

ELŻBIETA WELKER

BADANIA POLA MAGNETYCZNEGO ZIEMI PROWADZONE PRZEZ PRACOWNIKÓW INSTYTUTU GEODEZJI I KARTOGRAFII

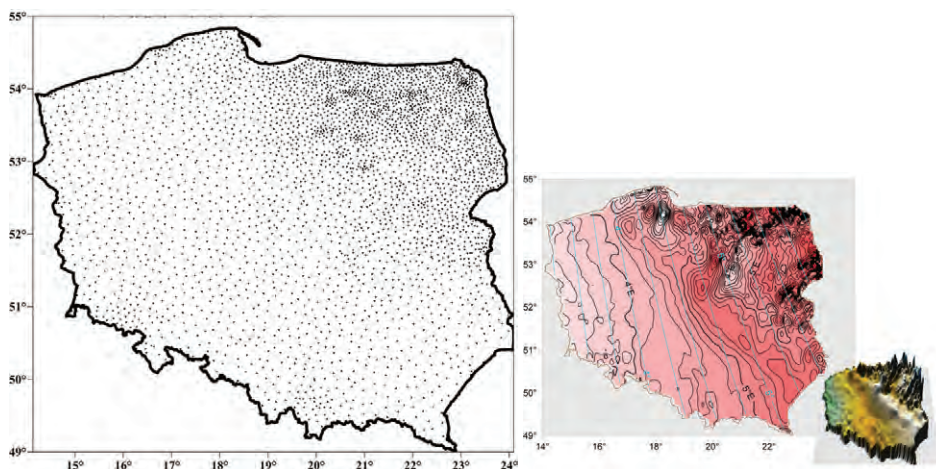
Pole magnetyczne Ziemi jest zjawiskiem fizycznym, zmiennym w czasie, i to w sposób trudny do przewidzenia. Rozwój przemysłu, techniki wymusza coraz większe zainteresowanie badaczy tym zjawiskiem, jego zmianami i wpływem na codzienność. Już po odzyskaniu niepodległości, w latach międzywojennych duże zaangażowanie i praca prof. Stanisława Kalinowskiego doprowadziły do utworzenia pierwszego polskiego obserwatorium magnetycznego w Świdrze (ze składek społeczeństwa). Rozpoczął on także pomiary magnetyczne na terenie Polski i badania zmian wiekowych pola geomagnetycznego na naszym terytorium. W latach 30. ubiegłego wieku powstały pierwsze mapy z izoliniami składowych pola magnetycznego Ziemi. Badania dotyczące pola magnetycznego Ziemi, zainicjowane na początku lat 20. przez prof. Stanisława Kalinowskiego, zostały podjęte po II Wojnie Światowej.

Jednym z podstawowych zadań utworzonego w 1945 roku w Warszawie Geodezyjnego Instytutu Naukowo-Badawczego, przekształconego później w Instytut Geodezji i Kartografii (IGiK), była organizacja i koordynacja prac w zakresie magnetyzmu ziemskiego – zaprojektowanie sieci punktów wiekowych, sieci zdjęcia magnetycznego oraz pomiary i merytoryczny nadzór nad nimi. Dane magnetyczne, a w szczególności aktualne wartości deklinacji magnetycznej potrzebne były takim instytucją jak wojsko, lotnictwo cywilne, marynarka. Wykonania tego zadania podjął się Wojciech Krzemiński. Zorganizował on w Instytucie kilkusobową Pracownię Magnetyzmu Ziemskiego, a także skompletował i przeszkolił kilka zespołów pomiarowych z Państwowego Przedsiębiorstwa Geodezyjnego, oddelegowanych do magnetycznych prac pomiarowych w terenie. W rezultacie tych działań w ciągu kilku lat zostały wykonane pomiary deklinacji magnetycznej na ponad 4000 punktach terenowych (rys. 1). Wyniki tych pomiarów, odpowiednio opracowane i zredukowane do epoki 1955.0, posłużyły do opracowania pierwszej w nowych granicach Polski mapy izogon, czyli mapy deklinacji magnetycznej (Krzemiński W., 1959). W latach 2003–2004 na zlecenie Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii (GUGiK) został powtórzony pomiar na ponad 300 punktach odtworzonych lub przeniesionych ze względu na zmienione warunki otoczenia (zakłócenia magnetyczne). Cały czas Instytut współpracował z Obserwatorium Magnetycznym w Świdrze, a od 1964 roku

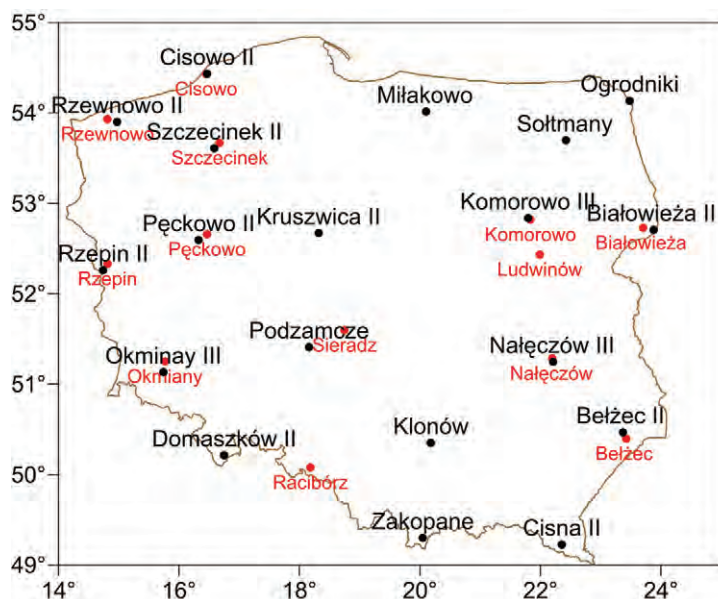
z obserwatorium w Belsku jako Centralnym Obserwatorium Geofizycznym IGF PAN. Zapisy rejestracji z obserwatoriów, początkowo w postaci graficznej a obecnie w postaci cyfrowej wykorzystywane są do redukcji wartości pomiarów wykonanych na punktach magnetycznych.

Instytut Geodezji i Kartografii w odróżnieniu od Instytutu Geofizyki PAN zajmuje się badaniami zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi (Uhrynowski A., 1977) i opracowaniami aktualnych map składowych tego pola, a w szczególności map deklinacji magnetycznej. Opracowania takie są możliwe dzięki systematycznym pomiarom na punktach wiekowych osnowy magnetycznej, obecnie zwanej Centralną Osnową Magnetyczną Kraju. Instytut Geofizyki prowadzi badania nad krótkookresowymi zmianami pola geomagnetycznego generowanymi przez prądy skorupowe, zmiany namagnesowania w jonosferze lub inne czynniki wewnętrzne i zewnętrzne.

Pierwsza w Europie sieć punktów wiekowych, pokrywająca terytorium Polski, składająca się z 19 punktów jest wykorzystywana od lat 50. ubiegłego wieku do badania w IGiK zmian wiekowych pola geomagnetycznego (rys. 2) na terytorium Polski (Krzemiński W. i in., 19963). Wyniki prowadzonych regularnie co 2–3 lata pomiarów trzech niezależnych składowych pola magnetycznego Ziemi wykorzystywane są do badań nie tylko w Polsce, ale i w Europie – w ostatnich latach w ramach grupy MagNetE utworzonej dla zachowania standardów pomiarów magnetycznych w całej Europie. Pierwszymi pracownikami zaangażowanymi w pomiary magnetyczne, wyznaczenie metod pomiarów i opracowanie ich wyników byli Wojciech Krzemiński, Andrzej Sas-Uhrynowski, Andrzej Marek Żółtowski i Seweryn Mroczek.



Rys. 1. Punkty zdjęcia magnetycznego w Polsce i mapa deklinacji magnetycznej powstała z wartości pomierzonych na tych punktach



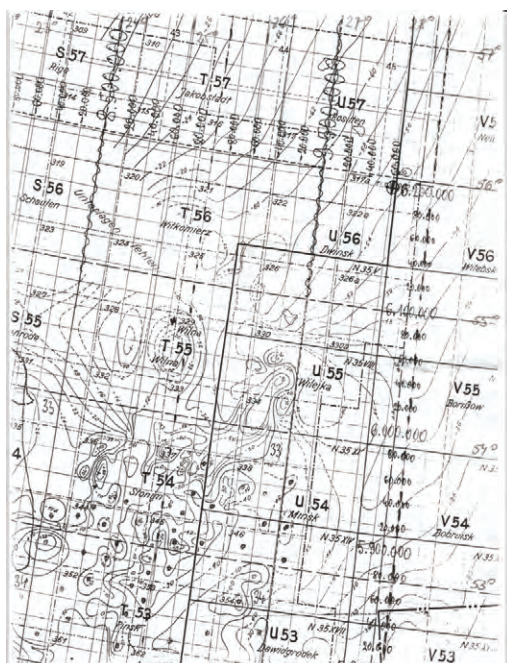
Rys. 2. Sieć punktów wiekowych (Osnowa Magnetyczna Kraju) – na czerwono zaznaczono już nieaktualne punkty pierwotnej sieci

Wyniki regularnych pomiarów na punktach wiekowych wykorzystywane są do budowania modeli zmian wiekowych (zmiany roczne) pola magnetycznego Ziemi na obszarze Polski. Znajomość tych zmian pozwala na redukcję wartości składowych pola uzyskanych z pomiarów magnetycznych na dowolną epokę i opracowywanie aktualnych map magnetycznych. Obecnie mapy deklinacji magnetycznej, wykorzystywane przez służby wojskowe i lotnictwo cywilne, wykonywane są co 5 lat. Na podstawie zmian deklinacji magnetycznej na punktach wiekowych określany jest także przewidywany jej przyrost roczny w następnych 5 latach (Welker E., 2013).

W ramach Komisji Wielostronnej Współpracy Akademii Nauk Krajów Socjalistycznych „Planetarne Badania Geofizyczne” (KAPG) pracownicy Instytutu podjęli współpracę z ośrodkami zajmującymi się badaniami pola geomagnetycznego w innych krajach Europy Środkowo-Wschodniej. Szczególnie owocne były kontakty między pracownikami Instytutu Geodezji i Kartografii, pracownikami niemieckiego obserwatorium Instytutu Geofizyki w Poczdamie (GeoForschungs-Zentrum) – Niemegk oraz pracownikami rosyjskimi z Instytutu Ziemskiego Magnetyzmu i Propagacji Fal Radiowych Rosyjskiej Akademii Nauk (IZMIRAN) z siedzibą w Moskwie i St. Petersburgu. Współpraca z obserwatorium w Niemegk pozwoliła na wypracowanie wspólnych standardów dla pomiarów magnetycznych oraz umożliwiła wymianę danych magnetycznych początkowo z rejonów przygranicznych, a następnie z całego terytorium. Współpraca między polskimi i rosyjskimi badaczami zaowocowała wspólnymi projektami dotyczącymi opracowań magnetycznych, takich jak: wykorzystanie danych satelitarnych z satelity

MAGSAT do pierwszego zobrazowania pola magnetycznego nad Polską widzianego z wysokości orbity satelity (Rotanova N.M. i in., 2000), określenia położenia, składu i modułu dipoli magnetycznych rozmieszczonych wewnątrz Ziemi generujących pole geomagnetyczne oraz opracowanie Atlasu Map Magnetycznych Bałtyku (rys. 4). Ten ostatni projekt trwał od 1970 do 1990 roku, obejmował bezpośrednie pomiary magnetyczne na morzu na niemagnetycznym szkunerze Zarya oraz opracowanie wyników tych pomiarów. Wydany atlas zawiera mapy wszystkich składowych pola geomagnetycznego, opracowane na podstawie zredukowanych wartości z pomiarów na 220 000 punktach pokrywających obszar prawie całego Bałtyku (bez wód terytorialnych). Pierwsza wersja atlasu została wykonana na epokę 1990.5, druga na epokę 2005.5 (Sas-Uhrynowski A. i in., 2001).

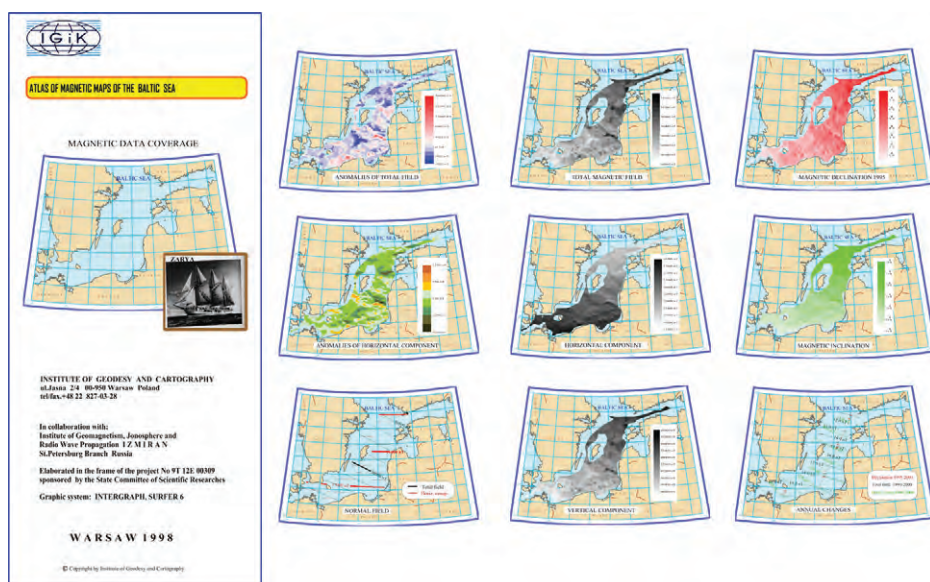
W wyniku współpracy międzynarodowej następuje także wymiana danych z pomiarów magnetycznych z krajami ościennymi, takimi jak Czechy, Słowacja, Litwa, Węgry. Umożliwia to dokładniejsze badania przebiegu zmian wiekowych na obszarze Polski oraz interpolacje przebiegów izolinii na obszarach przygranicznych. Dla terenów na wschód od granicy polskiej udało się pozyskać dane dotyczące deklinacji magnetycznej z katalogów przedwojennych oraz archiwalnych map służb topograficznych Wehrmachtu z okresu okupacji (rys. 3).



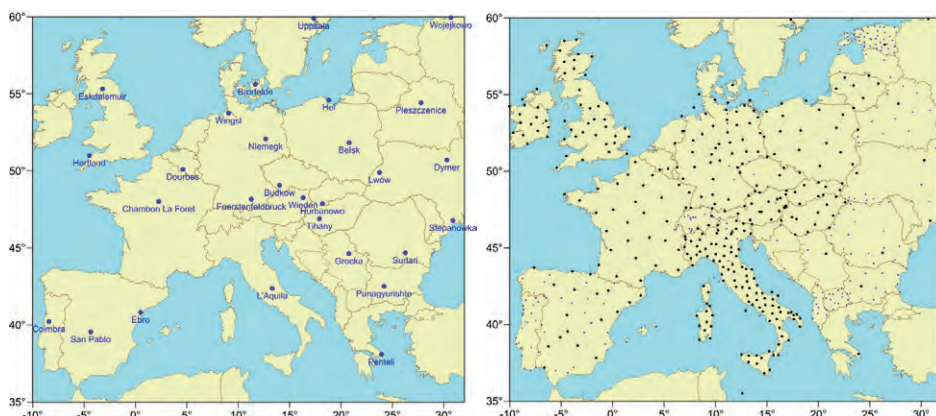
Rys. 3. Fragment mapy archiwalnej Wehrmachtu z 1941 roku

Polska jako jeden z inicjatorów powstania grupy MagNetE współpracuje z nią regularnie od 2003 roku. W ramach grupy następuje wymiana danych magnetycznych, opracowywanie jednolitych standardów pomiarowych oraz wy-

miana doświadczeń związanych z pomiarami magnetycznymi, ich opracowaniem i interpretacją wyników. Ostatnio na podstawie danych z krajów członkowskich grupy wydana została mapa deklinacji magnetycznej Europy na epokę 2006.5. Zadaniem grupy jest też propagowanie potrzeby rozszerzenia sieci punktów wiekowych we wszystkich europejskich krajach i wykonywanie na nich regularnych pomiarów (rys. 5). Wyniki tych pomiarów prezentowane są na kolejnych spotkaniach grupy (co 2 lata) i przekazywane do Światowego Banku Danych Magnetycznych (World Data Center) w Edynburgu.



Rys. 4. Folder Atlasu Map Magnetycznych Bałtyku



Rys. 5. Obserwatoria Magnetyczne Europy i sieć europejskich punktów wiekowych (repeat stations)

Rozwój techniki komputerowej już od lat 80. ubiegłego wieku wymusił stopniowe przenoszenie zasobów archiwalnych w postaci analogowej (rys. 6) na cyfrowe nośniki danych oraz usprawnienie i zautomatyzowanie procesów obliczeniowych. W IGiK powstał Bank Danych Geofizycznych zawierający wyniki pomiarów magnetycznych wykonanych na punktach wiekowych i punktach zdjęcia deklinacji magnetycznej (nie tylko polskich) oraz programy do ich przetwarzania i opracowania. Oprogramowanie zmieniano sukcesywnie wraz z rozwojem sprzętu zarówno pomiarowego, jak i obliczeniowego oraz dostępnych systemów. Na bieżąco też poszerzany jest zasób banku o nowe dane magnetyczne (Welker E., 2013).



Rys. 6. Archiwalne katalogi i zapisy z magnetycznych stacji polowych znajdujące się w zasobach IGiK

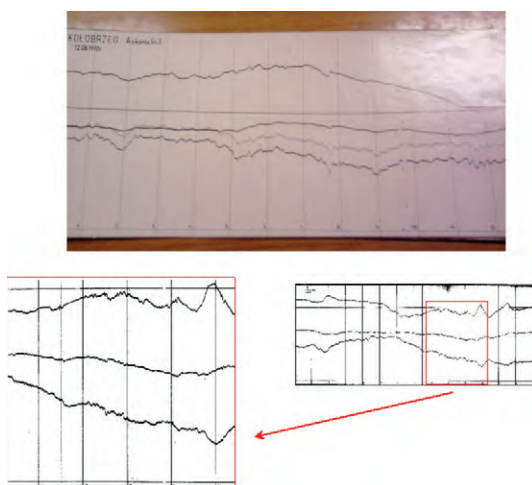
Początkowo do polowych pomiarów magnetycznych wykorzystywano teodolity Askania ze specjalną nasadką zawierającą system magnesów służących do pomiaru modułu składowej poziomej pola magnetycznego H oraz do pomiaru deklinacji i inklinacji (rys. 7). Stacje polowe – magnetometry pozwalały na ciągłą rejestrację zmian składowych pola magnetycznego Ziemi w miejscu pomiaru, ale zapisy prowadzone były w formie graficznej (rys. 6, 8). Zapisy te wymagały później żmudnego opracowania kameralnego. Obecnie posiadany przez Instytut sprzęt do rejestracji polowych zapisuje wszystkie dane dotyczące zmian pola i czasu bezpośrednio na cyfrowe nośniki danych (Welker E., 2013).

Rozwój techniki pozwolił na ulepszenie aparatury pomiarowej wykorzystywanej w terenie i w obserwatorium. Zakupiony przez IGiK w latach 90. ubiegłego wieku teodolit niemagnetyczny firmy Zeiss z sondą magnetometru Flux-Gate D/I (rys. 9) umożliwia w stosunkowo prosty sposób pomiar inklinacji magnetycznej oraz wyznaczenie kierunku północy magnetycznej niezbędnego do obliczenia wartości deklinacji magnetycznej. Należy już tylko zredukować wyniki obserwacji do obserwatorium magnetycznego (najbliższego), aby otrzymać absolutne wartości mierzonych składowych pola geomagnetycznego w punkcie obserwacji.

Magnetometr protonowy ostatniej generacji (produkcji polskiej) pozwala na zapis na wewnętrznym dysku wyników z bezpośrednich pomiarów modułu składowej całkowitego natężenia pola geomagnetycznego F (rys. 9).



Rys. 7. Teodolit Askania z deklinatorem igłowym (lewy rysunek) i niciowym



Rys. 8. Wariograf magnetyczny Askania z archiwalnym graficznym zapisem



Rys. 9. Teodolit Zeiss z sondą magnetometru Flux-Gate D/I oraz magnetometr protonowy z sondą

Od początku XXI wieku, po zakupie magnetometru typu LEMI (rys. 10) pozwalającego na ciągłą rejestrację zmian składowych pola magnetycznego Ziemi X , Y i Z – składowe poziome i pionowa przystąpiono do przygotowania stanowiska stacji magnetycznej w obserwatorium IGIK Borowa Góra. Stację umieszczono w kopcu odizolowanym od wpływów zakłócających pole magnetyczne (rys. 11). Wyniki ciągłej rejestracji zmian składowych pola X , Y i Z przesyłane są do serwera instytutowego i wysyłane na bieżąco na stronę internetu. Tego typu magnetometry są też wykorzystywane na stacjach polowych do pomiarów zmian pola geomagnetycznego w dowolnym punkcie pomiaru magnetycznego.



Rys. 10. Magnetometr LEMI do rejestracji zmian składowych pola geomagnetycznego X , Y i Z wraz z zestawem sond

W odległości około 50 metrów od kopca zlokalizowano punkt bazowy, tzn. punkt do pomiaru trzech niezależnych składowych pola magnetycznego Ziemi – deklinacji, inklinacji i modułu wektora całkowitego natężenia pola. Dane te są niezbędne do wyznaczenia wartości baz dla rejestrowanych w obserwatorium zmian składowych pola geomagnetycznego. W 2011 roku postawiono słup bazowy i zabudowano go pawilonem magnetycznym, który nie zawiera materiałów zakłócających ziemskie pole magnetyczne (rys. 12). W pawilonie wykonuje się

obecnie absolutne pomiary magnetyczne trzech niezależnych składowych pola magnetycznego Ziemi oraz dublowaną rejestrację zmian składowych pola X , Y i Z .



Rys. 11. Lokalizacja kopca ze stacją magnetyczną i słupa bazowego w Obserwatorium IGiK Borowa Góra



Rys. 12. Pawilon magnetyczny w Obserwatorium IGiK Borowa Góra, obok słupa bazowego przed zabudową i statyw pod teodolit

Do ważnych zadań pracowni magnetycznej należy wykonywanie pomiarów deklinacji magnetycznej na punktach magnetycznych krajowych lotnisk, wyznaczanie kierunków magnetycznych dróg startowych oraz legalizacja tarcz dewiacyjnych wykorzystywanych do określenia poprawek kompasów w produkowanym sprzęcie lotniczym (porty Mielec i Świdnik). Pomiary te według wytycznych europejskich muszą być wykonywane co 5 lat, a ich wyniki powinny być aktualizowane co roku na podstawie przewidywanych zmian rocznych. Osobnym zadaniem było wyznaczenie średniego promienia Ziemi dla elipsoidy Hayforda w ramach korekty stosowanej uprzednio wartości do obliczania międzynarodowych rekordów lotniczych. Jak wykazała praktyka, mimo używania systemów

automatycznych i GPS-ów znajomość aktualnej wartości deklinacji magnetycznej na lotnisku jest niezbędna.

Prace magnetyczne wykonywane w IGiK były wielokrotnie nagradzane nagrodami resortowymi. Są nimi:

Nagroda II stopnia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w 1990 roku za wybitne osiągnięcia twórcze w dziedzinie geodezji i kartografii za opracowanie i zastosowanie metody wyznaczania zmian pola geomagnetycznego na morzach.

Praca zespołowa: Andrzej Sas-Uhrynowski, Seweryn Mroczek, Andrzej Marek Żółtowski,

Nagroda II stopnia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w 1993 roku za wybitne osiągnięcia twórcze w dziedzinie geodezji i kartografii za opracowanie systemu aktualizacji map i danych magnetycznych.

Praca zespołowa: Seweryn Mroczek, Andrzej Sas-Uhrynowski, Elżbieta Welker, Andrzej Marek Żółtowski,

Nagroda I stopnia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w 1998 roku za wybitne osiągnięcia twórcze w dziedzinie geodezji i kartografii za opracowanie atlasu map magnetycznych Bałtyku.

Praca zespołowa: Andrzej Sas-Uhrynowski, Elżbieta Welker, Irina Demina, Leonid Kasyanenko,

Nagroda II stopnia Ministra Transportu i Budownictwa w 2005 roku za wybitne osiągnięcia twórcze w dziedzinie geodezji i kartografii za opracowanie dipolowego modelu zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi.

Praca zespołowa: Andrzej Sas-Uhrynowski, Elżbieta Welker, Irina Demina, Julia Farafanova,

Andrzej Sas-Uhrynowski, Elżbieta Welker, Irina Demina i Leonid Kasyanenko otrzymali także w 2000 roku prestiżową Nagrodę Naukową im. Mikołaja Kopernika Fundacji Miasta Krakowa ufundowaną przez Polską Akademię Umiejętności w dziedzinie geodezji za opracowanie i opublikowanie w 1998 roku dzieła: *Atlas map magnetycznych Bałtyku*.

Wykaz publikacji pracowników pracowni magnetycznej

Balicka M., (1979): *Izopory deklinacji magnetycznej w Europie w okresie 1950-1980*, Prace IGiK, nr 3(63), s. 83–96.

Demina I.M., Farafonova J.G., Sas-Uhrynowski A, Welker E., (2004): *Dipolowy model zmian wiekowych pola magnetycznego Ziemi*, Prace IGiK, nr 107, s. 85–108.

Demina I.M., Farafonova J.G., Sas-Uhrynowski A, Welker E., (2006): *Mirovyje anomalii glawnogo magnitnogo pola Zemli i dinamiceskaja model ich istocnikov*, Geomag. i Aeron., T. 46, s. 135–144.

- Demina I.M., Kasyanenko L., Sas-Uhrynowski A., Welker E., (1998): *Atlas of magnetic maps of the Baltic Sea*, XXIII EGU General Assembly, Nice, April 1998.
- Demina I.M., Kasyanenko L., Sas-Uhrynowski A., Welker E., (1997): *Digital Magnetic Charts of D, F and H for Baltic Sea*, 8th Scientific Assembly of IAGA with ICMA and STP Symposia, Nr 1, Proceeding of the 7th International Meeting of the Working Group, Uppsala, sierpień 1997.
- Kasyanenko L., Demina I.M., Sas-Uhrynowski A., (2002): *Predstavlenie glavnogo magnitnogo pola Zemli sistemoy optimalnykh po orientacii i mestopolozheniju dipolej*, Geomagn. i Aeron., T.42, z.6, s. 838–844.
- Kasyanenko L., Demina I.M., Sas-Uhrynowski A., (1998): *On vector representation of secular variation of the geomagnetic field*, Prace IGiK, nr 96, s. 73–107.
- Kasyanenko L., Demina I.M., Sas-Uhrynowski A., (1998): *Prostranstvenno-vremennye izmeneniya vektornogo geomagnitnogo polja za 1900–1990*, Geomagn. i Aeronom., T.38, nr 6, s. 106–113.
- Kasyanenko L.G., Sas-Uhrynowski A., (1995): *Wyznaczenie zmian wiekowych pola geomagnetycznego na morzach i oceanach*, Prace IGiK, nr 91, 94 s.
- Kowalik B., Sas-Uhrynowski A., Welker E., (2004): *New Magnetic Maps of the Baltic Sea*, Proceedings of the XIV-th International Scientific and Technical Conference “The Part of Navigation in Support of Human Activity on the Sea”, Naval University of Gdynia (Institute of Navigation and Hydrography), Gdynia, 18–20 listopada 2004.
- Kowalik B., Sas-Uhrynowski A., Welker E., (2004): *Weryfikacja podstawowego zdjęcia deklinacji magnetycznej w Polsce*, Materiały z Sympozjum, Kraków, 23–24 wrzesień 2004.
- Kryński J., Sas A., Sas-Uhrynowski A., Welker E., (2005): *Zasady konserwacji podstawowej osnowy grawimetrycznej i magnetycznej w Polsce w świetle standardów europejskich*, ekspertyza dla GUGiK, 32 s.
- Kryński J., Welker E., (2010): *Specyfika osnowy magnetycznej oraz współczesne problemy tej osnowy w Polsce*, Seminarium Sekcji Dynamiki Ziemi Sekcji Sieci Geodynamicznych Komitetu Geodezji PAN „Współczesne problemy osnów podstawowych”, 14–15.10.2010, Grybów.
- Krzemiński W., (1959): *Mapa izogon Polski na rok 1955.0*, Prace IGiK, nr 1a.
- Krzemiński W., (1961): *Sposoby wykazywania deklinacji magnetycznej na mapach topograficznych*, Prace IGiK, nr 2(18).
- Krzemiński W., (1962): *Izopory deklinacji w Europie w latach 1900–1950*, Prace IGiK, nr 2(20), s. 92–99.
- Krzemiński W., Uhrynowski A., Żółtowski A., (1961): *Sieć magnetycznych punktów wiekowych w Polsce*, Prace IGiK, nr 2(18) A.
- Krzemiński W., Uhrynowski A., Żółtowski A., (1963): *Sieć magnetycznych punktów wiekowych w Polsce, II*, Prace IGiK, nr 2(22).
- Mąka W., Welker E., (2005): *Nośniki danych*, Geodeta, nr 8, s.14–16.
- Mroczek S., Sas-Uhrynowski A., Welker E., Żółtowski A.M., (1996): *Magnetic secular variation network in Poland and result of observation in the period 1970–1990*, VII IAGA Workshop, Niemegk.

- Rotanova N.M., Odintsov S.D.; Sas-Uhrynowski A, Welker E., (2000): *The magnetic anomaly field over Poland and adjacent regions by using MAGSAT satellite data*, Ac. Geoph. Pol., T. 48, z. 2, pp. 223–240.
- Sas-Uhrynowski A, Karatayev H., Mroczek S., Karagodina O., (2000): *Badania zmian wiekowych pola geomagnetycznego na terytorium Polski i Białorusi*, Prace IGiK, vol. 47, nr 100, s.25–34.
- Sas-Uhrynowski A, Królikowski Cz., (1999): *Zmiany czasowe siły ciężkości i pola magnetycznego Ziemi w SE Polsce*, Prz. Geol., nr 1, s. 79–86.
- Sas-Uhrynowski A, Mroczek S., Karataev G., Karagoina O., (1998): *Establishment of magnetic secular variation network in Belarus*, Annales Geophysicae. Part I. Society Symposia, Solid Earth, Geophysics and Geodesy.
- Sas-Uhrynowski A, Mroczek S., Karatayev G.I., Belov Yu.V., Karagodina O.I., (2001): *Otazhenie sovremennyykh glubinnyykh tektonofizicheskikh processov v dinamike gravitacionnogo i magnitnogo polej Belarusi. Stat'ja I. Struktura monitoringovoy geofizicheskoy seti i neprilivnye variacii vo vremeni polja sily tjazesti*, Litosfera, nr 1(14), s. 120–130.
- Sas-Uhrynowski A, Mroczek S., Karatayev G.I., Belov Yu.V., Karagodina O.I., (2001): *Otazhenie sovremennyykh glubinnyykh tektonofizicheskikh processov v dinamike gravitacionnogo i magnitnogo polej Belarusi. Stat'ja II. Variacii geomagnitnogo polja vo vremeni*, Litosfera, nr 2(15), s. 98–106.
- Sas-Uhrynowski A, Siporski L., Kasyanenko L.G., (1996): *Digital bathymetric and magnetic model of the Baltic*, Materiały na X Konferencję Naukowo-Techniczną, 1, pp. 53–60.
- Sas-Uhrynowski A, Welker E., (1997): *Magnetic maps of the Baltic Sea*, the 7-th International Meeting of the Working Group “NEOGEOODYNAMIKA BALTICA”, Rząsawa-Belchatów, 2–6 czerwiec 1997, UNESCO/IGCP, Project No 346, pp. 94–95.
- Sas-Uhrynowski A, Welker E., (2006): *Mapa deklinacji magnetycznej*, Geodeta, nr 10, s.50–53.
- Sas-Uhrynowski A, Welker E., Demina I.M., Kas'anenکو L.G., (2001): *Vector magnetic survey on the Baltic Sea by schooner „Zarya“*, Seria Monograficzna, Nr 1, 108 s.
- Sas-Uhrynowski A., Welker E., Diomina I., Kasyanenko L., (2000): *Atlas map pola geomagnetycznego Bałtyku*, Prace IGiK, vol. 47, nr 100, s. 9–24.
- Sas-Uhrynowski A, Żółtowski A.M., Alexandrescu M. i in., (1998): *Coordinated magnetic repeat station survey in Europe*, Annales Geophysicae, Part I, Society Symposia, Solid Earth, Geophysics and Geodesy.
- Sas-Uhrynowski A., (1990): *Wpływ dokładności lokalizacji morskiego punktu wiekowego na wyniki wyznaczeń magnetycznych*, Prace IGiK, nr 1–2(84–85), s. 177–192.
- Sas-Uhrynowski A. (1999): *Bałtyk skartowany. Nagroda I stopnia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji za „Atlas map magnetycznych Bałtyku*, Geodeta, nr 3, s. 39–43.

- Sas-Uhrynowski A., Kowalik B., Welker E., (2006): *Using of field variometer to survey at the magnetic repeat stations*, XIIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition and Processing, Belsk, 19-24 czerwiec 2006.
- Sas-Uhrynowski A., Welker E., (1999): *Magnetic Maps of the Baltic Sea 1999*, Technika Poszukiwań Geologicznych-Geosynoptyka i Geotermia PAN, Vol. XXXVIII, nr 1(195), pp. 94–95.
- Sas-Uhrynowski A., Welker E. (2004): *Zmiany deklinacji magnetycznej w okresie 1941–2000 na dawnych polskich terenach wschodnich*, Prace IGiK, z. 106, s. 5–25.
- Sas-Uhrynowski A., Welker E., (2008): *Secular variation of the geomagnetic field in Europe, 1995–2005*, Reports on Geodesy, Nr 2(85), pp. 71–79.
- Sas-Uhrynowski A., Welker E., (2009): *Secular variation of the geomagnetic field in Europe*, Geoinformation Issues, Vol. 1, No 1, pp. 33–40.
- Sas-Uhrynowski A., Welker E., Demina I., Farafonova J., (2005): *Dipole model of Earth's magnetic field secular variations*, Proceedings of the 2nd Workshop on “European Geomagnetic Repeat Station Survey”, April 6–8 2005, Warsaw.
- Sas-Uhrynowski A., Welker E., Diomina I., Kasyanenko L., (2000): *Atlas map pola geomagnetycznego Bałtyku*, Prace IGiK, vol. 47, nr 100, s. 9–24.
- Sas-Uhrynowski A., Welker E., Demina I.M., Farafonova J.G., (2002): *Modeling of the main geomagnetic field by set of optimal dipoles*, Proceedings of the 4th Oersted International Science Team Conference, Copenhagen, 23–27 September 2002, pp. 43–44.
- Sas-Uhrynowski A., Welker E., Demina I.M., Kasyanenko L., (1998): *Magnetic atlas of the Baltic Sea*, Annales Geophysicae. Part I. Society Symposia, Solid Earth, Geophysics and Geodesy.
- Sas-Uhrynowski A., Żółtowski A.M., (1984): *Monografia osnovy magnetycznej Polski, do użytku służbowego w resorcie GUGiK*, Wyd. IGiK, Warszawa, s. 1–50.
- Skeivalas J., Sas-Uhrynowski A., Obuchowski R., (2008): *Analysis of Earth's magnetic field changes by correlation of its parameters*, Geodezja i Kartografia., Wilno, T. 34, nr 3, pp. 88–91.
- Uhrynowski A., (1972): *Analityczna metoda wyznaczenia współczynnika termicznego magnetycznego wariografu polowego*, Prace IGiK, nr 2(45).
- Uhrynowski A., (1976): *Metody badania zmian wiekowych magnetycznego pola Ziemi na terenie Polski*, Prace IGiK, 122 s.
- Uhrynowski A., (1977): *Badanie zmian wiekowych magnetycznego pola Ziemi na terenie Polski*, Prace IGiK, nr 2(56), s. 3–33.
- Uhrynowski A., (1977): *Izopory magnetycznego pola Ziemi w Polsce w okresie 1957–1971*, Prace IGiK, nr 3(57), s. 63–82.
- Uhrynowski A., (1987): *Wyznaczenie zmiany wiekowej magnetycznego pola Ziemi na Bałtyku w interwale 1982-1985*, Prace IGiK, nr 2(79), s. 69–87.

- Uhrynowski A., (1962): *Polowa stacja magnetyczna Rajgród 1959*, Prace IGiK, nr 2(20).
- Uhrynowski A., (1964): *O rejestracji zmian pola magnetycznego wariografem Gv3 w warunkach terenowych*, Prace IGiK, nr 2(24).
- Uhrynowski A., (1992): *Zmiany wiekowe magnetycznego pola Ziemi w Polsce w latach 1971-1990*, Prace IGiK, nr 1(87), s. 59–83.
- Krzemiński W., Uhrynowski A., (1969): *Standardy obserwatoriów magnetycznych Europy Wschodniej*, Prace IGiK, nr 3(39).
- Welker E., (2007): *Zmiana pola magnetycznego Ziemi w latach 1980–2005 na przykładzie dynamicznych modeli zmian jego dwóch wybranych elementów*, Prace IGiK, T. 53, nr 111, s.47–63.
- Welker E., (2011): *The influence of variations of the Earth magnetic field on the elaboration of geomagnetic observations in Poland*, Geoinformation Issues, nr 1(3), pp. 19–35.
- Welker E., (2013): *Sposoby pozyskiwania informacji o elementach pola magnetycznego Ziemi i ich wykorzystanie w geodezji i nawigacji*, Seria Monograficzna Nr 17, Warszawa, IGiK.
- Welker E., (1987): *Interfejsy współpracy mikrokomputera Schneider CPC 6128 z urządzeniami zewnętrznymi*, Biuletyn Informacyjny IGiK, Nr 4, s. 5–11.
- Welker E., (1988): *System automatycznego tworzenia map geofizycznych*, seminarium zorganizowane przez Komitet Geodezji PAN, Machaczkała.
- Welker E., (1988): *System automatycznego tworzenia map magnetycznych*, materiały Sympozjum KAPG PAN, Klub Użytkowników ETO, Poznań.
- Welker E., (1988): *Tworzenie map magnetycznych na mikrokomputerze Schneider CPC 6128*, Przegląd Geodezyjny, Nr 3, s. 23–24.
- Welker E., (2006): *Dynamic model of geomagnetic field changes*, XIIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition and Processing, Belsk, 19-24 czerwiec, 83 s.
- Welker E., (2007): *Magnetic field changes in the years 1980-2005 for example of two chosen elements changes*, The 3rd MagNetE Workshop, Bucharest, 14–16 May 2007, 38 s.
- Welker E., Sas-Uhrynowski A., (2004): *Magnitnaja deklinacija na epochu 2000 dla teritorij Litwy, zapadnoj Bielorusi i Ukrainy*, Prace Naukowe Ukraińskiego Towarzystwa Geodezji i Kartografii, Lwów, s. 68–73.
- Welker E., Sas-Uhrynowski A., (2005): *The SV of declination in Eastern Europe for the 1941-2000 interval*, Proceedings of the 2nd Workshop on “European Geomagnetic Repeat Station Survey”, 6–8 April 2005, Warsaw (CD).
- Welker E., Sas-Uhrynowski A., Kowalik B., (2005): *New magnetic maps of the Baltic Sea*, Proceedings of the 2nd Workshop on “European Geomagnetic Repeat Station Survey”, 6–8 April 2005, Warsaw (CD).
- Welker E., Sas-Uhrynowski A., Obuchovski R., (2003): *Magnetiniu Deklinaciju Pokytis 1941-2000 m. Laikotarpiu Lenkijos IR Kaimyniniu Saliu Teritorijoje*, Geodezija ir kartografija, t. XXIX Nr 4, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius “Technika”, s. 106–115.

- Welker E., Żółtowski A.M., (1993): *Podstawowa sieć magnetyczna kraju w służbie aktualizacji map i danych magnetycznych*, V sympozjum „Współczesne problemy podstawowych sieci geodezyjnych” 28–29.10.1993 r., s. 147–152.
- Welker E., Żółtowski A.M., (1993a): *Podstawowa sieć magnetyczna Kraju w służbie aktualizacji map i danych magnetycznych*, V Sympozjum nt. Współczesnych problemów podstawowych sieci geodezyjnych, Warszawa, s. 147–152.
- Welker E., Żółtowski M., (1993b): *Normalne pole zmian wiekowych magnetyzmu ziemskiego na obszarze Polski*, Prace IGiK, T. XL, nr 1(88), s. 103–118.
- Żółtowski A. M., (1979): *Numeryczna metoda aktualizacji zdjęcia deklinacji magnetycznej obszaru Polski*, Prace IGiK, nr 1(61), s. 63–78.
- Żółtowski A.M, Sas-Uhrynowski A., (1980): *Secular Variations of the Earth's Magnetic Field in Poland*, Gerlands Beitr.Geoph.Leipzig, nr 6, pp. 477–490.
- Żółtowski A.M., (1962): *Zmiany wiekowe deklinacji magnetycznej w Polsce w latach 1957-1961*, Prace IGiK, nr 2(20).
- Żółtowski A.M., (1963): *Metoda przygotowania nowego typu magnetometru BMZ do pomiarów składowej pionowej Z na terenie Polski*, Prace IGiK, nr 2(22).
- Żółtowski A.M., (1973): *Opracowanie mapy izogon Europy na rok 1972*, Prace IGiK, nr 2(47).
- Żółtowski A.M., (1975): *Instrukcja techniczna A-XI „Pomiary pola magnetycznego Ziemi*, Warszawa, Wydawnictwo GUGIK, 40 s.
- Żółtowski A.M., (1975): *Zdjęcie magnetyczne Polski na rok 1965,0*, Informator IGiK, 2/47, XVII, s. 19–21.
- Żółtowski A.M., (1977): *Magnetyzm ziemski. Pomiar elementów pola. Nazwy, określenia i oznaczenia. Polska norma PN-77/N-02212*, Warszawa, Wyd. Norm., 3 s.
- Żółtowski A.M., (1978): *Opracowanie mapy izogon Polski i poł. Bałtyku przy zastosowaniu nowoczesnych metod redukcji magnetycznych*, Mat.Symp. WSMW Gdynia, s. 54–59.
- Żółtowski A.M., (1980): *Metody numerycznego i kartograficznego opracowania zdjęcia deklinacji magnetycznej obszaru Polski z wykorzystaniem środków technicznych o automatycznym działaniu*, Prace IGiK, 44 s.
- Żółtowski A.M., (1981): *Numeryczna metoda aktualizacji zdjęcia deklinacji magnetycznej obszaru Polski (część II)*, Prace IGiK, nr 1(67) s. 3–18.
- Żółtowski A.M., Gaździcki J., (1983): *Some Applications of the Geomagnetic Data Bank in Poland*, Mat.Inter-Disc.Symposium MUGG, Hamburg.
- Żółtowski A.M., Sas-Uhrynowski A., (1980): *Adjustment of the Standards of Magnetic Observatories in Central and Southeastern Europe*, Gerlands Beitr.Geoph.Leipzig, 6, pp. 527–533.
- Żółtowski A.M., Tulczyńska M., (1980): *Aktualizacja map i danych magnetycznych dla potrzeb gospodarki narodowej*, Prz.Geod., nr 3.
- Żółtowski A.M., Tulczyńska M., (1980): *Nowoczesna aktualizacja danych magnetycznych na obszarze Bałtyku południowego*, Mat. Konf. WSMW, Gdynia, s. 158–163.

- Żółtowski A.M., Tulczyńska M., (1982): *Wytyczne techniczne G-I.3 „Pomiary pola magnetycznego Ziemi i opracowanie ich wyników”*, Wyd. GUGIK, Warszawa, 56 s.
- Żółtowski A.M., Tulczyńska M., (1983): *Założenie i wykorzystanie sieci magnetycznych punktów wiekowych na wodach południowego Bałtyku*, Materiały Konferencyjne WSMW, Gdynia, Prz.Geod., nr 11, s. 154–162.