till Naturhistoriska riksmuseet efter att fiskhälsa hade undersökts. Fiskarna provbereddes, med kompletterande åldersanalys, för analys av olika miljögifter. Könbestämning hade tidigare utförts vid fiskhälsoundersökningen och för miljögiftsanalyserna valdes enbart honor ut.

Två samlingsprov från vardera lokal (det vill säga Hanöbukten och Kvädöfjärden) provbereddes. Till varje samlingsprov (förutom till metallanalyserna) användes 12 fiskar. Då skrubbskäddorna vid fiskhälsoundersökningen hade skurits med metallkniv beslutades att det var säkrare att ta orörda fiskar för metallanalyserna och till dessa samlingsprov fanns enbart 9 honor kvar att tillgå för vardera prov.

Analyserna omfattade:

Metaller - silver, aluminium, arsenik, kadmium, krom, koppar, järn, nickel, bly, selen, tenn och zink, vilket gjordes på leverprov samt kvicksilver som gjordes på muskelprov.

Klorerade pesticider och PCB:er analyserades i muskelprov och analysen inkluderade: HCB, α , β , och γ -HCH, DDE, DDD, DDT, CB-28, -52, -101, -118, -153, -138, och -180.

Bromerade flamskyddsmedel analyserades i muskelprov och analyserna innefattade BDE-28, -47, -99, -100, -153, -154 och HBCDD.

För **dioxiner** utfördes en så kallad fullständig analys vilket inkluderar ett antal dioxiner, furaner och dioxinlika PCB:er. Analyserna gjordes på muskelprov.

Perfluorerade ämnen analyserades på leverprov och analysen inkluderade PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA, PFPeDA, PFBS, PFHxS, PFOS, PFDS och FOSA.

För vidare information hur de kemiska analyserna har utförts se Bignert m.fl. (2016).

Resultaten redovisas i grafer där Hanöbukten och Kvädöfjärden jämförs. Vidare jämförs halterna vid dessa lokaler med resultat för miljögifter i skrubbskädda från andra lokaler som har laddats ner från Ices hemsida (en internationell databas).

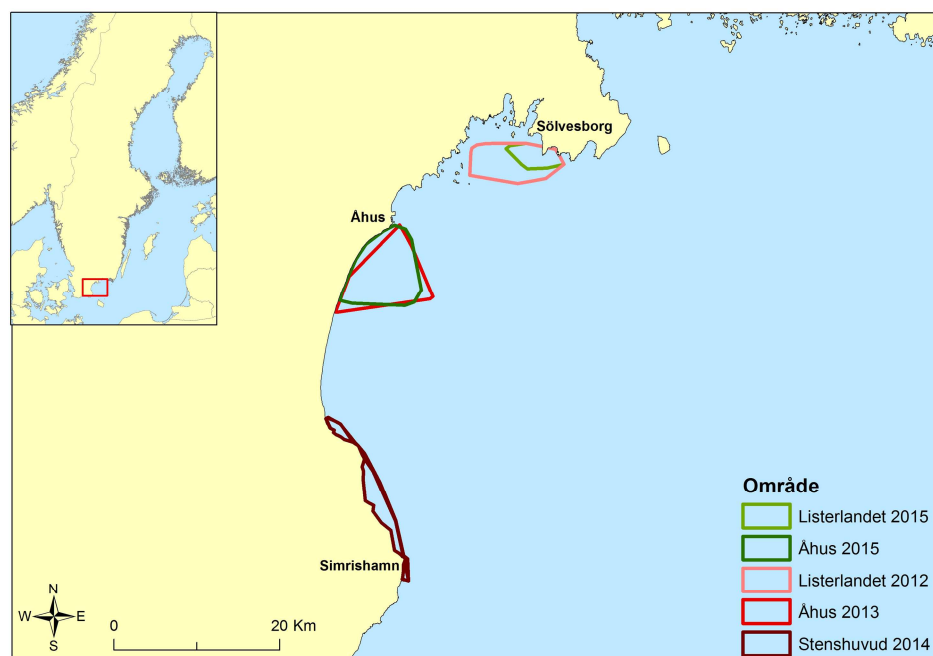
Tidsserier av sill som har samlats in i västra Hanöbukten inom den nationella miljöövervakningen har också inkluderats för att få en bild av hur trender för olika miljögifter har sett ut mellan år 2006–2014.

Resultat och diskussion

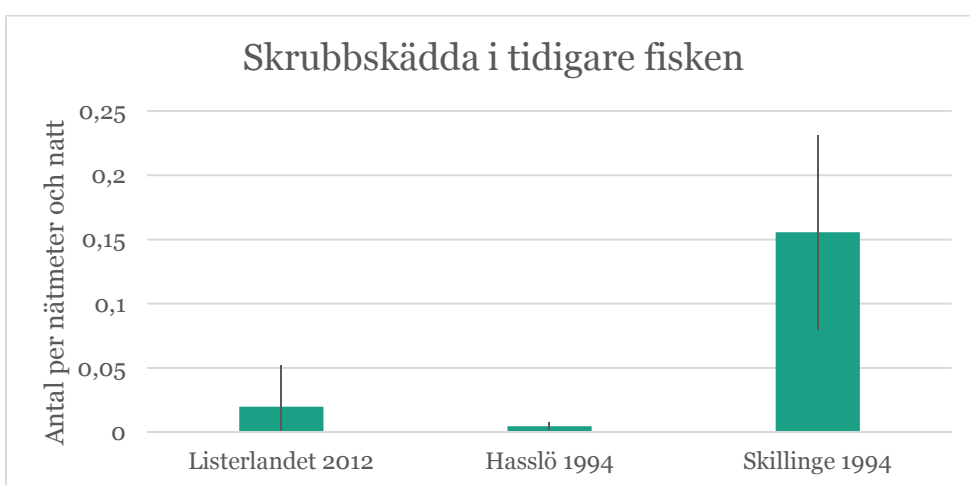
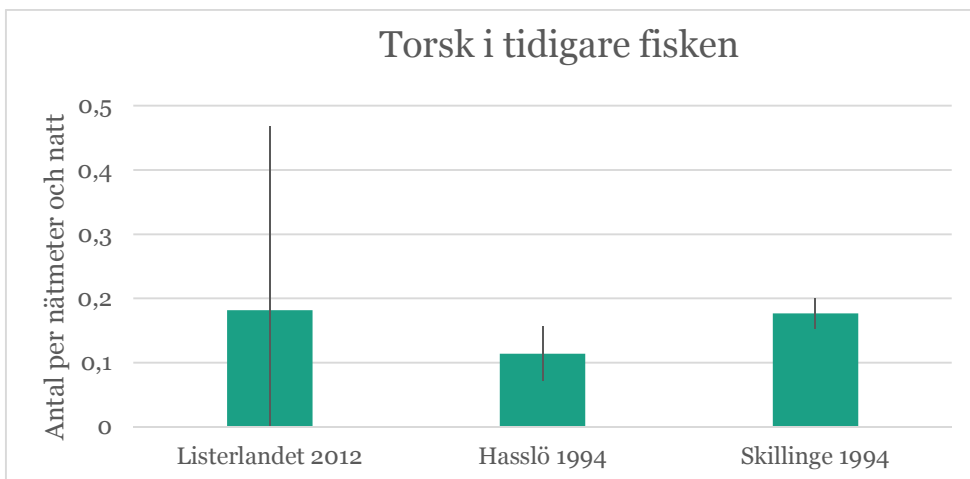
Fiskbestånd

Resultaten från 2015 års provfiske i Hanöbukten har jämförts med tre tidigare utförda provfisken i området; Listerlandet 2012, Åhus 2013 och Stenshuvud 2014 (figur 3). Samtliga fisken är utförda enligt samma undersökningstyp och under ungefär samma tid på året. Antalet fiskade stationer skiljer sig dock åt mellan de olika provfiskena (tabell 1). Data från samtliga fisken finns lagrade i databasen KUL vid SLU.

I redovisningen av provfisket som utfördes i Listerlandet 2012 (Lingman 2012), så gjordes även jämförelser med provfisken som utförts i närområdet under mitten av 1990-talet. Fokus i jämförelsen låg på torsk och skrubbskädda, och undersökningarna i Listerlandet 2012 visade liknande fångstnivåer av torsk, men något lägre fångster av skrubbskädda i jämförelse med ett av områdena (figur 4). Denna information antyder att tillståndet för torsken och skrubbskäddan i området idag inte skiljer sig väsentligt i jämförelse med mitten av 1990-talet.



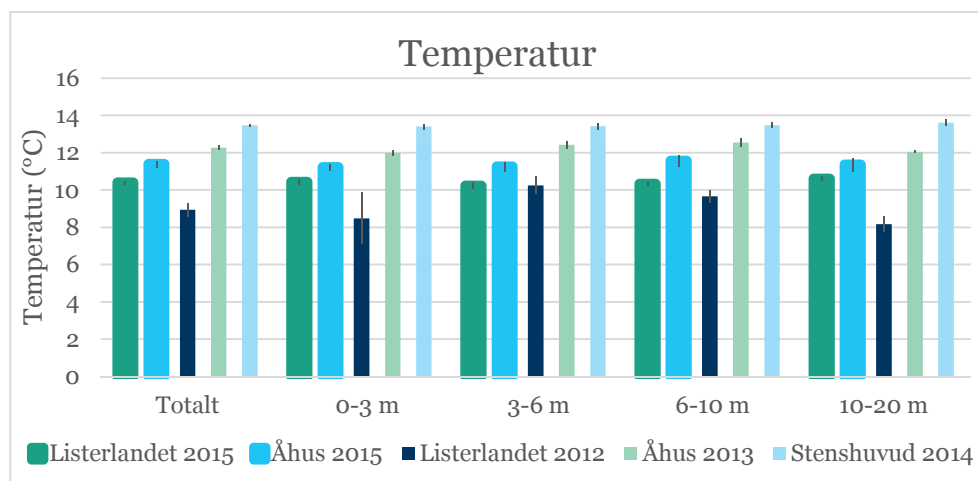
Figur 3. Karta över jämförda provfiskeområden.



Figur 4. Fångster per ansträngning av torsk (ovan) och skrubbskädda (nedan) vid provfiske i Listerlandet 2012 och i de två närliggande områdena Hasslö och Skillinge 1994. Staplarna anger medelfångsten per nätmeter och natt. Vid provfisket i Listerlandet användes nordiska kustöversiktsnät och vid provfiskena i Hasslö och Skillinge användes så kallade nätlänkar (fem sammanlänkade nät med maskstorlekarna 21,5, 30, 38, 50 och 60 mm, länkens totala längd är 135 meter). Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall. (Figureerna hämtade från Lingman 2012.)

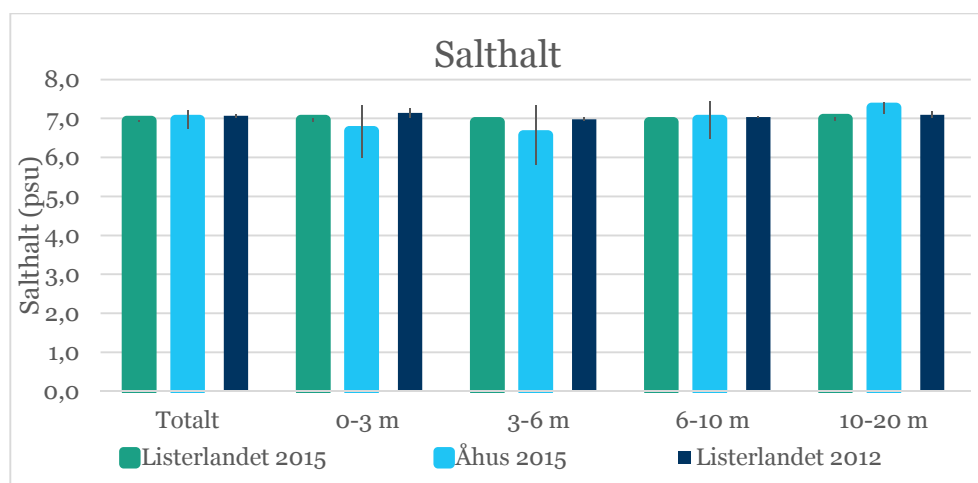
Omgivningsdata

Medeltemperaturen i vattnet under provfisket var 10,4 respektive 11,4 °C i Listerlandet och Åhus. Temperaturskillnaden mellan de olika djupintervallen var liten (figur 5). Vid de tidigare provfiskena i Listerlandet 2012, Åhus 2013 och Stenshuvud 2014 var medeltemperaturen 8,9, 12,3 respektive 13,5 °C.



Figur 5. Temperatur vid fisket i undersökningarna 2015 och i tidigare undersökningar i området per djupintervall och totalt (alla stationer). Staplarna anger medeltemperatur vid botten över alla stationer vid läggning av näten. Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.

Salthalten uppmättes till 6,9 respektive 7,0 psu i Listerlandet och Åhus. Även salthalten uppvisade en liten variation mellan djupintervallen (figur 6). Tidigare salthaltvärden finns endast från provfisket i Listerlandet 2012. I detta fiske var medelsalthalten 7,0 psu.



Figur 6. Salthalt (psu) vid fisket i undersökningarna 2015 och i en tidigare undersökning i området per djupintervall och totalt (alla stationer). Staplarna anger medelsalthalt vid botten över alla stationer vid läggning av näten. Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.

Siktdjupet var 9,3 respektive 8,8 meter i Listerlandet och Åhus. Vid de tidigare fiskena i Listerlandet 2012 och Åhus 2013 mättes siktdjupet till i medel 9,1 respektive 9,6 meter.

Sammantaget ger detta inga större avvikelser i omgivningsdata under 2015 års provfiske jämfört med tidigare års undersökningar i området.

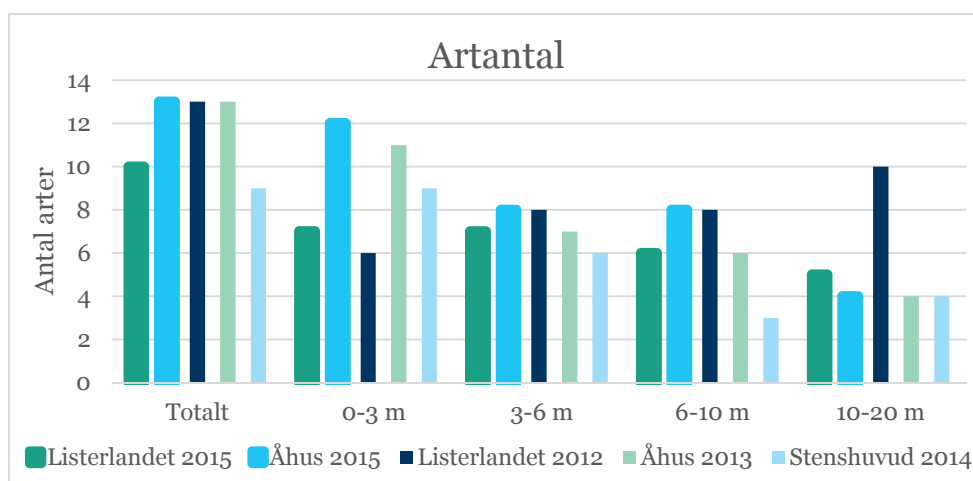
Även om tillförlitliga data på syrgashalt i bottenvattnet inte kunde registreras, fanns det inget som tydde på syrebrist. Denna observation styrks av att det inte fanns några skillnader mellan provfiskade djup med avseende på temperatur och salthalt, d.v.s. en stark omblandning av

vattnet. Av de 50 stationer som filmades i Åhus observerades endast tecken på syrebrist på en station (station 313, djupintervall 6–10 m). Här syntes några relativt små vita mattor vilka troligtvis var uppbyggda av svaveloxiderande bakterier av släktet Beggiatoa. Filmerna från de 20 stationerna i Listerlandet visade inga tecken på syrebrist.

I Åhus låg de flesta stationer på sandbotten eller på botten med stenar som täcktes av rödalger och blåmusslor. Små partier av ålgräs noterades också på några stationer och på många av de djupare stationerna (7 av 15 stationer inom djupintervallet 6–10 m och 12 av 15 stationer inom djupintervallet 10–20 m) täcktes botten delvis av lösdrivande rödalger. I Listerlandet låg hälften av stationerna på sandbotten medan resterande fanns på botten karaktäriserad av rödalgsbevuxna stenar.

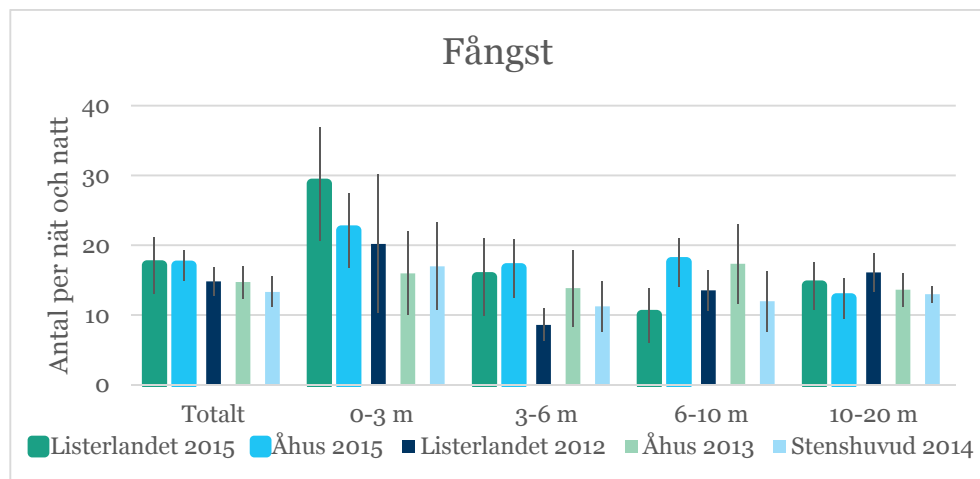
Fisksamhällets artsammansättning och struktur

Totalt fångades 10 respektive 13 arter i Listerlandet och Åhus (figur 7). Artantalen liknade de som observerats vid tidigare undersökningar i området. Antalet arter minskade med ökat djup i Åhus, men i Listerlandet var skillnaden mellan djupintervallen liten. Att färre arter fångades i Listerlandet kan vara ett resultat av att så få stationer fiskades här.

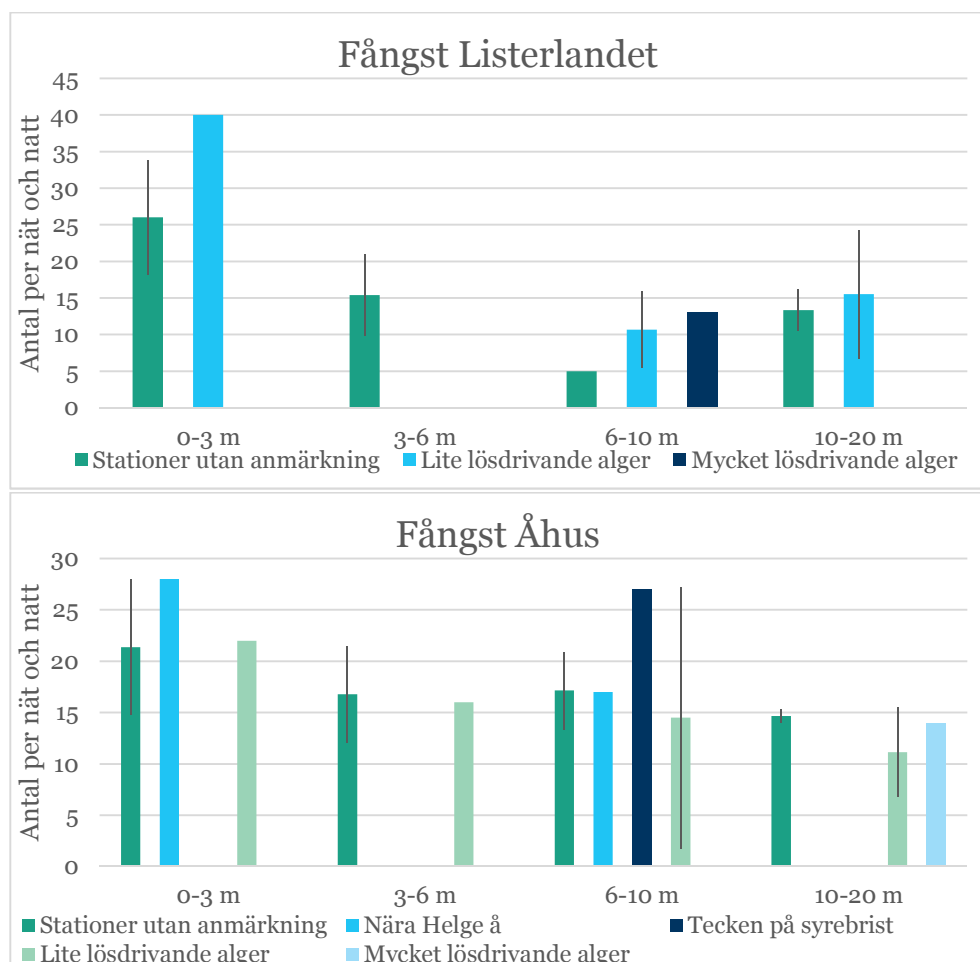


Figur 7. Antalet arter vid fisket i undersökningarna 2015 och i tidigare undersökningar i området per djupintervall och totalt.

I snitt fångades 17 individer per station och natt i både Listerlandet och Åhus, och den största fångsten återfanns på de grunda stationerna (figur 8). Detta ligger i nivå med fångsten vid tidigare provfiske. Fångsten på den station i Åhus där misstänkta tecken på syrebrist observerades vid bottenfilmningen avvek inte från fångsten på övriga stationer inom samma djupintervall (figur 9). Fångsten avvek inte heller på de stationer som låg närmast mynningen till Helge å eller på de stationer där lösdrivande alger förekom på botten (figur 9).

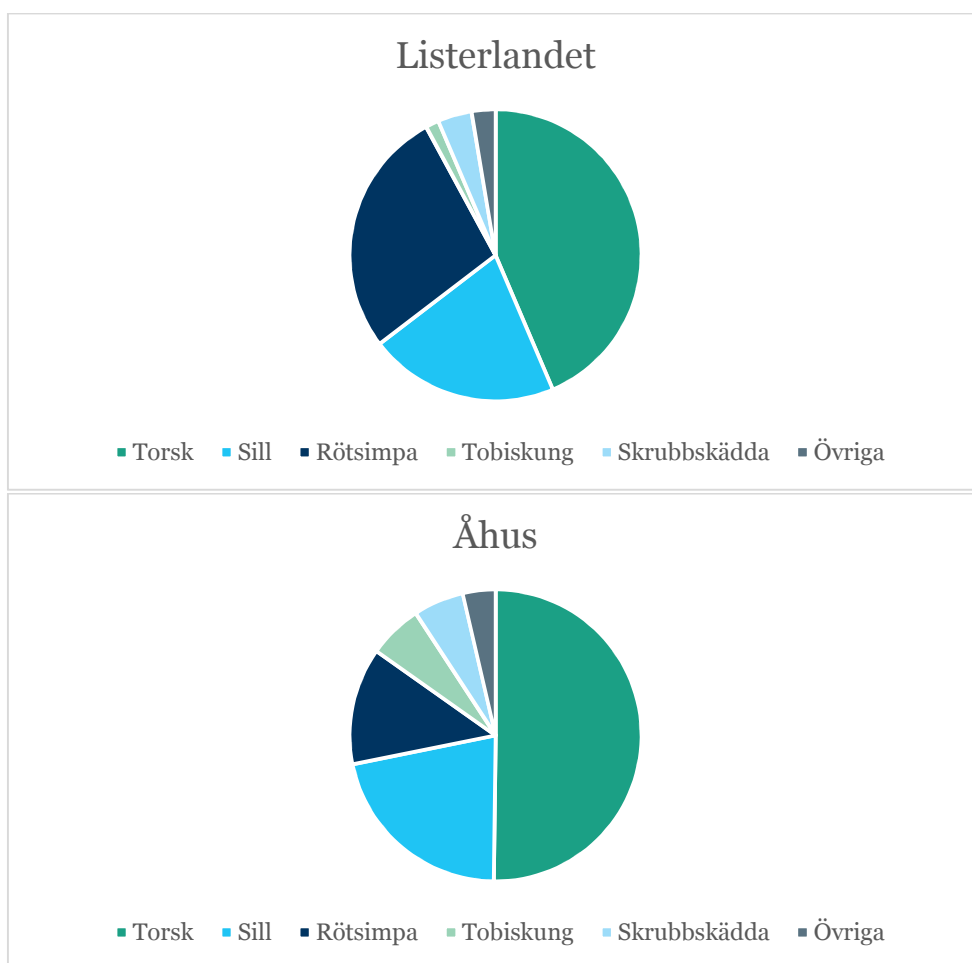


Figur 8. Fångst per ansträngning i undersökningarna 2015 och i tidigare undersökningar i området. Staplarna anger medelfångsten per nät och natt för respektive djupintervall och totalt (alla nät). Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.



Figur 9. Fångst per ansträngning i Listerlandet (övre) och Åhus (undre) 2015. Staplarna anger medelfångsten per nät och natt för stationer utan anmärkning och för stationer med någon typ av anmärkning; närhet till mynningen av Helge å i Åhus, eventuella tecken på syrebrist vid bottenfilmning (en station i Åhus) och lite (1–15 % täckning) respektive mycket (20–40 % täckning) lösdrivande alger på botten. Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.

I båda områdena dominerades den totala fångsten av torsk (figur 10) som utgjorde 44 respektive 50 procent av det totala antalet individer fångsten i Listerlandet och Åhus. Även i tidigare fisken dominerades den totala fångsten av torsk. I Listerlandet följdes torsken av (i fallande ordning) rötsimpa, sill, skrubbskädda och tobiskung. I Åhus följdes torsken av samma arter, men i annan ordning; sill, rötsimpa, tobiskung och skrubbskädda. I båda områdena dominerades de grunda stationerna av sill och i Listerlandet även av rötsimpa. De djupare stationerna dominerades av torsk. Jämfört med tidigare undersökningar i området var fångsterna av sill höga vilket är positivt.

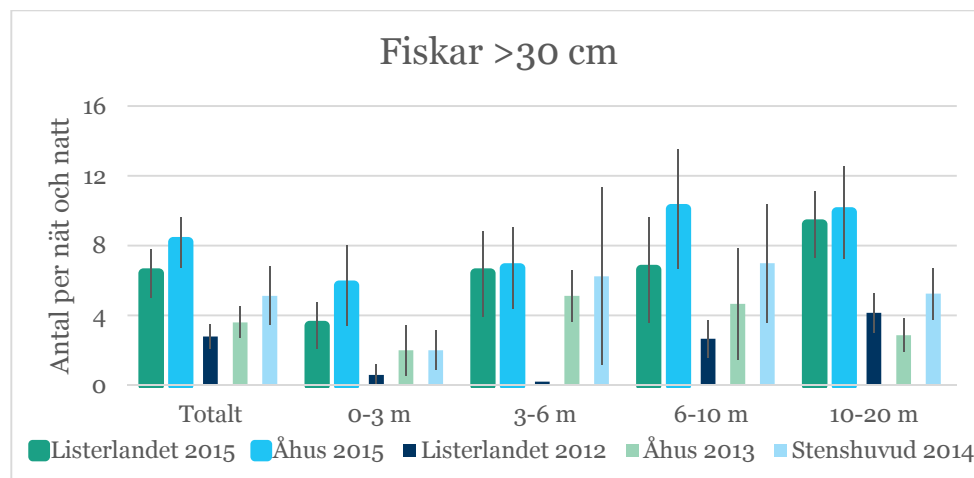


Figur 10. Andel (%) av totalfångsten av de olika arterna som fångades i undersökningarna 2015.

Diversiteten i fisksamhället, mätt som Shannon-Wieners diversitetsindex, var liknande i de båda områdena och skiljde sig inte nämnvärt från tidigare undersökningar i området eller från liknande undersökningar i andra områden (Muskö och Kvädöfjärden).

Förekomsten av stor fisk (> 30 cm) kan ge en bild av förutsättningarna för tillväxt, reproduktion och/eller ett fisketryck. Jämfört med tidigare undersökningar var förekomsten av stor fisk högre i undersökningarna

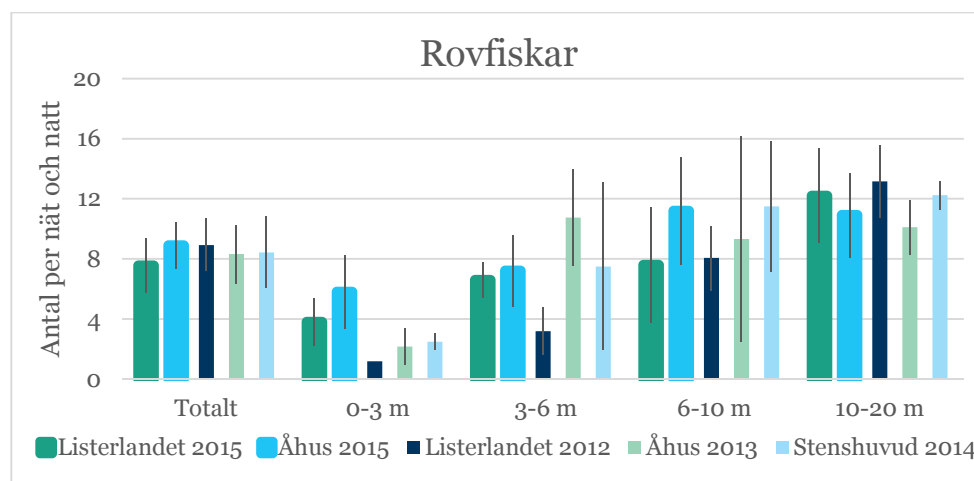
2015, vilket är ett positivt tecken (figur 11). Den stora fisken domineras av torsk.



Figur 11. Fångst per ansträngning av stora fiskar (> 30 cm) i undersökningarna 2015 och i tidigare undersökningar i området. Staplarna anger medelfångsten per nät och natt för respektive djupintervall och totalt (alla nät). Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.

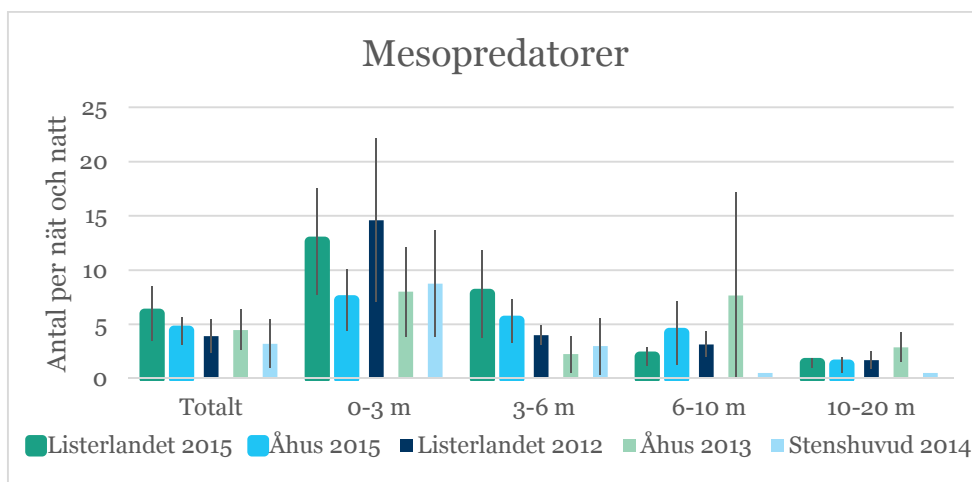
Indikatorerna förekomst av rovfisk och fisksamhällets trofiska nivå ger information av fisksamhällets funktion. Höga förekomster av rovfisk och hög trofisk nivå karaktäriserar välmående fisksamhällen med fungerande trofisk reglering (Eriksson m.fl. 2011; Östman m.fl. 2016).

I undersökningarna i Listerlandet och Åhus 2015 bestod 52 respektive 44 procent av fångsten av rovfisk, nästan uteslutande av torsk. Övriga rovfiskar var abborre och piggvar. Resultaten för de tidigare provfiskena i området skiljer sig inte nämnvärt från de under 2015 förutom att det fångades mer rovfisk, framförallt torsk, på djupintervallet <3 meter 2015 (figur 12). Även den trofiska nivån ligger väl i linje med tidigare provfisken i området, men något högre än liknande provfisken i andra områden (Muskö och Kvädöfjärden).



Figur 12. Fångst per ansträngning av rovfisk i undersökningarna 2015 och i tidigare undersökningar i området. Staplarna anger medelfångsten per nät och natt för respektive djupintervall och totalt (alla nät). Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.

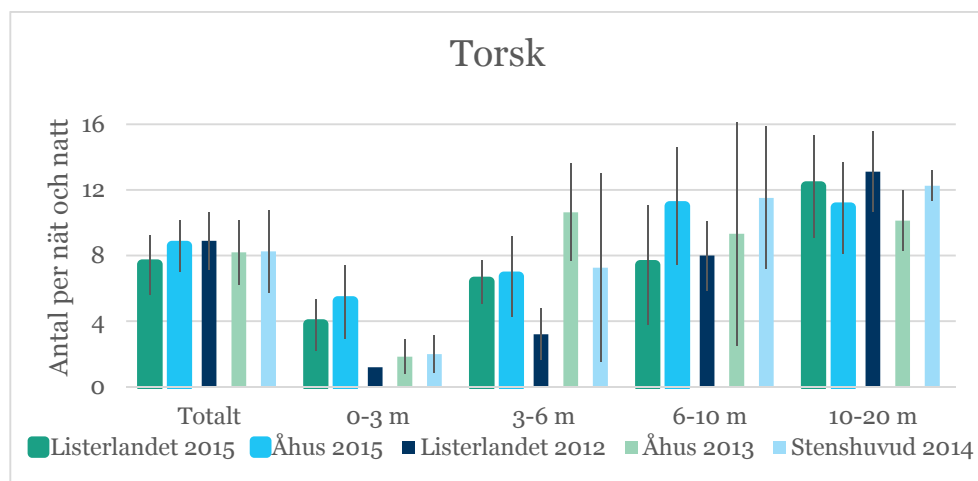
Mesopredatorer utgör de fiskar som återfinns mellan rovfiskar och växtätare i näringskedjan, och förekomsten av mesopredatorer kan indikera balans och fungerande trofisk reglering (Eriksson m.fl. 2011; Östman m.fl. 2016). De arter i undersökningen som räknas till mesopredatorerna är mört, sik, tånglake, skrubbskädda, simpor, braxen och tobisararter. I Listerlandet och Åhus utgjorde mesopredatorer 35 respektive 26 procent av den totala fångsten, med högsta fångster i de grundaste områdena (figur 13). Fångsterna ligger i nivå med eller något högre jämfört med tidigare provfisken.



Figur 13. Fångst per ansträngning av mesopredatorer (mört, sik, tånglake, skrubbskädda, simpor, braxen och tobisararter) i undersökningarna 2015 och i tidigare undersökningar i området. Staplarna anger medelfångsten per nät och natt för respektive djupintervall och totalt (alla nät). Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.

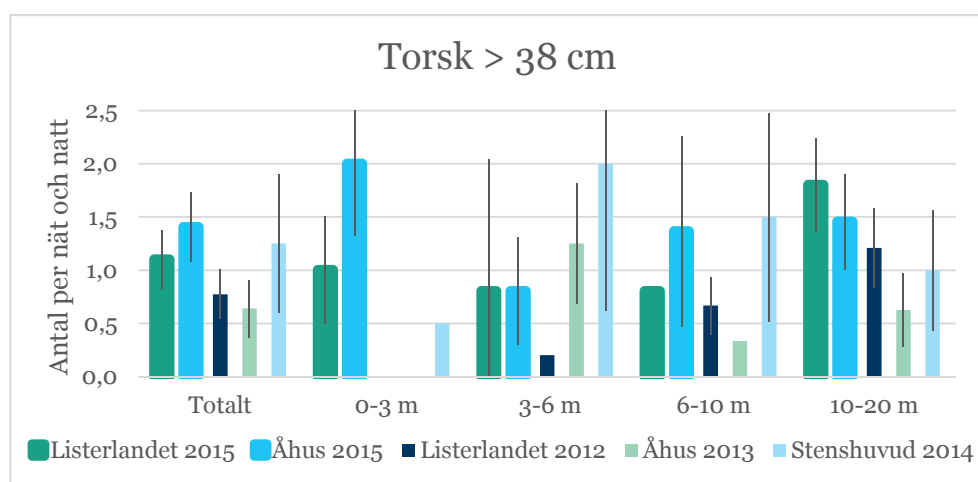
Torsk

Fångsten av den dominerande arten torsk var totalt 7,5 respektive 8,6 individer per nät och natt i Listerlandet och Åhus. Detta ligger i nivå med fångsten i tidigare provfisken, och var högst på djupare stationerna (figur 14). Som tidigare nämnts avvek inte heller fångstnivån av torsk i Listerlandet 2012 från de fisken som utfördes i närområdet 1994 (Lingman 2012).



Figur 14. Fångst per ansträngning av torsk i undersökningarna 2015 och i tidigare undersökningar i området. Staplarna anger medelfångsten per nät och natt för respektive djupintervall och totalt (alla nät). Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.

Torsken som fångades i Listerlandet var mellan 19 och 54 cm långa och medellängden var 34 cm. I Åhus varierade längden mellan 15 och 47 cm med en medellängd på 34 cm. Detta är något större än vad som observerats i tidigare undersökningar i området. Torsk hade tidigare ett minimimått på 38 cm i Östersjön. I Åhus fångades mest torsk över 38 cm på <3 meters djup, medan det i Listerlandet fångades mest stora torskar på 10–20 meters djup. I genomsnitt fångades lite mer än 1 stor torsk per nät och natt i Listerlandet och nästan 1,5 i Åhus, vilket är något högre än i tidigare undersökningar (figur 15).



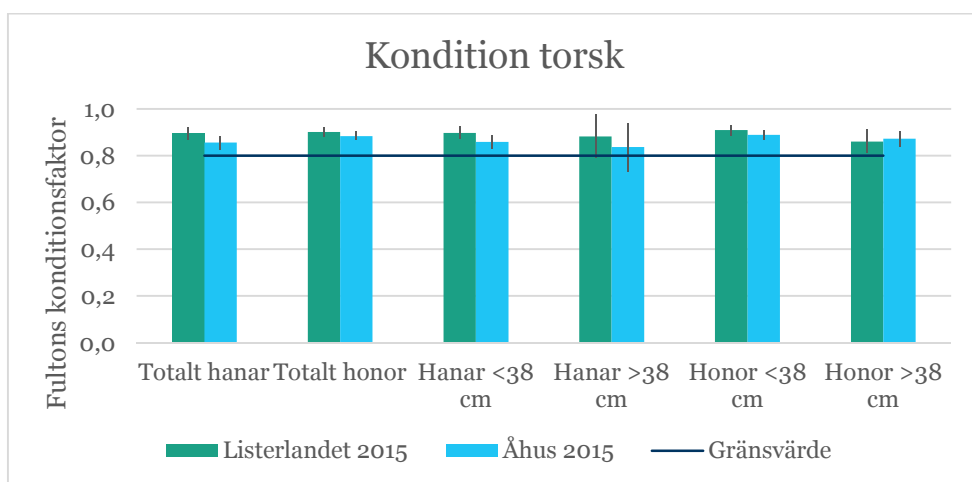
Figur 15. Fångst per ansträngning av stor torsk (> 38 cm) i undersökningarna 2015 och i tidigare undersökningar i området. Staplarna anger medelfångsten per nät och natt för respektive djupintervall och totalt (alla nät). Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.

I Listerlandet och Åhus utfördes individprovtagning av 137 respektive 192 torskar. Könsfördelningen var 62 respektive 66 procent honor i Listerlandet i Åhus. I Listerlandet var medelvärdet för Fultons konditionsfaktor

($100 \cdot \text{totalvikt} / \text{längd}^3$) 0,90 för små hanar (<38 cm) och 0,88 för stora hanar (>38 cm). Motsvarande siffror för honor var 0,91 respektive 0,86.

I Åhus var konditionsfaktor något lägre, i medeltal 0,86 för små hanar och 0,84 för stora hanar. För honor i Åhus var motsvarande siffror 0,89 respektive 0,87 (figur 16). Enligt Marteinsdottir och Begg (2002) räknas en konditionsfaktor (baserat på totalvikt) på 0,8 som lågt och >1,0 som högt. I Listerlandet hade totalt 14 procent av individerna konditionsfaktor under 0,8 och 15 procent hade konditionsfaktor över 1,0. I Åhus hade 19 procent låg kondition och 11 procent hade hög kondition. I Eero m.fl. (2012) hade 15 procent av torsken (40–60 cm) fångad i Ices subdivision 25 (Bornholmsbassängen) konditionsvärden under 0,8.

Vid beräkningar av konditionsfaktor baserade på somatisk vikt var medelvärdena i Listerlandet istället 0,8 för hanar oavsett storlek och 0,81 respektive 0,77 för små och stora honor. Motsvarande siffror i Åhus var 0,76 respektive 0,72 för hanar och 0,78 respektive 0,75 för honor. Dessa siffror kan jämföras med en studie av Vitale m.fl. (2007) där torsk från Kattegatt hade ett genomsnittligt konditionsvärde (beräknat med somatisk vikt) runt 0,90 i november 2002–2006.



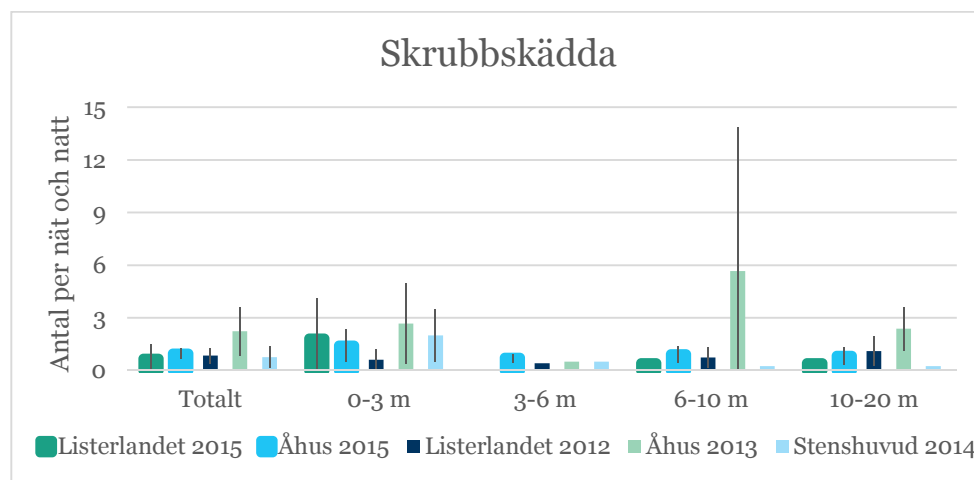
Figur 16. Kondition (Fultons konditionsfaktor baserade på totalvikt) för torsken i undersökningarna 2015. Staplarna anger medelkonditionen för hanar, honor, stora hanar respektive honor (> 38 cm), och mindre hanar respektive honor (< 38 cm). Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall. Den heldragna linjen anger gränsvärdet för god kondition (0,8) enligt Marteinsdottir och Begg (2002).

Skrubbskädda

Den totala fångsten av skrubbskädda (även kallad flundra eller skrubba) var låg, 0,7 respektive 1,0 individ per nät och natt i Listerlandet och Åhus.

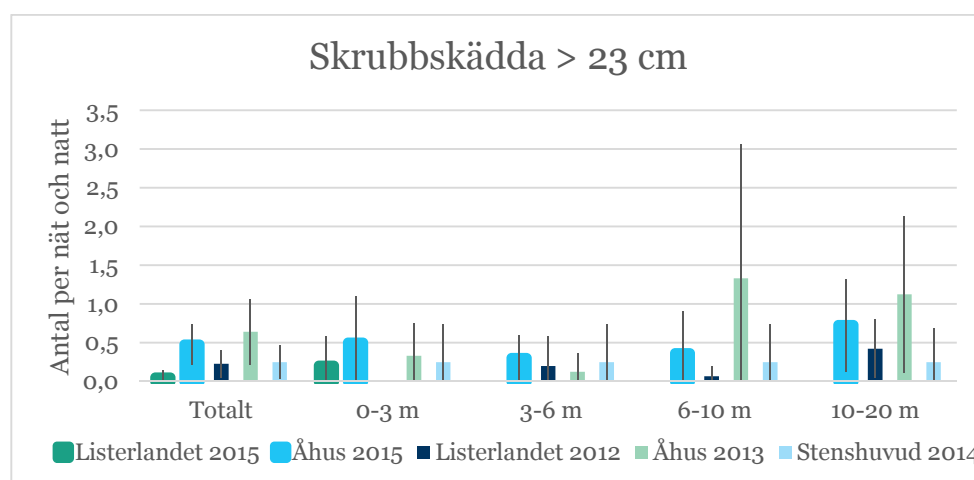
Dessa fångster ligger dock i nivå med tidigare provfischen, förutom fisket i Åhus 2013 där den totala fångsten var 2,2 individer per nät och natt (figur 17). Fångsten var störst på de grundaste stationerna och avtog med djupet, men i Åhus var skillnaden mellan djupen liten. Som tidigare nämnts var fångstnivån av skrubbskädda i Listerlandet 2012 betydligt lägre i jämförelse

med ett av de fisken som utfördes i närområdet 1994 (Lingman 2012). Orsaken till detta är inte klarlagd.



Figur 17. Fångst per ansträngning av skrubbskädda i undersökningarna 2015 och i tidigare undersökningar i området. Staplarna anger medelfångsten per nät och natt för respektive djupintervall och totalt (alla nät). Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.

De skrubbskäddor som fångades i Listerlandet var mellan 12 och 26 cm långa och medellängden var 18 cm. I Åhus varierade längden mellan 12 och 36 cm med en medellängd på 23 cm. Även om antalet fiskar är få och analysen därför osäker är medellängden i Listerlandet likartad med tidigare undersökningar medan den var något högre i Åhus. Minimimåttet för landning av skrubbskädda i södra Östersjön är 23 centimeter. I Listerlandet fångades totalt 15 skrubbskäddor och endast 1 av dessa (fångad på 0–3 meters djup) var längre än 23 cm (figur 18). I Åhus fångades de stora skrubbskäddorna framförallt på de djupaste stationerna och totalt 50 procent var över minimimåttet. Fångsten av stor skrubbskädda var lägre i Listerlandet jämfört med tidigare undersökningar, men relativt hög i Åhus.



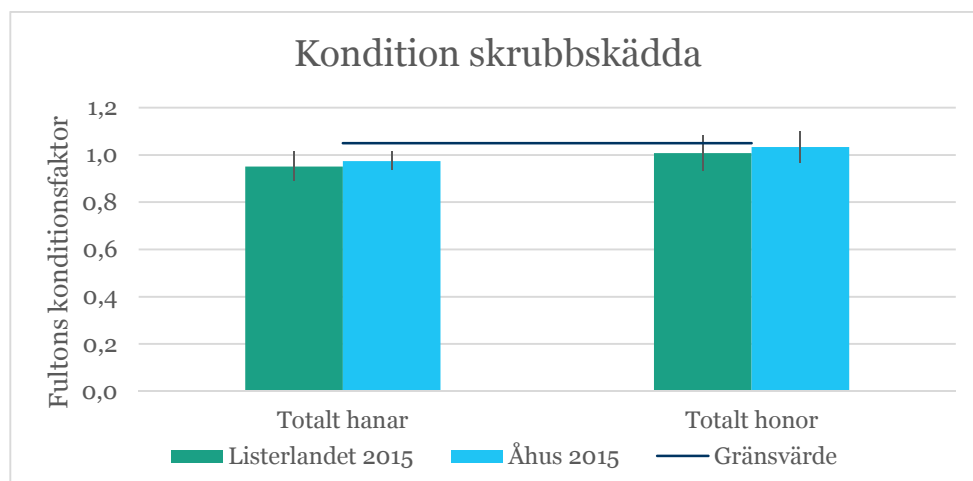
Figur 18. Fångst per ansträngning av stor skrubbskädda (> 23 cm) i undersökningarna 2015 och i tidigare undersökningar i området. Staplarna anger medelfångsten per nät och natt för respektive djupintervall och totalt (alla nät). Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall. Då fångsterna är mycket låga, är osäkerheten i jämförelserna stor.

I Listerlandet och Åhus 2015 utfördes individprovtagning på få skrubb-skäddor, 15 respektive 45 fiskar. Könsfördelningen var 53 procent honor i Listerlandet och 36 procent honor i Åhus. I Listerlandet var Fultons konditionsfaktor ($100 \cdot \text{somatisk vikt med gonader} / \text{längd}^3$) i medeltal 0,95 för hanar och 1,01 för honor. I Åhus var motsvarande siffror 0,97 respektive 1,03 (figur 19). Den konditionsfaktor som uppmättes vid provfiskena i Hanöbukten 2015 ligger relativt lågt jämfört med flera andra provfisker och studier.

Vid provfisker runt Muskö (Stockholms skärgård) och i Kvädöfjärden (södra Östergötland) i oktober 2007–2014 har årliga medelvärden för konditionsfaktor (baserade på somatisk vikt med gonader) legat på 1,09–1,24 respektive 1,02–1,13 för hanar och 1,15–1,26 respektive 1,11–1,21 för honor. Värt att notera här är skrubb-skäddan i Muskö och Kvädöfjärden sannolikt är av den kustlekande typen medan den i Hanöbukten är av den utsjölekande typen (Ices 2010), varför jämförelsen kan vara något missvisande. I en tidigare studie från Bornholmsbassängen uppmättes genomsnittlig konditionsfaktor på 1,17 respektive 1,13 för skrubb-skädda i åldrarna 3–6 år och 7–20 år (båda könen) i oktober 2010 (Nissling m.fl. 2015).

En studie från Gotland visade att konditionsfaktor för hanar och honor låg runt 0,95 respektive 1,00 i oktober–november (Nissling m.fl. 2014). Skrubb-skädda från öster om Gotland har dock visat sig ha lägre kondition än skrubb-skädda från södra Östersjön eftersom konditionen påverkas av lokala förhållanden (Nissling m.fl. 2015). Detta medför att den senare jämförelsen kanske inte är helt relevant. Dessutom baserades konditionsfaktor i studierna från Bornholmsbassängen och Gotland på somatisk vikt utan gonader. Även detta medför att siffrorna inte är direkt jämförbara, men med tanke på att provtagningarna skett utanför lekperioden borde användandet av olika typer av somatisk vikt inte påverka resultatet nämnvärt.

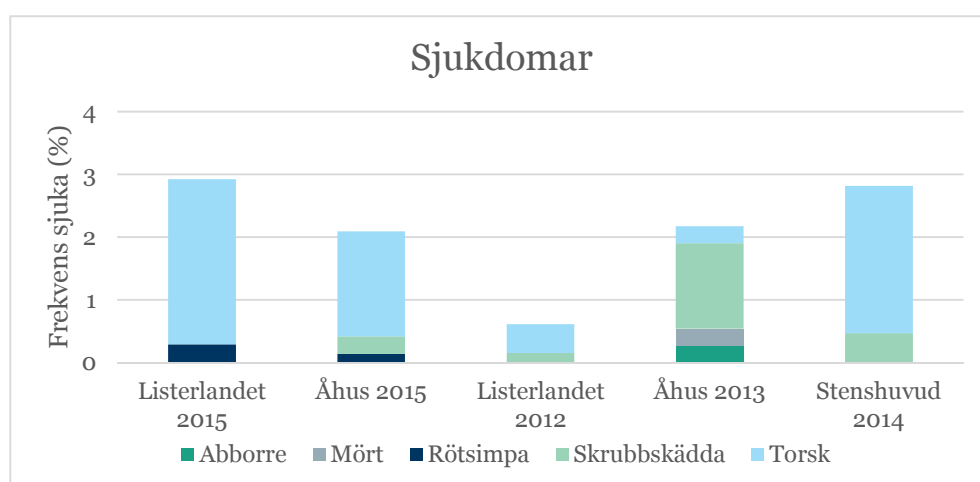
I Nissling m.fl. (2014) gjordes även en undersökning bland yrkesfiskare på Gotland som visade att en skrubb-skädda ska ha ett konditionsvärde på minst 1,05 för att bedömas vara av god kvalitet och därmed ha ett marknadsvärde. Vidare visade studien att hanar från Gotland i genomsnitt aldrig når denna kondition och att honor i genomsnitt endast når den under sensommaren. Vid provfisket i Listerlandet hade totalt 87 procent av individerna konditionsvärden under 1,05. Motsvarande siffra för Åhus var 64 procent.



Figur 19. Kondition (Fultons konditionsfaktor baserade på somatisk vikt) för skrubbskäddan i undersökningarna 2015. Staplarna anger medelkonditionen för hanar och honor. Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall. Den heldragna linjen anger gränsvärdet för god kvalitet (1,05) enligt Nissling m.fl. (2014).

Sjukdomar

I Listerlandet var 2,9 procent av samtliga fångade fiskar skadade eller sjuka. I Åhus var andelen sjuka 2,1 procent. Detta ligger något högre än tidigare undersökningar i området (figur 20). Vid jämförelse med andra kallvattenprovfisken i Egentliga Östersjön utförda av SLU Aqua Kustlaboratoriet (8 provfisken som är fiskade mellan 1 och 27 år, med olika typer av redskap, totalt 78 provfisketillfällen) finner man få fisken med sjukdomsprevalens över 1 procent (fem stycken varav ett värde är från ett annat fiske i Hanöbukten). I materialet återfinns dock ett värde på nio procent sjuka (Muskö, 1992). Sammantaget ger detta att sjukdomsförekomsten i Hanöbukten sannolikt verkar vara något förhöjd i jämförelse med andra områden.



Figur 20. Frekvens (procent) sjuka eller skadade fiskar av totalfångsten uppdelat per art och provfiske i Hanöbukten.

Den vanligaste åkomman var hudsår (tabell 3). Hudsår förekom hos totalt 2,0 procent av fiskarna i Listerlandet 2015 och på 0,7 procent av fiskarna i

Åhus 2015. Övriga symptom i Listerlandet var grumlad ögonlins hos rötsimpa och en torsk med mopsskalle (en deformation av skallen). I Åhus fanns torsk med blödningar, skelettdefekter och tumörer och skrubbskädda med ögonskada (tabell sjukdom). Flest skador och sjukdomar upptäcktes hos torsk i alla områden, alla år, utom i Åhus 2013 där de sjuka fiskarna framförallt representerades av skrubbskädda (figur 20). Eftersom fångsten av skrubbskädda var mindre än fångsten av torsk var dock antalet sjuka fiskar relaterad till fångsten av respektive art högst hos skrubbskädda i alla fisken förutom Listerlandet 2015 och Åhus 2013 (tabell sjukdom).

I Listerlandet 2015 fångades inga skrubbskäddor med sjukdomssymptom och frekvensen var istället högst hos torsk (tabell 3). Detta fiske var också det fiske där torsken hade högst sjukdomsfrekvens. I Åhus 2013 hade abborre och mört väldigt höga sjukdomsfrekvenser. Dessa frekvenser ska iaktas med försiktighet eftersom de är baserade på endast ett fåtal individer (två fångade abborrar varav en var sjuk och fem fångade mörtar varav en var sjuk).

Jämfört med undersökningar som utfördes under 2015 av Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA) på fisk i Hanöbukten insamlad från yrkesfisket, ligger resultaten från provfisket 2015 betydligt högre (torsk i SVA:s analys 2,8 % och skrubbskädda 0,6 %; Statens Veterinärmedicinska Anstalt 2016; torsk i provfisket 3,3-6,0 % , Tabell 3).

Sammantaget ger detta att sjukdomsförekomsten i Hanöbukten sannolikt verkar vara något förhöjd i jämförelse med andra områden. För både torsk och skrubbskädda fanns en relativt hög andel sjuka fiskar under 2015 i Listerlandet och Åhus jämfört med tidigare studier.

Tabell 3. Andel (procent) sjuka fiskar uppdelat på sjukdom, art och provfiske. Antal sjuka fiskar per art är satt i relation till fångsten av respektive art. Observera att underlaget för vissa arter är litet och att detta kan ge höga sjukfrekvenser baserat på ett fåtal sjuka fiskar.

	Abborre	Mört	Rötsimpa	Skrubbskåda	Torsk	Totalsumma
Listerlandet 2015						
Totalt			1,1		6,0	2,9
Hudsår					4,7	2,0
Mopsskalle					0,7	0,3
Ögonlins grumlad			1,1		0,7	0,6
Åhus 2015						
Totalt			1,1	5,0	3,3	2,1
Blödningar					0,6	0,3
Hudsår				2,5	1,1	0,7
Skelettdefekt					0,8	0,4
Tumör					0,8	0,4
Ögonlins grumlad			1,1			0,1
Ögonskada				2,5		0,1
Listerlandet 2012						
Totalt				2,7	0,8	0,6
Hudsår				2,7	0,8	0,6
Åhus 2013						
Totalt	50,0	20,0		8,9	0,5	2,2
Hudsår		20,0		5,4	0,5	1,4
Lymfocystis				3,6		0,5
Mopsskalle	50,0					0,3
Stenshuvud 2014						
Totalt				8,3	3,8	2,8
Blödningar					0,8	0,5
Hudsår				8,3	2,3	1,9
Mopsskalle					0,8	0,5

Förutom de ovan noterade skadorna och sjukdomarna, registrerades även fisk som hade bitmärken orsakade av andra djur så som rovfisk, fågel eller säl. Två fiskar vardera i Listerlandet och Åhus 2015 hade sådana skador. I övriga fisken är det osäkert om denna kontroll gjorts. Vilket djur som orsakat bitskadorna är inte konstaterat. De ”frätskador” som tidigare rapporterats av yrkesfiskare och allmänhet påträffades inte.



Torsk med så kallad mopsskalle. Foto: Anna Lingman



Skrubbskädda med sår och torsk med deformerad underkäke. Foto Anna Lingman

Sammanfattning fiskbestånd

Överlag fanns det inte några övergripande skillnader mellan de två provfiskade områdena i Hanöbukten 2015, trots att antalet fiskade stationer skiljde sig åt markant (50 i Åhus och 20 i Listerlandet). Skillnader mellan områden var att fler arter fångades i Åhus, liksom lite högre fångster av både torsk och skrubbskädda. Även större fisk (både torsk och skrubbskädda) fångades i Åhus jämfört med i Listerlandet. Både konditionen hos den fångade torsken och förekomsten av sjukdomar var också något lägre i Åhus.

Jämfört med tidigare provfisken i området visade resultaten från undersökningarna 2015 en något högre totalfångst av fisk och högre fångst av stor fisk, något som kan ses som positiva resultat. Möjligen är fångsterna av skrubbskädda lägre idag än de var under mitten av 1990-talet. Övriga undersökta aspekter av fisksamhället och i omgivningsparametrar uppvisade inga tydliga avvikelser från tidigare undersökningar i området eller från motsvarande och tillgängliga provfisken från andra områden. Vi hittade endast tecken på syrebrist på en station, men fångsterna på denna avvek inte från fångsterna på övriga stationer. Inte heller stationerna som låg nära Helge ås mynning uppvisade några avvikelser i de analyserade parametrarna.

Konditionen hos individer av framförallt skrubbskädda var relativt låg jämfört med andra områden som studerats tidigare. Detta har även tidigare observerats i Hanöbukten. Vad detta beror på är oklart men indikerar tydligt en brist på föda eller låg kvalitet i födan för fisken i området. Även sjukdomsfrekvensen hos fisken i Hanöbukten tycks vara något förhöjd i jämförelse med andra områden, och frekvensen sjuka torskar och skrubbskäddor i provfiskena ligger på betydligt högre nivåer än de som SVA rapporterat under 2015 för fisk insamlade från yrkesfisket. De typiska frätskador som observerats hos fisk i området kunde vi dock inte hitta hos den fångade fisken. De skador som dominerade var istället hudsår hos främst torsk men även hos skrubbskädda. De bakomliggande orsakerna till den förhöjda sjukdomsfrekvensen i området är inte klarlagd, men pekar på en yttre påverkan på individ-, men inte på bestånds- eller samhällsnivå hos fisken.

Viktigt är att i framtiden följa upp undersökningarna för att studera hur stabila observationerna är över tid, samt att inhämta ett större referensmaterial att jämföra med.

Fiskhälsa

Okulär besiktning och morfometriska mått (kropps- och organindex)

Den okulära besiktningen visade inga synbara yttre skador på skrubbskäddor från någon av fångstlokalerna. Inte heller sågs några tecken på stress eller onormalt beteende hos de två grupperna av sumpad fisk eller i samband med provtagningen. Både skrubbskäddorna från Hanöbukten och från referensområdet i Kvädöfjärden bedömdes alltså vid denna besiktning vara i lika god kondition.

Fiskens vikt, längd och olika organs vikter noterades för att beräkna morfometriska kropps- och organindex (tabell 4 och 5). De provtagna skrubbskäddorna var något större i Hanöbukten, men visade ingen skillnad i konditionsfaktor.

Tabell 4. Kroppsvikt, kroppslängd, konditionsfaktor, samt gonad- och leverstorlek uttryckt i procent av kroppsvikt för hon-skrubbskädda

	Vikt (gram)	Längd (cm)	Kondition (1)	GSI (%)	LSI (%)
Kvädöfjärden	238 ± 15	28,0 ± 0,6	1,06 ± 0,03	6,58 ± 0,46	2,08 ± 0,10
Hanöbukten(2)	294 ± 9 **	29,7 ± 0,4 *	1,12 ± 0,21	3,08 ± 0,28 **	2,39 ± 0,10 *

(1) g/cm³; (2)Vitemölla; * p < 0,05; ** p < 0,01

Tabell 5. Kroppsvikt, kroppslängd, konditionsfaktor, samt gonad- och leverstorlek uttryckt i procent av kroppsvikt för han-skrubbskädda

	Vikt (gram)	Längd (cm)	Kondition (1)	GSI (%)	LSI (%)
Kvädöfjärden	221 ± 13	28,0 ± 0,5	1,00 ± 0,03	4,36 ± 0,75	1,79 ± 0,09
Hanöbukten(2)	246 ± 9	28,9 ± 0,6	1,02 ± 0,26	0,55 ± 0,36 **	2,27 ± 0,16 **

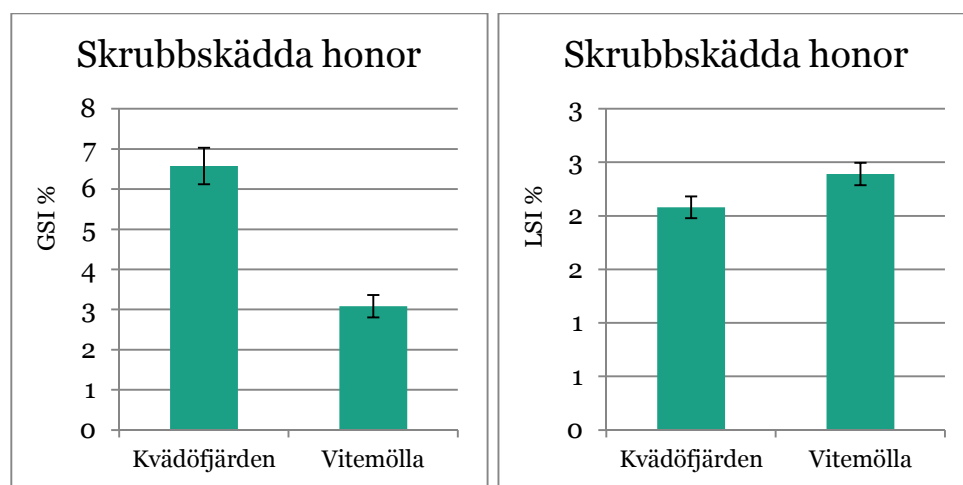
(1) g/cm³; (2)Vitemölla; ** p < 0,01

Resultaten (tabell 4 och 5, samt figur 21 och 22) visar att gonadstorleken (gonadosomatiskt index, GSI), var betydligt mindre hos båda könen (med 53 % hos honor och 87 % hos hanar) hos skrubbskäddor från Hanöbukten. Det kan finnas flera förklaringar till dessa påtagliga skillnader. Den ena förklaringen rör skillnader i gonad- och äggutveckling hos utsjölekande och kustlekande skrubbskäddor. I Hanöbukten anses den utsjölekande skrubbskäddan vara dominerande, medan den kustlekande skrubbskäddan dominerar i Kvädöfjärden (Ices 2010). Den kustlekande producerar fler ägg och skulle därför kunna ha större äggmassa och större relativ gonadvikt än

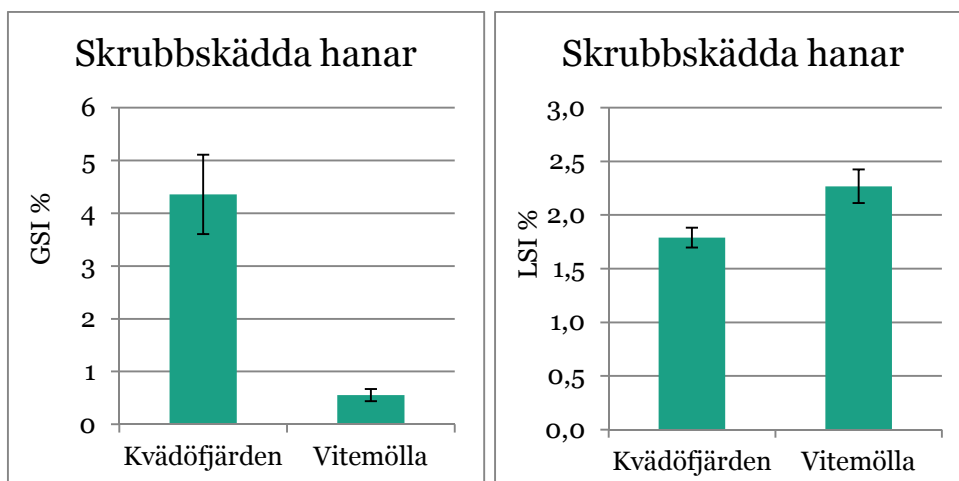
den utsjölekande skrubbskäddan (Nissling och Dahlman 2010). Den mindre gonadstorleken hos fisken i Hanöbukten skulle därmed helt eller delvis kunna förklaras av att det är den utsjölekande skrubbskäddan som har undersökts i Hanöbukten och den kustlekande i Kvädöfjärden.

En annan möjlig förklaring till de mindre gonaderna är att skrubbskäddan i Hanöbukten har försenad och/eller hämmad gonadutveckling jämfört med Kvädöfjärden. Detta är i så fall en allvarlig effekt. Orsaken kan vara en påverkan av något eller några miljöfarliga ämnen. En hämmad gonadutveckling är en välkänd respons hos fiskar som exponerats kroniskt för organiska miljögifter i laboratorieexperiment och hos fiskar i komplext förorenade recipienter (ex. utanför skogsindustrier och i Viskan).

Det är mycket viktigt i kommande undersökningar att bringa klarhet i om skillnaderna i gonadstorlek kan tillskrivas olikheter hos populationer av skrubbskädda med olika lekstrategier eller om påverkan av miljöstörande ämnen kan spela en avgörande roll eller om det beror på en kombination av de båda förklaringarna. Även den observerade leverförstoringen hos skrubbskädda i Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden (med 13 % hos honor och 27 % hos hanar) kan vara ett tecken på en allvarlig påverkan av miljöfarliga ämnen (tabell 4 och 5 samt figur 21 och 22). Exponering för organiska miljögifter kan orsaka en förstörd lever som ofta indikerar hög metabolisk aktivitet och ett inducerat avgiftningssystem.



Figur 21. Gonadstorlek respektive leverstorlek uttryckt i procent av kroppsvikt är signifikant skilda åt hos hon-skrubbskädda fångad i Hanöbukten (Vitemölla) jämfört med Kvädöfjärden.



Figur 22. Gonadstorlek respektive leverstorlek uttryckt i procent av kroppsvikt är signifikant skilda åt hos han-skrubbskädda fångad i Hanöbukten (Vitemölla) jämfört med Kvädöfjärden.

Hematokrit och hemoglobin i blodet

I blodet undersöktes om fisken uppvisar blodbrist eller någon annan form av effekt på syreupptagningsförmågan genom att mäta blodets volym av röda blodceller (hematokrit) och blodets innehåll av hemoglobin. Inga skillnader kunde konstateras (tabell 7). Inte heller antalet omogna röda blodceller (tabell 8) indikerar någon påverkan på blodets syreupptagningsförmåga hos skrubbskäddor i Hanöbukten.

Glukos i blodet

Halten glukos i blodet analyserades för att få en uppfattning om kolhydratmetabolismen kan vara påverkad. Resultaten tyder inte på någon påverkan på blodglukoshalterna hos fisken från Hanöbukten (tabell 7).

Tabell 7. Hematokrit, hemoglobin och glukos i blodet hos hon-skrubba

	Hematokrit %	Hemoglobin g/l	Glukos (mmol/l)
Kvädöfjärden	19,6 ± 0,7	56,4 ± 2,3	2,26 ± 0,11
Hanöbukten(1)	20,4 ± 0,6	59,4 ± 1,9	3,01 ± 0,10

(1)Vitemölla

Vita blodceller

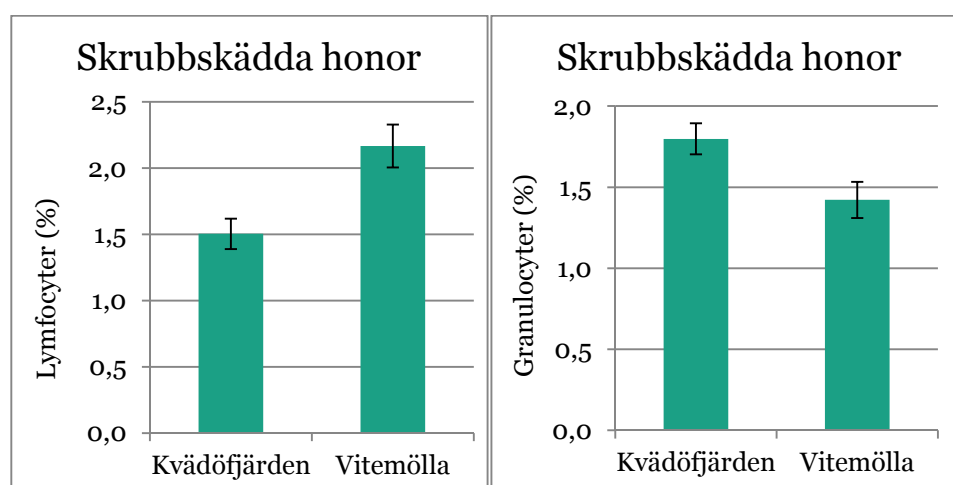
Vita blodcellsbilden undersöks för att ta reda på om immunförsvaret är påverkat. Mätningarna av vita blodceller visade att andelen lymfocyter var signifikant högre hos skrubbor från Hanöbukten än från Kvädöfjärden, medan andelen granulocyter var signifikant lägre i Hanöbuktens fiskar (tabell 8 och figur 23). Andelen trombocyter visade ingen signifikant skillnad mellan fångstlokalerna. Avvikelserna i andelen lymfocyter och granulocyter hos fiskarna i Hanöbukten kan inte tolkas som en vanlig stress-respons utan indikerar sannolikt en påverkan på immunförsvaret

som kan vara i linje med tidigare observationer av vävnadsskador och andra sjukdomssymptom på fisk i området.

Tabell 8: Andelen vita blodceller och omogna röda blodceller (i procent av totala antalet blodceller) hos hon-skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden.

	Lymfocyter%	Granulocyter%	Trombocyter%	WBC%	iRBC%
Kvädöfjärden	1,50 ± 0,12	1,79 ± 0,10	1,37 ± 0,08	4,67 ± 0,18	0,62 ± 0,05
Hanöbukten(1)	2,17 ± 0,16 **	1,42 ± 0,11 **	1,54 ± 0,12	5,13 ± 0,29	0,62 ± 0,04

(1)Vitemölla; ** p < 0,01

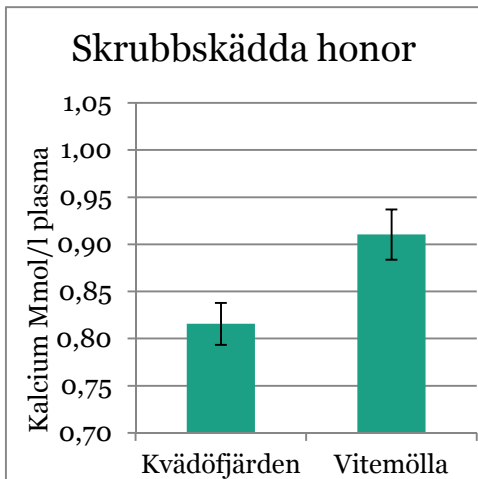
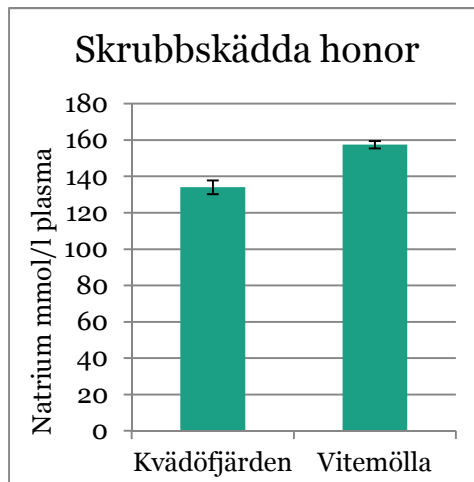
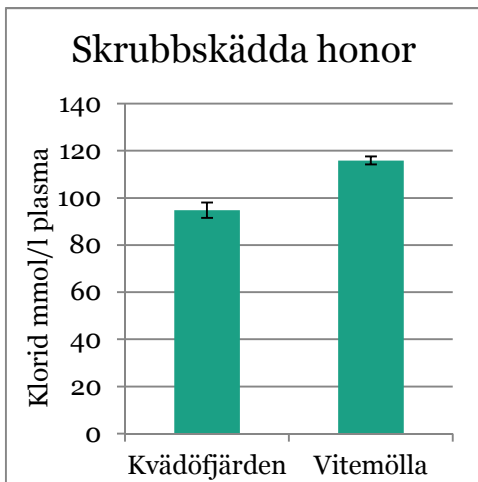


Figur 23. Andelen lymfocyter (vänstra bilden) och granulocyter i blodet (uttryckta i procent av totala mängden blodceller) är signifikant skilda åt hos honskrubba fångad i Hanöbukten (Vitemölla) jämfört med Kvädöfjärden.

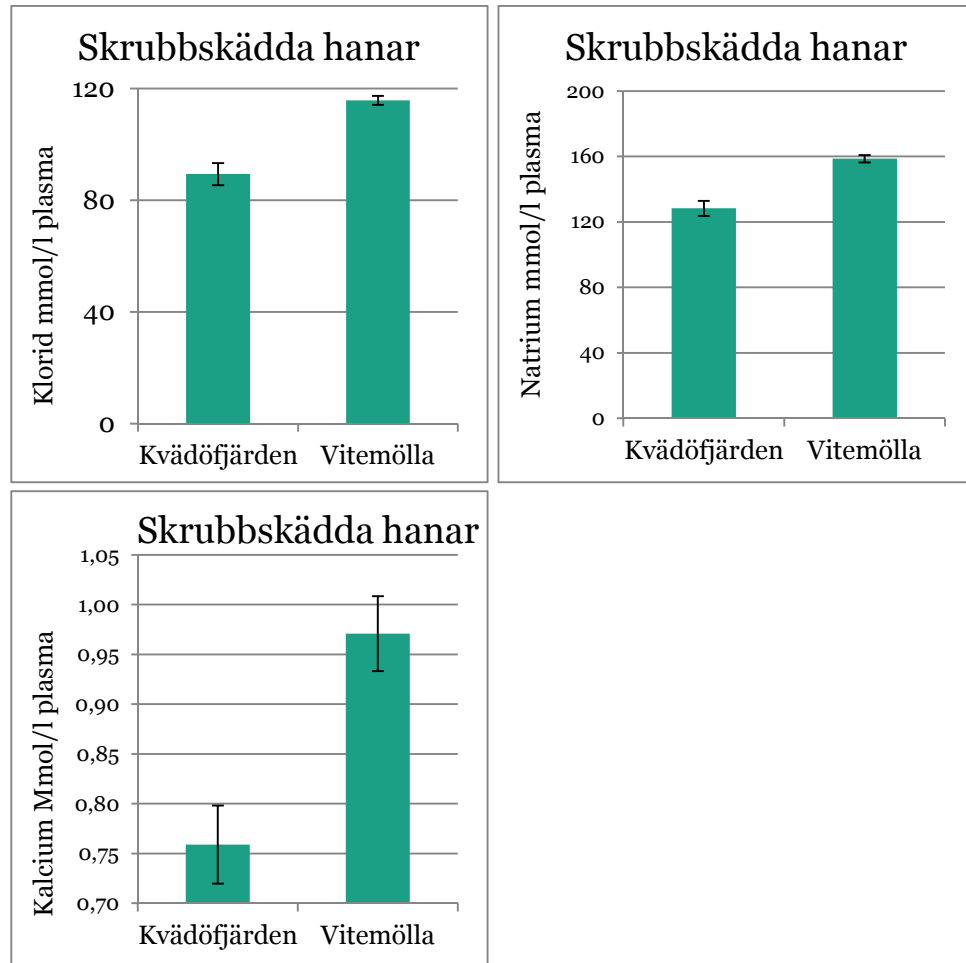
Jonbalansen

I föreliggande undersökning analyserades plasmahalterna av jonerna klorid, natrium, kalium och kalcium för att undersöka om jonbalansen uppvisar rubbningar i jonreglerande organ. Hos både hon- och hanfiskar är halterna av klorid, natrium och kalcium signifikant högre i plasman hos skrubbskäddorna från Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden (figur 24 och 25). Dessa skillnader bedöms inte som normala och förväntade mot bakgrund av de marginella skillnader som föreligger i salthalt mellan Hanöbukten (7–8 promille) och Kvädöfjärden 6–8 promille).

Tidigare studier av joninnehåll i blodet hos skrubbskädda i Östersjön (7 promille) och vid Västkusten (28–30 promille) visar på mindre skillnader i klorid, natrium och osmolalitet än vad som uppmätts mellan fiskarna i Hanöbukten och Kvädöfjärden. Detta talar för att de observerade signifikanta avvikelserna hos fiskarna i Hanöbukten kan vara tecken på att fiskarna har svårigheter att reglera jonbalansen genom att utsöndra överskott av joner via gälar och njurar. För halterna av kalium observerades inga avvikelser mellan lokalerna.



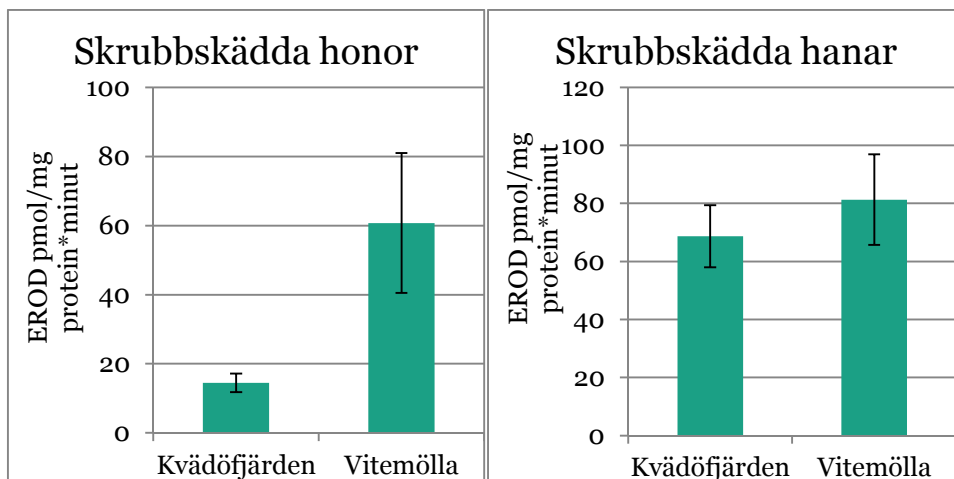
Figur 24. Plasmahalterna av jonerna klorid, natrium och kalcium i blodplasma är signifikant högre hos hon-skrubbskädda fångad i Hanöbukten (Vitemölla) jämfört med Kvädöfjärden.



Figur 25. Plasmahalterna av jonerna klorid, natrium och kalcium i blodplasma är signifikant högre hos han-skrubbskädda fångad i Hanöbukten (Vitemölla) jämfört med Kvädöfjärden.

Induktion av EROD i levern

EROD aktiviteten mäts för att ta reda på om fisken blivit exponerad för vissa typer miljögifter. Figur 26 visar att EROD aktiviteten var ca 3 gånger högre hos honskrubbskädda i Hanöbukten, medan den var bara något högre hos hanskrubbskädda i Hanöbukten. Den främsta orsaken till förhöjd EROD aktivitet misstänks vara att fiskarna är exponerade för PAH:er (polycykliska aromatiska kolväten) eller andra ämnen, såsom klorerade dioxiner eller vissa PCB:er, som kan inducera EROD hos fisk. Den kraftigt förhöjda EROD-aktiviteten särskilt hos honfisken i Hanöbukten tyder alltså på en exponering för miljöfarliga kemikalier och stöder uppfattningen att övriga observerade skillnader i hälsovariabler orsakas av sådana toxiska ämnen.



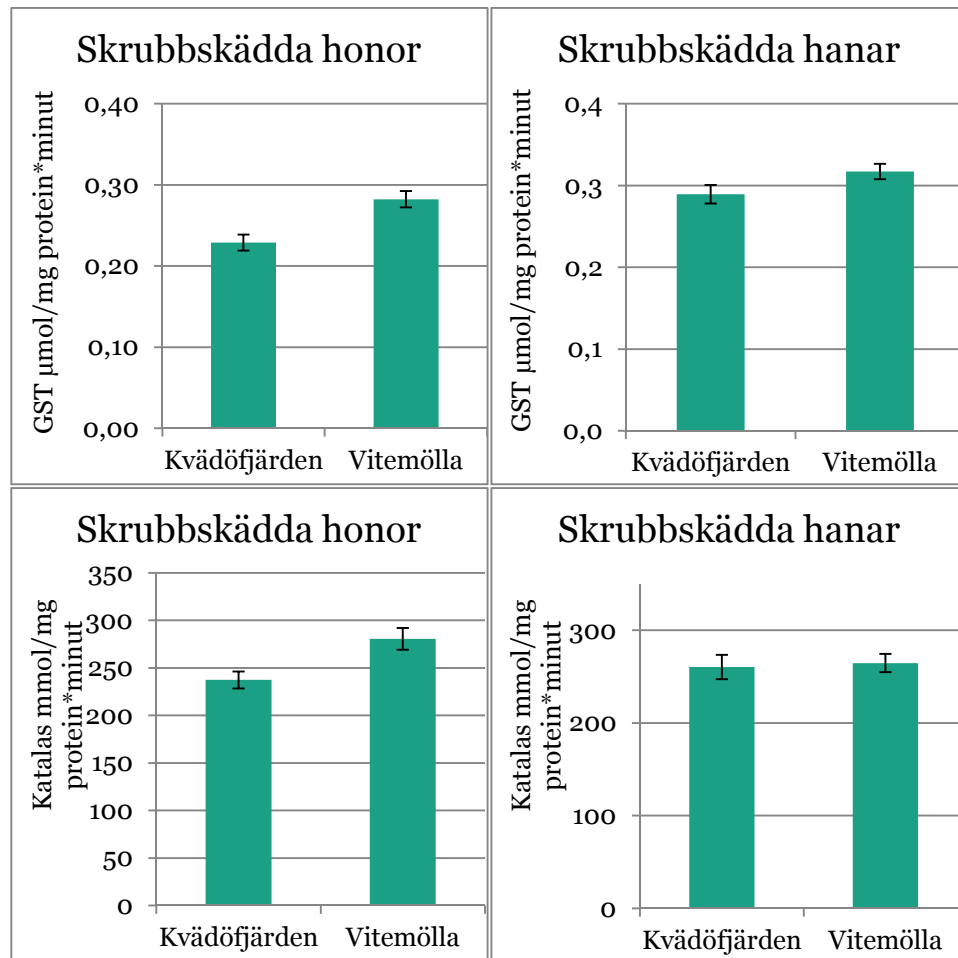
Figur 26. Leverns EROD aktivitet (pmol/mg protein*minut) hon- och hanskubba fångad i Hanöbukten (Vitemölla) jämfört med Kvädöfjärden.

Antioxidantzymer och oxidativ stress

Resultaten i figur 27 visar att aktiviteten av antioxidantzymer glutationtransferas (GST) och katalas är signifikant högre hos honskrubbskädda från Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden. Även hos hanskubbskädda visar glutationtransferas aktiviteten en högre nivå i Hanöbukten medan aktiviteten av katalas inte skiljer sig åt mellan lokalerna hos hanfisken. Dessa resultat visar att oxidantförsvaret är mer aktiverat hos fisken från Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden. En sådan förändring som således är mest tydlig hos honfisken kan tyda på att fisken är utsatt för oxidativ stress, och att förändringen signalerar att fisken är utsatt för exponering av miljögifter.



Huvud på skrubbskädda. Foto: Anna Lingman

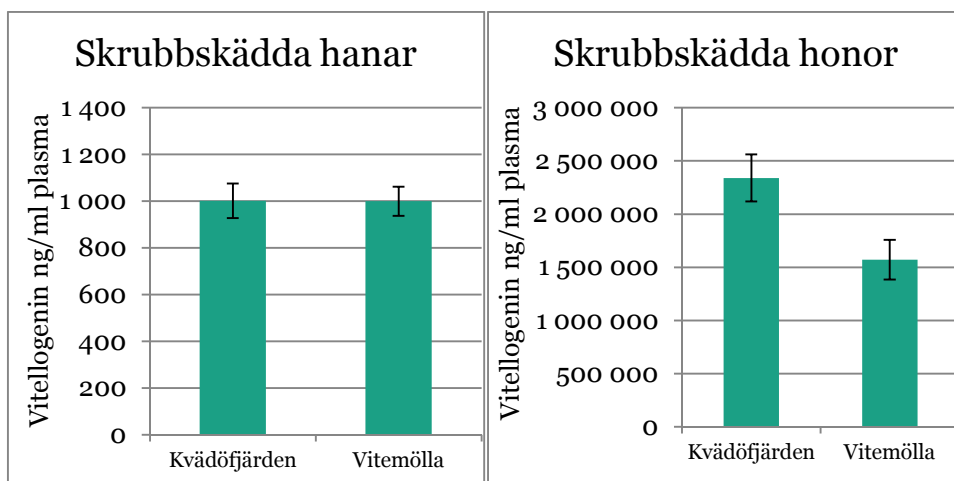


Figur 27. Glutationtransferas- och katalasaktiviteterna (mmol/mg protein*minut) i lever hos hon- och honskrubba fångad i Hanöbukten (Vitemölla) jämfört med Kvädöfjärden.

Vitellogenin (guleprotein)

I miljöövervakningssammanhang mäts halten vitellogenin i blodplasma hos hanfisk för att ta reda på om de exponerats för ämnen med östrogenliknande effekter. I föreliggande undersökning observerades inga förhöjda nivåer av vitellogenin hos han-fiskar från Hanöbukten och därmed inga tecken på östrogenliknande effekter.

Honfisk ska normalt ha höga halter av vitellogenin i blodplasma under gonad- och äggutvecklingen. Vitellogeninet bildas i levern och transporteras via blodet till gonaderna där det inkorporeras i ägget och bygger upp äggets (rommens) näringsdepå. Figur 28 visar att halten i blodplasma av vitellogenin var avsevärt lägre hos honorna från Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden. Detta resultat tycks vara helt i linje med att GSI är avsevärt mindre hos Hanöbuktenfiskarna. Om detta speglar en naturlig skillnad som beror på de båda populationernas olika gonadutveckling och lekstrategier eller om det föreligger en hämning av könsorganens utveckling hos fisken i Hanöbukten, eller en kombination av dessa orsaker återstår att reda ut.



Figur 28. Vitellogeninhalten (ng/ml plasma) i plasma hos han-skrubba (vänster) och hon-skrubba (höger) fångad i Kvädöfjärden och Hanöbukten (Vitemölla) (observera den mycket stora amplitudskillnaden i Y-axel mellan de båda diagrammen).

Sammanfattning fiskhälsa

I undersökningen har hälsotillståndet undersökts med hjälp av biokemisk och fysiologisk metodik hos skrubbskäddor fångade i Hanöbukten, utanför Vitemölla, och skrubbskäddor fångade i Kvädöfjärden som tjänade som referenslokal till provtagningen i Hanöbukten. Resultaten från undersökningen visar flera mycket tydliga fysiologiska skillnader hos fiskarna mellan lokalerna. Det är i detta sammanhang viktigt att påpeka att det är mycket unikt att två populationer av samma fiskart som fångats vid samma tidpunkt på året uppvisar så stora skillnader i olika fysiologiska hälsovariabler i "rena" referensområden som de som observerats mellan Hanöbukten och Kvädöfjärden. Det är därför viktigt vid tolkningen av resultaten att ta hänsyn till de skillnader som är kända för utsjölekande och kustlekande skrubbskäddor. De utsjölekande skrubbskäddorna, som anses dominera i Hanöbukten, har normalt mindre gonader än de kustlekande som anses dominera i Kvädöfjärden. Om det även föreligger skillnader i andra fysiologiska funktioner är inte känt.

Mot denna bakgrund måste resultaten tolkas med viss försiktighet. Det kan dock konstateras att följande observerade skillnader kan tyda på förändringar hos skrubbskäddan från Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden i följande avseenden:

- mer än hälften så stora gonader hos båda könen och lägre halt av vitellogenin i blodet hos honor kan tyda på hämmad utveckling av könsorganen
- en signifikant större lever hos båda könen kan vara tecken på miljögiftsexponering
- trefaldigt högre EROD-aktivitetet indikerar exponering för toxiska ämnen
- fler lymfocyter och färre granulocyter antyder en påverkan på immunförsvaret

- signifikanta förhöjningar av klorid, natrium och kalcium i blodet kan vara tecken på problem med jonregleringen
- aktiverat oxidantförsvar tyder på oxidativ stress och exponering för kemiska ämnen.

Sammantaget indikerar observationerna av de stora fysiologiska skillnaderna därför att det kan föreligga en påverkan på skrubbskäddans hälsotillstånd i Hanöbukten. Både tecknen på förändringar i viktiga fysiologiska funktioner (såsom fortplantning, leverfunktion, immunförsvar och jonreglering) och tydliga förhöjningar av exponeringsindikatorer, som enzymerna EROD, glutationtransferas och katalas, indikerar att orsaken kan vara exponering för något eller några toxiska ämnen.

Viktigt är att dessa hälsoundersökningar upprepas även kommande höst för att säkerställa om skillnaderna/förändringarna är bestående eller var tillfälliga, samt för att utröna vilken betydelse de olika populationernas gonadutveckling och lekstrategi har för observerade fysiologiska skillnaderna mellan Hanöbukten och Kvädöfjärden. Dessa upprepade undersökningar bör utföras vid ytterligare en lokal i Hanöbukten och vid en närreferenslokal vid sidan om det nationella referensområdet Kvädöfjärden, samt helst omfatta båda populationstyperna av skrubbskädda.

Utvärdering av tånglakedata från Hanöbukten (Bilaga 1)

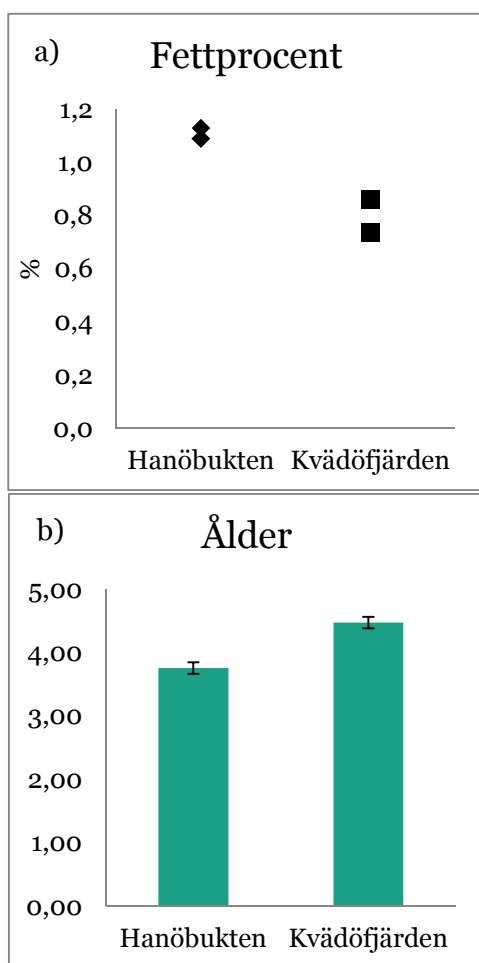
Toxicon AB har utfört fiskfysiologiska undersökningar på tånglake åt två pappersmassaindustrier (Stora Enso Nymölla och Södra Cell Mörrum) under perioden 1998–2014 i Hanöbukten. Detta omfattande datamaterial har statistiskt utvärderats av Anders Sjölin för att ta reda på om det finns trender som skulle kunna indikera försämrat tillstånd för tånglake i Hanöbukten (se bilaga ”Statistisk utvärdering av tånglakedata för perioden 1998–2014”). Analyserna visar inte på några allvarliga förändringar över tid. Men det noteras under hela perioden minskande halter kolesterol (och minskande halter av extraktivämen), och efter 2009/2010 då skador hos skrubba/torsk började rapporteras noteras ökande halter PAH, minskande EROD-aktivitet och CYP1A halt och ökad GST aktivitet. Sammantaget konstateras att utvärderingen av tånglakedata inte tyder på några tydliga negativa förändringar hos tånglake under den undersökta perioden i de områden där undersökningarna av tånglake genomförts. Det påpekas slutligen att de miljöproblem som observerats på torsk och skrubbskädda möjligen inte drabbar tånglake.

Miljögifter i skrubbskädda

Fetthalt och ålder

Fetthalten i skrubbskädda från Hanöbukten var 1,1 % medan den i Kvädöfjärden var lägre, mellan 0,76 och 0,85 % (figur 29a). Fetthaltsbestämningen försvåras vid väldigt låga fetthalter och kan därmed till större grad påverka resultatet uttryckt på fettvikt. Därför har de ämnen som rapporteras på fettviktsbasis (klorerade pesticider, PCB:er, bromerade ämnen och dioxiner) även räknats om till våtvikt för att undersöka om resultaten blev påverkade. Det var dock inga större skillnader.

Medelåldern för skrubbskädda i Hanöbukten var 3,76 år och i Kvädöfjärden 4,48 år (figur 29b).



Figur 29. a) Muskelfettprocent b) medelålder hos skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden. Staplarna visar 95 % konfidensintervall.

Metaller

Metallerna krom och tenn låg under detektionsgränsen hos skrubbskädda från både Hanöbukten och Kvädöfjärden. För de andra undersökta metallerna var halterna av silver, aluminium, arsenik, järn, koppar, bly och zink högre i skrubbskädda från Kvädöfjärden jämfört med Hanöbukten, och

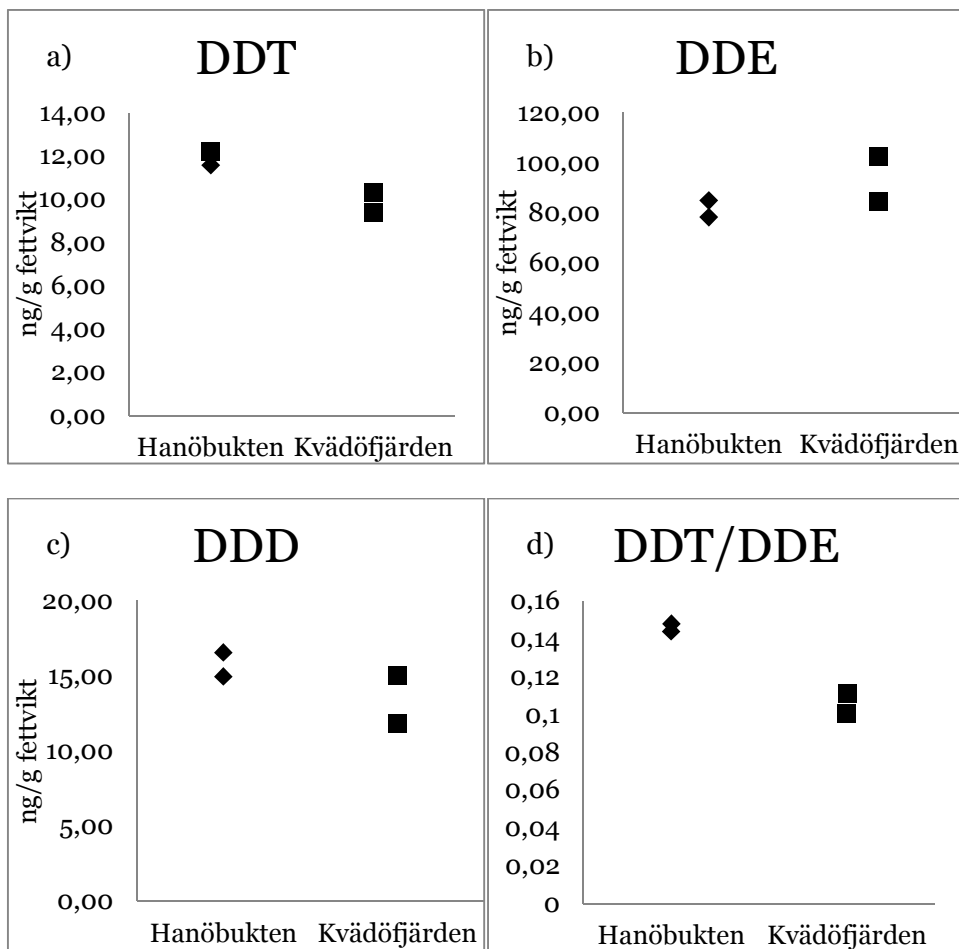
för selen, nickel och kvicksilver var halterna ungefär lika på de båda lokalerna. Kviksilverhalterna i skrubbskädda låg mellan 43–60 ng/g våtvikt, vilket är över EQS-gränsvärdet som är satt på 20 µg/kg våtvikt. För bly och kadmium är gränsvärdena satta i helkropp medan halterna är mätta i lever. Inga omräkningsfaktorer finns för denna fiskart så därför kan inte halterna jämföras mot gränsvärdena.

En jämförelse med metalldata i skrubba från andra områden nedladdat från Ices databas) visar att halterna av kadmium och koppar var högre i Hanöbukten och Kvädöfjärden jämfört med danska data från Kattegatt och Öresund. För bly var halterna däremot lägre jämfört med data från Öresund och Kattegatt. Det bör dock tilläggas att data från Ices är mycket äldre, från 1992 och 1996. Kviksilverhalterna i Hanöbukten och Kvädöfjärden låg på samma nivå som i skrubbskädda från Litauen år 2011–2012 (Östersjön).

Klorerade pesticider

Av de undersökta klorerade pesticiderna så låg halterna av α - och γ -HCH under detektionsgränsen. För β -HCH däremot var halterna något högre i skrubbskädda från Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden. HCB visade ingen skillnad i halt mellan de två lokalerna och halten ligger under EQS-gränsvärdet på 10 µg/kg våtvikt. Halten DDT var något högre från Hanöbukten och även för DDD så var halterna något högre i Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden medan för DDE så var det tvärtom, dvs. halterna var högre i Kvädöfjärden (figur 30 a–c).

Det är dock viktigt att påpeka att skillnaderna mellan Hanöbukten och Kvädöfjärden inte är så stora utan de skulle kunna bero på mellanårsvariation. Halten DDE låg under EAC-gränsvärdet på 5 µg/kg våtvikt. Kvoten DDT/DDE var högre i Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden, detta skulle kunna tyda på att Hanöbukten har fått ett nytillskott av DDT till miljön eller att lokalen ligger närmare någon källa.

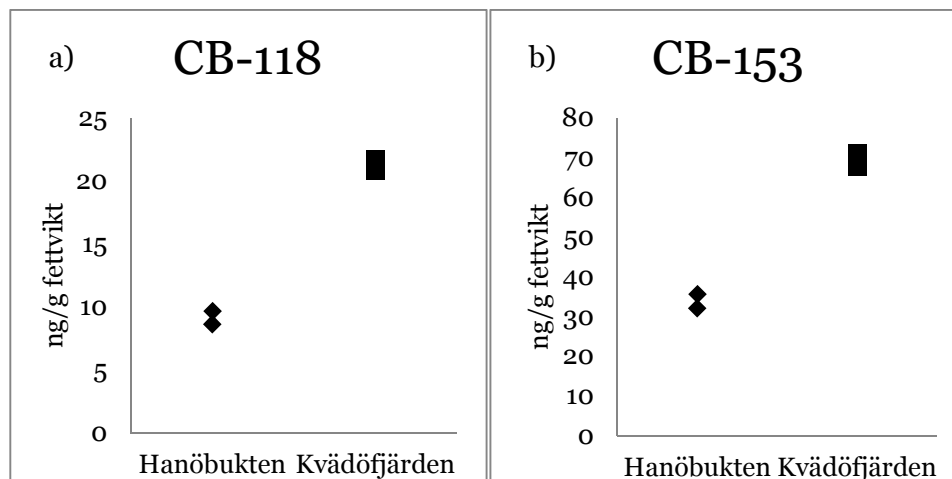


Figur 30. DDT:er i muskel från skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden (ng/g fettvikt) a) DDT, b) DDE, c) DDD, d) kvot DDT/DDE. Varje prick i diagrammet visar ett poolat prov.

En jämförelse av medelhalter med data från Ices visar att halterna av både DDT och DDE är högre i Hanöbukten och Kvädöfjärden jämfört med i skrubbskädda från Belgien år 2014 (Nordsjön) men lägre än halterna från Tyskland år 1999.

PCB:er

Av de undersökta PCB:erna låg CB-28 och CB-52 under detektionsgränsen vid båda lokalerna. För samtliga av de andra PCB:erna (CB-101, -118, -153, -138 och -180) var halterna högre i skrubbskädda från Kvädöfjärden jämfört med Hanöbukten (figur 31 a–b). För CB-118 och CB-153, där det finns gränsvärden (EAC-gränsvärden), låg halterna vid båda lokalerna under respektive gränsvärde på 24 respektive 1 600 µg/kg fettvikt.



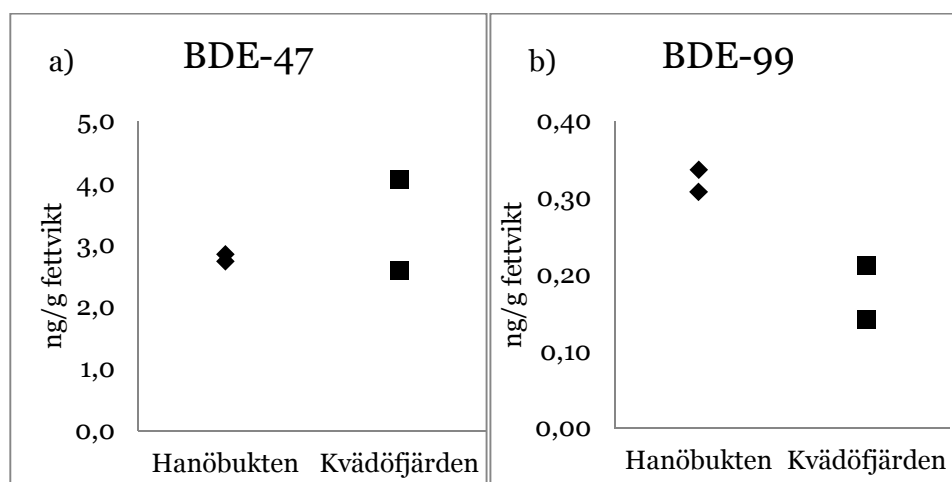
Figur 31. PCB:er i muskel från skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden (ng/g fettvikt) a) CB-118, b) CB-153. Varje prick i diagrammet visar ett poolat prov.

En jämförelse med CB-153 i skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden med Sveriges västkust samt Nordsjön visade att halterna i Hanöbukten och Kvädöfjärden ligger på samma nivå som i Belgien år 2014 (Nordsjön) men är lägre än vad halterna var på västkusten (år 1992) samt i Tyskland år 1999 (Nordsjön).

Bromerade flamskyddsmedel

Några av de undersökta bromerade flamskyddsmedlen låg under detektionsgränsen, BDE-28, -153 samt HBCDD.

Halterna av BDE-99 och -154 var högre i skrubbskädda från Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden medan för BDE-47 och -100 tycktes det inte vara några skillnader i halter mellan de två lokalerna (Figur 32 a–b). Gränsvärdet (EQS biota) som är satt för summan av BDE -28,-47,-99,-100,-153 och -154 överskrids för BDE-47 ensamt vid båda lokalerna, detta gränsvärde är dock satt väldigt lågt.



Figur 32. Bromerade flamskyddsmedel i muskel från skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden (ng/g fettvikt). a) BDE-47, b) BDE-99. Varje prick i diagrammet visar ett poolat prov.

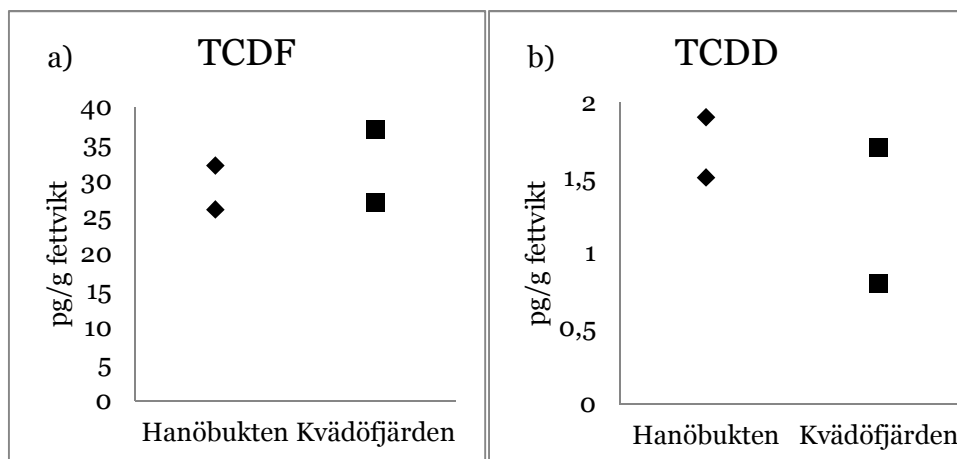
En jämförelse i halt av BDE-154 visade att skrubbskädda från Hanöbukten hade likvärdig halt som i dem från danska västkusten (år 2011–2012) medan halterna från danska Östersjön var högre än i Hanöbukten.

Dioxiner, furaner och dioxinlika PCB:er

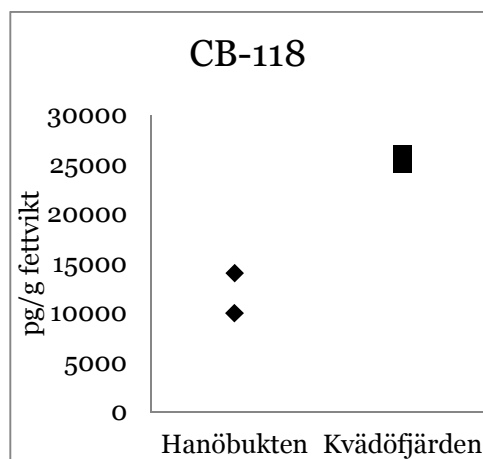
Flertalet av dioxinerna och furanerna låg under detektionsgränsen. Av de som kunde uppmätas var halterna ungefär desamma i Hanöbukten och Kvädöfjärden (detta gällde TCDF, PeCDF₁, PeCDF₂, TCDD och PeCDD (figur 33). För de dioxinlika PCB:erna (12 stycken) var halterna högre i skrubbskädda från Kvädöfjärden jämfört med Hanöbukten, med ett undantag (CB-123) (figur 34). TCDD-ekvivalenterna var ungefär lika vid de båda lokalerna (figur 35 a). CB-ekvivalenterna var högre i Kvädöfjärden (figur 35 b). Halterna av TCDD-ekvivalenterna låg under gränsvärdet på 3,5 pg/g våtvikt.

Om man struntade i fettnnehållet hos fiskarna från de två lokalerna så blev det en viss skillnad i resultat. Detta måste dock tolkas med försiktighet och eftersom det vanliga är att rapportera fetthaltiga miljögifter på fettviktbasis så visas enbart grafer på fettvikt här.

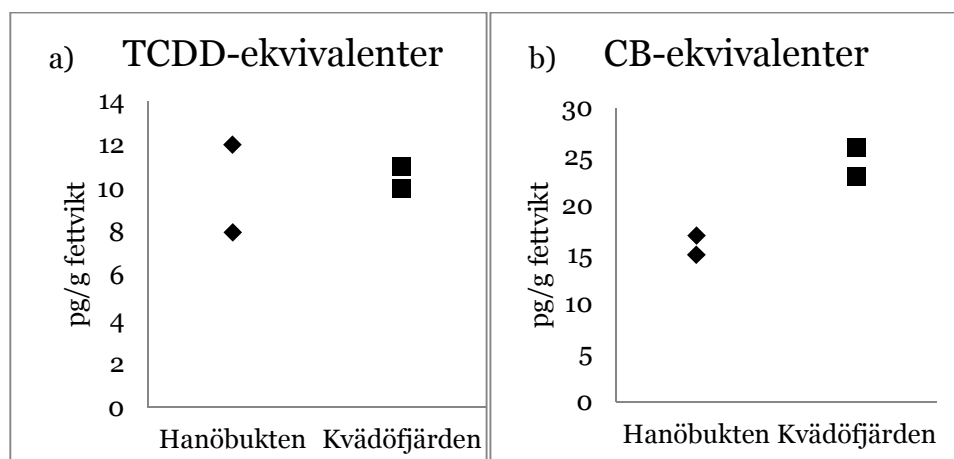
En jämförelse av TCDD i skrubbskädda från danska öst- och västkusten (år 2011–2012) visade att halterna i Hanöbukten och Kvädöfjärden var lägre.



Figur 33. Dioxiner och furaner i muskel från skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden (pg/g fettvikt) a) TCDF, b) TCDD. Varje prick i diagrammet visar ett poolat prov.



Figur 34. CB-118 i muskel från skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden (pg/g fettvikt) Varje prick i diagrammet visar ett poolat prov.

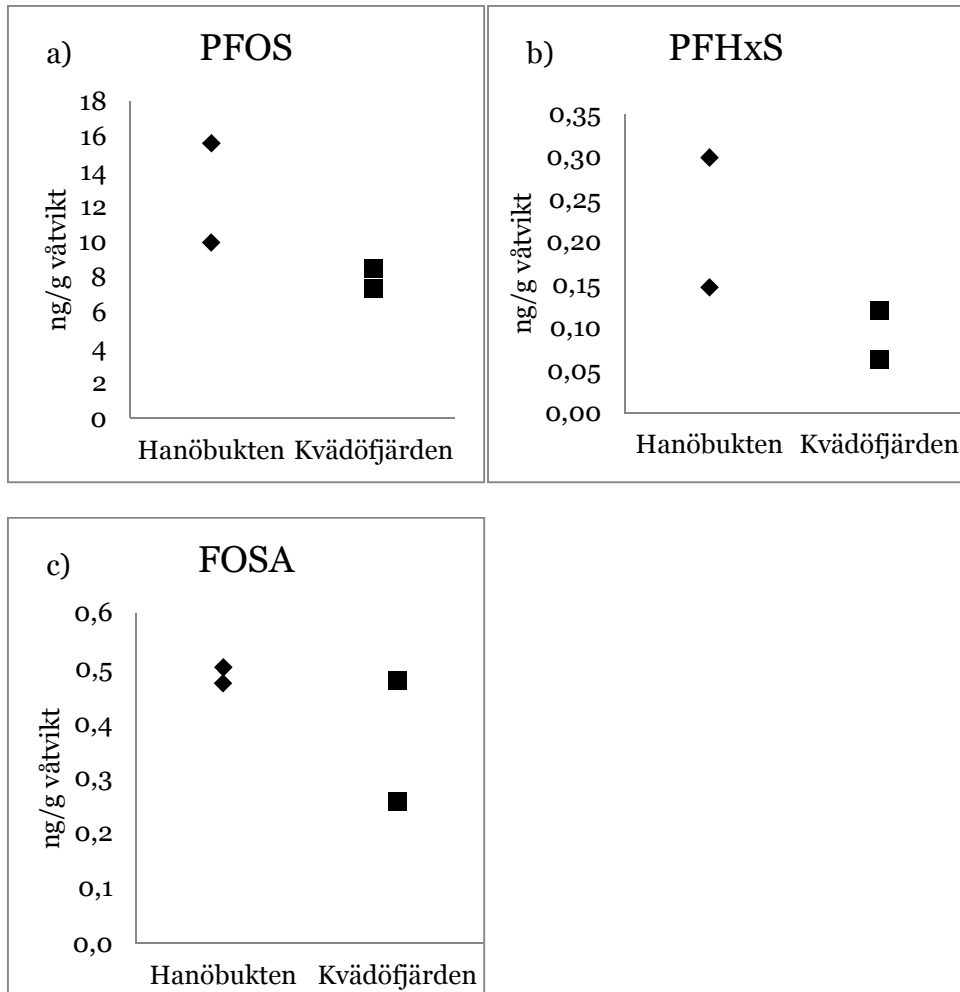


Figur 35. Toxiska ekvivalenter (pg/g fettvikt) av TCDD och CB i skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden. A) TCDD-ekv, B) CB-ekv. Varje prick i diagrammet visar ett poolat prov.

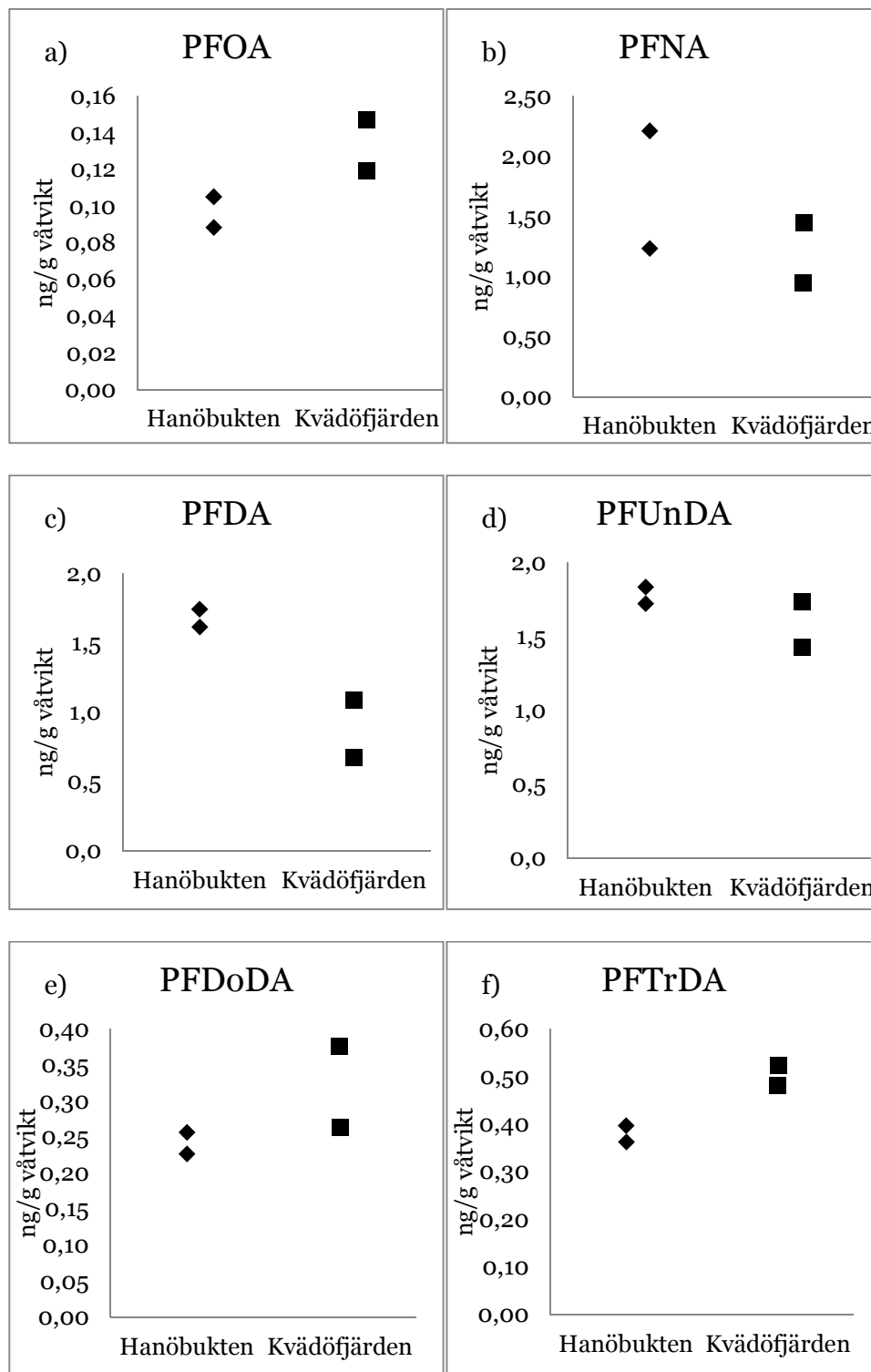
Perfluorerade ämnen

Av de perfluorerade sulfonsyrorna så var halterna av PFOS högre i Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden (figur 36 a). Halterna av PFHxS och FOSA var också något högre i Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden (figur 36 b, c).

För de perfluorerade karboxylsyrorna (figur 37) fanns inga tydliga mönster. Vissa ämnen visade högre halter i skrubbskädda från Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden (PFDA, PFUNDA och PFTEDA) medan andra ämnen var högre i Kvädöfjärden.



Figur 36. Perfluorerade sulfonsyror i lever från skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden (ng/g våtvikt). a) PFOS, b) PFHxS, c) FOSA Varje prick i diagrammet visar ett poolat prov.



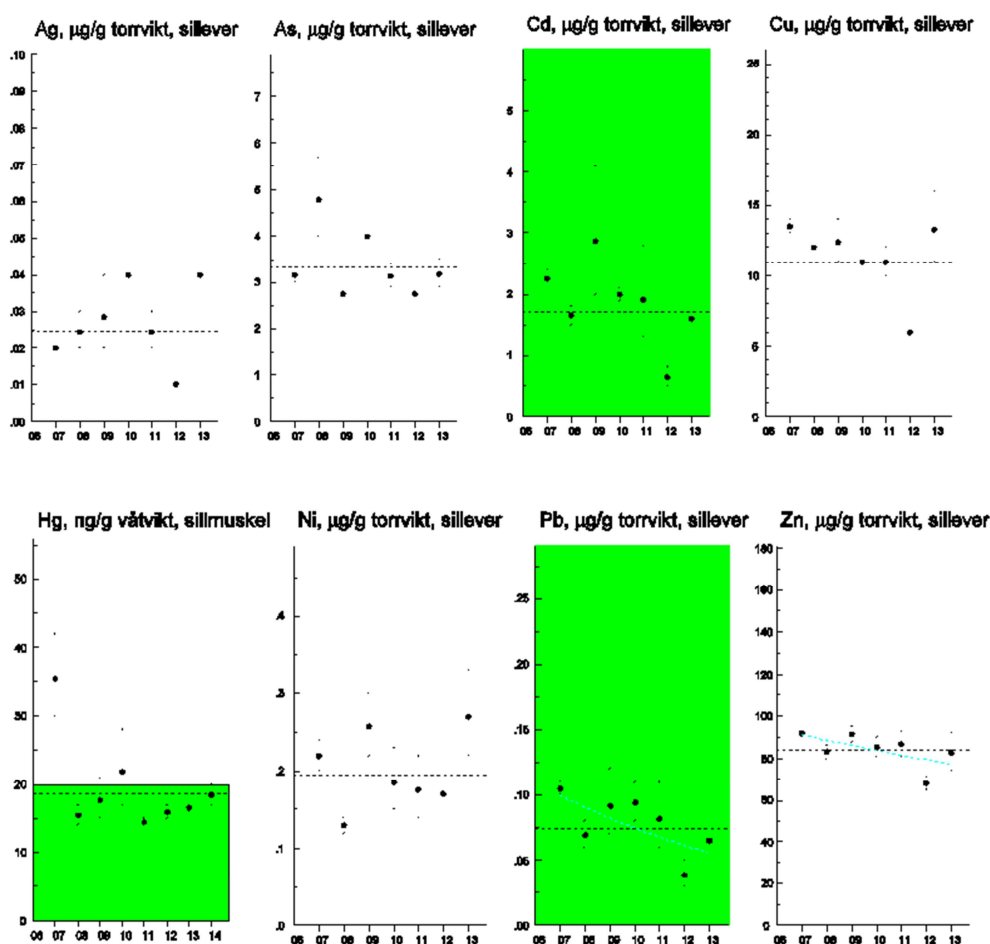
Figur 37. Perfluorerade karboxylsyror i lever från skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden (ng/g våtvikt). a) PFOA, b) PFNA, c) PFDA, d) PFUnDA, e) PFDoDA, f) PFTrDA. Varje prick i diagrammet visar ett poolat prov.

Miljögifter i sill

Sedan 2006 analyseras sill från västra Hanöbukten inom det nationella övervakningsprogrammet för miljögifter i biota. Dessa tidsserier inkluderas här för att kunna ge en bild över trender över tid i området.

Metaller

För metallerna ses inga trender överhuvudtaget. Där det finns gränsvärden så ligger halterna under dessa, det gäller kadmium, bly och kvicksilver (figur 38). Generellt ligger halterna av alla undersökta metaller i sill från Hanöbukten i linje med de övriga övervakningslokalerna för sill/strömming längs Sveriges kust.

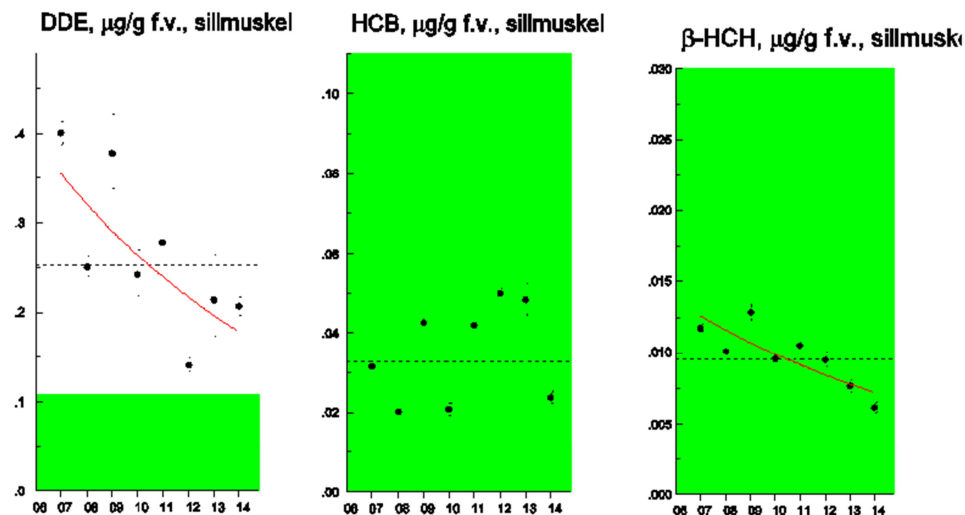


Figur 38. Metaller i sill från västra Hanöbukten ($\mu\text{g/g}$ torr vikt lever, förutom Hg ng/g våtvikt muskel). a) silver, b) arsenik, c) kadmium, d) koppar, e) kvicksilver, f) nickel, g) bly, h) zink. Det gröna i figurerna visar ämnas respektive gränsvärden (Cd: QS biota sekundärförgiftning, Hg: EQS biota, Pb: EC matgränsvärde). Ljusblå linje visar $p < 0,1$.

Klorerade pesticider

Nedåtgående trender ses för DDE och β -HCH i sill från västra Hanöbukten (figur 39 a, c). DDE ligger över gränsvärdet medan HCB och β -HCH ligger under deras respektive gränsvärden. Halterna av DDE i sill från

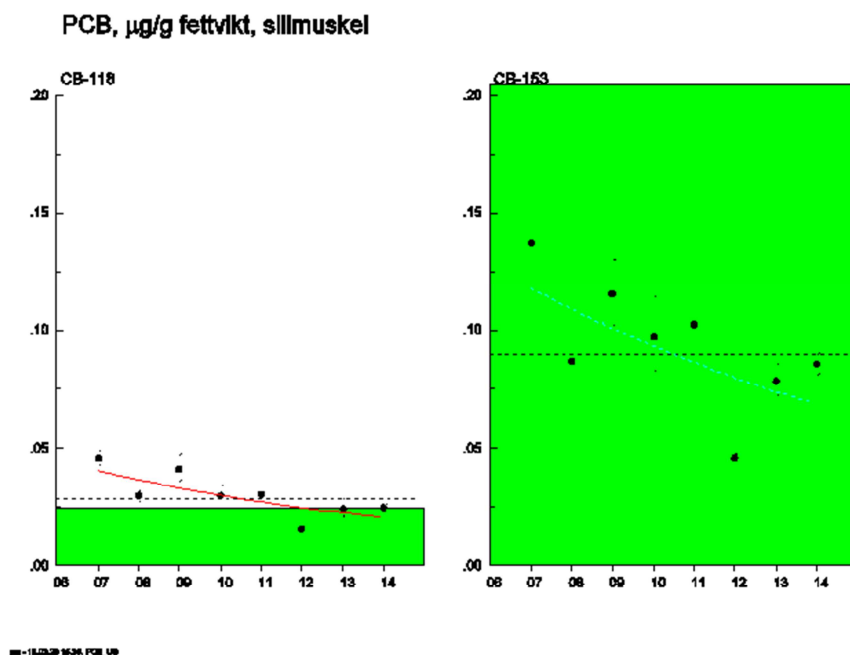
Hanöbukten ligger högt tillsammans med sill från resten av Sveriges sydkust om man jämför med övriga Östersjön och västkusten. För β -HCH är halterna däremot mer i linje med ett flertal andra sill/strömmingslokaler.



Figur 39. Klorerade pesticider ($\mu\text{g/g}$ fettvikt) i muskel från sill från västra Hanöbukten. a) DDE, b) HCB, c) β -HCH. Gröna rutor visar ämnenas respektive gränsvärde (DDE: EAC, HCB: EQS biota, HCH: IVL). Röd linje visar $p < 0,05$.

PCB:er

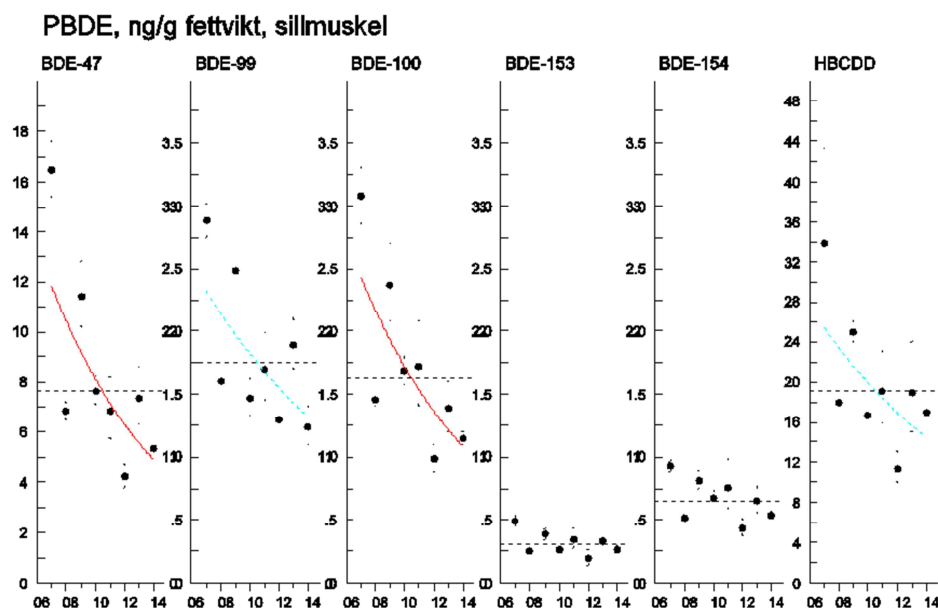
CB-118 går signifikant ner över hela tidsperioden, men halten ligger precis på gränsvärdet (figur 40 a). För CB-153 ses ingen trend även om det tycks vara en tendens till minskning över tid. Halterna ligger under gränsvärdet (figur 40 b). Halterna av både CB-118 och CB-153 ligger i linje med övriga sill/strömmingslokaler längs Sveriges kust.



Figur 40. PCB:er ($\mu\text{g/g}$ fettvikt) i muskel från sill från västra Hanöbukten. a) CB-118, b) CB-153. Gröna rutor visar ämnens respektive gränsvärde (CB118 och CB153: EAC). Röd linje visar $p < 0,05$.

Bromerade flamskyddsmedel:

BDE-47 och BDE-100 visar signifikanta nedåtgående trender under hela övervakningsperioden, 2006–2014 (figur 41 a, c). För BDE-99 och HBCDD ses en tendens till nedåtgående trender under samma tidsperiod (figur 41 b, f) medan för de andra ämnena ses inga trender. Halten av HBCDD ligger under gränsvärdet (EQS biota) medan halten av BDE-47 ligger över det gränsvärde (EQS biota) som är satt för summan av BDE -28, -47, -99, -100, -153 och 154. Halten BDE-47 i sill från Hanöbukten ligger i linje med vad halterna är i sill/strömning vid de övriga övervakningslokalerna.

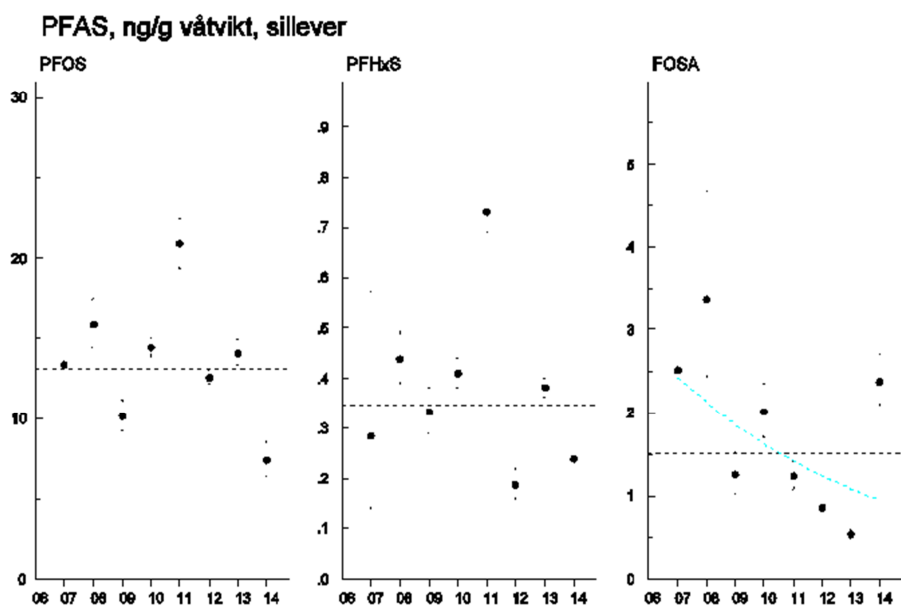


Figur 41. Bromerade flamskyddsmedel (ng/g fettvikt) i muskel från sill från västra Hanöbukten. a) BDE-47, b) BDE-99, c) BDE-100, d) BDE-153, e) BDE-154, f) HBCDD. Röd linje visar $p < 0,05$, ljusblå linje visar $p < 0,1$.

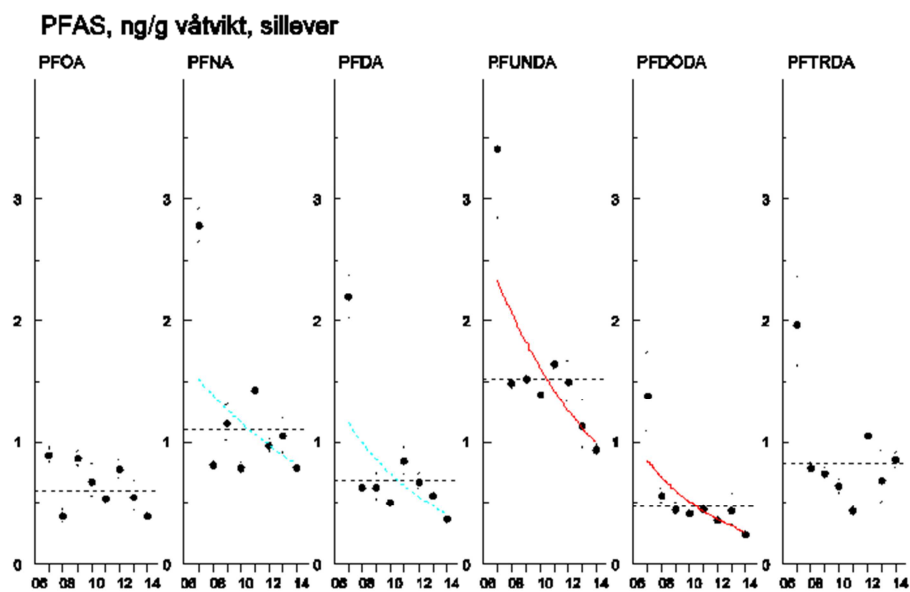
Perfluorerade ämnen

Av de perfluorerade sulfonsyrorna ses inga signifikanta nedåtgående trender (figur 42). Dock finns en tendens till att FOSA minskar över tid.

När det gäller de perfluorerade karboxylsyrorna minskar PFUnDA och PFDoDA signifikant mellan 2006 och 2014 (figur 43, d, e). En tendens till minskning ses för PFNA och PFDA medan det inte ses några trender för de andra ämnena (figur 43). Halten av PFOS ligger under EQS biota gränsvärdet. En jämförelse av halterna perfluorerade ämnen i sill från Hanöbukten jämfört med de övriga övervakningslokalerna visar att PFOS och PFHxS är något förhöjt tillsammans med två andra lokaler, PFOA är mycket högt i Hanöbukten och även PFNA är förhöjt. För de andra ämnena är halterna i sill från Hanöbukten i linje med de övriga lokalerna.



Figur 42. Perfluorerade sulfonsyror (ng/g våtvikt) i lever från sill från västra Hanöbukten. a) PFOS, b) PFHxS, c) FOSA. Ljusblå linje visar $p < 0,1$.



Figur 43. Perfluorerade karboxylsyror (ng/g våtvikt) i lever från sill från västra Hanöbukten. a) PFOA, b) PFNA, c) PFDA, d) PFUnDA, e) PFDoDA, f) PFTTrDA. Röd linje visar $p < 0,05$, ljusblå linje visar $p < 0,1$.

Sammanfattning miljögifter

Fetthalterna mellan skrubbskädda från Hanöbukten och Kvädöfjärden skiljde sig något åt, där fiskarna från Hanöbukten hade något högre fettprocent. Detta hade inte någon betydelse för de klorerade pesticiderna, PCB:erna eller de bromerade ämnena. För dioxinerna var det en viss påverkan men då det enbart handlar om två poolade prov är det svårt att säga om det har någon större vikt.

Resultaten från denna undersökning visar att det inte är några förhöjda halter av metaller eller PCB:er i Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden. Dioxiner på fettviktsbasis visade inte heller på förhöjda halter i Hanöbukten däremot när man räknade om dem till våtvikt var halterna av några dioxiner och furaner samt TCDD-ekvivalenter högre i Hanöbukten. Vilket dock måste tolkas med försiktighet. Av de bromerade flamskyddsmedlen var BDE-99 och -154 högre i Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden medan det motsatta förhållandet sågs för BDE-47 och -100. Detta är i dagsläget svårtolkat och skulle kunna bero på att för få prov har analyserats.

Av de klorerade pesticiderna var det ganska förvånande att halten av DDT var högre i Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden medan DDE var högre i Kvädöfjärden. Även kvoten DDT/DDE var högre i Hanöbukten. Detta sammantaget kan eventuellt tyda på ett nytillskott av DDT till miljön i Hanöbukten alternativt att Hanöbukten ligger lite närmare en DDT-källa. DDT bryts i vanliga fall ner till DDE men på platser där man använder DDT för insektsbekämpning ses högre halter av DDT (Bogdal m.fl. 2013).

PFOS-halten var högre i Hanöbukten jämfört med Kvädöfjärden. Detta är dock inte så förvånande då befolkningstätheten kring Kvädöfjärden är låg och det finns heller inga industrier i närheten medan Hanöbukten är ett mer exponerat område och där det också bor fler människor. Vidare ligger Kristianstads och Ronnebys flygplatser i närheten av Hanöbukten. Flygplatser har tidigare pekats ut som en viktig källa till förhöjda halter av PFOS då man tidigare har använt brandskum innehållande just PFOS, vilket troligen är förklaringen till de högre halterna där. Några av de perfluorerade karboxylsyror visade högre halter i Hanöbukten men eftersom enbart två sammanslagna prov har analyserats och halterna är generellt ganska låga av karboxylsyror, så går det inte att dra några slutsatser utifrån resultaten.

När man undersökte tidstrenderna i sill fanns det inga trender för metaller. Vissa av de klorerade pesticiderna och PCB:erna visade nedåtgående trender över tid, vilket även sågs för vissa bromerade ämnen och perfluorerade karboxylsyror. Det var heller inga trender som pekade på ökande halter av miljögifter i sill från västra Hanöbukten. Däremot var halterna av DDE och vissa perfluorerade ämnen höga i sill från Hanöbukten jämfört med de övriga sill/strömmingslokalerna längs Sveriges kust.

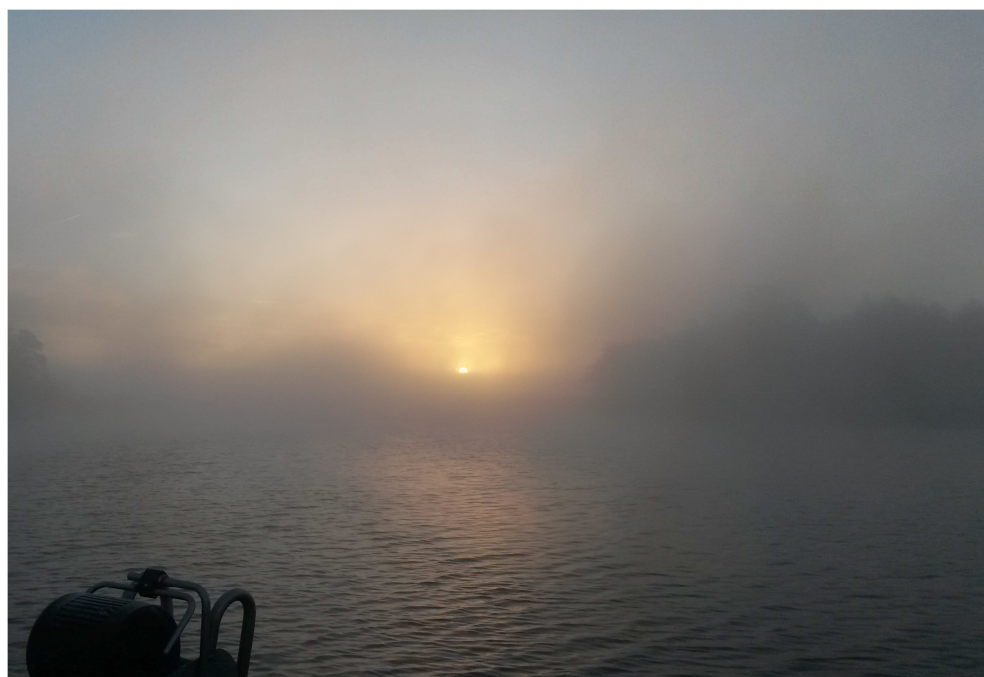
Källförteckning

- Bignert A., Danielsson S., Faxneld S., Nyberg E. 2016. Comments concerning the national Swedish contaminant monitoring programme in marine biota, 2016. 5:2016, Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden.
- Bogdal, C., E. Abad, M. Abalos, B. van Bavel, J. Hagberg, M. Scheringer, and H. Fiedler. 2013. Worldwide distribution of persistent organic pollutants in air, including results of air monitoring by passive air sampling in five continents. *Trends in Analytical Chemistry* 46: 150–161.
- Eero, M., Vinther M., Haslob, H., Huwer, B., Casini, M., Storr-Paulsen, M., Köster, F.W. 2012. Spatial management of marine resources can enhance the recovery of predators and avoid local depletion of forage fish. *Conservation Letters*, 5 (6), s. 486–492.
- Eriksson, B. K., Sieben, K., Eklöf, J., Ljunggren, L., Olsson, J., Casini, M., and Bergström, U. 2011. Effects of altered offshore food webs on coastal ecosystems emphasizes the need for cross-ecosystem management. *Ambio*, 40:786-797.
- Ices, 2010. “Report of the Ices/HELCOM Workshop on Flatfish in the Baltic Sea (WKFLABA)”, Ices CM 2010/ACOM:68.
- Karlsson, M. 2015. Provfiske i Östersjöns kustområden – Djupstratifierat provfiske md Nordiska kustöversiktsnät. Havs- och vattenmyndigheten. Version 1:3.
- Lingman, A. 2012. Provfiske med nät och ryssjor i Hanöbukten hösten 2012. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Marteinsdottir G., Begg G.A. 2002 Essential relationships incorporating the influence of age, size and condition on variables required for estimation of reproductive potential in Atlantic cod *Gadus morhua*. *Marine Ecology Progress Series*, Volym 235, s. 235–256.
- Nissling, A., Dahlman, G. 2010. Fecundity of flounder, *Pleuronectes flesus*, in the Baltic Sea – reproductive strategies in two sympatric populations. *Journal of Sea Research* 64:190-198.
- Nissling, A., Widbom, B., Florin, A-B., Gydemo, R., 2014. Utveckling av ett hållbart gotländskt flundrefiske – resursnyttjande och förvaltning, Elektronisk resurs, Hämtad 2016-03-30 från: <http://husbehovsfiskarna.se/hbf/wp-content/uploads/2014/03/FOG-FLUNDRA-RAPPORT.pdf>
- Nissling, A., Thorsen, A., da Silva, F. F.G. 2015. Fecundity regulation in relation to habitat utilisation of two sympatric flounder (*Platichthys flesus*) populations in the brackish water Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, Volym 95, s. 188–195.

Statens Veterinärmedicinska Anstalt. 2016. Kartläggning av omfattning av sårskadad fisk i Hanöbukten, redovisning av regeringsuppdrag M2014/1349 Nm. 53s.

Vitale F., Börjesson, P., Svedäng, H., Casini, M. 2008. The spatial distribution of cod (*Gadus morhua* L.) spawning grounds in the Kattegat, eastern North Sea. *Fisheries Research*, Volym 90, s. 36–44.

Östman Ö, Eklöf J, Eriksson BK, Olsson J, Moksnes PO, Bergström U. 2016. Meta-analysis reveals top-down processes are as strong as bottom-up effects in North Atlantic coastal food webs. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/1365-2664.12654

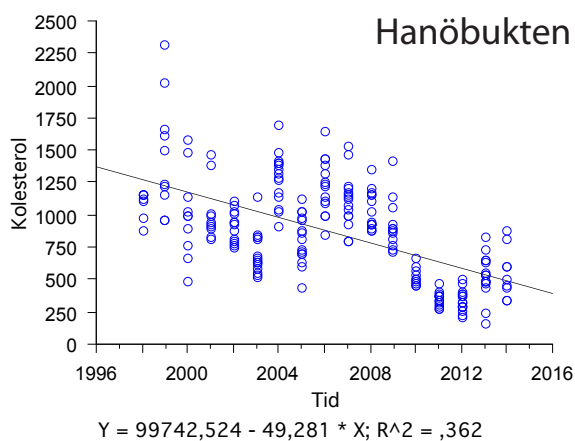


Soluppgång över Hanöbukten. Foto: Anna Lingman



Statistisk utvärdering av fiskdata

Tidstrendsanalyser och variansanalyser på data från fiskfysiologiska undersökningar på tånglake under perioden 1998-2014



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Sammanfattning.....	3
2. Inledning.....	4
2.1 Bakgrund.....	4
2.2 Datamaterialet.....	4
2.3 Målsättning.....	5
2.4 Upplägg.....	5
3. Statistik	
3.1 Tidstrendsanalyser.....	6
3.2 Variansanalyser.....	6
4. Resultat och diskussion	
4.1 Tidstrendanalyser.....	6
4.2 Variansanalyser.....	14
4.3 Sammanfattande diskussion.....	15
5. Referenser.....	15
6 Bilagor	
1. Tidstrendsanalyser (förklaringsgrader)	
2. Variansanalyser (p-värden)	

**FÖRFATTARE:
ANDERS SJÖLIN**

TOXICON AB, 2016-04-05

**TOXICON AB
ROSENHÄLLSVÄGEN 29
261 92 HÄRSLÖV
TELEFON: 0418-70 700
FAX: 0418-70 300
ORGNUMMER: 556383-7294
WWW.TOXICON.COM**

1. SAMMANFATTNING

Som ett led i den utredning av miljöproblemen i Hanöbukten, som Havs- och vattenmyndigheten utför på uppdrag av regeringen, har Toxicon AB genomfört en statistisk utvärdering åt Göteborgs Universitet. Utvärderingen baseras på de årliga fiskfysiologiska undersökningar på tånglake som Toxicon AB genomfört 1998-2014 i det aktuella området på uppdrag åt Stora Enso Nymölla och Södra Cell Mörrum. Målet med utvärderingen är att ta reda på om det finns trender i fiskmaterialet som indikerar på ett försämrat tillstånd för tånglake sedan 2009/2010.

I utvärderingen har drygt 1 000 tidstrendsanalyser och 360 variansanalyser utförts. De viktigaste resultaten från de utförda tidstrendsanalyser och variansanalyser på materialet kan sammanfattas på följande sätt:

1. Halten av extraktivämnena fettsyror och fytosteroler, samt halten kolesterol, uppvisade en tydligt minskande trend för i stort sett samtliga geografiska grupper/områden under perioden 1998-2014. Minskningen i halt av extraktivämnena fettsyror och fytosteroler kan inte tolkas som något negativt.

2. Anledningen till att kolesterol minskat är oklar. Kolesterol kan fisken själv utsöndra till gallan naturligt, antingen som ren kolesterol eller i form av gallsyror. Fisken kan själv bilda kolesterol men huvudsakligen sker tillskottet av kolesterol via födan. Om födotypen eller födoresurserna förändras kan detta kanske också påverka kolesterolhalten. Detta kan i sin tur ha följd effekter på de många funktioner som kolesterol har i cellerna, såsom vid bildandet av könshormoner och vitamin D.

3. För att undersöka om den minskande halten av kolesterol kunde kopplas till tillförseln av komponenter från Helgeån under perioden 1998-2014 utfördes initialt tidstrendsanalyser på fysikalisk-kemiska parametrar från ån. Undantaget årsmedelhalten av TOC (totalt organiskt kol), som uppvisade en ökande trend, noterades inga signifikanta minskningar eller öknings för de övriga parametrarna (vattenflöde, TOC, halten järn och vattenfärg). Ingen koppling kunde dock göras mellan den minskande kolesterolhalten och den ökande TOC-halten under perioden 1998-2014.

4. Halten av PAH-metaboliter visade sig vara signifikant högre efter 2009/2010, vilket är då de första rapporterna om en försämring av miljötillståndet i Hanöbukten kom fram. Haltökningen var dock så låg att den inte gav någon omedelbar biologisk respons i form av ökad produktion av avgiftningsenzymet CYP1A (och ej heller en ökad aktivitet av enzymet i form av en ökad EROD-aktivitet). Resultaten från de morfometriska parametrarna och reproduktionsparametrarna indikerar också att miljötillståndet för tånglake inte var sämre efter 2009/2010 jämfört med före denna brytningspunkt.

5. En tydligt minskande trend i halten av avgiftningsenzymet CYP1A sågs för perioden 2010-2014, dvs efter brytpunkten 2009/2010. Att avgiftningsenzymet CYP1A minskar efter 2009/2010 kan tolkas som att halten främmande ämnen i havsmiljön inte ökat utan snarare minskat. Detta står dock i ett motsatsförhållande till att för vissa av de geografiska grupperna noterades en tydligt ökande trend i aktivitet av enzymet glutathiontransferas (GST) under 2010-2014. Intressant är att tydligast är trenden för "Åhus" som ligger längst in i Hanöbukten. Varför CYP1A-halten minskar samtidigt som aktiviteten av GST ökar är oklart. Förklaringen kan kanske vara en närvaro av ämnen som inte ger en inducering av CYP1A men däremot av GST.

6. Sammantaget visar utvärderingen inte på att några tydliga negativa förändringar skett i Hanöbukten efter 2009/2010 eller att stora miljöproblem föreligger. Detta gäller dock i de områden där undersökningar av tånglake genomförts. Det bör framhållas att de miljöproblem som påvisats på skrubbskädda och torsk i Hanöbukten kanske inte drabbar tånglake.

2. INLEDNING

2.1 Bakgrund

Under 2009/2010 kom de första rapporterna om att miljötillståndet i Hanöbukten inte var bra. Det rörde sig om att fisken flytt till djupare vatten, d v s ingen fisk fanns kustnära. Rapporter kom också om att mager och/eller sårskadad fisk noterats. Vattnet i bukten beskrevs som brunfärgat och illaluktande. En ökning i mängden ettåriga fintrådiga alger och en minskning i antalet små kräftdjur noterades i kustområdet. Det hade också skett en minskning av kustfågel och döda fåglar noterades i skärgården. Länsstyrelsen i Skåne meddelade regeringen om läget, vilket ledde till att Havs- och vattenmyndigheten (HaV) fick i uppdrag att utreda situationen. Som ett led i denna utredning har Toxicon AB genomfört en statistisk utvärdering åt Göteborgs Universitet på uppdrag av HaV. Utvärderingen baseras på de årliga fiskfysiologiska undersökningar på tånglake som Toxicon AB genomfört 1998-2014 i det aktuella området på uppdrag åt Stora Enso Nymölla och Södra Cell Mörrum. Målet med utvärderingen är att ta reda på om det finns trender i fiskmaterialet som indikerar på ett försämrat tillstånd för tånglake sedan 2009/2010.

2.2 Datamaterialet

Fiskfysiologiska undersökningar på tånglake (*Zoarces viviparous*), utförda av Toxicon AB på uppdrag av Stora Enso Nymölla och Södra Cell Mörrum, finns för perioden 1998-2014 (Toxicon, 2015a och Toxicon, 2015b). I undersökningarna finns data för ett drygt 30-tal parametrar. Här ingår kemiska, biokemiska, histopatologiska, morfometriska och reproduktionsparametrar. Undersökningarna har utförts på sju lokaler som geografiskt täcker området från Åhus till Torhamn, d v s från inre Hanöbukten till Blekingekustens östligaste del. Målsättningen med undersökningarna har varit att studera eventuella skillnader mellan referens- och recipientlokaler. Fokus har alltså inte varit att studera eventuella trender med avseende på tid. I denna rapport/utvärdering används däremot det stora datamaterialet för tånglake (under perioden 1998-2014) till att undersöka om det finns signifikanta trender i materialet med avseende på tid och om skillnader föreligger för några parametrar före och efter det att en förändring i Hanöbuktens miljötillstånd noterades.

Tånglake

Tånglake (*Zoarces viviparous*) betraktas som en relativt stationär fisk som lever kustnära. Den används, tillsammans med abborre, som bioindikator i det svenska nationella övervakningsprogrammet avseende fiskfysiologi. Tånglake är en fisk som föder levande ungar. Detta gör det möjligt att studera om eventuella störningar på reproduktionen, såsom förhöjd yngeldödlighet och missbildningar hos ynglen, finns.

Parametrarna

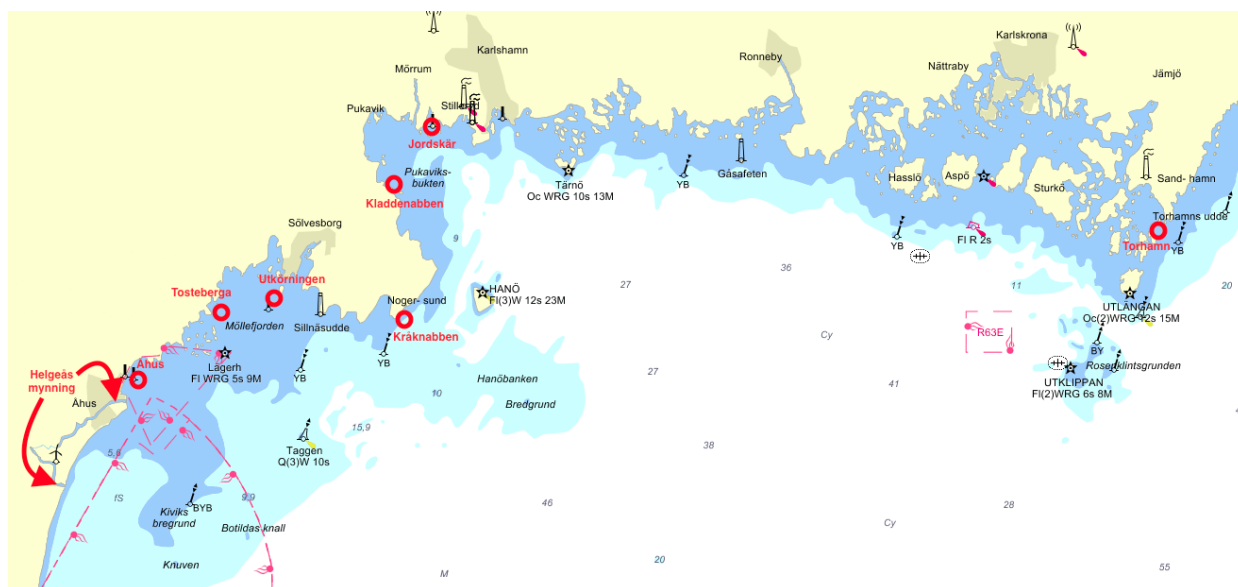
De parametrar som ingår i undersökningarna kan delas in i kemiska markörer, biomarkörer, morfometriska parametrar och reproduktionsparametrar. De kemiska markörerna utgörs av extraktivämnen från ved; fettsyror, fytosteroler och hartssyror. I analysen får man också ut kolestrerol och fecosterol. Tillsammans med fytosteroler utgör de totalhalten steroler. De biologiska markörerna, eller biomarkörerna, utgör ett mått på en exponering för främmande ämnen. De biomarkörer som mäts är PAH-metaboliter i galla (tre olika typer) och leverenzymers aktivitet/halt: EROD-aktivitet, CYP1A-halt, glutathiontransferas (GST) och glutathionreduktas (GR). De morfometriska parametrarna somatisk konditionsfaktor (SCF= honans somatiska vikt/längd³) och relativ levervikt (LTI=levervikt/honans totala vikt, och LSI=levervikt/honans somatiska vikt) ger grova mått på fiskens fysiologiska kondition respektive leverstatus. Störst antal parametrar får man från den yngelkontroll som görs på tånglakehonornas yngel. De ekologiskt mest relevanta reproduktionsparametrarna är de som säger något om antalet yngel och om ynglen lever och/eller är missbildade. Dessa är andelen döda yngel, andelen missbildade yngel, fekunditet (antalet yngel/honans somatiska vikt) och reproduktion (antalet levande yngel/honans vikt). Andelen honyngel ger ett mått på om honorna exponerats för ämnen som kan påverka vilket kön ynglen får.

2.3 Målsättning

Utvärderingen har som mål att ta reda på om parametrarna förändrats över tid (under perioden 1998-2014) och om geografisk placering i så fall spelar en roll samt om en koppling till omvärldsfaktorer kan göras till de eventuella förändringarna. Initialt utförs inledande tidstrendsanalyser för lokalerna, indelade i tio olika geografiska grupper. Därefter görs variansanalyser för att undersöka om skillnader finns för parametrarna före respektive efter 2009/2010, vilket var då de första signalerna kom om att fisken flydde området och att sårskadad fisk noterades. Slutligen kopplas eventuella skillnader över tid till omvärldsfaktorer såsom avrinning och vattnets brunifieringsgrad (färgtal).

2.4 Upplägg

Data finns för 36 parametrar från sju lokaler. Lokalerna är huvudsakligen placerade väster respektive öster om Listerlandet, d v s i inre Hanöbukten och i Pukaviksbukten (figur 1). I de statistiska analyserna har lokalerna delats in i sju olika grupper plus att referenslokalerna behandlats separat (tabell 1). Anledningen till uppdelningen är att undersöka om skillnader finns mellan olika geografiska områden avseende eventuella tidstrender för de aktuella parametrarna. För de totalt tio områdena (inklusive de tre referenslokalerna) utfördes tidstrendsanalyser och variansanalyser (ANOVA).



FIGUR 1. Karta (modifierad från Eniro) med lokalerna inlagda (som röda ringar). Helgeåns mynning illustreras med röda pilar..

TABELL 1. De lokaler som fördelats i tio olika grupper i den statistiska utvärderingen av undersökningar åt Stora Enso Nymölla och Södra Cell Mörrum under perioden 1998-2014. .

Grupp	Åhus	Tosteberga	Utkörningen	Kråknabben	Kladdenabben	Jordskär	Torhamn
Alla	X	X	X	X	X	X	X
Ref-alla	X			X			X
Rec-alla		X	X		X	X	
Rec-N		X	X				
Rec-M					X	X	
Hanö	X	X	X				
Pukavik				X	X	X	
Åhus	X						
Kräken				X			
Torhamn							X

3. STATISTIK

3.1 Tidstrendsanalyser

Tidstrendanalyser har utförts för hela undersökningsperioden (1998-2014) samt för perioderna 1998-2009 och 2010-2014. Detta har gjorts för att se om skillnader finns före och efter 2009/2010, vilket är det år då problemen i Hanöbukten verkar ha uppstått. Tidstrendanalyser utfördes också på data från Helgeå. Det rörde sig om vattenflödesdata från SMHIs mätstation 2191 (Torsebro KRV) samt på följande fysikalisk-kemiska data från SLUs mätstation 31: TOC (totalt organiskt kol), järnhalt (Fe) och vattenfärg (Abs. vid 420 nm). För de fiskfysiologiska parametrar där signifikanta tidstrender med god förklaringsgrad förelåg för perioden 1998-2014 undersöktes huruvida en korrelation förelåg till vattendata från Helgeå. Detta för att kunna knyta en eventuell förändring i någon parameter till en påverkan från Helgeå. Totalt gjordes drygt 1 100 tidstrendanalyser. Analyserna är gjorda i programvaran Statview. Indelning av de signifikanta trenderna har gjorts utifrån förklaringsgraden. Graderingen går från ej signifikant trend/signifikant trend med mycket svag förklaringsgrad (<10%) till mycket god förklaringsgrad (>40%):

● Ingen/mycket svag	Ej signifikant/<10% förkl.grad
● Svag	10-≤20% förklaringsgrad
● Måttlig	20-≤30% förklaringsgrad
● God	30-≤40% förklaringsgrad
● Mycket god	>40 förklaringsgrad

3.2 Variansanalyser

Variansanalyser (ANOVA) har genomförts på datamaterialet 1998-2009 jämfört med datamaterialet 2010-2014. Anledningen var att undersöka om signifikanta skillnader för parametrarna fanns före och efter brytpunkten 2009/2010. Signifikansnivån sattes till 95% ($p < 0,05$). Totalt gjordes 360 variansanalyser. Analyserna utfördes i programvaran Statview.

4. RESULTAT OCH DISKUSSION

4.1 Tidstrendsanalyser

Ett mycket stort antal tidstrendsanalyser har körts. Resultaten från dessa sammanfattas i tabell 2-4 (och i bilaga 1). Ett urval av tidstrendsanalyserna presenteras för de olika parametrarna. Resultat från parametrar som använts för att ta fram olika index eller parametrar som är beroende av provtagningstidpunkt (t ex totalvikt, total längd, somatisk vikt, totalvikt yngel, totala antalet yngel och medelvikt/yngel) presenteras bara i bilaga. Olika bedömningskriterier har använts i den histopatologiska utvärderingen före och efter 2009/2010. Därför tas inte data med från de histopatologiska studierna i denna rapport.

Perioden 1998-2014

Extraktivämnen i galla

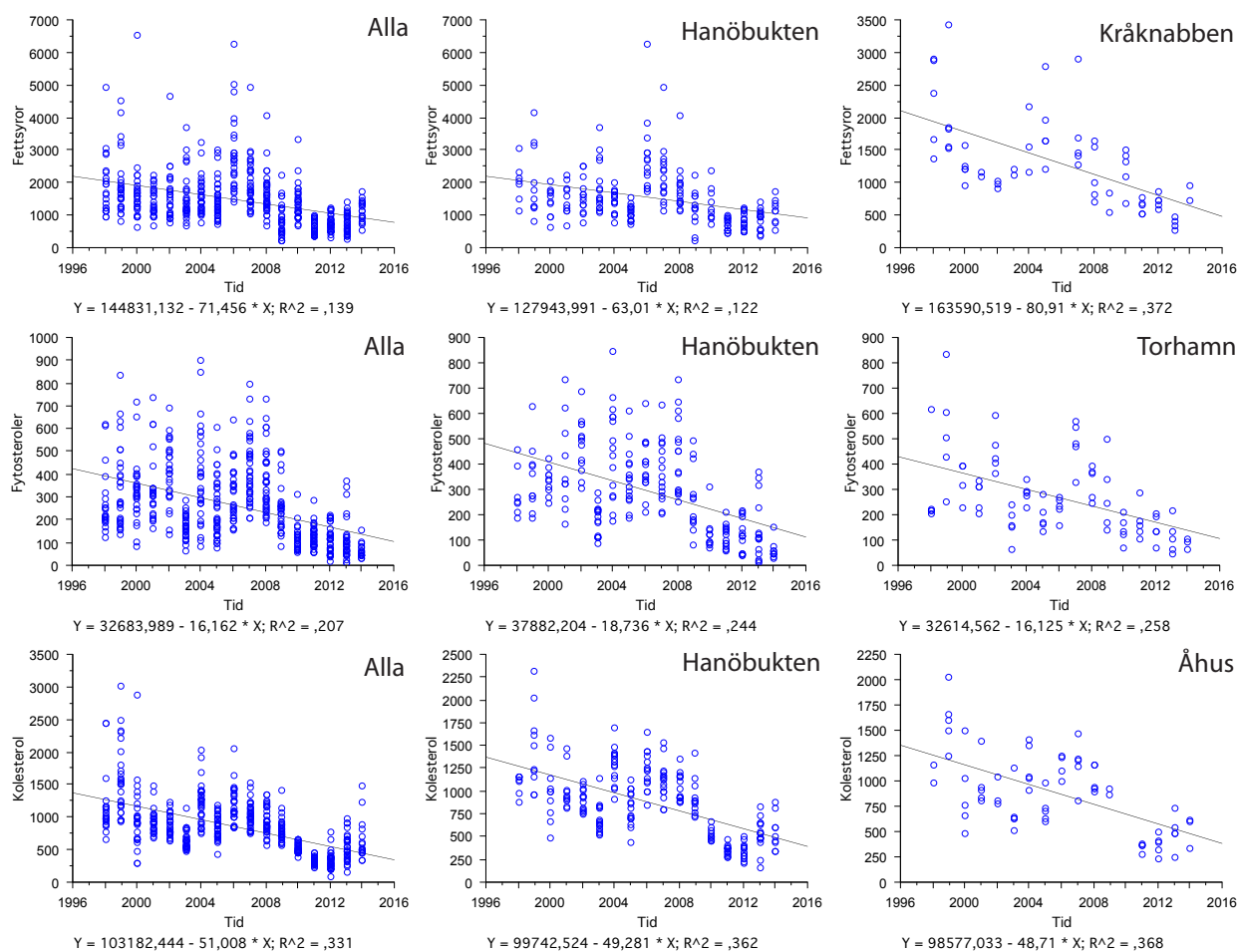
Halten av extraktivämnena fettsyror och fytosteroler minskar generellt sett i grupperna under perioden. Detsamma gäller för halten steroler, steroler exklusive fytosteroler och kolesterol. För dessa parametrar är trenderna dock tydligare, d v s förklaringsgraden är högre (tabell 2 och bilaga 1). Noterbart är att spridningen är tydligt mindre för parametrarna efter jämfört med före 2009/2010 (figur 2). Halten steroler består till övervägande del av kolesterol, men också av fecosterol (en sterol som produceras av svampar och mossor). Att halten steroler och kolesterol i stort sett ger snarlika resultat i de olika grupperna är därför inte förvånande. Halten av kolesterol minskar för samtliga grupper men något mindre tydligt (lägre förklaringsgrad) för grupp "Torhamn" (lokalen längst österut) (tabell 2). Överlag var förklaringsgraden god för de olika geografiska grupperna avseende kolesterol (figur 2 och tabell 2). Ingen eller en mycket svag trend kan ses för hartssyror. Orsaken till detta var troligen att halterna låg precis runt detektionsgränsen undantaget ett år då halterna var mycket höga.

TABELL 2. Signifikanta minskningar respektive ökning under perioden 1998-2014 för de olika parametrarna uppdelat på de tio geografiska grupperna. Blå färg indikerar ingen signifikans eller signifikans med mycket låg förklaringsgrad ($\leq 10\%$). Grön, gul, orange och röd färg indikerar signifikans med svag, måttlig, god respektive mycket god förklaringsgrad (se legend nedan tabellen). De lokaler som ingår i de tio olika grupperna har angetts i tabell 1. Grupper som är blåmarkerade är referenslokaler i Stora Enso Nymöllas och Södra Cell Mörrums program. För förklaringsgrad hänvisas till bilaga 1.

	Alla	Ref-alla	Rec-alla	Rec-M	Rec-N	Hanö	Pukavik	Åhus	Kräken	Torhamn
Fettsyror	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat
Fytosteroler	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat
Steroler	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat
Steroler-fytosteroler	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat
Kolesterol	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat
Hartssyror										
Naftalenmetaboliter		Ökat			Ökat		Ökat	Ökat	Ökat	
1-OHpyrenmetaboliter									Ökat	
Bensopyrenmetaboliter									Ökat	
EROD			Minskat	Minskat		Minskat		Minskat		
CYP1A (≥ 2006)				Minskat		Minskat		Minskat	Minskat	
EROD/CYP1A (≥ 2006)				Minskat		Minskat		Minskat	Minskat	
GST (≥ 2010)	Ökat	Ökat	Ökat	Ökat		Ökat	Ökat	Ökat	Ökat	
GR (≥ 2010)									Ökat	
Somatisk konditionsfaktor										
LTI										
LSI										
GSI										
GS12										
ESI										
Fekunditet										
Reproduktion										
Retarderade yngel < 15mm										
Retarderade yngel > 15mm										
Retarderade yngel, totalt										
Missbildade yngel, totalt										
Döda yngel < 15 mm										
Döda yngel > 15 mm										
Andel honyngel										



Biomarkörer

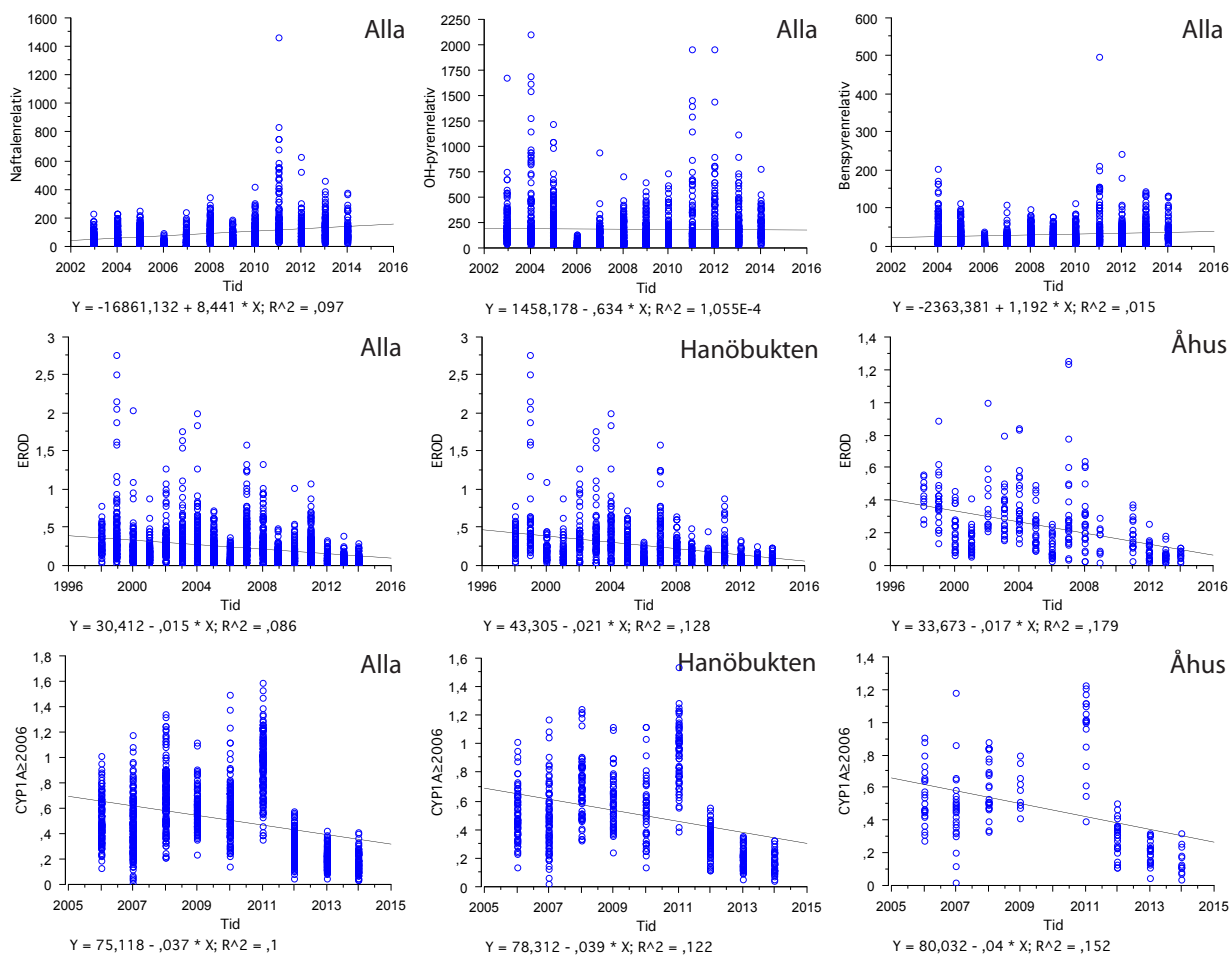


FIGUR 2. Tidstrender för extraktvämnena fettsyror och fytosteroler samt för kolesterol ($\mu\text{g/g TS}$), exemplifierat med de geografiska grupperna "Alla", "Hanöbukten", "Kråknabben" (fettsyror), "Torhamn" (fytosteroler) och "Åhus" (kolesterol). De lokaler som ingår i de olika grupperna har angivits i tabell 1.

Då samtliga lokaler (grupp "Alla") tas med i tidstrendanalysen noterades ingen/mycket svag trend för samtliga biomarkörer förutom för GST som uppvisade en ökande trend med låg förklaringsgrad (tabell 2). Då GST (och GR) först började analyseras 2010 säger dock denna parameter inget om trender för hela perioden 1998-2014. Avgiftningenszymer CYP1As aktivitet (=EROD-aktivitet) och dess halt (=CYP1A-halt) uppvisade för några av grupperna minskande trender men med låg förklaringsgrad (tabell 2 och figur 3). Å andra sidan uppvisade halten av naftalenliknande PAH-metaboliter ökande trender, men med en låg förklaringsgrad, för vissa av grupperna (figur 3). Detta kan tyckas något förvånande då en ökning i PAH-metabolithalt visats samvariera med en ökning i EROD-aktivitet ((Hanson et al., 2008). Förklaringen till att halten av naftalenliknande metaboliter inte samvarierade med EROD-aktiviteten i de utförda tidstrendanalyserna berodde troligtvis på att halten av naftalenliknande metaboliter inte var så hög att det gav en biologisk respons i form av en ökad EROD-aktivitet. Endast i grupp "Kråknabben" uppvisade övriga PAH-metaboliter (1-OHpyrenliknande och bensopyrenliknande) en ökande trend, men också här med låg förklaringsgrad (tabell 2).

Morfometriska parametrar och reproduktionsparametrar

Samtliga parametrar uppvisade en icke signifikant trend eller en mycket svag trend (förklaringsgrad <10%) i de olika geografiska grupperna (tabell 2).



FIGUR 3. Tidstrender för PAH-metaboliter (relativ fluorescens av naftalenlikande, pyrenlikande och bensopyrenlikande metaboliter), EROD (nmol/min*mg protein) och CYP1A-halten (relativ absorbens), exemplifierat med de geografiska grupperna "Alla", "Hanöbukten", och "Åhus". För CYP1A-halten finns endast data för perioden 2006-2014. De lokaler som ingår i de olika grupperna har angivits i tabell 1.

Perioden 1998-2009

Extraktvämmen i galla

Inga signifikanta trender eller mycket svaga trender noterades generellt sett för fettsyror, fytosteroler, steroler och kolesterol. Däremot noterades en ökande trend med måttlig förklaringsgrad för halten hartssyror för i stort sett samtliga grupper (tabell 3). Orsaken till detta var att mycket högre halter av hartssyror (till följd av en mycket hög halt av hartssyran dehydroabietin) noterades under ett år i slutet av perioden och detta gav den signifikanta positiva ökningen. Ökningen i halt sågs på samtliga lokaler under det aktuella året.

Biomarkörer

Halten av naftalenlikande PAH-metaboliter uppvisade en ökande, men svag, trend för lokalerna i Pukaviksbukten ("Rec-M", "Pukavik" och "Kråknabben") (tabell 3). En nedåtgående trend, med måttlig förklaringsgrad, i halten av 1-OHpyrenlikande metaboliter och bensopyrenlikande metaboliter noterades för "Torhamn". I vissa av grupperna förekom svaga nedåtgående trender för halten av 1-OHpyrenlikande metaboliter (tabell 3). Generellt sett var dock halten av PAH-metaboliter i de olika lokalgrupperingarna ej signifikant eller signifikant med en mycket svag förklaringsgrad. För EROD och EROD/CYP1A förekom inga signifikanta trender eller så var förklaringsgraden mycket svag om det var så att en signifikant trend noterades. Däremot noterades en ökande trend med låg till måttlig förklaringsgrad för CYP1A-halten, vilken började analyseras från och med 2006, på samtliga referenslokaler ("Ref-alla") samt på referenslokalerna "Kråknabben" och "Torhamn".

TABELL 3. Signifikanta minskningar respektive ökning under perioden 1998-2009 för de olika parametrarna uppdelat på de tio geografiska grupperna. Blå färg indikerar ingen signifikans eller signifikans med mycket låg förklaringsgrad ($\leq 10\%$). Grön, gul, orange och röd färg indikerar signifikans med svag, måttlig, god respektive mycket god förklaringsgrad (se legend nedan tabellen). De lokaler som ingår i de tio olika grupperna har angetts i tabell 1. Grupper som är blåmarkerade är referenslokaler i Stora Enso Nymöllas och Södra Cell Mörrums program. För förklaringsgrad hänvisas till bilaga 1. EA= Ej analyserat (d v s data finns bara för perioden 2010-2014).

Perioden 1998-2009

	Alla	Ref-alla	Rec-alla	Rec-M	Rec-N	Hanö	Pukavik	Åhus	Kräken	Torhamn
Fettsyror										
Fytosteroler								Ökat		
Steroler										Minskat
Steroler-fytosteroler				Minskat						Minskat
Kolesterol				Minskat						
Hartssyror	Ökat	Ökat	Ökat	Ökat	Ökat	Ökat	Ökat	Ökat	Ökat	Ökat
Naftalenmetaboliter				Ökat			Ökat		Ökat	
1-OHpyrenmetaboliter		Minskat		Minskat			Minskat			Minskat
Bensopyrenmetaboliter										Minskat
EROD										
CYP1A (≥ 2006)		Ökat							Ökat	Ökat
EROD/CYP1A (≥ 2006)										
GST	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA
GR	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA
Somatisk konditionsfaktor										
LTI										
LSI									Minskat	
GSI										
GSI2										
ESI										
Fekunditet										
Reproduktion										
Retarderade yngel < 15mm										
Retarderade yngel > 15mm										
Retarderade yngel, totalt										
Missbildade yngel, totalt										
Döda yngel < 15 mm										
Döda yngel > 15 mm										
Andel honyngel										



Morfometriska parametrar och reproduktionsparametrar

I samtliga grupper förekom inga signifikanta trender eller mycket svaga trender ($\leq 10\%$ förklaringsgrad) för de olika parametrarna (tabell 3). En svagt minskande trend noterades dock på Kråknabben för LSI (leversomatiskt index) (tabell 3).

Perioden 2010-2014

Extraktivämen i galla

Jämfört med perioderna 1998-2014 och 1998-2009 uppvisade perioden 2010-2014 ett mindre entydigt mönster för de olika geografiska grupperna (tabell 4). Ökande trender, med måttlig respektive god förklaringsgrad, sågs för kolesterol (vilket i stort sett också är steroler minus fytosteroler) i grupp "Åhus" och "Torhamn" (figur 4). Inga signifikanta trender eller signifikanta trender med mycket svag förklaringsgrad noterades för övriga geografiska grupper avseende kolesterol (undantaget "Ref-alla" där en signifikant trend med svag förklaringsgrad noterades) och hartssyror. För fettsyror och fytosterol uppvisade några grupper minskande trender med svag förklaringsgrad. Något förvånande är att för fettsyror uppvisade "Åhus" en uppåtgående trend med mycket bra förklaringsgrad och "Kråknabben" en nedåtgående trend för fettsyror med bra förklaringsgrad, men utan någon samvariation med fytosterolhalten (tabell 4 och figur 4).

Biomarkörer

Ej signifikanta trender eller mycket svaga trender noterades för halten av PAH-metaboliter i de olika grupperna (undantaget en svag ökning i halten av 1-OHPyrenliknande metaboliter för "Åhus" i innersta Hanöbukten) (tabell 4). För halten CYP1A noterades en minskning med god till mycket god förklaringsgrad i samtliga grupper. En minskning i aktiviteten av enzymet (EROD) noterades också i vissa grupper, men med svag till måttlig förklaringsgrad (tabell 4 och figur 4). Sedan de första rapporterna kom om att Hanöbuktens miljötillstånd inte var riktigt bra har alltså avgiftningenszyms halt minskat. Detta skulle kunna tolkas som att halten av främmande ämnen inte ökat, utan snarare minskat, under perioden 2010-2014. Att kvoten EROD/CYP1A uppvisade en svagt ökande trend berodde troligtvis på att enzymets haltminskning var något större än enzymets aktivitetsminskning under 2010-2014. Leverenzymet glutationtransferas (GST) uppvisade en ökande trend med svag-måttlig förklaringsgrad i majoriteten av grupperna (figur 4). Detta skulle kunna tolkas som en ökad enzymaktivitet till följd av någon form av stimuli som t ex en ökande belastning av främmande ämnen. Intressant är att mest tydlig är trenden för "Åhus" (en god förklaringsgrad på 39%) som ligger i innersta Hanöbukten (figur 4). Det är också här i innersta Hanöbukten som diskussioner om att Helgeåns vatten skulle kunna ge en viss negativ påverkan har förts (HaVs hearing om miljötillståndet i Hanöbukten 2013).

Morfometriska parametrar och reproduktionsparametrar

En minskande trend, med svag förklaringsgrad, noterades för fysiologisk kondition (somatisk konditionsfaktor) och levertstatus (LTI) på Kråknabben (tabell 5). En ökande trend med svag förklaringsgrad noterades i några av grupperna för GSI (=gonadvikten/honans somatiska vikt) och ESI (=yngelvikt/honans somatiska vikt) (tabell 5). Anledningen kan vara att provfisket, och därmed provtagningen, skett något senare under perioden 2013-2014 jämfört med åren innan. Detta innebär bl a att, om det förutsätts att reproduktionen sker ungefär vid samma tidpunkt årligen, hinner ynglen växa mer innan provtagning görs. Högre GSI och ESI kan då bli fallet. En ökning i parametrarna kan primärt inte tolkas som något negativt.

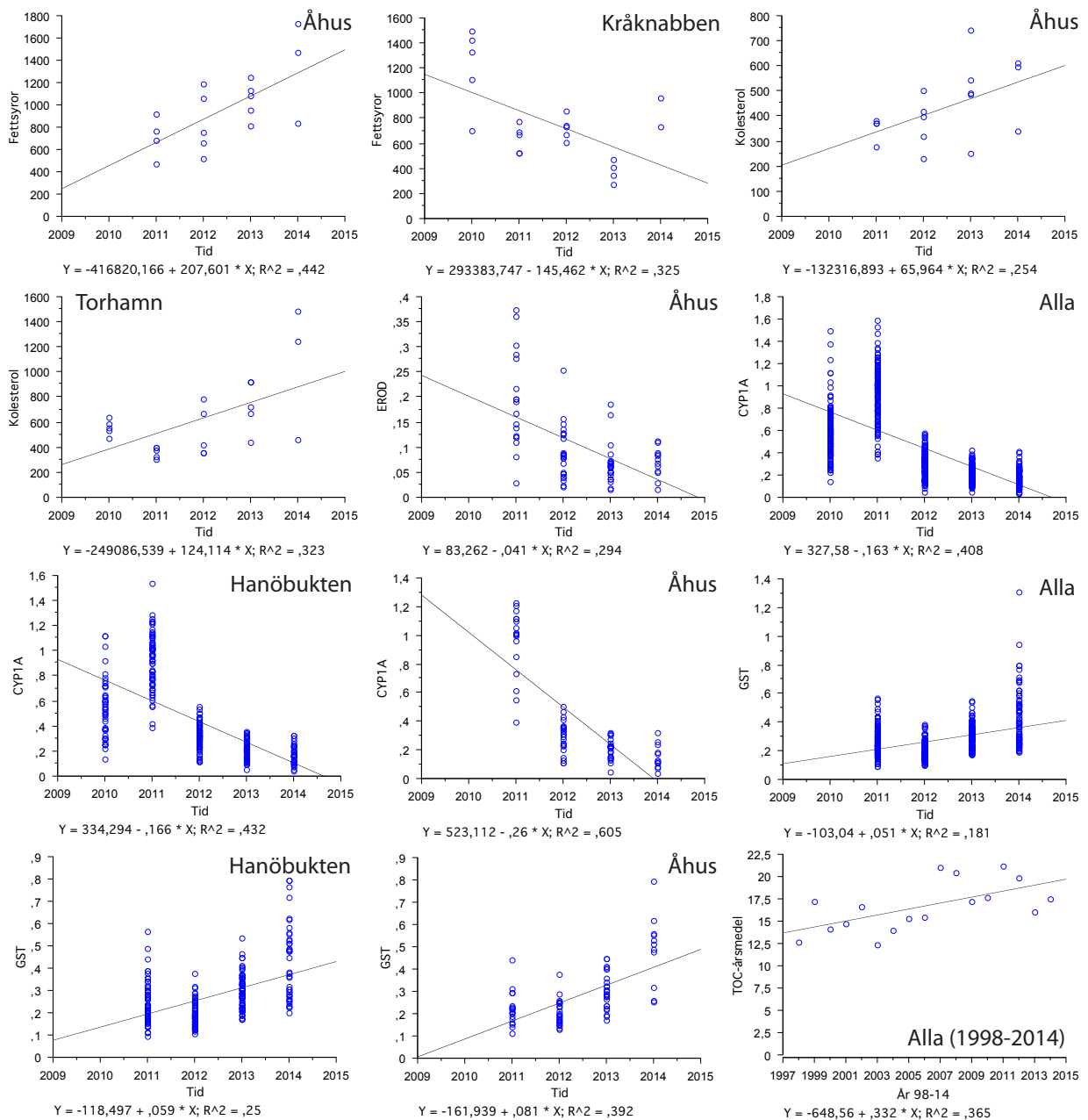
Omvärldsfaktorer

Signifikanta trender, med måttlig till god förklaringsgrad, noterades för de flesta grupper i parametrarna steroler, halten steroler exklusive fytosteroler och halten kolesterol. Då parametern kolesterol gav den största minskningen undersöktes det om den generella minskningen i halt av kolesterol som noterades i grupperna 1998-2014 (tabell 2) kunde kopplas till någon omvärldsfaktors förändring under den aktuella perioden. Då Helgeå är den största

TABELL 4. Signifikanta minskningar respektive ökningar under perioden 2010-2014 för de olika parametrarna uppdelat på de tio geografiska grupperna. Blå färg indikerar ingen signifikans eller signifikans med mycket låg förklaringsgrad ($\leq 10\%$). Grön, gul, orange och röd färg indikerar signifikans med svag, måttlig, god respektive mycket god förklaringsgrad (se legend nedan tabellen). De lokaler som ingår i de tio olika grupperna har angetts i tabell 1. För förklaringsgrad hänvisas till bilaga 1. EA= Ej analyserat (d v s data finns bara för perioden 2010-2014).

	Alla	Ref-alla	Rec-alla	Rec-M	Rec-N	Hanö	Pukavik	Åhus	Kräken	Torhamn
Fettsyror			Minskat	Minskat			Minskat	Ökat	Minskat	
Fytosteroler			Minskat	Minskat			Minskat			Minskat
Steroler		Ökat							Ökat	Ökat
Steroler-fytosteroler	Ökat	Ökat						Ökat	Ökat	Ökat
Kolesterol		Ökat						Ökat		Ökat
Hartssyror										
Naftalenmetaboliter										
1-OHpyrenmetaboliter						Ökat				
Bensopyrenmetaboliter										
EROD			Minskat	Minskat			Minskat	Minskat		
CYP1A (≥ 2006)	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat	Minskat
EROD/CYP1A (≥ 2006)		Ökat			Ökat	Ökat		Ökat	Ökat	Ökat
GST	Ökat	Ökat	Ökat		Ökat	Ökat	Ökat	Ökat	Ökat	
GR									Ökat	
Somatisk konditionsfaktor									Minskat	
LTI									Minskat	
LSI									Minskat	
GSI			Ökat	Ökat			Ökat		Ökat	
GS12										
ESI							Ökat			
Fekunditet									Ökat	
Reproduktion										
Retarderade yngel < 15mm										
Retarderade yngel > 15mm										
Retarderade yngel, totalt										
Missbildade yngel, totalt										
Döda yngel < 15 mm										
Döda yngel > 15 mm										
Andel honyngel										





FIGUR 4. Tidstrender över perioden 2010-2014 för fettsyror ("Åhus" och "Kråknabben") och kolesterol ("Åhus" och "Torhamn") i $\mu\text{g/g TS}$, EROD ("Åhus") i $\text{nmol/min}\cdot\text{mg protein}$ och CYP1A och GST (båda "Alla", "Hanöbukten" och "Åhus") i absorbensheter respektive $\mu\text{mol/min}\cdot\text{mg protein}$. Dessutom tidstrendsanalys för TOC-årsmedel (mg/l) för hela perioden 1998-2014. De lokaler som ingår i de olika grupperna har angivits i tabell 1.

ån med utflöde i Hanöbukten användes data för vattenflöde, totalt organiskt kol (TOC), järnhalt (Fe) och vattenfärg (abs. 420 nm, filtr och abs. 420 nm ofiltr.) härifrån. Det utfördes tidstrendsanalyser både på årsmedelvärden och medelvärden för perioden augusti-oktober under åren för parametrarna. Att augusti-oktober valdes berodde på att det är månaderna precis före det årliga provfisket av tånglake startar och därför ger det information om den senaste belastningen. Vattenföringsdata är från SMHIs databas och resterande parametrar (TOC, Fe, och vattenfärg) är från SLUs databas.

Inga signifikanta tidstrender noterades för omvärldsfaktorerna med undantag för årsmedelvärden för halten TOC ($p=0,01$, förklaringsgrad 36%) (figur 4). Detta är i motsats till de signifikanta ökningarna som rapporterats av Ratcovic *et al.* (2013) och Börjesson (2013) för halten Fe respektive för halten Fe och vattenfärg (brunifiering). Det skall dock påpekas att tidsserierna som använts i denna rapport är kortare än de som använts i Ratcovic *et al.* (2013)

och Börjesson (2013). En koppling mellan halten kolesterol och halten TOC undersöktes men ingen signifikant koppling mellan parametrarna noterades. Haltminskningen i kolesterol i de olika grupperna kan således inte förklaras med en ökande halt av TOC från Helgeå. Varför minskar då kolesterol i galla hos tånglake under 1998-2014? Minskningen har dessutom skett vid brytpunkten 2009/2010, vilket märks t ex både då samtliga lokaler sammanslås ("Alla"), för grupp "Hanö" och grupp "Åhus" (figur 2). Kolesterol utsöndras naturligt till gallan antingen som fri kolesterol eller efter omvandling till gallsyror (Dickers & Tietge, 2010). Om för mycket kolesterol utsöndras kan det finnas en risk för gallsten, men om halten kolesterol i galla minskar vad innebär det? Kolesterol har många viktiga funktioner i kroppen såsom produktion av könshormoner och är kanske den viktigaste komponenten för produktion av D-vitamin. Kan den lägre kolesterolhalten ses som ett indirekt uttryck för en D-vitaminbrist? Detta skulle isåfall kunna vara i linje med ett av många spår till varför miljötillståndet i Hanöbukten är dåligt (HaVs hearing om miljötillståndet i Hanöbukten 2013). Det som är närmast att tänka sig är dock att födotillgången/födoalet förändrats och detta påverkar i sin tur mängden kolesterol som fisken får i sig via födan.

4.2 Variansanalyser

Då samtliga lokaler togs med i variansanalysen (grupp "Alla") noterades att följande parametrar var signifikant lägre efter 2009/2010 (bilaga 2):

1. Halten extraktivämnen (inklusive kolesterol)
2. Avgiftningsenzymet CYP1A (EROD-aktivitet och CYP1A-halt)
3. Andelen retarderade yngel < 15mm, andelen retarderade yngel totalt och andelen döda yngel <15 mm.

De parametrar som var signifikant högre efter 2009/2010 var (bilaga 2):

1. PAH-metabolithalterna
2. Relativ gonadvikt (GSI, GSI₂ och ESI)
3. Fekunditet och reproduktion.

För resterande parametrar förekom inga signifikanta trender eller så var trenden mycket svag. Vad innebär då dessa resultat? En minskning i både halten och aktiviteten av avgiftningsenzymet CYP1A kan tolkas som att belastningen av främmande ämnen i vattenmiljön generellt sett inte ökat utan snarare minskat. Bra är naturligtvis att färre retarderade respektive döda yngel noterades efter 2009/2010. Vad en minskning i halten av kolesterol innebär och beror på är desto svårare att förklara. Som nämnts tidigare kan möjligen detta sättas samman med en ändrad födosituation som ger lägre halt kolesterol till fisken via födan. Detta skulle kunna påverka näringsstatusen hos fisken, vilket är i linje med att mer mager fisk noterats i Hanöbukten under senare år. Att några av reproduktionsindexen (fekunditet, reproduktion, GSI och ESI) ökat borde i första hand ses som något positivt. En ökning av GSI (och ESI) kan ha berott på att större fiskhonor generellt sett provfiskades efter 2009/2010 relativt före 2009/2010. Ökningen i halten av PAH-metaboliter är dock negativt. Då ingen koppling till en ökad EROD-aktivitet eller CYP1A-halt förekom kan haltökningen troligen bedömas som relativt låg, vilket inte ger några omedelbara biologiska responser.

Generellt visade variansanalyserna samma resultat för de andra nio grupperna som för gruppen "Alla" (tabell 5). Dock med några få undantag. Den relativa levervikten (LTI och LSI), som är ett grovt mått på leverstatusen, var signifikant högre efter 2009/2010. Den relativa levervikten LTI och LSI ökade på lokalerna i Pukaviksbukten (grupperna "Rec-M", "Pukavik" och "Kråknabben"). Andelen döda yngel >15 mm var signifikant högre efter 2009/2010 för grupp "Rec-M" och "Pukavik". Ökningen i relativ levervikt kan sättas samman med att fiskarna under de senare åren varit både kraftigare och längre här relativt tidigare. Det föreligger nämligen en signifikant korrelation mellan ökad vikt (och längd) hos fisken och leverns relativa vikt (LSI och LTI). Att andelen döda yngel ökat i några grupper efter 2009/2010 är naturligtvis negativt. Det är dock så att ökningen skett på recipientlokalerna i Pukaviksbukten under senare år och ingen generell försämring kan ses för alla lokaler (grupp "Alla") eller specifikt i Hanöbukten ("grupp" Hanö").

4.3 Sammanfattande diskussion

Finns det något som tyder på att situationen för tånglake försämrats under perioden 1998-2014? Endast halten av extraktivämnena fettsyror och fytosteroler, samt halten kolesterol, uppvisade en tydlig trend för i stort sett samtliga geografiska grupper under perioden. Att extraktivämnena fettsyror och fytosteroler minskat kan inte tolkas som något negativt. Extraktivämnena är kemiska markörer för skogsindustriellt vatten men ämnena kan också tillföras havet från åar. Kolesterol kan komma från ved, men den troligaste källan är att kolesterol kommer från fiskens naturliga utsöndring av ämnet, antingen som ren kolesterol eller i form av gallsyror. Varför halten kolesterol minskat efter 2009/2010, vilket kan ses i tidstrendsanalyserna och i variansanalyserna, är oklart. Kolesterol kan kroppen själv bilda men huvudsakligen sker tillskottet av kolesterol via födan. Om födotypen eller födoresurserna förändras kan därmed också kolesterolhalten förändras. Kolesterol har många funktioner i cellerna, såsom produktion av könshormoner och vitamin D. Är den lägre halten kolesterol ett uttryck för att mindre vitamin D har möjlighet att bildas?

Halten av PAH-metaboliter visade sig vara signifikant högre efter 2009/2010. En haltökning av PAH-metaboliter över perioden 1998-2014 samt över perioden 2010-2014 fanns för vissa av de geografiska grupperna, men förklaringsgraden var mycket svag eller svag. Då ingen ökande trend noterades för enzymet CYP1A, mätt som halt och aktivitet (EROD), över perioden 1998-2014 kunde ingen biologisk respons till följd av haltökningen av PAH-metaboliter detekteras. Sammanfattningsvis indikerar detta att haltökningen av PAH-metaboliter troligtvis var så låg att den inte borde ha gett negativa effekter på tånglake. Ej heller noterades negativ påverkan på tånglake utifrån resultat från de morfometriska parametrarna och reproduktionsparametrarna. De ökningarna som noterades efter 2009/2010 avseende parametrar såsom relativ levervikt, relativ gonadvikt och fekunditetsindex/reproduktionsindex i vissa av de geografiska grupperna bedömdes troligen ha naturliga orsaker, såsom skillnader i provtagningstidpunkt mm. Ökningarna kunde inte heller i första hand tolkas som något negativt.

Kan man då se förändringar i perioden 2010-2014? För kolesterol kan nu ingen haltminskning ses för grupperna. Istället ökar halten för grupp "Torhamn", "Åhus" och "Ref-alla". Variansanalyserna visar däremot att en tydligt lägre halt av kolesterol (och extraktivämnen) kan ses efter brytpunkten 2009/2010. En tydlig minskning ses för halten CYP1A över 2010-2014. Denna minskning förstärker ytterligare vad som noterades för 1998-2014: Halten av avgiftning enzymet CYP1A har inte ökat. Detta kan tolkas som att halten främmande ämnen i havsmiljön inte ökat utan snarare minskat. Detta står dock i motsatsförhållande till att en viss ökning noterades i aktivitet av enzymet glutathiontransferas (GST) under 2010-2014. Intressant är att tydligast är trenden (ökning i GST och minskning i CYP1A-halt) för "Åhus" som ligger i innersta Hanöbukten. Varför CYP1A-halten minskar samtidigt som aktiviteten av GST ökar är oklart. Förklaringen kan kanske vara en närvaro av ämnen som inte ger en produktion/inducering av CYP1A men som påverkar produktion/inducering av GST.

5. REFERENSER

- Börjesson, L. (2013). The impact of riverine iron on eels in the Hanö bay. Examensarbete 30 p. Lunds Universitet
- Dickers, A. & Tietge, U.JF (2010). Biliary cholesterol secretion: More than a simple ABC. *World J. Gastroenterol*: 16(47): 5936-5945.
- Hanson, N., Persson, S. and Å. Larsson (2009). Analyses of perch (*Perca fluviatilis*) bile suggest increasing exposure to PAHs and other pollutants in a reference area on the Swedish Baltic coast. *J. Environ. Monit.* 11:389-393
- Ratcovic, J. Nilsson, A. Carlsson, P. Brönmark, E. Kritzberg (2013). Effekter av humöst och järnhaltigt vatten på kustnära ål. 8 sidor.
- Toxicon (2015a), Hälsotillstånd och fortplantning hos tånglake i recipienten till Södra Cell Mörrum hösten 2014. Toxiconrapport 016-15. 36 s.
- Toxicon (2015b), Hälsotillstånd och fortplantning hos tånglake i recipienten till Stora Enso Nymölla AB hösten 2014. Toxiconrapport 017-15. 40 s.

6. BILAGA 1 - Tidstrendanalyser (förklaringsgrad)

Samtliga lokaler 1998-2014

	Alla	Ref-alla	Rec-alla	Rec-M	Rec-N	Hanö	Pukavik	Åhus	Kräken	Torhamn
Fettsyror	13,9	11,3	16,5	18,7	15,1	12,2	21,7	<10	37,2	<10
Fytosteroler	20,7	13,9	26,5	20,3	35,8	24,4	15,5	<10	<10	25,8
Steroler	31,3	26,8	35,5	35,3	37,7	36,3	30,8	35,7	25,6	23,9
Steroler-fytosteroler	29,3	25,8	32,3	32,5	34	35,3	29	38,8	25,4	19,2
Kolesterol	33,1	27,8	37,7	40,6	36,1	36,2	37,2	36,8	32,8	19,8
Hartsyror	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Gallprotein	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Naftalenmetaboliter	<10	10,7	<10	<10	13,6	<10	13,5	17	12,3	<10
1-OHpyrenmetaboliter	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11,5	<10
Bensopyrenmetaboliter	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10,5	<10
EROD	<10	<10	10,7	12,9	<10	12,8	<10	17,9	<10	<10
CYP1A (≥2006)	<10	<10	<10	14,2	<10	12,2	<10	15,2	11,4	<10
EROD/CYP1A (≥2006)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
GST	18,1	23,2	14,4	19,8	<10	25	15,6	39,2	28,5	<10
GR	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	15,8	<10
Totalvikt	<10	<10	<10	<10	11,2	<10	<10	<10	<10	<10
Totallängd	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Somatisk vikt	<10	<10	<10	<10	10,7	<10	<10	<10	<10	<10
Somatisk konditionsfaktor	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
LTI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
LSI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
GSI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
GSI2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Totalvikt yngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Totalt antal yngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Medelvikt yngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
ESI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fekunditet	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Reproduktion	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Retarderade yngel < 15mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Retarderade yngel > 15mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Retarderade yngel, totalt	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Missbildade yngel, totalt	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Döda yngel < 15 mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Döda yngel > 15 mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Andel honyngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10



Samtliga lokaler 1998-2014

	Alla	Ref-alla	Rec-alla	Rec-M	Rec-N	Hanö	Pukavik	Åhus	Kräken	Torhamn
Fettsyror	13,9	11,3	16,5	18,7	15,1	12,2	21,7	<10	37,2	<10
Fytosteroler	20,7	13,9	26,5	20,3	35,8	24,4	15,5	<10	<10	25,8
Steroler	31,3	26,8	35,5	35,3	37,7	36,3	30,8	35,7	25,6	23,9
Steroler-fytosteroler	29,3	25,8	32,3	32,5	34	35,3	29	38,8	25,4	19,2
Kolesterol	33,1	27,8	37,7	40,6	36,1	36,2	37,2	36,8	32,8	19,8
Hartsyror	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Gallprotein	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Naftalenmetaboliter	<10	10,7	<10	<10	13,6	<10	13,5	17	12,3	<10
1-OHpyrenmetaboliter	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11,5	<10
Bensopyrenmetaboliter	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10,5	<10
EROD	<10	<10	10,7	12,9	<10	12,8	<10	17,9	<10	<10
CYP1A (≥2006)	<10	<10	<10	11,2	<10	12,2	<10	15,2	11,4	<10
EROD/CYP1A (≥2006)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
GST	18,1	23,2	14,4	19,8	<10	25	15,6	39,2	28,5	<10
GR	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	15,8	<10
Totalvikt	<10	<10	<10	<10	11,2	<10	<10	<10	<10	<10
Totallängd	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Somatisk vikt	<10	<10	<10	<10	10,7	<10	<10	<10	<10	<10
Somatisk konditionsfaktor	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
LTI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
LSI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
GSI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
GSI2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Totalvikt yngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Totalt antal yngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Medelvikt yngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
ESI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fekunditet	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Reproduktion	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Retarderade yngel < 15mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Retarderade yngel > 15mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Retarderade yngel, totalt	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Missbildade yngel, totalt	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Döda yngel < 15 mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Döda yngel > 15 mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Andel honyngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Förklaringsgrad

0-≤10%
Mycket svag

>10-≤20%
Svag

>20-≤30%
Måttlig

>30-≤40%
God

>40%
Mycket god

Samtliga lokaler 2010-2014

	Alla	Ref-alla	Rec-alla	Rec-M	Rec-N	Hanö	Pukavik	Åhus	Kräken	Torhamn
Fettsyror	<10	<10	<10	14,7	<10	<10	18,4	44,2	32,5	<10
Fytosteroler	<10	<10	<10	20,4	<10	<10	12,9	<10	<10	12,7
Steroler	<10	18,8	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20,6	51,6
Steroler-fytosteroler	11,6	21,8	<10	<10	<10	<10	<10	17,9	26,4	52,4
kolesterol	<10	14,5	<10	<10	<10	<10	<10	25,4	<10	32,3
Hartssyror	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Gallprotein	<10	<10	<10	<10	14,8	11,5	<10	<10	<10	11,4
Naftalenmetaboliter	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
1-OHpyrenmetaboliter	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	18,1	<10	<10
Bensopyrenmetaboliter	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
EROD	<10	<10	10,8	16,8	<10	<10	13,4	29,4	<10	<10
CYP1A (≥2006)	40,8	39,3	41,7	43,9	39,8	43,2	41,7	60,5	37,5	30,9
EROD/CYP1A (≥2006)	<10	11,8	<10	<10	14,9	13,9	<10	13,7	16	11,3
GST	18,1	23,2	14,4	<10	19,8	15,6	25	39,2	28,5	<10
GR	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	15,8	<10
Vakuoliseringsgrad	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA
Totalvikt	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	12	<10	<10
Totallängd	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	19,6	<10	<10
Somatisk vikt	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11,6	<10	<10
Somatisk konditionsfaktor	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11,1	<10
LTI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	13,7	<10
LSI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
GSI	<10	<10	11,3	11,9	<10	<10	13,6	<10	18,2	<10
GSI2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Totalvikt yngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Totalt antal yngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	16,3	<10	<10
Medelvikt yngel	13,3	<10	16,1	11,7	20,1	14,8	<10	<10	<10	18,8
ESI	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11,4	<10	17,6	<10
Fekunditet	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Reproduktion	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Retarderade yngel < 15mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Retarderade yngel > 15mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Retarderade yngel, totalt	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Missbildade yngel, totalt	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Döda yngel < 15 mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Döda yngel > 15 mm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Andel honyngel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Förklaringsgrad	0-≤10%	>10-≤20%	>20-≤30%	>30-≤40%	>40%
Mycket svag	0-≤10%	>10-≤20%	>20-≤30%	>30-≤40%	>40%
Svag					
Måttlig					
God					
Mycket god					

6. BILAGA 2 - Variansanalyser (p-värden)

ANOVA - Före/efter 2009/2010

	Alla	Ref-alla	Rec-alla	Rec-N	Rec-M	Hanö	Pukavik	Åhus	Kråken	Torhamn
Fettsyror	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Fytosteroler	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Steroler	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Steroler-fytosteroler	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Kolesterol	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Hartssyror	p=0,11	p=0,87	p=0,0087	p=0,0072	p=0,34	p=0,0257	p=0,13	p=0,35	p=0,0111	p=0,35
Gallprotein	p<0,0001	p=0,0004	p=0,27	p=0,0073	p=0,25	p=0,0045	p=0,05	p=0,088	p=0,66	p=0,0005
Naftalenmetaboliter	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
1-OHpyrenmetaboliter	p<0,0001	p<0,0001	p=0,031	p=0,36	p<0,0001	p=0,071	p<0,0001	p=0,0056	p<0,0001	p=0,19
Bensopyrenmetaboliter	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p=0,0081	p<0,0001	p<0,0001	p=0,0040	p<0,0001	p<0,0001	p=0,25
EROD	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
CYP1A (≥2006)	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p=0,0040	p<0,0001
EROD/CYP1A (≥2006)	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p=0,22	p<0,0001	p=0,055	p<0,0001	p=0,10	p<0,0001	p=0,028
GST	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA
GR	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA	EA
Totalvikt	p<0,0001	p=0,014	p<0,0001	p=0,99	p<0,0001	p=0,013	p=0,0008	p=0,0022	p=0,96	p=0,80
Totallängd	p<0,0001	p=0,039	p<0,0001	p=0,53	p<0,0001	p=0,16	p=0,0018	p=0,0397	p=0,96	p=0,49
Somatisk vikt	p<0,0001	p=0,064	p<0,0001	p=0,19	p<0,0001	p=0,13	p=0,0026	p=0,0066	p=0,74	p=0,91
Somatisk konditionsfaktor	p=0,59	p=0,84	p=0,51	p=0,061	p=0,080	p=0,80	p=0,24	p=0,15	p=0,35	p=0,041
LTI	p=0,97	p=0,49	p=0,83	p=0,077	p=0,0050	p=0,027	p<0,0001	p=0,099	p=0,0001	p=0,88
LSI	p=0,054	p=0,061	p=0,18	p=0,094	p=0,0012	p=0,66	p<0,0001	p=0,59	p<0,0001	p=0,41
GSI	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p=0,88	p<0,0001	p=0,33	p<0,0001	p=0,088	p=0,0044
GSI2	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p=0,0029	p<0,0001	p=0,72	p<0,0001	p=0,54	p=0,088
Totalvikt yngel	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p=0,0021	p<0,0001	p=0,14	p<0,0001	p=0,89	p=0,071
Totalt antal yngel	p<0,0001	p=0,0004	p<0,0001	p=0,29	p<0,0001	p=0,0020	p<0,0001	p=0,0040	p=0,32	p=0,11
Medelvikt yngel	p=0,0087	p=0,022	p=0,097	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p=0,27	p=0,53
ESI	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p=0,47	p<0,0001	p=0,53	p<0,0001	p=0,62	p=0,017
Fekunditet	p<0,0001	p=0,0017	p<0,0001	p=0,0055	p<0,0001	p=0,0030	p=0,0008	p=0,093	p=0,083	p=0,030
Reproduktion	p<0,0001	p=0,0014	p<0,0001	p=0,0025	p=0,0004	p=0,0008	p=0,0047	p=0,049	p=0,15	p=0,027
Retarderade yngel < 15mm	p=0,0031	p=0,22	p=0,0020	p=0,0059	p=0,29	p=0,0077	p=0,78	p=0,091	p=0,78	p=0,56
Retarderade yngel > 15mm	p=0,95	p=0,69	p=0,58	p=0,57	p=0,86	p=0,34	p=0,65	p=0,43	p=0,68	p=0,26
Retarderade yngel, totalt	p=0,038	p=0,54	p=0,0157	p=0,0252	p=0,61	p=0,018	p=0,12	p=0,12	p=0,68	p=0,80
Missbildade yngel, totalt	p=0,079	p=0,37	p=0,10	p=0,20	p=0,32	p=0,11	p=0,17	p=0,28	p=0,22	p=0,79
Döda yngel < 15 mm	p=0,0026	p=0,16	p=0,0030	p=0,0066	p=0,23	p=0,0044	p=0,62	p=0,051	p=0,78	p=0,53
Döda yngel > 15 mm	p=0,38	p=0,21	p=0,99	p=0,16	p=0,0013	p=0,25	p=0,017	p=0,52	p=0,39	p=0,17
Andel honyngel	p=0,42	p=0,90	p=0,28	p=0,12	p=0,74	p=0,29	p=0,80	p=0,82	p=0,75	p=0,88

Ej signifikant (dvs p>0,05)

Signifikant lägre 2010-2014

Signifikant högre 2010-2014