

# Kampen mod pæleorm

Den borende musling, pæleorm, er en trussel mod de mere end 40.000 arkæologiske fund, der findes på den danske havbund. Ny forskning viser, at et angreb af pæleorm kræver en vis mængde cellulose bevaret i træet, og at det er muligt at stoppe et aktivt angreb af pæleorm på fundstedet.

## Forfatterne



Anne Marie Eriksen er naturhistorisk konservator  
anne.marie.eriksen  
@natmus.dk



David Gregory er seniorforsker  
david.john.gregory  
@natmus.dk

Begge ved Nationalmuseets Bevaringsafdeling

Året er 1731, og langs en flere hundrede kilometer lang strækning af den hollandske kyst bryder digerne sammen. Adskillige mennesker omkommer i vandmasserne som oversvømmer store landområder og ødelægger for millioner af kroner. Da man får analyseret træet, som har understøttet digerne, ser man, at det er fyldt med huller og gange efter noget, der ligner en orm. Træet har mistet sin styrke og er bukket under for presset fra vandmasserne. Grunden til, at dette kunne ske skal findes i den lave nedbørsmængde i årene op til katastrofen. Det har gjort havet tæt på kysten mere salt og dermed skabt optimale forhold for den borende musling, pæleorm. Pæleorm lever det meste af sit liv indeni træ, som den æder og bruger som beskyttelse. Den ligner ikke en almindelig musling med to muslingskaller omkring dyrets bløddel men derimod en lang orm, hvor to små skaller for enden af hovedet vidner om dens familieforhold.

Da man ofte finder pæleorm i bundgarnspæle og fordi formen af dyrets krop får den til at ligne en orm, har muslingen fået det misvisende navn. Når

en sværm af pæleormslarver angriber et stykke træ og omdanner sig til voksne individer, kan træet være helt eller delvist ædt i løbet af ganske få måneder.

## Tusinder af truede genstande

Kulturstyrelsen vurderer, at der ligger omkring 20.000 skibsvrag af arkæologisk betydning i de danske farvande. Hertil kommer det samme antal af bopladser med tilhørende genstande af træ som fiskeruser, våben, redskaber eller konstruktioner fra bygninger eller havneanlæg. Når disse genstande bliver eksponeret på havbunden, er de i fare for at blive angrebet og dermed nedbrudt af pæleorm. Det er ofte i forbindelse med større bygningsprojekter, at man finder arkæologiske genstande. Fx ved udvidelsen af en havn, nedlægning af gasledninger eller når en bro eller tunnel skal opføres.

Problemet med pæleorm, som nedbryder fortidsminder, vil let kunne løses ved at hæve genstandene, når de bliver fundet. Men i nogle tilfælde



Pæleorm er en borende musling med en aflang krop, hvor skallerne er reduceret til kun at dække det yderste af hovedet (højre side af billedet). Den bruger skallerne som borehoved, når den laver gange i træet.

Foto: David Gregory



I løbet af seks måneder kan pæleorm helt eller delvist nedbryde et stykke træ. De forer indersiden af gravegangen med et kalkholdigt sekret som afstiver gangen.

Foto: David Gregory

På havbunden ud for Langelands kyst findes flere områder med 6.000 år gamle skove, som er blevet oversvømmet når havniveauet er steget. Her ses dykkere i færd med at hæve et stykke af en egetræsstamme som senere skæres i skiver og bruges til forsøg med pæleorm på prøvelokaliteten ved Lynæs.

Foto: Sportsdykkerklubben Delfinen, Svendborg.

kan udgravningen, konserveringen og efterfølgende udstilling eller opmagasinering løbe op i store summer. Derfor er det oftest at foretrække, at genstandene bliver bevaret på selve fundstedet – enten permanent eller som en midlertidig løsning. I UNESCOs retningslinjer opfordres til at arkæologiske fund så vidt muligt skal bevares *in situ*, dvs. på fundstedet.

### Ilt fremmer nedbrydningen

Ideen bag "*in situ*-bevaring" er at skabe forhold omkring fundet, som stabiliserer det og sikrer det mod yderligere nedbrydning. Indirekte er ilt med til at skabe en hurtig nedbrydning af genstanden, da ilt skaber gode forhold for de organismer der nedbryder fundene, fx svampe, bakterier og større nedbrydere som muslinger og krebs. Det er derfor vigtigt at mindske iltniveauet omkring genstanden, hvis den skal bevares. Når genstanden er begravet i sediment, er bevaringsforholdene meget bedre, da iltniveauet falder jo længere ned i sedimentet, man kommer. I praksis kan man derfor genskabe de iltfrie forhold ved at begrave

Havoverflade	Miljøklassifikation	Svampe og bakterier	Pæleorm	Bevaringsgraden
Havbund	Oxisk (iltholdigt) >3 mg/l	Hvid muld Brun muld Grå muld	+	Dårlig
Øget sedimentdybde	Suboxisk 0,01-0,3 mg/l	Grå muld Tunnelbakterier Erosionsbakterier	±	God
	Anoxisk (iltfattigt) <0,01 mg/l	Erosionsbakterier	±	

Mængden af "bionedbrydere" falder i takt med iltmængden – fx når man bevæger sig ned gennem sedimentet på havbunden. Pæleorm har brug for ilt niveauer over ca. 4 mg/L for at kunne overleve i længere tid, og derfor kan de ikke leve i træ, som ligger nedgravet i sedimentet. Der findes nogle bakterier, som kan nedbryde træ ganske langsomt under iltfrie forhold, men de forvolder langt mindre skade end pæleorm.

Illustration modificeret efter Gregory, D., Helms, A. C. & Matthiesen, H. (2008).

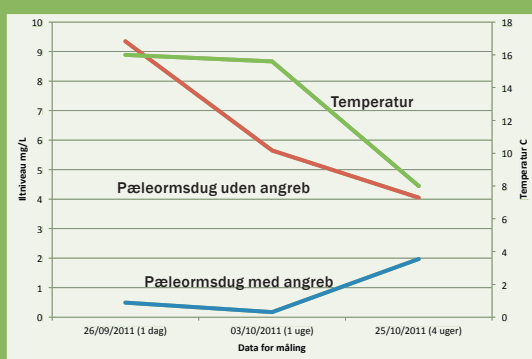
genstanden i det sediment, den er fundet i, tilføje nyt sediment i form af sandsække som dermed også stabiliserer fundet eller lægge et net eller en måtte med kunstigt ålegræs hen over fundet. Sidstnævnte metode sikrer både, at sediment ikke forsvinder fra området, og at sedimentpartikler i vandet fanges i det kunstige ålegræs eller nettet og falder ned oven på fundet.

Hvis fundet stikker op af havbunden, er det dog svært at benytte disse metoder. I stedet kan man omvikle genstandene med fiberplast eller geotekstiler, som bedst kan beskrives som kraftige plastposer med enten en helt glat eller vævet

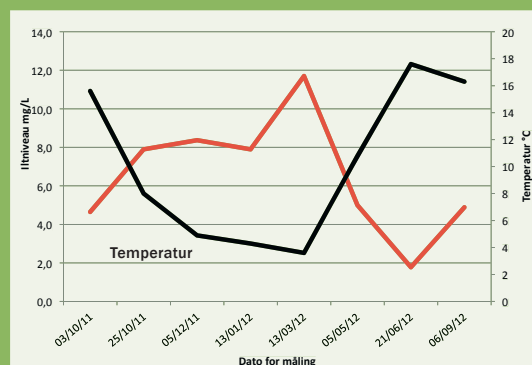
overflade. En tidligere undersøgelse har vist, at en geotekstil kaldet TERRAM4000 kan benyttes præventivt, så nye angreb af pæleorm ikke finder sted.

### Pæleorme dræbes med en "dug"

Oftest finder man dog først genstanden, efter den er blevet eksponeret på havbunden, og derved kan der allerede være et aktivt angreb inde i træet, når det omvikles. Vi har udført forsøg med et plastmateriale kaldet Pæleormedug, der viser, at man ved at bruge dette materiale vil kunne slå pæleormene ihjel. Forsøget blev udført ved at omvikle 36 træklodser angrebet af pæleorm med hhv. pæle-



Figuren viser forsøg med træklodser omviklet med Pæleormedug. I løbet af den første uge falder iltniveauet, fordi pæleormene i klodserne forbruger ilt. Pæleormene dør efter en til fire uger og stopper dermed at forbruge ilt, og derfor stiger iltniveauet igen.



Iltniveauet omkring træklodser omviklet med geotekstilet TERRAM4000. Det ses, hvordan iltniveauet svinger hen over året. Niveauet er lavere end i de frie vandmasser, men årsvariationen er den samme omkring klodserne som i vandmasserne. Materialet hæmmer derfor en smule for iltgennemtrængningen men ikke nok til at slå pæleormene ihjel.



## Pæleorm i Danmark

Pæleormen *Teredo navalis* i et stykke træ.

I Danmark findes der tre arter af pæleorm, *Nototeredo norvegica*, *Psiloteredo megotara* og *Teredo navalis*: De to førstnævnte findes ved den jyske vestkyst og sidstnævnte, som er mest udbredt, lever i samtlige af de indre danske farvande. Dog ser man den ikke øst for Amager eller Gedser, da saltindholdet i denne del af Østersøen er for lavt. Et EU-støttet forskningsprojekt kaldet Wreck Protect ([www.wreckprotect.eu](http://www.wreckprotect.eu)) har tidligere undersøgt, hvorvidt den sidstnævnte art, *Teredo navalis*, vil kunne trænge ind i den indre del af Østersøen hvis forholdene ændrer sig. Der har nemlig været observeret en opblomstring af pæleorm i de indre danske farvande indenfor de seneste årtier, hvilket har givet anledning til bekymring for alle de fund, som findes i det indre af Østersøen. Fundene i

Østersøen er unikke i deres bevaringstilstand netop på grund af den manglende tilstedeværelse af pæleorm, og man kan være heldig at se skibe med intakt skrog og master stå oprejst på havbunden. Den overvejende del af fundene består af træ. Cellerne i træet består fortrinsvis af de organiske makromolekyler lignin, cellulose og hemicellulose. Under nedbrydning vil cellulose og derefter hemicellulose nedbrydes først, da disse er bygget op af sukkerenheder, som mikroorganismene kan bruge som næringskilde. Pæleorm lever i symbiose med en bakterie, som indeholder enzymet cellulase, der kan spalte cellulose. Dermed kan pæleormen nedbryde og få næring fra dele af træets komponenter.

ormedug og TERRAM 4000 og måle iltniveauet inde omkring træet.

I løbet af blot en uge faldt iltniveauet til 0,2 mg/l i Pæleormedugen, hvilket er langt under de ca. 6 mg/l, som ses omkring træ, der ikke er blevet angrebet. Og inden for en måned var samtlige pæleorme i træet omviklet med Pæleormedug døde (se figur). I modsætning hertil var pæleormene i træet omviklet med TERRAM4000 stadig i live efter et år. Selvom dette materiale hæmmer iltniveauet en smule, er det ikke tilstrækkeligt til at slå pæleormene ihjel. Tidligere forskning har vist, at pæleorm vil dø ved iltniveauer under 1 mg/l inden for en måned.

Konklusionen er altså, at det er muligt at stoppe et aktivt angreb af pæleorm i en arkæologisk genstand på havbunden ved at dække fundet til med pæleormsdug og stabilisere siderne af pæleormsdugen med sandsække, så det ikke flyder væk.

### Celluloseindhold afslører sårbarhed

Pæleorm kan være selektive i deres angrebsmønstre. Marinarkæologer har observeret, at to genstande kan ligge ved siden af hinanden på havbunden, hvor kun den ene er angrebet af pæleorm. Ved forsøg med skiver af en 6.000 år gammel egestamme har vi fundet, at forklaringen sandsynlig-

vis er forskelle i træets indhold af bevaret cellulose. Forsøgene viste således, at pæleormene kun angreb kernen (dvs. midten) af træet, hvor mængden af bevaret cellulose er høj, mens de lod de yderste lag (splinten) med lavt celluloseindhold være urørt.

Mængden af bevaret cellulose i træ kan vurderes ud fra en måling af densiteten, der forholdsvis let kan foretages ved hjælp af en såkaldt pilodyn. Det er et instrument, som skyder en nål ind i træet med en bestemt energi og måler, hvor langt nålen trænger ind. Pilodynen kan også benyttes under vand. Det vil sige, at når der findes nye arkæologiske genstande på havbunden, som ønskes bevaret *in situ*, kan en dykker sendes ned med en pilodyn, bestemme densiteten af træet og derudfra komme med et kvalificeret bud på, om der bør sikres mod pæleormsangreb, fx ved at dække fundet til med pæleormsdug. En bedre og mere driftsikker pilodyn til undervandsbrug er ved at blive udviklet i forbindelse med det EU-finansierede forskningsprojekt SASMAP.

Sammen med udviklingen af en database, der indeholder et stort antal forskellige arter af træer i forskellige nedbrydningsgrader, vil disse værktøjer bringe os et skridt videre i kampen for at beskytte arkæologiske genstande mod pæleormen. ■

### Yderligere læsning

Eriksen, A. M., Gregory, D. & Botfeldt, K. (in press). The survival of *Teredo navalis* L. in timber wrapped in TERRAM4000 and a plastic membrane. *International Biodeterioration & Biodegradation*. s. 1-6.

Gregory, D., Helms, A. C. & Matthiesen, H. (2008). The use and deployment of modern wood samples as a proxy.... *Conservation and Management of Archaeological Sites* 10. s. 204-222.

Gregory, D., Jensen, P. & Strætkvern, K. (2012). Conservation and in situ preservation of wooden shipwrecks from marine environments. *Journal of Cultural Heritage* 13. s. 139-148.

SASMAP: [www.sasmap.eu](http://www.sasmap.eu)

WreckProtect: [www.wreckprotect.eu](http://www.wreckprotect.eu)