

Badania paleomagnetyczne w seriach wierchowych Tatr

Jacek Grabowski*

Badania paleomagnetyczne w Tatrach dotychczas były prowadzone wyłącznie na obszarze serii reglowej dolnej. Charakterystyczne kierunki namagnesowania, z czerwonych radiolarytów i wapieni jury środkowej i górnej jednostek Bobrowca i Hawrania [6], zostały zinterpretowane jako pierwotne (tzn. bliskie czasowi powstania skały) i nie wskazywały na znaczące rotacje, w stosunku do stabilnej platformy epiwarwaryjskiej.

Przeprowadzone ostatnio badania radiolarytów z łuski Gładkiego Uplaziańskiego [5], również generalnie potwierdziły wyniki poprzednich badań, jakkolwiek namagnesowanie radiolarytów — z pewnością przedfałdowe — może być namagnesowaniem wtórnym. Tymczasem, rezultaty badań paleomagnetycznych z Karpat Zachodnich — zarówno zewnętrznych jak i wewnętrznych — wykazują istnienie znacznych, przeważnie lewoskrętnych rotacji, formacji mezozoicznych i paleogeńskich [11, 12, 17, 18, 20]. Rotacje te uważa się za charakterystyczne, raczej dla domeny gondwańskiej lub adriatyckiej.

Część współczesnych rekonstrukcji paleotektonicznych umieszcza Tatry na północnym szelfie płyty adriatyckiej (np. [21–23]). Koncepcja taka jest sprzeczna z danymi paleomagnetycznymi, uzyskanymi nie tylko na obszarze Tatr, ale również w Górach Choczańskich, Niżnych Tatrach i Drużbakach (Magura Spiska) [14]. Dane te są raczej zgodne z modelem Książkiewicza [15], który zakłada,

że obszary sedimentacji fliszu Karpat zewnętrznych, utworów Pienińskiego Pasa Skałkowego oraz serii wierchowej i reglowej należały do płyty europejskiej. Również w niektórych nowszych pracach (np. [10, 24]) wyrażany jest pogląd, że obszar północnych Alp i Karpat leżał na północ od ryftu Neotetydy i nie był częścią półwyspu adriatyckiego.

Znaczenie wyników paleomagnetycznych z obszaru wewnętrznych Karpat Zachodnich osłabia fakt, że pochodzą one wyłącznie z allochtonicznej serii reglowej dolnej (kriżniańskiej). Dlatego też, podjęto badania tatrzańskich serii wierchowych, a w szczególności serii para-autochtonicznych, leżących w kontakcie sedimentacyjnym na paleozoicznym trzonie krystalicznym. Prezentowane tutaj wstępne wyniki badań pochodzą z następujących skał i odsłoneń (ryc. 1):

1) czerwone wapienie piaszczyste (baton, formacja wapienia z Krupianki [16]), Wąwóz Kraków, para-autochton, seria Wąwozu Kraków [8], pozycja tektoniczna (azymut linii upadu/upad) 16/62,

2) szare wapienie organodetrytyczne urgonu (barremapt, formacja wapienia z Wysokiej Turni [16]) u wylotu Wąwozu Kraków, para-autochton, seria Kominów Tylkowych [8], pozycja tektoniczna 45/50,

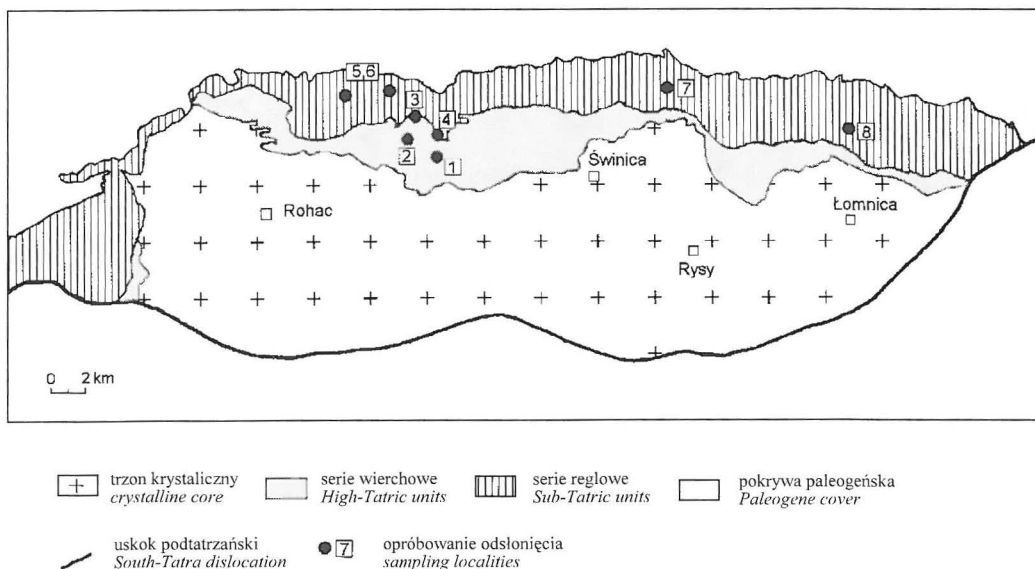
3) czerwone i szare wapienie, (kelowej/oksford, formacja wapienia z Raptawickiej Turni [16]) z Bramy Kraszewskiego w Dolinie Kościeliskiej, seria Czerwonych Wierchów, jednostka Organów [9], pozycja tektoniczna 24/10.

Wyniki

Rezultaty rozmagnesowania typowych próbek przedstawia ryc. 2.

Charakterystyczna pozostałość magnetyczna z odsłoneń 1 jest oparta na jednej składowej (ryc. 2a). Składowa ta jest stabilna podczas rozmagnesowania termicznego do temperatury 620–640°C, co świadczy, że nośnikiem pozostałości magnetycznej jest hematyt.

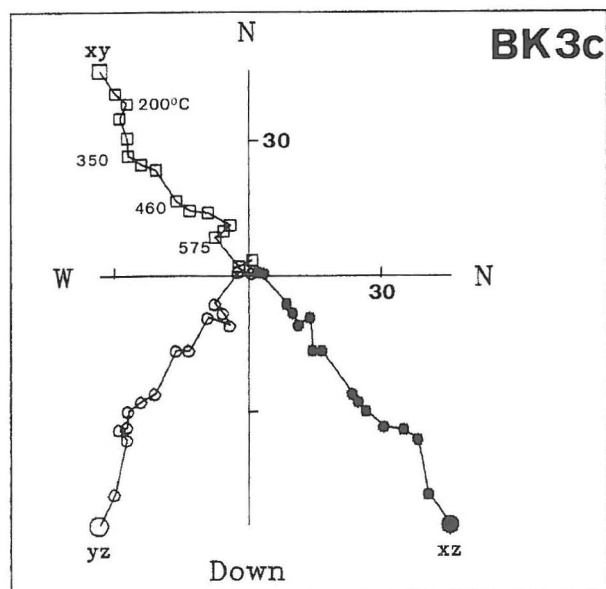
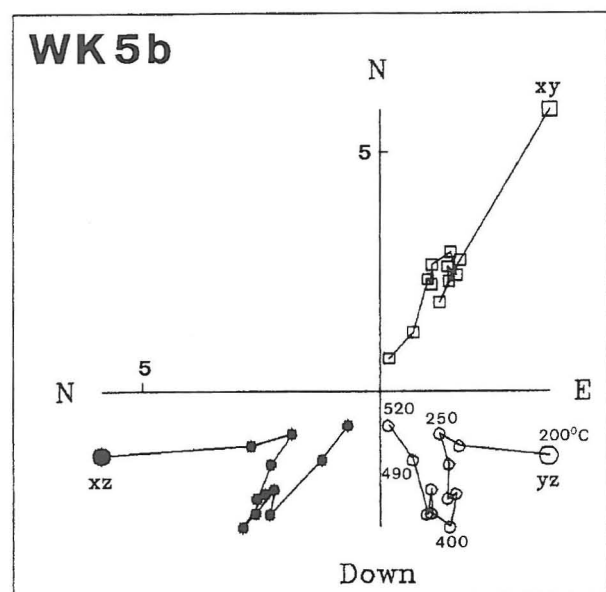
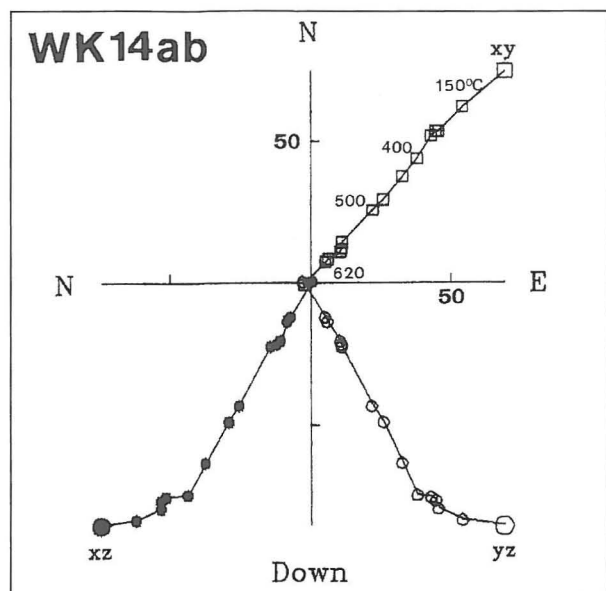
Wapienie urgońskie (odsłonecie 2) są o rząd wielkości słabiej namagnesowane od skał doggerskich. Głównym minerałem magnetycznym jest najprawdopodobniej magnetyt. Do rozdzielenia składowych,



Ryc. 1. Schematyczna mapa tektoniczna Tatr (wg 16, uproszczona). Numeracja odsłoneń odpowiada numeracji w tekście i w tab. 2

Fig. 1. Tectonic sketch map of the Tatra Mts (after 16, simplified). Numbering of localities corresponds to that in text and in tab. 2

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



najlepsze wyniki dała mieszana strategia rozmagnesowania: do 200°C termicznie, następnie polem zmiennym do 20 mT, potem znowu rozmagnesowanie termiczne do 500°C. Najbardziej stabilna składowa namagnesowania ujawnia się między 400 i 500°C (ryc. 2b).

Wapienie z Bramy Kraszewskiego, wykazują bardzo dobre właściwości paleomagnetyczne. Stabilna składowa, oparta na hematycie i magnetycie ujawnia się między 300 i 600°C (ryc. 2c).

Wiek pozostałości

Namagnesowanie w odsłonięciach 1 i 2 jest z pewnością przeddeformacyjne. Przed korektą tektoniczną inklinacja kierunków jest wysoka, bliska współczesnej, a deklinacje mają duży rozrzut (tab. 1). Interpretując takie kierunki należałoby przyjąć co najmniej dwie przeciwstawne rotacje o bardzo dużej amplitudzie (100–163°) w niedawnej przeszłości geologicznej (późny trzeciorzęd–czwartorzęd). Taka możliwość wydaje się wysoce nieprawdopodobna i nie będzie tutaj rozpatrywana. Nie można z całą pewnością twierdzić, że kierunki przedfałdowe z odsłoneń 1 i 2 są pierwotne, tzn. bliskie czasowi powstania badanych skał. Obecnie jest znanych wiele przykładów przemagnesowań, które miały miejsce przed ruchami tektonicznymi [3].

Kierunki z odsłoneń 3 są zrotowane względem kierunków z odsłoneń 1 i 2 o ok. 90°, w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (tab. 1). Niestety, nie można określić wieku tej pozostałości, w stosunku do procesów fałdowych: skały w dolnym skrzydle jednostki Organów mają bardzo niewielkie upady i kierunki przed i po korekcie na upad różnią się nieznacznie (tab. 1).

Tab. 1 Wyróżnione kierunki paleomagnetyczne w układach przed i po korekcie na upad warstw

Nr odsłoneń	Lokalizacja	Wiek skały	Kierunek po fałdowaniu		Kierunek przed fałdowaniem	
			<i>D</i>	<i>I</i>	<i>D</i>	<i>I</i>
1.	Wąwóz Kraków	dogger	163	67	34	46
2.	wylot Wąwozu Kraków	urgon	260	71	27	54
3.	Brama Kraszewskiego	dogger/malm	302	47	312	45

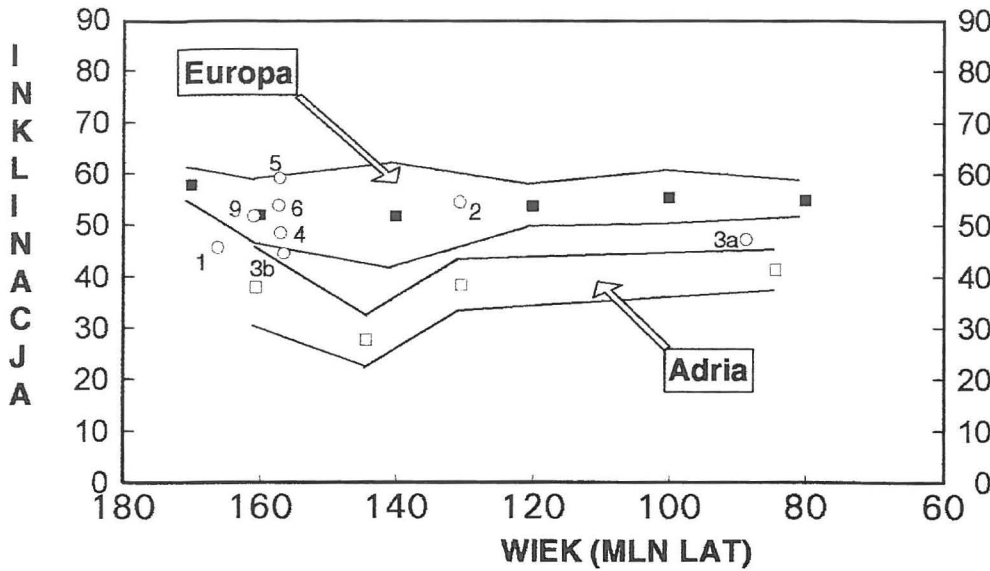
D – deklinacja, *I* – inklinacja.

Ryc. 2. Projekcja ortogonalna (diagram Zijdervelda) typowych ścieżek rozmagnesowania

a) czerwone wapienie piaszczyste doggeru, Wąwóz Kraków (odsłoneń 1), b) szare wapienie organodetrytyczne urgonu, wylot Wąwozu Kraków, (odsłoneń 2), c) czerwone wapienie doggeru/malmu, Brama Kraszewskiego (odsłoneń 3). Duże symbole oznaczają składowe naturalnej pozostałości magnetycznej, *x*, *y*, *z* — płaszczyzny projekcji. Jednostki na osiach odpowiadają 10^{-4} A/m

Fig. 2. Orthogonal projection (Zijderveld diagram) of typical demagnetization paths

a) red sandy limestones, Dogger, Cracow Gorge (locality 1), b) grey organodetrital limestones, Urgonian, entrance to the Cracow Gorge (locality 2), c) red limestones, Dogger/Malm, Kraszewski Gate (locality 3). Bigger symbols indicate the natural remanent magnetization components. *x*, *y*, *z* — planes of projection. 1 unit corresponds to 10^{-4} A/m



Ryc. 3. Porównanie inklinacji kierunków charakterystycznych z Tatr i Pienin (kółka) z inklinacjami kierunków oczekiwanych dla płyty europejskiej (wypełnione kwadraty, wg [2]) i płyty adriatyckiej (puste kwadraty, wg [3]). Numeracja kierunków z Tatr i Pienin odpowiada numeracji z tab. 2

Fig. 3. Comparison of the inclination of the characteristic components from the Tatra Mts and Pieniny Klippen Belt (circles) with expected paleoinclinations for European (full squares, after [2]) and Adriatic Plates (open squares, after [3]). Numeration of inclinations from the Tatra Mts and Pieniny Klippen Belt corresponds to that in tab. 2

Tab. 2. Kierunki paleomagnetyczne uzyskane z obszaru Tatr i Pienin

L.p.	Lokalizacja	Jednostka tektoniczna	Wiek skały	<i>D</i>	<i>I</i>	α_{95}	<i>k</i>	<i>n/N</i>	Wiek pozostałości (Ma)	Źródło
1.	Wąwóz Kraków	autochton	dogger	34	46	6	48	15/3	166–88	ten artykuł
2.	wylot Wąwozu Kraków	autochton	kreda dolna (urgon)	27	54	8	35	10/7	130–88	ten artykuł
3a.	Brama Kraszewskiego	j. Czerwonych Wierchów	dogger/ malm	302 ¹	471	6	26	20/6	88–15?	ten artykuł
3b.	Brama Kraszewskiego	j. Czerwonych Wierchów	dogger/ malm	312	45	6	26		157–88	ten artykuł
4.	Gładkie Uplaziańskie	ł. Gładkiego Uplaziańskiego	dogger/ malm	54	49	6	17	33/10	157–88	5
5.	Dol. Lejowa, Choczołowska	j. Bobrowca	dogger/ malm	20	59	6	101	316/?	157–88	6, 7
6.	Dol. Lejowa, Choczołowska	j. Bobrowca	dogger/ malm	31	54	5	41	23/23	157–88	5
7.	Dol. Filipka	j. Hawrania	oksford	216	–55	8	19	24/?	157–88	6, 7
8.	Płaczliwa Skała	j. Hawrania	dogger/ malm	40	59	8	118	17/?	157–88	14
9.	Podmajerz	j. niedzicka	baton/ kelowej	16	52	7	57	35/?	161–88	13

¹ — Rezultat przed korekcją tektoniczną *D*, *I* — deklinacja, inklinacja, α_{95} , *k* — parametry statystyki Fishera, *n* — liczba próbek, *N* — liczba prób ręcznych

Tab. 3. Kierunki oczekiwane dla płyty europejskiej (przeliczone dla współrzędnych geograficznych Tatr) wg [2]

Wiek (mln lat)	<i>D</i>	<i>I</i>	Paleoszerokość
160 (kelowej)	17,7	51,8	32
140 (berrias/walanżyn)	9,7	51,5	32
120 (Apt)	356,5	53,5	33
100 (alb)	0,8	55,2	36
80 (kampan)	0,3	54,7	35

Tab. 4. Kierunki oczekiwane dla płyty afrykańskiej (przeliczone dla współrzędnych geograficznych Tatr) wg [2]

Wiek (mln lat)	<i>D</i>	<i>I</i>	Paleoszerokość
160 (kelowej)	334,4	36,4	19
140 (berrias/walanżyn)	329,3	36,4	19
120 (apt)	323	40,5	22
100 (alb)	337,7	44,9	26
80 (kampan)	346	46,7	28

Interpretacja geologiczna

Wyróżnione kierunki charakterystyczne wraz z innymi danymi paleomagnetycznymi z Tatr i Pienin są przedstawione w tab. 2.

Kierunki ze skał doggeru i kredy dolnej serii para-autochtonicznych są niemal identyczne jak kierunki namagnesowania z doggeru/malmu serii krizniańskiej (tab.

2). Jednostki Bobrowca i Hawrania nie podlegały rotacjom w stosunku do pokrywy osadowej trzonu krystalicznego, a więc kierunki z tych jednostek mogą być uznane za referencyjne dla całego masywu tatrzańskiego. Podczas szarżu późnokredowego mogły nastąpić rotacje w obrębie jednostki (płaszczyzny) Czerwonych Wierchów. Nie wiadomo jednak, czy kierunek z Bramy Kraszewskiego jest re-

prezentatywny dla całej tej płaszczowiny, czy raczej tylko dla tej części jednostki Organów.

Kierunki charakterystyczne z Tatr (za wyjątkiem kierunku z Bramy Kraszewskiego) są zdecydowanie bliższe kierunkom mezozoicznemu platformy europejskiej niż Gondwany (por. tab. 2–4). Porównanie z jurajskimi i kredowymi kierunkami z obszaru platformy europejskiej sugeruje, że prawdopodobna jest niewielka ($10\text{--}20^\circ$) prawoskrętna (zgodna z ruchem wskazówek zegara) rotacja masywu tatrzańskiego. Czasu tej rotacji nie można na razie ustalić.

Przedseńskie obszary, o skorupie oceanicznej, pomiędzy platformą europejską a obszarem Karpat wewnętrznych, jeżeli istniały, musiały mieć szerokość poniżej rozdzielczości metody paleomagnetycznej. Skrót tektoniczny w tej strefie, był na pewno mniejszy niż 1200 km, najprawdopodobniej jednak nie przekraczał połowy tej wartości.

Inklinacje kierunków tatrzańskich są podobne do inklinacji kierunków „stabilnej Europy”, są natomiast znacząco wyższe od inklinacji kierunków oczekiwanych dla Afryki (tab. 3) lub mikroptyty adriatyckiej (ryc. 3). Kierunki z Tatr można uznać za reprezentatywne dla znaczącej części Karpat wewnętrznych: Pasma Choczańskie, Niżnych Tatr [14] i, jak wskazują nieliczne dotychczas dane, także dla Pienin [13].

Lewoskrętne rotacje — obserwowane w zachodniej części łańcucha karpackiego: od Małych Karpat do Małej Fatry, w zachodniej części Pienińskiego Pasa Skałkowego oraz w Beskidach Orawskich — są najprawdopodobniej związane z powstawaniem orokliny karpackiej w trzeciorzędzie [1, 14] i działalnością uskoku przesuwczego, takich jak np. uskoku Zazrivy czy uskoku myjavski. Podobieństwo tych kierunków do kierunków z obszaru płyty adriatyckiej lub Gondwany, podkreślane w niektórych pracach [12], może być przypadkowe. Ważnej strefy tektonicznej (mezozoicznego szwu oceanicznego?) należy natomiast poszukiwać pomiędzy Niżnymi Tatrami a południowymi Gemerydami. Tam bowiem następuje zasadnicza zmiana trendu kierunków paleomagnetycznych: trias Krasu Słowacko-Węgierskiego (płaszczowiny Silica i Bodva), mezozoik i trzeciorzęd Lasu Bakońskiego oraz trzeciorzęd Gór Bukowych i Matry, wykazują lewoskrętne rotacje [19]. Pozorna wędrówka paleobieguny, opracowana dla Lasu Bakońskiego [17], ma analogiczny kształt do krzywej z Południowych Alp i Apeninów — obszarów zaliczanych już do płyty adriatyckiej.

Literatura

- 1 BAZHENOV M.L., BURTMAN V.S. 1990 — Structural arcs of the Alpine Belt: Carpathians-Caucasus-Pamirs. Nauka, Moskwa.
- 2 BESSE J., COURTILOT V. 1991 — Jour. of Geoph. Research, 96: 4029–4050.
- 3 CHANNEL J.E.T., DOGLIONI C., STONER J. S. 1992 — Tectonics, 11: 811–822.
- 4 ELMORE R. D., McCABE C. 1991 — Rev. of Geophysics,

Supplement, U.S. National Report to IUGG 1987–1990: 377–383.

- 5 GRABOWSKI J. 1994 — Geol. Quarterly, in press.
- 6 KADZIAŁKO-HOFMOKL M., KRUCZYK J., LEFELD J. 1985 — Publs. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sc., A-16, 175: 117–130.
- 7 KADZIAŁKO-HOFMOKL M., KRUCZYK J. 1987 — Tectonophysics, 139: 53–66.
- 8 KOTAŃSKI Z. 1961 — Acta Geol. Pol., 11: 187–476.
- 9 KOTAŃSKI Z. 1963 — Ibidem, 13: 149–181.
- 10 KOVACS S. 1992 — Acta Geol. Hung., 35: 329–369.
- 11 KRS M., KRISOVA M., CHVOJKA R., POTFAJ M. 1991 — Geologicke prace, Spravy, 92: 135–151.
- 12 KRS M., KRISOVA M., PRUNER P., CHVOJKA R., POTFAJ P. 1993 — Geologica Carpathica, 45: 35–43.
- 13 KRUCZYK J., KADZIAŁKO-HOFMOKL M. 1988 — 2nd International Symposium on Jurassic Stratigraphy, Lisbona: 1139–1150.
- 14 KRUCZYK J., KADZIAŁKO-HOFMOKL M., LEFELD J., PAGAČ P., TUNYI I. 1992 — Tectonophysics, 206: 315–324.
- 15 KSIĄŻKIEWICZ M. 1977 — Roczn. Pol. Tow. Geol., 47: 329–353.
- 16 LEFELD J., GAŹDZICKI A., IWANOW A., KRAJEWSKI K., WÓJCIK K. 1985 — Stud. Geol. Pol., 84: 93.
- 17 MARTON E., MARTON P. 1983 — Tectonophysics, 98: 43–57.
- 18 MARTON E., MARTON P., LESS G. 1988 — Ph. Earth and Planet. Int., 52: 256–266.
- 19 MARTON E., MAURITSCH H.J. 1990 — Ibidem, 62: 46–59.
- 20 MARTON E., PAGAČ P., TUNYI I. 1992 — Geol. Carpath., 43: 363–368.
- 21 MAURITSCH H.J., BECKE M. 1987 — [W:] FLÜGEL H.W., FAUPL P., (ed.), Geodynamics of the Eastern Alps, Deuticke, Vienna: 282–305.
- 22 RAKUS M., MIŠIK M., MICHALIK J. i in. 1990 — [W:] Mem. Soc. Geol. France, Paris, Nouvelle Serie, 154 (III): 39–62.
- 23 SOTAK J. 1992 — Geol. Carpath., 43: 355–362.
- 24 TOLLMANN A. 1990 — [W:] Mem. Soc. Geol. France, Paris, Nouvelle Serie, 154 (II): 23–49.

Summary

Preliminary paleomagnetic results from the middle/upper Jurassic and lower Cretaceous rocks of the high-tatric units, Polish Tatra Mts, has been reported. Characteristic directions from the para-autochthonous unit in the Cracow Gorge were acquired before tectonic deformations and they are in good agreement with the paleodirections from the Sub-Tatric (Bobrowiec) unit. The overthrust high-tatric Czerwone Wierchy unit reveals counter-clockwise rotated directions. The Jurassic and Cretaceous paleomagnetic data from the Tatra Mts, as well as from the other massifs of the Inner West Carpathians are more compatible with coeval data from Europe, than with the coeval data from African or Adriatic plate. The width of hypothetical Mesozoic oceanic domains between the European plate and the inner Carpathian domain is below the resolution of the paleomagnetic method.