

## Pæleorme

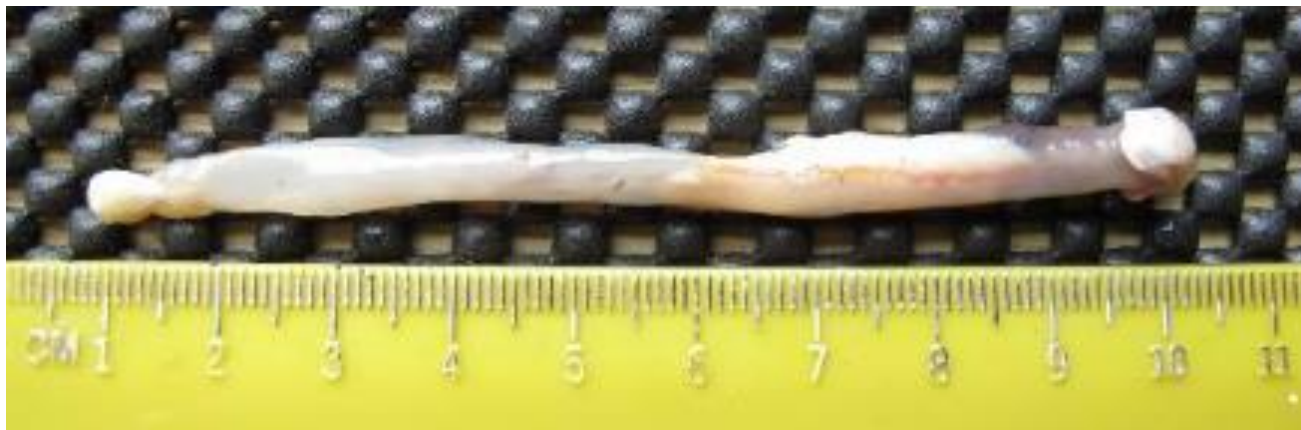
"En videnskabelig undersøgelse starter med at observere. Jo mere man kan se, jo mere kan man undersøge".

Nobelpristageren Martin Chalfies ord passer på de tre skibsvrag fra 1700-tallet, der i oktober 2022 blev fundet af Sea War Museum Jutland i farvandet øst for Gotland. Vragene lå i 150 meters dybde og blev af Ocean Discovery dokumenteret ved hjælp af fotogrammetri, der blev suppleret med en multibeam-dokumentation foretaget af JD-Contractor. Som deltagere i ekspeditionen havde vi mulighed for at følge undersøgelser og efterbehandling og bagefter gense resultaterne i et digitalt univers.

Men hvorfor ligger disse vrag stadig på Østersøens bund, og hvorfor er alle vrag ikke lige så velbevarede? Det er et spørgsmål, som Sea War Museum, JD-Contractor og Nationalmuseet har undersøgt de seneste år for bedre at kunne bevare kulturarven under vand.

At forstå hvordan og hvorfor nogle skibsvrag bevares og andre nedbrydes, involverer en kompleks undersøgelse af, hvordan et skib og dets materialer interagerer med et miljø, det aldrig var designet til at være i. Som Gert Normann Andersen udtalte i et tidligere opslag, "I Nordsøen bliver alle vrag ødelagt på rekordtid. Alt træværket bliver spist af pæleorme, og bølgebevægelser og tungt fiskegrej tager sig af resten".

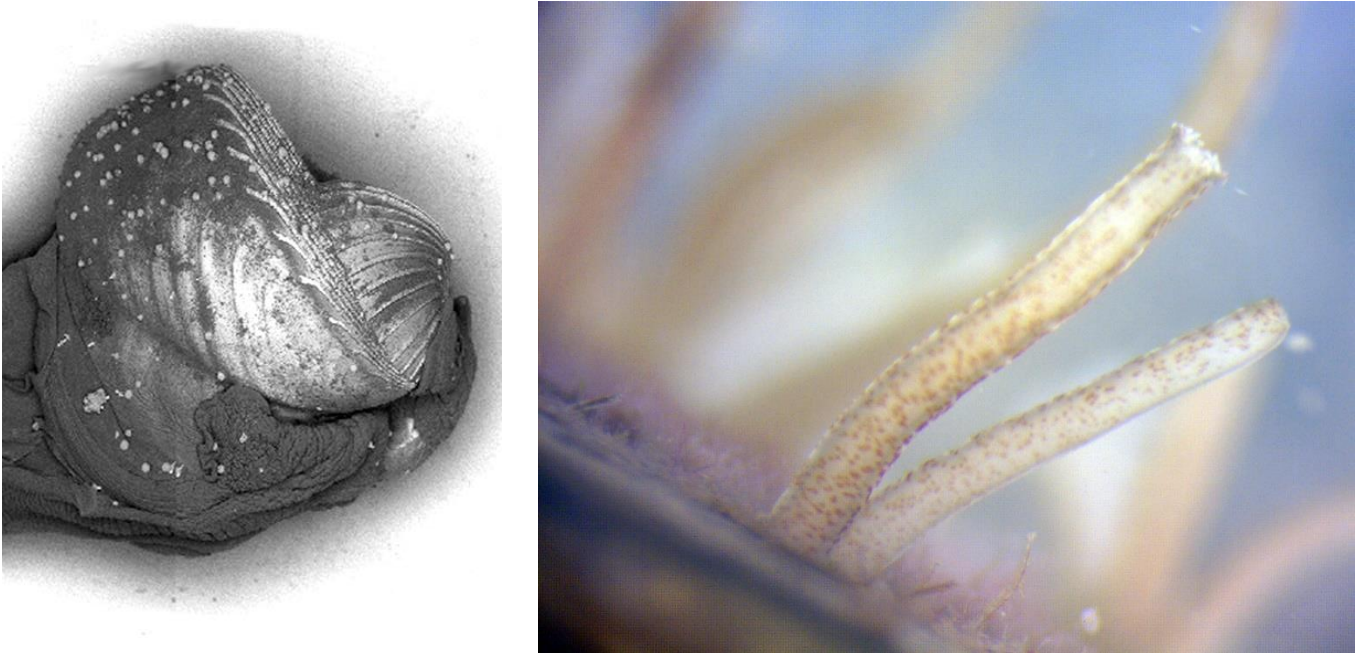
Placeringen af vragene nær Gotlandsdybet i Østersøen er nøglen til deres exceptionelle bevaringstilstand. Den store dybde har beskyttet vragene mod fiskeri og andre menneskelige aktiviteter, og mindst lige så vigtigt kan den træ-ædende pæleorm (Figur 1) ikke overleve i denne del af Østersøen.



Figur 1. Pæleormen *Teredo navalis*. Dyrets hoved med de to skaller, der borer sig ind i træet, ses til højre. Dyret trækker vejret gennem to rør (sifoner), der ses til venstre. Rørene stikker ud fra træet og ud i det omgivende havvand. Foto: David Gregory, Nationalmuseet.

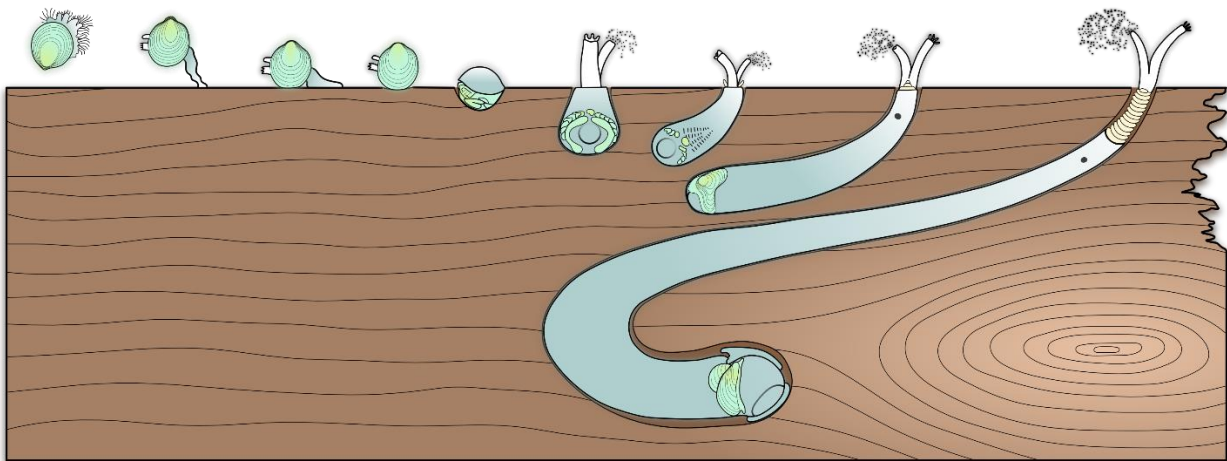
Der findes omkring 65 forskellige arter af pæleorm rundt om i verden, hvoraf vi har fire i og omkring de danske farvande. Interessant nok er de slet ikke orme, men en meget specialiseret saltvandsmusling, der klassificeres som et marint to-skallet bløddyr af familien Teridinidae, første gang klassificeret af den svenske botaniker og zoolog Carl von Linné i 1758.

*Teredo Navalis*, eller den almindelige pæleorm, er en af de vigtigste arter i nordvesteuropæiske og skandinaviske farvande. Dens hoved er dækket af to hvide skaller, hvormed den borer sig ind i træ. I bagenden har den to rør (Figur 2), hvoraf det ene bruges til optagelse af ilt og næring, mens affaldsstoffer sendes ud gennem det andet. Begge rør har desuden en funktion i forplantningen.



Figur 2. Til venstre: Skallerne på *T. navalis* som bliver brugt til at bore igennem træ (x100). Til højre: rørene (x20) som er den eneste del, der rager ud i vandet. Fotos: David Gregory, Nationalmuseet

Selvom pæleormen har udviklet sig til at leve i træ, starter den sit liv frit svævende i vandet (Figur 3).

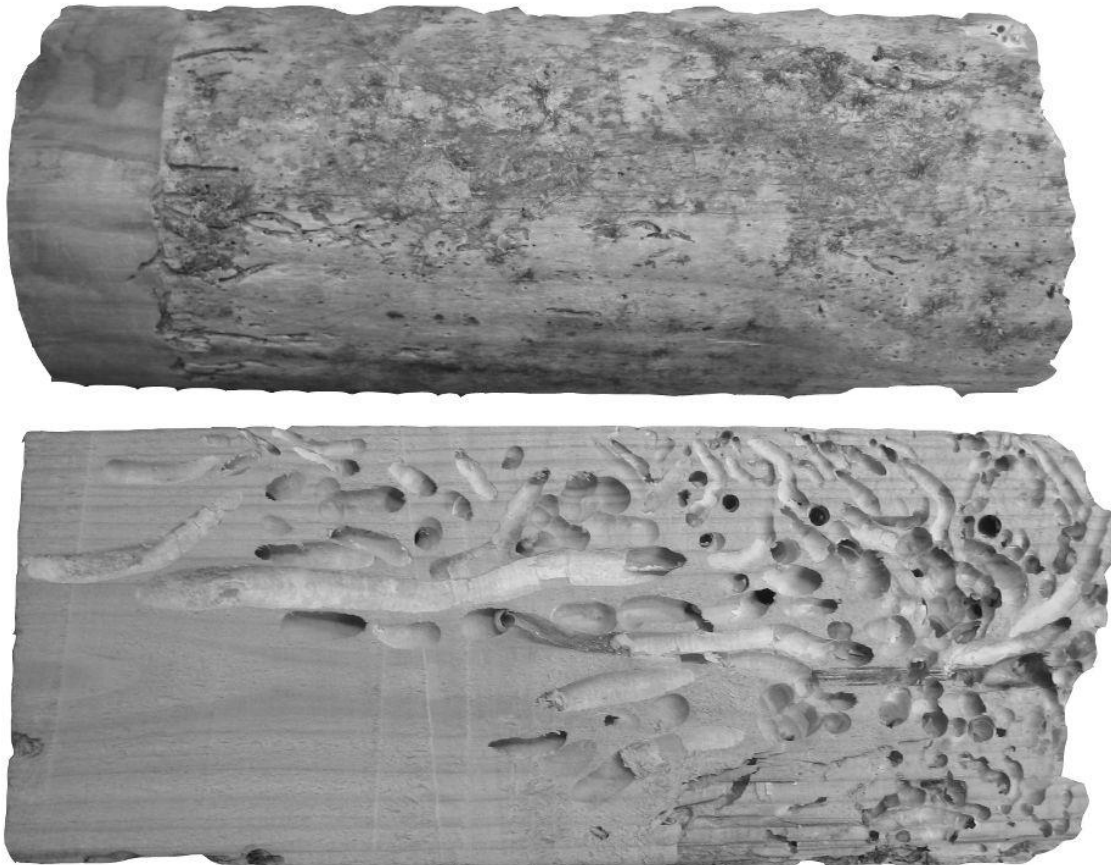


Figur 3. *Teredo navalis* livscyklus (efter Nair og Saraswarthy, 1971).

Når vandtemperaturen når omkring 15°C starter reproduktionen. Gennem udstødsrøret frigiver hannen sæd i vandet, som hunnen derefter samler op gennem sit indsugningsrør. Æggene tilbringer op til fem uger i moderens gællekammer, før de slippes ud i vandet som frit svømmende larver kaldet veliger. Hunnerne

gyder 3-4 gange på en sæson og frigiver 1 - 5 millioner larver hver gang. Veliger driver omkring i vandet i 2-3 uger, hvor de udvikler rør, gæller og fod, hvorefter de unge pæleorm er klar til at finde et stykke træ at slå sig ned på.

På dette stadie er pæleormen meget lille og laver kun millimeterstore huller i træet – hvorfor det kan være svært at se, om et skibsvrag er blevet angrebet af pæleorm (Figur 4).

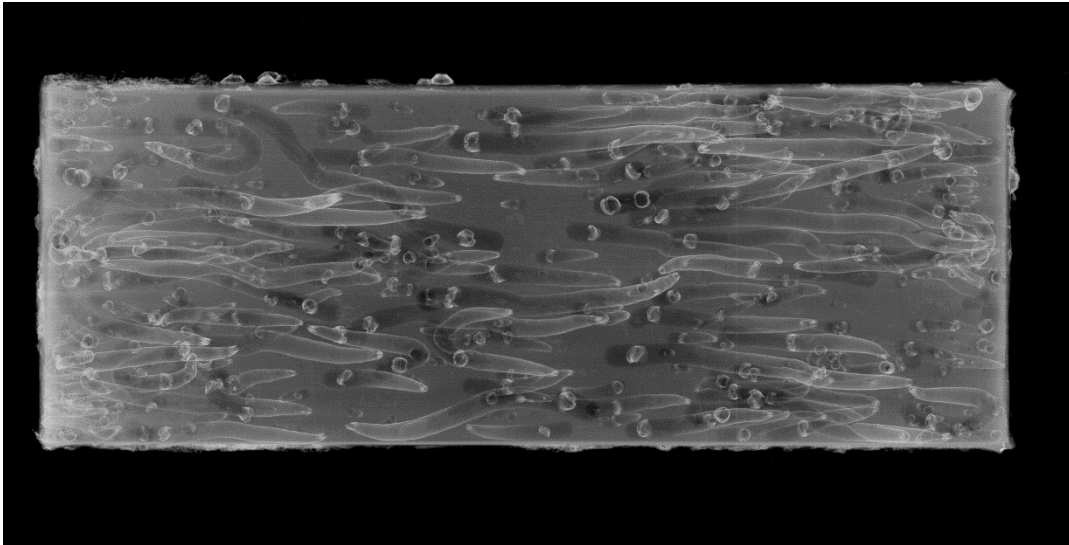


Figur 4: Et stykke træ angrebet af pæleorm. Øverst: Ydersiden af træet, hvor det er svært at se indgangshullerne fra pæleorm. Nederste: Samme stykke træ set indefra med tydelige angreb af pæleorm. Foto: David Gregory Nationalmuseet.

Når den har boret sig ind i et stykke træ, forlader den aldrig sin hule. Den orienterer sig med træets årer, og ved at bruge de to skaller på hovedet som en rasp, graver den sig ind i træet og skaber dermed en perfekt cirkulær tunnel i sin bolig.

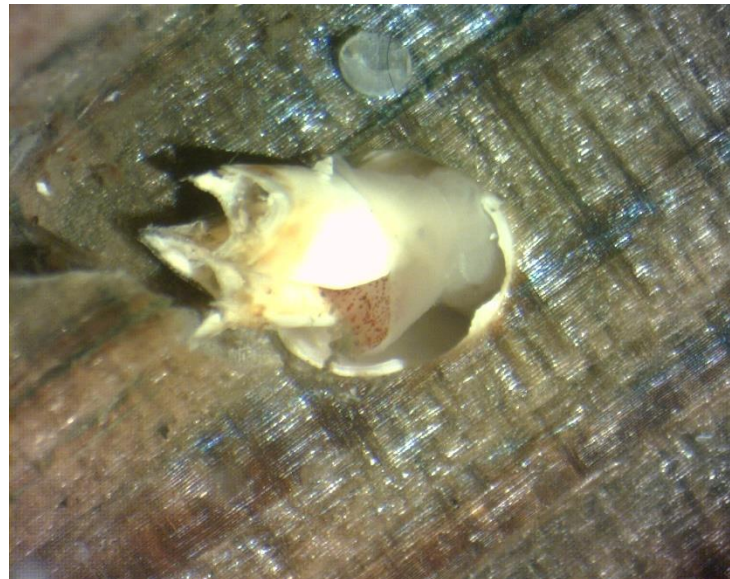
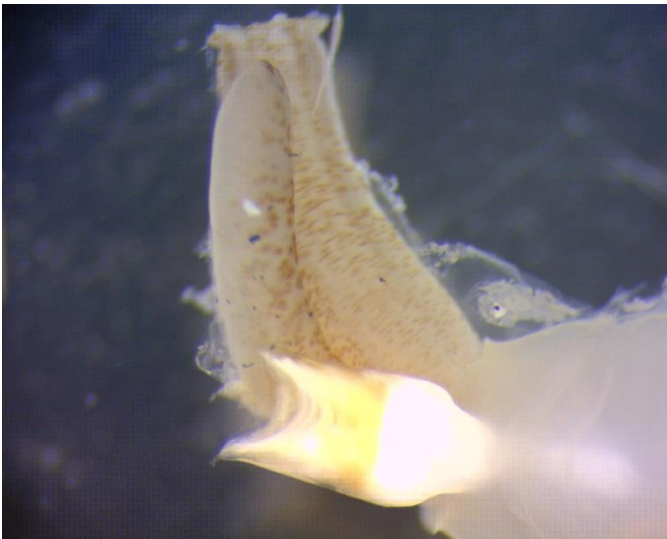
Pæleormen kan mærke tilstedeværelsen af andre pæleorm i træet og holder afstand til nærliggende tunneler. Det savsmuld, der dannes ved boring, tager skibsvormen ind i munden. Ironisk nok kan pæleormen ikke udnytte selve træet, men den kan udvinde kulhydrater fra det ved hjælp af en unik endosymbiotisk bakterie (*Teredinibacter turnerae*), der producerer cellulolytiske enzymer.

Indersiden af pæleormens tunneler er foret med et tyndt lag calciumcarbonat, som beskytter dens bløde krop. Skallerne og tunnelernes foringer hjælper os, når vi laver forsøg med pæleorm, da de tydeligt træder frem på røntgen (Figur 5).



Figur 5: Et stykke fyr træ som er blevet eksponeret i kun 6 måneder. Skallerne og lagene af calciumcarbonat kan ses tydeligt på røntgen. Foto: Nationalmuseet.

Hvis det stykke træ, som pæleormen lever i, tages op af vandet, eller blive udsat for luft, kan den trække sine rør tilbage og lukke hullet ved hjælp af to små "låg". På denne måde kan pæleormen faktisk tilbringe flere uger uden ilt, da den kan overleve på sukker lagret i dens krop (Figur 6).



Figur 6. Til venstre rørene og ved siden af de to små låg. Til højere er rørene blevet trukket til bage i tunnelen og forsejlet med to de to låg. Fotos: David Gregory, Nationalmuseet.

Levetiden for en pæleorm er normalt to til tre år, og i den periode kan den blive op til 30 cm lang. Eksemplarer med en længde på 60 cm og en diameter på 1 til 2 cm er dog blevet fundet i spanterne og kølen på resterne af en middelalderkog, der blev udgravet i Kolding Fjord (Figur 7).



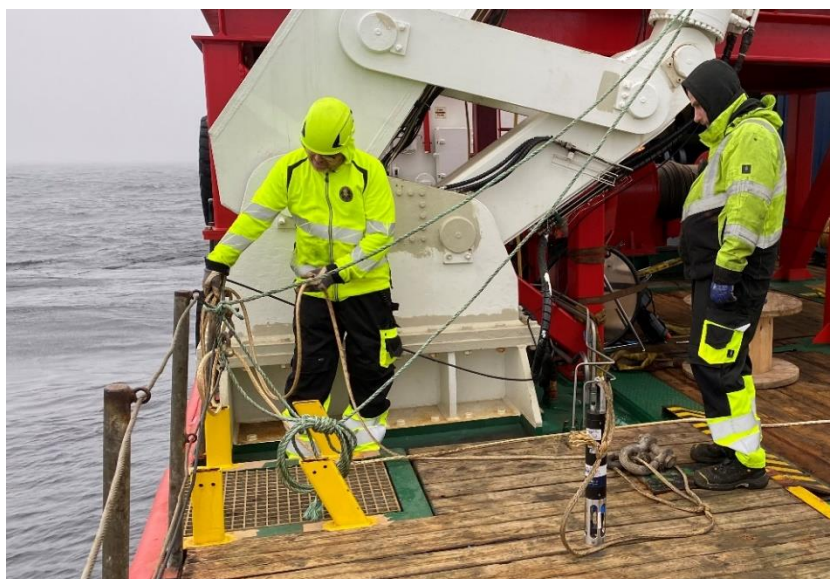
Figur 7. Angreb af pæleorm i tømmeret fra Kolding-koggen. Foto: David Gregory, Nationalmuseet.

Når vi udfører forsøg med små moderne blokke af fyrre- eller egetræ, oplever vi ofte, at pæleorm kan fortære dem i løbet af 6 til 12 måneder (Figur 8).



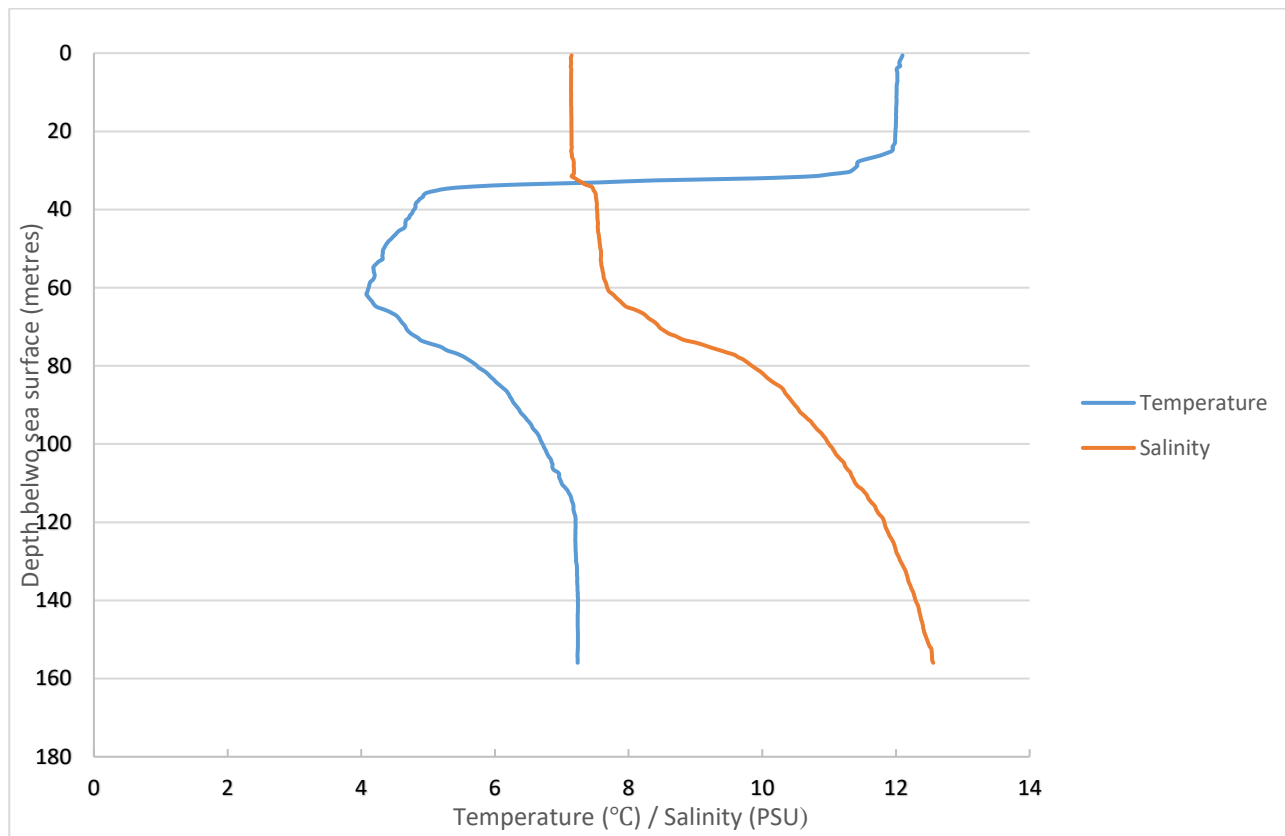
Figur 8: Tre fyrretræsklodser efter kun et års eksponering for pæleorm ved Lynæs Havn. Foto: David Gregory, Nationalmuseet.

Heldigvis overlever pæleorm ikke i det område i Østersøen, hvor vrage blev fundet. Det skyldes miljøet og især temperaturen, saltholdigheden og opløst ilt i vandet. Ved hjælp af det, der kaldes en CTD-logger, (Conductivity, Temperature, Depth), målte vi saltholdighed, temperatur og dybde omkring vrage. Loggeren blev ved hjælp af et spil og sænket ned fra "Sima", hvorefter den automatisk målte og lagrede (loggede) de forskellige parametre for hver 50 cm, den blev sænket ned gennem vandet (Figur 9).



Figur 9: CTD datalogger. Foto: JD-Contractor / Nationalmuseet.

Da loggeren blev hentet op, blev de lagrede data downloadet til en computer, og resultaterne bekræftede, at havbunden omkring vrageene var 150 meter dyb. På disse dybder er der intet sollys, og vandets mørke har forhindret vækst af tang på vragefladerne, sådan som det ses på ROV-billederne og 3D-modellerne. Temperaturerne omkring vrageene var omkring 12°C og saltindholdet (beregnet ud fra ledningsevnen) ved havbunden var omkring 12 PSU (Practical Salinity Units) (Figur 10).



Figur 10. En CTD-profil over et af vrageene. Data: JD-Contractor / Nationalmuseet.

Interessant nok er disse temperaturer og denne saltholdighed befordrende for vækst og spredning af pæleorm, men heldigvis begrænses de af en anden meget vigtig faktor, nemlig mængden af opløst ilt i vandet. Som nævnt overlever pæleorm ikke på træ alene og får næring ved at suge havvand ind og frafiltrere næringsstoffer og opløst ilt. Uden ilt kan de ikke overleve. Selvom det ikke var muligt at måle opløst ilt ved denne lejlighed, er Gotlandsdybet godt undersøgt og overvåget (Feisterl et al., 2004) og på vrageenes placering og dybder er der ingen opløst ilt – og heldigvis ingen pæleorm.

Men manglen på ilt er ikke ensbetydende med, at der ikke sker noget henfald. Nedbrydning af træ og andre materialer som rigning tovværk og sejl samt genstande af jern såsom kanoner, fastgørelser og søm vil stadig forekomme, men langsomt. Det vil tage århundreder eller måske endda årtusinder og er genstand for vores igangværende forskning og vil blive beskrevet i et fremtidigt opslag.

## Yderligere læsning

Björdal, Charlotte Gjelstrup, and David Gregory, 2012, WreckProtect: Decay and Protection of Archaeological Wooden Shipwrecks. ArchaeoPress, Oxford. [www.wreckprotect.org](http://www.wreckprotect.org)

Eriksen, A. M. and D. Gregory (2016). "Degradation of Archaeological Remains by Shipworm." Conservation and Management of Archaeological Sites 18(1-3): 30-39.

Feistel, Rainer, Günther Nausch, Wolfgang Matthäus, Elzbieta Lysiak-Pastuszek, Torsten Seifert, Ian Hansen, Volker Mohrholz, Siegfried Krüger, Erik Buch, and Eberhard Hagen 2004. Background data to the exceptionally warm inflow into the Baltic Sea in late summer of 2002. Meereswissenschaftliche Berichte IOW 58:1.