



INSTITUTIONEN FÖR BIOLOGI
OCH MILJÖVETENSKAP

**”Undersökning av hälsotillståndet hos abborre
i fyra områden längs Blekinge kuststräcka 2017”**

Lars Förllin (1), Åke Larsson (1), Linda Andersson (1),
Jari Parkkonen (1), Anders Walstad (2) och Anders Sjölin (2)

(1) Institutionen för biologi och miljövetenskap, Göteborgs Universitet
(2) Toxicon AB

Maj 2018

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Inledning och bakgrund	3
Bakgrund och Syfte	4
Material och Metoder	4
Resultat och Diskussion	7
<i>Inledning</i>	7
<i>Fiske och provtagning</i>	7
<i>Morfometriska mått och ålder</i>	7
<i>Konditionsfaktor, CF</i>	7
<i>LSI</i>	8
<i>GSI</i>	9
<i>Vitellogenin, östrogenicitet</i>	10
<i>Röda blodceller och hemoglobin i blodet</i>	10
<i>Glukos i blodet</i>	11
<i>Vita blodceller</i>	12
<i>Jonbalansen</i>	13
<i>EROD i levern</i>	14
<i>Antioxidantzymer och oxidativ stress</i>	15
<i>Histopatologisk undersökning</i>	16
Sammanfattande beskrivning av påverkan i lokalerna	17
Sammanvägda bedömningar och slutsatser	19
Litteraturreferenser	21

Sammanfattning

I föreliggande undersökning har fiskfysiologisk metodik använts för att undersöka om abborrar som lever nära fyra större tätorter i Blekinge uppvisar hälsoeffekter. Resultaten från recipientlokalerna har jämförts med resultat från referenslokal Torhamn, vilken ingår i nationella övervakningsprogrammet. Metodiken som använts för att studera effekter hos abborrarna är av samma typ som för de effektstudier som idag görs bland annat i den nationella kustfiskövervakningen.

Resultaten från undersökningen har utvärderats med avseende på två bedömningsmodeller för fiskhälsa. Bedömningen blev att fisken i samtliga recipientlokaler har en påverkan i flera olika fysiologiska funktioner då jämförelser görs mot referenslokal Torhamn. Det rör sig här om påverkan på leverfunktionen, kolhydratmetabolismen och immunförsvaret i samtliga lokaler samt även en påverkan i hematologi/jonbalans och energiupplagring i Karlskrona och Ronneby. Avvikelseerna är flest i fisk från Karlskrona och Ronneby men de är inte så många i varje funktion att fisken bedöms ha en oacceptabel störning i någon funktion, och därmed inte heller en nedsatt fiskhälsa. Däremot är påverkan på fisken så påtaglig att det bör göras vidare undersökningar för att ta reda på vad de uppmätta biologiska responserna betyder för abborre utanför Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg.

Inledning

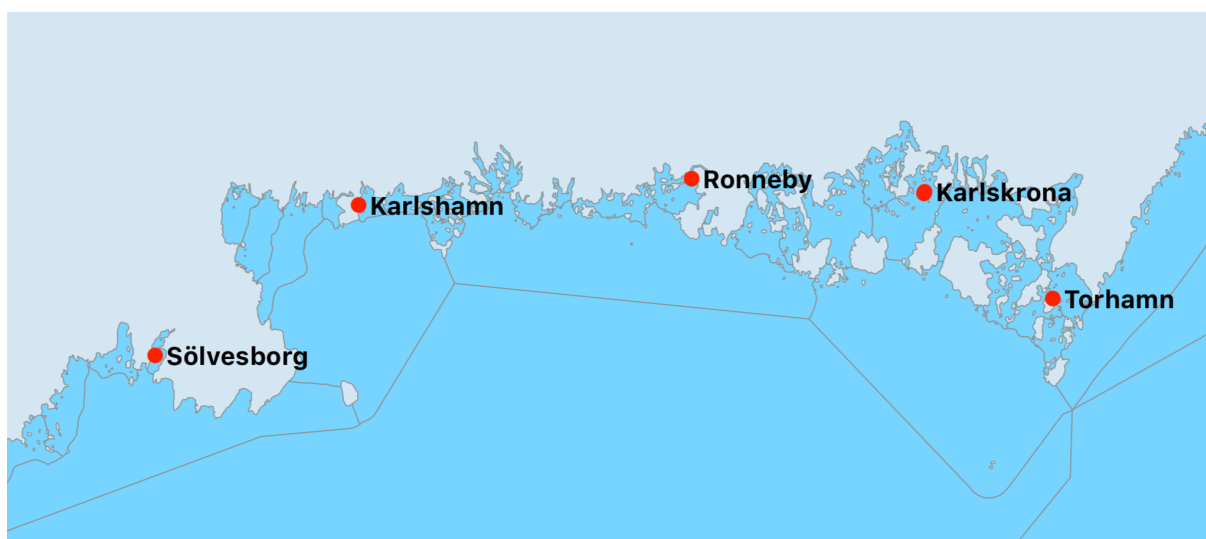
I Sverige har det sedan många år använts fysiologiska, biokemiska och histologiska metoder (så kallade biomarkörer) för att studera hälsoeffekter hos fisk som exponeras för miljöfarliga ämnen. Detta har gjorts i såväl kontrollerade akvarieundersökningar i laboratoriet som i fältundersökningar på fiskar från mer eller mindre förorenade recipienter för avloppsvatten (Larsson et al., 1985; Förllin et al., 1986; Larsson et al., 2003; Noaksson et al., 2005; Sturve et al., 2005; Asker et al., 2015). På så sätt har hälsoundersökningar av fisk med hjälp av biomarkörer avslöjat effekter av miljögifter eller komplexa utsläpp i förorenade recipienter. Det har handlat om vattenområden i närheten av skogsindustrier, metallindustrier, petrokemiska industrier eller tätorter. Sedan slutet av 1980-talet används sådan metodik inom Naturvårdsverkets integrerade kustfiskövervakning för att undersöka hälsotillstånd hos fiskar i referenslokaler längs den svenska kusten (Sandström et al., 2005; Ronisz et al., 2005; Hansson et al., 2006; Hanson et al., 2009).

Biomarkörer som används innefattar mätningar som kan ge information om en organisms avgiftningssystem är aktiverat eller ger information om påverkan på viktiga fysiologiska funktioner såsom påverkat immunförsvaret eller fortplantningsstörningar (Haux and Förllin, 1988; Stegeman et al., 1992; Larsson et al., 2000; Van der Oost et al., 2003). Biomarkörerna kan delas in i markörer för exponering som visar att kemiska ämnen tagits upp av organismen och olika försvarsmekanismer har aktiverats och i markörer för effekt som visar att olika fysiologiska funktioner är påverkade. Det betyder att biomarkörer på individnivå kan visa att fisken har exponerats för kemiska ämnen, visar tidiga tecken på effekter av dessa ämnen eller om fisken är uppenbart stressad av något i miljön. Biomarkörerna kan inte identifiera vilka miljögifter som ger signaler om påverkan, men kan ge viss information om vilka ämnesgrupper det kan röra sig om.

Bakgrund och syfte

I föreliggande undersökning har fiskfysiologisk metodik använts för att undersöka om abborrar som lever nära fyra större tätorter i Blekinge uppvisar hälsoeffekter. Metodiken som används för att studera effekter hos abborrarna är av samma typ som för de effektstudier som idag görs bland annat i den nationella kustfiskövervakningen (Förlin et al., 2017a, b, c). Syftet med undersökningarna är att försöka bedöma vilka hälsoeffekter fiskar uppvisar som lever nära större tätorter på lokaler som kan beskrivas som recipientlokaler. För att få en uppfattning om påverkan i recipientlokalerna har fiskarna från dessa jämförts med fiskar från ett referensområde, Torhamn som är en referenslokal inom den nationella miljöövervakningen (Förlin et al., 2017c). De undersökta recipientlokalerna Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg är, tillsammans med referenslokal Torhamn, angivna i Figur 1.

Recipientlokalernas placering har framtagits i samarbete med Länsstyrelsen i Blekinge län.



Figur 1. Lokaler i fiskfysiologiundersökningen som utfördes hösten 2017.

Material och Metoder

Undersökning av fiskarnas hälsotillstånd skulle enligt anbudsunderlaget utföras i fyra områden. Efter diskussioner med myndigheterna bestämdes att provfiske efter abborre skulle utföras på de i tabell 1 angivna positionerna. Resultat från undersökningen skulle jämföras med resultat från undersökning av abborre från referensområdet Torhamn, vilken ingår i det nationella fiskövervakningsprogrammet. De undersökta lokalerna som benämns som recipientlokaler var: Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg.

Fångst och sumpning av fiskarna sköttes av inhyrda fiskare (Tabell 1) och gjordes enligt de standardiserade föreskrifter som finns för denna typ av fiskundersökningar. Provtagning, provberedning och analyser gjordes enligt beskrivningar i undersökningstyp "Hälsotillstånd hos kustfisk – biologiska effekter på subcellulär och cellulär nivå (Larsson och Förlin, 2006). Vilka effekt- och exponeringsvariabler som ingår i undersökningen av fiskens hälsotillstånd framgår av Tabell 2. All data presenteras som medelvärde \pm standardfel. För att undersöka om

signifikanta skillnader mellan grupperna fanns utfördes ANOVA ($p < 0,05$) med efterföljande posthoc-test (Bonferroni) för att ta reda på var de signifikanta skillnaderna fanns.

Tabell 1. Positioner för undersökta stationer i de områden där provfiske utfördes hösten 2017.

Station	Provfiskeplats	Start - Lat	Start-Long	Slut - Lat	Slut-Long	Område	Fiskare
Torhamn	1	56° 4,696	15° 47,272	56° 4,696	15° 47,272	Torhamn	John-Erik Ungfors
Karlskrona	1	56° 9,54	15° 37,05	56° 9,47	15° 37,00	Yttre redden	Per Månsson
Ronneby	1	56° 10,2	15° 18,3	56° 09,90	15° 18,2	Ronnebyfjärden	Bengt Larsson
Ronneby	2	56° 10,2	15° 18,4	56° 09,90	15° 18,29	Ronnebyfjärden	Bengt Larsson
Karlshamn	1	56° 09,32	14° 51,51	56° 09,40	14° 51,63	Karlshamnsfjärden	Mikael Nord
Karlshamn	2	56° 09,15	14° 51,376	56° 09,234	14° 51,444	Karlshamnsfjärden	Mikael Nord
Karlshamn	3	56° 08,945	14° 51,424	56° 09,04	14° 51,476	Karlshamnsfjärden	Mikael Nord
Karlshamn	4	56° 08,81	14° 51,529	56° 08,869	14° 51,36	Karlshamnsfjärden	Mikael Nord
Sölvesborg	1	56° 02,132	14° 35,092	56° 02,250	14° 35,167	Sölvesborgsviken	Stefan Larsson
Sölvesborg	2	56° 02,59	14° 34,891	56° 02,534	14° 34,999	Sölvesborgsviken	Stefan Larsson
Sölvesborg	3	56° 02,608	14° 35,10	56° 02,748	14° 35,141	Sölvesborgsviken	Stefan Larsson
Sölvesborg	4	56° 02,909	14° 35,357	56° 02,991	14° 35,499	Sölvesborgsviken	Stefan Larsson

Tabell 2. Effekt- och exponeringsvariabler/indikatorer som ingår i undersökningen av fiskens hälsotillstånd (Larsson och Förllin, 2006).

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

I korthet går provtagningen till så att fiskens längd och vikt mätes, dess kön registreras och en mängd prover tas för mätning av olika biokemiska och fysiologiska parametrar (biomarkörer). Avsikten är att prover tas från 20 köns mogna honor och 10 hanar från varje lokal.

Provtagningen på lokalerna utfördes under vecka 39 2017 av Lars Förllin, Jari Parkkonen, Linda Andersson från Göteborgs Universitet samt Anders Walstad och Anders Sjölin från Toxicon AB. Göteborgs Universitet ansvarade för samtliga analyser med undantag för några av de biokemiska analyserna (EROD, GST och GR) vilka utfördes av Toxicon AB. Jari Parkkonen, Linda Andersson, Anders Walstad och Anders Sjölin utförde de biokemiska och fysiologiska analyserna med undantag för åldersbestämningen, avläsning och bedömning av blodceller mikroskopiskt samt den histopatologiska undersökningen. Åldersbestämningen gjordes av Martina Blass (Institutionen för akvatiska resurser, SLU) och Jan Härdig ansvarade för avläsning/bedömning av blodceller mikroskopiskt. Histologiska leversnitt togs fram av Histolab medan snitten bedömdes av Charlotte Axén (Sverige Veterinärmedicinska anstalt). Statistik utfördes av Jari Parkkonen medan rapporten tagits fram av Lars Förllin, Åke Larsson och Anders Sjölin.

Resultat och Diskussion

Inledning

Vid resultatsammanställningen och tolkningen av data från undersökningen av abborrarnas hälsotillstånd har de undersökta fiskarna delats in i de två grupperna könsmogna honor och könsmogna hanar. Anledningen är att det är känt att vissa av variablerna som undersöks kan variera mellan kön och med könsmognad. Det är samma upplägg som inom nationella övervakningen där fokus ligger på resultat för könsmogna honor. Könsmogna hanar är huvudsakligen medtagna i undersökningen för mätning av halten vitellogenin i blod som markör för en påverkan av hormonstörande ämnen.

Fiske, provtagning och analysarbete

Avsikten var att ta prover från 20 könsmogna honor och 10 hanar av storleken 20-30 cm från varje lokal. Det lyckades från samtliga lokaler att få ta prover på 20 honor, medan det endast fanns fullt antal hanar i Torhamn och Karlskrona och lite färre i Ronneby (8 hanar) och i Karlshamn (7 hanar) och väldigt få i Sölvesborgslokalen (endast 3 hanar). Eftersom det var så få hanar i Sölvesborg har den hangruppen strukits i resultatredovisningen. Förutom att det således var lite få hanar i några lokaler gick provtagningen av fisken utan några problem.

Morfometriska mått (kropps- och organindex) och ålder.

I samband med provtagningen av fisken gjordes en okulär besiktning av fiskarna. Inga eller mycket få synbara yttre skador på abborrarna kunde noteras. Det gäller samtliga fem undersökningsområden. Fiskens vikt och längd samt olika organs vikter noterades för att beräkna morfometriska kropps- och organindex. När det gäller vikt och längd är fisken från Sölvesborg påfallande större än fiskarna från de andra kustområdena (Tabell 1). Lite förvånande är då att fiskarna i Sölvesborg är yngre än de övriga fiskarna (Tabell 1). Annars ses inga ålderskillnader mellan grupperna. Att fiskarna i Sölvesborgsviken (Sölvesborg) därmed verkar ha en snabbare tillväxt än fisk från övriga områden kan bero på att födosituationen är mer gynnsam i Sölvesborgsviken än i andra områden.

Konditionsfaktor, CF

I Tabell 1 redovisas konditionsfaktor (CF). CF som är ett mått som beskriver relationen mellan kroppsvikt och längd visade ingen statistiskt belagd skillnad mellan lokalerna (gäller både hon- och hanfisk). Detta kan ses som en indikation på att det inte fanns någon skillnad avseende näringsstatus i fisk från de olika områdena. I referenslokalen Torhamn finns en tidsserie på CF. Denna har ökat svagt alltsedan undersökningarna började 2002. En ökning i CF indikerar att fisken successivt blivit lite fetare med tiden. Nivåerna på CF i denna undersökning är bland de högsta som uppmätts i Torhamn vilket samtidigt indikerar att fiskarna i alla områden uppvisar en bra näringsstatus.

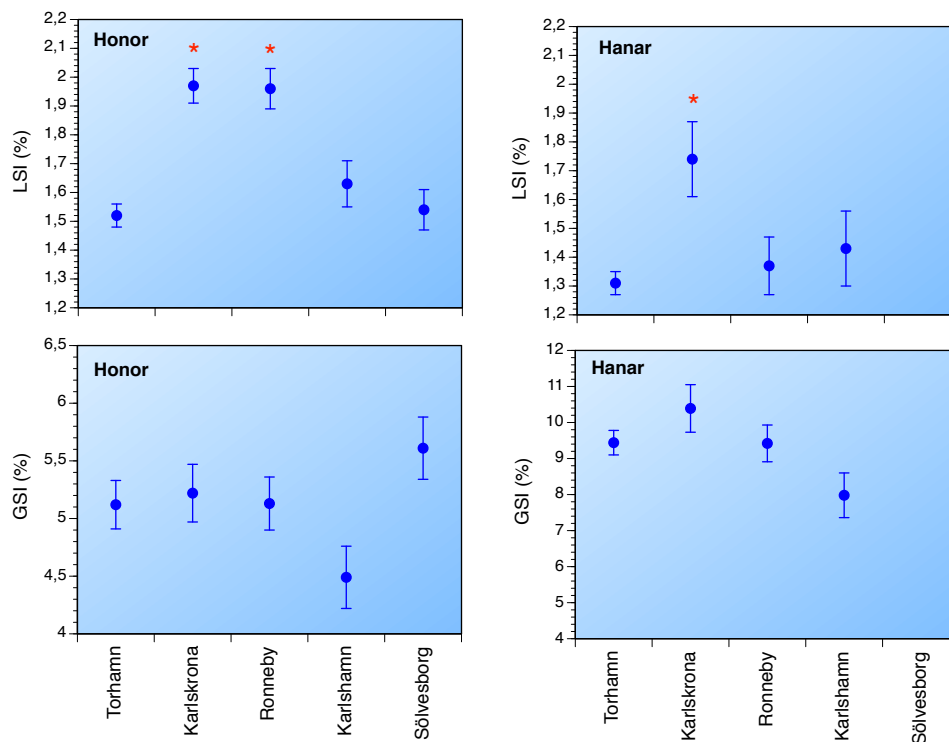
Tabell 3. Medelvärde±standardfel (antal fiskar) för kroppsvikt, kroppslängd, konditionsfaktor (CF), leversomatiskt index (LSI), gonadsomatiskt index (GSI) och ålder hos abborrar från Torhamn, Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg.

Station	Längd, cm	Vikt, gram	CF, g/cm ³	LSI, %	GSI, %	Ålder
<i>Honor</i>						
Torhamn	27,6 ± 3 (20)	268 ± 9	1,27 ± 0,02	1,52 ± 0,04	5,12 ± 0,21	3,3 ± 0,2
Karlskrona	27,8 ± 3 (20)	277 ± 9	1,29 ± 0,02	1,97 ± 0,06 *	5,22 ± 0,25	3,5 ± 0,1
Ronneby	28,7 ± 3 (20)	300 ± 8	1,26 ± 0,02	1,96 ± 0,07 *	5,13 ± 0,23	3,6 ± 0,1
Karlshamn	27,3 ± 4 (20)	266 ± 11	1,29 ± 0,02	1,63 ± 0,08	4,49 ± 0,27	3,2 ± 0,1
Sölvesborg	29,7 ± 5 (20)	345 ± 17	1,30 ± 0,02	1,54 ± 0,07	5,61 ± 0,27	2,4 ± 0,1
<i>Hanar</i>						
Torhamn	26,8 ± 3 (10)	258 ± 10	1,33 ± 0,01	1,31 ± 0,04	9,44 ± 0,34	3,5 ± 0,2
Karlskrona	27,4 ± 4 (10)	271 ± 13	1,30 ± 0,02	1,74 ± 0,13 *	10,39 ± 0,66	4,5 ± 0,5
Ronneby	28,4 ± 3 (8)	294 ± 9	1,29 ± 0,02	1,37 ± 0,10	9,42 ± 0,51	4,0 ± 0,0
Karlshamn	27,3 ± 5 (7)	263 ± 12	1,29 ± 0,02	1,43 ± 0,13	7,98 ± 0,62	3,1 ± 0,3

* p < 0,05 jämfört med Torhamn

LSI

I Tabell 3 och Figur 2 redovisas LSI (leversomatiskt index) som är levervikten uttryckt i procent av somatisk kroppsvikt. Resultaten visar att den relativa levervikten är signifikant större hos honfiskarna från Karlskrona och Ronneby jämfört med Torhamn. Även hos hanfiskarna från Karlskrona är levern signifikant större än hos hanarna från Torhamn. Skillnaderna i leverns relativa storlek kan vara ett resultat av en naturlig variation i upplagring av näringsämnen (fetter och kolhydrater) i levern, men kan också vara ett tecken på påverkan av miljöfarliga ämnen. Exponering för organiska miljögifter kan orsaka en förändrad storlek på lever som kan tyda på förändrad metabolisk aktivitet. Resultaten tyder således på att det inte går att utesluta att leverns storlek är påverkad av utsläpp av antropogena ämnen i Karlskrona och Ronneby. Detta stärks av att i Torhamn har det endast vid ett tillfälle, under perioden 2002-2017 (opublicerade data), registrerats LSI-värden i nivå med LSI-värdena på Karlskrona och Ronneby 2017. Även om skillnaderna, som nämnts tidigare, kan bero på såväl naturliga faktorer som på en exponering för främmande ämnen, visar detta att LSI på Karlskrona och Ronneby även avviker från vad som är ett "normalt" hos abborre från Torhamn. Såväl mekanismen bakom som betydelsen av denna leverförändring är oklar.



Figur 2. Medelvärde±standardfel för leversomatiskt index (LSI) och gonadsomatiskt index (GSI) hos hon- och hanabborrar från Torhamn, Karlskrona, Ronneby och Karlshamn samt endast honabborrar från Sölvesborg. Signifikant skillnad ($p < 0,05$) mot Torhamn markeras med stjärna.

GSI

I Tabell 3 och Figur 2 redovisas GSI (gonadsomatiskt index) som är gonadvikten uttryckt i procent av somatisk kroppsvikt. Resultaten visar inga statistiskt belagda skillnader jämfört med referenslokalen Torhamn. Däremot skiljer sig fiskarna i Karlshamn med att för både hon- och hanfiskar har det lägsta GSI-värdet. Högst GSI fanns hos fisk från Sölvesborgsviken (honor) och Karlskrona (hanar). Jämfört med Torhamn för hela perioden 2002-2017 så kan honfiskarna från Karlshamn anses ha ett ”normalt” GSI, medan hanfiskarna från Karlshamn har ett tydligt lägre GSI (Förlin et al., 2017c).

Det kan finnas flera förklaringar till att den relativa gonadvikten kan variera mellan lokalerna. En möjlig förklaring till skillnader i gonadstorlek är att abborrharna har en något senare utveckling, försenad och/eller hämmad gonadutveckling jämfört med de andra undersökta områdena. Orsaken kan vara att naturliga miljöfaktorer såsom vattnets temperatur och tillgången på föda påverkar gonadens utveckling. En ökad tillgång på föda kan leda till en ökad tillväxt hos fisken. Detta kan i sin tur leda till en minskad relativ gonadvikt. Även om statistiskt signifikanta skillnader inte noterades mellan områdena kan det samtidigt inte uteslutas att det i det här fallet kan röra sig om en påverkan av något eller några miljöfarliga ämnen. En hämmad gonadutveckling är en välkänd respons hos fiskar som exponerats permanent för organiska miljögifter i laboratorieexperiment och hos fiskar i komplext förorenade recipienter såsom utanför skogsindustrier (Sandström et al., 2015).

Vitellogenin, östrogenicitet

I miljöövervakningssammanhang mäts halten vitellogenin i blodplasma hos hanfisk för att ta reda på om de exponerats för ämnen med östrogenliknande effekter. I Tabell 4 kan ses att det inte föreligger några statistiskt belagda skillnader mellan lokalerna. Vitellogeninhalten i hanfisken är dock lite höga i samtliga områden. Normalt brukar nivåerna vara i storleksordningen 0,2-1,0 µg/ml (data för 2003-2015 på Torhamn, opublicerat) men här är nivåerna drygt 2,0 µg/ml. Men det gäller ju vid alla lokaler så det går inte att peka ut de tätortsnära lokalerna som särskild källa för eventuellt utsläpp av ämnen med östrogen verkan.

Tabell 4. Medelvärde±standardfel (antal fiskar) för hematokrit (Ht), hemoglobin (Hb), glukos och vitellogenin i blodet hos abborrar från Torhamn, Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg.

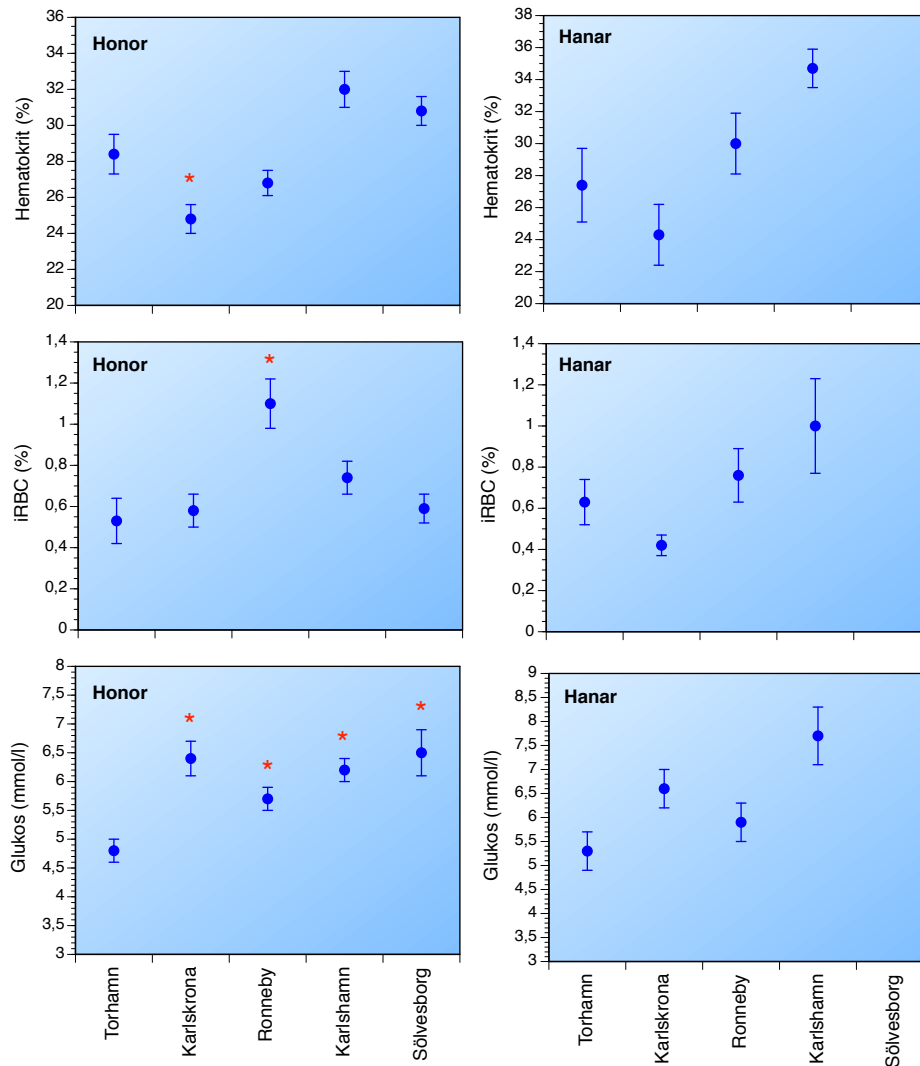
Station	Hb, g/l	Ht, %	Glukos, mmol/l	Vitellogenin, µg/ml
<i>Honar</i>				
Torhamn	64,0 ± 2,0 (20)	28,4 ± 1,1	4,8 ± 0,2	--
Karlskrona	58,1 ± 1,4 (20)	24,8 ± 0,8 *	6,4 ± 0,3 *	--
Ronneby	64,6 ± 0,9 (20)	26,8 ± 0,7	5,7 ± 0,2 *	--
Karlshamn	65,1 ± 1,2 (20)	32,0 ± 1,0	6,2 ± 0,2 *	--
Sölvesborg	69,3 ± 1,3 (20)	30,8 ± 0,8	6,5 ± 0,4 *	--
<i>Hanar</i>				
Torhamn	60,9 ± 3,9 (10)	27,4 ± 2,3	5,3 ± 0,4	2,1 ± 0,2
Karlskrona	56,9 ± 3,8 (10)	24,3 ± 1,9	6,6 ± 0,4	2,3 ± 0,2
Ronneby	65,6 ± 2,1 (8)	30,0 ± 1,9	5,9 ± 0,4	2,6 ± 0,4
Karlshamn	69,3 ± 1,4 (7)	34,7 ± 1,2	7,7 ± 0,6	2,4 ± 0,3

* $p < 0,05$ jämfört med Torhamn

Röda blodceller och hemoglobin i blodet

Det undersöktes om fisken uppvisar blodbrist eller någon annan form av effekt på syreupptagningsförmågan genom att mäta blodets volym av röda blodceller (Hematokrit, Ht), blodets innehåll av hemoglobin (Hb) och andel omogna röda blodceller (iRBC). Hos honorna från Karlskrona är blodets Ht-värde lägre jämfört med samtliga andra grupper och skiljer sig signifikant från Torhamn (Tabell 4). Samma tendens finns även för hanfiskarna, dvs Ht är lägst hos Karlskronafiskarna (Figur 3) men här finns inga signifikanta skillnader jämfört med Torhamn. För Hb-halterna är skillnaderna mellan grupper snarlik skillnaderna i Ht, dvs lägst nivåer hos Karlskronafiskarna jämfört med de andra grupperna. Detta gäller båda hon- och hanfiskarna. När det gäller abborre från Karlskrona är således Ht och Hb något lägre än i de andra städerna vilket kan tyda på en tendens till anemi (blodbrist) hos fisken ifrån Karlskronalokalen. Det är också så att halten Ht och Hb på referenslokal Torhamn för perioden 2002-2017 i stort sett aldrig legat så lågt som halterna var 2017 på Karlskrona. I synnerhet gäller detta för hanfisk (där data finns från 2012-2017, data opublicerat).

För iRBC (omogna röda blodceller) ses signifikant högre nivåer hos honabborre från Ronneby jämfört med Torhamn (Tabell 5). Högre antal iRBC tyder på ökad bildning/omsättning av nya blodceller hos abborrarna från Ronneby än fiskarna från de andra områdena. Den observerade avvikelser hos honabborrarna i Ronneby kan vara ett tecken på en något påverkad syreupptagningsförmåga. Varför ingen påverkan kan ses på hanabborrarna från Ronneby är oklar. Med undantag för 2002-2003 så har halten av iRBC på Torhamn legat ungefär på halva nivån av vad som noterades på Ronnebys honfiskar i föreliggande undersökning (Förlin et al., 2017c).



Figur 3. Medelvärde±standardfel för hematokrit, omogna röda blodceller (iRBC) och halten hos hon- och hanabborrar från Torhamn, Karlskrona, Ronneby och Karlshamn samt endast honabborrar från Sölvesborg. Signifikant skillnad ($p < 0,05$) mot Torhamn markeras med stjärna.

Glukos i blodet

Halten glukos i blodet (Tabell 4) analyserades för att få en uppfattning om kolhydratmetabolismen kunde vara påverkad. Resultaten visar att samtliga lokaler avviker från referenslokalen Torhamn med högre glukoshalt i blodet. Hon- och hanfiskarna uppvisar i stort sett samma mönster (Tabell 4 och Figur 3). För honfiskarna är skillnaderna statistiskt belagda. Dessa resultat indikerar en påverkan på ämnesomsättningen hos fisk från Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg. I referenslokalen Torhamn som sedan 2002 ingår i svensk kustfiskövervakning har till för ett par år sedan kunnat ses en succesiv ökning av blodets glukoshalt. Ökningen har nu planat ut. Orsaken till dessa förändringar på referenslokal Torhamn är inte klarlagd men det kan inte uteslutas att orsaken är exponering för miljöföroreningar. Även om halten glukos varierat under åren på referenslokal Torhamn står det klart att de halter som noterades 2017 i honfiskar från Karlskrona, Karlshamn och Sölvesborg låg högt jämfört med vad som uppmätts på referenslokalen tidigare.

Vita blodceller

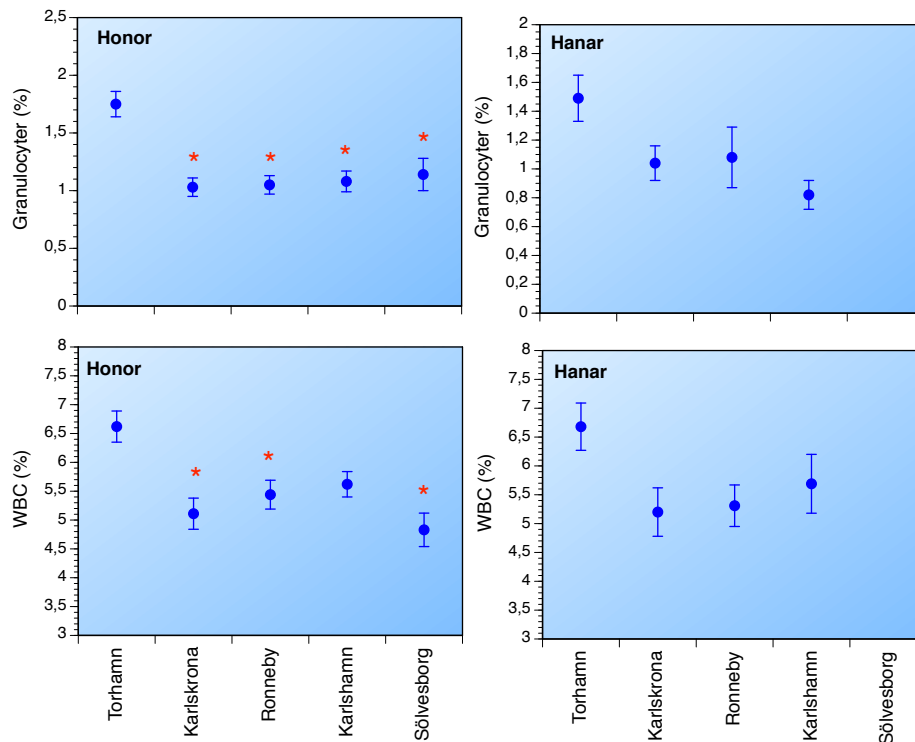
Vita blodcells bilden undersöks för att ta reda på om immunförsvaret är påverkat. Honabborrarna från Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg uppvisar tydligt lägre andel granulocyter och totala halten av vita blodceller (WBC) än honorna från referenslokal Torhamn (Tabell 5 och Figur 4). Samma tendens finns för andelen lymfocyter med undantag för fiskarna från Karlshamn. Även hos hanfiskarna visar resultaten på tendenser till generellt lägre andelar av vita blodceller i de fyra recipientlokalerna. Resultaten visar således på tydliga skillnader i vita blodcells bilden med signifikant lägre halter av granulocyter (och totalhalt vita blodceller) i samtliga lokaler jämfört med referenslokalen. Lägre andel vita blodceller kan tolkas som att immunförsvaret är nedsatt. Orsaken till det kan vara exponering för miljöstörande ämnen såsom vissa metaller men även organiska miljögifter.

Tabell 5. Medelvärde±standardfel (antal fiskar) för andelen lymfocyter (%), granulocyter (%), trombocyter (%), total andelen vita blodceller (WBC, %) och andelen omogna röda blodceller (iRBC, %) i blodet hos abborre från Torhamn, Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg.

Station	Lymfocyter %	Granulocyter %	Trombocyter %	WBC %	iRBC %
<i>Honor</i>					
Torhamn	2,80 ± 0,19 (20)	1,75 ± 0,11	2,07 ± 0,14	6,62 ± 0,27	0,53 ± 0,11
Karlskrona	2,17 ± 0,18 (20)	1,03 ± 0,08 *	1,90 ± 0,12	5,11 ± 0,27 *	0,58 ± 0,08
Ronneby	2,51 ± 0,17 (20)	1,05 ± 0,08 *	1,87 ± 0,12	5,44 ± 0,25 *	1,10 ± 0,12 *
Karlshamn	2,85 ± 0,14 (20)	1,08 ± 0,09 *	1,70 ± 0,12	5,62 ± 0,22	0,74 ± 0,08
Sölvesborg	2,13 ± 0,18 (20)	1,14 ± 0,14 *	1,57 ± 0,12	4,83 ± 0,29 *	0,59 ± 0,07
<i>Hanar</i>					
Torhamn	3,08 ± 0,22 (10)	1,49 ± 0,16	2,11 ± 0,19	6,68 ± 0,41	0,63 ± 0,11
Karlskrona	2,21 ± 0,21 (10)	1,04 ± 0,12	1,95 ± 0,21	5,20 ± 0,42	0,42 ± 0,05
Ronneby	2,40 ± 0,25 (8)	1,08 ± 0,21	1,83 ± 0,19	5,31 ± 0,36	0,76 ± 0,13
Karlshamn	2,66 ± 0,30 (7)	0,82 ± 0,10	2,21 ± 0,24	5,69 ± 0,51	1,00 ± 0,23

* p < 0,05 jämfört med Torhamn

Andelen granulocyter på Torhamn är dock betydligt högre än vad den varit tidigare i tidsserien i det nationella programmet. En hög halt vita blodceller anses indikera att ett ökad immunologiskt försvar till följd av cellskada, blödningar och/eller bakteriella infektioner föreligger. I den histopatologiska undersökningen (se nedan) framkom att referenslokal Torhamn uppvisade en hög förekomst av parasiter (*larvae migrans*) och inflammationer i lever. Det skulle därför kunna vara så att Torhamn uppvisade "onormalt" högt antal vita blodceller medan övriga lokaler låg "normalt" och inte lågt, vilket skulle kunna tolkas som nedsatt immunförsvaret. Det var dock så att fisk från Sölvesborgsviken visade på ännu högre förekomst av inflammationer i lever än Torhamn men med tydligt lägre andel vita blodceller än på Torhamn. Utifrån detta kan man inte koppla andelen vita blodceller till en förhöjd inflammation/parasitförekomst i lever. Bedömningen skulle då bli att de låga halterna av vita blodceller i fisk från Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg är ett uttryck för en nedsatt immunologisk funktion. Vad detta beror på vet vi inte men det kan inte uteslutas att föroreningsgraden av främmande ämnen i områdena är högre än på referenslokal Torhamn.



Figur 4. Medelvärde±standardfel för andelen granulocyter (%) och totala antalet vita blodkroppar (WBC) hos hon- och hanabborrar från Torhamn, Karlskrona, Ronneby och Karlshamn samt endast honabborrar från Sölvesborg. Signifikant skillnad ($p < 0,05$) mot Torhamn markeras med stjärna.

Jonbalansen

I undersökningen analyserades plasmahalterna av jonerna klorid, natrium, kalium och kalcium för att undersöka om jonbalansen uppvisar rubbningar i jonreglerande organ (Tabell 6).

Tabell 6. Medelvärde±standardfel (antal fiskar) för plasmahalterna av klorid, natrium, kalium och kalcium hos abborre från Torhamn, Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg.

Station	Klorid mmol/l	Natrium mmol/l	Kalium mmol/l	Kalcium mmol/l
<i>Honor</i>				
Torhamn	106,1 ± 1,9 (9)	161,2 ± 3,2	4,2 ± 0,6	1,24 ± 0,07
Karlskrona	101,4 ± 1,6 (14)	151,7 ± 2,0	4,0 ± 0,2	1,20 ± 0,03
Ronneby	100,8 ± 0,9 (9)	154,8 ± 3,4	3,9 ± 0,3	1,11 ± 0,02
Karlshamn	106,1 ± 1,3 (14)	161,5 ± 1,6	4,0 ± 0,3	1,27 ± 0,06
Sölvesborg	105,3 ± 2,0 (7)	158,2 ± 1,7	4,3 ± 0,5	1,37 ± 0,10
<i>Hanar</i>				
Torhamn	105,2 ± 1,1 (8)	153,2 ± 2,1	3,6 ± 0,2	1,19 ± 0,03
Karlskrona	103,0 ± 2,1 (8)	144,8 ± 5,0 *	4,9 ± 0,4	1,16 ± 0,09
Ronneby	103,0 ± 2,0 (7)	155,2 ± 2,4	4,1 ± 0,2	1,15 ± 0,05
Karlshamn	104,6 ± 2,6 (5)	164,9 ± 2,0	4,3 ± 0,4	1,32 ± 0,15

* $p < 0,05$ jämfört med Torhamn

Resultaten från undersökningarna visar på inga signifikanta avvikelser för honfiskar när recipientlokalerna jämförs med referenslokalen Torhamn. Det finns dock en tendens till att plasmans innehåll av klorid och natrium är lägre hos honabborrarna från Karlskrona och Ronneby jämfört med de tre andra lokalerna. En signifikant lägre halt natrium fanns dock i hanabborrar från Karlskrona jämfört med hanabborrar från Torhamn. Det kan finnas naturliga orsaker till skillnaderna i jonnivåer i plasman mellan lokalerna eftersom det kan finnas en liten salthaltsskillnad mellan dessa lokaler dvs något lägre salthalt i vattnet vid Karlskrona och Ronneby jämfört med Torhamn. Men påverkan på jonreglerande organ är känd hos fiskar i belastade områden så det kan inte uteslutas att de lägre halterna av klorid och natrium speglar en påverkan i Ronneby och Karlskrona.

Nivåerna av natrium, kalium och kalcium i blodplasman hos abborrarna är jämförbara med abborrar från andra områden i egentliga Östersjön och Bottenhavet och framför allt jämfört med den tidserie som finns för abborre från Torhamn. För klorid är däremot nivåerna på lokalerna 2017 lägre än vad som tidigare setts hos abborre från Torhamn. Nivån har aldrig tidigare varit under 110 mmol klorid/l. Det finns en tendens till att kloridnivåerna går ner i Torhamn de sista 4-6 åren. Det är inte känt vad orsaken kan vara till detta men eftersom natriumhalterna inte minskat torde minskningen inte bero på att vattnet generellt blivit mindre salt i regionen för då borde inte bara klorid utan även natriumhalterna minska. Det är viktigt att hålla ett öga på detta.

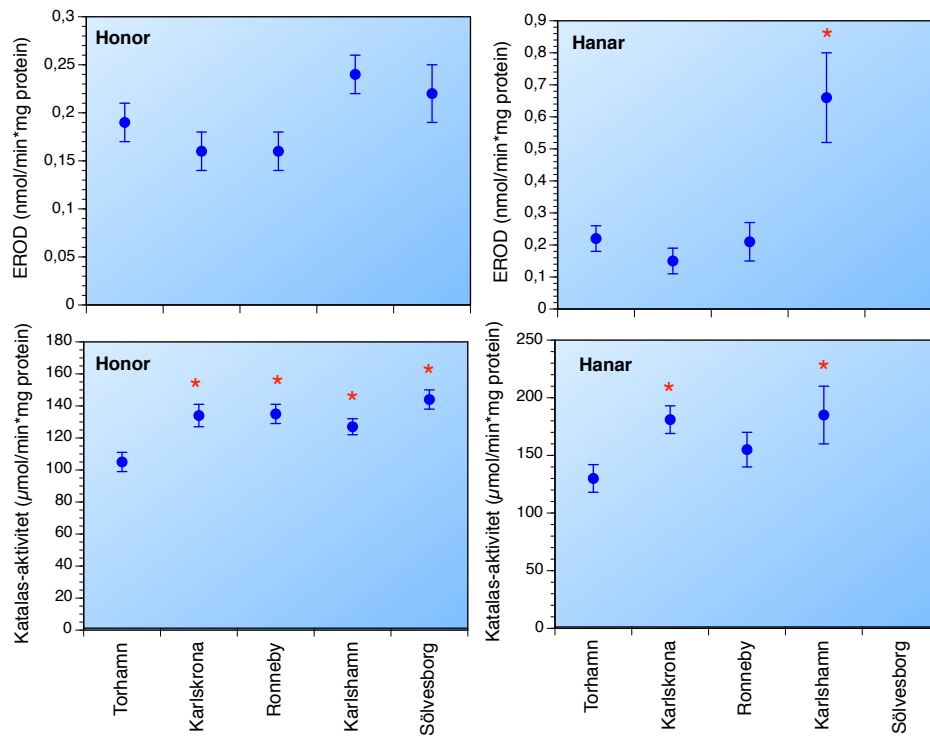
När det gäller kalcium ses inga skillnader mellan lokalerna, och de relativt små skillnader som finns med lite lägre nivåer hos honfisken från Ronneby och lite högre nivåer hos fisken från Sölvesborg torde främst kunna ligga inom ramen för en naturlig variation.

EROD i levern

EROD-aktiviteten mäts för att ta reda på om fisken blivit exponerad för vissa typer av miljögifter (Tabell 7 och Figur 5). Resultaten visar att det inte föreligger någon statistisk belagd skillnad i EROD nivåer mellan honabborrarna från de fyra recipientlokalerna jämfört med referenslokal Torhamn. Däremot visar resultaten att EROD-aktiviteten hos hanabborrarna från Karlshamn är avsevärt mycket högre än hos hanarna från Torhamn och även jämfört med de andra områdena. Dessa resultat visar att hanarna från Karlshamn har varit kraftigt exponerade för ämnen som inducerar (ökar) EROD-aktiviteten, t.ex så kallade polycykliska aromatiska kolväten (PAH) som t.ex. kan finnas i fossil olja. Förutom att dessa resultat således indikerar en kraftig exponering för miljöföroreningar är det minst lika anmärkningsvärt att det endast är hannarna som exponerats för dessa föroreningar. Hur kommer det sig att inte även honorna är exponerade? Förklaringen till det kan möjligen vara att han- och honabborrar inte uppehåller sig på samma ställen i kustområden nära Karlshamn.

EROD-resultaten visar också att nivåerna för EROD-aktiviteterna är relativt höga och är i nivå med de högsta EROD-värdena som observeras i tidserien hos abborrarna i Torhamn (Förlin et al., 2017c). I Torhamn har EROD-aktiviteten analyserats årligen sedan 2002 och nivåerna pendlar mellan cirka 0.06 till cirka 0,23 nmol/mg protein x minut. Fram till cirka 2010 sågs en successiv ökning. Denna ökning som också observerades hos abborre från andra referenslokaler i Östersjön ansåg kunna bero på ökad bioturbation orsakad av kraftiga förändringar i bottenfaunasamhället och därmed frigörande av "gamla" miljögifter ur sediment. Efter 2010 har nivåerna varierat relativt mycket i Torhamnslokalen. 2017 är nivån bland de högsta i tidsserien. Vad orsaken till de relativt höga nivåerna kan vara är inte känd

men resultaten tycks indikera att fiskarna från samtliga områden sannolikt är exponerade för några typer av miljöföroreningar.



Figur 5. Medelvärde±standardfel för EROD-aktiviteten och Katalas-aktiviteten hos hon- och hanabborrar från Torhamn, Karlskrona, Ronneby och Karlshamn samt endast honabborrar från Sölvesborg. Signifikant skillnad ($p < 0,05$) mot Torhamn markeras med stjärna.

Antioxidantzymer och oxidativ stress

Aktiviteten av enzymet katalas är signifikant högre hos honabborrarna från Karlskrona, Ronneby och Sölvesborg jämfört med referenslokal Torhamn. Även honorna från Karlshamn visar en högre katalas-aktivitet tendens att vara högre än Torhamn (Tabell 7 och Figur 5). För hanabborrarna syns en liknande bild med en signifikant högre katalas-aktivitet i Karlskrona och Karlshamn medan katalas-aktiviteten hos hanfiskerna från Ronneby är högre än på Torhamn men inte signifikant skild från Torhamn. En ökad katalas-aktivitet visar att oxidantförsvaret är mer aktiverat hos fiskarna från de undersökta ”recipientlokalerna” och betyder att fisken är mer utsatt för oxidativ stress och uppvisar en påverkan på fettmetabolismen.

I referenslokalen har katalas-aktiviteten som analyserats årligen sedan 2002 i honfisk, successivt ökat fram till 2013 för att därefter stabiliseras och minska något. Aktiviteterna hos fiskarna från recipientlokalerna är högre än de högsta nivåerna i tidsserien. Detta förhållande stärker bilden av att fisken i recipientlokalerna är utsatta för oxidativ stress sannolikt beroende på exponering för miljöföroreningar med oxidantverkan. Det är inte känt vilka ämnen det kan röra sig om men det finns gott om möjliga kandidater som kan inkludera metaller och olika miljögifter särskilt med fenolära egenskaper vilket inkluderar ämnen med antropogent ursprung men också naturligt producerade ämnen såsom vissa algtoxiner.

Enzymen glutation S-transferas (GST) och glutationreduktas (GR) i levern uppvisar inga signifikanta skillnader hos abborrarna mellan de fem undersökta lokalerna Torhamn, Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg (Tabell 7). För GR finns en liten tendens till högre aktiviteter särskilt hos honabborrarna från Sölvesborg jämfört med Torhamn. Det är också intressant att GR-aktiviteten uppvisar samma mönster mellan lokalerna som katalas-aktiviteten. Detta kan möjligen vara en indikation på att de ämnen som ger katalasförhöjningarna på de olika lokalerna också påverkar GR-aktiviteten om än betydligt mindre uttalat.

Tabell 7. Medelvärde±standardfel (antal fiskar) för aktiviteter av enzymerna EROD, glutationreduktas (GR), glutation S-transferas (GST) och katalas hos abborre från Torhamn, Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg.

Station	EROD (1)	GR (1)	GST (2)	Katalas (2)
<i>Honor</i>				
Torhamn	0,19 ± 0,02 (20)	10,5 ± 0,3	0,119 ± 0,006	105 ± 6
Karlskrona	0,16 ± 0,02 (20)	11,0 ± 0,3	0,101 ± 0,003	134 ± 7 *
Ronneby	0,16 ± 0,02 (20)	11,2 ± 0,4	0,108 ± 0,005	135 ± 6 *
Karlshamn	0,24 ± 0,02 (20)	10,7 ± 0,3	0,124 ± 0,005	127 ± 5
Sölvesborg	0,22 ± 0,03 (20)	11,7 ± 0,2	0,114 ± 0,004	144 ± 6 *
<i>Hanar</i>				
Torhamn	0,22 ± 0,04 (10)	11,9 ± 0,7	0,136 ± 0,007	130 ± 12
Karlskrona	0,15 ± 0,04 (10)	11,3 ± 0,5	0,117 ± 0,004	181 ± 12 *
Ronneby	0,21 ± 0,06 (8)	12,3 ± 0,5	0,128 ± 0,009	155 ± 15
Karlshamn	0,66 ± 0,14 (7) *	11,9 ± 0,7	0,141 ± 0,012	185 ± 25 *

p < 0,05 jämfört med Torhamn; (1)nmol/mg prot. x min; (2) µmol/mg prot. x min

Histopatologisk undersökning

En histopatologisk undersökning utfördes för att ta reda på om abborrarna uppvisar cellförändringar i levern. En central del av levern fixerades i buffrad formalin, preparerades, snittades, färgades (HE) och undersöktes i mikroskop. Arbetet utfördes av Sveriges Veterinärmedicinska anstalt (SVA) och redovisas i sin helhet i bilaga 3.

Levervävnaden har undersökts avseende olika typer av histologiska förändringar såsom avvikelser i cellstorlek, vakuolisering, inflammatoriska celler m.m. och har bedömts med avseende på grad av påverkan vilket möjliggjort att ta fram ett viktat värde på fiskens leverhälsa. Resultaten från de olika parametrar som analyserats uppvisar skillnader mellan lokalerna, vilket kan bero på olikheter i belastning av olika miljöföroreningar och patogener. Torhamn och Sölvesborg hade en lägre grad av strukturlöshet (avsaknad av normal leverstruktur) trots relativt hög förekomst av *larvae migrans* (cellskador till följd av larvers närvaro i levervävnaden) och inflammation. Detta kan tolkas som att påverkan till största delen beror på inverkan såsom parasiter och andra patogener. Intressant är att de två lokaler som har högst andel leveryta med strukturlöshet, Ronneby och Karlshamn, uppvisar lägre förekomst av *larvae migrans* och lägre inflammationsgrad. Här bedömdes strukturlösheten istället bero på cellsvullnad (bilaga 3). För ännu en variabel, förekomsten av FCA, som indikerar att fisken exponerats för carcinogena substanser visar att Karlskrona avviker från övriga lokaler med en lägre siffra och att den opåverkade referenslokalen har det högsta värdet. Även om det således förekommer skillnader mellan lokalerna för enskilda parametrar visar de uträknade medelvärdena för leverhälsan, där de olika avvikelserna viktats samman, inga signifikanta skillnader mellan lokalerna.

Sammanfattande beskrivning av påverkan i lokalerna

Det noterades genomgående avvikelser mellan referenslokalen och samtliga recipientlokaler för några parametrar men det förekom också avvikelser specifika för enskilda recipientlokaler med avseende på vissa parametrar (tabell 6). Huvudsakligen var det förändringar hos honfisk som noterades på de olika lokalerna.

Samtliga recipientlokaler uppvisade signifikant skillnad jämfört med referenslokal Torhamn med avseende på: 1. Glukoshalten 2. Katalas-aktiviteten och 3. Andelen granulocyter. Detta kan tyda på att en påverkan finns i kolhydratmetabolismen, leverns avgiftningskapacitet och immunförsvaret. Nedan har resultaten från undersökningarna summerats per lokal.

Karlskrona

För honabborrarna så förekom signifikant högre halt glukos, katalas-aktivitet och relativ levervikt (LSI) samt signifikant lägre andel vita blodkroppar (både andel granulocyter och totala antalet vita blodkroppar) och hematokrit. Detta kan tolkas som att en påverkan finns i kolhydratmetabolismen (glukos), leverns avgiftningskapacitet (katalas och eventuellt LSI), immunförsvaret (granulocyter) och osmoregleringen/blodtransporten (hematokrit). Även hanfisk från lokalen uppvisade signifikant högre katalas-aktivitet och påverkan på osmoregleringen (lägre halt natrium-joner). Hanfisk hade också signifikant högre LSI än referenslokal Torhamn.

Ronneby

För honabborrarna så förekom signifikant högre halt glukos och högre relativ levervikt (LSI) samt signifikant lägre andel vita blodkroppar (både andel granulocyter och totala antalet vita blodkroppar) och antalet omogna blodceller (iRBC). Detta kan tolkas som att en påverkan finns i kolhydratmetabolismen (glukos), immunologiska försvaret (granulocyter) och produktionen av röda blodceller (iRBC).

Karlshamn

För honabborrarna så förekom signifikant högre halt glukos och signifikant lägre andel vita blodkroppar (granulocyter). Detta kan tolkas som att en påverkan finns i kolhydratmetabolismen (glukos) och det immunologiska försvaret (granulocyter). I hanfisk noterades en signifikant och mycket hög EROD-aktivitet jämfört med referenslokal Torhamn. Hanfisk från lokalen uppvisade signifikant högre katalas-aktivitet än referenslokal Torhamn, vilket är i linje med att avgiftningen är förhöjd hos fisk i recipientlokalen.

Sölvesborg

För honabborrarna så förekom signifikant högre halt glukos och katalas-aktivitet samt signifikant lägre andel vita blodkroppar (granulocyter och totala antalet vita blodkroppar). Detta kan tolkas som att en påverkan finns i kolhydratmetabolismen (glukos), leverns avgiftningskapacitet (katalas) och det immunologiska försvaret (granulocyter). Notervärt för Sölvesborg är också att fisken som fångades var signifikant större men av signifikant lägre ålder än fisk från övriga lokaler. Detta indikerar att fisken i Sölvesborgsviken hade en snabbare tillväxt än fisk från övriga lokaler. Detta kan bero på att de har ett mer gynnsamt habitat med avseende på födotillgång än vad fisk från övriga lokaler har.

Tabell 6. Parametrar i undersökningen 2017 där statistiskt signifikant skillnad ($p < 0,05$) noterades på recipientlokalerna (Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg) jämfört med referenslokal Torhamn. S= Signifikant skillnad mot Torhamn med avseende på honabborrar. s= Signifikant skillnad mot Torhamn med avseende på hanabborrar.

Parameter	Karlskrona	Ronneby	Karlshamn	Sölvesborg
Morfometri				
Konditionsfaktor	-	-	-	-
Leversomatiskt index (LSI)	Ss	S	-	-
Gonadsomatiskt index (GSI)	-	-	-	-
Hematologi				
Hemoglobin	-	-	-	-
Hematokrit	S	-	-	-
iRBC	-	S	-	-
Jonbalans				
Klorid	-	-	-	-
Natrium	s	-	-	-
Kalium	-	-	-	-
Kalcium	-	-	-	-
Immunologi				
Granulocyter	S	S	S	S
Lymfocyter	-	-	-	-
Trombocyter	-	-	-	-
WBC	S	S	-	S
Östrogenicitet				
Vitellogenin	-	-	-	-
Kolhydratmetabolism				
Glukos	S	S	S	S
Avgiftningskapacitet				
EROD-aktivitet	-	-	s	-
Katalas-aktivitet	Ss	S	s	S
GST-aktivitet	-	-	-	-
GR-aktivitet	-	-	-	-

Sammanvägda bedömningar och slutsatser

Ett stort antal parametrar ingår i den utförda fiskfysiologiska undersökningen. Syftet är att kunna göra en bedömning av fiskhälsan på de olika lokalerna utifrån en sammanvägning av resultaten från parametrarna. I fiskfysiologiska undersökningar anses en tydlig skillnad föreligga i en parameter om en statistiskt signifikant skillnad ($p < 0,05$) finns mellan en recipientlokal och en referenslokal. I föreliggande undersökning har de signifikanta skillnaderna sammanfattats i Tabell 6 för såväl honabborrar som hanabborrar.

Hur skall då resultaten från undersökningen bedömas? Det har sedan ett antal år tillbaka redovisats en abborrmodell för att bedöma eventuell påverkan i skogsindustrirecipienter (Larsson et al., 2000; Sandström et al., 2004). Denna modell skulle kunna tillämpas på resultaten från de undersökta recipienterna. Modellen bygger på att parametrarna delas in i fysiologiskt funktionella grupper, t ex reproduktion, kolhydratmetabolism och kondition. En oacceptabel påverkan bedöms föreligga i en funktion om minst tre parametrar i en funktionell grupp avviker signifikant från referenslokalens värden. Om minst två funktioner uppvisar en oacceptabel påverkan anses fiskhälsan vara påverkad. Om en eller två parametrar i en funktionell grupp avviker skall vidare undersökningar utföras.

I Tabell 7 redovisas omfattningen av den eventuella påverkan i de olika funktionella grupperna lokalvis. Det framgår att tre till fyra olika funktionella grupper i de olika lokalerna uppvisar en skillnad mot referenslokalen. Sammantaget är skillnaden inte så stor (d v s högst två parametrar avviker per grupp) att fiskhälsan bedömdes som påverkad. Däremot bedöms påverkan vara av sådan dignitet att vidare undersökningar bör göras.

Tabell 7. Sammanfattande beskrivning av om det finns en påverkan i de olika fysiologiska funktioner där ett antal parametrar analyserats i fisk från recipientlokalerna Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg. S= Signifikant skillnad mot Torhamn med avseende på honabborrar. s= Signifikant skillnad mot Torhamn med avseende på hanabborrar.

Funktion	Parameter	Karlskrona	Ronneby	Karlshamn	Sölvesborg
Reproduktion	GSI	-	-	-	-
Energiupplagring	LSI, CF, glukos	Ss, S	S, S	S	S
Leverfunktioner	EROD, GR, GST, katalas	Ss	S	s,s	S
Immunförsvar	Vita blodceller	S	S	S	S
Hematologi och jonreglering	Ht, Hb, Cl ⁻ , Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺ , iRBC	S, s	S	-	-
	Ingen/obetydlig påverkan i funktionen				
	Påverkan i funktionen (Vidare undersökningar bör göras)				
	Oacceptabel störning i funktionen				

Det har i tidskriften Havet också framlagts en modell för bedömning av fiskfysiologiska undersökningar (Reutgardh et al., 2010). I denna modell delas påverkan på fisk in i tre komponenter: Miljögifters halt, exponering för miljögifter och effekter på fisken. För varje komponent görs en bedömning om en påverkan finns eller inte. I föreliggande undersökning finns inte kemiska analysdata tillgängliga. Enligt modellen bedöms fiskhälsan som påverkad om minst fem biomarkörer (parametrar), i minst två olika funktionella grupper, visar på signifikant skillnad.

Detta kan tillämpas på resultaten från undersökningen 2017 (Tabell 7). En påverkan finns i minst tre olika funktioner (kolhydratmetabolism, avgiftning och immunologisk funktion) hos fisk från samtliga recipientlokaler.

På Karlskrona och Ronneby är LSI signifikant förhöjt jämfört med referenslokal Torhamn. Denna effektparameter kan bero på såväl naturliga faktorer (t ex näringsstatus på lokalen) som på en metabolisk störning. Då det inte är ovanligt att relativt sett höga LSI-värden också förekommer i referensområden bör resultat från denna parameter tolkas försiktigt. Skulle denna parameter kunna kopplas till en exponering för miljögifter hade bedömningen blivit att fisk från Karlskrona och Ronneby har en nedsatt fiskhälsa. Karlskrona skulle kunna bedömas som att ha en nedsatt fiskhälsa ur ytterligare ett perspektiv; hanfisk från lokalen har en signifikant påverkan på osmoregleringen (lägre halt av natrium i blodplasma). Då honfisk från lokalen har en lägre hematokrit och hanfisk har en lägre halt natrium i blodplasma görs bedömningen att en biomarkör avviker i funktionen hematologi/jonbalans (oavsett kön). Den samlade bedömningen blir då att som mest är fyra biomarkörer per lokal påverkade.

Resultaten från undersökningen har därmed utvärderats med avseende på två bedömningsmodeller för fiskhälsa. Bedömningen blev att fisken i samtliga recipientlokaler har en påverkan i flera olika fysiologiska funktioner då jämförelser görs mot referenslokal Torhamn. Avvikelseerna är inte så stora i Karlskrona och Ronneby att fisken bedöms ha en nedsatt hälsa. Däremot är påverkan på fisken så påtaglig att det påkallar vidare undersökningar för att ta reda på vad de uppmätta biologiska responserna betyder för abborre utanför Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg.

Det är viktigt att tillägga att det rapporteras om successiva förändringar av hälsotillståndet hos abborre från referenslokalen Torhamn som tyder på att den försämras. Dessa observationer baseras på tidstrender med relativt stora mellanårsvariationer. Dessa förändringar tycks vara ett generellt fenomen och har således observerats hos abborre från andra kustreferensområden. Denna successiva förändring hos abborre på individnivå har däremot inte resulterat i några påtagliga förändringar på populationsnivå i Torhamn. Vägs detta in i bedömningen av undersökningen innebär det att hälsan hos fiskarna från recipientlokalerna har försämrats under de senaste 15 till 20 åren men den bedöms inte som nedsatt enligt bedömningsgrunderna. Med den kunskap vi har idag kvarstår vår bedömning att påverkan på fisken i Karlskrona, Ronneby, Karlshamn och Sölvesborg är så pass påtaglig att det krävs vidare undersökningar.

Litteraturreferenser

Asker N., Carney Almroth B., Albertsson E., Coltellaro M., Bignell J.P., Hanson N., Scarcelli V., Fagerholm B., Parkkonen J., Wijkmark E., Frenzilli G., Förlin L. and Sturve J. 2015. A gene to organism approach—assessing the impact of environmental pollution in eelpout (*Zoarces viviparus*) females and larvae. *Environ. Toxicol. Chem.* 34, 1511-1523.

Förlin L., Haux C., Andersson T., Olsson P.-E. and Larsson Å. 1986. Physiological methods in fish toxicology: laboratory and field studies. In: *Fish Physiology: Recent Advances* (Nilsson, S., Holmgren, S., eds.). Croom Helm, London. pp. 158-169.

Förlin L., Larsson Å., Parkkonen J., Ericson Y., Ek C., Faxneld S., Danielsson S., Nyberg E., Olsson J. och Franzén F. 2017 a. Faktablad från integrerad kustfiskövervakning 2017:3. Kvädöfjärden (Egentliga Östersjön) 1988-2016. <http://www.slu.se/faktablad-kustfisk>

Förlin L., Larsson Å., Parkkonen J., Ericson Y., Ek C., Faxneld S., Danielsson S., Nyberg E., Olsson J. och Franzén F. 2017 b. Faktablad från integrerad kustfiskövervakning 2017:2. Holmöarna (Bottniska viken) 1989-2016. <http://www.slu.se/faktablad-kustfisk>

Förlin L., Larsson Å., Parkkonen J., Ericson Y., Ek C., Faxneld S., Danielsson S., Nyberg E., Olsson J. och Franzén F. 2017 c. Faktablad från integrerad kustfiskövervakning 2017:4. Torhamn (södra Egentliga Östersjön) 2002-2016. <http://www.slu.se/faktablad-kustfisk>

Hanson N., Förlin L. and Larsson Å. 2009. Evaluation of long-term biomarker data from perch (*Perca fluviatilis*) in the Baltic Sea suggests increasing exposure to environmental pollutants. *Environ Toxicol Chem.* 28, 364-373.

Hansson T., Lindesjö E., Förlin L., Balk L., Bignert A. and Larsson Å. 2006. Long-term monitoring of the health status of female perch (*Perca fluviatilis*) in the Baltic Sea shows decreased gonad weight and increased hepatic EROD activity. *Aquatic Toxicology* 79, 341-355.

Haux C. and Förlin L. 1988. Biochemical methods for detecting effects of contaminants on fish. *Ambio* 6, 376-380.

Larsson Å., Haux C. and Sjöbeck M.-L. 1985. Fish physiology and metal pollution: results and experiences from laboratory and field studies. *Ecotox. Environ Safety*, 9, 250-281.

Larsson Å., Förlin L., Grahn O., Landner L., Lindesjö E. and Sandström O. 2000. Guidelines for interpretation and biological evaluation of biochemical, physiological and pathological alterations in fish exposed to industrial effluents. SSVL. Miljö 2000. Rapport nr 5.

Larsson Å., Förlin L., Lindesjö E., and Sandström O. 2003. Monitoring of individual organisms responses in fish populations exposed to pulp mill effluents. In: *Environmental Impacts of Pulp and Paper Waste Streams*. Eds T.R. Stuthridge, M.R. van den Heuvel, N.A. Marvin, A.H. Slade, J. Gifford. SETAC Press. Pp 216-226.

Larsson Å och Förlin L. 2006. Hälsotillstånd hos kustfisk – biologiska effekter på subcellulär och cellulär nivå, Naturvårdsverket, 2006-02-10. <http://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i->

Noaksson E., Linderöth M., Tjärnlund U. and Balk L. 2005. Toxicological effects and reproductive impairments in female perch (*Perca fluviatilis*) exposed to leachate from Swedish refuse dumps. *Aquat. Toxicol.* 75: 162-177.

Reutgardh M., Sundelin B., Magnusson M., Granmo Å., Larsson Å., Förlin L., Hanson N och Parkkonen J. 2010 Biologiska effekter – bedömningsgrunder under utveckling. HAVET 2010, 77-80.

Ronis D., Lindesjö E., Larsson Å., Bignert A. and Förlin L. 2005. Thirteen years of monitoring selected biomarkers in Eelpout (*Zoarces viviparus*) at reference site in the Fjällbacka archipelago on the Swedish west coast. *Aquat. Ecosystem Health Manage.* 8, 175-184.

Sandström, O., Grahn, O., Karlsson, M., Larsson, Å., Malmaeus, M. och Viktor T. 2015. Miljösituationen förr och nu i skogsindustrirecipienten - Bakgrundsrapport. IVL-rapport C115.

Sandström O., Larsson Å., Andersson J., Appelberg M., Bignert A., Ek H., Förlin L. och Olsson M. 2004. Integrated fish monitoring in Sweden. In "Helcom monas fish monitoring 1/2004".

Sandström O., Larsson Å., Andersson J., Appelberg M., Bignert A., Ek H., Förlin L. and Olsson M. 2005. Three decades of Swedish experience demonstrates the need for integrated long-term monitoring of fish in marine coastal areas. *Water Qual Res J Can* 40, 233-250.

Stegeman J.J., Brouwer M., Di Giulio R.T., Förlin L., Fowler B.A. Sanders B.M. and Van Veld P.A. 1992. Molecular responses to environmental contamination: Enzyme and protein systems as indicators of chemical exposure and effects. In *Biomarkers: Biochemical, Physiological, and Histological Markers of Anthropogenic Stress*. Eds Hugget R.J., Kimerle R.A., Mehrle P.M. and Bergman H.L. SETAC Special Publications Series, Lewis Publishers. pp. 235-335.

Sturve J., Berglund Å., Balk L., Broeg K., Böhmert B., Massey S., Parkkonen J., Stephensen E., Koehler A. and Förlin L. 2005. Effects of dredging in Göteborg harbour, Sweden, assessed by biomarkers in eelpout *Zoarces viviparus*). *Environ. Toxicol. Chem.* 24: 1951-1961.

Van der Oost, R., Beyer, J. and Vermeulen, N.P.E., 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Biochem. Pharmacol.* 13, 57-149.