

Fizyka w badaniach nad dziedzictwem kultury

Łukasz Bratasz

Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN
Muzeum Narodowe w Krakowie

Zasoby dziedzictwa kultury mają duże znaczenie społeczne i gospodarcze

- 90% badanych uznaje zasoby dziedzictwa za ważny element jakości miejsca zamieszkania, źródło dumy społeczności lokalnej
- dziedzictwo jest magnesem turystyki, Europa jest najbardziej odwiedzanym miejscem na świecie
- sektor turystyki wytwarza 5.5% PKB Unii Europejskiej, stwarzając 9 mln miejsc pracy

Dziedzictwo się liczy!

- 1 funt zainwestowany w ochronę zabytków w ciągu 10 lat generuje w lokalnej gospodarce 1.6 funta
- zabytkowe otoczenie sprzyja decyzji o lokalizacji firmy w tym samym stopniu co dobry dostęp drogowy

HERITAGE COUNTS 2010 ENGLAND



Badania nad ochroną dziedzictwa

- Od 1986 roku są priorytetowym obszarem w programach ramowych Unii Europejskiej
- W grudniu 2009 Rada ds. Konkurencyjności Unii Europejskiej przyjęła nową wspólną inicjatywę programową „Dziedzictwo kulturowe a globalna zmiana: nowe wyzwanie dla Europy”
- Krakowskie Konsorcjum im. Mariana Smoluchowskiego powołuje w ramach KNOW Centrum Badań nad Dziedzictwem Kultury – HERIDITAS

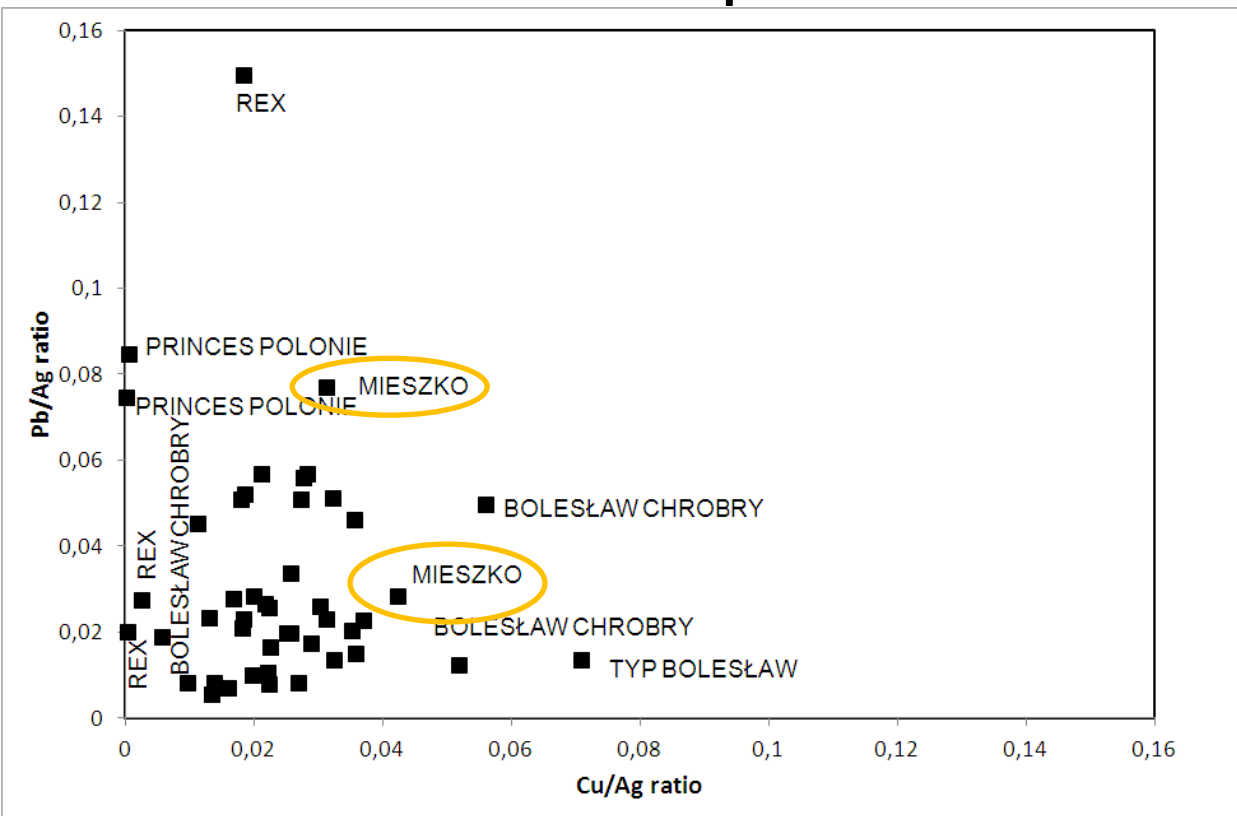
Badania nad dziedzictwem w obszarze nauk ścisłych

1. Archeometria – datowanie i ustalanie proveniencji obiektów
2. Badania technologiczne dzieł sztuki – struktura materialna
3. Badania nad ochroną dziedzictwa – przemiany, zapobieganie i udostępnianie

Obszar badań and dziedzictwem:

Archeometria

Rozpoznanie składu pierwiastkowego korpusu monet wczesnopiastowskich z kolekcji MNK



Obszar badań and
dziedzictwem:

**Badania
technologiczne**

Analiza warstwy
malarskiej i
„zagłądnięcie” pod
warstwę ciemnego
przemalowania
oryginalnego tła
„Damy z
gronostajem”

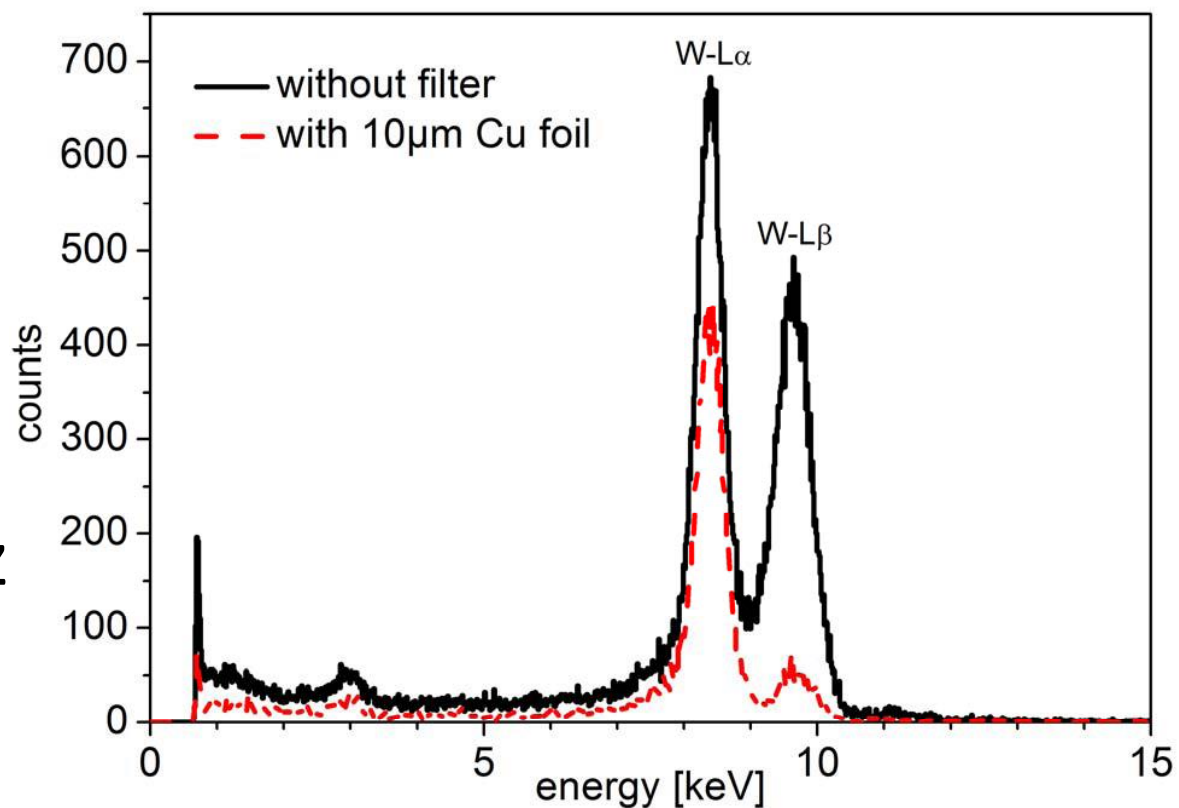
Leonarda da Vinci



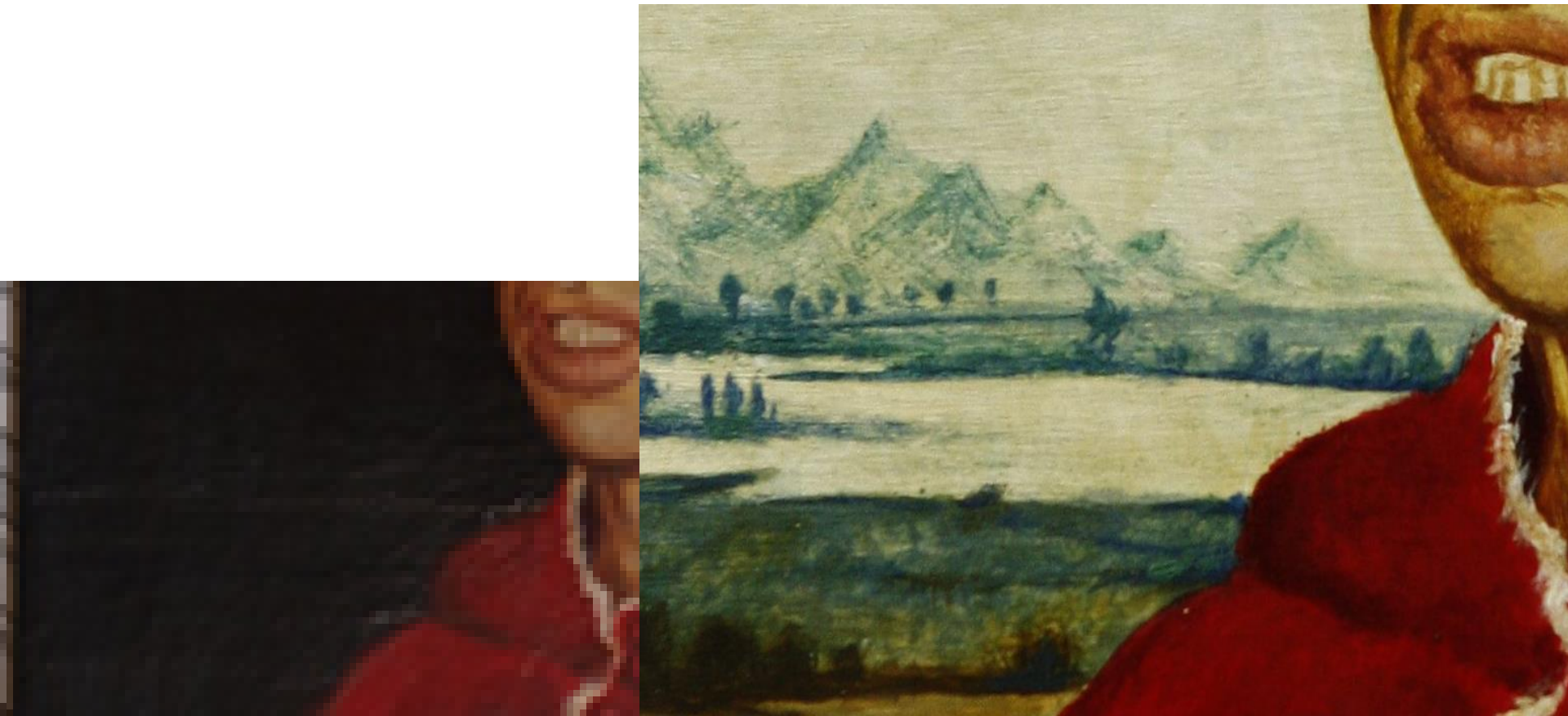
Standardowy obraz radiograficzny jest zdominowany przez najgrubsze warstwy zawierające silnie absorbujące pigmenty, takie jak biel ołowiowa.



Radiografia
różnicowa
(krawędziowa) z
wykorzystaniem
wiązki o podwójnej
energii umożliwiła
wykrycie niebieskich
pigmentów miedzi.
Z ramienia AGH
badania
koordynowane przez
Dr. hab. Dariusza
Węgrzynka

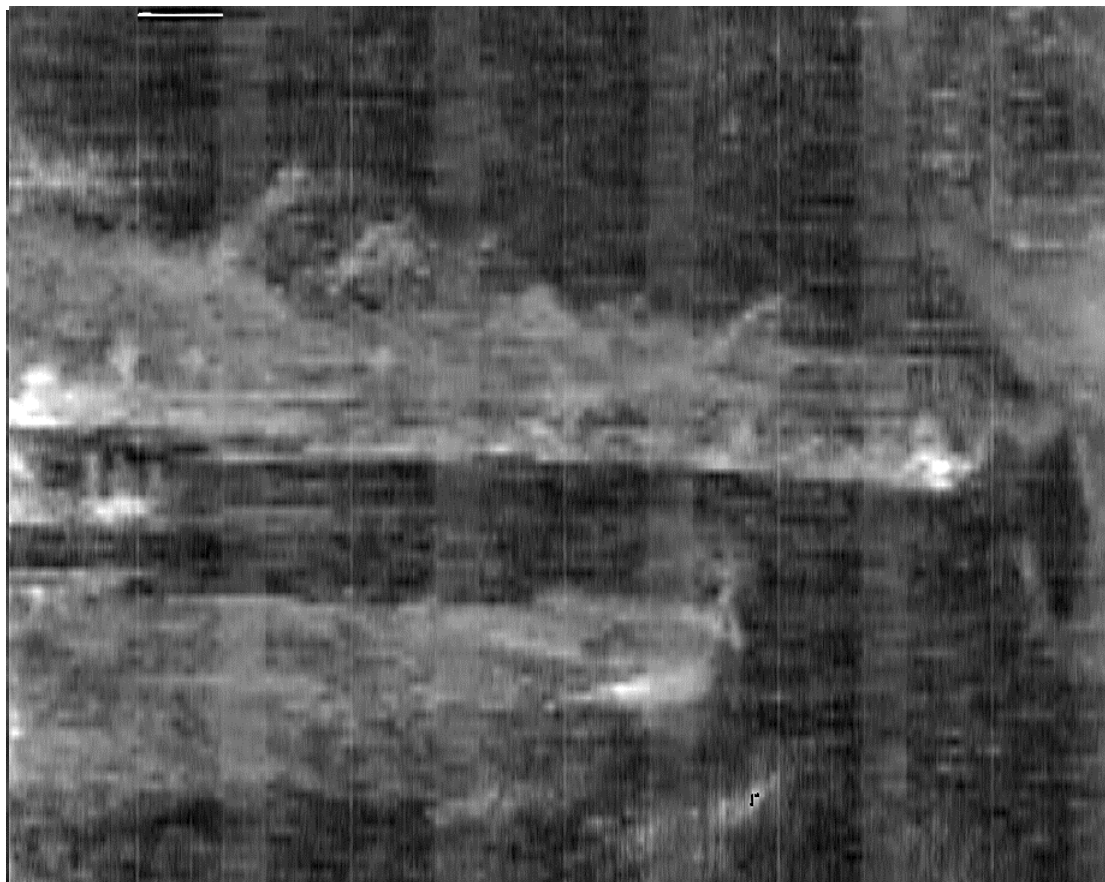


Pomiary przygotowawcze na obrazie
modelowym wykonanym w technice stosowanej
przez Leonarda



Standardowy
obraz
radiograficzny

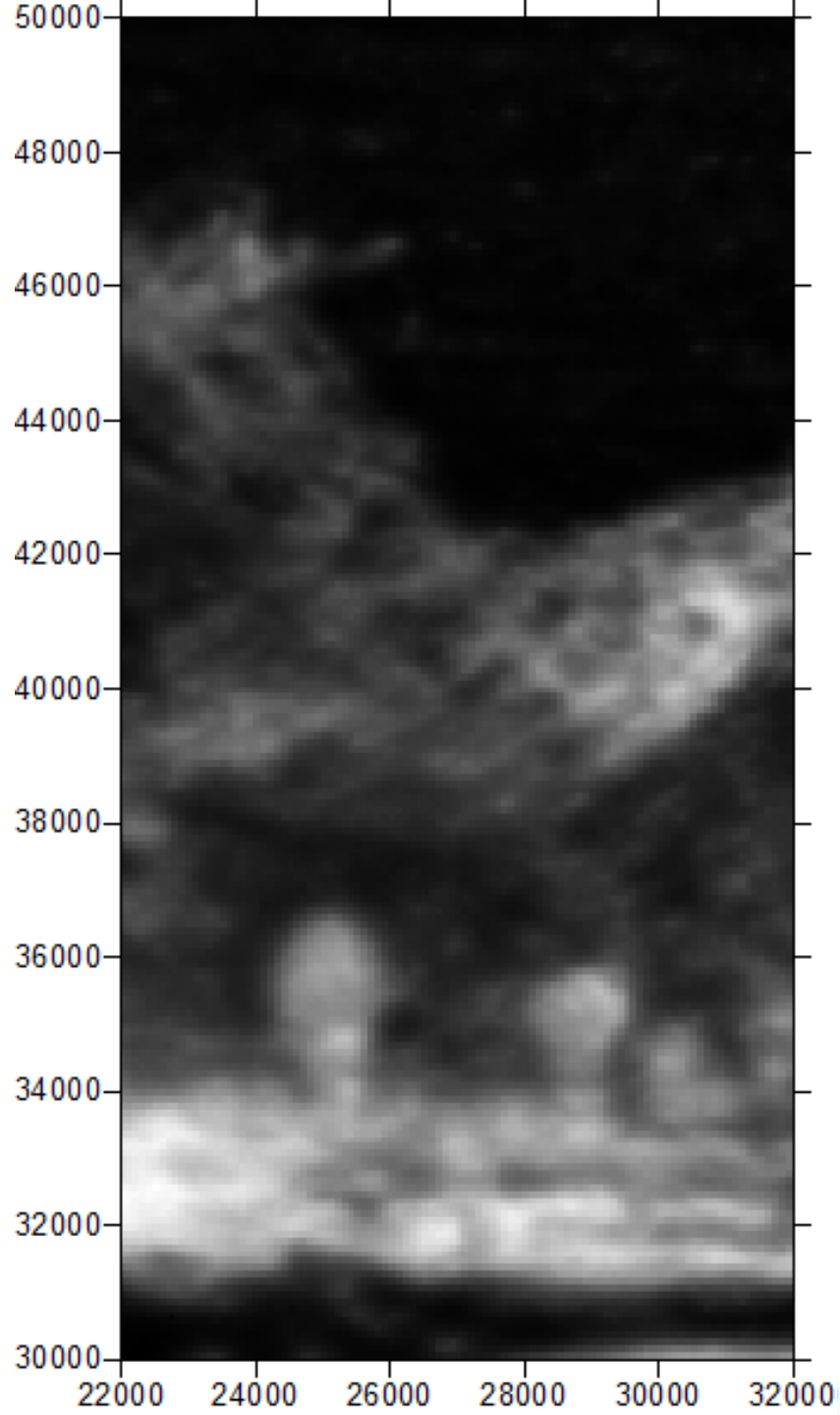
Radiografia
różnicowa



mapowanie rozkładu
pierwiastków - metoda
fluorescencji
rentgenowskiej

Radiografia różnicowa

- pomiar 50-100 razy
szybszy
- znacznie wyższe
bezpieczeństwo
pomiaru





Niestety! Nie będziemy w BBC.

Mapa rozkładu miedzi w warstwie tła
„Damy z gronostajem” Leonarda

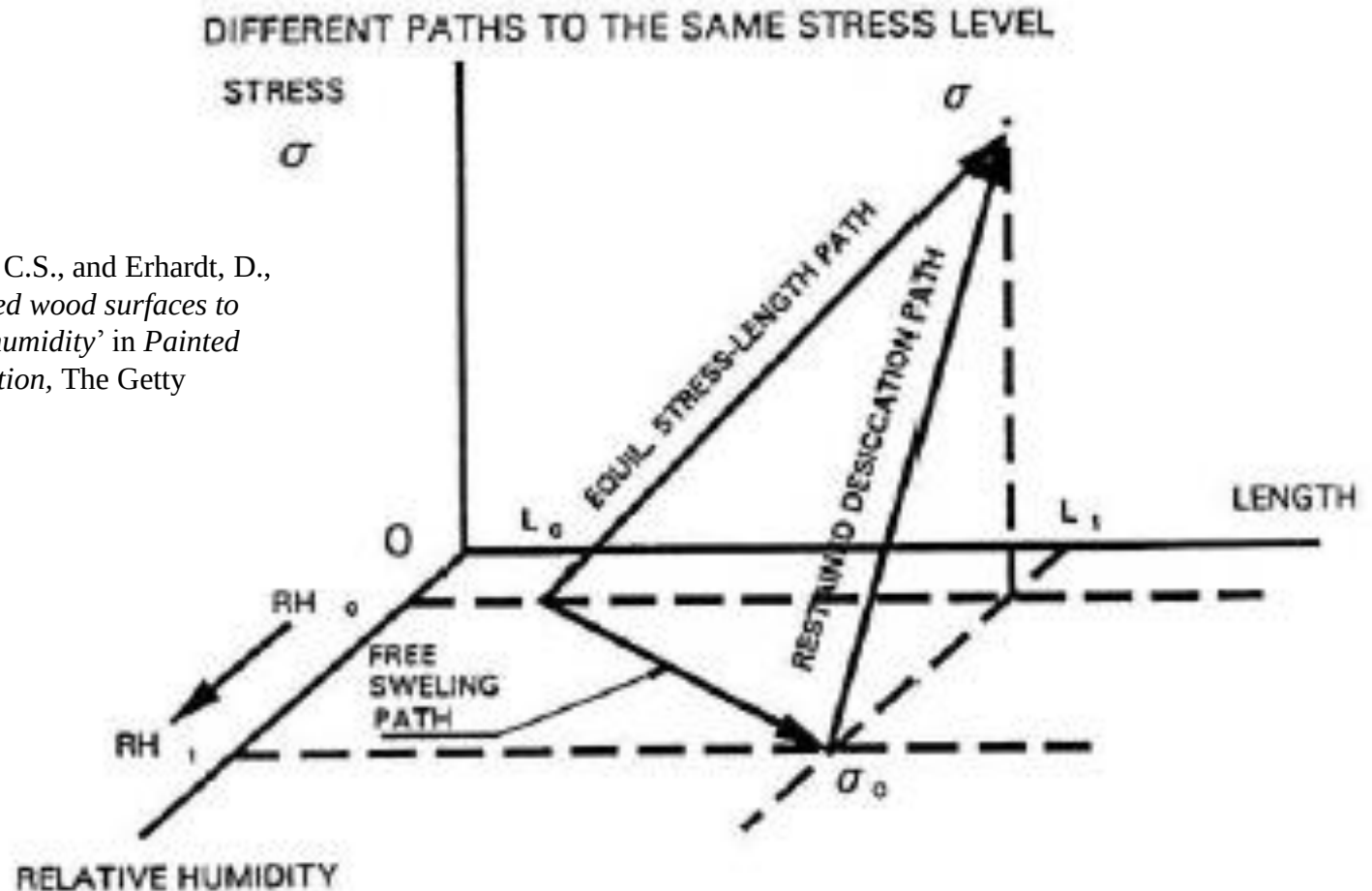
Badania nad ochroną dziedzictwa

Wyznaczenie
bezpiecznego zakresu
wilgotności względnej
dla wrażliwych
obiektów zabytkowych



Obciążenia środowiskowe

Naprężenia klimatyczne są równoważne
naprężeniem generowanym przez siły zewnętrzne



Mecklenburg, M.F., Tumosa, C.S., and Erhardt, D.,
'Structural response of painted wood surfaces to
changes in ambient relative humidity' in *Painted
Wood: History and Conservation*, The Getty
Conservation Institute, 1998

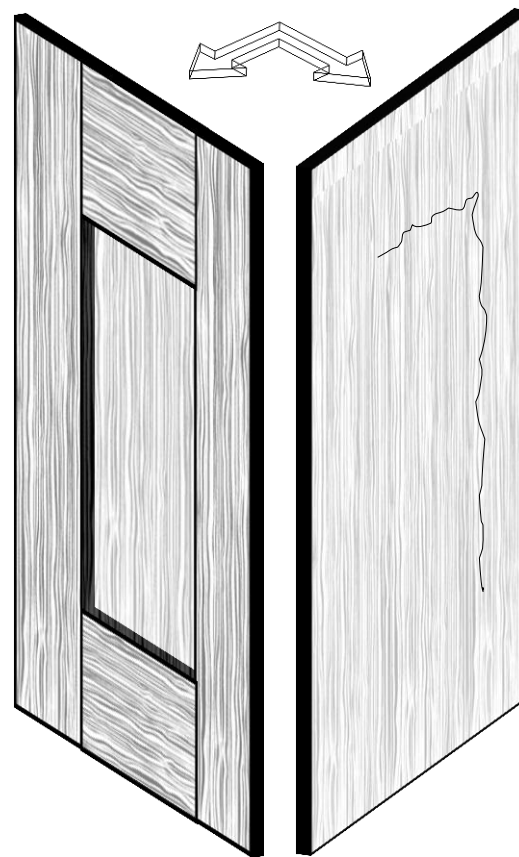
Fizyczne metody monitorowania rozwoju uszkodzeń

Szafa „wrocławska”,
1785, Muzeum
Narodowe w
Krakowie

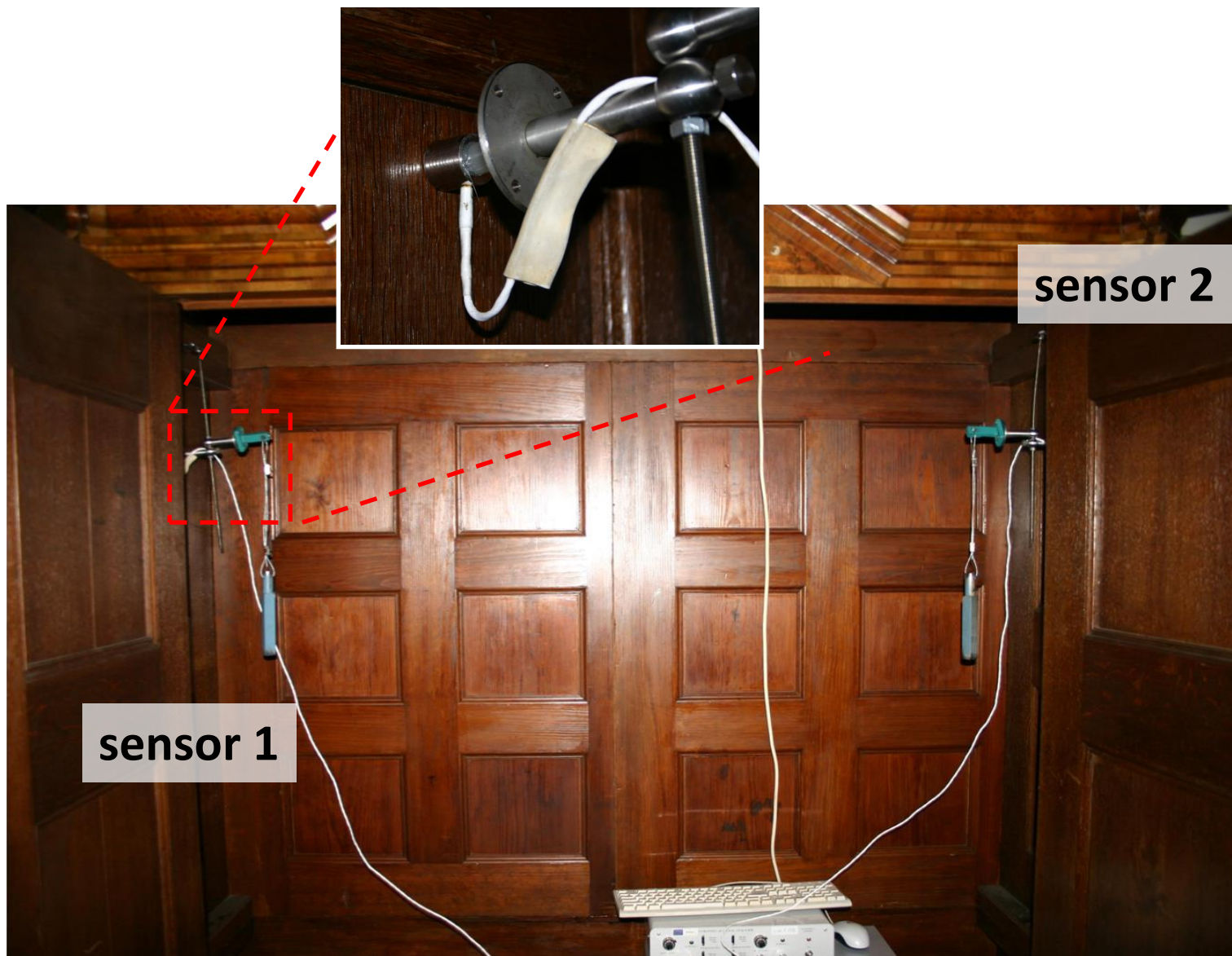
Fornirowana, inkrustowana
kością słoniową, cyną i
grafitem, intarsjowana
różnymi gatunkami drewna



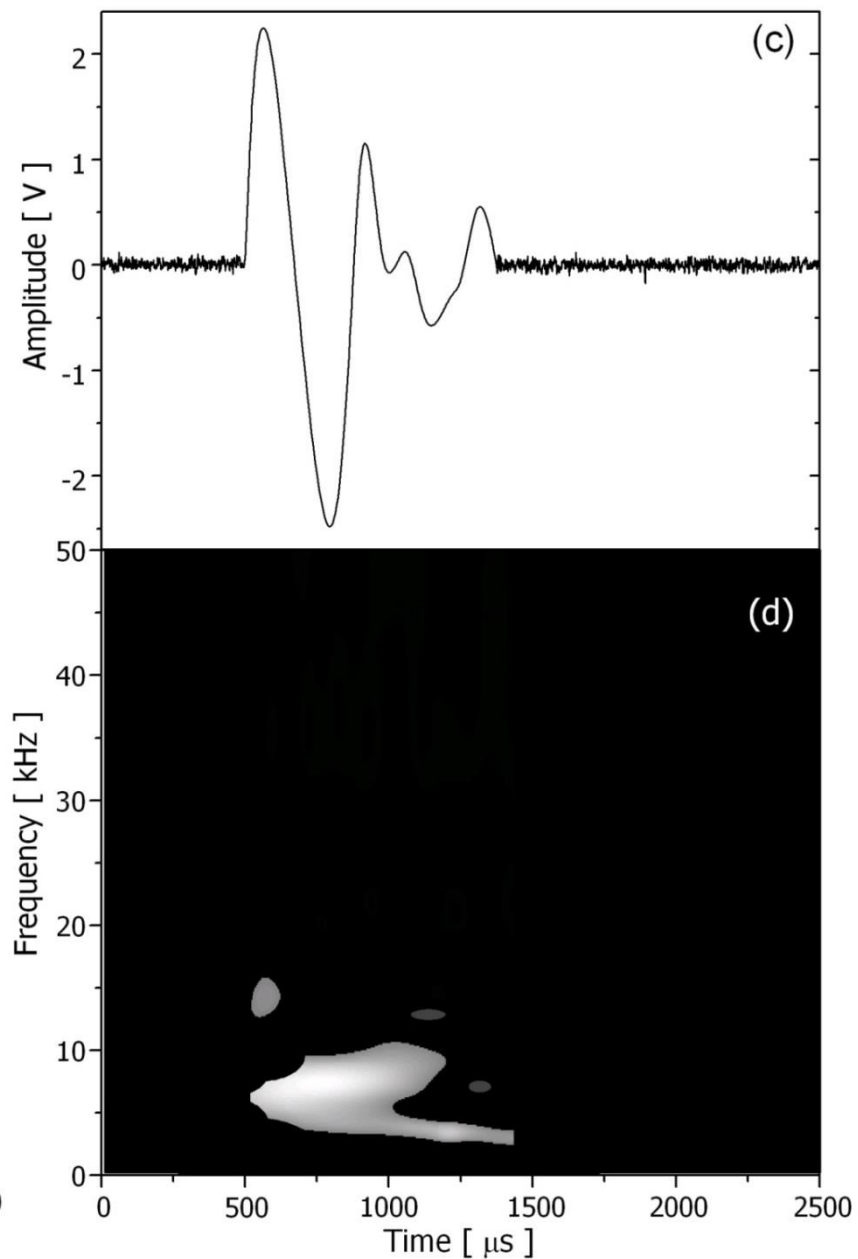
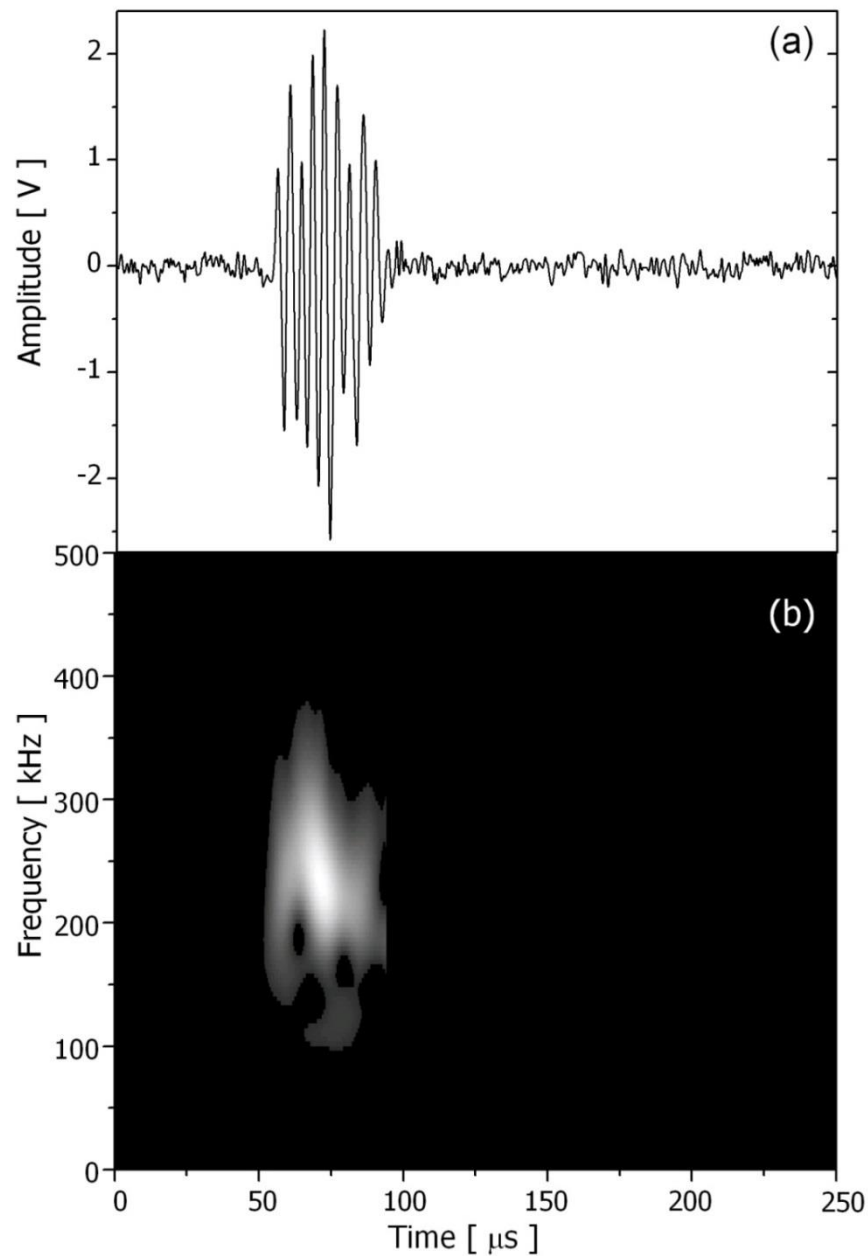
Mechanizm niszczenia



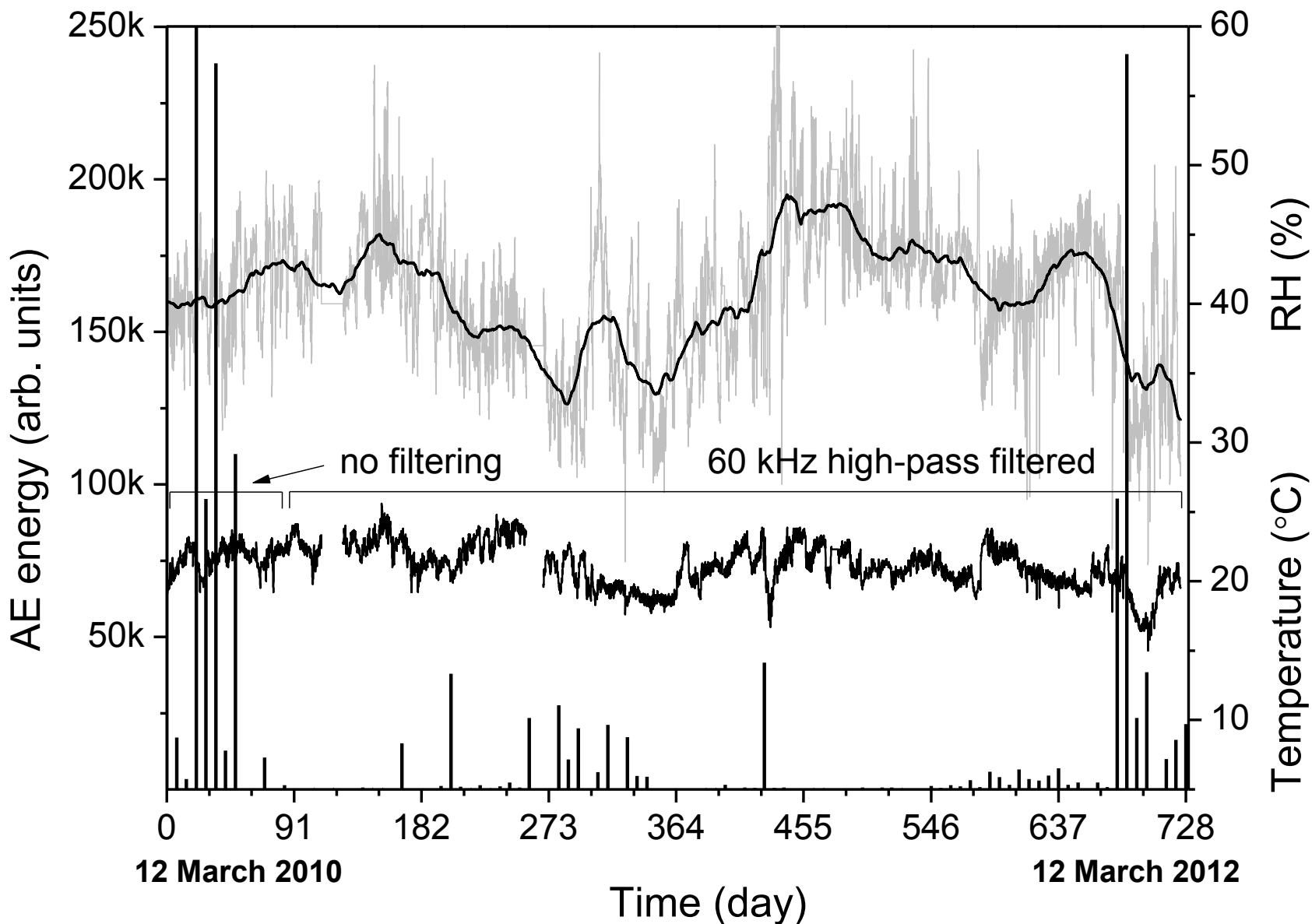
Monitorowanie emisji akustycznej



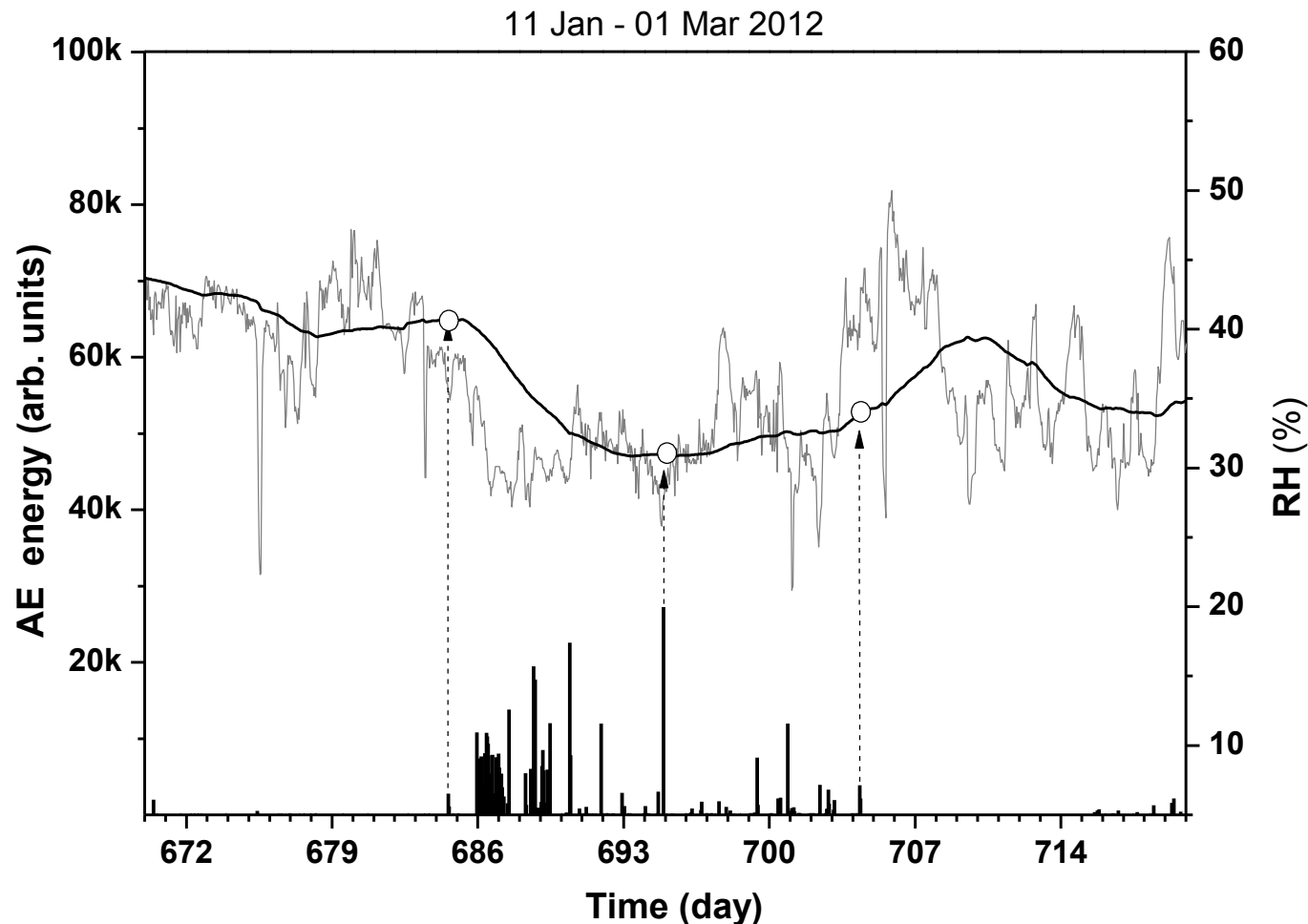
Analiza falkowa



Emisja akustyczna + dane mikroklimatyczne

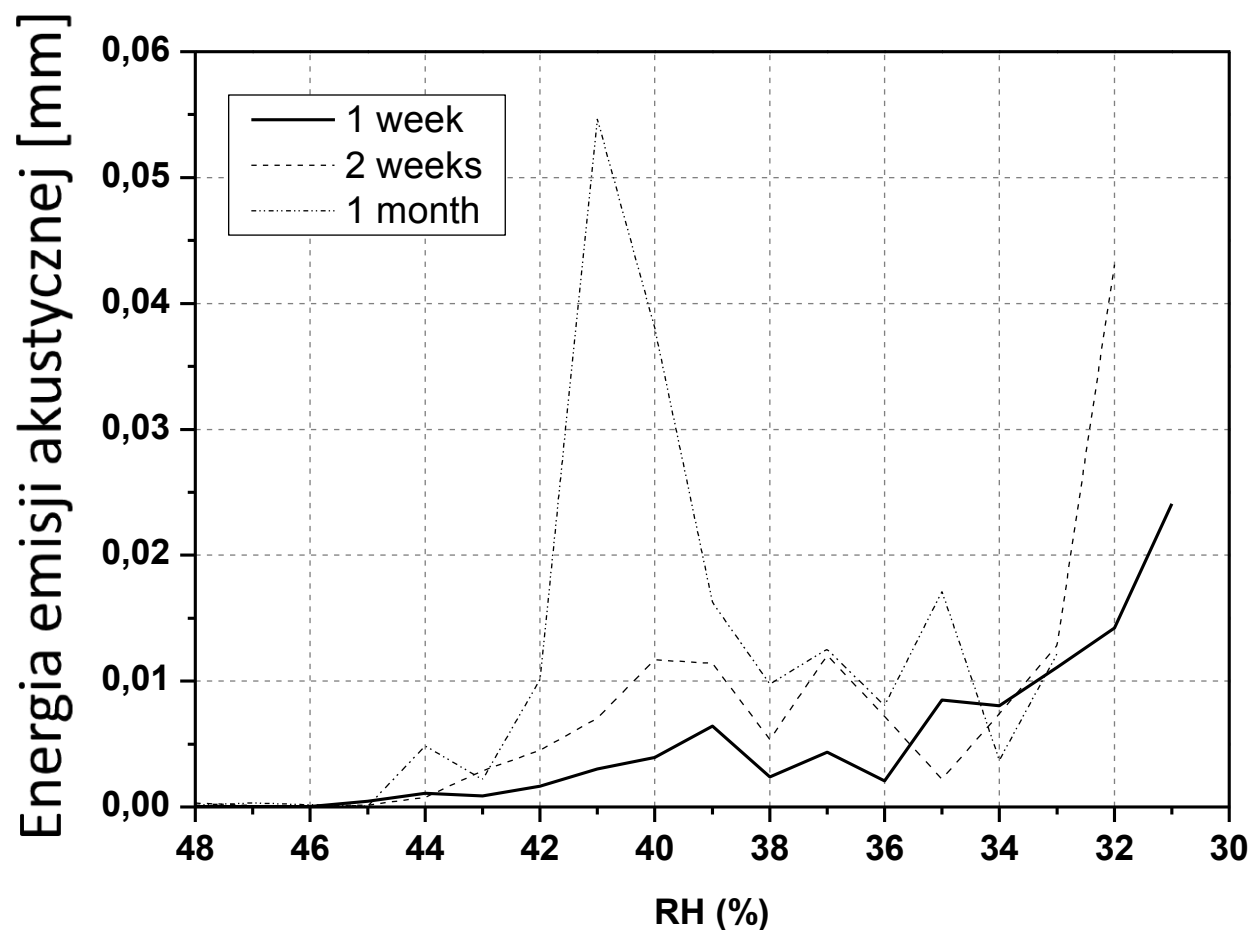


Pękanie drewna jest związane ze spadkami wilgotności względnej

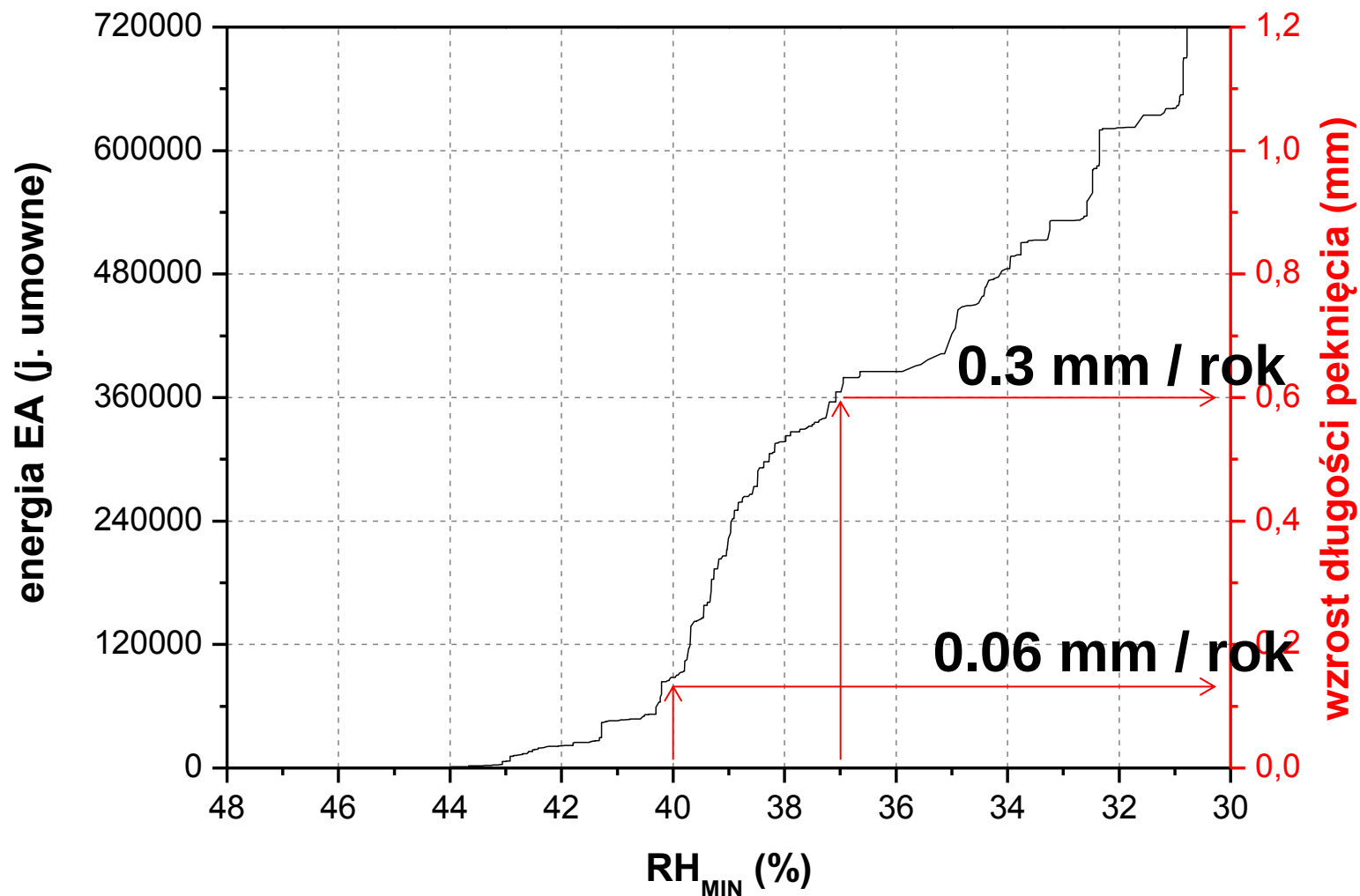


Każdy epizod EA można przypisać wartości średniej wilg. wzgl.

Obiekty drewniane – najbardziej wrażliwe na wahania wilg. wzgl. trwające ok. 7 dni



Przyrost spękania w funkcji minimalnych wartości wilg. wzgl. w okresie 2 lat



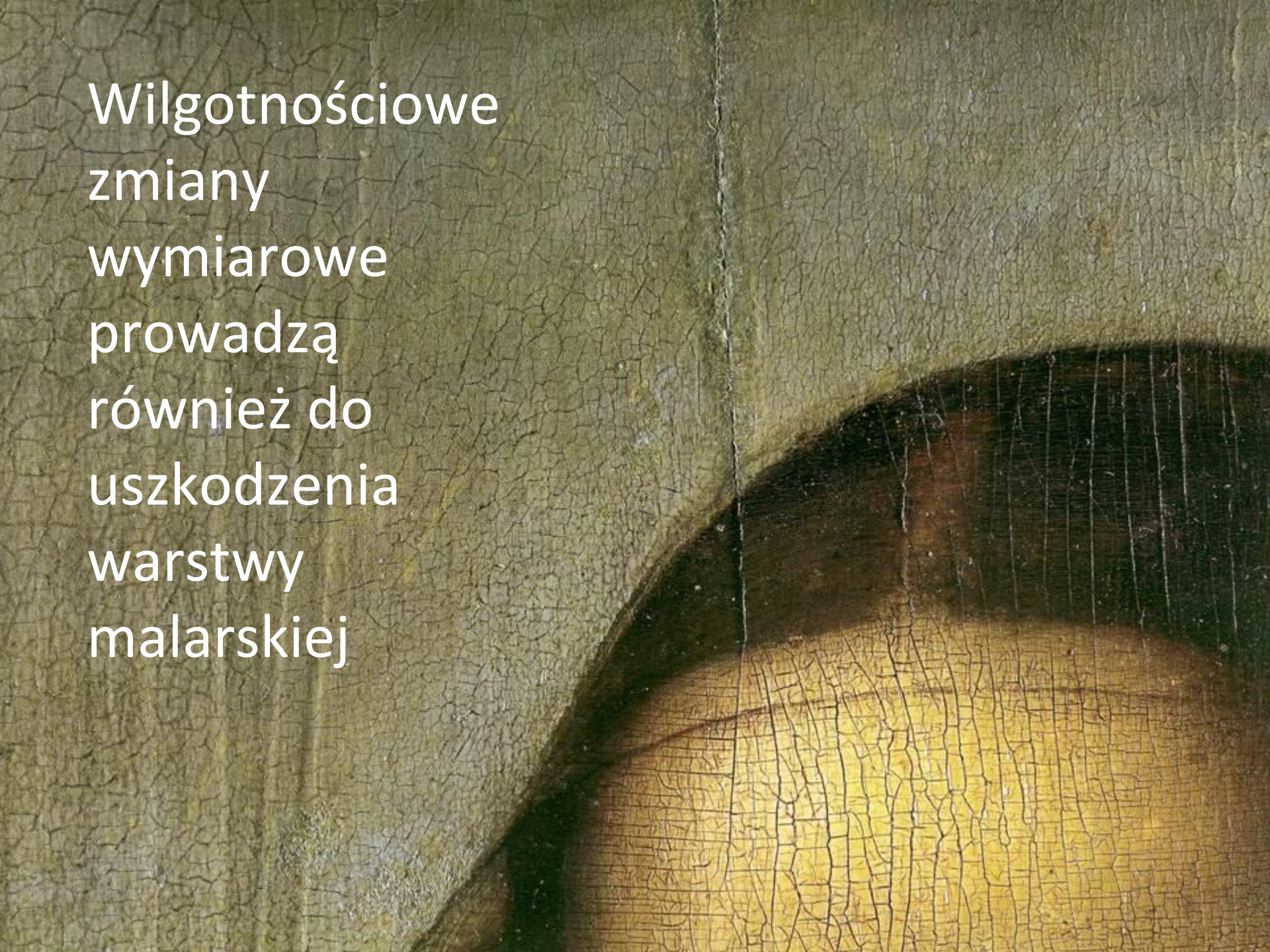
Kryterium **dopuszczalnej** zmiany (uszkodzenia)

Najmniejsza dostrzegalna
zmiana barwy niebieskiej w
ciągu 50 lat

Dywan Ardabil, 1539/1540,
Muzeum Wiktorii i Alberta, Londyn



Wilgotnościowe
zmiany
wymiarowe
prowadzą
również do
uszkodzenia
warstwy
malarskiej

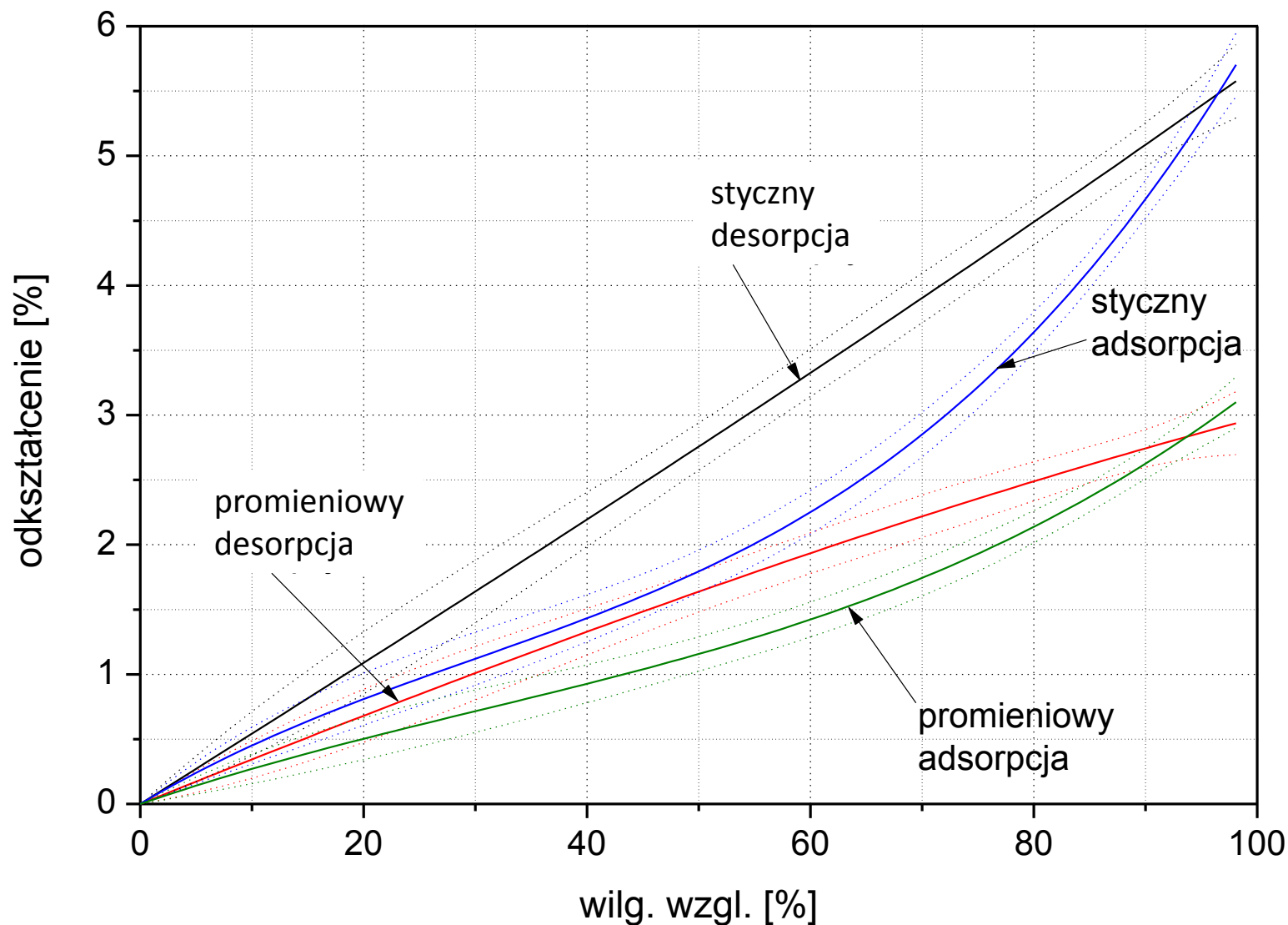


Sitka spękań
podłużnych w
warstwie malarskiej
Mona Lizy
Leonarda da Vinci

*Au coeur de La
Joconde, Léonard
de Vinci décodé*
Gallimard and
Musée du Louvre
Editions (2006)

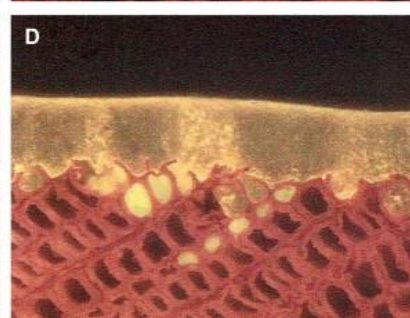
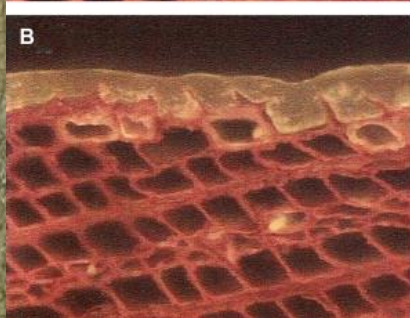
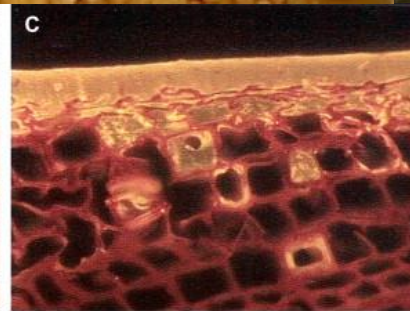
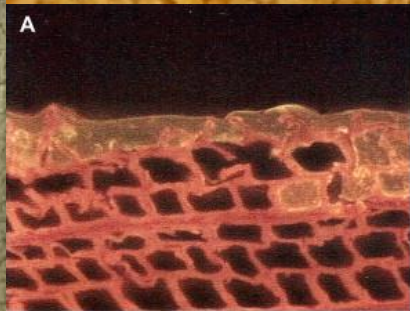


Izotermy pęcznienia i skurczu – 21 gatunków drewna



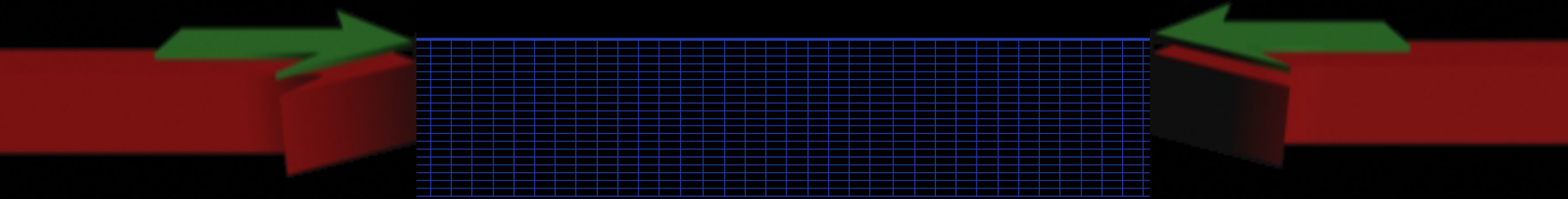
Obiekty malarstwa tablicowego są strukturami warstwowymi:

drewno
klej
zaprawa
farba





Symulacje komputerowe



Analiza dla jednego kroku w czasie

Zmiana parametrów zewnętrznych – T i wilg. wzgl.



Obliczenie zawartości wilgoci w materiałach
transport wody + histereza sorpcji



Wprowadzenie parametrów mechanicznych dla danej
zawartości wilgoci i temperatury w materiałach

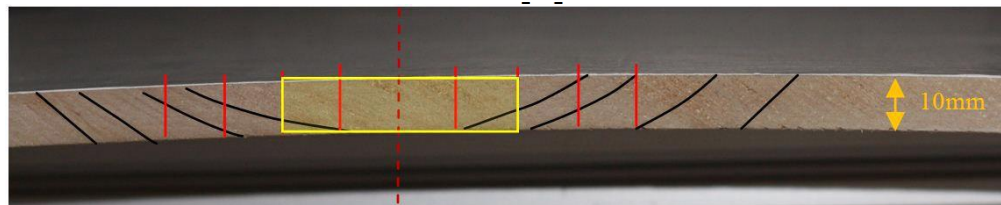
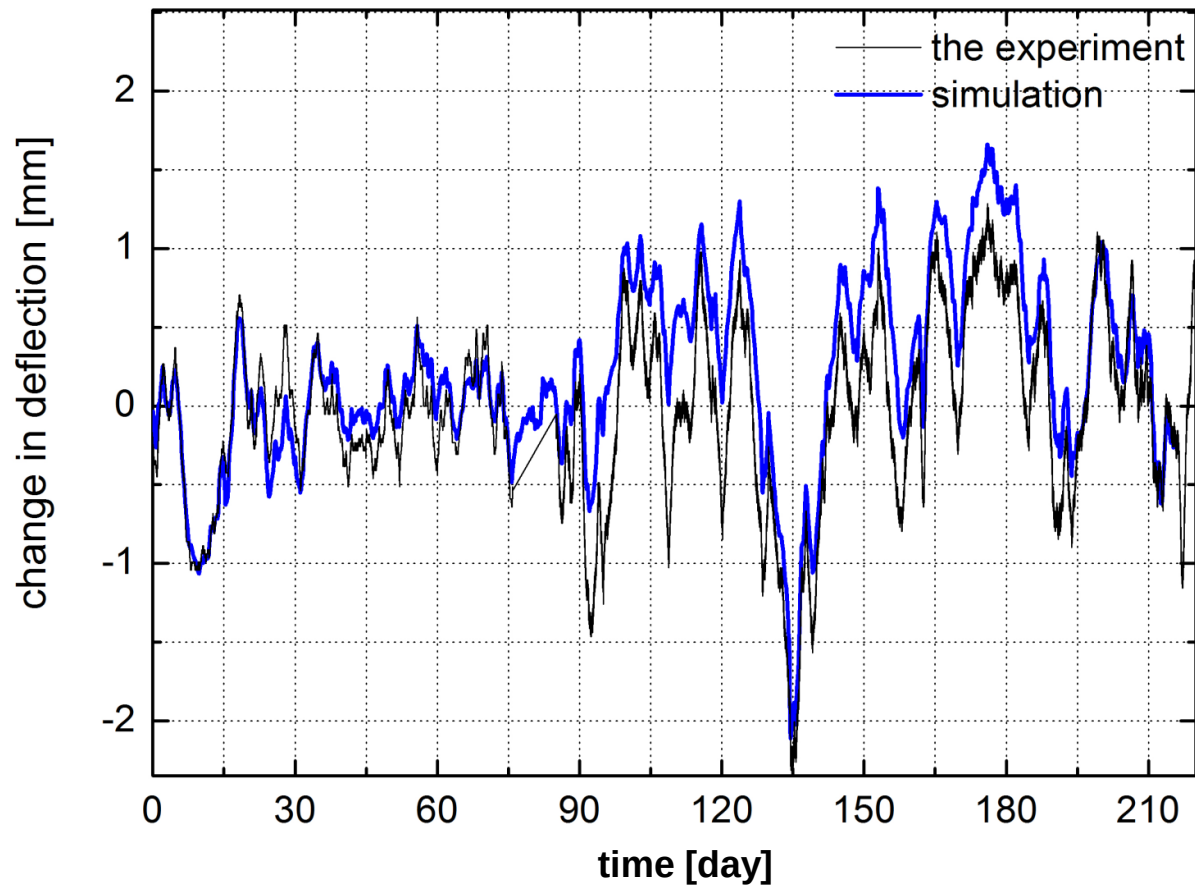


Obliczenie odkształcenia obiektu



Obliczenie odkształceń lokalnych w materiale

Weryfikacja symulacji komputerowej przez monitorowanie modelowego obrazu



Kryterium zniszczenia

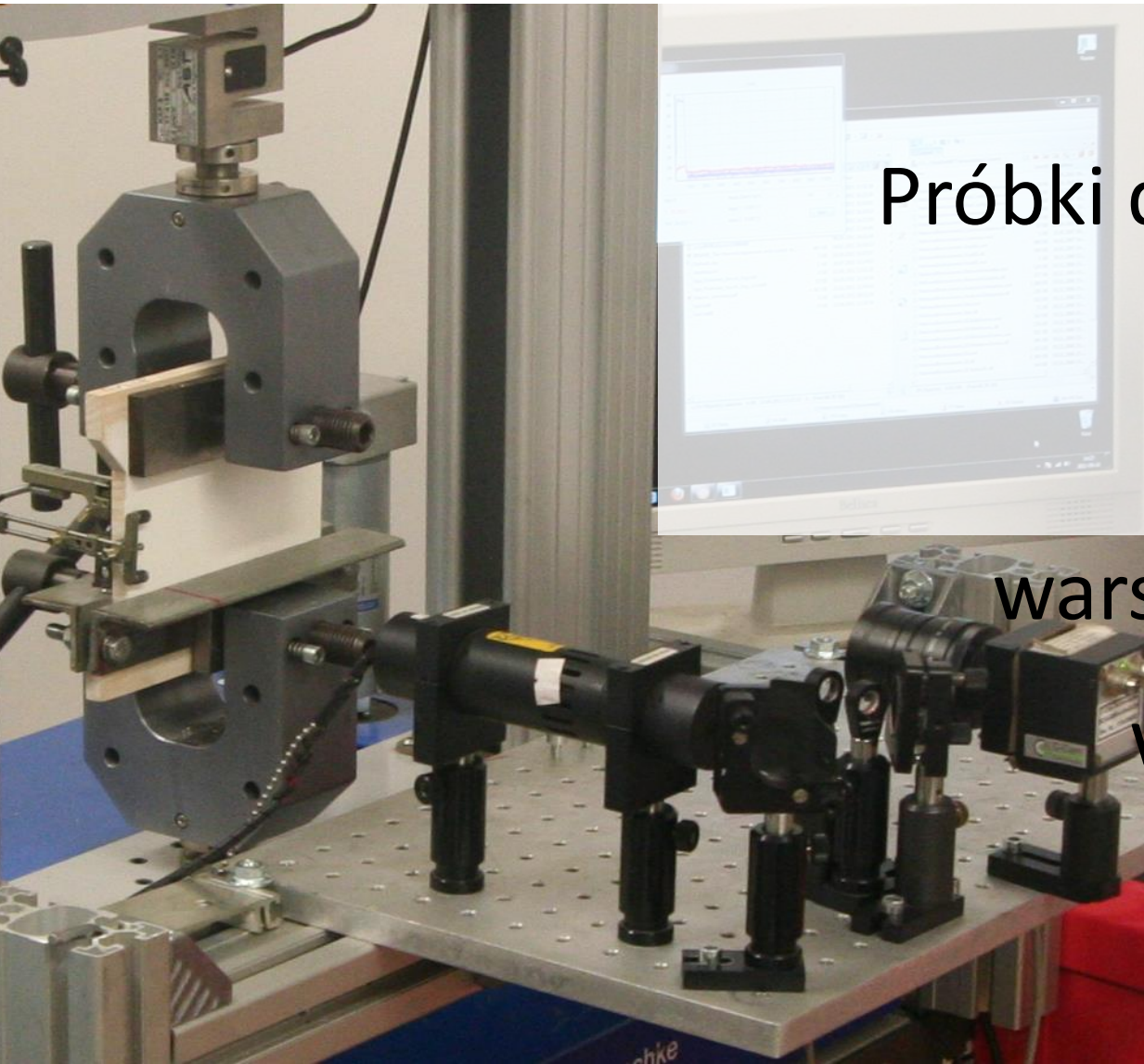
1. Wyznaczenie krytycznego odkształcenia drewna, powyżej którego następuje rozwój zniszczenia warstwy malarskiej
2. Wyznaczenie zależności między powtarzającymi się odkształceniami i liczbą cykli – **krzywa zmęczeniowa**

Metoda

Mechaniczne rozciąganie próbek drewna polichromowanego w celu imitacji dużej liczby cykli **indukowanych zmianami wilg. wzgl. odkształceń**

Monitoring rozwoju zniszczenia na poziomie mikro z użyciem interferometru plamkowego

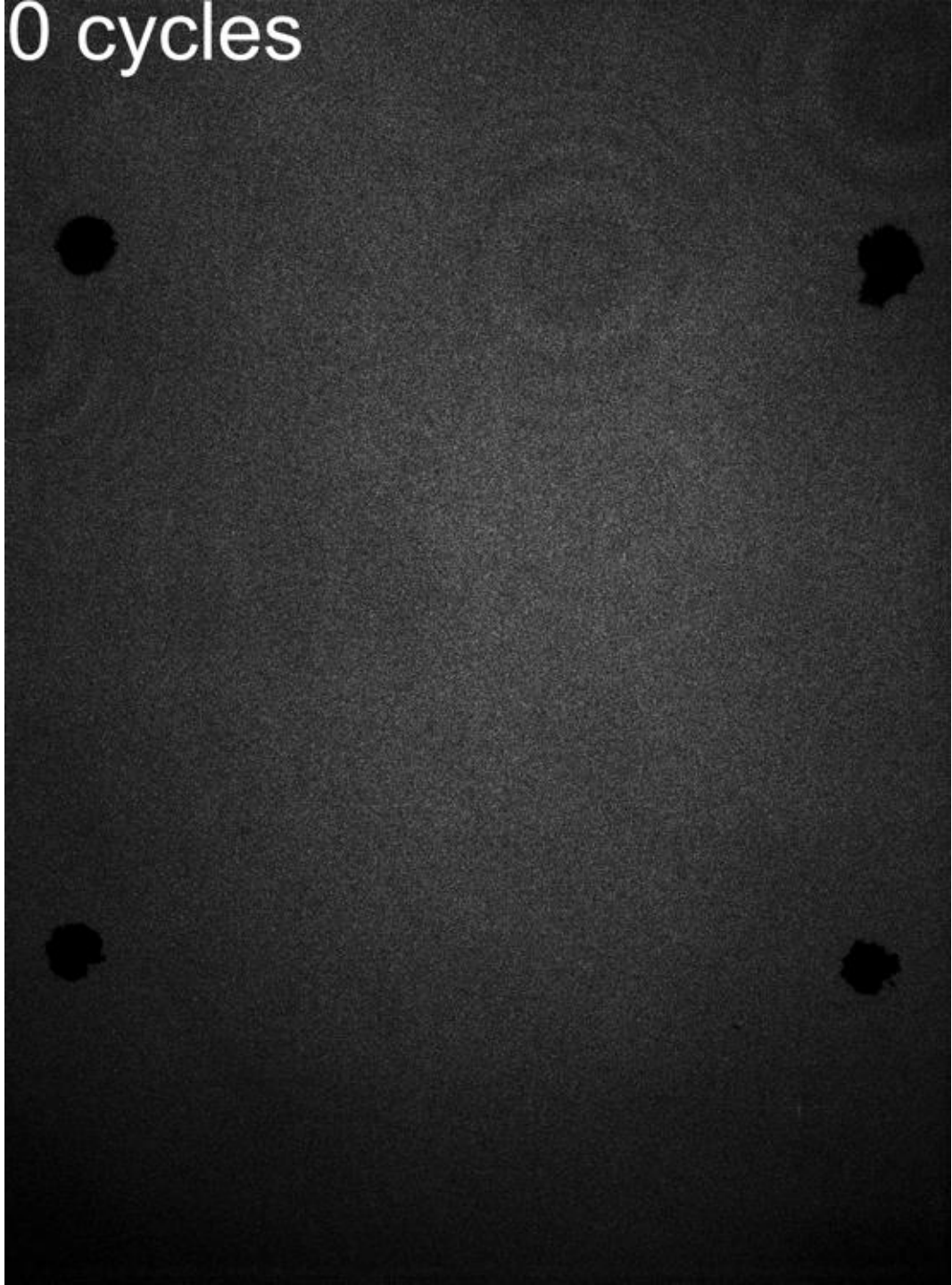
Technika pomiarowa – interferometria plamkowa



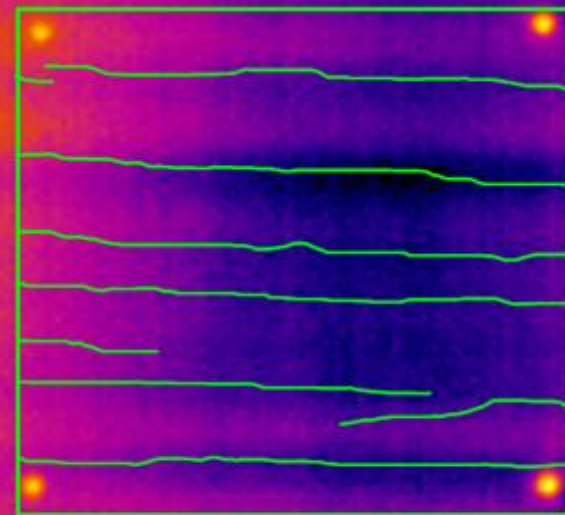
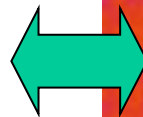
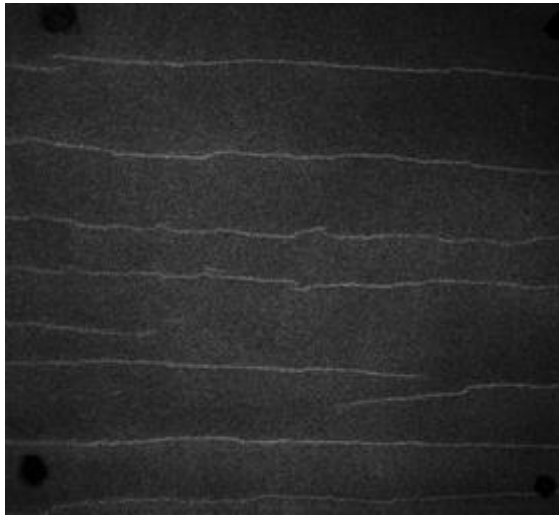
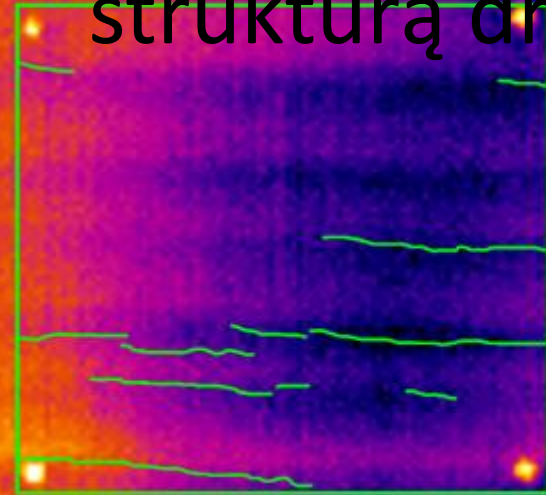
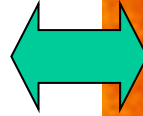
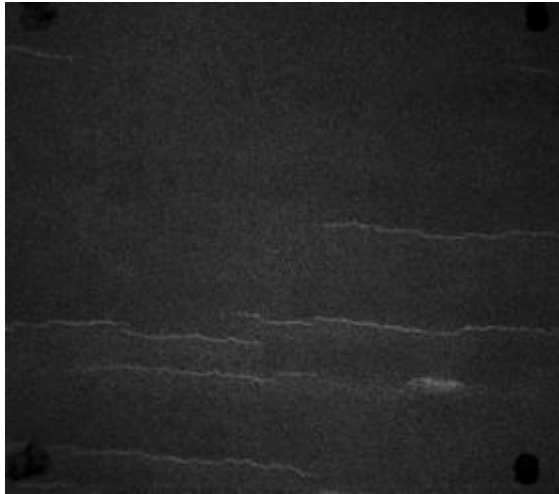
Próbki drewna imitująca
obrazy na desce:
drewno lipowe
warstwa przeklejenia
warstwa zaprawy

Rozwój spękań dla
odkształceń 0.25 %

0 cycles

A dark, textured micrograph of a material surface. Four bright, circular spots are visible, arranged in a square pattern. These spots likely represent initial crack sites or features of interest on the surface.

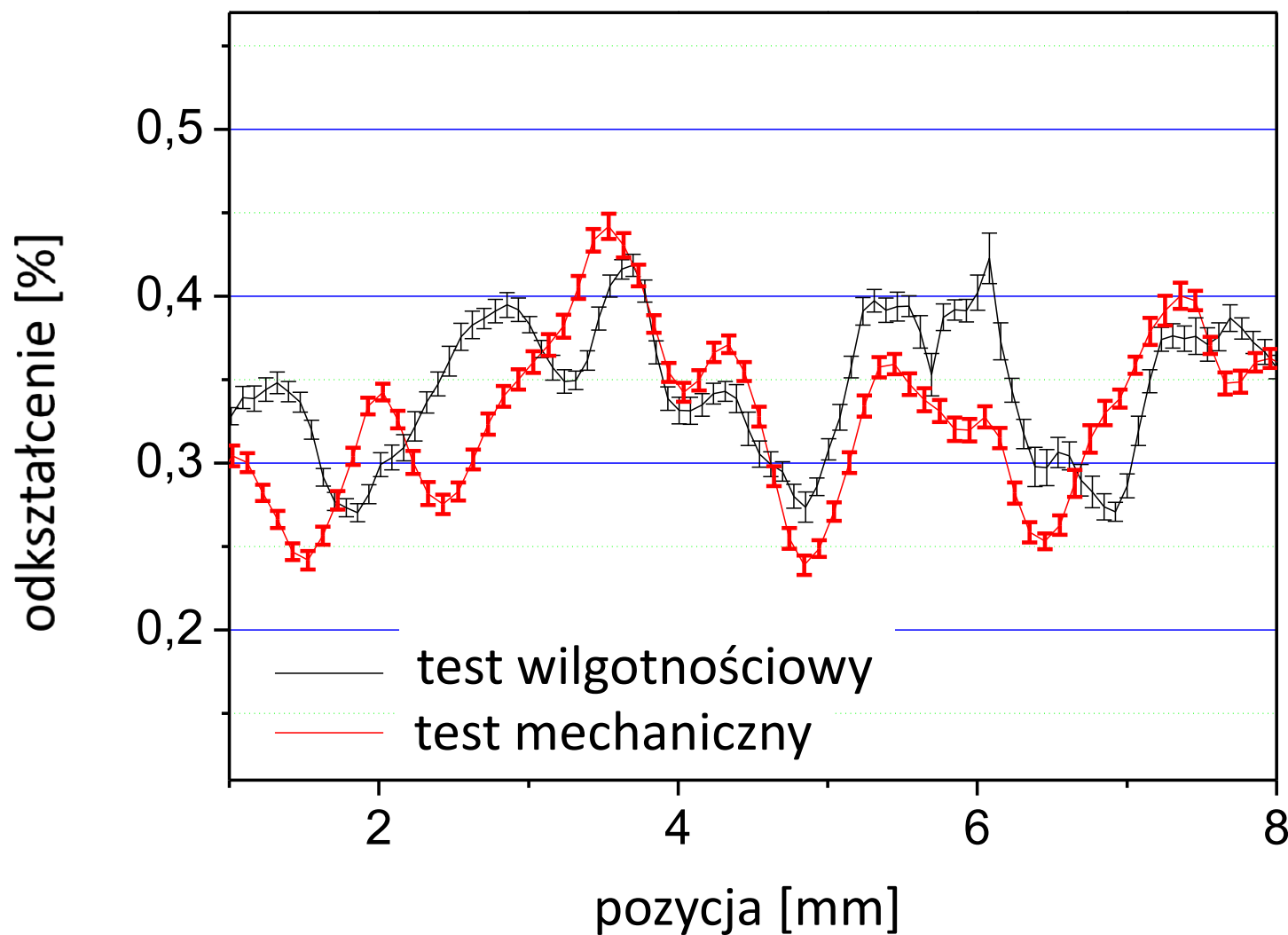
Obserwowane zniszczenia związane są ze strukturą drewna



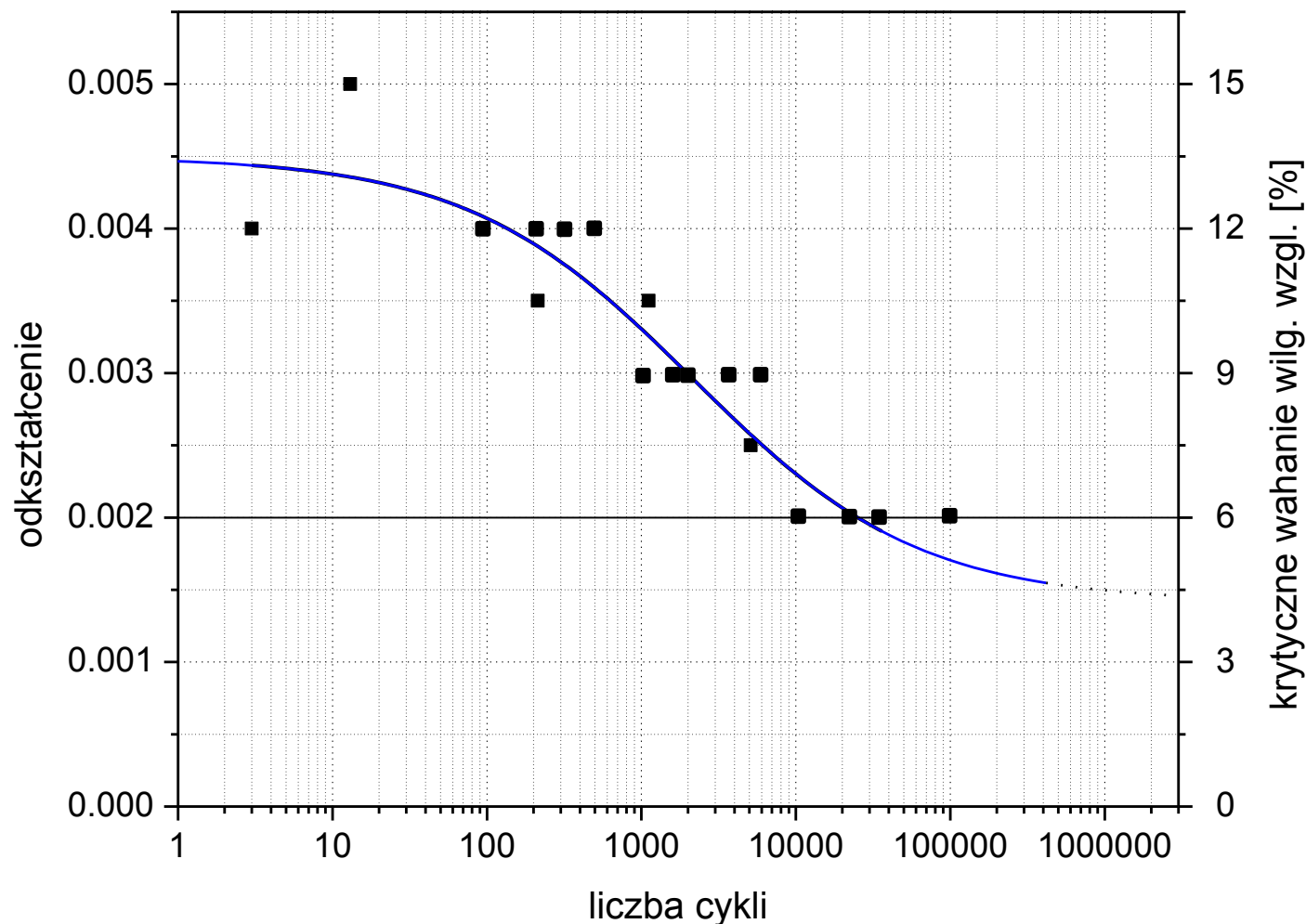
dekorelacja obrazu
plamkowego

termografia

Pole odkształceń zmierzone interferometrem (DSPI) w testach mechanicznych i wywołanych zmianami wilg. wzgl.



Krzywa zmęczeniowa

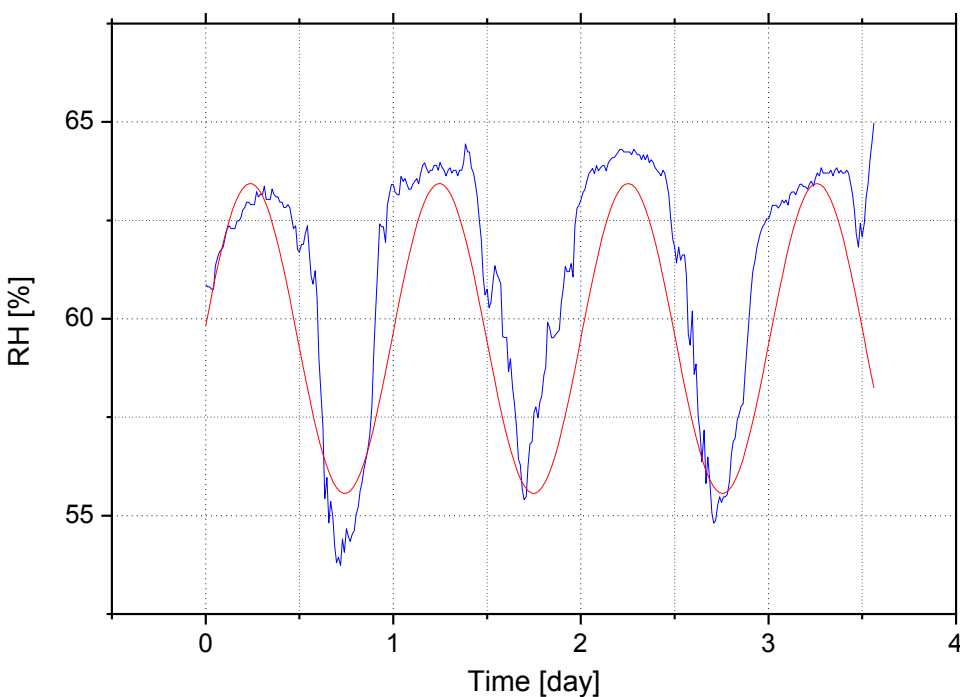


Odkształcenie i powodujące je amplituda fluktuacji wilgotności względnej, w funkcji liczby fluktuacji powodujących pęknięcie warstwy malarskiej.

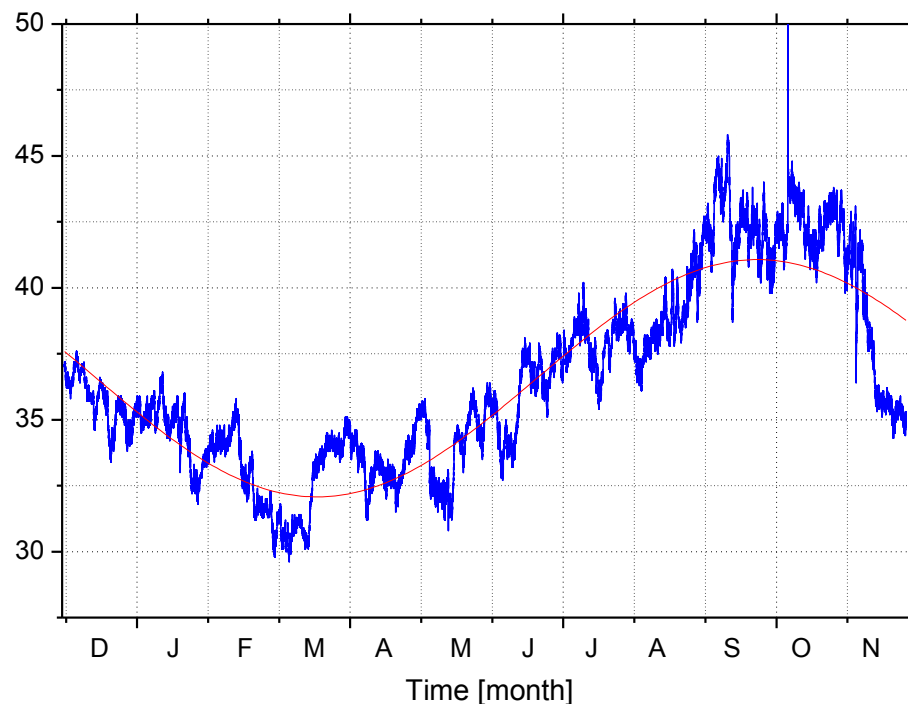
Jakie wahania wilgotności względnej są bezpieczne?

Fluktuacje sinusoidalne

Dzienne fluktuacje,
Zamek w Malborku

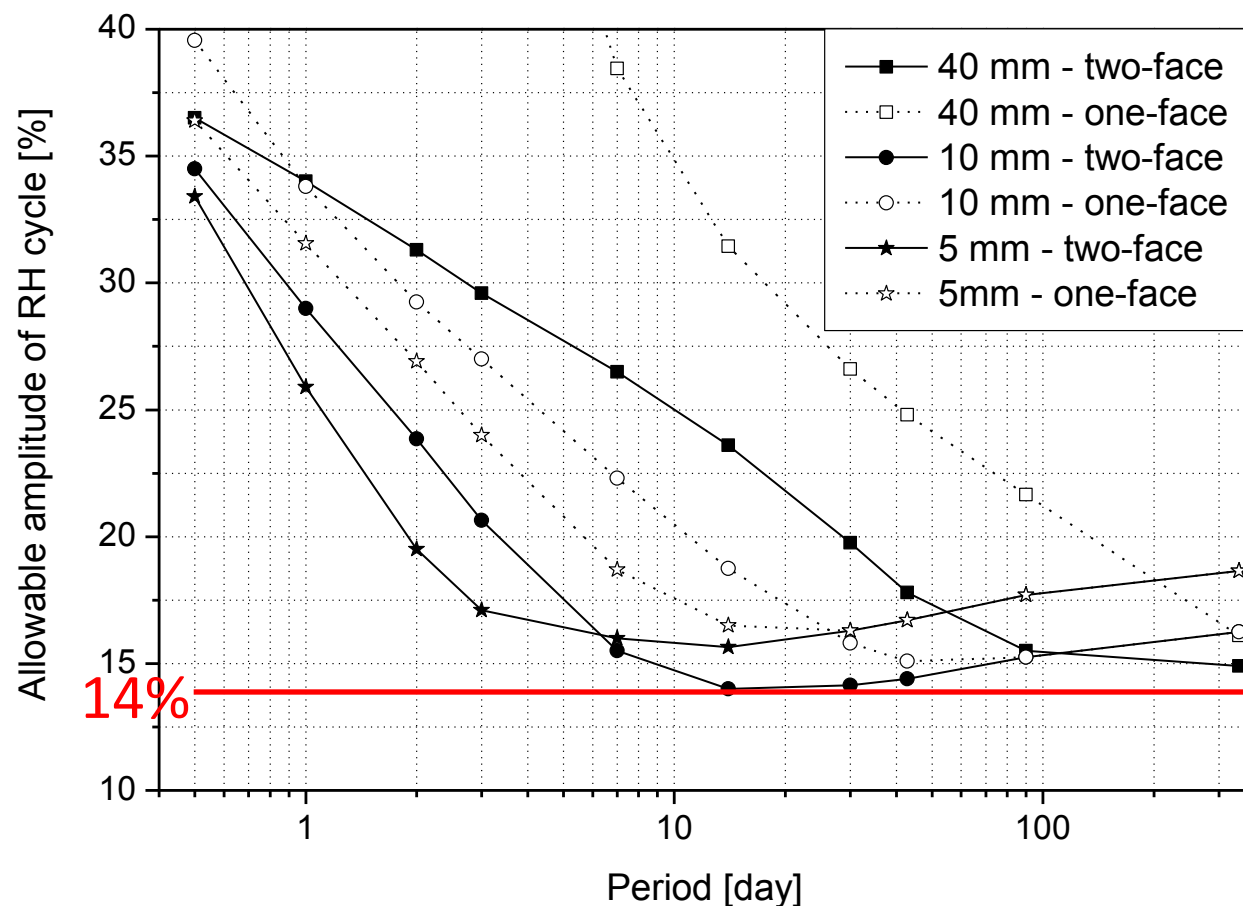


Zmiany sezonowe,
Muzeum Wiktorii i Alberta, Londyn



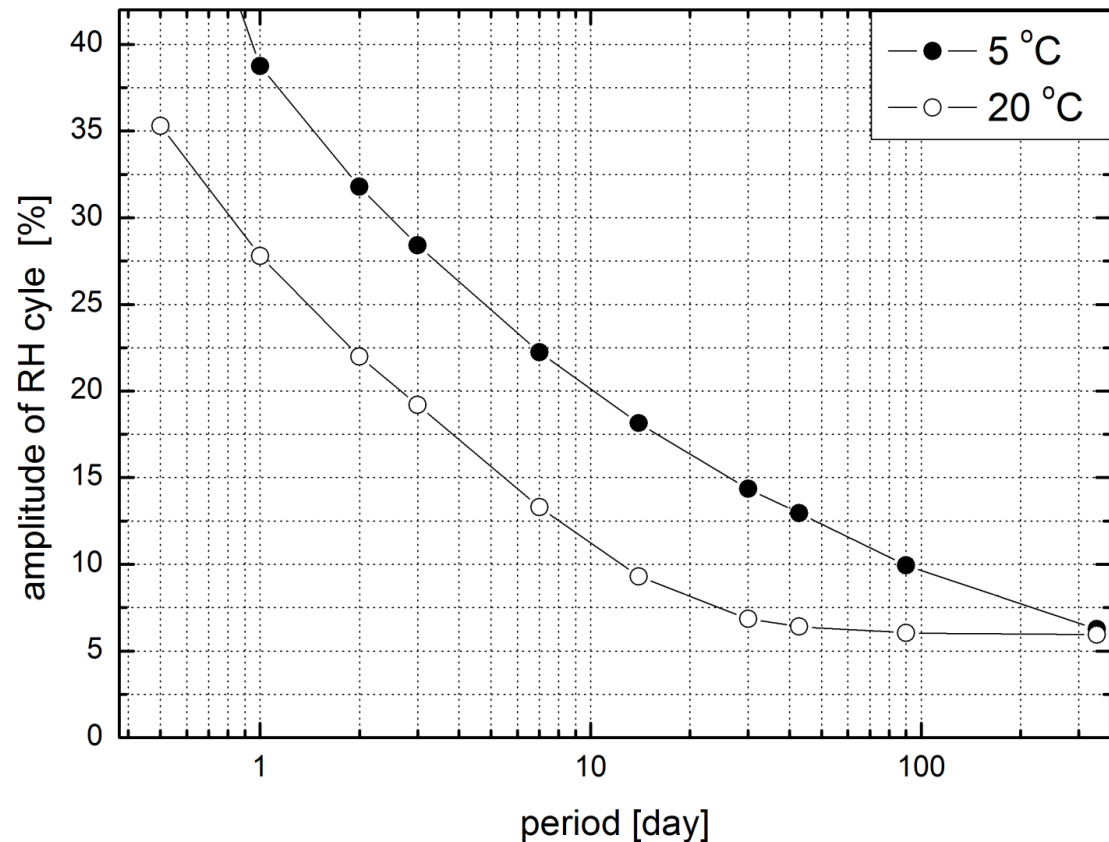
Jakie wahania wilgotności względnej są bezpieczne?

Pierwsze pęknięcie warstwy malarskiej w ciągu 100 lat fluktuacji sinusoidalnych



Jakie wahania wilgotności względnej są bezpieczne?

Efekt temperatury



Wnioski

- umiarkowane wahania wilgotności względnej w przybliżonym zakresie $50 \pm 15\%$ są bezpieczne
- bezpośrednie monitorowanie powstawania zniszczeń na poziomie mikro jest atrakcyjnym narzędziem oceny bezpieczeństwa konkretnego obiektu w określonym środowisku
- wyniki badań stały się podstawą opracowania europejskiej normy **PN-EN15757: 2010**



Dziedzictwo kultury ma
postać obiektów
fizycznych podlegających
ciągłej zmianie i
niszczeniu.

Ochronę dziedzictwa
można określić jako
**ostrożne podejście do
zarządzania** tymi
zmianami.

HOUSE OF LORDS

Science and Technology Committee

9th Report of Session 2005–06

Science and Heritage

Report with Evidence

Ordered to be printed 19 October 2006 and published 16 November 2006

Published by the Authority of the House of Lords

London : The Stationery Office Limited
£32.50

HL Paper 256