



**UCZELNIA  
BADAWCZA**  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



**Politechnika  
Śląska**

# IZOTOPOWE SKALE CZASU DLA ZDARZEŃ Z HISTORII ZIEMI I CZŁOWIEKA

**Natalia Piotrowska**

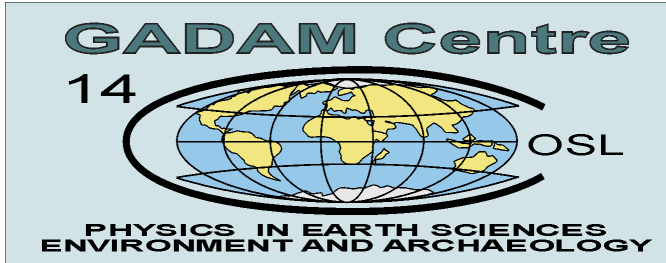
INSTYTUT FIZYKI – Centrum Naukowo-Dydaktyczne

Zakład Geochronologii i Badań Izotopowych Środowiska



# Plan referatu

- Wstęp
- Podstawy metody radiowęglowej
- Proces wyznaczania wieku obiektów
- Techniki pomiarowe
- Podstawy metody luminescencyjnej
- Przykłady zastosowań



## POLITECHNIKA ŚLĄSKA, INSTYTUT FIZYKI - CNB Zakład Geochronologii i Badań Izotopowych Środowiska

**Tematyka prac badawczych z obszaru zastosowań fizyki jądrowej:**

**Metody izotopowe / jądrowe / luminescencyjne / dozymetryczne w geologii / geofizyce / ochronie środowiska / archeologii**

- Laboratorium  $^{14}\text{C}$  i Spektrometrii Mas, kierownik: Natalia Piotrowska
  - Pomiary radiowęglowe przy użyciu różnych technik (LSC, AMS)
  - Spektrometria mas lekkich izotopów stabilnych (HCNO)
- Laboratorium Datowania Luminescencyjnego, kierownik: Piotr Moska
  - Metody datowania dozymetrycznego (OSL, TL)
  - Pomiary radioizotopowe (spektrometria  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  np.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ )
- 22 osoby: 13 pracowników naukowych, 5 technicznych, 4 doktorantów



Gliwice, AD 2017.

Od lewej: S. Pawełczyk, A. Szymak, A. Wiszniowska, F. Pawełczyk, P. Moska, A. Pazdur, G. Adamiec, A. Bluszcz, J. Sikorski, G. Kazanowski, D.J. Michczyńska, A. Michczyński, G. J. Poręba, W. Lipian, N. Piotrowska, J. Pawlyta.

Nieobecni: A. Przybyła, A.Z. Rakowski, B. Sensuła, K. Tudyka, M. Kłusek, doktoranci

# Zdarzenia w historii Ziemi

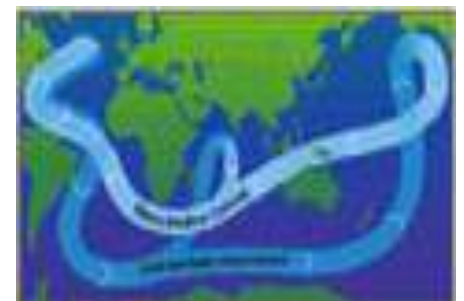
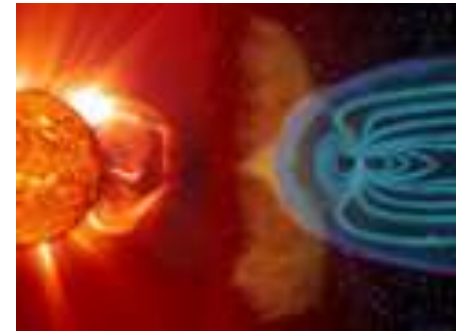
Globalne i lokalne, np.:

- zmiany parametrów orbity ziemskiej
- zmiany systemu prądów oceanicznych
- zmiany konfiguracji pola magnetycznego Ziemi i Słońca
- zmiany w szacie roślinnej
- erupcje wulkanów
- działalność rolnicza i przemysłowa człowieka
- ....

## Metody datowania

wykorzystują zjawiska:

- znane w czasie tempo przemian promieniotwórczych – metody radiometryczne
- własności dozymetryczne naturalnych kryształów
- rytmiczność naturalnych zjawisk (dendrochronologia, chronologia warwowa)



# Ważniejsze metody datowania obiektów z okresu czwartorzędu

Metoda	Zastosowanie	Zakres wieku
$^{14}\text{C}$	Szcątki i osady organiczne, osady węglanowe	Do 50 tys. lat
OSL, TL	Osady mineralne, ceramika	Do 500 tys. lat
ESR	Osady węglanowe	Do miliona lat
$^{234}\text{U}/^{230}\text{Th}$	Osady węglanowe, torfy, kości	Do 300 tys. lat
$^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$	Osady wulkaniczne	Powyżej 50 tys. lat
$^{210}\text{Pb}$	Osady w zbiornikach wodnych, torfy	Do 150 lat
$^{137}\text{Cs}$	Osady jeziorne, gleby	Do 60 lat
Dendrochronologia	Konstrukcje drewniane, drewno kopalne	Do 12 tys. lat
Chronologia warwowa	Warstwowane osady jeziorne i zastoiskowe	Do 120 tys. lat (najstarsze odkryte)

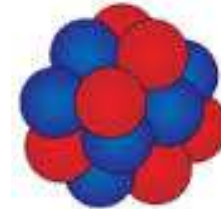
# Podstawy metody radiowęglowej



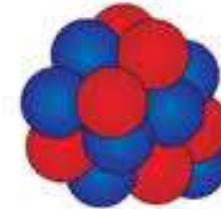
# Naturalnie występujące izotopy węgla

## Izotopy węgla:

• <sup>12</sup> C	98,93 %	Stabilny
• <sup>13</sup> C	1,07%	Stabilny
• <sup>14</sup> C	$^{14}\text{C}/^{12}\text{C} \approx 10^{-12}$	Radioaktywny



**Carbon-12**  
98.9%  
6 protons  
6 neutrons



**Carbon-13**  
1.1%  
6 protons  
7 neutrons



**Carbon-14**  
<0.1%  
6 protons  
8 neutrons

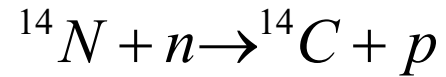
1 mg węgla ze współczesnej biosfery = ok.  $5 \cdot 10^{19}$  atomów węgla  
(50 000 000 000 000 000 000)

w tym ok. 50 milionów atomów <sup>14</sup>C  
(50 000 000)

Aktywność: średnio 13,6 dpm (rozpadu/minutę)

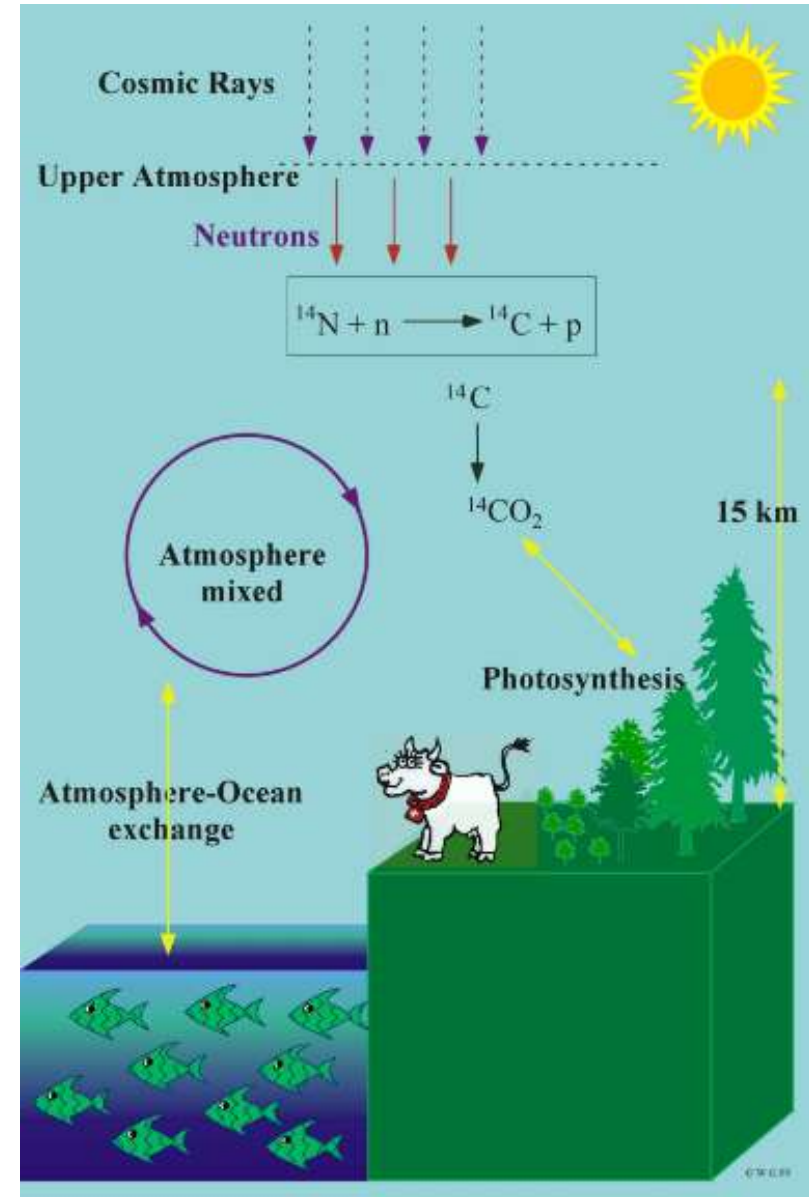
# Radiowęgiel

- produkcja:



ok. 1.6–1.8 atomów/(cm<sup>2</sup>s)

- wchodzi w globalny obieg węgla na Ziemi
- śmierć organizmu = start zegara izotopowego
- $T_{1/2} = 5730 \pm 40$  lat
- zasięg metody: ok. 50 tysięcy lat





# Rozpad radiowęglu

Czas połowicznego zaniku:

$$T_{1/2} = 5730 \pm 40 \text{ lat}$$

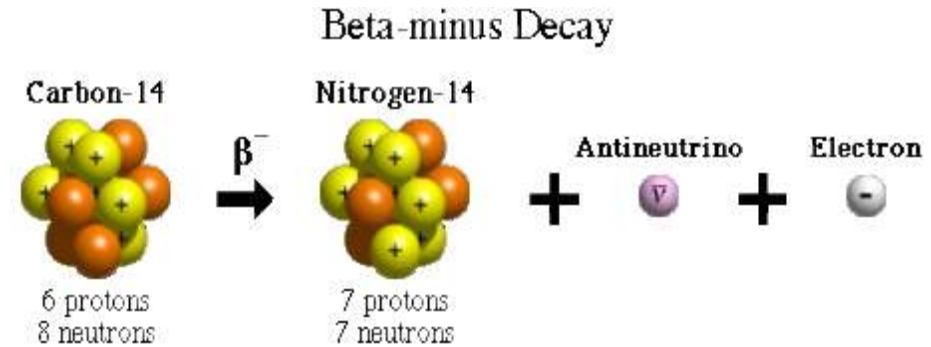
Prawo zaniku promieniotwórczego:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

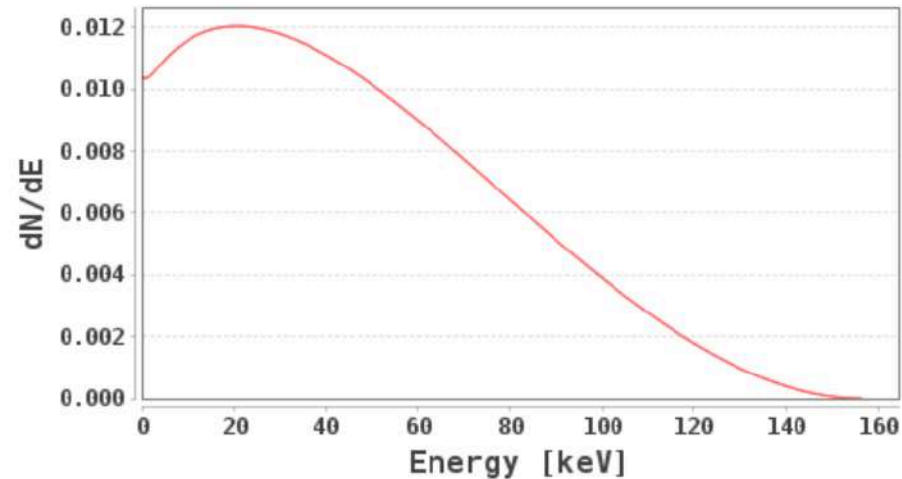
$\lambda$  – stała rozpadu

$t$  – czas

$T_{1/2}$  – czas połowicznego zaniku



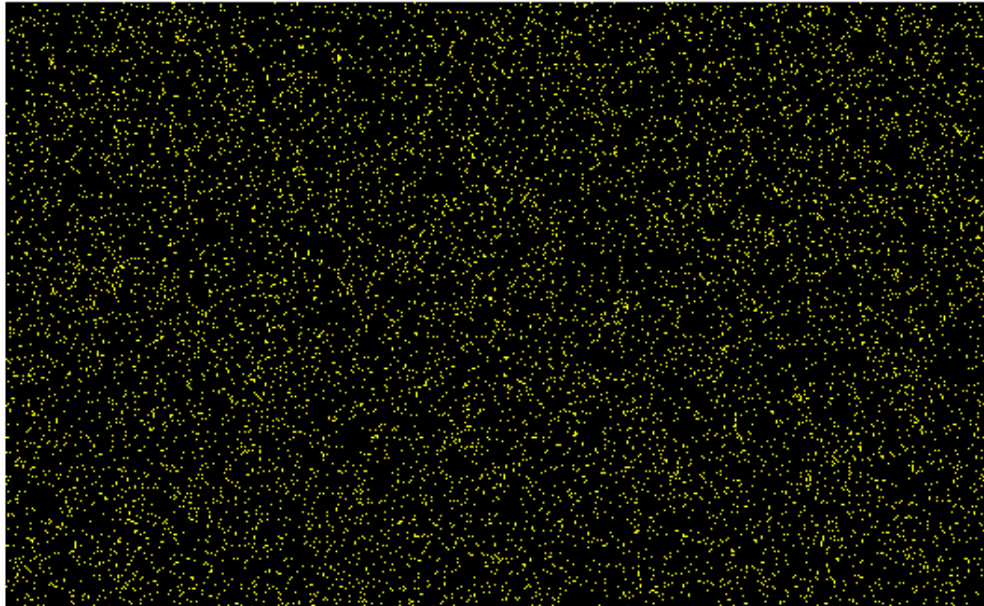
Beta spectrum



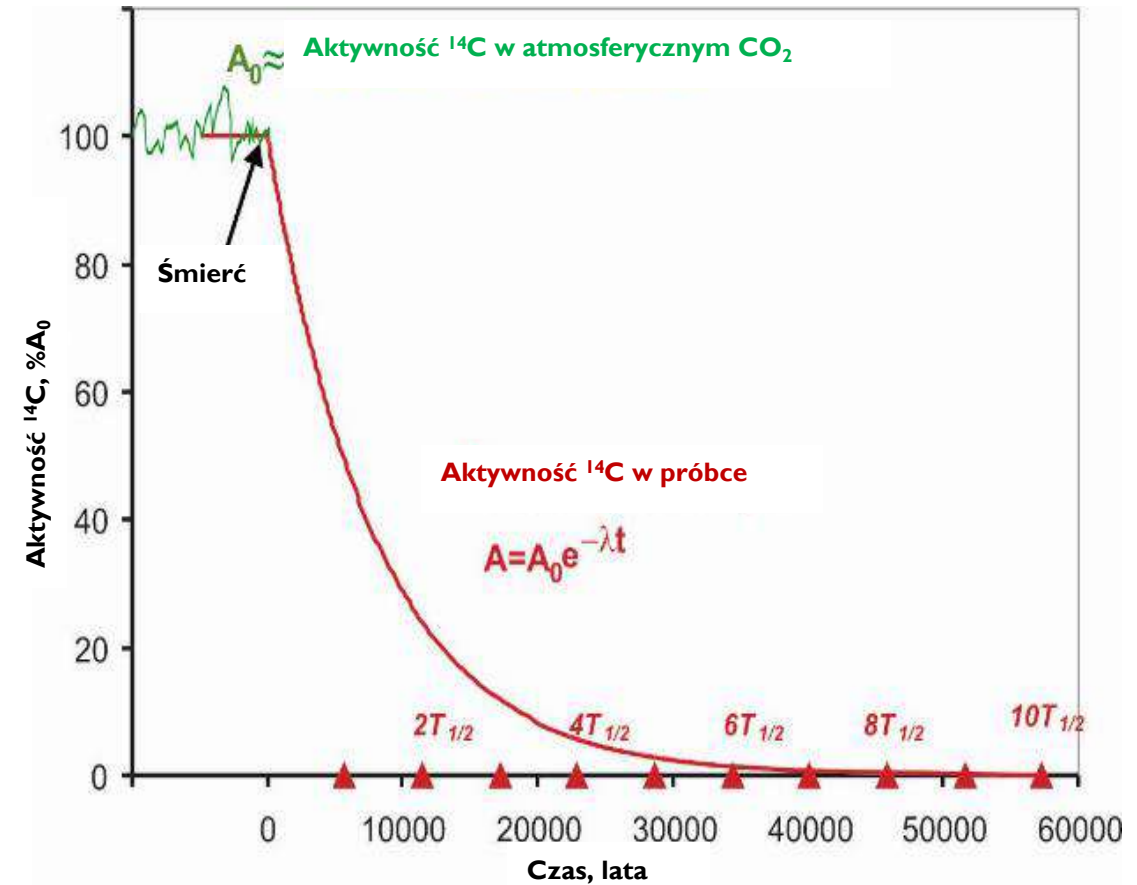
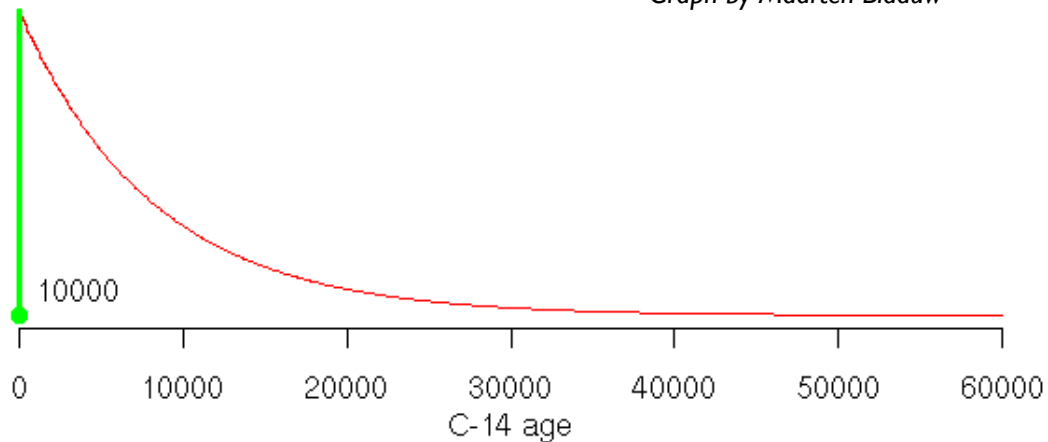
$$E_{\beta\max} = 156 \text{ keV}$$

$$E_{\beta\text{sr}} = 49 \text{ keV}$$

# Rozpad radiowęglu



Graph by Maarten Blaauw



**Konwencjonalny wiek radiowęglowy (data radiowęglowa):**

$$T = -\frac{T_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A}{A_0} = -8033 \ln \frac{A}{A_0} = -8033 \ln F^{14}C$$

Jednostka = lata BP, 0 BP = AD 1950

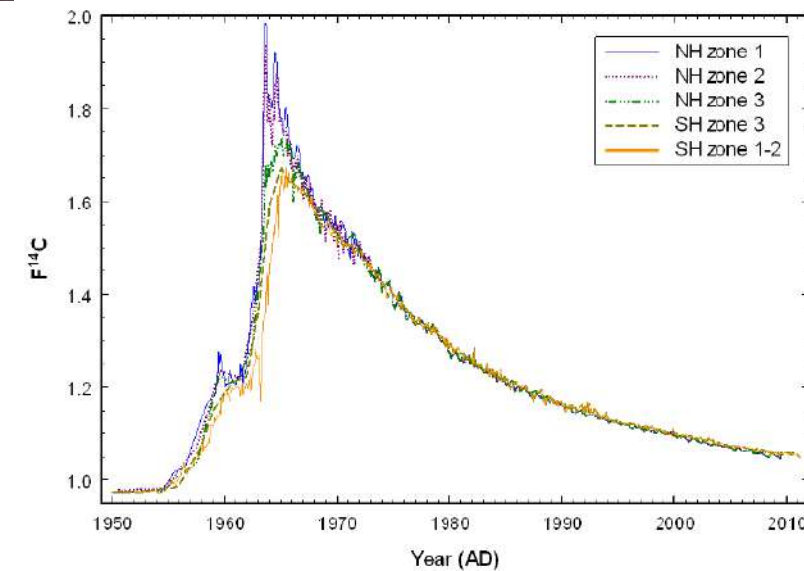
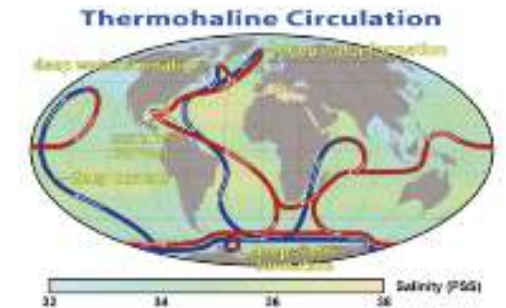
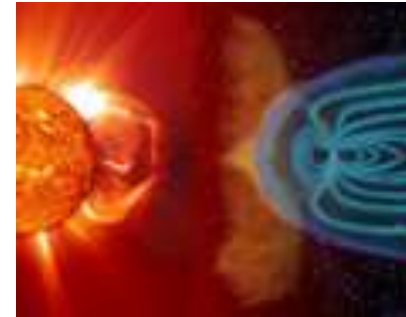
# Zmienność $A_0$

Aktywność  $^{14}\text{C}$  w atmosferycznym  $\text{CO}_2 = A_0$

$A_0 \neq \text{constant}$  w przeszłości  
 ... i wciąż nie jest stała  
 ... i nigdy nie będzie stała

Główne przyczyny zmian to:

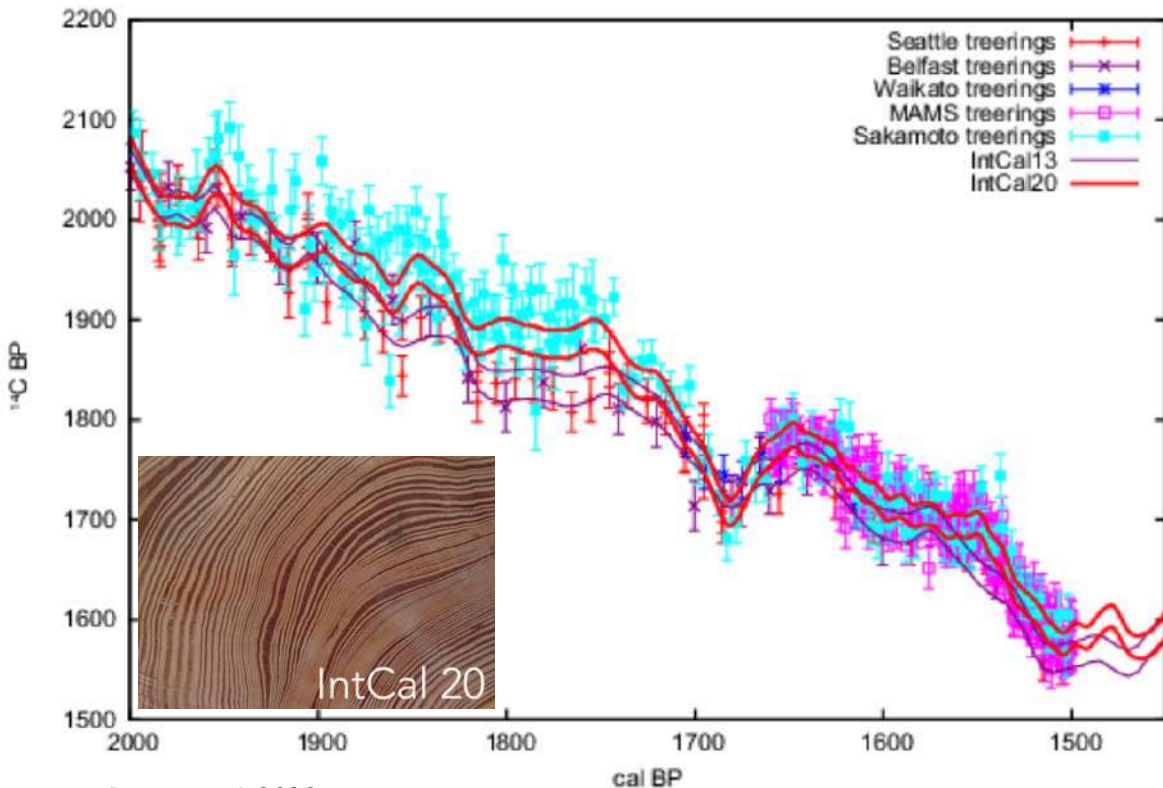
- Zmiany pola magnetycznego Ziemi
- Wpływ aktywności Słońca na natężenie i skład promieniowania kosmicznego
- Zmiany klimatu i obiegu węgla
- Efekty rezerwuarowe
- Wpływ działalności człowieka:  
 efekt Suessa – emisja  $\text{CO}_2$  ze spalania paliw kopalnych  
 testy broni jądowej  
 reaktory jądowe



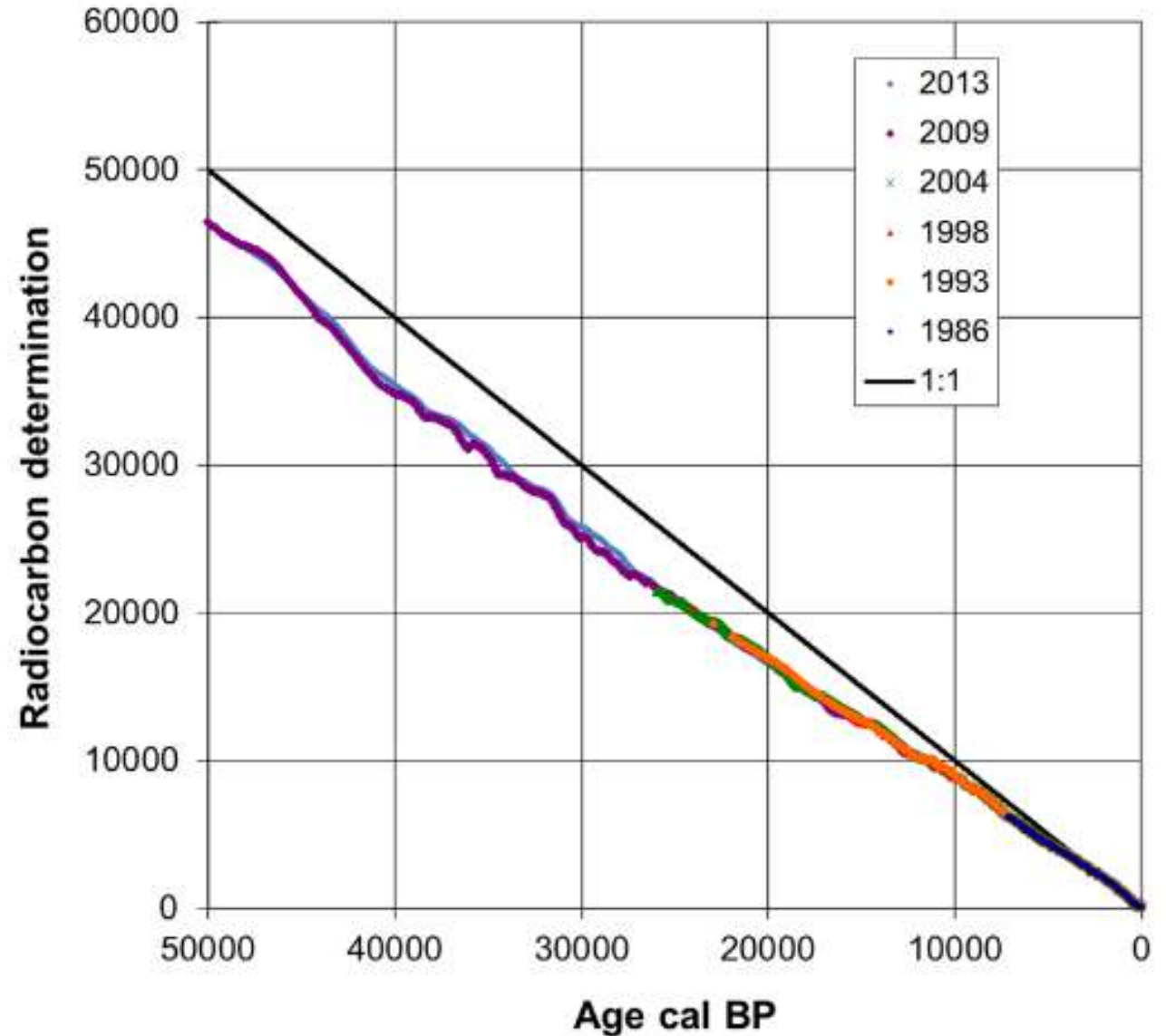
# Kalibracja dat $^{14}\text{C}$

## Źródła informacji o $A_0$ :

- Drzewa
- Nacieki jaskiniowe
- Korale i otwornice morskie
- Osady rocznie laminowane



Reimer et al. 2020



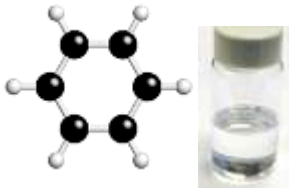
Porównanie przebiegu krzywych kalibracyjnych od 1986. Linia prosta oznaczałaby równość wieku  $^{14}\text{C}$  i kalendarzowego.



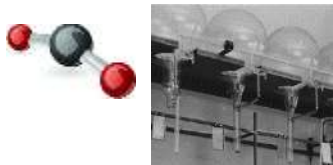
# Przygotowanie próbek do pomiarów $^{14}\text{C}$

## Cele preparatyki:

- Separacja materiału zawierającego oryginalny skład izotopowy węgla w ilości wystarczającej do wykonania pomiaru
- Usunięcie zanieczyszczających substancji, często o innym wieku
- Przygotowanie medium pomiarowego:



- Benzen ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) dla **LSC** (ciekłoscyntylna spektrometria promieniowania beta - *Liquid Scintillation Counting*),



- Dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ) dla **GPC** (gazowe liczniki proporcjonalne - *Gas Proportional Counting*)



- Grafit (C) dla **AMS** (akceleratorowa spektrometria masowa - *Accelerator Mass Spectrometry*).



# Pomiary aktywności $^{14}\text{C}$ – techniki radiometryczne



**GPC** – *gas proportional counting*



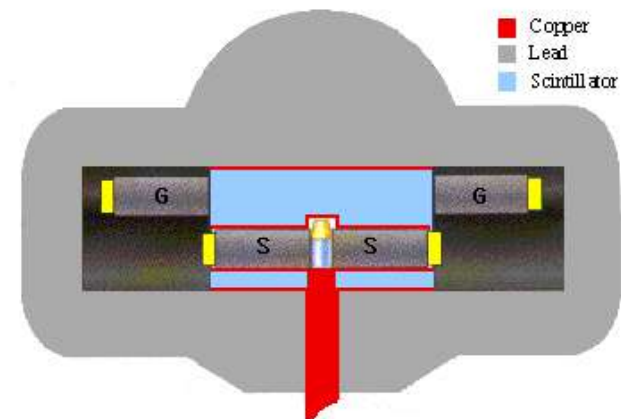
**LSC** – *liquid scintillation counting = BI*

## Pomiar aktywności $^{14}\text{C}$ – techniki radiometryczne

Zliczanie elektronów pochodzących z rozpadu  $\beta^-$

Aktywność  $^{14}\text{C}$  we współczesnej biosferze:  
13,6 dpm (rozpadu na minutę)

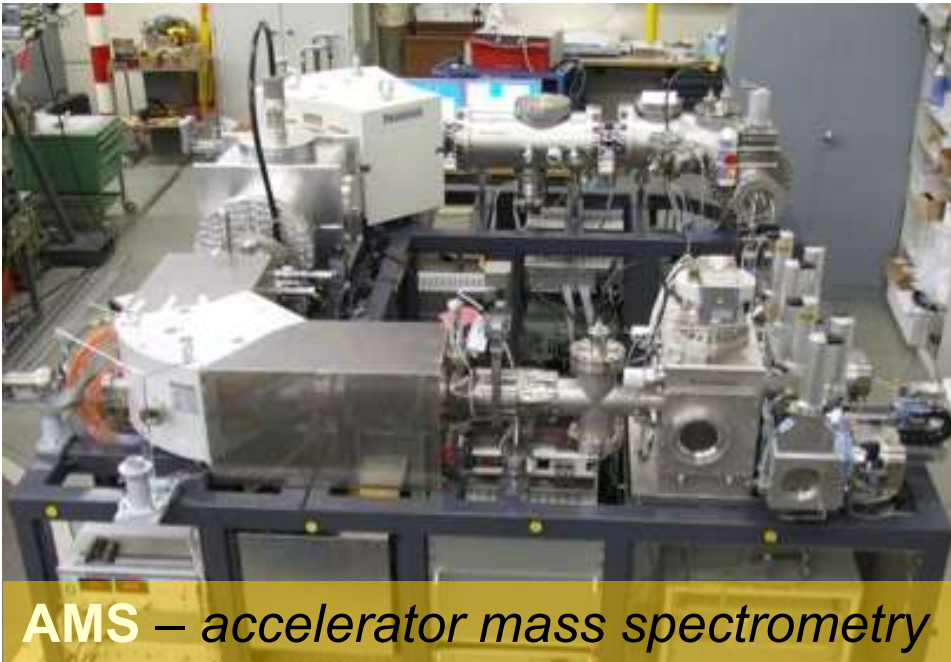
Wymagana do pomiaru **masa próbki rzędu 0.5-1g węgla**  
Wymagany czas pomiaru **rzędu godzin do kilku dni**



<http://www.c14dating.com/quant.html>



# Pomiary koncentracji $^{14}\text{C}$ – technika spektrometrii mas



**AMS** – *accelerator mass spectrometry*

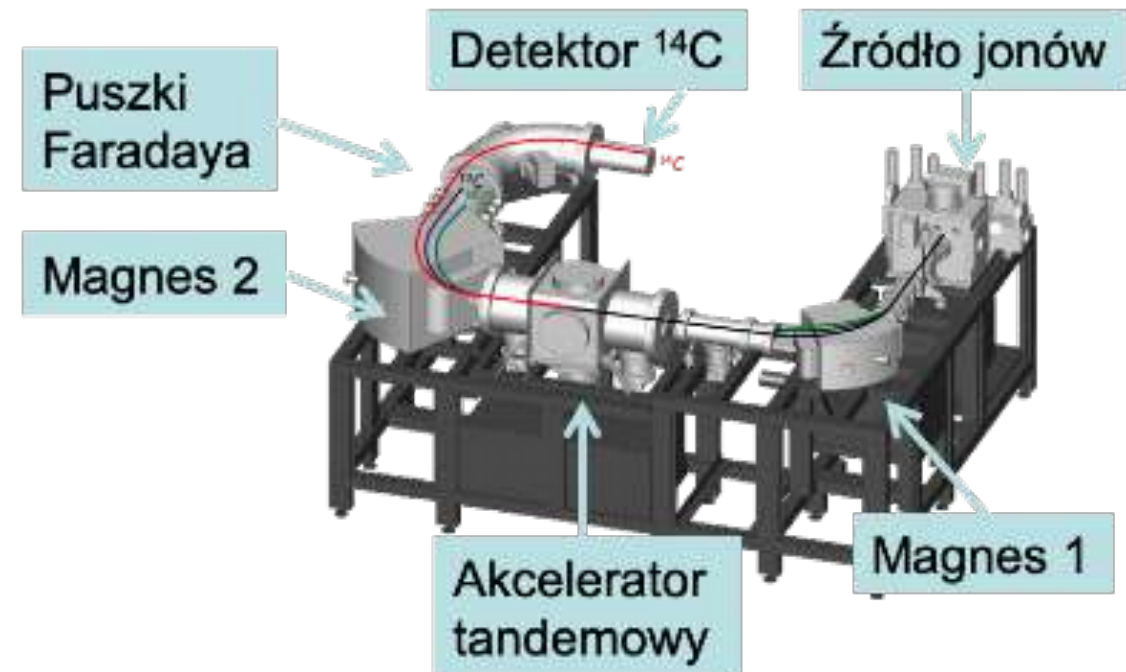
## Pomiar koncentracji $^{14}\text{C}$

Produkcja wiązki jonów węgla i zliczanie atomów  $^{14}\text{C}$

Koncentracja  $^{14}\text{C}$  we współczesnej biosferze: 50 milionów atomów  $^{14}\text{C}$  na 1 mg C

Wymagana do **pomiaru masa próbki rzędu 0.1-1mg węgla**

Wymagany **czas pomiaru rzędu minut**



# Procedury obliczeniowe

$$T = -\frac{T_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A}{A_0} = -8033 \ln \frac{A}{A_0} = -8033 \ln F^{14}C$$

$$\Delta^{14}C = \frac{(^{14}C/^{12}C)_{sample} - (^{14}C/^{12}C)_{ref}}{(^{14}C/^{12}C)_{ref}} \cdot 1000\text{‰}$$

## Pomiary zawartości $^{14}C$ dla:

- 1 – nieznaney próbki
- 2 – wzorca „współczesnego”  $^{14}C$
- 3 – próbki tła (próbki ślepej)

## Korekty:

- 1 – Frakcjonowanie izotopowe w procesie preparatyki i pomiaru

$$A = A_m \left[ 1 - \frac{2(\delta^{13}C + 25)}{1000} \right]$$

- 2 – Zanieczyszczenie współczesnym węglem (tło pomiarów)

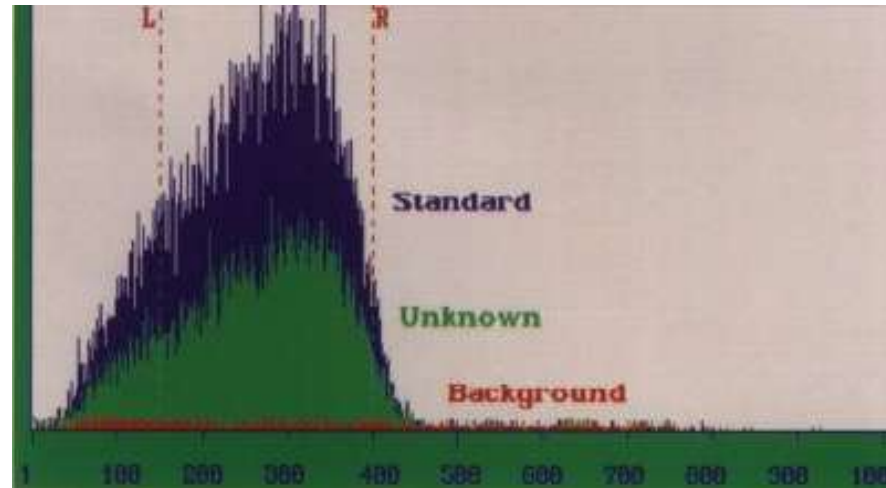


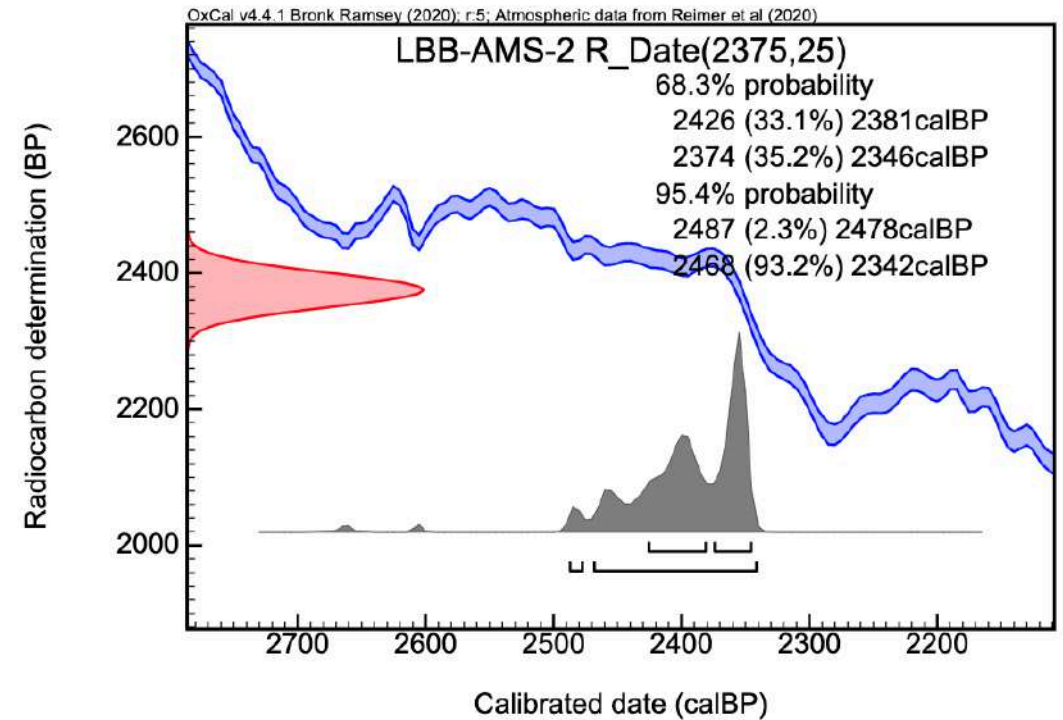
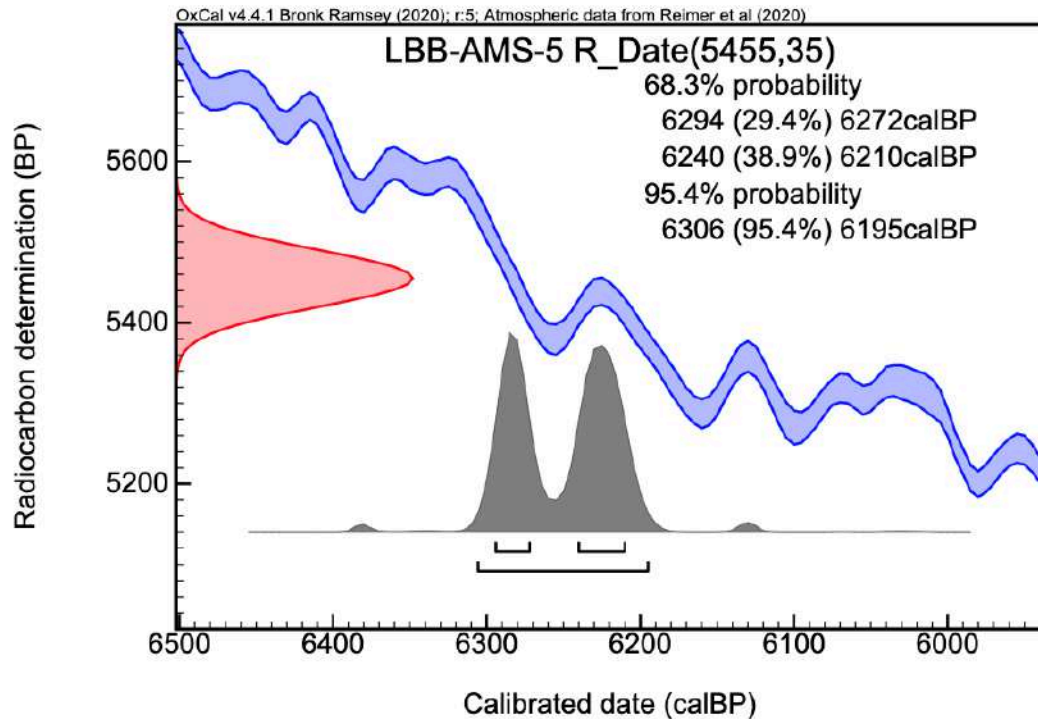
Figure 1: The comparison in radioactivity between a sample, or unknown (green area), a modern standard (dark blue) and a background (small red peaks) derived from beta decay. The scale represents log E (energy).

Graph by T. Higham <http://www.c14dating.com/agecalc.html>

## Raportowanie wyniku pomiarów – ustalone wg konwencji:

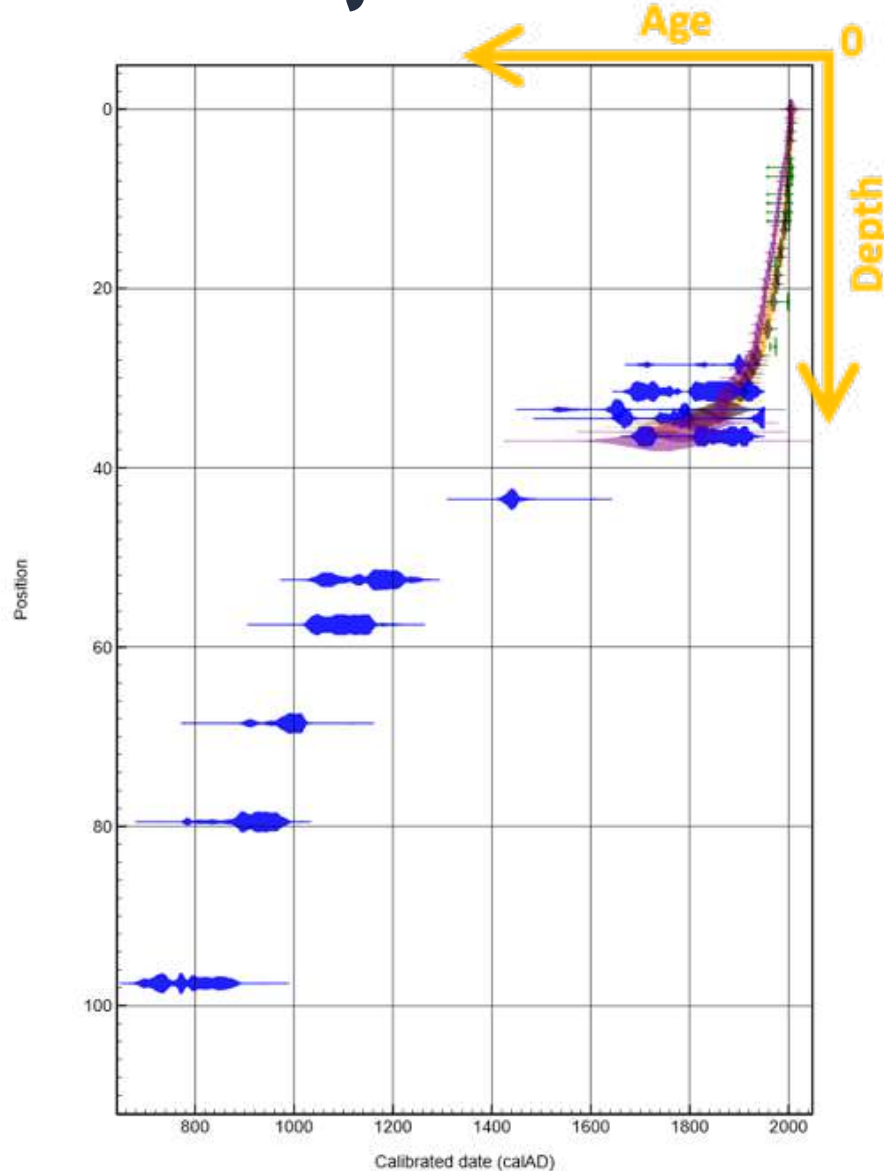
- Wiek  $^{14}C$  (może być ujemny!)
- **pMC** Procent współczesnego węgla (percent Modern Carbon; znormalizowany do 100pMC dla roku 1950)
- Ułamek **F $^{14}C$**  = pMC/100

# Kalibracja dat radiowęglowych



Realizacja: Programy OxCal, Bacon, Bcal, Calib...

# Kalibracja dat radiowęglowych + konstrukcja chronologii



Kalibracja daty radiowęglowej:

$$P(T_{C14}|T) \propto \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \exp\left(-\frac{(T_{C14} - g(T))^2}{2\sigma^2}\right)$$

+

Informacja *a priori* o kolejności zdarzeń:

$$I_A(\{T_i\}) = \begin{cases} 1 & T \in A \quad T_1 < T_2 < \dots < T_i < \dots < T_n \\ 0 & T \notin A \end{cases}$$

=

$$P(T|T_{C14}) \propto \left\{ \prod_i \exp\left(-\frac{(T_{C14i} - g(T_i))^2}{2\sigma_i^2}\right) \right\} I_A(\{T_i\})$$

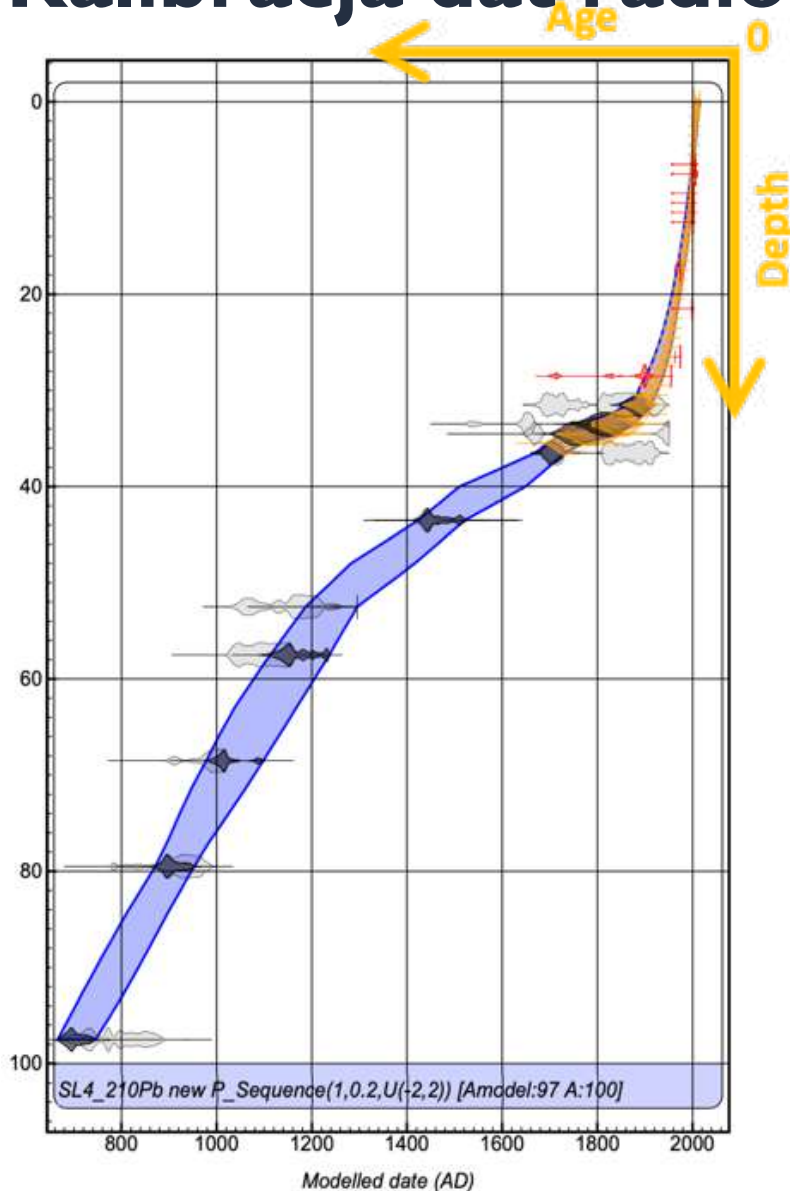


Inne informacje *a priori*, np.:

- głębokość próbek
- zmiany szybkości akumulacji
- rok poboru – głębokość 0 cm

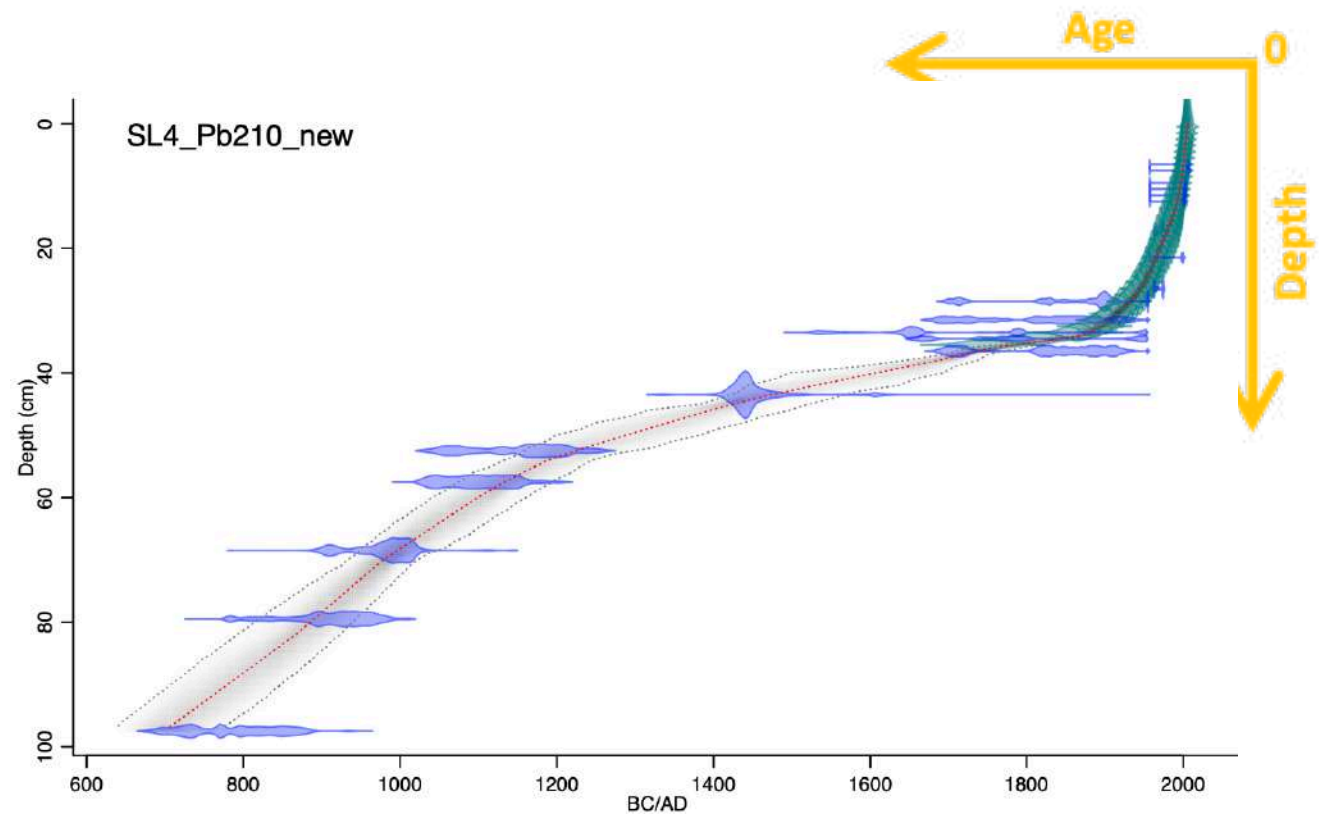
Realizacja: Programy OxCal, Bacon, Bcal, ModAge

# Kalibracja dat radiowęglowych + konstrukcja chronologii



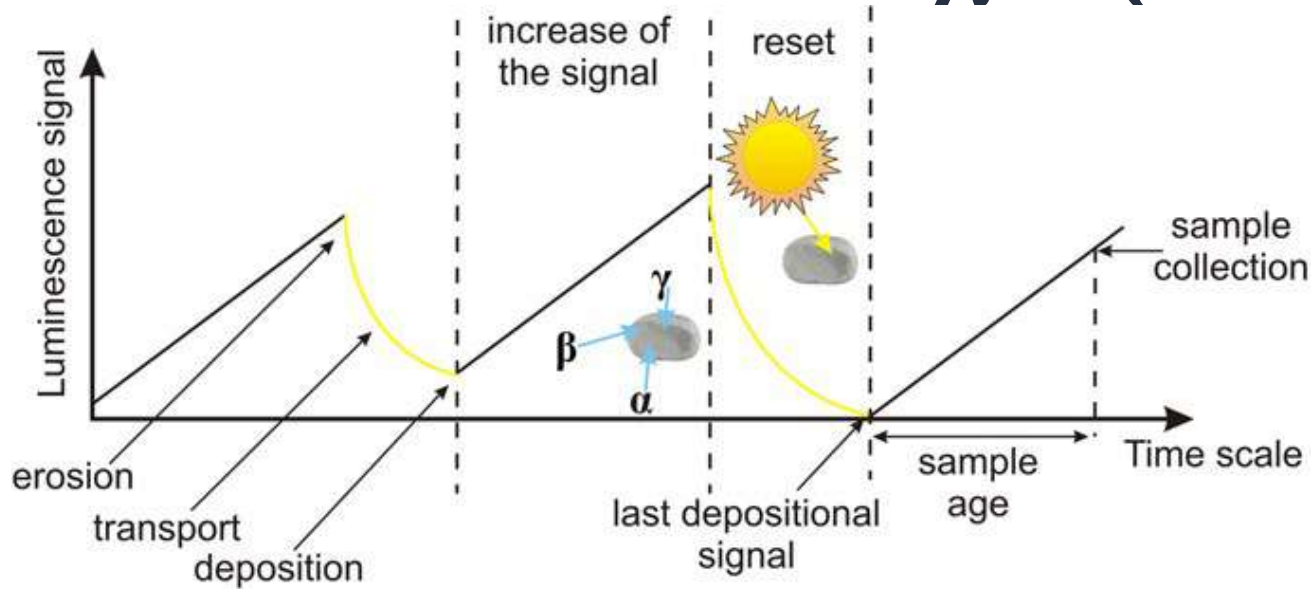
## Wyniki:

- forma graficzna (rycina)
- tabela wiek-głębokość (obliczenia z zadaną rozdzielczością)
- niepewności modelu





# Metoda luminescencyjna (OSL, TL)



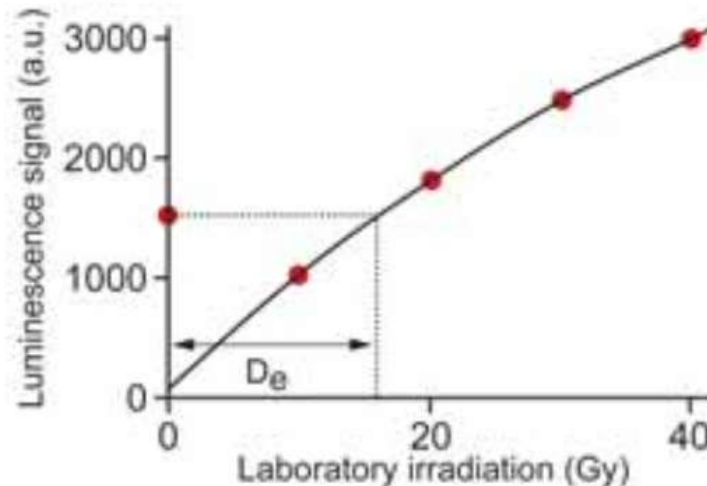
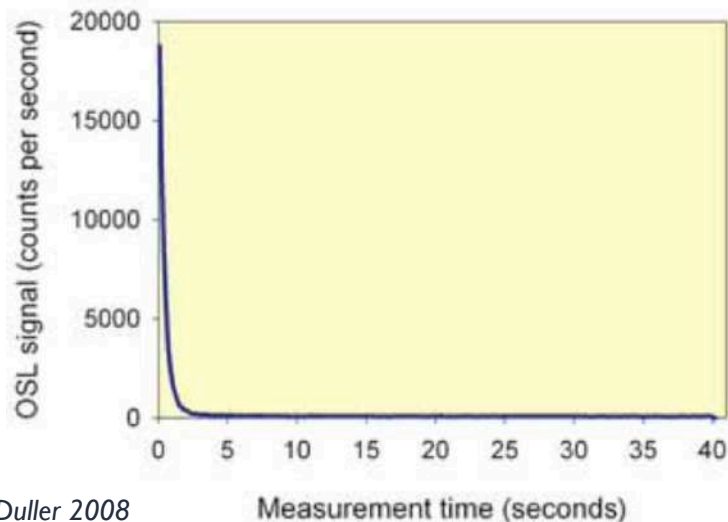
- ziarna kwarcu i skaleni – naturalne dozymetry
- wyznaczanie czasu od ostatniego wyzerowania sygnału w czasie depozycji ziaren

$$T = \frac{D_e}{D_r}$$

$D_e$  – dawka ekwiwalentna [Gy]

$D_r$  – dawka roczna [Gy/rok]

Moska and Bluszcz 2013



## Pomiar $D_e$

- pomiar OSL dla sygnału naturalnego
- pomiar OSL po napromienieniu znanymi dawkami laboratoryjnymi

Duller 2008



# Metoda luminescencyjna (OSL, TL)



**Dawka roczna** zależy od:

- koncentracji radioaktywnych izotopów w otoczeniu ziarna
- wilgotności
- rozmiaru ziaren
- grubości zewnętrznej warstwy kwarcu usuniętej podczas preparatyki chemicznej
- promieniowania kosmicznego / położenia próbki

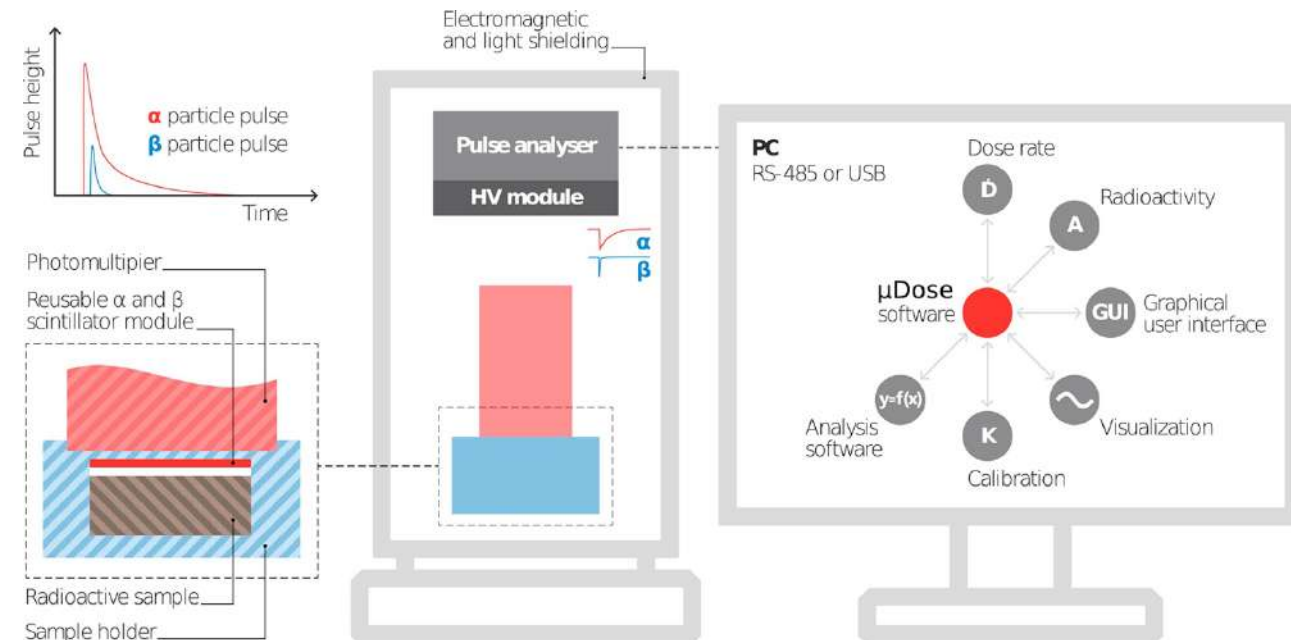
Pomiar  $D_r$  – spektrometria promieniowania  $\alpha, \beta, \gamma$



# System $\mu$ DOSE



**System  $\mu$ DOSE** ([http://udose.eu/mu\\_Dose.html](http://udose.eu/mu_Dose.html)) jest urządzeniem do pomiarów niskich radioaktywności oraz dawki rocznej w datowaniu dozymetrycznym osadów geologicznych i artefaktów archeologicznych.



Radiation Measurements  
Volume 118, November 2018, Pages 8-13

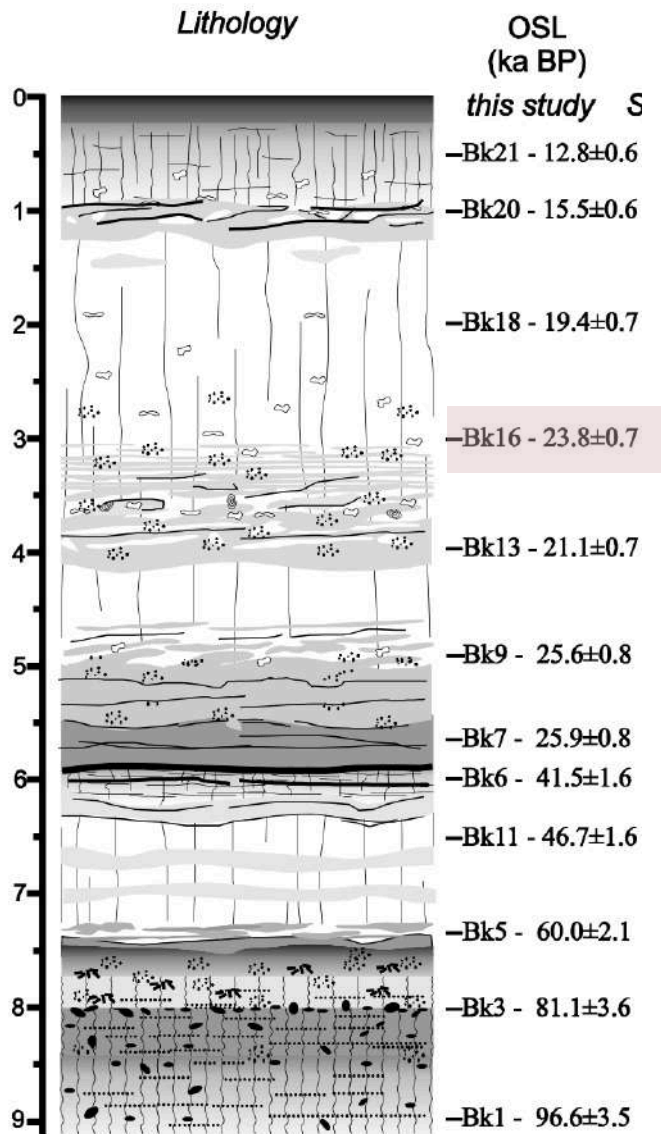


**$\mu$ Dose: A compact system for environmental radioactivity and dose rate measurement**

Konrad Tudyka <sup>a</sup>, Sebastian Miłoś <sup>a</sup>, Grzegorz Adamiec <sup>a</sup>, Andrzej Bluszcz <sup>a</sup>, Grzegorz Poręba <sup>a</sup>, Łukasz Paszkowski <sup>b</sup>, Aleksander Kolarczyk <sup>b</sup>

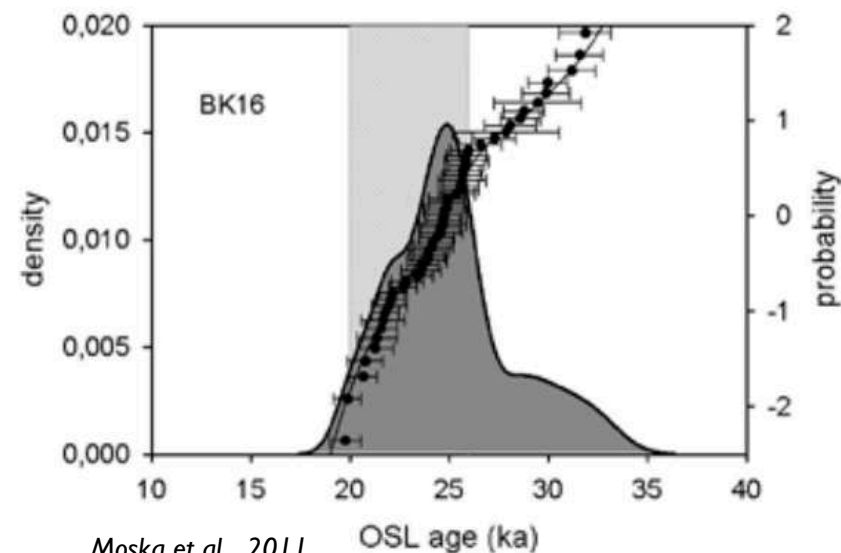
# Przykłady zastosowań

# Metoda luminescencyjna (OSL, TL)



## Przykład: profil lessowy Biały Kościół

Sample name	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	Dose rate (Gy/ka)
BK1	22.4±0.6	37.5±0.9	485±14	2.44±0.07
BK3	23.8±0.8	34.2±1.3	498±17	2.46±0.07
BK5	28.0±0.9	42.6±1.5	534±19	2.77±0.08
BK6	30.1±0.5	44.9±0.7	586±15	3.00±0.08
BK7	28.1±0.9	44.0±1.5	581±20	2.93±0.09
BK9	29.6±0.6	41.5±1.0	561±16	2.87±0.08
BK11	29.0±0.6	43.8±1.0	572±16	2.92±0.08
BK13	29.5±0.6	40.6±1.0	580±16	2.91±0.08
BK16	30.1±1.0	40.6±1.6	532±19	2.81±0.08
BK18	30.0±1.0	38.1±1.6	492±17	2.67±0.08
BK20	30.9±0.9	40.5±1.5	526±19	2.85±0.08
BK21	32.1±0.6	42.2±1.0	541±16	2.97±0.08



$$T = \frac{D_e}{D_r}$$

Próbka BK16:  
T = 23.8 ± 0.7 ka BP



# Setki meteorytów w Morasko, kiedy to się stało?

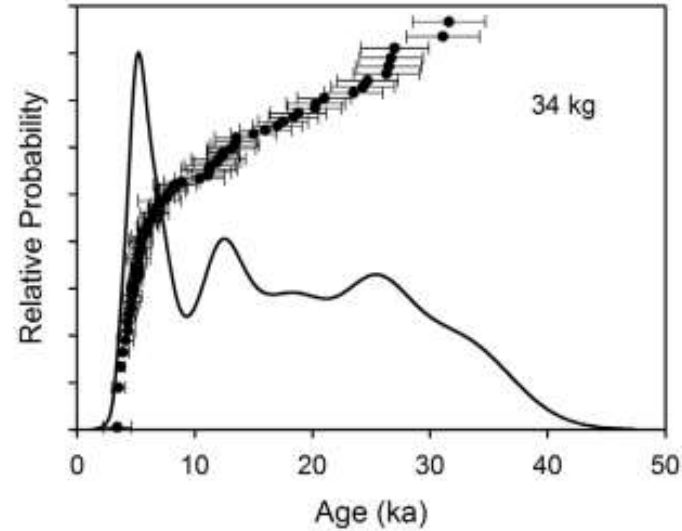
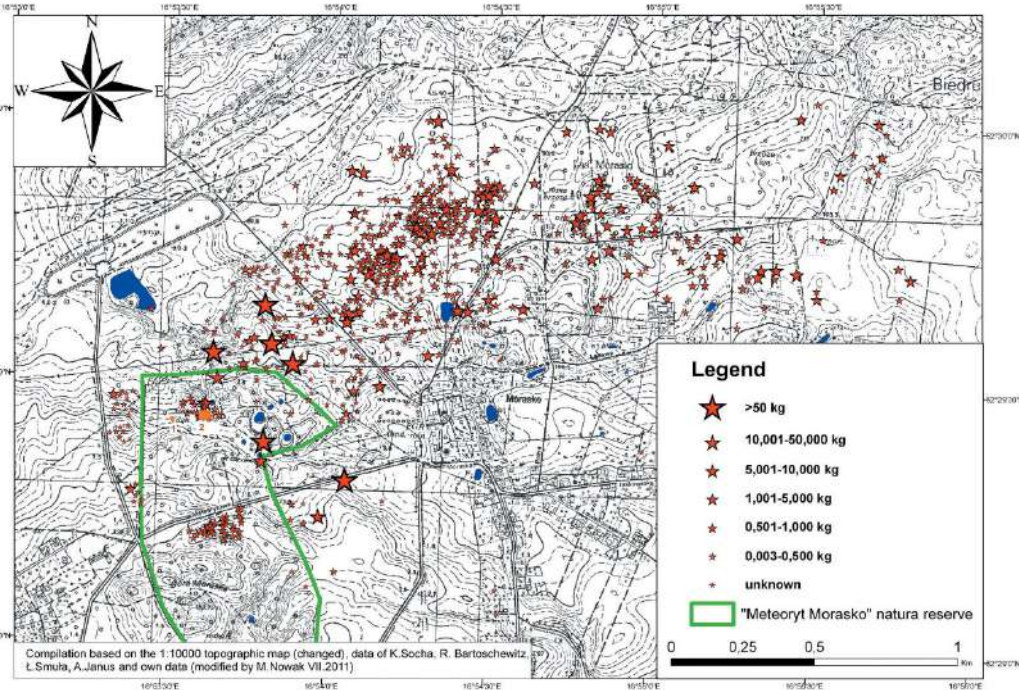


Fig. 4. The distribution of ages as relative probability-density functions (Berger, 2010) for the investigated 34 kg meteorite samples put together on one graph.

Czytnik luminescencji umożliwił umiejscowienie upadku tego meteorytu na skali czasu

**Najprawdopodobniej ok. 5000 lat temu**

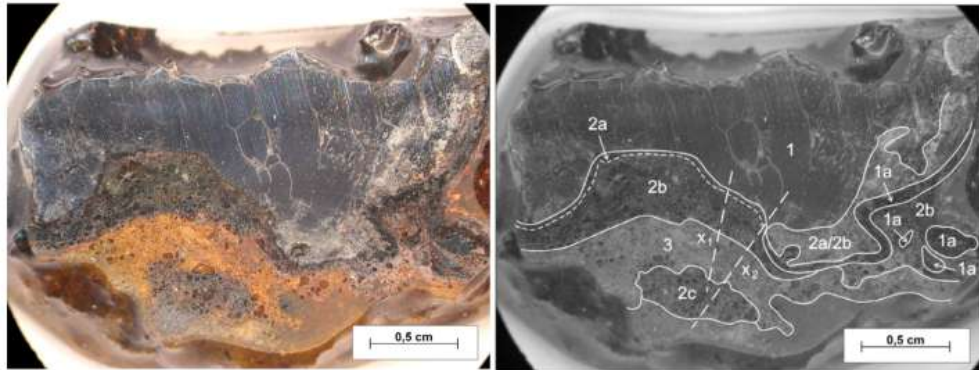


Fig. 1. Photography from the Energy Dispersive Analyser (EDS), performed on a 970 g meteorite. Characteristic structures can be observed (photo M. Nowak, IG UAM, meteorite cover structure interpretation W. Stankowski). 1 – an iron-nickel alloy; 1a – detach fragments of the alloy; 2a – the molten alloy zone; 2b – the “semi-molten” zone – molten-alloy matter and the grains of material from the fall place; 2c – the tear-away fragments of 2b; 3 – the sintered zone of local matter.



GEOCHRONOMETRIA 45 (2018): 74–81  
DOI 10.1515/geochr-2015-0088

Available online at  
<http://www.degruyter.com/view/j/geochr>



Conference Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference “Methods of Absolute Chronology”  
May 11–15<sup>th</sup>, 2016, Gliwice-Panówki, Poland

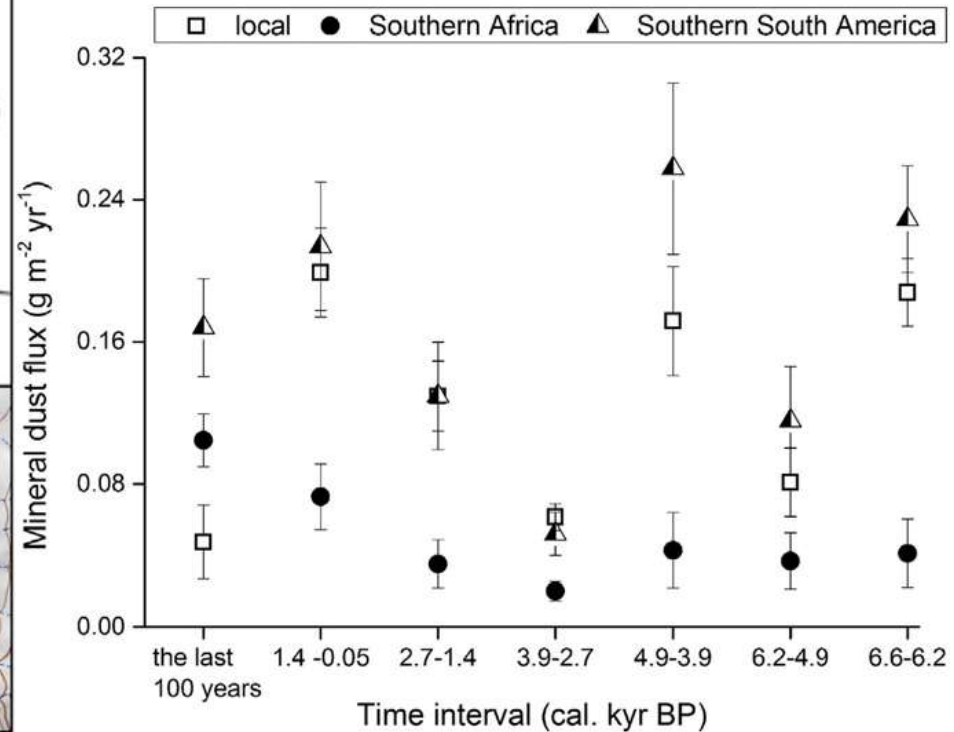
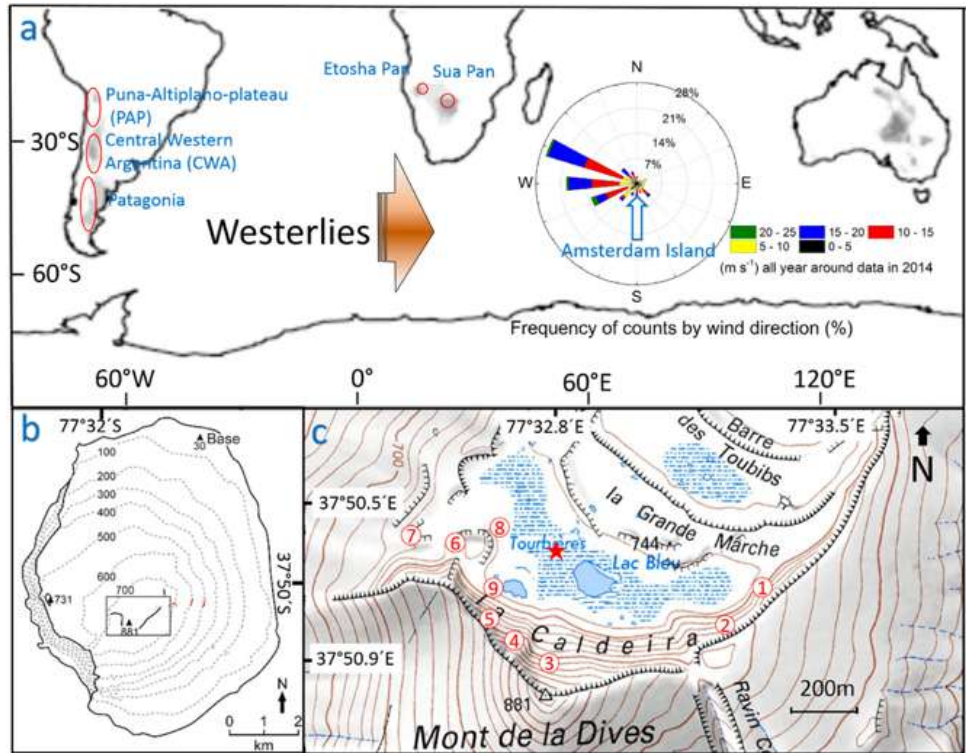
**OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE TECHNIQUES APPLIED TO THE DATING OF THE FALL OF METEORITES IN MORASKO**

PIOTR MOSKA<sup>1</sup>, WOJCIECH STANKOWSKI<sup>3</sup> and GRZEGORZ PORĘBA<sup>1</sup>

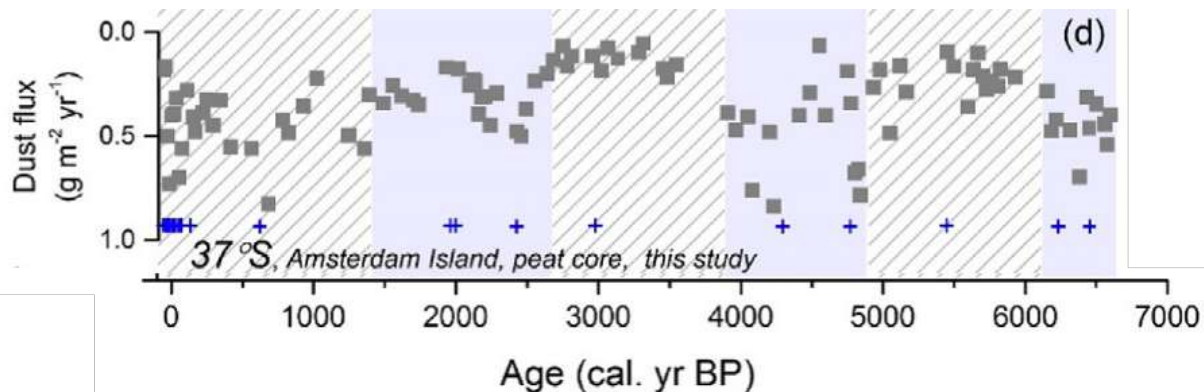
<sup>1</sup>Institute of Physics – Center for Science and Education, Żonarskiego 22B str., 44-100 Gliwice, Poland

<sup>2</sup>Institute of Geology, Adam Mickiewicz University, ul. Bogumiła Krygowskiego 12, 61-680 Poznań, Poland

# Skąd się kurzyło na Oceanie Indyjskim?



**Przez ostatnie 6600 lat - z zachodu, ale raz mocniej, raz słabiej...**



Quaternary Science Reviews 231 (2020) 106169



Contents lists available at ScienceDirect

Quaternary Science Reviews

Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/quascirev](http://www.elsevier.com/locate/quascirev)



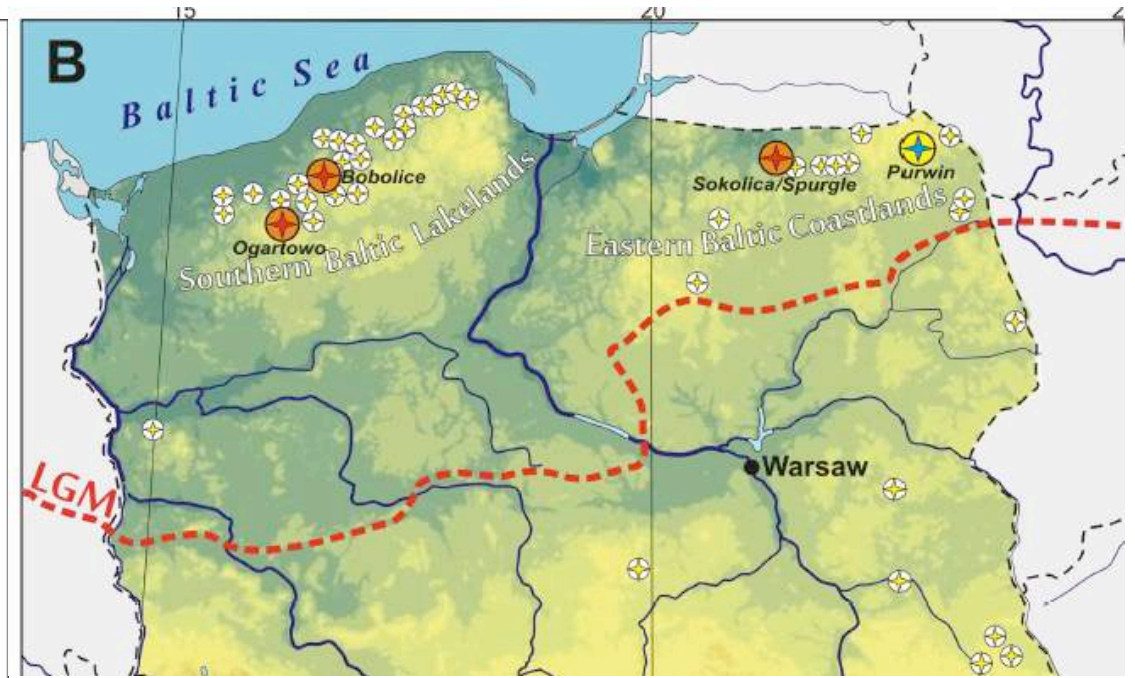
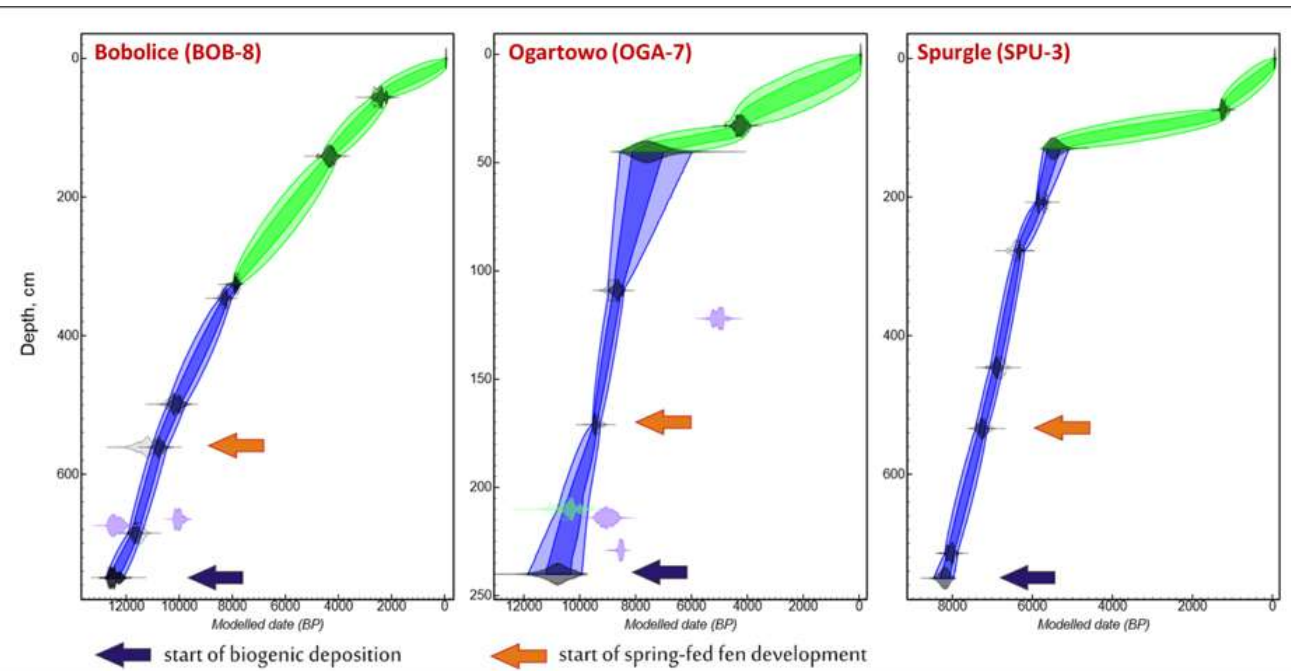
Holocene dynamics of the southern westerly winds over the Indian Ocean inferred from a peat dust deposition record

Chuxian Li<sup>a,b,\*</sup>, Jeroen E. Sonke<sup>b</sup>, Gaël Le Roux<sup>a</sup>, Nathalie Van der Putten<sup>c</sup>, Natalia Piotrowska<sup>d</sup>, Catherine Jeandel<sup>e</sup>, Nadine Mattielli<sup>f</sup>, Mathieu Benoit<sup>g</sup>, Giles F.S. Wiggs<sup>h</sup>, François De Vleeschouwer<sup>a,1</sup>



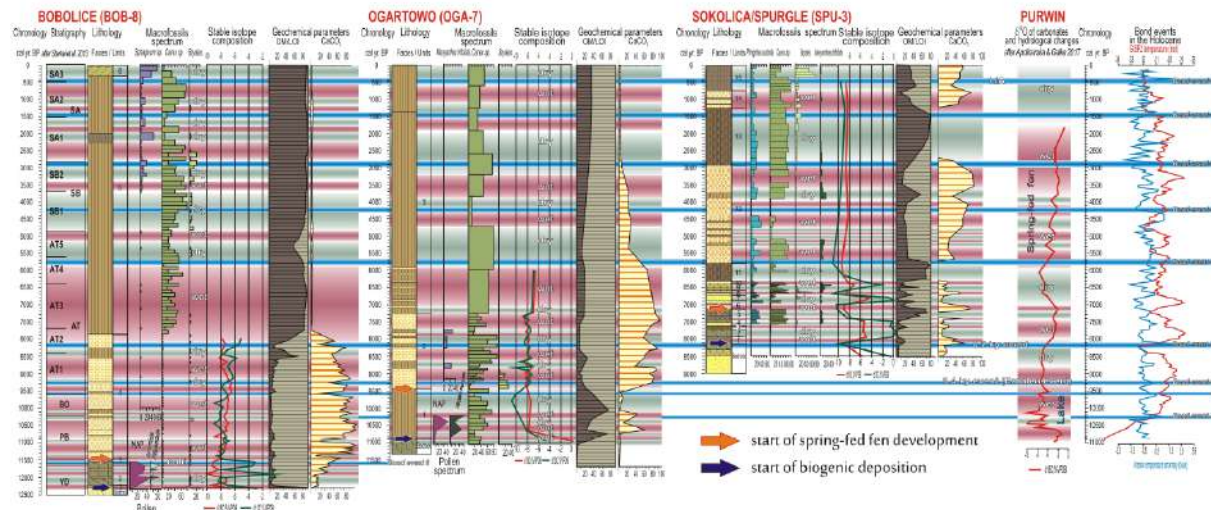


# Kiedy rozmroziła się północna Polska?



Na zachodzie wcześniej o kilka tysięcy lat!

Badania interdyscyplinarne osadów torfowisk źródłiskowych



Contents lists available at ScienceDirect

Quaternary Science Reviews

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/quascirev](http://www.elsevier.com/locate/quascirev)

Holocene environmental changes in northern Poland recorded in alkaline spring-fed fen deposits – A multi-proxy approach

Radosław Dobrowolski <sup>a,\*</sup>, Małgorzata Mazurek <sup>b</sup>, Zbigniew Osadowski <sup>c</sup>, Witold Paweł Alexandrowicz <sup>d</sup>, Irena Agnieszka Pidek <sup>a</sup>, Anna Pazdur <sup>e</sup>, Natalia Piotrowska <sup>e</sup>, Danuta Drzymulska <sup>f</sup>, Danuta Urban <sup>g</sup>



# Ciepło-zimno dawno temu

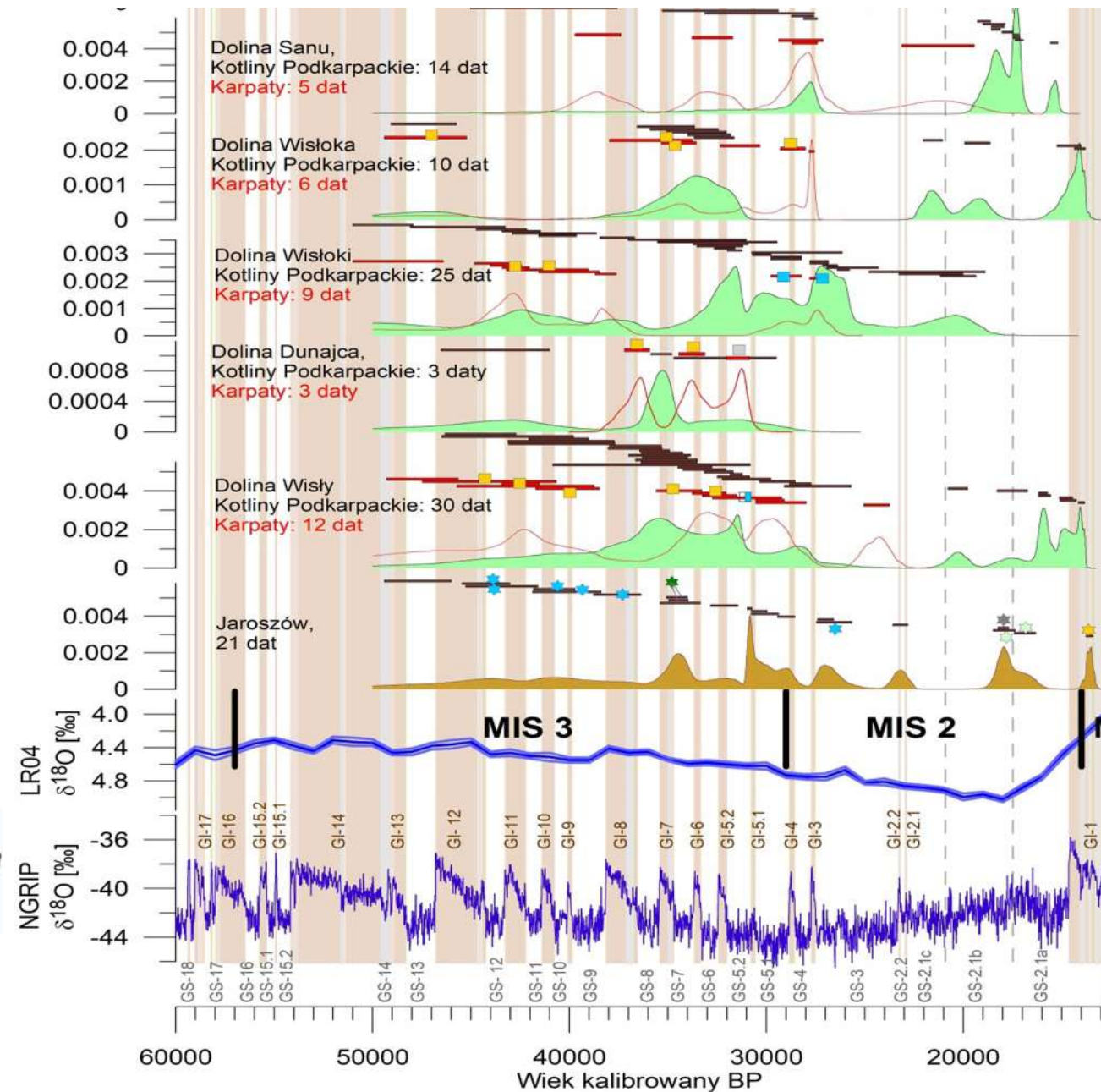
Zmiany klimatu w MIS 3 i 2 zarejestrowane w rdzeniu lodowym NGRIP - czy są odzwierciedlone w osadach lądowych na obszarze Polski?

Narzędzia badaczy:

- + datowanie radiowęglowe osadów z dolin rzecznych
- + analizy statystyczne
- + analizy palinologiczne

- ★ tundra trawiasta do stepowej, lokalnie krzewiasta z *Betula* i *Salix*
- ★ tundra trawiasta do krzewiastej z izolowanymi płatami lasu *Pinus-Betula-Picea*
- ★ tundra krzewiasta do leśnej, lokalnie z *Pinus* i *Picea*
- ★ las *Pinus*, lokalnie *Pinus-Betula*

- ciepło
- umiarkowanie
- chłodno





# Jak jeziora reagują na zmiany klimatu?

- Elastycznym dopasowaniem
- Gwałtownymi zmianami
- Przebudową reżimu


Badania interdyscyplinarne osadów Jeziora Żabińskiego wykonane z niespotykaną rozdzielczością



Climate of northern Poland during the last 1000 years:  
Constraining the future with the past



[www.climpol.ug.edu.pl](http://www.climpol.ug.edu.pl)

 Polish-Swiss  
Research Programme

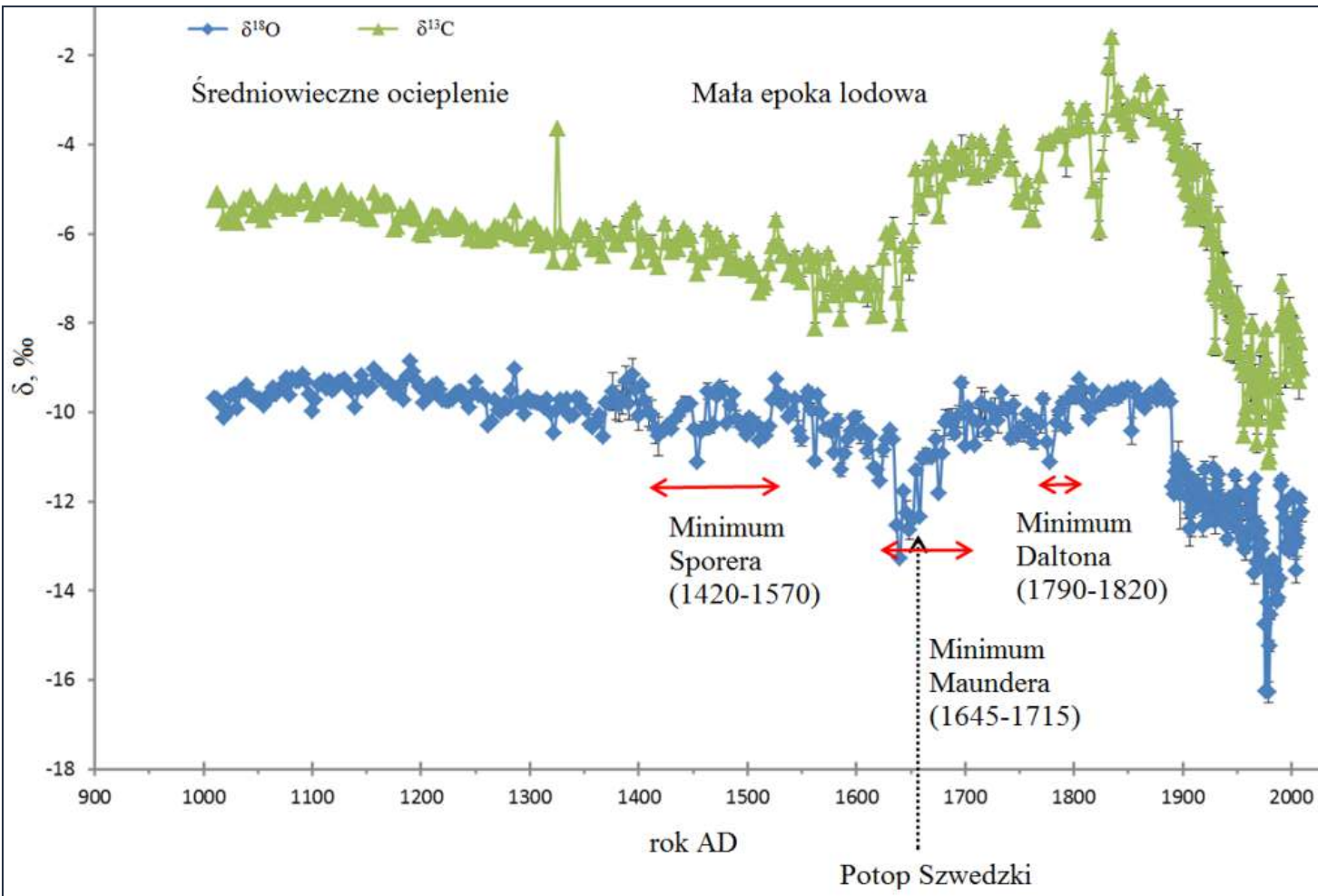
Isotopic fingerprints of the Lake Żabińskie (NE Poland) hydrological system on contemporary carbonates precipitated in the lake

Alicja Ustrzycka, Natalia Piotrowska, Alicja Bonk, Janusz Filipiak & Wojciech Tylmann

**Resilience, rapid transitions and regime shifts: Fingerprinting the responses of Lake Żabińskie (NE Poland) to climate variability and human disturbance since AD 1000**

The Holocene  
1-13  
© The Author(s) 2016  
Reprints and permissions:  
[sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav](http://sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav)  
DOI: 10.1177/0959683616658529  
[hol.sagepub.com](http://hol.sagepub.com)  

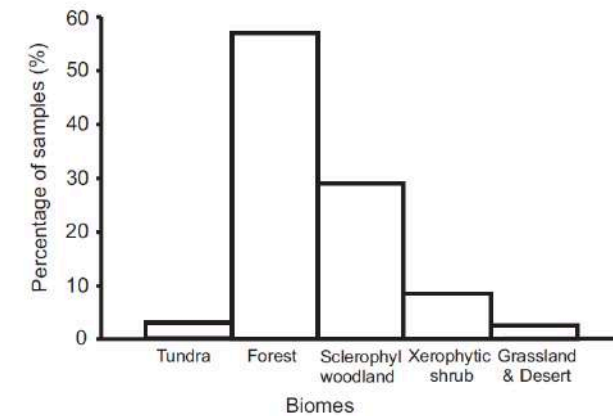
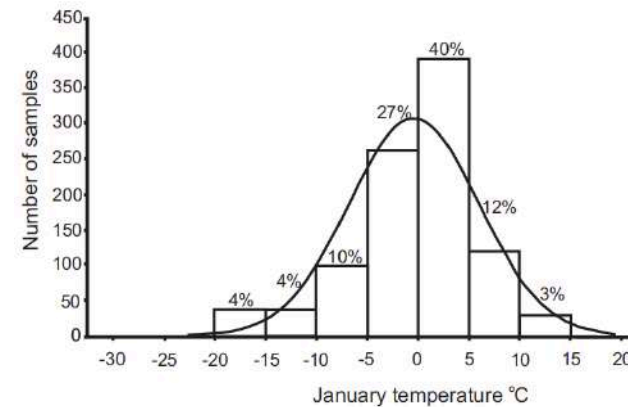
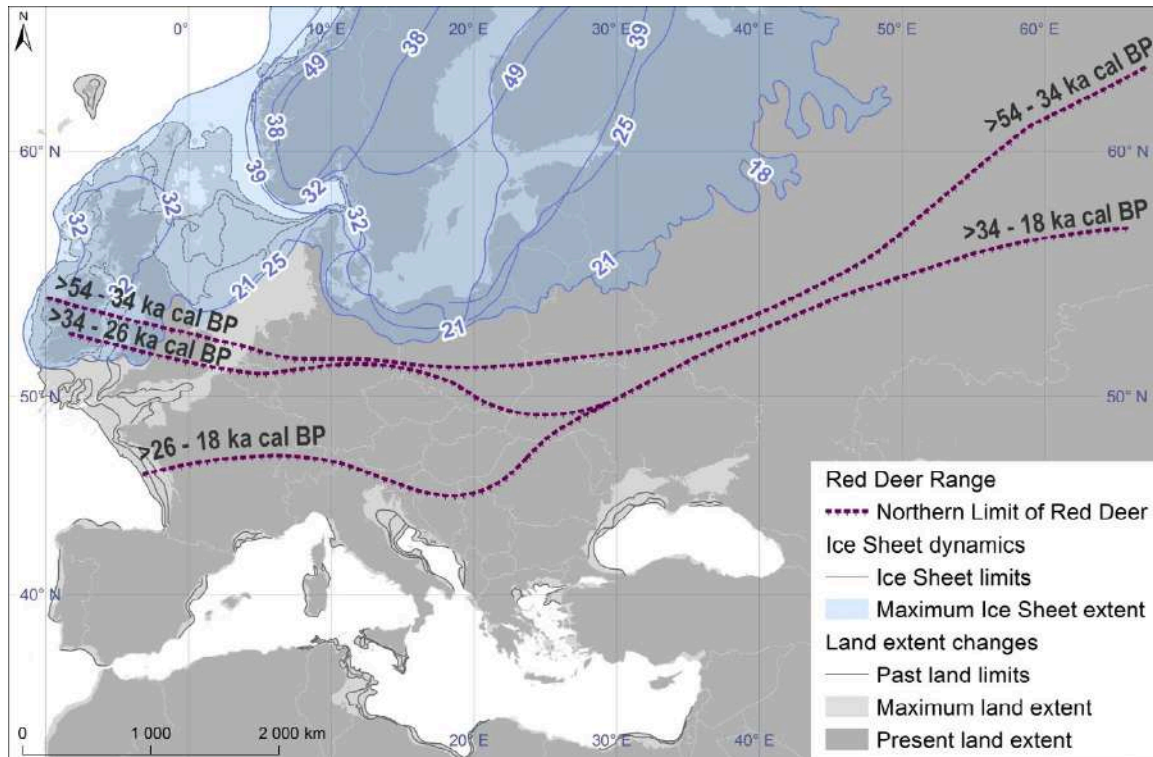

Iván Hernández-Almeida,<sup>1,2</sup> Martin Grosjean,<sup>1,2</sup>  
Juan José Gómez-Navarro,<sup>2,3</sup> Isabelle Larocque-Tobler,<sup>4</sup>  
Alicja Bonk,<sup>5</sup> Dirk Enters,<sup>6</sup> Alicja Ustrzycka,<sup>7</sup> Natalia Piotrowska,<sup>7</sup>  
Rajmund Przybylak,<sup>8</sup> Agnieszka Wacnik,<sup>9</sup> Małgorzata Witak<sup>10</sup>  
and Wojciech Tylmann<sup>5</sup>



# Jeleń podąża za klimatem

Zasięgi występowania jeleni w Europie zmieniały się wraz ze zmianami klimatu, nie tylko w kierunku północ-południe, ale też wschód-zachód.

Uzyskane wyniki mogą zostać wykorzystane do modelowania zmian zasięgu jelenia w Europie na skutek przyszłych zmian klimatu.



**Journal of Biogeography**

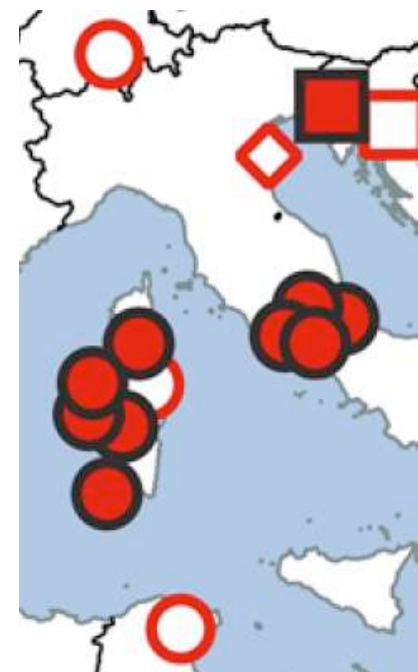
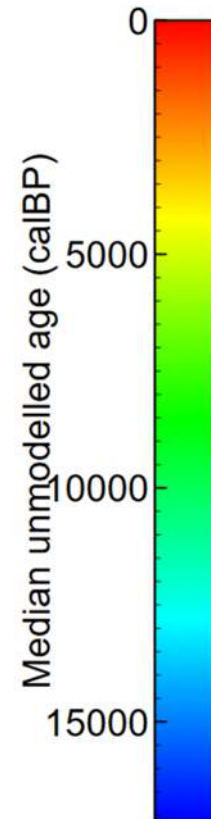
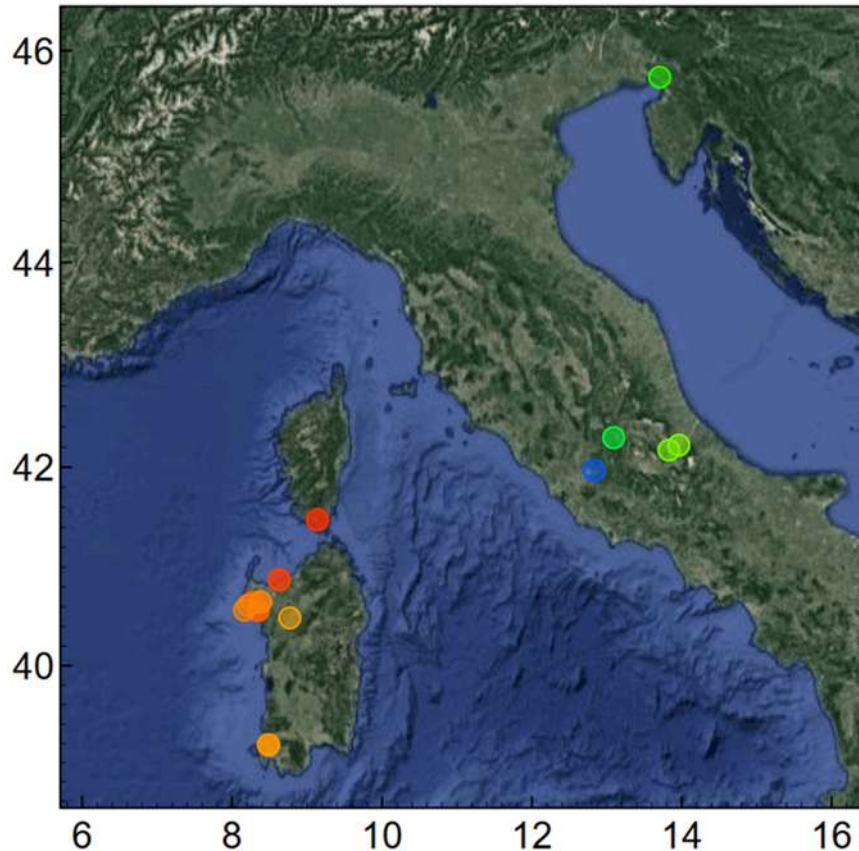
RESEARCH PAPER

**Winter temperature and forest cover have shaped red deer distribution in Europe and the Ural Mountains since the Late Pleistocene**

Magdalena Niedziałkowska, Karolina Doan, Marcin Górny, Maciej Sykut, Krzysztof Stefaniak, Natalia Piotrowska, Bogumiła Jędrzejewska, Bogdan Ridush, Sławomira Pawełczyk, Paweł Mackiewicz, Ulrich Schmöcke, Pavel Kosintsev, Daniel Makowiecki, Maxim Charniauski, Dariusz Krasnodębski, Eve Rannamäe, Urmas Saarma, Marine Arakelyan, Ninna Manaseryan, Vadim V. Titov, Pavel Hulva, Adrian Bălăşescu, Ralph Fyfe, Jessie Woodbridge, Katerina Trantalidou, Vesna Dimitrijević, Oleksandr Kovalchuk, Jarosław Wilczyński, Theodor Obadä, Grzegorz Lipecki, Alesia Arabey, Ana Stanković



# Tajemnicze pochodzenie jeleni na Sardynii i Korsyce



## Legend

- △ haplogroup A (contemporary samples)
- haplogroup B (contemporary samples)
- haplogroup B (ancient samples)
- haplogroup C (contemporary samples)
- haplogroup C (ancient samples)
- ◇ haplogroup D (contemporary samples)

**Linia afrykańsko - sardyńska wywodzi się z Półwyspu Apenińskiego!**

SCIENTIFIC REPORTS

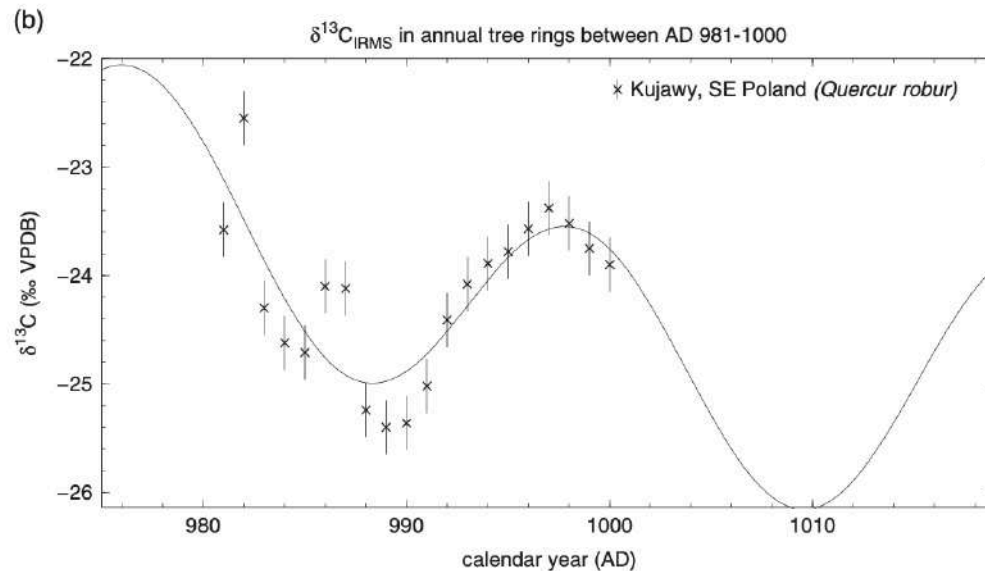
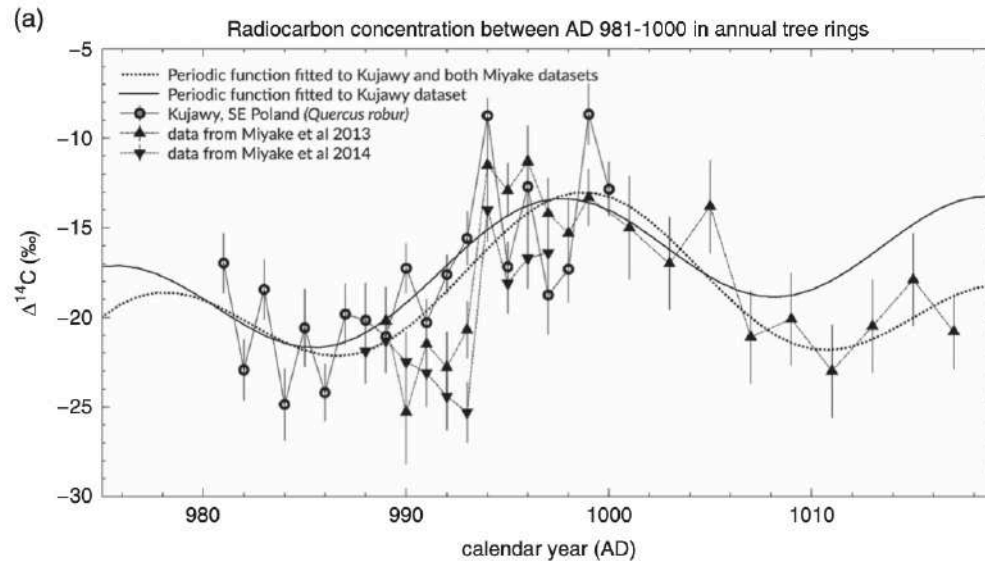
OPEN

**Phylogeography of the Tyrrhenian red deer (*Cervus elaphus corsicanus*) resolved using ancient DNA of radiocarbon-dated subfossils**

d: 7 February 2017  
 d: 10 April 2017  
 rd online: 24 May 2017

K. Doan<sup>1</sup>, F. E. Zachos<sup>2</sup>, B. Wilkens<sup>3</sup>, J.-D. Vigne<sup>4</sup>, N. Piotrowska<sup>5</sup>, A. Stanković<sup>6,7,8</sup>, B. Jędrzejewska<sup>9</sup>, K. Stefaniak<sup>10</sup> & M. Niedziałkowska<sup>9</sup>

# Co się działo na Słońcu?



**Gwałtowne zmiany koncentracji  $^{14}\text{C}$  w latach 993-994 AD spowodowane wzrostem aktywności Słońca**



Radiocarbon, Vol 60, Nr 4, 2018, p 1249–1258

DOI:10.1017/RDC.2018.74

Selected Papers from the 2nd Radiocarbon in the Environment Conference, Debrecen, Hungary, 3–7 July 2017

© 2018 by the Arizona Board of Regents on behalf of the University of Arizona

**INCREASE IN RADIOCARBON CONCENTRATION IN TREE RINGS FROM KUJAWY VILLAGE (SE POLAND) AROUND AD 993–994**

Andrzej Z Rakowski<sup>1\*</sup> • Marek Krapiec<sup>2</sup> • Mathias Huels<sup>3</sup> • Jacek Pawlyta<sup>1</sup> • Mathieu Boudin<sup>4</sup>

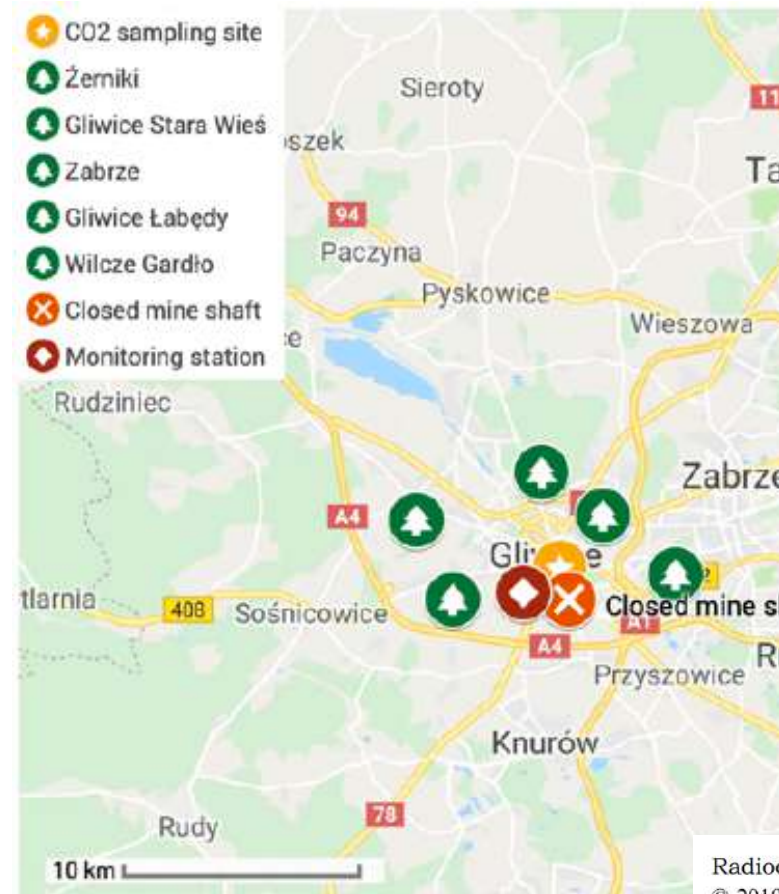
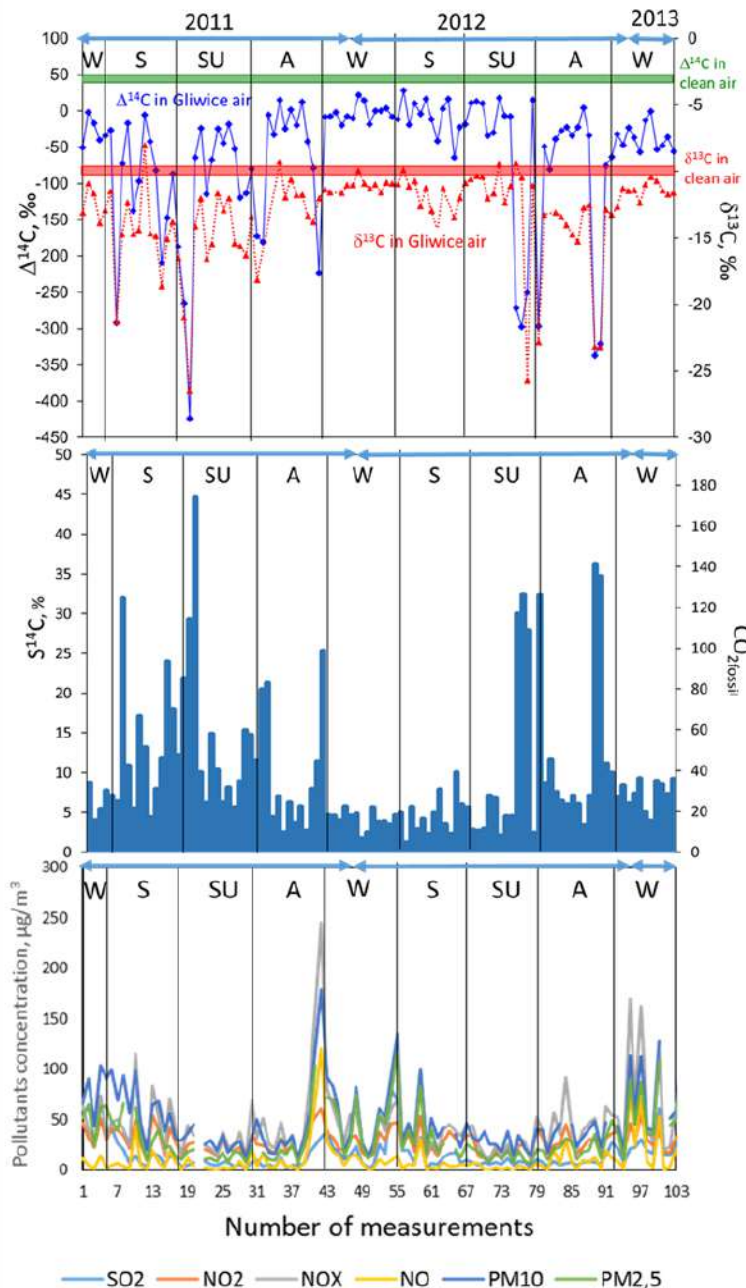


# Jak stare jest powietrze w Gliwicach?

Paliwa kopalne – brak  $^{14}\text{C}$ !

**$\text{CO}_2$  w powietrzu w Gliwicach w latach 2011-2013 miał:**

- średnio 500 lat
- co najmniej 50 lat
- czasem nawet 3000 lat



Radiocarbon, Vol 00, Nr 00, 2019, p 1–16

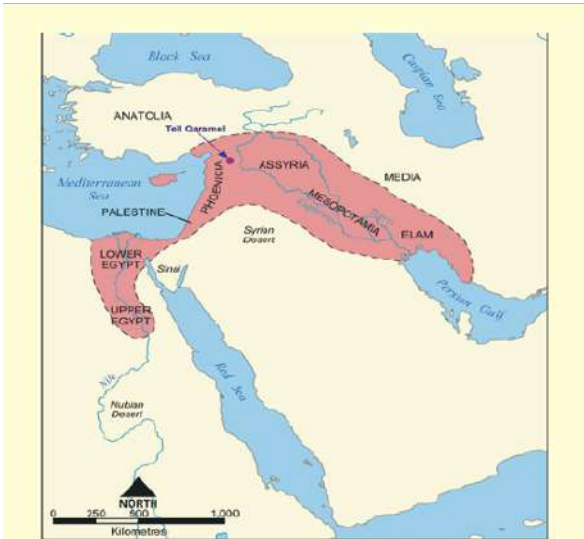
DOI:10.1017/RDC.2019.92

© 2019 by the Arizona Board of Regents on behalf of the University of Arizona

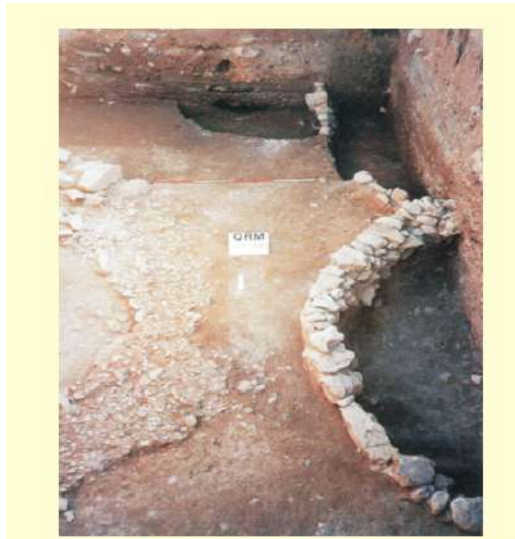
**HUMAN ACTIVITY RECORDED IN CARBON ISOTOPIC COMPOSITION OF ATMOSPHERIC  $\text{CO}_2$  IN GLIWICE URBAN AREA AND SURROUNDINGS (SOUTHERN POLAND) IN THE YEARS 2011–2013**

Natalia Piotrowska\*<sup>ORCID</sup> • Anna Pazdur • Sławomira Pawełczyk<sup>ORCID</sup> • Andrzej Z Rakowski • Barbara Sensuła<sup>ORCID</sup> • Konrad Tudyka

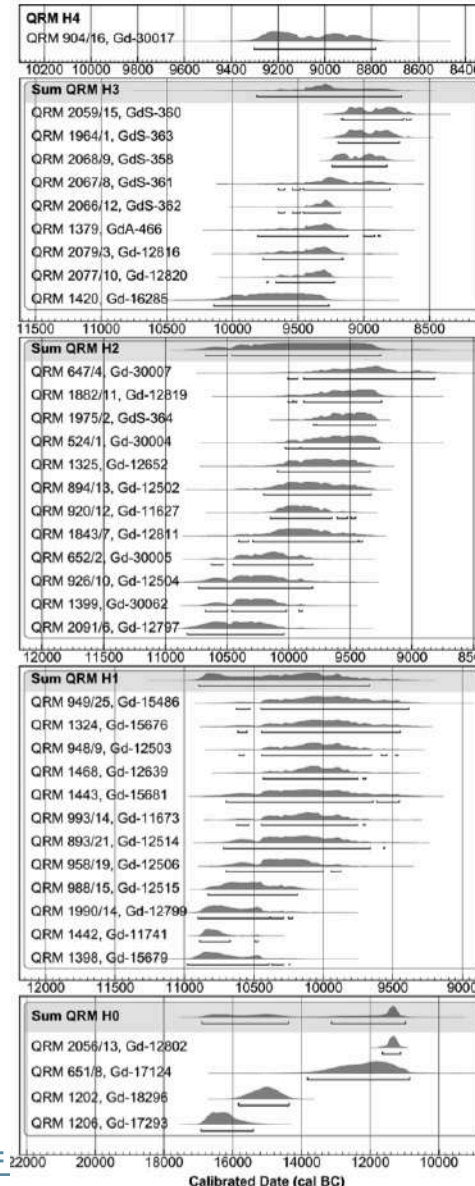
# Tell Qaramel – najstarsze miasto świata



The Fertile Crescent is a historical crescent-shaped region in the Middle East, which has an impressive record of past human activity. As well as possessing many sites with the skeletal and cultural remains of both pre-modern and early modern humans. This area is most famous for its sites related to the origins of agriculture. (Source of the map: [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Fertile\\_Crescent\\_map.png](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Fertile_Crescent_map.png))



Remains of the settlement of the early stage of Pre-Ceramic Neolith "A": remains of the defensive tower of the beginning of the 8th millennium BC (left) and parts of two circular houses built after the destruction of the 'older' tower. (Photo R.F. Mazurowski, after "Archeologia Żywa" no 17 (2/2001).



**Budowle powstawały od ok. 10700 lat p.n.e**

**Najstarsze miasto w historii ludzkości!**



Stone cist of the early Bronze Age (about 2500 BC) discovered in the western part of Tell Qaramel, twice robbed in Antiquity (Photo R.F. Mazurowski, after "Archeologia Żywa" no 17 (2/2001)).

**Polsko-Syryjska Misja w Qaramel (1999–2011)**

- Centrum Archeologii Śródziemnomorskiej Uniw. Warszawskiego
- Syryjski Departament Starożytności

**Miasto zbudowane przez społeczność zbieraczy i myśliwych:**

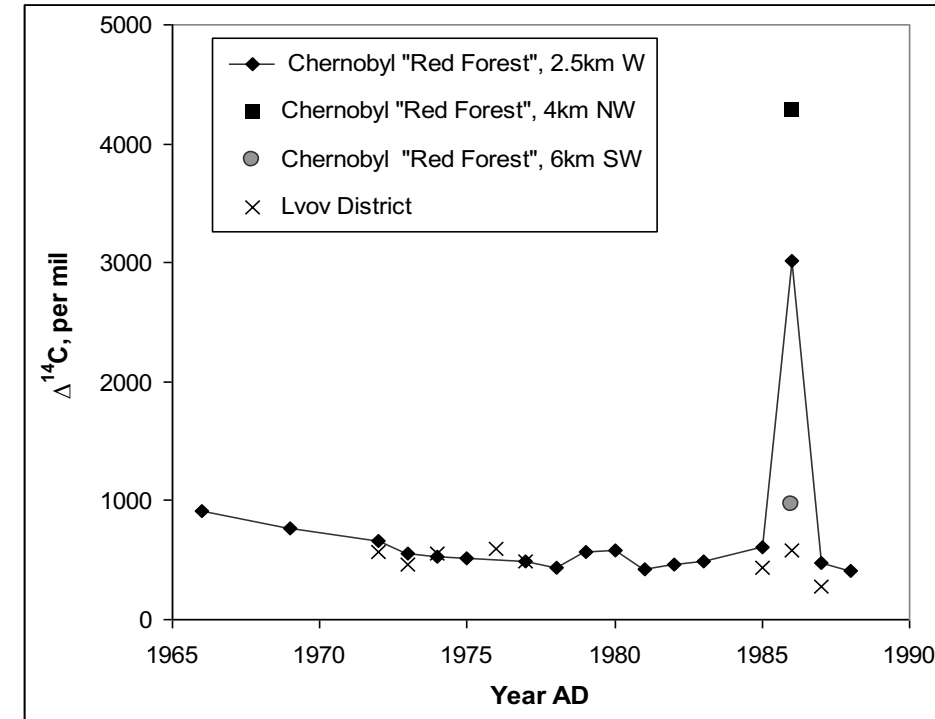
- pięć kolistych kamiennych wież,
- 90 domostw mieszkalnych oraz budowli gospodarczych,
- trzy świątynie/domy zgromadzeń,
- liczne paleniska i jamy gospodarcze.

<https://www.national-geographic.pl/artykul/qaramel-najstarsze-miasto-swiata?page=>

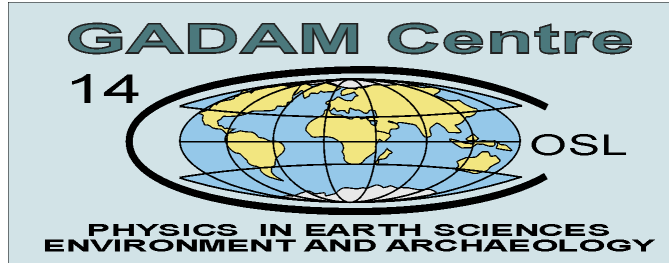


# Inne ciekawe zastosowania metody $^{14}\text{C}$

- Określanie zawartości biowęgla w paliwach, opakowaniach...
- Badania biomedyczne, farmakologiczne, biotechnologia
- Monitoring strumienia neutronów wokół elektrowni jądrowych



Kovaliukh et al. 1994

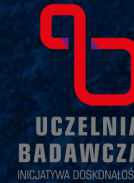


POLITECHNIKA ŚLĄSKA, INSTYTUT FIZYKI - CNB  
Zakład Geochronologii i Badań Izotopowych Środowiska

**Dziękuję za zaproszenie i Państwa uwagę!**

Filmy YouTube:

- całym Zakładzie: <https://www.youtube.com/watch?v=0rf1eAmW2Es&t=1s>
- Laboratorium  $^{14}\text{C}$  i Spektrometrii Mas: <https://www.youtube.com/watch?v=2S0visn8v5Q&t=169s>
- Laboratorium Datowania Luminescencyjnego: <https://www.youtube.com/watch?v=m2Q62O03Fwc>



# SYSTEM $\mu$ DOSE ORAZ POMIAR DAWKI ROCZNEJ DLA DATOWANIA DOZYMETRYCZNEGO

Konrad Tudyka

Instytut Fizyki - CND, Zakład Geochronologii i Badań Izotopowych Środowiska

[konrad.tudyka@polsl.pl](mailto:konrad.tudyka@polsl.pl)

---

## PLAN PREZENTACJI



01

### Datowanie dozymetryczne

Podstawy datowania dozymetrycznego, zastosowania

02

### Dawka roczna

Porównanie metod pomiarowych, zalety i ograniczenia

03

### System $\mu$ Dose

Pomiar cząstek  $\alpha$  i  $\beta$ , separacja impulsów  $\alpha/\beta$ , opóźnione koincydencje, obliczanie dawki rocznej przy pomocy symulacji MC



# Datowanie dozymetryczne

$$T \text{ (yr)} = \frac{D \text{ (Gy)}}{\dot{D} \left( \frac{\text{Gy}}{\text{yr}} \right)}$$



(Poręba et al., 2018)



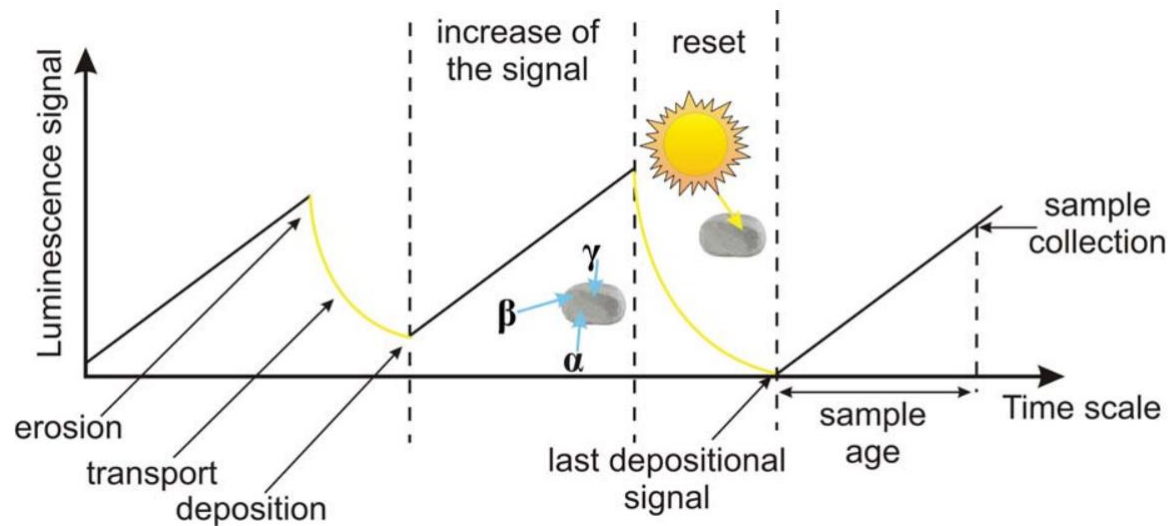
(Kinnaird et al., 2017)



(Chruścińska et al., 2014)



(Bajnóczi et al., 2018)

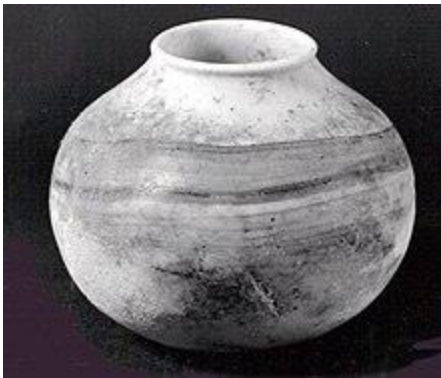


(Moska, 2019)

# Radiometryczne systemy do pomiaru dawki rocznej ( $\dot{D}$ )

	$^{238}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	Masa (g)
HPGe / NaI spektrometry promieniowania $\gamma$	✓	✓	✓	✓	100-1000
Detektory grubych źródeł $\alpha$	✓	✓	✓	X	1-10
Detektory promieniowania $\beta$	✓/X	✓/X	✓/X	✓/X	1-10

# Masa badanego materiału



Syria, late 8<sup>th</sup> millennium BC?

# Masa badanego materiału

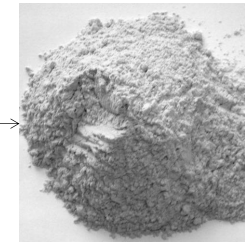


~ 100 g HPGe

Syria, late 8<sup>th</sup> millennium BC?



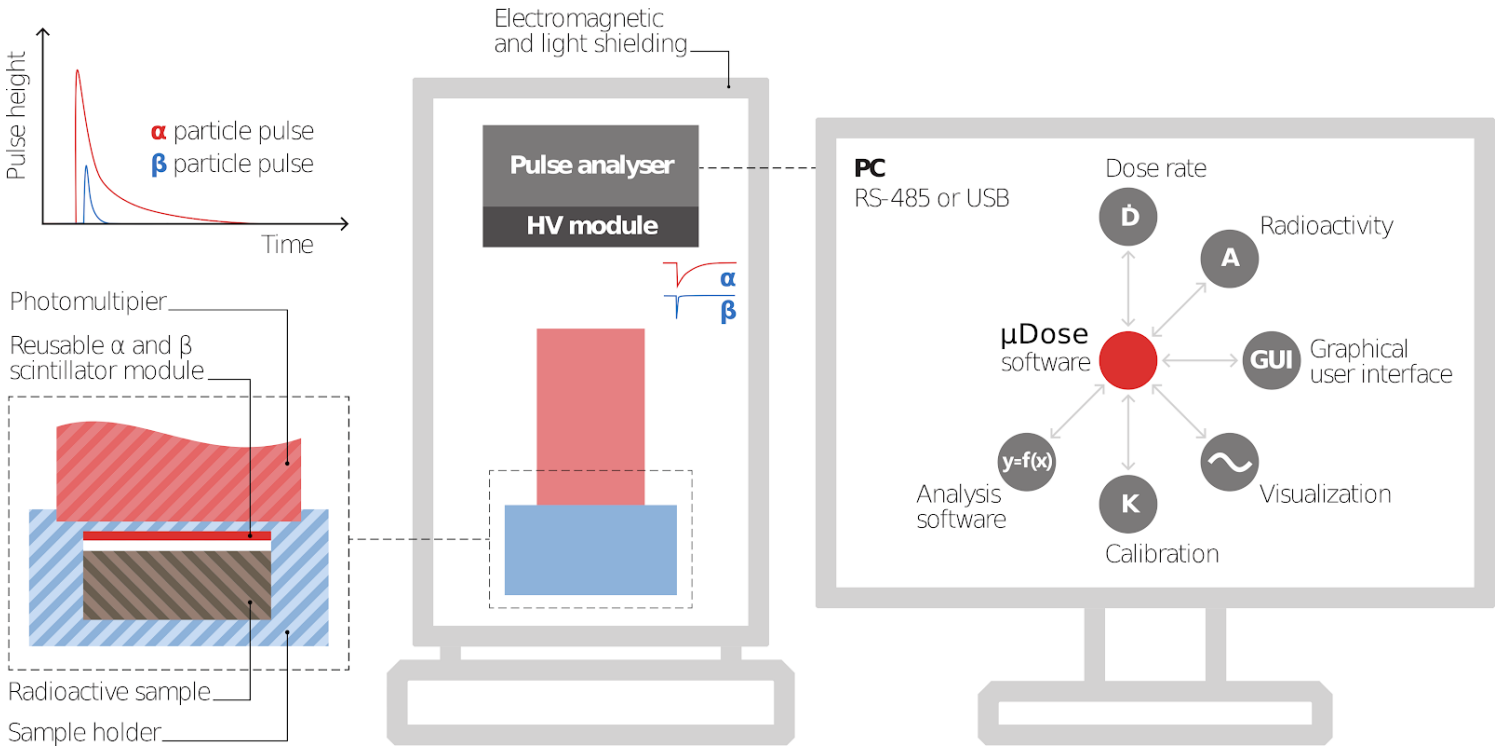
# Masa badanego materiału



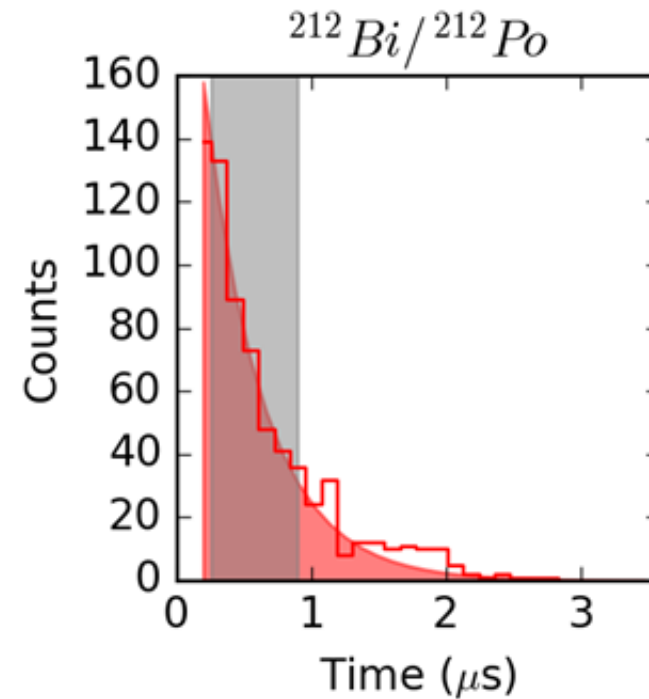
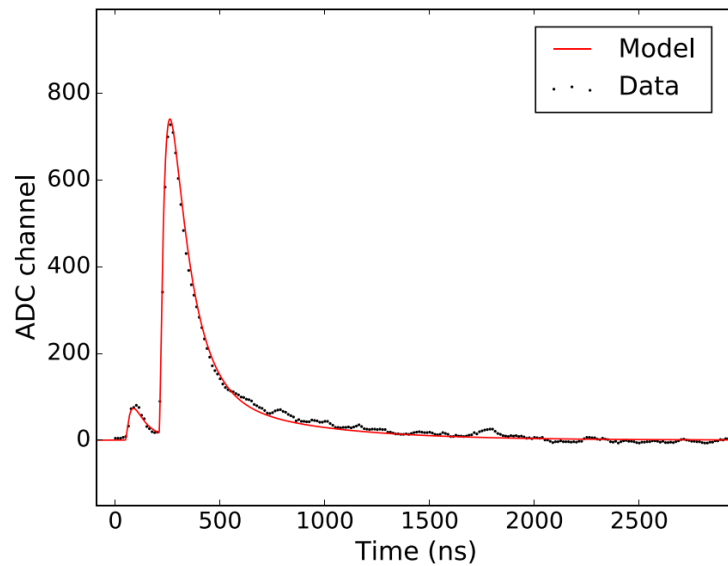
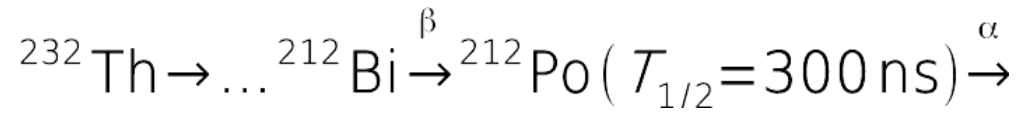
homogenize material  
~ 100 g HPGe

Syria, late 8<sup>th</sup> millennium BC?

# System $\mu$ DOSE



## Szeregi promieniotwórcze i pomiar opóźnionej koincydencji

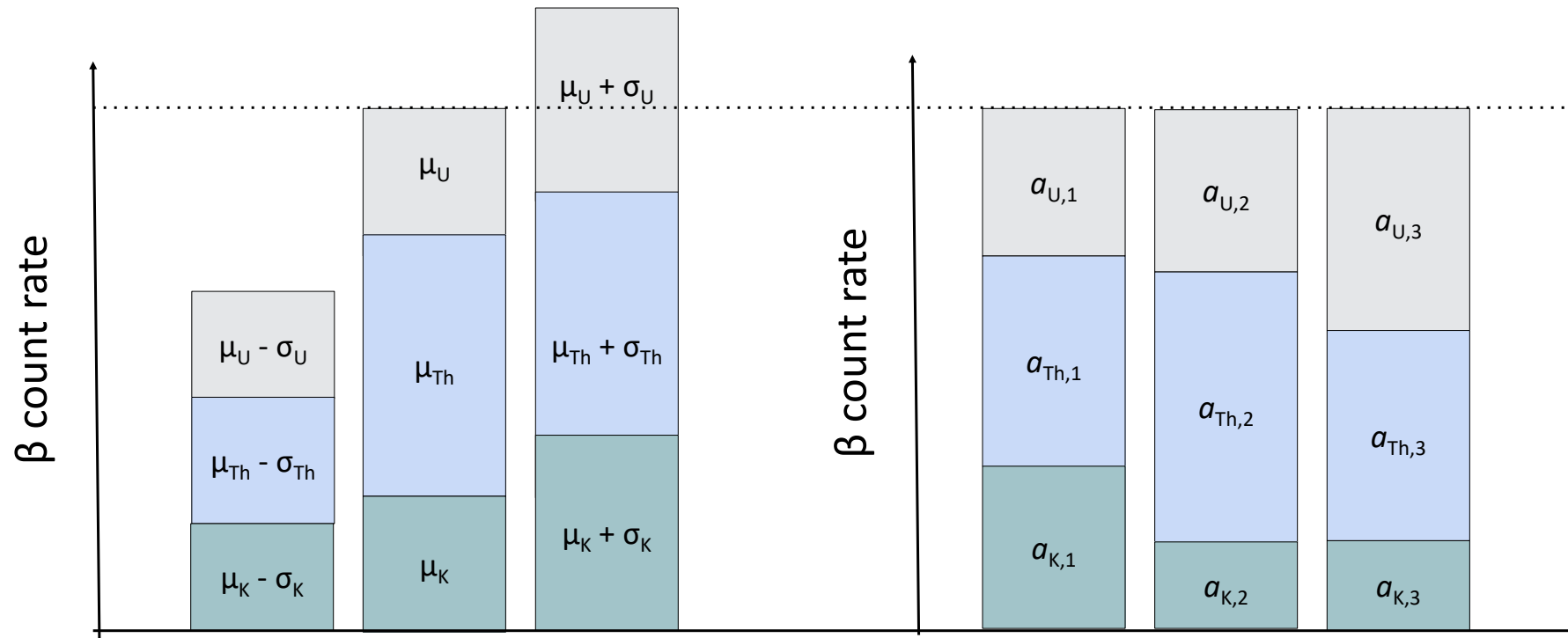


# Szeregi $^{238}\text{U}$ , $^{235}\text{U}$ , $^{232}\text{Th}$ oraz $^{40}\text{K}$

	$^{238}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$
$\alpha$	✓	✓	✓	
$\beta$	✓	✓	✓	✓
$^{212}\text{Bi}/^{212}\text{Po}$			✓	
$^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Po}$	✓			
$^{220}\text{Rn}/^{216}\text{Po}$			✓	
$^{219}\text{Rn}/^{215}\text{Po}$		✓		



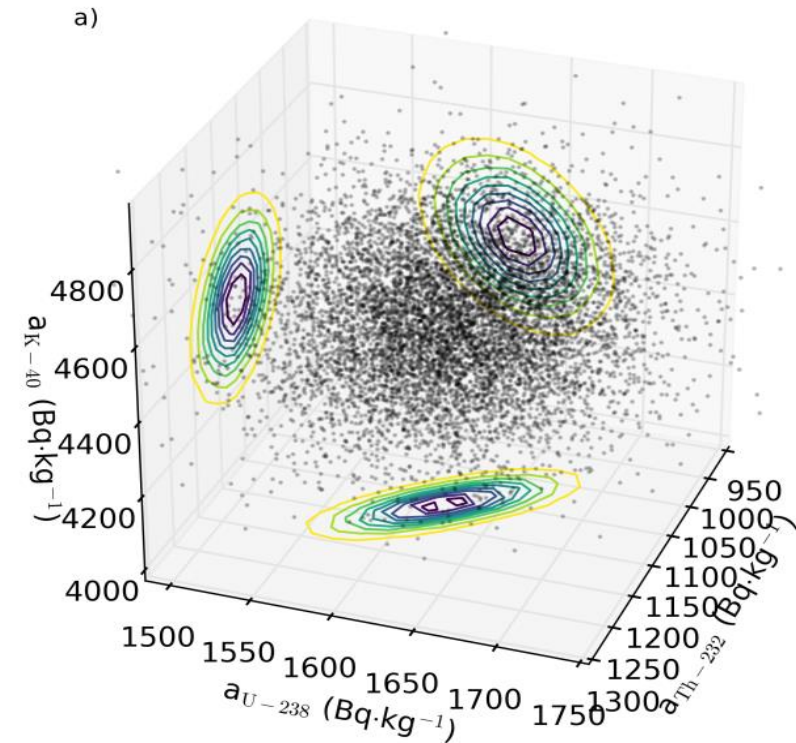
# Obliczanie dawki rocznej ( $\dot{D}$ )

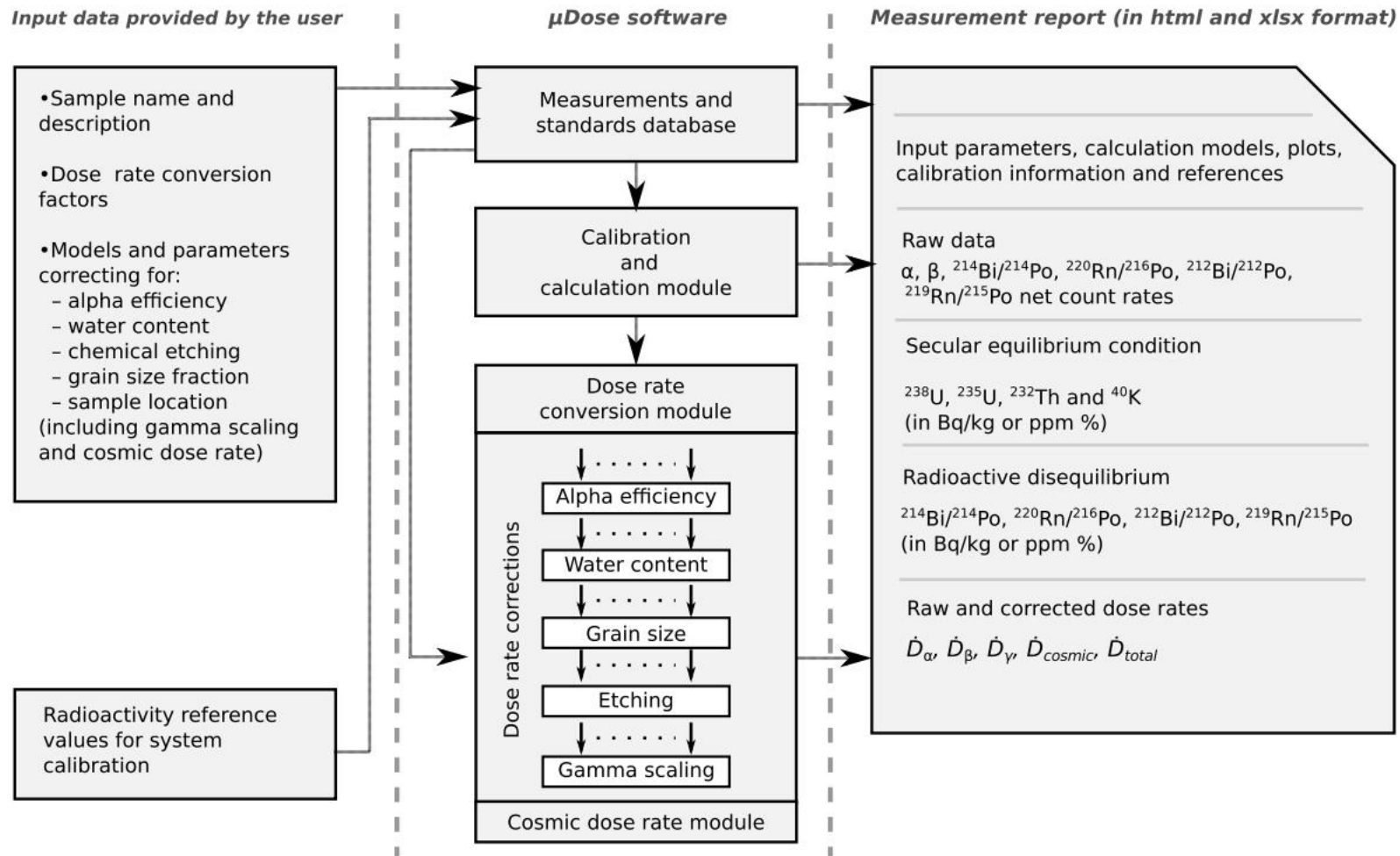


# Obliczanie dawki rocznej ( $\dot{D}$ )

Device	$a_{U-238}$ (Bq·kg <sup>-1</sup> )	$a_{Th-232}$ (Bq·kg <sup>-1</sup> )	$a_{K-40}$ (Bq·kg <sup>-1</sup> )
μDose	1620 ± 40	1100 ± 60	4480 ± 160
HPGe	1628 ± 32	1062 ± 37	4610 ± 110

Device/ Calculation	$\dot{D}_\alpha$ (Gy·ky <sup>-1</sup> )	$u(\dot{D}_\alpha)/\dot{D}_\alpha$	$\dot{D}_\beta$ (Gy·ky <sup>-1</sup> )	$u(\dot{D}_\beta)/\dot{D}_\beta$	$\dot{D}_\gamma$ (Gy·ky <sup>-1</sup> )	$u(\dot{D}_\gamma)/\dot{D}_\gamma$
μDose	568.1 ± 7.2	1.3%	38.36 ± 0.56	1.5%	31.56 ± 0.47	1.5%
HPGe	561 ± 10	1.8%	38.45 ± 0.66	1.7%	31.17 ± 0.56	1.8%







- Niepewność pomiaru  $\dot{D}$  porównywalna z HPGe
- Mniejsze ryzyko błędu spowodowanego nierównowagą w szeregach promieniotwórczych
- Masa badanej próby 200 mg – 3.00 g  
(obecnie prowadzone są pomiary dla 100 mg)



