

# Janusz Lehmann

---

## Zagrożenia zabytków przez skażenia środowiska

---

Ochrona Zabytków 51/1 (200), 28-30

---

1998

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

## ZAGROŻENIA ZABYTKÓW PRZEZ SKAŻENIA ŚRODOWISKA

Przyspieszony postęp cywilizacyjny ostatniego stulecia, a zwłaszcza rozwój przemysłu i motoryzacji, pociąga za sobą narastanie skażeń środowiska naturalnego — powietrza, wody i gleby. Obliczono, że w latach powojennych emisja skażeń do atmosfery i wody podwajała się w Ameryce Północnej i w Europie przeciętnie co 15 lat.

Zagrożenia stwarzane przez zanieczyszczenia środowiska dla zabytków w wielkich miastach sygnalizowane były w początkach XX w. Stwierdzono na przykład, że skórzane oprawy książek w bibliotece królewskiej w Londynie stają się kruche już po 20 latach, podczas gdy przechowywane w rezydencjach wiejskich nie tracą elastyczności nawet po 100 latach. Winę za to przypisano wysokiemu stężeniu dwutlenku siarki w atmosferze Londynu.

Jednak dopiero od końca lat pięćdziesiątych zaczęły się w Europie i Ameryce na dużą skalę działania mające na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń i oczyszczanie skażonych wód, a w latach siedemdziesiątych zawarto pierwsze konwencje zmierzające do ograniczenia emisji zanieczyszczeń i do oczyszczenia atmosfery.

Kwestie związane z dewastacją i skażeniem gleby znajdują się obecnie w fazie badań i dyskusowania. Wśród tematów obecnie najintensywniej opracowywanych są te, które dotyczą skażeń gleby metalami ciężkimi oraz utylizacji i unieszkodliwiania odpadów, w tym również komunalnych<sup>1</sup>.

W zakresie ochrony zabytków najwcześniej podjęto działania dotyczące zabytków przechowywanych w muzeach. W 1965 r. odbyła się w Londynie konferencja poświęcona klimatologii muzealnej. W latach siedemdziesiątych opracowano normy międzynarodowe warunków przechowywania zabytków w muzeach, na podstawie których wydano normy do stosowania w poszczególnych krajach<sup>2</sup>.

Dla zabytków architektury takie wytyczne, jednak znacznie ogólniejszej natury, próbowano opracować na międzynarodowym sympozjum zorganizowanym w 1986 r. przez Uniwersytet w Göteborgu i Instytut Szwedzki w Rzymie, przy współudziale Komitetu Konserwatorskiego ICOM i Rzymskie Centrum UNESCO. Sympozjum to dało impuls do podjęcia wielu szczegółowych badań<sup>3</sup>.

### Skażenia atmosfery, wody i gleby

Liczne są substancje skażające atmosferę, wodę i glebę oraz różne są ich źródła. Odrębnie klasyfikowane są skażenia biologiczne i radioaktywne. Panuje przekonanie, że środowisko, przede wszystkim atmosfera i wody powierzchniowe, są zatrutowane przez miasta i przemysł, natomiast wieś utrzymuje zdrowe środowisko. Pogląd ten już nie jest trafny. Znaczna część skażeń atmosfery, wód powierzchniowych i gleby powodowana jest obecnie intensyfikacją uprawy i hodowli. W Holandii np. połowa skażeń pochodzi z rolnictwa. Skażenia gleby i wody pochodzą również ze stosowania nawozów sztucznych, fungicydów, insektycydów i herbicydów.

Skażenia atmosfery, wód powierzchniowych i gleby muszą być rozpatrywane ilościowo. Często te same składniki występują w podwójnej roli, raz jako składniki pożyteczne i niezbędne do utrzymania życia, drugi raz jako szkodliwe skażenia. Ozon w stratosferze jest pożyteczny, tworzy warstwę ochronną niezbędną do ochrony życia przed promieniowaniem UV. W troposferze normalne stężenie ozonu wynoszące 15–40 ppb (ok. 30–80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) jest pożyteczne, natomiast występujące ostatnio w rejonach „dziury ozonowej” stężenia powyżej 100 ppb (200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) są groźne dla życia. Powodują one zaburzenia w gospodarce wodnej roślin, u ludzi sprzyjają pojawianiu się raka skóry.

Dwutlenek węgla i metan określane są mianem gazów cieplarnianych. Bez dwutlenku węgla w powietrzu nie mogłoby istnieć życie na ziemi. Stwierdzono, że nadmierna ilość dwutlenku węgla i metanu w powietrzu przyczynia się do ocieplenia klimatu.

Przyjmuje się, że czyste powietrze zawiera ok. 0,2 ppb  $\text{SO}_2$ , 1,0 ppb  $\text{NO}_x$  oraz 10–30 ppb  $\text{O}_3$ . W skażonym powietrzu w mieście zawartość  $\text{SO}_2$  może być 100-krotnie, a w ekstremalnych przypadkach 1000-krotnie wyższa. Zawartość  $\text{NO}_x$  może wzrosnąć 50-krotnie. Natomiast zawartość ozonu jest zwykle redukowana przez tlenki azotu, z którymi wchodzi w reakcję, chociaż w szczególnych warunkach, przy silnym nasłonecznieniu tworzą się ze spalin samochodowych trujące nadtlenki, a stężenie ozonu może osiągnąć aż 200 ppb. Możemy przyjąć, że przed uprzemysłowieniem, kiedy nie spalano węgla kamiennego i pochodnych ropy naft-

1. *Chemiczne zagrożenia środowiska w Polsce. Raport — ekspertyza*, pod red. L. Pawłowskiego i Z. Kozaka, Komitet Nauk Chemicznych PAN, Lublin 1983.

2. *L'environnement de l'Europe. Rapport du Conseil ministériel nordique à la Conférence internationale du Conseil nordique sur la pollution atmosphérique transfrontière*, Stockholm 1986; B. Becker,

H. Müller, G. Bredenbeck, *Internationales Symposium „Klima und Beleuchtung von Museen”*, „Informationen für die Museen der DDR”, 21, 1989, 4, s. 89–101.

3. *Air Pollution and Conservation, Safeguarding Our Architectural Heritage. Proceedings of the International Interdisciplinary Symposium, Rome, October 15–17 1986*.

towej, stężenia  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_x$  w atmosferze Europy były zbliżone do ich zawartości w czystym powietrzu.

Skażenia powietrza określano wg ilości spalanych paliw i zawartości w nich związków tworzących skażenia. Obecnie metodą pomiaru stężenia skażeń jest monitoring, tj. bezpośrednie oznaczanie zawartości poszczególnych skażeń w powietrzu, wodzie i glebie w licznych, wybranych miejscach. W Poznaniu Państwowa Inspekcja Sanitarna posiada kilka stacji pomiaru skażeń atmosfery. Prowadzi się pomiary stężeń pyłów (w tym metali ciężkich), tlenków siarki i azotu oraz związków fluoru. Z wyników poszczególnych pomiarów oblicza się wartości średnie. Tak np. dla dwutlenku siarki uzyskano następujące średnioroczne stężenia: ul. Kościuszki (śródmieście) —  $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ul. Czwartaków (przemysł) —  $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a na obrzeżu miasta: ul. Nowina —  $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Osiedle Kosmonautów —  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Osiedle Armii Krajowej —  $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Niszczenie materiałów przez agresywne skażenia

Niszczenie jest w zasadzie nieuchronne. Jednakże podejmując odpowiednie działania, proces ten można przyspieszać lub opóźniać. Umiejętność stosowania działań i środków opóźniających niszczenie jest istotą konserwacji i ochrony zabytków<sup>4</sup>.

Czynniki niszczące w środowisku próbuje się dzielić na naturalne i sztuczne. Podział ten nie jest przejrzysty. „Naturalny” klimat jest modyfikowany przez człowieka. Niektóre skażenia powietrza, wody i gleby są do pewnego poziomu zawartości ich „naturalnymi” składnikami. Po przekroczeniu określonego stężenia stają się agresywne. Należy podkreślić, że poszczególne czynniki rzadko działają indywidualnie, zwykle natomiast w zespołach. Działanie łączne może potęgować niszczenie<sup>5</sup>. Tak np. dowiedziono, że niszczące działanie dwutlenku siarki potęgowane jest obecnością tlenków azotu lub ozonu; że obecność wody nie tylko potęguje niszczenie, ale jest wręcz niezbędna, aby proces niszczenia mógł nastąpić. Uogólniając te zależności mówimy o synergizmie oddziaływania czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych z warunkami ekologicznymi i klimatycznymi determinującymi krótko- i długoterminowe zmiany w stanie zachowania obiektów zabytkowych.

Powietrze składa się z 1 części tlenu i 4 części azotu z niewielkim dodatkiem dwutlenku węgla i gazów szlachetnych. Oprócz tych składników w powietrzu zwykle zawarte są zanieczyszczenia stałe i gazowe, ozon i para wodna. Z punktu widzenia trwałości materiałów, azot, dwutlenek węgla i gazy szlachetne uznawane są za obojętne. Inne gazy zawarte w powietrzu, zwłaszcza siarkowodór, tlenki siarki i azotu, ozon

i inne są agresywne w stosunku do większości materiałów. Tlen powoduje procesy niszczące, takie jak: rdzewienie żelaza, tlenie tkanin, skóry, papieru, drewna, płowienie barwników, ciemnienie spoiw farb i lakierów. Reakcje tlenu z materiałami przyspieszane są obecnością aktywnatorów — katalizatorów utleniania.

Woda obecna jest niemal wszędzie tam, gdzie ma miejsce niszczenie substancji zabytkowych. Woda ciepła tworzy się w wyniku kondensacji pary w postaci deszczu, rosy i mgły. Powietrze w zależności od temperatury może zawierać różne ilości pary wodnej, ciepłe powietrze więcej, zimne mniej. Ilość wody adhezyjnej zawartej w materiałach, takich jak: drewno, tkaniny, skóra, papier, obiekty ceramiczne czy porowaty kamień, pozostaje w równowadze z wilgotnością otaczającego powietrza.

Pył i kurz są postaciami zanieczyszczeń stałych. Ich ilość w powietrzu wyrażana jest w mikrogramach na metr sześcienny powietrza. Ilość zawieszonego pyłu zimą w powietrzu miejskim może wynosić kilkaset mikrogramów; latem spada w mieście do około stu mikrogramów. Mowa tu jest o wielkościach średnich. Inna jest bowiem zawartość zanieczyszczeń stałych w powietrzu po deszczu, inna przy wietrznej pogodzie, a jeszcze inna przy utrzymującej się przez czas dłuższy bezwietrznej pogodzie. Jego szkodliwość dla zabytków jest zróżnicowana w zależności od składu chemicznego i stopnia rozdrobnienia. Najmniej szkodliwe są chemicznie obojętne pyły gruboziarniste, osiadające luźno na powierzchni i nie reagujące z materiałem obiektu. Pyły drobnoziarniste wykazują tendencję do silnego przywierania do powierzchni, a w przypadku agresywności chemicznej — do reagowania. W miastach i okręgach przemysłowych w skład pyłów wchodzi sadza i smoliste produkty spalania. Ich obecność powoduje trwałe brudzenie, widoczne zwłaszcza na piaskowcowych wykładzinach elewacji i na rzeźbach. Oprócz działania bezpośredniego przypisuje się pyłom pośrednie działanie niszczące, polegające na zdolności kondensowania wilgoci, agresywnych gazów i cieczy, drobnoustrojów i zarodników oraz fragmentów glonów i porostów.

Z zanieczyszczeń gazowych powietrza największą szkodliwością odznaczają się tlenki siarki i siarkowodór, tlenki azotu, amoniak oraz ozon. Dwutlenek siarki przekształca się w kwas siarkowy, a ten jest agresywny w stosunku do większości materiałów.

Siarkowodór reaguje bezpośrednio z większością metali tworząc siarczki. Bierze udział w rdzewieniu żelaza, w patynowaniu miedzi i jej stopów, jest odpowiedzialny za czernienie srebra. W atmosferze ulega utlenieniu do dwutlenku siarki. Tlenki azotu tworzą kwas azotowy. Amoniak w atmosferze przekształca się

4. Lehmann J., *Chemia w ekspertyzie i konserwacji zabytków z materiałów nieorganicznych*, Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków, seria B, t. LI, Warszawa 1978.

5. J. Lehmann, *The Methodology for the Cleaning and Desalting of Stone Objects in Gołuchów Castle Museum*, ICOM-Committee for Conservation 8<sup>th</sup> Triennial Meeting, Sydney 6–11 IX 1987, s. 487–491.

w tlenki azotu. Mechanizm niszczenia powodowanego przez tlenki azotu i amoniak nasuwa pewne podobieństwa do mechanizmu powodowanego obecnością dwutlenku siarki i siarkowodoru; są one o tyle mniej groźne, że w atmosferze rozkładają się stosunkowo szybko, podczas gdy tlenki siarki utrzymują się przez czas dłuższy i są przenoszone prądami powietrza na duże odległości.

Środowisko — atmosfera, wody powierzchniowe i gleba — są swoistym laboratorium chemicznym, gdzie związki siarki, azotu, tlen, woda, światło, inne jeszcze pierwiastki i drobiny biorą udział w ogromnej liczbie różnorodnych reakcji chemicznych. Do tego należy dodać aktywność organizmów żywych i synergizm — wzajemne oddziaływanie na siebie różnych skażeń, w wyniku czego skutki ich działania zostają wielokrotnie zwiększone lub zmniejszone, a mieć będziemy obraz odpowiednio skomplikowany, znany i wyjaśniony tylko częściowo. Na głębsze jego poznanie trzeba będzie jeszcze wiele czasu i dociekań naukowych<sup>6</sup>.

### Ochrona przed agresywnymi skażeniami środowiska

W miarę poznawania zagrożeń wynikających ze skażeń środowiska, opracowywane są metody ochrony. Sympozjum zorganizowane przez Uniwersytet i Politechnikę w Göteborgu, Instytut Szwedzki w Rzymie, Rzymskie Centrum UNESCO i Komitet Konserwatorski ICOM, wydało komunikat końcowy i zalecenia. We wnioskach i zaleceniach wysunięto postulaty ograniczenia emisji skażeń, rozwinięcia lokalnych, regionalnych, narodowych i międzynarodowych programów badawczych, szkolenia restauratorów i konserwatorów w zakresie znajomości zagrożeń dla zaby-

tków ze strony skażeń, jak również doraźnego zabezpieczenia i długofalowej ochrony zagrożonych obiektów zabytkowych<sup>7</sup>.

W ochronie zabytków architektury i rzeźby w ekspozycji zewnętrznej ważna jest wiedza o niszczących czynnikach środowiskowych i elementarnych metodach oraz środkach zaradczych

Zaniedbanie i działanie wilgoci są największymi zagrożeniami dla zabytków. Wszelkie zabiegi ochronne winny być podejmowane zanim powstaną szkody. Najważniejszymi operacjami ochronnymi są:

- zabezpieczenie przed kapilarnym podciąganiem wody gruntowej,
- zabezpieczenie przed penetracją wody opadowej,
- zabezpieczenie przed niszczącymi czynnikami biologicznymi,
- zabezpieczenie przed zabrudzeniem,
- zabezpieczenie przed skażeniem solami rozpuszczalnymi w wodzie,

W muzeach zaleca się eliminowanie z powietrza: dwutlenku siarki, siarkowodoru, tlenków azotu, a także pyłów, tlenku węgla, amoniaku, formaldehydu, węglowodorów i chlorowców węglowodorów z pomieszczeń, w których przechowywane są obiekty z materiałów wrażliwych. Wielkie muzea zaopatrują się w instalacje klimatyzacyjne, które oprócz utrzymywania temperatury i wilgotności powietrza na zadanym poziomie, eliminują większość szkodliwych zanieczyszczeń. Mniejsze muzea muszą sobie radzić prostszymi środkami i sposobami, jak umieszczanie w gablotach, szafach, skrzyniach i innych pojemnikach mieszczących zabytki, pochłaniaczy nadmiaru wilgoci i skażeń, wypełnionych zwykle węglem aktywowanym, żelem krzemionkowym i zaprawionymi chemicznie włókninami<sup>8</sup>.

6. J. Lehmann, *Chemical Aspects of Deterioration and Preservation of Stone Architectural Relics. International Symposium on the Conservation of the Relics of Medieval Monumental Architecture, Warsaw-Lednica, 24-26 V 1994.*

7. Lehmann J., *Chemiczne aspekty niszczenia i ochrony kamiennych relikwów architektury*, „Ochrona Zabytków” 1995, nr 1, s. 69-72.

8. B. Becker, H. Müller, G. Bredenbeck, op. cit., s. 89-101.

## Environmental Pollution as a Threat to Historical Monuments

The author discusses threats to historical monuments posed by particular types of air, water, and soil pollution. He draws attention to trends in scientific and popular works as well as to achievements and perspectives for the protection of the natural environment. The article outlines possibilities

for protection against the devastating impact of aggressive pollution of the environment, and accentuates the synergism of their activity with variable climatic and environmental factors.