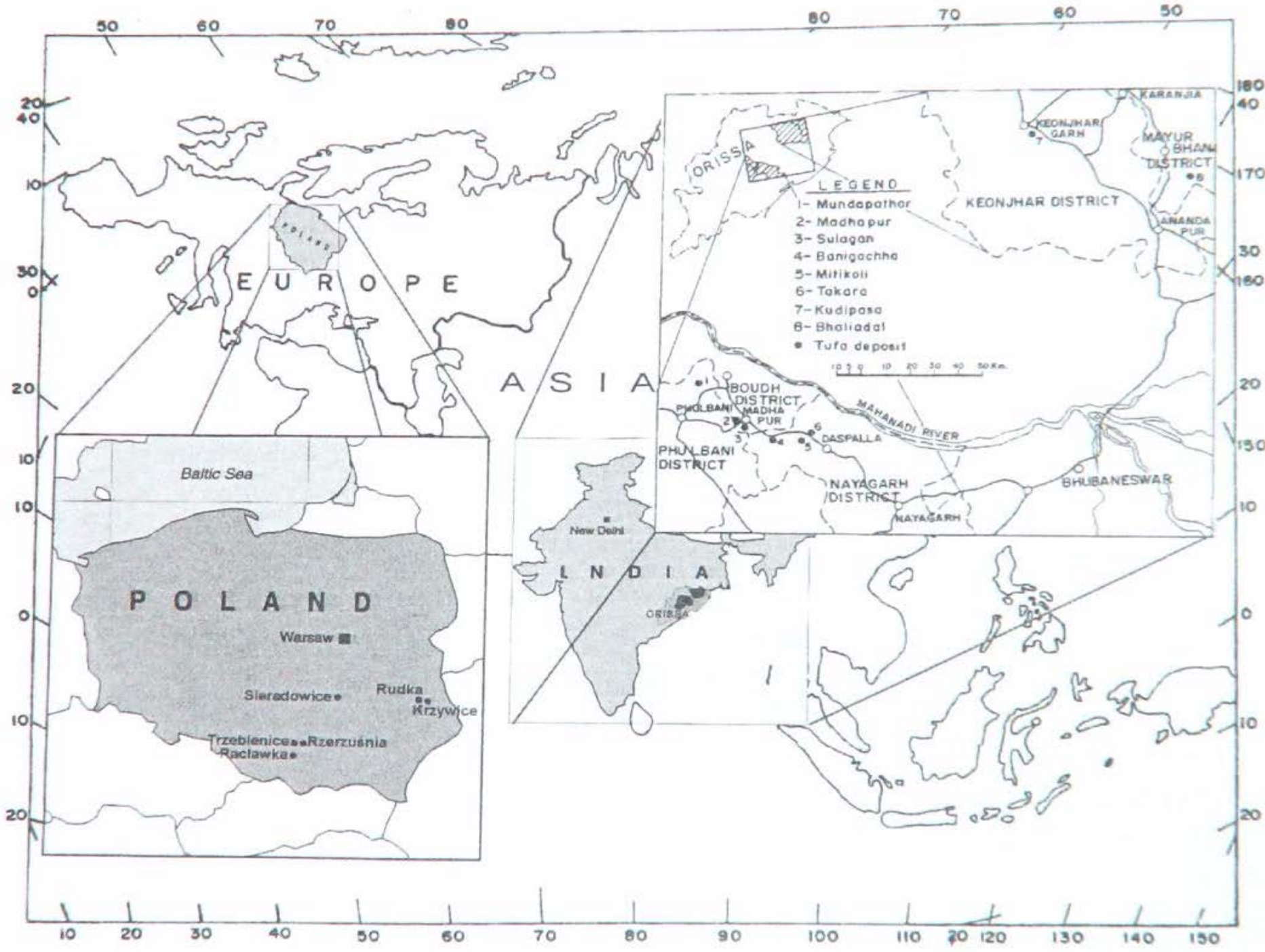


Rekonstrukcja klimatu holocenu
poprzez badania $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ w
próbkach tuf wapiennych
pochodzących z Polski i Indii

Urbanek Grzegorz
Fizyka techniczna, Sem. IX

Zarys...

- ▶ Pomiary $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^{13}\text{C}$ w próbkach tuf wapiennych wydатовanych metodą ^{14}C → rekonstrukcja zmian klimatu w Południowej i Wschodniej Polsce oraz we Wschodnich Indiach (Orissa) dla ostatnich 13.500 lat.
- ▶ Oszacowana temp. sedymentacji tuf wapiennych wskazuje średnioroczną temp. powietrza podczas ostatnich 12.000 lat dla Polski i średnią zimową i letnią temp. dla Orissa.
- ▶ Trend zmian temperatur jest rosnący dla Polski i opadający dla Orissa od początku holocenu aż po czasy obecne.



Miejsca poboru próbek (Polska)

- ▶ **Wyżyna Krakowska:** 27 próbek tufy wapiennej biogenicznego pochodzenia z Raclawki, Rzerzuśni i Trzebienic (różne warunki hydrodynamiczne sedimentacji tuf).
- ▶ **Góry Świętokrzyskie:** (Sieradowice): 11 próbek drobno-ziarnistej tufy wapiennej, bogatej w materię organiczną, wydzielonej w płytkich nieckach.
- ▶ **Wyżyna Lubelska:** 2 profile sedimentacji (Krzywice-1 i Rudka-2), zawierające tuf wapienny bogaty w materię organiczną (podobnie jak w Sieradowicach).

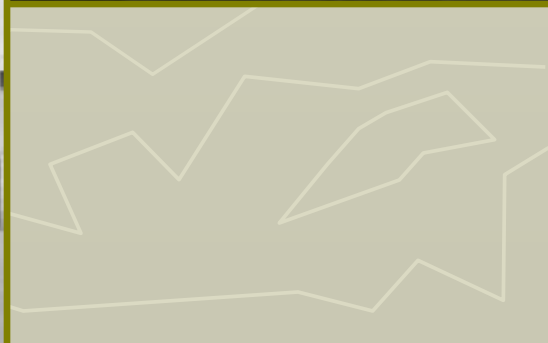
tuf wapienny - słabo zwięzła, niekiedy pylasta odmiana martwicy wapiennej.



Miejsca poboru próbek (Indie)

- ▶ **Mundapathar**: 13 próbek tufy z jednego profilu. Grubość złoży – 7m, umiejscowienie – mały wodospad uformowany na czarnokicie.
- ▶ **Kudipasa**: 8 próbek tufy z jednego profilu. Grubość złoży – 6m, umiejscowienie – zbocze wzgórza.
- ▶ **Sulagan**: 7 próbek tufy, grubość złoży – 6m, umiejscowienie – mały wodospad uformowany na czarnokicie.
- ▶ pojedyncze próbki tufy z różnych miejsc (Miticoli, Mundapathar, Madhapur, Bhaliadal, Takara, Banigochha).

czarnokit – skała głębinowa magmowa lub skała metamorficzna. Składa się przede wszystkim z kwarcu, skalenia potasowego, piroksenu, plagioklazu, a także granitu, amfibolu i innych domieszek. Podobna jest do granitu.



Obecne tło klimatyczne (Polska)

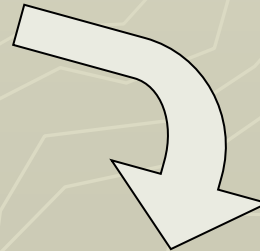
- ▶ Sedymentacja biogenicznego osadu tufy wapiennej występuje głównie w miesiącach wiosennych (w pld. Polsce w tych miesiącach temp. wody równa jest średniej rocznej temp. powietrza).
- ▶ Dane klimatyczne z Wyżyny Krakowskiej wskazują:
 - średnioroczna temperatura: $7 \div 8^{\circ}\text{C}$
 - średnia temperatura wiosny: $7 \div 9^{\circ}\text{C}$
 - temperatura strumienia: $7 \div 12^{\circ}\text{C}$

Obecne tło klimatyczne (Indie)

- ▶ Klimat: tropikalny (ciepły, wilgotny), z sezonowymi pd-wsch. monsumami.
- ▶ Średnioroczne wytrącanie się wapnia: 150 ÷ 200 mm (gł. w miesiącach monsumowych: czerwiec ÷ październik)
- ▶ Zakresy temperatur powietrza:
 - zima: min. 8 ÷ 12°C i max. 25 ÷ 28°C
 - lato: min. 25 ÷ 28°C i max. 36 ÷ 42°C
- ▶ Zakresy temperatur wody podczas wytrącania się tuf:
 - zima: 19 ÷ 20,5°C (grudzień – styczeń)
 - lato: 27,5 ÷ 29°C (kwiecień – maj)
- ▶ Osadzanie się tuf ma miejsce gł. podczas wiosny (luty, marzec) i lata (kwiecień, maj – osadzanie nieznaczne)
- ▶ Szybkość sedymentacji: 1mm ÷ nieco ponad 1cm/rok

Odzwierciedlenie historii w $\delta^{13}\text{C}$

- ▶ Wzbogacanie węglanów w ciężki izotop węgla może być wywołane przez częściowy brak równowagi pomiędzy HCO_3^- w wodzie i atmosferycznym CO_2 podczas wytrącania.
- ▶ Wymiana CO_2 przy zachowaniu równowagi \rightarrow długi czas przebywania wody w niecce \rightarrow wody stojące (np. jezioro).
- ▶ Geomorficzne uwarunkowania osadów tuf wskazują na niski czas przebywania i duże turbulencje wody.

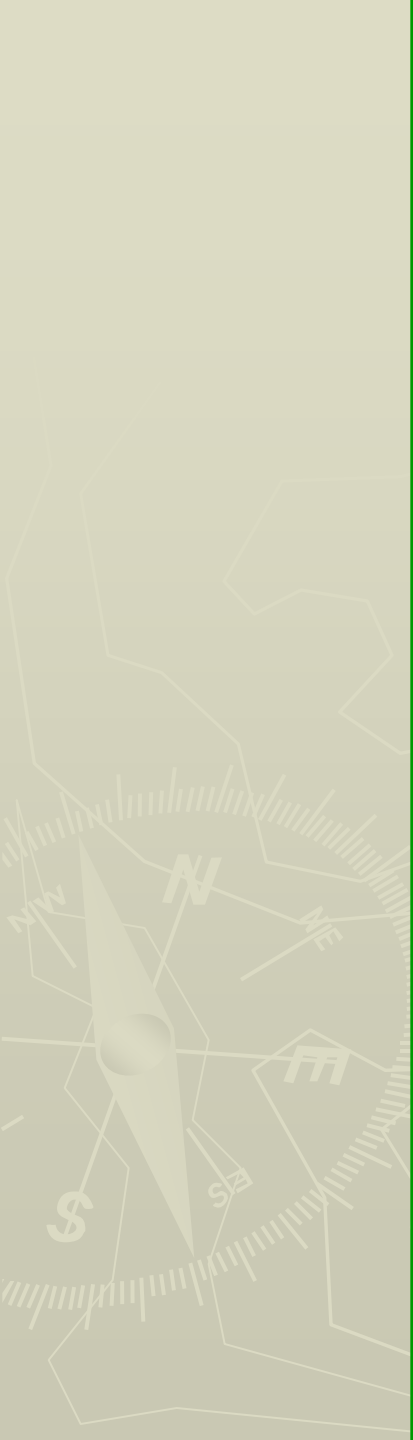
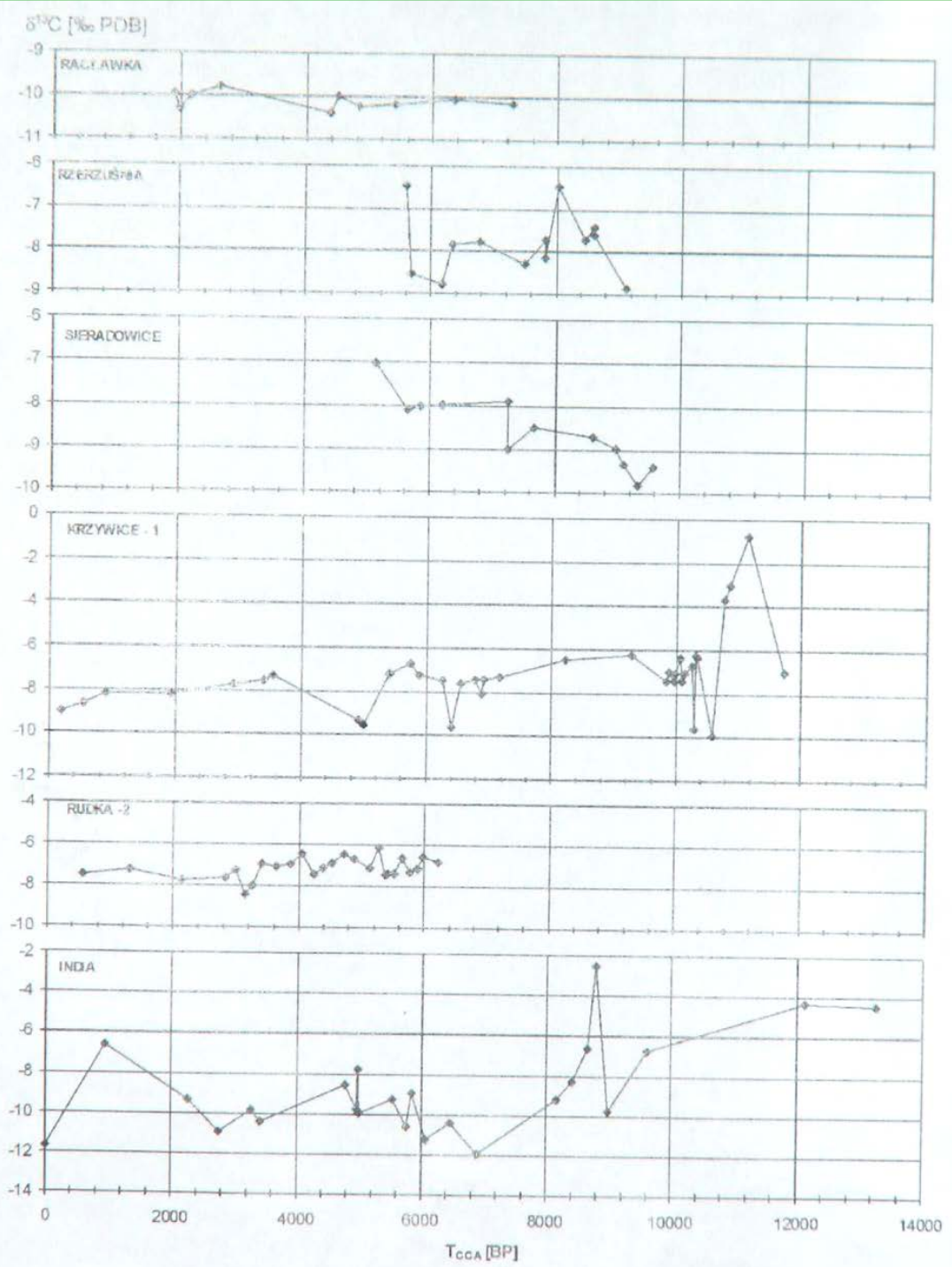


Częściowy brak równowagi
podczas wytrącania.

- ▶ Wzbogacanie w ciężki izotop może być uwarunkowane przez fotosyntezę roślin, które preferują lżejszy węgiel (^{12}C) pozostawiając HCO_3^- wzbogacone w ^{13}C .
- ▶ Fotosyntetyczne usuwanie CO_2 wymaga jednak dłuższych czasów przebywania wody w zbiorniku.
- ▶ Tufy pochodzenia indyjskiego wydzielane są do zbiorników z krótkim czasem przebywania wód.

Fotosynteza może jedynie lokalnie być znacząca, w zależności od ilości biomasy, zwłaszcza tam gdzie prosperują razem cyjanobakterie lub glony i mchy.

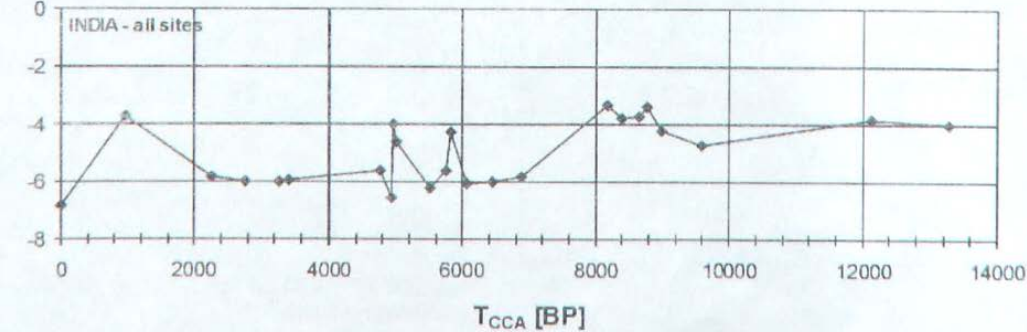
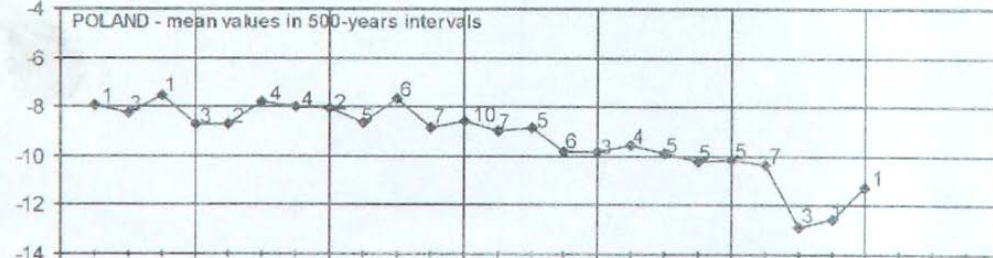
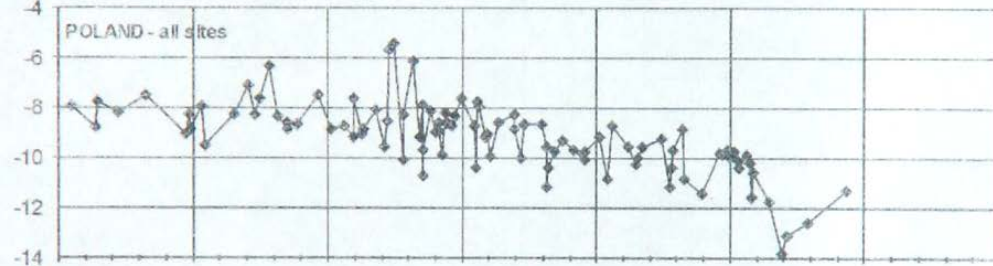
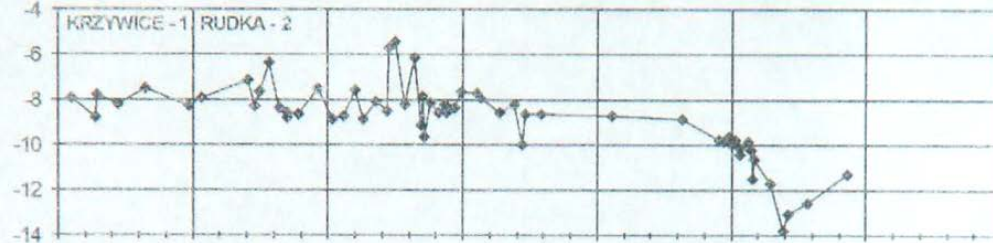
- ▶ Wartości $\delta^{13}\text{C}$ w polskim tufie zawierają się w przedziale $-10,5\text{‰} \div -6\text{‰}$ dla ostatnich 10.600 lat.
- ▶ Znacząco wyższe wartości obserwowane są w przypadku Krzywicz-1 → dłuższy zapis czasu: 11.800 ÷ 10.800 BP.
- ▶ Wartości $\delta^{13}\text{C}$ w indyjskim tufie zawierają się w przedziale $-2,5\text{‰} \div -11,7\text{‰}$ dla całego okresu od 13.500 BP do czasów obecnych.
- ▶ Zakres wartości $\delta^{13}\text{C}$ w tufie z Polski i Indii jest zgodny z wytrącaniem osadu z wody słodkiej i sugeruje obecność izotopowo lżejszego węgla organicznego.
- ▶ Jony wapnia Ca^{++} pochodzą z wietrzenia krzemianów (plagioklasy, pirokseny).



Badania $\delta^{18}\text{O}$, temperatura sedimentacji tuf

- ▶ Krzywa paleotemperatury została skonstruowana na podstawie:
 - skali czasu zrekonstruowanej przy użyciu datowania radiowęglowego,
 - interpretacji stabilnych izotopów węgla,
 - interpretacji stabilnych izotopów tlenu.
- ▶ Krzywa opisuje średnioroczne zmiany temp. dla pld. Polski w okresie 2000 ÷ 9600 BP.
- ▶ Wahania w wartości $\delta^{18}\text{O}$ wskazują na różnice w składzie izotopowym tuf (zależy od temp. wody).
- ▶ Temperatura zimnych wiosennych wód kontynentalnych uwarunkowana jest przez opady deszczu i temp. powietrza.

$\delta^{18}O$ [‰ PDB]



Temp. wytrącania się osadów tufy w Polsce i Indiach

- ▶ Skład izotopowy tlenu w holocenijskich tufach jest użyteczny przy rekonstruowaniu przybliżonych warunków termicznych sedymentacji (temp. wody z której pochodzą węglany).
- ▶ Założenia upraszczające szacowanie temp. sedymentacji na podst. $\delta^{18}\text{O}$:
 - gradient temp. $\delta^{18}\text{O}$ jest niezmienny w procesie wytrącania,
 - efekt frakcjonowania kinetycznego izotopów tlenu jest zależny od temp. sedymentacji.

- Temperaturę t sedymentacji tufy można oszacować na podst. poniższej zależności:

$$(\delta^{18}\text{O})_c = \left[\frac{d(\delta^{18}\text{O})}{dt} \right]_w \cdot t + A + \Delta$$

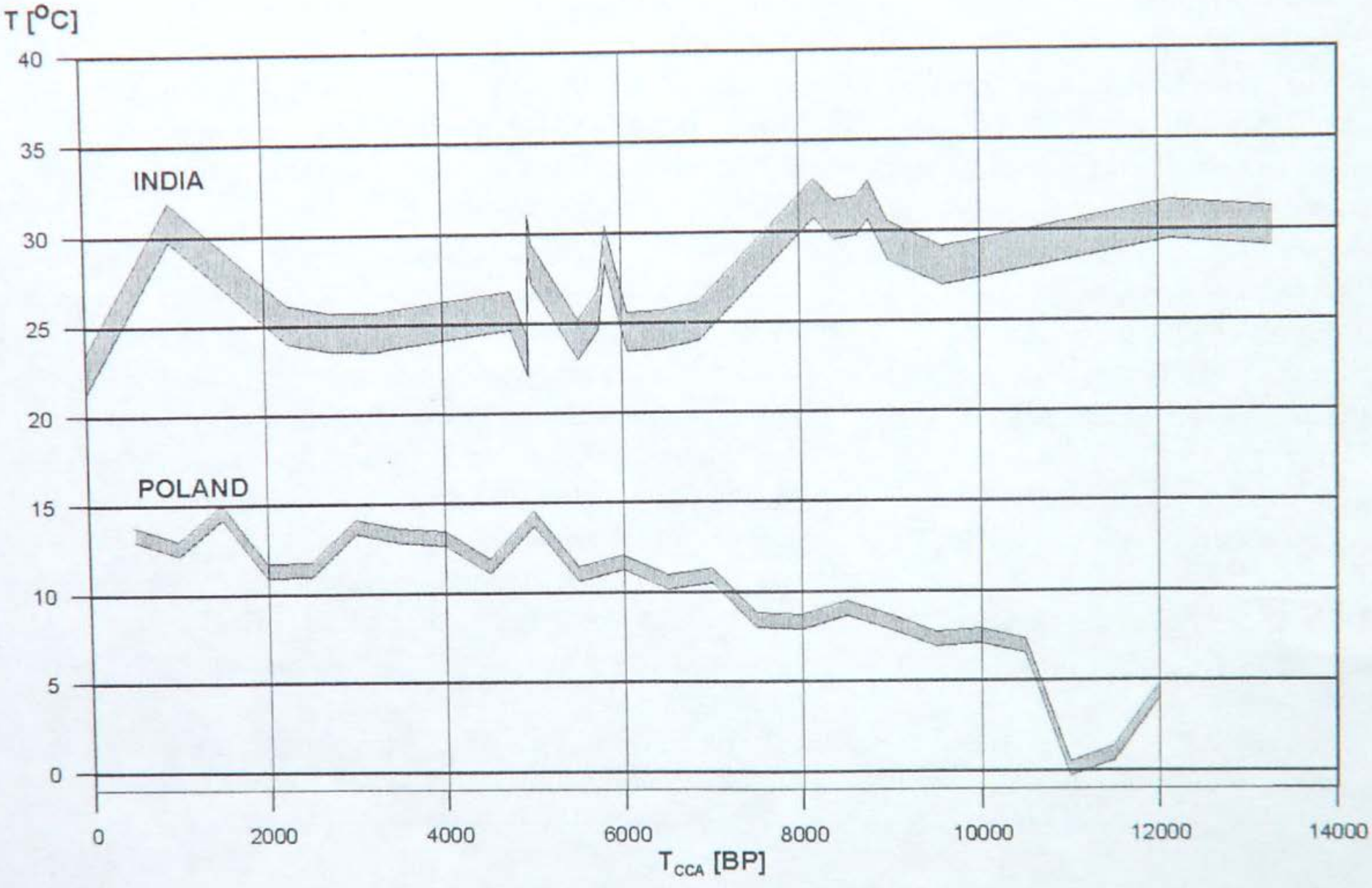
gdzie:

- A – wartość ekstrapolowana $\delta^{18}\text{O}$ dla wody o temp. 0°C ($=-13,0 \pm 0,4\text{‰}$)
- Δ – współczynnik frakcjonowania kinetycznego izotopów tlenu w procesie sedymentacji węglanów (różnica pomiędzy wartością $\delta^{18}\text{O}$ w węglanach (PDB) i tą samą wartością w wodzie, w której osad był deponowany (SMOW)).

wzorzec PDB – szkielety belemnitów pochodzące z kredowej formacji Peedee w południowej Karolinie (USA)

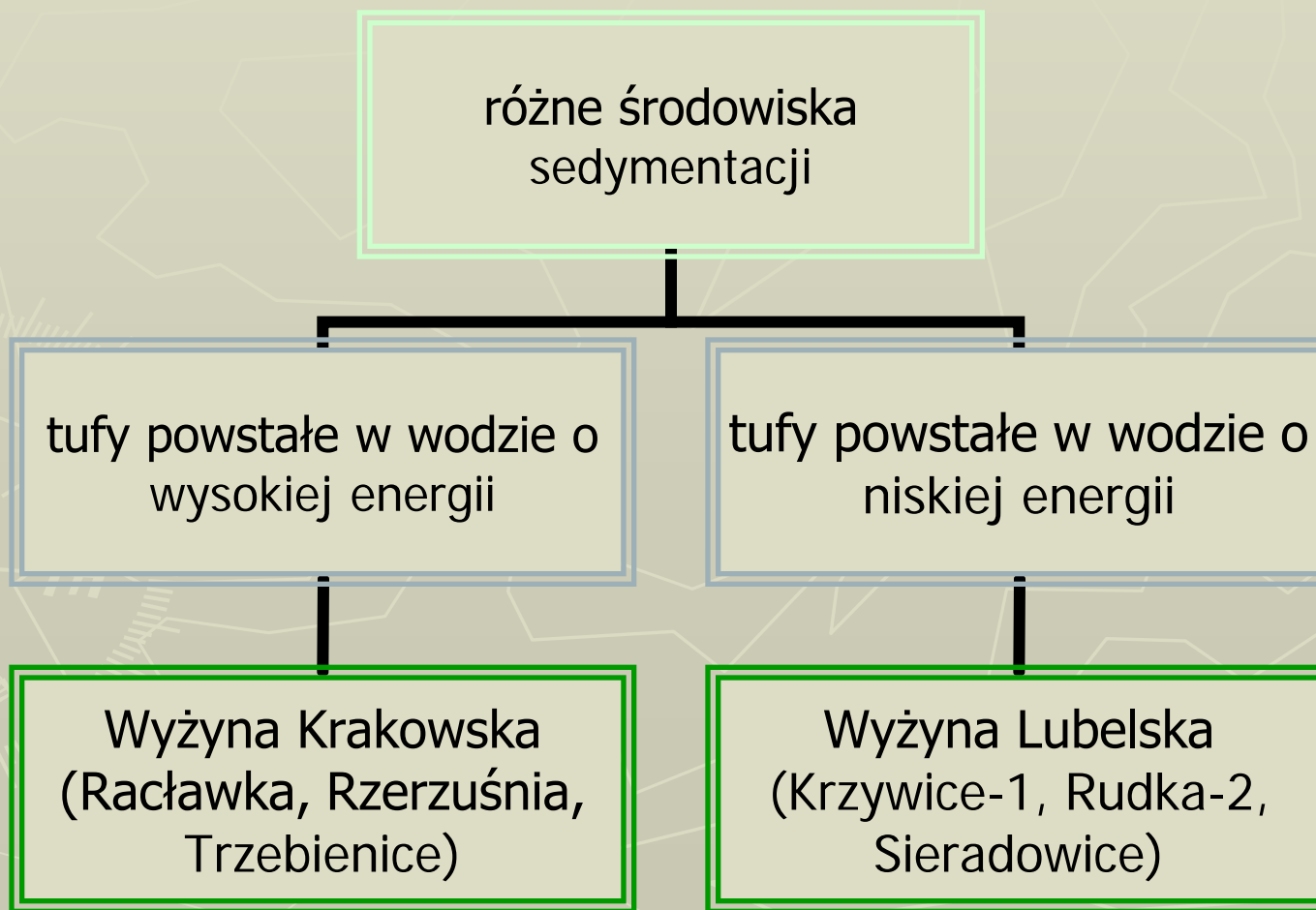
wzorzec SMOW – stosowany w przypadku pomiaru składu izotopowego próbek wodnych, jest to średnia pomiarów składu izotopowego wód wszystkich oceanów

- ▶ Globalny gradient temp. dla regionów przybrzeżnych – $0,72\text{‰}/\text{°C}$ i $0,37\text{‰}/\text{°C}$ dla obszarów kontynentalnych.
- ▶ $\Delta = -1,7 \div -2,5 \text{‰}$ dla południowej Anglii
- ▶ $\Delta = +0,26 \div -0,04 \text{‰}$ dla Niemiec i Europy Centralnej
- ▶ Na podst. powyższych danych oszacowano zapis temp. dla Polski w średnich odstępach 500-letnich.
- ▶ Dla Indii szacowanie było bardziej problematyczne, ponieważ zależność pomiędzy $\delta^{18}\text{O}$ i temp. wytrącania była nieznana.
- ▶ Średnia temp. wód w indyjskich strumieniach wiosną wynosi $28 \div 29\text{°C}$. Wszelkie jej szacowania na podst. $\delta^{18}\text{O}$ przy użyciu różnych kombinacji parametrów (grad $\delta^{18}\text{O}$, Δ) dawały wartości zaniżone.
- ▶ Krzywa rekonstrukcji temperatury:
 - dla Polski: $500 \div 12.000$ lat
 - dla Indii: $0 \div 13.400$ lat
 - W szerokości obu krzywych zawarte są różnice pomiędzy szacowanymi wartościami dla skrajnych wartości Δ .



Ciepłe/suche i mokre/wilgotne okresy holocenu na terenie Polski i Indii

Okresy sedymentacji węglanów rozpoczęły się w różnych czasach w południowej (9.600 BP w Krakowie) i południowo-wschodniej (11.800 BP - Wyżyna Lubelska).

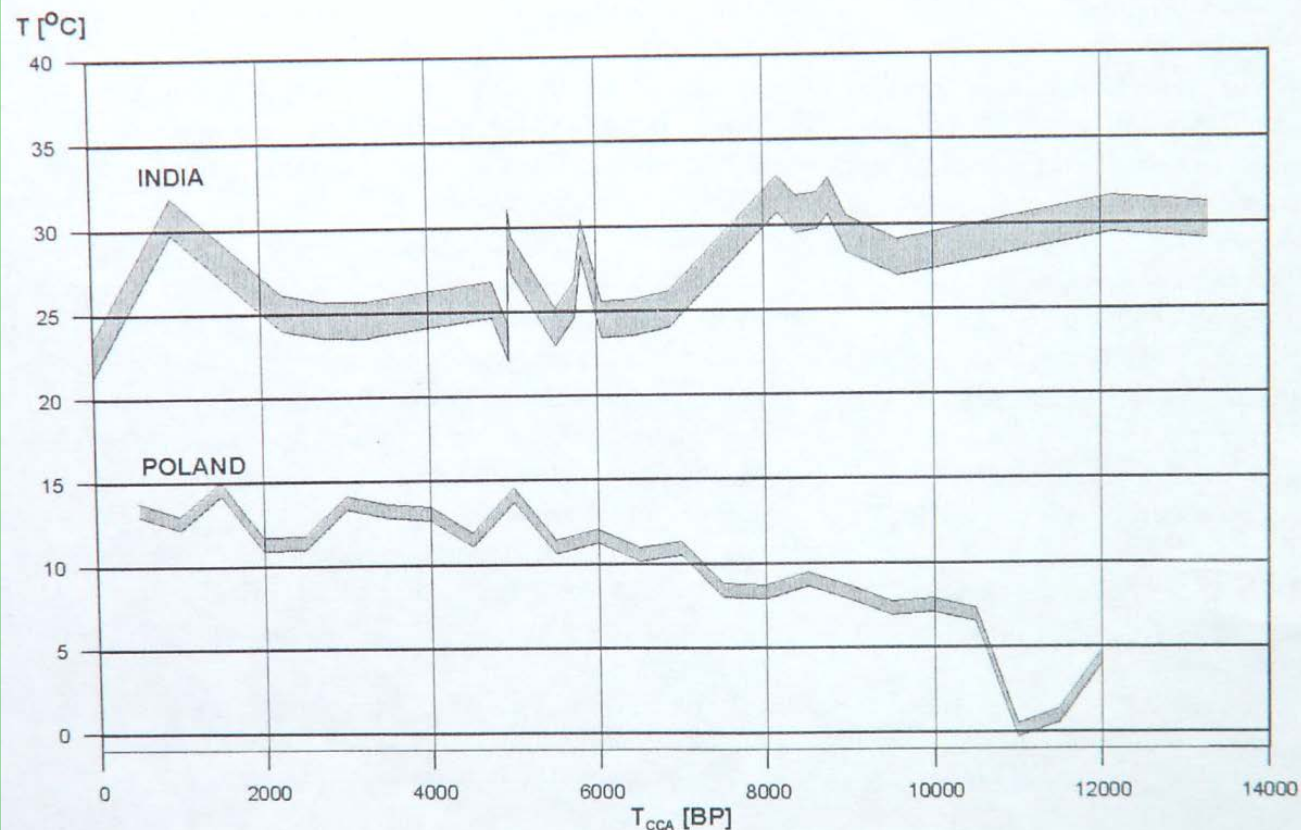


- ▶ Zmiany składu izotopowego tlenu jako funkcja wieku mogą być przekształcone na zapis temperatury.
- ▶ Częstość rozkładu próbek tufy (przypadająca na cały zakres czasowy) może być związana z intensywnością wytrącania, czyli okresami klimatu wilgotnego.
- ▶ Ciepłe i wilgotne okresy są szczególnie korzystnymi warunkami dla depozycji tufy.
- ▶ Dla Polski krzywa jest bardziej wiarygodna niż dla Indii (zawiera więcej punktów: 99 dla Polski i 24 dla Indii).
- ▶ Krzywe różnią się swymi początkami.
- ▶ Dla Indii i dla Polski występują odcinki o przeciwnym trendzie zmian.
- ▶ Częstość próbek z ciepłych okresów jest największa → duża wilgotność klimatu.

► Podobne kierunki zmian $\delta^{18}\text{O}$ dla obu krzywych występują w następujących okresach:

- niskie wartości (wskazują na chłodny klimat): 9600-9400, 8000-7500, 5800-5200, 4500-4200, 2500-1800 BP,
- wysokie wartości (okresy ciepłe): 9200-8200, 6200-4500 (z kilkoma fluktuacjami), 1800-500 BP,
- 1000 BP – czasy obecne: temperatura spadała aż do 23°C w Indiach i 9°C w Polsce.

► Ponieważ występuje odpowiednia różnica w położeniu geogr. Polski i Indii, można mówić o globalnym charakterze występowania okresów ciepłych i chłodnych.



Wnioski

- ▶ Zapisy $\delta^{18}\text{O}$ w tufach wapiennych, w oparciu o radiowęglową skalę czasu, dostarczają nam informacji na temat zmian temperatury w:
 - ostatnich 12.000 lat w płd.-wsch. Polsce
 - ostatnich 13.500 lat w Indiach
- ▶ Zrekonstruowane wartości temp. są realistyczne i mają swoje odbicie w średniorocznej temp. powietrza.
- ▶ Średnioroczna temp. wody jest kilka stopni niższa niż średnioroczna temp. powietrza.
- ▶ Ogólny trend zmian temp. dla obu krajów jest przeciwny.
- ▶ Występuje kilka chłodnych i ciepłych okresów w tych samych przedziałach wiekowych dla Polski i Indii, co wskazuje nam na ich globalny charakter.

Bibliografia

- ▶ *„ $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ time record and palaeoclimatic implications of the holocene calcareous tufa from south-eastern Poland and eastern India (Orissa)” – A. Pazdur, R. Dobrowolski, T. Durakiewicz, N. Piotrowska, M. Mohanti and S. Das*

