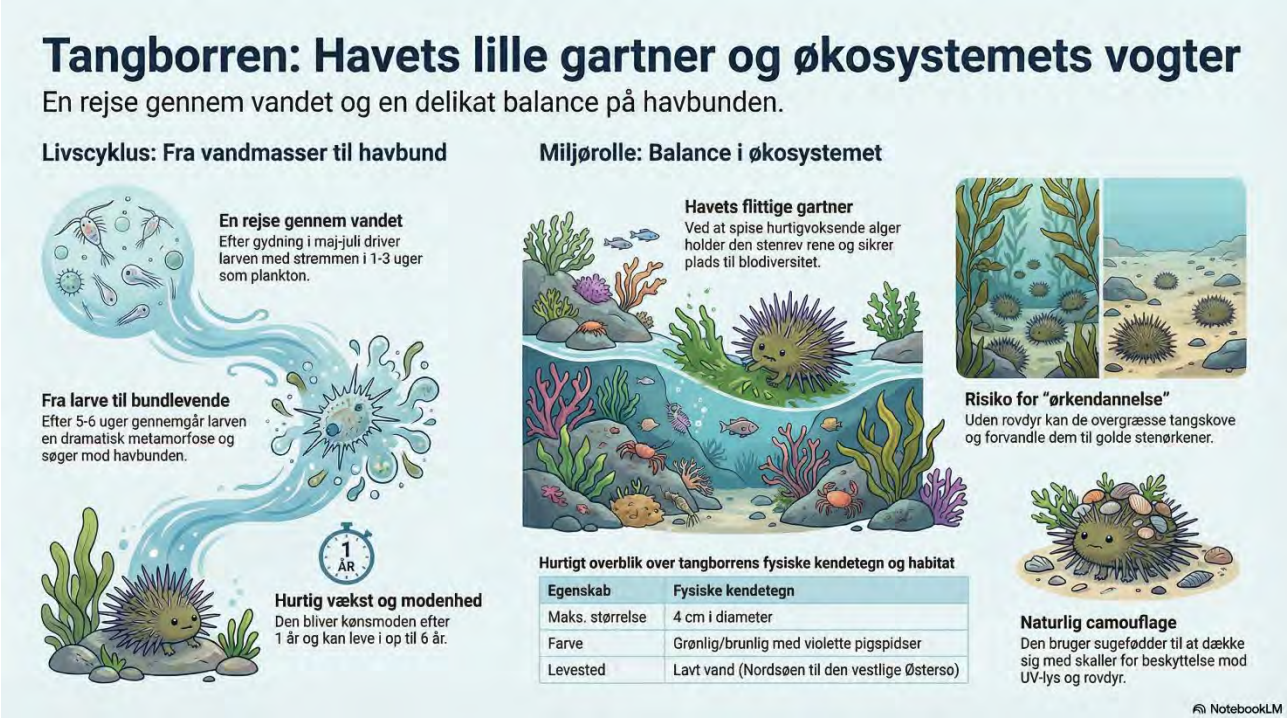
Tangborre

AI Gemini redigeret af Carl Vedel Lauridsen



Indhold

Kort oversigt 2

Livscyklus 3

Miljøpåvirkning 3

1. Græsningseffekt (Top-down kontrol) 3

2. Beskyttelse og adfærd 3

3. Indikator for vandkvalitet 4

Oversigt over fakta 4

En dybdegående analyse af tangborren (Psammechinus miliaris): Biologi, livscyklus og økologisk interaktion i de danske farvande 5

Taksonomisk klassificering og national status 5

Morfologisk karakterisering og funktionelle træk 6

Farvevariation og camouflageadfærd 6

Anatomiske detaljer og fødeoptagelsesapparat 6

Habitat og geografisk udbredelse 7

Præferencer for levesteder 7
Livscyklus og reproduktionsbiologi 8
Gydning og tidlig udvikling 8
Embryonale stadier 8
Det planktotrofe larvestadie: Echinopluteus 9
Metamorfose og juvenil vækst 9
Trofisk økologi: Tangborren som nøgleart 9
Diæt og fødepræferencer 10
Græsningstryk og økosystemeffekter 10
Miljøpåvirkning og fysiologiske tolerancer 11
Saltholdighed og osmotisk stress 11
Temperaturpåvirkning 11
Havforsuring (CO_2 og pH) 11
Miljøtilstanden i danske farvande og betydningen for tangborren 12
Iltsvind (Hypoxia) 12
Eutrofiering og vandklarhed 12
Habitatbeskyttelse og stenrev 12
Akvakultur og kommercielt potentiale 12
Forbedring af gonadekvalitet 13
Integreret multitrofisk akvakultur (IMTA) 13
Konklusion og fremtidsperspektiv 13
Citerede værker 14

Kort oversigt

Tangborre (**Psammechinus miliaris**) er et af de mest almindelige søpindsvin i de danske farvande. Selvom navnet "tangborre" også undertiden bruges om visse træborende krebsdyr (som f.eks. pælekrebs/*Limnoria lignorum*), refererer det i dansk biologi primært til det lille, grønlige søpindsvin.

Herunder gennemgås dets livscyklus og miljøpåvirkning.

Livscyklus

Tangborren har en kompleks livscyklus, der starter i det frie vand og ender på havbunden.

- **Gydning:** I forsommeren (typisk maj-juli) frigiver hanner og hunner deres kønsceller direkte i vandet, hvor befrugtningen sker.
- **Larvestadiet (Pelagisk fase):** Efter befrugtningen udvikles ægget til en fritsvømmende larve (en såkaldt *echinopluteus*). Denne fase varer typisk **1-3 uger**, hvor larven driver med strømmen og lever af plankton.
- **Metamorfose:** Når larven er klar, søger den mod bunden. Her gennemgår den en dramatisk forvandling (metamorfose) til et lillebitte søpindsvin. Den samlede larvetid fra æg til bundstadium er ca. **5-6 uger**.
- **Vækst og modenhed:** Tangborren vokser relativt hurtigt og bliver kønsmoden efter cirka **1 år**. Den kan opnå en diameter på op til 4 cm (uden pigge).
- **Levetid:** Under gunstige forhold kan en tangborre leve i op til **5-6 år**.

Miljøpåvirkning

Tangborren spiller en dobbeltrolle i det marine miljø – den er både en vigtig del af biodiversiteten og en potentiel trussel mod tangskove, hvis bestanden bliver for stor.

1. Græsningseffekt (Top-down kontrol)

Tangborren er omnivor (altædende). Den lever af alger, bændeltang, muslinger, rurer og smådyr.

- **Positivt:** Ved at græsse på hurtigvoksende alger kan den holde stenrev rene, så der bliver plads til nye arter.
- **Negativt:** Hvis bestanden eksploderer (f.eks. på grund af mangel på rovdyr som torsk eller krabber), kan de overgræsse tangskove. I områder som Limfjorden har man set eksempler på, at tangborrer har forvandlet produktive tangskove til "ørkener" af bare sten, hvilket reducerer områdets samlede biodiversitet markant.

2. Beskyttelse og adfærd

Den er kendt for sin "maskeringsadfærd", hvor den bruger sine sugefødder til at dække sig med algestumper eller skaller. Dette beskytter den mod rovdyr og stærkt UV-lys på lavt vand. På kalkklipper kan den desuden bore små skålformede fordybninger med sine pigge for at sidde bedre fast i bølgeslag.

3. Indikator for vandkvalitet

Da tangborren er afhængig af sunde tangskove og stenrev, fungerer tilstedeværelsen af en balanceret bestand som en indikator for et velfungerende økosystem. Forurening med næringsstoffer (eutrofiering) kan dog indirekte påvirke dem ved at skabe iltsvind, som tangborrer er følsomme overfor.

Oversigt over fakta

Egenskab	Detaljer
Maks. størrelse	4 cm i diameter
Farve	Grønlig/brunlig med violette pigspidser
Føde	Alger, bændeltang, muslinger, smådyr
Levested	Fra Nordsøen til den vestlige Østersø (lavt vand)
Miljørolle	Græsser, der regulerer algevækst og biodiversitet

En dybdegående analyse af tangborren (Psammechinus miliaris): Biologi, livscyklus og økologisk interaktion i de danske farvande

Tangborren, videnskabeligt kendt som *Psammechinus miliaris*, udgør en af de mest betydningsfulde og udbredte arter af søpindsvin i det nordøstlige Atlanterhav, med en særlig økologisk tyngde i de indre danske farvande.[1] Som en central komponent i de bentiske økosystemer fungerer arten både som en effektiv græsser og som en indikator for miljøtilstanden i kystnære områder.[3] Denne rapport præsenterer en udtømmende gennemgang af artens taksonomi, morfologi, livscyklus og dens komplekse reaktioner på miljømæssige presfaktorer, herunder klimaforandringer og eutrofiering.

Taksonomisk klassificering og national status

Inden for den systematiske biologi klassificeres *Psammechinus miliaris* under ordenen Echinoida og familien Echinidae.[1] Arten blev oprindeligt beskrevet af P.L.S. Müller i 1771, og dens videnskabelige placering har været stabil gennem moderne taksonomiske revisioner, selvom den i ældre litteratur undertiden kan findes under andre synonymer eller folkelige betegnelser som "burrs".[1] I Danmark er tangborren defineret som en national ansvarsart.[1] Dette skyldes, at de danske farvande, herunder overgangszonen mellem det salte Kattegat og den brakke Østersø, rummer en så væsentlig del af den samlede globale bestand, at Danmark har en særlig forpligtelse til at overvåge og beskytte artens levesteder.[1]

Taksonomisk niveau	Betegnelse
Rige	Animalia (Dyreriget)
Række	Echinodermata (Pighuder)
Klasse	Echinoidea (Søpindsvin)
Orden	Echinoida

Familie	Echinidae
Slægt	Psammechinus
Art	P. miliaris

Denne klassificering placerer tangborren i nær relation til andre almindelige europæiske arter som det spiselige søpindsvin (*Echinus esculentus*) og det grønne søpindsvin (*Strongylocentrotus droebachiensis*), sidstnævnte som den ofte forveksles med.[1] Dog adskiller tangborren sig markant ved sin mindre størrelse og specifikke morfologiske detaljer på pigge og ambulacralplader.[5]

Morfologisk karakterisering og funktionelle træk

Tangborren er karakteriseret ved en robust, men relativt lille test (skal), der typisk opnår en diameter på mellem 3,5 og 4 cm, selvom individer på op til 5,75 cm er dokumenteret i gunstige habitater.[1] Skallen er fladt hvælvet og besat med korte, kraftige pigge, der sidder tæt og giver dyret et tæt, børsteagtigt udseende.[1]

Farvevariation og camouflageadfærd

Farven på *Psammechinus miliaris* udviser en betydelig fænotypisk plasticitet, som ofte afspejler dens levested. Individer, der findes i litorale zoner (strandkanten), er ofte mørkere, med dybe lilla eller brune nuancer på både test og pigge.[5] I modsætning hertil har sublittorale individer (fra dybere vand) en tendens til at have en lysere grønlig test, hvor piggene har tydelige og karakteristiske violette spidser.[1]

Et af de mest bemærkelsesværdige adfærdstræk hos tangborren er dens tendens til at dække sig med diverse materialer fra havbunden.[1] Ved hjælp af sine sugefødder (podia) fastholder den algestumper, tomme skaller, sten eller grus over sin aborale overflade.[1] Denne "covering behavior" formodes at tjene flere formål: dels som camouflage mod visuelle prædatorer som fisk, og dels som beskyttelse mod ultraviolet stråling i de lavvandede områder, hvor lysindtrængningen er høj.[2]

Anatomiske detaljer og fødeoptagelsesapparat

Anatomisk set er tangborren højt specialiseret til et liv på hårdbund. Dens ambulacralplader er forsynet med tre par porer, hvilket er et vigtigt diagnostisk træk ved identifikation af arten.[5] Sugefødderne, der rækker ud gennem disse porer, er ikke blot bevægelsesorganer, men også vigtige sensoriske og respiratoriske redskaber.[8]

I midten af den orale side findes det komplekse tyggeapparat, kendt som Aristoteles' lygte.[8] Dette apparat består af 40 individuelle kalkelementer, herunder fem kraftige tænder, der konstant slides ned og fornys.[8] Denne struktur gør tangborren i stand til at raspe alger af stenoverflader og knuse skallerne på små krebsdyr eller muslinger, hvilket understøtter dens rolle som en opportunistisk omnivor.[2]

Habitat og geografisk udbredelse

Tangborren har en bred geografisk udbredelse, der strækker sig fra Skandinaviens kyster i nord til Marokko i syd.[2] Den mangler dog i Middelhavet, hvor den afløses af nærtbeslægtede arter som *Paracentrotus lividus*.[7] I de danske farvande er den fundet i alle regioner, fra det saltholdige Skagerrak til de vestlige dele af Østersøen, hvor saltholdigheden gradvist falder.[1]

Præferencer for levesteder

Arten er yderst adaptiv og koloniserer mange forskellige substrater. Den foretrækker dog beskyttede kyster med sten og blokke, men findes også i rige forekomster i ålegræsenge (*Zostera marina*) og blandt store alger som sukkertang (*Saccharina latissima*).[1]

Habitatkategori	**Beskrivelse af forekomst**
Stenrev	Dominerende art på naturlige og kunstige rev, hvor den udnytter hulrum til skjul.[4]
Ålegræsenge	Findes ofte tilhæftet rhizomer eller blade, hvor den græsser på epifytter.[1]
Kunstige strukturer	Koloniserer hurtigt brodragere, olieplatforme og akvakulturanlæg.[5]
Blød bund	Kan forekomme på sand eller grus, hvis der findes spredte sten eller skaller som fæstepunkt.[2]

Tangborrens vertikale udbredelse spænder fra tidevandszonen og ned til dybder på omkring 100 meter, men de højeste tætheder observeres normalt på lavt vand mellem 0 og 20 meter.[2] På kalkholdige klipper, som dem man finder i visse dele af Nordeuropa, er det observeret, at

tangborren kan udgrave små fordybninger i selve stenen ved hjælp af mekanisk slid med piggene, hvilket giver den et permanent og sikkert skjulested mod bølgeeksponering.[1]

Livscyklus og reproduktionsbiologi

Tangborren følger en klassisk echinoderm livscyklus, der er karakteriseret ved ekstern befrugtning og et komplekst larvestadie.[12] Forståelsen af denne livscyklus er afgørende for at vurdere artens evne til at rekruttere til nye områder og dens modstandskraft over for miljøændringer.

Gydning og tidlig udvikling

Psammechinus miliaris er særkønnet (gonochoristisk), hvilket betyder, at der findes separate han- og hunindivider.[2] Gydningen finder sted én gang om året, typisk i perioden fra maj til oktober, med en top i forsommeren.[5] Frigivelsen af æg og sæd i vandsøjlen koordineres ofte af miljømæssige faktorer såsom vandtemperatur og dagslængde (fotoperiode).[13] Studier har indikeret, at fotoperioden er den primære stimulus for igangsættelse af gametogenesen (dannelsen af kønsceller), mens lave vintertemperaturer er nødvendige for at fuldføre modningen af æggene.[13]

Hunnen kan producere over 1.000.000 små æg pr. gydning, hvilket er en strategi for at kompensere for den høje dødelighed i de planktoniske stadier.[5] Befrugtningen sker tilfældigt i de frie vandmasser, og den resulterende zygote påbegynder straks en række celledelinger.[14]

Embryonale stadier

De tidlige embryonale stadier foregår hurtigt under optimale temperaturforhold. Ved en temperatur på ca. 23-24^{0}C observeres følgende tidslinje for den tidlige udvikling:

Udviklingstrin	Tid efter befrugtning	Karakteristika
Første kløvning (2 celler)	ca. 1-1,2 timer	Celledelingen initieres.[14]
Morula	ca. 2,5-3,5 timer	En solid kugle af celler dannes.[14]
Blastula (klækning)	ca. 8,5 timer	Embryonet udvikler cilier og bryder ud af æghinden.[14]
Gastrula	ca. 16-19 timer	Dannelse af tarm og de første mesodermceller.[14]

Prisme-stadie	ca. 23-30 timer	Larven antager en trekantet form; skeletstave begynder at vokse.[16]

Det er vigtigt at bemærke, at hastigheden af denne udvikling er stærkt temperaturafhængig. Ved lavere temperaturer, som er mere typiske for danske forårsforhold (10-15^{0}C), kan disse processer tage betydeligt længere tid.[8]

Det planktotrofe larvestadie: Echinopluteus

Efter ca. 2 døgn udvikler embryonet sig til en fuldt fungerende pluteus-larve, der er i stand til at optage føde.[14] Denne larve er karakteriseret ved sine lange "arme", der er støttet af kalkholdige stave og besat med cilier, som både skaber fremdrift og leder fødepartikler (mikroalger) mod munden.[15]

Larveudviklingen gennemgår flere faser, defineret ved antallet af arme:

1. **4-armet pluteus:** De første to par arme (postorale og anterolaterale) forlænges.[15]
2. **6-armet pluteus:** Et tredje par arme (posterodorsale) dannes typisk omkring dag 11-12.[15]
3. **8-armet pluteus:** Det endelige stadie, hvor de præorale arme udvikles.[20]

I løbet af det 8-armede stadie begynder dannelsen af det voksne rudiment inde i larven, typisk på venstre side af mavesækken.[8] Dette rudiment indeholder kimen til de voksne sugefødder og pigge.[20] Larvestadiet varer normalt mellem 20 og 40 dage, hvilket giver tangborren et stort spredningspotentiale, da larverne kan føres over 10 km med havstrømmene.[5]

Metamorfose og juvenil vækst

Når rudimentet er tilstrækkeligt udviklet, søger larven mod havbunden for at finde et egnet substrat.[14] Metamorfosen udløses ofte af kemiske signaler fra biofilm eller specifikke alger.[5] Selve processen er ekstremt hurtig og dramatisk; inden for ca. 1,5 time absorberes larvevævet fuldstændigt, og den lille juvenile tangborre (ca. 0,5 – 1,0 mm i diameter) begynder sit liv på bunden.[14]

De juvenile søpindsvin vokser hurtigt i det første år og opnår kønsmodenhed ved en diameter på ca. 8-10 mm.[5] Væksthastigheden aftager med alderen, og det anslås, at tangborren i de danske farvande når sin maksimale størrelse efter ca. 4-6 år.[13]

Trofisk økologi: Tangborren som nøgleart

Tangborren spiller en central rolle i det marine fødenet som en generalistisk omnivor.[2] Dens evne til at skifte mellem forskellige fødekilder afhængigt af tilgængelighed gør den til en yderst succesfuld art i de dynamiske danske farvande.

Diæt og fødepræferencer

Selvom tangborren ofte betragtes som en planteæder (herbivor), viser detaljerede analyser, at dens diæt er langt mere kompleks.

Fødekategori	Eksempler på bytte/føde
Makroalger	Sukkertang, ålegræs-epifytter, grønalger.[2]
Encrusterende fauna	Bryozoer, hydroider, kalkrørsorme (Spirobranchus triqueter).[3]
Små invertebrater	Barnakler, små blåmuslinger, børsteorme.[2]
Detritus	Organisk materiale fra sedimentet.[2]

Eksperimentelle studier har vist, at tangborren er i stand til at fortære betydelige mængder byttedyr. Et enkelt individ kan indtage mellem 8 og 12 barnakler eller op mod 6 små blåmuslinger på et døgn.[2] Denne prædation kan have en dybdegående effekt på sammensætningen af epifaunaen på stenrev og kunstige strukturer.[3]

Græsningstryk og økosystemeffekter

Den mest markante økologiske effekt af tangborren er dog dens græsning på alger. I områder med høje tætheder af søpindsvin kan de fjerne næsten al makroalgevegetation, hvilket resulterer i såkaldte "urchin barrens".[3] I Limfjorden, specifikt ved de nyanlagte stenrev ved Livø, er der observeret tætheder på over 700 individer pr. m^2.[4] Dette enorme antal medfører et så højt græsningstryk, at makroalgerne kun udgør en forsvindende lille del af den samlede biomasse på revene, selvom lysforholdene burde tillade en tættere vækst.[4] Denne balancegang mellem græsning og algevækst er afgørende for biodiversiteten; moderat græsning kan øge diversiteten ved at skabe plads til nye arter, mens overgræsning kan føre til et økosystemskift mod en mere artsfattig tilstand.[3]

Miljøpåvirkning og fysiologiske tolerancer

Som en benthisk organisme i et varierende havmiljø er tangborren udsat for en række miljømæssige stressfaktorer. De danske farvande er karakteriseret ved stærke gradienter i saltholdighed og temperatur, samt periodiske problemer med iltsvind og eutrofiering.[22]

Saltholdighed og osmotisk stress

Tangborren er, ligesom de fleste pighuder, en stenohalin organisme uden evne til aktiv osmoregulering.[8] Det betyder, at dens indre kropsvæsker følger saltholdigheden i det omgivende vand. Alligevel udviser arten en overraskende tolerance over for varierende salinitet, hvilket forklarer dens tilstedeværelse i de indre danske farvande.

Det er observeret, at der findes to forskellige økotyper af tangborre med hensyn til salinitet:

- **Litorale former:** Findes på lavt vand og foretrækker saltholdigheder mellem 26 og 38 PSU.[8]
- **Sublitorale former:** Tilpasset dybere, mere stabilt vand, men kan i visse områder som f.eks. Limfjorden og den vestlige Østersø klare sig ved saltholdigheder helt ned til 15-18 PSU.[5]

En pludselig eksponering for ferskvand er dog dødelig for arten, hvilket gør den sårbar over for store afstrømninger fra land efter kraftig nedbør, som det f.eks. blev observeret i 2024, hvor afstrømningen var den højeste siden 1961.[8]

Temperaturpåvirkning

Psammechinus miliaris er veltilpasset de tempererede forhold og tolererer temperaturer fra nær frysepunktet og op til ca. 20-25^{0}C i kystnære klippebassiner.[8] Den høje tolerance for lave temperaturer er dokumenteret i Limfjorden, hvor arten overlever vintre med temperaturer lige over 0^{0}C .[6]

Klimaforandringerne medfører dog stigende gennemsnitstemperaturer i de danske farvande (ca. 2 grader over de sidste 40 år).[22] Mens moderate temperaturstigninger kan fremme vækst og reproduktion i de nordlige populationer, øger de også risikoen for iltsvind, som har en direkte negativ effekt på overlevelsen.[22]

Havforsuring (CO_2 og pH)

Den øgede koncentration af CO_2 i atmosfæren fører til en sænkning af havvands pH, en proces kendt som havforsuring.[25] Da tangborren danner sit skelet af kalsiumkarbonat ($CaCO_3$), er den særligt sårbar over for denne ændring, da lavere pH gør det sværere at udfælde kalk.[18]

Eksperimentelle studier af tangborrens reaktion på lavt pH viser:

- **Voksen dødelighed:** Eksponering for pH 6,63 medfører dødelighed efter 8 dage.[18]
- **Morfologiske ændringer:** Ved pH 6,16 taber dyrene deres pigge, og det kalkholdige skelet bliver synligt og begynder at erodere.[18]

- **Larval udvikling:** Larver opvokset ved reduceret pH (7,5-7,7) er generelt mindre og udviser oftere asymmetri og abnormiteter i deres armudvikling.[18]

For at sikre en stabil bestand i fremtiden anbefales det, at pH i overfladevandet ikke falder til under 7,5.[18] Den kombinerede effekt af stigende temperatur og faldende pH (acidificering) øger desuden det metaboliske behov hos dyrene markant (op til 44%), hvilket betyder, at de skal indtage mere føde for blot at opretholde deres basale livsfunktioner.[28]

Miljøtilstanden i danske farvande og betydningen for tangborren

Overvågningen af det danske havmiljø gennem NOVANA-programmet giver et vigtigt indblik i de presfaktorer, som tangborren og dens habitater er underlagt.[22]

Iltsvind (Hypoxia)

Tangborren er som en benthisk art med begrænset mobilitet meget sårbar over for iltsvind. I 2024 nåede iltsvindet i de danske farvande sin største udbredelse siden 2002, hvilket især ramte områder i Kattegat og Bælterne.[22] Når iltkoncentrationen i bundvandet falder under kritiske grænser (2mg/l), kan tangborrerne ikke flygte hurtigt nok og vil typisk dø af kvælning eller blive svækkede og dermed lettere ofre for prædation.[22]

Eutrofiering og vandklarhed

Tilførslen af næringsstoffer (kvælstof og fosfor) fra landbruget og byområder fører til øget vækst af planteplankton, hvilket gør vandet mere uklart.[4] I 2024 blev der målt den største lyssvækkelse (uklarhed) siden 1994.[22] For tangborren har dette to konsekvenser:

1. **Tab af habitat:** Den reducerede lysgennemtrængning begrænser dybdeudbredelsen af ålegræs og flerårige makroalger, som er tangborrens primære levesteder.[4]
2. **Ændret fødegrundlag:** Uklarheden kan favorisere hurtigvoksende, kortlivede trådalger ("fedtemøg"), som tangborren kan græsse på, men som ikke giver det samme komplekse habitat som tangskove.[3]

Habitatbeskyttelse og stenrev

Da tangborren er afhængig af hårdt substrat, har den historiske fjernelse af sten fra havbunden (stenfiskeri) haft en negativ indflydelse på bestandene.[4] Moderne naturgenopretningsprojekter fokuserer nu på at genindføre stenrev for at øge biodiversiteten. Undersøgelser har vist, at biomassen på et nyanlagt stenrev kan være op til 11 gange højere end på den omgivende bløde havbund, og tangborren er ofte en af de første arter til at kolonisere disse nye strukturer.[4]

Akvakultur og kommercielt potentiale

Ud over sin økologiske betydning har tangborren et voksende potentiale inden for akvakultur, især på grund af dens værdifulde gonader (rogn), som er en eftertragtet spise i Sydeuropa og Asien.[2]

Forbedring af gonadekvalitet

I vilde populationer er gonaderne ofte små og har en bleg farve, hvilket gør dem mindre attraktive for markedet.[13] Forskning har vist, at man ved at opdrætte tangborrer under kontrollerede forhold og give dem specialiseret foder kan forbedre både størrelse og farve markant:

- **Foder:** Diæter baseret på muslingekød eller proteinrige pellets øger væksten af gonaderne.[13]
- **Farve:** Tilsætning af specifikke alger rige på carotenoider (som f.eks. *Palmaria palmata*) giver gonaderne den eftertragtede orange eller gule farve.[13]
- **Tidsramme:** En periode på blot 12 uger med optimeret fodring er ofte tilstrækkelig til at opnå en kommerciel kvalitet.[21]

Integreret multitrofisk akvakultur (IMTA)

Tangborren er særdeles velegnet til at indgå i integrerede systemer, f.eks. sammen med lakseopdræt.[8] Her kan søpindsvinene placeres i kurve under netburene, hvor de lever af spildfoder (laksepellets) og de begroningsorganismer (fouling), der vokser på nettene.[2] Dette har to fordele: det fungerer som et naturligt rensningssystem for dambruget, og det producerer et værdifuldt sekundært produkt uden behov for ekstra foderressourcer.[2]

Konklusion og fremtidsperspektiv

Tangborren (*Psammechinus miliaris*) er en nøgleart i det danske havmiljø, hvis betydning rækker langt ud over dens beskedne størrelse. Dens komplekse livscyklus og dens rolle som en opportunistisk omnivor gør den til en central aktør i reguleringen af biodiversiteten på vores stenrev og i vores kystnære vandområder. Som en national ansvarsart påhviler der Danmark en væsentlig opgave i at sikre sunde habitater for denne art.

De nuværende miljømæssige udfordringer, herunder tiltagende iltsvind, havforsuring og tab af vandklarhed, udgør dog en reel trussel mod tangborren, især i de tidlige og mest sårbare larvestadier. Den fortsatte overvågning gennem programmer som NOVANA er derfor essentiel for at forstå, hvordan arten reagerer på disse forandringer, og for at kunne iværksætte målrettede bevaringstiltag såsom etablering af stenrev og reduktion af næringsstoftilførslen.

Samtidig åbner tangborrens potentiale inden for bæredygtig akvakultur og dens rolle i integrerede systemer op for nye økonomiske muligheder, der kombinerer udnyttelse af marine ressourcer med miljømæssig hensyntagen. Den fremtidige forvaltning af tangborren skal derfor balancere mellem beskyttelse af dens naturlige økosystemer og udforskningen af dens potentiale som en værdifuld marin ressource.

Citerede værker

1. Tangborre (Psammechinus miliaris) - Naturbasen, tilgået april 5, 2026, https://www.naturbasen.dk/art/8417/tangborre
2. Psammechinus miliaris - Wikipedia, tilgået april 5, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Psammechinus_miliaris
3. Psammechinus miliaris - DigitalCommons@URI, tilgået april 5, 2026, https://digitalcommons.uri.edu/favs_facpubs/317/
4. STENREV SOM MULIGT VIRKEMIDDEL, tilgået april 5, 2026, https://mst.dk/media/vmbdwabz/716t-stenrev-som-muligt-virkemiddel-med-fokus-paa-limfjorden-rapport-fra-limfjordsraadet-2021.pdf
5. Green sea urchin (Psammechinus miliaris) - MarLIN - The Marine Life Information Network, tilgået april 5, 2026, https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1189
6. MarLIN - The Marine Life Information Network, tilgået april 5, 2026, https://www.marlin.ac.uk/assets/pdf/species/marlin_species_1189_2019-03-21.pdf
7. Psammechinus miliaris - Marine Life Encyclopedia - Habitas, tilgået april 5, 2026, https://www.habitas.org.uk/marinelife/species.asp?item=ZB3550
8. Psammechinus miliaris (green sea urchin) | CABI Compendium, tilgået april 5, 2026, https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.68128
9. Saccharina latissima with Psammechinus miliaris and/or Modiolus modiolus on variable salinity infralittoral sediment - MarLIN - The Marine Life Information Network, tilgået april 5, 2026, https://www.marlin.ac.uk/habitats/detail/1036/saccharina_latissima_with_psammechinus_miliaris_andor_modiolus_modiolus_on_variable_salinity_infralittoral_sediment
10. Indvandring og biodiversitet på det nye stenrev ved Livø - Aarhus ..., tilgået april 5, 2026, https://dce2.au.dk/pub/SR405.pdf
11. Benthic biodiversity on old platforms, young wind farms, and rocky reefs | ICES Journal of Marine Science | Oxford Academic, tilgået april 5, 2026, https://academic.oup.com/icesjms/article/77/3/1250/5057660
12. ; The Psammechinus miliaris life cycle | Download Scientific Diagram - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/figure/The-Psammechinus-miliaris-life-cycle_fig3_324603552
13. Chapter 14 Ecology of Psammechinus miliaris | Request PDF - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/publication/248597346_Chapter_14_Ecology_of_Psammechinus_miliaris
14. Embryonic, Larval, and Early Juvenile Development of the Tropical Sea Urchin, Salmacis sphaeroides (Echinodermata: Echinoidea) - PMC, tilgået april 5, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3465900/
15. a description of the complete metamorphosis of the sea urchin lytechinus variegatus cultured in synthetic, tilgået april 5, 2026, https://kb.osu.edu/bitstreams/fd886a49-ac43-543b-892b-3da18fd8276f/download
16. (PDF) Reproductive biology, embryonic and larval development of the Black Sea urchin,

Stomopneustes variolaris (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/publication/399131881_Reproductive_biology_embryonic_and_larval_development_of_the_Black_Sea_urchin_Stomopneustes_variolaris_Lamarck_1816_Echinodermata_Echinoidea
17. Determination of developmental stages of embryo in the Sea Urchin, Echinometra mathaei - CABI Digital Library, tilgået april 5, 2026, https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133038730
18. Minimum and maximum values of the Psammechinus miliaris habitat... - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/figure/Minimum-and-maximum-values-of-the-Psammechinus-miliaris-habitat-requirements-for_fig6_324603552
19. Morphology and survivorship of larval Psammechinus miliaris ..., tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/publication/222215655_Morphology_and_survivorship_of_larval_Psammechinus_miliaris_Gmelin_Echinodermata_Echinoidea_in_response_to_varying_food_quantity_and_quality
20. Echinoderm Anatomy Ontology: Summary for 8-arm pluteus larva stage - Echinobase, tilgået april 5, 2026, https://echinobase.org/echinobase/anatomy/showstage.do?method=displayStageSummary&stageName=8-arm%20pluteus%20larva%20stage
21. The ecology of Psammechinus miliaris | Request PDF - ResearchGate, tilgået april 5, 2026, https://www.researchgate.net/publication/229221644_The_ecology_of_Psammechinus_miliaris
22. MARINE OMRÅDER 2024 - DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, tilgået april 5, 2026, https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR684.pdf
23. Miljøtilstand og presfaktorer i Øresund. DTU Aqua-rapport nr. 430 ..., tilgået april 5, 2026, https://www.aqua.dtu.dk/-/media/institutter/aqua/publikationer/rapporter-401-450/430-2023-miljoetilstand-og-presfaktorer-i-oeresund.pdf
24. A marginal habitat, but not a sink: Ecological genetics reveal a diversification hotspot for marine invertebrates in the brackish Baltic Sea | bioRxiv, tilgået april 5, 2026, https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.06.06.447071v1.full-text
25. Forsuring av havet. Kunnskapsstatus for norske farvann - Havforskningsinstituttet, tilgået april 5, 2026, https://www.hi.no/resources/publikasjoner/rapport-fra-havforskningen/andre_rapporter/havforsuring_ta_rapport_2575_2009-endelig.pdf
26. In situ developmental responses of tropical sea urchin larvae to ocean acidification conditions at naturally elevated pCO2 vent sites - PMC, tilgået april 5, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5136578/
27. The effect of adult exposure time in high CO2 on larval development in the temperate sea urchin Psammechinus miliaris, tilgået april 5, 2026, https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/505064/1/Suckling%20et%20al._II_post%20print%20version.pdf
28. Sea urchins in a high-CO 2 world: partitioned effects of body size, ocean warming and acidification on metabolic rate, tilgået april 5, 2026, https://journals.biologists.com/jeb/article/219/8/1178/16765/Sea-urchins-in-a-high-CO2-world-partitioned