

**ANALIZA WZGLĘDNYCH ZMIAN WIEKOWYCH
POLA MAGNETYCZNEGO ZIEMI (1966–2005)
WZDŁUŻ PROFILU ZGORZELEC-WIŻAJNY**

**Analysis of the relative secular variations of the geomagnetic field
along Zgorzelec-Wiżajny profile**

**Grzegorz BOJDYS, Teresa GRABOWSKA, Józef MARCHEWKA
& Bogusław SUCHOŃ**

*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Zakład Geofizyki; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;
e-mail: bojdys@geol.agh.edu.pl, tgrabow@geol.agh.edu.pl*

Treść: Artykuł przedstawia wyniki badań nad lokalnymi względnymi zmianami w czasie całkowitego pola magnetycznego Ziemi, obserwowanymi wzdłuż profilu o długości około 700 km, który przecina platformę paleozoiczną (PLZ), strefę szwu transeuropejskiego (TESZ) i wschodnioeuropejski kraton (EEC). Badania te są kontynuacją wcześniejszych tego typu prac przeprowadzonych w latach 1966–2000. Pomiar pola magnetycznego Ziemi wykonane w ostatnim 5-leciu wyraźnie ujawniły nowe zjawisko, jakim jest przyspieszenie wzrostu pola magnetycznego w obszarze wschodnioeuropejskiego kratonu. Potwierdziły one również zwiększoną dynamikę zmian pola magnetycznego w tym obszarze w odróżnieniu od strefy szwu transeuropejskiego i platformy paleozoicznej. Zaobserwowany w ostatnim 5-leciu charakter zmian pola magnetycznego skłonił do modyfikacji dotychczas stosowanej metodyki badań względnych zmian wiekowych.

Słowa kluczowe: względne zmiany wiekowe, pole magnetyczne Ziemi, metodyka badań, PLZ, EEC, TESZ

Abstract: The paper presents results of the studies on local relative time variations of total geomagnetic field observed along the 700 km long profile crossing the Paleozoic Platform (PLZ), Trans-European Suture Zone (TESZ) and East European Craton (EEC). The study is a continuation of the research conducted in the years 1966–2000. Measurements of the Earth's magnetic field made in the last five years revealed a new phenomenon, which was a faster increase of the magnetic field observed at the EEC. They proved also that the dynamics of the magnetic field variations observed for the EEC was greater than it was for TESZ and PLZ. The character of geomagnetic field variations observed during the last five years caused the modification of method of studies of relative secular geomagnetic variations.

Key words: relative secular variations, geomagnetic field, methods of investigation, PLZ, EEC, TESZ

WSTĘP

Praca przedstawia wyniki badań nad zmianami pola magnetycznego Ziemi (moduł całkowitego wektora indukcji) przeprowadzonych w latach 1966–2005 wzdłuż profilu przecinającego najważniejsze jednostki geologiczne Polski, a także kontynentu europejskiego.

Profil biegnący wzdłuż linii łączącej miejscowości Zgorzelec i Wizajny (profil Z-W) w swej południowo-zachodniej części przecina fragment paleozoicznej platformy centralnej i zachodniej Europy (PLZ), a w części północno-wschodniej wchodzi w obszar prekambryjskiego wschodnioeuropejskiego kratonu (EEC) (Fig. 1).

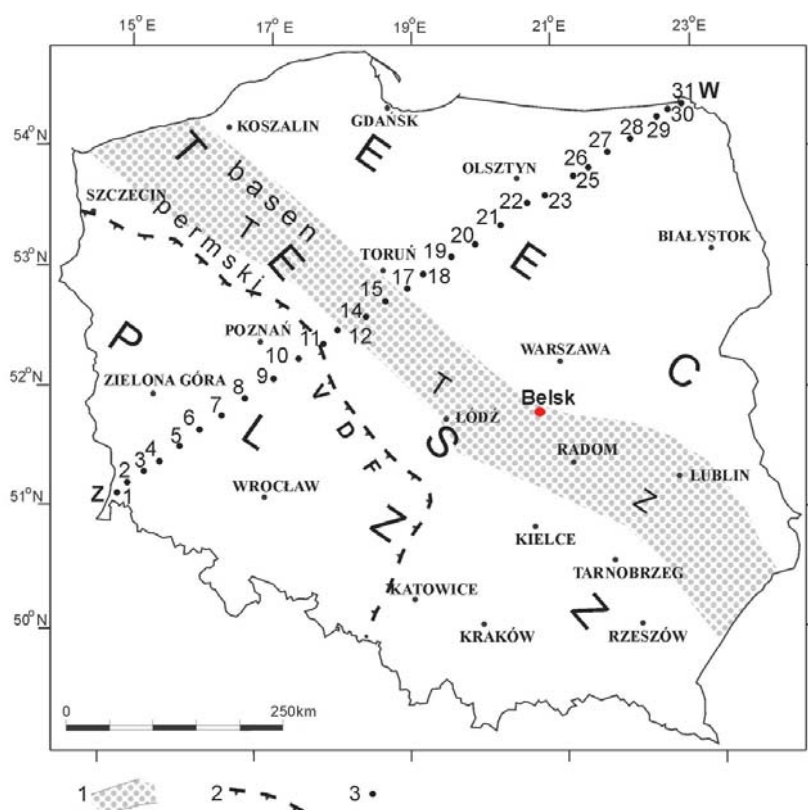


Fig. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych na profilu Zgorzelec-Wizajny (Z-W): 1 – przebieg TTZ wg danych GSS (Guterch *et al.* 1999), 2 – zasięg fałdowań waryscyjskich (Dadlez *et al.* 1994), 3 – punkty wiekowe; PLZ – platforma paleozoiczna centralnej i zachodniej Europy, VDF – front fałdowań waryscyjskich, TESZ – strefa szwu transeuropejskiego, TTZ – strefa Teisseyre’a-Tornquista, EEC – prekambryjski kraton wschodnioeuropejski

Fig. 1. Location of measurement sites along Zgorzelec-Wizajny profile (Z-W): 1 – TTZ – according to DSS data (Guterch *et al.* 1999), 2 – Extent of Variscan foldings (Dadlez *et al.* 1994), 3 – secular points; PLZ – Paleozoic Platform of Central and Western Europe, VDF – Variscan Deformation Front, TESZ – Transeuropean Suture Zone, TTZ – Teisseyre-Tornquist Zone, EEC – Precambrian East European Craton

Środkowa część profilu Z-W znajduje się w obrębie jednego z ważniejszych elementów strukturalnych Europy, jakim jest strefa szwu transeuropejskiego (TESZ), rozciągająca się od Morza Północnego do Morza Czarnego. Strefa ta, w świetle paleogeograficznych rekonstrukcji paleozoiku jawi się jako przejście od fanerozoicznych struktur Europy zachodniej i centralnej do prekambryjskich struktur Europy Wschodniej (Pharaoh 1996, Guterch *et al.* 1997).

Badania zmian pola magnetycznego Ziemi wzdłuż liczącego 700 km profilu Zgorzelec-Wizajny zapoczątkowane zostały przez S. Małoszewskiego w drugiej połowie lat 60. ubiegłego stulecia (Małoszewski 1965, 1970) i są kontynuowane do dziś.

W latach 1966–1995 pomiarów pola magnetycznego Ziemi dokonywano w około 30 punktach profilu w odstępach rocznych. Pomiary te prowadzono przy użyciu magnetometrów protonowych polskiej produkcji o czułości 0.5 nT. Do redukcji dobowych zmian pola magnetycznego korzystano z rejestracji ziemskiego pola magnetycznego w Obserwatorium Geofizycznym w Belsku.

W roku 1997 w publikacji pt. *On secular variations of the geomagnetic field along a profile across the Teisseyre-Tornquist Zone* autorstwa S. Małoszewskiego i J. Jankowskiego (1997) dokonano podsumowania wyników badań obejmujących okres 1996–1995 i przedstawiono między innymi oryginalną metodykę wyznaczania względnych zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi.

Badania nad względnymi zmianami wiekowymi w nawiązaniu do prac wcześniejszych (1966–1995) były kontynuowane w latach 1996–2000 w ramach działalności statutowej Zakładu Geofizyki WGGiOŚ AGH, a ich rezultaty zostały opublikowane (Bojdys *et al.* 2001, Grabowska & Bojdys 2004) w specjalistycznych czasopismach naukowych.

Prezentowana praca obok wyników ostatniego 5-letniego (2001–2005) okresu badań nad zmianami pola magnetycznego Ziemi wzdłuż profilu Z-W przedstawia analizę zmian wiekowych pola magnetycznego w okresie ostatnich 40 lat (1966–2005), zawierającą między innymi informacje o dynamice tych zmian.

POMIARY TERENOWE W LATACH 2001–2005

Pomiary całkowitego pola magnetycznego Ziemi w pierwszych latach (2001–2003) ostatniego 5-letniego cyklu badań prowadzono magnetometrami protonowymi produkcji polskiej typu PMP-6 i PMP-7 z rejestracją komputerową, o czułości 0.1 nT.

W latach 2004 i 2005 do pomiaru pola magnetycznego wdrożono magnetometr protonowy ENVI System firmy kanadyjskiej Scintrex o podobnej czułości.

Współrzędne geograficzne punktów pomiarowych, począwszy od 2001 roku, wyznaczano przy użyciu ręcznego odbiornika GPS map 76 firmy Garmin, umożliwiającego lokalizację punktów z dokładnością 20 m. Urządzenie to wykorzystano do uściślenia położenia punktów pomiarowych, których współrzędne wyznaczano wcześniej na podstawie map topograficznych w skali 1 : 25 000. Ponadto w związku z coraz częściej pojawiającymi się zakłóceniami pola magnetycznego Ziemi, będącymi następstwem uprzemysłowienia i postępującej urbanizacji, dokonano zmian w lokalizacji niektórych punktów pomiarowych.

Tabela (Table) 1

Punkty wiekowe

Secular Points

Rok pomiarów/ <i>Year of measurements</i>		VIII 2001		VIII 2002		VI 2003		VI 2004		V 2005	
Nr pkt. <i>n</i>	Lokalizacja <i>Location</i>	Współrzędne/ <i>Coordinates</i>		$\Delta T_{n,t}$	$\Delta T_{n,t}^*$	$\Delta T_{n,t}$	$\Delta T_{n,t}$	$\Delta T_{n,t}$	$\Delta T_{n,t}$	$\Delta T_{n,t}$	
		[° ']	[° '] E	[nT]	[nT]	[nT]	[nT]	[nT]	[nT]		
1	Łomnica (Studniska)	51°03,855'	15°01,375'	-995,3	-995,4	-990,5	-994,2	-1001,5			
2	Henryków	51°10,436'	15°12,570'	-973,0	-985,0	-983,9	-987	-988,3			
4	Golnice	51°21,330'	15°36,155'	-838,7	-842,4	-843,7	-842,3	-844,0			
5	Wysoka	51°28,355'	15°49,742'	-815,5	-810,1	-817,1	-810,3	-816,6			
6	Jerzmanowa (Ogorzelec)	51°35,177'	16°04,171'	-754,2	-750,8	-751,7	-750,0	-760,4			
7	Siciny	51°44,137'	16°25,052'	-721,8	-722,8	-721,6	-724,9	-726,3			
8	Grodzisko	51°53,222'	16°43,798'	-689,1	-695,9	-694,0	-694,9	-701,5			
9	Chrząstowo	52°03,366'	17°07,540'	-637,9	-634,9	-634,1	-636,6	-636,7			
10	Gorzyce (Kłębowo)	52°12,983'	17°34,76'	-576,3	-578,7	-580,7	-582,5	-579,4			
11	Brudzewo	52°21,602'	17°47,663'	-536,4	-533,6	-536,9	-537,0	-539,2			
12	Szydłowiec	52°28,053'	18°01,880'	-500,7	-499,0	-501,0	-498,3	-500,6			
14	Ostrowo	52°03,189'	18°22,333'	-432,4	-436,4	-437,8	-432,6	-432,2			
15	Straszewo (Siniażewo)	52°47,210'	18°39,851'	-293,1	-289,5	-291,5	-293,2	-294,7			
17	Wąkol	52°51,221'	18°58,008'	-123,2	-121,6	-120,7	-122,3	-121,5			
18	Sarnówek	52°57,589'	19°13,436'	-13,7	-12,2	-9,8	-11,6	-15,2			
19	Okalewko	53°07,700'	19°39,811'	-18,3	-19,6	-16,8	-16,7	-17,6			
20	Wielki Łęck	53°14,252'	19°54,943'	-157,8	-157	-156,2	-155,1	-157,3			
21	Kownatki (Goły Bór)	53°24,810'	20°13,496'	147,9	152,5	153,2	152,6	153,8			
22	Jedwabno	53°31,950'	20°41,972'	173,5	175,4	168,8	173,6	171,8			
23	Szczyconeń (Trelkówka)	53°35,588'	20°56,291'	450,3	452,7	451,9	451,4	455,0			
25	Piecki (Wągiel Mały)	53°45,852'	21°21,981'	881,3	884,1	885,9	883,2	885,5			
26	Zielony Łasek (Lelek)	53°52,748'	21°34,823'	399,8	401,6	403,7	401,3	403,0			
27	Staświny	53°58,110'	21°52,693'	147,1	145,2	121,2	145,9	147,6			
28	Mazury (Borki)	54°05,720'	22°14,136'	628,9	634,5	650,2	632,7	635,0			
29	Supienie (Syrenie)	54°12,896'	22°35,267'	1321,5	1324,5	1328,1	1327,1	1328,8			
30	Poblędzie (Prawy Las)	54°17,833'	22°42,846'	440,6	445,0	453,0	444,8	442,9			
31	Kamionka (Rowele)	54°21,187'	22°55,475'	1696,6	1699,2	1710,7	1698,1	1701,0			

* $\Delta T_{n,t}$ – względne wartości pola magnetycznego Ziemi (wzór 1)
relative geomagnetic field values (formula 1)

Operację tę przeprowadzono w taki sposób, aby zaistniała możliwość przypisania nowym punktom historii zmian pola magnetycznego punktów pomiarowych przed zmianą ich lokalizacji. Wartości pola magnetycznego, odpowiadające nowym punktom zostały powiązane z wartościami pola mierzonego przed zmianą ich położenia.

Korektą objęto również nazwy punktów pomiarowych, które z różnych przyczyn przestały istnieć po 1966 roku (liczba punktów zmniejszyła się z 31 do 27) (Małoszewski & Jankowski 1997, Bojdys *et al.* 2001) (Fig. 1, Tab. 1).

W celu zwiększenia dokładności i wiarygodności oceny względnej wartości modułu całkowitego wektora indukcji magnetycznej, pomiarów na wszystkich 27 punktach pomiarowych dokonywano w czasie 1-godzinnych serii pomiarowych z 1-minutową repetycją.

OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Wyniki pomiarów przeprowadzonych w okresie 2001–2005 były podstawą wyznaczenia względnych zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi wzdłuż profilu. Z uwagi na to, że zastosowano tę samą co w latach 1966–2000 metodykę obliczeń tych zmian (Małoszewski & Jankowski 1997, Bojdys *et al.* 2001) wyniki pomiarów z ostatniego 5-lecia włączono do istniejącej już bazy danych pomiarowych.

Podobnie jak w okresie 1966–2000 podstawą dla obliczeń względnych zmian wiekowych w poszczególnych punktach (n) profilu były pomierzone wartości pola $|\vec{T}_{n,t}|$ oraz wartości pola magnetycznego $|\vec{T}_{Belsk}|$ rejestrowane w Obserwatorium Geofizycznym w Belsku.

Prowadzenie długich (60-minutowych) serii pomiarowych na każdym z punktów podniosło wiarygodność oceny względnej wartości pola magnetycznego $\Delta T_{n,t}$ w punkcie n i roku t . Wartość ta ($\Delta T_{n,t}$) odpowiada wartości ($\Delta T_{n,\tau}$), stanowiącej średnią z serii pomiarów obliczanej wg wzoru

$$\Delta T_{n,\tau} = \frac{1}{60} \sum_1^{60} |T_{pom,n,(\tau+\Delta\tau)}| - |\vec{T}_{Belsk,\tau}| \quad (1)$$

gdzie:

- τ – moment pomiaru wyrażony w czasie GMT,
- $\Delta\tau$ – poprawka czasowa, związana z różnicą długości geograficznej między punktem pomiarowym a Belskiem.

W tabeli 1 zamieszczono względne wartości pola magnetycznego obliczone dla 27 punktów pomiarowych w latach od 2001–2005. Wartości te dołączono do archiwalnego zbioru danych $\Delta T_{n,t}$, obejmującego okres 1966–2000.

Na figurze 2 w formie wykresów zostały przedstawione względne wartości $\Delta T_{n,t}$ pola magnetycznego Ziemi w poszczególnych punktach profilu Z-W w czasie ostatnich 40 lat (1966–2005).

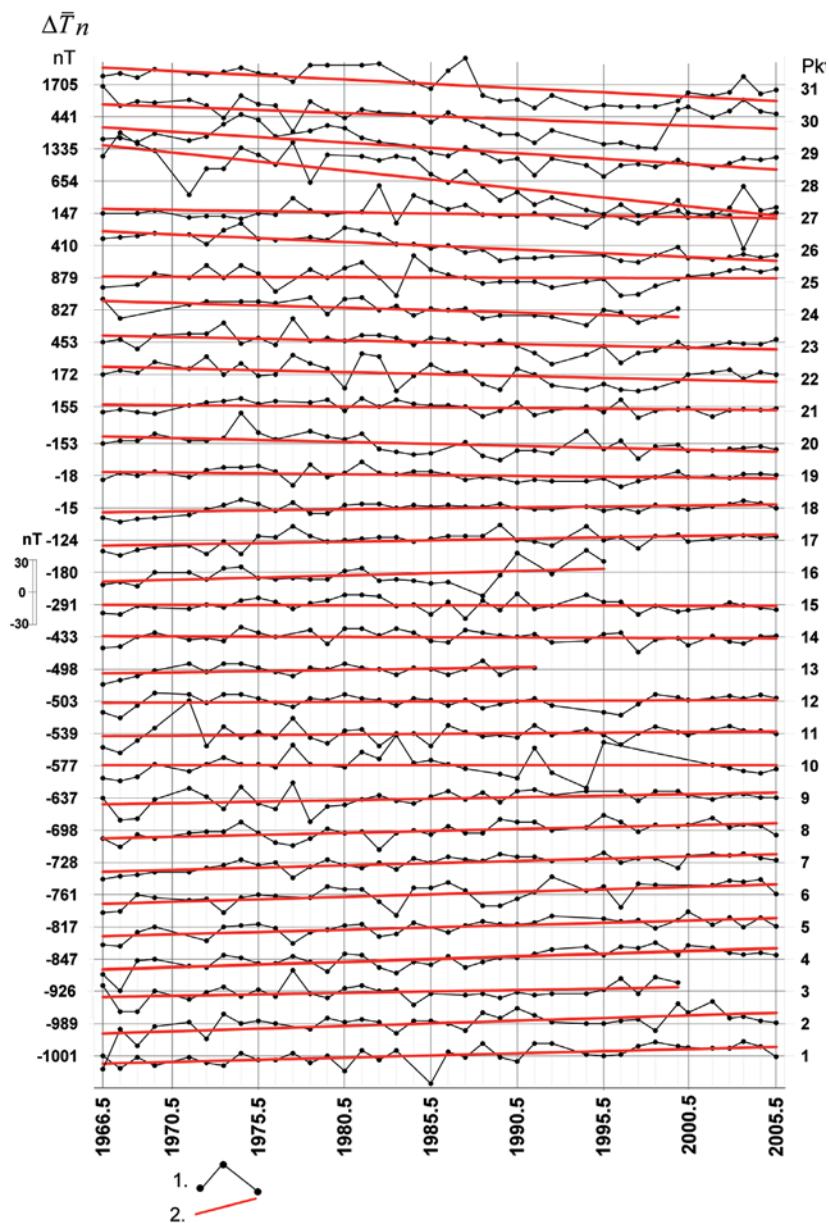


Fig. 2. Zmiany w czasie względnych wartości $\Delta T_{n,t}$ pola magnetycznego w kolejnych punktach profilu Z-W: 1 – zmiany w czasie $\Delta T_{n,t}$, $\Delta \bar{T}_n$ – średnie wartości $\Delta T_{n,t}$ w okresie od 1966–2005 dla każdego z punktów pomiarowych, 2 – liniowa aproksymacja zmian $\Delta T_{n,t}$ (trend)

Fig. 2. Plots of time variations of the relative geomagnetic field values $\Delta T_{n,t}$ at successive sites of the Z-W profile: 1 – changes in time $\Delta T_{n,t}$, $\Delta \bar{T}_n$ – mean values of $\Delta T_{n,t}$ in the period 1966–2005 for individual points, 2 – linear approximation of $\Delta T_{n,t}$ changes (trends)

W następnym etapie interpretacji zgodnie z przyjętą wcześniej metodyką (Bojdys *et al.* 2001) wykresy względnych wartości pola magnetycznego w okresie 40 lat na każdym z punktów pomiarowych zostały przybliżone liniami prostymi o równaniu

$$W_n(t) = b_n \cdot t + a_n \quad (2)$$

Liniowa aproksymacja względnych wartości pola magnetycznego powinna ujawnić tendencje (trendy) zmian w czasie względnych wartości (w odniesieniu do Belska) pola magnetycznego w poszczególnych punktach profilu.

Przy analizie tych wykresów przedstawionych na figurze 2 pojawiły się wątpliwości co do poprawności aproksymacji ich liniami prostymi w całym 40-letnim przedziale czasowym.

W związku z tym poczyniono próbę podziału 40-letniego okresu obserwacji na przedziały czasowe, w których aproksymacja liniami prostymi byłaby bardziej uprawniona.

Podziału na odpowiednie przedziały czasowe dokonano, analizując dynamikę wzrostu absolutnych wartości pola magnetycznego Ziemi zarejestrowanych w Belsku (Fig. 3).

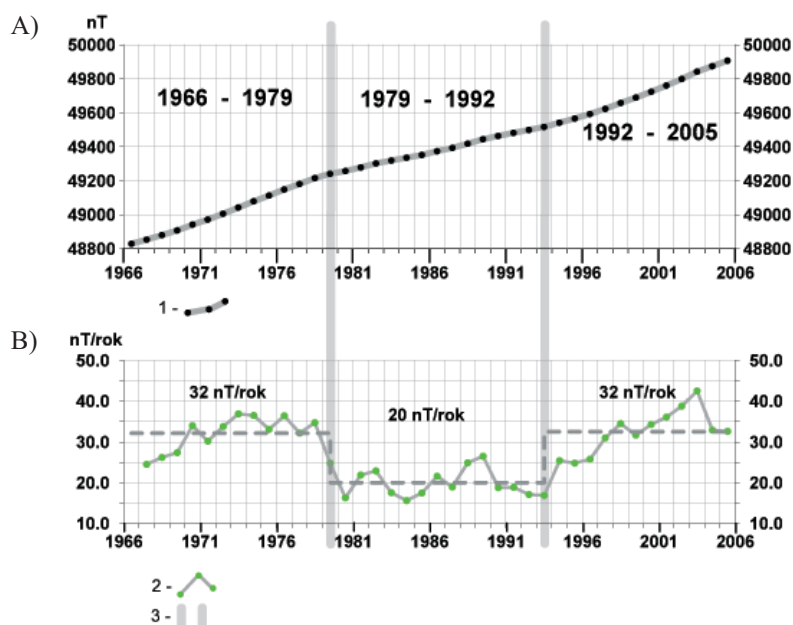


Fig. 3. Zmiany absolutnych wartości całkowitego pola magnetycznego Ziemi w latach 1966–2005 w Belsku: A) wykres średnich rocznych wartości $|\vec{T}|$; B) wykres przyrostów średnich rocznych δT w nT/rok w przedziałach czasowych; 1 – średnie roczne, 2 – przyrosty średnich rocznych, 3 – przedziały czasowe wyznaczone na podstawie zmian przyrostów średnich rocznych

Fig. 3. Variations of geomagnetic field intensity through the years 1966–2005 at Belsk Observatory: A) plot of the total intensity changes in time $|\vec{T}|$; B) δT mean variations of the total intensity in nT/year in the selected time intervals; 1 – annual means, 2 – increments of annual means, 3 – time intervals fixed on the basis of the change of mean annual increments

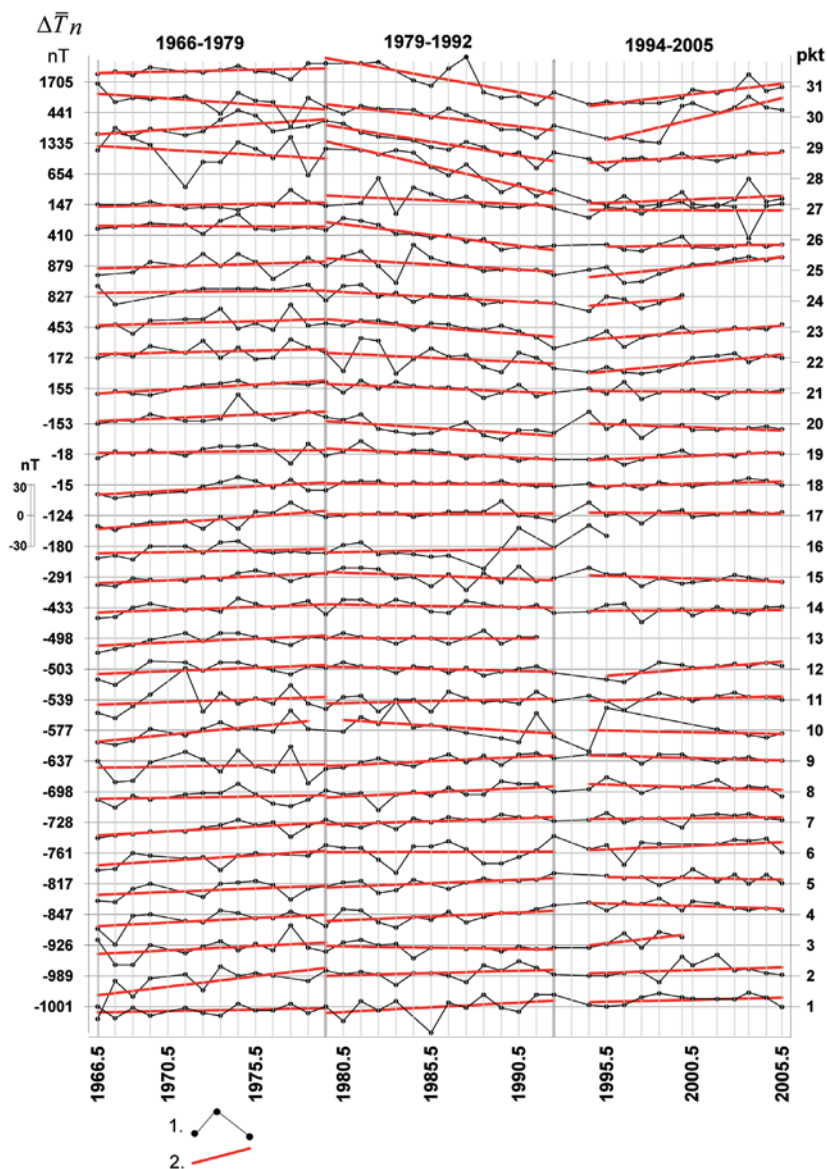


Fig. 4. Wykresy zmian w czasie względnych wartości $\Delta T_{n,t}$ pola magnetycznego w kolejnych punktach profilu Z-W: 1 – zmiany w czasie $\Delta T_{n,t}$, ΔT_n – średnia wartość $\Delta T_{n,t}$ w okresie od 1966–2005 dla każdego z punktów, 2 – liniowe aproksymacje zmian $\Delta T_{n,t}$ w przedziałach czasowych 1966–1979, 1979–1992, 1994–2005

Fig. 4. Plots of changes in time of the relative geomagnetic field values $\Delta T_{n,t}$ in individual sites of the Z-W profile: 1 – changes in time $\Delta T_{n,t}$, ΔT_n – mean values of $\Delta T_{n,t}$ in the period 1966–2005 for individual points, 2 – linear approximation of $\Delta T_{n,t}$ changes in selected time intervals: 1966–1979, 1979–1992, 1994–2005

Na podstawie tych obserwacji w okresie od 1966 do 2005 (Fig. 3A) oraz wyznaczonych gradientów absolutnego pola magnetycznego (Fig. 3B) wydzielono trzy okresy. Obejmują one lata 1966–1979, 1979–1992 i 1994–2005. W okresach tych względne wartości pola magnetycznego łatwo aproksymuje się liniami prostymi w kolejnych punktach pomiarowych.

Wyniki tak przeprowadzonej aproksymacji w poszczególnych punktach profilu Z-W prezentowane są na figurze 4.

W ostatnim etapie interpretacji przy założeniu (Bojdys *et al.* 2001), że współczynniki b_n w równaniach typu (2), określające nachylenie prostych, są miarą względnych zmian pola magnetycznego Ziemi, współczynniki te przedstawiono w postaci trzech wykresów (Fig. 5A–C). Ilustrują one zachowanie się względnych zmian wiekowych pola magnetycznego w wydzielonych przedziałach czasowych wzdłuż profilu Z-W. W celu zwrócenia uwagi na tendencję tych zmian, wykresy względnych zmian pola magnetycznego przybliżono wielomianami 6. stopnia.

DYSKUSJA

Zestawienie w formie graficznej względnych zmian czasowych w wydzielonych przedziałach czasowych (1966–1979, 1979–1992 i 1994–2005) umożliwia nie tylko prześledzenie zmian pola magnetycznego w czasie 40 lat, ale również pozwala na zapoznanie się z charakterem tych zmian w obrębie jednostek geologicznych, przeciętych linią profilu.

Analizując względne zmiany pola magnetycznego w czasie, można zauważyć różnice w ich zachowaniu, a mianowicie: w okresach 1966–1979 (Fig. 5A), a w szczególności w 1979–1992 (Fig. 5B) obserwuje się w obrębie EEC ujemne wartości względnych zmian rocznych, dochodzące do $-3n$ T/rok. Wskazuje to na spowolnienie wzrostu pola magnetycznego w tym obszarze. Zjawisko to lepiej ilustrują wykresy wielomianów 6. stopnia aproksymujących względne zmiany w czasie pola magnetycznego Ziemi (Fig 5A, B). Na ich podstawie można stwierdzić, że w okresie 1966–1979 spowolnienie wzrostu pola magnetycznego było niewielkie i objęło jedynie tę część kratonu, w której znajduje się kompleks mazurski, zbudowany ze skał o silnie zróżnicowanych własnościach magnetycznych. W następnym przedziale czasu (1979–1992) obniżenie wzrostu pola magnetycznego było intensywniejsze i objęło pozostałą część kratonu (strefa ciechanowska, gałąź warmińska) wraz z jego skłonem (masyw dobrzyński).

W południowo-zachodniej części profilu (obszar fałdowań waryscyjskich) w przeciwieństwie do północno-wschodniej części profilu Z-W obserwuje się w wymienionych wyżej przedziałach czasowych dodatnie wartości względnych zmian pola magnetycznego. Świadczy to o szybszym wzroście absolutnych wartości pola magnetycznego obrębie PLZ w porównaniu ze wzrostem tego pola w Belsku.

W przedziale czasowym 1966–1979 obszar szybszego wzrostu pola magnetycznego objął PLZ i TESZ, a także skłon kratonu, by w następnym przedziale czasowym (1979–1992) ograniczyć się jedynie do monokliny przedsudeckiej.

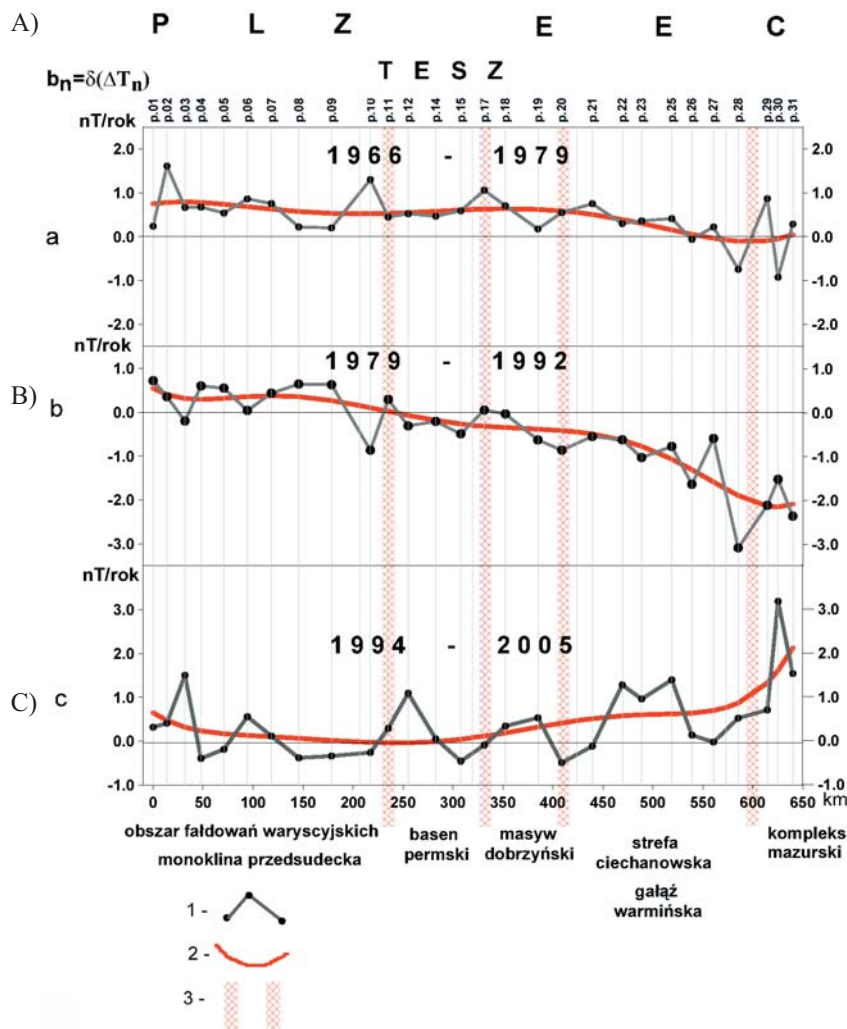


Fig. 5. Względne zmiany czasowe pola magnetycznego Ziemi wzdłuż profilu Z-W: A) względne zmiany czasowe pola magnetycznego $b_n = \delta(\Delta T_n)$ w okresie 1966–1979; B) względne zmiany czasowe pola magnetycznego $b_n = \delta(\Delta T_n)$ w okresie 1979–1992; C) względne zmiany czasowe pola magnetycznego $b_n = \delta(\Delta T_n)$ w okresie 1994–2005; 1 – względne zmiany czasowe w nT/rok, 2 – krzywa 6. stopnia aproksymująca względne zmiany czasowe, 3 – granice jednostek geologicznych; PLZ – platforma paleozoiczna centralnej i zachodniej Europy, TESZ – strefa szwu transeuropejskiego, EEC – prekambryjski kraton wschodnioeuropejski

Fig. 5. Relative temporal variations of the geomagnetic field along Z-W profile: A) relative time changes in nT/year $b_n = \delta(\Delta T_n)$ approximated by the polynomial of 6° through the years 1966–1979; B) relative time changes in nT/year $b_n = \delta(\Delta T_n)$ approximated by the polynomial of 6° through the years 1979–1992; C) relative time changes in nT/year $b_n = \delta(\Delta T_n)$ approximated by the polynomial of 6° through the years 1994–2005; 1 – curves of the relative changes in time, 2 – curves 6° that approximate relative changes in time, 3 – limits of geological units; PLZ – Paleozoic Platform of Central and Western Europe, TESZ – Transeuropean Suture Zone, EEC – Precambrian East European Craton

W ostatnim 11-letnim (1994–2005) okresie tendencja względnych zmian pola magnetycznego głównie w obszarze EEC zmieniła się na przeciwną (Fig. 5C), co najwyraźniej widać w ostatnim 5-leciu (Fig. 4). Oznacza to szybszy wzrost pola magnetycznego w obszarze EEC w porównaniu z zachowaniem się tego pola rejestrowanego w Belsku (Fig. 3A). Należy zauważyć, że jest to nowe zjawisko, które ujawniło się po raz pierwszy w 40-letniej historii obserwacji pola magnetycznego Ziemi wzdłuż profilu Z-W.

Przyczyny takiego zachowania się pola magnetycznego nie są znane. Biorąc jednak pod uwagę budowę geologiczną tej części Polski (litologię podłoża krystalicznego) oraz przyspieszony absolutny wzrost pola magnetycznego w ciągu ostatnich 11 lat (Fig. 3B), wzrost dynamiki zmian pola magnetycznego w obszarze EEC, można by hipotetycznie wiązać z reakcją skał posiadających własności magnetyczne na zmieniające się w czasie pole magnetyczne Ziemi.

W pozostałych częściach profilu, obejmujących TESZ i PLZ, w ostatnim okresie obserwacji (1994–2005) aproksymowane wielomianem 6. stopnia względne zmiany pola magnetycznego Ziemi spadają do zera, co oznacza w porównaniu z przedziałem czasowym 1966–1979 (Fig. 5A) spowolnienie wzrostu pola magnetycznego w tych rejonach.

PODSUMOWANIE

40-letnie badania upoważniają do sformułowania wniosków dotyczących po pierwsze – lokalnych względnych zmian pola magnetycznego Ziemi wzdłuż profilu przecinającego najważniejsze jednostki geologiczne Polski (por. pkt 1. i 2.), po drugie – metodyki opracowania pomiarów (por. pkt 3.).

1. Lokalne względne zmiany czasowe pola magnetycznego wzdłuż profilu Z-W mają zróżnicowany charakter w czasie i przestrzeni.

Największą dynamiką zmian czasowych pola magnetycznego obserwuje się w obrębie starej platformy. Obszar ten charakteryzuje się występowaniem intensywnych anomalii magnetycznych wskazujących na silne zróżnicowanie własności magnetycznych skał podłoża krystalicznego, które tutaj znajduje się na głębokościach rzędu od 0.4 do 6.5 km.

Najsłabsza dynamika względnych zmian czasowych przypada na obszar TESZ, a w szczególności na głęboki basen polski (18–20 km – Grad *et al.* 2003), wypełniony skałami osadowymi i prawdopodobnie metasedymentami praktycznie pozbawionymi własności magnetycznych.

Słabą dynamiką względnych zmian pola magnetycznego charakteryzuje się obszar fałdowań waryscyjskich, gdzie – jak wynika z dotychczasowych badań (Grabowska & Bojdyś 2004) – własności magnetyczne skał krystalicznych znajdujących się średnio na głębokości 5 km są słabo zróżnicowane.

2. W ciągu 35 lat (1966–2000) w NE części profilu, przecinającej obszar wschodnioeuropejskiego kratonu wzrost pola magnetycznego był wolniejszy w porównaniu ze wzrostem pola magnetycznego w Belsku, a także w stosunku do pozostałych części profilu. Zjawisko to miało największe natężenie w okresie 1979–1992, gdy spowolnienie wzrostu pola magnetycznego sięgnęło średnio $-2n$ T/rok (Fig. 5B).

W ostatnim pięcioleciu (2001–2005) tendencja wolniejszego wzrostu pola magnetycznego w obszarze EEC uległa odwróceniu. Aktualnie, absolutne wartości pola magnetycznego Ziemi na tym obszarze rosną szybciej o około 0.5–1.0 nT/rok w porównaniu z polem magnetycznym obserwowanym w Belsku, a także w pozostałych częściach profilu.

3. Obserwacje pola magnetycznego Ziemi w okresie 40 lat, w szczególności w czasie ostatnich 11 lat, wskazały na konieczność zmian w metodyce badania względnych zmian wiekowych. Pojawiła się potrzeba badań względnych zmian czasowych pola magnetycznego w określonych, odpowiednio dobranych przedziałach czasu, co umożliwi lepsze rozpoznanie charakteru tego zjawiska.

Artykuł stanowi podsumowanie dotychczasowych badań nad wiekowymi zmianami pola magnetycznego Ziemi obserwowanymi wzdłuż profilu Z-W prowadzonymi w ramach działalności statutowej Zakładu Geofizyki WGGiOŚ AGH 2001–2005, umowa nr 11.11.140.06, finansowana z funduszy KBN, a następnie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Praca była prezentowana na VI Konferencji Naukowo-Technicznej „Geofizyka w Geologii, Górnictwie i Ochronie Środowiska” w dniu 27 października 2006 r. na WGGiOŚ AGH w Krakowie.

LITERATURA

- Bojdys G., Grabowska T. & Szybiński M., 2001. Zmiany wiekowe pola magnetycznego Ziemi wzdłuż profilu Zgorzelec-Wizajny. *Kwart. AGH Geologia*, 27, 2–4, 527–541.
- Dadlez R., Kowalczewski Z. & Znosko J., 1994. Some key problems of the pre-Permian tectonics of Poland. *Geological Quarterly*, 38, 2, 169–190.
- Grabowska T. & Bojdys G., 2004. Analysis of geomagnetic field along seismic profile P4 of the International Project POLONAISE'97. *Tectonophysics*, 383, 15–28.
- Grad M., Jensen S.L., Keller G.R., Guterch A., Thybo H., Janik T., Tiira T., Yliniemi J., Luosto U., Motuza G., Nasedkin V., Czuba W., Gaczyński E., Środa P., Miller K.C., Wilde-Piórko M., Komminaho K., Jacyna J. & Korabliova L., 2003. Crustal structure of the Trans-European suture zone region along POLONAISE'97 seismic profile P4. *Journal of Geophysical Research*, 108, B11, 2541, 12-1–12-23.
- Guterch A., Grad M., Thybo H. & Keller G.R., 1999. POLONAISE'97 – An international seismic experiment between Precambrian and Variscan Europe in Poland. *Tectonophysics*, 314, 101–121.
- Małoszewski S. & Jankowski J., 1997. On secular variations of the geomagnetic field along a profile across the Teisseyre-Tornquist Zone. *Acta Geophysica Polonica*, 45, 1, 23–31.
- Małoszewski S., 1965. O zmianach wiekowych natężenia ziemskiego pola magnetycznego na ziemiach Polski oraz o ich zależności od współrzędnych geograficznych i budowy geologicznej. *Zeszyty Nauk. AGH, Rozprawy 44*, Kraków, 1–210.

- Małozewski S., 1970. Correlation of the deep geologic structure of the crystalline substratum with magnetic and gravity anomalies. *Materiały i Prace*, 34, 129–156.
- Pharaoh T., 1996. Trans-European Suture Zone. Phanerozoic Accretion and the Evolution of Contrasting Continental Lithospheres. *Europrobe 1996*, Lithosphere Dynamics, Origin and Evolution of Continents, 41–54.

Summary

The paper presents results of 40 series of the geomagnetic field measurements, conducted to study the secular geomagnetic variations in the period 1966–2005.

The measurements were made at a 700 km long profile Zgorzelec-Wizajny (Z-W), which crossed the major geotectonic units of Europe, namely: PLZ and EEC joined by TESZ (Fig. 1).

The presented studies are the continuation of earlier similar investigation initiated by S. Małozewski in 1966, results of which were presented in several papers (Małozewski & Jankowski 1997, Bojdys *et al.* 2001, Grabowska & Bojdys 2004).

In the years 1966–2000, the measurements of the total geomagnetic intensity were made with the use of proton magnetometer of Polish production, with sensitivity of 0.1 nT, at about 30 sites along profile Z-W (Fig. 1).

In the years 2001–2005, the SCINTREX ENVI System proton magnetometers with sensitivity 0.1 nT were introduced and the Garmin GPS map 76 was used to locate the measurements sites (27).

Similarly as in the period 1966–2000, the base for the calculation of the relative secular variation were the measurements that were taken at the measurement sites (n) $\left| \vec{T}_{obs,n} \right|$ that have been reduced to the base recording at the Belsk Observatorium $\left| \vec{T}_{Belsk} \right|$. A series of measurements (60 minutes) were taken at each measurements site, and $\Delta T_{n,t}$ corresponds to

$$\Delta T_{n,\tau} = \frac{1}{60} \sum_1^{60} \left| T_{pom,n(\tau+\Delta\tau)} \right| - \left| \vec{T}_{Belsk,\tau} \right|,$$

where τ is the moment of the measurement in GMT-time, and $\Delta\tau$ is a time correction that is connected with the geographical difference of the longitudinal between the measurement site and Belsk. Figure 2 presents plots of changes of relative values of the geomagnetic field ($\Delta T_{n,t}$) at the individual sites together with their linear approximations (trend). The analysis of the plots shows that the linear approximation of the changes for a 40 year long time period is not correct.

Hence, the 40 year long period was divided into three time intervals: 1966–1979, 1979–1992 and 1994–2005, based on distinct differences in gradients of the increase of the absolute values of geomagnetic field recorded at the Belsk Observatory (Fig. 3).

Then, the relative magnetic field values at individual measurement sites (Fig. 4) can be easily approximated with straight lines $W_n(t) = b_n t + a_n$, where co-efficient $\frac{dW_n(t)}{dt} = b_n$ corresponding to the first derivative, is the measure of relative geomagnetic field variations $\delta(\Delta T_n)$.

Values for those coefficients are shown in Figs 5A–C as plots approximated with 6° polynomials.

The investigations show that local relative temporal variations of the geomagnetic field are connected with the geology of the Z-W region and are different in time and space, i.e.:

- the greatest dynamics of magnetic field variations is characteristic of the EEC,
- the slightest dynamics of the relative increase of the magnetic field is observed for TESZ,
- slight dynamics of the relative magnetic field variations is observed for the zone of the Variscan folding of the PLZ.

It can be noted that during the 35 year long period (1966–2000) the relative increase of the geomagnetic field for the EEC was slower than it was for other parts of the profile (Bojdys & Grabowska 2001). In 1979–1992, the observed magnetic field increase (Fig. 5B) was slower by -2 nT/year as compared to that observed at Belsk (Fig. 3).

During the last 5 years (2001–2005), the trend of magnetic field variations at the craton region was reversed (Fig. 5C). This caused the quicker increase of the field ($+0,5$ to $+1,0$ nT/year) in relation to Belsk observations.