

Puun konservoinnin vaikeuksista

Ora Patoharju

Puisten, merihistoriallisesti arvokkaiden hylkyjen rakenne- ja koristepuu ei ole vain veden läpikyllästämää, ”waterlogged”, kuten tavallisimmin, mutta hieman harhaanjohtavasti sanotaan. Meriarkeologinen puutavara on ollut vedessä niin kauan, että ainakin sen pintakerroksissa on tapahtunut biologista hajoamista. Tämän seurauksena puulle aikoinaan lujuuden ja rakennusaineena tärkeän anisotrooppisen ominaisuuden antanut selluloosa on hävinnyt pintakerroksista ja jäljellä on ainoastaan erittäin hauras ligniinirunko, jonka ainesmäärä edustaa vain noin puolta puuesineen alkuperäisestä massasta.

Tämä vedessä tapahtuneen lahoamisen vaikutusaste ja -syvyys riippuu luonnollisesti paljon sekä upotusajasta, puun laadusta että ympäristön olosuhteista — onko hylky ollut kiinteällä pohjalla veden jatkuvasti huuhtomana vai hapettomaan liejuun uponneena. Erityisesti laivanrakennusaineena tavallinen tammi on hyvin kestävä tätä vedenalaista lahoamista vastaan; meidän vesistämme löytynyt parisatavuotias tammitavara on ollut ohutta pintakerrosta lukuunottamatta sisältä kovaa ja alkuperäistä materiaalia vastaavaa. Pehmeämpi puu, mänty, kuusi, lehtikuusi, koivu on syvemmälle lahonnutta.

Valitettavasti juuri tämä kova ydinpuu ja sen aiheuttama esineiden epähomogeenisuus on ollut esteenä konservoinnin onnistumiselle tavanomaisin menetelmin. Jos kyseessä olisi vain muodoltaan vähäarvoinen runkopuu, voisi pintakerroksen jättää hilseilemään pois ja jäljelle ilmakuivauksen jälkeenkin jäisi luja perusmateriaali. Useimmiten on kuitenkin meriarkeologisissa löydöissä esineen alkuperäisellä muodolla suurin arvo ja siksi on konservointi suoritettava niin, että tämä hauras pintakerros ja sen sisältämä esineellinen informaatio säilyy.

Tukholman Wasa-laiva ja Roskilden viikinkialukset muodostavat nykyisin tärkeimmän meriarkeologisten löytöjen konservointilaboratorion ja menetelmien kokeilukentän — forum’in, josta koko muu maailma ottaa oppia. Ja tulokset yllättävät aina silloin tällöin konservaatit itsensäkin.

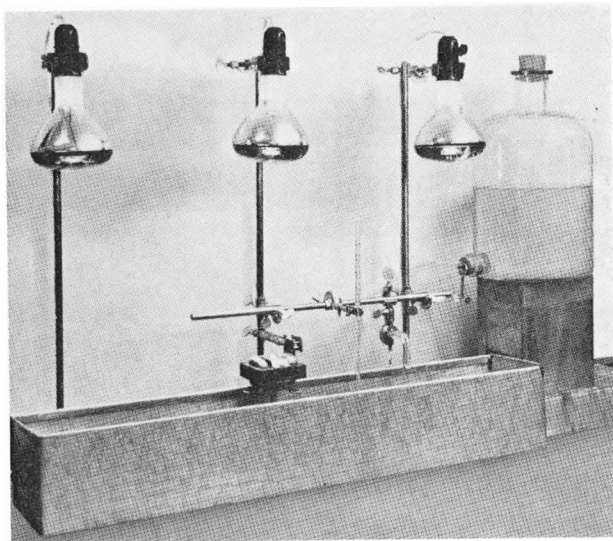
Tuoreessa puussa on noin 50. . 60 % vettä Tämä vesipitoisuus esitetään toisinaan myös märästä painosta, hylkypuussa jopa 90. . 95 %. ’kosteussuhteena’ eli vesimääränä, joka on laskettu kappaleen sisältämää kuivaa puumäärää kohden: 50 % vesipitoisuus vastaa silloin 100 % kosteussuhdetta ja 90 % vesipitoisuus 1000 %. Tuoreen puun kutistuminen ja halkeilu alkaa,

kun kosteussuhde saavuttaa kuivauksessa n. 30 %; Wasa-puussa se alkoi pahimmin kärsineissä osissa jo 400 % tienoilla. ¹⁾

Haurastuneita hylkylöytöjä on käsiteltävä äärimmäisen varovasti etenkin silloin, kun kyseessä ovat veistokset. Ne voivat olla niin hauraita, etteivät kestä edes omaa painoaan, joten nostettaessa ja siirrettäessä alle on asetettava tuki.

Puun käsittely

Noston jälkeen ei puuta missään tapauksessa saa jättää kuivumaan ilmaan, vaan on se pidettävä vedessä tai säilöntäliuoksessa, johon on lisätty vähän sienimyrkkyä, boraksia, bentsoehappoa tai formaliiinia säilytysvaiheessa. Käsittely kemikaaleilla on aloitettava mahdollisimman pian. Esine puhdistetaan varovasti roskista, savesta, punnitaan heti nostettuna, märkänä, piirretään sekä valokuvataan mittatikun kanssa.



Yksinkertainen laitejärjestely pienille esineille. Asteettainen lämmittäminen hoidetaan säätämällä joko lämpölamppujen etäisyyttä tai jännitettä; uutta PEG-liuosta lisätään varastopullosta sitä mukaa kun astiasta haihtuu vettä.

A simple arrangement for the treatment of small objects in PEG-solution.

Kemiallisessa konservointikäsitelyssä on kaksi eri peruslinjaa:

A. Veden poisto esim. alkoholeilla, jatkokuivaus esimerkiksi asetonilla, ksyleenilla jne. sekä senjälkeen imeyttäminen sopivalla muovilla, joka täyttää veden jälkeen tyhjiksi jääneet huokokset.

Tämä menetelmä, uusimpana versiona modernina pakkaskuivauksena, on tullut yhä tärkeämmäksi epähomogeenisen puuaineksen käsitelyssä.

B. Veden syrjäyttäminen märkänä jollain muulla aineella. Tällöin ei vaara kutistumisesta ole niin suuri kuin alkoholikuivauksessa.

B.1 Vanha ja halpa menetelmä: Kalialuna

B.2 Uusi menetelmä: Polyglykoli, PEG.

A-menetelmä on hyvin samankaltainen kuin grafitoituneiden tykkien kuivaus; imeytymis-muovina puulle on suositeltu monomeerejä, vinyyli-, mutta myös akryylimuoveja (Perspex), joiden polymeroiminen puuhun imeytettynä voi tuottaa päänvaivaa. Muovipuun valmistus-tekniikkaa voidaan hyvin soveltaa tässä menetelmässä. (Neswood).

B 1-menetelmää on käytetty viime vuosisadan puolivälistä alkaen, mm. Oslon kuuluisat viikinkilaitavat on säilötty alunalla ja näyttävät hyviltä. Kalialuna liukenee huonosti kylmään veteen, mutta hyvin kuumaan veteen. Kun käsiteltävä puu kuumennetaan kyllästetyssä alunaliuoksessa ja annetaan sen jäähtyä, kiteytyy ylimäärä alunaa puun huokosiin täyttäen sen. Yksinkertainen käsittelyohje: 1 osa vettä, 1 osa glyserolia ('glyseriiniä'), 2. .3 osaa kalialunaa. Puu käsitellään tässä liuoksessa 10. .30 tuntia 92. .96°C:ssa, nostetaan pois, pinta huuhdotaan lyhyesti ja annetaan jäähtyä ja kuivua.

B 2: Polyetyleeniglykoli, (polyglykoli, PEG, Carbowax) on orgaaninen vaha, joka on, harvinaista kyllä, vesiliukoinen ja voidaan siten imeyttää puun sisään puuta välillä kuivaamatta. Koko vedellä kyllästetyn vanhan puun vesisisältö korvataan vähitellen tällä muovin kaltaisella

vahalla, siinä asian ydin. Menetelmä tuotiin käyttöön 1952 ja suurimman kelpuutuksensa se on saanut Wasa-laivan säilönnässä. Roskilden viikinkilaivat ovat tuorein työ, siellä menetelmää on myös edelleen kehitetty.

Polyglykolimenetelmä

PEG-laadut kaupataan molekyylikoon mukaan jaoteltuna. PEG 1000 on hieman tahmea, mutta silti vahamainen, erittäin vesiliukoinen — 70 %/20°C — mutta myös hygroskooppinen, ilmasta vettä imevä. Sen sulamispiste on 40°C. PEG 4000, joka on sopivin puun käsittelyyn, on kova ja vahamainen, liukoisuus veteen n. 60 %/20°C ja sulamispiste n. 50°C. Liukoisuus veteen kasvaa lämpötilan kohotessa ja vedettömät, lämpimät PEG-sulat ovat palonarkoja.

Alkuperäisen säilöntaohjeen ²⁾ mukaan käsittely aloitetaan upottamalla säilöttävä esine sopivan muotoisessa astiassa kokonaan 10 %:een PEG 4000-liuokseen, johon on lisätty 0,1 % natriumpentaklorfenolaattia (Kymi-5) homehtumisen ja pilaantumisen estämiseksi. Astian on oltava mielellään mahdollisimman niukasti esinettä suurempi, koska käsittelyn loppuvaiheessa täytös on pelkkää PEG:tä, jonka ylimäärä tietää ylimääräisiä kustannuksia. Astia ei saa olla ruostuva ja on sen kestettävä n. 90°C lämpötila: lasia, ruostumatonta terästä, emaloitua peltiä jne. Käsittely aloitetaan huoneen lämpötilassa ja sitä mukaa kuin vettä haihtuu, täydennetään pinta 10 %:lla PEG-liuoksella niin, että esine pysyy nesteen peitossa. Täydennysliuoksessa ei ole sienimyrkkyä.

Veden haihtumisen ja liuoksen lisäämisen ansiosta säilöntäliuos väkevoityy vähitellen ja astiaa ruvetaan varovasti lämmittämään alla olevan ohjetaulukon mukaisesti. Jos astia saa olla avoimena, kiihtyy haihtuminen käsittelyn loppupuolella ja lämpötilan kasvaessa voimakkaasti; tämä ei ole hyvä esineelle ja siksi olisi astia pyrittävä pitämään kannellisena loppuajan ja siten hidastamaan haihtumisnopeutta. Kun liuos lopulta on pelkkää PEG:tä, ei sen tilavuus enää

pienene haihtumalla, koska vettä ei ole; käsittely on tällöin lopussa. Jos liuoksen pH-arvoa, alkaalisuutta on mahdollisuus seurata, olisi liuos pidettävä alkaalisena, pH n. arvojen 7,5...10 välillä, tarvittaessa soodaa lisäten. Kun liuoksen tilavuus on 70°C:ssa pysytellyt samana 2...3 päivää, nostetaan lämpötila lyhyeksi ajaksi lähelle 90°C ja sitten esine otetaan pois kylvystä ja käsittely on päättynyt. Jäähdytymisen jälkeen jää pinnalle ohut valkoinen kerros PEG:tä, joka pestään pois 50 %:n alkoholilla. Jotta lopuksi saataisiin aikaan sileä kestävä pinta, voidaan pinta sivellä huonekaluöljyllä tai polyuretaamilakalla.

PEG-käsittely: PEG, p-%	Lämpötila ja väkevyys Haude °C	PEG g/l
10	30	100
20	40	200
30	40	300
40	50	420
50	50	530
60	60	640
70	60	760
80	70	870
90	70	980
100	70	1090

Museoissa käytetään yksinkertaisissa ja pienissä altaissa lämpölamppukuumennusta (Kuva 1) ja suuremmissa altaissa vesihaudetta ja liuoksen kierrätystä pumpulla (Kuva 2).

Noin v. 1850 haaksirikkoutuneen englantilaisen "ALFRED'in" kaljuunaveistos on esimerkkinä onnistuneesta PEG:llä suoritetusta raskaan tammiesineen konservoinnista. Keularakenteen alta löytynyt kuningas Alfrediä esittävä keulakuva koristaa nykyään Vänön äskettäin valmistunutta kappelia. Foto: Merihistorian toimisto

The figurhead from the British "ALFRED", wrecked in Finnish waters about 1850, is an example of successful PEG: treatment of heavy solid oak. The sculpture, obviously depicting Alfred the Great, was recovered from the mud under the cutwater of the wreck. Today it adorns the new chapel of the Vänö-archipelago. Photo: Bureau of Maritime History.



Hylkypuu on tavallisesti ollut hyvin tervattua ja tervanrippeet liukenevat käsittelyn loppuvaiheessa PEG:hen, joka muuttuu mustaksi ja tahmaiseksi ja ei ole oikein sopivaa uuteen käyttöön. Suurissa laitoksissa se voidaan suodattamalla osittain puhdistaa. Koska esineen tilavuuden ja astian tilavuuden välinen ero PEG:tä (joka on loppuvaiheessa 100 %:sta) menee hukkaan, on tärkeää, että tämä tilavuusero on pieni. Koska astia harvoin voi seurata esineen muotoja tarkasti, olen ajatellut, mutta en itse kokeillut, että ylimääräisen tilan voisi käsittelyn loppuvaiheessa, PEG-menekin kasvaessa, täyttää jollain inertillä, vaikuttamattomalla aineella, esim. lasi- tai marmorikuulilla?

Wasa-museo

Wasan konservoinnissa on näitä alkuperäisiä ohjeita jouduttu kokemuksen kasvaessa korjailemaan.³⁾ Sienimyrkyksi on happamassa liuoksessa saostuvan Ky-5 sijasta valittu natriumboraatin ja boorihapon seos 3:7. Käsittelyaika säädettyine haihtumisineen on ollut 4. .7 kk. Pinta suljetaan käsittelemällä kuumalla ilmalla poissulatetun ylimääräisen PEG:n jälkeen esim. tolueniin liuotetulla polybutylmetakrylaatilla, joka antaa hyvän vesieristyksen puun sisässä olevan PEG:n mahdollista hygroskooppisuutta vastaan. Toinen keino on käsitellä PEG:n sulamispisteeseen kuumennettu pinta 25 % di-isosyanaattitolueeniliuoksella, jolloin muodostuu pinnan erinomaisesti sulkeva uretaani, joka tosin on tarvittaessa hyvin vaikea poistaa.

Tanskan museon kokemukset

Roskildesta löydetyn viiden viikinkilaivan jäännökset — n. 45.000 erillistä kappaletta, suuria ja pieniä — on käsitelty PEG 4000:lla.⁴⁾ Alkuperäistä ohjetta noudatettaessa tapahtui käsittelyssä aika-ajoin epäonnistumisia, jotka johtivat menetelmän tarkkaan tutkimiseen. Artikkelin kirjoittaja on julkaissut tästä kirjan.⁵⁾ He pitävät ensiarvoisen tärkeänä sitä, että PEG:n väkevyyden nostaminen tapahtuu tasaisesti,

hitaasti ja vain siinä tahdissa, missä konsentraatio käsiteltävän puun sisässäkin nousee. Käsitteily aloitetaan 10 %:lla PEG-liuoksella kuten aikaisemmin on selitetty, mutta hauteen lämpötila nostetaan sitten muutaman päivän kuluessa 60° C:een ja pidetään tasaisesti siinä koko käsittelyn ajan. PEG-väkevyyden kasvu säännöstellään kannella, joka estää liian nopean haihtumisen ja väkevyyttä valvotaan koko ajan mittaamalla. Aluksi sovellettiin 7 kuukauden käsittelyaikaa, joka oli aivan liian nopea. Sen jälkeen pienillä esineillä on käytetty 12 ja suurilla tukeilla 24 kuukautta. Väkevyyden nostetaan 10 %:sta 60 %:iin puolessa käsittelyajasta (6 tai 12 kk) ja 60 %:sta 100 %:iin toisen puolijan kuluessa. Noston tulee olla tasaista — päivittäin ripotellaan hieman kiinteää PEG:tä hauteen pinnalle.

Tästäkin huolimatta on suurissa tukeissa tapahtunut epäonnistumisia, kappale on yhtäkkiä kutistunut onnistuneelta näyttäneen käsittelyn jälkeen. Syyksi tähän on havaittu se, että puusta on tavattu 3 erilaista kerrosta: A on pehmeää kuin mätä helttasieni eikä siinä ole lainkaan selluloosaa jäljellä. Kerros B on pehmeää kuin vanha köysi ja sisältää myös selluloosaa. Sisin kerros C ei poikkeakaan paljoakaan tuoreesta puusta.

Hylynpalaset lajiteltiin mm. neulanpisto- testeillä eri ryhmiin puunlaatu-jaottelun mukaan. Ne, joista puuttui C-luokan sydän, käsiteltiin 24 kk:ssa PEG:llä; ne, joissa oli C-sydän, käsiteltiin 25 %:sta 50 %:een PEG-väkevyyteen vuoden aikana, mutta vain huoneenlämmössä ja senjälkeen sivelemällä 50 %:lla PEG:llä hyvin hitaasti kuivaten. Ne puut, jotka olivat pääasiassa C-luokkaa, säilytettiin vedessä kunnes konservointitutkimuksissa saataisiin paremmat ohjeet niiden käsittelemiseksi.

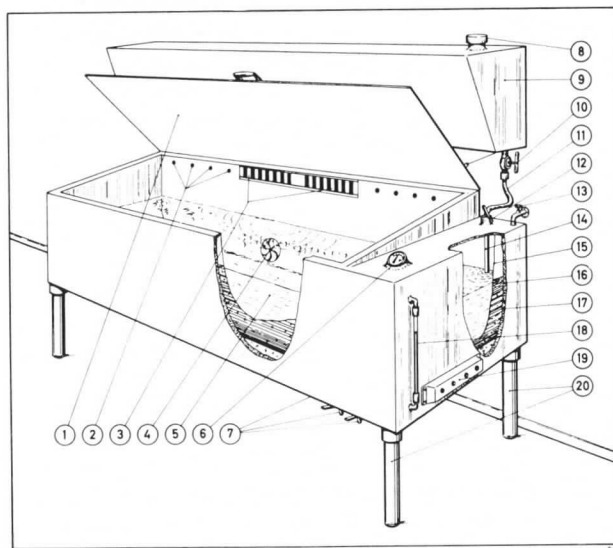
Vaikeutena on se, että B-kerros ja itse C ovat niin tiiviitä, että suuret PEG 4000-molekyylit eivät mahdu niiden huokosista läpi. Pulmana oli löytää konservointimenettely, jossa säilytyskemikaali saataisiin tunkeutumaan vaikeasti imeytettävään, melkein tuoretta puuta vastaavaan C-sydämeen ja samalla säilyttää pinnan A-

kerroksen äärimmäisen pehmeä runko alkuperäisessä muodossaan. Ratkaisuissa on jouduttu keksimään uusia menetelmiä, joissa polyglykoli-käsittely yhdistetään alussa mainittuun veden poistoon puusta orgaanisia liuottimia käyttäen, siis uusimman kehityksen mukaan jako eri menetelmiin käykin mitättömäksi.

Vertailua

Esiintyneiden vaikeuksien vuoksi on puun konservointia käsitelty useammassakin kongressissa, keväällä 1973 Stavangerissa ⁶⁾ (jossa olin läsnä) ja lokakuussa 1973 Greenwich'issä ⁷⁾.

Alunamenetelmä on ollut Tanskan Kansallismuseon vakiomenetelmä 1859—1962. Epäkohtina on ollut käsitellyn puun suuri



Laboratorioallas suurten tai lukuisien puuesineiden kyllättämiseksi PEG:llä: haponkestävästä teräksestä valmistettu allas lämpiää vesivaipan (16) avulla, ja konservointiliuosta kierrätetään astiassa jatkuvasti pumpulla (4). Täydennysliuoksen tulo varastosäiliöstä (9) voidaan myös automatisoida uimuriventtiilillä.

A basin in acid-resistant steel for the treatment of heavy wooden objects. The PEG-solution is heated by hot water surrounding the inner lid, and activated by continuous pumping.

hygroskooppisuus, vedenimemistaipumus sekä puun eläminen; eräitä veneitä on sen vuoksi ryhdytty käsittelemään uudestaan PEG- menetelmällä viime vuosikymmenellä.

Polyglykoli on kallista suurissa määrin käytettynä; Roskilden laivojen käsittelyyn sitä hankittiin 25 t. Edellä jo mainitsin suurimolekyylisen PEG:n huonon tunkeutumisen lujaan puun sisäosaan vesiliuoksissa; tämän lisäksi PEG-käsittely puu vaatii erityisilmastoinnin museoissa: 60 % suhteellisen kosteuden ja lämpötilan välillä 16...24°C.

Tanskassa on myös todettu, että PEG, sen lisäksi, että se käytössä likaantuu, pilkkoutuu jatkuvassa lämmityksessä pienempimolekyylisiin osiin ja menettää siten käyttökelpoisuuttaan. PEG:n hyviin puoliin kuuluu se, että puuesineet kuumina käsittelyn jälkeen voidaan taivuttaa takaisin alkuperäiseen muotoonsa (jopa 80°), jonka ne säilyttävät jäähdettyään.

Alkoholikuivaus (t-butanoli) ja sitä seuraava imeyttämisen vahalla, jonka ei tässä tapauksessa tarvitse olla vesiliukoinen; päästään PEG-käsittelyihin esineihin liittyvistä museon ilmastoinnin ankarista vaatimuksista (ks. loppulause). Kuivaus tapahtuu vakumissa ja menetelmä ei sen vuoksi sovi suurille esineille. Tanskan museo asettaa etteri/butanoli -käsittelyn etusijalle arkoja esineitä käsiteltäessä.

Pakkaskuivaus — ”freeze-drying” — on uusimpia menetelmiä, mutta sopii tarvittavan tyhjökammion takia myös vain pienille esineille. Suora pakkaskuivaus vedestä -40°C lämpötilassa on kuitenkin aiheuttanut kutistumia.

Monomeeri-impregnointi: Koska kyllästysvahojen suuri molekyyl koko on ollut esteenä konservointiaineen tunkeutumiselle puun sisään, on tutkittu pienimolekyylisen monomeerin imeyttämistä ja polymeroinnin suorittamista puun sisässä. Jos muovina käytetään veteen liukenemattomia vinyyl johdannaisia, on prosessi ilmeisesti hyvin samankaltainen muovipuun (Neswood) valmistuksen kanssa; polymerointina

käytetään jopa niinkin erikoista keinoa kuin säteilypolymeerointia, sopiva isotooppi γ -säteilylähteenä. PEG-monomeerin käyttö edellyttää katalysaattoria ja verraten korkeaa lämpötilaa (200°C), joten tämä on tuskin riittävän hellävaraista arkeologisille löydöille.

Stavangerin ⁶⁾ kokouksessa keskusteltiin myös puisten hylkyjen konservoinnin filosofiasta: onko puu konservoitava sellaiseksi, jona se löytöhetkenä oli, vaiko sellaiseksi, jollaisen laivan ennen uppoamista uskottiin olevan. Roskilden viikinkilaivat olivat löydettyäessä melkein tasaiseksi levyksi painuneita; taivutettaessa puu konservoinnin yhteydessä jälleen laivan kyljen muotoiseksi muutetaan löydön tila toiseksi. Löytöön kuuluu myös esineen muoto. Kummallakin aatesuunnalla oli symposiossa vankat kannattajansa.

Lopuksi lainaan Tanskan Christensenin ⁵⁾ toteamuksen: ”näyttää olevan täysin toivotonta saada museon lämmityksestä ja hoidosta vastaava henkilökunta käsittämään kaksi asiaa:

- museoesineiden hyvinvointi on tärkeämpää kuin museon intendentin ja muun henkilökunnan;
- museoesineiden sanotut vaatimukset eivät lakkaa työajan päättyessä, öisin, viikonloppuina eikä loma-aikoina.”

LÄHTEET

- 1) Barkman, L., *Konsvervingen av Wasa*, Wasastudier 1, 1962
- 2) Morén, R. ja Centerwall, B., *The Use of Polyglycols in the Stabilizing and Preservation of Wood*, mm. *Meddelanden från Lunds universitets historiska museum* 1960, 191. .7 sekä *Mo och Domsjö Ab*, Technical Information No 64, 1960.
- 3) Barkman, L., *On Resurrecting a Wreck/Att Bota Wrak*, Wasa Dockyard, Stockholm 1967.
- 4) Brorson Christensen, B., *Developments in the Treatment of Waterlogged Wood in the National Museum of Denmark during the years 1962—69*, IIC Conference, New York, June 1970.

- 5) Brorson Christensen, B., *The Conservation of Waterlogged Wood in the National Museum of Denmark*, National Museum, Copenhagen 1970.
- 6) Conference on "Conservation of Objects found in the Sea" Stavanger Sjøfartsmuseum, (Utstein) 11—14. 3. 1973.
- 7) Oddy, W. A. (ed.): *Problems of the Conservation of Waterlogged Wood*, Maritime Monographs and Reports No. 16—1975, Greenwich, London 1975.

Summary:

Ora Patoharju, M.Sc. in Chem. Engng.
"On the difficulties in the conservation of waterlogged wood."

The author, with a considerable experience of conservation of objects raised from underwater sites in Finland, analyzes the acknowledged methods for the treatment of waterlogged wood. Difficulties are met especially in the surface-layers of fragments, exposed to water for hundreds of years. Fast action is here required as the finished surfaces, especially of sculptures and profiles, are important to archeologists. The author relates two different principles for stabilizing waterlogged wood: (I) initial drying out with alcohol, with further treatment with acetone, xylene etc, and a final impregnation with plastic or related materials. A new method within this field is the freeze-drying, tried by the Danes. (II) displacing water with water-soluble materials such as the classical alum, or the modern polyethyleneglycol PEG-treatment. The author accounts for recent experiences in the Wasa-laboratory, resp. in the Danish National Museum (Brede and Roskilde) as well as for the alum-treatment used by the Norwegians when excavating the Vikingships in the 1880:ies. The PEG as a rule gives satisfying results, but Roskilde experienced difficulties with PEG 4000, and thus argues for a very slow penetration of the chemical.

In a comparison of various methods the author sees certain merits in the now outmoded alum-treatment, yet wood thus conserved remains hygroscopic and "lives". As to the PEG, huge quantities of the stuff are required, at considerable

expense. Further, PEG-treated wood requires air-conditioning and a stable temperature, when put at display.

Alcohol-drying and freeze-drying are effective but as they require vacuum only small objects may be treated this way. Impregnation by monomers — technically comparable to the fabrication of NESWOOD floorboards — and polymerization using γ -radiation from isotopes might be a sufficiently tender method.

Finally, the author stresses the importance of continuous observation and control of objects conserved, by citing the philosophy of Brorson Christensen, of the Brede Laboratory: "the well-being of museal objects is of the greatest importance, while the health of the staff is of secondary importance. The needs of such objects do not cease off businesshours, nor during weekends nor vacations, as people responsible seem to believe."