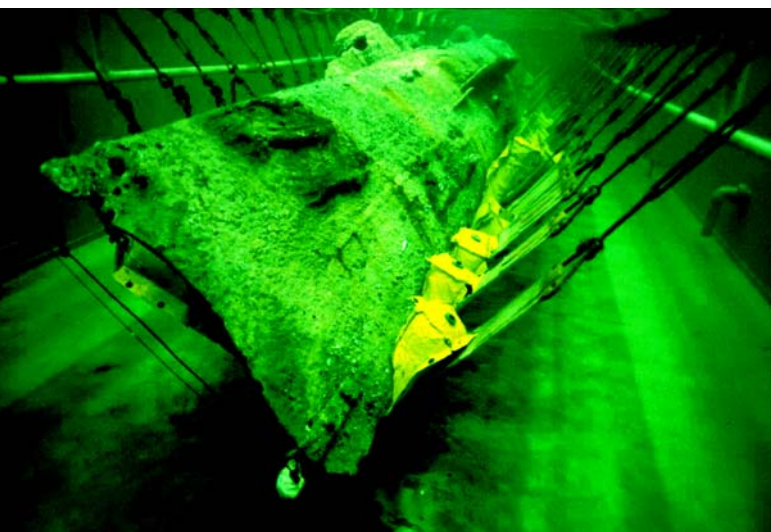


En dødelig mission

Fundet og udgravningen af verdens første ubåd, der sænkede et fjendtligt skib, er historien om et vigtigt tværfagligt naturvidenskabeligt projekt, der lykkedes. Men det er også historien om en velbevaret tidskapsel, der giver et fantastisk øjeblicsbillede fra 1864

Af Katrine Meyn, km@techmedia.dk



Efter bjærgningen blev ubåden sænket i en tank fyldt med ferskvand, hvor den blev nedkølet til 10°C.

Seniorarkæolog Maria Jacobsen i ivrig dialog under udgravningen. Hun besluttede, at foretage en prøveudgravning igennem et hul i bådens agterballasttank. Den udgravning gav mulighed for at studere sedimentets konsistens og stratigrafi, en information der blev brugt, da man skulle til at fjerne nogle af pladerne i skibets skrog. Herfra blev udgravningen af ubådens centrale kammer foretaget i foråret 2001.

Efterhånden som udgravningen skred frem, blev vandstanden i tanken sænket. Ideen var, at sedimentet skulle forblive i det nedkølede vand så længe som muligt.



I 1864 sang den amerikanske borgerkrig på sidste vers. Nordstaterne havde vundet store og vigtige sejre og pressede Sydstaterne til det yderste. Sydstaternes vigtigste havneby Charleston var under heftig beskydning fra Nordstaternes flåde, der med stor succes blokerede byens livsnerve - handel via vandet. På sin eneste mission slap ubåden H.L. Hunley den 17. februar ud af Charleston havn, hvor det lykkedes hende at sænke en af Nordstaternes største krigsskibe U.S.S. Housatonic ved at jage en sprængladning ind i skibets skrog. Det var verdens første succesfulde angreb udført af en ubåd, men den vendte aldrig hjem.

Siden 1864 har man forgæves søgt efter det hemmelige våben, men først i 1995 - 131 år senere lykkedes det et hold af marinearkæologer hyret, af romanforfatteren Clive Cussler, at finde ubåden.

Forbløffende god stand

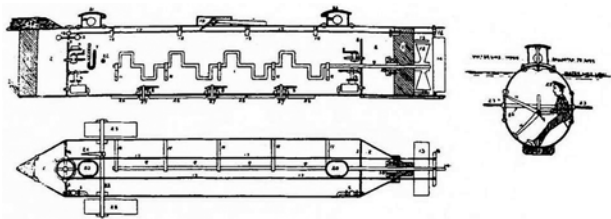
På dette tidspunkt fik projektet et dansk islæt, da Maria Jacobsen begyndte at arbejde som seniorarkæolog og manager for projektet.

- Da vi undersøgte vraget nærmere, viste det sig, at det stadig var intakt. Det ydre korrosionslag var overraskende tyndt, og ubåden var fyldt med sediment. Dertil viste geologiske boprovver, at ubåden var blevet tildækket hurtigt, hvilket er gode tegn. Det indikerede, at metallet kunne være i rimelig stand, og at der var mulighed for gode bevaringsforhold i bådens indre, fortæller hun.

Forholdene omkring ubåden blev før undervandsudgravningen og bjærgningen nøje undersøgt af et tværfagligt hold bestående af arkæologer, konservatorer, geologer, elektrokemikere, korrosionseksperter og mikrobiologer. Oplysninger om pH, temperatur, chlorider, ledningsevne og oxygen blev indsamlet og vurderet. Dataene viste, at en ændring i ubådens miljø efter bjærgningen kunne få alvorlige følger. Oxygenniveauet i sedimentlaget omkring ubåden var 1,9 ppm sammenlignet med 8 ppm i en normal ferskvandstank. Korrosionshastigheden ved 1,9 ppm oxygen er ca. 5000 gange mindre end ved 8 ppm. Tilstedeværelsen af chlorider forøgede korrosionshastigheden. Chloridioner forøger oxygens korrosive effekt ved at nedbryde korrosionslagets beskyttende oxidfilm. Ubådens belægning består bl.a. af Fe_3O_4 og carbonater. Belægningen virker som en semipermeabel membran mod oxygen og er med til at nedsætte korrosionshastigheden, hvorfor det er vigtigt at bevare den.

Ved en storstilet aktion lykkedes det i år 2000 at hæve Hunley intakt og fiksere den i den fundne position. Ubåden blev flyttet til sit nye hjem Warren Larsch Conservation Center i Charleston.

- Vi løftede den ned i en (16,8x5,5x2,75 m) tank fyldt med ferskvand, hvor den straks blev nedkølet til ca. 10°C. For enden af tanken er der en arbejdsplatform med computere og en



Den eneste skitse af ubådens opbygning man havde forud for fundet og udgravningen af H.L. Hunley. Designet er ikke helt korrekt, ubåden på skitsen er bl.a. lidt rundere i formen end Hunley, men skitsen giver et godt indtryk af, hvordan besætningen sad placeret, og hvor meget plads de havde.

lift til at flytte artefakter til vores moderne artefaktlaboratorium. Planen var nu først at stabilisere ubåden i tanken og nedsætte korrosionshastigheden, derefter at foretage en udgravning af ubådens indre og til sidst at sikre de fundne artefakter og konservere selve ubåden.

Korrosionsbeskyttelse vha. påtvungen strøm

- Det er vigtigt at minimere korrosionsaktiviteten under udgravningsprocessen, men at beskytte ubåden bedst muligt under udgravningen byder på store problemer. Ubåden med indhold er pga. de mange forskellige materialer en kompleks størrelse. Jern korroderer ved pH mellem 1 og 9, men desværre skader et basisk miljø de følsomme organiske artefakter og eventuelle menneskelige rester. For at løse dette dilemma valgte vi:

- at bevare ubådens belægning *in-situ* så længe som muligt
- at sænke vandets temperatur til 10°C. Ved denne temperatur er korrosionshastigheden væsentligt nedsat, og temperaturen reducerer ligeledes de destruktive fungi og bakteologiske processer i ubådens indre
- at påtvinge strøm for at opnå beskyttelse af ubåden og reducere korrosionshastigheden til et minimum

Vandkemien monitoreres løbende for pH, temperatur, chlorider, ledningsevne og oxygen, fortæller Maria Jacobsen.

Der er to typer katodiske beskyttelsessystemer - galvanisk og påtvungen strøm.

Bruger man den galvaniske metode, skal der trækkes en stor strøm for at give den fornødne korrosionsbeskyttelse. At korrosionsbeskytte Hunley ville kræve 50 magnesium-offeranoder på hver 8½ kg. Biprodukterne fra anodereaktionen ville resultere i frigivelse af metalioner til vandet. Disse ioner har en tendens til at udfældes på skroget og interferere med fjernelsen af chlorid.

Derfor valgte man at bruge et påtvunget strømssystem. Til anode bruges et inert metaloxidmateriale, der er velegnet til ferskvand og er resistent mod marinvekst. Wireanoden løber langs begge skrogets sider og sikrer ligelig strømfordeling. Ved anoden oxideres chloridioner til chlor, der agerer som biocid for organisk vækst i vandet. På skroget sker der en elektrokemisk reaktion, der reducerer oxygenindholdet i vandet.

En spændende udgravning

- Da vi havde placeret skroget sikkert i tanken, afprøvede vi i

Ubåde i den amerikanske borgerkrig

Den moderne ubåd blev udviklet under den amerikanske borgerkrig. Hunley var blot en af muligvis op til 24 ubåde, der på begge sider blev konstrueret under konflikten.

PFEIFFER VACUUM

Gasanalyse

OmniStar™:

- Komplet analysesystem
- for kvantitativ analyse.
- Lav detektionsgrænse,
- selv for kondenserbare gasser.

ThermoStar™

- Komplet analysesystem
- for reaktive og
- kondenserbare gasser, selv i små koncentrationer.

Tel. 4352 3800 Fax 4352 3850
efa@pfeiffer-vacuum.dk



Alt i kryo!

- Beholdere til opbevaring af flydende gasser.
- Beholdere til opbevaring af prøver.
- Beholdere til forsendelse af prøver.
- Arbejdsbeholdere (termospande).
- Alt i sikkerheds- og håndteringsudstyr.

Ring 76 25 25 25 for mere information.



HEDE NIELSEN

ASSOCIERET MED AIR LIQUIDE

E-mail: hede-nielsen@hn.dk Homepage: www.hn.dk



H. L. Hunleys kaptajn George E. Dixon.

Photo courtesy of Queenie Bennett's great-granddaughter who wishes to remain anonymous.

første omgang nogle metoder, der ikke krævede fysisk adgang til ubådens indre.

- Det var ikke en succes at bruge røntgenstråler. De penetrerede den ydre belægning og ubådens plader, men de havde svært ved at gennemstråle det indre sedimentlag, især hvor ubåden er bredest. Det modsatte problem opstod med sonar, en akustisk puls der blev sendt gennem ubåden. Sonar trænger gennem forskellige materialer ved forskellige hastigheder, men den kunne ikke trænge gennem metallet og sedimentet. En tredje metode var fiberoptiske kameraer, der kun kunne bruges i begrænset omfang.

- Vi besluttede os derefter for at bore nitter ud og fjerne nogle af pladerne. Tidligt i marts 2001 var der fjernet tre plader, og udgravningen kunne begynde. Under arbejdet blev vandet fjernet. Allerede fjorten dage efter blev de første rester af et af besætningsmedlemmerne fundet, og det stod klart, at bevaringsforholdene var usædvanlige, fortæller Maria Jacobsen og fortsætter:

- Doug Owsley, som er leder af Smithsonian Institutions (USA's nationalmuseum) fysiske antropologiafdeling, er ansvarlig for identificeringen af besætningens medlemmer, og han betegner de første fund som utroligt velbevarede.

Det er meget sjældent, at man finder skeletter i undervandsudgravninger, men baseret på undersøgelserne af sedimentet, vurderes det, at de er blevet dækket relativt hurtigt, og det har bl.a. fremmet præserveringen af det organiske materiale.

- Retsmedicinere vil foretage de patologiske undersøgelser og DNA-analyser. Senere vil besætningsmedlemmernes ansigter blive rekonstrueret. Der er indtil videre udgravet otte skeletter og en del artefakter, der alle kræver særligt konserveringsarbejde inden for de næste år. Blandt de mange artefakter kan jeg nævne tobakspiber, en glasflaske med korklåg, lommeknive

osv. Et af de mere interessante fund er et »hundetegn« fra en nordstatssoldat ved navn Ezra Chamberlain. Ifølge de historiske kilder faldt han i et slag ved Charleston i 1863. Så det spændende spørgsmål er, hvordan hans »hundetegn« er endt i Hunley, fortæller Maria Jacobsen.

Konserveringslaboratorium på hjul

Efterhånden som materialet udgraves, bliver det flyttet til artefaktlaboratoriet, som ligger i store lokaler ved siden af rummet med tanken. Alt i laboratoriet er på hjul, så placeringen er fleksibel og kan ændres efter behov.

De primære arbejdsredskaber på dette tidspunkt er røntgenudstyret og computerne. Derudover er der frysetørretrum til organisk materiale såsom træ og papir, og der er et kølerum til opbevaring af det organiske materiale.

Sidste skridt på Hunleys rejse vil være konserveringen ledet af seniorkonservator Paul Mardikian. Den traditionelle konservering involverer brug af basiske kemikalier til at fjerne saltene fra metallet, og det kan tage op til ti år.

Ubådens funktion

75% af ubådens centrale kammer er nu udgravet, og den har imponeret med sin for den tid avancerede teknologi.

- Den første overraskelse kom, da vi så, hvor hydrodynamisk den var udformet, fortæller Maria Jacobsen.

De gamle kilder har beskrevet, at den var samlet af en gammel dampkedel, men det har slet ikke været tilfældet. Bådens linjer og navigeringsmekanismer ligner på mange måder moderne ubådes.

Der var plads til ni mænd i båden, som er opdelt i tre sektioner, ballasttanke for- og agter og i midten et centralt kammer. Mandskabet kunne dykke ved at åbne en ventil og fylde ballasttankene med vand, og de kunne hæve båden ved at håndpumpe vandet ud igen. Der blev brugt et u-rør fyldt med kviksølv til at måle dybden.

Kilder har beskrevet, at håndsvinget, der gav fart til propellen, var drevet af otte mænd, men arkæologerne har konstateret, at kun syv mænd drev propellen. Båden kunne nå en hastighed på 7,5 km/t, men det vides ikke, om denne hastighed blev opnået på havoverfladen eller under vandet.

Et snorkelsystem skulle sørge for luft, når ubåden var neddykket. En sømand betjente blæsebælgen, der gav luft til undervandsbåden. Båden vejer sandsynligvis omkring 7,5 tons og er 11,9 meter lang, 1,3 m høj og 1,2 m bred.

Fastgjort nederst på ubådens bov sad et langt metalrør, der udmundede i en harpun. På harpunen sad en cylinder fyldt med sort krudt. Ved angreb blev harpunen drevet ind i bunden på det fjendtlige skib. Derefter sejlede man ubåden tilbage i sikker afstand, hvorefter man udløste en affyringsmekanisme, der gav eksplosion.

Inden ubåden kom i aktion havde kaptajn George E. Dixon og hans mænd jævnligt trænet med den. En af øvelserne skulle checke, hvor lang tid et tilstrækkeligt iltniveau kunne opretholdes. Efter at have sat ubåden på bunden af Cooper floden brændte stearinlyset i 25 min. Mændene havde aftalt, at de ville hæve båden, så snart den første sagde op. Efter 2 timer og 25 min. var mændene ved at besvime og sagde alle - på samme tid - op.

En dansk Goldfinger

I USA er H.L. Hunley et stort og betydeligt fund. Ud over at illustrere en periode, der er kendt for alle sine moderne tiltag og opfindelser, er ubåden pga. sin gode stand et utroligt interessant og usædvanligt tidsbillede fra 1864. Men den byder også på mange gode historier. Den bedste er nok historien om Alabamadrengen George E. Dixon, der ved borgerkrigens be-

Mændene bag Hunley

Horace L. Hunley. Gav sit navn, sin formue og sit liv for ubåden. Døde i den da den satte sig fast på bunden af Charleston Havn under en øvelse i 1863.

James McClintock og Baxter Watson. Opfandt og designede Hunley.

E.C. Singer. Nevø til manden der opfandt symaskinen.

Byggede Hunleys affyringsmekanisme.

George E. Dixon. Kaptajn på Hunley. Beskrives som en flot 1,8 meter høj »goodlooking« person.

gyndelse med seks af sine venner meldte sig til 21st Alabama Infantry.

De marcherede til slagmarken ved Shiloh, Tennessee, den 6. april 1862, og tidligt i slaget blev Dixon alvorligt såret. Det siges, at han kun overlevede, fordi kuglen passerede gennem hans venstre lomme og ramte en 20 \$ guldmønt, han havde fået af sin kæreste miss Queenie Bennett. Historien blev senere fortalt i en artikel om Dixon publiceret i 1904, men man var ikke klar over, om den var sand.

Derfor var det for Maria Jacobsen et af udgravningens højdepunkter, da hun den 23. maj i år fandt guldmønten.

- Jeg vidste med det samme, hvad det var, da jeg mærkede mønten med mine fingerspidser. Den lå ved Dixons hofte og har sikkert ligget i hans venstre bukselomme, fortæller hun.

Mønten var slået i 1860 og havde form som en klokke. På bagsiden havde Dixon med kursive bogstaver fået indgraveret *Shiloh April 6, 1862 My life Preserver G.E.D.*

Dixons guldmønt som Maria Jacobsen fandt under forårets udgravning.



Allerede på sin første udgravning fik Maria Jacobsen tilnavnet Goldfinger, et navn der af gode grunde har hængt ved lige siden. I 20 ud af 23 udgravninger har hun fundet guld.

I en efterfølgende artikel kan du læse mere om konserveringen af H.L. Hunley.

To mislykkede øvelser med dødelig udgang

Den 29. august 1863 døde fem mænd under træning med Hunley, da den pludselig sank ved dokken. Ubåden blev hævet.

Den 15. oktober 1863 døde otte mænd under træning med Hunley. Ubåden blev hævet.

I begge tilfælde sank ubåden pga. menneskelige fejl, men alligevel afskrev P.G.T. Beauregard, sydstats-general i Charleston, ubåden som en morderisk maskine. Det var kun, fordi det lykkedes Dixon at overbevise ham om, at man burde forsøge en tredje gang, at han gav sin tilladelse. Men han insisterede på, at de skulle angribe fra havoverfladen, hvilket muligvis kan have haft indflydelse på ubådens endelige skæbne.

STRANDMØLLEN INDUSTRIGAS A/S

Med tryk på fleksibilitet

LAB LINE®

Er det gas, eller gør vi lidt ekstra for at levere hurtigt?

Hurtig levering og grundig dokumentation. Det er nøgleordene for gasserne i Strandmøllens LAB LINE® serie. Alle rene gasser og gasblandinger fremstilles hurtigt og effektivt og for hver flaske medfølger et certifikat. Med certifikatet dokumenterer vi renhedsgrad, tolerancer, stabilitetsperiode mv. Og ligesom for gasserne er LAB LINE® seriens udstyr, centralanlæg og reduktionsventiler sporbare.

Strandmøllen Industriegas A/S · Strandvejen 895 · 2930 Klampenborg · Tlf. 45 80 30 05