

Närsalter i svenska hav

Allt liv, i havet såsom på land, behöver någon form av näring för att kunna växa och utvecklas normalt. Basen i ett ekosystem utgörs främst av primärproducenterna, de som utför fotosyntes. I havet är det växtplankton (mikroskopiska, encelliga alger) som står för den största andelen fotosyntes. Tillsammans med solljusets energi, koldioxid, vatten och näring bildas organiskt material, restprodukten är syre. I svenska vatten är det framförallt tillgången på och förhållandet mellan de viktigaste näringsämnena kväve (N), fosfor (P) och kisel (Si) som reglerar hur mycket och vilken typ av alger det blir. Algerna tar enklast upp näringen när ämnet befinner sig i löst oorganisk jonform, det vill säga som ett närsalt: fosfor som fosfat, kväve som nitrat, nitrit eller ammonium och kisel som silikat.

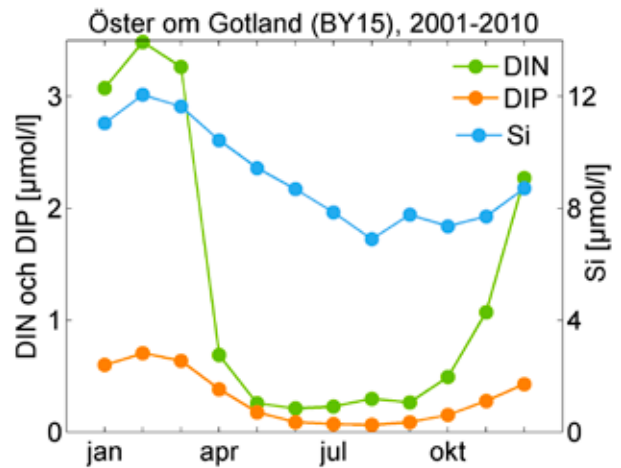


NÄRSALTER CIRKULERAR I HAVET

Det är en ständig transport av närsalter från avrinningsområdena till havet. I ytvattnet, där det finns tillräckligt med solljus, används närsalterna i den biologiska produktionen av växtplankton och alger. Med tiden sjunker döda växt- och djurdelar ner genom vattenmassan mot botten. På vägen bryts de ner, mineraliseras, och närsalterna återförs till den fria vattenmassan. Koncentrationen av närsalter är därför alltid högre i bottenvattnet än i ytvattnet. När sedan höst- och vinterstormar blandar om vattnet förs en del av det näringsrika bottenvattnet upp till ytan där näringsämnena återigen blir tillgängliga för den biologiska produktionen. Recirkulationen av närsalter är extra stor här på de tem-

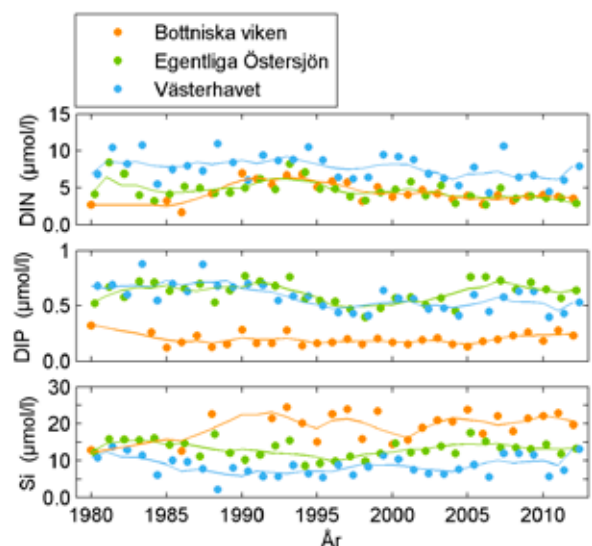
pererade breddgraderna eftersom vattnet blir så kallt under vintern så ytvattnet sjunker och ersätts med djupare vatten (detta kallas för konvektion). Dock kan skillnader i salthalt mellan yt- och djupvatten stabilisera vattenmassorna och förhindra en total omblandning. Ytvattnets näringsinnehåll är som störst under senvintern och när ljuset återkommer kan en ny växtsäsong sätta fart. Det är snabba variationer av näringskoncentrationer i ytan och betydligt långsammare i bottenvattnet. Så här kan närsalters cirkulation i havet kortfattat beskrivas, men på vägen sker det flera viktiga interna processer som är betydelsefulla för den marina miljön.

Säsongsvariationer av DIN (oorganiskt kväve: nitrat + nitrit + ammonium), DIP (oorganiskt fosfat) och Si (oorganiskt kisel) i ytvattnet (0-10 m) öster om Gotland från SMHI's provtagningsstation BY15. Figuren visar ett medel över perioden 2001-2010. I samband med den intensiva vårbloomingen under årets första månader sjunker koncentrationen av alla tre närsalterna och både DIN och DIP når mycket låga värden. Den här bilden är typisk för den öppna Östersjön men i till exempel Västerhavet når även kisel mycket låga koncentrationer. Under höst/vinter stiger koncentrationerna igen när djupare och mer näringsrikt vatten mixas upp i ytlagret. Vid produktionen av organiskt material binds närsalter upp så att de verkar försvinna. Under nedbrytningen (mineraliseringen) kommer närsalterna återigen ut i vattnet och blir tillgängliga för produktionen av nytt organiskt material.



Koncentrationen av närsalter är som störst vintertid och visar hur mycket näring som är tillgänglig för den kommande växtsäsongen. Här visas tidsserier (medianvärden) av DIN, DIP och Si vintertid (vinter representeras här av dec-jan-feb) i ytvattnet (0-10 m). Helt dragen linje är glidande medelvärde (5 år). Det finns en hel del skillnader mellan olika havsområden. Bottniska viken (Bottenviken och Bottenhavet) har till exempel mycket låga fosfathalter men mycket kisel. Västerhavet (Kattegatt och Skagerrak) har däremot lägre kiselinnehåll och högre DIN-koncentrationer. Koncentrationerna av fosfat är högst i Egentliga Östersjön.

Trots att de här tidsserierna inte visar entydiga trender så har åtgärdsarbetet för kväve och fosfor givit positivt resultat. Mätningar från både kust och öppet hav har tagits med här och trender blir därför utsmetade eftersom förändringarna är störst lokalt och i kustområdena.



ETT BLOMMANDE HAV

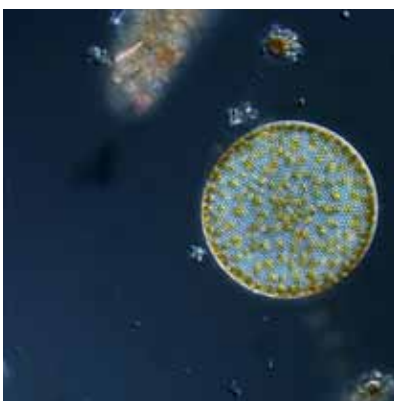
Precis som på land kan fotosyntes i havet endast ske där det finns ljus. Det vattenlager som nås av tillräckligt mycket solljus kallas för fotiska zonen och är olika djupt beroende på hur stark solen är och hur högt på himlen den står. Hur klart vattnet är spelar också roll, nära en flodmynning kan vattnet vara grumligt av humus och andra ämnen vilket minskar det så kallade siktdjupet. Under vinterhalvåret när soltimmarna är få här uppe i norr är tillväxten av växtplankton (mikroalger) låg. När

så vårsolen tittar fram, övre vattenmassan har stabiliserats och det finns tillräckligt mycket näring i vattnet så ökar tillväxten av växtplankton snabbt: vårbloomingen har startat! I samband med vårbloomingen förbrukas närsalterna och koncentrationerna sjunker snabbt. Den intensiva fasen av blomningen pågår tills något av de nödvändiga närsalterna nästan är slut och betningen från djurplankton sätter fart.

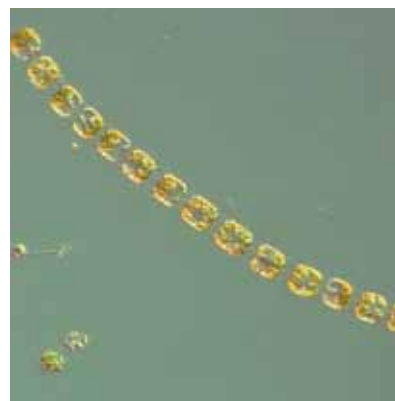
Några exempel på typiska växtplankton i haven runt Sverige. Vissa grupper av växtplankton, till exempel diatoméer (även kallade kiselalger), bygger sina skal av silikat som är den oorganiska formen för kisel. Foton: Ann-Turi Skjævik SMHI



Dinoflagellaten *Ceratium macroceros*.



Kiselalgen *Coscinodiscus concinnus*.



Kiselalgen *Thalassiosira nordenskiöldii*.

NÄRSALTER KAN BEGRÄNSA TILLVÄXTEN AV ALGER

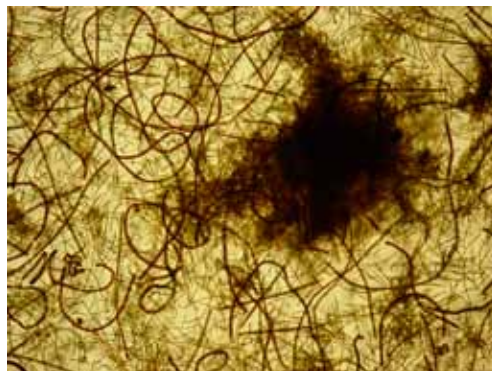
Förutom tillgången på solljus så är förhållandet mellan närsalterna avgörande för om det kan bli någon tillväxt av växtplankton eller inte. Det räcker alltså inte med att det finns mycket av ett ämne. Generellt sett så krävs det 16 kväveatomer för varje fosforatom när växtplankton växer, N/P kvoten är alltså 16. Om N/P kvoten i ett vattenområde överstiger 16 brukar man säga att området är fosforbegränsande. Är kvoten istället mindre än 16 är området kvävebegränsande. N/P kvoten i växtplankton kan variera kraftigt beroende på överskott av eller brist på närsalter. Olika arter är olika bra på att hantera närsaltsbegränsning. Detta gör att vissa gynnas mer av exempelvis kväveöverskott än andra, vilket kan leda till ojämn konkurrens mellan arter med resultatet att den biologiska mångfalden minskar. Betande djurplankton som föredrar vissa typer av växtplankton kan också påverkas. Under vissa förhållanden kan man även få kraftiga blomningar, och vissa arter med förmågan att blomma upp kan potentiellt orsaka fiskdöd. Andra giftiga växtplanktonarter kan vara skadliga för människor genom att de ackumuleras i musslor som sedan konsumeras.

CYANOBAKTERIER – GIFTIGA ALGER I ÖSTERSJÖN

I Egentliga Östersjön begränsas den första delen av blomningen av kväve, det vill säga, det är kvävet som tar slut först och då avtar tillväxten fastän det finns gott om fosfat kvar i vattnet. På sommaren, när det är varmare i vattnet, gynnas cyanobakterier (blågröna alger) av de låga kväve- och relativt höga fosfathalterna och deras algblomning kan starta. Cyanobakterier är nämligen kvävefixerare (som de bakterier som lever i symbios med ärtor och bönor) som kan utnyttja kvävgasen som finns löst i vattnet. Vissa år kan det bli extra stora ansamlingar av cyanobakterier vilka dessutom kan vara giftiga. Att blomningen sammanfaller med vår badsäsong gör att många drabbas när kustområden slammas igen av den gröna giftiga geggan.



Flygbild över Ölands norra udde som visar en algblomning av cyanobakterier.
Foto: Kustbevakningen



Cyanobakterierna *Nodularia* och *Aphanizomenon*.
Foto: Ann-Turi Skjevik SMHI.

ÖVERGÖDNING

Med övergödning, eller eutrofiering som det också kallas, avses ett överskott av näringsämnen som annars är begränsande för tillväxten. När det finns mer näring i vattnet kan det också bli större mängder av såväl mikro- som makroalger. Det är främst de ettåriga makroalgerna, som är fintrådiga och växer snabbt, som gynnas av övergödningen. Dessa kan bilda stora mattor som hindrar solljuset att nå ner till djupare områden. Det minskade siktdjupet gör så att de makroalger som växer lite djupare inte får tillräckligt med ljus utan dör och konkurreras ut.

Vi ser ofta övergödningen som ett miljöproblem när våra badvikar slammar igen av grönalger. Det är ju också främst under sommarmånaderna som de tjocka algmattorna förekommer. Så småningom ska algerna brytas ner och då går det åt massor av syre. Eftersom syretillförseln till bottenvattnet är begränsad i grunda vikar orsakar detta ofta syrebrist med bottendöd som följd.

SYREBRIST GER HÖGA FOSFATHALTER I ÖSTERSJÖN

När organiskt material, döda växt- och djurdelar, sjunker ner genom vattnet och bryts ner så frigörs närsaltorna till vattenmassan. Om det finns tillgång till syre kan fosfatjonerna bindas till järn och tillsammans bildar de järn-fosfatkomplex som faller ut i botten sedimentet. På detta sätt blir fosfatjonerna otillgängliga för den biologiska produktionen. Det är just den här processen som är orsaken till de låga fosfathalterna i Bottenviken – fosfat binds till järn som tillförs via älvar från omgivande skogs- och myrmarker. Är det däremot syrebrist så sker det omvända: fosfatjoner faller istället ut från sedimenten till vattnet. Detta är ett typiskt fenomen för Egentliga Östersjön som ofta lider av syrebrist i djupvattnet. Syrebristen i Egentliga Östersjön beror på att bottenvattnet byts ut alltför sällan och är stillastående i flera år. Så länge det är syrebrist läcker sedimenten fosfat och när vattnet blandas om så når en del av detta även upp till

ytvattnet. Här bidrar fosfatjonerna till en ökad produktion av både växtplankton och alger. Ännu mer organiskt material produceras som i sin tur ska brytas ner och eftersom syre går åt vid nedbrytningen blir syrebristen än mer omfattande. Det finns stora mängder fosfat bundet i Östersjöns bottenar så fortsatt syrebrist kommer fortsätta göda havet med näring.

En ond cirkel har skapats. I Östersjön, som är saltare än Bottenviken, finns det dessutom mindre järn som kan binda fosfatet eftersom saltare vatten har lägre järninnehåll.

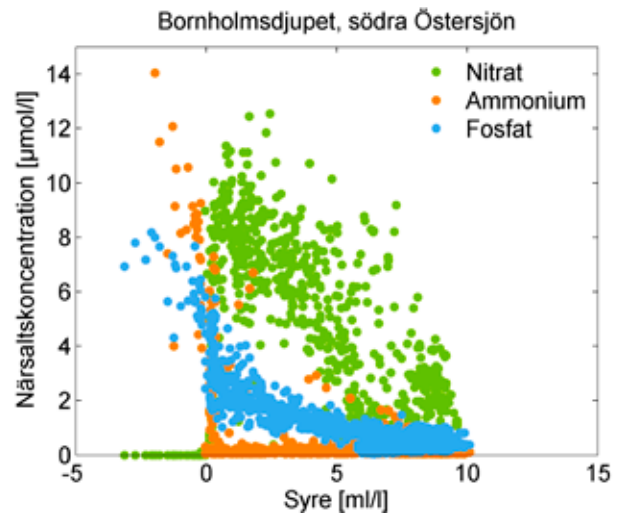
Silikat beter sig på liknande sätt som fosfat, det vill säga silikat binds vid sedimenten under syrerika förhållanden och frigörs vid syrebrist. Eftersom silikat generellt inte är ett begränsande näringsämne så utgör detta inte något problem i vår havsmiljö.

KVÄVE I HAVET

Kväve är lite speciellt eftersom det, till skillnad från till exempel fosfor, förekommer i flera oorganiska former i havet. Formerna nitrat, nitrit och ammonium kan alla användas när organiskt material byggs upp med fotosyntes. Men vid nedbrytning så är det ammonium som frigörs. Restprodukten ammonium ackumuleras i bottenvattnet men omvandlas till nitrat via nitrit om det finns tillgång till syre. Den här processen kallas för nitrifikation och utförs av aeroba bakterier (bakterier som kräver syre). Om det är syrebrist i vattnet så blir istället anaeroba bakterier aktiva och dessa omvandlar nitrat till kvävgas, en process som kallas för denitrifikation. Denitrifikation sänker kvävehalten i vatten med låg syrehalt eftersom kvävgasen kan läcka ut från havet till atmosfären. Det är bara en typ av marina organismer som klarar av att använda kvävgasen för sin uppbyggnad och det är de kvävefixerande cyanobakterierna. Nitrifikation och denitrifikation är två av de viktigaste processerna i den marina kvävecykeln. Rådande syreförhållanden i vattnet är alltså till stor del avgörande för vilken form som kvävet uppträder i.

VAR KOMMER NÄRINGEN IFRÅN?

Tillförseln av näringsämnen till havet har sitt ursprung från både naturliga och mänskliga aktiviteter. Transporten till havet sker i huvudsak från land via vattendragen och det är i första hand våra kustvatten som påverkas av detta. Det kommer även näringsämnen från Nordsjön som transporteras med strömmar längs den danska kusten, i detta fall är det andra länder som näringen



Koncentrationen av närsalter påverkas i hög grad av syreförhållandena. Figuren visar relationen mellan oorganiska närsalter (nitrat, ammonium och fosfat) och syre i södra Östersjön (Bornholmsdjupet) för hela vattenmassan under perioden 2001 – 2010.

kommer ifrån. Västerhavet får faktiskt sitt största näringsstillskott den här vägen. En del näringsämnen kommer också från atmosfären. Förbränning av fossila bränslen, i huvudsak från fartyg och fordonstrafik, förorenar atmosfären med kväveoxider som också når havet.

En hel del näring kommer från jordbruket: åkermark berikas med gödsel, både naturlig och konstgjord, för att få bättre skördar. Av den gödsel som tillförs åkrarna är det inte allt som tas upp av växtligheten utan mycket läcker ut till vattendragen som så småningom mynnar ut till kustområdena. Eftersom den största andelen jordbruksmark finns i södra Sverige är det också här som de största läckagen från jordbruket sker. I södra Sverige är också punktkällor (till exempel tätorter och industrier) och för fosfor enskilda avlopp viktiga närsaltskällor. Avloppsvatten innehåller mycket näringsämnen och mycket har gjorts för att förbättra reningen även om det fortfarande finns mer att göra. I norra Sverige är det istället skogsmark som står för den enskilt större delen av läckage av näringsämnen till havet. Det är naturligt att viss mängd näringsämnen följer med vattendrag som passerar skogsmarken. Men om skogen dessutom brukas och avverkas är det inte svårt att föreställa sig att tillförseln av näringsämnen till vattendragen ökar eftersom det finns mindre växtlighet som kan ta upp näringen. I samband med detta ökar dessutom vattenflödet i marken vilket även ökar urlakning av näringsämnen.

Kisel kommer i huvudsak via floderna och i Östersjön finns det ett överskott av kisel, men detta anses inte utgöra något större problem för havsmiljön.



Allt vatten som rinner genom skog och mark tar med sig näring till havet. Jordbruket står för en stor del av näringstillförseln i framförallt södra Sverige. En hel del näring kommer via luften i form av kväveoxider från förbränning av fossila bränslen.

Foton: mostphotos.com

ÅTGÄRDSARBETET FÖR ATT MINSKA NÄRSALTS-BELASTNINGEN HAR EFFEKT

Det finns en naturlig variation i hur mycket näringsämnen som tillförs havet varje år. Under blöta år, med mycket nederbörd, ökar också tillrinningen från floder och avrinningsområden och därmed även tillförseln av näringsämnen. Regnar (eller snöar) det mindre kommer en mindre mängd näringsämnen att nå ut till havet.

I och med att industrialiseringen tog fart i mitten av 1900-talet ökade även utsläppen och läckagen av närsalter från mänsklig verksamhet. Flera olika åtgärder har satts in för att minska närsaltsbelastningen från land till hav och detta arbete har givit positivt resultat. De positiva effekterna är störst lokalt och i kustområdena. Lant-

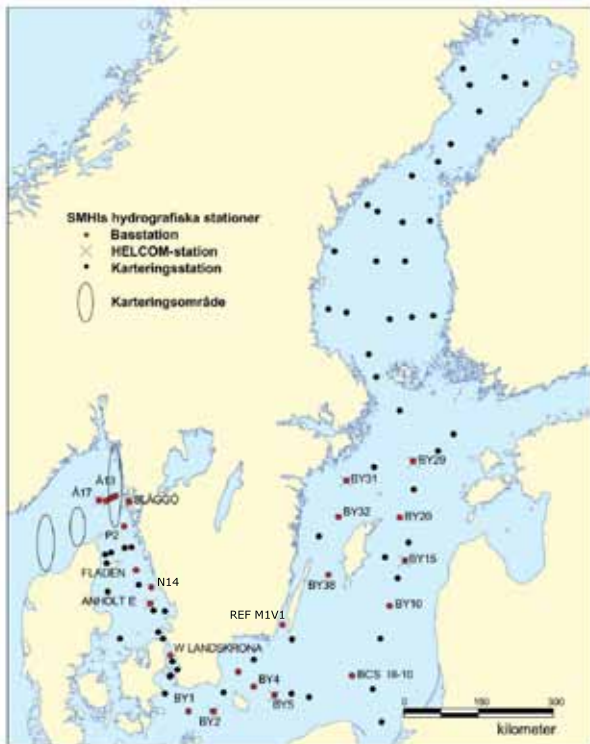
brukets åtgärder som till exempel odling av fånggrödor som tar upp näringsämnen och bearbetning av jorden på våren är några insatser som visat sig fungera bra. Beräkningar (utförda av konsortiet Svenska Miljö Emissions Data, SMED) har visat att närsaltsbelastningen från mänsklig verksamhet har minskat med 25 % för kväve och 19 % för fosfor sedan 1995. Det kan däremot ta en viss tid innan man ser en tydlig effekt av åtgärdsarbetet eftersom det finns en viss tröghet i både mark och vatten. Det är också viktigt att vara medveten om att hade inga åtgärder alls satts in så hade situationen i våra vatten troligtvis varit mycket värre än den är idag.

SMHI ÖVERVAKAR HAVSMILJÖN

Övervakningen av den svenska havsmiljön började mer frekvent på 1960-talet. SMHI är utsedd av Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten till nationell och regional datavärd för marina fysikaliska, kemiska och marinbiologiska data. SMHI utför regelbundet miljöövervakning av våra havsområden och tar varje månad, ibland oftare, vattenprover och utför kemiska analyser på ett antal stationer både längs den svenska kusten och ute i öppna havet. Koncentrationen av närsalterna fosfat, nitrat, nitrit, ammonium och silikat bestäms och data lagras bland annat i Svenskt HavsARKiv (SHARK). Dessa data är dessutom tillgängliga för allmänheten via SMHIs websida och är fria att använda för alla.



Land möter hav. Foto: mostphotos.com



SMHIs stationsnät. På uppdrag av Naturvårdsverket/ Havs- och vattenmyndigheten tar SMHI vattenprover på basstationerna (de röda) varje månad. Övriga stationer är karteringsstationer som besöks en till två gånger per år. Karteringen utförs för närsalter vintertid och för syre under hösten.

SMHIs oceanografiska laboratorium är SWEDAC – ackrediterat. Detta innebär att SMHIs provtagning och analyser är kvalitetssäkrade. Förutom närsalter analyserar laboratoriet även salthalt, temperatur, syrgas, svavelväte, pH, totalalkalinitet, totalfosfor, totalkväve, partikulärt organiskt kol, partikulärt organiskt kväve, klorofyll a, växtplankton och primärproduktion.





Chaetoceros Curvisetus är en kiselalg som bygger sin cellstruktur av kisel. Foto: Ann-Turi Skjevik SMHI

LÄSTIPS

Havet 2011 – Om miljötillståndet i svenska havsområden. Utges årligen och finns att ladda ned på Havsmiljöinstitutets hemsida: www.havsmiljainstitutet.se

Förändringar under ytan, Monitor 19, Sveriges havsmiljö granskad på djupet. Kan beställas från Naturvårdsverket: www.naturvardsverket.se

Mer information:
www.smhi.se
www.helcom.fi
www.havet.nu
www.smed.se

För mer information kontakta:

Karin.Wesslander@smhi.se

Omslag Havsklippor. Foto: mostphotos.com