

Restes de construction en bois du moulin à minerai médiéval de Pisek (Bohême méridionale)

Conservation au moyen de glycol de polyéthylène

M. SOUDNY

Lors de travaux de construction sur la rive droite de l'Otava, au nord-est de la ville de Pisek, des restes d'une construction en bois du moulin à minerais médiéval furent dégagés. Les pièces de bois avaient séjourné dans une couche argilo-marécageuse, à une profondeur moyenne de 1,5 m. La céramique trouvée en même temps permet de situer chronologiquement la découverte vers la fin du XIII^e siècle jusqu'à la première moitié du XIV^e siècle. La découverte est remarquable pour deux raisons :

1. Elle constitue le complexe le plus complet d'une installation d'extraction d'or à partir de cailloux de silicium découvert en Tchécoslovaquie et même dans toute l'Europe.

2. Jusqu'ici, des installations semblables n'étaient connues que par des écrits (par exemple Georgius Agricola, Joachimsthal-Jachymov, XVI^e siècle). Les recherches archéologiques prouvent que les moulins destinés au broyage des minéraux étaient en utilisation en Bohême au moins 200 ans plus tôt. C'est le Dr. Kudrnac de l'Institut d'Archéologie qui a effectué les fouilles. Une description archéologique complète de ces fouilles ainsi qu'un résumé détaillé en langue allemande sont contenus dans sa contribution (1).

Le complexe à conserver se composait de trois poutres, qui formaient en même temps la partie principale de la construction. La plus grande des poutres était longue de 10,58 m et avait une section de 40 × 40. Les poteaux étaient au nombre de 150 environ (diamètre 5 à 15 cm, longueur 1 à 3,5 m). Trois planches formaient primitivement le plancher destiné à la suspension du matériau broyé.

Le poids relativement faible des différents poteaux ne créait aucune difficulté pendant l'extraction et le transport. Les grandes poutres toutefois durent être entourées de soins pendant le transport. Les couches supérieures des bois, dédurcies par suite de la dégradation de la cellulose, étaient très fragiles, de sorte que la superficie des bois, primitivement travaillée, était menacée. Les poutres furent transférées *in situ* dans des bassins en bois, et chargées ensuite seulement sur un camion.

La conservation proprement dite du bois se subdivise en deux opérations spécialisées, à savoir : conservation d'objets historiques en bois, et conservation de bois archéologiques. Dans le cas de constructions de bois historiques, de meubles, d'objets d'usage courant, etc., la lutte assez compliquée contre des parasites de différente nature, tant animale que végétale, est inévitable. Lorsque par contre il s'agit de bois archéologiques, seule la lutte contre les microbes est nécessaire, c'est-à-dire que l'opération de désinfection est stéréotypée. Les objets sont tout simplement trempés dans une solution à 1-2,5 % de pentachlorure de sodium.

Causes principales de la décomposition du bois

Nos connaissances sur les causes de la décomposition des bois archéologiques sont très peu étendues. Les restes de champignons de moisissure trouvés proviennent visiblement de l'époque précédant l'enfouissement du bois dans la terre, dans la tourbe, dans l'eau, etc. En raison de l'aération restreinte, l'action d'aérobies semble peu probable. Deux phases seulement de la décomposition du bois entrent en ligne de compte : l'une d'elles est causée par des anaérobies, la deuxième par des réactions chimiques.

La plupart des chercheurs sont d'avis (2) que l'altération des bois ayant séjourné sous terre, dans la tourbe, dans l'eau, etc., est causée par l'action primaire des micro-anaérobies.

Altérations chimiques et physiques du bois

Il a été constaté que la cellulose de vieux bois se trouvant dans la tourbe, dans l'eau, etc., est décomposée en hémicellulose et ultérieurement en hydrocellulose. La décomposition a lieu d'une manière centripète, le noyau d'un bois peu attaqué restant ainsi souvent conservé. La décomposition chimique de la cellulose entraîne également la transformation des propriétés physiques du bois. Les parois cellulaires se décomposent, les parois des cellules restantes de bois s'amincissent fortement. Le système capillaire des compartiments intercellulaires s'agrandit de la valeur des cavités des cellules décomposées (3). Toutes les phases précédentes qui entraînent un affaiblissement du bois, sont appelées « dégradation de cellulose resp. de bois ». Par suite de la dégradation, le bois perd sa propriété naturelle qui est l'absorption d'humidité. Dans les bois retirés fraîchement in situ, il se produit une diminution par trop rapide de la teneur en eau, de 80 % jusqu'à 40 %, et le bois est détruit. Nous connaissons toutefois encore d'autres influences nuisibles. Les déformations et fuites qui se produisent pendant le processus de séchage sont à attribuer à la tension intérieure du bois, en raison du rétrécissement inégal dans les différentes directions au séchage. Le rétrécissement tangentiel est le plus important, jusqu'à 80 % dans de vieux bois, la tension radiale est moindre. La valeur du rétrécissement en longueur n'est que de 2-5 % (4, 5). Dans des bois archéologiques, imbibés d'eau, l'effet des forces déjà mentionnées augmente par suite de la résistance

diminuée des bois. Il existe encore d'autres influences agissant dans un sens nuisible. Le système capillaire du bois, agrandi par suite de l'excavation des cellules décomposées, est rempli d'eau. La vitesse d'évaporation superficielle de l'eau est beaucoup plus grande que la vitesse d'arrivée de l'eau à l'intérieur. De cette façon, il se produit des pressions capillaires de quelques centaines d'atmosphères, qui influencent notablement la destruction.

Procédés de conservation de bois imprégnés d'eau

Un grand nombre de méthodes plus ou moins efficaces ont été étudiées et appliquées qui doivent éviter toute altération du bois au point de vue du volume et de la forme. A l'exception de quelques méthodes récentes, aucune d'elles n'a donné des résultats satisfaisants sous tous les aspects. Certaines empêchaient insuffisamment le rétrécissement au séchage, d'autres assuraient très mal la stabilité des bois conservés.

En principe, les méthodes applicables, décrites au cours de ces dernières années, peuvent être subdivisées en deux groupes. Celles du premier groupe sont basées sur un échange ininterrompu par diffusion d'eau d'imprégnation avec une matière polymère synthétique, soluble dans l'eau (6, 7, 8, 9, 10, 11). Les autres méthodes sont des méthodes à sec : déshydratation au moyen d'alcool éthylique, remplacé ultérieurement par de l'éther éthylique diffusé. Cette méthode a été décrite par Christensen (3). Pour terminer, nous citerons la méthode par congélation sèche (9; 12, 13, 14, 15, 16).

Au cours des années 1964-1967, la méthode au polyglycol pour la conservation des bois archéologiques imprégnés à l'eau a été introduite à l'Institut d'Archéologie de Prague. A. H. Stamm l'avait utilisée pour la première fois dans le traitement de bois archéologiques. Comparée aux autres méthodes, cette méthode simple se distingue par les possibilités universelles d'utilisation dans le travail des bois imprégnés à l'eau, par les frais peu élevés et par les excellents résultats obtenus. La composition chimique et les propriétés des polyglycols sont exposées en détail dans la littérature et dans les prospectus des fabricants en question (Hüls A.G., Marl, RFA, désignation commerciale : Polydiol; Union Carbide, U.S.A., Carbowax; VEB Chemische Werke Buna, Skopare RDA, Oxydwachs; Chemické závody, ČSSR, Apretar RV) et il est inutile de s'occuper de détails ici.

Le processus technologique de la conservation au PEG s'est stabilisé après de nombreux essais en laboratoire et après le traitement de nombreux bois archéologiques (18) dont l'état a été examiné 2-3 ans après.

Devant le volume des bois découverts et les complications résultant du transport, on s'efforça d'effectuer l'opération de la conservation dans les environs immédiats du lieu des fouilles. Grâce à la compréhension

et la complaisance de la Direction de la Fabrique de Textiles JITEX à Pisek, il a été possible d'accomplir le travail tout entier dans la cour de l'usine. L'équipement nécessaire a été mis à notre disposition par la Maison JITEX. L'ensemble des bois découverts fut rincé à l'eau et placé dans une cuve de teinturier en inox inutilisée et présentant les dimensions de $4 \times 1,8 \times 1,6$ m.

Les poutres longues furent coupées en morceaux de 4 m de long; le produit de conservation, une solution à 2,5 % de pentachlorure de sodium fut versée dans la cuve, de sorte que les bois y étaient immergés. La conservation proprement dite n'eut lieu que 6 mois après.

Le 5 octobre 1967, les poutres furent sorties du bain, le dessèchement empêché par l'application d'une feuille de polyéthylène, et le produit de désinfection vidangé. Un serpentin de chauffage fabriqué à l'usine fut fixé dans le fond de la cuve. De la vapeur à 150° C sous une pression de 1,5 atmosphère servait à réchauffer le bain de conservation. Une soupape automatique actionnée par un thermostat immergé dans le bain de conservation réglait l'admission de la vapeur. L'évacuation de la vapeur était contrôlée par un pot de condensation. Les bois sélectionnés furent couchés dans la cuve, les morceaux lourds au fond. La concentration de début du polyglycol était de 30 % dans le mélange eau-alcool (proportion 1 : 1).

La préparation de la solution, nécessaire par suite du volume important du matériau conservé, différait du mélange utilisé au laboratoire. le PEG était dissous dans de l'eau ordinaire (30 kg de PEG pour 15 l d'eau) chauffée à l'aide d'une injection de vapeur, et une quantité correspondante d'alcool était mélangée directement au bain de conservation. La solution à 50 % était préparée de manière analogue.

Au cours des 5 premiers jours, 300 litres de solution de polyglycol étaient ajoutés quotidiennement, et la température du bain s'élevait lentement jusqu'à 70° C. Après ce laps de temps, la quantité ajoutée journalièrement diminuait progressivement jusqu'au 47^e jour, où il n'était plus besoin d'ajouter de solution de conservation. A ce stade, la température s'élevait à 80-85° C. Après 4 autres jours, toujours à une température de 80° C et à un niveau constant du bain, le processus fut arrêté le 27 novembre 1967, c'est-à-dire après 7 semaines. On a alors sorti les bois du bain et on les a disposés sur des tables pour les rincer à l'eau chaude afin de les débarrasser du polyglycol en excédent. Ensuite, ils furent chargés sur un camion et transportés au musée de Pisek. Après remise en état du musée, une reconstitution du complexe découvert sera faite en vue d'une exposition in situ.

Le bain de conservation, y compris le bois, représentait un volume de 7,2 m³, pendant que toute l'opération nécessitait 2.700 kg de polyglycol, dont 1.280 kg ont été absorbés par le bois. Le reste du polyglycol a été mis en fûts en vue de sa réutilisation. Les valeurs indiquées concordent

avec l'essai en laboratoire. La consommation en alcool a été de 1.500 l, c'est-à-dire inférieure d'un quart à celle relevée au laboratoire.

Résultats

En 1967, des restes de construction en bois du moulin à minerais médiéval de Pisek (Bohême méridionale) ont été conservés à l'aide de la méthode au polyglycol. Les bois étaient totalement imbibés d'eau. La cellulose de la surface spongieuse était dégradée jusqu'à une profondeur de plusieurs centimètres. En raison du volume considérable du complexe découvert, c'est la première fois que la conservation de bois a été entreprise dans un cadre aussi important, presque industriel, en ČSSR. Le processus tout entier s'est déroulé à ciel ouvert, dans une installation de fortune et à une époque défavorable de l'année, de sorte que l'on peut désigner le travail comme une conservation dans le terrain, malgré le bon niveau technique du système de chauffage. Une excellente consolidation des bois a été obtenue, et la structure de la surface est restée intacte dans ses détails. Contrairement à l'état au moment des fouilles, la couleur également est améliorée : à la place du marron foncé, il y a une couleur claire naturelle. A la différence des bois non conservés, éliminés lors de la sélection, qui présentent des fissures longitudinales et transversales considérables et se décomposent lentement, les bois conservés ne portent, après 30 mois, aucune trace de modifications périphériques ni d'endommagements superficiels. En conséquence, la conservation peut être considérée comme efficace et la méthode au polyglycol désignée comme particulièrement appropriée au traitement des bois archéologiques imprégnés d'eau.

1. KUDRNÁČ J., HUML V., Výskum středověkých technických zařízení v Písku (Die Erforschung mittelalterlicher, technischer Einrichtungen in Pisek), deutsche Zusammenfassung, Archeologické rozhledy XXI, 1969, S. 37-42.
2. SEN J., BASAK R.K., The Chemistry of Ancient Buried Wood, Geol. Förm, Forhandl. Bd. 79, 1957.
3. BRORSON CHRISTENSEN B., On Konservering af mosefunde Traegestande Aarborger for Nordisk Oldkyndighet og Historie, 1951.
4. LYSÝ F., JÍRU J., Nauka o dřevě, SNTL Praha 1961.
5. JÍRU J., Vysoušení řeziva, SNTL Praha 1959.
6. a) MÜLLER-BECK H., HAAS A., Holzkonservierung mit Arigal C (Ciba), Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums, 37, 38, 1957-58.
b) A Method for Wood Preservation using Arigal C, Studies in Conservation 5, 1960.
c) Ein neues Verfahren zur Konservierung von Feuchthölzern, der Präparator - Zeitschrift für Museumstechnik 7, 1961.
7. MUNNIKENDAM R.A., Conservation of Water-logged Wood using Radiation Polymeration, Studies in Conservation 12, No. 2, 1967.
8. ORGAN R.M., Carbowax and other Materials in the Treatment of Water-logged, Paleolithic Wood, Studies in Conservation IV, 1959.
9. MORÉN R., CENTERWALL B., The Use of Polyglycols in the Stabilising and Preservation of Wood, Meddelanden fran Lunds Universitets Historiska Museum 1960, 1961.

10. SCHULDT E., Neue Versuche zur Konservierung von Fundstücken aus Holz, Ausgrabungen und Funde 5, 1960.
11. GAUDEL P., Das Polyglycol-Verfahren, Der Präparator-Zeitschrift für Museumstechnik, 9, 1963.
12. FLOSDORFF E.W., Freeze-Drying, New York 1949.
13. NEUMAN K., Grundriß der Gefriertrocknung, Frankfurt 1955.
14. LYKOV A.V., GRJAZNOV A.A., Molekularnaja suška, Moskva 1956.
15. HOŘEJŠÍ V., Průmysl potravin 12, 1961.
16. KORDAČ F.J., Použití kryosikace při konzervaci vodou prosycených dřev, Metodický list, Národní muzeum 1966.
17. STAMM A.J., Forest Products Journal 9, 375-381, 1959.
18. HRDLIČKA L., RICHTR M., SMETÁNKA Z., Výzkum v Sezimově Ústí v. r. 1965 (Grabungen in Sezimovo Ústí im J. 1965 - Deutsche Zusammenfassung), Archeologické rozhledy XVI, S. 663-680, 1966.

SUMMARY

STRUCTURAL WOODEN FRAGMENTS OF THE MEDIAEVAL
ORE-MILL OF PISEK (SOUTHERN BOHEMIA) -
PRESERVATION WITH POLYETHYLENE GLYCOL

Early in 1967, in the course of building operations north-east of the city of Pisek, on the right bank of the Otava, there were discovered, at a depth of about 1,5 metres, a few fragments of the wooden ore-mill formerly used to crush auriferous silica.

An archaeological test determined, in the light of the potsherds found at the same time, that the discovery dated from somewhere between the 13th and the end of the first half on the 14th century.

It was lying in a clayish and marshy layer and comprised three wrought beams, a ceiling, and 150 stakes of various sizes. The wood cellulose was badly decomposed to a depth of many centimetres; the surface-coat presented a porous consistency. All the wooden pieces were thoroughly water-soaked; for their preservation, thermal absorption of water by polyethylene glycol was applied, after a disinfecting process with a solution at 2,5 % of sodium plutachlor. The importance of the find was such that it led to the development of preservative measures on almost an industrial scale in Czechoslovakia for the first time.

The preservation bath used for all the wooden pieces had a capacity of 7,2 cubic metres.

The initial concentration comprised 30 % of polyethylene glycol in a water-ethylic alcohol mixture with a proportion of 1:1. After five days, the concentration of the solution added was brought to 50 % of polyethylene glycol. The bath temperature was progressively raised and reached 80° C after 14 days, this temperature being subsequently maintained until the end of the process.

The conservation treatment was performed in an outbuilding at the JITEX Works in Pisek, so that in a sense it might be considered to represent a preservation process for use *in situ*, though the conditions of the treatment and the heating systems were technically of a very high quality.

As a result of this process the pieces of wood have been satisfactorily strengthened and the superficial structure has been well preserved, even in its details. Whereas non-treated beams showed numerous transversal and lengthwise crevices and continued to deteriorate with time, the treated beams did not present any chinks or volume alterations after thirty months. It can thus be stated that the preservation process was successful and that the polyethylene glycol method is an appropriate one for archaeological finds consisting in pieces of moist wood.