

Biologiska effekter

– bedömningsgrunder under utveckling

MARTIN REUTGARD & BRITA SUNDELIN, STOCKHOLMS UNIVERSITET / MARINA MAGNUSSON & ÅKE GRANMO,
MARINE MONITORING AB / ÅKE LARSSON, LARS FÖRLIN, NIKLAS HANSON & JARI PARKKONEN, GÖTEBORGS UNIVERSITET

EU:s marina direktiv sätter effekter av miljögifter högt på dagordningen. En av direktivets elva definitioner av miljökvalitet anger att miljöfarliga ämnen i havet inte ska ge upphov till biologiska effekter. Den internationella expertgrupp som lämnat förslag på hur detta bör följas upp, framhåller att effekter måste inkluderas och utvärderas tillsammans med uppmätta halter i miljön. Även i Östersjö-ländernas gemensamma åtgärdsplan, Baltic Sea Action Plan, finns angivet att övervakning av biologiska effekter ska utvecklas.

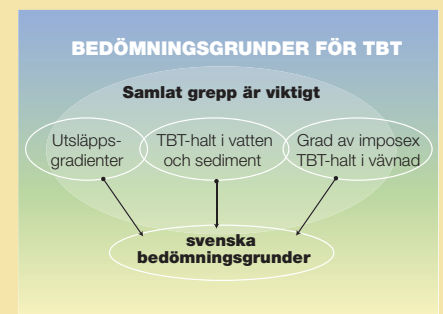
■ I Sverige utförs redan övervakning av biologiska effekter på några arter i den marina miljön. Det vi saknar är fastställda gränsvärden, som tydliggör vad som är naturlig variation och vad som är ett tecken på påverkan. Ett utvecklingsarbete pågår dock inom samtliga delprogram för att skapa bedömningsgrunder för de olika effektvariablerna. De referensdata som tagits fram inom den nationella övervakningen utgör här ett värdefullt material för att definiera den naturliga variationen.

Modellen för bedömningen bör vara enkel och tydlig så att beslutsfattare och

andra intressenter kan förstå och hålla med om tolkningen. Den skall även säkerställa att olika bedömare kommer till samma slutsats utifrån samma underlag.

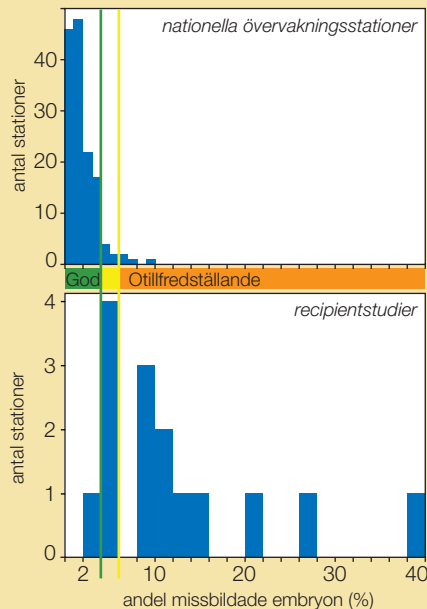
Imposex påvisar giftigt ämne

Imposex är en mycket ämnesspecifik biomarkör som innebär att honor hos snäckor utvecklar hanliga könskaraktärer till följd av att de under sina juvenila stadier har exponerats för organiska tennföreningar. Dessa ämnen, framförallt tributyltenn, TBT, påminner om hanliga könshormoner och kan därmed inducera bildandet



➤ I arbetet med att ta fram svenska bedömningsgrunder är det viktigt med ett samlat grepp. Grad av imposex och halt av TBT i vävnad bör kopplas till halter i vatten och sediment samt till gradienter från utsläppskällor. En sådan undersökning pågår för närvarande och förhoppningen är att resultaten ska underlätta framtagandet av svenska bedömningsgrunder.

BEDÖMNINGSGRUNDER FÖR VITMÄRLA



☛ Sammanställning av data från 16 års nationell miljöövervakning i relativt opåverkade områden i Bottenhavet och Egentliga Östersjön, samt data från 11 recipienter för olika typer av industriell verksamhet.

För 93% av mätningarna i de opåverkade områdena ligger andelen missbildade embryon under 4%. I recipienterna däremot, visar 93% av stationerna belägna mindre än 10 km från källan en missbildningsfrekvens över 4%. Vitmärslans embryon svarar således generellt mot olika typer av industriell påverkan.

Förslaget till bedömningsgrund är därför att områden med mindre än 4% missbildade embryon klassas som opåverkade av miljögifter. En skadefrekvens mellan 4 och 6% utgör en mellannivå ur förorenings synpunkt, medan nivåer över 6% klassas som påverkade av miljögiftsexponering.

Endast stationsmedelvärden baserade på mer än 10 honor är inkluderade i analysen.



I februari samlas de äggbärande vitmärslorna in med bottenskrapa och van Veen-huggare. Samtidigt provtas sediment för kemisk analys.

Foto: Martin Reaigård

av penis och sädesledare hos snäckhonor. Detta är en välkänd effekt som man hittills har hittat hos ett hundratal arter spridda över världen.

TBT har använts i båtbottnfärger sedan 1960-talet och anses vara ett av de giftigaste ämnen vi släppt ut i miljön. Trots det har Sverige i dagsläget inga egna bedömningsgrunder, varken för halter i sediment eller i vävnad eller för de effekter som kan uppstå i biota, exempelvis i form av imposex. Även internationellt är det ovanligt med bedömningsgrunder för TBT-halt i vävnaden och grad av imposex, men flertalet länder i Europa har tagit fram gränsvärden för TBT-halt i sediment.

Internationella bedömningssystem finns

Inom Oskar, samarbetsorganisationen för Nordsjön och Nordostatlanten, har man tagit fram ett klassificeringssystem som ska kunna användas av alla ingående länder, trots mycket stora olikheter vad gäller artförekomst och geografiska förutsättningar. Systemet delar in resultaten i sex klasser och integrerar värden för TBT-halter i musslor, vatten och sediment.

Av våra nordiska grannländer är det endast Norge och Danmark som utför miljöövervakning som omfattar imposex. I Norge, som tillämpar Oskars klassificering använder man sig endast av purpur-

snäckan. Danmark har ett mer omfattande program som innefattar provtagning i både kust- och utsjöområden och analyserar graden av imposex hos totalt fem arter. Danskarna har även arbetat vidare med att ta fram miljö kvalitetskriterier för imposex, och anpassat dem till den femgradiga skala som används inom vattendirektivet. Här har utgångspunkten varit vattendirektivets Environmental Quality Standard, som är framtagna gränsvärden för att miljön och människors hälsa ska skyddas. Det danska systemet är mycket likt det som används inom Oskar för klassning av imposex, men gränsvärdena är inte så stränga när det gäller halter i vatten och snäckor.

Svårt med Östersjön

Då den svenska västkusten kan tänkas vara mest likartad den danska och då båda länderna även gränsar till havsområdena Kattegatt och Skagerrak så har utgångspunkten vid värdering av svenska resultat hittills legat i det danska systemet.

Sedan 2008 sker även övervakning längs den svenska ostkusten. Där är salthalten för låg för nätsnäckor, så istället används havssallatssnäckan *Hydrobia ulvae*. Eftersom denna art är extremt liten är användandet av den i miljöövervakningssyfte inte så vanlig. Några bedömningsgrunder för denna art finns därför varken i Oskars

klassificeringssystem eller i det danska.

Det vi hittills har sett är att havssallatssnäckan inte tycks vara lika känslig som andra arter för exponering av TBT. Den förekommer i kraftigt förorenade områden, men uppvisar trots det endast de lägre stadierna av imposex. Även den procentuella påverkan är betydligt lägre för havssallatssnäckan, om man jämför med nätsnäckorna på västkusten. Detta trots att exponeringen för TBT i sedimentet oftast är högre.

Specifik känslighet hos vitmärla

Ett förslag på gränsvärden har tagits fram för missbildade embryon, en av de variabler som mäts inom vitmärleprogrammet. Denna variabel visar en tydlig dos-respons på miljögifter, med ett signifikant samband mellan andelen missbildade embryon och avståndet från punktkälla. Biomarkören uppvisar också en hög känslighet, då mänsklig påverkan kan upptäckas och mätas upp till tre mil från utsläppskällan.

Missbildningar hos vitmärslans embryon orsakas framför allt av exponering för olika typer av kemikalier som metaller och organiska miljögifter. Andra stressfaktorer i miljön, som syrebrist, födobrist och temperaturstress, ger upphov till andra typer av skador som döda och outvecklade ägg. Den specifika känsligheten för miljögifter, samt

det faktum att den är kopplad till reproduktionen, gör missbildade embryon till en särskilt lämplig och relevant effektvariabel för miljögiftsexponering.

Färdigt förslag finns

Även i en miljö där exponeringen för miljögifter är liten eller obefintlig kan missbildningar uppstå. En anledning kan vara spontana mutationer. Östersjön är inget rent hav, och det finns sannolikt en viss storskalig exponering i hela området. Eftersom det saknas helt opåverkade lokaler i Östersjön kan vi inte uttala oss om vilka bakgrundsvärden som kan förväntas i en miljö med nollnivåer beträffande miljögifter.

Efter mer än femton års studier med 144 stationsmedelvärden har vi emellertid en relativt god uppfattning om Östersjöns bakgrundsvärden. Baserat på övervakningsdata från Bottenhavet och Egentliga Östersjön, samt elva recipienter utanför olika typer av industrier, kan vi också uttala oss om vid vilka nivåer variabeln missbildade embryon hos vitmärlan kan klassas som påverkad av miljögifter.

En skadefrekvens under fyra procent bör klassas som opåverkad. Är andelen missbildade embryon högre än sex procent så är området exponerat för miljögifter.

Påverkan på nästa generation?

Det förslag till bedömningsgrunder för vitmärla som vi tagit fram ger information om vid vilken skadenivå som populationen bör bedömas som påverkad av miljögifter. Detta är nödvändigtvis inte samma skadenivå där effekter kan förväntas på nästa generation. I det perspektivet är föreslagna gränsvärden att betrakta som gränsvärden för bedömning av exponering.

Målsättningen är givetvis att utifrån de påverkade variablerna kunna uttala sig om dess konsekvenser på populationstillväxten. Här finns dock fortfarande kunskapsluckor. Även om embryonala skador minskar fekunditeten, bidraget till nästa generation, är det inte uppenbart hur mycket det betyder i populationssammanhang. En rad olika faktorer förutom fekunditet och fertilitet påverkar populationsstorleken. Exempelvis den procentuella överlevnaden av de nykläckta juvenilerna, som i sin tur är beroende av födotillgång och predationstryck – något som sannolikt kan skilja stort mellan olika områden. På vissa övervakningsstationer har man kunnat visa att

FÖRSLAG TILL BEDÖMNINGSMODELL FÖR FISKHÄLSA

Miljögifter	Exponering	Effekter	Slutsats
+	+	+	Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter.
+	+	-	Exponering för miljögifter i halter som inte påverkar fiskens hälsa. Tidig varningssignal.
+	-	+	Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter som ej fångas upp av exponeringsmarkörer.
+	-	-	Miljögifter ej biotillgängliga eller tillgängliga i ofarliga nivåer.
-	+	+	Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter som ej analyserats.
-	+	-	Varningssignal för ej analyserade miljögifter.
-	-	+	Påverkad fiskhälsa; kan vara orsakad av annan stress än miljögifter.
-	-	-	God fiskhälsa; inga tecken på miljögiftspåverkan.

➤ Tabellen visar förslag till bedömningsmodell baserad på de tre komponenterna miljögiftbelastning, exponering och effekter. För varje komponent görs en bedömning om den är påverkad (+) eller opåverkad (-). Detta ger åtta möjliga kombinationer och därmed åtta olika slutsatser om fiskens hälsostatus.

populationsstorleken styrs av predationen från ishavsgråsuggan, *Saduria entomon*, medan man på andra stationer inte ser något tydligt samband.

Det är således sannolikt att en minskad nyrekrytering beroende på missbildade embryon får skiftande betydelse beroende på lokal. Genom att bestämma födotillgång och predationstryck på olika typlokaler i Östersjön skulle det vara möjligt att i framtiden uttala sig om vad en reproduktionskada får för konsekvenser i typområdet. Även andra omgivningsfaktorer, som sedimentbeskaffenhet, temperatur och salthalt, måste förmodligen ingå.

Ur ett ekosystemperspektiv bör man dessutom väga in rovdjurens minskade tillgång på föda, om vitmärlans embryon har hög skadefrekvens och nyrekryteringen därmed minskar.

Integrerad fiskmodell på förslag

Vårt förslag till modell för bedömning av miljögiftspåverkan på fiskar är baserat på tre komponenter: miljögiftsbelastning, exponering och effekter. För varje komponent görs en bedömning om den är påverkad eller opåverkad.

För miljögiftsbelastning finns ofta underlag i form av kemiska analysdata från regional övervakning eller recipientkontroll, exempelvis i form av uppmätta halter

i biota, bottensediment eller vatten. En statistisk signifikant haltförhöjning av ett eller flera ämnen jämfört med referensområden är tillräckligt underlag för att konstatera att det finns en miljögiftsbelastning i området.

Även för exponeringsmarkörer, som exempelvis DNA-addukter i lever, Erod, PAH-metaboliter i galla eller metalloprotein, är det tillräckligt att konstatera statistisk signifikant skillnad jämfört med referensområden för att visa att miljögifter är biotillgängliga och att en exponering föreligger.

Effekter svårast att bedöma

För effektmarkörer är bedömningen mer komplicerad, eftersom effekter på olika fysiologiska funktioner kan ha olika stor betydelse för fiskens hälsa.

Ett sätt att uppnå god biologisk relevans är att dela in de olika effektmarkörerna efter vilken fysiologisk funktion de återspeglar. Varje sådan funktion viktas och poängsätts efter dess uppskattade relativa betydelse för populationstillväxten. Poängsättningen är än så länge approximativ, men baserad på erfarenheter från mångårig tillämpning av biomarkörer både i kontrollerade laboratorieexperiment och vid fältundersökningar.

Enligt denna modell betyder en påverkan på viktiga funktioner som reproduktion

FAKTA

Halt, exponering och effekt

Kemiska analyser av kända miljögifter visar om just dessa ämnen finns i förhöjda halter, men de ger mycket lite kunskap om biotillgänglighet och eventuella effekter i miljön. Man kan inte heller mäta alla kemikalier utan riskerar att missa okända eller oväntade ämnen i miljön.

Biomarkörer är olika biokemiska, fysiologiska och histologiska mått som visar om en individ är stressad av något i miljön. De kan delas upp i exponeringsmarkörer och effektmärkörer.

- En exponeringsmarkör är exempelvis ett avgiftning enzym, som visar att en viss typ av miljögift har tagits upp av individen, och att olika försvarsmekanismer har aktiverats. Denna exponering behöver dock inte innebära att organismens hälsa är försämrad.
- Uppvisar organismen däremot förändringar i effektmärkörer, såsom försämrad tillväxt, reproduktionsskador eller nedsatt immunförsvar finns det en risk för påverkan på populationen. Dessa fysiologiska variabler är ofta mer generella än de biokemiska. Det innebär att de kan svara på flera former av stress förutom miljögifter, såsom temperaturförändringar och övergödning.

tion, kondition eller metabolism alltid att fiskens hälsa bedöms som påverkad. Det finns också skäl att vikta olika biomarkörer inom varje fysiologisk funktion. Till exempel bör en vävnadsförändring i levern bedömas som viktigare för leverns funktion än en förändring i aktiviteten hos ett enskilt leverenzym.

I vår föreslagna modell bedöms fiskens fysiologi och hälsa alltid som påverkad om minst fem biomarkörer, representerande minst två olika fysiologiska funktioner, visar signifikant förändring.

Test av modellen

Vi har testat vår modell för bedömningsgrunder av fiskhälsa på tidigare data.

På 1980-talet orsakade komplexa utsläpp från Norrsundets sulfatmassafabrik mycket kraftiga effekter på ett stort antal biomarkörer och gravt störda fysiologiska funktioner hos abborre i hela recipienten. Om modellen för bedömningsgrunder prövas på erhållna data från dessa undersökningar blir den sammanvägda bedömningen *"Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter"*.

Kraftfulla åtgärder medförde att utsläppen av miljöfarliga ämnen minskade, och en återhämtning ägde rum. Vid uppföljande studier återstod endast svaga effekter på någon enstaka effektmärk i närområdet och på en exponeringsmarkör, förhöjd Erod-aktivitet. Detta ger bedömningen *"Exponering för miljögifter i halter som inte påverkar fiskens hälsa. Tidig varningssignal"*.

År 2003 genomfördes undersökningar på tånglake i Göta älvs mynningsområde i samband med en omfattande muddring. Resultaten visade bland annat lägre konditionsfaktor, förändrad leverstorlek, vävnadsförändringar i levern och tecken på påverkat immunförsvar. Exponeringsmarkörer som Erod-aktivitet och metallothionein indikerade förekomst och upptag av främmande ämnen. Om resultaten sätts in i modellen blir bedömningen *"Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter"*.

I det nationella referensområdet Kvädöfjärden har ett flertal signifikanta förändringar observerats sedan övervakningen av fiskens hälsa startade 1988. Om man använder bedömningsmodellen leder detta till att bedömningen av fiskhälsan idag, jämfört med slutet av 1980-talet, blir *"Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter som ej analyserats"*. Detta är naturligtvis alarmerande eftersom Kvädöfjärden är utvalt för att representera den mest ostörda miljön vi kan hitta längs den svenska Östersjökusten.

Mer integration är målet

Det är önskvärt att denna modell utökas med fler komponenter för att få en mer integrerad och därmed säkrare bedömning av fiskstatusen i ett visst område. Uppgifter om eutrofieringsstatus och tillståndet för population och fiskesamhälle kan ge kompletterande underlag. De kan visa om observerade fysiologiska effekter påverkar populationen eller inte, samt om det finns någon typ av stress som påverkar fiskesamhället men inte fiskens hälsa, exempelvis högt fisketryck.

Även i en sådan utökad modell kan en bedömning göras enligt den princip som visas i tabellen, där varje komponent bedöms som påverkad eller inte påverkad. Den enda skillnaden är att antalet möjliga utfall fördubblas för varje komponent som läggs till. Arbete pågår för att ta fram en sådan integrerad och mer heltäckande modell för bedömning av fiskstatus.

Att bedöma en hel havsregion

För framtiden vore det önskvärt att sammanväga samtliga bedömningar gjorda på fisk, snäckor och vitmärlor i ett havsområde till en mer integrerad bedömning av biologiska effekter.

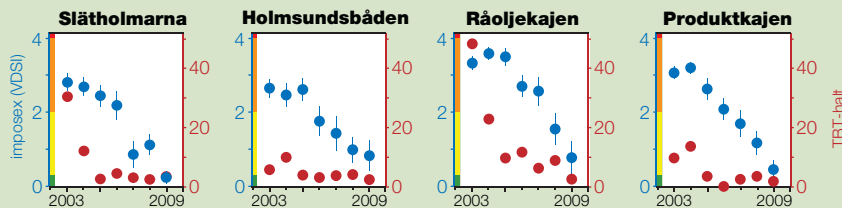
Om denna sedan skulle kunna kombineras med resultat från mätningar av miljögiftshalter och även med resultat från populationsövervakning, skulle bilden av tillståndet i en region bli mer heltäckande. Tillsammans med kunskap om annan miljöpåverkan, såsom övergödning, fiske och klimatförändringar, skulle förklaringsgraden för vad som orsakar förändringar öka markant.

Hur resultat från olika övervakningsprogram ska sammanvägas är dock långt ifrån enkelt. Såväl inom de båda regionala konventionerna Helcom och Ospar som inom forskningen pågår ett utvecklingsarbete kring hur olika variabler ska vägas samman för att olika havsområden skall kunna bedömas. Svenska forskare deltar aktivt i olika EU-finansierade forskningsprogram som arbetar med dessa frågeställningar. **S**

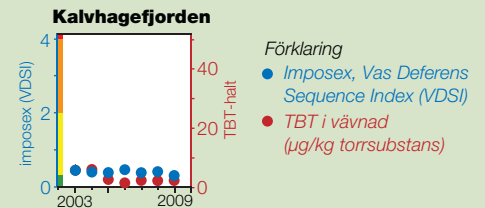
Biologiska effekter av organiska tennföreningar

Marina Magnusson, Anders Borgegren, Sandra Andersson & Åke Granmo, Marine Monitoring AB

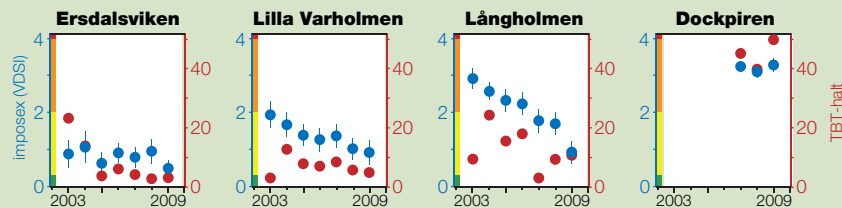
GRADIENTEN BROFJORDEN UTANFÖR LYSEKIL



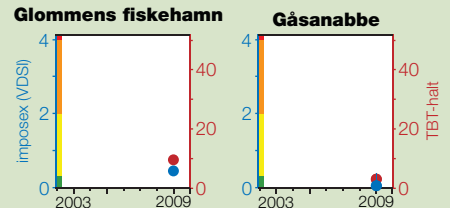
REFERENSOMRÅDE I BOHUSLÄN



GRADIENTEN GÖTEBORGS HAMN



FALKENBERG



låg ————— hög
 påverkan i de båda gradienterna ovan

➤ Svenska bedömningsgrunder saknas. Danska bedömningsgrunder används för lokalerna på västkusten. Enligt dessa klassas två lokaler (Slätholmarna och Gåsanabbe) som goda, och övriga som måttliga eller sämre. Gränsen för måttlig status hos nätsnäckor går vid 0,3 VDSI. Vertikala staplar anger 95% konfidensintervall.

Västerhavet

En del förändringar i stationsnätet infördes under året. I Göteborgs hamn utgick den södra gradienten och i Brofjorden utanför Lysekil utgick lokalerna vid Bläckhall, Furusundsholmarna och Sandvik. Istället tillkom en punktkälla och en referenslokal utanför Falkenberg i Halland.

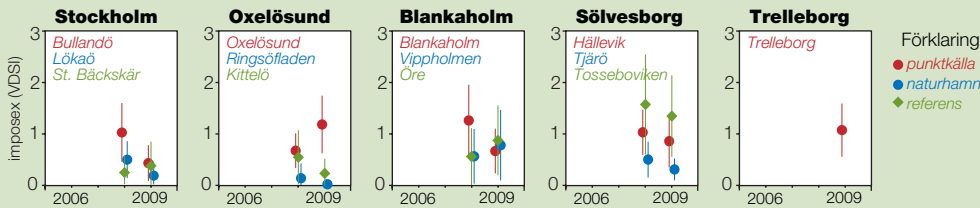
Graden av imposex hos nätsnäckor fortsätter att minska vid de flesta lokalerna, men i Göteborgsgradienten är minskningen mindre tydlig i områdena långt ifrån punktkällan.

Minskningen av TBT i snäckornas vävnad verkar däremot ha planat ut, det

är endast vid Långholmen och Dockpiren i Göteborg som halterna nu ligger över 5µg/kg. Vid råoljekajen i Brofjorden är vävnadshalten ungefär densamma som för snäckorna från referensområdet i Kalvhagefjorden.

De nytillkomna lokalerna utanför Falkenberg visade förvånansvärt låga värden. På referenslokalen vid Gåsanabbe uppvisade endast 2 av 44 infångade honor imposex, och stationens status klassas därför som god. Även de snäckor som fångades i Glommens fiskehamn visade på förhållandevis bra värden.

ÖSTERSJÖN



Bedömningsgrunder för snäckarten *Hydrobia ulvae* ingår inte i de danska bedömningsgrunderna. Om man använder gränsen för måttlig status hos nätsnäck, 0,3 VDSI, även för *Hydrobia* innebär detta att 10 av 13 lokaler klassas som måttliga eller sämre. Vertikala staplar anger 95% konfidensintervall.

Egentliga Östersjön

Provtagningarna i Egentliga Östersjön är inne på sitt andra år och det är ännu för tidigt att se någon trend. Generellt påträffas *Hydrobia* med imposex på alla undersökta lokaler. Eftersom dessa snäckor bara blir ett par år gamla är det rimligt att anta att snäckor som uppvisar imposex är utsatta för en pågående exponering av TBT.

Variationen i antalet påverkade honor

är dock stor, från 3 procent vid Ringsöfladen till 62 procent vid Tosseboviken. Den högsta påverkan ses vanligen vid punktkällor såsom hamnar. Referenslokalen Tosseboviken utanför Sölvesborg är dock ett undantag. Detta är en mycket grund, sandig vik som helt saknar båtbyggor, men som trots detta åter uppvisar högst värde för imposex. Det är anmärkningsvärt, och orsaken är fortfarande oklar.

Sedimentprover har tagits och kommer att analyseras. Eftersom parasiter misstänks kunna orsaka imposex plockas angripna djur bort före analys.

Arbete pågår med att hitta fler lokaler längs Skånes kust. Hittills har tillräckligt med snäckor hittats endast vid punktkällan Trelleborgs hamn.



Foto: Marine Monitoring



Hydrobia ulvae



Foto: Niklas Hanson

Miljögifter påverkar

Hälsoundersökningar av abborre och tånglake visar för de flesta mätvariabler inga förändringar. Detta kan ses som naturligt eftersom referensområdena anses vara obetydligt påverkade av samhälleliga och industriella verksamheter.

Under senare år har dock signifikanta tidstrender observerats för allt fler biomarkörer, vilket indikerar att fisken är påverkad av miljögifter. Dessa förändringar är mest påtagliga hos abborre i Kvädöfjärden, men liknande effekter har successivt börjat uppträda även vid Holmöarna och Torhamn. Hos tånglake noteras färre förändringar.

Högre Erod-aktivitet

Hos abborre i Kvädöfjärden har leveraktiviteten för avgiftningsenzymet Erod blivit fem gånger högre under de dryga tjugo år som undersökningarna pågått. Uppföljande forskning visar ett samband mellan Erod-aktivitet och både halten PAH-metaboliter i gallan och flödesdata från Vindån som rinner ut i kustområdet. En ständig tillförsel av PAH:er till kustvattenmiljön genom landavrinning kan därför vara en möjlig förklaring till de observerade effekterna. Det kan dock inte uteslutas att även andra kemiska ämnen kan spridas diffust på liknande sätt och ge upphov till komplexa samverkans effekter på kustfiskens hälsa.

Flera varningssignaler

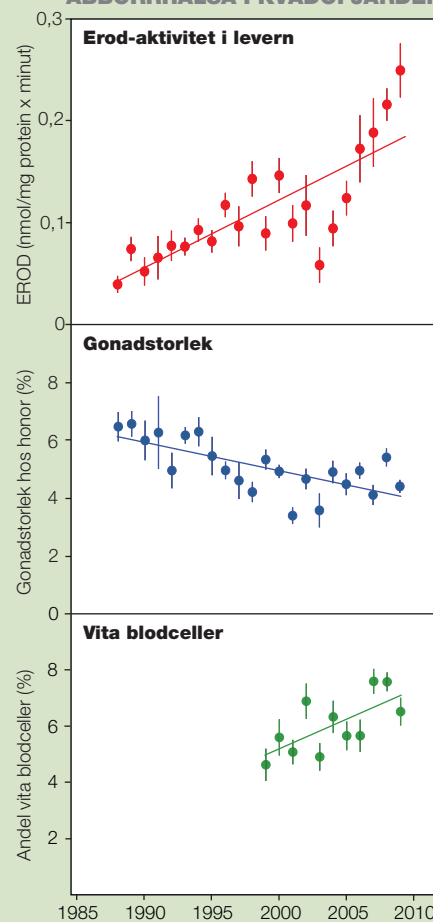
Att fisken i Kvädöfjärden exponeras för kemiska ämnen stöds av andra observerade effekter. Den relativa gonadstorleken hos abborrhonor har minskat med cirka 30 procent. Denna signifikanta förändring, som även ses vid Holmöarna, är en allvarlig varningssignal om att fisken exponeras för något främmande ämne som påverkar könsmognaden. Uppföljande histologiska studier visar inga vävnadsförändringar på gonaderna, utan det tycks vara antalet ägg som minskar hos de köns mogna honorna.

En förhöjd aktivitet för enzymet glutationsreduktas i levern tyder på ökad förekomst av reaktiva ämnen som ger upphov till oxidativ stress. Samma förändring ses även hos abborrar vid Holmöarna och Torhamn.

I Kvädöfjärden observeras också en ökning av klorid och kalcium i blodet, vilket indikerar att fiskens saltreglering inte fungerar normalt. Vidare ökar totala antalet vita blodceller och antalet trombocyter i blodet, vilket signalerar att immunförsvaret kan vara påverkat. En ökning av antalet vita blodceller har också observerats hos tånglake i Kvädöfjärden och Fjällbacka. Denna ökning hos tånglake sker parallellt med en ökning av halten metallbindande protein och kadmium i levern.

Sammantaget visar hälsoundersökningarna att fisken i de nationella referensområdena i ökande grad exponeras för något

ABBORRHÄLSA I KVÄDÖFJÄRDEN



eller några miljögifter som är okända eller inte övervakas idag, och att allt fler hälsvariabler visar förändringar som tidigare påvisades endast hos fisk i komplext förorenade områden.

Missbildade embryon minskar

Andelen missbildade embryon, som indikerar att det finns miljögifter i sedimentet, är genomgående vanligare i vitmärslor från Egentliga Östersjön än från Bottenhavet. Missbildningarna, som ökade kraftigt under några år, orsakas av att lipider läcker ut från äggmembranet vilket dödar embryot före kläckningen.

En nyligen genomförd multivariat-analys visar att parasitangrepp är positivt korrelerat med andelen obefruktade honor. Om det finns ett orsakssamband är svårt att säga, men det visar att parasiter kan vara en möjlig förklaring till varför vissa honor inte lyckas bli befruktade. Det finns däremot

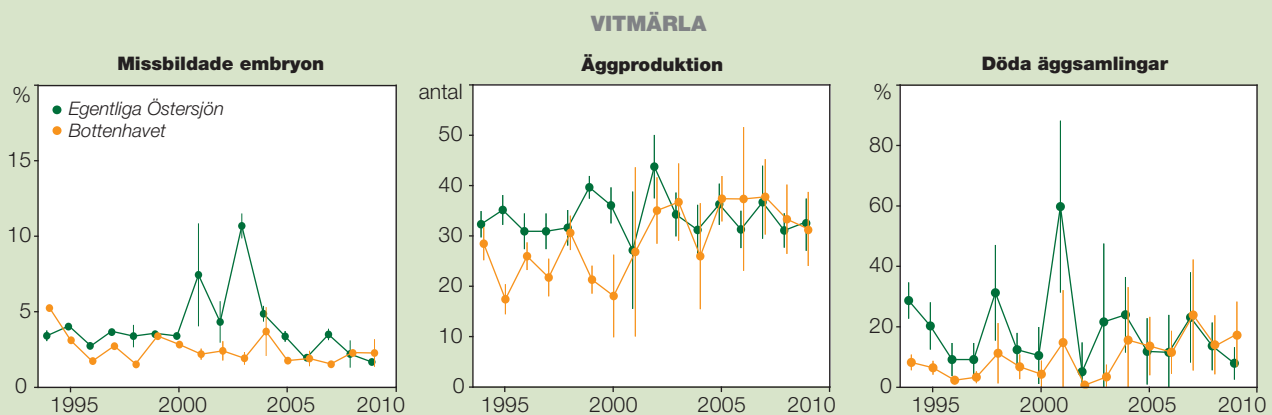
mot inget samband mellan muskelparasiterna och missbildade embryon.

Vattenmassorna hänger ihop

Vitmärslans äggproduktion, mätt som antalet ägg per hona, har tidigare varit högre i Egentliga Östersjön än i norr. När populationerna i Bottenhavet mycket drastiskt minskade efter 1999 ökade äggproduktionen, troligtvis på grund av minskad konkurrens om födan. Idag finns inga skillnader mellan bassängerna. Efter populationskraschen ser vi ett likartat mönster mellan ökad och minskad äggproduktion i de båda bassängerna.

Helt eller delvis döda äggsamlingar indikerar syrebrist under utvecklingen av ägganlag eller embryo. Tidigare var dessa vanligast i Egentliga Östersjön, men har under senare år ökat i Bottenhavet och är idag av samma storleksordning i de båda bassängerna. Ökningen i Bottenhavet sammanfaller med minskade syrekoncentrationer i bottenvattnet.

För båda dessa variabler kan vi notera samma mönster i bassängerna, vilket antyder att vattenkvaliteten i Östersjön också styr förhållandena i Bottenhavet.



↗ Data visar medelvärden med 95% konfidensintervall från fem bottenhugg samt ett bottenkrap.