

Radiocarbon time scale for deposition of holocene calcereous tufa from Poland and India (Orissa)

Krzysztof Pach
Fizyka techniczna
Sem. IX

Plan prezentacji:

- Wprowadzenie
- Klasyfikacja martwic wapiennych
- Efekt rezerwuarowy w datowaniu martwic:
- Stanowiska:
 - Krzywice-1 i Rudka-2
 - Orissa, Eastern India
- Wyniki datowania ^{14}C i pomiarów $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$
- Podsumowanie

Wprowadzenie

- Martwice wapienne są słodkowodnymi osadami węglanowymi, na których depozycję wpływają procesy fizyko-chemiczne i biologiczno-chemiczne.
- Rzetelność ich datowania ^{14}C zależy od liczby czynników, które wystąpiły podczas procesu sedymentacji.
- Frakcjonowanie izotopowe podczas procesu wynika z czynników które, ustaliły początkową koncentrację w węglanach.
- Dzięki badaniom izotopowym wód gruntowych, możemy uzyskać kilka informacji o tym procesie. Badania te pozwoliły stworzyć kilka różnych modeli, które przybliżają początkową aktywność ^{14}C w jonach HCO_3^- rozpuszczonych w wodzie. Jednak ze względu na złożoność procesów fizykochemicznych zachodzących i liczbę czynników mogących wpływać na proces sedymentacji, bezpośrednie ich zastosowanie jest niesatysfakcjonujące.

Wprowadzenie

- Wszystkie badane martwice wapienne, pobrane w różnych regionach, wykazywały zubożenie w izotop ^{14}C w momencie ich depozycji. Powoduje to błąd systematyczny dat radiowęglowych podczas badań frakcji węglanowych, zwany wiekiem rezerwuarowym.
- Standardowy wiek ^{14}C próbek jest „starszy” niż prawdziwy wiek radiowęglowy. Wartość wieku rezerwuarowego jest połączona z otoczeniem w jakim zachodziła depozycja.
- W strumieniach z szybkim, turbulentnym przepływem osady mają wiek rezerwuarowy większy niż 4000 lat. Przy przepływie spowolnionym i zmiennym wiek ten ma mniejsze wartości 2500-2100 lat. Dla wody stojącej wartość ta jest mniejsza niż 1000 lat.

Klasyfikacja martwic wapiennych:

- Spring tufa – wytracająca się przy silnym, turbulentnym przepływie wody (oncoïds, stromatolites, moss travertines)
- Tufa (oncoïds , moss travertines) i paleoidal calcereous muds – powstają przy niskim i zmiennym przepływie
- Calcereous muds – wytracają się w płytkich, basenach ze stojącą wodą przy sedymentacji semilimnicznej
- Water tufa - wytracająca się przy turbulentnym przepływie; obejmuje: stromatolic tufa, phytohermal (moss) tufa, phytoclastic tufa i okazjonalne pisolids
- Slope tufa – powstaje w warunkach z zakłóconym przepływem strumienia wody; obejmuje stromatolic tufa, phytothermal tufa i phytoclastic tufa
- Low gradient stream channel margin tufa – wytrąca się przy niskim lub zmiennym przepływie; obejmuje stromatolic tufa i coated pebbles

Efekt rezerwuarowy w datowaniu martwic

- Standardowy wiek radiowęglowy (T_C) węglanów określony jest jako stosunek zmierzonej aktywności ^{14}C (A) w próbce do aktywności ^{14}C we współczesnej biosferze (A_{0X}), jest większy niż rzeczywisty wiek osadów. Powodem tego jest zubożenie początkowego ^{14}C w wytrąconym węglanie w odniesieniu do biosfery.

$$T_C = -8033 \times \ln\left(\frac{A}{A_{0X}}\right)$$

- Różnica pomiędzy T_C a rzeczywistym wiekiem jest opisana przez tzw. „wiek rezerwuarowy” T_R . Wartość T_R jest powiązana z początkową aktywnością ^{14}C węglanów (A_0) i rozcieńczeniem izotopowym (q) poprzez równanie:

$$T_R = -8033 \times \ln\left(\frac{A_0}{A_{0X}}\right) = -8033 \times \ln q$$

Efekt rezerwuarowy w datowaniu martwic

- Rzeczywisty standardowy wiek radiowęglowy T_{CCA} jest opisany przez:

$$T_{CCA} = T_C - T_R$$

- Warunki określające wytrącanie słodkowodnych węglanów powinny być odzwierciedlone w kompozycji izotopowej węgla ($\delta^{13}C$, A_o) w węglanie i powinny mieć wpływ na wartość T_R . Mierzoną wartością jest T_C i oczekiwana jest zależność pomiędzy T_C i $\delta^{13}C$
- Zakładając, że wiek szczątków organicznych odzwierciedla faktyczny wiek osadu węglanowego, możemy zdefiniować wiek rezerwuarowy T_R poprzez:

$$T_R = T_C - T_{ORG}$$

- Ustalona wartość T_R dla profilu martwic, razem ze znajomością $\delta^{13}C$ może zostać wykorzystana do wyznaczenia rzeczywistego wieku poziomemu martwic na podstawie pomiarów T_C

Efekt rezerwurowy w datowaniu martwic

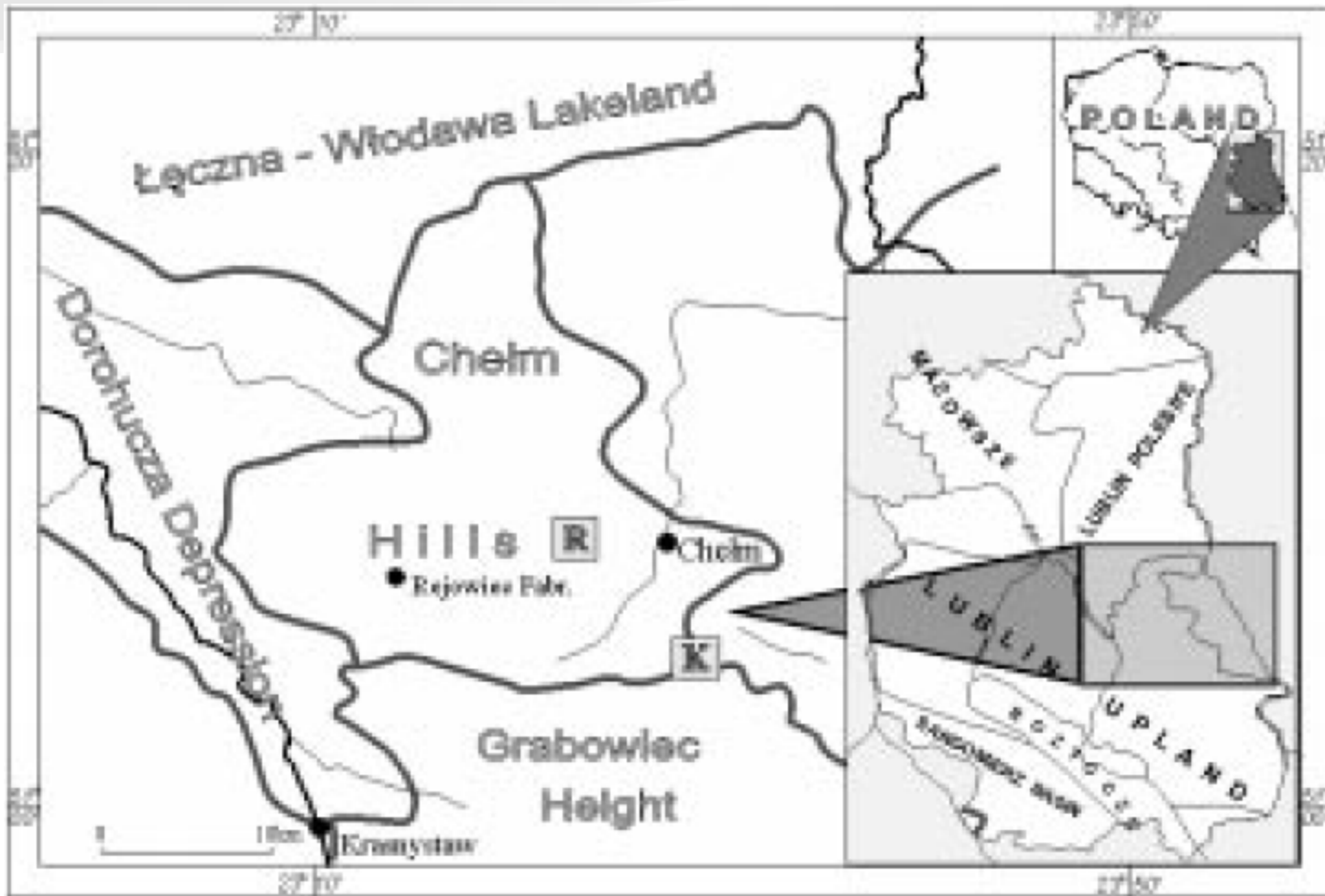
- Do wyznaczenia wielkości wieku rezerwurowego, relacja pomiędzy T_C i $\delta^{13}C$ może zostać wykorzystana w zależności charakterystycznej dla wytrącania spring tufa (wysoka energia wody)

$$T_R = (13,50 \pm 3,27) + (0,96 \pm 0,34) \times \delta^{13}C [kyr]$$

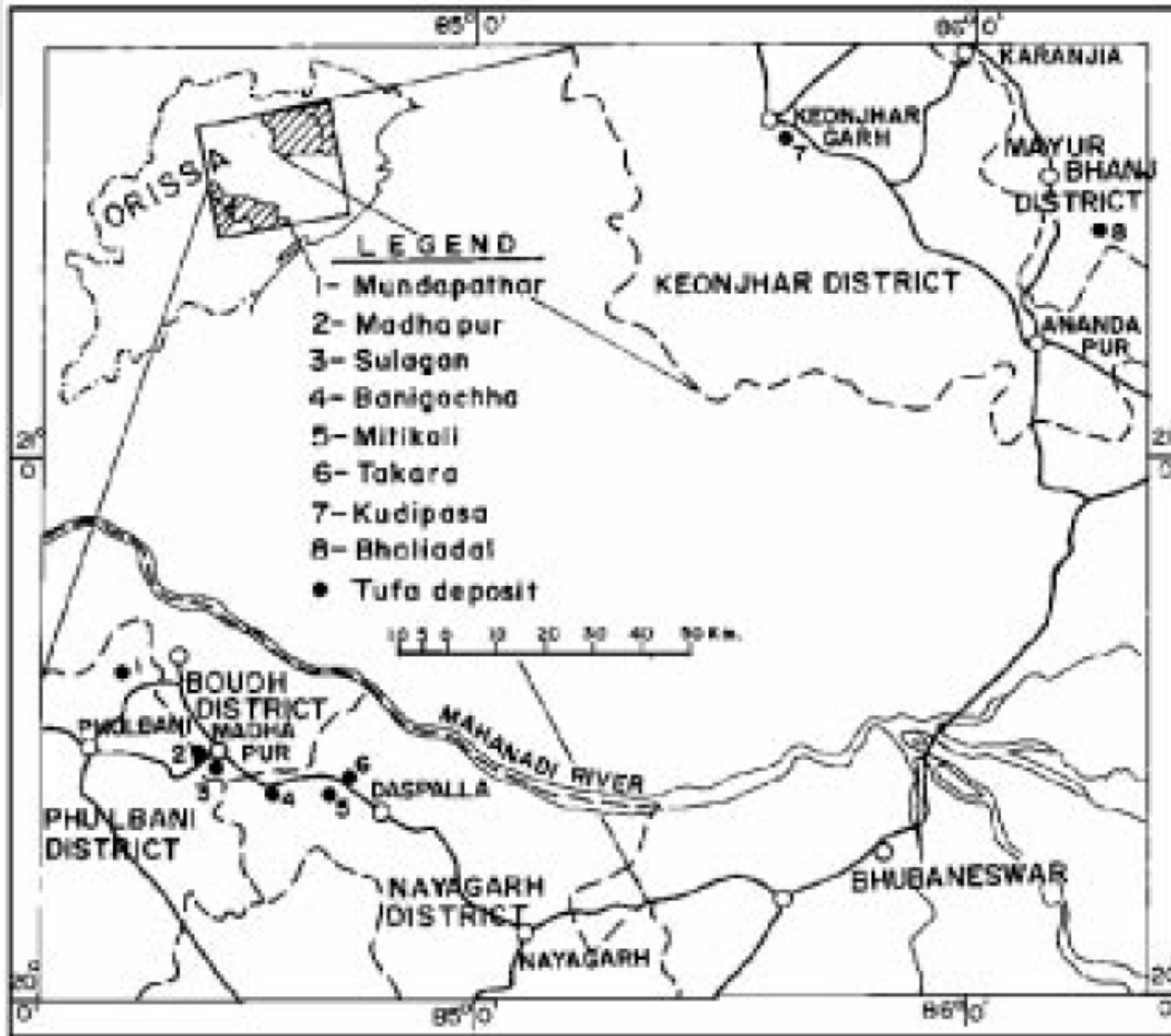
- lub charakteryzującego tufa (przeciętna lub niska energia wody):

$$T_R = (4,41 \pm 0,98) + (0,25 \pm 0,11) \times \delta^{13}C [kyr]$$

Stanowiska: Krzywice-1 i Rudka-2



Stanowiska: Orissa, Eastern India



Wyniki datowania ^{14}C i pomiarów $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$

- datowanie ^{14}C – wszystkie próbki zmierzono wykorzystując liczniki proporcjonalne wypełniane CO_2 . Wiek radiowęglowy T_C lub T_{ORG} są unormowanymi wiekami ^{14}C węglanów (T_C), a materia organiczna została znormalizowana do $\delta^{13}\text{C} = -25\%$
- $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ – pomiary stabilnych izotopów z polski zostały wykonane na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej W Lublinie. Natomiast dla próbek z Indii na Uniwersytecie Kalifornii. Wartości $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ zostały wyrażone w stosunku do standardu PDB

Wyniki datowania ^{14}C i pomiarów $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$

Table 1. Results of radiocarbon dating of carbonate (T_C) and organic fraction (T_{ORG}), $\delta^{13}\text{C}$ measurements and estimation of reservoir effect (T_R) and corrected carbonate age (T_{CCA}) of organic sediments and tufa samples from Polish sites.

Sample	Depth [m]	Lab.No. Gd-	F	T	T_C, T_{ORG} [BP]	$\delta^{13}\text{C}$ [‰ PDB]	T_R [years]	T_{CCA} [BP]
Rudka-2								
R2 - 1	4.20-4.10	10655	O	TF	8700 ± 180			
R2 - 2	3.21-3.09	10642	C	CM	7130 ± 190	-6.57	1360 ± 130	5770 ± 120
R2 - 3	3.09-3.01	10651	C	CM	6980 ± 180	-6.57	1360 ± 130	5620 ± 160
R2 - 3	3.09-3.01	10649	O	PT	5620 ± 160			
R2 - 4	2.80-2.70	10645	C	CM	7670 ± 150	-7.39	1780 ± 220	5890 ± 270
R2 - 4	2.80-2.70	9816	O	PT	5890 ± 270			
R2 - 5	0.92-0.87	10646	C	CM	2720 ± 140	-7.74	500 ± 140	2220 ± 190
R2 - 5	0.92-0.87	9801	O	PT	2220 ± 190			
R2 - 6	0.87-0.82	10659	C	CM	2870 ± 140	-7.74 (*)		
R2 - 7	0.82-0.74	7980	C	CM	3080 ± 70	-7.74 (*)		
R2 - 8	0.74-0.71	9797	C	CM	3530 ± 210	-7.25	1780 ± 150	1750 ± 180
R2 - 8	0.74-0.71	9807	O	PT	1750 ± 180			
R2 - 9	0.71-0.65	10663	C	CM	2980 ± 140	-7.25	1780 ± 150	1200 ± 110
R2 - 10	0.48-0.37	7983	C	CM	2190 ± 60	-8.27	1860 ± 120	330 ± 220
R2 - 10	0.48-0.37	9809	O	PT	330 ± 220			

F = fraction of the sample; C, O = carbonate and organic fraction; (*) = assumed $\delta^{13}\text{C}$ values in carbonate fraction; in organic fraction $\delta^{13}\text{C} = -25\text{‰}$ was assumed. Type of sediment: TF = tufa, PT = peat, H = humus/soil, CM = calcareous mu

Wyniki datowania ^{14}C i pomiarów $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$

- Odtworzenie pełnego zapisu $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ wymaga skonstruowania oddzielnych skal czasowych.
- Dla Krzywice-1 zależność T_{CCA} od głębokości wygląda następująco:

$$T_{CCA} = -251,95 \times d^2 + 3924 \times d - 2082,9[\text{yearsBP}]$$

- Natomiast dla profilu Rudka-2:

$$T_{CCA} = -374,62 \times d^3 - 2748,1 \times d^2 + 7670,5 \times d - 2630,6[\text{yearsBP}]$$

Table 3. Values of unknown corrected radiocarbon ages T_{CCA} of samples analysed on $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$ from Krzywice and Rudka sites (Poland), estimated on the basis of approximation of T_{CCA} as function of depth, described by Eqs (5.7) and (5.8).

Krzywice			
Depth [m]	T_{CCA} [BP]	$\delta^{13}C$ [‰, PDB]	$\delta^{18}O$ [‰, PDB]
0,6	180	-9,04	-7,95
0,7	540	-8,68	-8,76
0,8	894	-8,17	-8,22
1,1	1927	-8,21	-8,27
1,4	2915	-7,75	-8,29
1,55	3392	-7,52	-8,81
1,6	3548	-7,33	-8,65
2,05	4898	-9,35	-5,68
2,08	4985	-9,58	-5,4
2,23	5410	-7,16	-7,88
2,35	5742	-6,71	-8,18
2,4	5878	-7,24	-8,34
2,54	6252	-7,49	-7,95
2,6	6410	-9,61	-3,18
2,65	6539	-7,58	-8,6
2,74	6770	-7,44	-8,23
2,78	6871	-8,08	-9,98
2,8	6921	-7,43	-8,63
2,9	7169	-7,32	-8,63
3,35	8224	-6,47	-8,7
3,85	9275	-6,23	-8,83
4,14	9827	-7,43	-9,8
4,17	9882	-7,01	-9,84
4,21	9954	-7,4	-9,65
4,23	9990	-7,07	-9,93
4,27	10061	-6,36	-9,75
4,29	10096	-7,41	-10,06
4,31	10131	-7,09	-10,4
4,38	10252	-6,74	-9,88
4,4	10286	-9,6	-10,21
4,42	10319	-6,24	-11,53

4,43	10336	-6,34	-10,61
4,58	10583	-9,95	-11,72
4,7	10772	-3,67	-13,78
4,75	10849	-3,04	-13,1
4,95	11143	-0,77	-12,55
5,4	11731	-7,03	-11,27

Rudka			
Depth [m]	T_{CCA} [BP]	$\delta^{13}C$ [‰, PDB]	$\delta^{18}O$ [‰, PDB]
0,5	564	-7,52	-7,75
0,65	1297	-7,25	-7,5
0,85	2134	-7,74	-7,93
1,05	2827	-7,64	-7,12
1,1	2980	-7,25	-7,61
1,15	3126	-8,44	-6,34
1,2	3264	-7,99	-8,33
1,25	3395	-6,96	-8,55
1,35	3638	-7,06	-7,49
1,45	3856	-6,96	-8,84
1,55	4051	-6,43	-8,73
1,65	4227	-7,46	-7,6
1,75	4384	-7,15	-8,85
1,85	4526	-6,87	-8,09
2	4715	-6,46	-8,53
2,15	4881	-6,66	-8,23
2,4	5128	-7,12	-6,11
2,55	5271	-6,1	-9,14
2,65	5369	-7,41	-9,67
2,7	5420	-7,39	-8,15
2,8	5525	-7,4	-8,59
2,9	5639	-6,6	-8,58
3	5763	-7,29	-7,64
3,1	5899	-7,13	-7,72

Wyniki datowania ^{14}C i pomiarów $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$

Table 2. Results of radiocarbon dating of carbonate (T_C) and organic fraction (T_{ORG}), stable isotope measurements ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$) and estimation of reservoir effects (T_R) and corrected carbonate ages (T_{CCA}) of tufa samples for sites from India.

Sample	Lab. No. Gd-	F/T, WE	T_C, T_{ORG} [BP]	$\delta^{13}\text{C}$ [‰] PDB]	$\delta^{18}\text{O}$ [‰] PDB]	T_R [years] (5)	T_R [years] (6)	T_{CCA} [BP] (5)	T_{CCA} [BP] (6)
Regional samples									
BA-1		C/ST, L		-10.74 (-10.95)	-5.02 (-5.05)				
MA-1	12067	C/ST, M	10970 ± 90	-9.74	-4.23	4150	1980	6820	8990#
MB-4	12061	C/ST, M	19850 ± 290	-2.52	-3.39	11080	3780	8770#	16070
MB-5	12058	C/PHT, M	12780±140	?	?				
MBS-5	11385	C/ST, M	220 ± 90	-11.67	-6.82	2300	1490	MOD	MOD
MI-1	11375	C/ST, M	10750 ± 210	-8.26	-3.79	5570	2350	5180	8400#
MUC-1	12068	C/ST, H	9370 ± 100	?	?				
TA-2		C/ST, L		-7.81	-4.0				

F = fraction of the sample; *C, O* = carbonate and organic fraction; *MOD* = modern; (*) = assumed $\delta^{13}\text{C}$ values in organic fraction; (5) and (6) indicate the number of equation in chapter 2, used for estimation of T_R (and T_{CCA}); (#) = estimated ages of tufa carbonate fraction giving the best stratigraphy of sediments. Type of tufa samples *T*: *P* = Pisoid, *PCT* = Phytoclastic tufa, *PHT* = Phytohermal (moss) tufa, *S* = Sinter/flowstone, *ST* = Stromatolitic tufa, *H* = Humus/soil. Name of regional samples: *BA* = Banigocha, *MA* = Madhapur, *MB* = Bhaliadal, *MI* = Mitikoli, *MUC* = Mundapathar, *TA* = Takara. Water energy *WE*: *H* = High, *M* = Moderate, *L* = Average and Low.

Wyniki datowania ^{14}C i pomiarów $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$

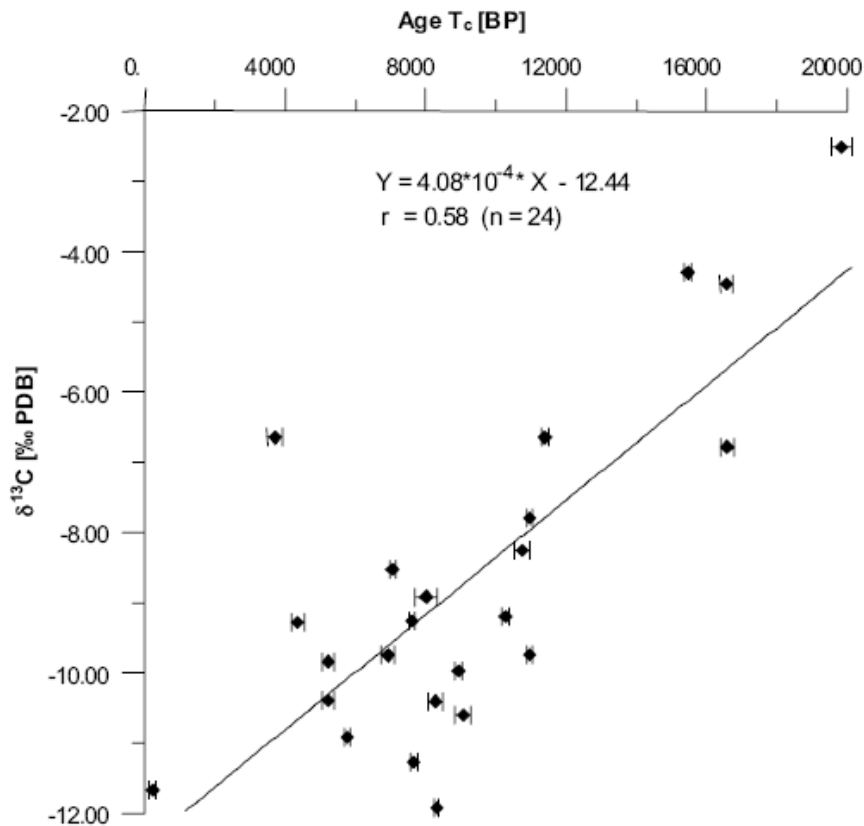


Fig. 7. Dependence of $\delta^{13}\text{C}$ upon T_c for all investigated profiles from the Eastern India (Orissa) sites. Straight line is described by equation shown in Figure. n - number of experimental points, r - correlation coefficient.

Table 4. Parameters of the least squares lines described by Eq. (5.9). a_{0c} and a_{1c} - least square estimates of the coefficients of straight line (Figs 7 and 8); r - correlation coefficient; n - number of experimental points.

Profile	a_{0c} [‰]	a_{1c} [‰/kyr]	r	N
Kudipasa	0.00043	-0.0123	0.45	4
Mundapathar	-0.00022	-0.0086	0.12	11
Sulagan	-0.00015	-0.0070	0.08	5
Regional samples	0.00045	-0.0128	0.86	4
All samples	0.00041	-0.0124	0.58	24

Podsumowanie

- Przybliżenie wieku ^{14}C martwica wapiennych i wieku rezerwuarowego T_R zależy od typu sedimentacji.
- Zostało to wykonane na 2 różne sposoby:
 - Porównanie konwencjonalnego wieku radiowęglowego węglanu z próbek frakcji organicznej z profilu dało możliwość wyznaczenia wieku rezerwuarowego T_R , a to pozwoliło na wyznaczenie skorygowanego wieku konwencjonalnego T_{CCA} dotyczącego tylko frakcji węglanowej. Nieliniowa zależność pomiędzy T_{CCA} , a głębokością próbek została wykorzystana do wyznaczenia T_{CCA} próbek przeznaczonych do analizy $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{18}\text{O}$ (Rudka-2, Krzywice-1)
 - Gładka zależność pomiędzy $\delta^{13}\text{C}$ i T_C dla martwic wytrąconych w warunkach szybkiego wysokiej energii wody, została wykorzystana do wyznaczenia T_{CCA} datowanych próbek. Przy czym model wykorzystany w obliczeniach ma charakter empiryczny i daje jedynie przybliżone wyniki

