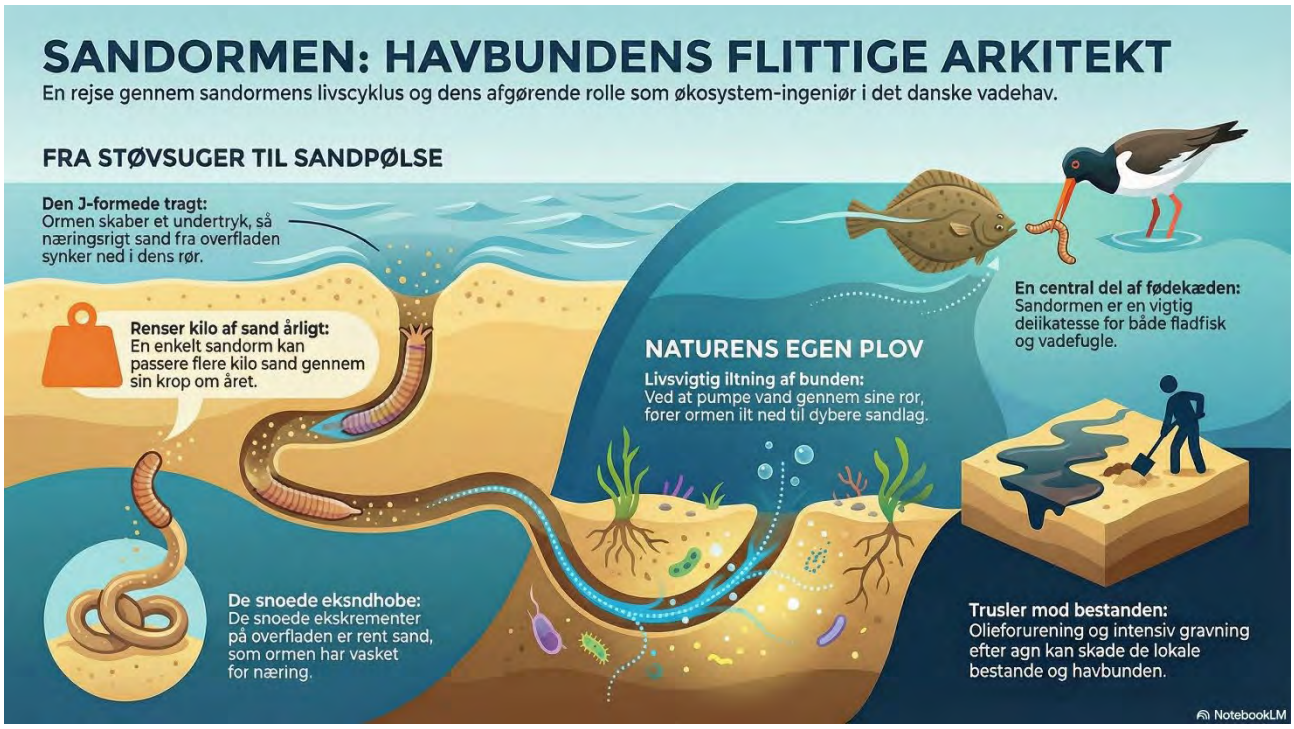
Sandorm

AI Gemini redigeret af Carl Vedel Lauridsen



Indhold

Kort overblik 2

1. Livscyklus: Fra larve til sandbygger 3

2. Føde: En effektiv "støvsuger" 3

3. Miljøpåvirkning: Naturens egen plov 3

Miljømæssige udfordringer 4

Økologisk og fysiologisk analyse af Arenicola marina: Livscyklus, trofiske interaktioner og antropogene miljøpåvirkninger i tempererede kystøkosystemer 5

Systematik, anatomi og morfologisk differentiering 5

Regional kropsopdeling og segmentel specialisering 5

Statocyster og vertikal orientering 6

Autotomi og regenerationskapacitet 6

Fysiologiske tilpasninger til det intertidale miljø 7

Ekstracellulært hæmoglobin og iltlager 7

Sulfidtolerance og anaerob metabolisme 7
Reproduktionscyklus og tidlig udvikling 8
Hormonel kontrol og synkronisering 8
Befrugtningsmekanik og spermieaktivering 9
Fra larve til juvenil: Migration og bosætning 9
Fødebiologi og økosystemteknik 9
J-røret og fødemekanismen 9
Cyklisk aktivitet og vandpumpefunktion 10
Trofiske interaktioner og prædation 10
Betydning for fisk og fugle 10
Konkurrence og sameksistens 10
Miljøpåvirkninger og antropogene stressfaktorer 11
Oceanforsuring og synergieffekter med tungmetaller 11
Tungmetalforurening og bioakkumulering 11
Case-studie: Vejle Fjord og konflikten mellem sandorm og ålegræs 12
Maddinggravning: Rekreativ udnyttelse og miljøeffekter 13
Gravningsmetoder og deres indvirkning 13
Forvaltning og fremtidig beskyttelse 14
Videnskabelig betydning og fremtidige forskningsbehov 14
Bioturbation som regulator af næringsstofflux 14
Klimaændringer og den nordlige udbredelse 14
Konklusion 14
Citerede værker 16

Kort overblik

Sandormen (*Arenicola marina*) er en af de mest fascinerende og vigtige beboere i det danske vadehav og på de lave sandbunde. Selvom de færreste ser selve ormen, kender de fleste de karakteristiske små "pølser" af sand, de efterlader på overfladen.

Her er et overblik over dens liv:

1. Livscyklus: Fra larve til sandbygger

Sandormen har en ret effektiv, omend simpel, livscyklus. Den lever normalt i **5-6 år**.

- **Gydning:** Om efteråret (typisk i oktober) synkroniserer sandormene deres gydning. Hannerne frigiver sæd, som hunnerne optager i deres rør, hvor æggene befrugtes.
- **Larvestadiet:** De små larver lever i starten i selve sedimentet eller tæt ved bunden. Senere lader de sig drive med strømmen (passiv migration) til nye områder med mere beskyttelse.
- **Etablering:** Når de er store nok, graver de sig ned og danner deres karakteristiske **J-formede rør**. Her bliver de typisk resten af deres liv.

2. Føde: En effektiv "støvsuger"

Sandormen er en **sedimentæder**. Det betyder, at den bogstaveligt talt spiser sig vej gennem havbunden for at få fat i næring.

- **Metode:** Ormen ligger i bunden af sit J-formede rør. Ved hjælp af muskelbevægelser skaber den et undertryk, så sandet fra overfladen synker ned i en tragt.
- **Menuen:** Den fordøjer de mikroskopiske alger, bakterier og organisk materiale (detritus), der klæber til sandkornene.
- **Ekskrementer:** Det rene sand, som ormen har "vasket" for næring, presses op til overfladen og danner de velkendte snoede sandhobe. En enkelt sandorm kan passere flere kilo sand gennem sin krop om året.

3. Miljøpåvirkning: Naturens egen plov

Sandormen kaldes ofte for havbundens svar på regnormen, fordi den spiller en kritisk rolle for økosystemet:

- **Iltning (Bioturbation):** Ved hele tiden at grave og pumpe vand gennem sine rør, fører sandormen iltrigt vand ned i de dybere, iltfattige lag af sandet. Dette gør det muligt for andre organismer at leve der.
- **Næringsstofkredsløb:** Ved at omrøre sedimentet hjælper den med at frigive næringsstoffer, som ellers ville være begravet, tilbage til vandet, hvor de kan bruges af plankton.
- **Fødekilde:** Sandormen er en helt central del af fødekæden. Den er en delikatesse for fladfisk (som rødspætter) og vadefugle (som stor kobbersneppe). Fuglene bruger deres lange næb til at snuppe ormen, når den bevæger sig op for at skide.

Miljømæssige udfordringer

Selvom sandormen er robust, påvirkes den af:

1. **Olieforurening:** Kemikalier i sandet kan være fatale, da den indtager sedimentet direkte.
2. **Agnsamling:** Da sandorm er det mest populære agn til lystfiskeri, kan intensiv gravning lokalt tynde ud i bestandene og ødelægge strukturen i havbunden.

Økologisk og fysiologisk analyse af Arenicola marina: Livscyklus, trofiske interaktioner og antropogene miljøpåvirkninger i tempererede kystøkosystemer

Den marine havbørsteorm *Arenicola marina*, i daglig tale kendt som sandormen, udgør en af de mest fundamentale komponenter i de sedimentære kystøkosystemer i det nordøstlige Atlanterhav. Som en nøgleart i de intertidale og subtidale zoner fungerer den ikke blot som en væsentlig fødekilde for en række prædatorer, men også som en "økosystemingeniør", der gennem sin bioturbationsaktivitet fundamentalt ændrer de fysiske og kemiske egenskaber ved havbunden.[1] I Danmark har arten en særlig status som national ansvarsart, hvilket indebærer, at en væsentlig del af den globale bestand findes i danske farvande, herunder Vadehavet og de indre fjorde, hvilket pålægger nationen et særligt ansvar for dens beskyttelse.[3] Denne rapport præsenterer en udtømmende analyse af sandormens biologi, fra dens komplekse anatomiske opbygning og unikke fysiologiske tilpasninger til dens reproduktive cyklus og de omfattende miljømæssige udfordringer, den står overfor i det 21. århundrede.

Systematik, anatomi og morfologisk differentiering

Arenicola marina tilhører rækken Annelida (ledorme) og klassen Polychaeta (havbørsteorme). Inden for denne klasse er den placeret i familien Arenicolidae, som er karakteriseret ved deres gravende levevis i blød havbund.[1] Ormens krop er en højt specialiseret maskine, designet til et liv under sedimentoverfladen, hvor den skal modstå både fysisk tryk og kemiske ekstremer.

Regional kropsopdeling og segmentel specialisering

Kroppen hos en voksen sandorm er typisk opdelt i tre distinkte regioner: en tyk thoracic-region (forende), en branchial-region (midtregion med gæller) og en tynd caudal-region (bagende eller hale).[5] Denne opdeling er ikke blot overfladisk, men afspejler en dyb fysiologisk specialisering. Sandormen besidder normalt 19 segmenter med parapodier (chaetigerous segments), selvom individer med 20 segmenter sjældent observeres.[5]

Gællerne er begrænset til segmenterne vii til xix, hvilket betyder, at den primære gasudveksling sker i midtersektionen af ormen. Nephridierne, der fungerer som ormens nyrer ved at filtrere coelomvæsken og udskille affaldsstoffer, er placeret på segmenterne iv til ix.[5] Denne adskillelse af organfunktioner langs kroppens akse gør det muligt for ormen at opretholde vitale processer, selv når dele af kroppen er under pres fra sedimentet.

Region	Segmenter	Primære strukturer	Funktionel betydning
Thorax	i - vi	Prostomium, mund, nephridia (iv-vi)	Sensorisk input, fødeindtag og ekskretion
Abdomen	vii - xix	Gæller (Branchiae), nephridia (vii-ix)	Respiration og metabolisk regulering
Cauda	xx+	Rectum, anus (achaetøs)	Afføring og prædationsforsvar (autotomi)

Anatomiske studier har vist, at kropsvæggen er rigt vaskulariseret, og blodkarrene løber i rørformede rum, der er forlængelser af coelomet (kropshulen).[5] Muskulaturen består af et kraftigt lag af cirkulære muskler, der er afbrudt af radiale partitioner af bindevæv ved hver interannulær fure, hvilket giver ormen dens karakteristiske ringede udseende og muliggør de kraftfulde peristaltiske bevægelser, der er nødvendige for at grave gennem kompakt sand.[5]

Statocyster og vertikal orientering

En af de mest fascinerende anatomiske detaljer hos *Arenicola marina* er tilstedeværelsen af statocyster i hovedregionen. En statocyst er et ligevægtsorgan bestående af en væskefyldt vesikel, hvori der findes små kalkholdige legemer kaldet statolitter.[1] Når ormen bevæger sig, påvirker tyngdekraften statolitterne, hvilket sender nervesignaler om ormens orientering i forhold til lodlinjen. Dette organ er essentielt for sandormens overlevelse, da det tillader den altid at grave med hovedet nedad og opretholde den korrekte vertikale position i sit J-formede rør, selv i totalt mørke dybt nede i sedimentet.[1]

Autotomi og regenerationskapacitet

Sandormens bagende er anatomisk set simplificeret og består primært af en sandfyldt endetarm omsluttet af en muskuløs væg.[7] De vitale organer som hjerter, gæller og gonader er placeret længere fremme i kroppen. Denne struktur er en evolutionær tilpasning til det faktum, at sandormen er mest sårbar over for prædation, når den stikker bagenden op til overfladen for at aflevere ekskrementer.[1] Hvis en prædator, såsom en fladfisk eller en vadefugl, får fat i halen, kan ormen foretage autotomi – en selvvalgt afsnøring af halespidsen.[6] Den tabte del kan efterfølgende

regenereres, hvilket gør det muligt for ormen at overleve gentagne angreb gennem sit liv, der kan vare op til 5-10 år.[1]

Fysiologiske tilpasninger til det intertidale miljø

Livet i tidevandszonen kræver ekstreme fysiologiske tilpasninger, da organismerne her skiftevis er dækket af vand og eksponeret for luft. Sandormen har udviklet sofistikerede mekanismer til at håndtere iltmangel (hypoxi) og ophobning af giftige stoffer som svovlbrinte.

Ekstracellulært hæmoglobin og iltlager

I modstrid med hvirveldyr, hvor iltbærende pigmenter er indkapslet i erytrocytter, er sandormens hæmoglobin opløst direkte i blodplasmaet.[7] Dette ekstracellulære hæmoglobin har en meget høj molekylvægt og en ekstremt høj affinitet for ilt. Når tidevandet trækker sig tilbage, og ormen ikke længere kan ventilere sit rør med iltrigt overfladevand, fungerer hæmoglobinet som et kritisk iltreservoir.[4] Ormen kan således opretholde en aerob metabolisme i flere timer ved at trække på den ilt, der er bundet til pigmentet i blodet. Undersøgelser har vist, at sandormen er følsom over for for høje iltkoncentrationer (hyperoxi), hvilket tyder på, at dens hæmoglobin er optimeret til de relativt lave iltspændinger, der findes i sedimentets porevand.[7]

Sulfidtolerance og anaerob metabolisme

Sedimenter med højt organisk indhold bliver hurtigt anoxiske, hvilket fører til dannelsen af svovlbrinte (H_2S) gennem bakteriel sulfatreduktion. Svovlbrinte er en potent gift, der blokerer den cellulære respiration ved at binde sig til cytochrom c oxidase. *Arenicola marina* har dog udviklet en markant tolerance over for dette stof. Ved lavvande, hvor sulfidkoncentrationen i rørets porevand kan stige til over 32µM, er ormen i stand til at afgifte sulfid ved at oxidere det til det mindre giftige thiosulfat ($S_2O_3^{2-}$) inde i sin coelomvæske.[10]

Når de respiratoriske reserver er opbrugt under langvarig emersion (tørlægning), skifter sandormen til anaerob metabolisme. Dette resulterer i akkumulering af metaboliske biprodukter som succinat, alanopin og strombin i muskelvævet.[10] Denne tilstand, kendt som miljøbetinget anaerobiose, gør det muligt for ormen at overleve i adskillige timer uden adgang til ekstern ilt. Når tidevandet vender tilbage, genoptager ormen hurtigt ventilationen af sit rør, og sulfid samt anaerobe biprodukter elimineres fra kroppen i løbet af 30-60 minutter.[10]

Metabolit	Status ved højvande	Status ved lavvande	Fysiologisk rolle
Ilt (O_2)	Høj (i blod og rørvand)	Lav (forbruges fra lager)	Primær elektronacceptor
Svovlbrinte (H_2S)	Lav	Stigende i rør og væv	Miljømæssig gift; metaboliseres
Thiosulfat ($S_2O_3^{2}$)	Lav	Akkumuleres i coelom	Afgiftningsprodukt af sulfid
Succinat	Minimal	Høj (i muskelvæv)	Markør for anaerob respiration

Reproduktionscyklus og tidlig udvikling

Sandormens livscyklus er præget af en nøje orkestreret reproduktionsstrategi, der maksimerer sandsynligheden for succesfuld befrugtning i et udfordrende marint miljø.

Hormonel kontrol og synkronisering

Sandormen er særkønnet (dioecious), og dens kønsceller udvikles frit i coelomvæsken. Gydningen er en årlig begivenhed, der ofte finder sted i en kort periode på 1-2 uger i det sene efterår, typisk i oktober eller november.[1] Den præcise timing styres af en kombination af miljømæssige faktorer (temperaturfald og tidevandsfaser) og interne hormonelle signaler.

Processen initieres af en "modningsfaktor", der frigives fra prostomium (ormens forreste del) under endokrin kontrol.[11] Denne faktor stimulerer nedbrydningen af de spermpakker (morulae), som hannerne har akkumuleret, og gør oocytterne (æggene) hos hunnerne klar til befrugtning. Selve gydningen sker gennem rytmiske kontraktioner af kropsvæggen, hvorved gameterne presses ud gennem de seks par nephridier.[1]

Befrugtningsmekanik og spermieaktivering

Gydningen foregår på en unik måde, der udnytter tidevandsbevægelserne. Hannerne frigiver deres sperm direkte på sandoverfladen ved lavvande, hvor det danner viskøse hvide pøle.[1] I disse pøle er spermierne oprindeligt inaktive på grund af et relativt lavt pH i coelomvæsken (ca. 7,3). Når tidevandet vender, og havvandet oversvømmer pølene, stiger pH-værdien til havvandets niveau (ca. 8,2), hvilket aktiverer spermiernes flageller og gør dem svømmedygtige.[1]

Hunnerne forbliver nede i deres rør og skaber en vandstrøm, der suger de nu aktive spermier ned til æggene, som tilbageholdes i rørets horisontale del.[1] Denne strategi beskytter æggene mod prædation og mekanisk stress i de mest sårbare stadier. En bemærkelsesværdig adfærd i denne periode er, at hannerne faster i ca. 2 dage efter gydningen, mens hunnerne faster i hele 3-4 uger, formodentlig for at undgå at komme til at spise deres egne æg eller larver.[11]

Fra larve til juvenil: Migration og bosætning

De befrugtede æg udvikler sig i første omgang nede i hunnens rør. Efter klækning lever de tidlige larvestadier (ofte omtalt som Benham-larver i ældre litteratur) i toppen af sandet eller i mucilaginøse slimrør knyttet til substratet, især på de øverste dele af stranden.[1]

I løbet af det efterfølgende forår gennemgår de unge sandorme en migrationsfase. De forlader det lave vand og lader sig transportere af tidevandsstrømme, enten passivt eller ved aktivt at svømme i vandsøjlen.[6] Denne migration muliggør spredning over distancer på 1-10 kilometer og sikrer, at de unge orme kan kolonisere nye områder eller finde habitater med optimal sedimentkvalitet.[9] De foretrækker ofte områder med moderat kornstørrelse (omkring 250µm), da ekstremt fint eller meget groft sand kan hæmme deres evne til at etablere permanente rør.[11]

Fødebiologi og økosystemteknik

Som sedimentæder (deposit feeder) spiller *Arenicola marina* en central rolle i næringsstofkredsløbet. Dens fødeoptagelse er tæt knyttet til dens komplekse rørstruktur, der fungerer som både bolig og fødefangstsystem.

J-røret og fødemekanismen

Sandormen lever i et fast, J-formet rør, der er foret med ormens egne slimsekreter for at stabilisere væggene.[7] Røret består af en vertikal skakt ved forenden (hovedskakten), en horisontal del (galleriet), hvor ormen primært opholder sig, og en vertikal haleskakt, der fører til overfladen, hvor ekskrementerne afleveres.[1]

Fødeoptagelsen foregår ved, at ormen indtager sediment ved bunden af hovedskakten. Dette skaber en tragtformet fordybning på sandoverfladen, efterhånden som materiale synker ned for at erstatte det indtagne sand.[1] Sandormen er ikke i stand til at fordøje selve sandkornene; i stedet

udnytter den de mikroorganismer, bakterier, meiofauna og bentiske kiselalger, der lever på kornenes overflade eller i mellemrummene.[8] Den er også i stand til at absorbere opløst organisk stof (DOM), såsom fedtsyrer, direkte gennem sin kropsvæg.[9]

Cyklisk aktivitet og vandpumpefunktion

Aktiviteten hos sandormen følger en præcis cyklus, der gentages ca. hvert 42. minut hos store individer (og hurtigere, ca. hvert 15. minut, hos små orme).[7] En typisk cyklus består af følgende faser:

1. **Ekskretion:** Ormen bevæger sig baglæns op i haleskakten og afleverer en karakteristisk snoet sandpøl (cast) på overfladen.[1]
2. **Ventilation:** Ormen trækker sig tilbage til galleriet og pumper aktivt vand gennem røret ved hjælp af peristaltiske bevægelser. Vandet suges ind gennem haleskakten og presses ud gennem hovedskakten (modstrømsventilation).[4]
3. **Fødeoptagelse:** Ormen bevæger sig mod forenden og indtager det nu iltede og potentielt organisk berigede sediment ved bunden af fødetragten.[1]

Denne pumpeaktivitet er afgørende for sedimentets kemi. Ved at trække iltrigt vand ned i dybden modvirker ormen dannelsen af anoxiske zoner og fremmer nedbrydningen af organisk materiale. Den samlede mængde sand, der bearbejdes, er enorm; i Vadehavet anslås det, at sandormene renser hele havbunden ned til 25 cm dybde i løbet af blot ét år.[6]

Trofiske interaktioner og prædation

Sandormen er en uundværlig ressource i det marine fødenet, hvor den udgør et bindeled mellem det mikrobielle samfund og de højere trofiske niveauer.

Betydning for fisk og fugle

I Vadehavet og de danske fjorde er sandormen en primær fødekilde for mange fladfisk, især rødspætter og skrubber, som bider efter ormens bagende, når den eksponeres under ekskretion.[2] Ligeledes er den helt central for vadefugle som strandskaden, storspoven og kobbersneppen. Disse fugle har næb, der er fysiologisk tilpasset til at lokalisere og trække ormene op fra deres dybe rør.[6]

Densiteten af sandorm kan nå svimlende højder; i visse områder er der registreret 100-150 individer pr. kvadratmeter, hvilket svarer til op mod 30 % af den samlede biomasse på en gennemsnitlig sandstrand.[1] Denne enorme biomasse gør sandormen til en stabiliserende faktor i økosystemet, der kan bære et betydeligt prædationspres.

Konkurrence og sameksistens

Sandormen lever ofte i tæt naboskab med andre bunddyr, såsom hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*), dyndsneglen (*Hydrobia ulvae*) og slikkrebsen (*Corophium volutator*). Selvom sandormens

bioturbation kan være forstyrrende for nogle arter (f.eks. ved at begrave små snegle), skaber den også levesteder for andre. For eksempel drager visse sedimentlevende orme fordel af de iltrige forhold nær sandormens rør.[14] Den rumlige fordeling af sandorm er ofte præget af et "spacing-out" fænomen, hvor voksne individer opretholder en vis afstand til hinanden for at optimere deres fødeområde, hvilket resulterer i en relativt jævn tæthed over store arealer.[15]

Miljøpåvirkninger og antropogene stressfaktorer

Som en fastboende organisme i kystnære sedimenter er sandormen ekstremt eksponeret for menneskeskabte ændringer i havmiljøet, herunder forurening, klimaforandringer og direkte ressourceudnyttelse.

Oceanforsuring og synergieffekter med tungmetaller

Oceanforsuring (OA), forårsaget af havets optag af antropogent CO_2, er en af de mest alvorlige trusler mod det marine liv. Selvom voksne sandorme er relativt tolerante over for svingninger i pH, har forskning vist, at de tidlige livsstadier er yderst sårbare, især når forsuringen optræder sammen med metalforurening.

Et centralt studie har undersøgt effekten af kobber (Cu) under forsurede forhold (pH 7,7 og 7,4). Resultaterne viser, at OA øger kobbers toksicitet gennem ændringer i stoffets kemiske form, hvilket gør det mere biotilgængeligt.[16] For sandormen betyder det:

- **DNA-skader:** Der observeres en synergistisk stigning i DNA-skader i spermier ved kombineret eksponering for OA og kobber.[16]
- **Reduceret larveoverlevelse:** Larvernes overlevelsesrate falder med ca. 24 % under kombinerede stressforhold sammenlignet med enkeltfaktorer.[16]
- **Nedsat befrugtningssucces:** Begge faktorer reducerer uafhængigt af hinanden sandsynligheden for succesfuld befrugtning.[16]

Disse fund er særligt bekymrende for kystnære områder, der ofte lider under både historisk metalforurening (fra f.eks. skibsmaling og industri) og stigende CO_2 -niveauer.

Tungmetalforurening og bioakkumulering

Sandormen fungerer som en effektiv bioindikator for tungmetaller som kviksølv (Hg), cadmium (Cd), bly (Pb) og zink (Zn).[18] Da ormen indtager store mængder sediment, akkumuleres disse metaller i dens væv i et dosis-respons forhold, hvilket gør det muligt for miljømyndigheder at vurdere forureningsgraden af et område ved at analysere ormene.[19]

I Danmark overvåges forekomsten af miljøfremmede stoffer (MFS) og tungmetaller gennem det nationale NOVANA-program.[20] Rapporter fra programmet har vist, at koncentrationerne af visse

metaller i sedimentet i danske fjorde stadig overstiger de ønskede baggrundsværdier, selvom der er sket forbedringer som følge af strengere regulering af industrielle udledninger.[20]

Metal	Toksisk mekanisme	Effekt på sandorm	Miljøstatus (DK)
Kobber (Cu)	Enzymhæmning, DNA-skade	Reduceret larvevækst, synergistisk med OA	Ofte fundet nær havne og værfter
Cadmium (Cd)	Oxidativ stress, nyretoksicitet	Akkumuleres i væv, påvirker vækst	Overvåges i NOVANA; generelt lavt
Bly (Pb)	Neurotoksisk, hæmmer hæm-syntese	Bioakkumuleres kraftigt i leverlignende væv	Historisk forurening; faldende tendens
Kviksølv (Hg)	Proteindenaturering, DNA-skade	Høj toksicitet; risiko for biomagnifikation	Alvorlig trussel i visse lukkede fjordsystemer

Case-studie: Vejle Fjord og konflikten mellem sandorm og ålegræs

Vejle Fjord har gennem de seneste år været centrum for omfattende naturgenopretningsprojekter, herunder projekt "Sund Vejle Fjord".[23] Fjorden lider under konsekvenserne af årtiers eutrofiering (overgødskning), hvilket har ført til massive iltsvind og tab af ålegræsenge (*Zostera marina*).

Selvom kvælstofbelastningen til fjorden er reduceret fra ca. 2300 tons pr. år i 1990'erne til 930 tons pr. år i 2023, er den økologiske tilstand stadig klassificeret som "dårlig" eller "ringe".[26] En af de største udfordringer for genopretningen af ålegræs har vist sig at være sandormen. Ny forskning indikerer, at sandormens bioturbationsaktivitet fungerer som en barriere for etableringen af nye ålegræsplanter. Ved at begrave frø og små skud under sandpølser eller ved at grave dem op under fødeoptagelsen, reducerer ormen succesraten for udplantning.[26]

Studier har identificeret en kritisk tærskelværdi for sandormetæthed:

- Når tætheden af sandorm overstiger **29 individer pr. kvadratmeter**, falder overlevelsen af

udplantet ålegræs drastisk.[26]

- I områder med høje tætheder (op mod 70-80 orme pr. m2) er det tæt på umuligt at reetablere ålegræs uden forudgående reduktion af ormebestanden eller fysisk beskyttelse af planterne.[26]

Denne indsigt understreger nødvendigheden af en nuanceret forståelse af biologiske interaktioner i naturgenopretning; en art, der er gavnlig for sedimentets iltning, kan samtidig være en hindring for genetableringen af vigtige marine habitater som ålegræsenge.

Maddinggravning: Rekreativ udnyttelse og miljøeffekter

Sandormen er yderst eftertragtet som madding til lystfiskeri, hvilket har skabt en betydelig rekreativ og i visse lande kommerciel industri.[1] I Danmark er indsamling til eget forbrug tilladt, men det er ikke uden konsekvenser for lokalmiljøet.

Gravningsmetoder og deres indvirkning

Lystfiskere benytter typisk en havegreb til at vende sedimentet ved lavvande eller et pumpebræt, hvor ormene drives op af deres rør ved hjælp af trykbølger.[30] Mens manuel gravning i begrænset omfang anses for bæredygtig for selve sandormebestanden (da diggere ofte er ineffektive og efterlader mange individer), har aktiviteten store afledte effekter.[31]

Fysisk omvæltning af sedimentet medfører:

1. **Dødelighed blandt andre arter:** Især muslinger som hjertemuslinger er sårbare, da de enten begraves for dybt eller efterlades på overfladen til prædatorer.[31]
2. ***Ændret sedimentstruktur:*** Gravning reducerer indholdet af fint materiale og organisk stof, hvilket kan ændre habitatet for mikrofaunaen i månedsvis.[32]
3. **Forstyrrelse af fugle:** Indsamling foregår ofte i de samme områder og perioder (vinter), hvor trækfugle har brug for fred til at søge føde. Tilstedeværelsen af mennesker på vaden kan skræmme fuglene væk fra deres primære fødeområder.[32]

Område	Primær effekt af gravning	Restitutionstid	Status
Britiske kyster	Reduktion i infaunal diversitet	1 - 3 måneder	Udbredt regulering via licenser [1]
Vadehavet	Forstyrrelse af vadefugle	Variabel	Beskyttede zoner uden adgang [2]

Sydeuropæiske laguner	Tab af sedimentkohærens	> 7 dage	Lokalt kritiske tilstande [32]

Forvaltning og fremtidig beskyttelse

I Danmark er der stigende fokus på at beskytte de mest sårbare kystområder. Forslag om udvidede forbud mod bundslæbende redskaber (såsom bundtrawl) i områder som Bælthavet og Kattegat vil indirekte gavne sandormebestandene ved at bevare sedimentets integritet.[35] For maddinggravning diskuteres behovet for zonering, hvor visse områder friholdes for menneskelig aktivitet for at sikre fuglenes og bunddyrenes uforstyrrede eksistens.

Videnskabelig betydning og fremtidige forskningsbehov

Sandormen er mere end blot en madding eller en børsteorm; den er en modelorganisme for forståelsen af marine processer.

Bioturbation som regulator af næringsstofflux

Den rolle, sandormen spiller i at koble processerne i sedimentet med vandsøjlen, er stadig et aktivt forskningsfelt. Gennem sin ventilation af røret øger den fluxen af næringsstoffer som ammonium og fosfat, hvilket kan have en stimulerende effekt på planktonalger i vandet.[14] I et eutrofieret system som de danske fjorde kan dette potentielt forlænge perioder med algeopblomstringer, hvilket komplicerer forvaltningen af næringsstofudledninger.

Klimaændringer og den nordlige udbredelse

Med stigende havtemperaturer ser man ændringer i sandormens udbredelse og gydetidspunkter. Da gydningen er temperaturafhængig (hæmmes ved temperaturer over 13-15 °C), kan varmere efterår forskyde reproduktionen, hvilket potentielt kan føre til et mismatch med de planktoniske fødekilder, som larverne er afhængige af.[11]

Konklusion

Arenicola marina er en hjørnesten i de danske kystøkosystemer. Dens sofistikerede fysiologi, fra ekstracellulært hæmoglobin til avancerede afgiftningsveje for sulfid, gør den til en mester i overlevelse i et af verdens mest omskiftelige miljøer. Som økosystemingeniør opretholder den sedimentets sundhed og understøtter en enorm biodiversitet af både mikroorganismer og hvirveldyr.

Dog viser analysen også, at sandormen ikke er usårlig. Presset fra oceanforsuring, kombineret med historisk og nuværende forurening, truer de tidlige livsstadier, som er fundamentet for bestandens

opretholdelse. Desuden kræver dens rolle som barriere for ålegræsgenopretning i områder som Vejle Fjord en nytænkning af, hvordan vi forvalter marine restaureringsprojekter. En bæredygtig fremtid for de danske kystvande kræver en holistisk tilgang, hvor beskyttelsen af sandormens habitater og reguleringen af de faktorer, der stresser dens livscyklus, prioriteres højt. Som national ansvarsart er sandormen ikke blot en indikator for miljøets tilstand, men en central aktør, hvis trivsel er uløseligt forbundet med hele det marine økosystems sundhed.

Citerede værker

1. Lugworms | MarineBio Conservation Society, tilgået marts 31, 2026, https://www.marinebio.org/species/lugworms/arenicola-marina/
2. Livet på vaderne - Nationalpark Vadehavet, tilgået marts 31, 2026, https://nationalparkvadehavet.dk/oplev-vadehavet/dyre-og-fuglelivet/livet-paa-vaderne
3. Sandorm (Arenicola marina) - Naturbasen, tilgået marts 31, 2026, https://www.naturbasen.dk/art/5679/sandorm
4. Lugworm | Anatomy and Physiology | Research Starters - EBSCO, tilgået marts 31, 2026, https://www.ebsco.com/research-starters/anatomy-and-physiology/lugworm
5. THE ANATOMY OF THE BODY WALL AND APPENDAGES IN ARENICOLA MARINA ARENICOLA CLAPAREDII LEVINSEN AND ARENICOLA ECAUDATA JOHNSTON, tilgået marts 31, 2026, https://plymsea.ac.uk/1396/1/The_anatomy_of_the_body_wall_and_appendages_in_Arenicola_marina_L._Arenicola_claparedii_Levinson_and_Arenicola_ecaudata_Johnston.pdf
6. Sandormen - Skoven i Skolen, tilgået marts 31, 2026, https://skoven-i-skolen.dk/sites/skoven-i-skolen.dk/files/2023-09/Faktaark-sandorm.pdf
7. adaptations of arenicola - Vlaams Instituut voor de Zee, tilgået marts 31, 2026, https://www.vliz.be/imisdocs/publications/ocrd/263452.pdf
8. Vaden - Oplev Esbjerg, tilgået marts 31, 2026, https://oplev.esbjerg.dk/oplev-naturen/ved-vandet/vadehavet/vaden
9. Blow lug (Arenicola marina) - MarLIN, tilgået marts 31, 2026, https://www.marlin.ac.uk/assets/pdf/species/marlin_species_1402_2019-03-21.pdf
10. Sulfide stress and tolerance in the lugworm Arenicola marina during low tide, tilgået marts 31, 2026, https://www.researchgate.net/publication/250215511_Sulfide_stress_and_tolerance_in_the_lugworm_Arenicola_marina_during_low_tide
11. Blow lug (Arenicola marina) - MarLIN - The Marine Life Information ..., tilgået marts 31, 2026, https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1402
12. The Later Larval Life of Arenicola Marina L - SciSpace, tilgået marts 31, 2026, https://scispace.com/pdf/the-later-larval-life-of-arenicola-marina-l-19zpoykccu.pdf
13. Vadehavet - Opgaveskyen, tilgået marts 31, 2026, https://www.opgaveskyen.dk/wp-content/uploads/2016/01/Vadehavetpdf.pdf
14. Lugworm exclusion experiment: Responses by deposit feeding worms to biogenic habitat transformations | Request PDF - ResearchGate, tilgået marts 31, 2026, https://www.researchgate.net/publication/222420394_Lugworm_exclusion_experiment_Responses_by_deposit_feeding_worms_to_biogenic_habitat_transformations
15. Arenicola marina. Densities (n m-2) of adult (U) and juvenlle (0-0)... - ResearchGate, tilgået marts 31, 2026, https://www.researchgate.net/figure/Arenicola-marina-Densities-n-m-2-of-adult-U-and-juvenlle-0-0-lugworms-along_fig1_250215774
16. Ocean Acidification Increases Copper Toxicity to the Early Life History Stages of the Polychaete Arenicola marina in Artificial Seawater | Environmental Science & Technology - ACS Publications, tilgået marts 31, 2026, https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es502739m
17. The Combined Effects of Ocean Acidification and Heavy Metals on Marine Organisms: A Meta-Analysis - Frontiers, tilgået marts 31, 2026, https://www.frontiersin.org/journals/marine-

science/articles/10.3389/fmars.2021.801889/full
18. Bioaccumulation of mercury, cadmium, zinc, chromium, and lead in muscle, liver, and spleen tissues of a large commercially valuable catfish species from Brazil - SciELO, tilgået marts 31, 2026, https://www.scielo.br/j/aabc/a/WDYPFhSD5CYynJtVkWWgrgb/
19. Influence of sediment on heavy metal uptake by the polychaete Arenicola marina, tilgået marts 31, 2026, https://www.researchgate.net/publication/279680800_Influence_of_sediment_on_heavy_metal_uptake_by_the_polychaete_Arenicola_marina
20. Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet, tilgået marts 31, 2026, https://www2.dmu.dk/1_viden/2_publikationer/3_fagrapporter/rapporter/fr585.pdf
21. NOVANA 2023-27 - Miljøstyrelsen, tilgået marts 31, 2026, https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/09/978-87-7038-556-5.pdf
22. Typetal for miljøfarlige forurenende stoffer i regnbetingede udledninger - Miljøstyrelsen, tilgået marts 31, 2026, https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/01/978-87-7038-386-8.pdf
23. Nyt liv til Vejle Fjord: Genopretning af fjordens havmiljø fortsætter | VELUX FONDEN, tilgået marts 31, 2026, https://veluxfonden.dk/da/nyhed/nyt-liv-til-vejle-fjord-genopretning-af-fjordens-havmiljoe-fortsaetter
24. Sund Vejle Fjord - Center for Marin Naturgenopretning, tilgået marts 31, 2026, https://marinnatur.dk/projekter/sund-vejle-fjord/
25. Projekt Sund Vejle Fjord viser vejen for marin naturgenopretning, tilgået marts 31, 2026, https://www.sportsfiskeren.dk/natur-og-fiskeripolitik/nyheder/2023/02/projekt-sund-vejle-fjord-viser-vejen-for-marin-naturgenopretning
26. University of Southern Denmark Threshold of lugworm (Arenicola marina) densities for successful transplantation of eelgrass (Zos, tilgået marts 31, 2026, https://portal.findresearcher.sdu.dk/files/293893061/Restoration_Ecology_-_2025_-_Banke_-_Threshold_of_lugworm_Arenicola_marina_densities_for_successful_transplantation_of.pdf
27. Compensation irradiance and depth limits of transplanted eelgrass (Zostera marina) along a eutrophication gradient - Frontiers, tilgået marts 31, 2026, https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2025.1581612/full
28. Threshold of lugworm (Arenicola marina) densities for successful transplantation of eelgrass (Zostera marina) | Request PDF - ResearchGate, tilgået marts 31, 2026, https://www.researchgate.net/publication/390499487_Threshold_of_lugworm_Arenicola_marina_densities_for_successful_transplantation_of_eelgrass_Zostera_marina
29. Impact of bait collecting in Poole Harbour and other estuaries within the Southern IFCA District - GOV.UK, tilgået marts 31, 2026, https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7dc323ed915d2ac884d664/fcf-baitcollecting.pdf
30. Grav sandorm | Det Danske Spejderkorps, tilgået marts 31, 2026, https://dds.dk/aktivitet/grav-sandorm
31. Distribution and population recovery of Arenicola marina and other benthic fauna after bait digging - Inter-Research Science Publisher, tilgået marts 31, 2026, https://www.int-res.com/articles/meps/11/m011p173.pdf

32. Short-term impact of bait digging on intertidal macrobenthic assemblages of two south Iberian Atlantic systems | Request PDF - ResearchGate, tilgået marts 31, 2026, https://www.researchgate.net/publication/251545684_Short-term_impact_of_bait_digging_on_intertidal_macrobenthic_assemblages_of_two_south_Iberian_Atlantic_systems
33. Linking life-history traits, spatial distribution and abundance of two species of lugworms to bait collection - Archimer, tilgået marts 31, 2026, https://archimer.ifremer.fr/doc/00451/56284/60474.pdf
34. Habitats Regulations Assessment document: NCSPA – tLSE 037 - NIFCA, tilgået marts 31, 2026, https://nifca.gov.uk/wp-content/uploads/2021/10/NCSPA-tLSE-037-Digging-with-forks-V1.0.pdf
35. Denmark and EU to fund extensive studies on the impact of bottom trawls - FishSec, tilgået marts 31, 2026, https://www.fishsec.org/2023/02/03/denmark-and-eu-to-fund-extensive-studies-on-the-impact-of-bottom-trawls/
36. How Denmark's bottom trawling ban could benefit marine conservation - Oceana Europe, tilgået marts 31, 2026, https://europe.oceana.org/blog/how-denmarks-bottom-trawling-ban-could-benefit-marine-conservation/