

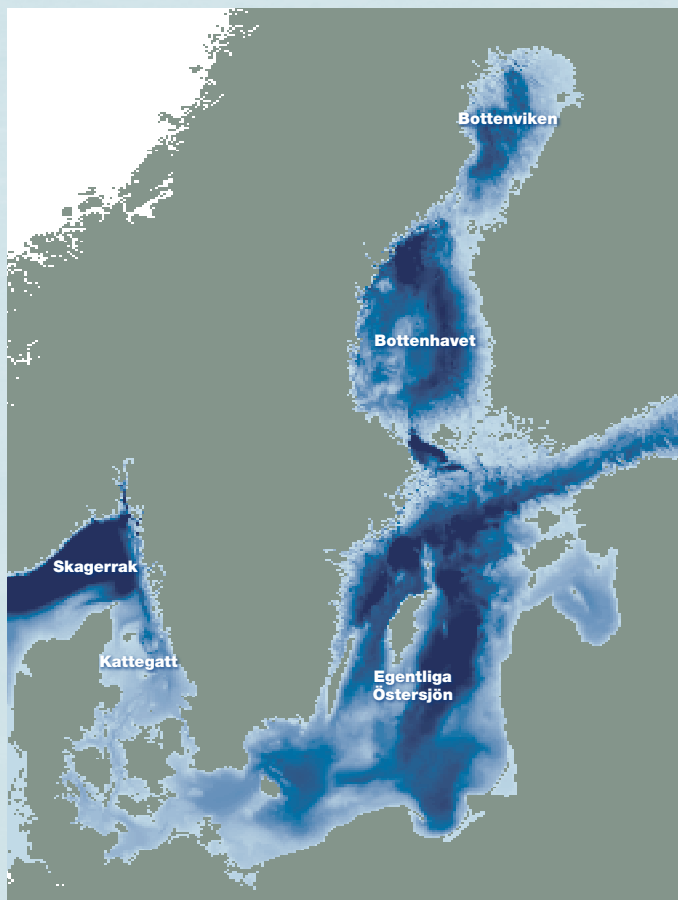
OM MILJÖTILLSTÅNDET I SVENSKA HAVSOMRÅDEN

HAVET

2008



Haven försuras
Skarpsillsfiske ska rädda torsken
Ny aktionsplan för Östersjön
Odla gröda men inte övergöda



Karta: SMHI

HAVET – om miljötillståndet i svenska havsområden ges ut av Naturvårdsverket i samarbete med Sveriges tre marina forskningscentrum vid universiteten i Umeå, Stockholm och Göteborg.

Rapporten utkommer årligen och kan laddas ned eller beställas kostnadsfritt på Internet: www.havet.nu

Författarna ansvarar själva för innehållet i artiklarna.

Redaktion

Kristina Viklund, huvudredaktör, kristina.viklund@umf.umu.se

Annika Tidlund, annika@smf.su.se

Ulrika Brenner, ulrika@smf.su.se

Krister Svahn, krister.svahn@science.gu.se

Styrgrupp

Sverker Evans, Naturvårdsverket

Tove Lundeborg, Naturvårdsverket

Elin Håkansson, Naturvårdsverket

Johan Wikner, Umeå universitet

Kristina Viklund, Umeå universitet

Tina Elfving, Stockholms universitet

Annika Tidlund, Stockholms universitet

Ulrika Brenner, Stockholms universitet

Mats Lindegärth, Göteborgs universitet

Krister Svahn, Göteborgs universitet

Upplaga: 7000 ex.

Grafisk form och original: Grön idé AB

Omslagsfoto: Anders Geidemark/N

ISSN 1654-6741

ISBN 978-91-620-1271-7

Tryck: Elanders, Falköping 2008.

Tryckt på FSC-certifierat, klorfritt papper.

En avgörande tid för havet

DET PÅGÅR ETT HISTORISKT INTENSIVT ARBETE för att stärka skyddet av havsmiljön. Havet tillhör den svenska miljöpolitikens mest prioriterade områden, och fram till 2011 satsas drygt en miljard kronor på miljöåtgärder i Östersjön och Västerhavet. Havet kommer att stå i fokus under Sveriges ordförandeskap i EU hösten 2009, en sammanhållen havspolitisk proposition väntas i början av året och det nya Havsmiljöinstitut som bildades i juli ska bli länken som förenar forskning och förvaltning. En grundläggande förutsättning för miljöarbetet är att ha uppdaterade kunskaper om tillståndet i havet. Rapporten som du nu håller i din hand redovisar och utvärderar resultaten från svensk havsmiljöövervakning och belyser havsmiljöns mest aktuella frågor.

FÖR ATT FÖRVALTA HAVEN PÅ BÄSTA SÄTT måste vi samarbeta med länderna runt omkring oss, och betrakta haven ur ett helhetsperspektiv. EUs havspolitik bär visionen om en hållbar utveckling av havet. I sina marina direktiv kräver EU att vi gör en bedömning av hur mänskliga aktiviteter påverkar tillståndet i havet, definierar en god miljöstatus, utför övervakning och verkställer åtgärdsprogram. Helcoms aktionsplan, vars mål är att skapa en god havsmiljö i Östersjön senast 2021, är ett ambitiöst försök att minska övergödning och miljögiftsbelastning, mildra effekterna av en ökande sjöfart och hejda förlusten av marina livsmiljöer och arter.

RÄCKER DETTA FÖR ATT SKYDDA OCH BEVARA ETT FRISKT HAV? Åtgärder för att bromsa nedsmutsningen och utarmningen av haven har långa reaktionstider, och det kommer ta lång tid att se effekterna. Uthållighet är ett nyckelord om vi ska bevara en god marin miljö, och säkra att vi i framtiden kan nyttja alla de varor och tjänster havet förser oss med på ett hållbart sätt. En del miljöproblem kan vi påverka mer än andra. I Havet 2008 redovisas den mänskliga näringsbelastningen och olika åtgärder som görs för att minska näringsläckaget från jordbruket i vårt närområde. Men rapporten belyser också ett globalt problem som inger stor oro: den pågående försurningen av havet.

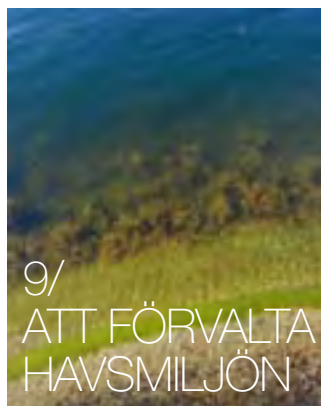
FÖR ATT BESKRIVA TILLSTÅNDET I HAVET KRÄVS DATA AV HÖG KVALITET. Många av författarna i rapporten utför miljöövervakning och driver ett mödosamt arbete med att årligen samla in, kvalitetsgranska, tolka och lagra uppgifter om hur havet mår. Olika typer av data ger ibland motstridiga signaler. Detta är inget märkligt – olika delar i ekosystemet reagerar på störningar på olika sätt, och med varierande tidsfördröjning. I rapportens sammanfattning har miljöanalytiker med bred kompetens vägt samman resultaten till en koncentrerad bild över tillståndet i våra hav. Redaktörerna har slutligen haft en stor uppgift att förtydliga och klargöra innehållet och göra rapporten tilltalande. Resultatet har blivit en högaktuell rapport, som vi hoppas kommer till nytta i det fortsatta miljöarbetet.

*Spännande läsning!
Naturvårdsverket*

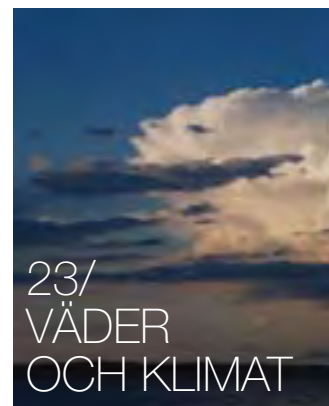
Innehåll



Tillståndet i våra havsområden – kort sammanfattning	4
Havsmiljöns tillstånd ur miljömålsperspektiv.....	6



Aktionsplan för Östersjön.....	10
Färre oljeutsläpp men ökade risker.....	14
Samarbete över sundet	17
Kust påverkad av öppet hav.....	19

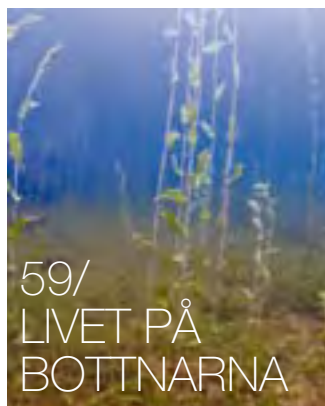


Meteorologi och oceanografi.....	24
Försurning av haven.....	27



31/ VATTNETS KEMI OCH BIOLOGI

Odla gröda men inte övergöda.....	32
Närsaltsbelastningens källor	36
Våra skiktade vatten.....	40
<i>Hydrografi</i>	42
<i>Hydrokemi</i>	44
Skadliga algbloomingar.....	46
<i>Växtp plankton</i>	50
<i>Djur plankton</i>	51
<i>Bakterie plankton</i>	52
Svenska havsområden påverkar varandra	53



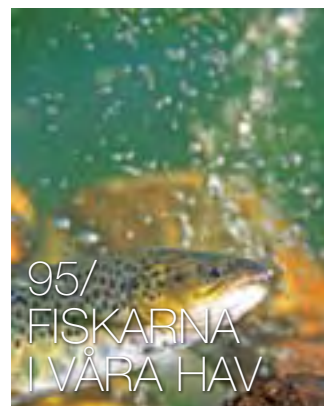
59/ LIVET PÅ BOTTNARNA

Tången på väg åter i öst.....	60
<i>Bottenvegetation</i>	62
Bottenfauna tappar mark.....	64
<i>Bottenfauna</i>	67
Mångfald i förändring	70
Stressad vitmärta i Östersjön	73
<i>Vitmärta</i>	74



75/ GIFTER I HAVSMILJÖN

Perfluorerade ämnen.....	76
<i>Miljögifter i biota</i>	78
Kemikalier i sediment	79
<i>Miljögifter i sediment</i>	80
Dioxiners ursprung	82
TBT i nätsnäckan.....	85
Vikaresälen pressad av mildare klimat	89
<i>Sälar</i>	91
Havsörn – detektivarbete pågår	93
<i>Havsörn</i>	94



95/ FISKARNA I VÅRA HAV

Kan färre skarpsillar ge fler torskar?.....	96
Kustfisk påverkas av förändringar i öppna havet	98
<i>Kustfisk, bestånd</i>	101
Tånglake och abborre varnar för miljöförändringar	102
<i>Kustfisk, hälsa</i>	103

PROGRAMOMRÅDE KUST&HAV	105
ADRESSER TILL HAVSMILJÖSVERIGE.....	111

MILJÖ- TILLSTÅNDET I VÅRA HAV 2008

SKAGERRAK

Halterna av kväve och fosfor har minskat i de öppna havsområdena. Bottendjuren har trots detta problem, framför allt i instängda fjordområden där syrebrist ofta råder. Många fiskbestånd, såsom torsk, ål och pigghaj, är hotade. Osäkerheten är också stor kring vilka effekter det nyligen etablerade japanska jätteostronet kommer att få på strandnära ekosystem. Tungmetaller misstänks orsaka fysiologiska förändringar hos fisk, halterna av perfluorerade ämnen är höga och gifter från båtbottnfärger orsakar hormonstörningar som är så kraftiga att honsnäckor utvecklar hanliga könsorgan.

KATTEGATT / ÖRESUND

I Kattegatt blir situationen för de bottenlevande djuren allt sämre, och flera viktiga fiskbestånd är alltför små. Tillståndet för algsamhällen och växtplankton är däremot bra. Längs kusten i Öresund är halterna av näringsämnen höga, men djursamhället på botten är ändå intakt. Halterna av kadmium och kvicksilver är förhöjda i hela havsområdet och perfluorerade ämnen från impregneringsmedel uppvisar höga halter i fet fisk. Området är dessutom en arena för betydande konflikter mellan bevarande- och exploateringsintressen. Fiske och vindkraftsutbyggnad är ett par exempel.

EGENTLIGA ÖSTERSJÖN - UTSJÖ

Utbredningen av syrefria bottnar är fortfarande mycket stor. Avsaknad av stora inflöden av syrerikt vatten från Nordsjön, och fortsatt tillförsel av näringsämnen bidrar till situationen, men deras inbördes betydelse är oklar. Syrebristen frisätter fosfor från bottnarna, men binder kvävet. Mängden kvävefixerande cyanobakterier verkar trots detta inte ha ökat. Fisket av torsk är sedan länge alltför omfattande, och den minskade mängden rovfisk har troligen påverkat hela ekosystemet. Halterna av organiska miljögifter i fet matfisk överstiger fortfarande EUs gränsvärden, och sillgrisslans ägg innehåller oro-väckande höga halter av många miljögifter.

BOTTENVIKEN

Beståndet av vikaresål tillväxer endast hälften så fort som förväntat, vilket troligen orsakas av miljögifter. Gråsäls- och havsörnsbestånden tillväxer däremot som förväntat. Halterna av bromerade och perfluorerade ämnen i organismer har ökat de senaste åren, medan dioxin och PCB numera har jämförelsevis låga halter. I sedimenten är halterna av flera tungmetaller anmärkningsvärt höga. De anses dock vara starkt bundna till bottenarna och ha en begränsad påverkan på näringsväven. Siklöjebeståndet har återhämtat sig, medan tätheterna av vitmärta är kvar på låga nivåer. Närings- och syresituation är normal i det öppna havsområdet, medan enstaka kustområden med direkta utsläpp är påverkade av övergödning.

BOTTENHAVET

Höga halter av många organiska miljögifter är ett stort problem i främst södra Bottenhavet. Detta misstänks vara orsaken till att havsörnen får färre ungar här än i andra havsområden. Gråsäl och tånglake visar dock förbättringar i hälsotillståndet. Näringssituationen i utsjön är normal, liksom längs huvuddelen av kusten. Sämre förhållanden råder i några inneslutna kustområden med direkta utsläpp. Abborrbeståndet är starkt, och under året bärgades den största provfiskefångsten av abborre någonsin vid Holmön. Den invandrade havsborstmaskan *Marenzelleria* har etablerat sig, och dominerar nu stora delar av bottenområdet. Den nya kammaneten, *Mnemiopsis leidyi*, observerades för första gången här under året.

EGENTLIGA ÖSTERSJÖN – KUST

De flesta kustområdena uppvisar förhöjda halter av näringsämnen. Den totala mängden växtplankton har inte ökat, men cyanobakterierna verkar ha blivit vanligare. På bottenarna har andelen tåliga djurarter ökat på bekostnad av känsligare. För algsamhället bedöms situationen som god, trots att blåstången fortfarande är sparsamt förekommande på flera lokaler vid Blekingekusten. Sammansättningen av fiskarter har förändrats, troligen som följd av vattnets ökade temperatur. Föryngringen av abborre och gädda i yterskärgården är fortsatt dålig, vilket kan bero på födobrist kopplat till ökningen av planktonätande fisk i utsjön.

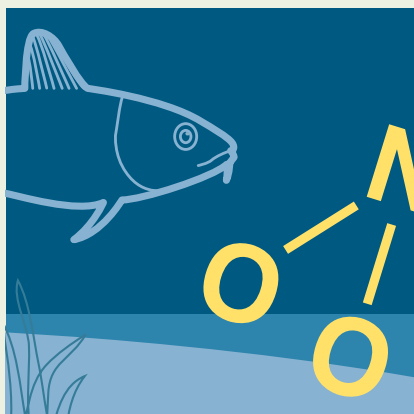
Havsmiljöns tillstånd

ur miljömålsperspektiv

TINA ELFWING, MATS LINDEGARTH OCH JOHAN WIKNER, MILJÖANALYTIKER VID SVERIGES TRE MARINA FORSKNINGSCENTRUM

De flesta av havets miljöproblem kräver ett internationellt samarbete för att vi ska kunna nå betydande förbättringar, men mycket av det praktiska åtgärdsarbetet måste utföras på regional och lokal nivå. I Sverige har vattenmyndigheterna ansvarat för klassificeringen av kustvattnens status, som nu, i enlighet med EUs vattendirektiv, ska följas av åtgärdsprogram. Snart ska också ett marint direktiv för förvaltningen av öppet hav införas. Förutom internationella direktiv, så arbetar vi i Sverige med våra miljömål, varav fem direkt berör havsmiljön.

INGEN ÖVERGÖDNING



MÅTTLIG STATUS DOMINERAR

När det gäller näringstillståndet bedöms kustområdena i Egentliga Östersjön och Västerhavet till övervägande del ha måttlig status, medan Bottniska viken bedöms ha övervägande god eller hög status. Dålig status anges för relativt få vattenförekomster, och gäller främst djupa vikar med begränsat vattenutbyte med utsjön. Statusklassningen redovisas i detalj av vattenmyndigheterna på den nya vattenkartan.

Där den övergripande ekologiska statusen för kustvatten klassas sämre än god beror det i Egentliga Östersjön främst på näringsämneshalter, och i den norra delen även på växtplankton. I Öresund står näringsämneshalterna och makro-

alger för den sämre klassningen. Längs Kattegatts och Skagerraks södra kustområden är det istället bottenfauna som orsakar den måttliga klassningen.

I många vattenförekomster med måttlig status förekommer ett snabbt utbyte av vatten med öppet hav. Vattenkvaliteten kommer där i stor utsträckning att styras av tillståndet i de stora havsbassängerna, medan lokala åtgärder har en begränsad effekt. En liknande situation gäller Öresundsområdet och östra Kattegatt, där vatten från Östersjön har betydelse för vattenkvaliteten.

Öppet hav kan också indirekt påverka kustvattnet. Exempelvis kan den kraftiga utfiskningen av torsk i Egentliga Östersjön, via kaskadeffekter genom näringsväven, ha bidragit till bristen på djurplankton vid kusten. Det resulterar i mer växtplankton, vilket vi vanligen tolkar som en effekt av övergödning.

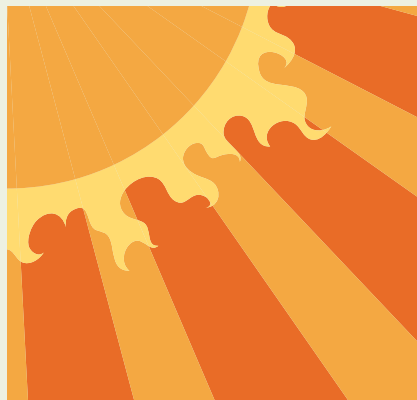
Utbredningen av syrefria områden har ökat de senaste åren i Egentliga Östersjön, och 2007 påvisades för första gången även en minskning av syrehalten för Bottenhavet. Ingen ökning av näringsbelastning, planktontillväxt, -biomassa eller näringsämneshalter har observerats i dessa områden som skulle kunna förklara den ökade syrebristen. En tydligt lägre frekvens av större saltvatteninbrott

genom de danska sunden de senaste tjugo åren kan istället vara den främsta orsaken till situationen. Samtidigt har ökad ytvattentemperatur och en pågående utsötning av Östersjön bidragit till att stärka skiktningen av vattnet. Bottenhavet kan även ha påverkats av syrefattigt vatten från Egentliga Östersjön.

Förekomsten av cyanobakterier är en påtaglig olägenhet för människor längs Egentliga Östersjöns kust, åtminstone under vissa år. Miljöövervakningens tidsserier visar på en ökning av förekomsten vid kusten, medan ingen systematisk ökning kan påvisas för utsjön under de senaste sjutton åren. Dock förekommer höga halter enstaka år.

Cyanobakterier har förekommit i sjutusen år i den lämpligt bräckta miljön med stark skiktning i Egentliga Östersjön. De tillväxer däremot inte lika väl i den saltare miljön på västkusten eller den sötare i Bottenviken. Framför allt verkar det överskott av fosfor som finns kvar efter vårblomningen gynna cyanobakterierna senare under sommaren. Hög fosforhalt i ytvattnet gynnas av blåsig väder som bidrar till uppblandning av djupvattnet. Halterna av fosfor i djupvattnet ökar i sin tur vid låga syrehalter. För att cyanobakterierna skall ansamlas vid ytan krävs lugnt väder vid blomningen. 🐟

BEGRÄNSAD KLIMATPÅVERKAN



UTSÖTNING OCH FÖRSURNING

Klimatförändringarnas sammantagna effekter på havsmiljöns ekosystem är fortfarande mycket osäkra.

I **Västerhavet** har temperaturen ökat med ungefär en grad sedan 1971. I Egentliga Östersjön noteras en ökning de senaste sexton åren. Detta påverkar till-

växt och förekomst av många olika arter. Tånglaken, som är en kallvattenfisk, har under senare år blivit mindre vanlig och växer långsammare. Abborren, som trivs i varmt vatten, växer tvärtom snabbare. Vikaresälen, som är beroende av is för sin fortplantning, förväntas få svårigheter i framtiden.

Tillförseln av närings- och humusämnen kommer att påverkas av förändringar i avrinningen, liksom havsvattennivån. Salthalten har minskat sedan början av 1970-talet i större delen av Östersjön, vilket redan kan ha bidragit till förändringar i ekosystemet. Dessa förändringar kommer också att påverka hur framgångsrikt nya arter kan etablera sig i våra havsområden. Det är möjligt att exempelvis invasionen av kammaneten *Mnemiopsis leidyi* gynnats av de senaste årens milda vintrar.

Ytterligare en oroande förändring är att pH-värdet i havet sjunker. Det är en effekt av ökade koldioxidhalter i atmosfären samt ökad tillrinning av sötvatten med lägre pH. Försurningen kan allvarligt störa kalkinlagringen för alla de marina arter som har ett yttre eller inre skelett av kalk. Det gäller många växtplanktonarter samt kräftdjur och musslor. De få studier som finns visar minskad tillväxt, fortplantning och överlevnad, men också att känsligheten kan variera stort mellan arter. Forskningen har också visat att djur i tidiga larvstadier är betydligt känsligare än fullvuxna individer.

För förvaltningen av havsmiljön är det viktigt att klimatförändringen inte ses som ett isolerat problem. Samspelet med andra stora miljöproblem, och effekterna av de åtgärder som genomförs, måste utvärderas. 🐟

GIFTFRI MILJÖ



FLERA ÄMNER OROAR

Tillståndet med avseende på miljögifter i havet låter sig inte enkelt beskrivas. Det beror på att det finns mängder av bristfälligt kända kemikalier i omlopp, men också på stor variation i olika ämnens förekomst över tid och i deras geografiska spridning.

Halterna av flera ämnen som följs i övervakningen sjunker sedan flera år som resultat av ett framgångsrikt åtgärdsarbete. Minskningen av PCB och DDT har lett till att bestånden av havsörn och säl ökat. Ett annat glädjande resultat, från en

omfattande provtagning av botten sediment längs svenska kusten, är att många av vattendirektivets prioriterade miljögifter antingen inte kunde uppmätas alls eller endast fanns i låga koncentrationer på ett fåtal platser.

Sedimentens innehåll av miljögifter uppvisar stora regionala skillnader. Exempelvis finns arsenik i kraftigt förhöjda mängder i Bottniska viken jämfört med övriga havsområden. Även halterna i biologiskt material har olika geografisk spridning. Generellt sett är belastningen lägre i Västerhavet än i Östersjön. Ett undantag är vissa perfluorerade ämnen, där de höga halterna i Västerhavet kan bero på okända närliggande utsläppskällor.

Många av de klassiska klorerade miljögifterna har högst halter i Egentliga Östersjön, med nivåer som avtar norrut. Samma mönster gäller för bromerade flamskyddsmedel, samt för tungmetallen kadmium. Dioxinnivåerna är däremot högst i Bottenhavet, och har oroande nog inte minskat sedan 1980-talet. Dioxinhalterna i fet fisk som strömming och lax är idag för höga för att fisken ska få

säljas inom EU. Sverige och Finland har fått dispens från förbudet, eftersom våra kostrekommendationer anses väl kända.

Sillgrisslornas ägg har fortfarande höga halter av vissa bromerade ämnen, medan andra, framförallt de typer som förbjudits visar en kraftig minskning. Oroande är de dramatiskt höga halterna av det perfluorerade ämnet PFOS. Om dessa höga gifthalter påverkar sillgrisslepopulationen vet man inte idag.

Övervakningen av miljögifters effekter visar att störningar på bottenlevande vitmärlors fortplantning är högre i Egentliga Östersjön än i Bottenhavet. Tarmsår hos sälar, ökning av avgiftningensenzym hos fisk och lägre häckningsframgång hos havsörn i Bottenhavet indikerar miljögiftspåverkan, men orsakssambanden är inte klarlagda. En allvarlig effekt av TBT från båtbottnfärger kan registreras hos snäckor, där honorna utvecklar hanliga könskaraktärer. Denna hormonstörning har observerats i flera områden på västkusten. Övervakning i Östersjön ska börja, och ett pilotprojekt i Stockholms skärgård visade hög frekvens av påverkade snäckor även i naturhamnar. 🐌

ETT RIKT VÄXT- OCH DJURLIV



FLERA OLIKA PERSPEKTIV

Biologisk mångfald och biodiversitet är mångfacetterade begrepp som kan beskrivas i termer av rikedom av miljöer, arter och gener. Bevarande av denna rikedom innebär att andelen hotade arter skall minskas, skadade naturtyper skall restaureras och arter skall bevaras inom sina naturliga utbredningsområden så att

biologiska resurser nyttjas på ett långsiktigt hållbart sätt.

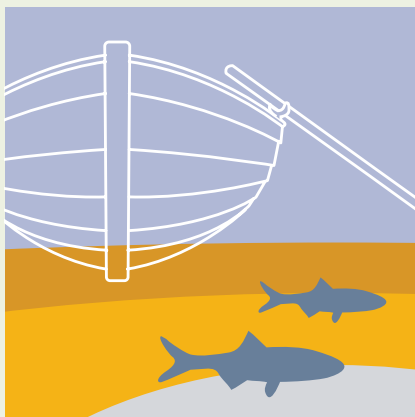
Något paradoxalt anses ett stort hot mot mångfalden i svenska hav vara att nya arter tillkommer. Växter och djur som inte tidigare funnits här, har i flera fall etablerat sig i stora mängder. Även om effekterna varierar stort, finns många exempel på att introducerade arter drastiskt kan förändra sammansättning och funktion av marina ekosystem, med betydande ekonomiska och sociala konsekvenser som följd.

Samtidigt har många av våra egna väletablerade och viktiga arter minskat så kraftigt att de riskerar att inte kunna återhämta sig inom en överskådlig framtid. Särskilt gäller det för många fiskar, såsom torsk, ål, hajar och rockor. Vitmålans nedgång i Bottniska viken och blåstångens minskning i Blekinge skärgård är visserligen geografiskt begränsade, men kan få stora ekologiska konsekvenser.

Det finns dock exempel som visar att åtgärder kan motverka förlusten av biologisk mångfald. Populationer av havsörn, knubbsäl och gråsäl är livskraftigare än på länge. Bland annat ökar den genetiskt unika populationen av knubbsäl i Kalmarsund efter mycket låga antal under 1970-talet.

Förändringar bör dock inte endast betraktas utifrån perspektiv av enstaka arter. Inom miljöövervakningen noteras exempelvis årligen mer än tvåhundra arter som lever på sedimentbottnar. Undersökningarna visar att diversiteten i dessa miljöer genomgått gradvisa förändringar. Antalet observerade arter minskar i Västerhavet men ökar i Östersjön. Orsaken är fortfarande okänd, men exemplet visar att förändringen är storskalig, och att hoten mot mångfalden skiljer sig mellan havsområden. 🐟

HAV I BALANS SAMT LEVANDE KUST OCH SKÄRGÅRD



HOT MOT HÅLLBART NYTTJANDE

Havet och dess kust- och skärgårdsområden utgör en ovärderlig resurs för mänskligt välbefinnande och för en ständigt ökande mångfald av näringsverksamheter. Det leder till att konflikter mellan olika intressen blir allt vanligare. Kraven på

tydliga framtidsvisioner, rationella planeringsverktyg och metoder för uppföljning ökar alltmer. Målet är att uppnå ett hållbart, effektivt och väl förankrat nyttjande av kustnära havsområden.

Många sociala, kulturella och ekonomiska värden i svenska kustområden är intimt förknippade med tillgången till livskraftiga bestånd av fisk och skalldjur. Oroväckande nog är många bestånd hotade. Bottniska vikens populationer av vildlax är sårbara och strömmingarna minskar i storlek. I Egentliga Östersjön och Västerhavet är bestånden av torsk, sill och ål mycket svaga. Åtgärdsplaner för speciellt hotade arter är på väg.

Även fiskens roll i ekosystemet har uppmärksamats under senare år. Bristen på stora torskar i Östersjön kan ha orsakat ökningen av planktonätande fisk som skarpsill och spigg. Dessa kan i sin

tur orsaka brist på djurplankton, färre torskägg och ökad tillväxt av fintrådiga alger. Även om orsakssambanden ännu är osäkra anses teoretiska grunder och indicier vara så starka att man beslutat utföra storskaliga experiment för att få mer kunskap om mekanismerna.

Insikten om att konkurrensen om havets resurser och hoten mot hållbart nyttjande ökar, har lett till åtgärder och vissa framgångar. Minskningen av oljeutsläpp visar på ett konkret sätt att åtgärdsarbetet kan vara verkningsfullt, även om den ökade fartygstrafiken leder till fortsatta risker. Allt fler skyddsvärda miljöer ingår nu i EUs nätverk av skyddade områden, och bedömningar av den ekologiska statusen har för första gången gjorts i alla våra kustvattenförekomster. 🐟

ATT FÖRVALTA HAVSMILJÖN

**Aktionsplan för Östersjön
Färre oljeutsläpp
Samarbete över sundet
Kust påverkad av öppet hav**

Aktionsplan för Östersjön

– äntligen kan arbetet börja!

HENRIK ÖSTERBLOM & FREDRIK WULFF, BALTIC NEST INSTITUTE

Övergödning ses av många som ett av de största problemen i Östersjön. Trots många års politiskt arbete och åtskilliga miljarder investerade i problematiken har inga större förbättringar skett.

Nu har dock arbetet tagit ett stort steg framåt. Östersjöländerna har gemensamt beslutat att genomföra Baltic Sea Action Plan, där kraftfulla åtgärder mot övergödningen får stort utrymme.

■ Beslutet föregicks av ett intensivt arbete i Helcom, den organisation som i tre decennier arbetat med att skydda Östersjöns marina miljö genom mellanstatligt samarbete. Tack vare att havsmiljön blivit en allt mer prioriterad politisk fråga fanns äntligen möjlighet att angripa miljöproblemen i det gemensamma havsområdet med förnyad styrka.

Man började med målet

Östersjön är ett hav kraftigt påverkat av mänskliga aktiviteter, och det är inte möjligt att återgå till ett system som är helt opåverkat. Därför tog arbetet med Aktionsplanen

sin utgångspunkt i att definiera målbilden. Vilken Östersjö vill vi egentligen ha? En stor mängd organisationer enades om att det övergripande målet ska vara att Östersjön är frisk och välmående, med ett ekosystem i balans, som tål att brukas på ett hållbart sätt.

Vad innebär då det konkret för övergödningsfrågan? Helcoms expertgrupp enades om att det siktdjup som uppmättes under 1950-talet var det eftersträvarvärda. Ett såpass klart och förhållandevis näringsfattigt vatten innehåller ganska lite växtplankton, vilket skulle innebära en lägre frekvens av algbloomingar och att syreförbrukningen på bottenarna minskar. Mängden fintrådiga alger skulle minska och de viktiga arterna blåstång, abborre och torsk skulle få gynnsammare förhållanden.

Därefter återstod att ta reda på hur man skulle uppnå det önskvärda siktdjupet. Hur stor tillförsel av näringsämnen till Östersjön motsvarar det? Lyckligtvis hade forskningen redan tagit fram ett fungerande beslutsstödssystem som kunde räkna ut den saken.

Forskning för åtgärder

Sedan 1989 har forskare i Sverige, Finland och Danmark arbetat med att förstå övergödningens dynamik och kvantifiera samband mellan näringshalter och miljökvalitet. Det skedde inom ramen för forskningsprojektet Marine research on eutrophication, Mare, som finansierades av Stiftelsen för miljöstrategisk forskning. Syftet var att beskriva den vetenskapliga kunskapen om kostnadseffektiva åtgärder mot övergödning så att denna skulle kunna användas i internationella förhandlingar om Östersjöns miljö.

En förebild för projektet var det framgångsrika luftvårdsarbetet kring utsläpp, transporter och effekter av försurande och övergödande ämnen i Europa, kallat Rains-modellen. I luftvårdsarbetet bidrog Rains till att sätta tydliga mål för industrier och andra utsläppskällor, vilket har resulterat i en framgångsrik luftvårdskonvention och minskad försurning. Förhoppningen var att Mare skulle kunna åstadkomma någonting motsvarande.

Mare-programmet lyckades med att i stor skala modellera hela Östersjöns ekosystem, inklusive att beskriva dynamiken i de olika delbassängerna och hur de interagerar. Man tog också fram ett högst användbart verktyg i form av ett beslutsstödssystem som kallas Nest. Detta drivs nu vidare inom Baltic Nest Institute, som är ett samarbete mellan flera olika organisationer och länder. Den svenska delen finansieras av Naturvårdsverket.

Scenarier och utsläppsmål

Med hjälp av Nest kan man bland annat göra scenarier för utvecklingen i havet.

Några framtidsperspektiv som utarbetats är:

- Hur Östersjöns miljö skulle se ut om Polen hade ett lika intensivt jordbruk som Danmark – helt förfärligt
- Effekterna av att införa fosfatfria tvättmedel i hela regionen – minskade cyanobakterieblomningar
- Vad som händer om alla länder inför effektiv avloppsrening, fosfatfria disk- och tvättmedel och minimerar utsläpp från jordbruket – betydande effekter på algbloomingar och många andra övergödningssymtom

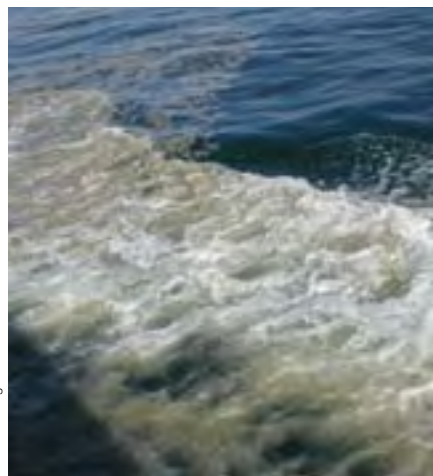


Foto: Per Bengtson/Grön idé



Aktionsplanens övergripande mål är att Östersjön är frisk och välmående, med ett ekosystem i balans, och kan brukas på ett hållbart sätt.

BESLUTSSTÖDSSYSTEMET NEST

Effekter av övergödning



Närsaltsbelastning via luften



Kostnader för åtgärder



Nest är fritt tillgänglig via internet:
www.balticnest.org

← Beslutsstödssystemet Nest innehåller ett antal modeller och databaser. Systemet kan användas för att göra olika scenarier för utvecklingen i havet eller beräkna vilka utsläppsminskningar som krävs för att nå ett visst mål. Nest är baserat på data från offentliga databaser samt forskningskollegor runt hela Östersjön.



Närsaltsbelastning och havsmiljö

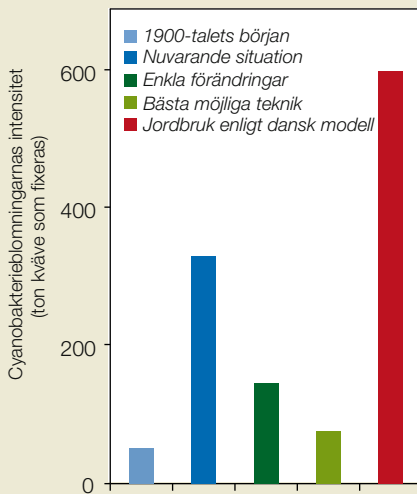


Fiskeriförvaltning och näringsväv



Effekter av åtgärder inom avrinningsområdet

SCENARIER FÖR FRAMTIDEN



Med hjälp av Nest kan man göra olika scenarier för framtiden. Denna figur visar hur blomningarna av cyanobakterier i Östersjön förändras med olika typer av åtgärder.

Blå staplar visar nuvarande förhållanden jämfört med situationen i början av 1900-talet.

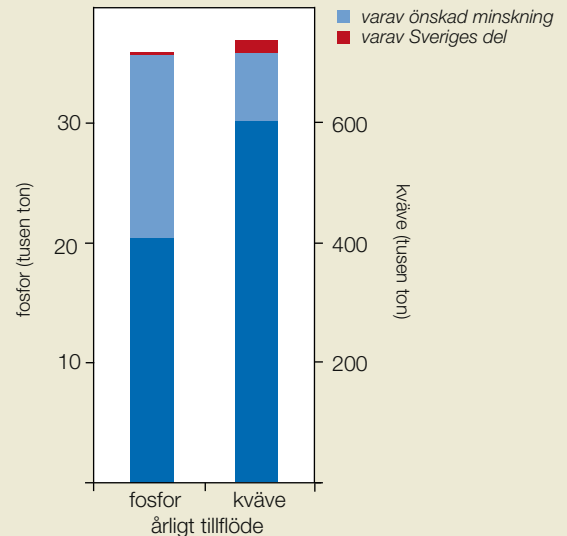
Gröna staplar visar utfallet för två alternativ:

- relativt enkla förändringar i form av införande av avloppsrening enligt EU-direktiv i samtliga länder, samt lagstiftning om fosforförbud i rengöringsmedel.

- bästa möjliga teknik används för avloppsrening och inom jordbruket

Röd stapel visar resultatet om nuvarande areal jordbruksmark i avrinningsområdet har en lika hög produktion som de intensivast brukade i Danmark och södra Sverige.

AKTIONSPLANENS MÅL



Kväve och fosfor bidrar båda till övergödningen. Staplarna visar de totala årliga tillflödena från land till Östersjöområdet av respektive ämne under perioden 1997-2003. Andelen som måste bort enligt Aktionsplanen är markerad med ljusare färg. Sveriges andel i rött.

Notera att axlarnas skalor är olika.

FAKTA

Övergödning

Östersjön beskrivs ofta som ett av världens mest förorenade hav. Det är en sanning med modifikation, men här finns i alla fall världens största kända område där total syrebrist råder. Avsaknaden av syre i djuphållorna sträcker sig över sextiotusen kvadratkilometer, eller ett område lika stort som Danmark, Skåne, Blekinge och Halland.

Orsaken till syrebristen är att syre konsumeras när biologiskt material bryts ned. Den biologiska produktionen stimuleras av övergödning, och mängden syre påverkas av inflöden av syrerikt saltvatten från Nordsjön. Stor tillförsel av näringsämnen och få inflöden av saltvatten, bidrar till den rådande situationen. De blomningar av cyanobakterier, ibland kallade blågrönalger, som har förstört våra badvikar under många av de senaste somrarna är ett påtagligt resultat av syrebristen.

Varierande omfattning

Problemen är störst i den öppna vattenmassan i de södra delarna av Östersjön. I de norra delarna, i Bottniska viken, är övergödning inget problem. I de inre delarna av vissa kustområden, exempelvis i Stockholms skärgård, har problemen blivit betydligt mindre som ett resultat av effektiv rening.

Men det är balansen mellan syre i djuphållorna och fosfor i sedimenten i den öppna Östersjön som driver hela systemets dynamik. Kan fosfor i sedimenten hållas kvar genom bättre syresättning och tillflöden av ytterligare fosfor från land minskas, då är vi en god bit på väg till en förbättring.

Kväve eller fosfor?

Hur var det nu med de båda näringsämnena kväve och fosfor? Ska den ena eller den andra, eller båda åtgärdas? Forskare och experter har länge diskuterat den frågan.

I hav är det kväve, och i sjöar är det fosfor som begränsar produktionen. Östersjön är något mitt emellan. Dessutom har de båda näringsämnena olika funktioner i kustnära områden och ute i den öppna Östersjön. Vilket näringsämne som anses viktigast att åtgärda beror givetvis även på vilket mål man har. Är det hela Östersjöns siktdjup, frekvensen algblomningar, situationen i Stockholms innerskärgård eller de öppna delarna av södra Östersjön som står i fokus? Den modell som politikerna accepterat för att definiera åtgärderna i Aktionsplanen, utgår från att både kväve och fosfor behöver åtgärdas.

Men beslutsstödssystemet Nest kan också beräkna vilka utsläppsminskningar som krävs för att nå ett visst mål. Därmed har man lyckats kvantifiera utsläppstaken för att uppfylla Aktionsplanens mål om ett siktdjup som motsvarar 1950-talets nivå – en sorts kritisk belastning.

Beräkningarna visar att det krävs dramatiska åtgärder. Belastningen på havet måste minskas med över 40 procent för fosfor och närmare 20 procent för kväve. Den enorma uppgiften väcker ett antal frågor:

- Hur ska bördan fördelas mellan länderna?
- I vilka sektorer ska åtgärderna vidtas?
- Hur mycket kommer det att kosta?
- Hur ska det finansieras?
- När kommer vi att kunna se effekterna?
- Är det verkligen värt det?

Fördelning mellan länder

Den metod som har använts för att fördela åtgärdsbördan utgår från att alla länder i första hand skall uppfylla kraven i EUs avloppsvattendirektiv. Modellberäkningarna visar att det skulle ge en betydande minskning av fosforbelastningen, eftersom Ryssland, Polen och Baltikum fortfarande har dåligt utbyggda reningsverk.

Effekten blir dock liten på kvävebelastningen, och även fosfortillförseln måste

Vad är Baltic Sea Action Plan?

Aktionsplanen för Östersjön eller Baltic Sea Action Plan antogs vid Helcoms miljöministermöte i Polen den 15 november 2007. Aktionsplanens mål är att Östersjön ska ha god ekologisk status år 2021.

Målet ska nås genom nationella åtgärdsprogram inom fyra prioriterade områden; Övergödning, Farliga ämnen, Biologisk mångfald samt Sjöfartens miljöproblem.

Övergödning

Det prioriterade området övergödning beskrivs på följande sätt: Den naturliga balansen i Östersjön har blivit allvarligt rubbad av alltför stor tillförsel av näringsämnen. Dessa kommer från olika diffusa källor såsom luftföroreningar och alltför kraftigt gödslad jordbruksmark, liksom från punktkällor som avloppsreningsverk och industrier. Symptomen på denna övergödningprocess innefattar onormalt omfattande algbloomningar och livlösa områden på havsbottenarna.

Målet är att Östersjön ska vara opåverkad av övergödning, vilket innebär:

- Näringshalter i nära naturliga nivåer
- Klart vatten
- Naturlig omfattning på algbloomningar
- Naturlig fördelning och förekomst av växter och djur
- Naturliga syrenivåer

Åtgärder:

- Minska tillförseln av näringsämnen till vattendrag, särskilt från jordbruksmark
- Minska näringsutsläppen från kvarvarande så kallade "hot spots", exempelvis avloppsreningsverk
- Minska luftföroreningarna

minska ytterligare. Fler åtgärder måste alltså sättas in. Den bördan fördelas mellan länderna utifrån hur mycket landet tidigare släppt ut. För Sveriges del innebär det 290 ton fosfor och 21 000 ton kväve. En mycket tuff uppgift.

Prioritering av åtgärder

Det är upp till varje land att definiera hur åtgärder ska prioriteras i olika sektorer. Men en stor andel kommer att behöva genomföras inom jordbruket. Länderna är just nu i färd med att besluta hur och var åtgärder ska sättas in. Ännu finns därför ingen klar kostnadsuppskattning. Det finns därefter ett antal tänkbara mekanismer för finansiering av åtgärder. Bland annat ger Aktionsplanen möjlighet att sätta upp ett system med handel av utsläppsrätter, både inom och mellan länderna.

De långsiktiga effekterna i havet av reduktion av näringsämnen på land är ofta svåra att spåra på grund av ett flertal fördröjningsmekanismer. Det kommer att ta mellan 30 och 50 år innan åtgärder ger tydliga effekter i Egentliga Östersjön. I andra delbassänger med kortare uppehållstider för vatten och närsalter, som Kattegatt, kommer effekterna att märkas betydligt snabbare.

Stern-rapport för havet

Samtidigt kvarstår frågan: Är det värt det? Inspirerade av Sir Nicholas Stern och hans rapport om kostnaderna för klimatförändringar, har Sverige och Finland påbörjat en liknande studie. Stern-rapporten för Östersjön ska klarlägga samhällets vinster av ett väl utnyttjat och miljömässigt hållbart hav. Den ska också visa samhällsekonomiska konsekvenser av att inte vidta kraftfulla åtgärder för att stoppa miljöförstörelsen.

Hur mycket är det värt att slippa algbloomningar på semestern och hur värdefullt är det för Östersjöns ekosystem att vara syresatt även i djuphållorna? Vilken betydelse har en minskad övergödning på fiskbestånden? Kommer mindre näringsämnen att betyda mindre fisk, och kan fiske av torsk påverka frekvensen algbloomningar genom kedjereaktioner i systemet?

Syftet är att försöka relatera det värde vi sätter på ett rent hav till de kostnader det kommer att innebära att nå dit. Baltic Nest Institute är engagerade även i detta arbete.

Beslutsstödssystemet Nest utvecklas även i syfte att förstå hur klimatförändringarna kommer att påverka Östersjön och vilken effekt detta har på övergödningen och de åtgärder som nu har definierats för att lösa problemen. Är åtgärder tillräck-

liga i ett annorlunda klimat, behövs det mer kraftfulla åtgärder, eller är de rent av överdimensionerade?

Unikt exempel

Helcoms Aktionsplan utgör ett unikt exempel på hur forskning och politik kan kommunicera för att definiera utsläppsmål för ett havsområde. Politiker och potentiella finansörer har nu påbörjat den långa processen för att frigöra medel för att finansiera åtgärder. Genomförandet kommer att ta lång tid, och ännu längre dröjer det tills effekterna kommer att märkas.

De ministrar som deltog på mötet förra november kommer förmodligen inte att få uppleva frukterna av sitt modiga ställningstagande. Men deras yngre släktingar kommer med stor sannolikhet att få uppleva en friskare, och mer badbar Östersjö än den vi upplevt under senare år. 🐦

LÄSTIPS

Baltic Nest Institute och beslutsstödssystemet Nest
www.balticnest.org

HELCOM Baltic Sea Action Plan
www.helcom.fi/BSAP

Naturvårdsverkets presentation av arbetet med Aktionsplanen
www.naturvardsverket.se (sök på Aktionsplan)

Färre oljeutsläpp

– men ökade risker

SVERKER EVANS, NATURVÅRDSVERKET

Utökad övervakning med flyg och satellit har minskat de illegala oljespillen i svenska vatten. Nu ökar sjötrafiken, och tankfartyg med 100 000 ton olja passerar dagligen genom Östersjön och Västerhavet. Därmed ökar risken för en olycka som kan få stora konsekvenser för havsmiljön.

■ Lördagen den 31 maj 2003 kolliderade det kinesiska lastfartyget *Fu Shan Hai* med ett containerfartyg utanför den skånska sydkusten. Kollisionen, som skedde i dagsljus med god sikt, ledde till en av de största bekämpningsinsatserna i den svenska Kustbevakningens historia.

Fu Shan Hai sjönk med en last av 65 000 ton pottaska, 1 680 ton tjockolja, 110 ton dieselolja och 35 ton smörjolja. Trots bekämpningsinsatser av sex svenska, fyra danska och två tyska miljöfartyg nådde oljan den svenska sydkusten. Totalt fick 36 kilometer strand och 3 900 ton sand saneras, och 375 kubikmeter olja och vatten fraktas bort.

Tur i oturen

Operationen kostade Kustbevakningen drygt 10 miljoner kronor; de drabbade kommunerna i Skåne runt 15 miljoner. Den totala kostnaden, inkluderat förlust av fartyg och last, reparationer, räddningsarbete och sanering, uppgick till över en miljard kronor.

Flera omständigheter gjorde att miljöeffekterna ändå kunde begränsas. Vädret var lugnt och Kustbevakningen kunde ta upp merparten av oljan till havs. Räddningstjänsten hann samtidigt lägga ut skyddslänsar. Oljan nådde till stor del sandstränder som var relativt lätta att sanera och

nykläckta ungar av sjöfågel klarade sig med någon veckas marginal.

Hade ett oljeutsläpp av motsvarande storlek nått Stockholms, Ålands eller Åbolands skärgårdar med dess många öar och svårsanerade stränder hade effekterna sannolikt varit förödande.

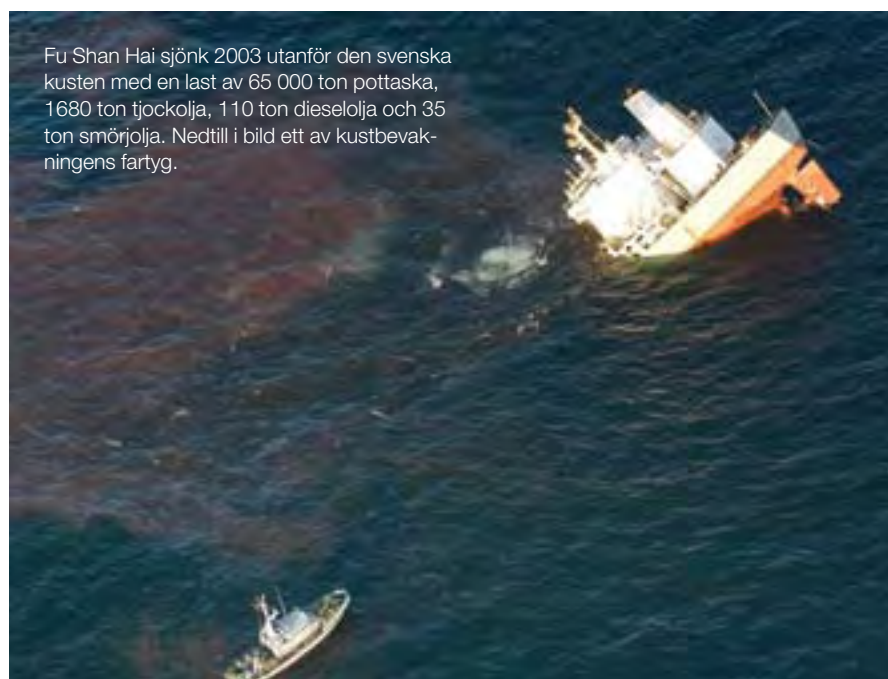
Oljespill från många källor

Den olja som observeras i havet härrör vanligen från fartygets normala drift och består av smörjmedel och oljerester som pumpats ut från maskinrum eller ballastutrymmen. Mer än 80 procent av de spill som observeras i Östersjön har en storlek understigande ett ton olja. Olyckor kan emellertid leda till mycket stora utsläpp; många av tankfartygen som trafikerar Östersjön och Västerhavet har upp till hundra tusen ton olja i lasten. I Östersjö-

området är grundstötning den vanligaste olyckstypen, följt av fartygskollisioner. Trafiken i Östersjön och Västerhavet är som intensivast utmed den svenska västkusten och skånska sydkusten, och vidare längs ett stråk i nordostlig riktning upp mot Finska viken. Här sker också de flesta utsläppen av olja

Större hot i nordiska vatten

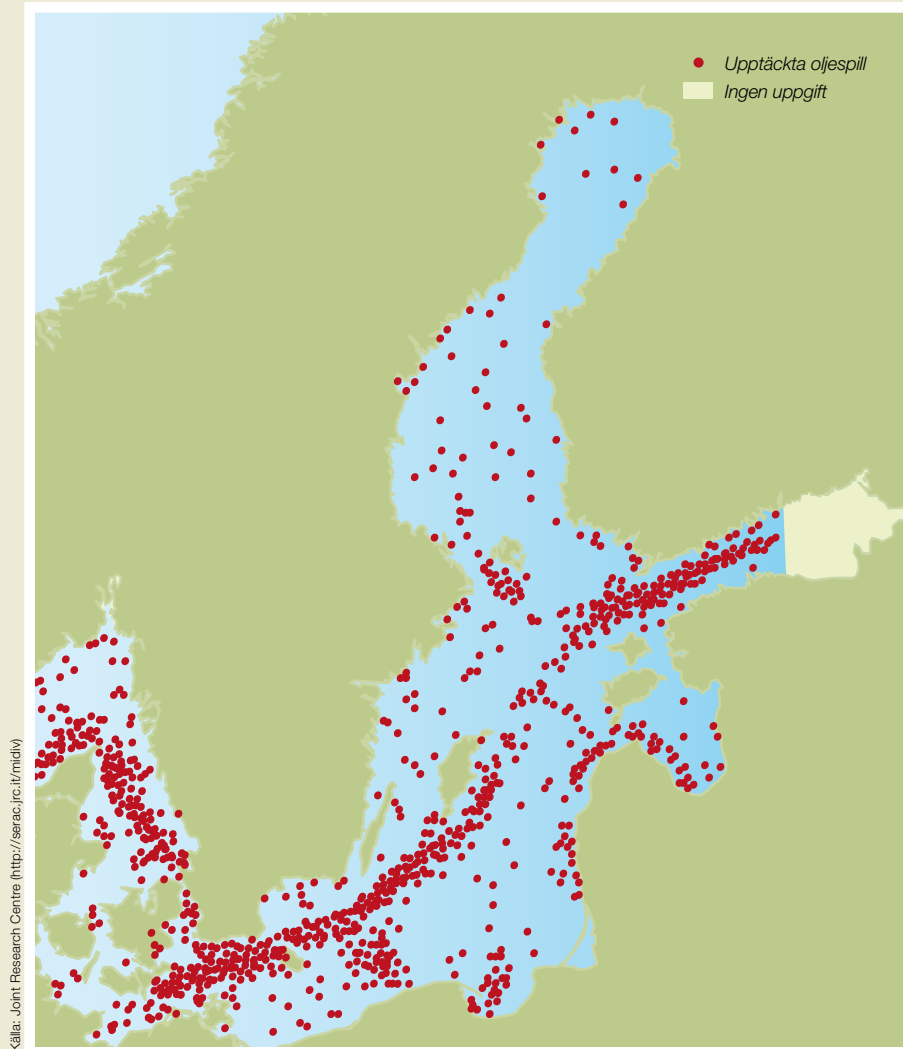
Hur oljan beter sig i vattenmiljön avgörs av oljans sammansättning och av yttre miljöförhållanden som väder, vatten- och lufttemperatur. Nordsjöolja är lätt och avdunstar snabbt, andra råoljor kan vara tyngre och ha en lägre löslighet i vatten. Oljans giftighet varierar med graden av raffinering. Bensin och dieselolja har högre giftkoncentration och är mera lösliga i vatten än råolja.



Fu Shan Hai sjönk 2003 utanför den svenska kusten med en last av 65 000 ton pottaska, 1 680 ton tjockolja, 110 ton dieselolja och 35 ton smörjolja. Nedtill i bild ett av kustbevakningens fartyg.

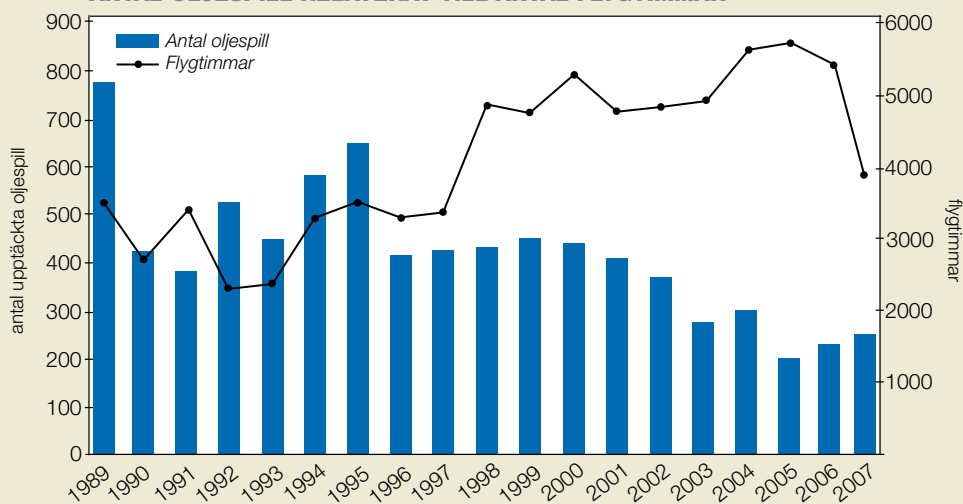
Foto: Peter Nordquist/Scanpix

OLJESPILL I ÖSTERSJÖN 1998–2004



Oljespillen som observerats i Östersjön mellan 1998 och 2004 följer de stora fartygsstråken, från ryska oljehamnar och förbi svenska kusten.

ANTAL OLJESPILL RELATERAT TILL ANTAL FLYGTIMMAR



En skärpt övervakning med satellit och flyg, där Östersjöländerna i dag förfogar över fler än 20 flygplan, har kraftigt minskat antalet oljespill som observeras i Östersjön. Figuren visar antalet oljespill som observerats årligen av Östersjöländernas flygövervakning 1989–2007 samt det sammanlagda antalet flygtimmar.
Källa: HELCOM (www.helcom.fi)

FAKTA

Enkelskroven fasas ut

Efter olyckan med Exxon Valdez 1989 införde USA ensidigt krav på dubbelskrov i sina vatten, både för nya och för existerande tankfartyg. Samtidigt fastställdes åldersgränser och tidsfrister för utfasningen av fartyg med enkelskrov. Internationella sjöfartsorganisationen (IMO) följde USAs beslut och införde 1992 bestämmelser om dubbelskrov i den internationella konventionen Marpol. Enligt konventionen skulle alla oljetankfartyg på minst 600 tons dödvikt som levererades från och med juli 1996 vara utrustade med dubbelskrov eller motsvarande konstruktion. Efter detta datum har det därför inte byggts några fartyg med enkelskrov. De oljetankfartyg på minst 20 000 tons dödvikt som har levererats före juli 1996 ska enligt konventionen uppfylla kravet på dubbelskrov senast när de är 25 eller 30 år gamla.

De kalla nordiska havsområdena är sårbara för oljeförorening. Låga temperaturer ökar oljans viskositet och förhindrar uppblandning med vattnet. Den mikrobiologiska nedbrytningen av oljan sker långsammare än i varmare vatten, och den naturliga nedbrytningen av oljan kan ta år istället för månader.

Små ojespill skadar

När oljan når stränderna beror återhämtningen på typ av olja, årstid och kustens utseende och exponeringsgrad. Olja på havsytan kan ge allvarliga, men kortvariga, effekter. Olja som sjunker till botten kan däremot stanna där under längre tid och ge stora negativa effekter på bottenlivet.

Även små oljespill orsakar skada och stora kostnader. Sjöfåglar är särskilt utsatta, och Östersjön är ett viktigt övervintringsområde för många havslevande fåglar. Det hårt trafikerade fartygsstråket söder om Gotland passerar rakt genom Natura 2000-området Hoburgs bank med ett stort antal övervintrande alfåglar. Årliga inventeringar av alfågelbeståndet längs Gotlands sydkust visar att antalet oljeskadade individer de senaste tio åren ligger på en relativ oförändrad nivå. Eftersom de observerade utsläppen i Östersjön, Öresund och Kattegatt stadigt minskar, tyder detta på att det finns ett stort mörkertal där många utsläpp aldrig registreras.

250 miljoner ton rysk olja

Ryssland är världens näst största oljeexportör efter Saudiarabien. En viktig transportkorridor för rysk olja till Västeuropa går genom Östersjön. Såväl hamncapaciteten som det ryska rörledningssystemet för olja, som löper från centrala och nordvästra Ryssland till oljeterminalen Primorsk i det inre av Finska viken, byggs ut.

År 2006 nådde exporten från Primorsk 75 miljoner ton. Målet är en årlig utskipping på upp till 150 miljoner ton per år. För att nå dit vill den ryska regeringen skifta den mesta oljan som för närvarande exporteras till Europa via Vitryssland och Ukraina till Östersjöterminalen i Primorsk. Den totala årliga oljetransporten från hamnarna i Finska viken förväntas öka till 250 miljoner ton till år 2015.

Det maximala djupgåendet på 15 meter för fartyg som passerar de danska sunden har begränsat oljefartygens lastkapacitet till 110 tusen ton. Nya, bredare fartyg möjlig-

gör nu avsevärt större laster med bibehållet djupgående. I Sverige investerar Stena Line i sex sådana tankfartyg skräddarsydda för Östersjöförhållanden, var och en med 267 tusen tons lastkapacitet. Fartygens huvud-

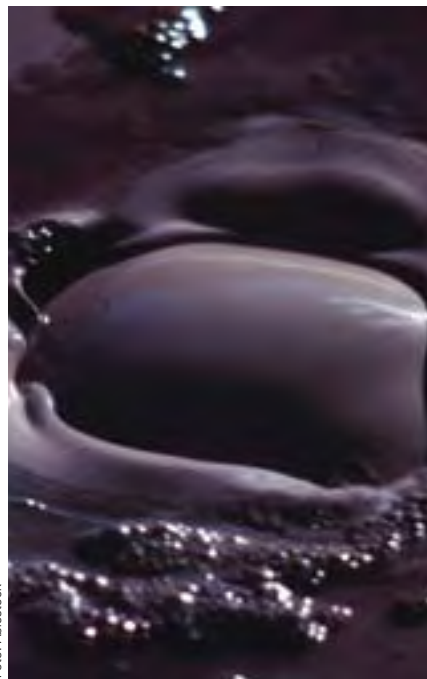


Foto: Ablestock

uppgift blir att frakta rysk olja från Finska viken via tungtrafikkorridoren öster om Gotland ned till Bornholmsgattet och ut genom Stora Bält.

Internationella åtgärder

Att de rapporterade oljeutsläppen minskar är sannolikt ett resultat av den skärpta övervakningen med satellit och flyg. Östersjöländerna förfogar tillsammans över mer än 20 flygplan, de flesta med avancerad utrustning för att utföra spaning efter olja till havs.

Oljetransporterna är dock fortfarande ett stort hot mot Östersjöns och Västerhavets miljö. Östersjöns instängda läge gör att kustområden alltid finns i relativ närhet av ett oljespill, var detta än sker. Risken för haverier motverkas genom ökad användning av tankfartyg utrustade med dubbelt skrov, förbättrad navigationsteknik och ökad trafikkontroll.

För att minska riskerna för kollisioner och grundstötningar i Östersjön har Helcom och FNs sjöfartsorganisation IMO ökat kraven på ledsystem, trafikinformation, sjömätningar, lotsning och användning av moderna navigationsinstrument. IMOs klassning av Östersjön

som ett "särskilt känsligt havsområde" från 2006 innebär ett ökat skydd för Östersjöns miljö, bland annat genom flera nya trafikseparationsområden i södra Östersjön - där mötande trafik delas upp i egna stråk - och genom begränsningar av djupgåendet söder om Gotland.

Eftersom Ryssland som enda Östersjöland valde att inte stödja ansökan till IMO omfattas ryska havsområden inte av klassningen.

Krav på dubbelskrov

I oljetankfartyg med enkelskrov är oljan åtskild från det omgivande vattnet bara av en enkel plåt. Ett effektivt sätt att förebygga oljeutsläpp är att omge lasttankarna i enkelskroven med en andra invändig plåt. IMO har också utarbetat internationella regler för hur fartygen ska vara konstruerade och för hur äldre fartyg successivt ska ersättas med nya och säkrare konstruktioner. De senaste internationella bestämmelserna innebär att transporter av tung eldningsolja, råolja, smörjolja, bitumen och tjära endast får ske i tankfartyg med dubbelskrov. Tidpunkten för utfasning av oljetankfartyg med enkelskrov har också flyttats från 2015 till 2010.

Det finns dock undantag. Exempelvis får oljetankfartyg som uteslutande används i hamnar och på inre vattenvägar undantas om de godkänts enligt lagstiftning för inre vattenvägar.

Ökad olycksrisk

Olja till havs var en av de första marina föroreningar som reglerades i mitten av 1950-talet. Många positiva förändringar har skett sedan dess, vilket resulterat i minskade oljeutsläpp och bättre förmåga att ta hand om oljespill. Våra svenska havsområden har varit förskonade från stora tankfartygsolyckor, men den ökande trafiken med oljelaster till havs ökar också riskerna. En ytterligare förbättrad sjösäkerhet med trafikövervakning, uppdelning av trafiken och dubbelskrov kan minska riskerna. Olyckor kan dock alltid inträffa - oavsett hur bra regelverk och trafiksystem det finns. 🐦

LÄSTIPS

Östersjön - ett särskilt känsligt havsområde (SMF rapport, Sverker Evans, 2005): www.havet.nu (sök på Evans)

Kustbevakningen: www.kustbevakningen.se

Samarbete över sundet

för en bättre havsmiljö

FREDRIK ANDREASSON & CHARLOTTE CARLSSON, LÄNSSTYRELSEN I SKÅNE

Grunden för samarbetet i Öresundsregionen lades redan med freden i Roskilde 1658. Då hade det smala sundet mellan Skåne och Själland utgjort en viktig färdväg för sjöfart i århundraden. Idag är Öresund en naturlig gräns mellan Sverige och Danmark, där det gemensamma vattnet innebär ett gemensamt ansvar för miljön.

■ De första konkreta försöken till samarbete gjordes på 1960-talet, då Sveriges och Danmarks regeringar ville stärka Öresundsregionens tillväxt – men också

skydda Öresund mot föroreningar. Som en följd av detta bildades Öresundsvattenkommittén, som tillsammans genomförde undersökningar av vattenkvaliteten och biologin i Öresund. Kommittén tog också fram underlag om fiske och belastning från avloppsvatten.

Mot mätbara mål

Samarbetet fortsatte fram till 1995, då det övergick i det som nu kallas Öresundsvattensamarbetet. I samarbetet ingår kommuner på båda sidor sundet, samt staten via Länsstyrelsen i Skåne län och

Miljöcenter i Roskilde. I förlängningen av samarbetet om Öresundsbron har Sveriges och Danmarks regeringar beslutat arbeta för att Öresundsregionen ska bli en av Europas renaste regioner. En av samarbetets första uppgifter blev att göra en statusbedömning av förhållandena i Öresunds marina miljö. Utifrån den bild som tonade fram gick man vidare, och presenterade 1999 flera mål för Öresunds vatten. Efter som målsättningarna måste anpassas till respektive lands lagstiftning var det ingen enkel uppgift – dessutom riskerar målsättningar att bli så generellt utformade att det



Öresunds vattenmiljö är präglad av den stigande salthalten från Östersjön till Kattegatt, vilket skapat en unik flora och fauna.

Akvarellen är målad av SB Johansson och hämtad ur Öresundsvattensamarbetets temarapport om sundets fiskar.



Vid byggandet av Öresundsbron beslutade Sveriges och Danmarks regeringar att göra Öresund till en av Europas renaste regioner.

Foto: Patrik Olsson/N

inte går att kontrollera om de uppfylls eller inte. Därför arbetade man fram ett förslag där fastlagda nationella och regionala mål översattes till mätbara mål för Öresund. I förslaget preciseras vad som ska uppnås för till exempel siktdjup och ålgrässets djuputbredning.

Salt vatten möter bräckt i unik miljö

Den marina miljön i Öresund är unik, kraftigt präglad av den ökande salthalten från Östersjön i söder till Kattegatt i norr. Det innebär att arter från båda dessa havsområden går att finna i Öresund. En norrgående ytström med sötare Östersjövatten och en sydgående bottenström med saltare vatten ger en relativt kraftig salthaltsskiktning, vilket också påverkar förutsättningarna för olika arter. Samhällen med kärleväxter som nate (*Potamogeton* sp.) och nating (*Ruppia* spp.) övergår i ålgräsängar (*Zostera marina*) då djupet ökar. I grunda områden lever i huvudsak brackvattenarter som till exempel havsborstmasken *Hediste diversicolor* och snäckor av släktet *Hydrobia*. I vissa områden, på djup större än 25 meter, dominerar djursamhällena av kräftdjuret *Haploids tubicola*. Detta kräftdjur utgör i sin tur viktig föda för uppväxande torsk och rödspätta. Detta kräftsamhälle har mycket begränsad utbredning i Skandinaviska vatten. På ännu större djup lever hästmusslor (*Modiolus modiolus*), som bildar en hård yta på en i övrigt mjuk botten, och därmed främjar ett mycket rikt djurliv.

Men kunskapen om hur det egentligen ser ut under vattnet och vilka djur och växter som lever tillsammans, är till

största delen förunnad de fåtal som arbetar konkret med marina miljöfrågor eller sportdyker. Öresundsvattensamarbetet har därför försökt sprida kunskaperna om hur de olika växt- och djursamhällena i Öresund ser ut och vilka arter som lever där, och har hittills givit ut tre temarapporter om fisk, bottendjur samt om vegetation, samtliga rikt illustrerade med akvareller och foton.

Samarbete om föreningarna

På initiativ från danskt håll startade 2006 det interregionala projektet Kildesamarbejdet/Källsamarbetet, där svenska och danska kommuner, Sydsjæns avfallsaktiebolag (SYSAV), Danmarks Hydrologiska Institut och Länsstyrelsen i Skåne medverkar. Syftet är att få bättre kunskap om de föreningsskällor som finns till Öresund, både på dansk och svensk sida. Öresund-regionen är tätbefolkad, och med en väl utvecklad infrastruktur och mycket industrier blir belastningen på luft och vatten hög. Länderna arbetar på lite olika sätt med denna problematik, och en del av arbetet inom projektet handlar om att få insikt i varandras problem och olika sätt att lösa dem.

Positivt fiskeförbud

Fisket i Öresund är gemensamt för de båda länderna och svenskar och danskar har med vissa undantag rätt att fiska på varandras vatten. Fisket har stor betydelse för flera samhällen längs sundet. Trålfisket är sedan länge förbjudet i stort sett i hela Öresund. Detta har haft positiv inverkan på fiskbestånden.

Öresund är ett av de få kustområden där torsk, vitling och kolja fortfarande förekommer i höga tätheter, och där andelen storvuxna individer är relativt hög. Tyvärr förekommer olaga trålfiske i sundet, vilket skapat stor irritation. På initiativ av fiskare från både Danmark och Sverige startades för två år sedan ytterligare ett samarbete kallat Öresundsfiskarna. Där ingår yrkesfiskare, husbehovsfiskare och sportfiskare från båda länderna. Från början var den danska medverkan i samarbetet inte så hög, och Öresundsfiskarna hade dåligt gehör från danska myndigheter. Detta har nu vänt, och en stor framgång för samarbetet har varit att man även på dansk sida nyligen beslutade införa förbud mot snurrevadsfiske i Öresund.

Svårt, men konstruktivt

Trots många likheter finns det också skillnader på dansk och svensk lagstiftning, administration och hur myndigheter arbetar. Olikheterna gör att det ibland är svårt att nå ända fram i aktuella frågor. Generellt är samarbetet mellan danska och svenska myndigheter dock mycket positivt. Vi som arbetar med miljöfrågor på respektive sida om sundet är oftast överens om problemen och vad som behöver göras för att lösa dem. 🐦

LÄSTIPS

Om Öresundsvattensamarbetet
www.oresundsvand.dk/Svenska/

Om Källsamarbetet
www.kildesamarbejdet.org/

Kust påverkad av öppet hav

– hur ska åtgärdsbehovet bedömas?

JAKOB WALVE, ULF LARSSON & TINA ELFWING, STOCKHOLMS UNIVERSITET / MATS BLOMQVIST, HAFOK AB

Den ekologiska statusen för växtplankton och näringsämnen har längs stora delar av Svealandskusten klassats som måttlig eller sämre. Enligt vattendirektivet ska detta medföra krav på åtgärder – men det finns flera skäl att behandla klassningen med försiktighet.

Ett är att många områden, speciellt i den mellersta och yttre skärgården, är starkt påverkade av öppna Östersjön. Enbart lokala åtgärder är därför inte tillräckliga för att uppnå god status.

■ Ramdirektivet för vatten, eller vattendirektivet i dagligt tal, har antagits av EU med målet att alla Europas vattenområden ska nå god status senast år 2015. För att kunna avgöra i vilka kustområden åtgärder bör sättas in, måste den nuvarande ekologiska statusen bedömas. I Svealands kustvatten har sådana bedömningar gjorts med hjälp av nyligen framtagna bedömningsgrunder för växtplankton, bottenfauna och bottenvegetation, samt för allmänna förhållanden som siktdjup och halter av näringsämnen.

Lägst status bestämmer klassningen

Längs Svealandskusten finns 26 områden där minst två av de tre kvalitetsfaktorna bottenfauna, bottenvegetation och växtplankton bedömts. I nio fall överensstämmer statusbedömningarna, i två fall är statusen lägst för bottenfauna. I de övriga 15 områdena är statusen lägst för växtplankton. Enligt principen one-out-all-out är det därmed växtplankton som bestämmer statusen för de flesta av kustens vattenförekomster.



Foto: Per Bengtsson/Göteborg

FAKTA

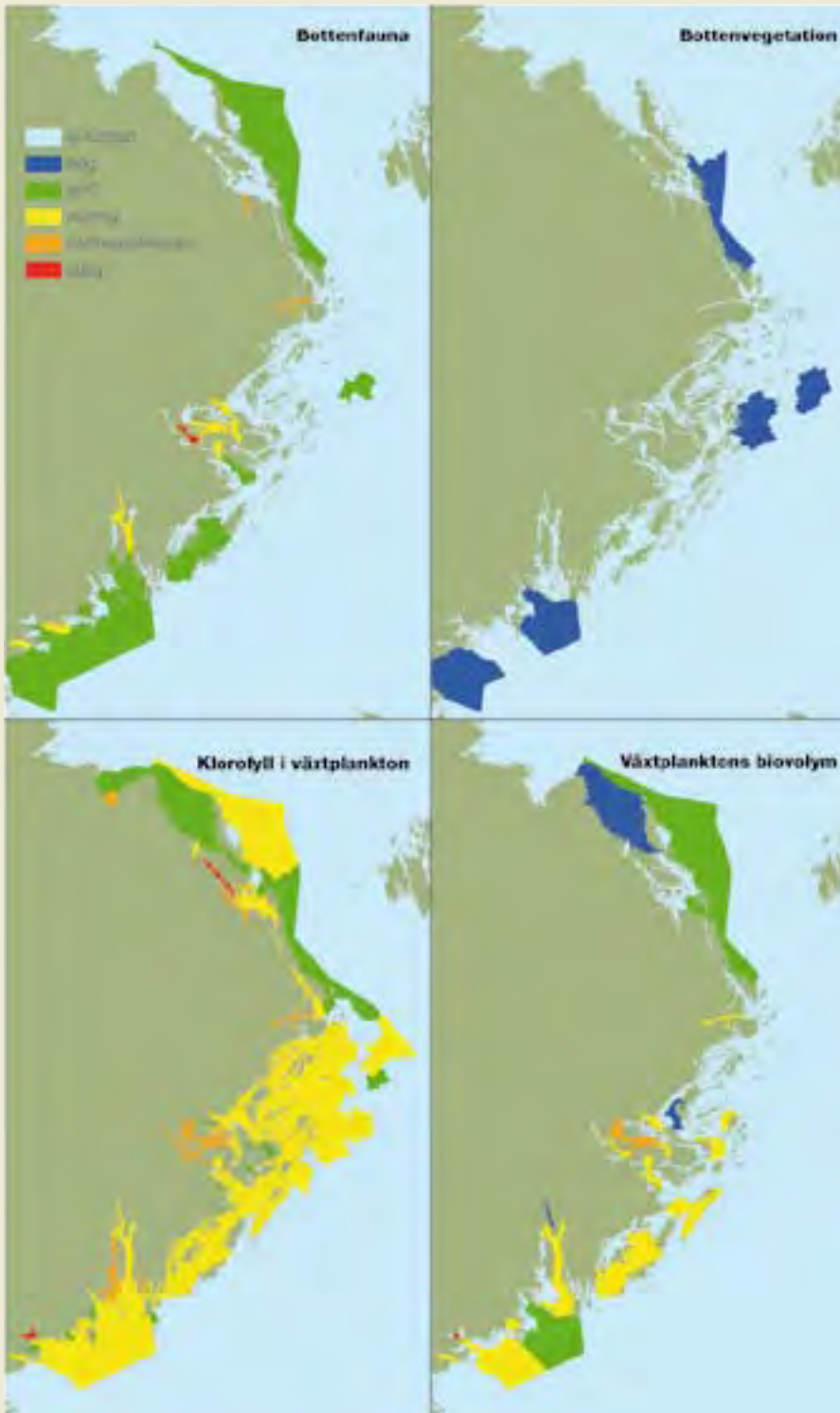
Vattendirektivet

Vattendirektivet föreskriver att varje vattenförekomsts ekologiska status ska klassas enligt en femgradig skala: hög, god, måttlig, otillfredsställande eller dålig. Målet är att god status ska uppnås redan 2015.

Statusbedömningen i kustvatten ska i första hand baseras på förekomst och sammansättning av växtplankton, bottenfauna (bottenlevande ryggradslösa djur) och bottenvegetation i form av makroalger och kärlväxter. Den av dessa biologiska kvalitetsfaktorer som uppvisar sämst status bestämmer den slutliga statusen, genom den så kallade one-out-all-out-principen. Bedömningen av kväve- och fosforhalter, siktdjup och syre kan endast sänka statusen från hög till måttlig.

Vattendirektivet föreskriver att statusklassningen ska utgå från ett referensförhållande som definieras som "nära nog opåverkat av människan". God status innebär små störningar framkallade av människan, och att miljön endast i liten utsträckning avviker från opåverkade förhållanden.

BEDÖMNINGAR AV BIOLOGISK STATUS VID SVEALANDSKUSTEN



I de 26 områden där minst två av de tre kvalitetsfaktorerna bottenfauna, bottenvegetation och växtplankton bedömts, uppvisar växtplankton sämst status i 15 fall. Enligt principen one-out-all-out bestämmer växtplankton därmed statusen för de flesta av kustens vattenförekomster, särskilt i det yttre kustbandet, till måttlig eller sämre. Statusbedömningen av växtplankton görs genom en sammanvägning av klorofyllhalt, som är ett mått på algmängden, samt växtplanktonens totala biovolym.

Blåstångsbotten.

Foto: Jerker Lokrantz/azote

De områden där statusen är sämre för växtplankton än för bottenfauna och bottenvegetation ligger framförallt i den yttre delen av kusten. Orsaken är principiella skillnader i hur den kritiska klassgränsen för god-måttlig status fastställts:

- För växtplankton i Egentliga Östersjöns yttre kustområde, det vill säga i det öppna kushavet, har klassgränsen satts utifrån att Östersjön bedöms vara påverkad av övergödning och i behov av åtgärder. Utgångspunkten har varit en uppskattning av förhållandena då Östersjön nästan var opåverkad av människan. Samma resonemang gäller för näringsämnen och siktdjup.
- För bottenfauna är utgångspunkten däremot att det råder minst god status i kustområden som är opåverkade av lokala utsläpp. Därför blir statusen där automatiskt mestadels god.

Bedömningsgrunden för bottenvegetation indikerar genomgående hög status längs Svealandskusten. Tillräckligt med data för klassning finns dock bara för fem vattenförekomster, som alla ligger i den yttre delen av kusten och huvudsakligen i skyddade områden i form av reservat. Värt att notera är att denna bedömningsgrund innehåller ganska stor osäkerhet i klassgränserna, eftersom data från påverkade områden i stor utsträckning saknas. När bättre kunskap finns tillgänglig kan mer adekvata gränser sättas.



Olika påverkan

För att kunna avgöra när lokala åtgärder kan förväntas ge effekt, är det viktigt att kunna bedöma dels de lokala utsläppens betydelse, dels den storskaliga inverkan från Egentliga Östersjön. Detta kan skattas med hjälp av "utsjökorrektur", där man utifrån salthalten i kustvattnet kan beräkna hur stor andel av vattnet som kommer från utsjön. Närsalthalten i det inre och mellersta kustvattnet kan då korrigeras, genom att bidraget från utsjön dras bort. Den kvarvarande mängden näringsämnen i vattnet kan då anses ha kommit från källor på land.

För Svealands kustvatten visar utsjökorrekturerna att många områden i mellersta och yttre skärgården tydligt påverkas av tillståndet i öppna Östersjön. Resultaten är liknande när det gäller klorofyll och biovolym. Men många av Svealands vattenförekomster påverkas också av utsläpp, antingen lokala eller inom avrinningsområdet. I många vattenförekomster är statusen så långt under gränsen till god status att det uppenbart krävs lokala åtgärder. Dock finns det en del osäkerheter när det gäller grunda områden, eftersom uppblandning av bottenmaterial påverkar siktdjup, näringsämnen och växtplankton/ klorofyll.

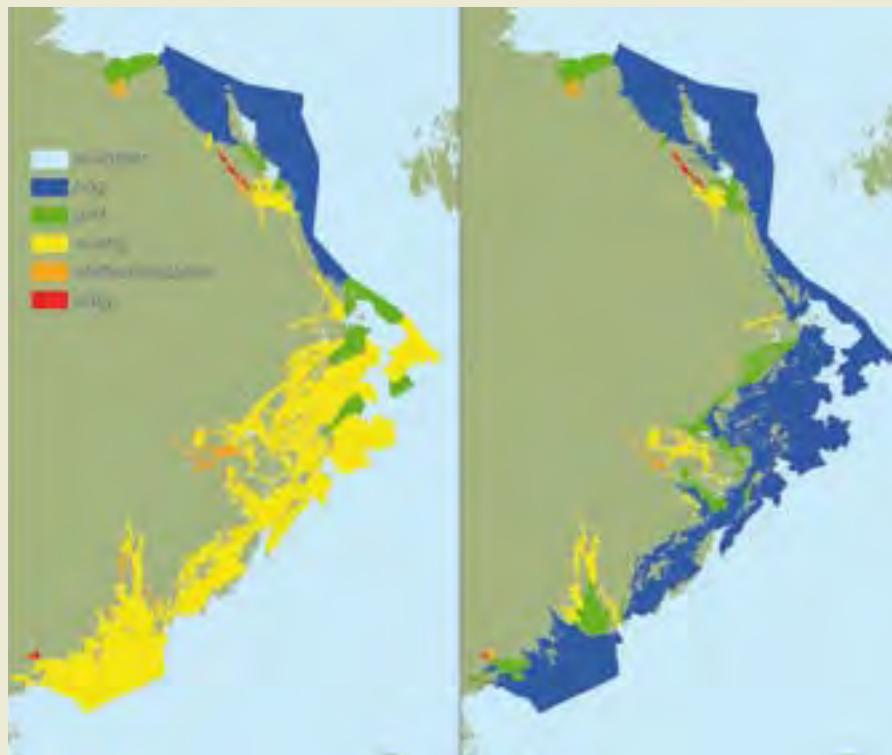
Behov av anpassad provtagning

Statusklassningen baseras idag till stor del på ett olämpligt dataunderlag. För bottenvegetation uppfyller mer än hälften

KVÄVESTATUS FÖRE OCH EFTER UTSJÖKORRIGERING

Enligt bedömningsgrunder

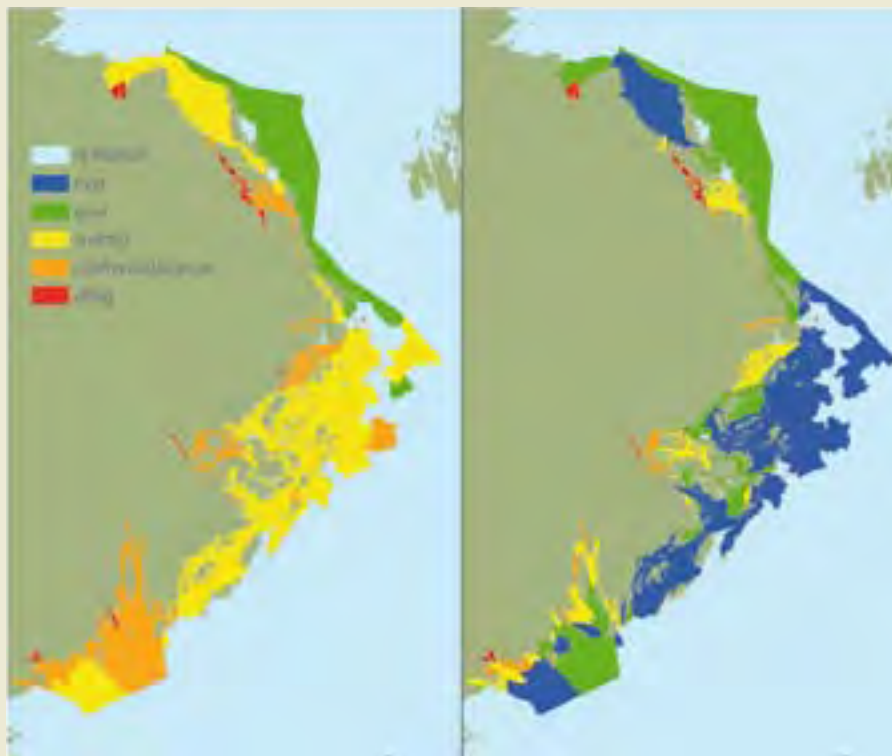
Korrigerat för påverkan från utsjön



FOSFORSTATUS FÖRE OCH EFTER UTSJÖKORRIGERING

Enligt bedömningsgrunder

Korrigerat för påverkan från utsjön



➤ Ett sätt att få ett bättre beslutsunderlag för åtgärder är att ta hänsyn till det öppna Östersjöns inverkan på statusklassningen. Denna utsjökorrigerade klassning gör en uppskattning av hur statusen i kustbandet varit om statusen i öppna Östersjön varit hög. Härigenom identifieras områden där åtgärder inom det lokala avrinningsområdet är nödvändiga, samt områden där det behövs storskaliga åtgärder i Östersjön för att god status ska nås. Som figuren visar är många av Svealandskustens inre områden såpass påverkade av näringstillförsel från land, att en förbättrad status i öppna Östersjön inte räcker för att god status ska uppnås.



Foto: Jerker Lokrantz/azote

Dykare undersöker en blåstångsskog.

ten av mätplatserna inte villkoren för tillämpning enligt bedömningsgrunden, antingen för att de är för grunda eller för att det saknas lämplig bottenbotten på större djup. Bottenfaunaprover tas ibland ojämnt fördelat över en vattenförekomst och på olämpliga djup. Befintliga stationer i Stockholms skärgård är till exempel lokaliserade i djupgradienter, för helt andra syften än som underlag för bedömningar enligt vattendirektivet. Den totala bedömningen kan starkt påverkas av fördelningen mellan djupa och grunda stationer, eftersom syrebrist ger djupa stationer en sämre status.

Vad gäller bottenvegetation och bottenfauna övervakas de idag på flera olika typer av bottenar – mjuka och hårda, exponerade och skyddade, gyttjiga, sandiga och leriga – vilket ökar spridningen i resultaten. Vilka typer av bottenar som bör övervakas och hur den övervakningen ska läggas upp för att ge bra underlag för bedömning av ekologisk status är något som behöver utredas. På samma sätt behöver man nationellt ta fram riktlinjer för hur stationer ska placeras.

Fler prover – säkrare bedömningar

Generellt gäller att ju fler prover som tas, desto mindre blir spridningen och desto säkrare blir bedömningen. Med begränsa-

de resurser är det viktigt att optimera provtagningen, så att den genererar maximalt med användbar information. I Svealands kustvattenvårdsförbund pågår ett kontinuerligt arbete med att hitta den optimala avvägningen mellan provtagningsfrekvens (tidsmässig upplösning) och yttäckning vid varje provtagning (spatial upplösning inom och mellan havsområden). Här ingår att identifiera provtagningspunkter som inte bidrar med avgörande information, och alltså inte behöver mätas. Det kan vara vattenförekomster som i huvudsak påverkas av angränsande vattenområden. Då kan mätningar i dessa vara tillräckliga för att skatta tillståndet.

Brister i bedömningsgrunder

Ett skäl till att vara försiktig med statusbedömningarna är att den statistiska osäkerheten ofta är mycket stor. När det gäller bottenfauna hanteras detta problem med hjälp av konfidensintervallet, som beskriver osäkerheten i medelvärde. Eftersom statusklassningen görs på den nedre gränsen för detta intervall, och inte på själva medelvärdet, blir statusen alltså sämre ju större osäkerhet som råder. Detta kan sägas vara i enlighet med försiktighetsprincipen. Men en olämplig fördelning av stationer

inom en vattenförekomst riskerar också att göra bedömningen icke-representativ för havsområdet.

Bedömningsgrunderna har alltså brister och behöver utvecklas vidare både när det gäller hantering av statistisk osäkerhet, verifiering av klassgränser i gradienter och harmonisering mellan olika kustavsnitt.

Referensvärden och klassgränser kan inte tas för givna. I de fall där bedömningen är osäker bör Vattenmyndigheten under en övergångsperiod därför gå varsamt fram när det gäller krav på konkreta åtgärder. När bedömningsgrunderna nu tillämpas för första gången bör det ha karaktären av en testomgång, där behovet av förändringar kan uppmärksammas. 🐦

LÄSTIPS

VISS, nationell databas över svenska vattenförekomster: www.viss.lst.se.

Vattenkartan: www.gis.lst.se/vattenkartan

Ekologisk status i Svealands kustvatten. Svealands kustvattenvårdsförbund, Årsrapport 2007: www.kustdata.su.se, www.svealandskusten.se

Utsjökorrigering – Naturvårdsverkets Handbok 2007:4. www.naturvardsverket.se (sök på 2007:4)



VÄDER OCH KLIMAT

Meteorologi och oceanografi under 2007

Försurning i haven

– nytt problem i klimatförändringens spår

Meteorologi och oceanografi under 2007

SVERKER HELLSTRÖM, MARIE BERGSTRAND, AMUND LINDBERG & LARS ANDERSSON, SMHI

År 2007 var ett varmt år, med sen isläggning och tidig islossning. Stormen Per gav i början på året ett inflöde av syrerikt vatten till Östersjön, men omfattningen var liten. Även sommarmånaderna var varma, och i södra Sverige föll stora mängder regn. Tillrinningen till Egentliga Östersjön och Västerhavet blev hög. Under årets sista månader skedde ett par inflöden till Östersjön, vilka förbättrade syreförhållandena i Arkona- och Bornholmsbassängerna

■ Meteorologi och oceanografi är viktiga bakomliggande faktorer för biologin och kemin i våra havsområden. Här följer en kort redogörelse för luft, vatten och is under år 2007.

Varm start på året

Januari var ovanligt varm i hela landet, både i luften och i vattnet. På Hallands Väderö noterades exempelvis den första frosten först den 22 januari, vilket är ett unikt sent datum. Ytvattentemperaturen i Västerhavet och i Egentliga Östersjön låg flera grader över det normala. Även i Bottenhavet var det varmt. Istäcket i Bottenviken, som etablerats i början på november 2006, växte mycket sakta under januari. Först i mitten av månaden etablerades den första isen till sjöss i Bottenviken.

Kallare luft började emellertid breda ut sig, åtminstone i de nordliga delarna av landet. På väst- och sydkusten var luft- och vattentemperaturerna fortfarande ett par grader högre än normalt. Under februari tog istillväxten fart, och maximal isutbredning inträffade 23 februari, tre veckor tidigare än normalt. Då var hela Bottenviken och norra Bottenhavet istäckt, såväl som



Foto: Jan GrahvN

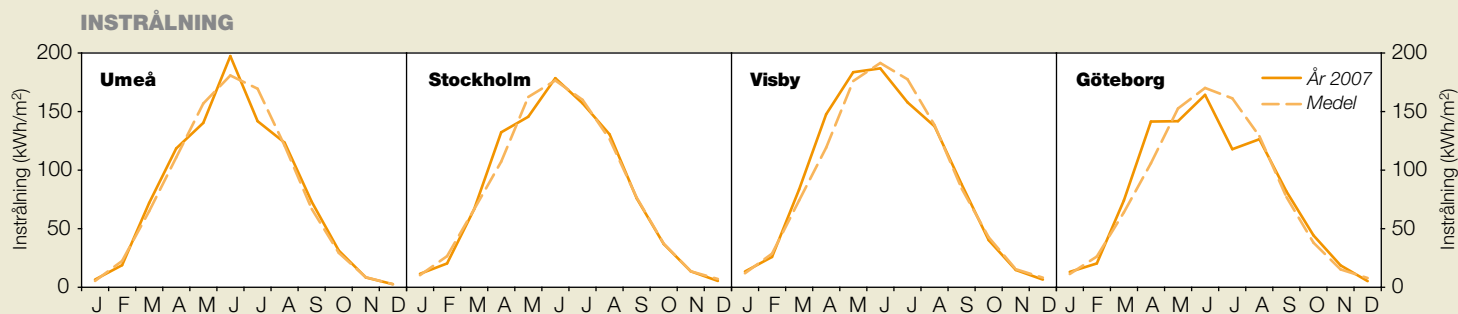
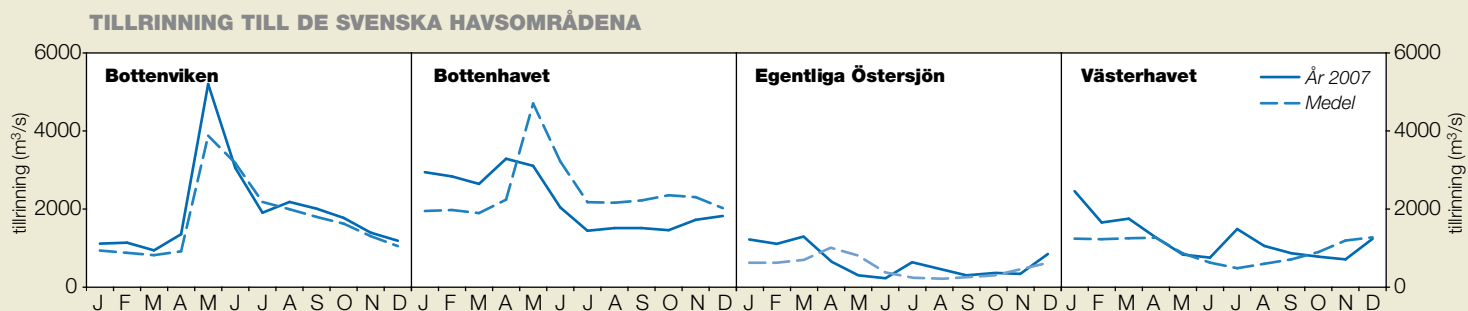
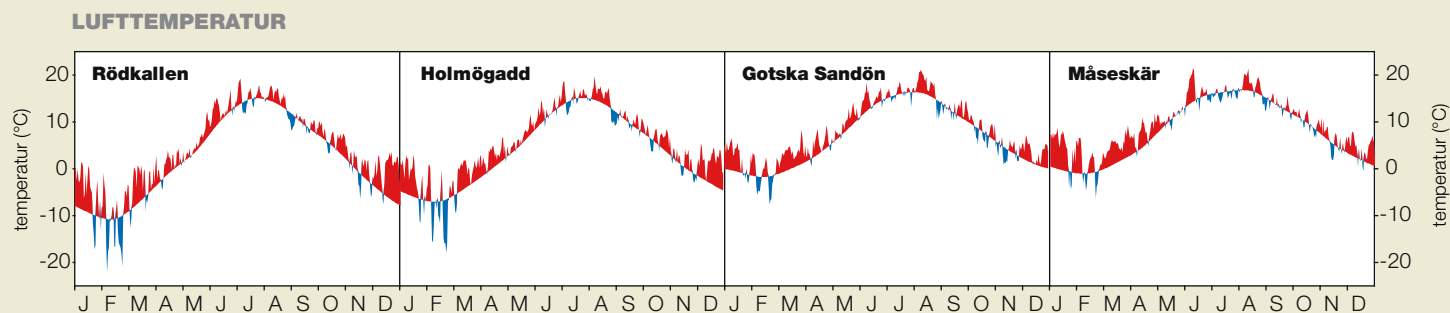
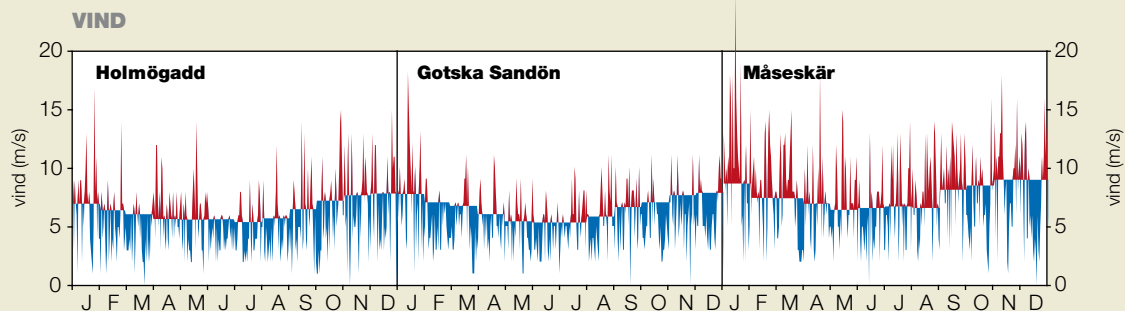
kusterna i hela Bottenhavet samt skärgårdarna norr om Västervik.

Hög tillrinning

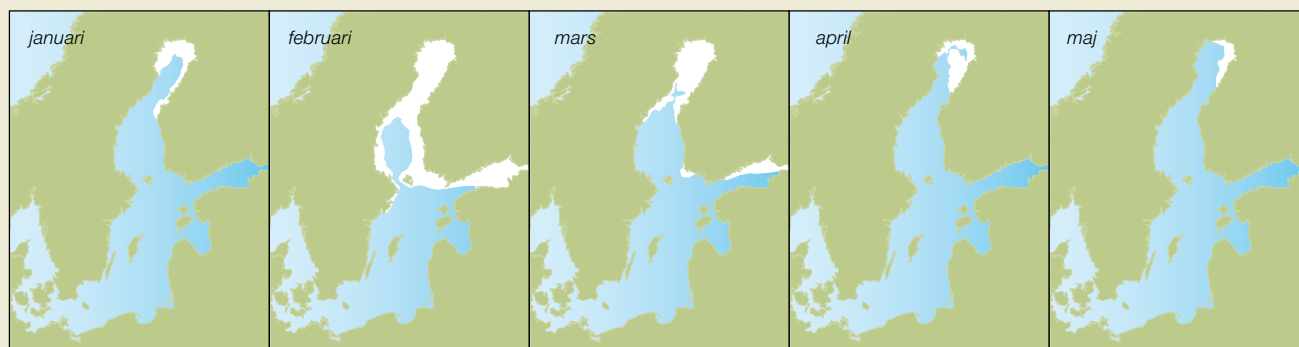
Tillrinningen till alla svenska havsområden var hög under årets första månader. I Egentliga Östersjön var den 80-90 procent högre än normalt under hela perioden januari till mars.

Vid flera tillfällen under vintern nådde vinden stormstyrka. Den kraftigaste stormen var Per, som passerade i mitten av

januari, med vindstyrkor kring 30 meter per sekund i ett band från Skagerrak och Kattegatt till sydligaste Bottenhavet. Ett inflöde av salt, syrerikt vatten från Västerhavet till Östersjön skedde i samband med stormen, men det var av sådan liten omfattning att det inte fick någon större påverkan på förhållandena i Östersjön. Syresituationen var dålig i Egentliga Östersjön under hela året. Även i Bottniska viken låg syrehalterna under det normala, och i Bottenhavet är trenden tydligt nedåtgående.



ISUTBREDNING



Medelvärdena i figurerna är beräknade för perioden 1961–1990. I de två översta figurerna anger rött att årets värde ligger över medelvärdet, medan blått anger att värdet ligger under medelvärdet.



var relativt tunn och av dålig kvalitet. Redan den 21 maj noterades den sista isen i våra farvatten, vilket var nästan två veckor tidigare än normalt. Ytvattentemperaturen i månads-skiftet maj–juni var något förhöjd i centrala samt norra Egentliga Östersjön. Vårfloden till Bottenviken var något större än normalt, och kulminerade i slutet av maj. Tillrinningen till Bottenviken var cirka 35 procent högre än normalt. Till Bottenhavet, däremot, var tillrinningen låg. Även till Egentliga Östersjön var tillrinningen låg i maj, medan den till Västerhavet var normal.

Ostadig sommar

En värmebölja, som för omväxlings skull inleds i norr, spred sig ner över landet i början av juni. Trots det ännu rätt kalla havsvattnet nådde lufttemperaturen 25 grader så långt norrut som vid Bjuröklubb. I de södra delarna av Egentliga Östersjön och i Bottniska viken var ytvattentemperaturen något förhöjd under hela juni månad medan den i övriga havsområden var normal.

Under andra halvan av juni föll stora regnmängder i framför allt södra Sverige. Från södra delen av Kattegatt till Hanöbukten föll upp till 200 mm under juni månad.

Höga flöden i söder

Det ostadiga och solfattiga vädret fortsatte under juli. Höga flöden med översvämningar som följde förekom i södra delarna av landet. Under de tre första veckorna av augusti täcktes Sverige av sommarvarm luft, och det var inte samma omfattande regn som under juli.

Den avslutande augustiveckan fick lite känning av höstlik dramatik. Den 27 augusti förstärktes ett regnområde över Norra Kvarken varvid exempelvis Holmön fick hela 89 mm. Nästa dag blåste det upp en nordvästlig vind som på Örskar nådde full storm med 25 meter per sekund. Inte

sedan år 1975 har vi haft storm redan i augusti i svenska kustfarvatten.

Tillrinningen under sommaren var ungefär den normala till Bottenviken. Till Bottenhavet var tillrinningen däremot låg, närmare 40 procent under medeltalet för månaderna. Tillrinningen till Egentliga Östersjön och Västerhavet blev mycket hög. Under juli och augusti var den mellan två och tre gånger högre än normalt.

Stormfria höstmånader

September var tämligen normal både avseende nederbörd och temperatur. Ytvattentemperaturen i Bottenhavet låg dock något under den normala. I oktober fick praktiskt taget samtliga svenska kustfarvatten mindre nederbörd än normalt. Tillrinningen till Bottenviken var relativt hög, medan tillrinningen till Bottenhavet var lägre än normalt. I september var tillrinningen till Västerhavet hög, medan den under oktober var låg. Höstmånaderna blev stormfria över de svenska farvattnen.

Mild december

Mars och april bjöd på sol i överflöd längs samtliga kuststräckor. Även november blev stormfri i de svenska farvattnen. Vädret var växlingsrikt och tämligen normalt. Kring Hanöbukten var det dock en av de torraste novembermånaderna på drygt 50 år. Den kanske intressantaste väderhändelsen inträffade i mitten av månaden, när kalla nordostvindar utbreddes sig över den ännu varma Östersjön. Då bildades band med mycket täta snöbyar, som sträckte sig från Finska viken in mot Sörmlandskusten.

December blev mild i hela landet, vid Bottenviken till och med en av de allra mildaste. I söder var månaden mycket solfattig. Det innebar att Bottenhavskusten faktiskt fick lite fler soltimmar än de södra kuststräckorna, trots att det var midvinter. Under årets två sista månader skedde ett par inflöden till Östersjön, vilka förbättrade syreförhållandena i Arkona- och Bornholmsbassängerna. 🐦

Varma och blåsig vår

Månaderna mars och april var varma, soliga och blåsiga. Snösmältningen kom igång tidigt, och tillrinningen till Bottenhavet och Egentliga Östersjön var 50 procent högre än normalt. Flera stationer vid västkusten och kring Östersjön noterade nya rekord i medeltemperatur. För Bjuröklubb i Bottenviken var det den varmaste april-månaden som hittills registrerats.

I mitten av mars passerade ett för årstiden rekorddjupt lågtryck över Skagerrak och gav kraftiga vindar i söder. Även vid detta tillfälle flödade salt, syrerikt vatten in i Östersjön, men inte heller denna gång i någon större mängd. I mars var tillrinningen fortfarande hög till de svenska havsområdena. I april var den hög till Bottniska viken, låg till Egentliga Östersjön, och normal till Västerhavet.

I söder var det under april till och med fler soltimmar än vad som är normalt för juni månad. Över Egentliga Östersjön höll sig vädret soligt och varmt även i maj. Över Bottenviken och kring Öresund föll däremot mer nederbörd än normalt.

Snabb issmältning

Isen smälte snabbt till havs eftersom den

Försurning av haven

– nytt problem i klimatförändringens spår

JON HAVENHAND, MIKE THORNDYKE & SAM DUPONT, GÖTEBORGS UNIVERSITET

Försurning av haven har länge uppfattats som en omöjlighet på grund av havsvattnets förmåga att neutralisera försurande ämnen. Men i klimatförändringarnas spår har man nu upptäckt att tillförseln av försurande ämnen går snabbare än vad haven kan hantera. Haven absorberar den atmosfäriska koldioxiden, och den kolsyra som då bildas sänker vattnets pH. Vilka konsekvenser försurningen får för ekosystemet vet vi inte med säkerhet. Klart är dock att haven försuras snabbare än de gjort på 55 miljoner år.

■ Det är svårt att föreställa sig hur stora haven är. De innehåller mer än en triljon (10^{18}) ton vatten. För att få lite perspektiv på detta kan man tänka sig att om varje människa på vår planet tar en lång, skön dusch tre gånger var, så skulle det förbruka en miljard ton vatten. Redan detta är en stor mängd, men för att komma upp i en triljon ton vatten skulle alla dessa människor behöva upprepa duschen varje dag i nio miljoner år. Så mycket vatten är nästan omöjligt att föreställa sig, och det är ännu svårare att förstå att människan ska kunna förändra de kemiska egenskaperna i denna enorma vattenmassa. Men det är precis vad vi gjort.

Koldioxid blir försurande kolsyra

Sedan vi storskaligt började förbränna fossila bränslen för hundra-femtio år sedan har halterna av koldioxid i atmosfären ökat med femtio procent. När halterna av atmosfärisk koldioxid ökar, löses den i havsvattnet och det bildas kolsyra. Kolsyran sänker vattnets pH och ökar lösligheten för kalciumkarbonat. Sedan början på den industriella revolutionen har den atmosfäriska

koldioxiden orsakat en minskning av pH i haven på 0,1 enheter. Detta kanske inte låter särskilt alarmerande, men eftersom pH-skalan är logaritmisk innebär denna minskning i själva verket en ökad surhet på cirka 25 procent.

Dessutom ökar försurningstakten. Beräkningar visar att surhetsgraden kommer att vara cirka två gånger högre inom några decennier. Detta kommer troligen att få förödande konsekvenser för världshavens djur och växter, med förlust av korallrev, genomgripande förändringar av ekosystemens funktion och utdöende av

många arter. Men eftersom havens neutraliserande förmåga tidigare bedömts vara i stort sett obegränsad, har effekterna av försurning i haven studerats mycket sparsamt, och vår förmåga att förutsäga den framtida utvecklingen är därför begränsad.

Lägst värden på 55 miljoner år

Mätningar som gjorts under de senaste tjugo åren i ett område i Atlanten utanför Bermuda visar att pH har minskat stadigt med ungefär 0,012 enheter per årtionde. I svenska kustvatten är trenden ännu tydli-



Foto: Ablestock



Den stora depån av kalciumkarbonat som finns lagrat på havens botten kunde fungera som buffert och neutralisera tillförseln av försurande ämnen.

VATTNETS CIRKULATION I VÄRLDSHAVEN

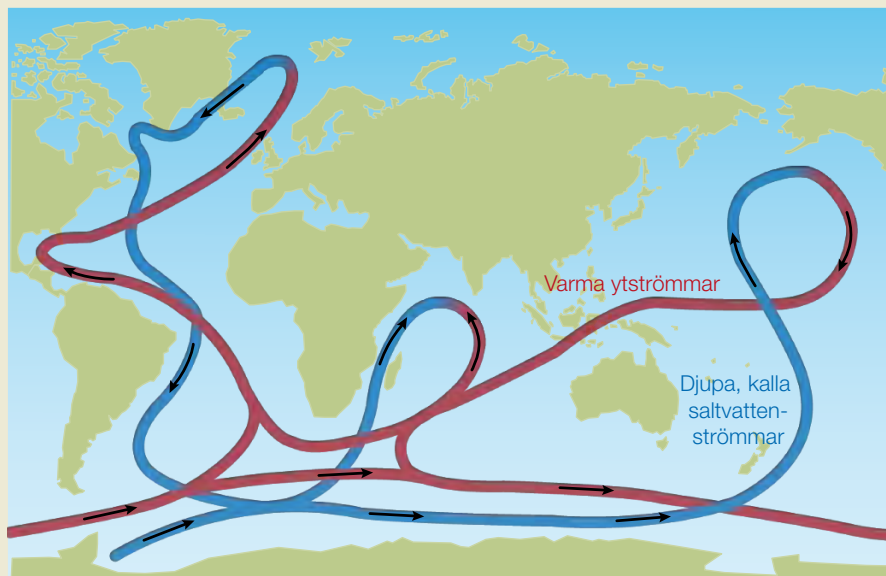
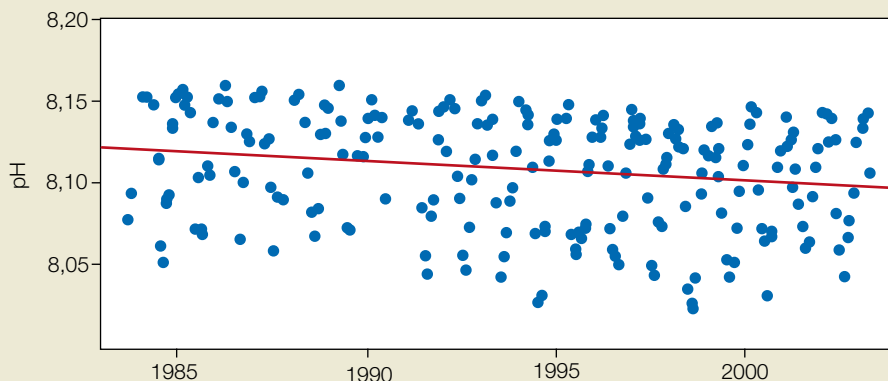


Illustration från UNEP/GRID Arendal.

➤ Cirkulationen i haven är en mycket långsam process, som sker på en tidsskala på ungefär tusen år. I förhistorisk tid har nivåerna av koldioxid varit högre än idag, men problem uppstår då koldioxidhalterna stiger så snabbt att det surare ytvattnet inte hinner blandas med djupvattnet.

SJUNKANDE PH I ATLANTEN



Data från Bermuda Atlantic Time Series, Bermuda Institute of Ocean Sciences.

➤ I klimatförändringens spår tillförs försurande ämnen snabbare än vad haven kan hantera. Idag försuras haven snabbare än de gjort de senaste 55 miljoner åren.

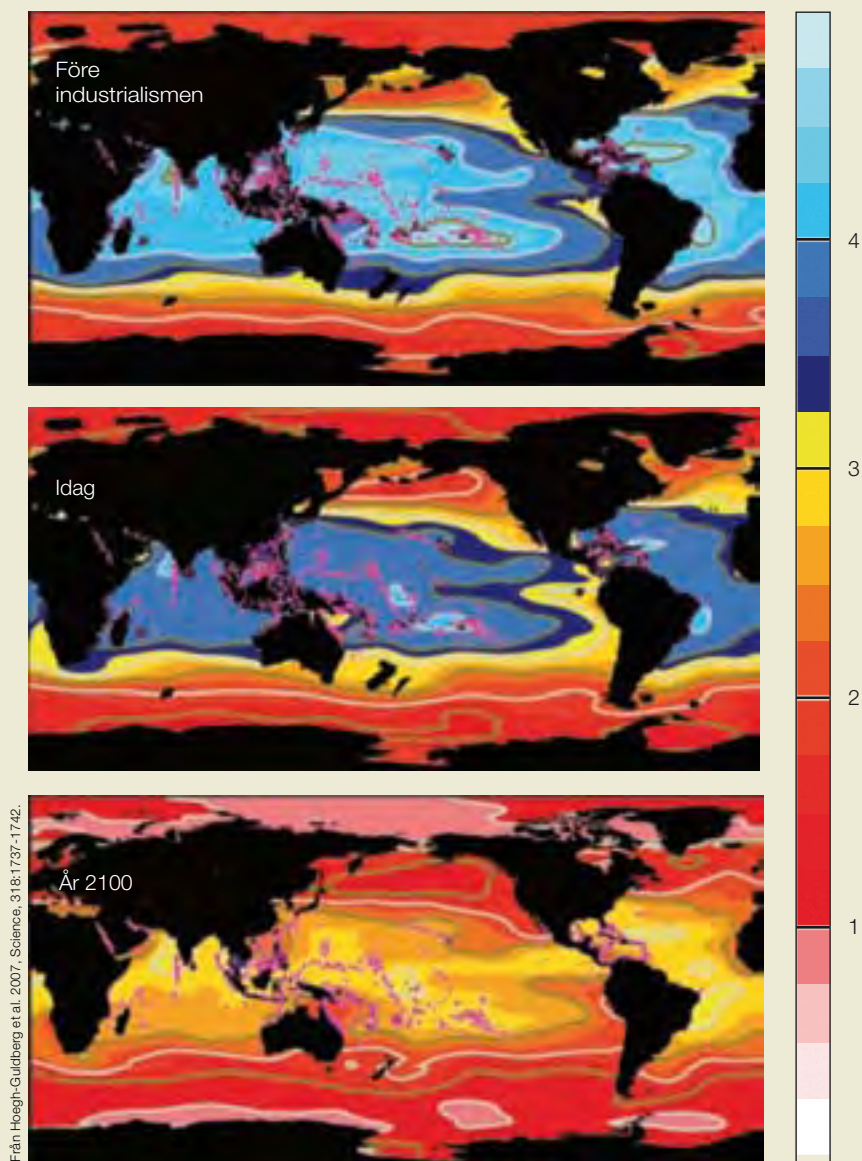
gare. Data från SMHI visar en minskningstakt på minst det dubbla sedan 1993. År 2005 kom en rapport från The Royal Society of London, världens äldsta, oberoende naturvetenskapliga akademi, som förutspådde att den globala försurningen med all sannolikhet kommer att fortgå, och att pH i världshavens ytvatten kommer att ha minskat med upp till ytterligare 0,5 enheter till och med år 2100. Så låga pH-värden har inte förekommit i världens hav på åtminstone 55 miljoner år.

Koldioxiden kvar i ytlagret

Orsaken till den extremt snabba minskningen av pH i världshavet är att halten av koldioxid i atmosfären för närvarande ökar mycket snabbt. I förhistorisk tid har nivåerna av atmosfärisk koldioxid faktiskt varit mycket högre än idag, men eftersom förändringarna då skedde så långsamt, hann ytvattnet blandas med de stora volymerna av djupvattnet. Detta gjorde att den stora depån av kalciumkarbonat som finns lagrat på havens botten kunde fungera

som buffert och neutralisera tillförseln av försurande ämnen. Idag och i den omedelbara framtiden uppstår problem eftersom nivåerna av atmosfärisk koldioxid stiger så mycket snabbare än cirkulationshastigheten i haven. Havens omblandade ytlager, som löser koldioxiden från atmosfären, är relativt isolerat från det kalla djupvattnet. Därför stannar den lösta koldioxiden i ytlagret tills omblandning med djupvattnet sker genom den så kallade termohalina cirkulationen. Det är en mycket långsam

MÄTTNADSGRAD AV ARAGONIT



➤ I takt med att haven försuras sjunker mättnadsgraden av aragonit i havsvattnet. Aragonit är en kristallin form av kalk som används av många havslevande djur för sin skelettuppbbyggnad. Vid en mättnadsgrad på under 3 upphör koraller att växa, och vid värden lägre än 1 löses skelett, exempelvis musselskal, upp.



process, som sker på en tidsskala av ungefär tusen år.

Löser upp kalkskelett

Med undantag av tropiska korallekosystem finns det idag mycket lite kunskap om vilka konsekvenser en framtida försurning kommer att få för sammansättning och funktion av havens ekosystem. Den befintliga kunskapen pekar dock mot långsiktiga och omfattande konsekvenser för livet i havet. Då koldioxid löses i vatten bildas

bikarbonat, som är en viktig del i växternas fotosyntes. En ökad mängd bikarbonat kan leda till en ökad produktion av växtplankton. Planktongrupper som bildar kalkinnehållande skelett kommer däremot att missgynnas, eftersom kalket blir mindre tillgängligt. Försurningen kommer därför troligen att leda till omfattande förändringar i artsammansättningen av växtplankton, som utgör en mycket viktig del i havets näringsväv.

Korallrev bryts ner

Den försvårade kalkinlagringen är ett generellt problem som kan få långtgående konsekvenser i den marina miljön. Många marina djurarter har ett yttre eller inre skelett som är uppbyggt av kalciumkarbonat – kalk. Dessa kommer generellt att drabbas av en försämrad reproduktion, tillväxt och överlevnad. Dessutom förekommer kalciumkarbonatet i två former, aragonit och kalcit. Eftersom aragonit är mer lösligt än kalcit, leder en sänkning

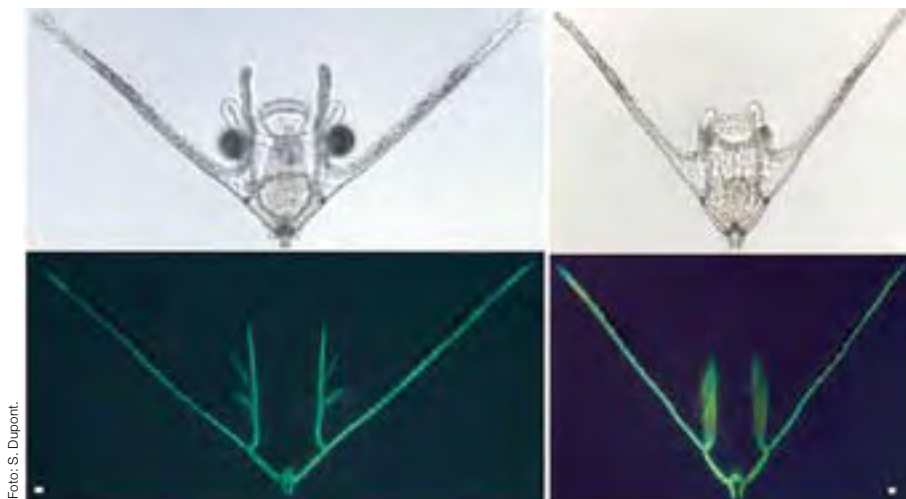


Foto: S. Dupont.

➤ Larver av ormstjärna (*Ophiothrix fragilis*) som hållits i pH 8,1 (vänster) respektive pH 7,7 (höger). De nedre bilderna är tagna med polariserande mikroskop, och visar kalkitskelettet. Larver som hållits i lägre pH har kortare armlängd, mindre kroppsstorlek och är sämre utvecklade.

av pH till att arter som bygger skelett med aragonit, exempelvis koraller, musslor och snäckor drabbas speciellt hårt. Nya studier visar att vissa tropiska korallarter upphör att växa vid en mättnadsgrad av aragonit lägre än 3. Detta är väldigt nära de värden som uppmäts idag i södra Stilla Havet. Vissa forskare förutspår därför att existerande tropiska korallrev kommer att brytas ned och kanske även utplånas inom så kort tid som 40 till 50 år. Effekterna av den framtida försurningen på djur som bygger sina skelett av kalcit, exempelvis tagghudingar och kräftdjur, förväntas vara mindre omfattande än på de som använder aragonit, men dagens kunskaper tillåter inte några säkra prognoser.

Forskning på unga behövs

Det finns mycket få studier kring effekter av försurning på arter som förekommer i svenska hav. I en norsk studie hölls vuxna blåmusslor, *Mytilus edulis*, i försurat havsvatten. De fick minskad tillväxt och överlevnad, men bara då koncentrationerna av koldioxid låg på de nivåer som förväntas först år 2400.

Det är dock i djurens tidiga utvecklingsstadier som de största effekterna förväntas uppkomma. I den genomgång av kunskapsläget kring försurning i havet som gjordes år 2005 påpekade The Royal Society of London att det finns ett stort behov av forskning med inriktning mot vad små förändringar av koldioxidhalter har för effekt på marina djurs reproduktion. Denna typ av experiment har påbör-

jats, och forskargrupper från Sverige tillhör de världsledande inom området.

Små förändringar kan ha stor effekt

Forskningen visar att redan så små förändringar i pH som 0,2 enheter kan orsaka snabb och hundra procentig mortalitet hos larver av ormstjärnan *Ophiothrix fragilis*. Märkligt nog har samma förändring i pH inte samma starka effekt på larver av den nära släktingen *Amphiura filiformis*, även om det även här finns en tydlig negativ effekt. Detta tyder på att effekterna av försurning kan variera kraftigt även mellan närbesläktade arter. Svensk forskning har även visat att små förändringar av pH kan leda till ökad generationstid för hoppkräftan *Acartia tonsa*, och förändrad överlevnad och tillväxthastighet hos sjöpongsarterna *Ciona intestinalis* och *Ascidella aspersa*.

Nedsatt befruktningsframgång

För närvarande undersöks även effekterna av försurning på det allra tidigaste utvecklingsstadiet, nämligen befruktningen. Dessa studier visar bland annat att befruktningsframgången för sjöborrar kan reduceras med upp emot 25 procent. Detta kanske inte framstår som en speciellt stor förändring, men om man betänker att befruktningsframgången är den enskilt viktigaste faktorn för många populationers livskraft förstår man att en sådan förändring är dramatisk. Om dessa resultat skulle visa sig vara representativa kommer försurningens effekter på befruktningen



Foto: Lars-Ove Loo

➤ Många arter med kalkskelett, såsom koraller, har nyckelroller i ekosystemet. Försurning av haven drabbar dessa arter hårt.

att få långtgående konsekvenser för de marina ekosystemens struktur, och för deras förmåga att tillhandahålla varor och tjänster som är nyttiga för mänskligheten.

Vad händer i framtiden?

Kan vi då förutsäga hur försurningen kommer att påverka de svenska marina ekosystemen? Vi vet att många arter med kalkskelett, såsom koraller, sjöstjärnor, kräftdjur och musslor, är mycket vanliga och har nyckelroller i ekosystemen både i Östersjön och Västerhavet. Eftersom de utgör livsmiljö eller föda för många andra arter, kommer effekter på dessa nyckelarter att påverka många andra arter. Växtplanktonproduktionen förväntas stimuleras av en ökad tillgänglighet av bikarbonatjoner, och växtplanktonsamhällets sammansättning förväntas förändras radikalt.

Ännu är vår förståelse otillräcklig för hur effekter på olika arter kommer att samverka. Kombinerar man hittills uppnådda forskningsresultat med de observerade trenderna av sjunkande pH i svenska kustvatten är det svårt att inte dra slutsatsen att det kommer att få allvarliga konsekvenser. Det är till och med troligt att försurningen redan har fått negativa effekter, och att dessa effekter kommer att bestå, eller till och med accelerera under kommande decennier. Men exakt hur försurningens effekter kommer att se ut och hur snabbt de kommer att få genomslag är idag omöjligt att förutsäga med hög tillförlitlighet. 🐟



VATTNETS KEMI OCH BIOLOGI

**Odla gröda men inte övergöda
Närsaltsbelastning – naturliga eller mänskliga källor?**

Våra skiktade vatten

Skadliga algblomningar

Svenska havsområden påverkar varandra

Odla gröda men inte övergöda

BARBRO ULÉN, SLU

Läckaget av näringsämnen från jordbruket är en het potatis i debatten. Vilka åtgärder ska man sätta in? Och var? Hur ska fördelningen mellan olika länder se ut? Omfattningen av läckaget beror på många olika omständigheter, som vilken väg vattnet tar genom marken, vilka egenskaper jorden har och hur man brukar marken. Detta betyder att man på varje enskild plats måste se hur förhållandena ser ut och sätta in specifika åtgärder just där. Det går inte att generalisera över regioner och länder. Dessutom krävs det olika åtgärder beroende på om det är kväve eller fosfor man vill åt.

■ Att marken läcker näringsämnen till vatten är till stor del en naturlig process i vårt fuktiga klimat, men hur vi brukar marken påverkar läckagets storlek. I Europa står jordbrukslandskapet för en stor del av tillförseln av fosfor och kväve till haven. Detta gäller inte minst länderna runt Östersjön. Diskussionen i Sverige när det gäller läckage från jordbruksmark har mest handlat om kväve, medan fosfor ofta hamnat i skymundan.

Kväve och fosfor beter sig olika

Läckage av kväve och fosfor från marken beror på olika processer. Både fosfor och

kväve frigörs genom biologisk nedbrytning av organiskt material, så kallad mineralisering, i marken. Kvävets läckage är till största delen kopplat till den processen. Då bildas vattenlösligt nitrat som kan följa med vattnet från åkern. En del av kvävet kan också avgå till luften, främst genom så kallad denitrifikation, och belastar då inte våra vattendrag eller i förlängningen våra hav.

För fosfor ser dock bilden lite annorlunda ut, och processerna är mera komplexa. Mineraliseringsprocessen har även här stor betydelse, men fosfor kan också finnas kemiskt bundet till markpartiklar, som

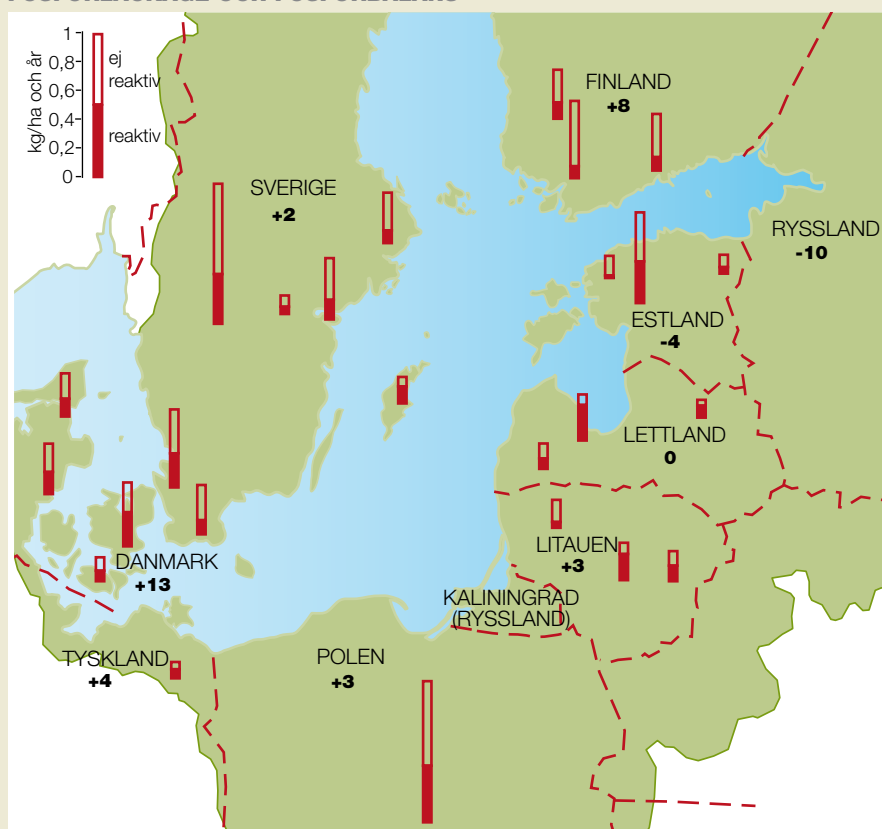


Foto: Per Bengtsson/Groön ide

FOSFORLÄCKAGE OCH FOSFORBALANS

Staplarna visar exempel på fosforläckage, kilo per hektar och år, från små avrinningsområden med mycket jordbruksmark, dels reaktiv fosfor som lätt tas upp av alger och cyanobakterier, dels ej reaktiv fosfor som ofta är bundet till partiklar och som inte tas upp av Östersjöns alger i samma utsträckning. Staplarna visar medelvärden under 10-20 års tid. Nederbördsrika år är staplarna högre och nederbördsfattiga år är de lägre. Skillnaderna mellan områden med störst och minst läckage är statistiskt säkra. De högsta staplarna i Finland, Sverige och Estland är områden med lerjordar medan stapeln i Polen är ett område med mycket avlopp. Flera länder har områden med både stora och små läckage.

Siffrorna under respektive land visar markens fosforbalans, det vill säga tillförsel av stall- och konstgödsel minus bortförsel av skörd (kilo fosfor per hektar och år) som medelvärde under perioden 2000-2005. För Ryssland redovisas storlänen Leningrad och Kaliningrad och för Tyskland delstaterna Mecklenburg-Vorpommern och Schleswig-Holstein som belastar Östersjön.



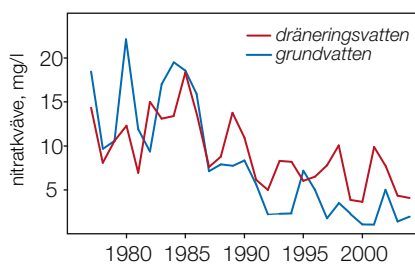
i sin tur kan vara hopklumpade till jordaggregat. Denna förmåga att binda sig till jorden gör att markens kemiska och fysikaliska egenskaper spelar stor roll för om vi ska få ett högt eller lågt fosforläckage.

Väl i vattenfas förekommer fosfor både i löst form och bundet till partiklarna i vatten. Transporten sker med nästan ofattbart stora vattenflöden, speciellt under nederbördsrika år. De minsta små svävande partiklarna, kolloiderna, är vanliga från jordbruksmark. De sedimenterar inte, och kan via vattendragen bära fosfor ända ut till havet. På sin väg kan fosfor dock omsättas och dröja kvar, framför allt i stora och djupa sjöar.

Vattnets väg genom marken påverkar

Vattnets ursprung och väg genom marken har stor påverkan på läckaget av näringsämnen. Från jordbruksmarken kan det starta som flöden av ytvatten ovan marken. Dessa flöden är starkt beroende av nederbörden. De innehåller ofta höga koncentrationer av fosfor eftersom jorden slammats

ODLING MED FÅNGGRÖDA



Resultaten är från ett fält med sandjord i södra Halland. Lantbrukaren odlar intensivt men har sedan mitten på 90-talet odlat fånggröda för kväve så ofta det gått i växtföljden. Halterna nitratkväve varierar år från år både i dräneringsvattnet och i det ytliga grundvattnet. Trots detta syns det tydligt att halterna minskat under de senaste åren och den nedåtgående trenden är statistiskt säker. Någon motsvarande effektiv fånggröda för fosfor har ännu inte tagits fram.



Foto: Gunnar Torstensson, SLU.

Fånggröda är till exempel ett snabbväxande gräs som lantbrukaren sår i tillsammans med den vanliga grödan på våren. Efter skörden finns gräset kvar och fortsätter att ta upp kvävet i jorden under hösten. Effekten på fosfor är dock starkt begränsad, tvärtom kan den i vissa fall bidra till ökat läckage av reaktiv fosfor.

➤ Jordbrukslandskapetets källor till läckage av fosfor och kväve. Olika vattenvägar har varierande flödesmönster, och nivåerna på fosfor och kvävekonzentrationerna skiljer sig också åt. Det är viktigt att känna till variationen när man planerar åtgärder.

FOSFOR OCH KVÄVEKÄLLOR				
Källor	Nederbördsberoende	Flödesmönster	Fosforhalt	Kvävehalt
Punktkällor				
Avlopp mm	Lågt	Delvis ojämt	Hög	Medel
Diffusa källor				
Ytvatten	Högt	Ojämt	Hög	Låg
Grundvatten	Lågt	Jämt	Låg	Låg
Delvis diffusa källor				
Täckdiken	Högt	Ojämt	Hög/Låg	Hög/Låg

➤ Djurtäthet är ett begrepp som används när man diskuterar hur mycket stallgödsel som man bör belasta åkermarken med. En enhet motsvarar 1 ko, 10 svin och 100 höns per areal åkermark. I tabellen är djurtätheten också relaterad till antalet personer i det egna landet och en beräkning av hur mycket man borde reducera djurantalet för att nå ett hälsosamt näringsintag av animalisk föda för landets befolkning det vill säga 23,4 kg fosfor per person och år. Detta gäller vid ett idealtillstånd utan import eller export mellan länderna. För Ryssland redovisas storlänen Leningrad och Kaliningrad och för Tyskland delstaterna Mecklenburg-Vorpommern och Schleswig-Holstein som belastar Östersjön.

DJURTÄTHET 2005			
Land	Djurtäthet per areal	Djurtäthet per person	Önskvärd reduktion (%)
Danmark	0,9	0,85	-88
Estland	0,3	0,24	-59
Finland	0,4	0,23	-56
Lettland	0,2	0,20	-49
Litauen	0,2	0,34	-71
Polen	0,5	0,29	-66
Ryssland	0,2	-	-
Sverige	0,4	0,21	-51
Tyskland	<0,5	0,23	-75

upp från markytan och fosfor bunden till partiklar har lösts ut. Däremot är de ganska kvävefattiga till skillnad från vatten som kommer i kontakt med större jordvolym och djupare jordskikt.

Stora jordbruksarealer är täckdikade med nedgrävda ledningar för att underlätta odlingen. Detta bidrar till att minska fosforläckaget eftersom det ger en jämnare och bättre infiltration av vattnet i marken. Å andra sidan betyder det att det dränerade vattnet kan föras direkt till vattendragen vid utloppen av dräneringsledningarna. Detta flöde är diffust samtidigt som det resulterar i ett punktutflöde vid utloppet. Vid kraftig nederbörd stiger halterna av både fosfor och kväve, men under låga flöden sjunker de snabbt tillbaka.

Det som lokalt startar som ett ytvattenflöde kan också nå täckdikesledningarna via ytvattenbrunnar, grusfilter, naturliga kanalsystem eller sprickor i marken. Även detta flöde är mycket beroende av nederbörden och sker ofta med starkt förhöjda halter av både fosfor och kväve i perioder.

Till täckdikessystem och vattendrag sker också ett vattentillskott underifrån i form av grundvatten. Det innebär nästan alltid en utspädning av det näringsrika vattnet som dränerat genom marken.

Till jordbrukslandskapet hör förutom jordbruksmarken även utspridd bebyggelse med enskilda avlopp. Avloppsvatten innehåller ofta höga halter av fosfor och medelhöga halter av kväve. Detta beror på att vi med maten får i oss mycket mera av dessa näringsämnen än vad våra kroppar behöver, framförallt av fosfor.

Jordens egenskaper viktiga

Jordartens egenskaper har stor betydelse för fosforläckaget, både för vattenflödet genom marken och för fosfors bindning. Ibland kan man skönja ett samband mellan läckage av fosfor i täckdikena och koncentrationen av fosfor i jorden, men oftast kompliceras detta av kemin i jordprofilen och av vattnets rörelser.

Man har visat att om jorden är mycket sur kan även en måttlig överskottsgiva av fosfor bidra till ett betydande fosforläckage. Dessbättre är stora jordbruksområden runt södra Östersjön kalkrika. Dessa jordar är lätta att odla, och dessutom binds fosfor till kalken och vattenflödet i marken blir jämnare.

Lerjordar är ett stort problem för Östersjön. De finns framför allt i centrala Sverige och östra Finland. Från dessa områden transporteras ofta fosfor bunden

till de små svävande kolloiderna. Även från mjälajordar, det vill säga jordar med partiklar av något större kornstorlek, är risken stor att det förs mycket partiklar och fosfor till Östersjön. Sådana jordar finner man bland annat längs de finska och svenska älvdalarna.

Sandiga lättlorer är vanliga i nordvästra Ryssland och i Baltstaterna. De rena sandjordarna är lätta att odla, men även här finns problemområden. Av stor betydelse är om koncentrationerna av järn, aluminium och kalk är tillräckligt höga i hela jordprofilen, så att fosfor kan bindas innan den når dräneringsledningarna.

Olika åtgärder för olika områden

I de flesta länderna runt Östersjön följs läckaget av växtnäring upp genom observationer av små avrinningsområden med mycket jordbruksmark. Förlusterna varierar år från år men karakteristiskt är att de flesta länderna har områden med både stora och små förluster.

För fosfor brukar man ha som en tumregel att 90 procent av läckaget kan ske från 10 procent av arealen under 1 procent av tiden. Det betyder att åtgärderna är viktigare i vissa regioner än andra. Framför allt betyder det att åtgärderna för att minska



fosforläckaget ska vara specifika för varje fält och kunna fungera under den del av året när fosforflödena är höga. Man måste därför rådfråga den som känner till förhållandena bäst, nämligen den lantbrukare som odlar fältet ifråga.

En kombination av olika åtgärder har visat sig vara det bästa sättet att minska läckagen. En mycket effektiv metod mot kväveläckage på lättare jordar har visat sig vara att så in en fånggröda tillsammans med huvudgrödan. Fånggröda är ett snabbväxande gräs som lantbrukaren sår in tillsammans med den vanliga grödan på våren. Efter skörden finns gräset kvar och fortsätter att ta upp kvävet i jorden under hösten. Någon liknande metod för fosfor finns ännu inte. Forskningen släpar efter, och man vet inte vad som är effektivast på olika typer av jordar. Hur täckdikens-systemen ska utformas och hur jorden ska bearbetas och vårdas är andra frågor som måste besvaras för att effektivt kunna minska fosforläckagen. En självklar metod är dock att begränsa tillförseln av fosfor till jorden och att använda bästa teknik vid gödslingen.

Lagom är bäst

Vid all odling bör man sträva efter att inte tillföra mer växtnäring än vad grödan

behöver. Tidigare gödslade man med stora mängder konstgödsel för att öka skördarna. Den användningen har nu minskat, och den totala fosforgödslingen i Sverige är nu nere i samma nivå som den var för hundra år sedan. Fortfarande sker dock gödsling med överskott av fosfor till marken, framför allt i Danmark och Finland. I motsats till detta har marken i Polen, Baltstaterna och nordvästra Ryssland nu en mycket låg eller rentav negativ fosforbalans. I Sverige genererar vi årligen ett fosforöverskott på två kilo per hektar. Det är ett litet överskott, men upplagringen bör upphöra helt för att man på sikt ska kunna minska fosforläckagen.

Fler djur ökar läckaget

Intensiv djurhållning resulterar i stora mängder stallgödsel. För mycket djur på liten yta betyder att det blir svårt att fördela gödseln över jordbruksmarken på ett bra sätt och risken för stora fosforläckage ökar. Stallgödsel är också dyrt att transportera och i praktiken är det få dagar under året då den är lämplig att sprida. I Litauen har man även kunnat visa att fosfor i stallgödsel är mera lätttrörlig än i konstgödsel.

Enligt EU-statistik från 2005 är djurtätheten i länderna runt Östersjön lägre än

i EU som helhet. Det enda undantaget är Danmark. De flesta länderna runt Östersjön har dock områden med mera intensiv djurhållning än genomsnittet. I Sverige finns sådana områden exempelvis i västra Blekinge och sydvästra Halland. I Polen är förhållandena mycket heterogena. Hög djurtäthet återfinns i provinserna Wielkopolskie väster om Warszawa, och Pomorskie som ligger nära Östersjön. Lokalt är fosforöverskottet högt, i storleksordningen ända upp till tjugo kilo per hektar och år.

Om vi äter mycket animalieprodukter betyder det flera djur som i sin tur betyder mera stallgödsel. Om vi i Sverige exempelvis importerar kött från andra Östersjöländer betyder det att fosforläckaget ökar där, och vi har då exporterat vårt miljöproblem. För alla länder runt Östersjön gäller att näringsintaget av animalier är högre än vad som rekommenderas som hälsosamt. Dessutom ökar konsumtionen snabbt för medel- och höginkomsttagarna, inte minst i Sverige. För att få en balans mellan stallgödsel och befolkningen i varje land runt Östersjön och nå ett hälsosamt näringsintag skulle djurantalet behöva minska med åtminstone hälften. 🐦

Närsaltsbelastning

– naturliga eller mänskliga källor?

LARS SONESTEN, SLU

Närsaltsbelastningen på våra havsområden har inte ändrats nämnvärt under de senaste decennierna, trots omfattande insatser. Den styrs till stor del av vattenföringen, vilket betyder att om nederbörden ökar så ökar också belastningen. Men utan åtgärder hade sannolikt belastningen varit högre. För att veta var åtgärder ska sättas in måste källorna identifieras. Man måste först veta om belastningen kommer från mänskliga aktiviteter eller om den är naturlig.

■ Transporten av närsalter från svenska landområden är mycket stabil. Detta gäller även belastningen på de olika havsområdena. Den styrs i mycket hög grad av vattenföringen. Det innebär att blöta år spolas större närsaltsmängder ut i havet, medan mängderna är mindre under torra år. Inga tydliga tendenser till ökande eller minskande närsaltsbelastning kan ses under de fyra decennier som övervakningen pågått. De skillnader man kan se mellan åren styrs till stor del av skillnader i mängden nederbörd.

För att kunna se underliggande tendenser till förändrad belastning kan halterna flödeskorrigeras. På så sätt kan man se om koncentrationerna av ämnena ändras med tiden. För den totala belastningen finns en svag tendens till minskande fosforhalter, medan kvävehalterna och halterna av organiskt material snarare tenderar till att ha ökat något. Av dessa tendenser är det dock endast den minskande fosforhalten som är statistiskt säkerställd.

I denna artikel redovisas endast resultat från 1995 och framåt. I förra årets rapport, Havet 2007, finns för den vetgirige en redovisning från 1969 och framåt.



Foto: Per Bengtsson/Grön idé

Tendenser till minskning i norr

Närsaltsbelastningen på de olika havsbassängerna är överlag likartad den totala belastningen på havet, även om det finns skillnader mellan de olika områdena. Att skillnaderna ökar när man ökar upplösningen i beräkningsunderlaget är helt naturligt då den utjämnande effekt man får genom sammanslagningen av data för olika områden minskas. Om man går ner på enskilda vattensystem så kommer skillnaderna att bli ännu större, vilket man bör ha i åtanke om man är intresserad av belastningen på en mer lokal nivå.

Belastningsbilden sedan mitten av 1990-talet visar på tendenser till såväl minskande fosforhalter i tillflödena som minskad fosforbelastning till Bottenviken och Bottenhavet. Även organiskt material uppvisar svagt avtagande halter till samma områden, medan halterna snarare tenderar att öka i tillflödena till de övriga områdena. Ökningarna av organiskt material till Egentliga Östersjön och Kattegatt

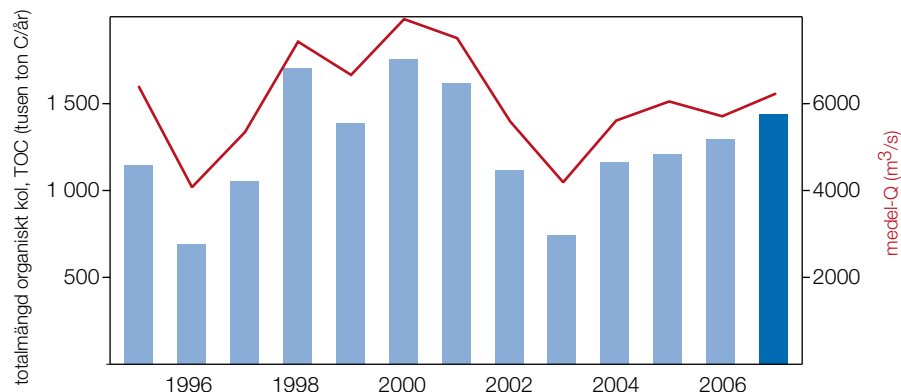
är statistiskt säkerställda. För kväve finns inga tydliga tendenser, förutom en statistiskt säkerställd haltningsminskning i tillflödena till Öresund och Skagerrak.

Identifiera källorna

Med jämna mellanrum undersöks vilka som är de viktigaste källorna till de närsalter som belastar våra vatten. Senast detta gjordes var 2007 i samband med en större rapportering till Helcom, PLC-5, Pollution Load Compilation nr 5, vilken omfattar belastningen fram till och med 2006. Där tog man för första gången hänsyn till de fosforförluster som sker på vägen från källan till havet och beräknade den så kallade nettobelastningen av fosfor. Tidigare har detta endast gjorts för kväve. I rapporten redovisades även vilken belastning som är naturlig, den så kallade bakgrundsbelastningen, och vilken som är antropogen, alltså orsakad av oss människor.

Resultaten var överlag snarlika resultaten från PLC-4 där belastningen fram

BELASTNING AV ORGANISKT MATERIAL



Den årliga belastningen av organiskt material (TOC) via vattendragen till havet tenderar att ha ökat något under senare år (staplar). Ökningen sätts i samband med den ökade årsmedelvattenföringen (röd linje).

till och med 1999 fanns med. De visar att såväl fosfor- som kvävebelastningen i den norra delen av landet framförallt kommer från skogsmark. I söder kommer däremot en större andel från jordbruksmark. Andra viktiga källor i den södra delen är olika punktkällor, samt för fosfor även enskilda avlopp. Även om läckaget från skogsmark är betydligt lägre än från jordbruksmark blir belastningen från de skogsdominerade områdena i den norra delen av landet mycket betydelsefull för den totala belastningen på havet. Detta beror främst på att dessa områden utgör så stor del av landets totala yta.

Var ska åtgärderna sättas in?

En viktig del i åtgärdsarbetet är att fastställa var man skall sätta in olika åtgärder. Resultaten från källfördelningsmodelleringarna ger kännedom om olika "hot spots", områden med hög uttransport av närsalter, och i den fortsatta analysen kan man få indikationer på om det är möjligt att reducera belastningen. Exempelvis är den totala belastningen av såväl fosfor som kväve mycket stor på Bottenviken och Bottenhavet, vilket delvis beror på de mycket stora arealer som avvattnas. Från modelleringarna framgår det dock att åtgärdsutrymmet för att begränsa belastningen från dessa områden är mycket litet, eftersom den största delen anses vara naturlig. Större åtgärdsutrymme finns i den södra delen av landet där belastningen från olika mänskliga aktiviteter är större, främst från jordbruket och olika punktkällor. Detta är orsaken till att de reduktioner som bestämts för att minska belastningen på framförallt Östersjön, inriktas på havsområdena söder om Ålands hav.

Tar lång tid att se effekterna

Att inga tydliga effekter syns av de olika åtgärder som har satts in har flera förklaringar. En är att vattenavrinningen har varit högre under senare år. Detta tar till viss del ut haltminskningen av fosfor i våra vattendrag och har gjort att transporten av kväve och organiskt material har ökat. Tröghet i både mark och vatten gör att det tar tid, i vissa fall mycket lång tid, innan effekterna av insatta åtgärder kan skönjas fullt ut. Därför kan vi ännu inte kan se några påtagliga effekter av varken utbyggnaden av kväverening vid avloppsreningsverk i inlandet eller av insatta åtgärder inom jordbruket. Däremot har åtgärderna i många fall haft en positiv effekt

på närområdet i såväl inlandsvattnet som kustområden. Man skall dock komma ihåg att närsaltsbelastningen och situationen i våra vatten sannolikt skulle vara värre om vi inte hade vidtagit dessa åtgärder. 🐦

LÄSTIPS

Nationell datavärd för sjöar och vattendrag är Institutionen för miljöanalys vid SLU, www.ma.slu.se

På Naturvårdsverkets hemsida, www.naturvardsverket.se kan du läsa mer om övervakningsprogrammet Flodmynnningar samt hitta den årliga rapporten Sötvatten.

SMED, Svenska MiljöEmissionsData, www.smed.se

FAKTA

Nationell övervakning av belastningen på havet

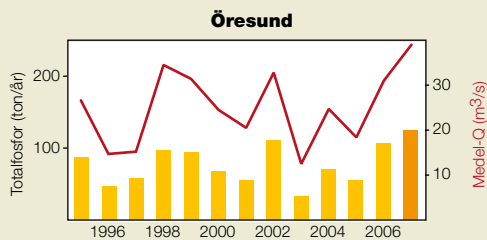
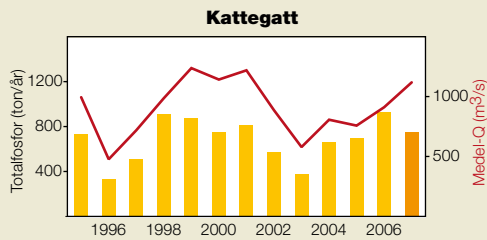
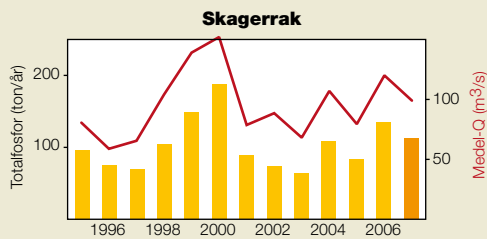
Övervakningen av den svenska belastningen av ett flertal ämnen har i dess nuvarande form pågått i ett 40-tal år, och sker numera inom Naturvårdsverkets nationella sötvattensprogram Flodmynnningar. Antalet vattendrag och därigenom den yta som täcks av övervakningen har successivt ökat, men sedan mitten av 80-talet har den varit förhållandevis oförändrad. Från och med 2007 mäts metaller, inklusive kvicksilver, månadsvis i samtliga flodmynnningar, från att tidigare endast ha undersökts vid vissa stationer.

Belastningen på havet beräknas med hjälp av haltuppgifter från programmet, samt vattenföringsuppgifter från SMHI. De månadsvisa halterna räknas om till dygnshalter genom linjär interpolering och multipliceras sedan med dygnsmedelvattenföringen. Månads- och årstransporterna beräknas därefter för de enskilda vattendragen. Flodmynningsnätet täcker ungefär 85 procent av den totala svenska vattenavrinningen, vilket innebär att uppskattningar måste göras för återstoden för att få den totala belastningen på havet. Uppskattningarna av oövervakade områden görs genom att använda den arealspecifika belastningen, d.v.s. belastningen per ytenhet, från likartade övervakade områden i närheten. Belastningsberäkningar för samtliga undersökta ämnen från och med 1969 finns hos datavärden.

Belastningsdata används dels nationellt, dels internationellt som underlag till olika rapporteringar till organisationer som Helcom, Ospar och Europeiska miljöbyrå. I de fall när flodmynningsbelastningen kompletteras med utsläpp från kustmynnande punktkällor sker rapporteringarna inom konsortiet SMED, Svenska MiljöEmissionsData, som även har tagit fram underlaget till PLC-5.

FOSFOR

Belastning och källfördelning



Naturlig belastning

- Jordbruksmark
- Skogsmark
- Dagvatten
- Deposition på vatten
- Övrig mark

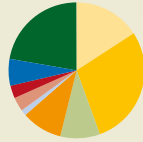
Antropogen belastning

- Jordbruksläckage
- Hygge
- Dagvatten
- Enskilda avlopp
- Punktkällor

Skagerrak



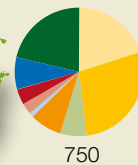
Kattegatt



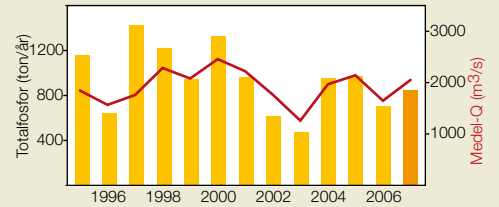
Öresund



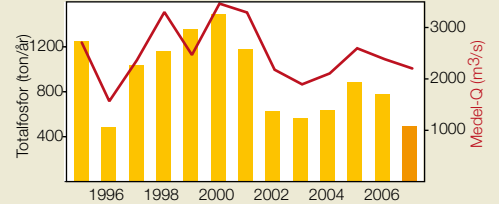
Egentliga Östersjön



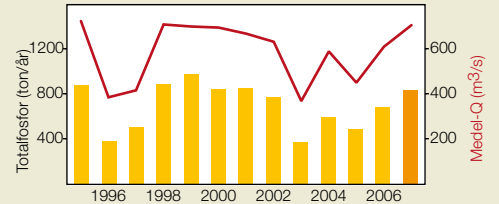
Bottenviken



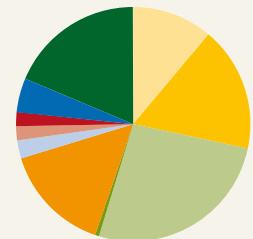
Bottenhavet



Egentliga Östersjön

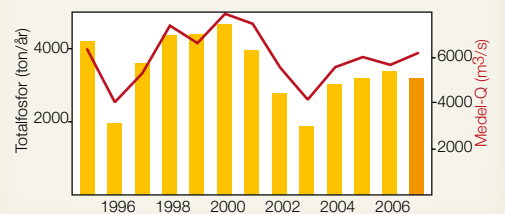


Alla havsområden



Totalt ca 3 550 ton/år varav ca 56 % naturlig.

Alla havsområden

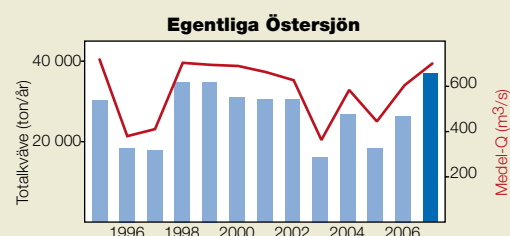
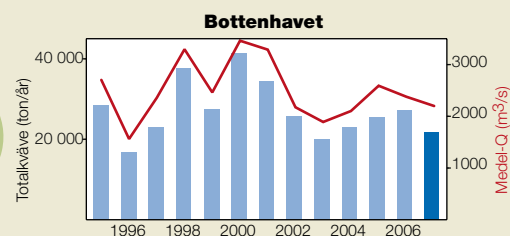
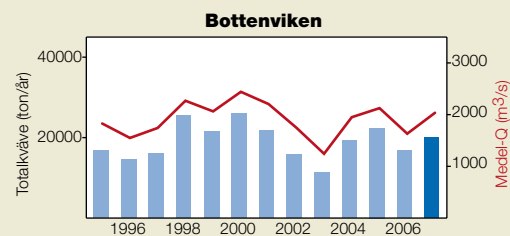
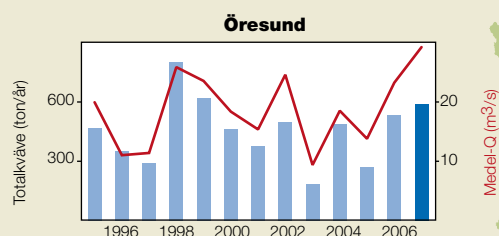
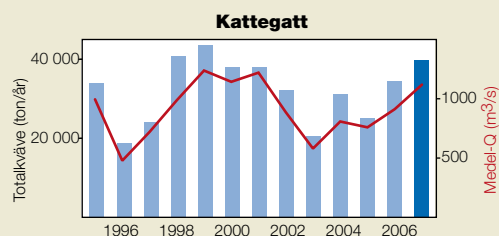
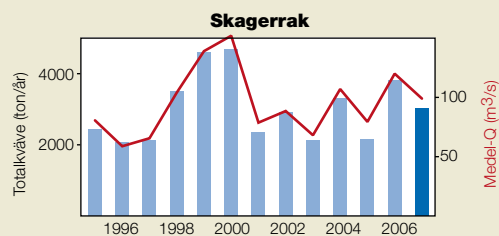


➔ Stapeldiagrammen visar den årliga fosforbelastningen via vattendragen på de olika havsbassängerna samt på havet totalt. Den har inte förändrats nämnvärt sedan 1995, med undantag för en tendens till något lägre belastning på Bottenviken och Bottenhavet. Årsmedelvattenföringen (röd linje) uppvisar generellt sett en stor mellanårsvariation.

Cirkeldiagrammen visar källfördelning av fosforbelastningen på de olika havsområdena samt på havet totalt. Belastningen kommer framförallt från skogsmark i den norra delen av landet. I den södra delen av landet står däremot jordbruket, samt olika punktsläpp och enskilda avlopp för den största delen.

Siffrorna under cirkelarna visar nettobelastning (ton/år) vilket betyder att hänsyn har tagits till den reduktion (retention) som kan ske i inlandsvattnen från källan till havet. Figurerna inkluderar även kustmynnande punktkällor.

KVÄVE Belastning och källfördelning



Naturlig belastning

- Jordbruksmark
- Skogsmark
- Övrig mark
- Dagvatten

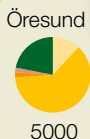
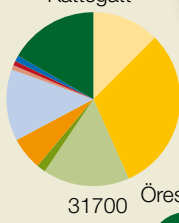
Antropogen belastning

- Jordbruksläckage
- Hygge
- Deposition på vatten
- Dagvatten
- Enskilda avlopp
- Punktkällor

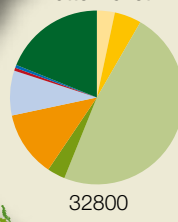
Skagerrak



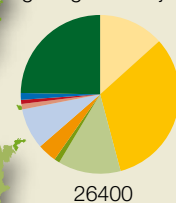
Kattegatt



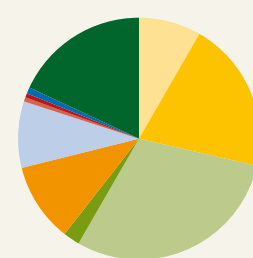
Bottenhavet



Egentliga Östersjön

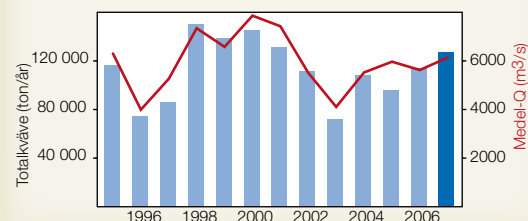


Alla havsområden



Totalt ca 121 000 ton/år varav ca 50 % naturlig.

Alla havsområden



➔ Stapeldiagrammen visar den årliga kvävebelastningen via vattendragen på de olika havsbassängerna samt på havet totalt. Den har inte förändrats nämnvärt sedan 1995 och styrs till mycket stor del av vattenföringen (röd linje). Årsmedelvattenföringen uppvisar generellt sett en stor mellanårsvariation.

Cirkeldiagrammen visar källfördelning av kvävebelastningen på de olika havsområdena samt på havet totalt. Viktiga källor är framförallt läckage från skogsmark i den norra delen av landet, medan olika punktutsläpp och enskilda avlopp är mer betydelsefulla i den södra delen.

Siffrorna under cirkelarna visar nettobelastning (ton/år) vilket betyder att hänsyn har tagits till den reduktion (retention) som kan ske i inlandsvattnen från källan till havet. Figurerna inkluderar även kustnärmade punktkällor. Noterbart är att deposition på vatten räknas som antropogen källa när det gäller kväve.

Våra skiktade vatten

LARS ANDERSSON, SMHI / JOHAN WIKNER, UMEÅ UNIVERSITET / ULF LARSSON, STOCKHOLMS UNIVERSITET

Våra svenska havsområden präglas i hög utsträckning av den skiktning mellan ytvatten och bottenvatten som främst orsakas av skillnader i salthalt. Det är stora olikheter mellan de sex havsområdena i skiktningens styrka och djup, vilket ger haven olika egenskaper.

■ Den storskaliga cirkulationen i våra havsområden drivs i olika grad av sötvattentillförseln, bottenpogografen och vattenutbytet med Nordsjön. Studera gärna kartan på sidan 54. Dessutom styrs strömarna till stor del av lufttrycksskillnader och vindar.

Skiktat vatten

Vattnet i havet är skiktat, med lättare utsötat vatten vid ytan och tyngre saltare vatten mot djupet. Även temperaturen ger upphov till en skiktning, då varmare vatten är lättare än kallt. Under vintern, när ytvattnet är nedkyllt, är ytlagret oftast homogent

ända ner till saltsprångskiktet, haloklinen. Under våren, när ytvattnet värms upp, bildas en temperaturskiktning i ytan som under sommaren förstärks när temperaturen ökar. Dessutom tillförs ytvattnet mer sötvatten. Under hösten bryter avkylningen ner skiktningen. De olika skiktningarna kallas med ett gemensamt namn för pyknoklin, och skiktningens styrka utgörs av summan av salthalten och temperaturrens effekter på vattnets täthet. Sommarpyknoklinen kan ibland vara lika stark som den djupare permanenta haloklinen.

Skiktningen är starkast i Kattegatt och södra Östersjön, vilket innebär att omblandning mellan yt- och bottenvatten är svårast i dessa havsområden. Därför kommer Skagerrak och norra Egentliga Östersjön och svagast är skiktningen i Bottniska viken. Skiktningens styrka och djup sedan 1995 har analyserats för samtliga havsområden, för att undersöka om några förändringar har skett.

Saltast i väster

Salthalt är numera sortlös, men siffrorna motsvarar ungefär promillehalten. I Skagerrak är salthalten som högst strax över 35. Ytvattnet kommer från södra Nordsjön. Det strömmar utefter Jyllandskusten och vidare in mot Bohuskusten. En del blandas där med ytvatten från Kattegatt, viker av åt norr och strömmar ut i Nordsjön igen. En annan del viker av åt söder och bildar djupvatten i Kattegatt. Vatten från centrala och norra Nordsjön cirkulerar i huvudsak i de centrala delarna av Skagerrak och i djupare lager. En haloklin separerar det utsötade ytvattnet från djupare lager. Djupet till den kan variera kraftigt, mellan 5 och 40 meter. Analysen visar att skiktningens styrka i Skagerrak har ökat signifikant över mätperioden.

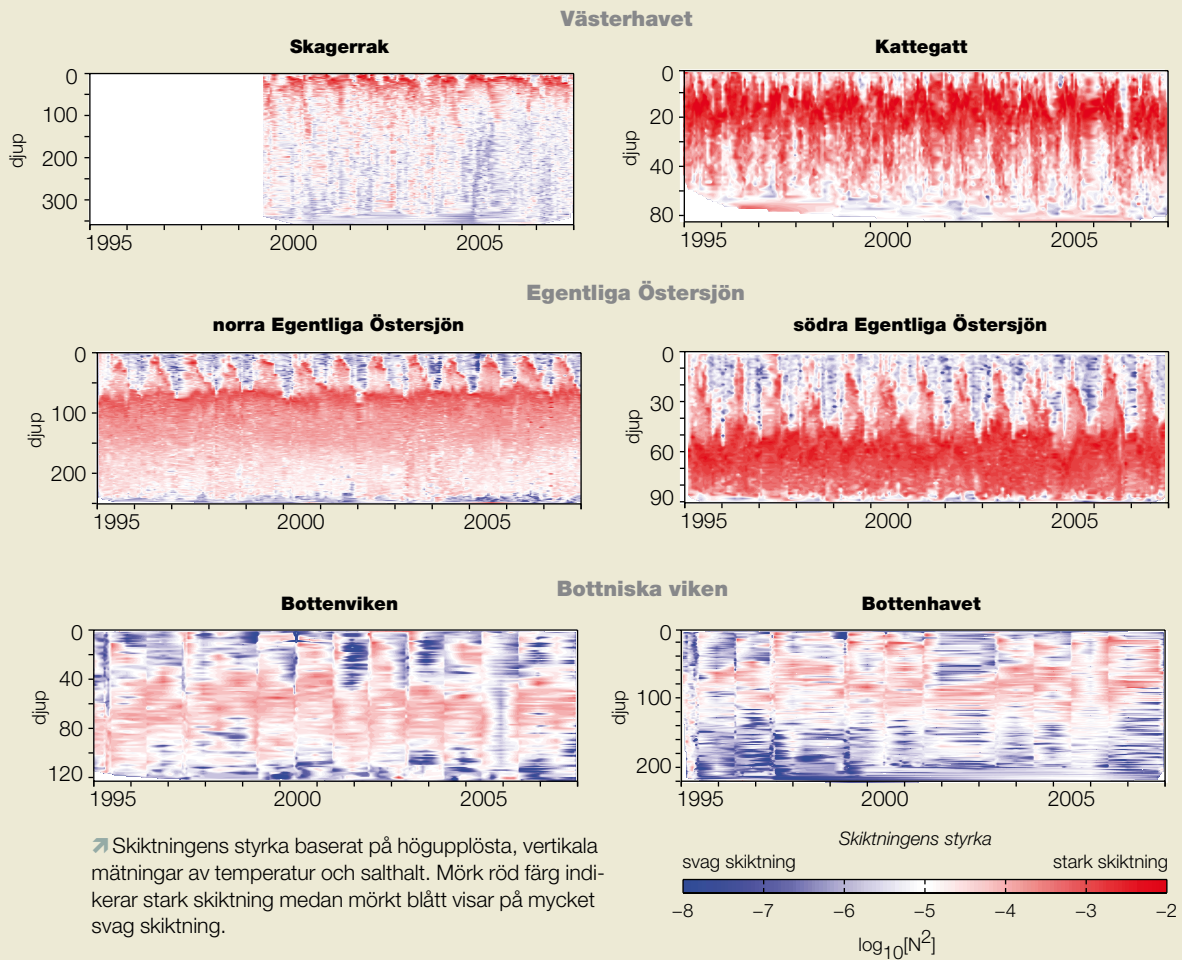
Kattegatt är en övergångszon mellan det salta vattnet i Skagerrak och brackvattnet i Östersjön. Djupvattnet består av ytvatten från Skagerrak och har en relativt

Vattnet i våra hav är oftast skiktat i flera lager, som sällan eller aldrig blandas med varandra.



Foto: Per Bengtson/Gron ide

HAVETS SKIKTNING



konstant salthalt på drygt 30. Ytvattnet är en blandning av utströmmande vatten från Östersjön och djupvatten som i allt högre utsträckning blandas upp i ytlagret under transporten norrut. Salthalten i ytlagret ökar från ungefär 15 i söder till drygt 25 i norr. Ytvattnet och djupvattnet skiljs åt av en haloklin som normalt ligger på 15-25 meters djup. Skiktningens styrka sedan 1995 är oförändrad, men djupet till haloklinen har ökat något.

Trösklar mellan väst och öst

Stora och Lilla Bält tillsammans med Öresund kallas vanligen de danska sunden och utgör tröskelområdet till Östersjön. I Öresund strömmar ytvattnet normalt sett norrut och salthalten ökar från 8 i söder till 15 i den norra delen. Vid sällsynta tillfällen strömmar istället vatten från Kattegatt in till Östersjön. Vägen genom Öresund är kort, men den grunda tröskeln begränsar mängden vatten. Den längre vägen genom Bälten kräver en lång inflödesperiod för att

vattnet skall nå in i Östersjön. I annat fall vänder vattnet och transporteras åter ut i Kattegatt. Vid större inflöden brukar man räkna med att dubbelt så mycket vatten kommer genom Bälten som via Öresund.

Skiktning som ger problem

Östersjön delas in i ett antal olika bassänger som är skilda åt av trösklar. Salthalten i ytlagret är relativt konstant och avtar från 8 vid gränsen mot Öresund till ungefär 6 i norra delen. Djupvattnet, som ursprungligen kommer från Västerhavet, har en salthalt som varierar mellan 10 och 25. En permanent haloklin hindrar ytvattnet från att blandas med djupvattnet. I söder ligger den normalt på 40-50 meters djup medan den i de centrala och nordliga delarna ligger betydligt djupare, på 80 meter. Vattnet är homogent ner till haloklinen under vintern, medan termoklinen gör att vattnet skiktas även ytligt under sommarhalvåret. Analysen av skiktningens förändring sedan 1995 visar att inga signifikanta förändringar

i pyknoklinens djup eller styrka föreligger i söder, medan styrkan på skiktningen har förstärkts något i norr.

Väl blandat i norr

Bottniska viken skiljer sig markant från övriga Östersjön. I Bottenhavet minskar ytvattnets salthalt från 6 i söder till strax under 5 vid Norra Kvarken. Djupvattnet som kommer från Egentliga Östersjön har en salthalt runt 7. Den relativt svaga haloklinen ligger på 50-60 meters djup. Styrkan på skiktningen i Bottenhavet har förstärkts och djupet till pyknoklinen har ökat.

I norra delen av Bottenviken råder i det närmaste limniska förhållanden. Längst i norr är salthalten så låg som 2. I djupvattnet kan salthalten nå upp till 4,5. Skiktningen är mycket svag och under kalla vintrar kan den helt brytas ner så vattenmassan blir vertikalt homogen. Inga signifikanta förändringar i pyknoklinens djup eller styrka föreligger. 🐟



Foto: Per Bengtsson/Grön Idé

FAKTA

Dataanalys

En analys av trender i temperatur, salthalt, och näringsämnen i ytvattnet (0-10m) samt syre i bottenvattnet har gjorts för våra sex havsområden. Perioden 1970 till 2007 har studerats. Näringsämnena är fosfat, DIN (summan av nitrit, nitrat, ammonium), silikat, totalfosfor och totalkväve.

Analysen är gjord med en enkel linjär regression, dels för hela perioden 1971-2007, dels för perioderna 1971-1990 och 1991-2007. Årsmedelvärden användes utom för de oorganiska närsalterna fosfat, DIN och silikat, där vintervärden (januari-februari) använts.

Ingen analys av oorganiska närsalter har gjorts för den tidiga perioden för Bottniska viken, på grund av bristande datamaterial. Endast signifikanta förändringar ($p < 0,05$) är markerade i figurerna.

Data hämtades från stationerna Å17 i Skagerrak, Anholt E i Kattegatt, BY5 i södra och BY15 i norra Egentliga Östersjön, station C3 i Bottenhavet samt A13 i Bottenviken. Se karta på sidan 105.

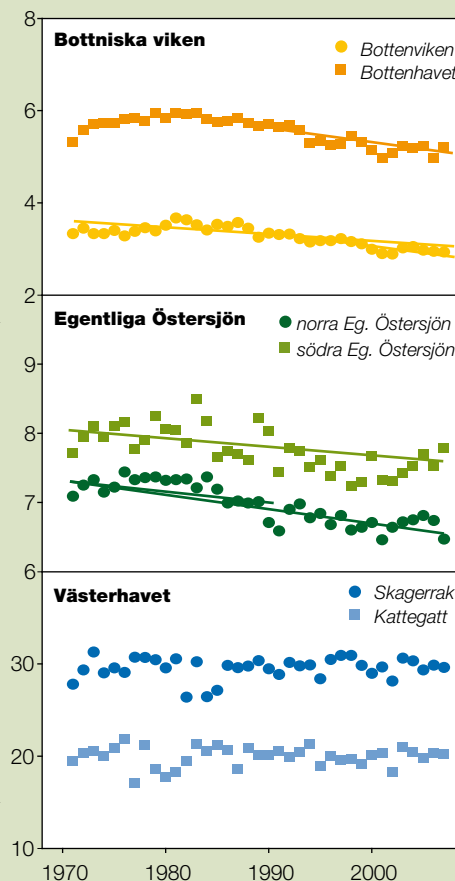
Salthalt

Den mest markanta skillnaden mellan de olika havsområdena har vi när det gäller salthalt. Notera att skalorna i figuren är olika. Dessutom syns tydligt att mellanårsvariationen är mycket större i Västerhavet än i Östersjön. Inga signifikanta förändringar har skett i Västerhavet. I Egentliga Östersjön har vi en signifikant minskning sett över hela perioden, medan minskningen i Bottniska viken i huvudsak har skett efter 1990.

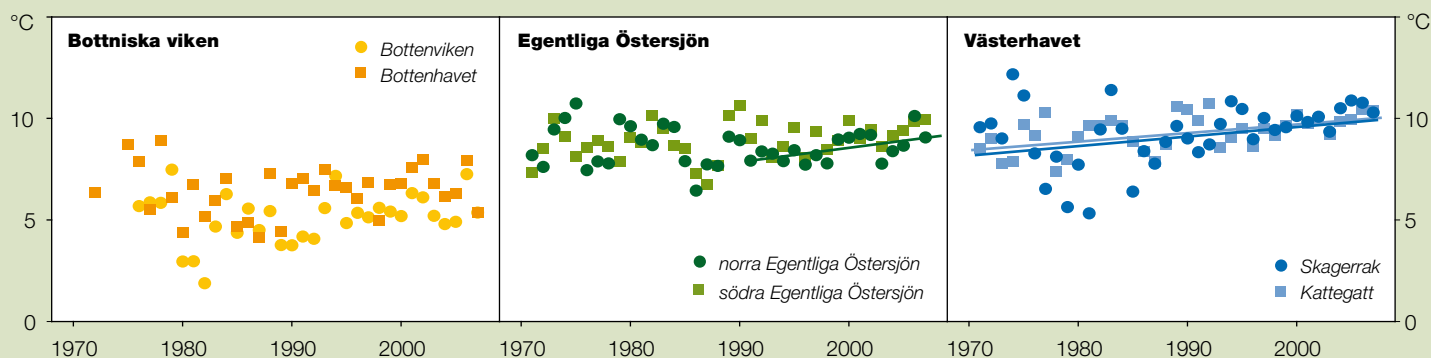
Temperatur

Temperaturen har ökat signifikant i Västerhavet. Ökningen i Skagerrak har skett under den senare halvan av mätperioden medan den i Kattegatt skedde under en kort period i slutet av 90-talet. Även i norra Egentliga Östersjön har det varit en signifikant temperaturökning under den senare halvan av mätperioden, men inte sett över hela perioden. När det gäller Bottniska viken har dataunderlaget i början av perioden alltför få mätningar vintertid för att möjliggöra en analys. För den senare perioden finns dock inga signifikanta förändringar.

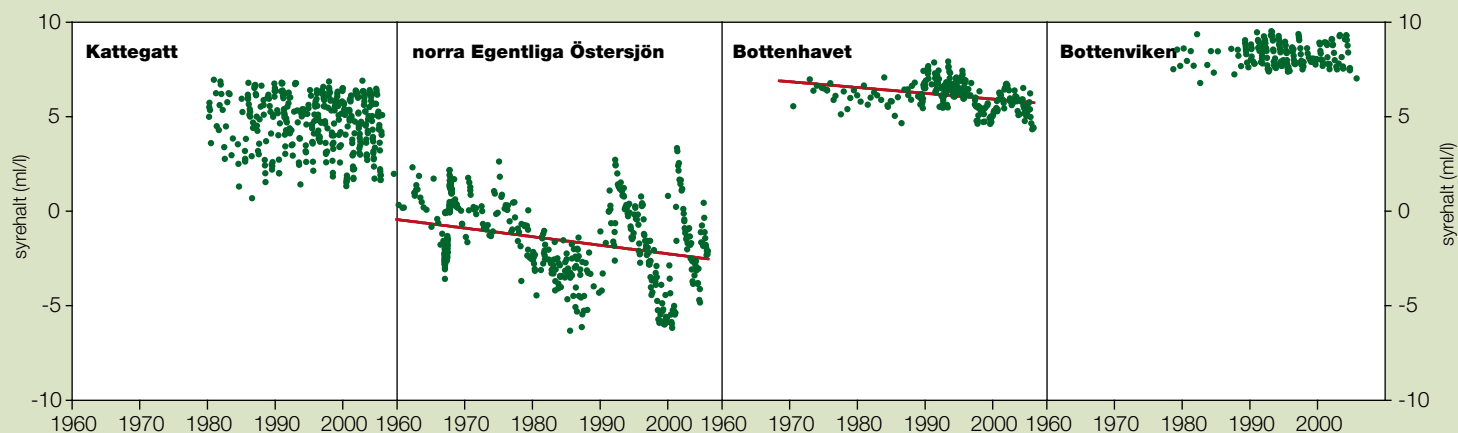
SALTHALT



TEMPERATUR

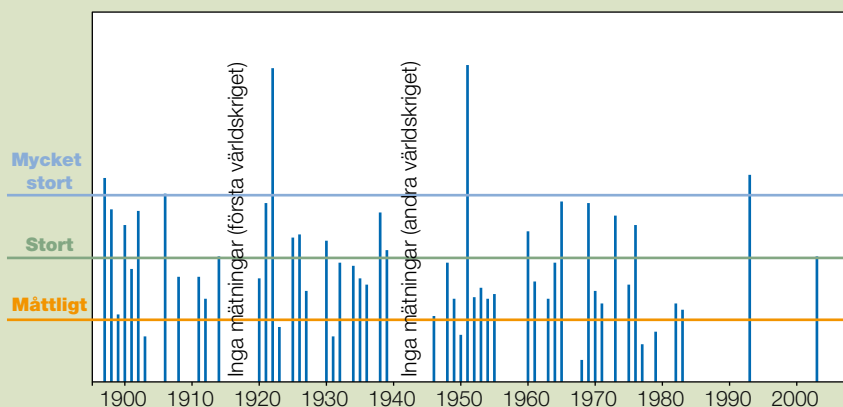


SYREHALTER I BOTTENVATTNET



Not: När svavelväte förekommer räknas denna koncentration om till negativt syre, dvs. hur mycket syre som åtgår för att oxidera svavelvätet.

INFLÖDEN TILL ÖSTERSJÖN 1897-2007



Figur efter Mätthaus och Schinke

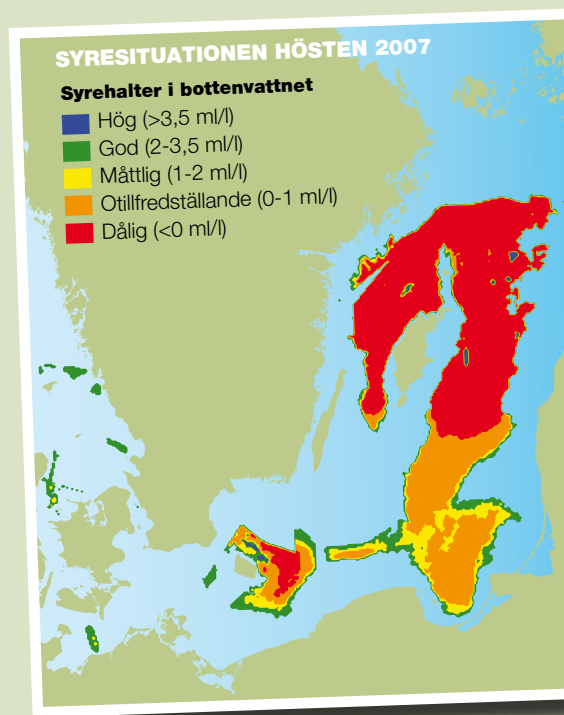
Syresituationen i djupvattnet

I Skagerrak är det normalt sett aldrig några problem med låga syrehalter i öppet hav. Kattegatt hade stora problem med syrebrist under 80-talet, speciellt i de södra, grundare delarna. Situationen har nu förbättrats, och miniminivån ligger högre. Den stora variationen inom åren gör dock att denna förändring inte blir statistiskt signifikant.

Syresituationen i djupvattnet i Egentliga Östersjön är däremot mycket dålig. Det blir alltmer sällsynt med stora inflöden från Västerhavet som kan påverka situationen. Från slutet av 1800-talet fram till mitten av 1970-talet förekom sådana inflöden med två till fem års mellanrum. Sedan 1983 har det endast skett två större inflöden, 1993 och 2003. Utbredningen av syrefria bottnar har ökat, framför allt norr och väster om Gotland, och svavelväte förekommer allt högre upp i vattenmassan. De senaste åren har utbredningen varit den största sedan mätningarna började.

Samtliga stationer i Egentliga Östersjön där trendanalys gjorts för hela tidsserien visar signifikanta minskningar i syrehalt. Syrehalterna i norra Egentliga Östersjön visar tydligt på effekterna av större inflöden då bottenvattnet blir syresatt. Under stagnationsperioderna däremellan sjunker syrehalterna åter ner till noll, och svavelvätekoncentrationerna ökar efterhand. Syrehalterna sjunker numera betydligt snabbare efter ett inflöde än de gjorde tidigare. Det kan bero på ökad belastning, men också på en något förstärkt skiktning av vattenmassan.

I Bottenhavet har det också varit en minskning av syrehalten i bottenvattnet. Den troligaste förklaringen till detta är försämrade syreförhållanden i norra Egentliga Östersjöns mellanvatten, vilket bildar djupvatten i Bottenhavet. I Bottenviken däremot finns inga signifikanta förändringar, och syrehalterna ligger under hela året på höga nivåer.



Närsalter

För samtliga närsaltsparametrar är det tydligt att variationen mellan åren är störst i Västerhavet. Det är speciellt tydligt för oorganiskt kväve och fosfor. Inflöden av mycket kväverikt vatten från södra Nordsjön ger höga toppar av kväve. Låga halter av båda näringsämnena, exempelvis år 1997, beror på att vårblomningen startat mycket tidigt. Det medför att näringen förbrukas, och att typiska vinterhalter aldrig hinner byggas upp.

Kiselhalterna är högst i Bottenviken och lägst i Skagerrak. Notera att skalorna i figuren är olika. Silikathalterna har ökat i Bottniska viken, vilket kan bero på såväl ökad älvutsläpp som minskad kiselalgförekomst. I Västerhavet och Egentliga Östersjön har halterna däremot minskat. Nivån från 90-talet och framåt är mellan 65 och 85 procent av den tidigare periodens nivå.

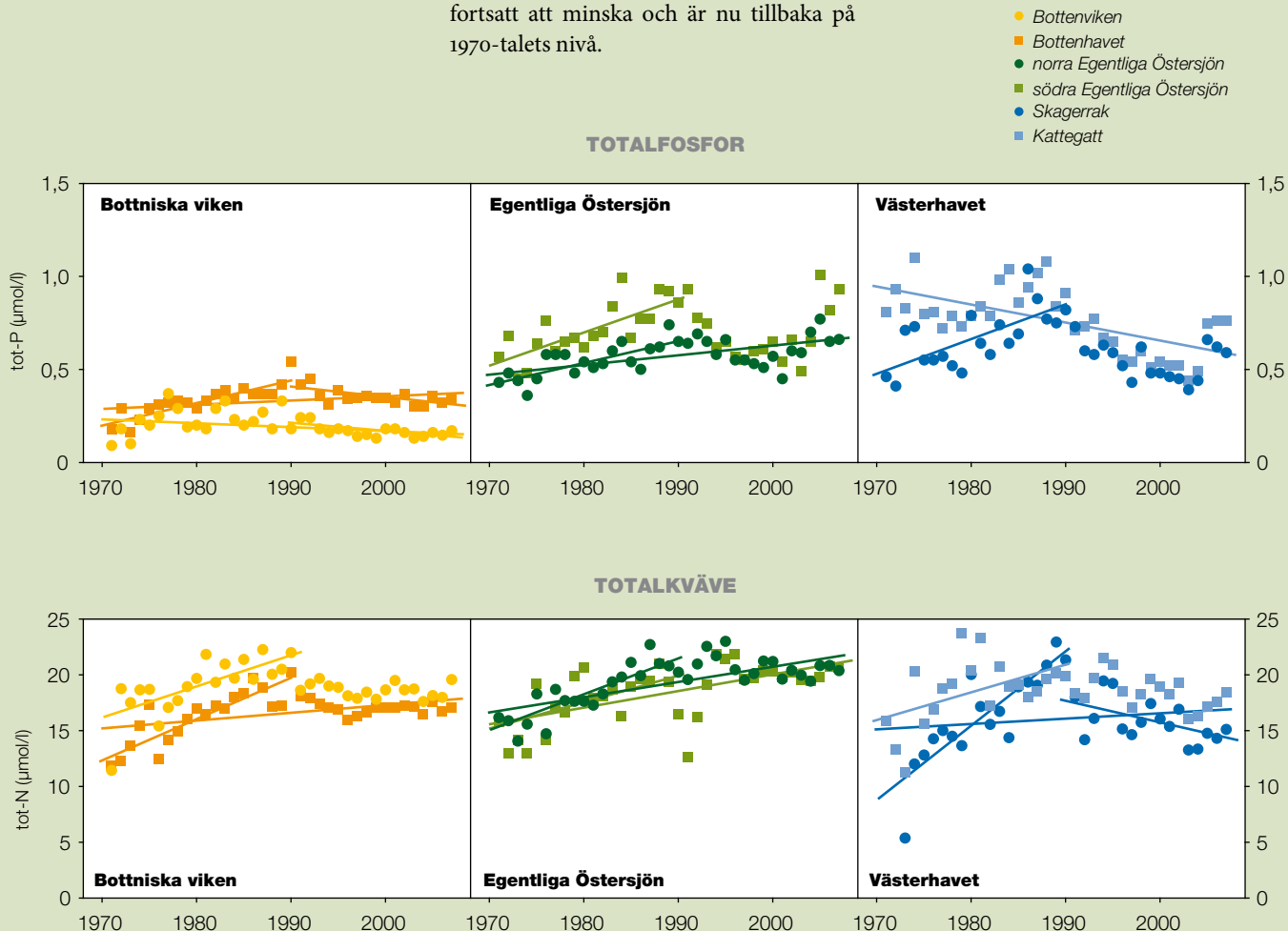
Kväve och fosfor

Totalhalterna av kväve är ungefär lika i alla havsbassänger. Den oorganiska delen är däremot lägre i Egentliga Östersjön och Bottenhavet än i övriga områden. Totalfosforhalterna är lika höga i Västerhavet och Egentliga Östersjön, men betydligt lägre i Bottniska viken. Skillnaderna är liknande för fosfat, som genomgående står för huvuddelen av totalfosfor i alla bassänger. Halterna av fosfor i Bottenhavet är lägre och i Bottenviken markant lägre än i övriga havsområden.

Förenklat uttryckt ökade koncentrationen av totala näringsämnen fram till slutet av 80-talet, vilket allmänt ansågs bero på ökad mänsklig tillförsel. I början av 1990-talet minskade koncentrationen av fosfor, för att under 2000-talet återigen snabbt öka till tidigare nivå efter att utbredd syrebrist friset fosfor från sedimenten. Koncentrationen av oorganiskt kväve har däremot fortsatt att minska och är nu tillbaka på 1970-talets nivå.

Med mer kunskap om den långsiktiga utvecklingen i våra havsområden blir det alltmer uppenbart att enbart mätningar av näringsämnenas koncentration i ytvattnet inte är tillräckliga för att säkert bedöma hur människan påverkar tillståndet i dessa.

Merparten av förändringarna beror troligen på interna biogeokemiska processer i havet eftersom den mänskliga tillförseln inte förefaller ha ändrats påtagligt under senare tid. Vi kan konstatera att den febertermometer vi mest förlitat oss på för att följa sjukdomsförloppet brister i tillförlitlighet. För att särskilja effekter av utsläpp och annan mänsklig påverkan från naturlig variation behövs en bättre förståelse för hur olika processer påverkar näringshalterna.



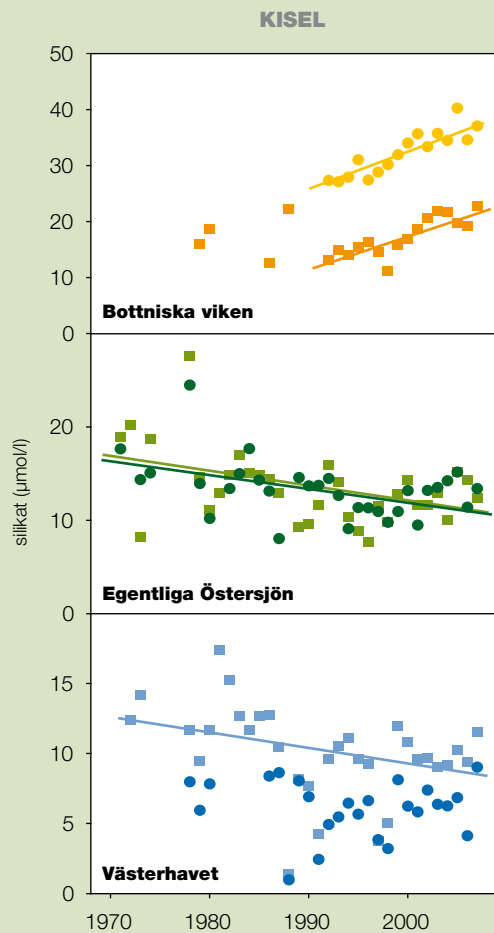
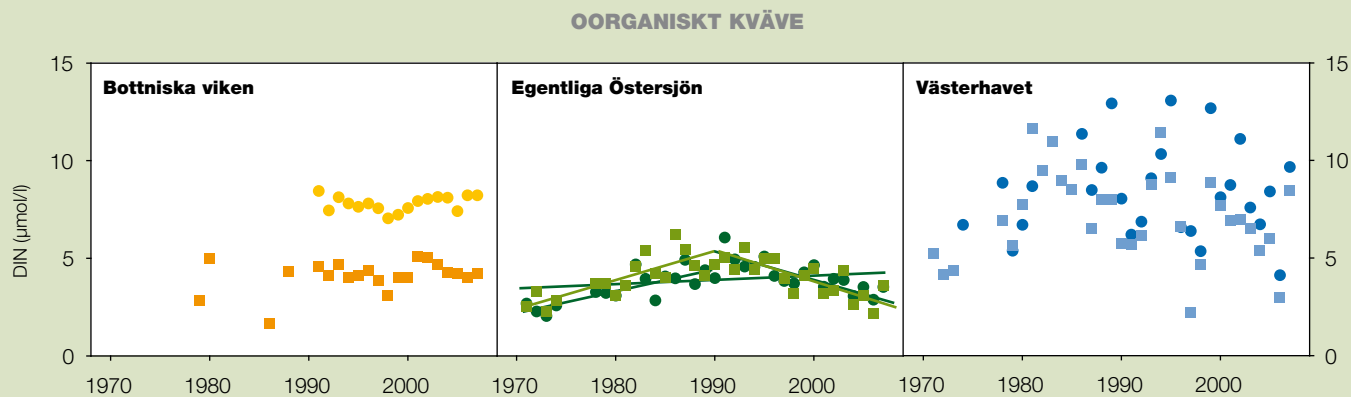
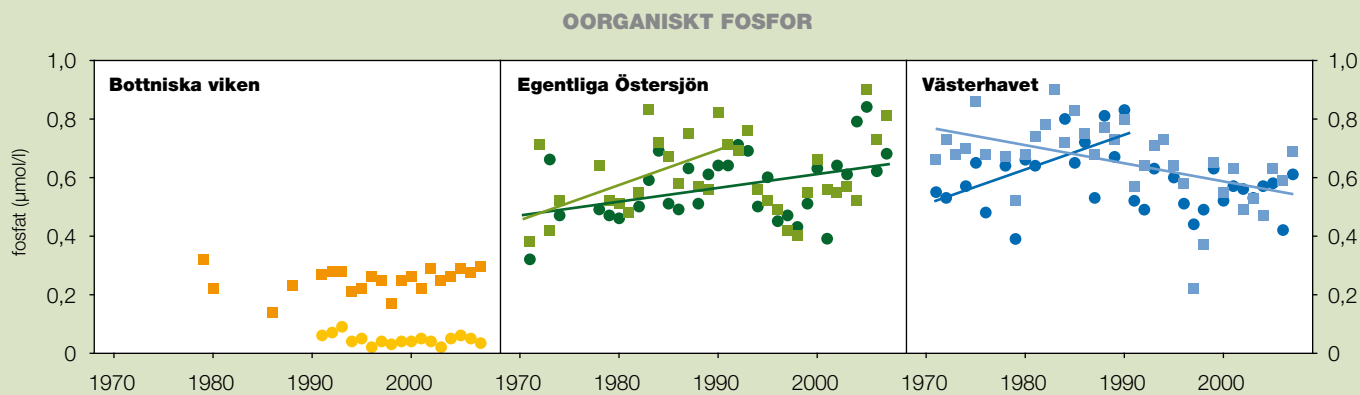


Foto: Jerker Lokrantz/azote



Skadliga algblomningar

BENGT KARLSON, SMHI / SUSANNA HAJDU, STOCKHOLMS UNIVERSITET / AGNETA ANDERSSON & SIV HUSEBY, UMEÅ UNIVERSITET



FAKTA

Kontroll och information

Internationellt övervakas skadliga alger med stor omsorg för att skydda människors hälsa och vattenbruksnäringen. Direktiv från EU styr hur övervakningen går till i Europa, och Livsmedelsverket övervakar att de musslor som säljs i Sverige är fria från alggifter. Generellt är dock giftiga alger ett litet problem i Sverige jämfört med många andra länder. Oftast är det ofarligt att bada även om det finns giftiga alger i vattnet. Vid täta ansamlingar ska man dock låta bli.

Provtagning av växtplankton sker inom långsiktig nationell och regional miljöövervakning, ofta en till två gånger per månad. Övervakning av cyanobakterieblomningarna i Östersjön sker även med satellit av SMHI och Kustbevakningens flyg. I en del kommuner sker algövervakning i samband med badvattenkontroll.

Hit kan man vända sig för mer information om skadliga algblomningar:

- Informationscentralen för Västerhavet
Telefonvararen blåmusslan,
031- 60 52 90
- Informationscentralen för Egentliga Östersjön, www.infobaltic.se
- Informationscentralen för Bottniska viken – www.ac.lst.se/naturochmiljo/bottniskaviken-icbv
- SMHI, www.smhi.se
- Livsmedelsverket, www.slv.se
- Kommunen

De flesta algblomningar är helt naturliga och ofarliga men vissa kan vara skadliga på olika sätt. Den här artikeln handlar om de växtplankton som direkt kan skada andra organismer genom att vara giftiga eller på andra sätt skadliga.

■ Mikroskopiska alger kan vara skadliga på flera olika sätt. De kan producera alggifter som ansamlas i musslor och därigenom förgiftar människor. De kan också vara så giftiga att de direkt förgiftar människor och djur som får i sig dem. En del alger skadar fisk, genom att exempelvis förstöra gälarna. Kraftiga algblomningar kan dessutom ansamlas i vikar där de orsakar syrebrist, fiskdöd och stör badlivet.

Musselförgiftande alger farligast

De alger som är farligast för människor producerar gifter som kan ansamlas i musslor. Musslor och andra filtrerande djur lever av växtplankton som de fångar genom att filtrera vattnet. Musslorna tar själva ingen skada, men människor som äter dem kan bli ordentligt sjuka. Flera olika alger producerar denna typ av gifter. De flesta ingår i gruppen dinoflagellater, men några tillhör gruppen kiselalger.

Paralyserande musselförgiftning är ett mycket allvarligt sjukdomstillstånd som drabbar människans centrala nervsystem. Som tur är förekommer de planktonarter som producerar dessa gifter sparsamt i svenska vatten. Det är flera arter inom dinoflagellat-släktet *Alexandrium* som tillhör denna grupp. De hittas om våren vid Bohuskusten, och under sensommaren i Egentliga Östersjön. Kiselalger från släktet *Pseudo-nitzschia* producerar också ett gift, domsyra, som påverkar det centrala nerv-

systemet. Giftet har påträffats i Norge och Danmark men har inte nått över gränsvärdet i svenska musslor. Detta algsläkte finns i både Västerhavet och Östersjön.

Ett vanligare problem är de alger som producerar diarrégifter. Symptomen liknar magsjuka, och går över efter några dagar. Det är arter från ett annat dinoflagellat-släkte, *Dinophysis*, som producerar dessa gifter. I slutet av sommaren och under hösten brukar musselprover visa på förhöjda halter av diarrégifter i en del områden på västkusten. Musselodlarna skördar då från andra platser. Musslornas giftighet varierar mellan åren, och vissa år är de inte giftiga alls.

Det är framförallt i Västerhavet som problem med alggifter i musslor förekommer. I Östersjön är det ett litet problem eftersom blåmusslor inte växer till ätbar storlek vid den salthalt som förekommer där. Undersökningar om alggifter kan föras vidare i näringskedjan pågår.

Blågrönalger – en sommarplåga

I Östersjön är det största problemet istället blomningar av blågrönalger, som egentligen är cyanobakterier. Flera arter producerar gifter, men framför allt katthårsalgen, *Nodularia spumigena*, är problematisk. Giftet nodularin har orsakat dödsfall bland hundar som slickat pälsen ren efter bad i en sådan algblomning. Giftigheten är dock inte det enda problemet. Turismen påverkas negativt av de ansamlingar av alger som kan driva in från öppna havet under högsommaren. De stör badlivet och luktar illa när de ruttnar.

Det är värt att notera att de cyanobakterier som orsakar problem i Östersjön inte tillväxer lika bra varken i det salta Västerhavet eller det söta, näringsfattiga vattnet i Bottenviken.

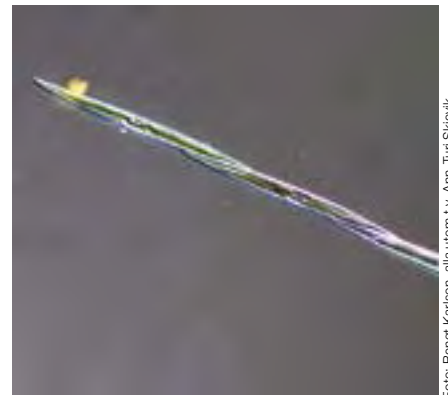
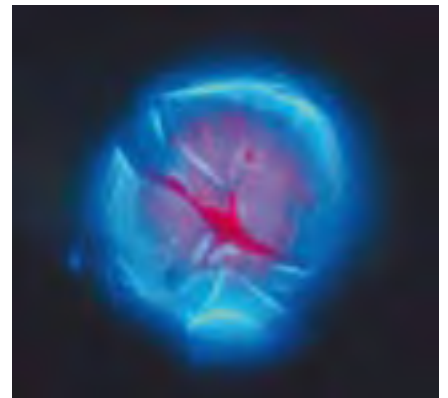
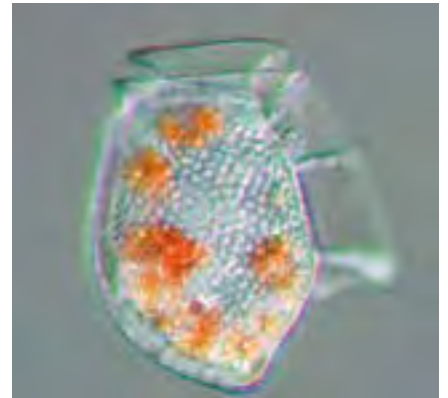
BLÅGRÖNALGER



➤ När stora blomningar av cyanobakterier driver in till kusterna under högsommaren blir det mycket otrevligt för badsugna. En del blomningar är dessutom giftiga. Bilden visar *Nodularia spumigena* ansamlad på ytan, samt i ljusmikroskop.



MUSSELFÖRGIFTANDE ALGER



➤ Bilderna visar dinoflagellaterna *Dinophysis acuta*, *Dinophysis acuminata* fotograferad med svepelektronmikroskop, *Alexandrium ostenfeldii* fotograferad med fluorescensmikroskop samt kiselalgen *Pseudo-nitzschia cf. pungens*

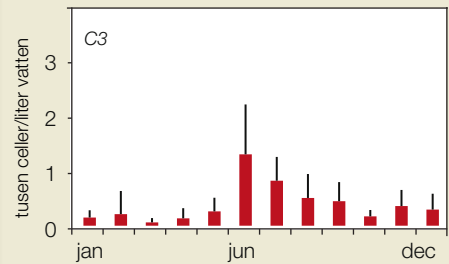
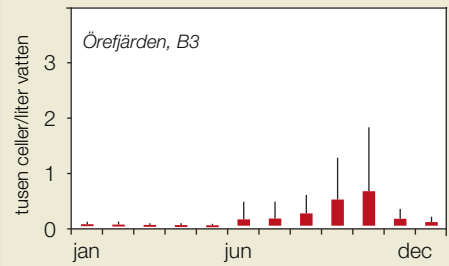
Foto: Askölaboratoriet, liten bild Ann-Turi Skjervek.

Foto: Bengt Karlsson, alla utom t.v. Ann-Turi Skjervek.

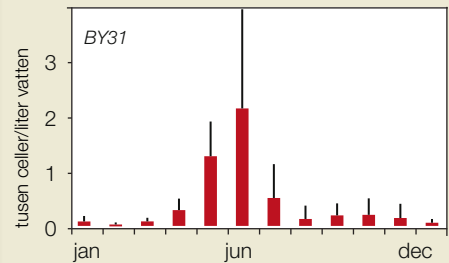
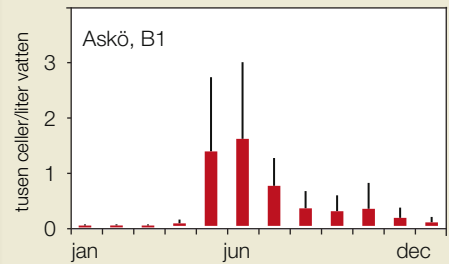


FÖREKOMST AV DINOPHYSIS ACUMINATA

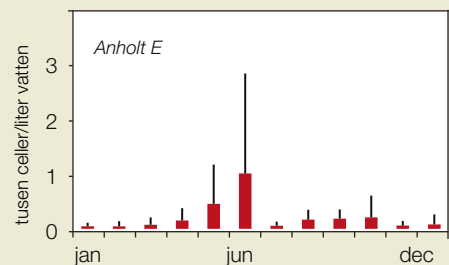
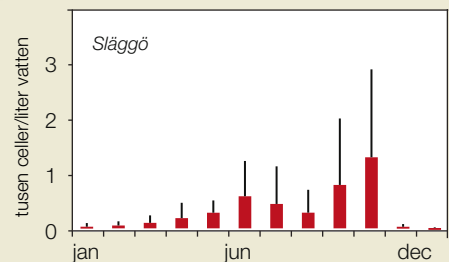
Bottenhavet



Egentliga Östersjön



Västerhavet



7 Kartan visar var olika typer av skadliga alger förekommer samt de provtagningsstationer som använts i artikelns samtliga figurer.

7 Diagrammen visar årscykeln för förekomst av den musselförgiftande dinoflagellaten *Dinophysis acuminata*. Arten förekommer i alla Sveriges havsområden, men bara sporadiskt i Bottenviken. En annan art, *Dinophysis acuta*, är betydligt giftigare, men förekommer bara i Västerhavet.

Staplarna representerar månadsmedelvärden med standardavvikelse, och visar antal tusen celler per liter vatten i ytvattnet. 0–20 m för stationerna B1 och BY31 och 0–10 m för övriga. Värdena omfattar perioden 1990–2007, för Släggö 2000–2007 och för Bottniska viken 1993–2007.

FISKSKADANDE ALGER

MARELD

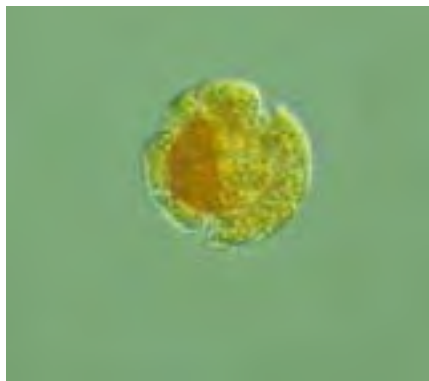
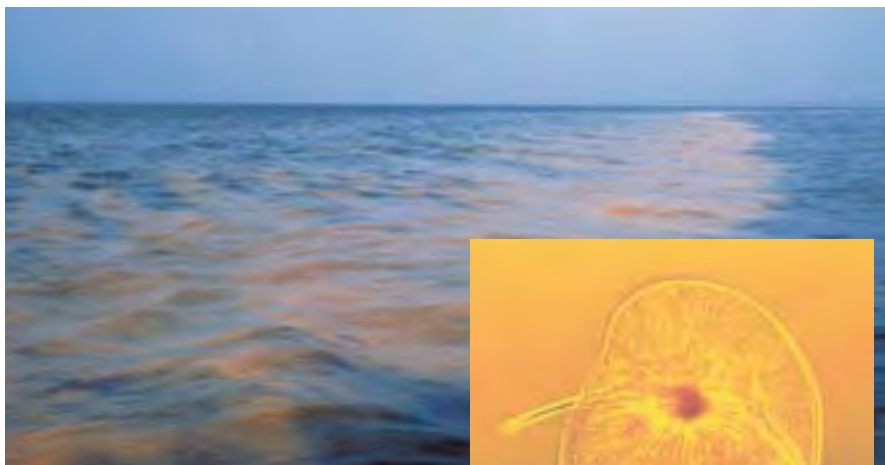


Foto: Ann-Turi Skjervek (samtliga)

➤ Flagellaterna *Chrysochromulina polylepis*, *Pseudochattonella farcimen*, dinoflagellaten *Karenia mikimotoi* och kiselalgen *Chaetoceros concavicornis*.



➤ Algblomningar som nattetid orsakar det vackra ljusfenomenet mareld, kan på dagen synas som kraftigt rödfärgade stråk i vattnet. Bilden visar en blomning av *Noctiluca scintillans*, den mest kända av de organismer som orsakar mareld.

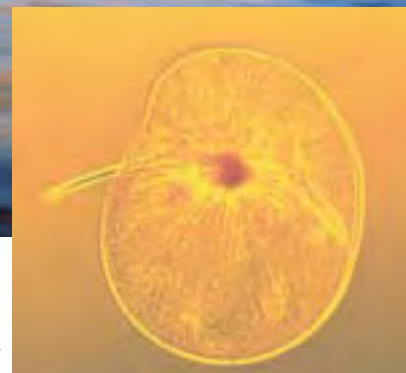


Foto: Mattias Sköld, liten bild: Bengt Karlson.

Alger som skadar fisk

För tjugo år sedan blommade den lilla flagellaten *Chrysochromulina polylepis* i Västerhavet. I media kallades den "mördaralgen" eftersom den dödade mycket fisk. Blomningen 1988 var mycket omfattande, och påverkade även bottenlevande djur och växter. Någon lika stor blomning av denna art har inte noterats i Sverige sedan dess, men den har varit ovanligt talrik under den senaste vintern och våren i Östersjön, dock ej i Kattegatt. Inga skadliga effekter har noterats i samband med detta.

Chrysochromulina är en av ganska många växtplanktonarter som kan skada fisk. Det är framförallt gälarna som är utsatta både för mekanisk påverkan och för gifter. De senaste åren har en annan flagellat, *Pseudochattonella farcimen*, utgjort ett större problem. Den har blommat i Västerhavet och drabbat fiskodlare i Norge och Danmark, medan näringen i Sverige klarat sig. Vild fisk klarar sig oftast genom att simma till ett område där algerna inte finns. Större blomningar av dinoflagellaten *Karenia mikimotoi* förekom i Skagerrak i slutet på 1980-talet, men på senare år har blomningar av denna fiskskadande art främst noterats i skotska och irländska farvatten.

Även vissa kiselalger orsakar problem för fiskodlare. Det är vassa utskott på algerna som kan skada fiskars gälar. *Chaetoceros concavicornis*, en art känd från Nordamerikas västkust, noterades för första gången

som vanlig i Västerhavet under året, men inga skadliga effekter har rapporterats.

Mareld – mest vacker

Mareld är kanske den mest spektakulära algblomningen. Fenomenet med självlysande plankton är verkligen en upplevelse. Ljusblitarna orsakas av algernas bioluminescens och är sannolikt ett sätt att undvika att bli uppäten.

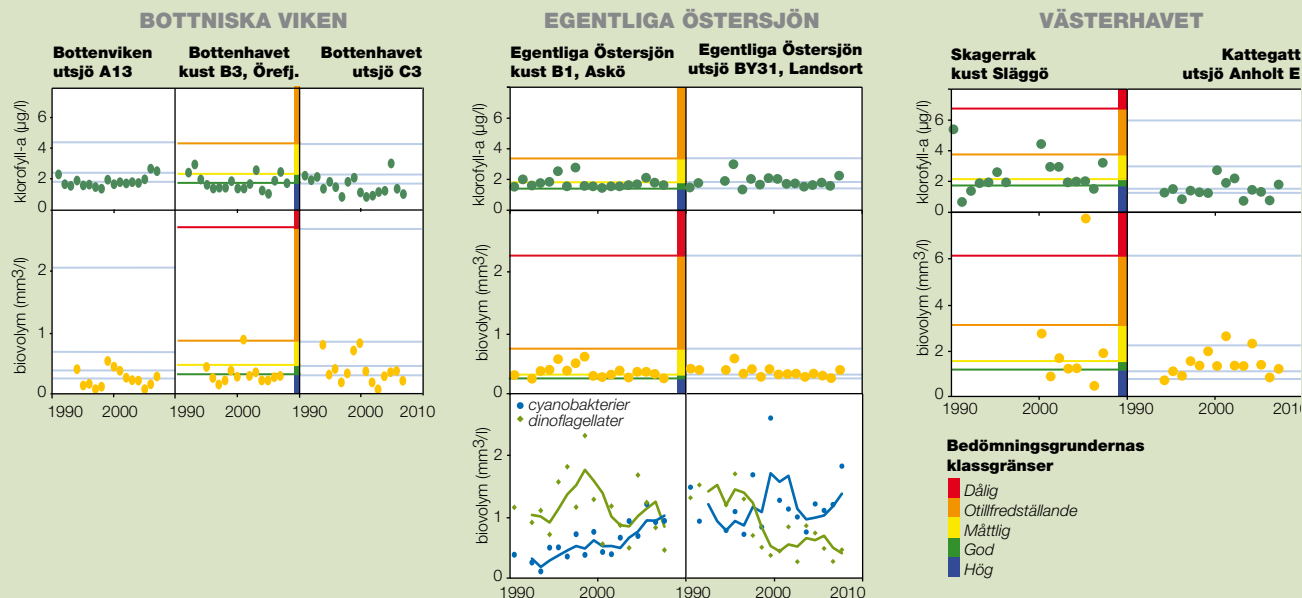
I Västerhavet, där fenomenet är vanligast, är det för det mesta dinoflagellaten *Noctiluca scintillans* som orsakar ljusblitarna. Under sensommaren eller hösten kan vattnet ibland färgas tegelrött när den ansamlas nära ytan. Detta encelliga plankton lever av att äta andra organismer, och är med andra ord ett djurplankton. Arten är inte känd som giftig, men kan, liksom flera andra arter, orsaka fiskdöd genom att syrebrist uppstår när det är en kraftig blomning.

I Egentliga Östersjön är det istället arten *Alexandrium ostenfeldii* som vid flera tillfällen gett upphov till självlysande blomningar. Den tillhör ett släkte som kan orsaka paralyserande musselförgiftning. Som tur är äter man ändå inte Östersjöns alltför små musslor. 🐚

LÄSTIPS

Om *Chrysochromulina*-blomningen i Östersjön 2007–2008. HELCOM Indicator Fact Sheet www.havet.nu/?d=186&tid=54640501

Agneta Andersson & Siv Huseby, Umeå universitet / Susanna Hajdu, Stockholms universitet / Bengt Karlson & Ann-Turi Skjevik, SMHI



➤ Klorofyllkoncentration och biovolym från 0–10 m djup (0–20 m för Egentliga Östersjön) presenteras som integrerade medelvärden för perioden juni-augusti. För de olika kustområdena finns bedömningsgrunder framtagna enligt vattendirektivet, men för öppet hav finns ännu inga. Här antyder kustområdenas klassgränser även för utsjöstationer för att ge en fingerisning om miljöstatus. Den formella bedömningen görs från treåriga medelvärden för att undvika effekter från enstaka kortvariga blomningar.

Bottniska viken

Totalt sett tyder resultat från växtplanktonanalyser och klorofyllanalyser på god och till och med hög status i hela Bottniska viken. Övergödning förekommer lokalt i några kustvattenförekomster, men inte i de öppna havsbassängerna.

I kustområdet Örefjärden, som ligger i norra Bottenhavet, visar bedömningsgrunderna för klorofyll och biovolym hög status de senaste åren när man ser på treåriga löpande medelvärden. Värdena är stabila, den ökande tendensen som antydades i fjolårets Havet-rapport verkar mindre övertygande i år. Även Bottenhavets utsjöområden visar på god status om bedömningsgrunderna för kust tillämpas.

I Bottenvikens utsjöområden visar biovolymen hög status om man använder kustens bedömningsgrunder, och inga tydliga trender. Klorofyllvärdena har däremot ökat de senaste tio åren, dock inte signifikant. Statusen motsvarar numera bara måttlig. En förklaring kan vara att bedömningsperioden juni till augusti inte passar i Bottenviken. Perioden valdes för att undvika vårblomningen, men de senaste två åren har blomningen i norr sträckt sig in i juni och orsakat ett högre medelvärde.

Egentliga Östersjön

Resultaten från miljöövervakningens stationer med högfrequent provtagning i nordvästra delen av Egentliga Östersjön visar att vattenkvaliteten pendlar på gränsen mellan god och måttlig i kustområdet vid Askö. Värdena från Landsortsdjupet i utsjön sammanfaller med dem.

Den totala biovolymen i utsjön visar en signifikant nedgång, vilket framförallt beror på att förekomsten av den marina dinoflagellaten *Dinophysis norvegica* har minskat. Denna art minskar även i kustområdet, men där utan att nämnvärt påverka biovolymen hos gruppen dinoflagellater. Inte heller den totala biovolymen har förändrats i kustområdet, trots att cyanobakterierna, särskilt släktet *Aphanizomenon* och *Anabaena*, har ökat signifikant på bekostnad av andra alggrupper.

Viktiga omstruktureringar i växtplanktonsamhället kan således ske på grupp- eller artnivå, utan att det syns omedelbart i totalvärdena. Det är därför viktigt att utveckla bedömningsgrunder även för arter och grupper i framtiden.

Västerhavet

Sammansättningen av växtplankton i Västerhavet skiljer sig markant från Östersjön. Kiselalger utgör en stor andel, medan stora, kvävefixerande cyanobakterier normalt saknas helt. Kiselalger innehåller vakuoler som är tomma på innehåll. Detta gör att biovolymen av växtplankton i Västerhavet är flera gånger högre än i Östersjön.

Vid kuststationen Släggö vid Gullmarsfjordens mynning i Skagerrak resulterade en kortvarig algblooming år 2006 i att ett mycket högt värde noterades för biovolym. Just för att undvika effekter från sådana enstaka kortvariga blomningar görs statusbedömningen alltid från treåriga medelvärden. Då visar växtplankton god eller måttlig status i området.

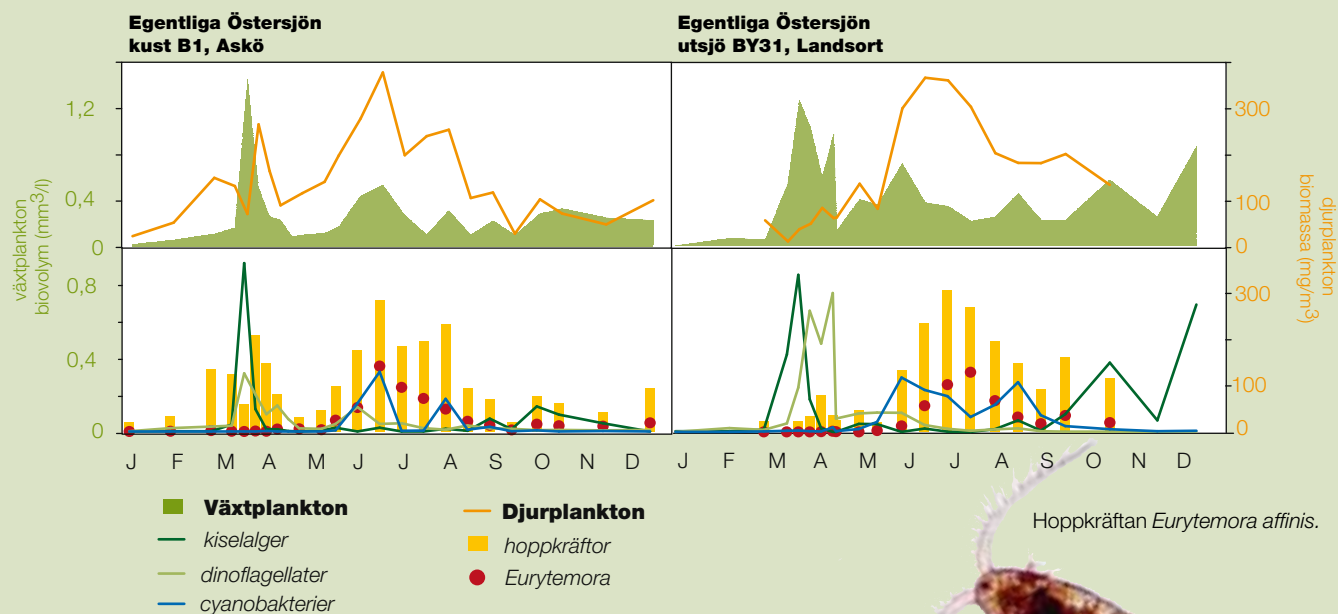
Kattegatts utsjöstation Anholt E visar god status om bedömningsgrunderna för kust tillämpas. Mätningar inom Hallands kustkontroll visar att status i Kattegatts kustområden pendlar mellan hög och måttlig i Laholmsbukten, utanför Varberg och vid Nidingen. I Kungsbackafjorden råder en hög eller god status.



Dinoflagellaten
Dinophysis norvegica

Elena Gorokhova, Susanna Hajdu, Towe Holmborn & Lisa Kosinkova, Stockholms universitet / Johan Wikner, Umeå universitet

EGENTLIGA ÖSTERSJÖN



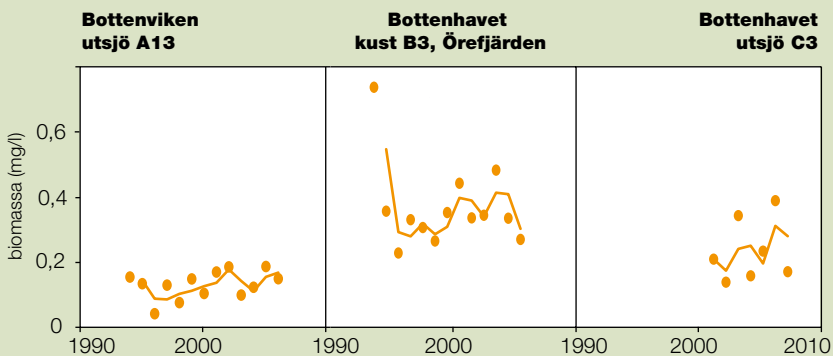
Egentliga Östersjön

Vårblomningen under år 2007 bestod som vanligt huvudsakligen av kiselalger och dinoflagellater. Dessa utgör en god föda för djurplankton, som tillväxte kraftigt mot slutet av blomningen, särskilt vid kusten. Hoppkräftor är den vanligaste gruppen bland djurplankton. Blomningen avslutades ganska snabbt, till följd av näringsbrist och betningstryck.

Under sommaren tillkommer cyanobakterier till växtplanktonsamhället. De fanns i riklig mängd under året, särskilt i utsjön. Cyanobakterier är skyddade mot betning av djurplankton genom sin storlek, sina geléaktiga höljen, samt i vissa fall genom produktion av olika giftsubstanter. Vissa arter av hoppkräftor, exempelvis *Eurytemora affinis*, betar trots allt av giftiga cyanobakterier, och tillväxer bra vid sådana blomningar. Detta ger en fördel under sommaren då djurplanktonsamhället är fullt utvecklat och konkurrensen mellan olika arter är hög.

Den årliga höstblomningen var ganska svag vid kusten och bestod främst av kiselalger. Nedgången av djurplankton märktes tydligt redan tidigt på hösten, men tack vare denna blomning fortsätter tillväxten hos hoppkräftor, vilket innebär goda födmöjligheter för fisk.

BOTTNISKA VIKEN



Integrerat medelvärde av totalbiomassan hos djurplankton större än 90 µm under perioden juni-september. Heldragen linje visar 3-årigt löpande medelvärde.

Bottniska viken

Tidsserierna för den totala djurplanktonbiomassan i Bottniska viken visar på ett stabilt system utan signifikanta trender. Trender över 6 procent per år skulle ha upptäckts i Bottenviken och Örefjärden. För den kortare tidsserien i Bottenhavet hade förändringar över 21 procent per år behövts för en säkerställd trend. En absolut klassificering av miljöstatus kan inte göras eftersom bedömningsgrunder saknas, liksom andra expertbedömningar av vilken biomassa av större djurplankton som kan anses godtagbar.

Mängden djurplankton är dubbelt så stor vid Bottenhavets kust som i utsjön, vilket överensstämmer med kustområdenas allmänt högre produktivitet. På motsvarande sätt är mängden djurplankton i Bottenvikens öppna hav hälften av den i Bottenhavets, vilket överensstämmer med den lägre produktiviteten i Bottenviken. Den totala djurplanktonbiomassan verkar därför väl indikera näringsstatus i havsbassängerna och förväntas därmed svara på mänskliga störningar av näringssituationen.

Johan Wikner, Umeå universitet

Bottniska viken

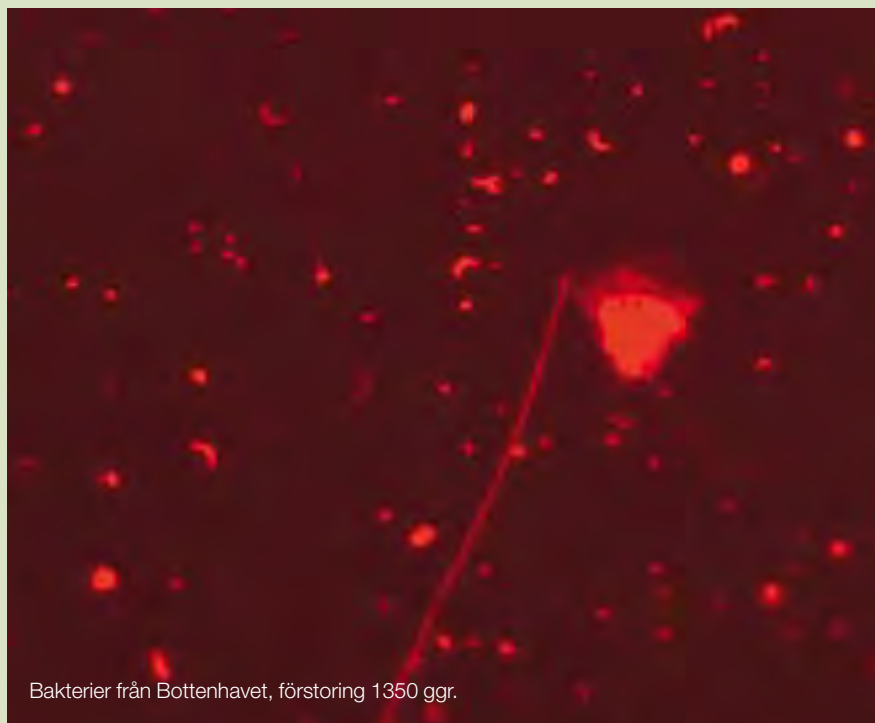
Mellanårsvariationen i bakterieförekomst har ökat markant från perioden 1991–1998 till 1999–2007 i Bottenhavet. Vid kusten har variationen nästan fördubblats, och i utsjön har den ökat med nära tre gånger. I Bottenviken har det däremot inte skett någon förändring.

Bakterieplankton har en central roll både för viktiga biogeokemiska processer och som födobas i havet. Den ökade variationen kan tyda på att ekosystemet i Bottenhavet under 2000-talet är mer obalanserat än föregående tioårsperiod.

Expertbedömd klassgräns

Officiella bedömningsgrunder för bakterieplankton finns ännu inte. Tills vidare har dock klassgränsen för god-måttlig bakteriehalt definierats för Bottniska viken som befintliga tidsseriers konfidensintervall (99 % av data) för respektive havsbas-säng. Klassgränsen får ses som ett första försök att bedöma tillståndet baserat på bakterieförekomst.

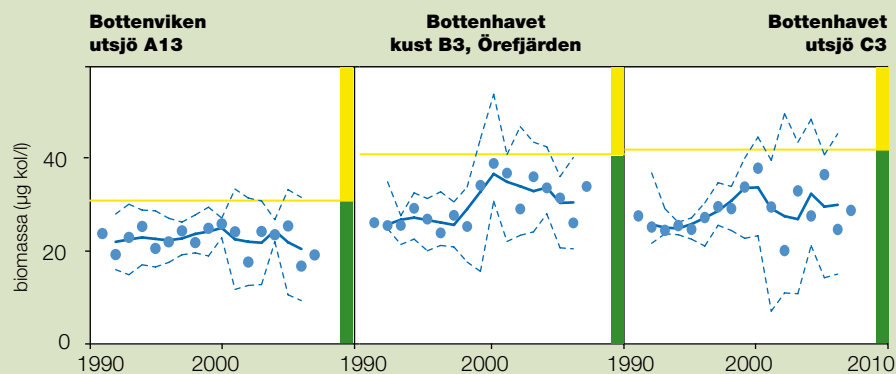
Den nivå på bakterieförekomst som funnits i Bottniska viken sedan början på 1990-talet sammanfaller med god syresättning av havsvattnet, få besvärande blomningar av giftiga växtplankton eller andra symptom på övergödning. Bakterieförekomsten i Bottniska viken ligger också obetydligt över nivån i öppna Atlanten. Detta tyder på att varken syrekonsumention eller näringstillgång varit för hög vid de bakterieförekomster som uppmätts. Tids-serien antas därför ha legat inom nivån för god status under perioden. Forsknings-rapporter från 1979 och framåt tyder inte heller på betydande förändringar i bakteriehalt. Det går samtidigt inte att utesluta att bakterieförekomsten före mätningarnas början legat på en annan nivå i Bottniska viken.



Bakterier från Bottenhavet, förstoring 1350 ggr.

Foto: Johan Wikner

BOTTNISKA VIKEN



➤ Data från 0 till 10 m. Helledragen linje visar treårigt löpande medelvärde och streckade linjer 95% konfidensintervall. Trender över 3,8 % per år ska kunna upptäckas med 80 % sannolikhet.

Svenska havsområden påverkar varandra

ULF LARSSON, STOCKHOLMS UNIVERSITET/ JOHAN WIKNER, UMEÅ UNIVERSITET/ LARS ANDERSSON, SMHI

Rapportering om miljötillståndet i våra hav sker oftast havsområdesvis. Mer sällan berörs hur havsområdena påverkar varandra. Här visar vi att tillståndet i Egentliga Östersjön i stor utsträckning påverkar fosfor- och kvävekoncentrationen i Kattegatt och även kvävekoncentrationen i Bottenhavet. Förändringar av näringsinnehållet i Egentliga Östersjön bör därför beaktas också vid förvaltning av närliggande bassänger.

■ Var vi än befinner oss längs den svenska kusten så är vattnet saltare på djupet än vid ytan. Det beror på att salt vatten är tyngre än sött. Tungt saltvatten från Nordsjön strömmar in i vårt havsområde längs botten, och de stora mängderna sötvatten som tillförs Östersjön strömmar ut som ett lättare ytvatten.

Förenklat kan man säga att det i Östersjön finns en sydgående ytvattenström och en nordgående djupvattenström. På västkusten flyter ytvattnet norrut och djupvattnet söderut.

Trösklarna styr

Inströmningen av vatten till Östersjön och vattenutbytet mellan olika delbassänger styrs i hög grad av vattendjupet vid de trösklar som skiljer bassängerna.

Limhamnströskeln i Öresund är grundare än 8 meter och hindrar oftast salt bottenvatten att komma in i Östersjön. Inflödet av saltvatten genom de danska sunden begränsas av en 15 meter djup tröskel i södra Bälthavet.

Mellan Egentliga Östersjön och Bottenhavet är tröskeln som djupast 50 meter. Det betyder att det i huvudsak är det relativt näringsfattiga så kallade vintervattnet,

vattenmassan mellan halo- och termoklin, i Egentliga Östersjön som bildar djupvatten i Bottenhavet. Inströmning av det näringsrikare och saltare bottenvattnet blockeras av tröskeln. Den skyddar därför Bottenhavet från en än större påverkan från Egentliga Östersjön. Tröskeln i Norra Kvarken är grundare, bara 25 meter, och på motsvarande sätt härstammar djupvattnet i Bottenviken från Bottenhavets ytskikt.

I det ytvatten från Östersjön som strömmar ut genom Öresund ökar salthalten snabbt genom inblandning av Nordsjövatten i den Baltiska ytströmmen som går

längs svenska västkusten. Ytvattnet i Kattegatt bidrar också vid inflöde till Östersjöns djupvatten, varför en del av det utströmmande Östersjövattnet återcirkuleras till Östersjöns djupvatten. Det inströmmande salta djupvattnet kommer så småningom att blandas upp i ytvattnet och lämna våra havsområden med ytströmmen.

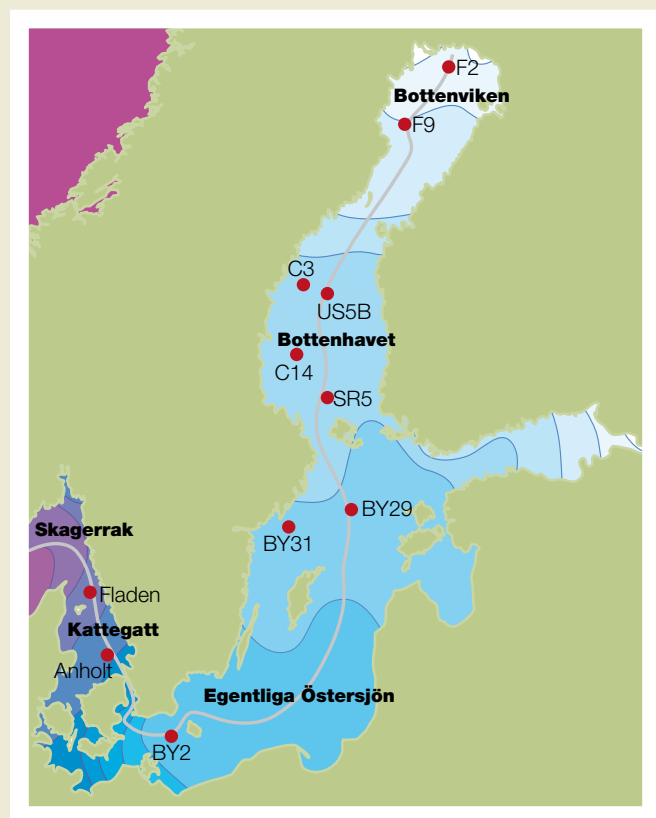
Uppehållstiden påverkar

Det näringsinnehåll som det salta vattnet har när det kommer in i våra havsområden kommer med tiden att ändras beroende på tillförsel, förluster och interna processer.



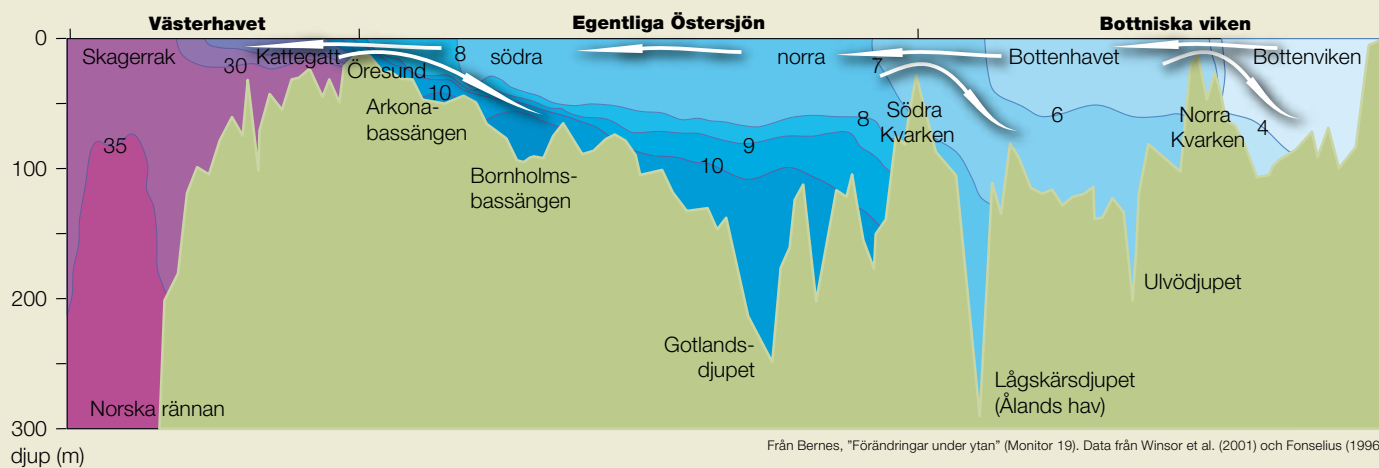
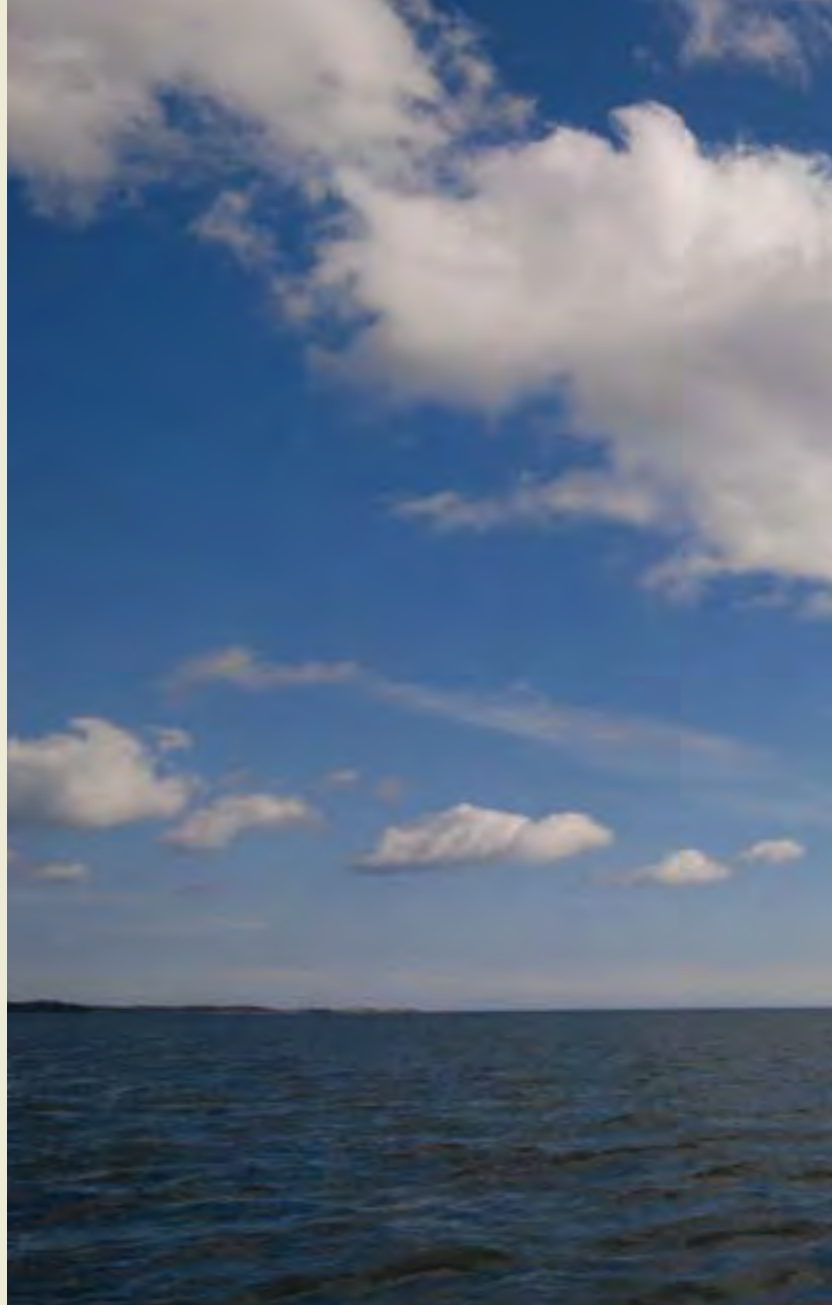
Foto: Aerobilder.

VÅRA HAVSOMRÅDEN UR TVÅ PERSPEKTIV



➔ Stora mängder sötvatten strömmar från Bottniska viken och Östersjön och vidare ut genom de danska sunden. Inströmningen av saltare bottenvatten till Östersjön och vattenutbytet mellan olika delbassänger styrs i hög grad av vattendjupet vid de trösklar som skiljer bassängerna.

Kartan visar var stationerna, varifrån data till artikeln hämtats, ligger och hur snittet i bottenprofilfiguren nedan lagts. Vattnets olika färger visar tillsammans med siffrorna salthalten, där mörkare färg indikerar högre salthalt. De vita pilarna visar strömmarnas huvudsakliga riktning.



Från Bernes, "Förändringar under ytan" (Monitor 19). Data från Winsor et al. (2001) och Fonselius (1996).

FAKTA

Dataunderlag och statistik

Östersjön-Västerhavet

Svenska data hämtade från ICES databas samt medelvärden 0–10 m från SMHIs databas SHARK. Medelkoncentrationen för sommaren baseras på 1–6 observationstillfällen vid Anholt och Fladen och 1–5 tillfällen vid BY2. Vinterdata är från ett mätillfälle i januari.

Östersjön-Bottniska viken

Analyserna baseras på olika dataset. För analys av hur inströmmande Östersjövatten påverkar Bottniska Viken har data för stationerna BY31, BY29, SR5, US5b och F9, perioden 1976–2006, hämtats från ICES databas. Vid beräkning av årsmedelvärden har samtliga observationstillfällen använts, trots stor variation i antal mellan stationer. Vi har bedömt detta som rimligt då vi främst analyserat förhållandena i djupvattnet där säsongsvariationen är liten, särskilt för totalfosfor och totalkväve. Huvudsakligen ingår 1–4 observationstillfällen per år i Bottniska viken och 3–23 vid BY31. Vinterdata kommer vanligtvis från 1–2 provtagningar i november-december. Från 2000 finns bara ett mätillfälle för SR5 och US5b. Liknande resultat erhålls även med data från en annan station i norra Egentliga Östersjön (BY29).

Bottenhavet/Bottenviken

Analys av interaktionerna i Bottniska viken baseras för oorganiska ämnen på vintervärden (januari-mars) för 1991–2006, för totalfosfor, totalkväve och salt på värden från maj, juni, november och december 1972–2006. För Bottenhavet har stationerna US5b, C3, och C14 använts (n=62). För Bottenviken stationerna F9 och F2 (n=66).

Foto: Per Bengtsson/Grön idé

En betydande mängd näringsämnen tillförs havsområdena från land och direkt med nederbörden. Cyanobakteriernas kvävefixering bidrar också med tillförsel av kväve där de förekommer. Förlust av näringsämnen ur vattenmassan sker genom sedimentation och temporär fastläggning i sedimenten och genom uttag av havsprodukter via fiske och musselodlingar.

Under senare tid har vi sett att stora variationer i näringsinnehållet i Egentliga Östersjön även förekommer utan stora ändringar av belastningen. Dessa variationer har kopplats till syreförhållandena i djupvattnet. Sämre syreförhållanden medför frisättning av fosfor från sedimenten, och tycks också under vissa förhållanden öka den bakteriella omvandlingen av

växttillgängligt kväve till otillgänglig kvävgas som då lämnar vattenmassan.

Balansen mellan dessa processer bestämmer näringstillståndet i havet, där också uppehållstiden för vattnet är av betydelse. I Kattegatt och Skagerrak befinner sig vattnet i genomsnitt några månader. Bottenhavets och Bottenvikens vatten stannar i tre respektive fem år. I Egentliga Östersjön tar det ungefär trettio år för vattnet att bytas ut. Interna biogeokemiska processer och extern tillförsel påverkar således vattnets kvalitet under olika lång tid.

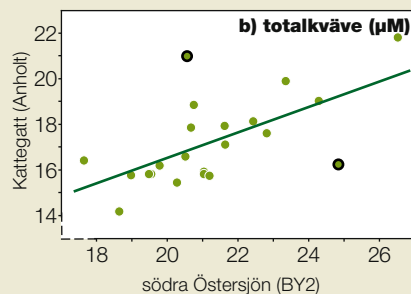
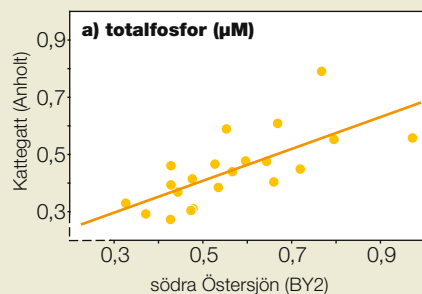
Allt hänger ihop

Vattnets rörelser i Östersjön gör det troligt att stora förändringar i Egentliga Öster-

sjöns näringsinnehåll också påverkar tillståndet i Kattegatt. Det samlade vattenflödet genom sunden är trots allt ungefär lika stort som i världens näst största flod, Zaire. Salthalten i södra Kattegatts ytvatten visar också att närmare hälften är sötvatten, merparten från Östersjön.

Förändringarna i Östersjön kan också påverka Bottenhavet. En sådan signal kan dock vara svårare att urskilja i ytvattnet, eftersom vattnet från Östersjön först blir ett djupvatten i Bottenhavet innan det med tiden når dess ytvatten. Transporten av ytvatten söderut från Bottenhavet bör i sin tur också påverka näringsförhållandena i Egentliga Östersjöns ytskikt. Liknande interaktioner kan tänkas förekomma mellan Bottenhavet och Bottenviken.

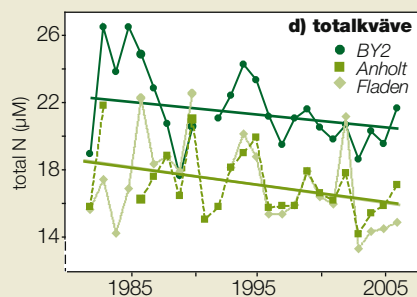
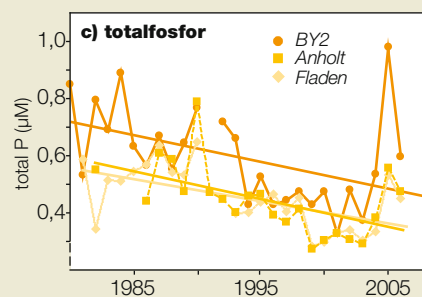
PÅVERKAN FRÅN ÖSTERSJÖN TILL VÄSTERHAVET



Förhållandena i södra Egentliga Östersjön förklarar 50% av variationen i totalfosfor (a) och nästan 40% av variationen i totalkväve (b) i södra Kattegatt. Utesluts två avvikande punkter (markerade med mörk ring) ökar förklaringsgraden för totalkväve till 69%.

Tidsutvecklingen för både totalfosfor (c) och totalkväve (d) är mycket likartad på de tre stationerna södra Östersjön, södra Kattegatt och norra Kattegatt. För båda näringsämnena är regressionslinjerna för de tre stationerna likartad.

Koncentrationen av totalkväve är vanligtvis 3–5 μM lägre i Kattegatt än i Östersjön beroende på en betydligt lägre koncentration i Nordsjön. För totalfosfor är skillnaden mellan bassängerna liten vid låga koncentrationer i Östersjön, men ökar vid höga beroende på fortsatt låg koncentration i Nordsjön.

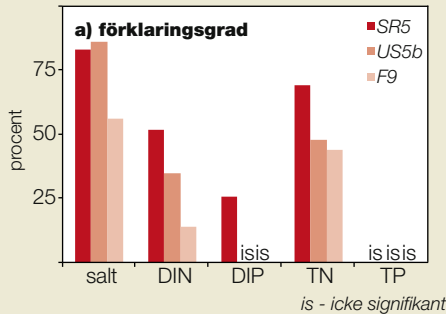


Jämförelserna i figurena gjordes på medelkoncentrationen av totalfosfor respektive totalkväve i ytvattnet (0–10 m) under sommaren, jun–aug, 1983–2006. Stationerna som ingick var station BY2 i Arkonabassängen i södra Egentliga Östersjön, Anholt E i södra Kattegatt och Fladen i norra Kattegatt.

Näringsförhållandena i södra Kattegatt beror till betydande del på näringsinnehållet i södra Östersjöns ytvatten genom påverkan av Baltiska ytströmmen.



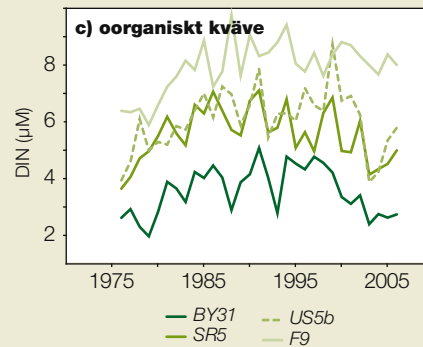
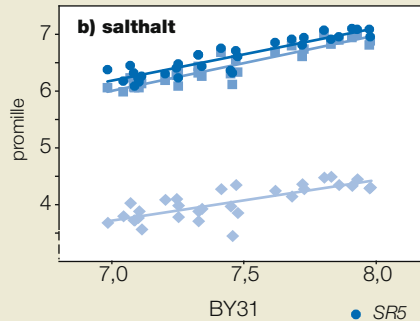
PÅVERKAN FRÅN ÖSTERSJÖN TILL BOTTNISKA VIKEN



a) En sammanställning av hur stor del av mellanårsvariationen i Bottniska vikens djupvatten som kan förklaras av medelkoncentrationen i norra Egentliga Östersjöns mellanskikt. Endast signifikanta värden redovisas.

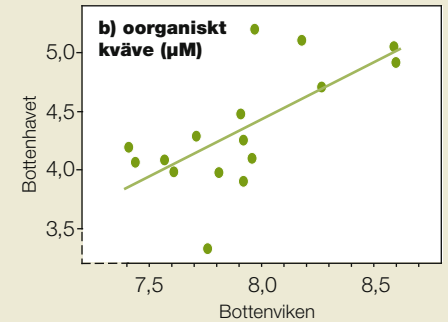
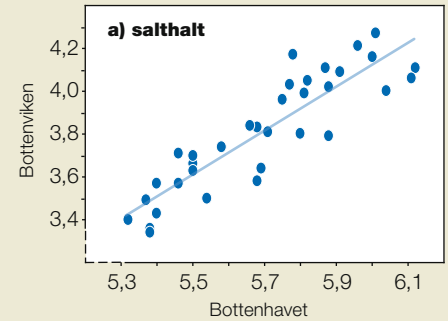
b) Salthalten påverkas i stor utsträckning. Figuren visar hur årsmedelsalthalten i Bottniska vikens djupvatten samvarierar med den i Östersjön. En korskorrelationsanalys tyder på att vattnet når södra Bottenhavet samma år som det lämnar Egentliga Östersjön, norra Bottenhavet efter ungefär ett och Bottenviken efter två år.

c) Kväve, både oorganiskt (DIN) och totalkväve (TN), visar starka samband och den långsiktiga utvecklingen har varit likartad i alla bassänger.



Värden från norra Egentliga Östersjön, (station BY31, 40-60 m djup) har jämförts med djupvattnet i södra (SR5) och norra Bottenhavet (US5b) och i Bottenviken (F9).

PÅVERKAN MELLAN BASSÄNGERNA I BOTTNISKA VIKEN



Bottenhavets ytvatten bildar Bottenvikens djupvatten, och förklarar nära 80% av variationen i salthalt (a). En liknande påverkan från Bottenhavets ytvatten finns för totalkväve.

Bottenvikens höga halt av oorganiskt kväve bestämmer i sin tur huvuddelen av dess halt i Bottenhavets ytvatten (b). I övrigt är interna processer viktigare för bassängernas näringshalter, och tydliga interaktioner saknas.

Jämförelsen gjordes med data från vår och höst 1970-2006 respektive med vintervärden 1990-2006.

Här använder vi svenska miljöövervakningsdata för att bedöma hur stark denna påverkan är genom att analysera hur koncentrationen av näringsämnen samvarierar mellan bassänger.

Mycket näring från Östersjön

Näringsförhållandena i södra Kattegatt beror till betydande del på näringsinnehållet i södra Östersjöns ytvatten genom påverkan av Baltiska ytströmmen.

Mängden totalfosfor och totalkväve i ytvattnet i Arkonabassängen i södra Östersjön förklarar ungefär hälften av ämnens variation vid Anholt i södra Kattegatts ytvatten under sommaren. Längre norrut, vid Fladen, är sambandet för totalfosfor signifikant men förklarar bara en tredjedel av variationen. För totalkväve är sambandet inte signifikant. Halternas förändring i tid vid de tre stationerna är också likartad och regressionslinjernas lutning är mycket lika varandra.

Även vinterkoncentrationerna av löst oorganiskt fosfor, DIP, i södra Östersjön förklarar över hälften av variationen i Kattegatt. Det gäller för både Anholt och Fladen. Koncentrationen av oorganiskt kväve, DIN, under vintern förklarar en tredjedel av variationen vid Anholt, men endast en femtedel vid Fladen. Till skillnad från totalkväve är koncentrationen av oorganiskt kväve betydligt högre i Nordsjön än i Östersjön. Detsamma gäller däremot inte DIP i relation till totalfosfor.

Sammantaget tyder detta på att ändrade näringsförhållanden i Kattegatt till stor del orsakas av variationer i näringsinnehåll i Östersjöns ytvatten, och inte av lokala utsläpp till Kattegatt. Eftersom Kattegatt är ett blandningsområde för ytvatten från Östersjön och vatten från Skagerrak, behövs en betydligt bättre upplösning i rummet än vi haft tillgång till för att få en mer heltäckande bild av hur Östersjön påverkar Kattegatt. Här behövs en fördju-

pad analys för att bättre kvantifiera betydelsen av mänskligt orsakade utsläpp från västkusten och Danmark. Tillståndet i Östersjön förefaller ha en större betydelse för vattenkvaliteten i Västerhavet än tidigare uppmärksammats.

Trösklarna skyddar Bottniska viken

Djupvattnet i Bottenhavet bildas huvudsakligen av vatten från ungefär femtio meters djup i norra Egentliga Östersjön. Medföljande näringsämnen tillförs därmed i ett första skede Bottenhavets djupvatten, men blandas relativt snabbt upp i ytvattnet, eftersom vattenmassans skiktning där är ganska svag. På samma sätt bildas Bottenvikens djupvatten av vatten från Bottenhavets mellanskikt. Det inströmmande vattnet från Östersjön når norra Bottenhavet efter ungefär ett och Bottenviken efter två år.

Näring från söder påverkar

Näringsämnen som följer med vattnet kan, om flödet är tillräckligt stort, påverka näringsstillståndet i Bottniska viken. Näringsnivåerna i de båda havsområdena skiljer sig för flera ämnen, så koncentrationerna kan både öka och minska. Koncentrationen av fosfat i Egentliga Östersjön är ungefär dubbelt så hög som i Bottenhavet, och nära tio gånger högre än i Bottenviken. Halten av totalkväve är också något högre, särskilt jämfört med Bottenhavet. Koncentrationen av kisel och oorganiskt kväve är däremot betydligt lägre i inströmmande Östersjövatten än i Bottniska viken.

Det är stor skillnad på hur stor del av mellanårsvariationen i näringsämnenas koncentration som kan förklaras av halterna i Egentliga Östersjön. När det gäller fosfor är sambanden svaga. Eftersom Egentliga Östersjön står för 90 procent av fosfortillförseln till Bottenhavet verkar interna biogeokemiska processer snabbt förändra halterna. För kväve finns starkare samband och den långsiktiga utvecklingen har varit likartad i alla bassänger. För totalkväve är sambandet starkt för alla stationer. För oorganiskt kväve blir sambandet svagare med ökat avstånd från Egentliga Östersjön.

Om man istället tittar på ytvattnet i Bottniska viken så följer salthalten generellt den i det inströmmande vattnet, men

med ett svagare samband än för djupvattnet. Detta orsakas av en viss tröghet i vertikalomblandning på grund av den skiktning av vattenmassan som ändå förekommer i Bottenhavet. Det enda näringsämne i det inströmmande vattnet som samvarierar med koncentrationen i ytskiktet i Bottniska viken är totalkväve, där tillströmningen från Egentliga Östersjön förklarar en knapp tredjedel av variationen i Bottenhavet. Interna biogeokemiska processer, vattenomsättning och tillförsel från land bidrar till att signalen från Östersjön försvagas med tiden.

Export av kväve från norr

Påverkan från norr till söder är också betydelsefull. Hög koncentration av oorganiskt kväve i Bottenviken påverkar halten i Bottenhavets ytvatten. Även för totalhalter av kväve och fosfor kunde ett svagt samband ses i en lång tidsserie med data endast från senhösten.

Vattnet strömmar sedan vidare söderut genom Ålands Hav. Eftersom det har en låg salthalt bildar det i första hand en ytström, men blandas successivt med djupare liggande Östersjövatten. Med Bottenhavsvattnet följer näringsämnena, som ökar eller minskar koncentrationen av motsvarande näringsämne i norra Egentliga Östersjön, beroende på om koncentrationen där är högre eller lägre.

Budgetberäkningar visar att Bottenhavet är en nettoimportör av totalfosfor, men nettoexportör av totalkväve. Eftersom koncentrationen av totalkväve är något lägre i Bottenhavets ytvatten sker en viss utspädning i norra Egentliga Östersjön. En systematiskt något lägre salthalt på station BY31 jämfört med BY29 visar att påverkan av Bottenhavsvatten på norra Egentliga Östersjön är som störst närmast Sverige.

Betydelsefulla interaktioner

Vår ambition har varit att översiktligt undersöka hur förhållandena i främst Egentliga Östersjön påverkar omkringliggande havsområden. Sammanfattningsvis visar resultaten att bassänginteraktioner bör beaktas när miljötillståndet, och framför allt behovet av åtgärder, analyseras för de enskilda bassängerna. 🐦



LIVET PÅ BOTTNARNA

**Tången på väg åter i öst
Känslig bottenfauna tappar mark
Biologisk mångfald i förändring
Stressad vitmärkla i Östersjön**

Tången på väg åter i öst

JAN KARLSSON, GÖTEBORGS UNIVERSITET / STEFAN TOBIASSON, HÖGSKOLAN I KALMAR
HANS KAUTSKY, STOCKHOLMS UNIVERSITET

Växtligheten på bottenarna längs Sveriges kuster mår generellt sett allt bättre. Men det sker saker under ytan. I södra Östersjön har tången ännu inte fullt återhämtat sig – och på vissa platser i Västerhavet har det ekologiska tillståndet stadigt försämrats.

■ Övervakningen av bottenvegetationen vid Sveriges kuster ger oss värdefull information om vattenkvaliteten i våra hav. Genom att följa förändringar hos de fastsittande algsamhällena som skapar utrymme för en stor mängd livsformer, kan vi följa hur olika miljöfaktorer påverkar den marina miljön. Kanske ringer det nu en varningsklocka. Växtligheten på våra bottenar har enligt den nationella miljöövervakningen generellt sett fortfarande en hög status – men i öst har tångens tillbakagång gynnat utbredningen av fintrådiga alger och i väst hamnar flera områden för första gången i en sämre ekologisk statusklass.

Variationer i havsbassängerna

Bottenvegetationens artsammansättning och mångfald varierar stort mellan de olika havsområdena. Typiskt för norra Bottenhavet är att smaltången (*Fucus radicans*) dominerar över den snarlika släktingen blåstång (*Fucus vesiculosus*), vilken dominerar längre söderut. Ett annat typiskt drag för Bottenhavet är att de finare sedimenten täcks av kärleväxksamhällen, tillsammans med snärjtången (*Chorda filum*) som fäster på småsten och kransalger som återfinns på sandbotten. Bland kransalgerna är borsträse (*Chara aspera*) och havsrufse (*Tolypella nidifica*) vanligast, där havsrufse ofta utgör vegetationsbältets nedre gräns i skyddade, sandiga lokaler. Bottenhavets



Blåstång av olika bålbredd som växer bredvid varandra i Bottenhavet. Ruskorna till höger i bild är något bredare än tången till vänster – men att avgöra om de också är två olika arter är nära omöjligt i fält.

Foto: Hans Kautsky

hårda bottenar saknar nästan helt blåmusslor (*Mytilus edulis*), till skillnad från Egentliga Östersjöns rika musselsamhällen.

I norra Egentliga Östersjön förekommer, med några få undantag, samma arter som i Bottenhavet. Blåstången har de senaste tio åren visat en tendens att växa på allt större djup, och finns nu ända ned

till 7-8 meters djup. I norra Östersjön finns blåmusslor på hårda ytor på alla djup. Även rödalger kräkel (*Furcellaria lumbricalis*) och ullsleke (*Ceramium tenuicorne*) förekommer i större mängder i norra Östersjön än i Bottenhavet. På blandade och mjuka bottenar finner vi samhällen med kärleväxter, medan de vid ytan vanligaste algerna

varierar från sommarens ettåriga, fintrådiga grönsläck (*Cladophora glomerata*) till sensommarens och höstens dominerande ullsleke.

Klarare vatten vid Gotland

Provtagningsområdet utanför Gotland är tänkt att återspegla utvecklingen i Egentliga Östersjöns utsjöområden. Vattnen runt Gotland är i allmänhet klarare än vid fastlandskusten, och vi finner därför arter fastsittande ner till större djup. Till exempel påträffas den fleråriga rödalgen rödblåd (*Coccolytus truncatus*) på stenblock vid Hoburgs och Midsjö bankar, mer än 30 meter under ytan. Blåstången går, där den förekommer, lite djupare ner vid Gotland än vid fastlandet. Men de långgrunda stränderna i kombination med relativt instabilt substrat, framför allt på Gotlands östkust, gör att det bara finns mindre mängder blåstång på mellandjupen. På Gotlands västkust skapar det klara vattnet i kombination med områdets unika klintpallar ett av de mest produktiva områdena i Östersjön. På djup ned till en meter kan torrvikten av blåstång överstiga tre kilo per kvadratmeter. I övrigt har området mindre påväxt av trådslick (*Pylaiella* sp.) men fler och kraftigare rödalger, med fjäderslick (*Polysiphonia fucoides*) som dominerade art.

Försämring i söder

Vid Sveriges sydkust sker övervakningen av makrovegetation i två områden: Torhamn och Tärnö i Blekinge skärgård. Områdena domineras av låga klipp- och moränöar, där de undersökta lokalerna huvudsakligen ligger i den yttre delen av skärgården.

De grunda hårbottenarna i detta område har tidigare dominerats av tångsamhället, med blåstången som viktigaste bältesbildande alg. Även sågtång (*Fucus serratus*) förekommer. Men i takt med en försämrade vattenkvalitet har tångarterna minskat sin utbredning både areellt och i djupled sedan 1990. Istället har fintrådiga grön-, brun- och rödalger ökat i förekomst.

Den kraftigaste förändringen inträffade i mitten av 1990-talet, framförallt på lokaler i ytterskärgården där tången exponeras för vågor. Situationen har till viss del förbättrats de senaste åren, men tångbestånden har ännu inte helt återhämtat sig och har långt kvar till den utbredning de hade fram till 1994.

Områden utan tång

Under 2007 identifierades totalt 23 olika arter eller släkten av bottenväxter inom sydkustens provtagningsområden. Rödalger domineras, både vad gäller diversitet och täckningsgrad. Närmast ytan är ullsläke vanligast tillsammans med grönsläck, medan vi från cirka en halv meters djup finner blåstång och lite djupare även sågtång. På vissa lokaler dominerar tången helt ner till ett par meters djup, men i genomsnitt har den en betydligt blygsammare täckning och ersätts av rödalgen ullsleke.

Ytterligare lite djupare dominerar andra rödalger. Fjäderslick och kräkel är absolut vanligast, men ytterligare fyra arter förekommer i princip på alla undersökta lokaler. Rödalgsamhället fortsätter ner i djupet och på tolv meters djup täcker det över 50 procent av botten. Täckningsgraden avtar mot djupet, och vid cirka 20 meter finns bara fyra arter kvar, vilka tillsammans täcker knappt tio procent av bottenytan.

Vid sidan av den nationella miljöövervakningen sker också en regional utsläppskontroll. Resultaten när det gäller mängden tång vid de 20 nya lokaler som nu ingår i miljöövervakningen skiljer sig inte märkbart från de regionala mätningarna, utan överensstämmer i stort med hur det ser ut längs resten av Blekingekusten. På sina håll täcker tångsamhället nära 100 procent av bottenytan – men inte mindre än fyra av de 20 lokalerna saknar nästan helt förekomst av tång.

Skräppetaren minskar i väst

Förra året introducerades sex nya provtagningsområden för bottenvegetation, belägna i Halland väster om Onsala halvön. I området registrerades 54 arter eller släkten, att jämföra med 50 i Gullmarsfjordens mynning i Skagerrak. Fördelningen mellan olika röd-, brun- och grönalger är likartade, men när det gäller arternas fördelning i djupled skiljer sig kustområdena åt. I Onsalaområdet finns ett betydligt högre antal arter i varje djupintervall. Skillnaderna påverkar dock inte statusbedömningen av vattenkvalitet.

En sammanställning av tillståndet vid Skagerrakkustens lokaler de senaste två åren visar att brunalgen skräppetare (*Laminaria latissima*) minskat kraftigt, både vad gäller förekomst och bladyta. Skräppetarens nedre växtgräns har förflyttats till

grundare nivåer, från 12,5 meter 1994 till 8,3 meter vid 2007 års mätningar. Minskningen har skett i alla skärgårdstyper, men förhållandena i utsjöområdena kan dock fortfarande betraktas som normala. Under 2007 observerades en viss återhämtning av skräppetaren, såväl längs den svenska som längs den norska Skagerrakkusten. Den övre växtgränsen har under samma period legat tämligen konstant. I Kattegatt visar skräppetaren inte motsvarande negativa utveckling, utan förhållandena var under förra året normala. 🐟



Provtagningarna i Östersjön sker med fria skattningar av olika arters djuputbredning och täckningsgrad längs med en metermärkt transektlinja.

Foto: Hans Kautsky

Växtsamhällena förändras

Jan Karlsson, Göteborgs universitet / Stefan Tobiasson, Högskolan i Kalmar /
Hans Kautsky, Stockholms universitet

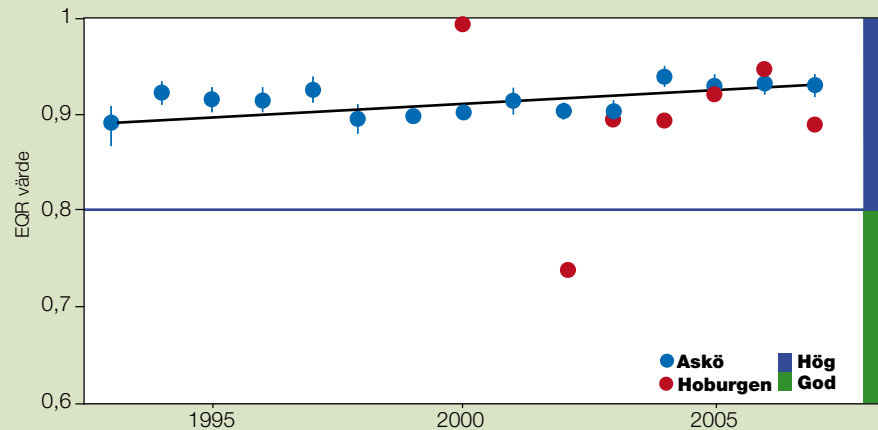
Östersjön

Växtligheten på lokalerna vid Höga Kusten har en hög ekologisk status. I Asköområdet har statusen under de senaste femton åren varit hög och signifikant ökande. Lokalen vid Hoburgen på Gotland varierar något mer men i allmänhet är statusen hög även här.

Längs Sveriges sydkust är den ekologiska statusen för makrovegetation överlag hög. Endast i vattenförekomsten Källafjärden klassas den istället som god. Som underlag för bedömning av ekologisk status på sydkusten används djuputbredningen för fem arter. I tre av sydkustens sju vattenförekomster kan gällande bedömningsgrunder inte tillämpas, eftersom det i dessa områden bara undersöks en eller två lokaler. Tillståndet i dessa tre områden liknar dock övriga lokaler, vilket gör att statusen ändå skulle kunna anges som hög. En sådan klassning bekräftas också av äldre data.

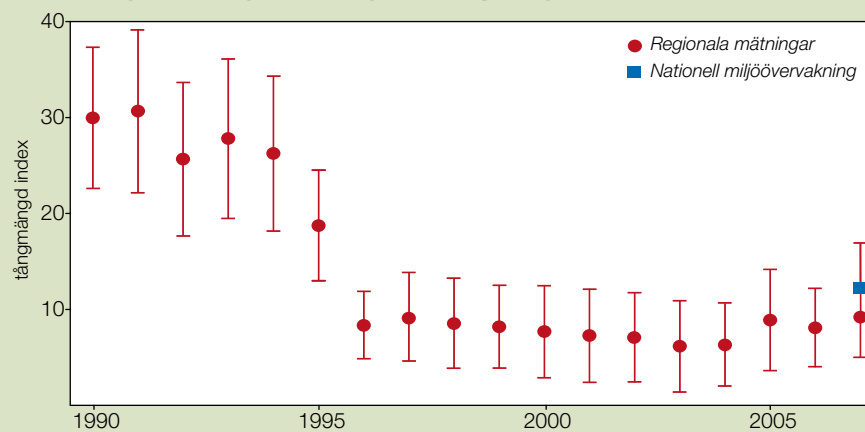
Förekomsten av tång i Blekinge ytterskärgård har minskat avsevärt sedan 1990-talet. Figuren visar resultaten från regional övervakning på åtta lokaler från 1990 och framåt, och från den nationella övervakningen på 20 lokaler från 2007. Förekomsten av tång anges med ett särskilt index, där täckningsgraden i procent multiplicerat med antalet sträckmeter. Figuren visar medelvärde $\pm$ SE. ↗

EKOLOGISK STATUS I ÖSTERSJÖNS VÄXTSAMHÄLLEN



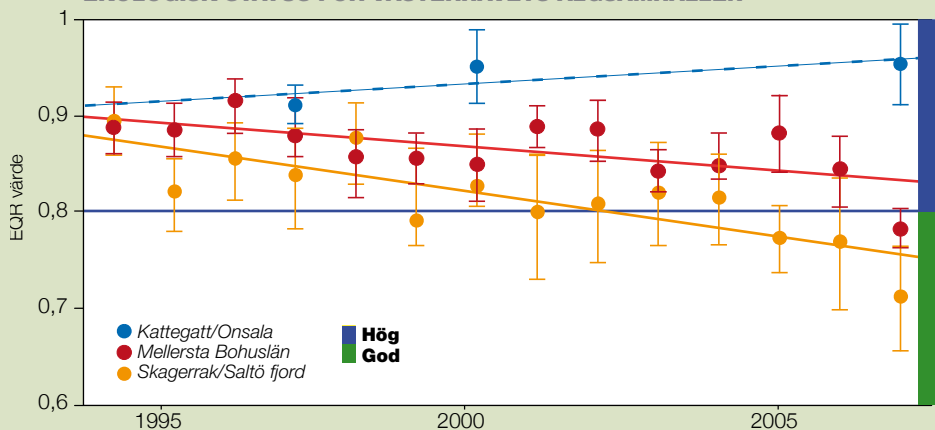
↗ Sedan mätningarna började 1993 har Askö-området uppvisat en förbättrad kvalitet. Mätningarna på Gotland (Hoburgen) varierar, men statusen är i allmänhet god även där. Figuren visar medelvärde $\pm$ SE (Hoburgen består av bara en lokal varför inget spridningsmått anges).

MÄNGDEN TÅNG I BLEKINGE YTTERSKÄRGÅRD



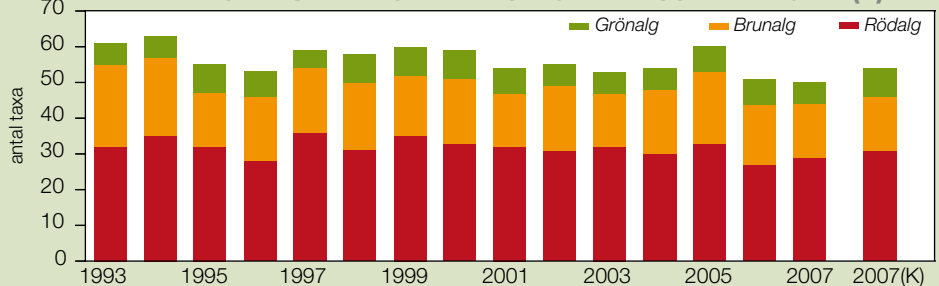
Kransalger och snärjtång på en grusig sandbotten på någon meters djup. Bilden är från Höga Kusten.

EKOLOGISK STATUS FÖR VÄSTERHAVETS ALGSAMHÄLLEN



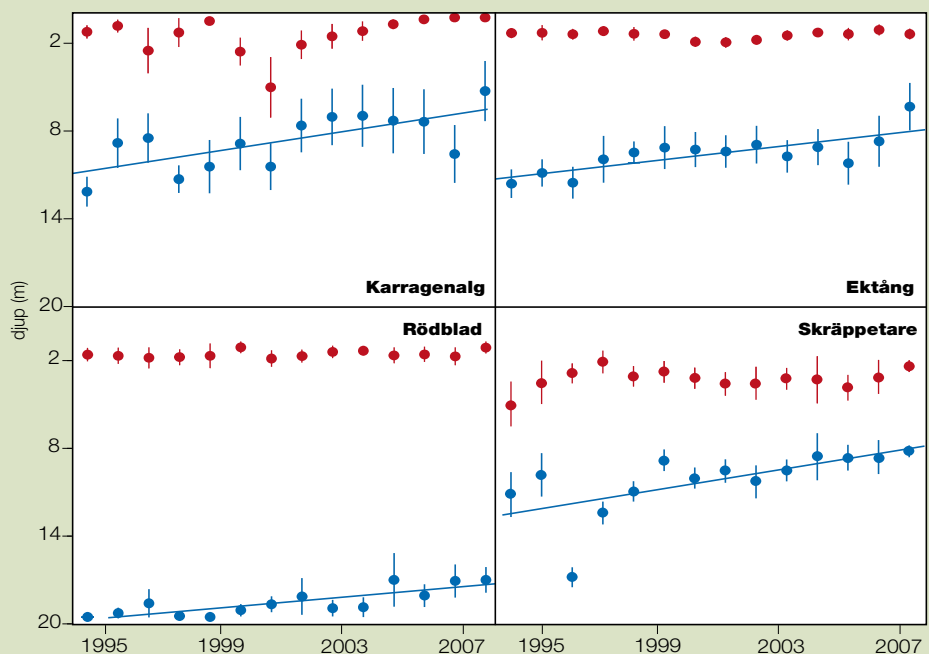
➤ För provtagningsområdet i mellersta Bohuslän skärgård bestäms statusen i år för första gången som "god", istället för som tidigare "hög". Figuren visar medelvärde $\pm$ SE. EQR-värdet är ett mått som används för att beskriva den ekologiska kvaliteten, där 1 står för högsta möjliga status.

ANTAL ÅRLIGEN FUNNA ALGARTER I SKAGERRAK OCH KATTEGATT (K)



➤ Mellan 50 och 60 arter och släkten av alger observeras årligen på lokaler i Skagerrak och Kattegatt. Cirka hälften av arterna är rödalger, tio procent är grönalger och resterande arter är brunalg. Staplarna i figuren redovisar mätningar i Skagerrak. Sedan 2007 mäts även en lokal i Kattegatt, märkt (K) i figuren.

ALGERS UTBREDDNING PÅ DJUPET I VÄSTERHAVET



HAVET 2008

Västerhavet

I Västerhavet finns tre vattenförekomster representerade inom det nationella programmet: två i Skagerrak och en i Kattegatt. Samtliga områden ligger i ytter eller mellanskärgård. Som underlag för bedömningen av ekologisk kvalitetsstatus används här åtta algarters djuputbredning.

I Kattegatt vid Onsalahalvön baseras klassningen både på provtagningar inom miljöövervakningen 2007, och på provtagningar gjorda av Länsstyrelsen i Hallands län 1997 och 2000. Den ekologiska statusen i Kattegatt bedöms som hög, och värdena inom statusklassen är dessutom mycket höga. Det skall dock poängteras att få års data gör trendtolkningen osäker.

I Skagerrak uppvisar de båda övervakade vattenförekomsterna i mellersta Bohuslän skärgård de lägsta värdena sedan provtagningens början. Trenden är signifikant nedåtgående, och i båda områdena måste statusen för första gången sedan början av 1990-talet klassas som god i stället för som tidigare hög. Förändringen betingas av ett signifikant minskat växtdjup hos fyra av de åtta arterna som används för statusbedömning. Ribbeblad (*Delesseria sanguinea*) och kräkel har oförändrade växtdjup, medan trenden för gruppen rödblad (*Phyllophora pseudoceranoides* & *Coccotylus truncatus*) visar ökande växtdjup. Förutom en minskad vertikal utbredning uppvisar tre av arterna även en signifikant minskad täckningsgrad.

Avslutningsvis bör det dock påpekas att de bedömningsgrunder som använts för att utvärdera ekologisk status för bottenvegetation är nyligen utvecklade. I vissa avseenden är de dåligt anpassade till den övervakning som bedrivs och det är ibland osäkert hur de speglar förändringar i miljön. De bedömningar som görs här bör därför ses som ett led i en vidareutveckling samtidigt som de trots allt utgör det för tillfället mest objektiva sättet att bedöma statusen hos våra vegetationsklädda bottenar.

➤ Fyra av åtta arter som studeras inom miljöövervakningen visar en signifikant grundare nedre växtgräns. Detta gäller för karragenalg, ektång, rödblad och skräppetare. Röda symboler anger övre växtgräns, blå symboler den nedre växtgräns. Medelvärde $\pm$ 95% konfidensintervall.

Känslig bottenfauna

tappar mark

JAN ALBERTSSON, UMEÅ MARINA FORSKNINGSCENTRUM / HANS CEDERWALL, STOCKHOLMS UNIVERSITET

Bottenfaunasamhället i Östersjön har förändrats på senare tid. En närmare undersökning visar att föroreningståliga arter ökat, medan de arter som är mer känsliga för föroreningar har minskat. I Bottniska viken är de två mest genomgripande förändringarna havsborstmasken *Marenzelleria*s invandring och spridning samt vitmärlepopulationernas krasch kring sekelskiftet. Även i Egentliga Östersjön förändras bottenfaunasamhällena, även om förändringarna där kanske är något mindre dramatiska.

■ Östersjöns bottenfauna är mycket artfattig, och det kan vara svårt att dra slutsatser om orsakerna till förändringar i artsammansättningen, eller fastställa generella mönster för denna förändring. Klart är dock att artsammansättningen förändrats under senare tid, framförallt i Bottniska viken.

Fortsatt invasion av havsborstmask

En tydlig förändring är invasionen av den främmande havsborstmasken *Marenzelleria*. Den påträffades för första gången i Östersjöns södra delar under 1980-talet, dit den sannolikt kommit med ballastvatten från fartyg. I det nationella-regionala övervakningsprogrammet i Bottniska viken påträffades den första gången i mitten av 1990-talet, och därefter följde en snabb expansion. Havsborstmasken hittas nu på 80–85 procent av provtagningsstationerna i Bottenhavet och i norra Egentliga Östersjön, samt på nästan 10 procent av stationerna i Bottenviken.

Det senaste året har den vunnit ytterligare terräng, då den också etablerade sig i utsjöområdena vid Höga Kusten och

Hornslandet i Bottenhavet, samt Malören i norra Bottenviken. Dessutom påträffades den i ett par exemplar i Bolidenområdet utanför Skellefteå där den aldrig tidigare hittats. I Stockholms skärgård finns den nu på alla undersökta lokaler, om än i blygsamma kvantiteter, och i Asköområ-

det noteras en ökning de tre senaste åren jämfört med tidigare.

Svag återhämtning av vitmärlan

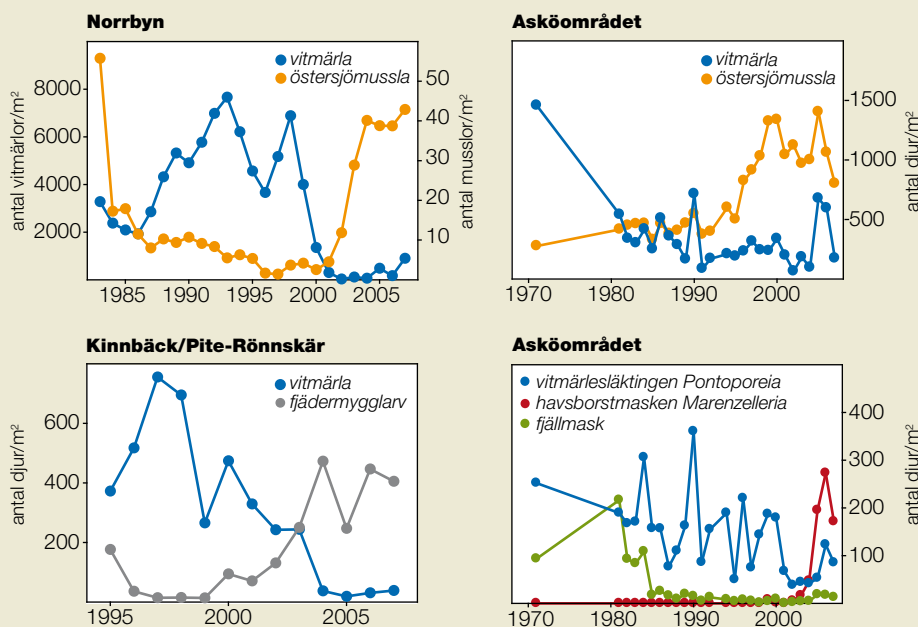
Vitmärlepopulationernas kraftiga nedgång i Bottniska viken registrerades först i Norrbyområdet kring år 2000, och de följande



van Veen-huggaren på väg mot ytan med ett bottenprov.

Foto: Måke Borgel

FÖRÄNDRINGAR I BOTTENFAUNAN



← Bottenfaunan har förändrats över tiden i flera delar av Östersjön. Den känsliga vitmärlo *Monoporeia affinis*, och i Asköområdet även den besläktade arten *Pontoporeia femorata* samt havsborstmasken fjällmask *Bylgides sarsi*, har minskat till förmån för andra och ofta tåligare arter. Figuren visar områdesmedelvärden från Norrbyns utsjöområde i norra Bottenhavet, kustområdet kring Kinnbäcksfjärden i mellersta Bottenviken och Asköområdet i norra Egentliga Östersjön.

Havsbottnarna i Östersjön är relativt artfattiga. Runt ishavsgråsuggan i mitten på bilden syns spår efter den nyinvandrade havsborstmasken *Marenzelleria*.

åren spred sig nedgången till andra områden nära Norra Kvarnen. Inom några få år var nedgången ett faktum i alla undersökta områden i Bottniska viken. Minskningarna var mest dramatiska i de kustnära områdena och något mindre i utsjön. Efter ett par år började vitmärloarna att återhämta sig i utsjöområdena, medan återhämtningen i de kustnära områdena var svag eller obefintlig. I ett område, Rånefjärden i norra Bottenviken, tycks vitmärloarna till och med ha försvunnit helt.

Vitmärlo har minskat även i Egentliga Östersjön. Där skedde minskningen under 1970-talet och därefter har minskningen inte varit lika dramatisk som i Bottniska viken. I Asköområdet har vitmärlo till och med ökat tillfälligt 2005 och 2006 men föll tillbaka igen 2007 till de låga nivåerna.

Vi saknar tyvärr ännu kunskap om anledningen till vitmärloarnas tillbakagång. Svårt, möjligen i kombination med parasitangrepp, förefaller vara det mest troliga scenariot. Svälten kan i sin tur möjligen ha haft samband med faktorer som stor ålvarinring, högre vintertemperatur eller överbefolkning i vitmärloesamhället.

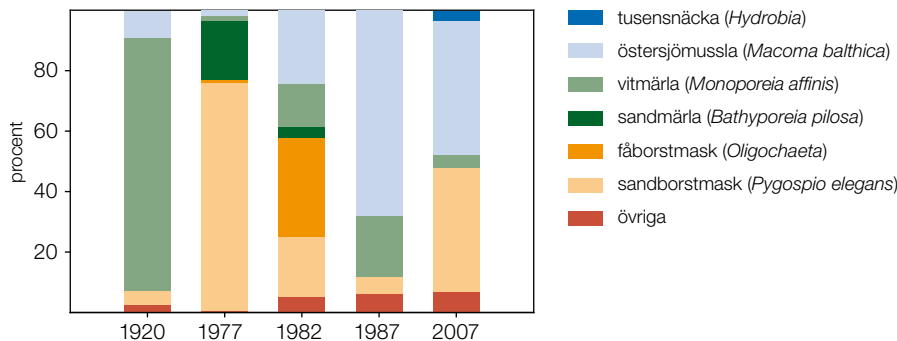
Spår av vitmärloarnas reträtt

I spåren av vitmärloarnas nedgång sker även andra förändringar. I Norrbyns utsjöområde har Östersjömusslorna ökat påtagligt i numerär sedan år 2001. Innan dess var

östersjömusslornas täthet på dessa bottenar mycket låg under femton år, samtidigt som tätheten av vitmärlo uppgick till flera tusen per kvadratmeter. Dessa observationer förefaller ge stöd åt tidigare teori att höga tätheter av vitmärlo påverkar östersjömusslor negativt. Vitmärloarna tros, genom sin intensiva omrörning av bottenarna, orsaka att unga små östersjömusslor hamnar djupare ned i sedimentet och dör. Även i Egentliga Östersjön har östersjömusslan ökat efter vitmärloarnas nedgång, men den kraftigaste ökningen kom först under 1990-talet, nästan tjugo år efter vitmärloarnas nedgång. Andra arter påverkades mer direkt av nämnda nedgång där. Exempelvis blev den rovlevande havsborstmasken *Bylgides sarsi* mycket sällsynt i området efter mitten av 1980-talet, medan korvmasken *Halicryptus spinulosus* i stället ökade.

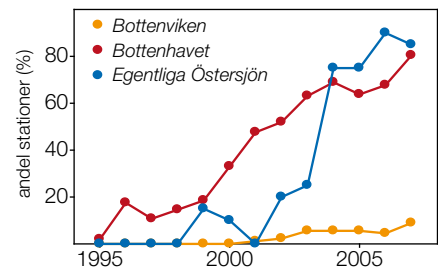
I andra områden, exempelvis Kinnbäcksfjärden i Bottenviken, har vissa sötvattenslevande djur, som fjädermygglarver, sötvattensgråsuggor och fåborstmaskar brett ut sig i spåren av vitmärloarnas nedgångar. Här kan man spekulera över om minskad konkurrens från de tynande vitmärlopopulationerna banat vägen för expansionen av dessa grupper. Bevis för detta saknas dock.

ARTSAMMANSÄTTNING GOTLAND



➤ På en av lokalerna vid Gotlands ostkust har ett tidigare helt vitmärledominerat bottendjurs-samhälle förändrats till att mest bestå av östersjömussla *Macoma balthica* och sandhavsborstmask *Pygospio elegans*. De senare två arterna anses mer tåliga och förändringen bidrar därför till att sänka miljöstatusen.

FÖREKOMST: MARENZELLERIA



➤ Den invandrande havsborstmasken *Marenzelleria* har spridit sig snabbt i Östersjön och återfinns nu på merparten av de övervakade stationerna i Bottenhavet, och i Asköområdet i norra Egentliga Östersjön. I Bottenviken är den inte lika spridd ännu, men utbredningen ökar även där.

Känsliga arter tappar mark

I Stockholms skärgård har dominansförhållandena förändrats i bottenfaunasamhällena. Föroreningskänsliga arter som fjällmask *Bylgides sarsi* och vitmärlorna, *Monoporeia affinis* och *Pontoporeia femorata* har minskat medan tåliga arter ökat, såsom Östersjömusslan *Macoma balthica*, eller tillkommit, såsom havsborstmasken *Marenzelleria*. Sedan 1990 har antalet taxa i området ökat från 11 till 15. De flesta tillkomna taxa är enstaka fynd, men snäckan *Potamopyrgus antipodarum*, som saknades 1990 hittas nu i större mängder på två stationer. Tidigare var vitmärlsläktingen *Pontoporeia femorata* vanlig på de djupare stationerna. Denna art, som anses vara känslig, saknas nu helt.

Det relativt artrika Askö-Landsortsområdet skiljer sig från övriga områden, genom att artrikedomen minskat det senaste året. Antalet hittade taxa hade minskat från 24 till 19 sedan 2006. Anta-

let individer per ytenhet var också lägre 2007 än 2005 och 2006. Föroreningståliga oligochaeter och havsborstmasken *Marenzelleria* har ökat, medan arter känsliga för föroreningar, såsom vitmärla, har minskat i området. Långsiktigt har de båda vitmärlorna och fjällmasken tappat mark sedan 1980-talet till förmån för östersjömussla och *Marenzelleria*. En liknande förändring som i Stockholms skärgård tycks alltså ha skett även i Askö-Landsortsområdet.

Vid Gotland, där man har data från 1920-talet att jämföra med, ses samma tendens som i stora delar av Östersjön. Bottenfaunasamhällena förändras till att domineras av mer föroreningståliga arter. Vitmärlan dominerade kraftigt 1920 men på senare år har andra arter som *Macoma balthica*, *Hydrobia* spp. och i viss mån *Pygospio elegans* blivit dominerande eller i alla fall vanligare.

Många tänkbara orsaker

De observerade förskjutningarna i dominansförhållanden mellan arter av olika känslighetsgrad stödjer sig endast på ett fåtal arter. Man måste därför vara något återhållsam med att dra den generella slutsatsen att föroreningskänsliga arter backat till förmån för tåliga, då andra faktorer än föroreningstålighet kan spela in. Till exempel kan förändrad födotillgång eller konkurrensförhållanden mellan arter, samt sjukdomar eller parasiter vara betydelsefulla. I ett fårtssystem kan också slumpvisa händelser som koloniseringen av den främmande havsborstmasken *Marenzelleria* starkt påverka havsområdets sammansättning av arter med olika egenskaper. Det observerade mönstret är emellertid tankvärt och bör föranleda fler analyser framöver. 🐞

Korvmask (*Halicryptus spinulosus*)

Foto: Gustaf Almquist

Sandborstmask *Pygospio elegans*

Foto: David Samuel Johnson

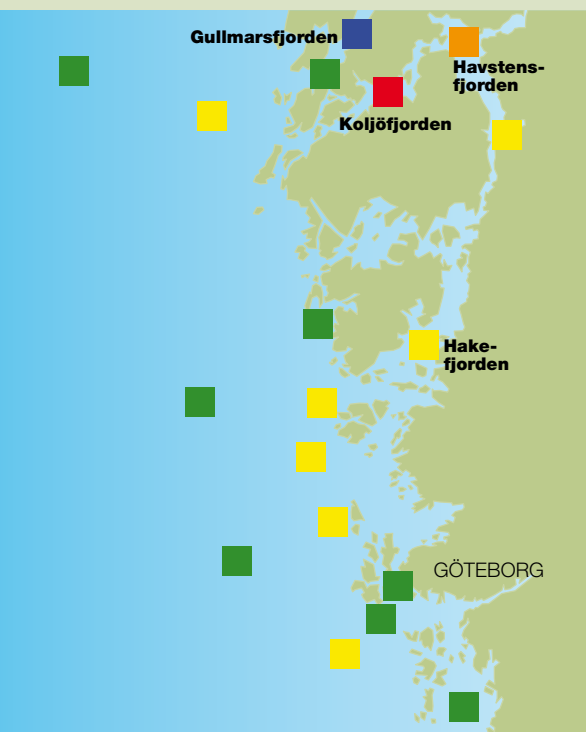
Jan Albertsson, Umeå Marina Forskningscentrum / Hans Cederwall, Stockholms universitet /
Stefan Agrenius, Göteborgs universitet / Marina Magnusson, Marine Monitoring vid Kristineberg AB

Försämringar på gång

Miljöstatusen har försämrats i flera områden sedan ifjol. Orsaken är i vissa fall låga syrekoncentrationer i bottenvattnet, medan det i andra fall är förändringar i artsammansättningen som ligger bakom försämringen. Bedömningarna baseras främst på mätningar från områden som ingår i löpande nationella och regionala övervakningsprogram. Här är det viktigt att tillägga att det finns många syrefria områden med livlösa botten där ingen regelbunden övervakning av bottenfauna sker, som exempelvis på många djupare botten i Egentliga Östersjön. Det finns dessutom många lokalt belastade recipientområden som inte ingår i den nationella-regionala miljöövervakningen, och som därför inte heller ingår i denna redovisning.

Västkusten

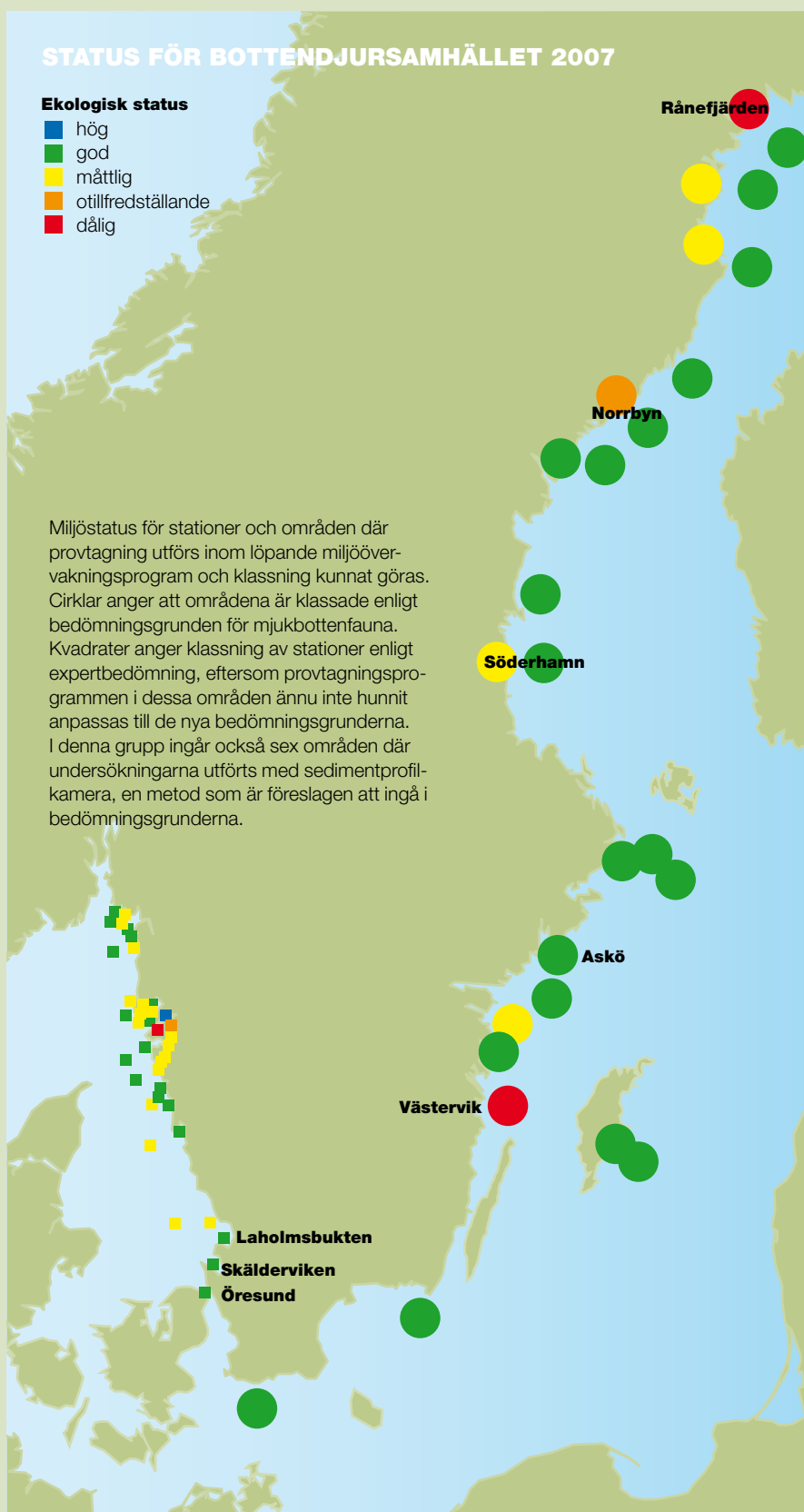
Statusen i innerskärgården och fjordarna på västkusten visar en stor variation. Den var hög i Gullmarsfjorden, dålig i Koljöfjorden och otillfredställande i Havstensfjord. I norra delen av Havstensfjord samt på flera platser i Koljöfjorden saknades makroskopiskt liv. Statusen i Havstensfjord



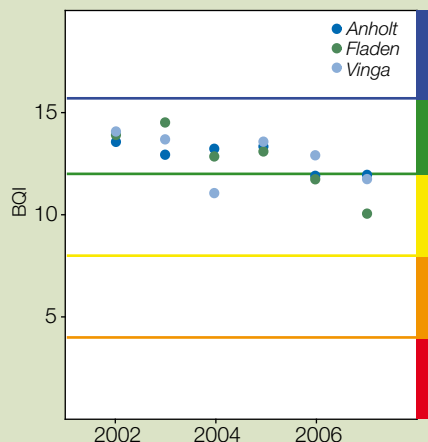
STATUS FÖR BOTTENDJURSAMHÄLLET 2007

Ekologisk status

- hög
- god
- måttlig
- otillfredställande
- dålig



KATTEGATT – ÖPPET HAV



➤ Bottenfaunasamhällets miljöstatus i form av BQI har försämrats sedan 2002 på de tre övervakade stationerna i öppna havet i Kattegatt, och når nu endast nivån måttlig. I Västerhavets mångfald av arter kan det vara svårt att urskilja enskilda arters roll i sammanhanget, och minskningen av BQI är nog snarare relaterad till en allmän minskning av art- och individantal i området.

har försämrats jämfört med året innan och Koljöfjorden har tendens till samma sak. Fjordarna innanför Orust och Tjörn i södra Bohuslän uppvisar en försämring av miljöstatus under de senaste fem åren. Detta är framförallt märkbart vid Galterö utanför Stenungsund där statusen försämrats från god till måttlig. En bidragande orsak till fjordarnas variation i status är att en del av dem tenderar att drabbas av låga syrekoncentrationer i bottenvattnet då inte inflöde av syrerikt vatten skett på länge.

Områdena vid kusten och i ytterskärgården från Lysekil till Göteborg visar en liknande negativ utveckling. Här har statusen i många fall sjunkit ned till nivån måttlig. För områdena norr och söder om detta område, det vill säga i norra Bohuslän och Halland, finns däremot inga tydliga tendenser de senaste fem åren och statusen är övervägande god, även om det finns många lokaler som endast når nivån måttlig. Öresund och Skälderviken har god status som till och med har ökat det senaste året i Skälderviken. Även Laholmsbukten visar tecken på förbättring efter att tidigare ha befunnit sig i perioder av syrebrist, senast 2002, och statusen är nu god-måttlig.

Det öppna havet i Skagerrak uppvisar inte någon trend. De tre nordliga lokalerna håller god miljöstatus. Lokalen i



Stor cylinderros (*Pachycerianthus multiplicatus*), en västkustart som lever på minst 40 meters djup.

Foto: Tony Holm/azote

södra Skagerrak utanför Marstrand varierar mycket över tid, men har under de senaste åren haft en positiv utveckling och når också nivån god 2007. I Kattegatt har samtliga tre utsjölokaler en negativ utveckling, och statusen har försämrats från god till måttlig. Orsaken är framförallt en allmän minskning av antalet arter och individer snarare än en ökning av andelen störningståliga arter.

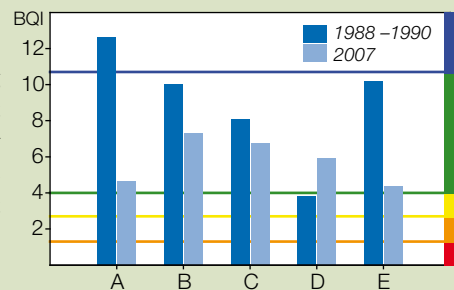
Generellt är BQI i Västerhavet högre bland lokalerna belägna i öppna havet jämfört med kust- och fjordlokaler. Ett högre artantal i öppna havet drar upp BQI där jämfört med kust- och fjordlokalerna.

Egentliga Östersjön

Bottenfaunan i Egentliga Östersjöns nationellt övervakade områden har god ekologisk status, utom utanför Västervik där statusen är dålig. Orsaken är att området är relativt djupt, och under de senaste åren har syresituationen varit extremt dålig.

Kust- och skärgårdsområdena i Stockholm, Södermanlands och Gotlands län har god status. Gryts skärgård i södra Östergötland bedöms också ha god status, medan S:t Annas skärgård i norr endast når måttlig status. Orsaken till den lägre statusen är sannolikt påverkan från Motala Ström och Söderköpingsån.

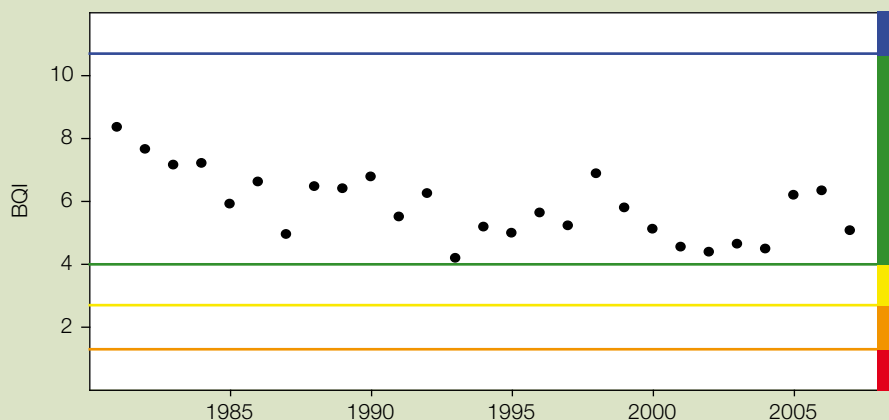
STOCKHOLMS SKÄRGÅRD



➤ Miljöstatusen hos bottenfaunasamhället i Stockholms skärgård har försämrats sedan slutet av 1980-talet på majoriteten av de fem stationer där äldre data finns att tillgå. De lägre BQI-värdena 2007 beror bland annat på att bottenfaunasamhällena nu i högre grad består av relativt tåliga arter med låga indexvärden. Miljöstatusen är dock fortfarande god.

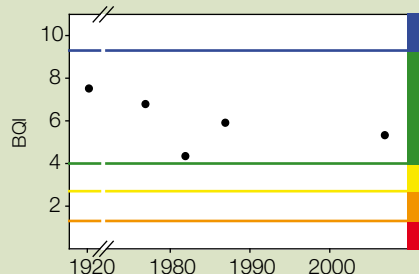
I många fall finns tecken på att BQI minskat med tiden. På fyra av fem stationer i Stockholms skärgård där tidigare data finns var BQI lägre år 2007 än i slutet av 1980-talet. Försämringen beror bland annat på att bottenfaunasamhällena nu i högre grad består av relativt tåliga arter. Miljöstatusen i området är dock fortfarande god. Även i Asköområdet var BQI värdena högre under 1980-talet än nu, även om statusen fortfarande är god. Uppgången 2005 och 2006 var delvis orsakad av en ökning av antalet vitmålur. År 2007 hade dock BQI-värdet åter fallit tillbaka.

ASKÖOMRÅDET



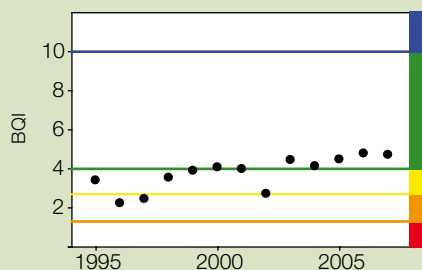
↙ BQI i Asköområdet i norra Egentliga Östersjön har minskat över tiden, men når fortfarande nivån god. Uppgången i BQI 2005 och 2006 var delvis orsakad av en ökning av vitmärslor, som dock avbröts igen 2007 och BQI-värdet föll tillbaka.

GOTLAND

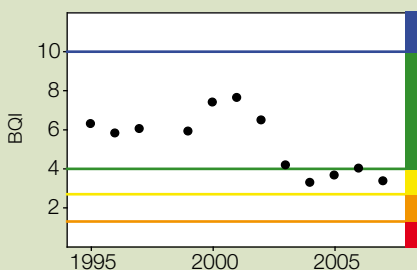


↙ Miljöstatusen i form av BQI på en av lokalerna vid Gotlands ostkust är lägre idag än i början av seklet, trots att fler olika taxa hittas nu. Förändrad artsammansättning är en viktig orsak till de lägre BQI-värdena nu. Statusen når dock fortfarande nivån god.

SÖDERHAMN – UTSJÖ



SÖDERHAMN – KUST



Vitmärslor, (*Monoporeia affinis*).

↙ I Söderhamnsområdet visar miljöstatusen i de kustnära delarna inga tydliga tecknen på återhämtning efter sänkningen vid millennieskiftet. I utsjöområdet är värdena däremot högre, och statusen klassas där som god. Den uteblivna återhämtningen i det kustnära området är till stor del ett resultat av att vitmärslans låga antal kvarstår efter kraschen vid millennieskiftet.

Vid Gotland, där jämförelser kan göras med tillståndet på 1920-talet, har statusen blivit sämre, trots att fler taxa har hittats på senare år jämfört med 1920. Detta beror på att området idag i högre grad domineras av föroreningstålga arter. Området når dock fortfarande gränsen för god status.

Bottniska viken

I Bottniska viken var den övergripande bilden av miljöstatusen 2007 relativt likartad som året innan. Samtliga utsjöområden har nu god status, sedan även klassningen av Norrbyns utsjöområde höjts ett steg. I de kustnära områdena däremot är situationen sämre. Endast Gaviks- och Edsätterfjärden samt Holmöområdet når upp till god status, efter att ha höjts ett steg sedan föregående år. Flera av de andra kustområdena når bara måttlig status, och Norrbyns kustområde har otillfredsställande status. I

Råne/Harufjärden i nordligaste i Bottenviken är miljöstatusen till och med dålig. De relativt låga statusklassningarna som gäller på många håll i de kustnära områdena är i huvudsak ett resultat av de kraftiga tillbakagångarna av den tidigare dominerande vitmärslan *Monoporeia affinis* kring millennieskiftet. Dessförinnan skulle samtliga delområden ha klassats med god status. Ett exempel på detta är Söderhamnsområdet, där miljöstatusen i kusten inte återhämtat sig efter sänkningen. I Söderhamns utsjöområde är värdena däremot högre, och statusen klassas där som god.



Foto: Andreas Palmén

↗ Bottniska vikens bottenlevande djur sällas fram ur leran.

Biologisk mångfald i förändring

MATS LINDEGARTH, GÖTEBORGS UNIVERSITET

Leriga och sandiga bottenar runt Sveriges kuster innehåller ungefär tre tusen arter av ryggradslösa djur. Djurens antal och artsammansättning används som indikatorer på miljötillståndet, exempelvis övergödning. Men mätserierna kan även användas för att beskriva förändringar i den biologiska mångfalden. En retrospektiv analys visar att artrikedomen förändrats i våra havsområden de trettio senaste åren.

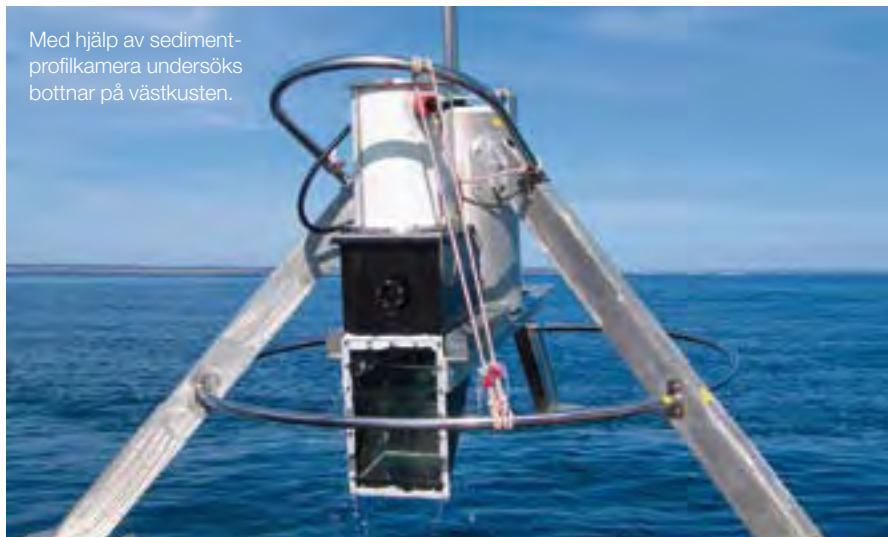
■ Den största delen av världshavens bottenar utgörs av mjuka sediment. Nedgrävda i, och krypande på ytan av dessa leriga eller sandiga bottenar lever en mycket stor mångfald av djur. Bottenarna runt Sveriges kuster innehåller ungefär 3000 arter av ryggradslösa djur.

Många arter av bottenfauna blir flera år gamla och är relativt stationära under sitt vuxna liv. Individerna påverkas under en längre tid av de miljöförhållanden som råder på den specifika plats där de lever. Eftersom vissa arter är mer toleranta än andra mot exempelvis syrebrist och föroreningar, skiljer sig sammansättningen av arter åt mellan störda och ostörda områden.

Beprövad miljöindikator

Den pågående övervakningen av bottenfauna är i första hand avsedd att vara en tidsintegrerad indikator på hur störd en bottenmiljö är av exempelvis övergödning. Mätningar av mjukbottenfaunans mängd och artsammansättning utgör sedan början på 1970-talet en viktig del i den svenska miljöövervakningen.

Mjukbottenfaunan ingår även som en viktig del i miljö kvalitetsbedömningen



Med hjälp av sedimentprofilkamera undersöks bottenar på västkusten.

Foto: Marina Magnusson.

enligt EUs vattendirektiv. För detta ändamål har man utvecklat ett kvalitetsindex, BQI. Detta index visar om en miljö är utsatt för syrebrist eller övergödning och inkluderar aspekter som antal djur, artrikedomen och förekomsten av känsliga eller toleranta arter.

Mäter även biologisk mångfald

På uppdrag av Naturvårdsverket genomfördes under 2007 en retrospektiv analys av data från mätprogrammen, för att utreda om dessa även kan beskriva förändringar i den biologiska mångfalden. Bland annat analyserades hur antalet arter som observerats under enskilda år har förändrats i Västerhavet, Egentliga Östersjön och Bottniska viken sedan övervakningen påbörjades. Analysen innefattade alla data som rapporterats in till den nationella databasen mellan åren 1971 och 2005.

Det visar sig att övervakningen ger värdefull information om den långsiktiga

utvecklingen av biodiversitet i Västerhavet och Östersjön. Informationen kan spela en avgörande roll i uppföljningen av åtgärder inom havsmiljöpolitiken, inklusive mål och konventioner om biologisk mångfald.

Förändringar under trettio år

Inom den svenska miljöövervakningen har man hittat nästan 700 arter av flercelliga djur större än 1 mm, så kallad makrofauna, i Västerhavet. Av dessa är 280 arter havsborstmaskar, 180 kräftdjur, 160 musslor och snäckor och 30 tagghudingar. I Egentliga Östersjön och Bottniska viken har man under samma tid hittat ungefär 70 arter.

Mätserier från de senaste trettio åren visar dock att artrikedomen i våra olika havsområden långsiktigt förändras, både i Västerhavet, i Egentliga Östersjön och i Bottniska viken.

Minskningar och ökningar

Att det observeras betydligt fler arter per



Påfågelsrörmasken (*Sabella pavonina*) lever i ett rör som den gör av sand, lera och slem

Foto: Tony Holm/azote

år i Västerhavet jämfört med de andra två havsområdena är föga överraskande. Mer förvånande är att antalet observerade arter förändrats på olika sätt i Västerhavet och i Östersjön. I Västerhavet har antalet observerade arter minskat från början av 1980-talet till en bit in på 2000-talet, medan antalet ökat något både i Egentliga Östersjön och i Bottniska viken. Det visar sig dessutom att hastigheten med vilken artantalet ökar är mycket samstämmig mellan Östersjöns båda havsområden, medan minskningen i Västerhavet bara hälften så snabbt.

Långsiktiga förändringar

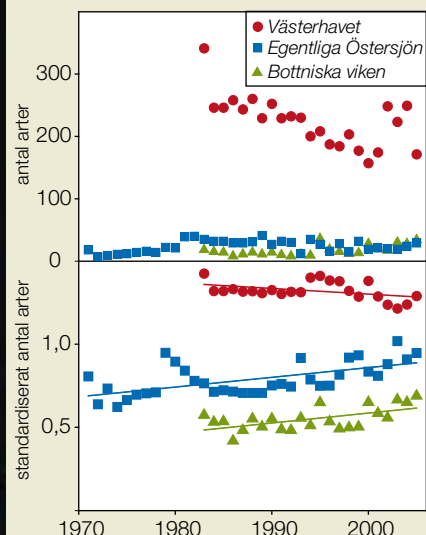
Även om det finns en hel del kortsiktig variation i diversitet mellan år är det övergripande intrycket inte att det skett plötsliga förändringar under senare år. Istället förefaller det som om diversiteten i våra havsområden genomgått en relativt stadig, långsiktig förändring. Förändringen kan observeras i Egentliga Östersjön sedan

början av 1970-talet, och i Västerhavet och Bottniska viken sedan början av 1980-talet.

Samstämmighet mellan djurgrupper

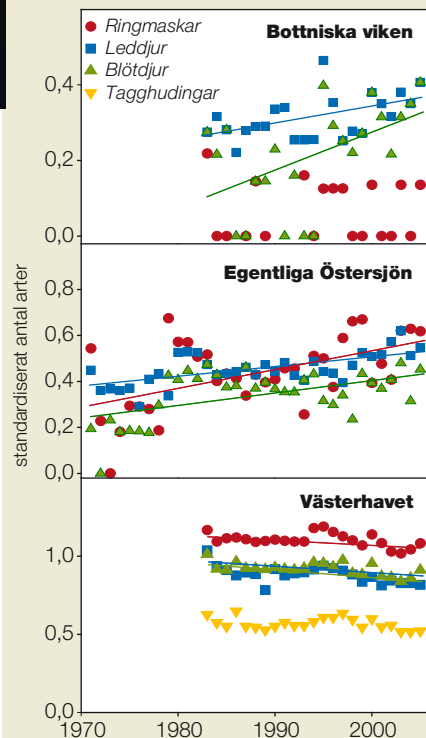
Förändringarna har ägt rum inom flera av de större grupperna av ryggradslösa djur. I Västerhavet har diversiteten av ringmaskar (annelider), leddjur (artropoder) och blötdjur (mollusker) minskat. Tagghudingar (echinodermer) har däremot inte förändrats märkbart. De grupper i Västerhavet som minskat i diversitet uppvisar en slående samvariation, inte bara i det långa perspektivet utan även kortsiktigt. I Egentliga Östersjön ökar diversiteten av ringmaskar, leddjur och blötdjur, medan endast de två sistnämnda ökar i Bottniska viken. Även i dessa båda havsområden finns en tendens att diversiteten hos olika grupper varierar samstämmigt. Detta gäller framförallt leddjur och blötdjur.

ANTAL ARTER



➤ I Västerhavet har antalet observerade arter minskat från början på 1980-talet till en bit in på 2000-talet, medan antalet ökat något både i Egentliga Östersjön och i Bottniska viken. När man kompenserar för skillnader i antalet prover (nedre figuren) framträder trenderna för havsområdena ännu tydligare.

DJURGRUPPER



➤ Förändringar har ägt rum inom flera av de större grupperna av ryggradslösa djur. Det finns också en slående samvariation mellan grupper i alla tre havsområden.

Många tänkbara orsaker

Vad är då orsaken till de observerade förändringarna i artdiversitet i våra havsområden? Även om vi i dagsläget bara kan spekulera kring orsakerna, kan man göra några reflektioner. Trenderna går åt olika håll i de olika havsområdena, så förändringarna har troligtvis olika förklaringar.

Man kan urskilja två huvudgrupper av förklaringsmodeller, en som har med övervakningsprogrammets utformning och utförande att göra, och en som har med ekologiska processer att göra.

Ekologiska processer förklarar

När det gäller programmets utformning och utförande kan förändringar i provtagningsstationer, antal prover, metoder eller kompetens hos utförare tänkas påverka resultaten. Antalet prover har varierat stort mellan år under den undersökta perioden. Eftersom antalet funna arter kan förväntas vara starkt beroende av antalet prover, skulle skillnader i artrikedom mellan år kunna förklaras av skillnader i antalet prover. När man kompenserar för skillnader i antalet prover framträder dock trenderna för havsområdena ännu tydligare.

Även stationsnät och utförare har varierat under årens lopp, men inte heller detta kan förklara de observerade trenderna. Det verkar rimligare att söka förklaringar i ekologiska processer.

Utrotning och invasion

Invasion av en främmande art kan både öka och minska artdiversiteten. Effekterna är ofta svåra att förutse. Både en ökning och en minskning är att betrakta som negativ.

Det är ofta svårt att bestämma hur många arter som tillkommit eller utrotats i ett område. Orsaken är att många arter är så ovanliga. Även om de finns i ett havsområde är det ofta en mycket liten sannolikhet att de samlas in under ett givet år. Mer än hälften av de arter som påträffades i proverna från Västerhavet hittades i högst 0,7 procent av proverna! Detta är också orsaken till att endast cirka 700 arter observerats inom övervakningen, när det enligt andra källor bör finnas ungefär 3000 arter av makrofauna i dessa miljöer.

För att förändringen av en art ska påverka artdiversiteten krävs att arten förekommer så frekvent att den har en stor sannolikhet att regelbundet bli fångad i proverna. Den invasiva havsborstmas-



Det svenska ostronet *Ostrea edulis*.

Foto: Tony Holm/azote

ken *Marenzelleria viridis* är ett exempel på en för Östersjön ny art som uppträder så frekvent i proverna att den bidrar till att förklara den observerade uppgången i artdiversitet. Även andra arter kan ha förekommit i området under en lång tid och ha blivit successivt vanligare, vilket gör att de bidrar till de observerade förändringarna. På samma sätt kan vi misstänka att vissa arter, som blivit mindre vanliga utan att för den skull vara utrotade, bidrar till en minskning såsom den i Västerhavet.

Främmande arter kan påverka

När det gäller den ökade diversiteten i Östersjön kan införslin av främmande arter alltså vara en bidragande orsak. I Västerhavet däremot, finns ingenting som talar för att minskningen är en effekt av någon invaderande art. Inte heller i Östersjön är det troligt att enbart sådana händelser räcker som förklaring. De befintliga arterna kan ha påverkats av förändringar i de fysiska eller biologiska förhållandena. Det behöver dock inte nödvändigtvis vara resultatet av mänsklig påverkan.

Förklaringen till den minskade artdiversiteten i Västerhavet verkar främst finnas i förändringar i de fysiska eller

biologiska förhållandena. Det går inte att påvisa någon tydlig förskjutning mellan grupper som skulle kunna ge ledtrådar om vad som orsakat minskningen. En möjlig väg framåt kan vara att utvärdera förändringarna utifrån hypoteser om effekter på olika födobeteenden eller känslighet för olika typer av stressfaktorer såsom syrebrist, förändrad temperatur eller förändrat pH.

Vidare analyser krävs

Att utreda vad förändringarna i artdiversitet i våra havsområden beror på är komplicerat, och kräver att olika förklaringsmodeller testas mot varandra. Man kan även behöva inbegripa data från andra delar av den marina miljöövervakningen i analysen. De trender som presenteras här utgör dock en logisk startpunkt för vidare analyser av såväl mänskligt orsakade som naturliga förändringar av den biologiska mångfalden i den marina miljön. 🐟

LÄSTIPS

Lindgarth, M., 2007. *Analys av befintlig miljöövervakning – utvärdering av biologisk mångfald. Makrofauna mjukbotten, trend- och områdesövervakning*. Göteborgs Universitet.

En stressad vitmärsla

i Östersjön

BRITA SUNDELIN, ANN-KRISTIN ERIKSSON WIKLUND, MARIE LÖF & MARTIN REUTGARD, STOCKHOLMS UNIVERSITET /
HALLDOR HALLDORSSON, ICELAND UNIVERSITY

Vitmärslan i Egentliga Östersjön och Botteniska viken är utsatt för flera olika former av stress. Den förväntade klimatförändringen i kombination med Östersjöns miljögifter riskerar att försämra situationen ytterligare.

■ Intresset för hur havets organismer påverkas av temperatur, salthalt och syrebrist, samt för hur dessa faktorer verkar i kombination med varandra genom så kallad multipel stress, har ökat kraftigt på senare år. Kräftdjuret vitmärsla anses särskilt känslig för syrebrist, höjda temperaturer och miljögifter. Men att kunna skilja vilka stressfaktorer som orsakar vilka effekter är svårt - och än svårare är det att övervaka vilka effekter en kombination av olika stressfaktorer kan ha.

I övervakningsprogrammet har vi ändå lyckats utveckla ett antal reproduktionsvariabler, som gör det möjligt att skilja effekter av syrebrist från effekter av temperaturstress och miljögifter:

- skador på vitmärslan och missbildade embryon orsakas i första hand av främmande ämnen och föroreningar
- döda äggsamlingar och utvecklade ägg uppstår vid förhöjd temperatur och syrebrist

Parasiter ökar stressen

En annan stressfaktor för vitmärslan är att den är drabbad av flera olika parasiter:

- hakmasken som ger skador på vitmärslans ägganlag
- nematodparasiter som inte ger några synliga negativa effekter
- mikrosporidier som ger upphov till reproduktionsskador både i form av utebliven eller försenad sexuell utveckling och nedsatt befruktningsfrekvens

Andelen vitmärslor som är infekterade av parasiter har ökat kraftigt, framför allt i Bottenhavet. Mellan 90 och 95 procent av ökningen utgörs av gruppen mikrosporidier – en parasit som var okänd fram till 2005, då den först noterades hos enstaka individer av vitmärsla i form av mjölkvita ogenomskinliga skal. Genom genetisk sekvensering har vi nu identifierat två olika arter av parasiten i Östersjön.

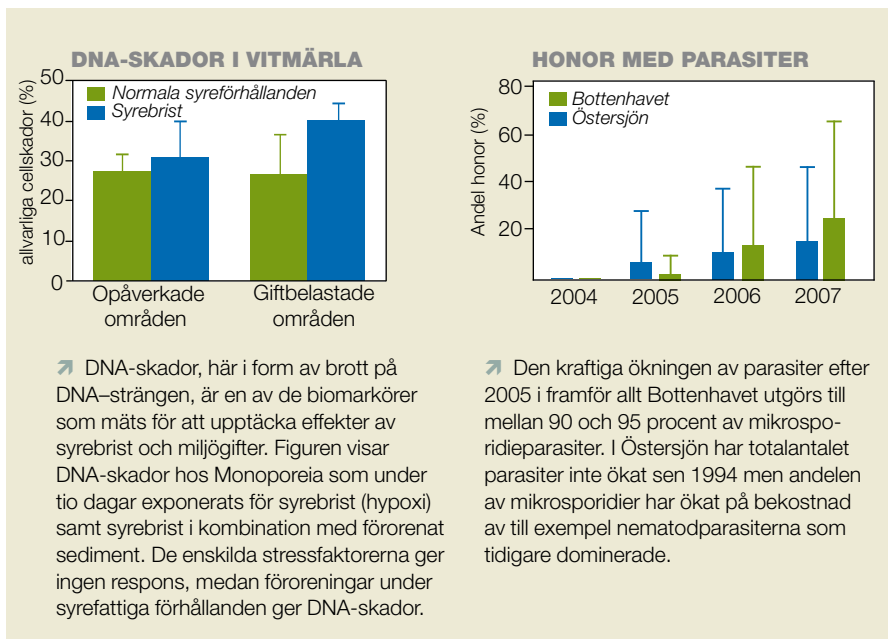
Vi vet inte varför parasitinfectionen ökat hos vitmärslan, men en teori är att vitmärslan i samband med den tidigare populationskraschen fått sämre kondition och därför lättare infekteras. I samband med den förutspådda temperaturökningen är det möjligt att angreppen ökar ytterligare, eftersom flera parasiter gynnas av höjda temperaturer. Detta riskerar att drabba vitmärslan hårt. Modellstudier av släktingen slammärslan i Wadden Sea i Nordsjön

förutspår att parasitangrepp kan orsaka en populationskrasch om temperaturen ökar 3,8 grader – en temperaturökning som enligt den danska studien förväntas ske i Wadden Sea inom bara 70 år.

Efter en mycket kraftig avrinning mellan 1998 och 2001 minskade vitmärslan mycket kraftigt på samtliga stationer i Botteniska viken. Den har ännu inte återhämtat sig, och det är möjligt att återhämtningen försvårats av den ökade parasitinfectionen. Vi har även indikationer på att parasiter förstärker effekten av vissa miljögifter, men för att kunna uttala sig om detta krävs kontrollerade försök i laboratorium.

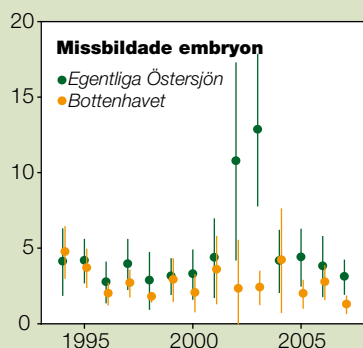
Arterna olika känsliga

Övervakningen av vitmärsla sker på två arter: Den marina vitmärslan *Pontoporeia femorata*, och den besläktade sötvattensarten *Monoporeia affinis*. De har samma

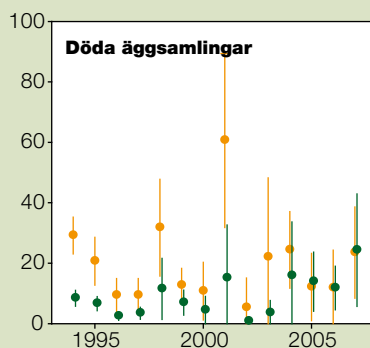


Miljögifter påverkar i söder

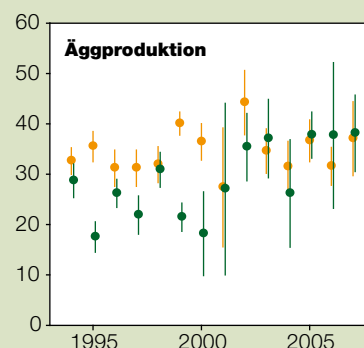
Brita Sundelin, Ann-Kristin Eriksson Wiklund, Marie Löf & Martin Reutgard, Stockholms universitet /
Halldor Halldorsson, Iceland University



➤ Andelen missbildade embryon, vilket indikerar att det finns miljögifter i sedimentet, är genomgående vanligare i vitmärklar från Egentliga Östersjön än i Bottenhavet. Missbildningarna, som ökat sedan 2001, orsakas av att lipider läcker ut från äggmembranet vilket dödar embryot före kläckningen. Vad som orsakar denna läcka är ännu inte känt.



➤ Helt eller delvis döda äggsamlingar indikerar syrebrist under utvecklingen. Även detta är vanligare i söder än i norr. Intressant att notera är att båda bassängerna följer samma mönster.



➤ Äggproduktionen, mätt som antalet ägg per hona, är högre hos vitmärklorna i söder. När populationerna i Bottenhavet mycket drastiskt minskade efter 1999 ökade äggproduktionen där, troligtvis på grund av minskad konkurrens om födan. I dag finns inga skillnader mellan bassängerna.

Data analyserades med hjälp av variansanalys, undantaget analysen av döda äggsamlingar och parasitförekomst som baserades på en modell för binära data. Om varianserna inte var homogena logittransformerades data. Data baseras på $\pm$ CI (konfidensintervall anges som lodräta streck) alternativt: medelvärde med konfidensintervall (lodräta stapel) från 5 bottenhugg samt 1 bottenskrap.

levnadsmönster och förekommer på samma stationer på bottenarna i Egentliga Östersjön. Normalt är *Monoporeia* vanligast i lite grundare områden, medan den mer saltvattenkrävande *Pontoporeia* endast förekommer på djupare syresatta bottenar med högre salthalt.

Studier över längre tid visar att *Pontoporeia* har signifikant lägre äggproduktion, men samtidigt också färre döda äggsamlingar. *Pontoporeia* tycks heller inte drabbas av parasiter i lika hög grad som *Monoporeia*.

När den lever i rent marina områden lägger *Pontoporeia* dock betydligt fler antal ägg per hona, vilket tyder på att en lägre salthalt är stressande. Att *Pontoporeia* har lägre andel döda äggsamlingar kan bero på att arten anpassat sig till de lägre syrenivåer som finns i de djupare sedimentlagren och på djupare bottenar.

En jämförelse mellan arterna under 2007, då *Pontoporeia* ökat markant på alla övervakningsstationer, visar en signifikant högre andel missbildade embryon hos *Pontoporeia*. Förklaringen skulle kunna vara att *Pontoporeia* lever djupare ner i sedimentet, och att halterna av miljögifter möjligen är högre där än i yt sedimentet. En annan förklaring kan vara att *Pontoporeia* är

känsligare för stress från miljögifter då arten lever på gränsen till sitt toleransområde.

Förbryllande ökning i Östersjön

Trots att *Pontoporeia* har lägre fekunditet och visar tendens till fler missbildade embryon har arten ökat kraftigt under de senaste två åren på samtliga stationer, och har under 2008 även observerats på grunda stationer. Med tanke på sjunkande salinitet i Östersjön är ökningen svårklarlig. Möjligen har *Pontoporeia* gynnats av de kraftiga parasitangrepp och fler döda äggsamlingar som drabbat *Monoporeia*. I laboratorieexperiment och fältstudier har vi under flera år observerat en kraftigt ökad dödlighet av *Monoporeia* i samband med höstens reproduktionssäsong. För att få svar på om den ökade dödligheten beror på försämrad kondition skulle man behöva följa ett antal biomarkörer och bioindikatorer hos båda arterna från strax efter vårblomningen till parningssäsongen i november.

Konkurrens med havsborstmasken

Vitmärklarna är också utsatt för konkurrens från den invandrade borstmasken *Marenzelleria*. Borstmasken har under senare år förekommit mer eller mindre frekvent på

övervakningsstationerna i Bottenhavet – de sista två-tre åren i mycket höga tätheter. Kolonisationen går oerhört snabbt, och på några månader kan masken helt ta över områden som tidigare i stort sett var maskfria. En möjlig förklaring till *Marenzellerias* lyckosamma kolonisation är att när vitmärklarna drabbas av syrebrist lämnas utrymme för masken att ta över och etablera sig, vilket i sin tur försvårar vitmärklans återkolonisation. 🐛

LÄSTIPS

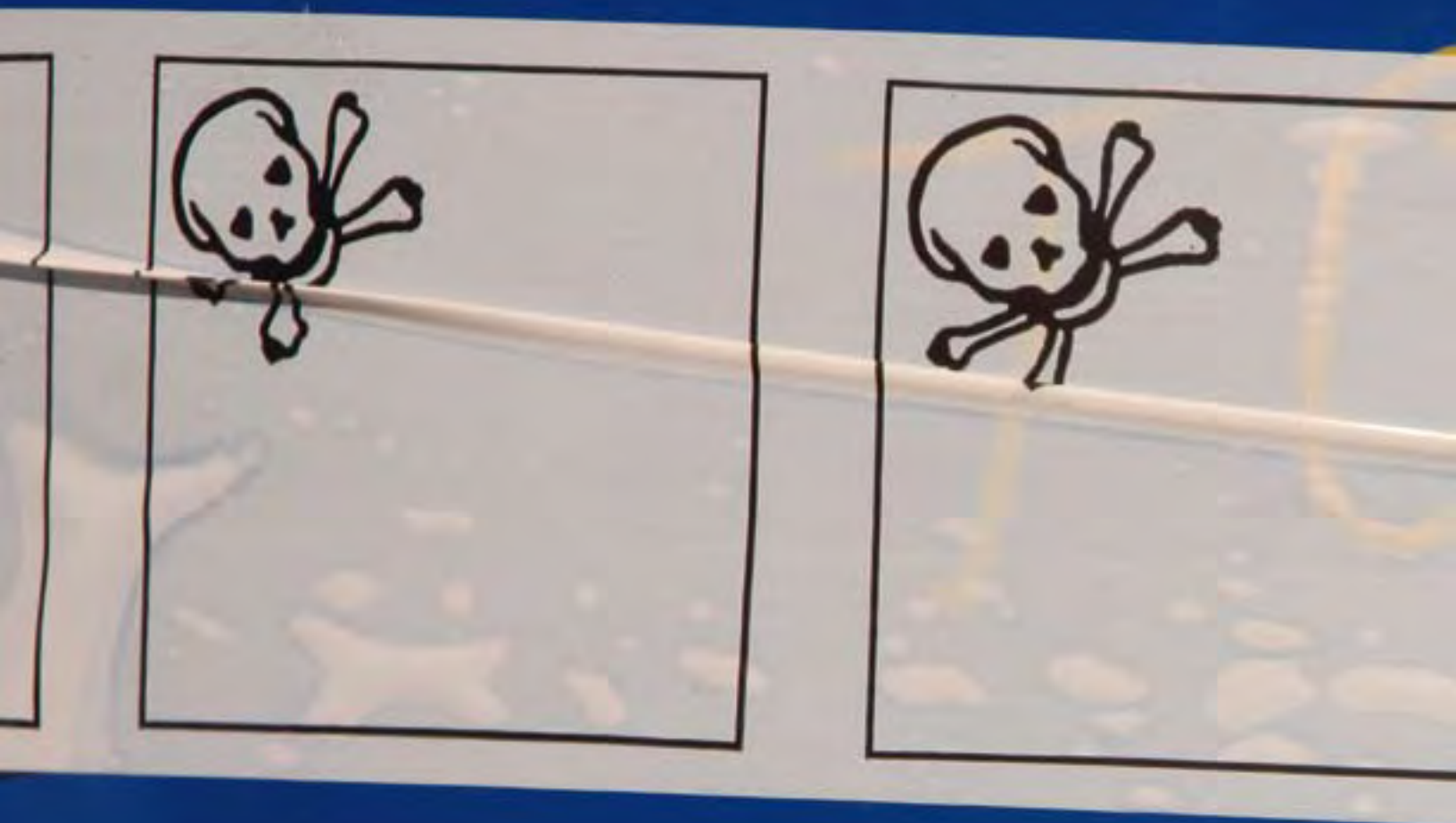
Mouritsen KN, Tompkins DM, Poulin R (2005). *Climate warming may cause a parasite-induced collapse in coastal amphipod populations*. *Oecologia* (2005) 146: 476–483

Sundelin, Rosa, R., Eriksson Wiklund, A-K (2008). *Reproduction disorders in a benthic amphipod, Monoporeia affinis, an effect of low food quality and availability*. *Aquatic Biology*, 2: 179–190.

Sundelin B., Eriksson Wiklund A-K, Ford A (2008). *The use of embryo aberrations in amphipod crustaceans for measuring effects of environmental stressors*. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences no 41 (TIMES).

Metodiken för att analysera embryon hos märklkräftor samt illustrationer på embryoskador finns på ICES hemsida: <http://www.ices.dk/pubs/times/times41/TIMES41.pdf>

Schiedek, D., Sundelin, B., Readman, J.W., McDonald, R.W. (2007). *Interactions between climate change and contaminants, a review*. *Mar Poll Bull* 54: 845–856.



GIFTER I HAVSMILJÖN

Oroande ökning av perfluorerade ämnen
Sediment visar kemikaliers spridning
Dioxiners sammansättning avslöjar ursprunget
Lägre halter TBT i nätsnäckan
Vikaresälen pressad av mildare klimat
Havsörn – detektivarbete pågår

Oroande ökning av perfluorerade ämnen

URS BERGER & KATRIN HOLMSTRÖM, STOCKHOLMS UNIVERSITET/ANDERS BIGNERT, NATURHISTORISKA RIKSMUSEET

Halterna av perfluorerade ämnen ökar i ägg från sillgrissla, och de senaste årens koncentrationer är de högsta som någonsin uppmätts i fågelägg. Dessa ämnen är reproduktionsstörande och giftiga för akvatiska organismer. Tyvärr hittas de idag i prover från världens alla hörn.

■ Det förekommer en mängd olika perfluorerade ämnen i miljön. De har tidigare endast analyserats i sillgrissleägg, och då endast PFOS. Sedan två år tillbaka har provtagningen utökats till att gälla även sill och strömming från sju platser längs Sveriges kust. Analyserna görs i fiskens lever, eftersom ämnena är avstötande både på vatten och fett, men däremot binder till vissa proteiner som bland annat återfinns

i levervävnad. Även analysen av sillgrissleägg har utökats från att ursprungligen endast ha gällt perfluoroktansulfonat (PFOS) till att gälla flera varianter av de perfluorerade ämnena.

Behovet av en systematisk långtidsstudie av perfluorerade ämnen i fisk är stort, bland annat eftersom den skulle kunna bidra till den pågående debatten om långväga transporter av perfluorerade ämnen.

Ingen minskning kan skönjas

Halterna av PFOS i sillgrissleägg har ökat från 1960-talet fram till idag. De senaste åren har koncentrationer så höga som 1,3 mikrogram per gram vätvikt uppmätts, vilket är den högsta koncentration som någonsin uppmätts i fågelägg. Trots utfasningen av PFOS och andra liknande ämnen

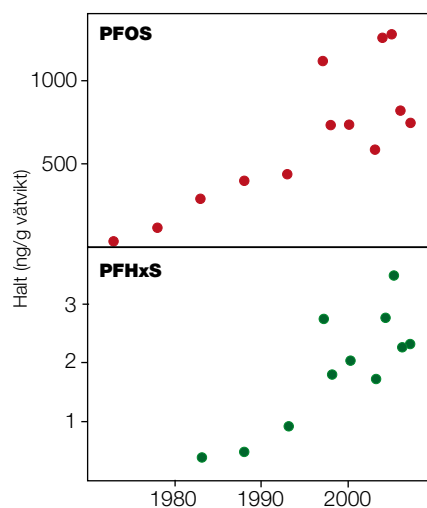
2002 ser vi ingen minskning av halterna. Nivåerna ligger över den uppskattade gränsen för att ämnet ska ge toxiska effekter, men ännu har inte några negativa effekter på sillgrisslepopulationen i Östersjön kunnat påvisas.

Perfluorhexansulfonat (PFHxS) är en biprodukt vid framställning av PFOS. Halterna av detta ämne är mycket lägre i äggen än PFOS-halterna, men trenderna verkar följas åt. Dessa resultat stämmer väl överens med studier på silltrutägg från Nordnorge. För både PFOS och PFHxS har ökningen avklingat de senaste åren. Halterna av perfluorkarboxylsyror (PFCA) ökar däremot exponentiellt. Detta trots att världsledande producenter lovat att minska utsläppen.



Foto: Ablestock

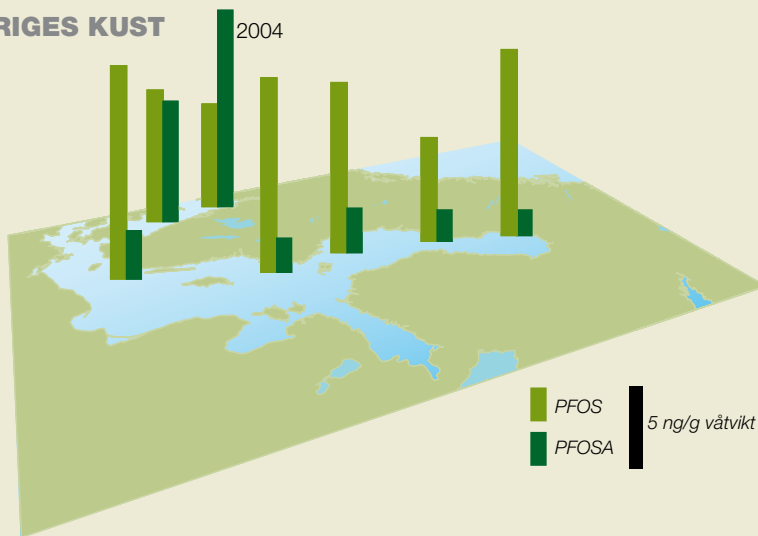
SILLGRISSLEÄGG



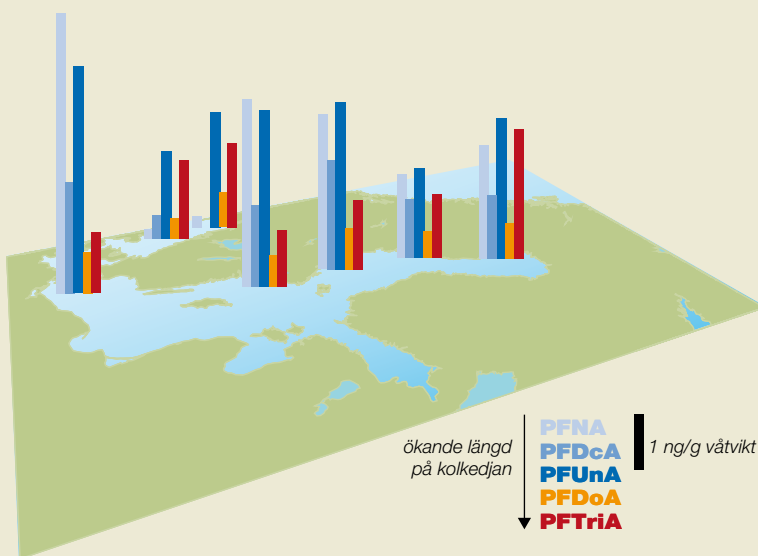
➤ Trots utfasningen av PFOS minskar inte koncentrationerna i sillgrissleägg. Inte heller koncentrationerna av biprodukten PFHxS minskar.

PERFLUORERADE ÄMNER LÄNGS SVERIGES KUST

Koncentrationerna av PFOS i strömmingslever är ganska lika längs den svenska kusten, vilket tyder på att det inte finns punktkällor av PFOS i Sverige. Däremot är koncentrationerna av PFOSA högre på västkusten än i Östersjön. Troligen beror detta på färskva diffusa källor eller punktkällor av PFOSA. PFOSA har kortare nedbrytningstid än PFOS. Mätningarna är gjorda under 2006, utom för Väderöarna på västkusten, där mätningarna gjordes 2004. ➔



Koncentrationerna av PFCAer med långa kolkedjor (PFUnA, PFDoA och PFTriA) är ganska jämt fördelade längs den svenska kusten, medan bland annat koncentrationen av PFNA är högre i Östersjön än på västkusten. Det kan bero på att PFNA har släppts ut till Östersjön över lång tid. Östersjön har sämre vattenutbyte än västkusten, och har därför mindre utspädning av PFNA. PFCAer med långa kolkedjor är troligen nedbrytningsprodukter av flyktiga ämnen som transporteras lång väg, och som globalt är relativt jämt fördelade. ➔



Sammanfattningen ger ledtrådar

Genom att studera halter av olika perfluorierade ämnen i biologiska prov från våra havsområden kan man dra vissa slutsatser om var dessa ämnen kommer från, och vad de huvudsakliga källorna är. Halterna i strömming från Östersjön stämmer överens med koncentrationer i fisk från andra delar av världen. De extremt höga halterna av PFOS i sillgrissleägg är alltså troligen artspecifika och inte orsakade av extremt höga koncentrationer av perfluorierade ämnen i Östersjön. Kompositionen av de perfluorierade ämnena liknar också den i fiskleverprover från andra platser, vilket tyder på att tillförseln till Östersjön är ett resultat av en mängd diffusa källor, exempelvis floder, reningsverk och atmosfärisk deposition.

Halterna av PFOS är ganska jämt distribuerat längs den svenska kusten, medan

koncentrationerna av det närbesläktade ämnet perfluoroktansulfonamid (PFOSA) är högre på västkusten än i Östersjön. PFOSA har en relativt kort nedbrytningstid. De höga halterna på västkusten tyder på att det finns en eller flera punktkällor där, medan de koncentrationer vi ser i Östersjön troligen härstammar från långväga transporter. Halterna i strömming tyder på att strömmingen inte kan metabolisera PFOSA till PFOS. Sillgrisslor, däremot, tycks ha denna förmåga eftersom PFOSA inte kunnat detekteras i äggen.

Längd på kolkedjan avgörande

Även PFCAerna förekommer i flera olika varianter, en del med långa och en del med korta kolkedjor. Längden på kolkedjorna är avgörande för hur spridningen av ämnena i både tid och rum sker. De enda PFCAer som tillverkas avsiktligt är PFOA

och PFNA. PFOA har en relativt kort kolkedja och bioackumuleras inte i samma grad som ämnen med längre kolkedjor. De PFCAer med långa kolkedjor som hittats i strömmingslever är ganska jämnt fördelade längs Sveriges kust, medan bland annat PFNA återfinns i högre halter i strömming från Östersjön än västkusten. Detta kan vara en effekt av mindre utspädning och sämre vattenutbyte i Östersjön. Halterna är högst i de södra delarna av Östersjön vilket skulle kunna tyda på att dessa ämnen fortfarande används på den europeiska kontinenten. ➔

Alma Strandmark, Sara Danielsson och Anders Bignert, Naturhistoriska riksmuseet/
Lillemor Asplund & Ulla Eriksson, Stockholms universitet / Peter Haglund, Umeå universitet

Organiska miljögifter

De organiska miljögifterna är fortfarande i högsta grad ett problem, framförallt i Östersjön.

Även om halterna av PCB i strömming från Östersjön har minskat till 20 procent av vad de var på 70-talet, är de fortfarande förhöjda. I Egentliga Östersjön är halterna cirka två till tre gånger högre än på västkusten.

Halterna av hexaklorbensen, HCB, har inte minskat de senaste tio åren, och inte heller dioxinhalterna. Undantaget är strömming från södra Bottenhavet, där dioxinhalterna minskat signifikant. Generellt sett överstiger koncentrationerna av dioxiner, dibenzofuraner och dioxinlika PCBer i fet fisk från Bottenhavet de gränsvärden som satts av EU för att få sälja fisken.

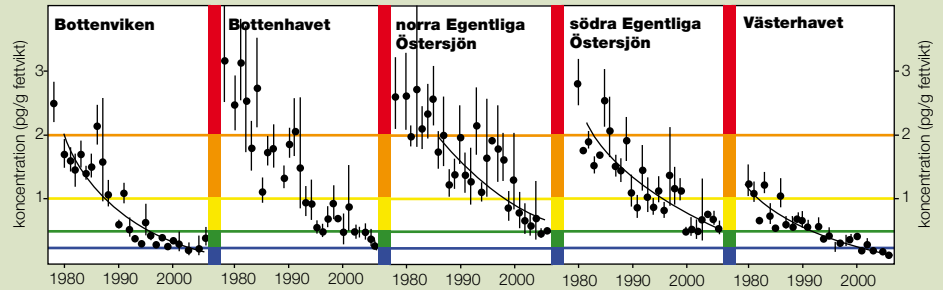
Bromerade flamskyddsmedel

Bromerade flamskyddsmedel är en grupp ämnen som ökade mycket kraftigt under 70- och 80-talen. Flera av dessa har förbjudits och ersatts av andra som anses mindre biotillgängliga. Det är slående hur snabbt minskningen sker efter förbuden. Hexabromcyklododekan, HBCDD, som fortfarande används i Sverige, ökar dock med cirka 3 procent per år i sillgrissleägg.

Tungmetaller

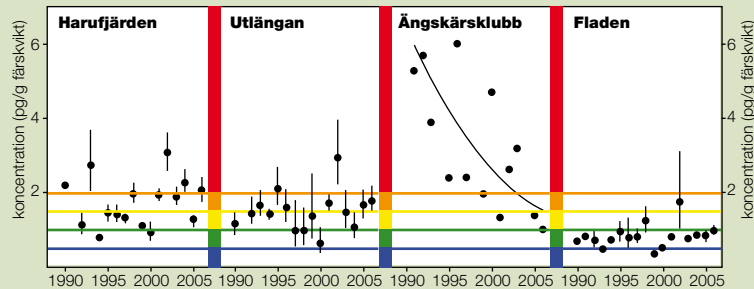
Koncentrationerna av bly visar en mycket positiv utveckling utmed samtliga kuststräckor. Däremot är kadmiumkoncentrationerna i fisklever idag högre än de som uppmättes i början av 80-talet, trots att flera åtgärder för att begränsa utsläppen har vidtagits. Beträffande kvicksilver finns tendenser till ökande halter under den senaste tioårsperioden från några lokaler. Koncentrationerna från dessa relativt opåverkade referenslokaler är dock lägre än Livsmedelsverkets högsta tillåtna gräns för kvicksilver i barnmat. Halterna är betydligt högre vid lokal belastning och i vissa insjöar.

PCB I STRÖMMINGSMUSKEL



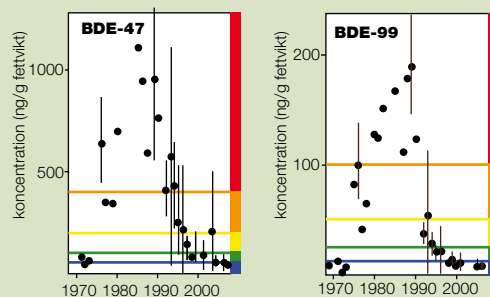
➤ Halterna av PCB är fortfarande förhöjda i strömmingsmuskel från Sveriges havsområden, och halterna är två till tre gånger högre i Egentliga Östersjön jämfört med Västerhavet. Figurerna visar utvecklingen i Bottenviken (Harufjärden), Bottenhavet (Ångskärsklubb), norra Egentliga Östersjön (Landsort), södra Egentliga Östersjön (Utlängan) och Västerhavet (Fladen).

DIOXINER I STRÖMMINGSMUSKEL



➤ Koncentrationerna i figuren är uppräknade för att representera exponering vid konsumtion av strömming med skinn och det fett som finns mellan muskel och skinn eftersom detta är vad vi och även vad marina predatorer konsumerar när de äter strömming.

BROMERADE FLAMSKYDDSMEDEL I SILLGRISSEÄGG



➤ Halterna av lågbromerade difenyletrar i den marina miljön har minskat kraftigt sedan dessa ämnen förbjöds. Koncentrationerna av BDE-47 är fortfarande något förhöjda, kanske som en följd av nedbrytning av högbrömerade flamskyddsmedel som fortfarande används.

Sedimenten visar kemikaliers spridning

INGEMAR CATO, SGU

Sedimenten i Sveriges havsområden ger oss möjlighet att spåra oss tillbaka till tiden före industrialismen, ja till och med ända till istiden. Därigenom får vi en unik möjlighet att beskriva de naturliga förhållandena, och därigenom också veta vad som är antropogen belastning. Ett problem som annars ständigt gäcker dagens miljöövervakare.

■ Den omfattande kemikalieanvändningen i vårt moderna samhälle sätter sina fingeravtryck i havsbotten. Med hjälp av sofistikerade metoder för undersökning och kemisk analys kan man spåra kemikalernas spridning i både tid och rum. För naturligt förekommande ämnen kan

man avgöra vad som är naturligt och vad människan har tillfört.

Världens latrintunna

I mångt och mycket utgör havsbotten den urbaniserade världens latrintunna för miljögifter. Det gäller dock inte hela havsbotten utan endast i de områden där vågrörelser och strömmar inte påverkar botten, så kallade ackumulationsområden. Det är i dessa områden som havets finaste partiklar tillåts sedimentera och komma till ro. Sedimenten i Sveriges havsområden bär spår från den senaste istiden och fram till idag. Detta ger oss möjlighet att jämföra dagens förhållanden med de naturliga förhållanden som rådde innan människa och

industrialismen gjorde sitt intåg. På så sätt kan naturliga bakgrundshalter för ett stort antal grundämnen beräknas. För att följa samhällets påverkan på havsmiljön är det främst de allra yngsta sedimenten i ackumulationsområden som är intressanta.

I Sverige har sedimenten analyserats sedan mitten på 1970-talet. Den nationella miljöövervakningen av miljögifter i sediment startade 2003. Den är i första hand ämnad att visa på storskaliga trender i miljögiftsbelastningen, och skall ses som ett komplement till den regionala miljöövervakningen och de lokala recipientkontrollprogrammen. 🐦

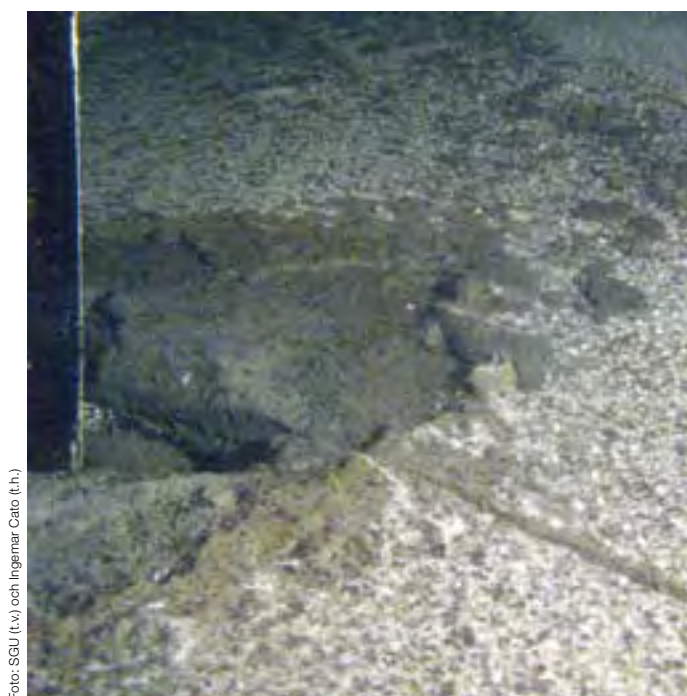


Foto: SGU (t.v.) och Ingemar Cato (t.h.)

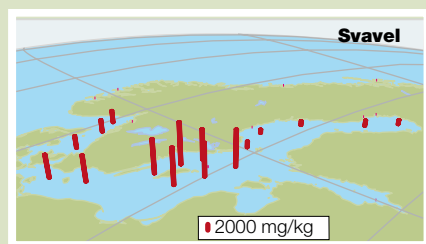
➤ Genom att analysera sedimentens innehåll av gifter kan vi spåra oss tillbaka i tiden.



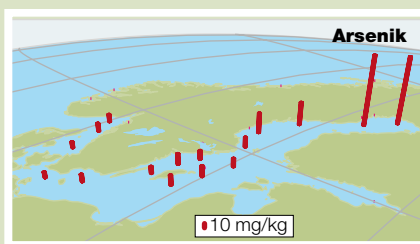
➤ Provtagning av sediment görs från SGUs fartyg Ocean Surveyor.

Sämre status för organiska miljögifter

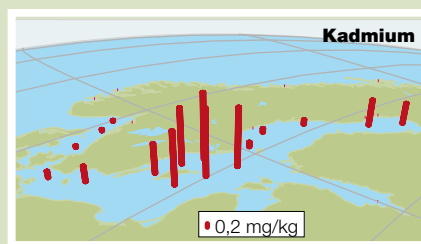
Ingemar Cato, SGU



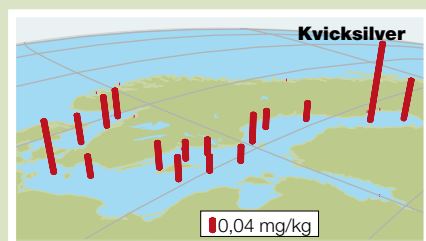
➤ Halten av svavel speglar graden av syrebrist i ytsedimenten, vilket i sin tur påverkar nedbrytningen av sedimenterat organiskt material. Runt Gotland är nedbrytningsförhållandena sämre.



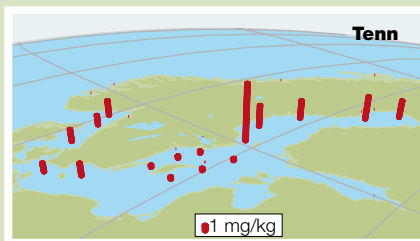
➤ Arsenik uppvisar kraftigt förhöjda halter i Bottenhavet och, i synnerhet, i Bottenviken. Detta är troligtvis en följd av gruvaktiviteten och metallutvinningen vid processindustrin.



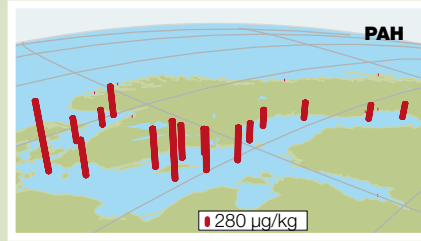
➤ Kadmium uppvisar kraftigt förhöjda halter runt Gotland och i Bottenviken. Liknande fördelningsmönster ses hos uran och koppar, medan mönstret är mindre uttalat för nickel och zink.



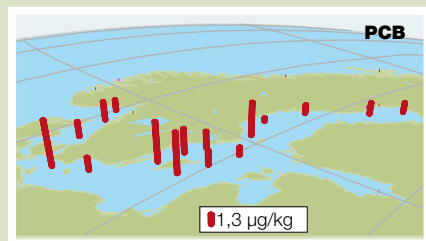
➤ Kvicksilver uppvisar förhöjda halter i de flesta av de svenska havsområdena. Historiska antropogena källor, exempelvis Glomma-regionen i norra Skagerrak, Skellefteåområdet i Bottenviken och jordbruket runt sydvästra Östersjön har orsakat de höga halterna.



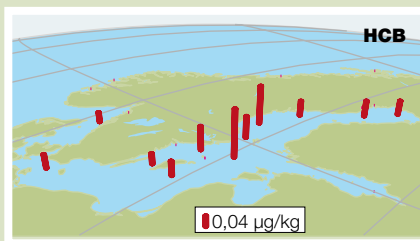
➤ Halterna av tenn är flera gånger högre i Bottenhavet och Bottenviken jämfört med centrala och norra Östersjön. Även i södra Östersjön och i Västerhavet är halterna förhöjda. Orsakerna till detta är inte klarlagda.



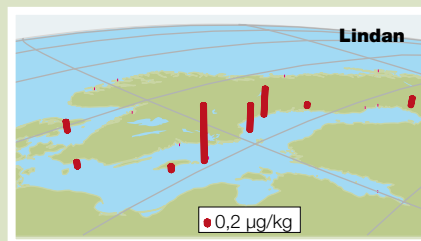
➤ PAH återfinns i sedimenten på alla de undersökta stationerna, med de högsta halterna i Egentliga Östersjön och norra Skagerrak. PAH sprids huvudsakligen genom förbränning av fossila bränslen. Även naturliga källor som skogsbränder har en viss betydelse.



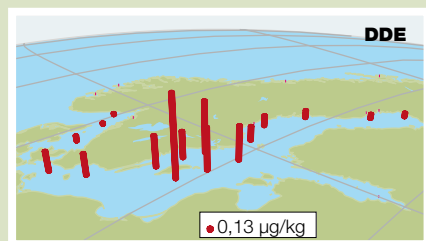
➤ PCB återfinns på samtliga stationer, med högst halter i Egentliga Östersjön. Användningen förbjöds i Sverige 1995. Den vittomfattande användningen av PCB har medfört att ett ansenligt läckage från samhällen och byggnader fortfarande äger rum, vilket speglas i sedimenten.



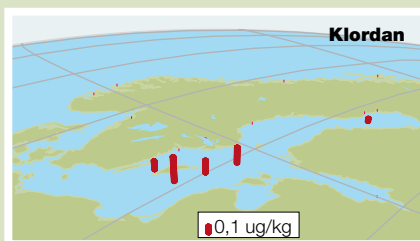
➤ De högsta halterna av HCB återfinns i norra Egentliga Östersjön och i södra Bottenhavet. HCB används främst vid framställning av pentaklorfenol. Det bildas även oavsiktligt vid bland annat förbränning av hushållsavfall och vid vissa termiska processer inom industrin.



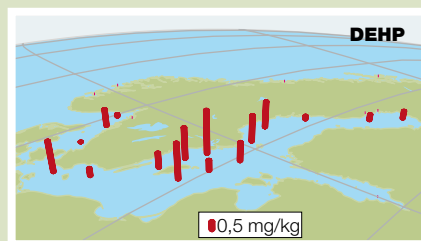
➤ De högsta koncentrationerna av lindan noterades norr om Gotland, i Ålands hav och södra Bottenhavet. Ämnet förekommer i åtta olika former varav γ -HCH (lindan) används eller har använts världen över som ett effektivt insektbekämpningsmedel.



➤ DDT återfinns endast i södra Bottenviken, medan dess nedbrytningsprodukt DDE återfinns på samtliga stationer. Förbudet att använda DDT, som infördes i Sverige 1975, har haft stor effekt. Flera andra länder i Europa har också förbjudit ämnet.



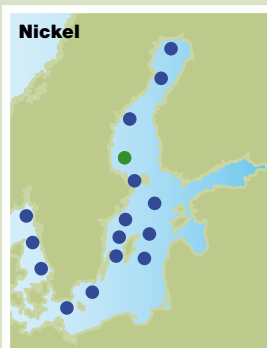
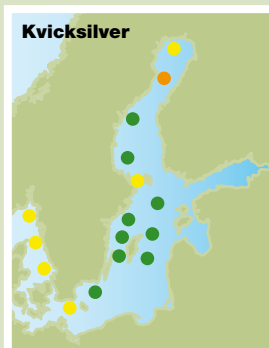
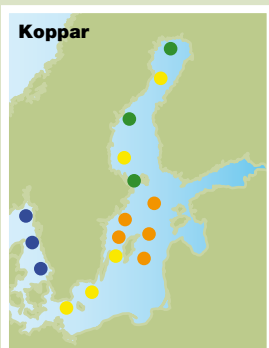
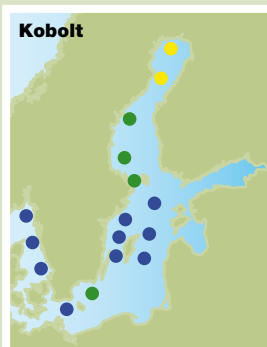
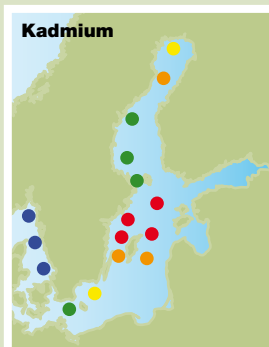
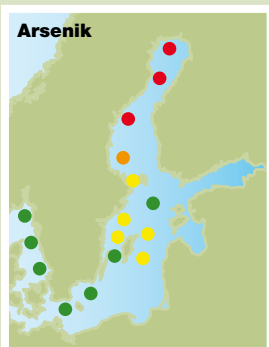
➤ Klordan är ett bekämpningsmedel mot insekter som endast har använts i liten utsträckning i Sverige, men desto mer i forna Sovjet och Östeuropa. Isomererna α -klordan och γ -klordan finns i högst halter runt Gotland och i låg halt i Bottenviken. Trans-nonaklor återfinns i Bottenviken och sydost om Gotland.



➤ DEHP används som en mjukgörare i ett stort antal plastprodukter och som ett substitut för PCB. DEHP återfinns på samtliga övervakningsstationer, men förekommer i betydligt lägre halter i norra Bottenhavet och Bottenviken.

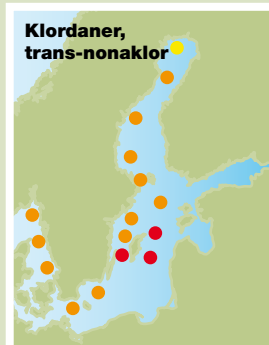
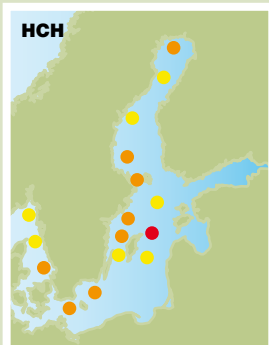
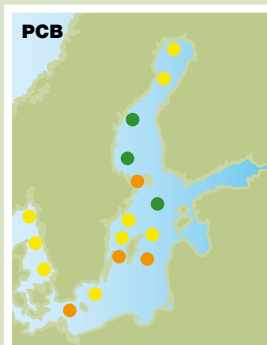
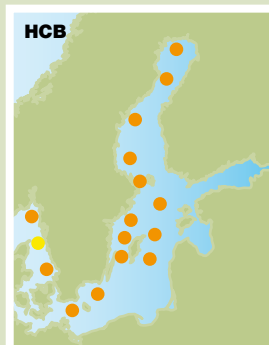
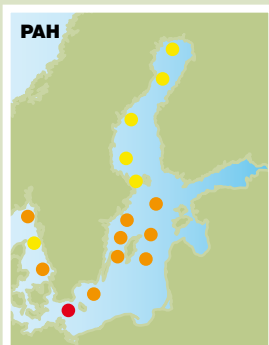
Kartorna visar halter av ämnen som analyseras inom den nationella övervakningen av sediment. Samtliga figurer visar fördelningen i ytsedimentet ned till 1 cm.

TUNGMETALLER



☞ Miljöstatusen är dålig med avseende på arsenik i Bottenviken och norra Bottenhavet och kadmium i centrala Östersjön. Det innebär att halterna i sedimenten avviker stort från den naturliga bakgrunden. Även koppar och zink avviker från sina bakgrundsvärden. Vad gäller övriga metaller är statusen relativt god i hela havsområdet, även om en tydlig mänsklig påverkan kan noteras. Observera att hög status, det vill säga blåa prickar i kartorna, anger låga halter av respektive ämne.

ORGANISKA MILJÖGIFTER



■ Dålig
■ Otillfredställande
■ Måttlig
■ God
■ Hög

☞ Miljöstatusen avseende de organiska miljögifterna är generellt sämre än för tungmetallerna. Nästan genomgående är halterna medelhöga till höga, och i vissa fall mycket höga. Det senare gäller framförallt bekämpningsmedel i centrala Östersjön. Eftersom dessa har varit förbjudna i Sverige sedan 1970-talet pekar resultaten mot långväga luftburen tillförsel.

Positivt är dock att många av de kemiska substanser som analyserats, och som ingår bland EUs prioriterade ämnen, inte har kunnat påvisas alls i Sveriges havsområden, eller endast på ett fåtal platser och då i låga halter.

Dioxiners sammansättning avslöjar ursprunget

KRISTINA SUNDQVIST, MATS TYSKLIND & KARIN WIBERG, UMEÅ UNIVERSITET / PAUL GELADI, SLU / INGEMAR CATO, SGU

I den hittills största kartläggningen av dioxiner i ytsediment i Sverige hittades förhöjda halter i södra Bottenhavet, ett område där även halterna i strömming är höga. Förhöjda dioxinhalter i sediment återfinns även i andra områden med pågående eller nedlagd industriell eller urban aktivitet. Tydliga lokala skillnader finns också i föroreningsammansättningen, något som kan användas för att identifiera föroreningsarnas ursprung.

■ Feta fiskarter från Östersjön innehåller höga halter av organiska miljögifter, däribland olika dioxiner och dioxinliknande ämnen. Man kan väga samman de olika halterna av dioxiner och dioxinliknande ämnen och uttrycka en sammanlagd toxisk halt, den så kallade toxiska ekvivalenshalten (TEQ). TEQ-halten i strömming, vår viktigaste feta matfisk, har varit konstant sedan mätningarna startade i slutet av 80-talet. På grund av för höga halter får fisken inte saluföras på den europeiska

marknaden. Sverige och Finland har dock temporära tillstånd att sälja fisken på respektive inhemsk marknad.

Storskalig kartläggning

Åren 2005 till 2007 genomfördes en omfattande provtagning för bestämning av dioxinkoncentrationen i sediment längs den svenska ostkusten, från Skåne i söder till Haparanda i norr. Provtagningen kompletterades med sedimentprov från SGU tagna mellan år 2003 och 2004. Syftet med under-



Foto: Abilestock

FAKTA

Dioxiner

Det som i dagligt tal benämns som dioxiner är i själva verket två grupper av ämnen, polyklorerade dibenso-*p*-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibensofuraner (PCDF). Dibenso-*p*-dioxinerna utgör en grupp om 75 ämnen med samma grundstruktur, kongener, medan de närbesläktade dibensofuranerna kan bilda 135 kongener med olika kloreringsgrad. Både PCDDer och PCDFer kan ha mellan 1 och 8 kloratomer bundna till bensenringarna på sina respektive grundstrukturer. Den toxiska effekten hos de enskilda kongenerna är kopplad till placeringen av kloratomerna. Dioxiner med klor i positionerna 2, 3, 7 och 8 har mycket stark giftverkan. Det finns även polyklorerade bifenyler (PCBer) som har dioxinlik toxicitet. Denna grupp av PCBer kallas ofta dioxinliknande ämnen.

Dioxiner började uppmärksammas som gifter på 1970-talet, och under de följande decennierna fann man utsläpp från en mängd olika mänskliga aktiviteter t.ex. avfallsförbränning, metallproduktion och klorgasblekning. Dioxiner bildades även som föroreningar vid produktion av bekämpningsmedel som användes i Sverige, exempelvis klorfenolpreparat och hormoslyr (fenoxisyror). Användning av dessa förbjöds i slutet av 70-talet. Strax därefter började man också ställa högre krav på rening av rökgaser från avfallsförbränningsanläggningar och inom massaindustrin bytte man blekningsprocess till klordioxid och ozon för att minska dioxinbildningen. Till en början såg man tydliga effekter i miljön, men minskningen av de toxiska halterna av dioxiner i Östersjöbiota avstannade, och har inte sjunkit sedan mitten på 80-talet.

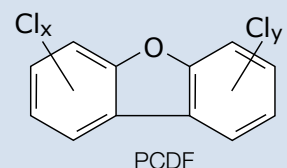
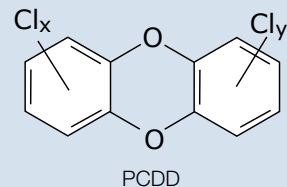




Foto: Anders Engman/Megapix

sökningen var att lokalisera områden med förhöjda halter, så kallade hot-spots, men även att bestämma halter och sammansättning i relativt opåverkade sediment exempelvis utsjösediment. Det här är den mest storskaliga kartläggningen av dioxiner i ytsediment som har utförts i svenska vatten.

Höga halter vid industrier

De högsta dioxinhalterna återfanns i kustnära sediment nära olika industrier. Det mest förorenade sedimentet hittades utanför Oskarshamn, där en numera nedlagd kopparindustri anses ha orsakat utsläppen. I södra Bottenhavet återfanns ett flertal områden med förorenade sediment i anslutning till pappers- och massabruk samt andra industrier. Även på andra platser längs kusten fanns lokala förhöjningar i dioxinhalt i anslutning till olika industrier.

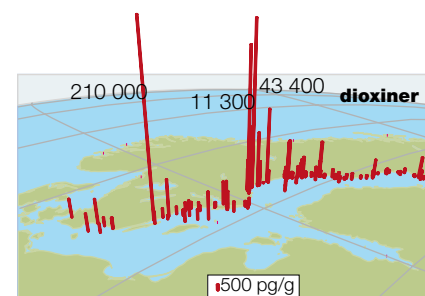
Sammansättning som fingeravtryck

Sammansättningen av dioxiner och furaner beror på under vilka förhållanden de bildats. Detta innebär att dioxinutsläpp från olika typer av verksamhet har karak-

teristisk sammansättning, så kallade fingeravtryck. Sammansättningen i ett prov kan därför hjälpa oss att spåra dioxinernas ursprung. En viktig del av kartläggningen har varit att bestämma sammansättningen av dioxinerna i varje prov.

I anslutning till den tidigare kopparindustrin i Oskarshamn är sammansättningen i sedimentet helt dominerad av furaner. Sedimentprover tagna i anslutning till massaindustrier i södra Bottenhavet uppvisar stor variation, men generellt dominerar furaner och dioxiner med minst sex kloratomer. I sediment nedströms ett sågverk, där klorfenolpreparat tidigare användes för att skydda trä mot svampangrepp, stämmer sammansättningen väl överens med markprover från området.

Sediment utanför Stockholm har en sammansättning dominerad av oktaklorerad dioxin. Orsaken till detta är inte helt klarlagd, men dominans av oktaklorerad dioxin anses vara en indikation på atmosfärisk deposition. Denna dioxin förekommer i hög andel i våt- och torrdeposition både i Sverige och andra delar av världen. Det är möjligt att gå vidare med en stor



➤ Totalhalterna (pg/g torrs substans) av dioxiner i ytsediment längs den svenska kusten varierar kraftigt. I södra Bottenhavet är halterna tydligt förhöjda. En lokal förhöjning hittades också utanför Oskarshamn.

grupp geografiskt spridda miljöprover och därifrån identifiera källprofiler på kongennivå. Man kan även räkna ut hur mycket olika källor bidrar med till varje enskild provtagningspunkt.

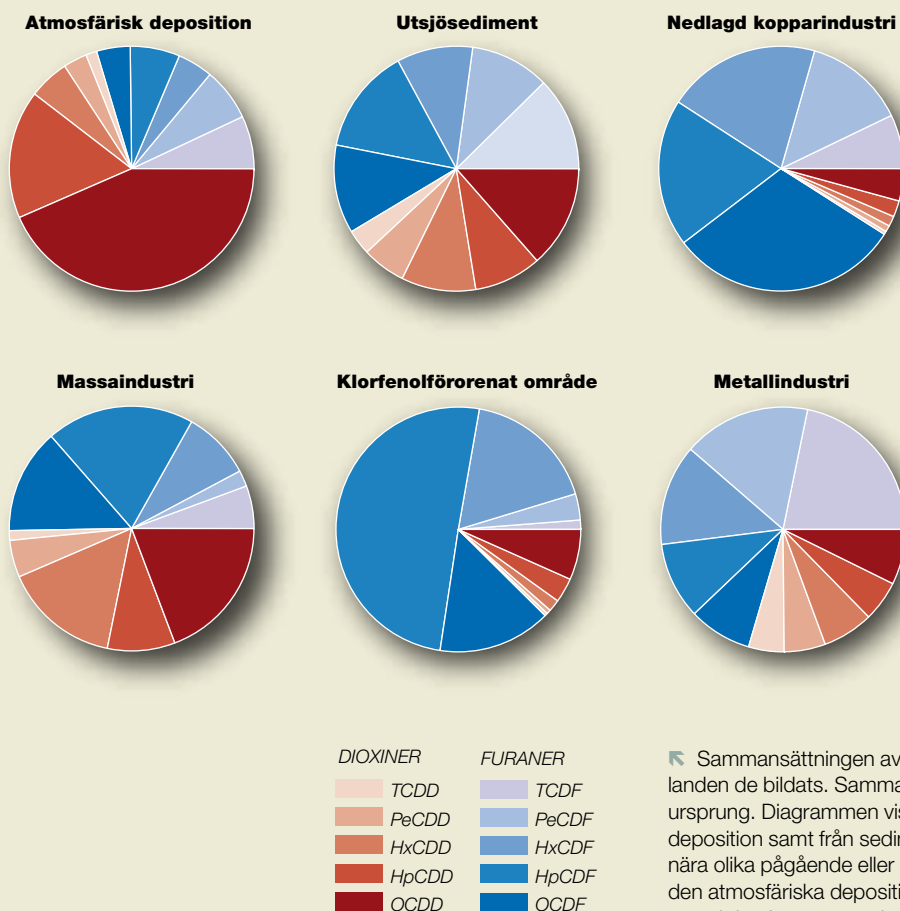
Atmosfären inte enda källan

Många anser att det i dagsläget är det atmosfäriska nedfallet som håller kvar dioxinhalterna på en förhöjd nivå i våra feta fiskarter. Mönstren i de utsjösediment som ingick i studien tyder på att atmosfärisk deposition är en viktig källa, men de indikerar också viss påverkan från andra källor. På lokal och regional nivå är det dessutom tydligt att lokala hot-spots har en mycket stor inverkan på halterna i sediment. Exempel på källtyper som inte tidigare har uppmärksamats är läckage från förorenad mark, uttransport av dagvatten och älvtransport. Dessa källor hör till dem som åtminstone kan ha en lokal eller regional inverkan på dioxinhalter.

Toppkonsumenter drabbas hårdast

Resultaten visar tydligt att det finns lokala och regionala skillnader i dioxinnivåer

EXEMPEL PÅ FÖRORENINGSMÖNSTER



Sammanställningen av dioxiner och furaner beror på under vilka förhållanden de bildats. Sammanställningen kan hjälpa oss att spåra dioxinernas ursprung. Diagrammen visar några exempel på mönster från atmosfärisk deposition samt från sediment som provtagits långt från kusten (utsjö) eller nära olika pågående eller avslutade industriella aktiviteter. Exemplet från den atmosfäriska depositionen är från norra Sverige vintertid. De dioxiner respektive furaner som har samma antal klor har slagits samman, t.ex. TCDF = tetraklorerade furaner, dvs furaner med fyra klor som sitter på olika positioner för olika kongener).

i Östersjösediment. En jämförelse med strömming indikerar att dioxinbelastning hos strömming korrelerar med regionala sedimenthalter. I södra Bottenhavet, där dioxinhalterna är som högst, är även halterna i strömming förhöjda jämfört med strömming från Bottniska viken. Dataunderlaget är dock litet, och statistiskt signifikant korrelation har inte kunnat påvisas. Halterna i strömming överskrider oftare EUs gränsvärden i hot-spot-regioner än i andra kustområden där den industriella aktiviteten har varit och är lägre. Ackumulering av miljögifter i biota ökar ofta med stigande trofinivå, och i slutänden är det toppkonsumenter som havsörn, säl och människa, som drabbas hårdast. Många personer i Sverige och i övriga Europa har ett veckointag av dioxiner och dioxin-

liknande ämnen som ligger nära eller över den gräns som EU har funnit är acceptabel. Det är alltså angeläget att fortsätta spåra dioxinkällor samt att reducera de utsläpp man känner till idag. 🐦

LÄSTIPS

Sundqvist, K.L., Tysklind, M., Cato, I., Wiberg, K. 2006. *Spatial distribution and profiles of dioxins in surface sediment from the Baltic Sea*. Organohalogen Compounds 68: 444-447.

Sundqvist, K.L., Haglund, P., Olsson, M., Broman, D., Bignert, A., Cornelissen, G., Wiberg, K. 2007. *Concentrations and congener patterns of PCDD/Fs in surface sediment, settling particulate matter, water and fish from the south Bothnian Sea, Sweden*. Organohalogen Compounds 69: 247-250.

Sundqvist, K.L., Wiberg, K., Cato, I., Geladi, P., Tysklind, M. 2005. *Dioxiner i Östersjön: Gamla eller nya synder?* Miljöforskning 4 (sept): 12-14.

Lägre halter TBT i nätsnäckan

MARINA MAGNUSSON, ANDERS BORLEGREN & ÅKE GRANMO, GÖTEBORGS UNIVERSITET

Tributyltenn (TBT) anses vara ett av de farligaste ämnena människan släppt ut i miljön. Trots att TBT förbjöds i båtbottnfärger redan på 1980-talet vållar det fortfarande skador i det marina ekosystemet, och negativa effekter kommer att kunna ses under lång tid framöver. En effekt är att honorna hos många snäckarter utvecklar hanliga könsskarakterer – en missbildning som förekommer även i områden som förväntas vara opåverkade.

■ Övervakningen av tributyltenn och andra organiska tennföreningar i nät-

snäckor har pågått sedan 2003. På västkusten övervakas två utvalda punktkällor, vilka jämförs med referensstationer belägna i skyddade områden. Effekter av TBT hos nätsnäckor ses vid alla undersökta lokaler. Resultaten visar på alarmerande höga halter vid större fartygshamnar – men även i områden som förväntats vara opåverkade visar nätsnäckan tydliga tecken på exponering för TBT.

Båtbottenfärger boven

Graden av imposex, det vill säga att nätsnäckans honor utvecklar hanliga könsskarakterer, visar en trend att minska vid de

flesta lokaler. Minskningen är tydligast vid punktkällorna, medan graden av imposex i referensområdena är mer stabilt låg. Den största minskningen ses vid två lokaler i Brofjorden. Då imposex inte är reversibelt görs även en kemisk vävnadsanalys med avseende på organiska tennföreningar. Tydliga minskningar av TBT i vävnad kan ses vid tre lokaler, alla i närheten av punktkällor. För att undersöka om den konstaterade imposexeffekten är orsakad av en relativt nylig exponering, beräknas kvoten av TBT och dess nedbrytningsprodukter: om kvoten är över ett är tillförseln av TBT till havet högre än nedbrytningen.



Båtbottenfärger är fortfarande en stor spridare av miljögiftet TBT.

FAKTA

Nätsnäckan

Nätsnäckan (*Nassarius nitidus*) är mellan två och tre centimeter stor och har ett tydligt rutmönstrat skal, därav namnet nätsnäck. Arten återfinns främst längs norra västkusten. Nätsnäckan är asätare och föredrar leriga bottenar som de kan gräva ner sig i. De är därför svåra att hitta söder om Kungälvfjorden där kusten är mer exponerad och botten i högre grad består av sand.

Slamsnäckan

Slamsnäckan (*Hydrobia ulvae*) är relativt tålig för låga salthalter och har en utbredning som i Sverige sträcker sig söderut från Stockholm och upp längs hela västkusten. Det finns ytterligare tre arter av slamsnäckor men *Hydrobia ulvae* skiljs enkelt från andra slamsnäckor på de svarta antennspetsarna. På västkusten återfinns den vanligen på lite lerigare bottenar, medan den på ostkusten även kan ses på hårbottenar. Den livnär sig på att beta på den bakteriefilm som täcker bottenbotten.

Foto: Per Bengtson/Grön Idé

Alla lokaler utom en hade en kvot som var under ett. Det betyder att på dessa lokaler sker en minskning av TBT. Den enda lokal där TBT fortfarande i hög utsträckning tillförs miljön är en referenslokal på ett grunt område söder om Strömstad, relativt ostört från större båtar. Eftersom det är förbjudet att använda sig av båtbottnfärger innehållande TBT borde kvoten vara under ett på alla lokaler. Att så inte är fallet tyder på att båtbottnfärger fortfarande är en stor spridare av miljögiften, vilket bekräftas av de extremt höga värdena av både imposex och TBT i vävnad som har uppmätts i en del småbåtshamnar.

Snäckor vid Göta Älvbron

När övervakningsprogrammet startade 2003 var det svårt att i Göteborgs hamn hitta lokaler med nätsnäckor innanför Göta älvbron. Detta antogs bero på en kombination av minskad salthalt till följd av utflödet från Göta älv och ett sandigare bottensubstrat. 2007 hittades dock av en slump en lokal med nätsnäckor innanför bron, i närheten av Eriksbergssvarvet. Mätningar här visade på mycket höga värden av både VDSI – som är ett index på maskulinisering hos snäckhonor – och TBT i vävnaden. Dock var kvoten mellan TBT och dess nedbrytningsprodukter inte högre än 0,57, vilket innebär att trots höga värden så är nedbrytningen av TBT större än tillförseln. Trots att effekter av TBT kan ses vid alla lokaler, såväl punktkällor som referensstationer, så verkar halten av TBT i nätsnäckans vävnad totalt sett minska. Det samma gäller för graden av imposex.

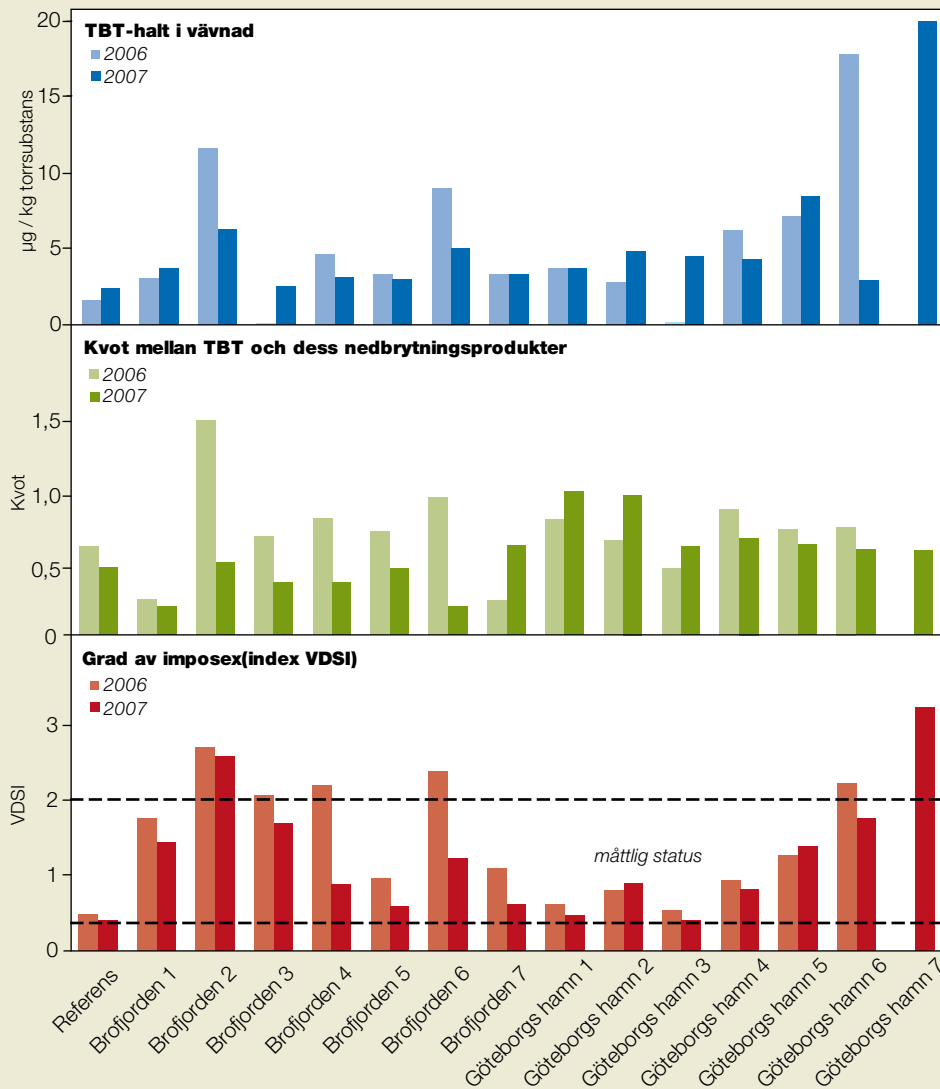
Pilotstudie i Östersjön

Fram till och med 2006 utfördes effektiv övervakning av organiska tennföreningar enbart på västkusten. I början av 2007 gjordes ett förslag till kontrollprogram även för Östersjön, och i augusti samma år genomfördes en pilotstudie i Stockholms skärgård. Svårigheten har varit att hitta en bra indikatorart, som dels går att hitta längs hela ostkusten, dels har en känd respons på påverkan från organiska tennföreningar. De djur och växter som lever i bräckta havsmiljöer är ofta känsligare för miljöpåverkan än arter som lever i riktigt salta eller söta vatten, vilket gör hela Östersjöns ekosystem mer sårbart. Av Östersjöns olika snäckarter har därför bara ett fåtal ansetts lämpliga för övervakningssyfte.



Provtagning av nätsnäckor på västkusten.

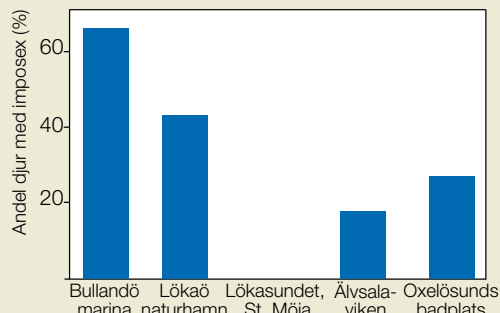
TBT HOS NÄTSNÄCKOR FRÅN VÄSTERHAVET



På västkusten övervakas två punktkällor, Brofjorden och Göteborgs hamn. Mätningarna vid punktkällorna görs på varsin sida om farleden, och med ökande avstånd från punktkällan. Dessutom görs mätningar vid referensstationer, som är belägna i mer opåverkade områden. I figuren visas referensstationen Kalvhagefjorden.

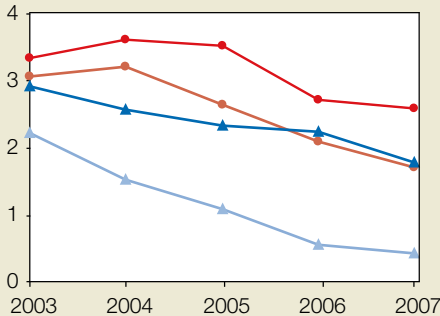
Resultaten visar att såväl punktkällor som referensstationer är påverkade av TBT. Mittenfiguren visar nedbrytningen av TBT i vävnaden. När kvoten är mindre än ett är tillförseln av TBT mindre än nedbrytningen. Den nedre figuren visar graden av imposex vid de olika stationerna och strecken anger gränserna för måttlig status enligt det danska klassificeringssystemet.

FÖREKOMST AV IMPOSEX HOS SLAMSNÄCKA I ÖSTERSJÖN



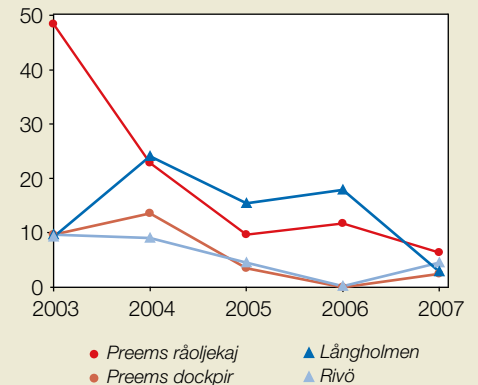
Imposex innebär att honorna som en följd av exponering för TBT utvecklar hanliga könskaraktärer som penis och sådesledare. Pilotstudien i Östersjön fann att andelen snäckor med imposex på provtagna stationer varierade mellan 0 och 67 procent. Störst påverkan sågs i Bullandö marina, en av norra Europas största marinor med plats för 1 400 båtar. Även Lökaö naturhamn i Stockholms ytterskärgård visar en hög procentuell andel snäckor med imposex, vilket är anmärkningsvärt med tanke på att inga snäckor med imposex kunde upptäckas i det närbelägna Lökasundet.

GRAD AV IMPOSEX I BROFJORDEN OCH GÖTEBORGS HAMN



Trots att effekter kan ses på alla lokaler tycks TBT-halterna i vävnaden och graden av imposex hos nätsnäckor minska. Minskningen syns tydligast i områden med kända utsläppskällor. Lokalerna vid Preems råoljekaj och produktpiren i Brofjorden, samt vid Långholmen och Rivö i Göteborg är alla mycket exponerade för TBT. Värdena i referensområdena är mer stabila.

TBT-HALTER I BROFJORDEN OCH GÖTEBORGS HAMN



Den art som till slut valdes ut var slam-snäckan *Hydrobia ulvae*, som trots sin ringa storlek har en relativt stor utbredning, och dessutom uppvisar imposex. Dessvärre är slamsnäckan bara fyra till fem millimeter stor, vilket gör analysen tidskrävande och medför att en stor mängd snäckor måste samlas in för att kemisk vävnadsanalys skall vara möjlig.

Östersjösnäckan drabbad

Pilotstudien avslöjade att även Östersjöns snäckor är exponerade för TBT. Ett flertal snäckor i studien uppvisade imposex – flera av den allvarligaste graden, vilket innebär att snäckans könsöppning är försluten och att snäckan är steril.

Studier på västkusten har visat på alarmerande halter av TBT i småbåtshamnar. Detta kan tyda på att TBT-haltiga färger frigörs från tidigare färglager i samband med båttvätt alternativt att de fortfarande används. Det är därför av vikt att kontrollera förekomst av eventuella effekter av organiska tennföreningar även i naturhamnar. I Östersjöstudien ingår av denna anledning flera naturhamnar, alltså skyddade, grunda vikar där fritidsbåtar gärna ankrar. Dessa skyddade vikar är vanligtvis mycket produktiva och kallas ibland för "havets barnkammare", eftersom de ger skydd och föda åt juvenila organismer. Trenden vid ostkusten är tyvärr densamma som i väst:

vid småbåtshamnar, där andelen snäckor med imposex är högre, är även förgiftningen av båtbottnfärger i sedimentet stor. Detta har även visats i en studie utförd av Länsstyrelsen i Södermanlands län.

Totalt tolv stationer från Stockholm och söderut kommer i fortsättningen att analyseras med avseende på effekter av organiska tennföreningar.

Tillståndsbedomning

Endast en av tjugo lokaler på västkusten klassas som god. Lokaler som är belägna i punktkälleområdena klassas huvudsakligen som *måttliga*, men två utmärker sig som *otillfredsställande*: råolkajen i Brofjorden och Dockpiren i Göteborg. Båda dessa lokaler är starkt förorenade av TBT. Av referenslokalerna får fyra av sex *god* status, medan övriga endast når *måttlig*. För ostkusten utförs en tillståndsbedomning först efter 2008 års provtagning, eftersom det material som samlades in i samband med pilotstudien inte anses tillräckligt.

Bedömningsgrunder saknas

Analys av imposex innebär i korthet att man klassificerar graden av maskulinisering hos honan enligt ett femgradigt index (Vas Defrens Sequence Index; VDSI), där 0 indikerar en normal opåverkad hona och 4 en kraftigt påverkad hona, med fullt utvecklad penis och sädesledare. Vid analys

av *Hydrobia ulvae* görs även en bedömning av snäckans reproduktionsförmåga, det vill säga om den är steril eller ej.

Eftersom det saknas svenska bedömningsgrunder för imposexanalyser utifrån EUs vattendirektiv, sker tillståndsbedomningen utifrån ett danskt klassificeringssystem. För att kunna utföra en korrekt tillståndsbedomning är det av stor vikt att få fram bedömningsgrunder som bygger på svenska data och förhållanden. Det danska systemet får anses vara applicerbart på lokaler på västkusten, eftersom förhållandena är likvärdiga. Dock är det osäkert om det danska systemet är användbart för ostkusten, inte minst med tanke på stora skillnader i salthalt och att det på ostkusten används en annan art.

För att få fram svenska bedömningsgrunder behövs mera data, framförallt över biologiska effekter. Dessa bör hämtas från hela den svenska kusten. Det finns idag ungefär 300 sedimentprover från svenska kust- och havsområden, marinor och hamnar, som har analyserats med avseende på organiska tennföreningar. För att kunna korrelera halt av TBT i sediment och biologisk påverkan bör även biologiska effekter undersökas vid flertalet av dessa stationer. 🐦

Vikaresälen pressad av mildare klimat

TERO HÄRKÖNEN, NATURHISTORISKA RIKSMUSEET

Genom att kombinera inventeringsresultat med gammal jaktstatistik kan vi få reda på en hel del om hur populationerna av vikaresäl utvecklats. Vi vet att jakten kraftigt reducerade stammen under första hälften av 1900-talet. Under 1960-talet skedde ytterligare en nedgång i den redan reducerade stammen. Denna gång orsakades nedgången av miljögifter. Idag har ytterligare ett hot mot vikaresälen uppträtt, nämligen klimatet. Ett varmare klimat förväntas ge en utslagning av sydliga populationer av vikaresäl, och sämre överlevnad hos nordliga populationer.

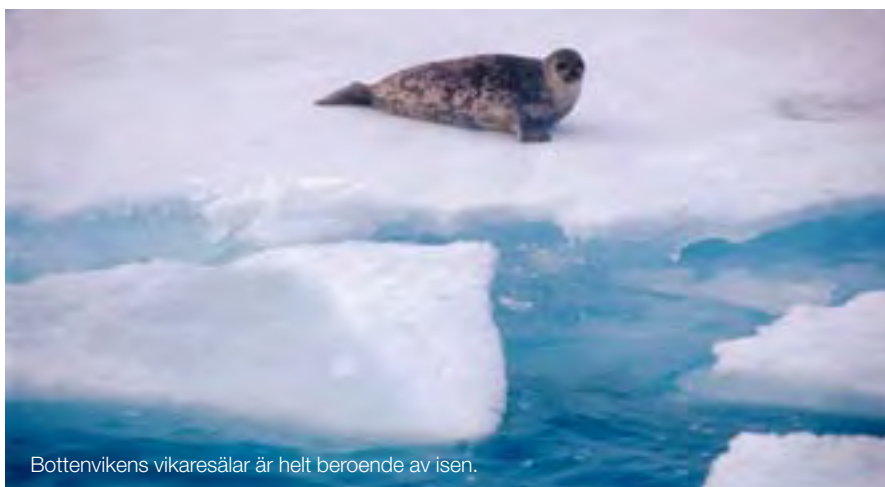


Foto: Jan Töve/N

Bottenvikens vikaresälar är helt beroende av isen.

■ När inlandsisen drog sig tillbaka för 12 000 år sedan blev vikaren kvar i Baltiska issjön. Arkeologiska fynd visar att vikaren varit den vanligaste sälararten i området sedan dess. Vikaren har funnits även i de södra delarna av Östersjön, speciellt under kyligare perioder, men de högsta tätheterna verkar alltid funnits i de norra och nordöstra delarna av Östersjön. Vikarens utbredning är intimt förknippad med tillgången på is, och de senaste decenniernas milda vintrar har haft en stor inverkan på vikarestammens utveckling, speciellt i de södra delarna av dess utbredningsområde.

Beroende av isar

Vikaresälen är beroende av tillgången på havsis. Under förvintern går många vikare upp på den nys som bildas i Bottenvikens yttre skärgårdar. När isläggningen fortskrider etablerar de vuxna djuren sina vinterrevir, framför allt i den kompakta drivisen i norra delen av Bottenviken. De högsta tätheterna finns alltid i de centrala delarna av Bottenviken, även under vintrar med

svår isläggning då istäcket kan sträcka sig söder om Åland. Packisvallar som bildas i detta område under januari är ett lämpligt habitat för vikarens reproduktion.

Grottor i snön

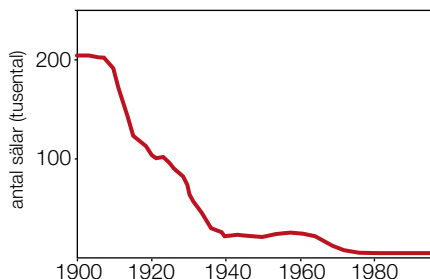
Sälarna tycks även behöva ett vattendjup i övervintringsområdet på omkring 40 till 50 meter. Både hanarna och honorna upprätthåller ett antal andningshål i isen inom sitt revir, men dessa andningshål är sällan synliga under vintern då de är täckta med snö. Hanar gräver ut en enklare snögrotta som den har tillgång till genom ett hål i isen. Honan kan ha flera snögrötter eller grottkomplex, där den enda kuten föds under februari månad. Undervattensreviren med tillhörande andningshål och grottor utgör vikarens fortplantningsmiljö. Här föds kuten, och här sker valet av partner. Dessa revir är intakta tills isen bryter upp, varför digivningens längd är beroende av isförhållandena.

Viktig våris

När våren kommer, och de första större sprickorna uppstår i isen, flyttar sig många djur längre in i den kompakta drivisen eller i fastisen, och man kan då se större grupper av vikare i anslutning till dessa sprickor. Vårisen är viktig för vikaren, eftersom den måste tillbringa flera veckor uppe ur vattnet för att pälsbytet ska kunna ske. Under senare delen av april och början av maj byter samtliga djur utom kutarna, päls, och ligger då uppe på vårisarna i störst antal. Denna tidpunkt är därför lämpad för inventeringar av stammens storlek. Pälsbytet på vårisarna tar flera veckor. Orsaken till att sälarna måste ligga uppe under pälsbytet är att hårtillväxten kräver hög temperatur i huden.

De vuxna djuren är mycket stationära, och nyttjar under sommarhalvåret i huvudsak ett begränsat område i anslutning till skär de valt som viloplatser under främst nattetid. De kan göra födosöksutflykter som varar ett par dagar, varefter de återvänder till sina favoritskär.

VIKARESÄL UNDER 1900-TALET



➤ I början på 1900-talet beräknas det ha funnits över 200 tusen vikaresäl i Östersjön. Hård jakt decimerade populationerna kraftigt fram till 1960-talet, då miljögifter pressade ner populationerna ytterligare.

Hård jakt reducerade stammen

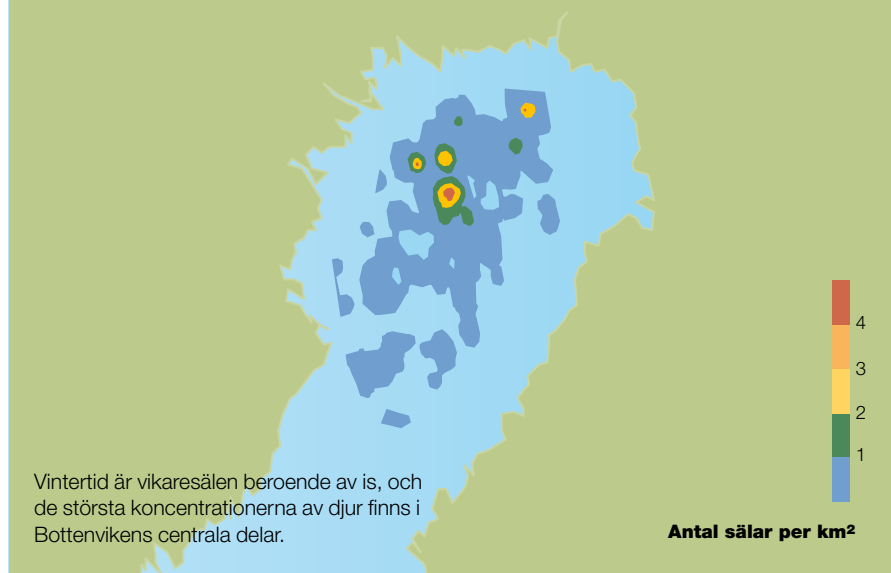
Det fanns mellan 190 tusen och 220 tusen vikare fram till 1908. Intensiv statssubventionerad jakt ledde till att det i slutet av 1920-talet återstod mellan 73 tusen och 86 tusen vikare, och i slutet på 1930-talet hade antalet reducerats till mellan 23 tusen och 27 tusen. Mellan åren 1940 och 1965 balanserade jakten i stort tillväxten i beståndet. I mitten av 1960-talet började dock beståndet att svikta, och kraschade till cirka 5000 djur i början av 1980-talet.

Flera omständigheter tyder på att vikaren varit nära maximal populationsstorlek vid år 1900. Jakten efter 1850 var begränsad, och artens utbredning sträckte sig till de södra delarna av Egentliga Östersjön. Då populationen minskade i början av 1900-talet märktes det först i utkanterna av utbredningsområdet. I Östergötland minskade vikaren snabbt, för att helt försvinna efter 1934. I Stockholms skärgård minskade vikaren snabbare än gråsäl under 1930-talet, och i Skärgårdshavet syntes samma minskning av andelen vikare i jakten tio år senare. Att vikare slutade gå upp på de gamla sälhållarna längs Norrbottenskusten under 1930-talet kan också förklaras av den dramatiska populationsminskningen.

Miljögifter orsakade nedgång

Nedgången i beståndet under 1960-talet verkar framför allt ha orsakats av miljögifter, vilket ledde till sterilitet hos vikareho-

VINTERUTBREDNING AV VIKARESÄL



norna. Den finska jaktstatistiken visar en starkt minskande andel kutar från början av 1950-talet till 1975. Dräktighetsfrekvensen sjönk från 90 procent vid 1950-talets början till 32 procent i mitten av 1970-talet, för att sedan sjunka ytterligare till endast 15 procent i slutet på 1970-talet. Endast cirka 5000 vikare fanns kvar i Östersjön i början av 1980-talet, då utvecklingen vände i mer positiv riktning. Sedan mitten på 1980-talet har populationen av vikaresäl tillväxt med 4,3 procent per år.

Utslagning i söder

Vikaresälens reproduktion är beroende av tillgång på lämplig is där kutarna kan få skydd i snögrottor i packisvallar eller andra platser där snö kan ansamlas. Under de senaste decennierna har det varit flera år utan dessa förutsättningar för de två södra populationerna, vilket lett till mycket hög dödlighet bland kutarna under dessa år. Detta är också en trolig orsak till att de södra delpopulationerna inte uppvisat någon ökning sedan 1996.

Ökande temperatur ett hot

Hur länge isen ligger är också viktigt för vikaresälens reproduktion. Packisvallarna måste vara intakta under minst fem veckor för att kuten ska få skydd under hela digivningstiden. Det kommer troligtvis inte att finnas lämplig is för vikarens reproduktion i Rigabukten och Finska viken om hundra

år, vilket kommer att medföra att vikaren slås ut i dessa regioner.

När det gäller Bottenviken visar framtidsmodeller över klimatet att det kommer att bli isbildning längst upp i norr även under mycket milda vintrar. Vintern 2007/2008 var extremt mild, och kan ge en fingervisning om hur det kan bli i framtiden. Isen lade sig då mycket sent i de centrala delarna av Bottenviken, och vikaresälarna blev istället tvungna att nyttja den landfasta isen. Denna miljö är suboptimal, eftersom sälarna är mer utsatta för landrovdjur såsom rödräv, och snötäcket dessutom är mer jämnt fördelat, vilket ger sämre snögrottor.

Vikaresälarna kommer härigenom att få lägre naturlig tillväxtpkapacitet, orsakad av nedsatt reproduktion i en suboptimal miljö. Den låga tillväxten idag är en faktor som kan accentuera detta problem. 🐋

LÄSTIPS

Harding, K.C. and T.J. Härkönen 1999. *Development in the Baltic grey seal (Halichoerus grypus) and ringed seal (Phoca hispida) populations during the 20th century*. Ambio, 28: 619-627.

Härkönen, T., O. Stenman, M. Jüssi, I. Jüssi, R. Sagitov, M. Verevkin. 1998. *Population size and distribution of the Baltic ringed seal (Phoca hispida botnica). I: Ringed Seals (Phoca hispida) in the North Atlantic*. Edited by C. Lydersen and M.P. Heide-Jørgensen. NAMMCO Scientific Publications, Vol. 1, 167-180.

Olle Karlsson, Tero Härkönen & Britt-Marie Bäcklin, Naturhistoriska riksmuseet

Gråsäl

Gråsäl har inventerats i Sverige sedan mitten av 1970-talet. Under denna period har gråsälens situation förbättrats avsevärt. Den var akut hotad under 1970-talet, men är idag återigen en vanlig syn i våra skärgårdar. Att gråsälens var akut hotad berodde på en kraftigt nedsatt fruktsamhet orsakat av miljögifter som PCB hos den spillra av gråsälstammen som fanns kvar efter den hårda jakten under 1900-talets inledning.

Vid svenska kusten tillväxte gråsälspopulationen med cirka åtta procent under perioden 1990 till 2005. Under 2006 och 2007 övergick man till flyginventeringar som koordineras med andra Östersjöländer. Flyginventeringarna ger högre siffror än markinventeringar. Kommande års data från de internationella inventeringarna kommer att ge en mycket bättre helhetsbild av populationens status, men det krävs en längre tidserie av data innan de kan användas i trendanalys.

Den reproduktiva hälsan verkar vara god hos gråsälarna. Sju av nio könsmogna gråsälshonor, undersökta efter implantationsperiodens slut, var dräktiga. Under de senaste tio åren har andelen dräktiga könsmogna undersökta honor varierat mellan 70 och 80 procent, att jämföra med elva procent för 20–30 år sedan. Även tillväxthastigheten i beståndet tyder på en normal reproduktiv hälsa. Maximal långsiktig tillväxthastighet för gråsäl ligger runt tio procent, och den uppmätta tillväxten är ca åtta procent per år. Skillnaderna mellan uppmätt och maximal tillväxt för gråsälarna kan förklaras av att jakt och bifångster ökar mortaliteten.

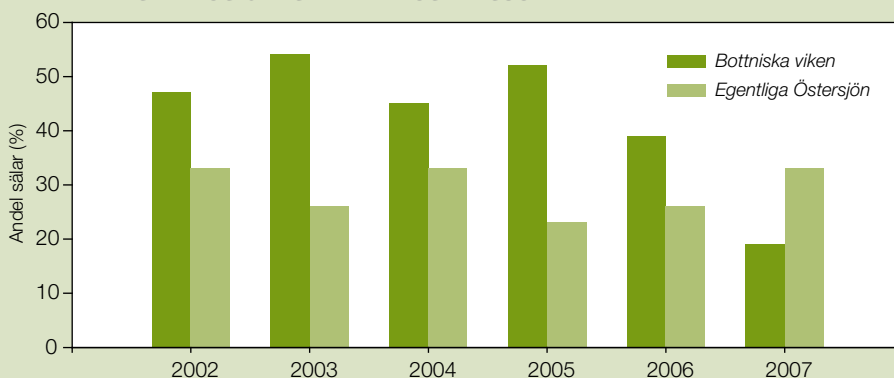
Förekomsten av tarmsår ser däremot ut att vara fortsatt hög, men verkar ha minskat något i Bottniska viken. Perforerat tarmsår förekommer ibland som dödsorsak bland de undersökta gråsälarna, särskilt bland äldre hannar. Eftersom gråsälspopulationen ändå ökar så förekommer troligen inte någon massdöd till följd av tarmsår.

Även andelen magra gråsälar är fortsatt hög. De senaste tio åren har medel-späcktojckleken hos unga gråsälar minskat signifikant. Åtminstone hälften av dessa gråsälar har mätts under hösten, då späck-



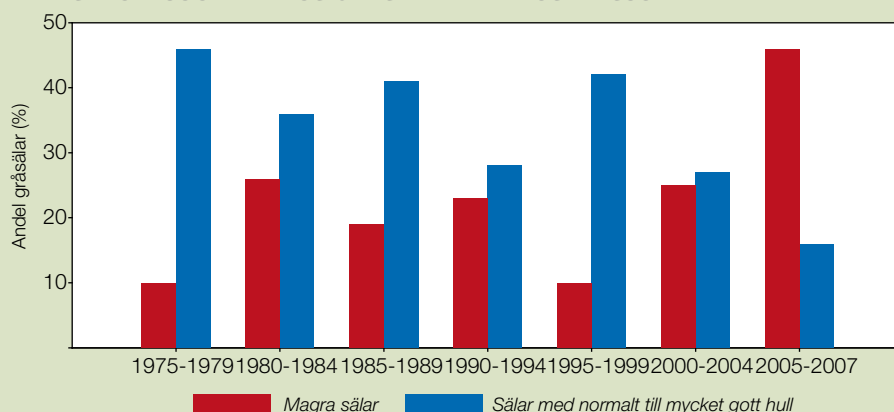
Foto: Ola Jernsten/N

TARMSÅR HOS GRÅSÄL FRÅN ÖSTERSJÖN

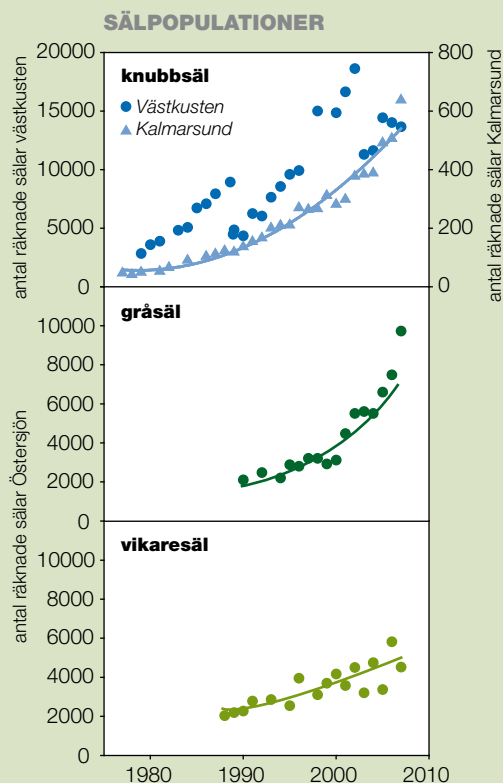


Andelen gråsälar med tarmsår är fortsatt hög, men verkar ha minskat något i Bottniska viken.

SPÄCKTOJCKLEK HOS GRÅSÄLAR FRÅN ÖSTERSJÖN



Gråsälarna har blivit magrare de senaste tio åren. Orsaken är ännu okänd, men kan eventuellt tänkas vara en förändring i sälarnas föda.



▢ Populationsutveckling hos våra tre sälarter. Tillväxten ligger under den maximala kapaciteten för alla tre arterna. Knubbsälen på västkusten har varit utsatt för flera sjukdomsepidemier, och tillväxten har därför varierat dramatiskt. Gråsälspopulationerna har inventerats med flyg de senaste två åren, vilket ger högre värden än de tidigare markinventeringarna.

lagret borde vara som tjockast. Orsakerna till den minskade späcktjockleken är fortfarande okänd, men hos sillgrisslor kopplades en minskad hoppvikt hos ungarna till minskad storlek hos deras viktigaste föda skarpsillen. Även strömmingen har visat på lägre fetthalter. Detta kan möjligen i sin tur bero på minskad tillgång på zooplankton i Östersjön. Tanken att förändringar i sälarnas föda skulle kunna vara orsaken kan inte uteslutas, men tycks inte följa ett lika enkelt samband som hos grisslorna.

Knubbsäl

Populationen av knubbsäl på västkusten har uppvisat dramatiska kast i sin utveckling de senaste trettio åren. Populationen växte med tolv procent per år mellan 1979 och 1988. År 1988 slog den första sälpestepidemin ut drygt halva beståndet. Det skedde en snabb återhämtning fram till 2002, då en ny sälpestepidemi dödade 60 procent av knubbsälarna i Skagerrak och 30 procent av sälarna i Kattegatt. Mellan 2002 och 2007 ökade populationen igen, men 2007 drev döda sälar åter i land i relativt stor omfattning. Det visade sig att nästan alla färska ilandflutna sälar hade en luftvägsinfektion som lett till lunginflammation och död. Det var inte samma virus som orsakat de två första epidemierna, och arbetet med

att isolera patogenen som förorsakade den tredje epidemin fortsätter.

Knubbsälarna i Kalmarsund var nära utrotning i början av 1970-talet, men har sedan dess ökat i antal med nio procent per år, vilket är något lägre än dess tillväxtpacitet på nära tolv procent. De har även återkoloniserat tidigare tillhåll vid Ottenby och Össby vid Öland. Kutproduktionen har ökat med drygt nio procent sedan 1976, och det har fötts cirka 100 kutar under de tre senaste åren. Det går tyvärr inte att säga något om hälsotillståndet för knubbsälarna från Kalmarssund, eftersom för få sälar har undersökts.

Den goda tillväxthastigheten mellan epidemierna visar att reproduktionsförmågan hos knubbsälarna i Västerhavet är normal. Det finns ingen kontinuerlig undersökning av hälsotillståndet hos dem liknande den för sälar i Östersjön förutom eventuella epizootier. Dock antyds att starkt förhöjda frekvenser av skador i käkben samt yttre benpålagring (alveolar exostos) är förorsakade av klorerade kolväten.

Vikaresäl

Populationen av vikaresäl har tillväxt med drygt fyra procent sedan 1980-talet. Detta är mindre än hälften av vikaresälens tillväxtpacitet på tio procent. Eftersom

bifångsterna i fisket är begränsade till cirka 100 djur per år kan den låga tillväxten endast förklaras med fortsatt låg fertilitet eller mycket hög kutdödlighet. Endast två köns mogna honor har kunnat undersökas efter implantationsperioden varav den ena var dräktig. Det går med ledning av detta resultat inte att säga något om andelen dräktiga honor.

Utvecklingen i Finska viken och Rigabukten/Estland har varit ännu svagare, och antalet räknade sälar har varit konstant under de senaste 15 åren. Det har utförts tre någorlunda heltäckande inventeringar av den tredje delpopulationen i Estland/Rigabukten. Resultaten antyder en stagnant eller vikande utveckling. Situationen har påverkats mycket starkt av att det under det senaste decenniet endast under enstaka år funnits is lämpad för kutning. Under vintern 2007/2008 fanns det ingen is alls i Rigabukten, varför kutdödligheten sannolikt var nära 100 procent. Det totala antalet vikaresäl i Östersjön beräknas vara cirka 11 000.

Precis som för gråsäl finns en tendens att vikaresälarna är magra. Underlaget är dock för litet för att kunna göra säkra slutsatser.

Havsörn

– detektivarbete pågår

BJÖRN HELANDER, NATURHISTORISKA RIKSMUSEET

Under en följd av år, undantaget det sista, har antalet ungar i havsörnarnas kullar varit signifikant färre vid södra Bottenhavet än i andra kustavsnitt. Det är också fyra gånger vanligare med döda ägg i bona i detta område. Signalerar havsörnen åter om ett miljöhot?

■ Vi misstänkte först DDT- och PCB-substanser, de miljögifter som tidigare kopplats till de svåra fortplantningsstörningarna hos havsörn. Halterna i ägg från honorna med nedsatt reproduktion vid södra Bottenhavet jämfördes med ägg från honor med mycket bra reproduktion vid Egentliga Östersjön. Analysen visade att belastningen av dessa ämnen sjunkit betydligt och ligger på samma nivåer i båda grupperna.

Flamskyddsmedel stod i tur

Problemen med få ungar vid södra Bottenhavet upptäcktes inom miljöövervakningen, men sökandet efter orsaken har därefter drivits vidare inom ett forskningsprojekt. Nu har förekomsten av bromerade flamskyddsmedel i äggen undersökts grundligt. Ett urval av döda ägg från havsörnsbestånd i fyra områden, två vid kusten och två i inlandet, har analyserats.

Koncentrationerna av de undersökta substanserna skiljde sig inte i ägg från bon vid Bottenhavet och Egentliga Östersjön. Bromerade flamskyddsmedel är alltså inte orsaken till den observerade skillnaden i antal ungar i kullarna.

Däremot visade sig innehåll av flamskyddsmedel vara betydligt högre i ägg från kusten jämfört med inlandet. Allra störst är skillnaderna mellan kusten och Lappland, där summaBDE var sex gånger högre

i kustäggen. BDE47 utgjorde omkring hälften, något mer i kustområdena och något mindre i Lappland. Den högbromerade BDE209 fanns däremot inte i mätbara koncentrationer i något av äggen. Den förekommer i landmiljöer och har påträffats i ägg från svenska pilgrimsfalkar, men är ovanlig i akvatiska miljöer.

Undersökningarna i jakten på en förklaring till skillnaden i reproduktion

hos havsörnarna går nu vidare med dioxiner och plana PCB-er i de utvalda grupperna av ägg. Det vore också önskvärt att undersöka PFOS i detta material – en pilotstudie har visat att havsörnsäggen innehåller även denna miljöförorening. 🦅

Foto: Jan-Michael Breider/N

BROMERADE FLAMSKYDDSMEDEL I FETT FRÅN HAVSÖRNSÄGG (ng/g)						
	antal ägg		äggens fetthalt	summa BDE	HBGD	BB153
Kustområden						
Egentliga Östersjön	8	medelvärde	5,1%	4250	139	117
		min-max	3,6–7,7	2120–13700	78–310	53–429
Bottenhavet	12	medelvärde	5,8%	4250	159	105
		min-max	3,2–17,7	1820–9100	98–480	63–200
Inlandet						
Syd- & mellansverige	12	medelvärde	4,9%	1567	97	35
		min-max	3,2–6,0	610–3770	72–189	10–96
Lappland	12	medelvärde	4,7%	705	64	22
		min-max	2,9–6,6	200–2620	35–386	9–61

➤ En noggrann undersökning visade att halterna av bromerade flamskyddsmedel inte är högre i det problematiska området vid södra Bottenhavet. Däremot är hela kustbeståndet betydligt högre belastat av dessa ämnen än inlandets havsörnar. Tabellen visar geometriska medelvärden. Not: SummaBDE – summan av sex polybromerade difenyletrar (BDE47, -99, -100, -153, -154, -209); HBGD – hexabromcyklododekan; BB153 – hexabrombifenyl. Data ur ett Formas-finansierat projekt, Nordlöv m.fl., se lästips.

Fler ungar i år

Häckningsutfallet längs Östersjökusten var påfallande jämnt under året. Särskilt glädjande var att antalet ungar i kullarna vid Bottenhavets kust var lika högt som inom övriga kustavsnitt. Under en följd av år sedan mitten av 1990-talet har antalet ungar i kullarna varit signifikant mindre vid Bottniska viken än vid Egentliga Östersjön. Det återstår att se om årets trendbrott bara är en tillfällighet eller början på en varaktig förändring.

Häckningsresultat

Kontrollerna av havsörnens häckning vid Östersjökusten 2007 omfattade totalt 295 revirhållande par. För 273 av dessa kunde fortplantningsresultaten fastställas. I genomsnitt för hela kuststräckan reproducerade sig 71 procent av de kontrollerade paren, och fick i snitt 1,60 ungar per par. Produktiviteten för hela kustbeståndet, det vill säga inklusive icke reproducerande par, blev 1,11 ungar per kontrollerat par.

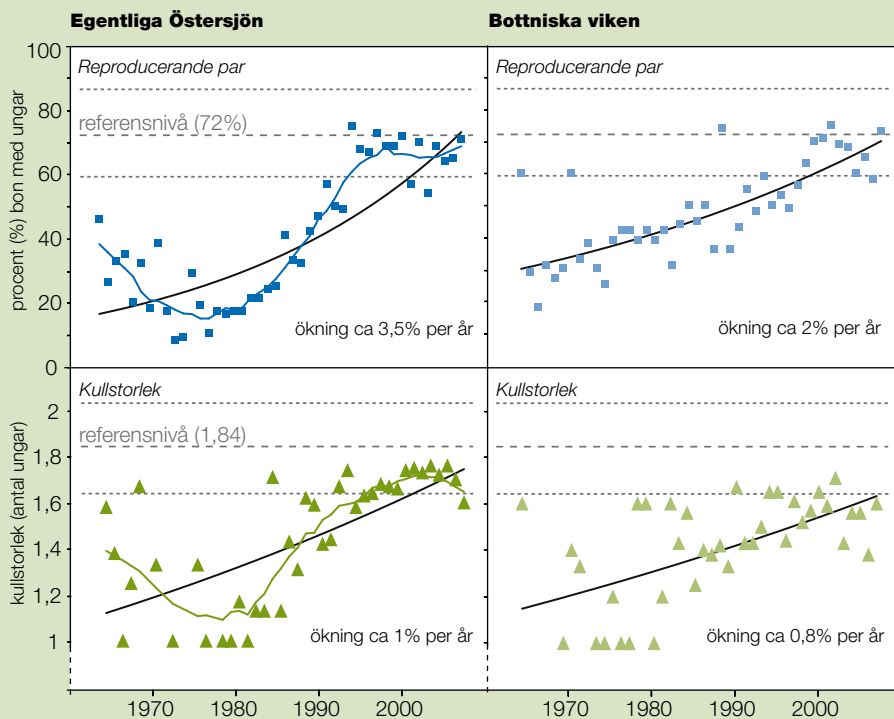
Samtliga figurer visar en signifikant uppgående trend (svarta kurvor). För Egentliga Östersjön kan man visa att en utjämnare (blå kurvor) bildad genom successiva viktade regressioner, sju år i taget, ger en signifikant bättre förklaring av förändringen över tid. Det glidande medelvärde visar initialt en sjunkande trend, följt av en snabbare uppgång och därefter en utplaning. År då färre än tre kullar har undersökts har uteslutits från analysen eftersom medelvärdet i dessa fall är mycket osäkert.

Regional fördelning

En regional fördelning av kustbeståndet visas i tabellen. Som jämförelse visas där också resultat från de bestånd som häckar vid sjöar och vattendrag i inlandet och som övervakas inom Naturskyddsföreningens "Projekt Havsörn".

Andelen par som genomförde lyckade häckningar var lika stor vid kusten som i inlandets södra bestånd. Där ligger resultaten nära den referensnivå, 72 procent, som beräknats från tiden fram till 1950, innan reproduktionen började påverkas av miljögifter. Den genomsnittliga kullstorleken var däremot lägre än referensnivån för

HAVSÖRNNENS HÄCKNINGSRAMGÅNG



HAVSÖRNSBESTÅNDET I SVERIGE 2007

	Undersökta bon	lyckade häckningar	ungar per kull	ungar per par
Kusten	273	71%	1,6	1,11
Egentliga Östersjön	181	71%	1,6	1,09
Götaland	102	71%	1,66	1,13
Svealand	79	70%	1,53	1,04
Bottniska viken	92	73%	1,6	1,13
södra Norrland	65	74%	1,62	1,17
norra Norrland	27	70%	1,53	1,00
Inlandet				
Syd- & mellansverige	87	71%	1,8	1,22
Götaland	28	68%	1,93	1,18
Svealand & södra Norrland	59	73%	1,74	1,22
Lapland & Norrbotten	64	66%	1,26	0,83

hela kustbeståndet. Inlandets södra delar nådde målet även här.

Det nordliga beståndet i Lapland uppvisar naturligt en något lägre häckningsframgång som betingas av kärvar klimat och mer begränsande födounderlag. Sedan 1996 har medelantalet ungar i kullarna i Lapland varierat mellan 1,10 och 1,34. Denna lägre nivå jämfört med kusten beror huvudsakligen på dödlighet

hos ungarna genom svält och får ses som naturlig.

LÄSTIPS

Helander, B. 2007. Havsörn – i miljöövervakningens tjänst. Havet 2007: 90-92.

Nordlöf, U., Helander, B., Bignert, A. & Asplund, L. 2007. Polybrominated Flame retardants in eggs from Swedish White-Tailed Sea Eagle (*Haliaeetus albicilla*). Organohalogen Compounds 69:2728-2731.



FISKARNA I VÅRA HAV

**Kan färre skarpsillar ge fler torskar?
Kustfisk påverkas av förändringar i öppna havet
Tånglake och abborre varnar för miljöförändringar**

Kan färre skarpsillar ge fler torskar?

JOAKIM HJELM, FISKERIVERKET

Vi har påverkat Östersjön genom ett allt för stort fiske under en lång tid. Vårt fiske på framförallt torsk har dessutom inneburit att vi fått förändringar på lägre nivåer i födokedjan, hela vägen ner till algerna. Ny ekologisk forskning har genererat nya teorier om hur olika rovdjur och byten påverkar varandra. Denna teoribildning har nu fått genomslag i det nya projektet Big Fish Back, där man ska utreda om ett ökat uttag av skarpsill kan gynna torsken i Östersjön.

■ Djur kan i viss utsträckning forma sina livsbetingelser och på så vis skapa förutsättningar för att exploatera sin omvärld. Ett klassiskt exempel är bävern. Den faller träd och använder virket för dammbygge, bäverhyddor och som föda. När bävern fördämmer ett vattendrag ökar den vattenytan, vilket gör det lättare att hitta ny föda och nytt byggnadsmaterial. Den skapar alltså sina egna optimala livsbetingelser, som i sin tur ger bättre förutsättningar för andra djur och växter.

En ny hypotes är att även rovdjur kan forma sin miljö så att den blir bättre, både för rovdjuret och för andra. Detta går emot den traditionella bilden av att rovdjur endast är negativa för sina byten. Man har börjat inse att byten och rovdjur inte kan hanteras som enhetliga grupper utan att det finns funktionella skillnader mellan stora och små individer inom gruppen hos både byten och rovdjur.

Förändrar bytespopulationen

Den nya idén framförs av forskare i Umeå och Amsterdam. De har lyckats visa att rovfiskar som torsk och abborre, kan påverka sin bytespopulation så att det gynnar dem själva. Om en rovfisk huvud-



Foto: Tony Holm/azote

➤ Vårt fiske av torsk i Östersjön har lett till ett ekosystem dominerat av skarpsill. I det nya projektet Big Fish Back ska man genom att fiska upp skarpsill bland annat undersöka om torsken gynnas när skarpsillsbeståndet reduceras.

sakligen äter små och unga bytesdjur så medför det att de individer som överlever snabbare kan växa sig stora. Dessa få individer konkurrerar mindre om födan med varandra och kan växa upp välnärda. Detta gör i sin tur att de producerar fler yngel per individ; yngel som rovfisken föredrar som föda eftersom små byten ofta är lättare att fånga.

Torsken kan alltså genom att äta skarpsill få de överlevande skarpsillarna att producera fler yngel än tidigare. Detta beror på att de vuxna skarpsillar som finns kvar är i bra kondition. Resonemanget stämmer med vad som observerats i Östersjön. Där finns det nu mer skarpsill än då torskbestånden

var goda. Men de är i sämre kondition. Man ser också att antalet yngel per individ har minskat. Alltså: en hög torskpredation leder till ett skarpsillbestånd med fler små skarpsillar, vilket i sin tur gynnar torsken.

Rovdjur beroende av varandra

Forskarna menar även att olika rovdjur kan gynna varandras existens. Om ett rovdjur föredrar att äta små och unga bytesdjur så kan de stora individerna i sin tur fungera som föda även till en annan rovdjursart. Om inte det första rovdjuret ätit upp så många små bytesdjur hade inte tillräckligt många av dem kunnat växa sig tillräckligt stora för att även räcka till det andra

rovdjuret. Den nya teorin förutsätter en samexistens av rovdjursarter eftersom de är beroende av varandra. Detta gör att flera rovdjursarter kan vara i fara om ett rovdjur utrotas. Denna syn på relationen mellan rovdjur och byte går emot den vedertagna ekologiska teorin att om olika rovdjur jagar samma byte så leder detta till hårdare konkurrens och att det för varje rovdjursart behövs en egen bytesart.

Att rovdjur kan vara beroende av varandras existens kan också förklara de kollapser av hela rovfiskbestånd, med återverkningar på bytesfiskar, djurplankton och växtplankton, som har observerats i många delar av våra världshav. Den kände fiskeribiologen Daniel Pauly och hans kollegor har beskrivit hur människan först fiskat ut de stora rovfiskarna, som torsk och tonfisk, för att sedan fiska på deras byte, något som kallas ”fishing down the food web”. Att utfiskningen skett relativt snabbt kan kanske kopplas till att dessa rovfiskar är beroende av varandra för att kunna stå emot utfiskning. Om en art försvinner försämras även förutsättningarna för de andra rovfiskarna.

Färre byten men rätt storlek

Centralt i den nya forskningen är att det finns ekologiska mekanismer som kan förändra förutsättningarna för hur vi förvaltar våra fiskbestånd. Traditionellt har man ansett att ju mer bytesfiskar desto mer rovfisk. Detta är motsatsen till vad

forskarna nu har visat, nämligen att det är färre byten men med rätt storlekssammansättning som är det som gynnar rovfiskar.

Ett praktiskt exempel som visar på denna mekanism är en sjö i norra Norge där det tidigare fanns ett så kallat tusen-bröderbestånd, alltså många, små individer av röding. I sjön fanns även ett litet bestånd av öring som äter röding. Man ville förbättra för rödingen genom att fiska ner beståndet. Precis som man hoppats på ökade tillväxten hos de rödingar som fanns kvar, men utfiskningen gjorde även att öringpopulationen ökade markant. Man fick helt enkelt en sjö med större rödingar men också med fler stora öringar. Man reducerade alltså mängden byten, och rovfisken kom tillbaka eftersom bytespopulationen fick en mer optimal storlekssammansättning. Det intressanta är att från början fanns bara stor öring i denna sjö. Orsaken till att man satte ut röding var att man ville gynna öringen eftersom man antog att det skulle bli fler, och framförallt större, öringar om man gav den mera byten. Det vill säga, det traditionella sättet att tänka – fler byten mer rovdjur.

Att använda ekosystemansatsen

I framtidens förvaltning av våra vatten, söta som salta, kan vi inte enbart se de biologiska resurserna i ett traditionellt miljöperspektiv. Vi måste tänka i nya banor när det gäller ekologiska mekanismer och utnyttja det senaste inom biologisk forskning. Vi

kan inte förlita oss på föråldrad kunskap och gamla sanningar. Man får hoppas att det är just detta ekosystemansatsen syftar till inom marin förvaltning. Ett nytt exempel är projektet Big Fish Back i vilket regeringen har gett i uppdrag till Fiskeriverket, tillsammans med Naturvårdsverket, att utreda om man kan gynna torsken i Östersjön genom att reducera skarpsillsbeståndet. 🐟

FAKTA

Ekosystemansatsen

Förvaltningen av alla större utsjöfiskbestånd i Europa styrs av EUs gemensamma fiskeripolitik. I denna fastslås att fiskeripolitiken skall omfattas av den så kallade ekosystemansatsen, vilket innebär att ekosystemets varor och tjänster skall nyttjas på ett hållbart sätt ur ekosystemets alla aspekter. Förvaltningen skall alltså inte som tidigare utgå från status och bärkraft hos ett enskilt bestånd eller hos en grupp av bestånd som delar ett geografiskt område. Man ska istället utgå ifrån hur detta bestånd påverkar andra bestånd och i slutänden hela ekosystemet.

Ett bra exempel på varför det är nödvändigt att använda ekosystemansatsen är när förvaltningen av ett stort utsjöbestånd av torsk får effekter på kustlevande fiskar och i förlängningen på hela kustekosystemet. Om detta kan man läsa på nästa sida.

Ny forskning har visat att samspelet mellan rovdjur och dess byten är mer komplext än vad man tidigare trott. Genom att fiska ned rödingbeståndet i en sjö i norra Norge har man ökat tillväxten på de rödingar som blir kvar (vänster bild), vilket i sin tur gynnat sjöns stora öringar (höger bild).

Foto: Fredrik Luvigsson/Naturbild

Foto: Riejo Juurinev/Naturbild



Kustfisk påverkas av förändringar i öppna havet

JAN ANDERSSON, MAGNUS APPELBERG, MIKAELA BERGENIUS & LARS LJUNGGREN, FISKERIVERKET

Östersjön har genomgått ett dramatiskt regimskifte, från ett torskdominerat ekosystem under 1980-talet till ett av skarpsill dominerat system idag. Denna förändring antas ha gett upphov till kedje-reaktioner som fortplantat sig i både utsjöns och kustens näringsvävar. Även om åtgärder i form av minskat torskfiske sätts in kan det vara svårt att ändra på situationen. Ekosystemet kan ha låst sig i ett skarpsillsdominerat tillstånd.

■ Minskningen av torskbeståndet i utsjön sedan 1980-talet har lett till en ökad mängd djurplanktonätande fisk, som skarpsill, i utsjön. Detta har i sin tur resulterat i låga djurplanktontätheter, vilket bidragit till höga koncentrationer av växtplankton. Den låga förekomsten av djurplankton har även bidragit till att skarpsillen blivit

mindre och i sämre kondition, något som i sin tur haft en negativ påverkan på havslevande fåglar. Sillgrisslor måste idag fånga fler skarpsillar för att föda upp sina ungar och man har observerat att ungarna minskat i vikt.

Kraftigare nedgång vid kusten

Torskbeståndets nedgång var kraftigare i kustområdena än i utsjön. Det beror på att när en fiskpopulation minskar är det i första hand randområdena som överges, i detta fall de kustnära områdena. Förändringen i artens kärnområden går betydligt långsammare. Torskens lekbestånd i utsjön minskade under 1980-talets senare del till cirka 20 procent av nivån under toppåren 1980 till 1984. Orsaken var försämrade förutsättningar för lek i kombination med ett för hårt fiske. Nedgången vid kusten

blev större, och i Fiskeriverkets nätprovfisken saknades arten helt vissa år efter 1990. Samtidigt har det skett en expansion av skarpsill även i kustnära områden.

Spigg och skarpsill tar över

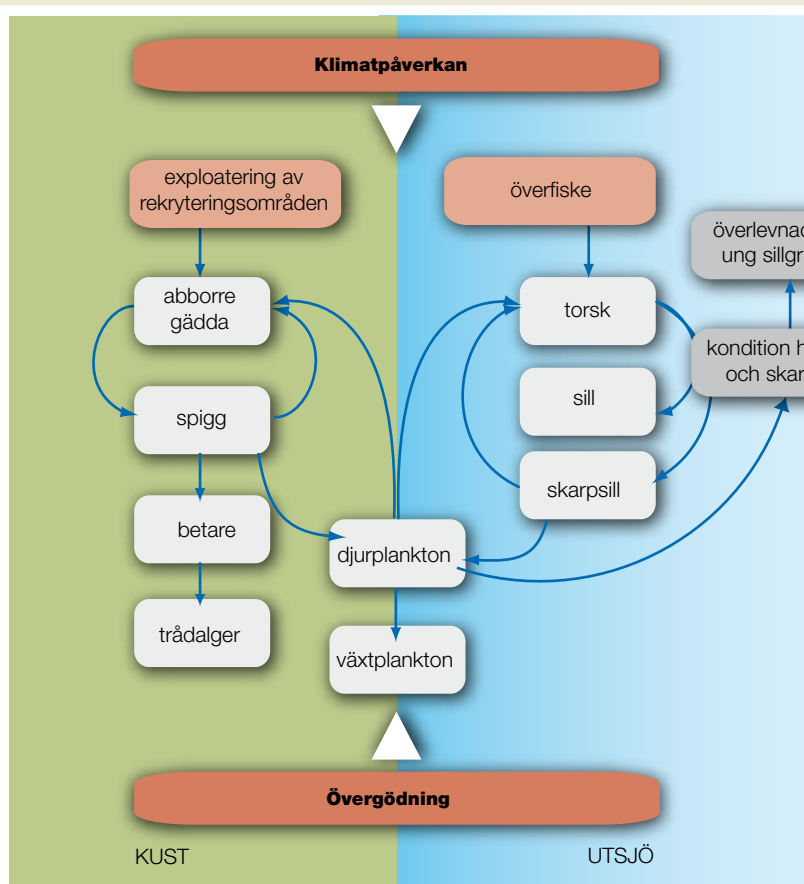
Parallellt med torskbeståndets minskning, har rekryteringen av de mer stationära kustnära rovfiskarna abborre och gädda minskat markant i Egentliga Östersjöns yttre kustområden. Undersökningar indikerar att de nykläckta fisklarverna inte har tillräckligt med föda. De kustområden som drabbats uppvisar ofta stora förekomster av spigg. Detta tillsammans med skarpsillens expansion kan betyda att spigg och skarpsill kontrollerar mängden djurplankton även i kustområdena.

Dessa hypoteser skall Fiskeriverket i samarbete med Naturvårdsverket under-

Gäddan är en av de kustfiskar som påverkats negativt av ekosystemförändringarna.

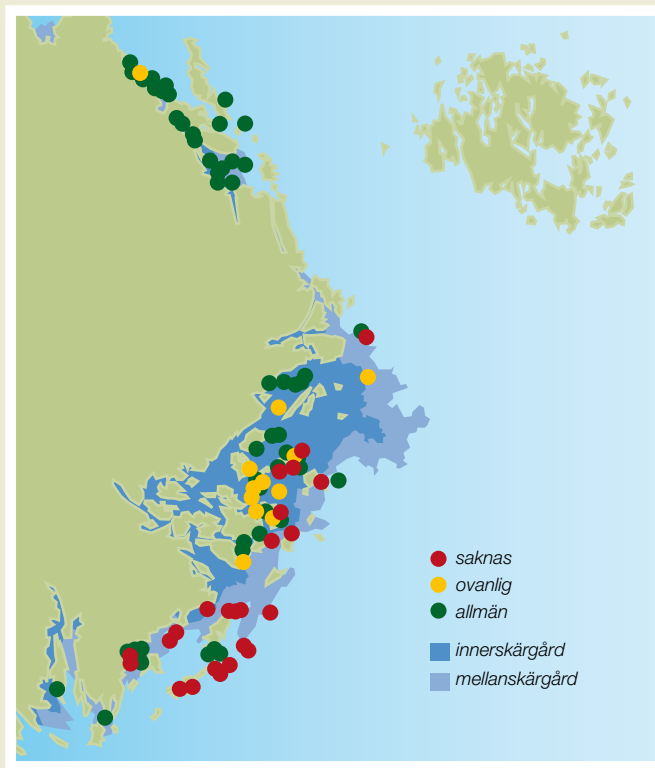
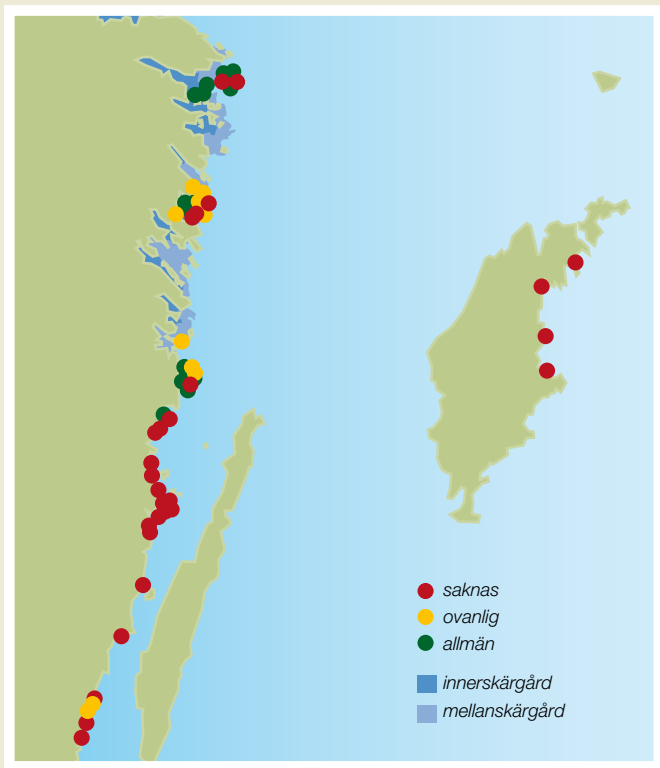
Foto: Niels Storch/Bløpix

KOPPLINGEN MELLAN KUSTEN OCH UTSJÖNS EKOSYSTEM



☞ Förenklad modell över kopplingen mellan utsjöns och kustens ekosystem i Östersjön, samt processer som resulterar i förlust av stor rovfisk och ökad primärproduktion. Klimatet påverkar arternas tillväxt samt reproduktions- och konkurrensförmåga. Näringsämnen bestämmer systemets produktivitet.

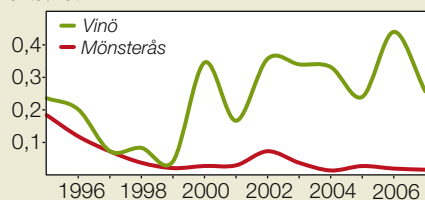
ÅRSYNGEL AV ABBORRE



☞ Årsyngel av abborre i augusti åren 1996–2003. I de yttre kustområdena och längs öppna kustavsnitt saknas de i stort sett helt. I mer skyddade områden är rekryteringen dock normal. Vänster karta visar Smålandskusten och höger karta Svealandskusten. Situationen har inte förändrats efter år 2003.

PROBLEM FÖR GÄDDAN

antal/nät



➤ Provfiskefångster av gädda vid öppen kust (Mönsterås) och i ett mer skyddat skärgårdsområde (Vinö i Misterhults skärgård). Utvecklingen vid Mönsterås bidrog starkt till att reproduktionsproblematiken för rovfiskar vid östersjökusten uppmärksammades i slutet av 1990-talet.

söka i detalj de kommande åren. Att spiggarna kan bli så talrika kan dels bero på att mängden rovfiskar minskat och dels på att spiggen även kan leva av andra byteslag än djurplankton. De äter bland annat små snäckor och kräftdjur. Dessa smådjur fungerar som betare av fintrådiga alger. Då betarna minskar ökar de fintrådiga algerna vid kusten och viktiga reproduktionslokaler för abborre och gädda växer igen. Det skulle ytterligare kunna begränsa produktionen av rovfisk vilket i sin tur möjliggör den stora mängd spigg som nu förekommer.

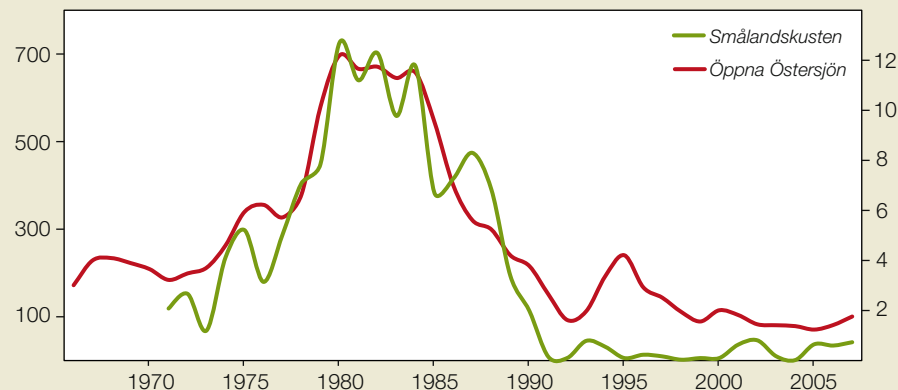
Brist på djurplankton

Kopplingen mellan utsjöns och kustens ekosystem berör i första hand de öppna kustavsnitten, och rovfiskarnas rekryteringsproblem gäller framför allt yttre, exponerade, kustområden.

Man ser stora skillnader i täthet av djurplankton mellan områden med och utan rekryteringsproblem. Ett skäl till detta är troligen att näringsvävarna i skyddade innerskärgårdar är mer beroende av avrinningen från land än av påverkan från öppna havet. Rekryteringen fungerar i många skyddade skärgårdsområden där bestän-

KRAFTIGARE MINSKNING AV TORSKBESTÅNDET VID KUSTEN

tusen ton



➤ Lekbeståndets storlek hos det östra torskbeståndet i öppna Östersjön och fångsten per fiskeansträngning av torsk i provfiske med översiktsnät vid Oskarshamnverket i Simpevarp på Smålandskusten. Nedgången vid kusten blev större och gick fortare.

den utvecklats normalt och i flera fall har gynnats av höga vattentemperaturer under senare år. De skyddade skärgårdsområdena har däremot andra problem. De är ofta utsatta för ett högt exploateringsstryck där fiskarnas reproduktionslokaler ställs emot människans nyttjande och intresse av kusten.

Ett låst tillstånd?

Det är möjligt att den nuvarande situationen inte kommer att ändras trots minskat fiske på torsk. Det finns flera tänkbara orsaker till att ett sådant tillstånd uppstått, till exempel att skarpsillsbeståndets ökning och förändrade storleksfördelning resulterat i en ökad konkurrens med torsklarverna om djurplankton som föda. Det är också möjligt att det är torskens minskade påverkan på skarpsills bestandsstruktur som har ökat mängden liten och mager skarpsill. Detta i kombination med ett förändrat klimat kan betyda att utsjöns ekosystem har låsts i ett skarpsilldominerat tillstånd. Tack vare gynnsamma förutsättningar, med bland annat betydande inbrott av saltvatten till Östersjön under senare år, har några årsklasser av torsk lyckats bättre

än tidigare år. Bestånden är dock fortfarande långt ifrån en acceptabel nivå.

Vi behöver använda och utveckla den kunskap vi har om de processer som påverkar ekosystemet i såväl fiske- som miljöförvaltningen bättre. Misslyckas vi får detta allvarliga konsekvenser för de näringar som är knutna till kusten och havet. Det innebär också en försämrad livskvalitet för alla de människor som lever eller vistas vid havet. 🐟

LÄSTIPS

Bergenius, M., Appelberg, M., Belgrano, A., Berglund, I., Bergström, U., Casini, M., Gårdmark, A., Hjelm, J., Ljunggren, L. och J. Lövgren, 2008. *Försök med skarpsillutfiskning*. Delrapport till regeringen 2008-03-31. 47 p.

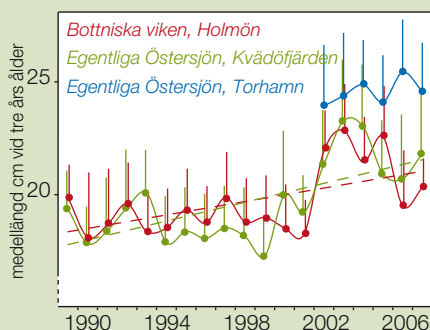
Casini, M., Lövgren, J., Hjelm, J., Cardinale, M., Molinero, J.-M., och G. Kornilovs, 2008. *Multi-level trophic cascades in a heavily exploited open marine ecosystem*. Proc. R. Soc. B:10. 2007.1752

Ljunggren L., Sandström A., Johansson G., Sundblad G. och P. Karås, 2005. *Rekryteringsproblem hos Östersjöns kustfiskbestånd*. Finfo 2005:5.

Österblom H., Hansson S., Larsson U., Hjerne O., Wulff F., Elmgren R. och C. Folke, 2007. *Human-induced trophic cascades and ecological regime shift in the Baltic Sea*. Ecosystems 10: 877-889

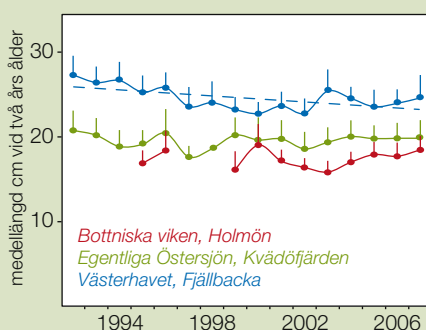
Kerstin Söderberg, Fiskeriverket

ABBORRHONOR

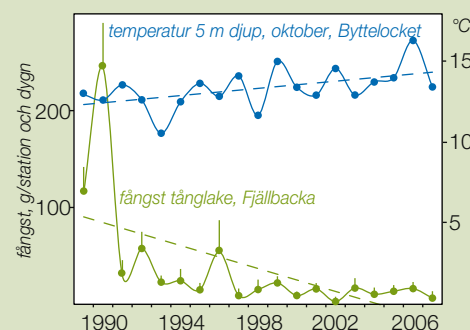


Regressionslinjer anger linjär förändring. Vertikala linjer anger i figurerna till vänster och i mitten standardavvikelsen och i den högra 95% konfidsintervall.

YNGELBÄRANDE TÅNGLAKEHONOR



TÅNGLAKE OCH TEMPERATUR



Abborren frodas

Abborren är Sveriges vanligaste fiskart och därmed lämplig att studera vid kustfiskövervakning. Den dominerar vanligen fiskbestånden längs ostkusten. Provfisken vid Holmön i Bottniska viken gav en rekordstor totalfångst under 2007. Fångsterna av de varmvattenälskande arterna abborre och mört var stora, medan sik, som föredrar lägre temperaturer, fångades i fortsatt liten omfattning. En förklaring är de gynnsamma förutsättningarna med höga vattentemperaturer under 2002 och 2003 som ledde till en god tillväxt för alla åldersgrupper och en god rekrytering av yngel.

Även i Egentliga Östersjöns inre kustområden, som till skillnad från de yttre kustområdena är förskonade från rekryteringsproblem, ses en god tillväxt för abborre. Tre- till femåriga individer har blivit signifikant längre vid samma ålder sedan provfiskestarten 1989. Abborrens längd vid tre års ålder visar ett likartat mönster från Bottniska viken ner till Kvädöfjärden i Egentliga Östersjön. Vid Blekingekusten är jämnåriga abborrar däremot avsevärt längre, vilket troligen beror på att tillväxtsäsongen är längre i söder än i norr. Den tydliga förändringen under 2000-talets första hälft kan kopplas till flera år med höga vattentemperaturer.

Tånglaken minskar och magrar

Tånglaken förekommer längs hela Sveriges kust men är rödlistad och anses vara missgynnad. Denna stationära art föder levan-

de yngel och dess ekologi gör den lämplig som miljöindikator. Tånglaken är en marin art som trivs bäst i något saltare och svalare vatten. Detta avspeglas i relativt stora geografiska tillväxtskillnader. Tånglakarna växer snabbast i Västerhavet och långsammast i Bottniska viken, som är gränsen för deras utbredningsområde. I Västerhavet har tillväxten avtagit för de yngelbärande honorna. Dessutom tycks ytterligare något ha hänt med tånglaken. Fångsten per ansträngning i Västerhavet har minskat under åren 1989–2007 och minskningen kan kopplas till den temperaturökning som observerats. Honorna där är numera också kortare och väger mindre. De är i sämre kondition eftersom vikten minskat mer än längden. Dessutom har andelen honor med döda yngel ökat. Detta gäller även honor med sent döda yngel, det vill säga yngel som dött vid relativt stor storlek. Samtliga ovan nämnda förändringar hos tånglakehonorna är korrelerade till den ökande temperaturen. Detta antyder att den kallvattenlevande tånglaken har utsatts för temperaturstress. Däremot har inte liknande, negativa trender noterats bland tånglakar i de kallare vattnen i norra Östersjön.

Status för tånglakeyngel

Missbildade eller döda yngel förekommer mycket sällan vid Holmön, och inga tidstrender har noterats, vare sig för antalet yngel eller andelen honor med missbildade eller döda yngel. Missbildade yngel utgör mindre än 0,2 promille av alla registrerade

yngel. Motsvarande värden för Egentliga Östersjön och Västerhavet är 10 respektive 20 gånger högre. Endast 8 promille av ynglen har varit döda, vilket motsvarar en tredjedel av nivåerna i andra referensområden. Den positiva yngelstatusen indikerar goda förutsättningar för tånglaken i Bottniska viken, medan situationen inte tycks lika bra i Västerhavet. I Egentliga Östersjön har däremot yngeldödligheten minskat över tiden.

LÄSTIPS

Naturvårdsverket. 2008. Integrerad kustfiskövervakning i Bottniska viken, 2008. Holmön.

Naturvårdsverket. 2008. Integrerad kustfiskövervakning i Egentliga Östersjön, 2008. Kvädöfjärden.

Naturvårdsverket. 2008. Integrerad kustfiskövervakning i Egentliga Östersjön, 2008. Torhamn.

Naturvårdsverket. 2008. Integrerad kustfiskövervakning i Västerhavet, 2008. Fjällbacka.

Söderberg, K., G. Forsgren, och M. Appelberg. 2004. Samordnat program för övervakning av kustfisk i Bottniska viken och Stockholms skärgård. Finfo, 2004:7. 90 s.

Söderberg, K. 2005. Undersökningstyp: Provfiske i Östersjöns kustområden – djupstratifierat provfiske med Nordiska kustöversiktsnät. www.naturvardsverket.se. 48 s.

Thoreson, G. 1996. Metoder för övervakning av kustfiskbestånd. Kustrapport 1996:3. 33 s.

Ådjers, K., Andersson, J., Appelberg, M., Eschbaum, R., Fricke, R., Lappalainen, A., Minde, A., Ojaveer, H., Pelczarski, W. och R. Repeka, 2006. Assessment of coastal fish in the Baltic Sea. Helcom Baltic Sea Environment Proceedings 103 A: 26 s.

Tånglake och abborre

varnar för miljöförändringar

LARS FÖRLIN, JOACHIM STURVE, JARI PARKKONEN, NIKLAS HANSON, JENNY LYCKEN & ÅKE LARSSON, GÖTEBORGS UNIVERSITET

Hälsotillståndet hos tånglake och abborre har undersökts sedan slutet av 1980-talet. Tånglakens hälsostatus bedöms nu vara god i referensområden på väst- och ostkusten – men tånglake som lever nära stora städer visar tydliga tecken på att vara påverkad av miljöförändringar.

■ Tånglaken i Sveriges hav blir allt mindre till storleken. Det visar såväl våra undersökningar som den fiskbeståndsovervakning Fiskeriverket utför på uppdrag av Naturvårdsverket. I Fiskeriverkets undersökningar noteras också en minskning av tånglakepopulationen, samt att tånglaken blivit något magrare under senare år. Minskade populationer har observerats även i till exempel Tyskland. Det har föreslagits att det kan ha att göra med att vattentemperaturen ökar: tånglakens fysiologi är bättre anpassad till ett kallare klimat, och arten trivs således bättre i kallare vatten.

Algblomning kan påverka

I den nationella miljöövervakningen visar två observationer tydliga störningar hos tånglaken i de undersökta områdena. Dels ser vi en uppgång av antalet vita blodceller hos tånglaker i Fjällbacka på västkusten och i Kvädöfjärden på ostkusten. Att de vita blodkropparna ökar signalerar att immunförsvaret är påverkat. En möjlig orsak till detta är att tånglaken påverkas av övergödning och algblomning: när blomningen upphör och algerna ruttnar ökar bakteriehalten i vattnet, vilket skulle kunna ge en ökad immunrespons – det vill säga fler antal vita blodceller hos fisken. En annan möjlig orsak är en ökad kadmiumbelastning.

Den andra observationen är att ett



➤ Tånglake är en liten, kustlevande, relativt stationär fisk som föder levande ungar. Parningen sker tidigt på hösten, och ungefär i januari föder honan 20 till 250 yngel.

metallbindande protein, metallotionein, ökar i tånglakarna. Denna ökning kan ha samband med att en ökad kadmiumhalt i tånglake observerats på senare år. Kadmiumhalterna i tånglaken ligger nära de nivåer som man vet orsakar problem för fiskar, och fältundersökningar pågår nu för att få mer information om hur de förhöjda halterna av både kadmium och metallotionein påverkar arten.

Muddringsarbeten påverkar 15 mil bort

Under 2003 gjordes en stor muddring i Göteborgs hamninlopp. Det gav tillfälle att med ett stort batteri av biomarkörer undersöka tånglaken i området före, under och efter muddringen. Fiskarna i Göta älvs mynningsområde är alltid påverkade av miljöstörande ämnen. Under muddringen som pågick under knappt ett år förstärktes denna påverkan påtagligt. Parallellt med undersökningarna i hamnen undersöktes fiskar från referenslokalen i Fjällbacka.

Anmärkningsvärt är att även tånglaken här påverkades av muddringsarbetet, om än svagare. Det tyder på att aktiviteter i ett förorenat område som Göta älvs mynningsområde kan påverka stora delar av västkusten.

Regelbunden övervakning behövs

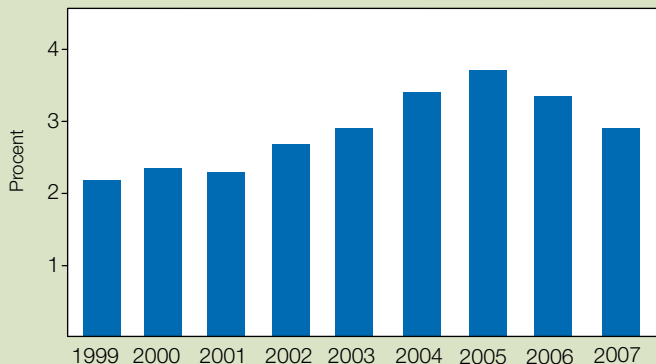
I de nationella referensområdena Fjällbacka och Kvädöfjärden görs årliga provtagningar, medan det sällan eller aldrig görs vid förorenade lokaler. De parallella undersökningarna i Fjällbacka och i Göteborgs hamn visar att det är mycket angeläget att jämsides med den nationella övervakningen även görs övervakning av förorenade kustlokaler. En sådan övervakning skulle öka möjligheten att förstå orsakssamband, och oacceptabelt stora utsläpp skulle kunna upptäckas tidigt. Även uppföljningen av de nationella miljömålen skulle bli bättre med en sådan utökad övervakning. 🐟

Utsläpp från städer påverkar tånglaken

Lars Förllin, Joachim Sturve, Jari Parkkonen, Niklas Hanson, Jenny Lycken & Åke Larsson, Göteborgs universitet

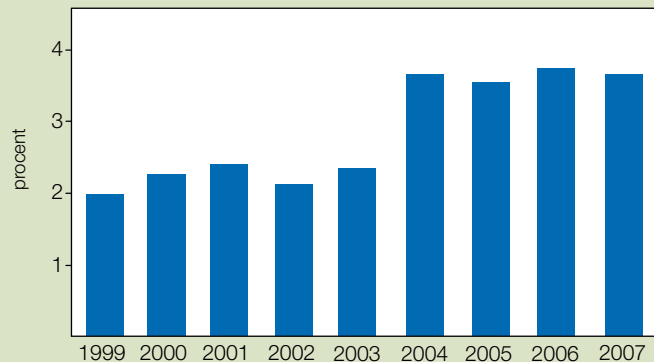


ANDEL VITA BLODCELLER HOS TÅNGLAKEHONOR FRÅN FJÄLLBACKA

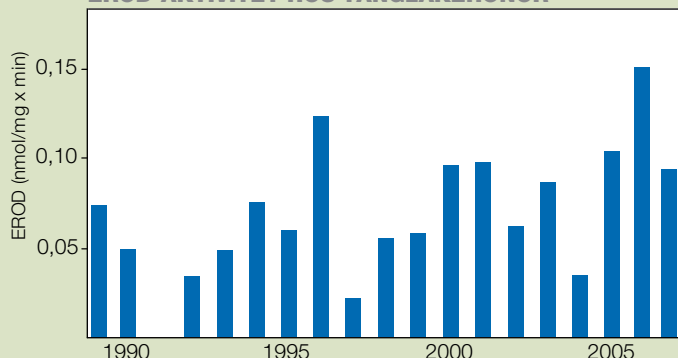


Antalet vita blodceller hos tånglakehonor fångade i de nationella referensområdena Fjällbacka på västkusten och Kvädöfjärden på ostkusten har under tidsperioden 1999–2007 visat en tendens att öka. Orsaken är inte känd, men kan möjligen bero på en ökad kadmiumbelastning eller övergödning och algalblomning.

ANDEL VITA BLODCELLER HOS TÅNGLAKEHONOR I KVÄDÖFJÄRDEN



EROD-AKTIVITET HOS TÅNGLAKEHONOR



EROD är ett enzym i levern som oskadliggör giftiga ämnen. Den förhöjda EROD-aktiviteten i undersökta tånglaker indikerar att fisken är exponerad för gifter, till exempel aromatiska kolväten (PAH).

Miljögifter skadar gener

Effekter av miljögifter hos tånglake undersöks på Västkusten i tre områden: i Göteborg vid Göta älvs mynning som hyser Skandinavien största hamn, utanför Stenungsund några mil norr om Göteborg där det finns flera kemiska industrier, samt i Brofjorden ytterligare några mil norrut där det finns ett stort oljeraffinaderi. Referensområdena är Fjällbacka på västkusten och Kvädöfjärden på ostkusten.

Undersökningar av tånglake i Göta älvs mynning visar både en förhöjd EROD-aktivitet och en förhöjd mängd så kallade DNA-addukter. EROD mäts för att indikera hur fisken påverkas av miljöföroreningar, medan DNA-addukter mäts för att ta reda på om DNA är skadat. Den förhöjda mängden DNA-addukter tyder på genetiska skador hos tånglaken som lever vid älvmynnningen. Undersökningarna indikerar att tånglaken är kraftigt påverkad av

giftiga ämnen som till exempel polyaromatiska kolväten, men också av östrogena ämnen som nonylfenol och bisfenol A. Även det bakteriedödande ämnet triklosan, som finns i hygienprodukter som tvål och tandkräm, har påvisats i fisken. Våra undersökningar visar tydligt att fiskar som lever nära stora befolkningscentra är kroniskt exponerade för miljöstörande ämnen, vilka leder till skadliga effekter hos fisken.

Mindre påverkan i norr

Tånglake fångad i Brofjorden och utanför Stenungsund visar mindre påverkan jämfört med fiskar från Göta älvs mynningsområde. Ett viktigt undantag är yngelutvecklingen hos tånglake från Stenungsundsområdet. Där har det upprepade gånger konstaterats att yngelutvecklingen är störd. Man observerar en onormalt hög andel yngel med defekter eller

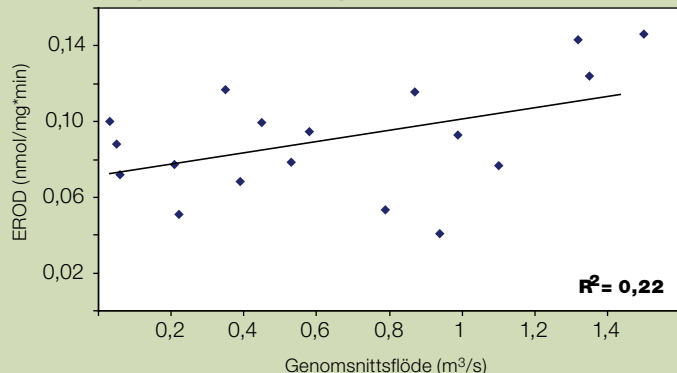
yngel som tycks ha stannat i tillväxten. Vilken eller vilka miljöföroreningar som orsakar detta i Stenungsundsområdet är inte känt. Det är heller inte känt om det är gamla "synder" eller pågående utsläpp som orsakar störningarna, som måste bedömas som ganska allvarliga.

I referensområdet Fjällbacka uppvisar många biomarkörer hos tånglaken små eller inga variationer, och inga trender kan urskiljas. Detta tyder på en god hälsostatus hos tånglaken från Fjällbacka. Det samma gäller tånglaken från Kvädöfjärden där de årliga undersökningarna startade 1995. Några leverenzymmer uppvisar dock relativt stora mellanårsvariationer, inte minst avgiftningsevenzymet EROD. Det är viktigt att försöka finna orsaken till dessa mellanårsvariationer och, eftersom de troligen beror på föroreningar, hitta källan eller källorna.



Foto: Fredrik Ehrensström/N

EROD-AKTIVITET I FÖRHÅLLANDE TILL AVRINNING



EROD-aktiviteten i abborre fångad i Kvädöfjärden korrelerar med medelflödet i närbelägna Vindån. Sambandet mellan ökat vattenflöde och förhöjd EROD aktivitet stärker uppfattningen att avrinning från land kan vara en viktig transportväg för PAH och liknande kemikalier till kustområden. Varje punkt motsvarar en årlig provtagning under perioden 1988-2005, där EROD beskriver medelvärdet hos 20-25 analyserade fiskar. Medelflödet är beräknat för en period av 20 dagar före fiskprovtagningen, som sker sista veckan i september.

Försenad könsmognad

Även på abborre genomförs årliga hälsoundersökningar i tre referenslokaler: Kvädöfjärden, Holmön och Torhamn. Undersökningarna visar för de flesta mätvariabler inga förändringar hos abborre under tidsperioden som undersökningarna gjorts. För Kvädöfjärden är det perioden 1988-2007 och för Holmön är det 1994 – 2007. För Torhamn är tidsperioden ännu för kort för att kunna påvisa några säkra tidstrender.

För två biomarkörer finns tydliga tidstrender hos abborre som rapporterats tidigare (se Havet 2007). Den ena är avgiftningssenzymet EROD i levern som visar en ökad aktivitet i Kvädöfjärden; den andra är att den relativa gonadvikten, alltså könsorganens andel av kroppsvikten, minskar hos abborrhonor både från Kvädöfjärden och från Holmön.

Dessa observationer kan indikera en försenad könsmognad eller hämmad

gonadutveckling orsakad av miljögiftsexponering. Statistiska beräkningar tyder på att ökningen av EROD hos abborrarna i Kvädöfjärden kan kopplas till ett ökande vattenflöde i ett närbeläget vattendrag.

Avrinning ökar gifter

Mycket tyder på att EROD-aktiviteten hos tånglake varierar mellan åren beroende på hur belastningen av aromatiska kolväten (PAH) varierar. Aromatiska kolväten finns i bland annat råolja, avgaser och däckpartiklar, och tillförs kustvattnet huvudsakligen via landavrinning. En större avrinning skulle därmed leda till högre EROD-aktiviteter i tånglaken. Sambandet får stöd av undersökningarna som görs på abborre i Kvädöfjärden i Östergötlands skärgård, och mer fördjupade studier pågår. Andra transportvägar för PAH kan inte uteslutas, men vilka dessa är finns det inga säkra indikationer på.

LÄSTIPS

13 years of monitoring of selected biomarkers in eelpout (Zoarces viviparus) at a reference site in the Fjällbacka archipelago on the Swedish west coast. Ronisz D., Lindesjö E., Larsson Å., Bignert A. and Förlin L 2005. Aquat. Ecosyst. Health Management. 8, 175-184.

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

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

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

Programområde Kust och hav

Miljöövervakningsprogrammet för Kust och hav ska ge underlag för beskrivningar av storskalig påverkan på havsmiljön, främst med avseende på övergödning, metaller och miljögifter samt biodiversitet. Programområdet omfattar sju delprogram som följer förändringarna i miljön. Data som samlas in lagras hos de nationella datavärdarna, och är tillgängliga för alla att använda. Läs mer på Naturvårdsverkets hemsida under Tillstånd i miljön, Miljöövervakning, Programområden, Kust och hav.

FRIA VATTENMASSAN

SMHI har gjort mätningar i den fria vattenmassan i öppet hav sedan mitten på 1950-talet. Programmet har successivt utökats och samordnats med Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning. Mätningarna följer fysiska, kemiska och biologiska förändringar i den fria vattenmassan som är en effekt av främst övergödning, men också visar förändringar i den biologiska mångfalden.

Provtagningsfrekvensen varierar mellan stationer, men utgör en miniminivå för att få årsvärden för de stora havsbassängerna. Dessutom utför SMHI i egen regi lågfrekvent provtagning 1 gång per år vid ytterligare ett åttiotall stationer.

Inom det nationella programmet mäts:

- salinitet
- temperatur
- ljusinstrålning
- siktdjup
- syre/svavelväte (O_2/H_2S)
- alkalinitet och pH
- fosfor (P-tot och PO_4)
- kväve (N-tot, NO_2 , NO_3 , NH_4)
- kisel (SiO_2)
- klorofyll-a
- primärproduktion
- växtplankton (individental, artsammansättning och biomassa)
- djurplankton (individental, artsammansättning och biomassa)
- sedimentation (mängd, hastighet, innehåll av kväve, fosfor och organiskt kol) (mäts i Egentliga Östersjön och Bottenhavet)
- löst organiskt kol (DOC) (mäts i Bottniska viken)
- humus (mäts i Bottniska viken)
- bakterier, antal och tillväxt (mäts i Bottniska viken)
- cyanobakterier (mäts i Bottniska viken)

SMHI är nationell datavärd.



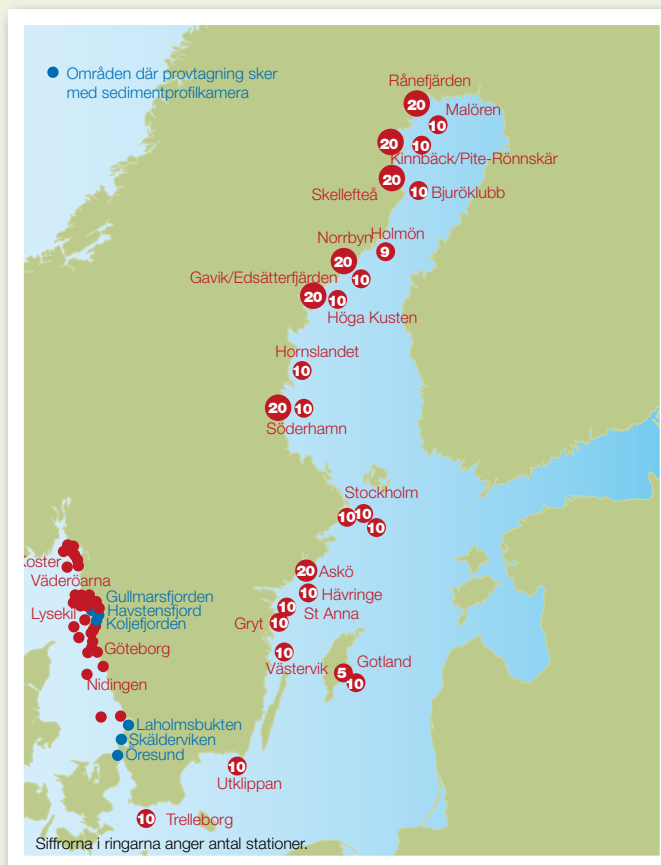


VEGETATIONSKLÄDDA BOTTNAR

Sedan 1993 sker övervakning av makroalger vid sex lokaler vid Gullmarsfjordens mynning på västkusten och vid trettio lokaler i Asköområdet i Egentliga Östersjön. Sedan 2000 övervakas även fem lokaler på Gotland. Övervakningen utvidgades år 2007, och nu besöks även Gaviksfjärden och omkringliggande områden vid Höga kusten i Bottenhavet, Torhamn och Tärnö i Blekinge skärgård på sydkusten samt ett område vid Onsalahalvön i Kattegatt. Resultaten används för att följa övergödningssituationen och den biologiska mångfalden. Dykinventering sker en gång per år, och djuputbredning och täckningsgrad av olika växter dokumenteras. Djuputbredningen av fleråriga makroalger styrs av ljusförhållandena som i sin tur påverkas av partikelmängden i vattenmassan, vilken delvis avspeglar närsaltsförhållandena.

Metodiken skiljer sig åt mellan Östersjön och Västerhavet, men ambitionen är att den på sikt ska harmoniseras. I Egentliga Östersjön tas även kvantitativa prover av olika makroalger och blåmussla. På västkusten görs avläsning genom fotografering.

SMHI är nationell datavärd.



MAKROFAUNA MJUKBOTTEN

Provtagning av djur som lever i mjukbotten har pågått under lång tid, i vissa områden sedan 1970-talet. Syftet är att upptäcka eventuella förändringar i bottenmiljön orsakade av i första hand övergödning och syrebrist. Eftersom de bottenlevande djuren är relativt långlivade och mer eller mindre stationära kan de ge information om den lokala miljön. Prover samlas in varje år under april–juni. För varje bottenfaunaprover bestäms individantal och våtvikt av varje art. På ett mindre antal stationer analyseras sedimentprover på vattenhalt, glödförlust samt redoxförhållanden. På dessa stationer analyseras även bottenvattnet med avseende på temperatur, salthalt och syrenehåll.

I Västerhavet är programmet samordnat mellan Naturvårdsverket, länsstyrelser och Bohuskustens Vattenvårdsförbund. Trettio stationer är fördelade på öppet hav, kust och fjord. Som ett komplement till bottenfaunaprovtagningen fotograferas även sedimentprofiler med hjälp av en sedimentprofilkamera. Kameran fungerar som ett upp och nedvänt periskop som tränger in i sedimentet och tar en bild av bottenprofil. Bilden analyseras sedan med avseende på syreförhållandet i sedimentet samt bottenfaunans aktiviteter. Denna typ av provtagning sker vid 72 stationer fördelade på sex områden, ofta utsatta för syrebrist.

Programmen i Bottniska viken och Egentliga Östersjön är samordnade mellan länsstyrelser och Naturvårdsverket med enhetlig metodik, rapportering och utvärdering. I utvärderingen för Bottniska viken ingår också resultat från undersökningar vid Holmöarna som är en del av uppföljningen av reservatets marina värden samt resultat från Rönnskärsvärkets kontrollprogram för Skelleftebukten. Provtagningsstationerna är placerade gruppvis, vanligen så att för varje grupp av provtagningslokaler i ett kustområde finns det också ett antal utsjölokaler på ungefär samma breddgrad.

SMHI är nationell datavärd.



EMBRYONALUTVECKLING HOS VITMÄRSLA

Sedan 14 år studeras reproduktionen hos de båda sedimentlevande vitmärlearterna *Monoporeia affinis* (sötvattensart) och *Pontoporeia femorata* (marin art). Syftet är att på ett tidigt stadium kunna upptäcka generella miljögiftseffekter. För att resultaten ska kunna användas som referens vid undersökningar i förorenade områden placeras provtagningsstationerna i områden som är opåverkade av lokala utsläpp. Insamling av äggbärande vitmärslor sker i februari med bottenskrapa och van Veenhuggare. Samtidigt provtas sediment för kemisk analys. Sedimentprover från samma stationer tas även i september för att bestämma syrehalt i bottenvatten och sediment samt organiskt kol, redoxpotential, sulfidhalt och pH på olika nivåer i sedimentet.

På vitmärslorna analyseras fekunditet (ägg/per hona), parasitangrepp och synliga skador på skal och extremiteter hos honan, procent missbildade, döda samt obefruktade/outvecklade embryon och procent honor med en död äggsamling i äggkammaren.

SMHI är nationell datavärd.



METALLER OCH ORGANISKA MILJÖGIFTER

Metaller och organiska miljögifter i marin biota

Årliga mätningar av metaller och organiska miljögifter görs i fisk (sill/strömming, abborre, torsk, tånglake), blåmussla och sillgrissleägg. Dessutom samlas material in och lagras i en provbank. Syftet är att uppskatta nivåer och variationer av olika tungmetaller och organiska miljögifter i olika marina djur. Vissa tidsserier sträcker sig mer än 40 år tillbaka, vilket gör dem till de längsta i världen för miljögifter. Trendövervakningen utförs fortlöpande men även retrospektivt, genom analys av material i provbanken. En sådan studie gjordes nyligen av PFOS i sillgrissleägg.

De miljögifter som studeras är:

Metaller: kvicksilver, bly, kadmium, nickel, krom, koppar och zink.

Organiska ämnen: industrikemikalier och oavsiktligt bildade ämnen, pesticider, flamskyddsmedel, polybromerade difenyletrar och perfluorerade ämnen.

Provtagningsstationerna är placerade så att de så långt som möjligt är opåverkade av lokala utsläpp. Detta gör resultaten lämpliga att använda som referenslokaler till regionala och lokala undersökningar. Programmet har nyligen förstärks med ett antal nya stationer för att få en bättre geografisk täckning.

IVL är nationell datavärd.



Metaller och organiska miljögifter i sediment

Sediment i områden där vågrörelser och strömmar inte påverkar botten utgör en sänka för metaller och långlivade organiska föreningar från olika former av utsläpp. I sänkorna sätter på så sätt kemikalieanvändningen sina fingeravtryck i havets botten.

Sedimenten har utnyttjats i recipientkontrollen sedan mitten av 1970-talet och inom den regionala miljöövervakningen sedan början av 1990-talet. Den nationella övervakningen med provtagningar ute i öppet hav kompletterar dessa undersökningar sedan starten 2003. Programmet omfattar sexton stationer placerade i olika djupområden. Sex sedimentkärnor tas på sju platser på varje station, sammanlagt 672 stycken. Provtagningen sker vart femte år, vilket är ett tillräckligt långt tidsintervall för att ett nytt översta sedimentskikt om minst 1 centimeter skall ha hunnit sedimentera. Provtagningsomgång nummer två genomförs 2008.

Övervakningen omfattar 68 grundämnen och 66 organiska miljögifter.

Under 2008 samordnas provtagningen med en engångsinsats för screening av antifoulingämnena Irgarol 1051 och Isotiazolin i sediment. Antifoulingämnen används i båtbottnfärger för att förhindra oönskad påväxt på skrovet.

SGU är nationell datavärd.



Biologiska effekter av organiska tennföreningar

Förekomsten av imposex i snäckor är ett tecken på exponering för organiska tennföreningar, främst TBT som tidigare var vanligt i båtbottnfärger. Snäckor samlas in årligen från både opåverkade referenslokaler och lokaler nära punktkällor. Hittills har ett område i norra delen av västkusten undersökts sedan år 2003, men strävan är att programmet skall ha en nationell täckning. Från och med 2008 utökas programmet med 12 stationer på ostkusten. Skillnaden i salthalt utgör en naturlig gräns för utbredningen av olika arter av snäckor. På västkusten används nätsnäckan *Nassarius nitidus* och på ostkusten havssalladssnäckan *Hydrobia ulvae*. Undersökningen av imposex på *N. nitidus* kompletteras med kemisk analys av vävnadshalt av TBT och dess nedbrytningsprodukter vilket ger en indikation på när utsläppen skett. *H. ulvae* är så liten att det är svårt att samla ihop tillräcklig mängd djur för en vävnadsanalys.

IVL är nationell datavärd.



Foto: Ola Järnsten/N



Foto: Jan-Michael Breider/N

SÄL OCH HAVSÖRN

Säl

Sälar och andra toppkonsumenter är särskilt utsatta för miljögifter. De fungerar som indikatorarter för miljögiftseffekter, och för andra storskaliga förändringar i det marina ekosystemet.

Beståndsutveckling av gråsäl, vikaresäl och knubbsäl har studerats sedan 1970-talet, och sedan 1989 ingår undersökningarna i den nationella miljöövervakningen. Gråsäl och knubbsäl räknas årligen från båt och flyg vid alla kända traditionella tillhåll. Tre oberoende räkningar under räkningsperioden eftersträvas. Trender i beståndsutvecklingen kan bestämmas för valda tidsintervall och kustavsnitt.

Inventeringarna av vikare görs uppe på isen i Bottenviken. De utgör endast ett stickprov eftersom hela isen inte kan inventeras. Vikare är stationära i Bottenviken och är därför en lämplig indikatorart för miljön där.

Hälsotillståndet hos sälar i Östersjön studeras genom att dokumentera och klassificera skador på olika kroppsorgan. Det görs på strandade, bifångade och skjutna sälar.

SMHI är nationell datavärd.

Havsörn

Havsörnen används som indikator för miljögiftsbelastningen i havet eftersom toppkonsumenter är särskilt utsatta för miljögifter. Havsörnen signalerade redan på 1950-talet om Östersjöns problem med höga nivåer av organiska miljögifter, genom att fortplantningsstörningar ledde till kraftigt minskade bestånd. Havsörnens reproduktion har följts av Svenska Naturskyddsföreningen sedan mitten på 1960-talet, och beståndet vid kusten övervakas sedan 1989 inom ramen för nationell miljöövervakning. Havsörnen finns utmed hela Östersjökusten, och enskilda par är i huvudsak stationära och därför representativa för regional belastning. Övervakningen omfattar samtliga kända revir. Under våren lokaliseras bebodda bon genom avståndsobservationer och flyginventeringar. Dessa besöks sedan under maj-juni för kontroll av häckningsresultatet. Då räknas antalet ungar per kull, och andelen lyckade häckningsförsök noteras.

SMHI är nationell datavärd.

KUSTFISK

Bestånd

Sedan 1991 ingår standardiserat provfiske i den nationella miljöövervakningen. Resultatet ger en bild av kustfisksamhällets tillstånd, och en möjlighet att följa långsiktiga förändringar i miljön och den biologiska mångfalden. I programmet ingår mätningar av beståndstäthet och beståndsstruktur i kustfisksamhället, åldersfördelning hos abborre samt förekomst av yttre sjukdomstecken. Provfisket sker i referensområden med låg lokal påverkan.

Fiskeövervakningen är samordnad mellan Fiskeriverket, Naturvårdsverket och länsstyrelser med enhetlig metodik, rapportering och utvärdering. Resultaten presenteras i så kallade resultatblad, ett per provtagningsområde, på Fiskeriverkets hemsida under Statistik och databaser/Kustfiskeövervakning. Här finns också mer information om provfisket.

Fiskeriverket är nationell datavärd.

Hälsa

Flera beprövade och känsliga biokemiska, fysiologiska och histologiska mätvariabler, så kallade biomarkörer, har använts sedan 1988 inom den nationella miljöövervakningen för att kartlägga hälsotillståndet hos abborre och tånglake. Biomarkörerna speglar viktiga livsfunktioner och ger därmed en bild av fiskens hälsotillstånd. Mätningarna gör det möjligt att upptäcka effekter av miljöfarliga ämnen innan störningar ger effekt på populationsnivå.

Följande livsfunktioner följs:

- Reproduktion, tillväxt, kondition
- Leverfunktion, avgiftning, oxidativ stress
- Förekomst av genotoxicitet
- Indikator på metallbelastning
- Kolhydratmetabolism/stress
- Syretransport, blodbildning
- Immunförsvar, vävnadsskador
- Saltbalans, cellskador

Fiskeriverket är nationell datavärd.



Integrerad övervakning

Vid fyra gemensamma provtagningsstationer samordnas tre olika undersökningar inom miljöövervakningen: provfiske för uppskattning av fiskbeståndet, insamling av abborre och tånglake för undersökningar av fiskars hälsa och provinsamling för analys av metaller och miljögifter (se programområde Metaller och organiska miljögifter). Detta möjliggör en sammanvägd tolkning av resultaten och ger underlag för att bedöma störningar på ekosystemnivå.

IVL är nationell datavärd för miljögiftsdata.

Adresser till havsmiljösverige

Naturvårdsverket har huvudansvaret för miljömålen och det svenska nationella övervakningsprogrammet för Kust och Hav. Sveriges tre marina forskningscentrum, vid universiteten i Umeå, Stockholm och Göteborg, är nationella resurser för forskning och miljöövervakning i havsmiljö. Rapporten Havet ges ut gemensamt av dessa aktörer.

Naturvårdsverket

www.naturvardsverket.se
tel: 08-698 10 00
e-post: natur@naturvardsverket.se

Umeå Marina Forskningscentrum

www.umf.umu.se
tel: 090-786 79 74
e-post: info@umf.umu.se

Stockholms Marina Forskningscentrum

www.smf.su.se
tel: 08-16 37 18
e-post: smf@smf.su.se

Sven Lovén

centrum för marina vetenskaper

www.loven.gu.se
tel: 031-786 0000
martin.larsvik@loven.gu.se

SMHI

www.smhi.se
tel: 011-495 80 00
e-post: smhi@smhi.se

Fiskeriverket

www.fiskeriverket.se
tel: 031-743 03 00
e-post: fiskeriverket@fiskeriverket.se

Naturhistoriska riksmuseet

www.nrm.se
tel: 08-519 540 00
e-post: info@nrm.se

SGU

www.sgu.se
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se

Informationscentralen för Bottniska viken

www.ac.lst.se/naturochmiljo/bottniskaviken-icbv
tel: 090 – 10 73 55
e-post: icbv@ac.lst.se

Informationscentralen för Egentliga Östersjön

www.infobaltic.se
tel: 08-785 51 18
e-post: infobaltic@ab.lst.se

Informationscentralen för Västerhavet

www5.o.lst.se/projekt/miljoovervakning/index.html?kustinfo.html
tel: 031-60 52 54
e-post: stellan.elmer@o.lst.se

Vattenmyndigheterna

www.vattenmyndigheterna.se

Bottenviken

tel: 0920-960 00
e-post: lansstyrelsen@bd.lst.se

Bottenhavet

tel: 0611-34 90 00
e-post: lansstyrelsen@y.lst.se

Norra Östersjön

tel: 021-19 50 00
e-post: lansstyrelsen@u.lst.se

Södra Östersjön

tel: 0480-820 00
e-post: lansstyrelsen@h.lst.se

Västerhavet

tel: 031-60 50 00
e-post: lansstyrelsen@o.lst.se

HAVSMILJÖANSVARIGA I KUSTLÄNEN

Länsstyrelsen Norrbotten

www.bd.lst.se
Hanna-Mari Pekkarinen Rieppo
tel: 0920-961 94
e-post: hanna-mari.pekkarinen-rieppo@bd.lst.se

Länsstyrelsen Västerbotten

www.ac.lst.se
Anneli Sedin
tel: 090-10 72 55
e-post: anneli.sedin@ac.lst.se

Länsstyrelsen Västernorrland

www.y.lst.se
Wenche Hansen
tel: 0611-34 92 79
e-post: wenche.hansen@y.lst.se

Länsstyrelsen Gävleborg

www.x.lst.se
Ingrid Wänstrand
tel: 026-17 12 83
e-post: ingrid.wanstrand@x.lst.se

Länsstyrelsen Uppsala

www.c.lst.se
Erik Törnblom
tel: 018-19 53 47
e-post: erik.tornblom@c.lst.se

Länsstyrelsen Stockholm

www.ab.lst.se
Gunnar Aneer
tel: 08-785 51 18
e-post: gunnara@ab.lst.se

Länsstyrelsen Södermanland

www.d.lst.se
Sofi Nordfeldt
tel: 0155-26 40 05
e-post: sofi.nordfeldt@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Östergötland

www.e.lst.se
Erik Årnfelt
tel: 013-19 61 35
e-post: erik.arnfelt@e.lst.se

Länsstyrelsen Gotland

www.i.lst.se
Peter Landergren
tel: 0498-29 21 19
e-post: peter.landergren@i.lst.se

Länsstyrelsen Kalmar

www.h.lst.se
Carina Pålsson
tel: 0480-821 52
e-post: carina.palsson@h.lst.se

Länsstyrelsen Blekinge

www.k.lst.se
Ulf Lindahl
tel: 0455-871 81
e-post: ulf.lindahl@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Skåne

www.m.lst.se
Agnes Ytreberg
tel: 040-25 22 46
e-post: agnes.ytreberg@m.lst.se

Länsstyrelsen Halland

www.n.lst.se
Bo Gustafsson
tel: 035-13 20 72
e-post: bo.gustafsson@n.lst.se

Länsstyrelsen Västra Götaland

www.o.lst.se
Karin Pettersson
tel: 031-60 52 51
e-post: karin.pettersson@o.lst.se

KONTAKTPERSONER FÖR MILJÖÖVERVAKNINGEN

Programområde Kust och Hav

Sverker Evans
Naturvårdsverket
tel: 08-698 13 02
e-post: sverker.evans@naturvardsverket.se

Tove Lundeberg
Naturvårdsverket
tel: 08-698 16 11
e-post: tove.lundeberg@naturvardsverket.se

Väder och tillrinning

Marie Bergstrand
SMHI
tel: 011-495 8408
e-post: marie.bergstrand@smhi.se

Isläget

Amund Lindberg
SMHI
tel: 011-495 81 73
e-post: amund.lindberg@smhi.se

Näringsbelastning

Lars Sonesten
SLU
tel: 018-67 30 07
e-post: lars.sonesten@ma.slu.se

Fria vattenmassan

Bottniska viken
Johan Wikner
Umeå Marina Forskningscentrum
tel: 090-786 79 80
e-post: johan.wikner@umf.umu.se

Egentliga Östersjön
Ulf Larsson
Stockholms universitet
tel: 08-16 42 61
e-post: ulf_l@ecology.su.se

Västerhavet
Lars Andersson
SMHI
tel: 031-751 89 77
e-post: lars.s.andersson@smhi.se

Växtplankton

Bottniska viken
Agneta Andersson
Umeå Marina Forskningscentrum
tel: 090-786 79 75
e-post: agneta.andersson@umf.umu.se

Egentliga Östersjön
Susanna Hajdu
Stockholms universitet
tel: 08-16 17 30
e-post: hajdus@system.ecology.su.se

Västerhavet
Bengt Karlson
SMHI
tel: 031-751 89 58
e-post: bengt.karlson@smhi.se

Vegetationsklädda bottnar

Egentliga Östersjön
Hans Kautsky
Stockholms universitet
tel: 08-16 42 44
e-post: hassek@system.ecology.su.se

Västerhavet
Jan Karlsson
Göteborgs universitet
tel: 0526-686 29
e-post: jan.karlsson@marecol.gu.se

Makrofauna mjukbotten

Bottniska viken
Jan Albertsson
Umeå Marina Forskningscentrum
tel: 090-786 79 91
e-post: jan.albertsson@umf.umu.se

Egentliga Östersjön
Hans Cederwall
Stockholms universitet
tel: 08-16 42 43
e-post: hlc@ecology.su.se

Västerhavet
Stefan Agrenius
Göteborgs universitet
tel: 0523-18510
e-post: stefan.agrenius@marecol.gu.se

Vitmärkla som biomarkör

Brita Sundelin
Stockholms universitet
tel: 08-674 72 35
e-post: brita.sundelin@itm.su.se

Miljögifter

Anders Bignert
Naturhistoriska riksmuseet
tel: 08-51 95 41 15
e-post: anders.bignert@nrm.se

Organiska tennföreningar

Marina Magnusson
Marine Monitoring vid Kristineberg AB
tel: 0523-185 60
e-post: marina@marine-monitoring.se

Metallanalyser i sediment

Ingemar Cato
SGU
tel: 018-17 90 00
e-post: ingemar.cato@sgu.se

Gråsäl

Olle Karlsson
Naturhistoriska riksmuseet
tel: 08-51 95 51 82
e-post: olle.karlsson@nrm.se

Knubbsäl och vikare

Tero Härkönen
Naturhistoriska riksmuseet
tel: 0303-22 69 27
e-post: tero.harkonen@swipnet.se

Sälhälsa

Britt-Marie Bäcklin
Naturhistoriska riksmuseet
tel: 08-51 95 42 59
e-post: britt-marie.backlin@nrm.se

Havsörn

Björn Helander
Naturhistoriska riksmuseet
tel: 08-51 95 41 09
e-post: bjorn.helander@nrm.se

Utsjöfisk

Ingemar Berglund
Fiskeriverket
tel: 031-743 03 20
e-post: ingemar.berglund@fiskeriverket.se

Kustfisk bestånd

Jan Andersson
Fiskeriverket
tel: 0491-76 28 41
e-post: jan.andersson@fiskeriverket.se

Kustfisk hälsa

Åke Larsson
Göteborgs universitet
tel: 031-773 38 24
e-post: ake.larsson@miljo.gu.se

ÖVRIGA FÖRFATTARE I HAVET 2008

Charlotte Carlsson
Länsstyrelsen Skåne
tel: 040-25 26 12
e-post: charlotte.carlsson@m.lst.se

Sverker Evans
Naturvårdsverket
tele: 08-698 13 02
e-post: sverker.evans@naturvardsverket.se

Jon Havenhand
Göteborgs universitet
tel: 0526-68682
e-post: jon.havenhand@marecol.gu.se

Mats Lindegarth
Göteborgs universitet
tel: 0526-68672
epost: mats.lindegarth@marecol.gu.se

Kristina Sundqvist
Umeå universitet
tel: 090-786 9241
epost: kristina.sundqvist@chem.umu.se

Barbro Ulén
SLU
tel: 018-67 12 51
e-post: barbro.ulen@mv.slu.se

Jakob Walve
Stockholms universitet
tel: 08-16 1730
e-post: jakob.walve@ecology.su.se

Henrik Österblom
Stockholms universitet
tel: 08-674 76 64
e-post: henrik.osterblom@stockholmresilience.su.se



B



HAVET 2008 samlar de senaste resultaten från den nationella miljöövervakningen i samtliga svenska havsområden: Bottniska viken, Egentliga Östersjön och Västerhavet. Därutöver presenteras resultat från regional miljöövervakning, forskning och andra undersökningar av betydelse för att öka kunskapen om miljötillståndet i våra hav. Inför produktionen av rapporten genomförs ett seminarium, där miljöövervakare och representanter från regionala och nationella myndigheter samlas för att redovisa och diskutera synen på havsmiljöns tillstånd.

HAVET 2008 redovisar de mest angelägna miljöproblemen i våra svenska hav. Det handlar bland annat om den ökade försurningen, vikaresälens hotade tillvaro och om arbetet med att rädda torskbestånden. I rapporten presenteras flera åtgärder och samarbeten som nu initieras för en bättre havsmiljö.

Naturvårdsverket finansierar huvuddelen av den nationella övervakningen. Även länsstyrelser och andra myndigheter med marin verksamhet bidrar med material till denna rapport. Författarna ansvarar själva för innehållet i artiklarna.

Sveriges tre marina forskningscentrum, vid universiteten i Umeå, Stockholm och Göteborg, sammanställer rapporten och ansvarar för den sammanfattning av havsmiljöns tillstånd som ingår.

