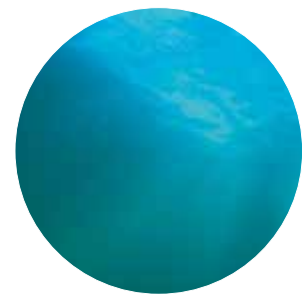


Projekt Levande kust

Effektiva åtgärder mot övergödning

– en berättelse om att återfå
god ekologisk status i kustområden

Linda Kumblad & Emil Rydin



För sju år sedan var **Björnöfjärden i Värmdö kommun** en av Stockholms skärgårds mest övergödda fjärdar. Bottendöden var utbredd och en mängd olika näringskällor behövde åtgärdas.

Nu är Björnöfjärden en frisk fjärd med klart vatten, ett rikt växt- och djurliv, och på väg mot ett naturligt fisksamhälle och syresatta bottnar med bottendjur.

Det här är **Levande kusts Vitbok** som beskriver projektets genomförande, resultat, kostnader, slutsatser och rekommendationer. Vill du fördjupa dig ännu mer finns den fullständiga Vitboken på vår hemsida **www.balticsea2020.org**.

© Utgiven av BalticSea2020, oktober 2018

Författare: Linda Kumblad och Emil Rydin

Grafisk form och original: Maria Lewander/Grön idé AB

Illustrationer: Anna-Lena Lindqvist/Lindqvist Grafik&InfoDesign AB

Foto: Projekt Levande kust, där inte annat anges.

Tryck: Risbergs tryckeri, 400 ex.

ISBN: 978-91-639-9453-1



Vattnet åter klart i Björnöfjärden

Under 2011 påbörjade Stiftelsen BalticSea2020 projektet **Levande kust**. Syftet var att visa att det går att återställa en övergödd havsvik samt att ta reda på vad det kostar och vilka andra erfarenheter som går att få av ett sådant projekt. Projektet har genomförts av ett vetenskapligt angreppssätt och haft som mål att sammanfatta och kommunicera resultat, tillvägagångssätt och erfarenheter.

Projektet har genomförts i Björnöfjärden som kan liknas vid ett Östersjön i miniatyr med kraftig övergödning, litet vattenutbyte och stor utbredning av syrefria bottenar. Inom projektet har vi genomfört åtgärder som minskar tillförseln av näringsämnen kväve och fosfor, från land och bottenarterna till vattnet, och därigenom återfått bra vattenkvalitet och en förbättrad miljö. Projektet har främst fokuserat på fosfor eftersom fler åtgärder är utvecklade för att minska tillförseln av fosfor. Dessutom är det ofta fosfor som reglerar övergödningen i Östersjöns skärgårdar.

Utifrån de resultat vi fått vid Björnöfjärden har vi även lyft blicken och beräknat vilken utsläppsminskning åtgärderna skulle kunna bidra med om de gjordes fullt ut, exempelvis utmed hela den svenska Östersjökusten.

Projektets syfte är uppnått. Den här skriften är Levande kusts Vitbok (1.0) som beskriver förberedande undersökningar, genomförande, åtgärder, resultat kostnader och slutsatser.

Vi hoppas att vårt arbete inspirerar och motiverar fler till mer åtgärdsarbete och att denna skrift bidrar med kunskap och erfarenhet om hur arbetet kan göras. Vattendiaktivitet gäller för Östersjöns kustvatten och projekt Levande kust hoppas kunna stärka vattenförvaltningens arbete med kunskap och erfarenheter som projektet fått under arbetet med att restaurera Björnöfjärden. På vår hemsida, www.balticsea2020.org, finns mer information om Levande kust, den fullständiga Vitboken, projektets vetenskapliga artiklar och annat underlagsmaterial.

/Linda Kumblad och Emil Rydin, BalticSea2020



FOTO: MALIN HOLESTAD/SVD

Innehåll

Övergödning en stor utmaning för Östersjön...5
Levande kust – ett fullskaligt restaureringsprojekt...9
Förberedelser, utvärdering och åtgärder...13
Åtgärder som minskar näringsläckage från jordbruk...17
Hästhållning bidrar också till övergödning...23
Toalettavfall måste bort från kusten...27
Överskott av fosfor binds fast i sedimenten...31
Åtgärder för att stärka rovfiskbestånd...37
Åtgärdspotential och åtgärdseffekt...41
Björnöfjärden har återfått bra vattenkvalitet...47
Levande kust ur ett Östersjöperspektiv...53
Slutsatser & rekommendationer...58
Referenser...60



Övergödning – en stor utmaning för Östersjön

I Östersjön är övergödning ett utbrett problem som försämrar vattenkvaliteten, påverkar växt- och djurliv och orsakar syrebrist i bottenvatten och sediment, både i utsjön och i kustzonen. Effekterna av övergödning uppstår när det blir ett överskott av näringsämnen i vattnet. Vissa alger växer då ohämmat på bekostnad av andra, vilket leder till följd effekter i hela ekosystemet. Övergödningen påverkar också rekreation och turism negativt.

Den onda cirkeln

Näringsämnen såsom kväve och fosfor göder växtplankton och andra alger. När algerna dör, sjunker de ner till botten och bryts ner av bakterier och smådjur. Vid nedbrytningen förbrukas syre i bottenvattnet och näringsämnena frigörs åter. Finns det gott om syre i bottenvattnet kan fosfor bindas till järn som finns i sedimentet, men tar syret slut förlorar järnet sin fosforbindande förmåga. Då läcker fosfor tillbaka till vattnet och blir tillgänglig för växtplankton och andra alger. Mer alg tillväxt bidrar i sin tur till ännu mer organiskt material som ska brytas ner, och ännu mer syrefria botten; en "ond cirkel" uppstår.

Var kommer näringen ifrån?

Ungefär en tredjedel av kvävet och en tiondel av fosfor som når Östersjön är naturlig tillförsel via älvar och vattendrag¹. Resten är en följd av mänskliga aktiviteter i avrinningsområdet, såsom utsläpp från avlopp med dålig rening, reningsverk och industrier, jordbruk och skogsbruk, och når Östersjön huvudsakligen via floder (Figur 1). Näring från avrinningsområdet kommer huvudsakligen från de områden där det bor mycket folk och där det finns mest jordbruksmark. Frisättning av fosfor från sedimentet (den interna belastningen) är dock den dominerande fosforkällan till Östersjöns vatten.

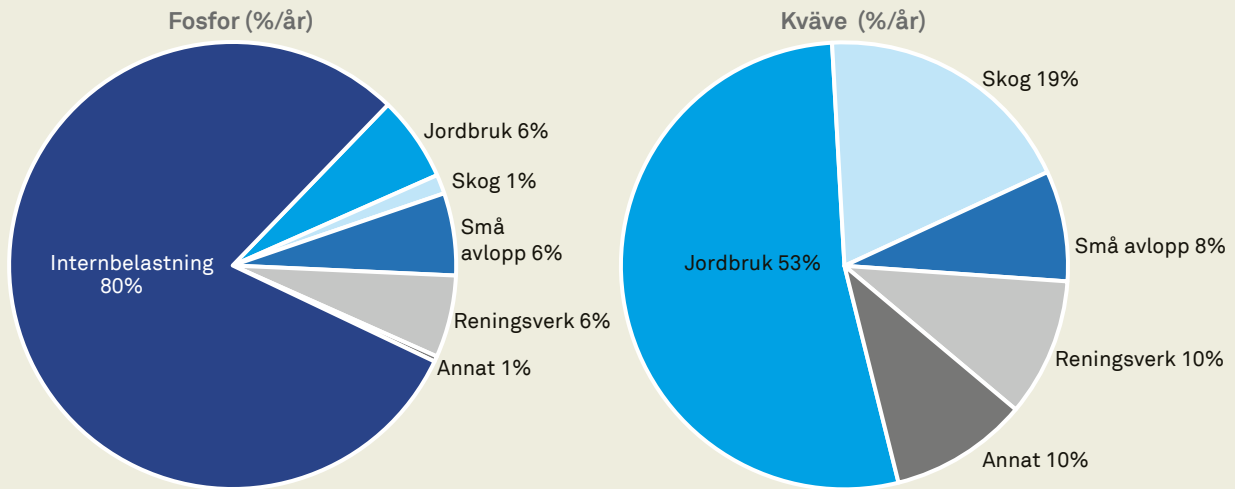
Tillförseln av näringsämnen från Östersjöns avrinningsområde till havet har minskat de senaste trettio åren, och är nere på ungefär samma nivåer som på mitten av 1900-talet⁴ (Figur 2). Övergödningssituationen i hela Östersjön har gått från "dålig" (röd) i början på 1980-talet till "otillfredsstillande" (orange) eller "måttlig" (gul)⁵ (Figur 3). Anledningen till att övergödningssituationen kvarstår och återhämtningen tar lång tid är den stora mängd näring som finns i havet där den omsätts år efter år⁴, och Östersjöns begränsade vattenutbyte som gör att näring som hamnat i havet blir kvar lång tid.

Näring som når Östersjön kommer till största delen via floder som för med sig näringsämnen från exempelvis avloppsreningsverk, industrier, skogsbruk och jordbruk.

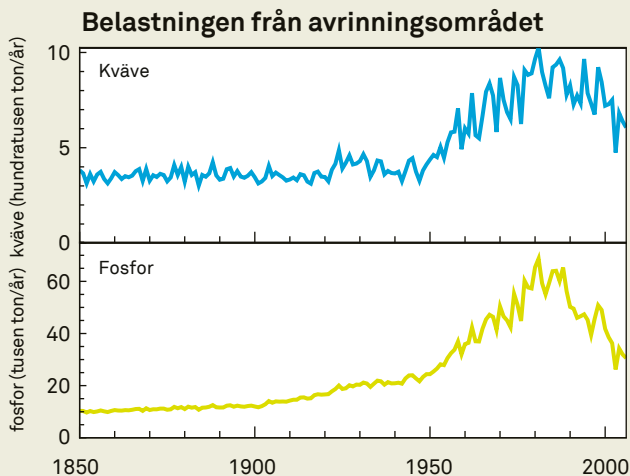


FOTO: STEFAN HOLM/SHUTTERSTOCK

Källor till näringsämnen i Östersjön

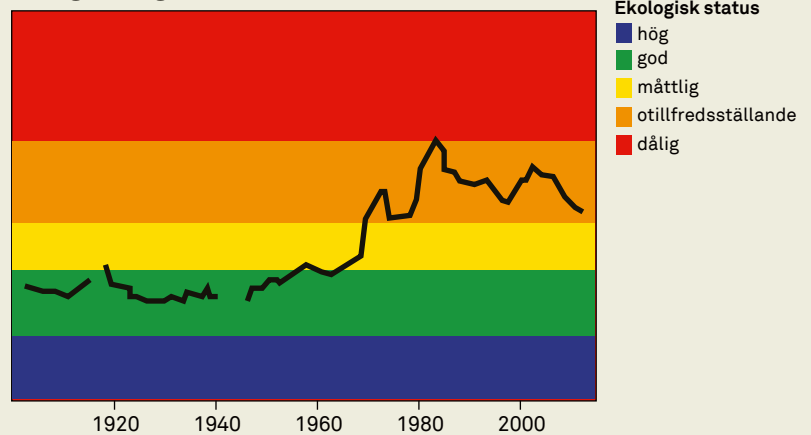


FIGUR 1. Källfördelning av fosfor och kväve till Östersjöns vatten. Storleken på den externa näringsbelastningen till hela Östersjön (31 tusen ton fosfor/år och 826 tusen ton kväve/år) är från Helcoms PLC-6 (2018)² och källfördelning av den externa näringsbelastningen från Arheimer m.fl. (2012)¹. Den interna fosforbelastningen uppskattas av Savchuk (2018)³ till 100-150 tusen ton fosfor/år. Den interna kväveomsättningen i Östersjön är komplex och är inte med i diagrammet över kvävekällorna.



FIGUR 2. Belastningen av kväve och fosfor på Östersjön från avrinningsområdet ökade markant från 1950-talet fram till 1980-talet, och minskade sedan till följd av åtgärder. Figurunderlag från Gustafsson (2012)⁴.

Övergödningens status i Östersjön



FIGUR 3. Målsättningen med åtgärdsplanen för Östersjön (Baltic Sea Action Plan) är att Östersjön ska vara opåverkat av övergödning. Det tar dock tid att uppnå positiva resultat och det är först under senare år som den ekologiska statusen har förbättrats. Figuren är från Andersen m.fl. (2015)⁵ och linjen representerar ett femårsmedel.

HELSINGFORSKONVENTIONEN OCH BALTIC SEA ACTION PLAN

Helsingforskonventionen (Helcom) bildades 1974 för att skydda och förbättra Östersjöns miljö. Helcom har beslutat om en åtgärdsplan, "Baltic Sea Action Plan" (BSAP), där nödvändiga åtgärder för att återställa Östersjön till god ekologisk status till 2021 har identifierats. För att övergödningen ska minska har Helcom beräknat hur mycket utsläppen av kväve och fosfor från respektive land i Östersjöns avrinningsområde årligen behöver minska. Enligt den senaste överenskommelsen från 2013 behöver Sverige minska sina utsläpp med nästan 10 000 ton kväve och drygt 500 ton fosfor per år. I Sverige utarbetade Vattenmyndigheterna 2015 ambitiösa åtgärdsprogram för EU:s ramdirektiv för Vatten, vilka även skulle uppfyllt det svenska BSAP-betinget, men efter ett Regeringsbeslut 2016⁶ urvattnades åtgärdsprogrammen kraftigt. Även om mycket har gjorts sedan 2013 och vattenkvaliteten är bättre på många håll återstår mycket åtgärdsarbete, både för Sverige och andra länder runt Östersjön.

BSAP tar inte hänsyn till den näring som redan nått havet från land, den så kallade interna näringsbelastningen. Åtagandena inom BSAP är inte juridiskt bindande, vilket kan vara en bidragande orsak till att åtgärdsarbetet går långsamt.

EU:S VATTENDIREKTIV – anledning till att Levande kust startades

Enligt EU:s ramdirektiv för vatten ska alla ytvatten uppnå god ekologisk status senast år 2027. En viktig komponent för att klara det är att minska övergödningen. Vid arbetet med vattendirektivet beslutas miljökvalitetsnormer och åtgärdsprogram vart sjätte år. Den första förvaltningscykeln avslutades 2009, följande 2015, och nästa 2021. En arbetscykel inleds med kartläggning av miljötillståndet och bedömning av vattnets tillstånd och påverkan. Utifrån detta fastställs sedan åtgärdsprogram, förvaltningsplan, och miljökvalitetsnormer. Åtgärdsprogrammen är bindande för myndigheter och kommuner, men inte för enskilda brukare eller markägare.

Vattenförvaltningsarbetet i Sverige är uppdelat i fem olika vattendistrikt och leds av Vattenmyndigheterna i respektive distrikt under vägledning från Havs- och vattenmyndigheten och Sveriges Geologiska Undersökning (SGU).

Vattendirektivet gäller för Östersjöns kustvatten och projektet Levande kust vill bidra till vattenförvaltningens arbete med kunskap och erfarenheter som projektet fått under arbetet med att restaurera Björnöfjärden.

Levande kust – ett fullskaligt restaureringsprojekt

För sju år sedan var Björnöfjärden på Ingarö i Värmdö kommun en av Stockholms skärgårds mest övergödda fjärdar. Bottendöden var utbredd och en mängd olika näringskällor behövde åtgärdas. Nu är Björnöfjärden frisk och har klart vatten, med ett rikt växt- och djurliv. Fjärden är även på väg mot ett naturligt fisksamhälle och syresatta bottnar med bottendjur.



Lyckat resultat efter åtgärder mot övergödning

Projektets systematiska åtgärdsarbete har minskat fosfortillförseln till Björnöfjärdens vatten med omkring 70 procent. Övergödningen orsakades av näringsläckage från dåliga avlopp, jordbruksaktiviteter, hästhållning och från de gamla synderna i vikens sediment; det vill säga näring som under lång tid lagrats upp i sedimenten, men som frigörs när sedimentet blir syrefritt. Att Björnöfjärdens miljö blev förbättrad beror också på att vattenutbytet med den näringsrika fjärden utanför är litet. Vore vattenutbytet större skulle vattenkvaliteten i fjärden utanför styra vilken vattenkvalitet som är möjlig att uppnå i Björnöfjärden.

Varifrån kommer näringen?

I området runt Björnöfjärden finns nästan 1000 bostäder, ett jordbruk, några hästgårdar och en konferensanläggning med musteriverksamhet.

Näringen (fosfor och kväve) som når fjärden från avrinningsområdet kommer delvis naturligt från skog och öppna marker, men främst från mänskliga aktiviteter i form av läckage från jordbruk och hästhållning, samt utsläpp från bostäder med dålig rening av toalettavfallet (Figur 4). Näringsstillförseln har minskats med olika åtgärder som beskrivs på sidorna 17–40.

Innan projektet startade kom det största fosforläckaget till fjärdens vatten från tidigare års fosforutsläpp som lagrats i Björnöfjärdens bottensediment (Figur 4). Den ansamlade fosfor läckte tillbaka till vattnet när sedimentet drabbats av syrebrist. Det beror på att järn, som vanligtvis binder fosfor i sediment, förlorar sin förmåga att binda fosfor vid syrefria förhållanden.

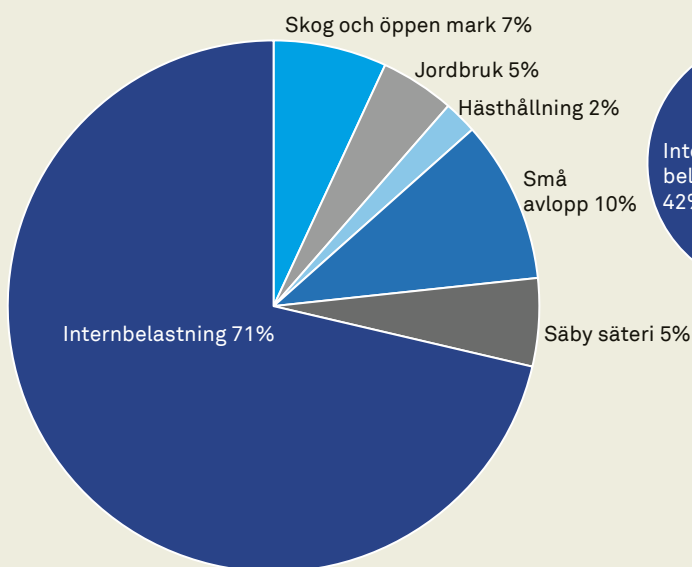
Den naturliga årliga fosforbelastningen beräknades uppgå till 58 kg fosfor, antaget relativt låga förluster från skog (1075 hektar, 0,04 kg fosfor/hektar, 43 kg fosfor/år) och öppen mark/betesmark (243 hektar, 0,06 kg fosfor/hektar, 15 kg fosfor/år).



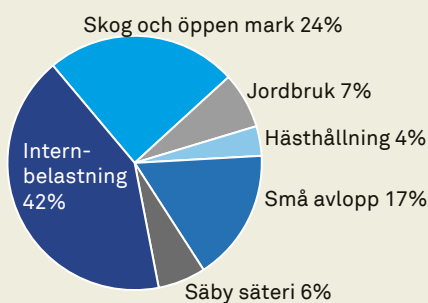
▲ Näring från avrinningsområdet når Björnöfjärden främst via diken. Tillförseln varierar mycket över året. Mest kommer under våren då snösmältningen för med sig kväve och fosfor i både löst form och bundet i partiklar.

Fosfortillförsel till Björnöfjärden

Före åtgärder: ca 840 kg/år



Efter åtgärder: ca 240 kg/år



FIGUR 4. Figurerna visar varifrån fosfor som nådde Björnöfjärdens vatten kom ifrån vid projektets start 2011 och när det genomförda åtgärderna fått full effekt (% per år från respektive näringskälla).

BJÖRNÖFJÄRDEN

Björnöfjärdens yta är 1,5 km² och avrinningsområdet (det landområde som förser fjärden med vatten från exempelvis nederbörd) 15 km². Fjärdens maximala djup är 25 meter. På omkring sex meters djup finns ett kraftigt språngskikt, en skiktning mellan två vattenmassor. Under språngskiktet är det syrefritt (rödmarkerat) under större delen av året, och ytan av det syrefria bottenområdet motsvarar omkring halva fjärdens yta. Det är brackvatten i viken, med en salthalt som varierar mellan ungefär 4,0 och 5,5 promille. Vattenutbytet med Nämndöfjärden utanför sker via ett smalt grunt sund, och den genomsnittliga vattenutbytestiden är omkring tre månader. Det är en tillräckligt lång uppehållstid för att lokala åtgärder ska ge en mätbar lokal effekt.

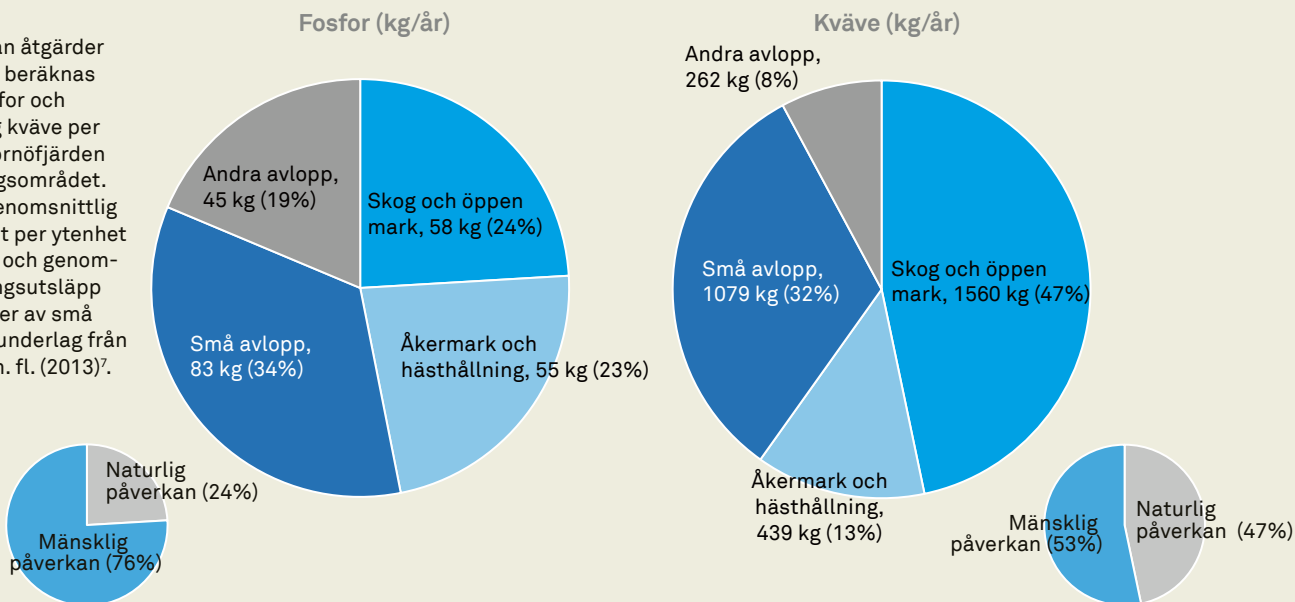


Motsvarande kvävebidrag var 1560 kg kväve/år (skog: 1074 kg kväve/år, öppen mark/betesmark: 486 kg kväve/år)⁷. I beräkningarna antas att markerna i avrinningsområdet utan modern mänsklig påverkan skulle bestå av skogsmark och extensiv betesmark och helt sakna punktkällor.

Den mänskliga fosforbelastningen (180 kg per år) utgörs främst av avloppsutsläpp och jordbruksläckage. Det finns drygt 850 bostadshus utan kommunal avloppsanslutning, belägna både på häll- och lermark⁷. Omkring 200 fastigheter hade vid projektets start olagliga eller bristfälliga avloppslösningar⁹. Ursprungligen bestod bebyggelsen huvudsakligen av sommarstugor med små tomter, men på senare tid har allt fler fastigheter

Källfördelning av näringsämnen från Björnöfjärdens avrinningsområde

FIGUR 5. Innan åtgärder genomfördes beräknas ca 240 kg fosfor och drygt 3000 kg kväve per år ha nått Björnöfjärden från avrinningsområdet. Baserat på genomsnittlig näringsförlust per ytenhet och marktyp, och genomsnittligt näringsutsläpp från olika typer av små avlopp. Figurunderlag från Erlandsson m. fl. (2013)⁷.



använts för boende året runt¹⁰. Ett intensivt jordbruk på cirka 45 hektar av avrinningsområdet samt cirka trettio hästar som hålls inom området bidrar också till Björnöfjärdens övergödning.

Till detta kommer näringsbelastning från Säby Säteris konferensanläggning och Smakriket Säby med musteri-, bryggeri- och bränneriverksamhet vid fjärdens norra del. Några år in på projektet, när mer information från området blev tillgänglig visade det sig att avloppsanläggningarna för Säby Säteri och Smakriket Säby fungerade betydligt sämre än först beräknat¹⁰, vilket innebär att den årliga belastningen till avrinningsområdet var cirka 20 procent högre.

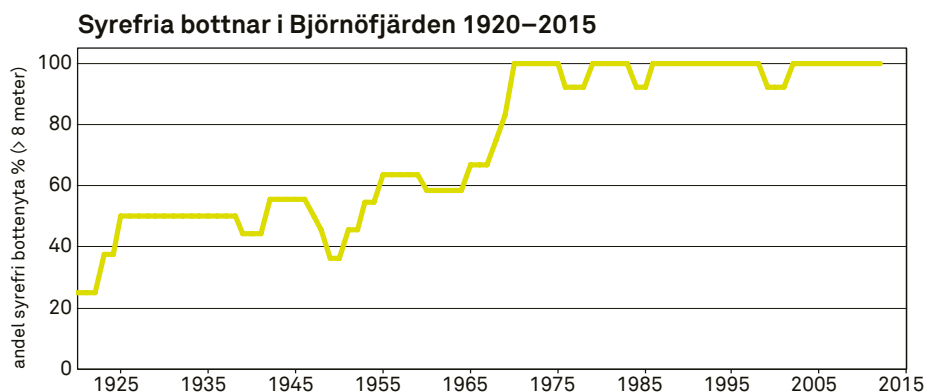
Belastningsberäkningarna baseras på källfördelningsanalys av åtta olika källor som här aggregerats till de fyra största: skog, åkermark, öppen mark (inkl. betesmark och trädgård) och små avlopp (inkl. gemensamhetsanläggningar) (Figur 5).

Den interna belastningen dominerar

Även om näringsläckaget från Björnöfjärdens avrinningsområde är betydande, kom det största tillflödet av fosfor till vattnet från fjärdens sediment (Figur 4), något som även gäller kväve¹¹. Det beror på att belastningen till fjärden under många decennier överstigit sedimentens förmåga att lagra fosfor. Fosfor som frigörs när exempelvis alger bryts ner, läcker tillbaka till vattnet istället för att bindas i sedimenten. Situationen förvärras av att sedimenten sedan flera decennier har varit syrefria, vilket minskar den fosforbindande förmågan. Den läckagebenägna fosfor som med tiden beräknas kunna frigöras till vattnet, består i Björnöfjärdens sediment av organiskt bunden fosfor och uppgår till 1,5 g fosfor/m² ¹².

Syrebristen breder ut sig under 1900-talet

Sedimentkärnor som har undersöks för att rekonstruera syresituationen i fjärden visar att det i Björnöfjärdens djuphåla (25 m) har uppträtt syrebrist i åtminstone 200 år¹³. Den stora ökningen av utbredning av laminerade (syrefria) bottenar skedde dock under 1900-talet, och speciellt under 1960-70-talen (Figur 6). Det är under den här tiden som näringsbelastningen från fjärdens avrinningsområde av allt att döma tilltog, i takt med utbyggnad av sommarboenden runt fjärden. Under den perioden var också näringshalterna mycket höga i hela Stockholms skärgård till följd av dålig avloppsvattenrening¹⁴. Kraftiga algblomningar i skärgården var vanliga, till skillnad mot idag då algblomningarna ofta har sitt ursprung i utsjön där fosfor som driver blomningarna främst läckt från utsjöns djupa bottenar. Import av algblomningar från Nämndöfjärden kan ha varit en näringskälla till Björnöfjärden, tillsammans med ökad näringsbelastning från avrinningsområdet. Sundet mellan Björnö- och Nämndöfjärden muddrades 1968, vilket förmodligen ökade inflödet av tyngre och saltare bottenvatten. Om muddringen medfört att utbytet av bottenvattnet har skett mindre frekvent sedan dess, det vill säga att utbytet av syresatt bottenvatten minskat, kan det också ha bidragit till ökning av utbredningen av syrefria bottenområden¹⁵.



FIGUR 6. Andelen bottenar djupare än 8 meter i Björnöfjärden som varit syrefria åtminstone under sommarhalvåret under senaste seklet.

Förberedelser, utvärdering och åtgärder

Innan åtgärdsarbetet startade undersöktes fjärden och avrinningsområdet under ett års tid för att få en tydlig bild av utgångsläget och därmed kunna mäta åtgärdseffekter. Samtidigt undersöktes en närliggande fjärd, Fjällsviksviken som har liknande övergödningsproblematik men där inga åtgärder gjordes. Att använda sig av en "jämförelsevik" gjorde det möjligt att särskilja åtgärdseffekter från resultatet av vädervariationer mellan olika år. För att minska näringstillförseln till fjärden har åtgärder i området runt fjärden och i vattnet genomförts. Åtgärderna har lett till att miljön i Björnöfjärden har förbättrats avsevärt.

Undersökning i Björnöfjärden och Fjällsviksviken

Ett provtagningsprogram där vattenkemi, plankton och sedimentationsfällor undersöks löpande¹⁶, kompletteras en gång per år med undersökningar av exempelvis utbredning av syrefria bottenar¹⁷, fiskbestånd^{18,19}, bottenfauna²⁰ och undervattensvegetation^{21,22,23}. Dessutom mäts kontinuerligt vattenståndet i fjärdarna¹⁶, liksom vattenutbytet mellan Björnöfjärden och Nämndöfjärden utanför. Provtagningarna startade 2011 och planeras pågå till minst 2020.

Vatten och plankton mäts mellan 15 och 20 gånger per år, dels i Björnöfjärdens och Fjällsviksvikens olika delbassänger och dels strax utanför respektive vik. För att kunna upptäcka koncentrationsskillnader mellan ytvattnet i olika delar av viksytternas vid ett provtagningsstillfälle, används ett så kallat volymviktat och djupintegrerat provtagningsförfarande. Flera ytvattenprov från vikens olika delar blandas samman till ett prov som analyseras och representerar hela ytvattnet ovanför språngskiktet för respektive bassäng²⁴. På det djupaste stället i varje delbassäng tas dessutom tre vattenprov på specifika djup, jämt fördelade mellan språngskiktet och botten, för mätning av näringsämnen och svavelväte. På vikarnas djupaste punkt mäts temperatur, salthalt, syrgas med en meters mellanrum från yta till botten. Sedimentation av näringsämnen och material i vikarna mäts också i sedimentationsfällor placerade ovan och under språngskiktet.

Fjärdarnas fisksamhällen dokumenteras genom nätprovfiske med översiktsnät¹⁸, rysjefisken och yngelprovfiske med undervattensdetonationer¹⁹. Bottenfaunans täthet och artsammansättning undersöks²⁰ och vegetationsbältets sammansättning och djuputbredning inventeras vid årliga dykinventeringar^{21,22,23}. Halter av aluminium i blåstång, bottenfauna och abborre mäts också årligen för att se om den aluminiumbehandling av bottenarna för att stoppa vikens internbelastning bidragit till ökade halter i växter och djur²⁵.

Både Björnöfjärden och Fjällsviksviken ingår också i Svealands kustvattenvårdsförbunds (SKVVF) undersökningar i vilka ett stort antal stationer undersöks, som ligger till grund för statusklassning av Svealands kustvatten enligt vattenförvaltningens bedömningsgrunder.

Björnöfjärdens tillrinnande vattendrag

För att identifiera näringskällor och lämpliga åtgärder i avrinningsområdet och kunna utvärdera åtgärdseffekter tas även vattenprover i alla större vattendrag²⁶. I vissa vattendrag tas prover enbart i utloppet, i andra tas prover på flera punkter för att kunna urskilja påverkan och effekter från olika delområden eller aktiviteter (Figur 7). Nya provtagningspunkter har lagts till när nya källor upptäckts eller när åtgärder genomförts. Provtagning görs vanligen en gång per månad, men oftare vid höga vattenflöden under vår och höst. För att beräkna transporten av näringsämnen från olika delavrinningsområden används vattenflödesberäkningar från SMHI. Den här typen av undersökning utgör grunden för att kunna bedöma olika källors näringsbidrag och åtgärdseffekter. Den behöver ofta löpa på under flera år då skillnader i nederbörd mellan åren påverkar när näringstransporten sker.

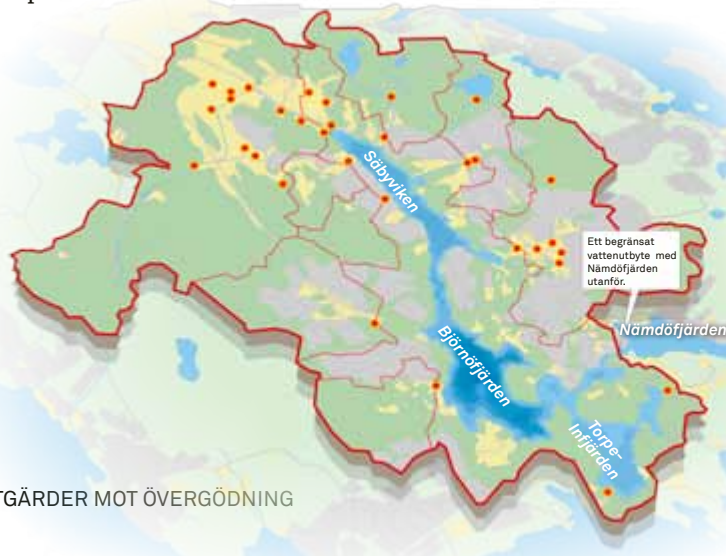


FOTO:FREDRIK SEDERHOLM

▲ Vattenkvaliteten i Björnöfjärden (ovan) och i avrinningsområdet (nedan) undersöks mer än 15 gånger per år för att kunna följa hur miljön förändras till följd av minskad näringstillgång på grund av åtgärder.

FIGUR 7. Björnöfjärdens avrinningsområde (tjockare röd linje) har delats in i tio mindre delavrinningsområden (streckade röda linjer). Halterna av kväve och fosfor i tillrinnande vattendrag i dessa områden undersöks omkring 20 gånger per år (provtagningspunkter markerade i rött).



▲ Ekosystemet undersöks varje år i både Björnöfjärden och i jämförelseviken Fjällsviksviken. För att kunna identifiera förändringar är det viktigt att både kunna jämföra med hur det såg ut innan åtgärderna startade och vilka förändringar som sker naturligt exempelvis på grund av variationer i temperatur och nederbörd.

LÄS MER OM...

projektets undersökningar, utredningar och analyser i Levande kuster fullständiga vitbok.

Åtgärder som minskat övergödningen

För att minska näringstillförseln till vattnet och motverka övergödningens effekter har en rad åtgärder genomförts, både i Björnöfjärdens avrinningsområde och i själva fjärden (Figur 8, sid 16). Den totala tillförseln av fosfor från de olika källorna, externa och interna, varierar från omkring 3 kg till 600 kg per år. Alla åtgärder är viktiga men allra störst effekt på den totala fosforminskningen har aluminiumbehandlingen av sedimenten haft, följt av förbättrade enskilda avlopp.

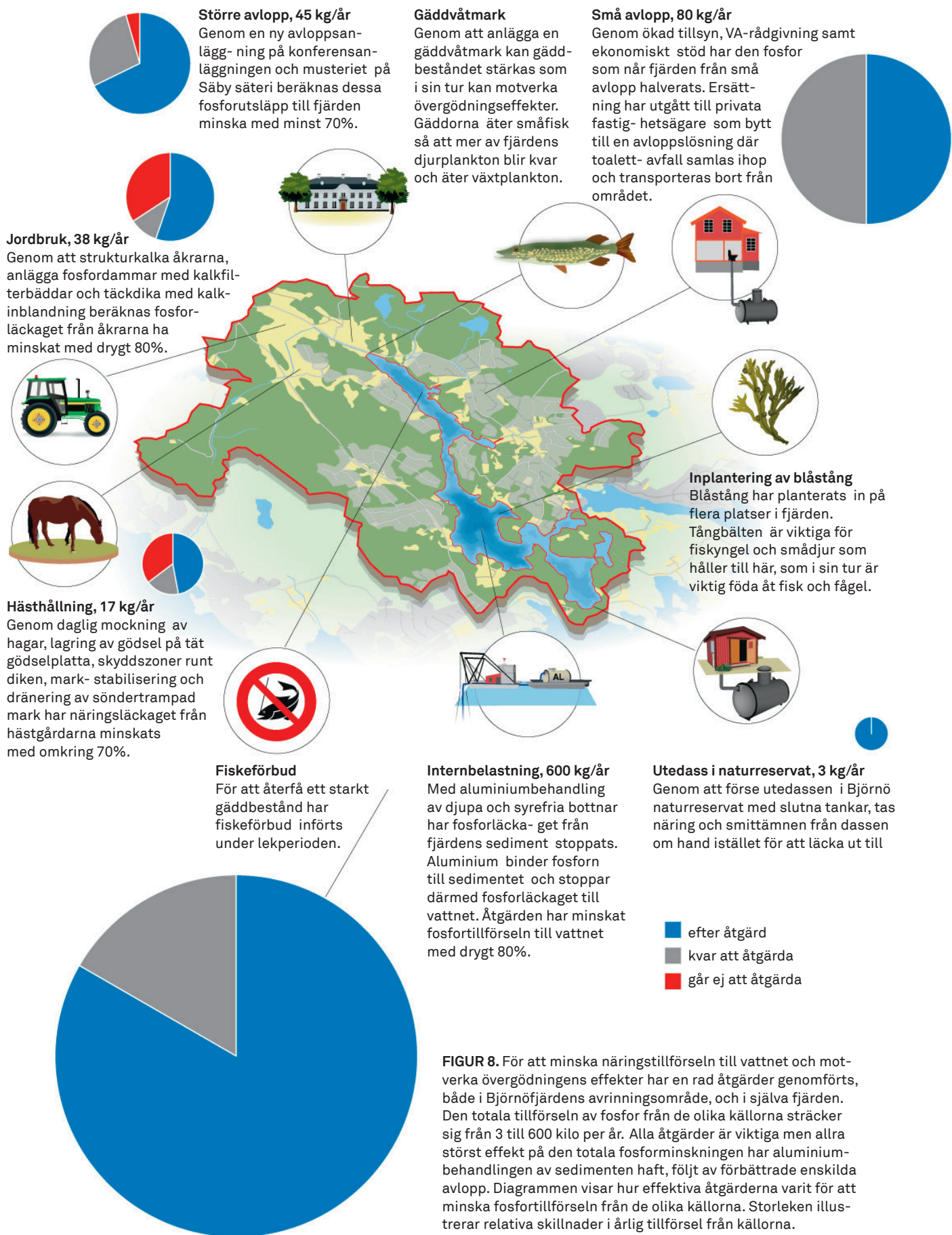
På nästa sida sammanfattas de åtgärder som genomförts i och runt Björnöfjärden. Mer information om förutsättningar och genomförande av de respektive åtgärderna finns på sidorna 17–40.

Alla åtgärder är viktiga

Direkt efter aluminiumbehandlingen minskade fosforhalterna i fjärdens vatten och redan efter några månader hade halten halverats. Det har påverkat undervattensmiljön positivt på många sätt, vilket beskrivs på sidorna 47–52.

Landåtgärderna beräknas halvera näringstransporten från land till fjärden på sikt. Det kommer att ta några år innan åtgärderna fått full effekt, eftersom mycket näring lagrats i mark och diken under lång tid.

Även om aluminiumbehandlingen binder mest fosfor och ger snabb effekt är det mycket viktigt att minimera näringstillförseln från land, annars byggs nya näringsförråd upp i sedimenten som på nytt börjar läcka.



Åtgärder som minskar näringsläckage från jordbruk

Jordbruk är idag den enskilt största näringskällan från land till Östersjön och står för ungefär hälften av den totala näringstillförseln². Sedan 1950-talet har jordbruket i Sverige genomgått en snabb utveckling till en intensivare produktion på allt större gårdar som ofta är specialiserade på växt- eller djurproduktion^{27,28}. Den här utvecklingen i kombination med omfattande utdikning har bidragit till näringsförluster från verksamheter som i olika grad når Östersjön, där känsliga miljöer övergöds och skadas²⁸.

Åtgärder har minskat tillförseln – men mer behövs

Åtgärder inom exempelvis avloppsrening, industri, skogsbruk och jordbruk har minskat näringstillförseln till Östersjön, som för fosfor idag bedöms vara tillbaka på 1960-talets nivå (för fosfor)⁴. Inom jordbruket har åtgärderna exempelvis inneburit förbättrad stallgödselhantering, gödslingsbegränsningar och rådgivning till lantbrukare, samt möjligheter till ekonomiskt stöd för vissa miljöskyddsåtgärder. Trots det behövs ytterligare ansträngningar, samtidigt som en resurseffektiv livsmedelsproduktion upprätthålls.

Idag importeras stora mängder näring till Östersjöområdet i form av handelsgödsel för växtproduktion och djurfoder till djurgårdar³⁰. Stallgödseln som produceras i regionen nyttjas dåligt; endast hälften av näringen i gödseln omvandlas till skördad gröda³¹. Resten blir kvar i marken eller förloras till luft eller vatten, och bidrar till övergödning. Näringsflödet är i stor utsträckning enkelriktat. För effektivt näringsutnyttjande utan näringsläckage till miljön behöver kretsloppet av näring slutas. Det är också viktigt att ta väl hand om åkrarna genom omsorgsfulla val av grödor, odlingstekniker, jordbearbetning och gödselgivor, samt att se till att marken har bra struktur och goda dräneringsförhållanden så att grödorna kan utnyttja näringen i marken effektivt.

Val av åtgärder

För att öka näringsutnyttjandet och minimera jordbrukets påverkan på Östersjön behövs både kort- och långsiktiga åtgärder, såväl på gårdsnivå som på Östersjöns avrinningsområdesnivå.

- Exempel på storskaliga/strukturella åtgärder är att införa ekonomiska styrmedel för att minska import av handelsgödsel och djurfoder och därmed stimulera ökad återförsel av stallgödsel till växtproduktion för att i större utsträckning sluta näringens kretslopp.
- Exempel på åtgärder på gårdsnivå är att ha säker gödselhantering, undvika överdosering med gödsel, nyttja upplagrad fosfor i marken, hålla marken bevuxen under hösten, strukturkalka, anlägga kalkfilterdiken, skyddszoner längs vattendrag, fosfordammar och kalkfilterbäddar.

Det är avgörande för en hög åtgärdseffekt att rätt åtgärder genomförs i rätt ordning, på rätt plats och i rätt tid³². Ofta sker 90 procent av näringsförlusterna i ett avrinningsområde från 10 procent av ytan, under 1 procent av tiden. Det är därför viktigt med plats-specifik kunskap.

Det finns en rad olika åtgärder man kan göra för att minimera näringsläckage från jordbruksverksamhet. Inom projektet Levande kust har flera olika jordbruksåtgärder genomförts; strukturkalkning, fosfordammar med kalkfilterbäddar, tvåstegsdiken och kalkfilterdiken, se sidorna 20–22.

LÄS MER OM...

hur man kan minska näringsbelastningen i Östersjön i Levande kusts fullständiga vitbok samt i rapporter från SLU^{33,34} och Jordbruksverket³². En åtgärds katalog finns tillgänglig i vattenmyndigheternas VISS (www.viss.lansstyrelsen.se). Projektet Goodla har samlat lättillgänglig kunskap om miljöåtgärder inom jordbruket på film. Projektet drivs av SLU och LRF och finansieras av Formas (<https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/samverkan/goodla/>).



▲ För att åtgärder på gårdsnivå ska bli lyckosamma krävs lokalt engagemang och god kännedom om platsen. Jordbruksåtgärderna vid Björnöfjärden har skett i samarbete med lantbrukaren på Säby gård.



▲ För att få en hög åtgärds-effekt är det avgörande att rätt åtgärder genomförs i rätt ordning, på rätt plats och i rätt tid.

Förutsättningar för jordbruksåtgärder

Ansvar

Det är lantbrukarnas ansvar att se till att nödvändiga miljöåtgärder genomförs. Länsstyrelsen har tillsynsansvaret för de tillståndspliktiga verksamheterna, men ofta delegeras tillsynen till kommunerna. Krav på jordbruksföretag om minskat näringsämnesläckage till vattenförekomster som inte uppnår god ekologisk status kan ställas oavsett om miljö-stöd från exempelvis Landsbygdsprogrammet erhålls eller inte. Sådana krav har dock ännu inte ställts i Sverige.

För lantbruksföretag med tillståndspliktig verksamhet (med djurhållning) kan miljö-förbättrande åtgärder enligt Miljöbalken bli bindande för enskilda brukare. De styr-medel som finns för detta är tillsyn och egenkontroll. För övriga lantbruksföretag (och hästhållning) ligger åtgärdspotentialen i samverkan, samråd, rekommendationer, över-enskommelser och kompensation, där möjligheter till miljö-stöd och ersättningar inom landsbruksprogrammet eller annan finansiering har en avgörande roll för om åtgärder kommer till stånd.

Finansiering

Stödfinansiering av åtgärder inom jordbruket och hästhållning sker huvudsakligen via Landsbygdsprogrammet (administreras av Jordbruksverket) och LOVA-anslag (Lokala vattenvårdsprojekt, administreras av Länsstyrelsen). Båda kräver medfinansiering.

Rådgivning

Rådgivning fyller en central funktion i åtgärdsarbetet inom lantbruket. Rådgivnings-projektet Greppa Näringen, som är ett samarbete mellan Jordbruksverket, Lantbrukar-nas Riksförbund (LRF) och länsstyrelserna (2001-2020), har enligt projektet själv lett till en årlig minskning av näringsläckaget med 790 ton kväve och 15-30 ton fosfor, och samtidigt bidragit till att varje enskild gård blivit mer resurseffektiv.

LEVANDE KUST om åtgärder i jordbrukslandskapet

Åtgärdstakten inom lantbruket är för låg för att nå de mål som finns exempelvis inom vattendirektivet, Sveriges nationella miljömål eller Baltic Sea Action Plan (BSAP).

Kommunal tillsyn av jordbruksverksamhet är bristfällig. Att krav på åtgärder inte ställs i större omfattning kan bero på att tillräckligt översikts- och kunskapsunder-lag saknas för att identifiera huvudsakliga näringskällor.

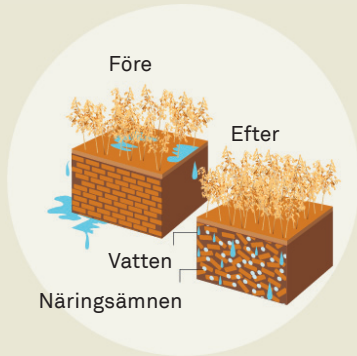
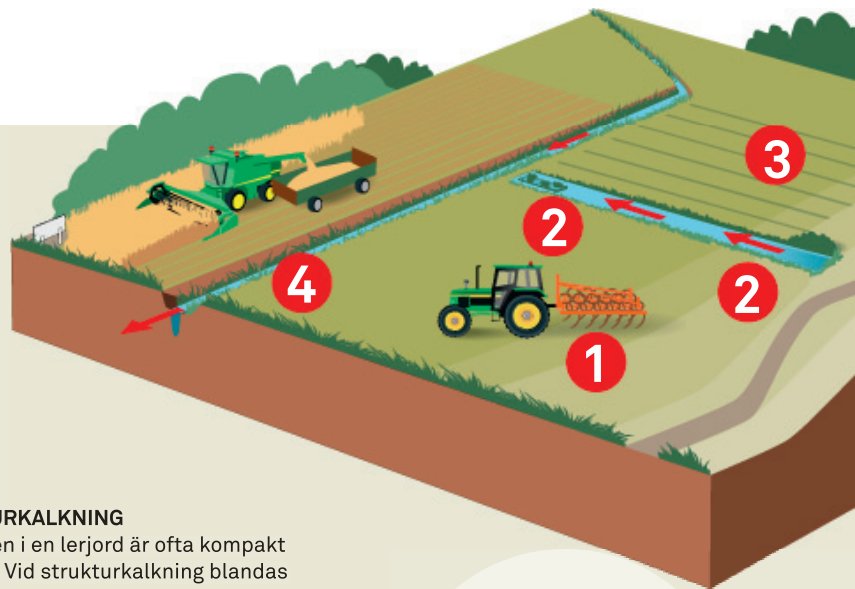
Den enskilda lantbrukaren, med unik kunskap om sin mark, kan ofta med små medel minska näringsförlusterna till vattendrag. Det behövs tydliga incitament **som premierar lantbrukare som minimerar näringsförlusten** från sin verksamhet.

Jordbruksåtgärder (och andra åtgärder) behöver **bedrivas utifrån ett avrinningsom-rådesperspektiv**. Länsstyrelserna har en viktig roll som initiativtagare, koordinator, katalysator och drivkraft, och arbetet bör koordineras av en åtgärdssamordnare.

Kostnaderna för en nödvändig åtgärdstakt behöver identifieras och fördelas mellan jordbruksföretag och det allmänna, och en långsiktig plan för investeringar behöver tas fram. Kortsiktiga, oförutsägbara satsningar riskerar att bli ineffektiva, varför bättre uppföljning av åtgärdseffekter är nödvändig.

Det finns utrymme att minska jordbrukets påverkan på Östersjön utan att produktionen behöver minska. Strukturkalkning kan till och med öka skörden.

Jordbruksåtgärder inom Levande kust



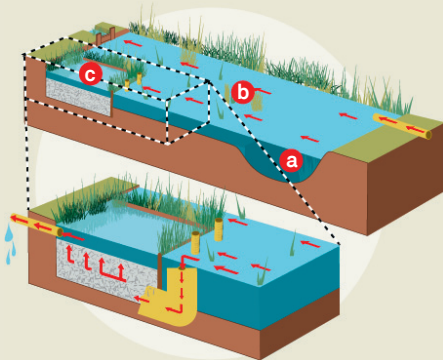
1 STRUKTURKALKNING

Strukturen i en lerjord är ofta kompakt (vänster). Vid strukturkalkning blandas bränd kalk eller släckt kalk ned i jorden. Det gör jorden mer porös (höger), så att grödans rötter lättare kommer åt vatten och näringsämnen. Grödan växer bättre och fosforläckaget kan minska med upp till 50 procent.



3 KALKFILTERDIKE

I täckdiken leds överskott av vatten bort från åkern i nedgrävda rör. När rören grävs ner blandas kalk in i jorden. Kalken är aktiv i omkring 30 år och binder fosfor som är löst i vattnet in i jorden runt rören. Täckdikning är nödvändigt för att grödan ska växa bra. Om det växer dåligt läcker näring bort från åkern istället för att tas upp i grödorna.



2 FOSFORDAMM MED KALKFILTERBÄDD

En fosfordamm med kalkfilterbädd kan minska näringstransport med upp till 60 procent för fosfor och 25 procent för kväve. Vatten från åkrars dräneringssystem samlas upp i dammens djupa del (a) där stora fosforrika partiklar sjunker till botten. Mindre partiklar fastnar bland vattenväxter i den grunda delen (b). Fosfor i löst form fastnar i kalkfilterbädden (c). Fosfor som fastnat i anläggningen kan grävas upp och återanvändas på åkern.

1. STRUKTURKALKNING

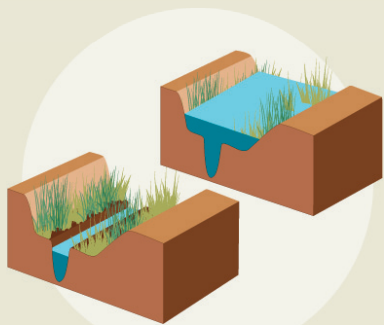
Strukturkalkning är en välkänd jordbruksåtgärd som gör markstrukturen i lerjordar mer finkornig och porös, så att vatten och näringsämnen hålls kvar i jorden och rötterna kan växa djupare. Åtgärden bidrar både till att näringsläckaget minskar och att grödan växer bättre, och behöver inte något specifikt underhåll.

Strukturkalkning är lämplig i väl-dränerade åkrar i södra och mellersta delen av Sverige där det är vanligt med jordar som har hög lerhalt³⁵.

Strukturkalkning i siffror

- Strukturkalkning kan halvera fosforförluster från åkermark som har lerhalt över 20-30 procent^{36,37}.
- I Sverige är åtgärdspotentialen störst i Östergötlands, Uppsala, Västmanlands och Södermanlands län. Hittills har bara drygt 4 procent av landets lämpliga åkermarker strukturkalkats³⁸.
- Idag råder osäkerhet om den långsiktiga effekten av strukturkalkning. Varaktigheten påverkar reningskostnaden som varierar mellan 900 och 2700 kr per kg fosfor beroende på om effekten räcker i 30 respektive 10 år. Det är osäkert varför effekten av strukturkalkningen av vissa lerjordar ser ut att klinga av inom ett decennium, vilket man sett vid strukturkalkning vid Bornsjön.

FIGUR 9. Om rätt jordbruksmetoder används blir skörden god, samtidigt som läckage av näring och organiskt material minimeras. I samarbete med Säby gård som ligger vid Björnöfjärden har fyra jordbruksåtgärder genomförts för att minska påverkan från gården: strukturkalkning, fosfordamm med kalkfilterbädd, kalkfilterdike och tvåstegsdike.



4 TVÅSTEGSDIKEN
Tvåstegsdiken kan minska näringstransport och gynna biologiska mångfald. Vid höga vattennivåer breder vattnet ut sig på gräsplatåer där näring tas upp och partiklar fastnar. Risken för erosion minskar och vattendjur trivs i mittfåran.

LÄS MER OM...

strukturkalkning i "Markstrukturförbättrande åtgärder – Strukturkalkning på lerjord" (SLU), på Goodla (SLU/LRF) och Greppa Näringens och Projekt Borns hemsidor. I Levande kusts fullständiga vitbok och rapporten "Strukturkalkning i stor skala – Vad krävs och vad kostar det"³⁸ finns också mer information.



▲ På Säby gård vid Björnöfjärden har bland annat strukturkalkning och fosfordammar med kalkfilterbäddar minskat näringsbelastningen från jordbruket till fjärden med drygt 80 procent. Mitt i bild syns den långsmala fosfordammen med kalkfilterbädden till höger. Till vänster om dammen ligger en hög med strukturkalk som ska brukas ner i leråkern.

Förutsättningar för strukturkalkning

Det finns rekommendationer från bland annat Jordbruksverket och Greppa Näringen om var och hur strukturkalkning ska genomföras. Men det är den enskilda lantbrukarens sak att ta initiativ och genomföra åtgärden. Finansieringsstöd kan framför allt sökas från länsstyrelsernas LOVA-anslag, men även från Jordbruksverkets landsbygdsprogram.

Den strukturkalkning som gjorts i Sverige har huvudsakligen genomförts inom ramen för större åtgärdsprojekt. För att öka åtgärdstakten och för att enskilda lantbrukare i större utsträckning ska strukturkalka behövs:

- Ökat riktat finansieringsstöd för strukturkalkning. Åtgärden är ofta för dyr utan stödfinansiering.
- Drivkrafter som samordnar och administrerar åtgärden för större arealer, då lantbrukare upplever det som krångligt och det ibland är osäkert med finansieringsstöd.
- Snabbare svar om beslut om finansieringsstöd så att den sökande kan hinna med strukturkalkningen under den korta period på året då förhållandena är lämpliga.

2. FOSFORDAMM MED KALKFILTERBÄDD

Näringstransport från åkermark och mark runt djurhållande gårdar kan minskas om avrinnande vatten leds genom en fosfordamm med kalkfilterbädd. Anläggningarna ska placeras nära föroreningskällan, helst högt upp i avrinningsområdet intill jordbruksmark med höga fosforförluster. För att fosfordammen ska vara effektiv måste den vara stor nog för att jämna ut flödet så att merparten av vattenflödet leds genom kalkfiltret. Vid optimal placering är anläggningarna kostnadseffektiva åtgärder, men de kräver relativt mycket tillsyn och underhåll för att upprätthålla god funktion.

Fosfordammar med kalkfilterbäddar i siffror

- För den mest läckagebenägna åkermarken i Östersjöns kustområden uppskattas fosfordammar med kalkfilterbäddar vara en lämplig åtgärd för ca 15 procent av ytan, och enbart kalkfilterbäddar för ytterligare 55 procent³⁹.
- Den genomsnittliga reningseffektiviteten sett över 20 år för anläggningarna är upp till 60 procent för fosfor och 25 procent för kväve³⁹.
- Optimalt placerade anläggningar kan vara kostnadseffektiva, 500-1300 kr/kg fosfor antaget en livslängd på 20 år³⁹.

Förutsättningar för fosfordammar och kalkfilterbäddar

Det är upp till enskilda lantbrukare att etablera fosfordammar och kalkfilterbäddar. Finansieringsstöd kan sökas från landsbruksprogrammet via Jordbruksverket. För öka åtgärdstakten så att fler fosfordammar med kalkfilterbäddar byggs behöver miljöstödsersättningen höjas med omkring 20 procent. Detta för att täcka inkomstbortfall för åkermark som tas ur bruk och etableringskostnaden som ofta är högre än vad stödnivån är beräknad för. Utbetalningsrutinerna för miljöstödet behöver också effektiviseras och förenklas³⁹.

Det är svårt att få en anläggning med optimal funktion, bland annat för att funktionen påverkas av många faktorer:

- **Vattenflöde:** näringsavskiljningen är bara effektiv vid låga vattenflöden.
- **Storlek:** ju större damm, desto lägre vattenflöde och större fastläggning av näring.
- **Ålder:** när vegetation i dammens grunda del etablerat sig, ökar reningseffektiviteten.
- **Extrema händelser:** skyfall, ras av dammvallar, avföring från fågelflockar med mera kan försämra dammens funktion avsevärt.
- **Etablering/Justering:** vid grävarbeten friläggs ytor för erosion, vilket under en tid ökar grumling och export av näringsämnen till vattendrag.

3. KALKFILTERDIKEN

God dränering av åkrar är nödvändigt både för att grödan ska växa bra, och för att minimera näringsläckage från åkern. Växer grödan dåligt, läcker näring från åkern istället för att tas upp av grödan. I täckdiken leds överskottsvatten från åkern i nedgrävda rör som mynnar i diken som omger åkrarna. Vid kalkfilterdikning blandas kalk in i jorden som omger täckdikensrören. Kalken binder fosfor som är löst i vattnet effektivt, och åtgärden antas fungera i omkring 30 år. Inom Levande kust har kalkfilterdiken byggts men ännu inte utvärderats, eftersom det ännu inte finns tillräckligt med data.

4. TVÅSTEGSDIKE

Åkrar är beroende av diken för god dränering, men diken snabbar upp transporten av näringsämnen från åkrarna vidare till havet. Tvåstegsdiken kan byggas för att minska näringstransporten och samtidigt öka jordbrukslandskapets biodiversitet. Tvåstegsdiken har en mittfåra som omges av högre belägna och bevuxna terrasser. Vid normala flöden går vattnet i mittfåran och vid högre flöden stiger vattnet upp på terrassen där näring tas upp, kväve avgår till luft och näringsrika jordpartiklar fastnar bland vegetationen. Risken för erosion från dikeskanterna är liten. Både mittfåran och terrassen är bra miljöer för växter och gömställen och födoplatser för djur. Inom Levande kust har tvåstegsdiken byggts men kommer inte utvärderas. Det beror på att tvåstegsdiket byggdes relativt sent i projektet och att det tar några år innan diket får avsedd funktion.

LÄS MER OM...

fosfordammar med kalkfilterbäddar i Levande kuster fullständiga vitbok och i rapporten "Åtgärds-potential inom jordbruket och möjlighet till reduktion med kalkfilterbäddar och fosfordammar"³⁹.



▲ En fosfordamm blir inte effektiv på att rena vattnet förrän efter några år när vegetation som förhindrar erosion från dammen själv har etablerat sig.



▲ När ett kalkfilterdike anläggs blandas kalk in i återfyllnadsjorden. Kalken binder fosfor som är löst i vattnet.

Hästhållning bidrar också till övergödning

I Sverige är hästhållning en omfattande småskalig verksamhet som ofta bedrivs av privatpersoner som fritidssysselsättning⁴⁰. Det är vanligt att hästgödsel hanteras oförsiktigt och att hagar nyttjas så intensivt att marken blir söndertrampad, vilket leder till näringsläckage och övergödning.



Levande kusts åtgärder på hästgårdar



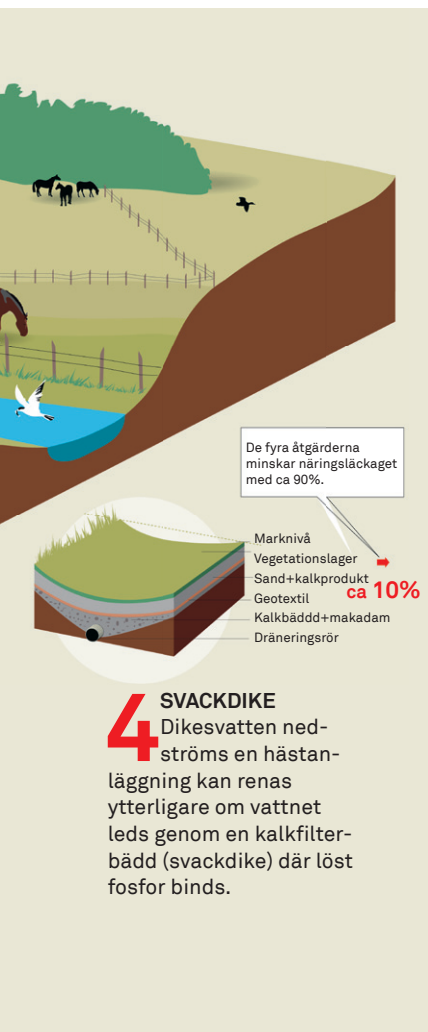
Daglig mockning och att undvika söndertramp viktigast

En vuxen häst utsöndrar lika mycket näring som den får i sig via fodret⁴¹. Fosfor lämnar hästen huvudsakligen via träck, om den inte överutfodras – då hamnar en del i urinen⁴². Det här leder till att näringshalterna i mark där hästar hålls ofta visar sig vara höga^{43,44,45,46}. En del av gödseln som inte mockas bort från hagar binds upp i marken, men markens vegetationstäckes behov är helt för att det ska kunna behålla näringen från hästarna. Om jorden mätts på näring eller vegetationstäckets trampas sönder är risken mycket stor för näringsförluster till vattendrag, sjöar och till Östersjön. Åtgärder är därför viktigast där många hästar hålls på en liten areal, i synnerhet om hästarna hålls nära diken och vattendrag.

Hästhållning i siffror

- I Sverige finns drygt 100 000 hästanläggningar⁴⁷, av vilka de flesta (75 procent) bara har en till fem hästar⁴⁸. Omkring 75 procent av hästarna finns i eller nära större tätorter⁴⁹.
- Det finns flest hästar i Skånes, Västra Götalands och Stockholms län⁴⁷.
- Vid fler än 2-3 hästar per hektar slits marken och läcker näring⁵⁰.
- Näringsutsöndringen skulle minska 20-30 procent om kraftfoder utslöts för fritidshästar⁵¹.

FIGUR 10. Det finns många åtgärder som kan göras på hästgårdar för att minska näringsförluster. Flera kan hästhållare göra själva genom ändrade rutiner och mindre insatser på gården, medan andra kräver insatser från entreprenör för olika typer av anläggningsarbete och byggnation.



4 SVACKDIKE
Dikesvatten nedströms en hästanläggning kan renas ytterligare om vattnet leds genom en kalkfilterbädd (svackdike) där löst fosfor binds.



▲ Hålls fler än två till tre hästar per hektar hage riskerar marken slitas så hårt att vegetations-täcket går sönder och markens förmåga att binda näring försämras markant.

Förutsättningar för åtgärder på hästgårdar

Ansvar

Hästhållare är ansvariga för att hästverksamheten inte skadar miljön eller stör omgivningen. Småskalig hästverksamhet omfattas inte av Jordbruksverkets regler om djurhållning inom jordbruk, men däremot av Miljöbalkens hänsynsregler⁵². Dessutom finns föreskrifter och allmänna råd som är utfärdade av Jordbruksverket och Naturvårdsverket som ska följas. Kommunen kan också besluta om lokala bestämmelser för gödselhantering⁵³. I praktiken är regleringen för den småskaliga hästhållningen trubbig och tillsynen på hästgårdar gles eller obefintlig. Det bidrar till att åtgärdstakten är låg.

Finansiering

Det har hittills inte funnits någon speciell stödfinansiering avsatt för åtgärder som minskar näringsbelastning från hästhållning. Inom den nya LOVA-förordningen⁵⁴ bör möjlighet till stödfinansiering av åtgärder på hästgårdar övervägas.

Tillsyn & Rådgivning

Det är kommunerna som har ansvar för tillsyn av att hästhållning sker i enlighet med Miljöbalken, föreskrifter och allmänna råd. Det finns inget rådgivningsprogram likt "Greppa näringen" som riktar sig till hästhållare. Det vore här önskvärt med ett initiativ från hästsportens organisationer.





Hästar på sommarbete bidrar inte eller i mycket liten omfattning till näringsbelastning på omgivande vatten. Dessutom hjälper de till att hålla landskapet öppet. Om hästarna stödutfodras med kraftfoder innebär det däremot en nettotillförsel av näring som riskerar bidra till övergödning, särskilt om hästarna hålls tätt och marken slits för hårt.

LEVANDE KUST om åtgärder på hästgårdar

Miljöbelastning av hästhållning är underskattad, den kommunala tillsynen bristfällig och åtgärdstakten för låg. Antalet hästar i Sverige ökar och det har blivit uppenbart att hästverksamhet bidrar till övergödning. Problemet är omfattande, och det som är avgörande för hästhållningens miljöeffekter är antalet hästar i förhållande till ytan de hålls på. Viktigast är att samla in och hantera gödslet rätt och att se till att marken inte blir söndertrampad. Näringsläckage från hästhållning kan åtgärdas relativt enkelt, men småskalig hästverksamhet faller mellan stolarna både vad gäller reglering och tillsyn, varför åtgärdstakten är eftersatt. Dessutom hålls ofta hästar av privatpersoner eller föreningar med begränsad ekonomi och miljökunskap. De arrenderar ofta stall, vilket ytterligare komplicerar genomförande av åtgärder.

FÖR ATT MINSKA MILJÖBELASTNINGEN AV HÄSTHÅLLNING BEHÖVS:

- *Information till hästägare:* Hästhållare känner ofta inte till att hästar bidrar till övergödning. Hästägare är en stor och varierande målgrupp, som kan vara svår att nå. Lättillgänglig information och konkreta råd om åtgärder behövs, gärna inom ramen för ett rådgivningsprogram.
- *Anpassa lagstiftning till småskalig hästhållning:* Befintliga föreskrifter är inte anpassade till den verklighet som råder, där många verksamhetsutövare har ett fåtal hästar var, ofta på en liten yta. I Miljöbalken finns stöd för att kräva åtgärder, men så sker sällan. Nya föreskrifter behövs, som förtydligar att:
 - 1) det är viktigt att samla upp och hantera gödsel på ett säkert sätt
 - 2) miljön tar skada när många hästar hålls på en liten yta
 - 3) hästar inte bör vistas intill diken och vattendrag.
- *Tillsyn av hästverksamheter:* Kommunerna behöver utöva tillsyn där hästverksamhet bedrivs för att säkerställa att miljön inte tar skada, samt informera om åtgärder som krävs för att minska påverkan.
- *Ökad stödfinansiering:* Det kan bli dyrt för en enskild hästägare med ett fåtal hästar att göra åtgärder. För att snabbt förbättra situationen kan det vara kostnadseffektivt att utreda möjligheter för bidrag till rivning och sanering av gamla gödselupplag samt anläggning av nya täta gödselplattor. Dessa är de dyraste men samtidigt de viktigaste åtgärderna.

LÄS MER OM...

åtgärder på hästgårdar i Levande kusts fullständiga vitbok och i rapporten "Näringsläckage från hästhållning i Sverige – Nationell översikt och förslag på åtgärder"⁵¹.



Toalettavfall måste bort från kusten

I Sverige bor mer än en miljon människor i fastigheter som inte är anslutna till ett kommunalt reningsverk⁵⁵, och till detta kommer en mängd fritidsfastigheter. Istället för kommunalt avlopp har de små enskilda avlopp eller torrtoalett. De små avloppen beräknas tillsammans stå för ungefär lika stora utsläpp till sjöar och hav som de kommunala reningsverken^{55,56}.

Markbaserad rening räcker inte vid kusten

Vanliga tekniklösningar för rening av toalettavfallet i små avlopp är slamavskiljare och infiltrationsanläggning, fosforfälla med markbädd, minireningsverk eller slutna tank. Torrtoalett med eget omhändertagande av toalettavfallet på tomten är också vanligt, men tas sällan med vid sammanställningar⁵⁷. En rapport från 2017 visar att mer än 80 procent av Sveriges små avloppsanläggningar har slamavskiljare, infiltrationsanläggning eller markbädd, eller okänd tekniklösning⁵⁵. De flesta har alltså en reningsteknik som förlitar sig på markrening.

Vilken tekniklösning ett avlopp har och hur avloppets sköts avgör hur stora utsläppen blir⁵⁸. I kust- och skärgårdsområden där jordlagren är tunna och det är nära till vattnet, är möjligheten för fastläggning av fosfor i marken begränsad. Det är osäkert hur väl fastläggningen fungerar över tid, och flera studier indikerar att fastläggningen är mindre än man tidigare antagit^{59,60,61}. Med dessa lösningar ackumuleras näringen lokalt, med stor risk att förr eller senare läcka till Östersjön (Figur 11). För att skydda kust- och grundvatten i områden där markens förmåga att binda fosfor (markretention) är begränsad eller okänd behövs därför avloppslösningar där toalettavfallet samlas ihop, exempelvis i slutna tank, och transporteras bort för rening i reningsverk, eller sätt i kretslopp i exempelvis en hygieniseringsanläggning (Figur 11).

Bad-, disk- och tvättvatten (BDT) bidrar inte längre till övergödningens problematiken. Numera är fosfor förbjudet i disk- och tvättmedel, så en mycket liten andel av näringen från en fastighet finns i BDT- vattnet. Omkring 90 procent av all näring som lämnar ett hushåll finns i hushållets toalettavfall⁶².

Små avlopp i siffror

- Mer än 35 procent av Sveriges små avlopp har bristfällig rening, och omkring hälften av dessa är olagliga⁶³.
- Små avlopp utgör 10 procent av alla hushållsavlopp, men beräknas stå för lika stora fosforutsläpp som de 90 procent som är anslutna till kommunala reningsverk⁶⁴.
- Årligen förbättras i genomsnitt bara omkring 1-2 procent av alla små avlopp⁶³.
- Omkring 80 procent av fastigheterna runt Björnöfjärden som hade dålig rening av sitt avlopp och som fick tillsyn och krav från kommunen gjorde åtgärder inom ett år⁹. Bara 40 procent åtgärdade frivilligt efter informationsinsatser, VA-rådgivning, administrativ hjälp och subvention. Takten för ”övrigt” frivilligt åtgärdande i kommunen är 3-4 procent per år.

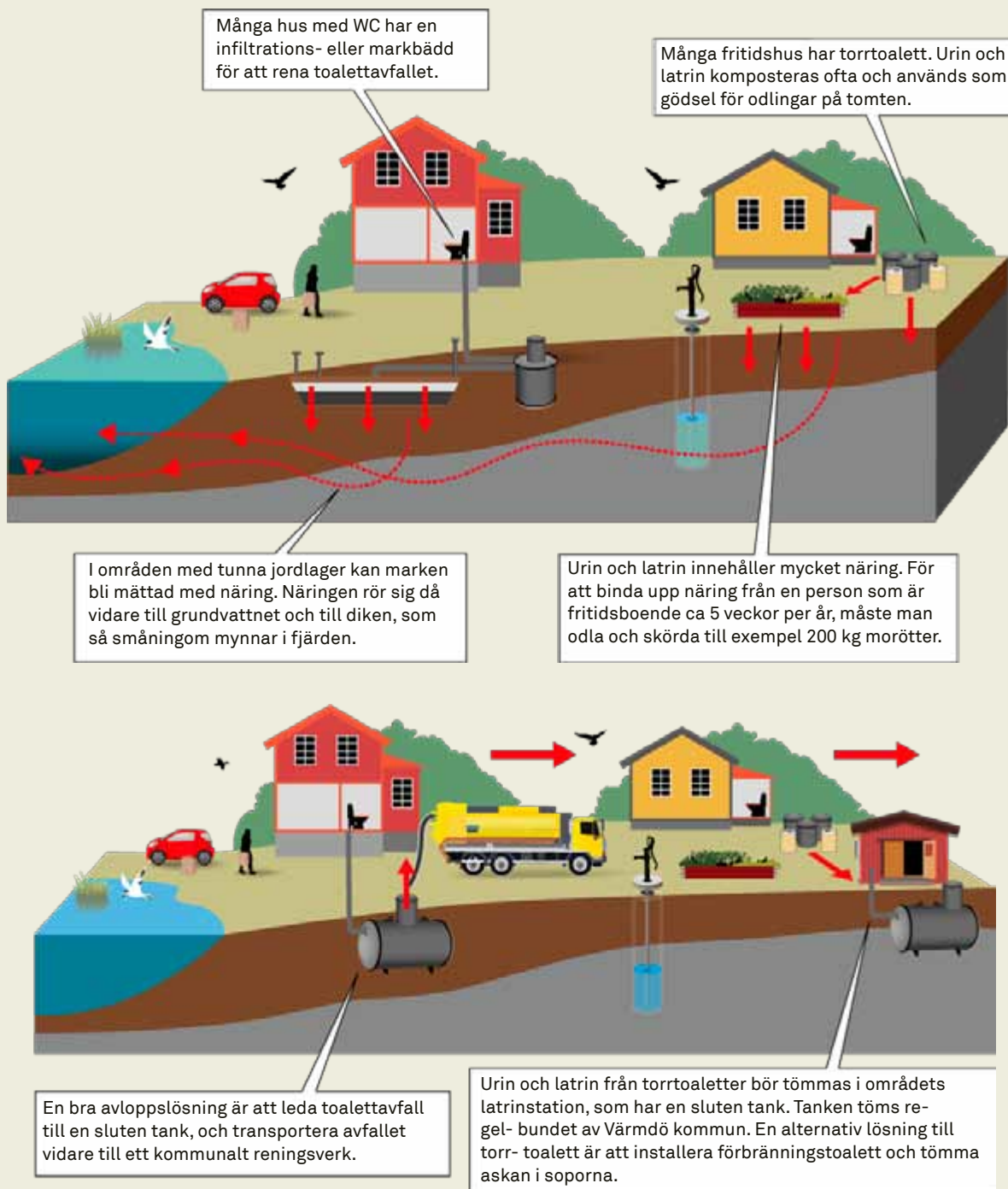
Förutsättningar för att åtgärda bristfälliga små avlopp

Enligt Miljöbalken är små avloppsanläggningar en miljöfarlig verksamhet som är tillstånds- eller anmälningspliktig⁵³. Toalettavfall som hanteras i vattentoalett och blir ”vattenbaserat” klassas enligt lagstiftningen som avlopp, medan toalettavfall som samlas upp i en torrtoalett klassas som hushållsavfall. Trots att ursprunget är detsamma faller det under olika regelverk, och hanteras olika vid tillsyn och tillståndsbedömningar.

Ansvar

Det är fastighetsägarens ansvar att se till att avloppsanläggningen uppfyller Miljöbalkens krav. Fastighetsägaren behöver känna till anläggningens kapacitet, teknik och funktion, samt omgivningens förutsättningar för att ta emot och rena utsläpp. Detta är svårt och kräver fackkunskaper. Kommunernas ansvar är att pröva och ge tillstånd, bedriva tillsyn och följa upp och se till att alla små avlopp har de tillstånd som krävs, och att avloppen fungerar som de ska⁶⁵. Kommuner ger ofta fastighetsägare dispens för ”eget omhändertagande” av toalettavfall från torrtoaletter på den egna fastigheten (tomten). Fastighetsägaren ansvarar då för att latrinkomposteringen görs rätt⁶⁶.

Levande kusts åtgärder för små avlopp



FIGUR 11. Den övre figuren illustrerar avloppslösningar som förlitar sig på att marken renar avloppsvattnet från näringsämnen, bakterier och virus. Dessa typer av reningstekniker är inte lämpliga i områden med tunna jordlager nära sjöar och hav. Exempel på olämpliga lösningar är infiltrationsanläggningar, markbäddar, minireningsverk (kräver mycket tillsyn och skötsel) och eget omhändertagande av latrin på tomten. De bästa avloppslösningarna för fastigheter i områden nära sjöar och hav är de där toalettfraktionen sorteras ut och transporteras bort från området, vilket figuren till höger illustrerar. Exempel på bra lösningar är sluten tank, förbränningstolett och latrinhämtning eller tömning av urin och latrin vid en central insamlingsstation.

Finansiering

Det finns inte någon stödfinansiering att söka för fastighetsägare som vill åtgärda sitt avlopp. Dock är kostnaden inte alltid avgörande. Få av de fastighetsägare som inte åtgärdade sitt avlopp inom Levande kust-projektet uppgav att högre subventioner än de 10-20 procent av totalkostnaden som de erbjöds, hade motiverat dem till åtgärd⁶⁷.

Tillsyn & Rådgivning

Kommuner ska bedriva tillsyn för att se till att alla små avlopp har tillstånd och att avloppen fungerar som de ska⁶⁵. Vissa kommuner erbjuder VA-rådgivning till sina kommuninvånare, vilket är mycket bra då VA-rådgivning verkar vara en åtgärdshöjande faktor. Nästan alla fastighetsägare som fick platsbesök med rådgivning och stöd med tillståndsansökan inom Levande kust, åtgärdade sina avlopp. Rådgivningen bidrog också till snabba handläggning och verkar ha minskat antalet överklaganden.

LEVANDE KUST om att åtgärda små avlopp

- Den kommunala tillsynen är på många håll otillräcklig, och fastighetsägarnas vilja att självmant åtgärda sitt avlopp för att minska sin miljöpåverkan är svag. **Tillsynstakten behöver öka**, särskilt i Norra och Södra Östersjöns vattendistrikt där de största utsläppen sker. **Kustzonen och områden nära sjöar och vattendrag behöver prioriteras, och fokus bör ligga på toalettavfallet (BDT-vatten innehåller nästan ingen näring alls).**
- Det är stora regionala skillnader i fastighetstäthet, markretention och närhet till övergödningsskänsliga vattenförekomster, vilket spelar stor roll för små avlopps påverkan på miljön. **Om det råder osäkerhet om risken med utsläpp bör man agera enligt försiktighetsprincipen, och sträva mot att toalettavfall samlas in och transporteras bort från området.**
- **Det behövs starkare incitament för att skaffa en bra avloppsrening.** Kommuner behöver kunna påvisa utsläpp från små avlopp för att kunna ställa krav på åtgärder. Det kan göras med mätningar eller beräkningar om dataunderlag finns, men är i praktiken svårt.
 - I praktiken leder det till hög kravnivå för nya små avlopp samtidigt som äldre anläggningar ofta tillåts fortsätta släppa ut dåligt renat avloppsvatten i miljön. Det är både orättvist och dåligt för miljön.
 - Det behöver bli lättare att ompröva gamla tillstånd.
- **Eget omhändertagande av toalettavfall på fastigheten (tomten)** är en bortglömd hälsorisk och kan vara en **källa till övergödning**. Det är inte en lokal kretslopps-lösning, som man i många kommuner anser. Denna näringskälla tas sällan med vid belastningsberäkningar, vilket leder till att miljöpåverkan från avlopp/toalettavfall underskattas.
- Få fastighetsägare väljer frivilligt en kretsloppsanpassad avloppslösning, bland annat för att de är dyrare. Dessutom saknar många kommuner infrastruktur och system för kretsloppsanpassat omhändertagande, trots att kretslopp av näringsämnen ska eftersträvas^{65,68}.
- Tillgång till VA-rådgivning är en åtgärdshöjande faktor. Men trots gratis VA-rådgivning, hjälp med tillståndsansökan, och ett ekonomiskt bidrag var det ändå många fastighetsägare som inte åtgärdade sitt avlopp inom projektet Levande kust.

LÄS MER OM...

att åtgärda små avlopp i Levande kusts fullständiga vitbok och i rapporten "Att åtgärda små avlopp. Erfarenheter från projektet "Hjälp din vik – förbättra ditt avlopp"⁹, eller på VA-guidens och Havs- och vattenmyndighetens hemsidor.

Överskott av fosfor binds fast i sedimenten

Även om alla näringsutsläpp från Östersjöns avrinningsområde stoppas omedelbart, skulle det troligen ändå ta många decennier innan övergödningen upphör, och detsamma gäller för många kustområden. Det beror på att tidigare års fosforutsläpp, som lagrats in i bottensedimenten under lång tid, läcker tillbaka till vattnet och bidrar till övergödning.

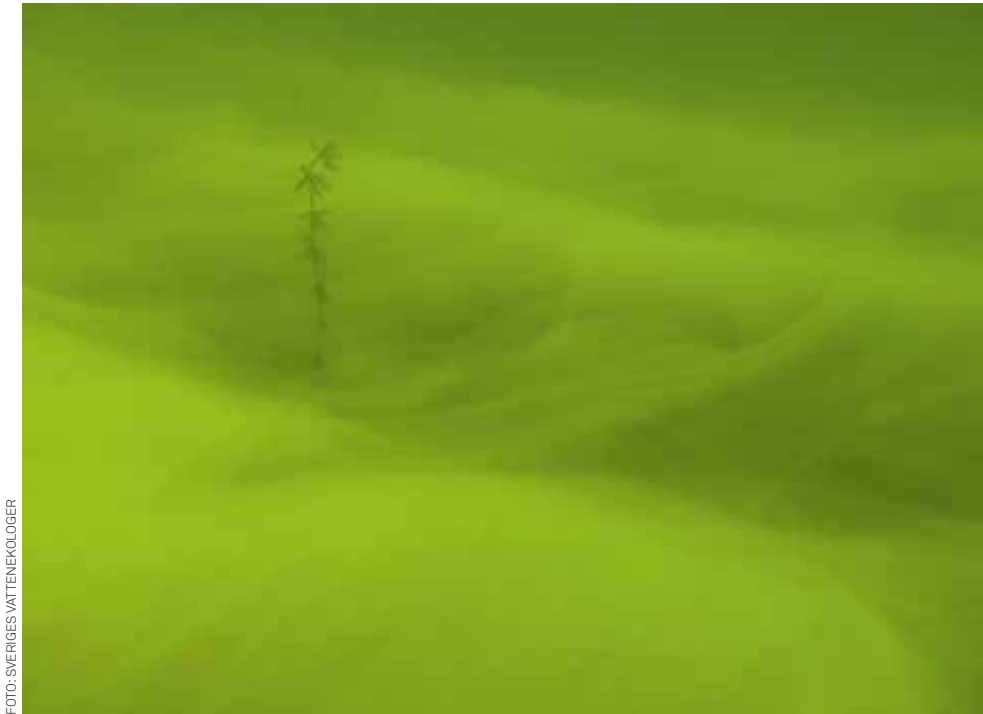
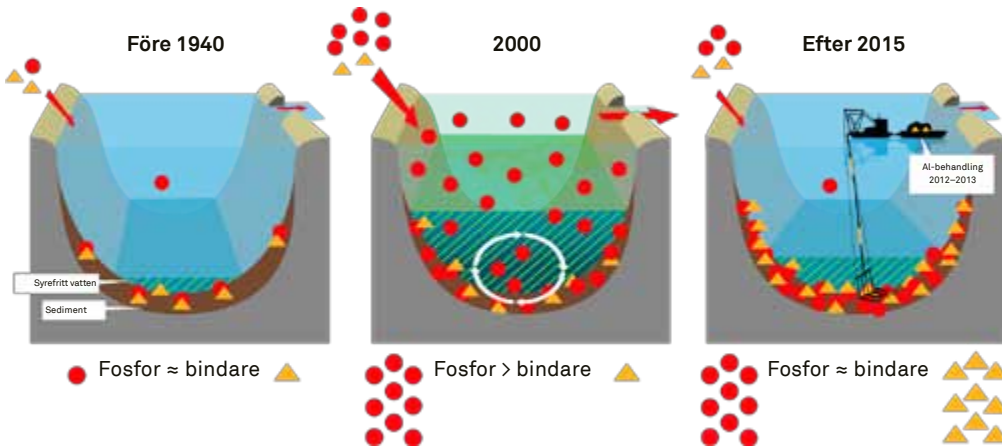


FOTO: SVERIGES VATTENKÖLÖGER

◀ På grund av syrebrist i vattnet bildades vita slöjor av svavelbakterier på omkring 6 meters djup. Björnöfjärden 2011.

Vad är internbelastning?

Vid övergödda förhållanden har mer fosfor tillförts exempelvis en vik, än vad vikens botten sediment klarar av att binda (Figur 12). Fosfor kommer ursprungligen från olika källor på land och binds upp i organiskt material, framförallt plankton, när den når vattnet. Fosfor frigörs igen när det organiska materialet bryts ner och binds istället till exempelvis järn, aluminium eller kalcium. Bindningen är olika stark till de olika ämnena och en del fosfor läcker tillbaka till vattnet. Det läckaget brukar kallas internbelastning.

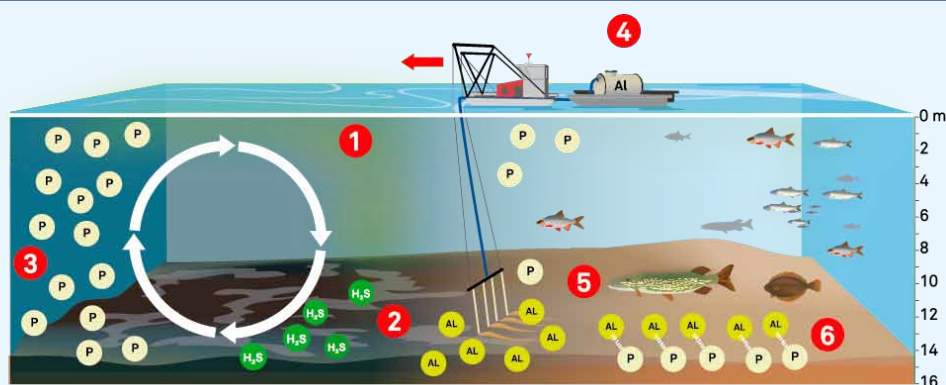


FIGUR 12. I Björnöfjärden i början av 1900-talet rådde balans mellan tillförsel av fosfor och fosforbindande ämnen till viken. Det gjorde att den interna fosforbelastningen var mycket liten. Under andra halvan av 1900-talet tillfördes mer fosfor än fosforbindande ämnen exempelvis på grund av utsläpp från jordbruk eller fastigheter med dålig rening av sina avlopp. Det ledde till kraftig internbelastning och att Björnöfjärden blev övergödd. Somrarna 2012 och 2013 genomfördes aluminiumbehandling i viken då aluminium tillsattes till sedimentet som kunde binda överflödet av fosfor. Åtgärder för att minska tillförseln av näring från land ledde till att det åter blev balans mellan tillförsel av fosfor och fosforbindande ämnen, varpå övergödningen avtog.

Om sedimenten blir syrefria förlorar järn sin fosforbindande förmåga och internbelastningen förstärks. Internbelastning är ofta en dominerande källa till övergödning. Mer fosfor i vattnet bidrar till ökad övergödning och mer organiskt material som ska brytas ner, mer syre som går åt, ännu mer brist på syre och ännu större internbelastning. Detta brukar kallas den onda cirkeln (se faktaruta nedan).

Internbelastning av fosfor kan stoppas med aluminiumbehandling. Då tillförs aluminium som binder fosfor i sedimentet. Vid en aluminiumbehandling sker i princip samma process som när vatten renas i reningsverk med kemisk fällning, alltså att aluminium tillsätts som binder upp fosfatfosfor. Ofta används också samma fällningskemikalie som i reningsverk (polyaluminiumklorid). Den fosfor som binds till det tillsatta aluminiumet kan betraktas som permanent bunden i sedimenten och skulle i princip kunna muddras upp och återanvändas i en framtid.

SÅ FUNGERAR ALUMINIUMBEHANDLING



FÖRE BEHANDLING: "DEN ONDA CIRKELN"

- Näring orsakar algblomning.** När det finns mycket näring i vattnet ökar tillväxten av växtplankton och fintrådiga alger kraftigt, och det blir algblomning.
- Nedbrytning av alger orsakar syrebrist.** När algerna dör, sjunker de ner till botten där de bryts ner av bakterier och smådjur. Vid nedbrytningen används syre i vattnet. Om syret tar slut bildas svavelväte, som är giftigt.
- Syrebrist frisätter fosfor (P).** I ett friskt sediment binds fosfor till järn, aluminium eller kalcium. I syrefria botten förlorar järn sin fosforbindande förmåga och en stor del av fosfor frisätts till vattnet och bidrar till övergödning, som i sin tur leder till ännu mer algblomning och ännu mer syrefria botten. En "ond cirkel" uppstår.

EFTER BEHANDLING: "DET FRISKA EKOSYSTEMET"

- Fosforläckaget (P) upphör** då en aluminiumlösning (AL) försiktigt blandas ner i sedimentets ytskikt. Aluminium binder löst fosfor i sedimentet permanent och doseras efter beräkning av hur mycket läckagebenägen fosfor som sedimenten innehåller.
- Övergödningen upphör.** När fosforläckaget från sedimentet stoppats, minskar tillväxten av alger, och därmed mängden organiskt material som når botten. Det leder till att mindre näring frisätts och mindre syre går åt.
- Onda cirkeln bryts.** Aluminiumbehandlingen har bundit fosfor permanent i sedimentet och fosforhalterna i bottenvattnet har minskat med mer än 95 procent. Effekten kommer kvarstå så länge tillförsel av ny fosfor från land begränsas.

Internbelastning och aluminiumbehandling i siffor

- I Björnöfjärden utgjorde internbelastningen drygt 70 procent av all fosfortillförsel till vattnet. Det liknar förhållandet i egentliga Östersjön, där den externa fosfortillförseln beräknas vara mellan 15 000 och 20 000 ton årligen, medan den interna belastningen uppskattas till ca 100 000 ton per år².
- För att binda 1 kg fosfor i sedimenten krävs 10 kg aluminium. Kostnaden för att binda ett kilo fosfor varierar mellan 400-2000 kr/kg. Den lägre kostnaden gäller för större vikar.
- Aluminiumbehandlingen inaktiverade fosfor i Björnöfjärden med i snitt 1,3 mg fosfor per kvadratmeter och dag. Efter 3,5 år motsvaras det av omkring 1,5 g fosfor per kvadratmeter och 1,3 ton totalt i Björnöfjärden¹².
- Aluminiumbehandlingen i Björnöfjärden har halverat fosforhalten i vattnet som helhet och minskat fosforhalten i bottenvattnet med mer än 80 procent¹¹.

Aluminiumbehandlingen i Björnöfjärden

Den dominerande fosforkällan till Björnöfjärdens vatten var intern fosforbelastning från fjärdens syrefria sediment som är djupare än sex meter, omkring 50 procent av bottenytan (0,7 km²). Internbelastningen stoppades med en aluminiumbehandling av sedimenten under somrarna 2012 och 2013. Metoden är en välkänd sjörestaureringsåtgärd som i Björnöfjärden användes för första gången i en havsmiljö.

Aluminiumbehandlingen gav en snabb och tydlig minskning av tillgänglig fosfor i vattnet¹¹ (Figur 13). Andelen aluminiumbunden fosfor i sedimenten, som inte längre kan frisättas till vattnet, ökade markant¹¹ (Figur 14). Det i sin tur har lett till att fosforhalterna i vattnet halverats jämfört med före aluminiumbehandlingen och jämfört med jämförelseviken.

Risker med aluminiumbehandling

Aluminium kan vara skadligt för vattenlevande organismer om det förekommer i löst form i hög koncentration. Aluminiums löslighet styrs av pH-värdet i vattnet. Vid det pH som generellt råder i Östersjöns botten sediment (runt pH 7) är lösligheten mycket låg, vilket innebär att risken för att fällningen går i lösning är mycket liten.

Den behandlingsmetod som användes i Björnöfjärden är välbeprövad i sjöar⁶⁹ där den gett såväl minskade fosforhalter i vattnet som gynnsammare miljöer för växt- och djurliv, utan synbara negativa sidoeffekter.

Under och direkt efter aluminiumbehandlingen i Björnöfjärden ökade aluminiumhalten i vattnet och i växter och djur. Ett år efter var halterna i vattnet lika eller lägre jämfört med innan behandlingen, och efter ytterligare något år hade halterna gått ner även i växter och djur. Det gick alltså att se spår av behandlingen i form av förhöjda aluminiumhalter i ekosystemet, men ökningen var inte varaktig.

Björnöfjärdens botten som är djupare än 6 meter aluminiumbehandlades somrarna 2012 och 2013 med hjälp av en speciell farkost. ►

Från en rigg monterad i båtens för löper slangar som försiktigt förs ner i sedimentets ytskikt. Fosforläckaget stoppas genom att aluminiumlösningen tillsätts till sedimentet via slangarna. ►

Redan några dagar efter aluminiumbehandlingen blev vattnet i Björnöfjärden klarare. ►►

METODER ATT STOPPA INTERNBELASTNING

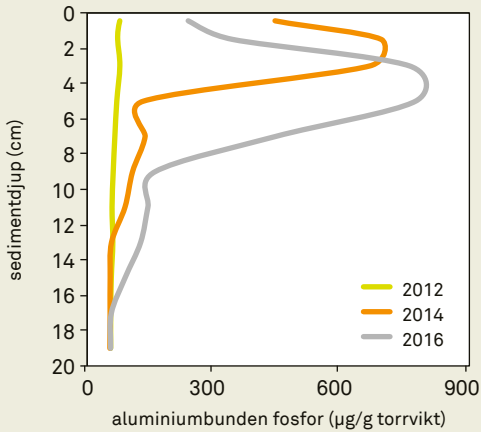
Det finns tre principiellt olika metoder för att minska läckage av löst fosfor från djupare bottenområden i sjöar och kustområden med dåliga syreförhållanden:

- Syresättning som ökar den naturliga fosfatbindningen i ytsediment genom att löst järn oxideras och kan binda fosfor.
- Tillsats av fosforbindande ämnen för att öka fosforbindningen under syrefria förhållanden.
- Muddring för att ta bort sedimentlager som innehåller läckagebenägen fosfor.

LÄS MER OM...

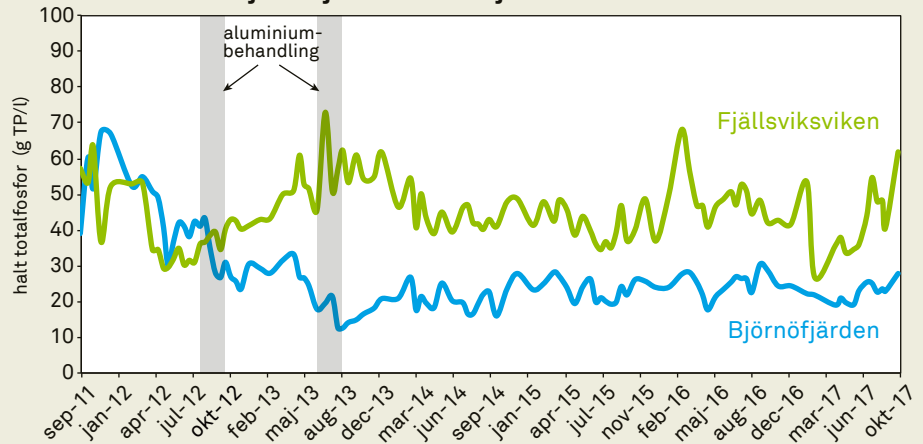
aluminiumbehandling och internbelastning i Levande kusts fullständiga vitbok och i artikeln "Remediation of a Eutrophic Bay in the Baltic Sea"¹¹.

Aluminiumbunden fosfor i sedimentet



FIGUR 13. Aluminiumbunden fosfor i de översta 2 dm av sedimentet. Före aluminiumbehandlingen (2012) var koncentrationen ungefär lika stor på alla djup. Två och fyra år efter behandlingen har mycket fosfor bundit till aluminium i sediment på ca 2-4 cm djup (2014) och 4-6 cm djup (2016). Nytt sediment som når ytan varje år bidrar till att det ser ut som att koncentrationstoppen förflyttas nedåt.

Fosforhalt i Björnöfjärden och en jämförelsevik



FIGUR 14. Medelkoncentrationen av fosfor i Björnöfjärden är ungefär halverad både jämfört med Fjällsviksviken (jämförelsevik) och jämfört med perioden innan aluminiumbehandlingen.



FOTO: JOAKIM ODELBORG

LEVANDE KUST om att åtgärda internbelastning av fosfor

- Aluminiumbehandling av djupa, syrefria skärgårdsbottnar är ett effektivt sätt att minska den interna fosforbelastningen till vattnet. Kostnaden för fosforbindningen är lägre än för många åtgärder på land.
- Det finns idag inget som tyder på att aluminiumbehandling skulle vara farligt för organismer i havsvikar. Fr säkerhets skull följs effekterna av behandlingen av Björnöfjärden upp minst till och med 2019 för att säkerställa att inga oväntade sideeffekter uppstår.
- En ökad fosforinbindning i en restaurerad viks bottnar har betydelse även i ett större perspektiv genom att fosforexporten till utanförliggande skärgård minskar.
- Framtida åtgärdsarbete bör inkludera åtgärder både mot den externa och den interna belastningen. Proportionen mellan externa och interna fosforkällor till vattnet bör återspeglas i åtgärdsbetingen. Om man gör det kommer den fosfortillförsel som sker idag reduceras proportionellt till tidigare fosfortillförsel, vilket skulle ha en positiv effekt på övergödningssituationen.
- Aluminiumbehandling av bottensediment är ett sätt att förstärka sedimentets fosforbindande kapacitet i syrefria bottnar och på så vis inaktivera och kompensera för den puls av övergödande fosfor som tidigare bristfällig rening bidragit med. Den minskade produktionen av syretärande material (framförallt växtplankton) till följd av aluminiumbehandlingen bör leda till att bottnar som var syresatta fram till mitten på 1900-talet på sikt återfår ett syresatt ytsediment och en naturligt högre fosforbindande förmåga¹².
- Idag är det oklart vems ansvar det är att identifiera och åtgärda intern fosforbelastning. Kanske kan uppskattning av tidigare belastning på en vattenförekomst utgöra grunden för vems ansvar det är att genomföra och finansiera åtgärden? Kanske kan det betraktas som en "retroaktiv" rening av orenat avloppsvatten?
- Kunskapen om hur och var läckagebenägen fosfor finns ansamlad är idag liten. Med mer kunskap om hur den läckagebenägna fosfor är fördelad över kust och havsbottnar kan metodens möjligheter i större skala utvärderas. Givet att de mest läckagebenägna bottarna ligger så placerade att aluminiumbehandling är möjlig skulle det kosta omkring 13 miljarder kronor att åtgärda 10 procent av Östersjöns syrefria bottenarea (7000 km²)⁷⁰.

Åtgärder för att stärka rovfiskbestånd

Rovfisk som abborre och gädda är viktig i kampen mot övergödning. De befinner sig högst upp i näringsväven och kan påverka strukturen i resten av ekosystemet, men sedan mitten av 1990-talet har rovfisken minskat längs Östersjö-kusten. Projekt Levande kust har genomfört flera åtgärder för att stärka beståndet av rovfisk i Björnöfjärden.

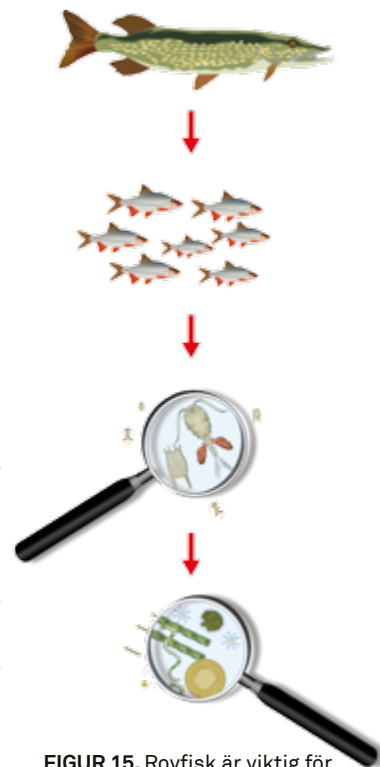
Rovfisk viktig för hela ekosystemet

Rovfisk har en mycket viktig funktion i havet, både vid kusten och ute till havs. De befinner sig högst upp i näringsväven och kan påverka strukturen hos resten av ekosystemet (Figur 15). Vid kusten är gädda den viktigaste rovfisken. Gädda äter mindre fisk, exempelvis mört. Finns det gott om gäddor i en vik, minskar alltså antalet mörtar. Mört i sin tur äter djurplankton, och finns det få mörtar, blir det mycket djurplankton kvar. Djurplankton äter växtplankton och när det finns mycket djurplankton, betar de bort en stor del av vattnets växtplankton. På så vis hjälper gädda till att minska växtplanktonblomningar (algbloomningar) som snabbt växer till när det är övergött och det finns mycket näring i vattnet. Ute till havs är torsk den viktigaste rovfisken. På motsvarande sätt som gäddan styr den tillväxten av växtplankton i utsjön.

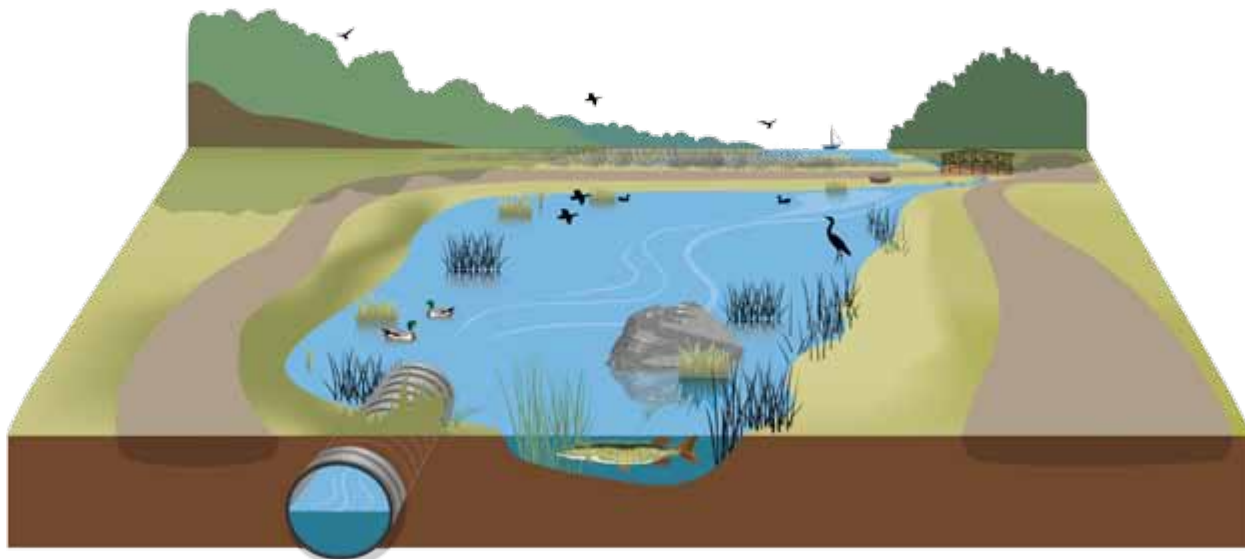
Sedan mitten av 1990-talet har gädda och abborre minskat längs Östersjökusten. Det beror sannolikt på en kombination av storskaliga förändringar av Östersjöns ekosystem till följd av exempelvis överfiske och exploatering av uppväxtmiljöer, samt utdikning av sötvattensmiljöer som är viktiga lekplatser.

Våtmark för att stärka gäddbestånd

För att stärka gäddbeståndet i skärgårdsområden kan gäddvåtmarker anläggas (Figur 16). Nära havet byggs en dammvall som fångar upp regn och smältvatten från området uppströms. Gäddor vandrar upp i våtmarken via ett fiskvandringssväg där det under våren rinner tillräckligt mycket vatten för att en vuxen fisk ska kunna simma upp och leka och sedan ner till havet igen när leken är över. Under försommaren minskar vattenflödet så att fisk inte längre kan nå våtmarken. Gäddynglen är då skyddade mot rovfisk under några månader. Vid midsommar är gäddynglen redo att simma ut i viken. Då släpps vattnet i våtmarken ut via en så kallad regleringsmunk. Munken stängs under hösten för att regn och smältvatten på nytt ska samlas i våtmarken inför nästa vårs gäddlek.



FIGUR 15. Rovfisk är viktig för hela ekosystemet. De befinner sig högst upp i näringsväven och kan påverka strukturen hos resten av näringsväven.



FIGUR 16. Gädda är en art som gärna söker upp våtmarker för att leka. För att stärka gäddbestånden kan gäddvåtmarker anläggas där gäddorna kan leka och gäddynglen växa upp i en skyddad miljö.

GÄDDORNAS LEK I SÖTVATTEN



1

Lek i sötvatten

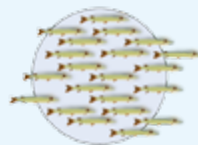
Tidigt på våren letar gäddor upp områden där vattendrag mynnar och svämmar över gräsängar. Här värms vattnet upp snabbare än i havet. Gäddor kan ta sig upp mellan stenar i motström.



2

100 000-tals romkorn

Gäddleken pågår i några dagar. Under tiden läggs 100 000-tals romkorn som befruktas av hanarnas mjölke. Rommen kläms fast på grässtrån och kläcks efter några veckor.



3

Ynglen växer till

Gäddynglen växer till snabbt i våtmarken där det finns gott om mat och skydd. Ynglen äter djurplankton, bottendjur och småfisk. Vid midsommar är de redo att simma ut till havet.



4

Flytt ut till fjärden

Gäddynglen fortsätter sina liv i fjärden. De yngel som vuxit upp i våtmarker är ofta större än de i havet, och klarar sig därför bättre. När gäddorna blir köns mogna återvänder de ofta för att leka där de kläcktes.

Fiskeförbud

Ett annat sätt att skydda och stärka rovfiskebeståndet i kustområden är att begränsa eller förbjuda fiske, vilket har visat sig ha en positiv effekt på exempelvis gädda⁷¹. När nya fiskeföreskrifter ska införas underlättar det om alla intressenter är informerade och eniga om att en fiskefredning behövs. Motiven ska vara naturvetenskapligt grundade och långsiktig förvaltning ska beaktas. Det är Havs- och vattenmyndigheten som tar beslut i frågan.

Restaurering av vegetationsklädda bottenar

På grunda bottenar skapar bottenlevande kärlväxter och alger en viktig livsmiljö för djurlivet i och vid havet. Fiskar söker sig till dessa miljöer i jakt på föda, för att finna lämpliga lek- och yngelplatser, och för att söka skydd. Hit lockas även både växt- och fiskätande fåglar. Bottenvegetationen tar också upp näring från landavrinning och stabiliserar sedimenten, vilket bidrar till klarare vatten.



▲ Gäddyngel som växt upp i en gäddvåtmark är ofta större än de som växt upp i viken utanför.



▲ Områden med blåstång är viktiga lek och uppväxtmiljöer för bland annat fisk. I Björnöfjärden har försök att återplantera blåstång gjorts. Tången överlever, men har svårt att föröka sig.

FOTO: SVERIGES VATTENKÖLOGER

Grunda miljöer är dock känsliga och påverkas lätt av exploatering och övergödning. Där det är möjligt bör man undvika att anlägga bryggor, muddra, ankra och intensiv båttrafik, eftersom det har visat sig inverka negativt på vegetation som är viktig för fiskrekrytering⁷². För att skynda på återhämtning av vegetation i grunda miljöer har restaureringsförsök med blåstång, borstnate och ålnate gjorts. Metoderna som provats kan ha potential, men behöver utvecklas vidare för att vara tillförlitliga i större omfattning.

Restaurering av strandängar

Strandängar är en viktig biotop som blivit ovanlig i och med att bete i stor utsträckning upphört inom sådana områden. Minskat betetryck medför att konkurrenskraftig vegetation som exempelvis bladvass ofta konkurrerar ut annan vegetation. Det leder till igenväxning och förlust av viktiga funktioner, såsom lek område för kustlevande gädda, samt häcknings- och rastlokaler för fåglar.

För att återskapa strandängar behöver vassen klippas ned kraftigt och transporteras bort från området. Områden med kraftig vass kan behöva klippas ytterligare ett eller två år. För att bibehålla strandängen kan bete, helst med nötkreatur, behöva etableras.

Återskapa miljöer ofta svårt och dyrt

Vid sidan av sin viktiga roll och funktion i ekosystemet, har rovfiskar stort värde både för sport- och yrkesfiske. Minskade rovfiskebestånd utmed Östersjöns kust har föranlett att olika åtgärder för att stärka rovfiskrekrytering genomförts på olika håll i landet, exempelvis har nya lek- och uppväxtplatser tagits i bruk och vandringshinder till naturliga lekplatser tagits bort. Dessa åtgärder har i många fall varit framgångsrika. Men det krävs ofta tid (många år) och tålamod för att en återskapad/anlagd miljö ska få önskad funktion. Det kan dessutom bli väldigt dyrt om man har otur vid etableringen, eller om det handlar om stora ytor.

LÄS MER OM...

åtgärder för att stärka rovfiskbestånd i Levande kuster fullständiga vitbok och om rovfisk på Sportfiskarnas hemsida: (www.sportfiskarna.se/rovfisk).



▲ För att försöka återskapa en strandäng intill Björnöfjärden klipptes vassen ned med en amfibisk vassklippare.

Eftersom vassområden är viktiga lokaler för fåglar bör man undvika att klippa vassen under häckningssäsongen. Det kan också vara bra att spara lite vass för att gynna fågellivet.



▲ I sundet till Björnöfjärden har projektet undersökt hur mycket lekfisk som vandrar in till fjärden under våarna.

Åtgärds- potential och åtgärds- effekt

Innan åtgärder sattes in beräknades den genomsnittliga årliga totala tillförseln av näringsämnen till Björnöfjärden från hela avrinningsområdet vara omkring 240 kg fosfor och drygt 3000 kg kväve^{7,8}. Omkring 70 procent av fosfor och 45 procent av kvävet berodde på mänsklig påverkan såsom jordbruk, hästhållning och avlopp. Resterande är bakgrundsbelastning från skog och öppen mark.



Lantbrukets påverkan på Björnöfjärden beräknas minska med omkring 85 procent till följd av de åtgärder som gjorts inom projektet Levande kust.



▲ Hästverksamhetens bidrag till näringsläckaget minimeras bäst genom att mocka hagar och ta hand om gödslet på ett bra sätt och att se till att inte hästarna går så tätt så de tranpar sönder markskiktet i hagen.

Beräknad åtgärdspotential och åtgärdseffekt

I detta avsnitt redovisas åtgärdspotential och åtgärdseffekt av respektive källa och åtgärd. Resultatet finns samlat i tabell 1 på sidan 45. Beräkningarna baseras huvudsakligen på schablonvärden eftersom det ännu inte finns tillräckligt långa tidsserier från projektets egna mätningar i avrinningsområdet för att beräkna åtgärdseffekter; framförallt på grund av mellanårsvariationer i nederbörd.

Jordbruk

Det totala årliga näringsläckaget från åkermarken i området (50 hektar) beräknades till 38 kg fosfor och 252 kg kväve, antaget att det årliga areaspecifika läckaget per hektar innan åtgärder var 0,75 kg fosfor och 5 kg kväve⁷.

Åtgärdspotentialen, utan att minska produktionen, uppskattas till 25 kg fosfor per år om åtgärderna gjorts fullt ut i området, vilket dock inte var lämpligt eller ekonomiskt rimligt. För att minska näringstillförseln så mycket som möjligt:

- Strukturkalkades det mesta (42 hektar) av åkerarealen, vilket förbättrar retentionen av fosfor i jorden och minskar belastningen med **8-14 kg fosfor per år**.
- Byggs fosfordammar och kalkfilterbäddar som fångar upp vatten från 70 procent åkerarealen. I anläggningarna fastnar omkring **8 kg fosfor per år** som trots strukturkalkning lämnar åkern. En del kväve fastnar också.

Kostnaden för strukturkalkning, inklusive markkartering, var 5000 kronor per hektar. Det är dyrt att anlägga en fosfordamm med kalkfilterbädd, särskilt om etableringen inte blir optimal. Kostnaden för Levande kusts fosfordammar med kalkfilterbäddar var 360 000 (0,29 hektar) och 725 000 (0,25 hektar) kronor. Det kan bli betydligt mer kostnadseffektivt med stora anläggningar och bättre förutsättningar³⁹.

Hästverksamhet

Fosforförlusterna från hästhållning i området (25 hästar fördelat på tre stall) beräknades till omkring 17 kg fosfor per år (1,5 kg fosfor/hektar och år; 11 hektar)⁷. Det motsvarar en knapp tredjedel av vad hästarna beräknas omsätta totalt.

Åtgärdspotentialen är svårbedömd men uppskattas till omkring 11 kg fosfor per år, vilket innebär att den genomsnittliga arealspecifika förlusten efter åtgärder inte ska överstiga medelläckaget från åkermark (0,5 kg fosfor/hektar år). Om antalet hästar per ytenhet hålls så låg att hagar inte trampas sönder, diken skyddas och mockning av hagar sköts med återföring till tät gödselplatta, bör det mesta kunna åtgärdas. Å andra sidan har mycket näring redan lagrats in i marken runt stallen och kommer att läcka under lång tid framöver.

Åtgärdseffekten är också svårbedömd. Antaget att de genomförda åtgärderna har beräknad effekt bör läckaget minska till omkring 8 kg fosfor per år. Tidigare års ackumulerade näring i marken kommer dock att fortsätta att bidra till förhöjda halter i dikesvattnet som lämnar området, vilket innebär att det kommer ta tid innan åtgärderna får full effekt. Hittills uppskattas åtgärdseffekten vara hälften av den effekt som bedöms kunna uppnås med de åtgärder som projektet gjort; alltså **ca 4 kg fosfor per år**.

Kostnaden för alla åtgärder på hästgårdarna runt fjärden blev ca 1 250 000 kr, och beräknas kunna reducera fosfortillförseln till Björnöfjärden med ca 8 kg årligen när åtgärderna fått full effekt.

Små avlopp

Vid projektets start beräknades det totala årliga näringsläckaget från små avlopp vara omkring 80 kg fosfor och 1000 kg kväve⁷. Utsläppen orsakades huvudsakligen av de 200 fastigheter (av drygt 850) som hade olagliga eller dåliga avloppslösningar.

Åtgärdspotentialen för att installera sluten tank på fastigheter med markbaserad rening av toalettavfallet bedöms vara 100 procent. Det tar dock lång tid innan åtgärderna får

full effekt, eftersom det finns mycket näring upplagrad i marken i närheten av avloppsanläggningar med dålig rening.

Under projektets gång har hälften av de 200 fastigheterna antingen bytt till sluten tank, eller så tömmer de sitt toalettavfall från sin torrtoalett på den latrinstation som projektet byggt. I förlängningen kommer detta minska belastningen till fjärden med ca 40 kg fosfor och 500 kg kväve per år. Ett fåtal år efter åtgärd antas effekten i genomsnitt vara hälften av den åtgärdade bruttotillförseln till marken, alltså **ca 20 kg fosfor per år**. Med tiden antas den lagrade fosfor-resten i marken, som inte har bundits permanent, ha läckt ut och effekten blir då 40 kg fosfor per år.

Den genomsnittliga kostnaden för att installera en sluten tank var 75 000 kr per fastighet. Kostnaden för de 100 fastigheter som bytte från markbaserad rening till sluten tank (eller motsvarande) blir således 7 500 000 kr. Eftersom åtgärden beräknas minska tillförseln till fjärden med ca 40 kg fosfor per år när den fått fullt genomslag, blir reningskostnaden nästan 10 000 kr per kg fosfor sett över 20 år (exklusive slamtömningskostnader).

Naturresevatets dass

Två torrass vid Björnö naturreservat belastade Björnöfjärden med omkring 3 kg fosfor och 15 kg kväve per år⁹. Eftersom både åtgärdspotential och åtgärdseffekt bedöms vara 100 procent, bedöms tillflödet minskat med **ca 3 kg fosfor och 15 kg kväve per år** till följd av att dassen försetts med sluten tank. Till skillnad från åtgärdade små avlopp antas effekten av att installation av tank inte vara fördröjd, eftersom latrinerna innan åtgärd komposterades alldeles intill fjärdens strand.

Kostnaden för att installera sluten tank på två torrass var ca 100 000 kr. Sett över 20 år blir reningskostnaden omkring ca 1600 kr per kg fosfor, vid den grad av nyttjande som råder idag.

Säby säteri

Konferensanläggningen vid Säby säteri beräknas producera omkring 40 kg fosfor och 250 kg kväve per år. En 15 år gammal infiltrationsanläggning med begränsad reningsfunktion kopplades bort 2015 och ersattes av en anläggning med fosforfällning, slamavskiljare och tät markbädd.

Åtgärdspotentialen bedöms vara 95 procent (38 kg) för fosfor och 50 procent (125 kg) för kväve för den nya anläggningen⁷¹. Åtgärdseffekten antas vara densamma som åtgärdspotentialen när full effekt uppnåtts. Sedan installationen av den nya anläggningen har det varit en hel del intrimningsproblem, varför åtgärdseffekten hittills bara uppskattas till hälften av åtgärdspotentialen, alltså **19 kg fosfor per år**.



▲ Avloppslösningar som förlitar sig på att marken ska rena avloppsvattnet från näringsämnen är inte lämpliga i områden med tunna jordlager nära sjöar, vattendrag och hav.



▲ Att kompostera urin och latrin i mullbank är en vanlig lösning för dass i naturreservat. När det görs nära vattnet är det stor risk att näring läcker och bidrar till övergödning.

◀ Säby säteri ligger precis vid Björnöfjärden. För att minimera verksamhetens påverkan har bland annat en ny avloppsanläggning installerats.



◀ Processvattnet från verksamheterna vid Smakriket Säby innehåller mycket organiskt material och varierar mycket i volym över året. Det gör det svårt att använda en standardlösning för rening av vattnet.

Smakriket Säby

Smakriket Säby med musteri-, bryggeri- och bränneriverksamhet beräknas årligen producera sammanlagt 5 kg fosfor och 12 kg kväve⁷.

Åtgärdspotentialen är svårbedömd. Med slutna system kan 100 procent av näringen renas bort, men i praktiken är det svårt att åstadkomma ett sådant system, eftersom det är stora vattenvolymer som ska renas. Olika lösningar för att ta hand om, och helst återanvända restprodukterna från musteri- och bryggeriverksamheten har provats, men ännu har ingen långsiktigt hållbar lösning satt sig. I nuläget antas åtgärdseffekten vara hälften av utsläppen, alltså **2,5 kg fosfor per år**.

Sedimentet

Björnöfjärdens djupare botten (> 6 meter) är syrefria ackumulationsbottenar och upptar 0,73 km² (ca 50 procent av bottenytan). På ackumulationsbottenar avsätts material och nya sedimentlager bildas. När det organiska materialet bryts ner frigörs näringsämnen som för en kortare eller längre tid lagras in i sedimentet, alternativt frigörs direkt till vattnet. Förrådet av läckagebenägen fosfor i Björnöfjärdens ackumulationsbottenar är 2,2 ton (ca 3 g fosfor/m²)¹². Sammantaget beräknas det genomsnittliga läckaget från ackumulationsbottenarna vara ca 500 kg fosfor per år; en uppskattning som baseras på hur mycket fosfor som bundits till aluminium till följd av aluminiumbehandlingen¹². Dessutom beräknas bottenområden på mellan fyra och sex meters djup i genomsnitt bidra med omkring 100 kg fosfor per år till vattnet, eftersom det periodvis avsätts material även på dessa bottenar. Den totala åtgärdspotentialen i Björnöfjärdens sediment beräknas alltså vara omkring 600 kg fosfor per år.

Direkt efter aluminiumbehandlingen upphörde i princip fosforläckaget från de djupare bottenarna. Efter 3,5 år hade 1300 kg fosfor bundits till tillsatt aluminium¹². Ytterligare 300 kg fosfor antas komma att bindas under 2018 och 2019. Därefter antas det mesta av den uppskattade poolen läckagebenägen sedimentfosfor (2,2 ton) ha bundits till aluminium. De grundare bottenområdena (4-6 meter) skulle också ha kunnat aluminiumbehandlats, men till skillnad från de syrefria djupa bottenarna, är de grundare bottenarna syresatta och bebodda av växter och djur. Av försiktighets skull avstod projektet från att behandla dessa bottenar; behandlingen av de syrefria ackumulationsbottenarna beräknades ge tillräckligt god effekt.

Kostnaden för att åtgärda internbelastningen i Björnöfjärden med aluminiumbehandling var omkring 9 miljoner kronor, inkluderat utvecklingskostnader. Det tillsatta aluminiumet (50 g Al/m²) beräknas kunna binda uppemot 4 ton mobil fosfor i sedimenten, vilket ger en kostnad på 2250 kr per kg inaktiverad fosfor. Åtgärden bröt en årlig internbelastning på **0,5 ton fosfor**.

Total åtgärdspotential och åtgärdseffekt

Den samlade effekten av alla åtgärder som hittills är gjorda i avrinningsområdet beräknas vara en minskad fosforbelastning med omkring 70 kg fosfor per år (44 procent), och kommer öka till 114 kg per år (70 procent) när respektive åtgärd fått full effekt (Tabell 1). Fosfortillförseln till Björnöfjärden från avrinningsområdet kommer alltså halveras, från ca 241 till 114 kg fosfor per år.

Det återstår ytterligare ca 50 kg fosfor per år att reducera bort innan hela åtgärdspotentialen är uppnådd, vilket huvudsakligen innebär att åtgärda de resterande 100 små avloppen som står för omkring 40 kg fosfor. Resterande åtgärdspotential bedöms bli mycket kostnadskrävande att nå, alternativt innebära att verksamheter (hästhållning, jordbruk, konferensverksamhet) upphör.

TABELL 1. Åtgärdspotential och åtgärdseffekt för fosfortillförsel från avrinningsområdet (huvudsakligen baserat på schablonberäkningar) och från sedimenten (huvudsakligen baserat på projektets mätningar) till Björnöfjärdens vatten. Siffror inom parentes anger åtgärdseffekt när åtgärderna fått full effekt.

ÅTGÄRDSPOTENTIAL OCH ÅTGÄRDSEFFEKT FÖR FOSFORTILLFÖRSEL					
Område	Belastning (kg fosfor/år)	Åtgärdspotential (kg fosfor/år)	Rest (kg fosfor/år)	Åtgärdseffekt (kg fosfor/år)	Åtgärdseffekt (%)
Fosfortillförsel från avrinningsområdet					
Bakgrund (skog, öppen mark)	58	-	58	-	-
Åkermark	38	25	13	22	88
Hästhållning	17	11	6	4 (8)	38 (72)
Små avlopp*	80	80	0	20 (40)	25 (50)
Torrpass i naturreservat	3	3	0	3	100
Säby säteri	40	38	2	19 (38)	50 (95)
Smakriket Säby	5	5	0	2,5	50
Totalt	241	162	79	71 (114)	44 (70)
Fosfortillförsel från sedimentet					
Sediment (4-6m)	100	100	0	0	0
Sediment (>6m)	500	500	0	500	100
Totalt	600	600	0	500	83
Total fosfortillförsel till vattnet					
Totalt	841	762	78	571 (614)	75 (80)

* Avser fastigheter med markbaserad rening av toalettavfallet, inklusive eget omhändertagande, exklusive BDT-vattnet.

Minskad nettoexport av fosfor ut från Björnöfjärden

Det sker ett kontinuerligt vattenutbyte mellan Björnöfjärden och Nämdöfjärden som ligger utanför. I Nämdöfjärden, liksom i hela Egentliga Östersjön, är näringsämneshalterna förhöjda. Med vattenutbytet kommer alltså inte bara näring att exporteras ut från Björnöfjärden, utan Nämdöfjärdens vatten utgör också en näringskälla för Björnöfjärden. Näring inbunden i exempelvis plankton och partiklar i Nämdöfjärdens vatten kan sjunka ut från vattnet till sedimenten när den nått in i Björnöfjärden och på så sätt föra in näring till Björnöfjärden.

Innan åtgärderna gjordes i och runt Björnöfjärden uppskattades den årliga exporten av fosfor till omkring 800 kg från Björnöfjärden till Nämdöfjärden, medan importen var omkring 200 kg. Nettoexporten av fosfor ut från Björnöfjärden vid projektets start var alltså omkring 600 kg per år.

Efter åtgärderna har fosforhalterna i Björnöfjärdens vatten minskat och är oftast lägre än i Nämdöfjärden. Den totala årliga exporten har halverats och uppgår nu i genomsnitt till 400 kg fosfor, medan importen fortfarande är densamma. Nettoexporten av fosfor ut från Björnöfjärden, efter åtgärderna, är alltså 200 kg fosfor per år, vilket innebär en belastningsminskning med ca 400 kg fosfor per år på skärgården utanför.

Eftersom fosforhalterna i Björnöfjärden har sjunkit till nivåer som motsvarar de i Nämdöfjärden, har gränsen för den vattenkvalitet som kan uppnås i Björnöfjärden uppnåtts. Den stora utmaningen är nu att ytterligare minska tillförseln från Björnöfjärdens avrinningsområde. Om inte det lyckas kommer fosforhalterna i vattnet långsamt att öka igen och nya förråd av läckagebenägen sedimentfosfor i fjärdens botten byggs upp igen.



◀ Björnöfjärden var tidigare en fosforkälla för skärgården utanför, men fungera nu som ett filter för näring som kommer från området runt fjärden. Tack vare åtgärderna hamnar mindre fosfor i vattnet och den som hamnar där fastläggs till stor del i sedimentet.

Björnöfjärden har återfått bra vattenkvalitet



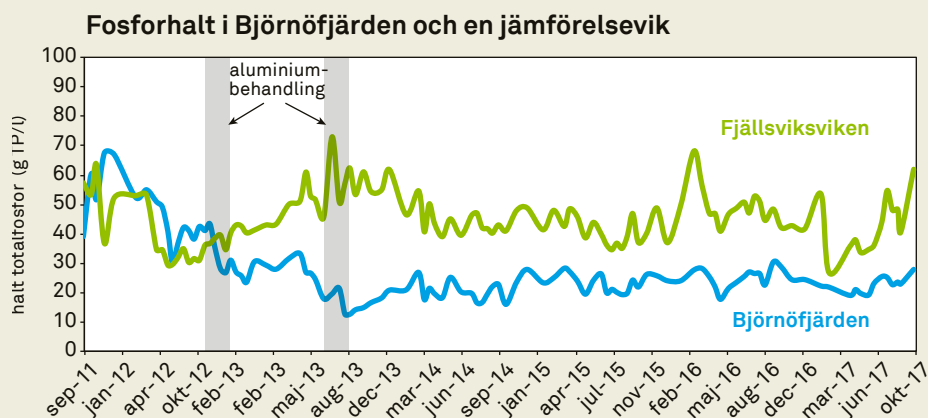
Den minskade näringstillförseln till Björnöfjärdens vatten har lett till att viken på bara några år har återfått bra vattenkvalitet, och att fjärdens växt- och djurliv återhämtar sig¹¹.

Förbättrad vattenkvalitet efter åtgärder

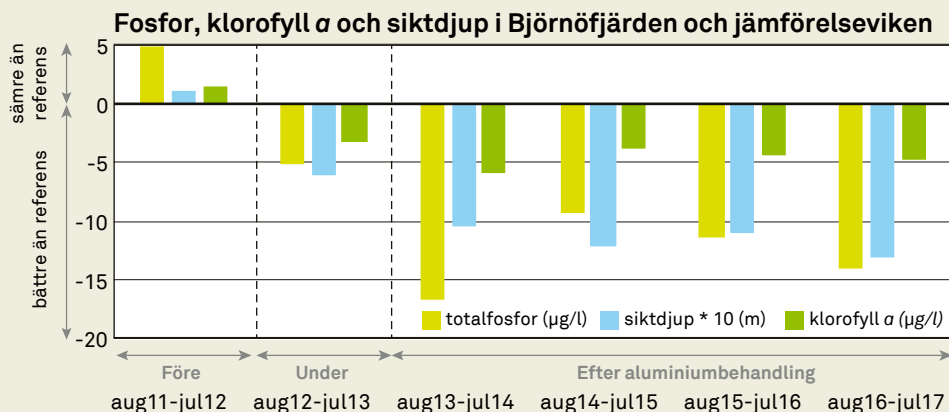
Fosforhalterna i Björnöfjärdens vatten har halverats från omkring 40 till 20 μg fosfor per liter till följd av aluminiumbehandlingen sommaren 2012 och 2013¹¹ (Figur 17). Den minskningen innebär att viken har gått från dålig till god status vad gäller fosfor, medan halterna i jämförelseviken är fortsatt höga¹¹.

Figur 18 visar skillnad i medelkoncentration av fosfor och klorofyll, och siktdjup mellan Björnöfjärden och projektets jämförelsevik före, under och efter aluminiumbehandlingen. Innan projektet startade var halterna av fosfor och klorofyll högre i Björnöfjärden än i jämförelseviken, medan siktdjupet var ungefär detsamma. Klorofyll är ett mått på mängden växtplankton i vattnet och styrs bland annat av tillgång till näring (kväve och fosfor). Mängden växtplankton påverkar i sin tur siktdjupet. När det är mycket växtplankton (klorofyll) i vattnet, blir siktdjupet och därmed ljusinsläppet i vattnet, sämre. Direkt efter aluminiumbehandlingen sjönk både fosfor- och klorofyllhalterna i Björnöfjärdens vatten, och blev lägre än i jämförelseviken. Samtidigt blev siktdjupet bättre.

Aluminiumbehandlingen stoppade läckaget av fosfor från Björnöfjärdens djupare botten. Kväve (ammonium) däremot, fortsatte att frigöras, men började koncentration klinga av efter något år (Figur 19), eventuellt som en effekt av minskad deposition av växtplankton¹¹. Den minskande fosfortillgången resulterade i minskad algblomning och ökat siktdjup. I jämförelseviken uppmättes ingen tydlig minskning av näring i bottenvattnet under samma period (Figur 20).



FIGUR 17. Medelkoncentrationen av fosfor i Björnöfjärden är ungefär halverad både jämfört med Fjällsviksviken (jämförelsevik) och jämfört med perioden innan aluminiumbehandlingen.



FIGUR 18. Vattenkvaliteten i Björnöfjärden har förbättrats till följd av aluminiumbehandlingen som genomfördes under somrarna 2012 och 2013. Koncentrationen av fosfor och klorofyll har minskat och siktdjupet har ökat i Björnöfjärden jämfört med Fjällsviksviken (jämförelsevik). Figuren visar årsmedelvärden av skillnaden mellan koncentrationen av fosfor ($\mu\text{g TP/l}$), klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) och siktdjup (dm) i Björnöfjärden jämfört med Fjällsviksviken vid varje provtagning; före, under och efter aluminiumbehandlingen.

Siktdjupet i Björnöfjärden har i genomsnitt ökat med omkring en meter som en följd av den halverade fosforkoncentrationen i vattnet. ▶



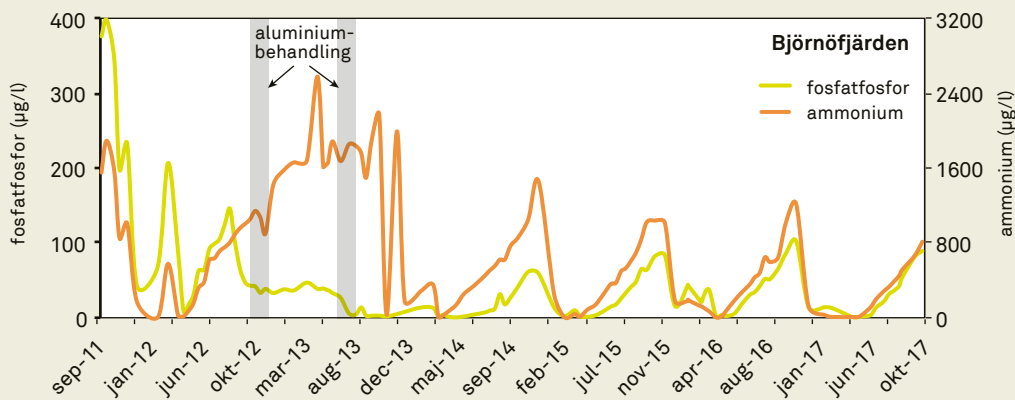
FOTO: JOAKIM ODELBERG

Växt- och djurliv återhämtar sig

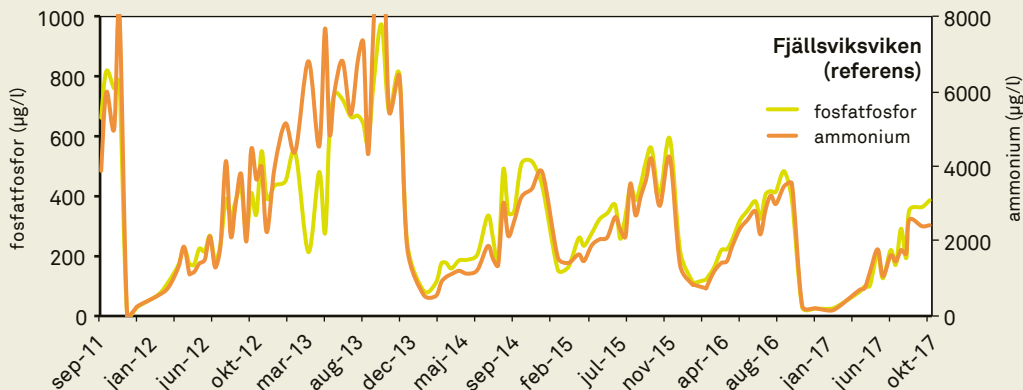
Den förbättrade vattenkvaliteten har haft betydande effekter på miljön i fjärden. Det större siktdjupet gör att bottenvegetationen nu kan breda ut sig och leva drygt en meter djupare (Figur 21, sidan 50). Minskade mängder växtplankton som sjunker till botten och bryts ner har förbättrat syrgassituationen i vikens bottenvatten. Det har gjort att fisk och bottendjur kunnat återkolonisera medeldjupa delar av viken. På de riktigt djupa bottarna är situationen fortfarande ansträngd med låga, eller mycket låga syrehalter, men halterna av svavelväte har minskat (Figur 22, sidan 50). Det är ett tydligt tecken på att det är mindre organiskt material som sjunker ner och bryts ned på de djupa bottarna.

Fosfor- och kvävehalt i bottenvattnet

FIGUR 19. Koncentrationen av löst fosfor (fosfat) i Björnöfjärdens bottenvatten minskade kraftigt till följd av aluminiumbehandlingen somrarna 2012 och 2013. Motsvarande minskning förekom inte för löst kväve (ammonium).



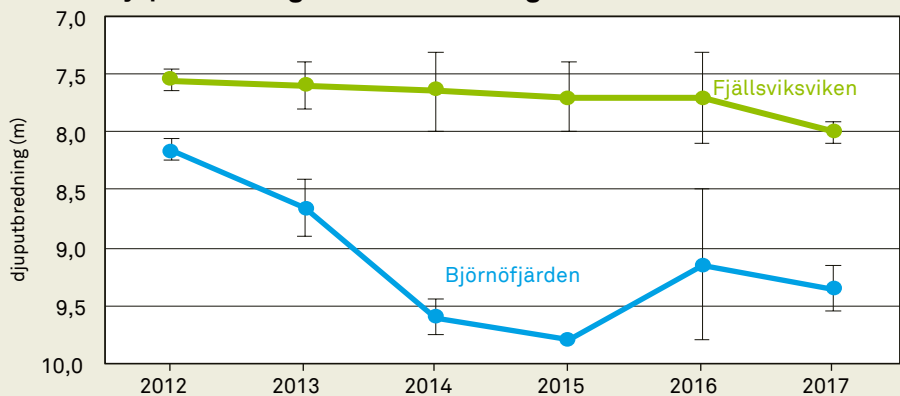
FIGUR 20. I Fjällsviksviken (jämförelseviken) uppmättes ingen lika tydlig minskning av koncentrationen av löst fosfor (fosfat) eller kväve (ammonium) under samma period. Observera att skalorna skiljer sig från Figur 19.





Getraggsalg (*Aegagropila linnaei*)

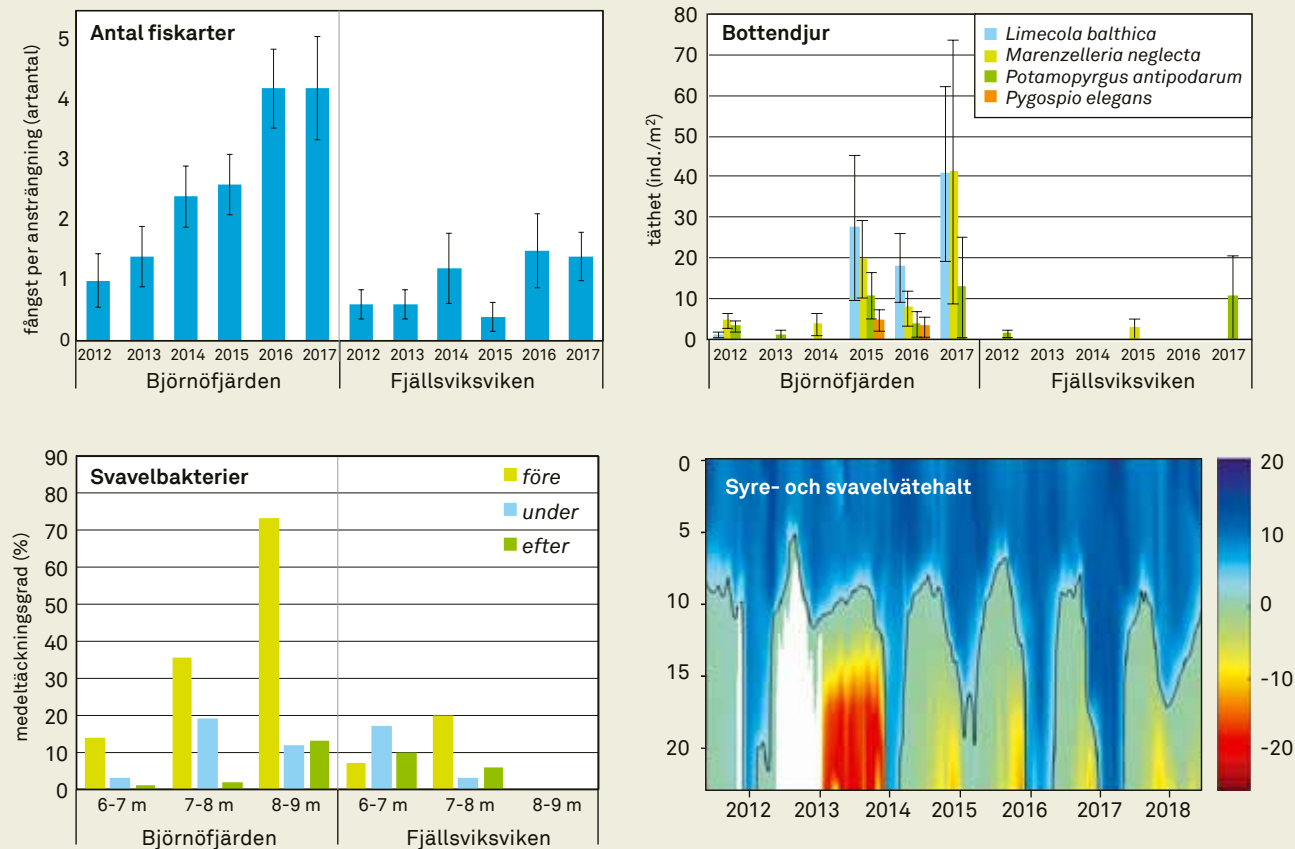
Djuputbredning av fastsittande alger 2012–2017



FIGUR 21. Djuputbredningen av getraggsalgen (*Aegagropila linnaei*) har ökat i Björnöfjärden i takt med att vattenkvaliteten blivit bättre. Denna förändring är inte alls lika tydlig i Fjällsviksviken (jämförelsevik).

FIGUR 22. På grund av den förbättrade vattenkvaliteten i Björnöfjärden har miljön återhämtat sig på flera sätt. Dessa förändringar ser man inte i Fjällsviksviken (jämförelsevik). Antalet fiskarter som lever på 8-10 meters vattendjup har ökat (uppe till vänster), bottendjur som har frisimmande larvstadier har återkommit till bottnar på 5-10 meters djup (uppe till höger), utbredningen av svavelbakterier (*Beggiatoa* sp.) har minskat (nere till vänster) och svavelvätehalten på djupare bottnar har minskat (nere till höger, negativa syrevärden representerar svavelvätehalt; vitt anger att syre saknas med att svavelväte inte analyserats).

Förbättringar i Björnöfjärden jämfört med jämförelsevik





God ekologisk status i Björnöfjärden

Under 2013–2017 (efter aluminiumbehandlingen) har Björnöfjärdens vattenkvalitet oftast haft ”god ekologisk status” enligt Svealands kustvattenvårdsförbunds undersökningsprogram⁷⁵. Två gånger per sommar provtas 175 platser som ligger utmed hela Svealandskusten och spänner från inner- till ytterskärgården. Vid jämförelse av vattenkvaliteten de senaste åren är det tydligt att det är få områden som har lika bra vattenkvalitet som Björnöfjärden (Tabell 2). Exempelvis är det bara ytterligare två provtagningsplatser (av totalt 175) som uppnår god status för totalfosfor. Vid ett par tillfällen under perioden 2012–2017 ser det enligt Svealands kustvattenvårdsförbunds klassning ut som om förhållandena i Björnöfjärden har försämrats. Dessa tillfällen beror på perioder av införsel av vatten med sämre kvalitet från utanföriggande fjärdar¹⁶.

TABELL 2. Sammanfattning av Svealands vattenvårdsförbunds statusklassning av vattenkvalitet på 175 provtagningsplatser (varav Björnöfjärden är en) 2011-2017⁷⁵.

STATUSKLASSNING VATTENKVALITET			
Variabel	Status för Björnöfjärden 2012	Status för Björnöfjärden (medel 2012-2017)	Antal platser av 175 st med god status (medel 2012-2017)
Totalkväve	Måttlig	Måttlig	9
Totalfosfor	Måttlig	God	3*
Klorofyll a	God/Måttlig	God	14*
Siktdjup	Måttlig	God	5*

* Björnöfjärden är en av dessa.

▲ Björnöfjärden (i cirkeln) är en av endast tre fjärdar med god ekologisk status av alla 175 platser som undersökts utmed Svealandskusten.



FOTO: JOAKIM ODELBERG

▲ Vattnet i Björnöfjärden. Fotografierna är tagna innan respektive efter aluminiumbehandlingen, på ungefär samma djup (2-3 meter) men under olika tid på året. Bilden till vänster är från april 2012 och den till höger från augusti 2013.

FÖRE....

Näring övergöder fjärden

Mycket näring från land når viken via diken och vattendrag. Näringen kommer exempelvis från dåliga avlopp, åkermark och hästgårdar.

Vattnet är grumligt

Mycket näring i vattnet bidrar till mycket växtplankton som grumlar vattnet. Dåliga ljusförhållanden hindrar vegetation att leva på djupare bottnar.

Trådalger dominerar

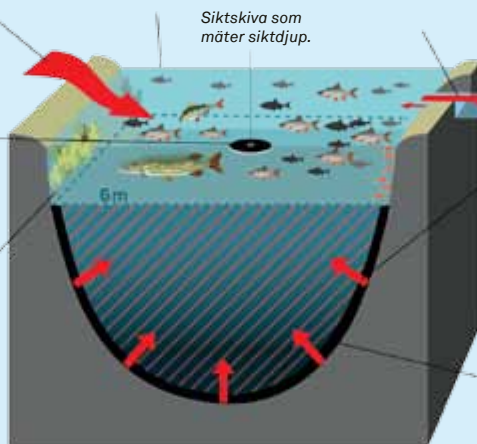
I den övergödda viken frodas trådalger som täcker stenar, hållar och konkurrerar ut annan bottenvegetation. Blåstång och kärlväxter förekommer sparsamt.

Mycket mört

Den vanligaste fisken är mört. Det finns bara fisk ner till sex meters djup, där vattnet är syrerikt.

Näringen exporteras

Det är en nettoexport av näring från Björnöfjärden till skärgården utanför. Näringen kommer både från land och från sedimentet.



Fosfor från sediment övergöder viken

Syrefria sediment binder fosfor dåligt. Fosfor frisätts till vattnet och bidrar till övergödning. Det leder till ännu kraftigare tillväxt av alger som behöver brytas ner, och därmed större utbredning av syrefria bottnar. En "ond cirkel" uppstår.

Botten är död

Från sex meters djup är det helt syrefritt. Här kan varken fisk eller smådjur överleva. Sånär som på mikroorganismer, är botten död.

EFTER....

Vegetationen breder ut sig

Klarare vatten gör att bottenvegetationen breder ut sig och kan leva djupare. Blåstång och kärlväxter har blivit vanligare. I dessa miljöer trivs smådjur och fiskyngel.

Minskad näringstillförsel

Åtgärder på land har minskat näringstillförseln. För att den förbättrade miljön ska bestå får inte närings- tillförseln öka igen.

Mer gädda

Det finns mer fisk i viken. Gäddvätmarken bidrar till att stärka vikens gäddbestånd.

Vattnet är klart

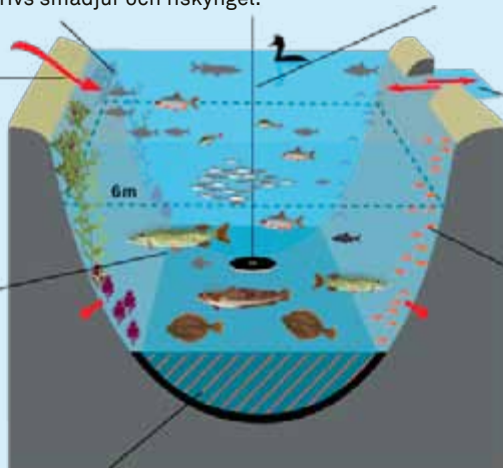
Halverad fosforhalt i vattnet ger halverad mängd växtplankton och därmed klarare vatten. Solljuset når längre ner och bidrar till en ökad utbredning av bottenvegetation.

Minskad näringstransport

Åtgärderna har minskat tillförseln av näring från land och sedimentet. Utförseln av fosfor från Björnöfjärden till skärgården utanför har halverats.

Bottnar återkoloniserar

Bättre syreförhållanden på mellandjupa bottnar gör att fisk och bottendjur kan leva här igen.



Internbelastningen stoppad

Efter aluminiumbehandlingen stannar fosfor i sedimentet och tillväxten av alger har minskat. När en mindre mängd organiskt material behöver brytas ner blir det mer syre kvar i bottenvattnet. I de allra djupaste områdena är det dock fortfarande syrebrist. Det kommer ta många år innan det blir bättre här.

Levande kust ur ett Östersjö- perspektiv

Om Levande kusts alla åtgärder gjordes i mycket större skala, skulle de tillsammans motsvara mer än hela Sveriges åtagande inom Baltic Sea Action Plan (BSAP), alltså den gemensamma åtgärdsplan för Östersjöns miljö som länderna inom Helcom kommit överens om.



◀ För att Östersjön även i framtiden ska vara ett levande hav vi alla kan nyttja krävs åtgärder på land och i vatten, samarbete över alla gränser och tålamod.

750 ton mindre fosfor per år till Östersjöns vatten

Det primära syftet med Levande kust var att visa att det går att återfå god ekologisk status i en avgränsad havsvik. Ett annat mål var att utifrån Levande kusts resultat beräkna potential, effekter och kostnader om åtgärderna runt Björnöfjärden skulle tillämpas i stor skala. Förutom resultat från Björnöfjärden bygger beräkningarna på analyser och utredningar. De beskrivs kort på sidorna 56–57, och mer i detalj i Levande kusts fullständiga vitbok.

Åtgärder på land

Om de landbaserade åtgärder som gjorts runt Björnöfjärden skulle genomföras i stor skala, exempelvis i Norra och Södra Östersjöns Vattendistrikt eller utmed kusten till Egentliga Östersjön, skulle fosforläckaget till Östersjön minska med omkring 200 ton fosfor per år. Den sammanlagda kostnaden för landåtgärderna uppskattas till drygt 30 miljarder kronor, där åtgärder på hästgårdar står för mer än hälften.

Även om landåtgärderna skulle genomföras i denna omfattning, skulle de ändå bara motsvara omkring 1 procent av den totala fosforbelastningen från avrinningsområdet till Östersjön, som uppgår till ca 32 000 ton fosfor per år, varav ungefär hälften belastar Egentliga Östersjön. Fosforbelastningen från avrinningsområdet består dessutom delvis av hårt bunden fosfor som antagligen bidrar till övergödningseffekter i relativt liten omfattning. Vid val av åtgärder bör därför åtgärder som reducerar löst fosfor (fosfat) prioriteras, eftersom de ger större effekt.

Havsbaseade åtgärder

Om syrefria ackumulationsbottnar i Egentliga Östersjöns svenska kustzon, som bedöms frigöra fosfor, skulle åtgärdas med aluminiumbehandling på likande sätt som i Björnöfjärden, beräknas en årlig fosforomsättning på omkring 550 ton stoppas. Kostnaden för åtgärden beräknas vara omkring 3 miljarder kronor.

Trots att reningskostnaden för att åtgärda internbelastningen är mycket lägre än kostnaden för landåtgärderna räcker det inte med att åtgärda fosfor som läcker från bottenarna. Näringstillförseln från land måste också minska, annars kommer ny näring snart ansamlas i sedimenten igen, som på nytt börjar läcka och reglera övergödningen.

Hur mycket åtgärder krävs?

En viktig fråga är hur stor fosforreduktionen, både från land och från sedimentet, måste vara för att utbredningen av syrefria bottenområden ska upphöra och börja minska så

att sedimenten kan börja lagra fosfor bundet till järn igen. Det är en komplex fråga som inte kan besvaras här, men den möjliga belastningsminskningen inom olika områden och verksamheter kan ställas även mot exempelvis Sveriges reduktionsbeting inom BSAP. I ett sådant perspektiv utgör kustzonen ett filter för bland annat näring och organiskt material mellan land och hav.

Val av åtgärdsmetod

Vid val av åtgärdsmetod spelar ofta reningskostnaden en betydande roll, men en viktig erfarenhet efter att ha genomfört åtgärder i bred skala inom Levande kust är att det är många fler faktorer som avgör om en åtgärd i slutändan är effektiv eller inte. Det går inte att strikt rangordna vilken åtgärd som är bättre än en annan. Vid varje åtgärdssituation behövs ett avrinningsområdesperspektiv för att få överblick över såväl belastningssituation som åtgärdspotential. Utifrån detta behöver åtgärdsplaner anpassas till den specifika platsen och vid val av åtgärder behöver man väga in faktorer såsom genomförbarhet, behov av tillsyn och skötsel för att upprätthålla åtgärdseffekt, driftskostnader, reningseffekt i förhållande till åtgärdspotential, andel övergödningsdrivande fosfor som åtgärden reducerar, etc.

Tabellen nedan sammanfattar vad Levande kustrs åtgärder skulle kunna innebära för Egentliga Östersjön om de genomfördes i stor skala och vad det skulle kosta. I tabellen jämförs också åtgärderna med avseende på olika aspekter/erfarenheter för varje åtgärd.

LÄS MER OM...

erfarenheter och reflektioner från arbetet med åtgärder mot övergödning i Levande kustrs fullständiga vitbok.

TABELL 3. Sammanställning av åtgärdspotential, åtgärdseffekt och åtgärds kostnad för olika fosforkällor och åtgärder som genomförts inom Levande kust om åtgärderna skulle göras i stor skala. I tabellen jämförs även åtgärderna utifrån andra aspekter. Vid jämförelsen har en tregradig färgskala (grön, gul, röd) används för att försöka sammanfatta hur bra en åtgärd ur olika aspekter.

Källa:	Leråkrar	Hästverksamhet	Små avlopp	Internbelastning (sediment)
Var:	N. och S. Östersjöns vattendistrikt	N. och S. Östersjöns vattendistrikt	Kustområden i S. och N. Östersjöns vattendistrikt	Egentliga Östersjöns kustzon
Vad:	Strukturkalkning av all åkermark med lerhalt över 20 %.	Daglig mockning i hagar och omhändertagande av gödsel.	Byte till avlopp där toalettavfall samlas ihop och transporteras bort.	Aluminiumbehandling av ackumulationsbottnar.
Åtgärdspotential (ton P/år)	351	83	23	549
Åtgärdseffekt (ton P/år)	105	75	21	549
	30 %	90 %	90 %	100 %
Åtgärds kostnad (Mkr)	≈ 4200	≈ 23 300	≈ 4700	≈ 3100
Reningskostnad vid kust (kr/kg P)	≈ 2000	≈ 15 500	≈ 100 000	≈ 800
Acceptans för åtgärd				
Kunskapsluckor	10-30 år?			röd?
Genomförande*				
Skötsel och drift	aldrig	daglig	då och då	aldrig
Övergödningsdrivande fosfor**	40-80 %	100 %	100 %	100 %
Responstid för åtgärd i vattnet/recipienten				
Sammanfattning positiva aspekter	Effektiv och välkänd åtgärd. Kan öka skörden.	Enkelt sätt att ta tillvara näring och undvika näringsläckage.	Effektiv och etablerad åtgärd. Påverkar även dricksvattnet positivt.	Enda etablerade åtgärden för internbelastning. Välkänd för sötvatten och lovande för kustområden.
Sammanfattning av negativa aspekter	Fungerar bara på jordar med hög lerhalt. Oklart hur lång tid effekten håller (10-30 år).	Arbetsintensivt. Ont om mätdata och brist på konsensus om övergödnings-effekt. Dyrt att anlägga ny gödselplatta.	Ont om mätdata och brist på konsensus om övergödnings-effekt. Dyrt för privatpersoner.	Första insatsen i bräckt vatten. Viktigt att utvärdera långsiktig effekt i Björnöfjärden. Aluminium är energikrävande att framställa.

* Möjligheten att få åtgärden till stånd (behov av tillstånd, vikten att finna lämplig entreprenör, krav på specialistkunskap, etc.)

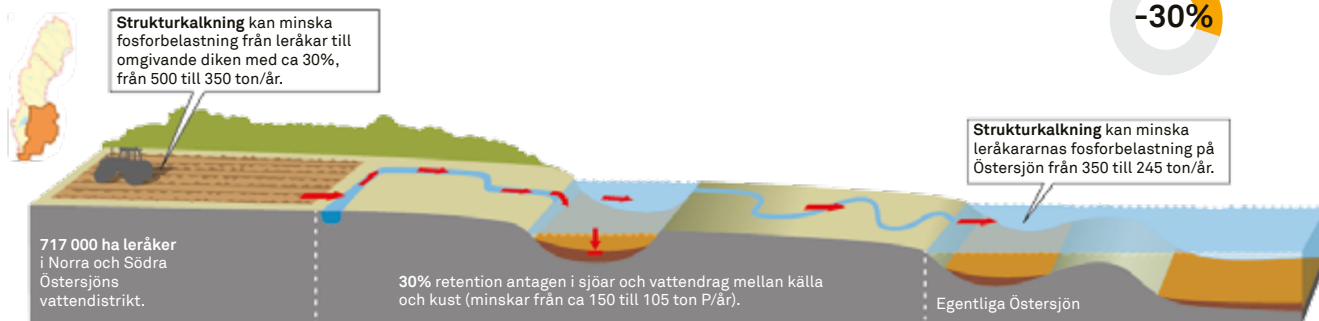
** Biotillgänglighet för den fosfor som respektive åtgärd reducerar, dvs andel löst fosfor (fosfatfosfor av totalfosfor).

Så här har vi beräknat näringsläckage och åtgärdspotential

Leråker

Strukturkalkning av leråkrar i Norra och Södra Östersjöns vattendistrikt kan minska fosforbelastningen på Östersjön med 105 ton fosfor per år (30 procent, se figur 22). Kostnaden uppskattas till drygt 4 miljarder kr (5900 kr/hektar) och ur ett kustzonsperspektiv blir reningskostnaden ca 2000 kr/kg fosfor.

STRUKTURKALKNING
Reduktion: 105 ton P/år
Kostnad: ca 4 miljarder kr

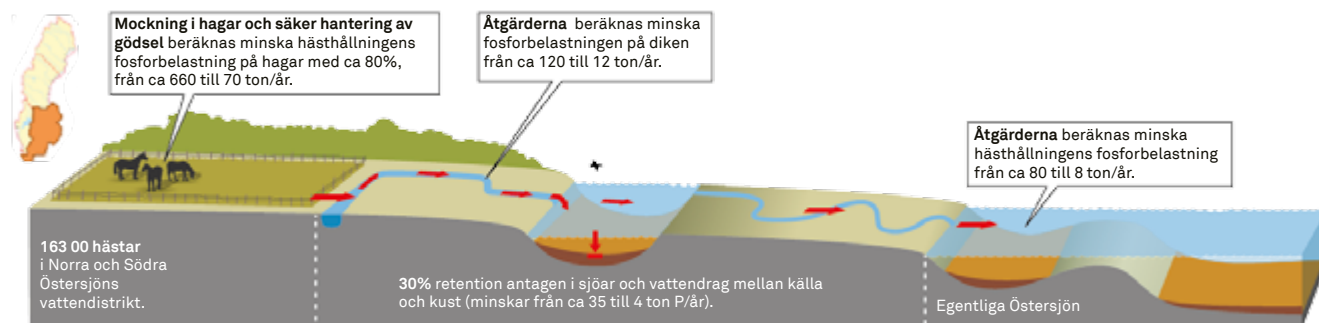


FIGUR 22. Åkeryta med högre lerhalt än 20 procent har uppskattas utifrån SGU:s åkermarkskarta (DSMS) och SCB:s statistik över åkrars nyttjande³⁸. Antaget ett genomsnittligt läckage på 0,7 kg fosfor per hektar och år³⁹ blir fosforförlusten ca 500 ton per år. Vid en genomsnittlig retention på 30 procent från åkern till havet når ca 350 ton fosfor per år Egentliga Östersjöns kustzon. Strukturkalkas leråkrarna förväntas fosforförlusterna i genomsnitt minska med 30 procent, och kvarstår effekten i 20 år, minskar exporten till kusten med omkring 105 ton fosfor per år.

Hästverksamhet

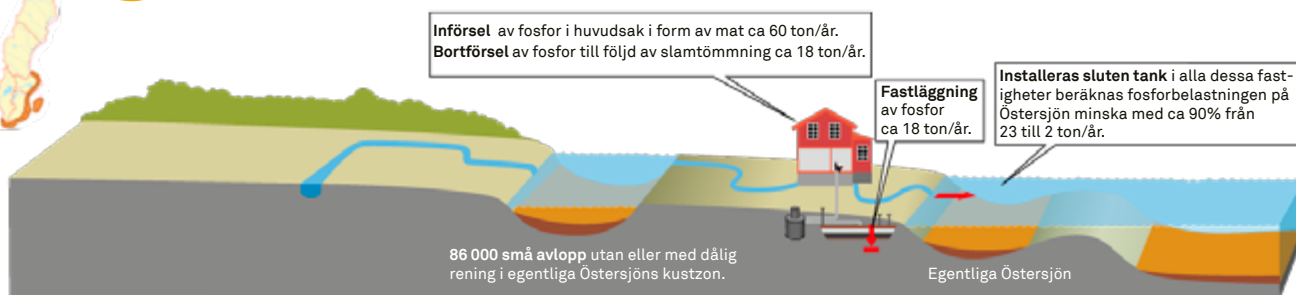
Om alla hästhagar i Norra och Södra Östersjöns vattendistrikt mockas dagligen och gödseln tas omhand så att näringen i gödslet inte når omgivande diken kan fosforbelastningen minska med omkring 75 ton per år (Figur 23). Den totala kostnaden uppskattas till ca 23 miljarder kronor, antaget att det i genomsnitt kostar ca 2000 kr per kg fosfor som tas omhand på hästgården, och att åtgärderna är effektiva under en 20-årsperiod. Ur ett kustzonsperspektiv blir kostnaden ca 15 000 kronor per kg fosfor. Den andel fosfor i gödseln som antas bindas permanent i marken i hagen får stort genomslag på hur mycket hästverksamhet bidrar med till Östersjöns övergödning. Hur stora kostnaderna blir beror på behovet av att anlägga nya gödselplattor, vilket är kostsamt.

ÅTGÄRDER HÄSTHÅLLNING
Reduktion: 75 ton P/år
Kostnad: ca 23 miljarder kr



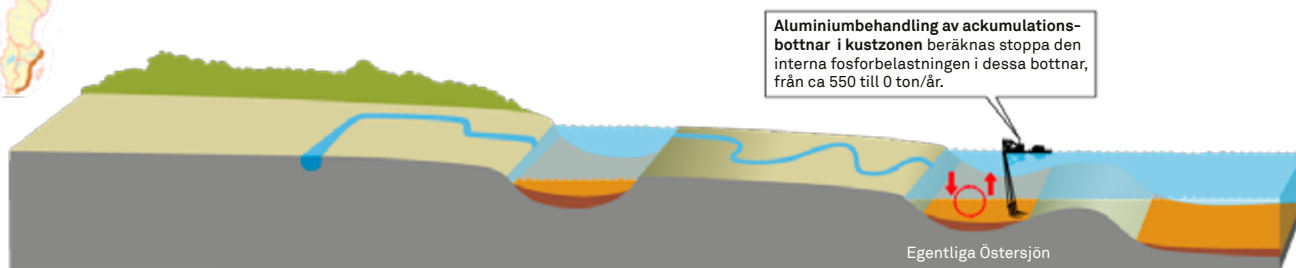
FIGUR 23. Då en medelhäst omsätter ca åtta kg fosfor per år^{47,52}, producerar hästar i Norra och Södra Östersjöns vattendistrikt⁴⁷ drygt 1320 ton fosfor per år i form av gödsel. Om hästar vistas i hagar halva dygnet⁷⁶, omsätts hälften av gödseln utomhus, och ca 66 ton fosfor per år tillförs marken om hagar inte mockas. Av fosfor som tillförs marken antas 80-90 procent bindas permanent i marken; en större andel i hagar på landsbygden där hästtäteten antas vara lägre och marktäcknet antas hålla bättre och läcka mindre. Resten, ca 120 ton fosfor per år, antas nå diken. Vid en genomsnittlig retention på 30 procent från hagen till havet når omkring 83 ton fosfor per år kusten. Om 90 procent av fosfor som belastar hagar (660 ton/år) omhändertas, återstår årligen bara ca 67 ton varav omkring 12 ton antas nå diken, och åtta ton slutligen når kusten.

BYTE TILL SLUTEN TANK
Reduktion: 21 ton P/år
Kostnad: ca 5 miljarder kr



FIGUR 24. Det finns nästan 86 000 fastigheter med små avloppslösningar utmed kusten i Norra och Södra Östersjöns vattendistrikts kustzon⁶⁸. Baserat på uppgifter om antal boende per fastighet, fördelning mellan åretruntboende och fritidsboende, hemmavaro, genomsnittlig rening för olika typer av teknislösning och avloppsfraktioner som förs bort via slam- och latrintömning beräknas dessa fastigheter årligen importera 60 ton fosfor i form av mat, varav 18 ton exporteras från kustzonen huvudsakligen igenom slamtömning⁶⁸. Ytterligare 18 ton fosfor beräknas bindas permanent i marken och resterande 23 ton fosfor per år beräknas belasta kustvattnen. Om näring från dessa fastigheter istället förs bort från kustzonen till 90 procent, exempelvis genom installation av sluten tank, minskar läckaget från 21 ton fosfor per år till 2 ton fosfor per år.

ALUMINIUMBEHANDLING
Reduktion: 550 ton P/år
Kostnad: ca 3 miljarder kr



FIGUR 25. Ytan av de bottenområden som bedöms frigöra fosfor i Norra och Södra Östersjöns vattendistrikts skärgårdar antogs vara ytan där finpartikulärt näringsrikt material ansamlas (ackumulationsbottnar), vilken beräknades till omkring 1540 km²⁷⁷. Antaget att dessa bottnar i genomsnitt innehåller 2,5 ton mobil fosfor per km² beräknas sedimentet i dessa bottnar innehålla omkring 3840 ton läckagebenägen fosfor som i genomsnitt omsätts vart sjunde år⁷⁸. Det ger ett läckage av löst fosfor på 550 ton fosfor per år. Om hela denna yta skulle aluminiumbehandlas med en aluminiumdos motsvarande den för Björnöfjärden (50 ton Al/km²) skulle fosforomsättningen upphöra helt.

Slutsatser & rekommendationer

Efter sju års arbete med övergödningsåtgärder samt mätningar och utvärdering kan projektet Levande kust sammanfatta att:

DET ÄR MÖJLIGT ATT ÅTERFÅ GOD EKOLOGISK STATUS I INNESLUTNA VIKAR!

- Den interna fosfortillförseln från sedimenten måste åtgärdas för att få en snabb förbättring samtidigt som näringstillförseln från avrinningsområdet måste minimeras för att effekten ska bestå.
- För att få en tydlig lokal åtgärdseffekt måste dock vattenutbytet vara begränsat, annars avtar effekten snabbt när vattnet blandas med näringsrikt vatten från omgivande fjärdar.
- Övergödning drivs av löst fosfor och kväve som tillförs vattnet, oavsett varifrån näringen kommer. De flesta fosforformer i mark och sediment är stabila och bidrar i liten omfattning till övergödning. Åtgärder som minimerar tillförseln av löst fosfor och kväve bör prioriteras.



ÅTGÄRDSARBETE ÄR SVÅRT

- För effektivt åtgärdsarbete behövs tydliga mål, kompetens, finansiering och tålamod.
- Att utse en "åtgärdssamordnare" som tilldelas beslutsmandat och finansiella resurser ger kraft i genomförandet.
- Avrinningsområdesperspektiv är viktigt, men platsspecifik kunskap behövs också för att identifiera de betydande näringskällorna och kostnadseffektiva åtgärder.
- Eftersträva arbete utifrån mindre avrinningsområden istället för läns- eller kommunvis. Samla marknyttjare, markägare, kommun, dikesföretag, vattenråd och åtgärdssamordnare för att få en gemensam överblick (exempelvis så kallade vattenvandringar). För att arbetet ska bli effektivt behövs även kontinuerlig provtagning och utvärdering.

FÖR ATT ÖKA ÅTGÄRDSTAKTEN BEHÖVS:

- Tydliga incitament för att minska näringsläckage
- Ökad tillsynstakt och möjlighet att få rådgivning
- Möjlighet att få stödfinansiering för nyinvesteringar
- Tydliga mål och positiva exempel

Referenser

1. Arheimer B., Dahné J., Donnelly C. (2012). Climate change impact on riverine nutrient load and land-based remedial measures of the Baltic Sea Action Plan, *AMBIO* 41:600–612.
2. Helcom (2018). Sources and pathways of nutrients to the Baltic Sea. *Baltic Sea Environment Proceedings* No. 153.
3. Savshuk O.P. (2018). Large-scale nutrient dynamics in the Baltic Sea, 1970–2016. *Frontiers in Marine Science* 5:95.
4. Gustafsson B.G., Schenk F., Blenckner T., Eilola K., Meier H.E.M., Muller-Karulis B., Neumann T., Ruoho-Airola T., Savchuk O.P., Zorita E. (2012). Reconstructing the Development of Baltic Sea Eutrophication (1850–2006). *AMBIO* 41:534–548.
5. Andersen J.H., Carstensen J., Conley D.J., Dromph K., Fleming-Lehtinen V., Gustafsson B.G., (2017). Long-term temporal and spatial trends in eutrophication status of the Baltic Sea. *Biological Reviews* 135–149.
6. Miljö- och energidepartementet (2016). Regeringsbeslut 2016-10-02; Prövning av Vattenmyndigheternas förslag till Åtgärdsprogram för 2015-2021 enligt förordningen (2004:660) om förvaltningen av kvaliteten på vattenmiljön: <http://www.regeringen.se/4a823a/contentassets/3f11a20f9b3246878e7a3ea38ed1ea84/ny-katalog/beslut-om-provning-av-vattenmyndigheternas-forslag-till-atgardsprogram-for-2015-2021.pdf>
7. Erlandsson Å., Norström A., Johansson M. (2013). Källfördelningsanalys, kväve- och fosforkällor inom Björnöfjärdens avrinningsområde, Värmdö kommun. *Ecoloop AB*.
8. Erlandsson Å. (2014). Jämförelse mellan beräknad och uppmätt belastning av kväve och fosfor i område 57. *Ecoloop*.
9. Norström A., Johansson M., Kumblad L., Rydin E. (2016). Att åtgärda små avlopp. Erfarenheter från projektet ”Hjälp din vik – förbättra ditt avlopp”. Underlag till vitbok för projektet Levande Kust. *Ecoloop AB och BalticSea2020*.
10. Värmdö Kommun (2006). *Kustplan Samrådshandling*, Värmdö Kommun. 2006.
11. Rydin E., Kumblad L., Wulff F., Larsson P. (2017). Remediation of a Eutrophic Bay in the Baltic Sea. *Environ. Sci. Technol.* 51:4559–4566.
12. Rydin E., Kumblad L. (2018). Capturing past eutrophication in coastal sediments – towards water quality goals (manuscript).
13. Renberg I. (2012). Frysprovtagning av sedimentet i Björnöfjärden, Ingarö, PM: Ingemar Renberg, Institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap, Umeå Universitet.
14. Brattberg G (1986). Decreased phosphorus loading changes phytoplankton composition and biomass in the Stockholm Archipelago, *Vatten* 2:141-153.
15. Jonsson P, Karlsson M. (2012). Björnöfjärdens historiska utveckling. *JP Rapport* 2012:02.
16. Lindqvist U. (2017). Biologiska och fysikalisk-kemiska vattenundersökningar i Björnöfjärden och Fjällsviksviken, Värmdö kommun 2012-2016, Rapport 2017:13, *Naturvatten i Roslagen AB*.
17. Wallin A., Qvarfordt S., Borgiel M. (2017). Syreförhållanden i Björnöfjärden och Fjällsviksviken år 2016. *Sveriges Vattenekologer AB*.
18. Lindqvist U. (2017). Provfiske i Björnöfjärden och Fjällsviksviken, sommaren 2016. Rapport 2017:11, *Naturvatten i Roslagen AB*.
19. Hjelm M., Arvidsson M., Gustafsson A. (2017). Yngelinventering 2016 Björnöfjärden och Fjällsviksviken, Rapport 2017:6, *Naturvatten i Roslagen AB*.
20. Gustafsson A., Lindqvist U. (2017) Bottenfaunaundersökning 2016; Björnöfjärden och Fjällsviksviken, Värmdö kommun. Rapport 2017:12, *Naturvatten i Roslagen AB*.
21. Qvarfordt S., Wallin A., Borgiel M. (2017a). Vegetationsundersökningar i två havsvikar, 2016. Del 1. Övervakning av växtsamhällen i åtgärdsområdet Björnöfjärden, Ingarö. *Sveriges Vattenekologer AB*.
22. Qvarfordt S., Wallin A., Borgiel M. (2017b). Vegetationsundersökningar i två havsvikar, 2016. Del 2. Övervakning av växtsamhällen i referensområdet Fjällsviksviken, Djurö. *Sveriges Vattenekologer AB*.
23. Qvarfordt S., Wallin A., Borgiel M. (2017c). Vegetationsundersökningar i två havsvikar, 2016. Del 3. Jämförelser mellan åtgärdsområdet Björnöfjärden och referensområdet Fjällsviksviken 2011–2016. *Sveriges Vattenekologer AB*.
24. Blomqvist P. (2001). A proposed standard method for composite sampling of water chemistry and plankton analyses in small lakes. *Environmental and Ecological Statistics*, 8:121-134.

25. Hjelm M., Gustafsson A., Arvidsson M. (2017b). Aluminium i biota III – Halter i fisk, bottendjur och blåstång 2012-2016 i den aluminiumbehandlade Björnöfjärden samt referensområden. Rapport 2017:9, Naturvatten i Roslagen AB.
26. Lindqvist U. (2017). Näringstransporter till Björnöfjärden 2012-2016. Rapport 2017:17, Naturvatten i Roslagen AB.
27. Manevska-Tasevska G., Rabinowicz E. (2015). Strukturomvandling och effektivitet i det svenska jordbruket. AgriFood Economics Centre, 10 sidor.
28. Svanbäck A., McCrackin M. (2018). How changes in farm structure could help reduce nutrient leakage to the Baltic Sea. Policy Brief, Baltic Eye, Östersjöcentrum, Stockholms Universitet
29. Hoffman M., Johnsson H., Gustafson Å., Grimvall A. (2000). Leaching of nitrogen in Swedish agriculture - a historical perspective. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 80:277–290.
30. Viklund K. (2017). Människan, näringen och havet. Rapport 1/2017. Östersjöcentrum, Stockholms Universitet.
31. Svanbäck A., McCrackin M. (2016). Återcirkulera jordbrukets växtnäring – för ett friskare Östersjön. Policy Brief, Baltic Eye, Östersjöcentrum, Stockholms Universitet.
32. Malgeryd J., Albertsson B., Folkesson Ö., de Maré L. (2008). 64 åtgärder inom jordbruket för god vattenstatus. Jordbruksverket, Rapport 2008:31.
33. Ulén B., Aronsson H., Bergström L. (2008). Åtgärds katalog – För minskade fosfor- och kväveförluster från jordbruk till vatten. Institutionen för Mark & Miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU).
34. Geranmayeh P., Aronsson H. (2015). Fosforförluster från jordbruksmark-bakomliggande orsaker och effektiva motåtgärder. Syntesrapport, Stiftelsen för lantbruksforskning.
35. Berglund K., Blomquist J. (2015). Effekter av strukturkalkning på skörd och markstruktur. Resultat från försök i sockerbetor och stråsåd. Slutrapport av Kalkens långsiktiga struktureffekter i 5 långliggande fältförsök (serie R1-143+R1-143M). Institutionen för mark och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala.
36. Svanbäck A., Ulén B. & Etana A. 2014. Mitigation of phosphorus leaching losses via subsurface drains from a cracking marine clay soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 184:124-134.
37. Ulén B. & Etana A. 2014. Phosphorus leaching from clay soils can be counteracted by structure liming. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 64: 425–433.
38. Geranmayeh P. (2017). Strukturkalkning i stor skala – Vad krävs och vad kostar det? Underlag till vitbok för projektet Levande Kust. BalticSea2020.
39. Ekstrand S. (2017). Åtgärds potential inom jordbruket och möjlighet till reduktion med kalkfiterbäddar och fosfordammar. Underlag till vitbok för projektet Levande Kust, BalticSea2020 och WEREC.
40. Jordbruksverket (2005). Kartläggning och analys av hästverksamheten i Sverige. Rapport 2005:5.
41. SLU (1996). Hästar – gödsel och miljö (<http://www.movium.slu.se/hastar-godsel-och-miljo>).
42. Löf F. (2010). Kalcium och fosfornäring hos växande hästar. Examensarbete 290; Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala.
43. Airaksinen S., Heiskanen M.L., Heinonen-Tanski H. (2007). Contaminations of run-off water and soil in two horse paddocks. *Bioresource technology* 98:1762-1766.
44. Dahlin S., Johansson G. (2008). Miljöeffekter av hästhållning. Anrikning och distribution av kväve och fosfor i marken på hästars vistelseytor. Rapport 216. Institutionen för Markvetenskap, SLU.
45. Parvage M.M (2010). Phosphorus losses from agricultural land to surface waters – Impact of grazing and trampling by horses. Examensarbete (2010:13), Institutionen för mark och miljö, SLU, Uppsala.
46. Bergström L., Djodjic F., Kirshmann H., Nilsson I., Ulén B (2007). Fosfor från Jordbruksmark till Vatten – tillstånd, flöden och motåtgärder i ett nordiskt perspektiv. SLU, Rapport MAT 21 nr 2/2007.
47. Jordbruksverket (2017). Hästar och anläggningar med häst 2016. Sveriges Officiella Statistik (JO 24 SM 1701).
48. Jordbruksverket (2010). Hästar och anläggningar med häst 2010. Sveriges Officiella Statistik (JO 24 SM 1101).
49. SCB (2004). Hästar och anläggningar med häst 2004 – Resultat från intermittent undersökning. Rapport JO 24 SM 0501.

50. Parvage M.M., Kirchmann H., Kynkäänniemi P, Ulén B. (2011). Impact of horse grazing and feeding on phosphorus concentrations in soil and drainage water. *Soil Use and Management*, 27:367-374.
51. Andréewitch N., Kumbblad L., Rydin E. (2017). Näringsläckage från hästhållning i Sverige - Nationell översikt och förslag på åtgärder. Underlag till vitbok för projektet Levande Kust. BalticSea2020.
52. Jordbruksverket (2013). Hästgödsel – en naturlig resurs. *Jordbruksinformation* 5 – 2013.
53. SFS 1998:899, Förordningen om miljöfarlig verksamhet (FMH).
54. SFS 2017:1299, Förordning om ändring i förordningen (2009:381) om statligt stöd till lokala vattenvårdsprojekt.
55. SMED (2018). Utsläpp från små avloppsanläggningar 2017. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport 6.
56. Naturvårdsverket och SCB (2018). Utsläpp till vatten och slamproduktion 2016. Kommunala avloppsreningsverk, massa- och pappersindustri samt viss övrig industri. MI 22 SM 1801.
57. Johansson M., Johansson M. (2017). Kartläggning av fosforutsläpp från avlopp i Stockholms läns kust- och skärgård. Underlag till vitbok för projektet Levande Kust. Ecoloop AB.
58. Johansson M., Johansson M., Albinsson M., Norström A. (2017). Kartläggning av fosforutsläpp från små avlopp längs den svenska Östersjökusten. Underlag till vitbok för projektet Levande Kust. Ecoloop AB.
59. Ridderstolpe, P (2016) Bedömning av självrening och retention i mark vid prövning av små avlopp – smittskydd och fosfor VA-guiden rapport 2016:2.
60. Eveborn D., Djodjic F. (2015). GIS-kartering av miljöskyddsnivå för små avlopp – ett hjälpmedel vid tillstånds- och tillsynsarbete. JTI-rapport Kretslopp & Avfall Nr 53.
61. Palm O., Elmefors E., Moraeus P, Nilsson P, Persson L., Ridderstolpe P, Eveborn D. (2012). Läget inom markbaserad avloppsvattenrening. Samlad kunskap kring reningstekniker för små och enskilda avlopp. Naturvårdsverkets rapport 6484.
62. Jönsson H., Baky A., Jeppsson U., Hellström D., Kärrman E. (2005). Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model. Dept. of Industrial Electrical Engineering and Automation, Lund University. Report 2005:6.
63. Havs- och Vattenmyndigheten (2013). Styrmedel för en hållbar åtgärdstakt av små avloppsanläggningar. Slutrapportering av regeringsuppdrag enskilda avlopp. Havs- och vattenmyndighetens rapportering 2013-09-13.
64. Ejhed H., Olshammar M, Brånvall G., Gerner A., Bergström J., Johnsson H., Blombäck K., Nisell J., Gustavsson H., Persson C., Alavi G. (2011). Beräkning av kväve- och fosforbelastning på havet år 2011 för uppföljning av miljö kvalitetsmålet "Ingen övergödning". SMED Rapport Nr 56.
65. SFS 1998:808, Miljöbalken (MB)
66. Christensen J. (2016). Latrin; Avlopp eller Avfall? Om rättsliga förutsättningar för småskalig latrin-kompostering och om alternativ hantering av latrin. Ekologen Miljöjuridik AB. Underlag till vitbok för projektet Levande Kust.
67. Graneborg F (2015). PM Fastighetsägarstudie. Hjälp din vik – förbättra ditt avlopp. Ecoloop AB. Underlag till vitbok för projektet Levande Kust.
68. SFS 2010:900, Plan- och bygglagen (PBL)
69. Schütz J., Rydin E., Huser B. (2017). A newly developed injection method for aluminum treatment in eutrophic lakes: Effects on water quality and phosphorus binding efficiency. *Lake and Reservoir Management*. <http://dx.doi.org/10.1080/10402381.2017.1318418>
70. Blomqvist S., Rydin E. (2009). Hur fosforbindningen i Östersjöns bottensediment kan förbättras. Naturvårdsverket Rapport 5914.
71. Andersson H. (2018). ReFisk – nya fiskeregler längs ostkusten. Svealandskusten 2018. Svealands kustvattenvårdsförbunds årsrapport 2018.
72. Hansen J.P, Sundblad G., Bergström U., Austin Å.N., Donadi S., Eriksson B.K., Eklöf J.S. (2018). Recreational boating degrades vegetation important for fish recruitment. *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1088-x>
73. Ardland-Bojvall J. (2016). PM Säby säteri, Ramböll Stockholm. Underlag till vitbok för projektet Levande Kust.
74. Ridderstolpe P (2016). Hantering av processvatten från Smakriket Säby inom Säby Säteri (Säby 1:23, 3:1), WRS i Uppsala. Underlag till vitbok för projektet Levande Kust.
75. SKVVF (2017). Svealandskusten. Svealands kustvattenvårdsförbunds årsrapport 2017.
76. Länsstyrelsen (2008). Projektinriktad tillsyn av hästhållning ute under den kalla årstiden. Västra Götalands Län. Rapport 2008:10.
77. Karlsson M., Persson M. (2017). Inneslutna kustområden längs den svenska ostkusten. Karlssons Ekosystemtjänster, Rapport 2017:3. Underlag till vitbok för projektet Levande Kust.
78. Malmaeus M., Rydin E., Jonsson P, Lindgren D, Karlsson M. (2012). Estimating the amount of mobile phosphorus in Baltic coastal soft sediments of central Sweden. *Bor. Environ. Res.* 2012, 17, 425-436.

VI VILL RIKTA ETT STORT TACK TILL ALLA SOM VARIT DELAKTIGA I PROJEKT LEVANDE KUST PÅ OLIKA SÄTT!

Involverade i provtagningar, analyser, utredningar eller likande: Naturvatten i Roslagen AB, Sveriges Vattnekologer AB, Erkenlaboratoriet vid Uppsala Universitet, Ecoloop AB, Ekoloagen Miljöjuridik AB, IVL Svenska miljöinstitutet, TBH Consulting HB, Loude Consulting OY, JP Sedimentkonsult HB, Enveco Miljöekonomi AB, Svensk Ekologikonsult AB, Pecab, Sam Ekstrand hos WEREC, Anders Alm hos WWF, Lars Flafvad vid Värmdö kommun, Ingemar Renberg vid Umeå Universitet, Ann-Kristin Eriksson-Wiklund, Jakob Walve, Ellen Schagerström, Lena Kautsky, Sven Blomqvist, Joakim Hansen m.fl. vid Stockholms Universitet, Jonas Nilsson och Per Larsson vid Linneuniversitetet, Ingrid Wessman, Gunnar Torstensson, Pia Geranmayeh, Brian Huser vid SLU, Gunno Renman vid KTH, Karin Johannesson på Linköpings Universitet, m.fl.

Involverade i att identifiera, föreslå och genomföra åtgärderna: Säby Säteri, Smakriket Säby, Säby gård, Evlinge gård och alla fastighetsägare i Björnöfjärdens avrinningsområde, Värmdö kommun, Ramböll AB, Ecoloop AB, WRS AB, Ingarö Mark och Väg AB, WEREC, Nordkalk, Sportfiskarna, Länsstyrelsen i Stockholm, m.fl.

Viktiga "bollplank" och rådgivare: framför allt Björn Carlson, Conrad Stralka, Fredrik Wulff, Per Larsson och Ragnar Elmgren och resten av BalticSeaS2020s styrelse, m.fl.

Bidragit med synpunkter på Vitboken: BalticSea2020:s styrelse särskilt Ragnar Elmgren och Björn Carlson, Åsa Gunnarsson, Margreta Unger och Robert Almqvist vid Havs- och Vattenmyndigheten, Mats Wallin, Mikael Gyllström och Jan Pettersson vid Vattenmyndigheten, Kerstin Rosén Nilsson, Helena Aronsson, Barbro Ulén och Pia Geranmayeh vid SLU, Sam Ekstrand hos WEREC, Nadja Andreewitch vid Vallentuna kommun, Mats Johansson och Anna Norström hos Ecoloop AB, Markus Larsson och Ulrika Brenner vid Stockholms Universitet, m.fl.

Den här boken presenterar resultaten från **Projekt Levande kust** i Björnöfjärden, Stockholms skärgård. Fjärden kan liknas vid ett Östersjön i miniatyr, kraftigt övergödd, med litet vattenutbyte och stor utbredning av syrefria bottnar. Efter sju års arbete och åtgärder har fjärdens vattenkvalitet blivit mycket bättre och växt- och djurliv håller på att återhämta sig. Projektet initierades av BalticSea2020.

Stiftelsen BalticSea2020 grundades 2005 och finansierar projekt som är åtgärdsorienterade, innovativa och bidrar till en friskare Östersjö. Stiftelsen arbetar också för att sprida kunskap och information om Östersjön till beslutsfattare, myndigheter, skolor och privatpersoner.

Målet är att förbättra miljön i Östersjön till år 2020, och att därigenom förbättra livskvaliteten för de cirka 90 miljoner människor som bor runt Östersjön.



BalticSea2020

Box 50005, Lilla Frescativägen 4B, 104 05 Stockholm • tel: 08-673 97 64 • info@balticsea2020.org • BalticSea2020
WWW.BALTICSEA2020.ORG