



ÖVNING

Lärrarhandledning

Få "torskäggen" att sväva

I Östersjön lever torsken på gränsen för vad den tål. Den har anpassat sig till det bräckta vattnet, bland annat genom att producera ägg med lägre densitet. För att överleva måste nämligen äggen kunna sväva i vattnet. Kan ni få äggen att sväva?



SYFTE

Genom ett naturvetenskapligt försök och praktiskt exempel på evolution få förståelse för hur de speciella miljöförhållandena i Östersjön (brackvatten, skiktning) selekterar fram anpassningar hos de organismer som lever där.

TIPS

- Denna övning kombineras med fördel med övningen och stoffet i "Gör en Östersjöskiktning i klassrummet" under "Geografi och historia".
- Du kan använda den som en tillämpad del av grundläggande undervisning om densitet och flytkraft.
- Försöket är lämpligt att utföra två och två, men kan också göras som en demonstration för hela klassen.
- Övningen kan kopplas till en diskussion om hållbarhet och fiske och den resurs fisken utgör. Vilka arter äter vi människor? (ofta större rovfiskar) Vilka bestånd är hållbara att fiska på, och med vilka redskap? Ta gärna stöd av [WWF:s fiskguide](#). På Livsmedelsverkets webb finns information om hälsorisker av att äta fisk från Östersjön på grund av de miljögifter vi släppt ut.

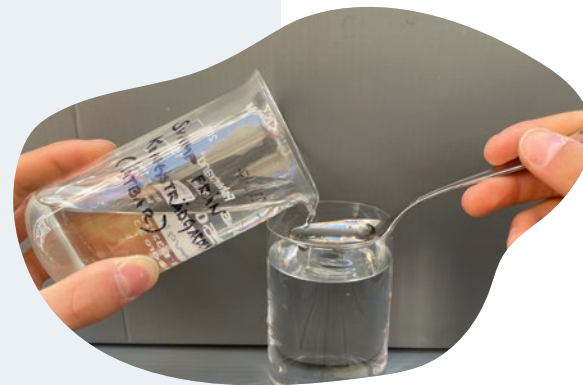
DETTA ÄR VAD DU BEHÖVER:

- Högt, smalt glas – t.ex. ett större mätglas
- En liten bägare
- Stor och liten sked
- Decilitermått
- Tillbringare eller stor bägare
- Salt
- Tångkaviar (om ni vill köra veganskt) eller sillrom (om ni vill använda riktiga fiskägg)*
- Kranvatten

*Torskägg är tyvärr svårt att få tag på. Ni kan också använda stenbitsrom, som kommer från arten sjurygg, men det fisket är mer tveksamt ur hållbarhetssynpunkt. Både sill/strömring och stenbit lägger, till skillnad från torsken, sina ägg på botten vid leken. Den rom som säljs på burk är saltad, så romkornen har mycket högre densitet än de naturliga fiskäggen. Tångkaviar är en vegansk produkt som görs av brunalger, kryddor och färgämnen.

GÖR SÅ HÄR

1. Lägg en liten klick romkorn i lite vatten i den lilla bägaren för att skilja kornen åt.
2. Fyll det höga glaset med kranvatten (sötvatten).
3. Lägg i några romkorn och se vad som händer. (De sjunker snabbt till botten.)
4. Blanda till saltvatten i tillbringaren. Rör om tills allt salt löst sig ordentligt. För att försöket ska bli tydligt behöver man hög salthalt, förslagsvis en deciliter salt per liter vatten. (Det är många gånger mer än i Östersjöns djupbassänger, men så har också tångkaviar och rom i handeln mycket högre salthalt än ett torskägg.)
5. Töm glaset och gör om försöket, nu med en skiktning i glaset, med saltvatten nertill. För att få en stabilare skiktning kan ni ta kallt kranvatten till saltvattnet och ljummet till sötvattnet. (Salt och kallt vatten är tyngre än sött och varmt.)
6. Häll saltvattnet i glaset, upp till ca 3/4 av glasets höjd.
7. Häll försiktigt på sötvatten, så att det lägger sig uppe på saltvattnet. För att få en tydlig skiktning: häll långsamt och håll emot med en sked, så att vattenmassorna inte blandas.
8. Lägg i några romkorn och se vad som händer. Svävar de, liksom torskäggen i Östersjöns djupbassänger?
9. Kan ni se språngskiktet mellan det söta och det salta vattnet? Det kan synas som en lite slirig, otydlig gräns. Om man vill göra det tydligare kan man färga antingen det söta eller salta vattnet med karamellfärg. (Se övningen "Gör en Östersjöskiktning i klassrummet" under "Geografi och historia".)
10. Efter några minuter kommer romkornen att börja sjunka. Resonera om varför! (Det osmotiska trycket gör att vatten trycks ut ur äggen/kornen varpå densiteten ökar.)
11. Hur behöver ett torskägg vara utrustat för att detta inte ska ske? (Torskens ägg har en mycket låg vattenpermeabilitet. Det membran som ligger närmast embryot, den så kallade chorion, är nästan helt ogenomträngligt för vatten. Därmed kan ägget bibehålla sin osmotiska balans. Nio dagar efter att ägget blivit befruktat börjar embryot också aktivt att dricka vatten och avge salt – liksom vuxna torsk gör).



BEGREPP

DENSITET

Ett ämnes densitet beror på hur tätt packade dess atomer eller molekyler är. Densitet definieras som massan per volymenhet. Saltvatten innehåller förutom vattenmolekylerna även lösta joner, vilket ger det högre densitet än sötvatten. Ju saltare vattnet är, desto högre densitet har det. Det saltaste vattnet i Östersjön lägger sig därför längst ner, i djuphålorna.

EVOLUTIONÄR ANPASSNING

Evolution är förändringen av organismers ärftliga egenskaper över tid. Det är evolutionen som har gett upphov till den enorma biologiska mångfalden på jorden. Evolutionen verkar genom det naturliga urvalet. Det innebär att individer med arvsanlag som är fördelaktiga i en viss miljö klarar sig bättre och får fler avkommor. För varje generation ökar därför andelen individer i populationen som har dessa fördelaktiga egenskaper = organismen anpassar sig till miljön den befinner sig i. När miljön förändras (till exempel salthalt, temperatur, förekomsten av föda, konkurrenter eller rovdjur) förändras också urvalet och därmed evolutionens riktning.

Evolutionen är avsiktslös och har inget syfte. Den verkar på det den har. Anpassningar beror därför inte bara på miljön utan på vilka egenskaper som kan variera.

TORSKEN I ÖSTERSJÖN

Östersjön är ur ett evolutionärt perspektiv ett extremt ungt ekosystem. De arter som ingår i ekosystemet har som mest bara haft några tusen år på sig att anpassa sig till dess särskilda miljöförhållanden, med brackvatten och salthaltsgradienter – både från norr till söder och från ytan till botten. (Mer om Östersjöns salthaltsgradienter, hur de uppstår och vad de innebär för syreförhållandena i djupvattnet finns i faktaunderlaget och i övningen "Gör en Östersjöskiktning i klassrummet" under "Geografi och historia".)



Torskyngel

TORSKENS ANPASSNING TILL BRACKVATTEN

Torsken vandrade in från Atlanten till Östersjön för 6 000-8 000 år sedan, under den fas av Östersjöns historia som kallas Littorinahavet. Då var salthalten lite högre än nu. (Mer om Littorinahavet och Östersjöns historia finns i nyss nämnda faktaunderlag.)

I Östersjön mötte torsken ändå en miljö med betydligt lägre salthalt än den var van vid från Nordsjön. Att leva i brackvatten är en utmaning som de flesta marina arter inte klarar av. Särskilt förökningsstadiet är känsligt, eftersom ägg och spermier har så tunn barriär mot det omgivande vattnet. För att överleva var torsken tvungen att anpassa sig, och anpassningarna fortgår än idag.

SVÄVANDE ÄGG

Torskar lägger pelagiska ägg, det vill säga ägg som får sväva fritt i den öppna vattenmassan. Det skyddar äggen från skador och parasiter. Många av äggen går ändå förlorade, t.ex. genom att de blir uppätta. Då hjälper det att en enda stor torskhona kan lägga miljoner ägg. Äggen behöver en viss salthalt för att kunna flyta, och sjunker tills de hamnar i rätt salthalt i djupare vattenlager. Även torskens spermier behöver en viss salthalt för att kunna röra sig. Om salthalten är för låg blir de orörliga och ingen befruktning kan ske.

För att överleva i Östersjön har torsken behövt anpassa både sina ägg och spermier så att de kan flyta respektive röra sig i Östersjöns lägre salthalt. Atlanttorskens ägg behöver en salthalt på närmare 30 promille för att hålla sig flytande, medan Östersjötorskens ägg genom evolutionär anpassning har en lägre densitet och flyter redan vid en salthalt på 12-18 promille.

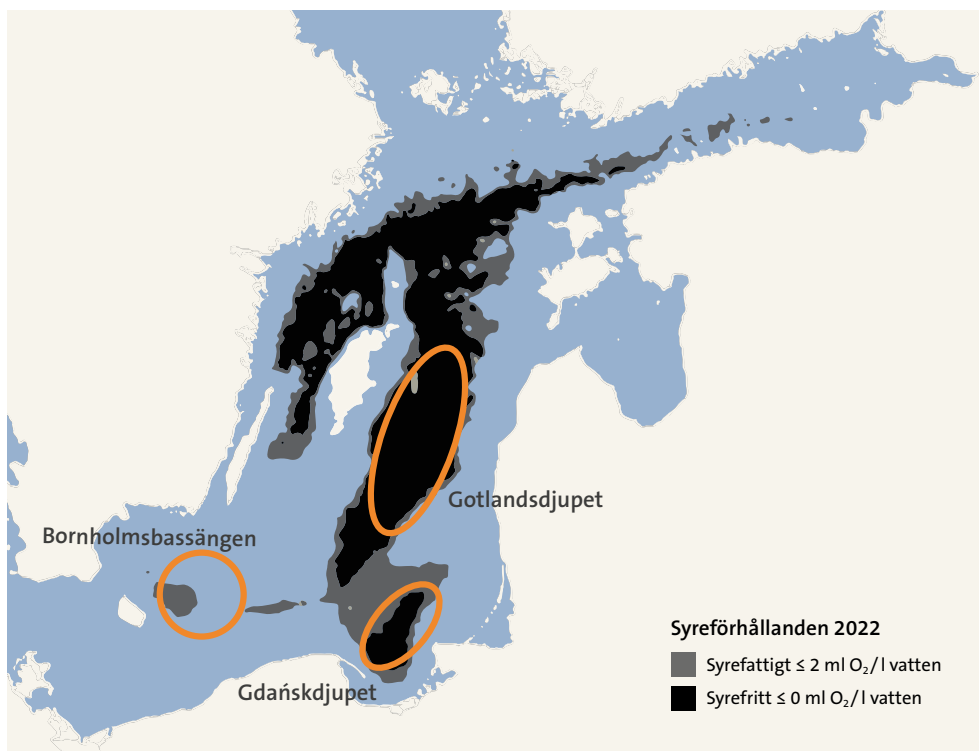
LEKOMRÅDEN I ÖSTERSJÖNS DJUPHÅLOR

Torsken i Östersjön lever på gränsen för vad den tål. Även om den har anpassat sig är det bara där Östersjöns vatten är som saltast, nere i djuphålorna, som salthalten är hög nog för att den ska kunna föröka sig.

Problemet är att Östersjöns djupvatten ofta har brist på syre, vilket gör det svårt för både torskägg och -spermier att överleva. Torsken är beroende av regelbundna saltvatteninbrott från Nordsjön, som fyller på med salt och syrerikt vatten i djupbassängerna.

Tidigare har det funnits tre områden i Östersjön där halterna av salt och syre varit tillräckligt höga för att torsken ska lyckas med sin reproduktion: Gotlandsdjupet, Gdańskdjupet och Bornholmsbassängen. Gotlandsdjupet har historiskt varit det största och viktigaste lekområdet för Östersjötorsken. Men sedan slutet av 1980-talet har syreförhållandena både där och i Gdańskdjupet varit så dåliga att torsken inte kunnat reproducera sig. Flera år utan större saltvatteninbrott gjorde också att vattnet sötades ut så mycket att torskens ägg sjönk till botten och dog. Sedan dess leker den nästan bara i Bornholmsbassängen.

Fiskforskarna tar reda på var torsken leker helt enkelt genom att håva efter de genomskinliga torskäggen i vattnet.



För att lyckas med sin reproduktion behöver torsken salt, syrerikt vatten. Tidigare har den haft tre leksträcker i djupbassängerna i södra Östersjön: Gotlandsdjupet, Gdańskdjupet och Bornholmsbassängen. Ett problem för torskens i Östersjön är att dess leksträcker i stora delar sammanfaller med områden med stor syrebrist. Numera leker den nästan bara i Bornholmsbassängen.

PÅ VÄG ATT BLI EN EGEN ART

Torsken i Östersjön har med tiden blivit alltmer skild från Atlanttorsken. Det är inte bara anatomiska förändringar av ägg och spermier som skett, utan också förändringar i beteende. Östersjötorsken leker under sommaren, medan Atlanttorsken leker under vintern.

Forskare har kunnat identifiera speciella gener som skiljer populationerna åt. Det är gener som styr äggens flytförmåga och den osmotiska regleringen.

En fråga bland forskare är när anpassningar till nya miljöförhållanden gått så långt att en art har utvecklats till två. Östersjötorsken är i alla fall på väg att bli en egen art. Skillnaderna mellan Östersjö- och Atlanttorsken är idag så stora, att om torskbeståndet i Bornholmsbassängen slås ut, kan det inte ersättas genom att samla in och släppa ut torsk från Nordsjön.

VIKTIG ROLL I EKOSYSTEMET

Östersjöns utsjöområden är artmässigt relativt enkla ekosystem som domineras av tre marina fiskarter: torsk, skarpsill och strömming. Samtidigt finns ett rikt liv av många växt- och djurplanktonarter som utgör basen i näringsväven i den fria vattenmassan. Torsken är högt upp i näringsväven och spelar en nyckelroll i ekosystemet. Som litet yngel lever torsken i det fria vattnet och äter djurplankton. När den blivit 4–6 cm lång övergår den till att leva nära botten där den äter kräftdjur, snäckor och musslor. Som vuxen lever den främst på planktonätande fisk, som skarpsill och strömming. Den är också kannibal, och en stor torsk äter små torskar. Mer än hälften av en årsklass kan ätas upp av sina artfränder.

Som stor rovfisk har torsken en mycket viktig strukturerande roll i det marina ekosystemet. När populationerna av torsk förändras får det effekter på alla underliggande nivåer i näringskedjan. Och näringskedjorna i havet är ofta komplicerade: till exempel är det inte bara torskar som äter strömming och skarpsill, utan strömming och skarpsill kan också äta torsk, när torsken är i den planktoniska fasen av sin livscykel – i form av ägg och larver. Så populationerna påverkar varandra åt flera håll.

Torsken i sin tur äts av både säl och vissa fågelarter. De påverkar dock inte torskpopulationerna så mycket. Däremot minskar torskarnas överlevnad kraftigt av människans fiske och av parasiter, i form av rundmaskar, som infekterar torskens muskulatur, lever och andra organ, särskilt om den redan är i dålig kondition.

KRITISKT LÄGE FÖR TORSKEN I ÖSTERSJÖN

I början på 1980-talet fanns rekordmycket torsk i Östersjön, kanske som ett resultat av övergödningen, som gav god tillgång på planktonätande strömming och skarpsill, som är torskens bytesfiskar. Men sedan krympte torskbestånden, förmodligen för att den förlorat två av sina lekplatser (se ovan). Ändå fortsatte fisket på en hög nivå.

Så småningom infördes effektiva fiskeregleringar, och torskarna lyckades mycket väl med sin förökning i Bornholmsbassängen under några år strax efter millennieskiftet. Ändå har bestånden inte återhämtat sig. Torskarna har blivit mindre i storlek, och deras överlevnad har gått ner. Forskarna vet inte säkert varför. Olika teorier har presenterats, om syrebrist och födobrist. Parasiter försvagar också torskarna. Ett som är säkert är att torskens bytesfiskar strömming och skarpsill har blivit ordentligt nedfiskade i Östersjön. Idag befinner sig Östersjötorsken i en kritisk situation.

ÖSTERSJÖTORSKEN I FRAMTIDEN

Klimatförändringarna förväntas leda till större nederbörd över Östersjöns avrinningsområde, vilket leder till att Östersjön blir mer utsötad. Det skulle göra det ännu svårare för torsken att reproducera sig. Vi vet inte om torsken klarar att anpassa sig till ännu lägre salthalt. Varmare vatten kan inte heller hålla lika mycket syre.

Klimatförändringarna leder dock också till havsnivåhöjningar, som tvärtom kan göra att mer saltvatten, som också för med sig syre till djupvattnet, kan flöda in från Nordsjön genom de danska sunden, vilket i så fall skulle underlätta för torsken.



Juvenil torsk i fritt vatten nattetid

KOPPLING TILL LÄROPLANEN

GYMNASIET (LGY11)

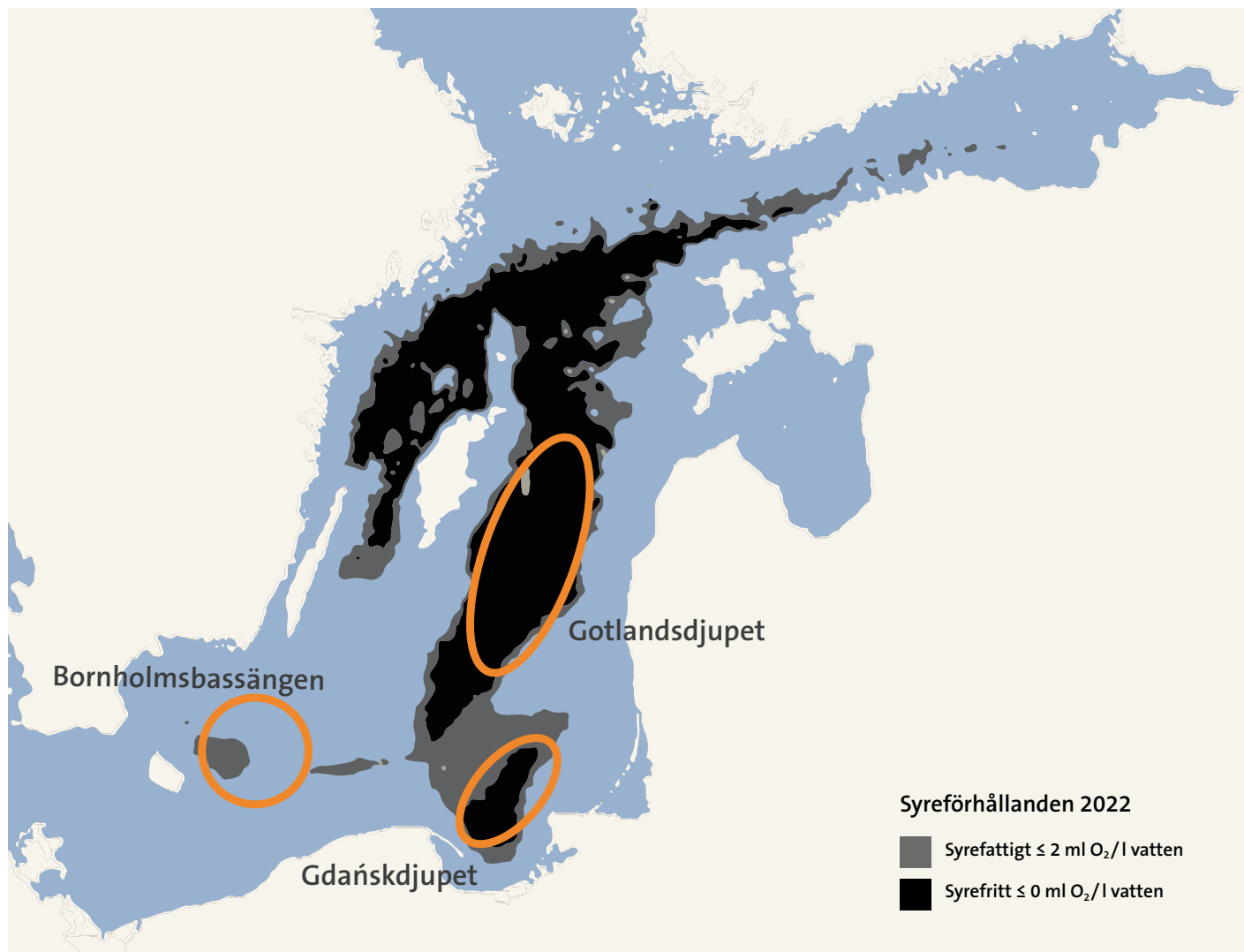
Centralt innehåll som övningen passar för:

- **Biologi 1**
 - Ekologi – koppling till näringsväv och torskens roll. Berör också av människan orsakade störningar (syrefria bottenar).
 - Evolution - torskens anpassningar i Östersjön, mekanismer och selektion samt artbildning.
 - Biologins arbetsmetoder – beroende på hur övningen används (Naturvetenskaplig frågeställning. Modeller av verkligheten. Experiment.)
- **Biologi 2**
 - Cell- och molekylärbiologi – utveckling av torskäggen, transport av ämnen över membran (osmos).
 - Organismens funktion – samband mellan evolution och torskens livscykel och reproduktion.
 - Biologins arbetsmetoder – beroende på hur övningen används (Naturvetenskaplig frågeställning. Modeller av verkligheten. Experiment.)
- **Naturkunskap 1b och 1a1**
 - Hållbar utveckling och ekosystempåverkan – förståelse för hur förutsättningar och människans påverkan förändrar torskbeståndet och ekosystemet i Östersjön.
 - Naturvetenskapliga arbetsmetoder/förhållningssätt (ställa frågor och undersöka experimentellt)
- **Naturkunskap 2**
 - Materia och ämnens egenskaper (densitet)
 - Evolution och organismers utveckling
 - Naturvetenskapliga arbetsmetoder – ställa frågor och experimentellt undersöka äggens flytkraft
- **Fysik 1a, 1b1**
 - Rörelser och kraft – Arkimedes princip, flytkraft
 - Fysikens karaktär, arbetssätt och metoder – experimentella undersökningar
- **Naturvetenskaplig specialisering**
 - Experiment, observationer

ÅK 7–9 (LGR22)

Centralt innehåll som övningen passar för:

- Biologi
 - Natur och miljö – evolutionens mekanismer som bakgrund till torskens anpassningar i Östersjön.
 - Människans påverkan på naturen, beroende på upplägg (kopplar till övergödning och därmed hållbar utveckling)
 - Systematiska undersökningar (t ex att eleverna får pröva sig fram)
- Fysik
 - Fysiken i naturen – vattnets densitet
 - Systematiska undersökningar – observationer och experiment



För att lyckas med sin reproduktion behöver torsken salt, syrerikt vatten. Tidigare har den haft tre lekströmmar, i djupbassängerna i södra Östersjön: Gotlandsdjupet, Gdańskdjupet och Bornholmsbassängen. Numera leker den nästan bara i Bornholmsbassängen.