Børsteorm

AI Gemini redigeret af Carl Vedel Lauridsen

Indhold

Kort oversigt 2

Livscyklus: Fra bunden til overfladen 2

Føde: Havbundens altæder 3

Biologisk og økologisk påvirkning 3

Børsteormens økofysiologi, trofiske dynamik og miljømæssige betydning i de danske farvande 4

Taksonomisk diversitet og morfologisk adaptation hos danske polychaeter 4

Livscyklus og reproduktive strategier i et dynamisk havmiljø 6

Den fysiologiske transformation: Epitoki og sværmning 6

Synkronisering og gydningens mekanik 6

Trofiske interaktioner: Børsteormen som prædator og byttedyr 7

Ernæringsstrategier og nicheopdeling 7

Prædationspres og betydning for fiskeriet 8

Bioturbation: Børsteormen som økosystemingeniør 8

Mekanismer for iltning og næringsstofomsætning 8
Miljøovervågning og børsteorme som bioindikatorer 9
Artsfølsomhed og miljøindeks 9
Bioakkumulering af tungmetaller og miljøgifte 10
Trusler mod børsteormenes habitater: Iltsvind og fysiske forstyrrelser 11
Dynamikken bag iltsvind 11
Effekter af bundtrawling og infrastrukturprojekter 11
Case Study: Vejle Fjord – Et økosystem under pres 11
Trogiske kaskader og krabbepopulationen 12
Klimaforandringer og fremtidens børsteormepopulationer 12
Termiske grænser og metaboliske omkostninger 12
Havstigning og nye marine habitater 13
Konklusion og fremtidig forvaltning 13
Citerede værker 13

Kort oversigt

Nereis virens (ofte kaldet den blå børsteorm eller i daglig tale blot **børsteorm**) er en fascinerende og vigtig del af det marine økosystem i de danske farvande. Her er et overblik over dens biologi og liv.

Livscyklus: Fra bunden til overfladen

Børsteormen lever det meste af sit liv nedgravet i havbunden, men dens livscyklus ender i et dramatisk klimaks.

- **Vækstfasen:** Ormen lever i U-formede rør i mudder eller sand. Den kan blive op til 20–40 cm lang og lever typisk i 2–3 år.
- **Forvandlingen (Epitoki):** Når ormen bliver kønsmoden (ofte om foråret), undergår den en voldsom fysisk forvandling. Kroppen ændrer farve, og dens svømmelapper bliver større og kraftigere.

- **Gydning:** De kønsmodne orme forlader deres huller og svømmer op i de frie vandmasser i store sværme for at gyde. Dette sker ofte synkront styret af månefaser og vandtemperatur.
- **Livets afslutning:** Efter at have frigivet æg og sæd i vandet, dør de voksne orme. De befrugtede æg bliver til små larver, der efter en tid som plankton søger mod bunden for at starte forfra.

Føde: Havbundens altæder

Nereis er ikke kræsen, hvilket gør den meget tilpasningsdygtig:

- **Rovdyr:** Den jager aktivt mindre hvirvelløse dyr (som andre orme eller små krebsdyr) ved hjælp af sine to kraftige, sorte kitinkæber, som den kan skyde ud af munden.
- **Nedbryder (Detritus):** Den spiser dødt organisk materiale, der lægger sig på bunden.
- **Filterføder:** Den kan spinde et slimnet i sit rør, som fanger plankton og partikler fra vandet, hvorefter den spiser hele nettet.

Biologisk og økologisk påvirkning

Børsteormen spiller en kritisk rolle i havmiljøet på flere fronter:

- **Bioturbation (Omsætning af havbunden):** Ved at grave rør ilter de havbunden. Dette fremmer nedbrydningen af organisk stof og forhindrer dannelsen af giftig svovlbrinte i de øverste sedimentlag.
- **Fødekilde:** Den er en af de vigtigste proteinkilder for fladfisk (som skrubber og rødspætter), vadefugle og krabber.
- **Indikatorart:** Da den er relativt robust, men stadig påvirkes af miljøgifte, bruges den ofte i laboratorieforsøg til at teste havbundens sundhedstilstand.

Vidste du?

Børsteormen er ekstremt populær blandt lystfiskere som madding, netop fordi dens bevægelser og lugt er uimodståelig for de fleste fisk.

Børsteormens økofysiologi, trofiske dynamik og miljømæssige betydning i de danske farvande

Den marine benthos udgør et af de mest komplekse og vitale økosystemer på planeten, og inden for denne sfære spiller klassen Polychaeta, almindeligvis kendt som børsteorme, en uforholdsmæssig stor rolle i opretholdelsen af den økologiske balance og den sedimentære sundhed. Med over 500 arter registreret alene i de danske farvande udviser disse organismer en overvældende diversitet i form, funktion og levestil, lige fra de sedimentædende sandorme til de rovgriske og frit svømmende arter.[1] Denne rapport analyserer børsteormens livscyklus, fødesøgningsstrategier og deres kritiske funktion som økosystemingeniører gennem bioturbation, samt deres anvendelse som bioindikatorer for vandmiljøets tilstand i lyset af menneskeskabte presfaktorer som eutrofiering, miljøgifte og klimaforandringer.

Taksonomisk diversitet og morfologisk adaptation hos danske polychaeter

Børsteorme tilhører rækken Annelida (ledorme) og er karakteriseret ved deres segmenterede kroppe, hvor hvert segment bærer et par kødfulde udvækster kaldet parapodier, som er forsynet med børster af kitin.[2] Disse anatomiske træk er ikke blot klassifikationsmarkører, men repræsenterer sofistikerede adaptationer til specifikke marine habitater. I de danske farvande findes en bred vifte af familier, der hver især har specialiseret sig i forskellige nicher, fra de iltfattige mudderbunde i de indre fjorde til de bølgeeksponerede sandflader i Vadehavet.[2]

Den fysiske fremtoning varierer betydeligt mellem arterne. Den almindelige børsteorm (*Hediste diversicolor*) præsenterer ofte en lysbrun-orange farve med en tydelig rød dorsal blodåre, der løber ned langs midten af ryggen, mens den store børsteorm (*Alitta virens*) kan udvise en iriserende grønlig farve.[2] Størrelsesmæssigt spænder de fra få millimeter til den imponerende store børsteorm, der kan nå en længde på op til 50 centimeter og i visse tilfælde endda mere.[4]

Art	Videnskabeligt Navn	Typisk Længde	Habitatpræferencer	Særlige Morfologiske Træk
Almindelig børsteorm	*Hediste diversicolor*	10–15 cm	Mudder- og sandbund, estuarier	Rød rygstribe (blodkar), korte følehorn [2]
Stor børsteorm	*Alitta virens*	Op til 50 cm	Sandet mudder, dybere vand	Kraftige sorte kæber, iriserende hud [4]
Sandorm	*Arenicola marina*	15–25 cm	Vadehavet, sandflader	U-formet krop, gællebuske på midterled [2]
Rød børsteorm	*Alitta succinea*	Op til 20 cm	Muslingebanker, mudder	Kraftig sværmningsadfærd, invasiv oprindelse [5]
Prædatorisk børsteorm	*Capitella capitata*	2–10 cm	Organisk rigt mudder	Trådformet krop, mangler tydelige parapodier [1]

Morfologien er tæt knyttet til ormens overlevelsesstrategier. Hovedenden er forsynet med sanseorganer, herunder fire par lange og et par korte følehorn (antenner og palper), som gør det muligt for ormen at navigere i mørke eller uklare omgivelser.[2] Munddelene er hos mange arter udstyret med kitinøse kindbakker eller kæber, der normalt er skjult inde i hovedet, men som kan skydes ud med stor kraft, når ormen jager eller forsvarer sig.[2] Hos de største arter er disse kæber stærke nok til at bide gennem menneskehud, hvilket vidner om deres position som effektive rovdyr i det benthiske miljø.[4]

Livscyklus og reproduktive strategier i et dynamisk havmiljø

Børsteormenes reproduktion er et af de mest komplekse fænomener i det marine miljø, ofte karakteriseret ved ekstrem synkronisering styret af astronomiske og miljømæssige faktorer. De fleste arter når en alder på omkring tre år, selvom visse større arter under optimale forhold kan leve i fire til fem år.[2]

Den fysiologiske transformation: Epitoki og sværmning

For mange polychaeter kulminerer livet i en dramatisk transformation kendt som epitoki. Dette er en proces, hvor den juvenile orm (atoke) gennemgår en omfattende fysisk forandring for at blive en kønsmoden svømmeform (epitoke). Under denne forvandling bliver ormens krop kortere, og dens bagerste segmenter fyldes med kønsceller. Samtidig transformeres parapodierne til brede, padle-lignende strukturer, der optimerer ormens evne til at svømme i de åbne vandmasser.[1] Øjnene forstørres markant for at øge lysfølsomheden under de natlige parringsritualer.[1]

Transformationen til epitoke er ofte en irreversibel proces. Hos den store børsteorm (*Alitta virens*) nedbrydes store dele af det somatiske væv, herunder fordøjelsessystemet, for at frigøre energi til kønscelleproduktionen.[4] Dette betyder, at de voksne individer dør umiddelbart efter gydningen, hvilket resulterer i store mængder af døde orme, der driver op på strandbredden i forårsmånederne – et fænomen, der undertiden fejlagtigt tolkes som et tegn på akut forurening af bekymrede borgere.[4]

Synkronisering og gydningens mekanik

Gydningen finder typisk sted i april og maj, men for visse arter, som den invasive *Alitta succinea*, kan sværmningen ske i sommermånederne (juni til september), når vandtemperaturen når over $20^{\circ}C$.[2] Synkroniseringen er afgørende for at sikre maksimal befrugtning i de enorme vandmasser. Det antages, at denne adfærd styres af månens cyklus (ofte ved fuldmåne eller nymåne) samt frigivelsen af feromoner.[1]

Under sværmningen forlader ormene deres beskyttede rør i havbunden og søger mod overfladen i bugtende bevægelser. Denne adfærd kaldes også for "ormebryllup".[4] Hos nogle arter er det kun hannerne, der svømmer op, mens hunnerne bliver tilbage ved bunden, men hos de fleste arter deltager begge køn i de pelagiske parringsorgier.[4] Efter befrugtningen udvikler de bittesmå æg (ca. 0,2 mm) sig til planktoniske larver, der lever frit i vandet i nogle uger, før de søger mod bunden for at etablere deres egne gange.[2]

Fase	Tidsramme	Beskrivelse af Biologiske Processer
Embryonal	1–3 dage	Befrugtning i vandsøjlen; dannelse af trochophore-larve [4]
Larval	2–4 uger	Pelagisk stadium; spredning med havstrømme [2]
Juvenil	1–2 år	Sedimentær fase; vækst og etablering af rørsystemer [4]
Epitoki	Dage	Metamorfose til svømmeform; vævsnedbrydning til fordel for kønsceller [4]
Gydning	1 nat/år	Synkroniseret frigivelse af gameter; styret af måne og temperatur [1]

Trofiske interaktioner: Børsteormen som prædator og byttedyr

Børsteorme indtager en central position i det marine fødenet, hvor de fungerer som et kritisk bindeled mellem den primære produktion og de højere trofiske niveauer. Deres ernæringsstrategier er ekstremt alsidige og afspejler deres morfologiske mangfoldighed.

Ernæringsstrategier og nicheopdeling

Ernæringsmæssigt kan børsteorme opdeles i flere funktionelle grupper, der hver især påvirker sedimentets kemi forskelligt.

1. **Sedimentædere (Deposit feeders):** Sandormen (*Arenicola marina*) er det mest prominente eksempel. Den ligger i bunden af sit U-formede rør og sluger kontinuerligt sandet over hovedet. Ormen fordøjer det organiske materiale, herunder bakterier og mikroskopiske alger, der sidder på sandkornene, og udskiller det rensede sand som de karakteristiske sandpølser på overfladen.[1]

2. **Rovdyr (Carnivores):** Arter som den store børsteorm og den almindelige børsteorm jager aktivt mindre dyr, herunder andre orme, krebsdyr og små fisk. De bruger deres udskydelige kæber til at gribe og fastholde byttet.[2]
3. **Filtratorer (Suspension feeders):** Nogle arter danner sofistikerede slimnet inde i deres rør. Ved at pumpe vand gennem nettet fanges plankton og organiske partikler fra vandsøjlen. Når nettet er mættet, spiser ormen både indholdet og selve nettet.[2]
4. **Omnivorer og detritivorer:** Mange arter udviser høj trofisk plasticitet og kan skifte til at spise makroalger eller forrådnet organisk materiale i mudderbund, hvis deres primære fødekilde er knap.[1]

Prædationspres og betydning for fiskeriet

Børsteorme udgør en fundamental fødekilde for en lang række marine dyr. De er særligt vigtige for fiskearter som havørred, torsk og fladfisk. Især havørreden er kendt for at søge ind mod kysten under børsteormenes sværmning, hvor de kan fylde maven med hundrevis af orme.[1] For lystfiskere er sværmningsperioden i foråret en af de mest produktive tider på året, og efterligninger af børsteorme, både som fluer og kunstagn, er blandt de mest effektive redskaber.[1]

Ud over deres naturlige rolle er børsteorme en kommerciel ressource. I lande som Storbritannien og Holland findes der store dambrug, hvor der årligt produceres flere hundrede tons børsteorme til brug som agn.[4] Den teknologiske udvikling har også ført til skabelsen af biologisk nedbrydelige agn, som f.eks. Berkley Gulp!, der frigiver duftstoffer, som er 400 gange kraftigere end traditionelle plastagn, hvilket gør dem i stand til at tiltrække fisk over store afstande selv i uklart vand.[10]

Bioturbation: Børsteormen som økosystemingeniør

En af de mest markante miljøpåvirkninger fra børsteorme er deres evne til at transformere havbundens geokemiske struktur gennem bioturbation. Dette begreb dækker over de biologisk drevne processer, der medfører omrøring og transport af sedimentpartikler og vand.[11]

Mekanismer for iltning og næringsstofomsætning

Når børsteorme graver deres rør og gange, fungerer de som levende pumper. Ved hjælp af peristaltiske bevægelser trækker de iltrigt overfladevand ned i sedimentet, ofte helt ned til 30–40 centimeters dybde.[2] Denne proces har fundamentale konsekvenser for havbundens kemi:

- **Iltning af dybe lag:** Den konstante tilførsel af ilt muliggør aerobe processer i lag, der ellers ville være fuldstændig anoxiske. Dette stimulerer den mikrobielle aktivitet og fremskynder nedbrydningen af organisk materiale.[6]
- **Stimulering af bakterier:** Nedbrydningen af komplekse molekyler til kuldioxid og næringsstoffer som nitrat og fosfor accelereres. Bakterier som *Beggiatoa* udnytter grænsefladen mellem det iltede vand og de reducerede sedimentlag til at omsætte svovlbrinte (H_2S).[6]

- **Partikeltransport:** Ormene transporterer aktivt frisk organisk materiale (fx nysunkne alger) fra overfladen ned i bunden, hvor det bliver tilgængeligt for dybereliggende organismer. Dette fænomen kaldes ofte for "priming", da det tilfører energi til de mikrobielle samfund i de dybe sedimentlag.[6]

Proces	Mekanisme	Miljømæssig Effekt
Ventilation	Pumpning af vand gennem rør	Iltning af anoxisk sediment; fjernelse af toksisk H_2S [6]
Partikelblanding	Gravning og indtag af sediment	Homogenisering af de øverste 20–30 cm af bunden [11]
Ekskretion	Udskillelse af kvælstofholdigt affald	Lokal gødskning; stimulering af bakterievækst [6]
Konstruktion	Dannelse af slimede rørvægge	Stabilisering af sedimentet; skabelse af mikrohabitater [2]

Bioturbationen bidrager desuden til at øge sedimentets porøsitet og vandindhold, hvilket letter den generelle stofudveksling mellem havbunden og vandsøjlen.[11] I områder med høj tæthed af børsteorme, såsom Odense Fjord, hvor der kan være over 3.000 individer pr. kvadratmeter, er den samlede økologiske effekt på næringsstofkredsløbet enorm.[1]

Miljøovervågning og børsteorme som bioindikatorer

Børsteorme anvendes i vid udstrækning som bioindikatorer i den nationale overvågning af det marine miljø (NOVANA). Da mange arter er relativt stationære, afspejler deres tilstedeværelse og sundhedstilstand de langsigtede miljøforhold på en given lokalitet.[15]

Artsfølsomhed og miljøindeks

I overvågningen kategoriseres børsteorme efter deres tolerance over for forskellige former for miljøstress, især iltsvind og organisk belastning. Ved at analysere sammensætningen af

børsteormearter kan forskere beregne et økologisk kvalitetstal (EQR), som anvendes til at vurdere, om et kystvandområde lever op til EU's Vandrammedirektiv.[15]

- **Sensitive arter:** Visse arter, som f.eks. *Owenia fusiformis*, forsvinder hurtigt ved selv moderat iltsvind og indikerer dermed en stabil og god miljøtilstand.[15]
- **Opportunistiske arter:** Arter som *Capitella capitata* og *Heteromastus filiformis* trives i miljøer med højt indhold af organisk stof og lave iltkoncentrationer. En dominans af disse arter er et typisk tegn på et belastet eller nyligt forstyrret miljø.[7]

Overvågningsmetoden involverer typisk indtagelse af sedimentprøver med en HAPS-bundhenter eller en Van Veen-grab. Prøverne sigtes gennem en 1,0 mm sigte, og dyrene fikseres med formalin og farves med Bengalrosa for at lette identifikationen i laboratoriet.[15] Denne systematiske tilgang gør det muligt at spore ændringer i biodiversiteten over årtier, hvilket har afsløret en generel stagnation eller tilbagegang i miljøtilstanden i de danske farvande siden 2012.[15]

Bioakkumulering af tungmetaller og miljøgifte

Da børsteorme lever i tæt kontakt med sedimentet, er de særligt udsatte for ophobning af miljøfarlige stoffer. Undersøgelser har vist, at metaller som kobber (Cu), zink (Zn), nikkel (Ni) og kadmium (Cd) kan bioakkumuleres i ormenes væv.[17] Biotilgængeligheden af disse metaller afhænger dog stærkt af lokale sedimentforhold, såsom saltholdighed og tilstedeværelsen af jern (Fe), som kan binde metallerne og gøre dem mindre tilgængelige for ormene.[19]

Metal	**Kilde**	**Effekt på Børsteorme**
Kobber (Cu)	Bundmaling, industri	Reduceret vækst; histopatologiske ændringer; nedsat proteinindhold [19]
Zink (Zn)	Industri, afstrømning	Akkumuleres ofte i overskud; kan reguleres af visse arter [18]
Nikkel (Ni)	Industrielt spildevand	Påvirker fysiologi og overlevelsesrater [17]
Kadmium (Cd)	Gødning, industri	Høj toksicitet; akkumuleres i fordøjelsessystemet [17]

For arter som *Hediste diversicolor* fungerer kropsvæggen og tarmen som de primære indikatorer for miljøets kobberindhold.[17] Ophobningen af disse stoffer i børsteormene udgør en risiko for hele fødekæden, da de fungerer som en kilde til kronisk sygdom hos de fisk, der spiser dem, og i sidste ende kan påvirke mennesker i toppen af fødekæden.[17]

Trusler mod børsteormenes habitater: Iltsvind og fysiske forstyrrelser

Det danske havmiljø står over for betydelige udfordringer, som direkte påvirker børsteormenes overlevelse og deres evne til at fungere som økosystemingeniører.

Dynamikken bag iltsvind

Iltsvind er en af de mest kritiske presfaktorer i de indre danske farvande. Det opstår typisk i sensommeren, når store mængder af døde alger (skabt af overskydende næringsstoffer fra landbrug og spildevand) synker til bunds og nedbrydes af bakterier under stort iltforbrug.[22] Denne proces forstærkes af dannelsen af et springlag, hvor varmt overfladevand adskilles fra det koldere bundvand, hvilket forhindrer ny ilt i at nå bunden.[22]

Når iltniveauet falder under kritiske grænser, begynder de mest følsomme bunddyr at dø. Hvis situationen eskalerer til anoxi (total mangel på ilt), frigives den ekstremt giftige gas svovlbrinte (H_2S) fra havbunden, hvilket kan slå selv de mest robuste arter ihjel.[25] Efter sådanne begivenheder er børsteorme ofte de første til at vende tilbage, da deres larver hurtigt koloniserer de tomme habitater, så snart iltforholdene forbedres.[7]

Effekter af bundtrawling og infrastrukturprojekter

Fysisk forstyrrelse af havbunden er en anden væsentlig presfaktor. Forskning fra Aarhus Universitet har påvist, at bundtrawling har store negative effekter på biodiversiteten. Det anslås, at op mod 40% af bunddyrene i store områder af Kattegat dør årligt som følge af trawling.[28] Trawlet ødelægger ormenes komplekse rørsystemer og blotlægger dem for prædatorer.

Anlægsarbejder i de marine områder, såsom etableringen af Femern Bælt-forbindelsen eller udlægning af søkabler i Vejle Fjord, medfører ligeledes midlertidig ophvirvling af sediment og frigivelse af miljøfarlige stoffer.[30] Selvom sådanne påvirkninger ofte vurderes som lokale og kortvarige, kan de i kombination med andre presfaktorer svække de lokale bestandes modstandskraft.[31]

Case Study: Vejle Fjord – Et økosystem under pres

Vejle Fjord repræsenterer et område, hvor børsteormene og det øvrige marine liv kæmper mod en kombination af faktorer. Fjorden er kendt for hyppige og alvorlige iltsvind, og i de senere år er tilstanden beskrevet som værende i et kollapslignende stadie.[22]

Trogiske kaskader og krabbepopulationen

En særlig udfordring i Vejle Fjord er den massive overpopulation af strandkrabber – estimeret til over 400 millioner individer.[32] Denne ubalance skyldes manglen på store rovfisk som torsk, hvilket har skabt en negativ trofisk kaskade. Krabberne præderer kraftigt på børsteorme og muslinger og ødelægger endda nysåede ålegræsfrø, hvilket forhindrer den naturlige genopretning af økosystemet.[32]

For at modvirke denne udvikling er der iværksat projekter med fokus på habitatgenopretning:

- **Stenrev og biogene rev:** Etablering af stenrev og muslingebanker skal skabe skjulesteder for rovfisk og filtrere vandet for overskydende alger.[22]
- **Sandfodring:** Ved at lægge "sanddyner" over de mest organiske og iltforbrugende sedimenter forsøger man at mindske risikoen for lokalt iltsvind og skabe bedre fundament for ålegræs.[22]
- **Ålegræsudplantning:** Ålegræsset spiller en vigtig rolle ved at ilte sedimentet gennem rødderne, hvilket skaber bedre levevilkår for børsteormene.[22]

Selvom målinger i 2023 og 2024 har vist perioder med god ilttilstand pga. gunstige vindforhold, forbliver fjorden ekstremt sårbar over for varme somre og fortsat næringsstofudledning.[26]

Klimaforandringer og fremtidens børsteormepopulationer

Den globale opvarmning medfører fundamentale ændringer i de danske farvande, som vil påvirke børsteormenes udbredelse og fysiologi i de kommende årtier.

Termiske grænser og metaboliske omkostninger

Børsteorme er vekselvarme dyr, hvis metabolisme er direkte afhængig af vandtemperaturen. For arter som sandormen (*Arenicola marina*) er der fundet en kritisk øvre temperaturgrænse på omkring 20^0C i Nordsøen. Over denne temperatur tvinges ormen til at anvende anaerob respiration, hvilket ikke er holdbart i længere perioder.[34] Larvestadierne er ofte endnu mere følsomme, med en optimal temperatur på 15^0C for succesfuld udvikling.[8]

Stigende temperaturer medfører flere udfordringer:

1. **Øget iltbehov:** Når vandet bliver varmere, stiger ormenes respirationsrate, hvilket betyder, at de har brug for mere ilt på et tidspunkt, hvor vandets evne til at indeholde opløst ilt falder.[24]
2. **Ændret fænologi:** Tidspunktet for gydning og sværmning kan rykke sig, hvilket kan føre til et mismatch mellem ormelarvernes fremkomst og tilgængeligheden af deres planktoniske føde.[36]
3. **Invasive arter:** Varmere vand begunstiger arter fra sydligere himmelstrøg. Et eksempel er *Alitta succinea*, som først blev registreret i Danmark i 1950'erne, men som nu er vidt udbredt og konkurrerer med de oprindelige arter.[5]

Havstigning og nye marine habitater

En positiv effekt af klimaforandringerne for visse børsteormepopulationer kan være skabelsen af nye kystnære habitater gennem kontrolleret oversvømmelse. Projekter som Gyldensteen Strand har vist, at børsteorme er blandt de første "pionerarter" til at kolonisere oversvømmet landbrugsjord.[3] Gennem deres bioturbationsaktivitet omdanner de hurtigt den tidligere jordbund til et marint sediment, hvilket fremmer biodiversiteten og hjælper med at etablere et velfungerende lagune-økosystem.[3]

Konklusion og fremtidig forvaltning

Børsteormen er meget mere end blot en agn for fiskere; den er en fundamental hjørnesten i det marine økosystem. Gennem sin livscyklus, sine alsidige fødesøgningsstrategier og sin utrættelige bioturbationsaktivitet sikrer den, at de danske farvande forbliver biologisk aktive og i stand til at omsætte næringsstoffer.

De nuværende trusler fra iltsvind, bundtrawling og klimaforandringer kræver en koordineret og vidensbaseret forvaltningsindsats. For at sikre børsteormenes fremtid – og dermed sundheden i vores have – er det nødvendigt med:

- **Fortsat reduktion af næringsstoftilførslen:** Dette er den vigtigste faktor for at mindske omfanget af iltsvind.[22]
- **Beskyttelse af havbunden:** Etablering af flere trawlfrie zoner og beskyttede havområder vil tillade de benthiske samfund at restituere.[28]
- **Habitatgenopretning:** Aktiv genopretning af stenrev og ålegræsbede skaber de nødvendige nicher for både børsteorme og deres naturlige prædatorer.[14]

Som bioindikatorer vil børsteormene fortsat spille en central rolle i at fortælle os, om vores miljøtiltag virker. Deres succes eller tilbagegang er et direkte spejl af den tilstand, vi efterlader vores marine miljø i til de kommende generationer.

Citerede værker

1. sandorm Arkiv - Fisk & Fri, tilgået marts 25, 2026, https://fiskogfri.dk/tag/sandorm/
2. Børsteormen - Skoven i Skolen, tilgået marts 25, 2026, https://skoven-i-skolen.dk/sites/skoven-i-skolen.dk/files/2023-09/Faktaark-b%C3%B8rsteorm.pdf
3. Skal vi lade havet komme til os? - Science Journal for Kids and Teens, tilgået marts 25, 2026, https://sciencejournalforkids.org/wp-content/uploads/2019/09/bioturbation_danish.pdf
4. Stor børsteorm - Naturhistorisk Museum, tilgået marts 25, 2026, https://www.naturhistoriskmuseum.dk/viden-forskning/naturlex/sm%C3%A5dyr/stor-b%C3%B8rsteorm
5. Børsteormen - Fiskeri - Fluefiskersiden, tilgået marts 25, 2026, https://fluefiskersiden.dk/boersteormen/

6. Stofomsætning i havbunden, tilgået marts 25, 2026, https://www2.dmu.dk/1_viden/2_publikationer/3_temarapporter/rapporter/tema42_01-19.pdf
7. Genindvandring af bundfauna efter iltsvindet 2002 i de indre danske ..., tilgået marts 25, 2026, https://www2.dmu.dk/1_viden/2_publikationer/3_fagrapporter/rapporter/fr506.pdf
8. Larval growth of the polychaete Arenicola marina under different temperature and food conditions: consequences on bioenergetic models - PMC, tilgået marts 25, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9181616/
9. Influence of Body Weight and Water Temperature on Growth in Ragworm Hediste diversicolor - MDPI, tilgået marts 25, 2026, https://www.mdpi.com/2673-9496/3/1/4
10. Gulp | Sandorm og børsteorm til fiskeri i saltvand - Korsholm, tilgået marts 25, 2026, https://korsholm.dk/maerker/berkley/gulp-boersteorm
11. bioturbation - Lex, tilgået marts 25, 2026, https://lex.dk/bioturbation
12. Bioturbation - Wikipedia, tilgået marts 25, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Bioturbation
13. The Critical Role of Bioturbation for Particle Dynamics, Priming Potential, and Organic C Remineralization in Marine Sediments: Local and Basin Scales - Frontiers, tilgået marts 25, 2026, https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2019.00157/full
14. DET MARINE MILJØ - Friluftsrådet, tilgået marts 25, 2026, https://friluftsraadet.dk/files/media/document/Det%20marine%20milj%C3%B8_Inspiration%20til%20feltarbejde%20ved%20de%20danske%20kyster.pdf
15. MARINE OMRÅDER 2024 - DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, tilgået marts 25, 2026, https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR684.pdf
16. Notat om overvågningen af bundfauna i de marine områder - DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, tilgået marts 25, 2026, https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2024/N2024_59.pdf
17. Original Research Article Bioaccumulation of Heavy Metals in Sediment, Polychaetes (Annelid) Worms, Mud Skipper and Mud Crab at Purna River Estuary, Navsari, Gujarat, India - ResearchGate, tilgået marts 25, 2026, https://www.researchgate.net/publication/338752823_Original_Research_Article_Bioaccumulation_of_Heavy_Metals_in_Sediment_Polychaetes_Annelid_Worms_Mud_Skipper_and_Mud_Crab_at_Purna_River_Estuary_Navsari_Gujarat_India
18. Bioaccumulation of Heavy Metals in Sediment, Polychaetes (Annelid) Worms, Mud Skipper and Mud Crab at, tilgået marts 25, 2026, https://www.ijcmas.com/vol-4-9/Suchita%20Dange%20and%20Kapila%20Manoj.pdf
19. Metal bioavailability and bioaccumulation in the polychaete Nereis ..., tilgået marts 25, 2026, https://www.researchgate.net/publication/264238260_Metal_bioavailability_and_bioaccumulation_in_the_polychaete_Nereis_Alitta_virens_Sars_The_effects_of_site-specific_sediment_characteristics
20. Influence of sediment on heavy metal uptake by the polychaete Arenicola marina, tilgået marts 25, 2026, https://www.researchgate.net/publication/279680800_Influence_of_sediment_on_heavy_metal_uptake_by_the_polychaete_Arenicola_marina
21. Bioaccumulation and Bioremediation of Heavy Metals in Fishes—A Review - PMC, tilgået

marts 25, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10302055/
22. Vejle Fjord - Det er godt at vide, tilgået marts 25, 2026, https://www.detergodtatvide.dk/vejle-fjord/
23. Iltsvind - Miljøstyrelsen, tilgået marts 25, 2026, https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/vandmiljoe/havet/iltsvind
24. Global opvarmning - WWF Danmark, tilgået marts 25, 2026, https://wwf.dk/forstaa-naturkrisen/naeste-generation/opdaghavet/miljoetemaer/global-opvarmning/
25. Iltsvind, tilgået marts 25, 2026, https://www2.dmu.dk/1_viden/2_publikationer/3_miljobib/rapporter/mb04.pdf
26. Iltsvind i danske farvande - DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, tilgået marts 25, 2026, https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2025/N2025_65.pdf
27. Iltsvind-myten - Klimarealisme.dk, tilgået marts 25, 2026, https://klimarealisme.dk/2023/10/16/iltsvind-myten/
28. Bundtrawling har store negative effekter på havbundens biodiversitet – også i områder, der ikke bliver bundtrawlet, tilgået marts 25, 2026, https://dce.au.dk/aktuelt/nyheder/nyhed/artikel/bundtrawling-har-store-negative-effekter-paa-havbundens-biodiversitet-ogsaa-i-omraader-der-ikke-bliver-bundtrawlet
29. Bundtrawling i Danmark - Institut for Ecoscience - Aarhus Universitet, tilgået marts 25, 2026, https://ecos.au.dk/forskningraadgivning/bundtrawling-i-danmark
30. EKSISTERENDE MILJØMÆSSIGE FORHOLD, tilgået marts 25, 2026, https://www.trm.dk/media/zz0nkvv5/10-eksisterende-miljoemaessige-forholdpdf.pdf
31. Tilladelse til påvirkning af sediment i Vejle Fjord - Hedensted Kommune, tilgået marts 25, 2026, https://www.hedensted.dk/media/kvlp5w2s/tilladelse-til-paavirkning-af-sediment-i-vejle-fjord-samlet-med-bilag.pdf
32. SUND VEJLE FJORD - Research and innovation, tilgået marts 25, 2026, https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/sites/default/files/2024-03/Steinfurth_Vejle%20Fjord.pdf
33. Marine områder 2011 - DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, tilgået marts 25, 2026, https://www.dmu.dk/Pub/SR34.pdf
34. Arenicola marina. Temperature-dependence of the ratios of State 3... - ResearchGate, tilgået marts 25, 2026, https://www.researchgate.net/figure/Arenicola-marina-Temperature-dependence-of-the-ratios-of-State-3-respiration-induced-by_fig2_238451273
35. Macoma balthica and Arenicola marina in littoral muddy sand - MarLIN - The Marine Life Information Network, tilgået marts 25, 2026, https://www.marlin.ac.uk/habitats/detail/1087/macoma_balthica_and_arenicola_marina_in_littoral_muddy_sand
36. Konsekvenserne af klimaforandringerne - EU Climate Action, tilgået marts 25, 2026, https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_da
37. Skal vi lade havet komme til os? - Science Journal for Kids, tilgået marts 25, 2026, https://sciencejournalforkids.org/wp-content/uploads/2019/09/bioturbation-teacherskey_danish.pdf