



LÄRARHANDLEDNING

Uppföljning av ”Rädda viken!”

Med detta uppföljningsmaterial kan ni gå igenom spelet steg för steg och jämföra med verkligheten. Det kan också användas för diskussioner om vetenskaplig metod och hållbarhet. Använd gärna tillhörande bildspel!



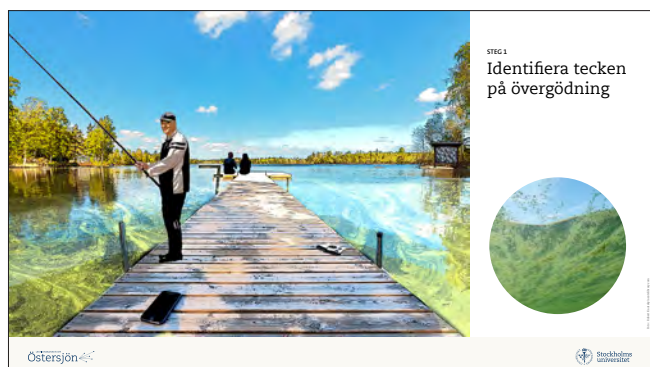
INLEDNING

Fråga eleverna: Vad gjorde ni i spelet? Vad har fastnat i minnet?
Var något svårt att förstå? Är det realistiskt att försöka rädda en vik?

Ni har på ca en timme gjort vad som tog flera år i verkligheten. Spelet grundar sig på forsknings- och demonstrationsprojektet Levande kust, vars mål var att visa att det är möjligt att återfå en bra miljö i övergödda havsvikar, ta reda på vilka åtgärder som är mest effektiva, och vad det kostar.

Projektet genomfördes i Björnöfjärden i Stockholms skärgård 2011-2022. Viken liknar ett Östersjön i miniatyr, med kraftig övergödning, begränsat vattenutbyte och stor utbredning av syrefria bottnar.

Här går vi igenom spelet steg för steg och jämför med hur det ser ut i verkligheten, i Björnöfjärden och i hela Östersjön.



STEG 1: IDENTIFIERA TECKEN PÅ ÖVERGÖDNING

Algblomning, fintrådiga alger och färre stora rovfiskar

I spelet tog ni en undervattensbild där ni såg att det var grumligt i vattnet, och mycket alger på ytan. Det ni såg var en cyanobakterieblomning. Massförökning av växtplankton (t.ex. cyanobakterier, kiselalger eller dinoflagellater) kallas algblomning. Algblomningar är naturliga, men mycket omfattande algblomningar och kraftig tillväxt av fintrådiga makroalger är tecken på övergödning.

Ni tyckte också att vattnet såg ofräscht ut (på grund av den rikliga algblomningen) och blev avrådda av folk i området att bada. Ni fick veta att en hund som fått i sig av vattnet hade dött. En del cyanobakterieblomningar kan vara giftiga. Mest känsliga är ofta småbarn, husdjur och boskap.¹

Ni fick också veta av en fiskare, som fiskat under många år i viken, att fisket varit bra tidigare. Då fick han både gädda och plattfisk inne i viken. Nu finns där bara spigg och mört, och på djupt vatten verkar det inte finnas någon fisk över huvud taget.

Olika fiskar är olika känsliga för övergödning. Det beror bland annat på hur väl de klarar grumlighet och vad de äter. En del arter, som gädda, som är en utpräglad rovfisk, är mer beroende än andra av synen för att jaga och missgynnas därför när det blir grumligare och mörkare i vattnet. Mörtan är allätare och bökar i botten när den söker efter mat och klarar den dåliga sikten mycket bättre.

¹ Mer om algblomningar och deras giftighet kan ni läsa här: <https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/overgodning-och-algblomning/algblomning.html>

Och spiggen bygger gärna sina bon bland fintrådiga alger och kan också ta skydd där, och gynnas därför av övergödning. Plattfiskar söker sin föda på botten, och där blir det ofta syrebrist, särskilt på djupt vatten, vilket slår ut de bottendjur som plattfiskarna äter. Inga fiskar klarar heller syrebrist i någon högre grad, utan lämnar sådana områden.

Kväve och fosfor

Forskaren i spelet² förklarar att kväve och fosfor är näringsämnen som växterna behöver, men i för stora mängder leder de till övergödning av havet.

Alla växter, alger och cyanobakterier behöver makronäringsämnen som kväve (N), fosfor (P), kisel, magnesium, kalium och kalcium i ganska stor mängd, och i särskilda proportioner. Kväve och fosfor är de ämnen som primärproducenterna behöver mest av, i viktproportionerna 7:1 (den så kallade N/P-kvoten). Det ämne som det finns minst av i miljön, i förhållande till växternas och algernas behov, är det som begränsar tillväxten.

I Östersjön som helhet är det ofta kväve som är tillväxtbegränsande, medan det ofta är fosfor som är tillväxtbegränsande i kustområdena, och även i sjöar. Det innebär att för att begränsa tillväxten i en övergödd havsvik, är det framför allt fosforutsläppen man behöver få ner. I projektet Levande kust koncentrerade sig forskarna därför på åtgärder för att få ner fosforutsläppen till Björnöfjärden, där forsknings- och demonstrationsprojektet genomfördes.

² Forskaren spelas av docent Linda Kumblad, som var en av projektledarna för det forsknings- och demonstrationsprojekt i Björnöfjärden, som ligger till grund för spelet.



STEG 2: GENOMFÖRA MÄTNINGAR AV FOSFORTILLFÖRSELN FRÅN VIKENS AVRINNINGSSOMRÅDE

I detta steg löste ni fyra uppgifter.

- A.** Ni tog reda på vilken avrinningspunkt till viken där fosfortillförseln (i kg/år) var som störst. Rätt svar var stugbyn, med alla sina enskilda avlopp. Näststörsta källan i spelet var jordbruket.
- B.** Ni mätte forsforhalten (i mg/m³) i ett dike, som mynnar i viken.
- C.** Ni mätte siktdjupet med hjälp av en siktskiva, och såg i en graf att siktdjupet stadigt gått ner sedan 1980, då det var över tre meter. Nu när ni mätte, var siktdjupet bara knappt en meter.
- D.** Ni fick bedöma vilken växtlighet som dominerade i viken. Rätt svar var snabbväxande alger vid ytan, "algsoppa".

Utgångsläge och referensvik

I spelet hinner eleverna bara göra enstaka "undersökningar". I verklighetens Björnöfjärden togs ett stort antal prover, många gånger per år, på många olika platser. Till att börja med undersökte forskarna viken under ett års tid, för att få en tydlig bild av utgångsläget, innan några åtgärder för att minska näringstillförseln sattes in.

Samtidigt undersöktes också en närliggande vik med liknande övergödningssproblematik, där inga åtgärder gjordes, för att ha något att jämföra med. Referensviken (Fjällsviksviken) gjorde det möjligt att se vilka resultat som verkligen var effekter av åtgärderna man satt in, och vad som berodde på naturliga variationer mellan olika år.³

Provtagningar

Provtagningarna i det verkliga projektet omfattade bland annat vatten- och sedimentprovtagning (temperatur, pH, salthalt, kväve, fosfor, klorofyll, grumlighet, m.m.), provfisken, bottenfaunaprovtagning, vegetationskarteringar, undersökningar av vikarnas syrefria vattenvolym, växt- och djurplankton, liksom undersökningar av näringstillförseln från olika källor och delar av avrinningsområdet, och statusen på de små avloppen i området.

Näringstillförsel = flöde x koncentration

Vilken avrinningspunkt som tillför mest näring avgörs både av hur stort det totala vattenflödet är och vilken koncentration näring som finns i vattnet.

Detsamma gäller förstås alla vattendrag som mynnar i Östersjön. I norra Sverige och Finland finns flera stora älvar, med ett mycket högt vattenflöde, särskilt vid snösmältningen (t.ex. Kemijoki, Lule älv och Ångermanälven). Men vattnet de för med sig är å andra sidan näringsfattigt, så därför blir näringsbelastningen på Östersjön från dessa stora älvar ändå inte så stor, jämfört med vattendrag av motsvarande storlek i de södra, jordbrukstäta delarna av Östersjöns avrinningsområde.

Utsläppskällor

I området runt verklighetens Björnöfjärden finns omkring 1000 bostäder, ett jordbruk, några hästgårdar och en konferensanläggning med musteriverksamhet. Näringen 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. Den allra största tillförseln av fosfor till fjärdens vatten orsakades dock av tidigare års fosforutsläpp som lagrats i vikens bottensediment, den så kallade internbelastningen. Mer om detta längre ner.

³ Här kan man diskutera vetenskaplig metod med eleverna. Vad krävs för att man ska kunna dra några slutsatser av de observationer man gör och de data man samlar in?

Siktdjup

Siktdjupet är ett mått på hur klart vattnet är. Det avgör hur djupt ner i vattnet som tillräckligt med ljus når för algers och bottenväxters fotosyntes.⁴ Vid övergödning ökar mängden växtplankton, vilket ökar grumligheten och minskar siktdjupet. Förutom alger påverkas siktdjupet också av lerpartiklar och lösta gulbruna humusämnen.

Siktdjupet mäts med en enkel metod, som uppfanns redan 1865, av en italiensk astronom som gjorde mätningar i Medelhavet.⁵ En vit skiva sänks ner till det djup där den inte syns längre. Sedan höjs den sakta uppåt, tills den upptäcks igen. Medelvärde av dessa djup är siktdjupet. Ofta använder man en vattenkikare när man mäter siktdjupet, för att inte störas av reflexer från vattenytan.⁶

Övergödningen har gjort att siktdjupet minskat i Östersjön. I exempelvis Stockholms innerskärgård var siktdjupet som minst på 1950-60-talen. Då var det bara omkring 1,5 meter (sommartid). Idag har det ökat till 3-4 meter, främst tack vare bättre avloppsrening, vilket gett mindre mängd alger i vattnet.

I Björnöfjärden förbättrades siktdjupet med i genomsnitt en meter efter att åtgärderna mot övergödningen sattes in.

Växtligheten

När en vik blir övergödd förändras växtligheten. Bottenlevande, långsamväxande, korta arter missgynnas, medan snabbväxande arter i och nära ytan gynnas. När vattnet blir grumligt klarar till exempel känsliga bottenlevande arter som ålgräs och kransalger inte av att leva längre, och de har försvunnit från många av Östersjöns vikar.

Långsträckta kärlväxter, som ålnate, borstnate och axslinga, kan sträcka sig upp mot vattenytan för att komma åt ljuset. Men vid riktigt övergödda förhållanden är det bara de som lever uppe i ytan som överlever, till exempel hornsärv, fintrådiga alger som grön- och brunlick, och förstas växtplankton. Det som blir kvar av växtligheten är en "algsoppa".

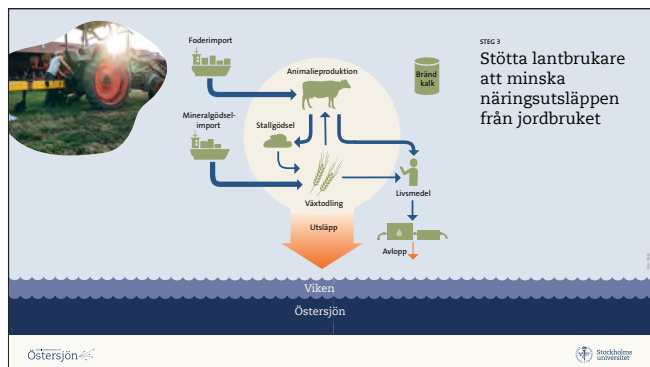
4 En tumregel är att kompensationsnivån (det djup där fotosyntetiserande organismer producerar lika mycket syre som de själva förbrukar i sin cellandning) ligger på ungefär dubbla siktdjupet. Under den nivån kan varken växtplankton eller bottenvegetation klara sig någon längre tid. Vid kompensationsdjupet är ljusintensiteten ungefär en procent av den vid vattenytan.

5 Han hette Angelo Secchi och har fått ge namn åt den vita skiva ("Secchi-skiva") som brukar användas vid siktdjupsmätningar.

6 Mer om siktdjup och siktdjupsmätningar i Östersjön kan du läsa här:

<https://havetstore.blob.core.windows.net/dokument/Svealandskusten2019klartvatten.pdf>

I Björnöfjärden hade blåstången till stor del försvunnit, och en av åtgärderna för att förbättra vikens ekologiska status blev att försöka plantera in blåstång igen. I tångbältena bor fiskyngel och smådjur, som i sin tur är viktig föda för fiskar och fåglar. Att övergödningen är ett så allvarligt miljöproblem, beror mycket på att den genom att förändra växtligheten påverkar hela ekosystemet, på alla nivåer.



STEG 3: STÖTTA LANTBRUKARE ATT MINSKA NÄRINGSUTSLÄPPEN FRÅN JORDBRUKET

I detta steg talade ni med lantbrukaren, som gärna ville genomföra åtgärder, men som inte hade råd. Det finns ofta både vilja och kunskap hos lantbrukarna, men en del åtgärder är kostsamma. Därför finns en del statliga stöd att söka.

En åtgärd man kan göra på gårdsnivå är strukturkalkning, som används i spelet. Då blandas bränd kalk ner i åkerjorden, som ofta består av ganska kompakt lerjord. Strukturkalkningen gör jorden mer porös, vilket gör att grödornas rötter lättare kommer åt vatten och näringsämnen och växer bättre, samtidigt som näringsläckaget kan minska med uppemot hälften.⁷

Sluta kretsloppen

Andra åtgärder som måste till inom lantbruket handlar om systemförändringar och kräver i verkligheten förändringar av Östersjöländernas och EU:s jordbrukspolitik. Ett grundproblem är att stora mängder näring importeras till Östersjöns avrinningsområde, i form av konstgödsel och djurfoder, och att växtodling och djurhållning separerats i dagens intensiva jordbruk. Kretsloppet av näring är brutet. Resultatet är att stora mängder näring läcker ut till vattendrag, sjöar och till havet och orsakar övergödning.

I ekologisk produktion är växt- och djurhållning i balans, och djuren äter i första hand foder från den egna gården, medan stallgödseln från djuren används för att ge näring åt den egna åkermarken, såsom i äldre tiders jordbruk.

⁷ I vitboken om forsknings- och demonstrationsprojektet i Björnöfjärden står det om fler åtgärder som kan göras lokalt på gårdsnivå. I lantbruket vid Björnöfjärden anlade man även en fosfordamm med kalkfilterbädd, kalkfilterdiken och tvåstegsdiken. Allt för att minimera näringsläckaget från jordbruksmarken. Se [Vitboken från projekt Levande kust](#), s. 17-22.

Men skördarna är i genomsnitt lägre vid ekologisk produktion. Det är en utmaning att komma åt övergödningens problematiken och samtidigt kunna producera tillräckligt med mat till en växande befolkning.⁸

Lantbrukaren i spelet, som bara har växtodling, lyckas sluta kretsloppen genom att samarbeta med en närliggande gård, som har djur.

Hästgårdar

I Björnöfjärden satte man också in åtgärder för att minska näringsläckaget från hästgårdarna, bland annat genom daglig mockning i hagarna och genom att skydda marken från att trampas sönder.

I Sverige finns drygt 100 000 hästanläggningar och de flesta är små och drivs av privatpersoner som fritidssysselsättning. Det totala näringsläckaget från hästarna (framför allt genom träck och urin) är stort, och det behövs arbete på många platser för att komma åt det. Det viktigaste är att samla upp gödseln, även den som hamnar i hagarna, och förvara den i en tät container eller gödselplatta, så att den inte läcker näring, och se till att gödseln kommer in i kretsloppet igen, genom att användas i växtodling. Man ska också försöka hålla växttäckets i hagarna intakt, t.ex. genom att inte ha för många hästar per yta, variera utfodringsplatserna och stängsla av känsliga områden.⁹

⁸ Hur kan detta lösas? Diskutera med eleverna. Ska vi öka importen av mat, eller själva öka arealen jordbruksmark? Kan vi minska matsvinnet? Hur kan kretsloppen åter slutas, på ett storskaligt och hållbart sätt? Idag är ekologisk mat dyrare än konventionellt odlad mat. Vilka ska ta kostnaden? Som underlag för en diskussion kan ni använda denna [text om ekologisk produktion](#) på Jordbruksverkets webbplats, policy briefen [Förändringar i jordbrukets struktur kan bidra till att minska näringsläckaget till Östersjön](#) och faktabladet [Kan ändrade kostvanor hjälpa Östersjön?](#) från Stockholms universitets Östersjöcentrum.

⁹ Mer om vad man kan göra för att minska näringsläckaget från hästgårdar finns i [Vitboken från projekt Levande kust](#), s. 23-26.



STEG 4: DRIVA EN KAMPANJ FÖR ATT FÅ LOKALBORNA ATT FÖRBÄTTRA SINA AVLOPP

I det fjärde steget drev ni en kampanj gentemot lokalbefolkningen runt viken att förbättra sina avloppslösningar. En liknande kampanj, ”Hjälp din vik – Förbättra ditt avlopp”, gjordes i verkligheten, gentemot de boende runt Björnöfjärden.

Små, enskilda avlopp

I Sverige bor mer än en miljon människor i fastigheter som inte är anslutna till ett kommunalt reningsverk, och dessutom finns en mängd fritidsfastigheter som också har enskilda avlopp eller torrdass.

De små avloppen, som bara utgör 10 procent av landets alla hushållsavlopp, står tillsammans för lika stora fosforutsläpp som de 90 procent som är anslutna till kommunala reningsverk. De enskilda avloppslösningarna kan bestå i att man har en infiltrationsbädd på tomten.¹⁰ Men i områden med tunna jordlager, som i skärgårdar, läcker näringen lätt vidare till grundvattnet och till diken, och vidare ut i havet.

Många fritidshus med torrdass komposterar sin urin och latrin på den egna tomten. Komposten används ibland som gödsel på egna odlingar. Men urin och latrin innehåller väldigt mycket näring, och det blir inte den lokala kretsloppslösning som många tror och hoppas på. Som ni förklarar för stugägarna i spelet, räcker näringen från två personers toalettavfall under fem veckor, till 200 kg morötter.

¹⁰ I en infiltrationsbädd filtreras avloppsvatten genom befintliga jordlager, och man litar till biologiska och fysikaliska processer i jorden för att bryta ner och få bort föroreningar.

De flesta fritidsodlare kommer inte upp i sådana mängder grönsaker i sina odlingar, utan mer och mer näring förs hela tiden till avrinningsområdet genom den mat vi köper i affären, via våra kroppar och vårt toalettavfall. Har man då inte en bra avloppslösning läcker stora mängder näring ut i marken, och vidare till vattendrag, sjöar och havet.

Urinen innehåller allra mest näring

Sedan fosfor förbjöds i disk- och tvättmedel¹¹ är hushållens bad-, disk- och tvättvatten inte längre ett problem ur ett övergödningssperspektiv, utan det är toalettavfallet som är problemet. I det finns runt 90 procent av all näring som lämnar ett hushåll, och det mesta kommer från urinen.

Sluten tank eller förbränningstolett

För att motverka övergödningen är de bästa lösningarna som finns idag för enskilda avlopp att leda toalettavfall till en sluten tank, som töms regelbundet och där avfallet tas om hand i ett kommunalt reningsverk, eller att installera en förbränningstolett och tömma den näringsrika askan i soporna.¹²

Ansvar och incitament

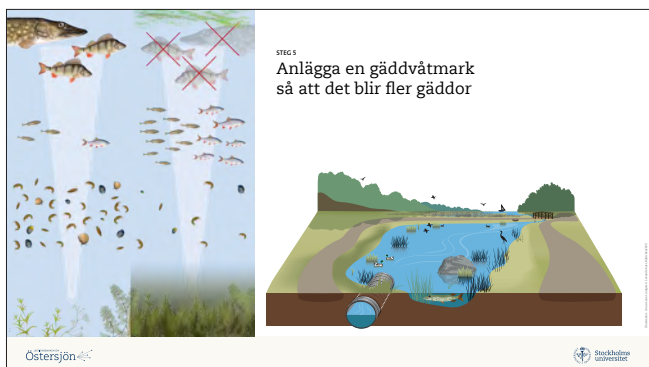
Det är fastighetsägaren som har ansvar för att den avloppsanläggning man har uppfyller de krav som finns i Miljöbalken. Kommunens ansvar är att pröva och ge tillstånd till nya avloppsanläggningar och kontrollera att de som finns fungerar som de ska. Vissa kommuner erbjuder också VA-rådgivning.

Erfarenheterna från projektet i Björnöfjärden visar att gratis VA-rådgivning betyder mycket för att få fler fastighetsägare att byta till bättre avloppslösningar. Men det är ändå svårt att få människor att frivilligt göra mer än lagen kräver, särskilt när det kostar pengar. Det behövs ekonomiska incitament för väl fungerande avlopp – det ska vara lätt och ekonomiskt fördelaktigt att ha en bra avloppslösning. Kommunerna behöver också öka sin tillsyn och vara tydliga med vilka krav som ställs. I praktiken omprövas sällan gamla tillstånd, vilket leder till höga krav för nya små avlopp, medan de gamla ofta tillåts fortsätta släppa ut dåligt renat avloppsvatten, vilket varken blir rättvist eller bra för miljön.¹³

11 I Sverige förbjöds fosfater i tvättmedel 2008 och i diskmedel 2012.

12 Mer om små avlopp och olika lösningar finns i [Vitboken från projekt Levande kust](#), s. 27-30. För större detalj, inklusive kostnader för olika lösningar, läs s. 42-51 i [den fullständiga vitboken](#).

13 Här finns utrymme att diskutera ansvarsfrågan. Avlopp blir ofta en het potatis, t.ex. när tidigare fritidsområden omvandlas till permanentbostäder och kommunen tvingar de boende att ansluta sig till det kommunala avloppsnätet, vilket ofta blir dyrt för fastighetsägarna. Kanske har någon av eleverna erfarenhet från en sådan process?



STEG 5: ANLÄGGA EN GÄDDVÅTMARK SÅ ATT DET BLIR FLER GÄDDOR

Nyckelroll i havet

I steg 5 hjälpte ni till att anlägga en gäddvåtmark, för att öka antalet gäddor i viken. Stora rovfiskar är inte bara populära matfiskar för oss människor. De har framför allt en nyckelroll att fylla i havet, både vid kusten och ute till havs. Vid Östersjökusten är gädda och abborre de viktigaste rovfiskarna. Ute till havs är torsken viktigast. De stora rovfiskarna befinner sig högt upp i näringsväven och påverkar strukturen i resten av ekosystemet.

Motverkar övergödning

Senare års forskning har visat att de stora rovfiskarna kan motverka övergödningssymptom. De äter mindre fiskar, som i sin tur äter djurplankton. När de små fiskarna blir uppätta blir det fler djurplankton kvar, som i sin tur kan äta mängder med växtplankton. På så sätt förhindrar rovfiskarna att algbloomingarna blir alltför omfattande.¹⁴

Överfiske och förstörda lekplatser

Sedan mitten av 1990-talet har bestånden av gädda och abborre minskat kraftigt längs med Östersjökusten. Allra mest i kusten mot Egentliga Östersjön, där det i vissa områden inte finns någon reproduktion alls. Varför det blivit så är inte helt klart, men forskarna tror att det har att göra med både överfiske, kraftig övergödning och exploatering av grunda vikar, som är en viktig uppväxtmiljö för rovfiskarna. Både abborre och gädda är ursprungligen sötvattenarter, och de går gärna upp i våtmarker vid kusten för att leka. Många våtmarker har dikats ut och

¹⁴ Mer om trofiska kaskader finns i faktaunderlaget och bildspelet under "Ekologi och biologisk mångfald" i lektionsbanken.

på andra ställen finns hinder, i form av till exempel kraftverksdammar, vägtrummor och igenväxning, som gör att fiskarna inte kan vandra upp till sina lekplatser.

Anlagda gäddvätmarker

För att förbättra rovfiskbestånden i Östersjön och bidra till en friskare kustmiljö har Sveriges Sportfiske- och Fiskevårdsförbund, Sportfiskarna, sedan 2011 tagit bort många vandringshinder och anlagt flera våtmarker för att erbjuda sötvattenslekande kustgädda nya lekplatser.

Så gjordes även i Björnöfjärden. Där grävdes en gäddvåtmark ut, som fungerar så att den vallas in mot havet, så att den fångar in regn och smältvatten från området uppströms. En fiskvandringssväg, i form av en smal fåra, grävs mellan våtmarken och havet. Under våren är det gott om vatten i fåran, och då kan gäddor och andra fiskar simma upp där för att leka och sedan simma ut till havet igen när leken är över.

Under de varma försommarmånaderna minskar vattenflödet, och då är det för lite vatten i vandringssvägen för att fiskar ska kunna ta sig in. Det skyddar de nykläckta gäddynglen i våtmarken från rovfisk. Samtidigt värms vattnet i våtmarken upp snabbare än i havet, och det gynnar fiskynglens utveckling. Runt midsommar är de små gäddorna redo att simma ut i viken. Då släpps vattnet – och smågäddorna – i våtmarken ut via en nivåregleringsbrunn. Brunnen stängs sedan igen på hösten, så att nytt regn och smältvatten ska kunna samlas i våtmarken inför nästa års gäddlek.

En gäddvåtmark kräver en del skötsel för att fungera. Förutom att vattennivån behöver regleras måste vegetationen underhållas genom bete eller slåtter.

Under det första året som gäddvåtmarken vid Björnöfjärden var i drift var det inga gäddor som valde att gå upp där för att leka. Forskarna tror att vattenkvaliteten då ännu var för dålig. De följande två åren, efter att konferensanläggningen med musteriet fått en bättre avloppsrening, blev det bättre, och åtminstone ett tiotal gäddhonor vandrade då upp på våren, och åtminstone ett hundratal gäddyngel släpptes ut i viken när våtmarken tömdes efter midsommar. Nu när det gått ett antal år sedan våtmarken färdigställdes produceras hundratals yngel per år.

Lekfiskeförbud

För att ytterligare öka rovfiskarnas möjligheter att bli fler infördes också fiskeförbud i Björnöfjärden under den mest kritiska perioden i fiskarnas livscykel; ett så kallat lekfiskeförbud som gäller 1 april-15 juni.¹⁵

¹⁵ Mer om gäddvätmarker och gäddornas lek finns i [Vitboken från projekt Levande kust](#) på s. 37-40.



STEG 6: ALUMINIUMBEHANDLA VIKEN FÖR ATT MINSKA INTERNBELASTNINGEN

Med de tidigare stegen har ni gjort mycket för att minska fosfortillförseln från land. Det är vad som krävs för att bli av med övergödningen och få ett klarare vatten och friskare ekosystem på sikt. Men det ger tyvärr ingen omedelbar tydlig förbättring. Anledningen är att det redan finns så mycket näring i viken. Samma problematik gäller för hela Östersjön.

Länderna i avrinningsområdet har de senaste decennierna lyckats få ner utsläppen av både kväve och fosfor från toppen på 1980-talet, så att de nu är på ungefär samma nivåer som på 1950-60-talen. Ändå lider Östersjön, i synnerhet den centrala delen som kallas "Egentliga Östersjön", fortfarande stort av övergödning, och utbredningen av syrefria bottnar och djupvatten med syrebrist är större än någonsin.<

Orsaken är alltså de ackumulerade gamla näringsutsläppen. Den delen av näringstillförseln till havet brukar kallas "internbelastning".

Släpper från sediment vid syrebrist

I verklighetens Björnöfjärden utgjorde internbelastningen drygt 70 procent av all fosfortillförsel till vattnet. Liknande siffror gäller för hela Egentliga Östersjön. I ett friskt ekosystem binds fosfor in i bottensedimenten av naturligt förekommande järn, aluminium, kalcium, med flera ämnen. Men vid syrebrist förlorar järnet sin fosforbindande förmåga. Då läcker fosfor istället tillbaka till vattnet, och spår på övergödningen ytterligare.

Det blir en ond cirkel, som börjar med att för mycket näring från land orsakar omfattande algblomning. När algerna bryts ner konsumeras syre, och vid stora algmängder leder det till syrebrist. Syrebristen gör att järnet i havets botten inte kan binda fosfor från de nedbrutna algerna. Fosfor frisätts istället till vattnet igen, och orsakar nya algblomningar, vilket ger än större syrebrist, och så vidare.

Tekniska lösningar

Hittills känner man till tre olika metoder för att försöka minska läckaget av fosfor från botten och stoppa internbelastningen. Man kan försöka syresätta vattnet med hjälp av pumpar, och därigenom öka den naturliga fosforinbindningen till järn i bottensedimenten. Man kan försöka muddra bort sedimentlager från botten, som innehåller mycket fosfor. Den tredje metoden går ut på att tillsätta fosforbindande ämnen (som aluminium) för att öka fosforbindningen trots att det är syrefria förhållanden.

Ingen av metoderna fungerar i dagsläget för att storskaligt, uthålligt och till rimliga kostnader lösa Östersjöns övergödningssproblem. Men i mindre, lokal skala har aluminiumbehandling framgångsrikt använts för att restaurera övergödda sjöar. I Björnöfjärden prövades denna metod för första gången i havsmiljö, och det är också den metod som ni får använda i spelet för att försöka åtgärda internbelastningen.

I Björnöfjärden behandlades alla bottnar djupare än sex meter (det var där det var syrebrist). En specialbyggd båt förde med hjälp av slangar försiktigt ner polyaluminiumklorid (samma fällningskemikalie som används i reningsverk för att fälla ut fosfor) i de översta två decimetrarna av bottensedimenten.

Redan några dagar efter aluminiumbehandlingen blev vattnet i Björnöfjärden klarare. I flera år efter behandlingen kunde forskarna se att medelkoncentrationen av fosfor i vattnet halverats, både jämfört med perioden före behandlingen och jämfört med referensviken, som inte fått någon behandling.

Senare har halterna ökat lite på grund av fortsatt tillförsel från avrinningsområdet och import från fjärden utanför.

Risker

Finns det då inga risker med aluminiumbehandling? Jo, aluminium i löst form är giftigt för vattenlevande organismer om det förekommer i höga koncentrationer. Aluminiums löslighet styrs av vattnets surhetsgrad. Vid det pH som generellt råder i Östersjöns bottensediment (runt pH 7) är lösligheten mycket låg.

Men för säkerhets skull följdes effekterna av behandlingen upp under flera år. Forskarna kunde till en början se spår av behandlingen i form av förhöjda aluminiumhalter i alger och djur, men ökningen avtog snabbt och forskarna drog slutsatsen att behandlingen inte varit farlig.

Effekten avtar med tiden

Aluminiumbehandling skulle kanske kunna användas i fler övergödda havsvikar. Men det är en resurskrävande och kostsam metod, och inte rimligt att använda i hela Östersjön. Forskarna såg också att den goda effekten med halverad internbelastning avtog efter några år. Orsaken är att de sediment som behandlats hela tiden täcks över av nya sediment, och att det kommer in fosforrikt vatten från fjärden utanför.

Arbetet med att minska tillförseln av näringsämnen från land, måste därför uthålligt och tålmodigt fortsätta, både i Björnöfjärdens och hela Östersjöns avrinningsområde. På några decenniers sikt kommer vi enligt forskarna kunna se märkbara resultat av det.

Tidskrävande arbete

Ni behövde runt en timme för att rädda viken i spelet. I verkligheten arbetade forskarna i sju år med Björnöfjärden, med övergödningsåtgärder, mätningar och utvärderingar, och sedan ytterligare uppföljningsarbete efter det.

Efter alla åtgärder kunde de se att vattnet blev klarare och att bottenvegetationen åter bredde ut sig. Syreförhållandena blev bättre, åtminstone på de mellandjupa bottenarna, och där kom bottendjur och rovfiskar tillbaka.

Slutsatsen blev att det går att återfå en god ekologisk status i övergödda, inneslutna havsvikar. Men det tar tid och kräver mycket kunskap, arbete och pengar. Och det är många som behöver samarbeta för att det ska lyckas.^{16 17}

¹⁶ Forskarnas slutsatser i större detalj finns att läsa i [Vitboken från projekt Levande kust](#) och i [den fullständiga vitboken](#).

¹⁷ I samhället ställs alltid olika saker mot varandra. Vi måste välja vad vi ska lägga våra resurser på. En av forskarnas uppgifter i projektet var att ta reda på vilka åtgärder som är mest kostnadseffektiva. Det kan vara intressant att låta eleverna diskutera eller debattera vad de tycker att olika saker är värda, i pengar räknat. Hur värderar de att kunna bada i klart, fräscht vatten, istället för att mötas av en illaluktande, och kanske till och med giftig, algsoppa? Hur mycket är det värt att kunna få en fisk på kroken? Att maten från havet är fri från gifter och plastpartiklar? Eller att bevara Östersjöns biologiska mångfald? Om man har en begränsad pengapåse – hur vill de fördela den på olika saker som vi behöver i samhället: vård och omsorg, utbildning, forskning och innovation, miljövård, kultur, bostäder, kollektivtrafik, utvecklingssamarbete med andra länder, polis, försvar ...?

KOPPLING TILL LÄROPLANER

GYMNASIET (LGY11)

Centralt innehåll som övningen passar för:

Biologi

Ur ämnets syfte: Förståelse av biologins betydelse i samhället och för skyddandet av jordens ekosystem. Utveckla ett naturvetenskapligt perspektiv på vår omvärld. Argumentera kring och presentera analyser och slutsatser. Naturvetenskapliga arbetsmetoder.

Exempel på centralt innehåll:

- Biologi 1
 - Ekologi
 - Ekosystemens struktur och dynamik samt Populationers storlek, samhällens artrikedom och artsammansättning samt faktorer som påverkar detta. Övergödning som en tydlig effekt av mänsklig aktivitet, men där det finns goda möjligheter att förändra/minska övergödningseffekter genom förståelse av ekosystemets struktur och funktion.
 - Naturliga och av människan orsakade störningar i ekosystem samt Ekologiskt hållbar utveckling. Syrebrist som ett resultat av naturgeografiska förutsättningar, övergödning och klimatförändringar. Åtgärder och innovativa lösningar i havsmiljön och på land.
 - Biologins karaktär och arbetsmetoder
- Ställningstagande i samhällsfrågor utifrån biologiska förklaringsmodeller

Naturkunskap

Ur ämnets syfte: Förmåga att använda kunskaper om naturvetenskap för att diskutera, göra ställningstaganden och formulera olika handlingsalternativ. Kunskaper om naturvetenskapens roll i aktuella samhällsfrågor och i förhållande till hållbar utveckling. Kunskaper om olika livsstilar konsekvenser för miljön. Exempel på centralt innehåll:

- Naturkunskap 1a1
 - Frågor om hållbar utveckling. Övergödning som en tydlig effekt av mänsklig aktivitet, och förståelse för hur det påverkar ekosystemet i exempelvis kustmiljöer, men också värden för människan, som rekreation. Möjliga åtgärder och innovativa lösningar.

- Naturkunskap 1a2
Samband mellan människans livsstil och miljön. Näringsutsläppen som ett resultat av våra samhällen, påverkan på kustmiljön samt möjligheter att på olika sätt minska utsläpp och effekter i miljön.
- Naturkunskap 1b
Frågor om hållbar utveckling, ekosystemtjänster samt Samband mellan människans livsstil och miljön. Övergödning som en tydlig effekt av mänsklig aktivitet, och förståelse för hur det påverkar ekosystemet i exempelvis kustmiljöer, men också värden för människan, som rekreation. Möjliga åtgärder och innovativa lösningar.

Hållbart samhälle

Ur ämnets syfte: Kunskaper om olika förutsättningar och möjligheter för att nå en hållbar utveckling. Förmåga att identifiera, analysera och avgränsa problemområden och föreslå och jämföra olika handlingsalternativ. Förmåga att presentera sina idéer och resultat inom hållbar utveckling. Förmåga att analysera konsekvenser av olika handlingsalternativ utifrån vetenskaplighet och hållbarhet.

Exempel på centralt innehåll:

- Hållbart samhällsbyggande
 - Samband mellan livsstilsfrågor och utformningen av ett hållbart samhälle. Hur mänskliga aktiviteter i avrinningsområdet och vid kusten påverkar Östersjön och kustekosystem, exempelvis genom näringsläckage från matproduktion, djurhållning och avlopp.
 - Praktiska fallstudier. Forsknings- och demonstrationsprojektet Levande kust vid Björnöfjärden är grunden för spelet och visar hur olika åtgärder kan minska effekter av övergödning.
- Miljö och energikunskap
 - Miljöhot och utmaningar samt Samhällets styrmedel kopplat till miljöfrågor. Övergödning som ett resultat av mänsklig aktivitet och hur man kan och har arbetat på olika nivåer och med olika aktörer för att få till en förändring.
 - Praktiska fallstudier. Forsknings- och demonstrationsprojektet Levande kust vid Björnöfjärden är grunden för spelet och visar hur olika åtgärder kan minska effekter av övergödning.

- Politik och hållbar utveckling
 - Miljöhot och politiska utmaningar samt Samhällets styrmedel och mål. Övergödningens historiska utveckling och åtgärder och lösningar på olika nivåer i samhället. Metoder att få medborgare/boende och företagare/aktörer att vidta åtgärder för att minska övergödning i kustnära miljö, för att återfå en resurs för exempelvis rekreation.
 - Praktiska fallstudier. Forsknings- och demonstrationsprojektet Levande kust vid Björnöfjärden är grunden för spelet och visar hur olika åtgärder kan minska effekter av övergödning.

Geografi

Ur ämnets syfte: Kunskaper om olika natur- och kulturlandskap, deras förändring över tid och samband mellan människa, samhälle och miljö.

Exempel på centralt innehåll:

- Geografi 1
 - Processer i mark, vatten och luft. Människans användning och omvandling av naturlandskapet.
 - Urbanisering samt städers framväxt, funktion, struktur och miljöpåverkan.
- Geografi 2
 - Lokalisering av bebyggelse och infrastruktur samt olika perspektiv på hållbar utveckling.

ÅK 7-9 (LGR22)

Biologi

Ur ämnets syfte: Kunskaper om begrepp och förklaringsmodeller för att beskriva och förklara samband i naturen. Använda biologi för att granska information, kommunicera och ta ställning i frågor som rör miljö och hälsa.

Exempel på centralt innehåll:

- Natur och miljö
 - Lokala ekosystem.
 - Människans påverkan på naturen lokalt. Hur man kan främja hållbar utveckling. Övergödning som en tydlig effekt av mänsklig aktivitet, men där det finns goda möjligheter att förändra/minska övergödningseffekter genom förståelse av ekosystemets struktur och funktion. Åtgärder och innovativa lösningar i havsmiljön och på land.
- Systematiska undersökningar och granskning av information
Argumentation och ställningstaganden i aktuella frågor som rör miljö.
Diskussion om åtgärder, prioriteringar, kostnader och effekter utifrån fallstudien i spelet.

Geografi

Ur ämnets syfte: Kunskaper om hur naturens processer och människors verksamheter formar och förändrar landskap och livsmiljöer. Kunskaper om miljö- och utvecklingsfrågor utifrån ekologiska, sociala och ekonomiska perspektiv på hållbar utveckling.

Exempel på centralt innehåll:

- Geografiska förhållanden, mönster och processer
 - Namn och läge på platser och regioner som är relevanta för studierna av hållbarhetsfrågor. Östersjön som ett område för olika perspektiv på hållbarhet, för mänsklig påverkan och för åtgärder.
- Hållbar utveckling
 - Människors tillgång till och användning av förnybara och icke-förnybara naturresurser och hur det påverkar människans livsmiljöer. Näringsämnen (kväve och fosfor, som är en ändlig resurs) som används för odling men också blir "avfall" och orsakar övergödande utsläpp.
 - Lokalt, regionalt och globalt arbete för att främja hållbar utveckling. Internationellt samarbete för att lösa gemensamma miljöproblem. Forsknings- och demonstrationsprojektet Levande kust i Björnöfjärden, som utgör grunden för spelet, som exempel på hur förändring kan skapas genom arbete på olika nivåer.