

Projekty geodezyjne realizowane w Europie w ramach współpracy międzynarodowej

Jak geodezja jednoczy Europę

JANUSZ ŚLEDZIŃSKI

W ostatnich latach rozpoczęto w Europie realizację kilku wieloletnich programów badawczych, a jednocześnie wyraźnie zaznaczyła się w tych międzynarodowych programach aktywność polskich geodezyjnych instytucji naukowych. Zadecydowało o tym kilka czynników.

Przede wszystkim poprawiło się znacznie wyposażenie polskich placówek naukowych w nowoczesny sprzęt badawczy: odbiorniki satelitarne, teodolity elektroniczne, precyzyjne grawimetry, grawimetry absolutne. Wynikiem zwiększonych możliwości technicznych i wzmożonej aktywności pracowników naukowych było włączenie się polskich ośrodków naukowych w programy europejskie i światowe, w nowoczesne międzynarodowe służby badań globalnych i regionalnych. Dowodem uznania osiągnięć polskich ośrodków naukowych i indywidualnych zdolności organizacyjnych naszych naukowców geodetów jest przyjęcie polskich instytucji do renomowanych organizacji międzynarodowych, a także powierzenie im koordynacji poważnych międzynarodowych programów badawczych. Celem tego artykułu jest przekazanie informacji najważniejszych europejskich i światowych programach, w których uczestniczą również polskie instytucje naukowe.

Organizacja Inicjatywy Środkowoeuropejskiej

W listopadzie 1989 roku na konferencji ministrów spraw zagranicznych Austrii, Węgier, Włoch i Jugosławii w Budapeszcie utworzono nową organizację, którą nazwano Quadragonale. Celem jej powołania było stworzenie warunków do eksperymentalnej współpracy naukowej i ekonomicznej państw należących wówczas do różnych bloków politycznych. Należy bowiem pamiętać, że Włochy należały wtedy do państw NATO, Węgry do istniejącej jeszcze grupy państw Układu Warszawskiego, natomiast Austria i Jugosławia były formalnie państwami niezależnymi. Kilka miesięcy później, w kwietniu 1990 roku na konferencji w Wiedniu, ówczesna Czechosłowacja została przyjęta do nowej organizacji tworząc Pentagonale. W lipcu następnego roku na konferencji premierów państw

Pentagonale w Dubrowniku Polska została przyjęta do tej organizacji i w ten sposób powstała organizacja skupiająca sześć państw, czyli Hexagonale. W lipcu 1992 roku nazwa organizacji została zmieniona i od tej pory jej oficjalna nazwa brzmi: Inicjatywa Środkowoeuropejska (Central European Initiative, CEI). Ważne wydarzenia polityczne, jakie w tym okresie miały miejsce w Europie, wywarły również istotny wpływ na charakter i zakres współpracy pomiędzy krajami Inicjatywy Środkowoeuropejskiej. Na Bałkanach wybuchła wojna domowa, Czechosłowacja rozpadła się na dwa niezależne państwa, powstały nowe kraje po upadku Związku Radzieckiego. W listopadzie 1991 roku Jugosławia została wykluczona z grupy krajów CEI, pełne członkostwo uzyskały natomiast Chorwacja, Słowenia oraz Bośnia i Hercegowina (lipiec 1992), Republika Czeska i Słowacja (marzec 1993), a także Macedonia (lipiec 1993). Wzrastający autorytet i prestiż CEI wyraża się w tym, że wiele nowych krajów wyraziło chęć nawiązania ścisłej współpracy w ramach rozlicznych grup roboczych CEI. Te kraje to: Białoruś, Bułgaria, Rumunia, Ukraina (kraje stowarzyszone od marca 1993 roku) i w końcu Albania (od lipca 1994 roku). Również instytucje niemieckie wyrażają chęć bliskiej współpracy z krajami Inicjatywy Środkowoeuropejskiej (Bawaria współpracuje już od dawna).

Obecny (1.03.1996) status członkostwa krajów Inicjatywy Środkowoeuropejskiej jest następujący:

- kraje członkowskie to Austria, Bośnia i Hercegowina, Chorwacja, Czechy, Macedonia, Polska, Słowacja, Słowenia, Węgry i Włochy;
- kraje stowarzyszone („konsultatywne”), nie mające jeszcze pełnych praw członkowskich, to Albania, Białoruś, Bułgaria, Rumunia i Ukraina.

Głównym celem współpracy krajów CEI jest działanie na rzecz procesów integracyjnych i stabilizacji w rejonie Europy Środkowej oraz wspieranie krajów Europy Środkowej i Wschodniej w ich dążeniach do wstępowania do struktur zachodnioeuropejskich i osiągnięcia standardów zjednoczonej Europy Zachodniej.

Inicjatywa Środkoeuropejska jest organizacją skupiającą kraje członkowskie na zasadzie pełnej dobrowolności i nie posiada formalnego statusu prawnego. Ustalono, że konferencje szefów państw i ministrów spraw zagranicznych krajów CEI odbywać się będą raz w roku w październiku, zaś zebrania samych ministrów spraw zagranicznych krajów członkowskich i stowarzyszonych – w kwietniu każdego roku. Roczne przewodnictwo organizacji CEI sprawują kolejno kraje członkowskie; w roku 1995 przewodnictwo należało do Polski. W ciągu ubiegłego roku odbyły się dwie statutowe konferencje CEI na najwyższym szczeblu: w kwietniu konferencja ministrów spraw zagranicznych krajów CEI w Krakowie i w październiku konferencja premierów i ministrów spraw zagranicznych w Warszawie. W bieżącym 1996 roku przewodnictwo CEI sprawuje Austria.

Grupy robocze stanowią zasadniczą strukturę organizacyjną CEI. Planują one i zatwierdzają międzynarodowe projekty i umowy współpracy w różnych dziedzinach oraz popierają starania o finansowanie tych projektów ze źródeł krajowych i międzynarodowych. W chwili obecnej działa 16 grup roboczych (CEI Working Groups). Poniżej podajemy ich nazwy:

1. Environment (Ochrona środowiska);
2. Transport (Transport);
3. Small and Medium Size Enterprises (Małe i średnie przedsiębiorstwa);
4. Media (Media);
5. Telecommunications (Telekomunikacja);
6. Culture, Education, Youth Exchange (Kultura, oświata, wymiana młodzieżowa);
7. Science and Technology (Nauka i technika);
8. Migration (Migracja);
9. Energy (Energia);
10. Disaster Relief (Usuwanie skutków klęsk żywiołowych);
11. Tourism (Turystyka);
12. Statistics (Statystyka);
13. Agriculture (Rolnictwo);
14. Civil Defense (Obrona cywilna);
15. Minorities (Mniejszości narodowe);
16. Experts on Vocational Training (Szkolenie zawodowe), ad hoc.

Nauki o Ziemi, w szczególności geodezja jest reprezentowana w grupie roboczej nr 7 „Science and Technology”. Grupa ta została powołana w roku 1990, zaś jej „statutowe” cele są następujące:

- identyfikacja obszarów, w których współpraca regionalna może i powinna być rozwijana z korzyścią dla wszystkich współpracujących krajów,
- popieranie współpracy pomiędzy wyższymi uczelniami i instytucjami badawczymi w rejonie Europy Środkowej w zakresie badań naukowych teoretycznych i stosowanych oraz technologii,
- propagowanie i organizowanie różnych form nauczania i szkolenia, wymiany naukowców i stwarzania nowych warunków do prowadzenia badań i rozwoju kadr,
- popieranie uczestnictwa naukowców z krajów CEI w międzynarodowych programach badawczych,

- podejmowanie projektów mających na celu rozwój technologii oraz modernizację małych i średnich przedsiębiorstw. Grupa robocza „Science and Technology” skupia obecnie 9 tematycznych grup projektowych (endorsed projects) będących oddzielnymi pracującymi komitetami:

- Centres of Excellence Physics of Matter;
- Technology Transfer Centre;
- Earth Science;
- Experimental Mechanics;
- Meteorology;
- Astronomy and Astrophysics;
- Space;
- Industrial Technologies and Automation;
- Parallel Computing.

Geodezja jest reprezentowana w Komitecie „Earth Science”, nauki pokrewne – bliskie geodezji – również w innych komitetach, takich jak „Astronomy and Astrophysics” oraz „Space”. Praca Komitetu Nauk o Ziemi (Committee for Earth Science) odbywa się w trzech sekcjach:

- A: Geology (Geologia);
- B: Geophysics (Geofizyka);
- C: Geodesy (Geodezja).

Należy zaznaczyć, że grupy robocze CEI skupiają wszystkie chętne do współpracy międzynarodowej ośrodki naukowe krajów CEI. Wszystkie te ośrodki mogą inicjować projekty i programy, które po akceptacji partnerów CEI mogą być realizowane we współpracy międzynarodowej. Wynika z tego, i należy to wyraźnie podkreślić, że sekcja C „Geodezja” zawierająca problematykę geodezyjną nie jest organizacją skupiającą przedstawicieli tzw. służb geodezyjnych krajów członkowskich (nie jest kontynuacją dawnej tzw. współpracy służb geodezyjnych krajów socjalistycznych), lecz ogarnia wszystkie instytucje naukowe w krajach członkowskich pragnące współpracować ze sobą.

Program badań geodezyjnych sekcji C „Geodezja”

Współpraca międzynarodowa w zakresie geodezji prowadzona w ramach sekcji C „Geodezja” obejmuje trzy obszerne grupy tematyczne:

1. Interconnection of geodetic control networks – horizontal, levelling, gravimetric (Powiązania podstawowych sieci geodezyjnych – poziomych, niwelacyjnych i grawimetrycznych);
2. Geographic and Land Information Systems (Geograficzne Systemy Informacji i Systemy Informacji o Terenie);
3. Geodynamic investigations (Badania geodynamiczne).

W ramach sekcji C działa również grupa robocza „University Education Standards”.

Poniżej omówimy niektóre najważniejsze wyniki osiągnięte we współpracy krajów CEI.

Kampanie EUREF w krajach Europy Środkowej i Wschodniej

Nawiązanie sieci poziomych krajów CEI stanowi jeden z najważniejszych tematów współpracy prowadzonej w ramach sekcji C „Geodezja”. Obecnie najlepszą drogą do wykonania tego zadania jest współpraca z podkomisją EUREF Międzynarodowej Asocjacji Geodezji (MAG) Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki (IAG Subcommission EUREF). Na konferencjach sekcji C podejmowano rezolucje nakładające narodowe służby geodezyjne krajów CEI do zintensyfikowania i szybkie-

go zakończenia prac zmierzających do założenia na obszarach tych krajów sieci punktów EUREF. Kampanie EUREF organizuje na zlecenie podkomisji MAG niemiecki Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt/Main (IfAG). Ponadto w myśl zaleceń konferencji sekcji C w każdym kraju powinny być jak najszybciej wyznaczone parametry transformacji pomiędzy układem ETRF89 (European Terrestrial Reference Frame) a układami używanymi w poszczególnych krajach.

W tablicy 1 podajemy wykaz najważniejszych kampanii EUREF organizowanych przez IfAG. Wynika z niej, że dotychczas do zunifikowanego systemu geodezyjnego Europy Zachodniej zakładanego według standardów NATO przystąpiły następujące kraje: Austria, Bułgaria, Chorwacja, Czechy, Polska, Słowacja, Słowenia, Węgry, Włochy. Aktualny status sieci EUREF przedstawia rysunek obok.

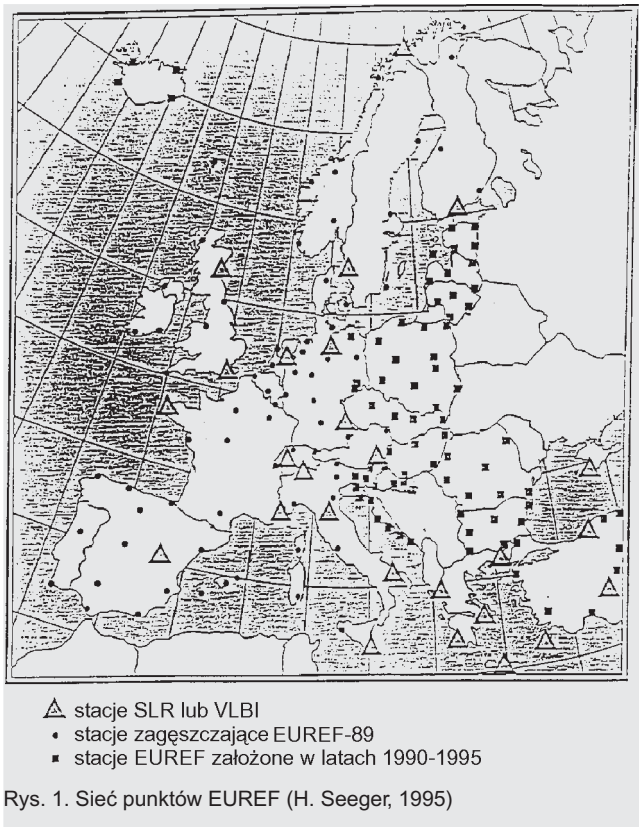
Tablica 1. Ważniejsze kampanie EUREF organizowane przez IfAG

Kampania EUREF	Czas trwania	Liczba punktów EUREF	Liczba wszystkich punktów
EUREF North-West '90	23.07-1.08.1990	20	36
EUREF-CS/H '91 Węgry Czechy Słowacja Polska	29.10-3.11.1991	5 3 3 2	27
EUREF-POL '92 Polska Litwa	4-8.07.1992	11 2	31
EUREF-BAL '92 Estonia Łotwa Litwa	28.08-4.09.1992	5 4 4	24
EUREF-BULGARIA '92 BULGARIA '93	4-8.10.1992 październik '93	7 15	15
EUREF-CYPRUS '93	27.01-1.02.1993	6	10
EUREF-D/NL '93	10.05-15.05.1993	4	35
EUREF-LUXBD '94 Luksemburg Belgia	14.03-18.03.1994	4 6	19
EUREF Densification Camp. Słowenia Chorwacja	30.05-3.06.1994	8 10	22
EUREF Croatian Co st-Line '94	7.06-10.06.1994	17	
EUREF-Romania '94 Rumunia Bułgaria Węgry Turcja	26.09-30.09.1994	7 4 5 1	
Kampanie EUREF planowane na lata 1996-67 (Ukraina)? (Białoruś)? Macedonia Albania Malta Bośnia, Serbia, Czarnogóra (Rosja – na zachód od Uralu)?	kampania w 1995 r. przerwana kampania w 1995 r. odwołana		

Krajowe satelitarne sieci geodezyjne

Wszystkie kraje, które przyjęły zachodni system geodezyjny EUREF, przystąpiły następnie do zakładania nowoczesnych podstawowych satelitarnych sieci geodezyjnych. Prace zmierzające do założenia państwowych podstawowych sieci GPS są już zakończone lub znajdują się w końcowej fazie w większości krajów CEI. Należy tu wymienić przede wszystkim następujące kraje: Austria, Chorwacja, Czechy, Polska, Słowacja, Słowenia, Węgry, Włochy. Czytelnika zainteresuje zapewne, jak w tym względzie wygląda sytuacja w Polsce.

Sieć EUREF-POL (rys. 1), włączająca Polskę do układu geodezyjnego Europy Zachodniej, została pomierzona w lipcu 1992 roku

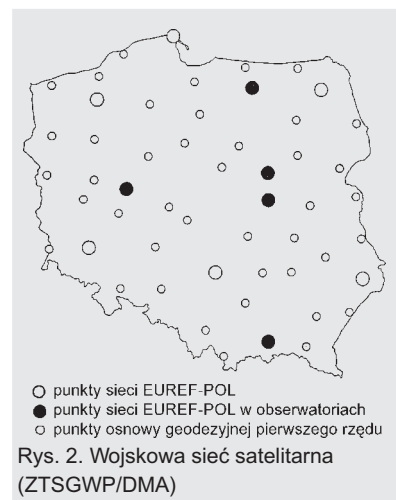


Rys. 1. Sieć punktów EUREF (H. Seeger, 1995)

i opracowana niezależnie przez Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt/Main (IfAG) i Centrum Badań Kosmicznych, Warszawa. Kampanię koordynował wspomniany instytut niemiecki, zaś obowiązek organizacji kampanii w kraju wzięło na siebie Centrum Badań Kosmicznych PAN. Sieć składa się z 11 punktów, z których 5 zlokalizowanych jest w obserwatoriach astronomicznych i satelitarnych. Podczas kampanii obserwacyjnej pomierzono również kilkanaście punktów leżących poza terytorium Polski. Rok później, w dniach 13-24 września 1993 roku, odbyła się na terenie Polski następna ważna kampania obserwacyjna GPS zorganizowana w ramach współpracy Zarządu Topograficznego Sztabu Generalnego Wojska Polskiego z Amerykańską Agencją Defense Mapping Agency (DMA), w ciągu której pomierzone zostały 53 punkty precyzyjnej krajowej sieci wojskowej pierwszego rzędu o najwyższym standardzie (rys. 2). W realizacji przedsięwzięcia udział wzięły 3 instytucje: Zarząd Topograficzny SG WP, Defense Mapping Agency oraz Instytut Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej PW.

Celem tej kampanii było założenie precyzyjnej przestrzennej sieci geodezyjnej dla celów wojskowych i cywilnych odniesionej do układu WGS84 i założonej według standardów NATO.

W kampanii przeprowadzonej we wrześniu 1993 roku wzięły



Rys. 2. Wojskowa sieć satelitarna (ZTSZGWP/DMA)

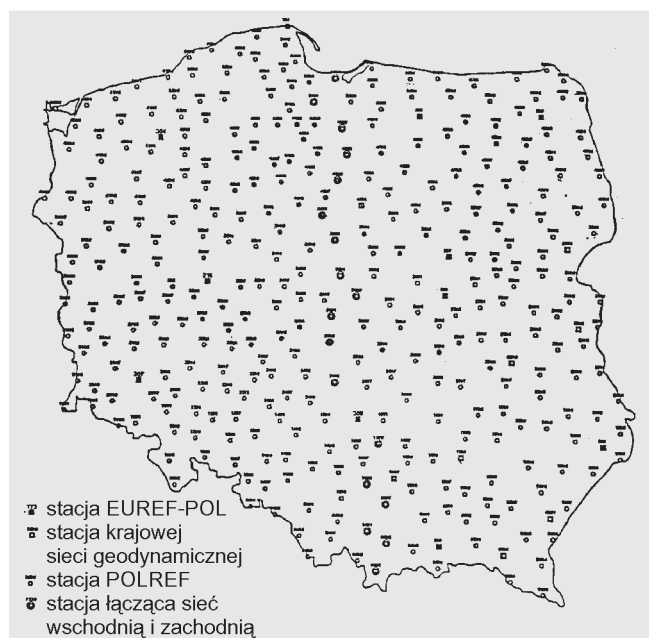
udział zespoły polskie (ZTSG WP i IGWiAG PW) oraz amerykańskie (DMA). Zespoły polskie wykorzystywały 9 odbiorników Trimble 4000SSE, zaś amerykańskie używały do pomiarów 8 odbiorników Ashtech MD-XII. Pomiary wykonano na wszystkich 11 punktach sieci EUREF-POL oraz na 42 innych punktach sieci pierwszego rzędu.

Opracowanie sieci wojskowej zostało dokonane niezależnie w dwóch instytucjach: w DMA w Waszyngtonie i w IGWiAG PW w Warszawie. Obliczenia DMA wykonano w dwóch etapach. W pierwszym etapie dokonano obliczenia współrzędnych bezwzględnych wszystkich 11 punktów polskiej sieci EUREF-POL (obliczeń dokonano przy użyciu kodu Y po usunięciu degradujących sygnałów selective availability i anti-spoofing). W drugim etapie dokonano obliczeń współrzędnych wszystkich 52 punktów sieci względem światowego punktu IGS Józefoslaw, którego położenie przyjęto jako stałe. W opracowaniu wykonanym w IGWiAG PW obliczono współrzędne wszystkich 53 punktów polskich przyjmując 6 punktów europejskich IGS jako punkty odniesienia (Graz, Kootwijk, Metsahovi, Onsala, Wettzell, Zimmerwald). Obliczenia w DMA wykonano przy zastosowaniu programów GASP v.5.0 i BERNESE v.3.2/RINOTOASH/FILLNET v.3.0. Do opracowania kampanii w IGWiAG PW wykorzystano program BERNESE v.3.4

Ostateczne wyniki kampanii stanowią:

- współrzędne absolutne 11 punktów sieci EUREF-POL wyznaczone z dokładnością 0,46 m (WGS-84);
 - współrzędne 53 punktów w układzie ITRF (epoka 1992,5) z dokładnością 0,003 m;
 - parametry transformacji WGS84-Krassowski 42 i ITRF91-Krassowski 42 (błąd 0,26 po wyrównaniu).
- Wszystkie wyniki udostępnia zainteresowanemu Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego Wojska Polskiego. Praca była finansowana przez Zarząd Topograficzny SG WP i Defense Mapping Agency (DMA), USA.

W roku 1994 rozpoczęto następny etap prac zmierzających do założenia podstawowej satelitarnej sieci GPS na terenie Polski. Wojskowe i cywilne służby geodezyjne przystąpiły niezależnie do zakładania sieci geodezyjnych. Sieć wojskowa składać się będzie z około 550 punktów, zaś sieć służby cywilnej z około 375 punktów. Filozofia zakładania obu tych sieci jest nieco odmienna: nowe punkty sieci wojskowej zakładane są przeważnie przy szlakach komunikacyjnych, są bardzo łatwo dostępne i usytuowane tak, że umożliwiają łatwe nawiązanie pomiarów wykonywanych w przyszłości dla celów wojskowych szybkimi technikami i metodami obserwacyjnymi. Sieć satelitarna służby cywilnej zawiera większą liczbę punktów starej klasycznej sieci astronomiczno-geodezyjnej (rys. 3). Prace nad założeniem obu sieci będą zakończone w roku bieżącym. Jeśli dokonane zostanie łączne wyrównanie obu sieci, to Polska zyska jedną z najgęstszych i najlepszych powierzchniowych jednorodnych sieci satelitarnych na świecie składającą się z około 950 punktów. Odległości pomiędzy punktami tej sieci wyniosą 15-25 km.



Rys. 3. Sieć satelitarna cywilnej służby geodezyjnej POLREF

leżnie do zakładania sieci geodezyjnych. Sieć wojskowa składać się będzie z około 550 punktów, zaś sieć służby cywilnej z około 375 punktów. Filozofia zakładania obu tych sieci jest nieco odmienna: nowe punkty sieci wojskowej zakładane są przeważnie przy szlakach komunikacyjnych, są bardzo łatwo dostępne i usytuowane tak, że umożliwiają łatwe nawiązanie pomiarów wykonywanych w przyszłości dla celów wojskowych szybkimi technikami i metodami obserwacyjnymi. Sieć satelitarna służby cywilnej zawiera większą liczbę punktów starej klasycznej sieci astronomiczno-geodezyjnej (rys. 3). Prace nad założeniem obu sieci będą zakończone w roku bieżącym. Jeśli dokonane zostanie łączne wyrównanie obu sieci, to Polska zyska jedną z najgęstszych i najlepszych powierzchniowych jednorodnych sieci satelitarnych na świecie składającą się z około 950 punktów. Odległości pomiędzy punktami tej sieci wyniosą 15-25 km.

Europa Środkowa poligonem badań geodynamicznych

Obszar Europy Środkowej, a w szczególności obszar Polski jest niezwykle interesujący pod względem geotektonicznym. Właśnie przez terytorium Polski przebiegają granice trzech wielkich jednostek geotektonicznych o różnym wieku: Wschodnioeuropejskiej Platformy Prekambryjskiej, Platformy Paleozoicznej Europy Środkowej i Zachodniej oraz Orogenu Alpejskiego Europy Południowej. Granica pomiędzy wyżej wymienionymi platformami zwana strefą Teisseyre'a-Tornquista przebiega przez terytorium Polski od jej krańców północno-zachodnich do rubieży południowo-wschodnich. Wszystkie trzy granice spotykają się również na terenie Polski południowej tworząc tzw. węzeł geotektoniczny (rys. 4).

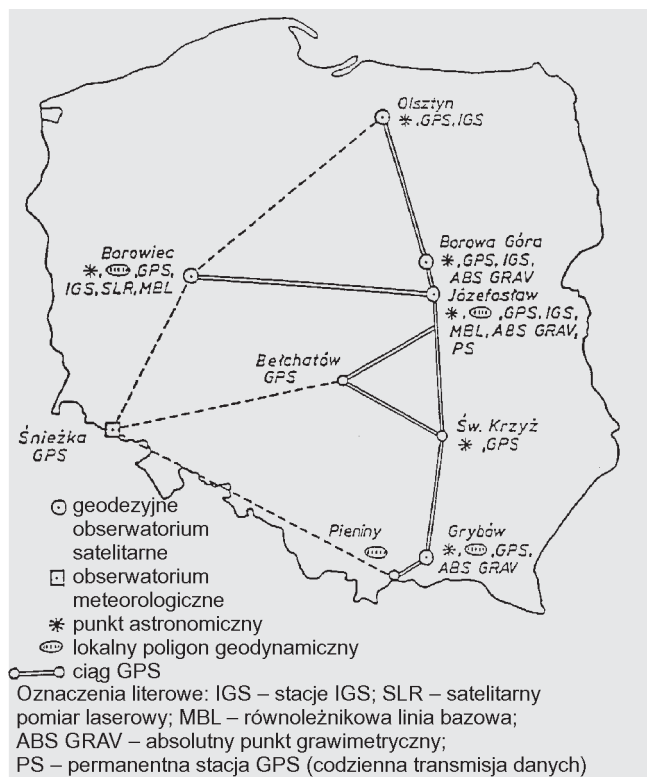


Rys. 4. Schemat sytuacji geotektonicznej Europy

Innym regionem Europy Środkowej godnym szczególnych badań jest Orogen Karpacki o długości około 1500 km i szerokości 200-300 km. Ta stosunkowo młoda formacja geologiczna została utworzona w wyniku kolizji pomiędzy olbrzymimi płytami europejską i afrykańską. Procesy te trwają nadal i są zauważalne szczególnie na terenach Austrii, Czech, Słowacji, Polski, Węgier, Ukrainy i Rumunii. Na terenach tych krajów, aczkolwiek na ogół spokojnych pod względem sejsmicznym, zdarzają się ostatnio trzęsienia ziemi o stosunkowo niewielkim natężeniu. Wszystkie te procesy tektoniczne mają związek z procesami zachodzącymi w stosunkowo niezbyt odległym aktywnym sejsmicznie rejonie Europy Południowej, a w szczególności na obszarze Morza Śródziemnego. Jeszcze innymi niezmiernie interesującymi regionami w Europie Środkowej są: Basen Pannonii (Niziny Węgierskiej), Masyw Czeski i Przedgórze Alpejskie.

SAGET

Kluczowe położenie geotektoniczne Polski wykorzystane zostało przez Instytut Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej Politechniki Warszawskiej do zainicjowania w roku 1986 projektu SAGET, w ramach którego założone zostały w Polsce centralnej i południowej Satelitaro-Geodynamiczne Trawersy. Trawersy te utworzyły sieć łączącą punkty leżące na trzech różnych jednostkach geologicznych stykających się na terenie Polski (Platforma Prekambryjska, Platforma Paleozoiczna, Orogen Alpejski) i tworzących strefę kontaktową Teisseyre'a-Tornquista (granica obu wyżej wspomnianych platform). Sieć SAGET oparta jest na pięciu obserwatoriach astronomiczno-satelitarnych w Borowej Górze, Borowcu, Grybowie, Józefosławiu, Lamkówku i obserwatorium meteorologicznym na Śnieżce w Karkonoszach. Wzdłuż poligonów SAGET wykonano pomiary satelitarne, geodezyjne, astronomiczne i grawimetryczne. Zostały one wykorzystane między innymi do obliczenia wysokości geoidy wzdłuż najciekawszego profilu przecinającego strefę T-T i przebiegającego od Józefosławia do Św. Krzyża i wzdłuż profili Józefosław-Belchatów i Belchatów-Św. Krzyż. Zrealizowane trawersy projektu SAGET są przedstawione na rysunku 5.



Rys. 5. Punkty sieci SAGET

Obecnie zgromadzone zostały następujące materiały obserwacyjne:

- obserwacje GPS wzdłuż poligonów o łącznej długości około 900 km,
- pomiary absolutne siły ciężkości na 7 punktach SAGET,
- względne pomiary grawimetryczne wzdłuż poligonów o łącznej długości 300 km,
- nawiązanie wszystkich punktów SAGET do sieci niwelacji precyzyjnej,
- pomiary astronomiczne szerokości i długości astronomicznej na 7 punktach SAGET,
- pomiary liniowo-kątowe wzdłuż poligonów o łącznej długości około 250 km.

EXTENDED SAGET

Sieć EXTENDED SAGET jest rozwinięciem projektu SAGET. Celem tego projektu jest nawiązanie sieci SAGET do globalnego układu współrzędnych oraz założenie sieci geodezyjnej do:

- badań geodynamicznych wzdłuż całej strefy Teisseyre'a-Tornquista, a nie tylko jej polskiej części;
- badań Łuku Karpackiego na obszarze Czech, Słowacji, Polski i Ukrainy;
- nawiązania sieci geodynamicznych krajów Europy Środkowej (Polski, Czech, Słowacji, Węgier, Ukrainy, Austrii);
- prac realizowanych w ramach programu naukowego krajów grupy Inicjatywy Środkoeuropejskiej (CEI);
- innych projektów europejskich, jak WEGENER, EURO-PROBE.

Sieć EXTENDED SAGET wiąże ponadto istniejące sieci geodynamiczne innych dwóch istotnych dla badań geodynamicznych regionów Europy, a mianowicie Skandynawii i Basenu Morza Śródziemnego.

Koordinację projektu EXTENDED SAGET sprawuje Instytut Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej PW. Dotychczas zostały przeprowadzone cztery kampanie GPS sieci EXTENDED SAGET. Wszystkie kampanie zostały opracowane w IGS Associate Analysis Centre Instytutu Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej. Użyto programu Bernese i danych efemerydalnych IGS CODE pochodzących z ośrodka berneńskiego w Szwajcarii (w pierwszej kampanii wykorzystano także efemerydy UTX uniwersytetu w Teksasie, USA).

Pierwsza kampania była zorganizowana w okresie 7-11.08.1992 r. Wzięły w niej udział 23 stacje z 13 krajów europejskich. Wyniki końcowe tej kampanii w postaci współrzędnych uczestniczących stacji w układzie ITRF91 na epokę 1992,5 zostały opublikowane w *Reports on geodesy, IG&GA WUT, No. 2 (8), 1993*. Druga kampania odbyła się w okresie 2-6.08.1993 r. Uczestniczyło w niej 36 stacji z 14 krajów. Ostateczne wyniki opracowania tej kampanii zostały opublikowane w instytutowej serii wydawniczej *Reports on geodesy, IG&GA WUT, No. 4 (12), 1994*.

Trzecia kampania (rys. 6) była zorganizowana w okresie 2-6.05.1994 i była jednocześnie rozszerzeniem kampanii CEGRN (patrz niżej). Stacje europejskie, które ze względu na ograniczoną liczbę punktów sieci CEGRN nie mogły być do niej włączone, zostały zaobserwowane w ramach kampanii EXTENDED SAGET '94 są opublikowane również w serii wydawniczej *Re-*



Rys. 6. Stacje sieci Extended SAGET '94/CEGRN '94

ports on Geodesy, IG&GA WUT, No. 3 (16), 1995.

Czwarta kampania EXTENDED SAGET/CEGRN odbyła się w okresie 29 maja – 3 czerwca 1995 roku. Niebawem zostaną opublikowane ostateczne wyniki tej kampanii.

Następna, piąta z kolei kampania EXTENDED SAGET '96/CEGRN '96 będzie zorganizowana w okresie 10-15 czerwca 1996 roku.

Program badań geodynamicznych krajów CEI. Projekt CERGOP

Zauważmy, że wszystkie opisane powyżej interesujące pod względem tektonicznym regiony, tj. strefa Teisseyre'a-Tornquista, Łuk Orogenu Karpackiego, Basen Pannonii, Masyw Czeski i Austriacko-Włoski Region Podalpejski leżą na terytorium krajów Inicjatywy Środkowoeuropejskiej. Wykorzystując ten fakt zainicjowano obszerny program badań geodynamicznych w ramach tematu nr 3 sekcji C „Geodezja”.

Polsko-węgierski projekt CERGOP (Central Europe Regional Geodynamics Project) został zainicjowany przez naukowców węgierskich (z Obserwatorium Satelitarno-Geodezyjnego w Penc) i polskich (z Instytutu Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej Politechniki Warszawskiej i Centrum Badań Kosmicznych). Został on zatwierdzony do realizacji przez kraje CEI na konferencji sekcji C w Książu w maju 1993 roku.

W realizacji projektu bierze udział jedenaście krajów: Austria, Chorwacja, Czechy, Niemcy, Polska, Rumunia, Słowacja, Słowenia, Ukraina, Węgry i Włochy.

Główne cele projektu CERGOP stanowią:

- integracja badań geodynamicznych w Europie Środkowej oparta na wykorzystaniu wysoko precyzyjnych technik satelitarnych i kosmicznych i wysoko precyzyjnej zintegrowanej sieci geodynamicznej;
- założenie w Europie Środkowej precyzyjnej sieci geodynamicznej zwanej CEGRN (Central European GPS Reference Network) niezbędnej do studiów geodynamicznych wszystkich interesujących pod względem geotektonicznym regionów Europy Środkowej i powiązania wszystkich lokalnych sieci geodynamicznych istniejących na tym terenie;
- inicjowanie i popieranie międzynarodowej współpracy pomiędzy uczestniczącymi krajami;
- zbieranie i archiwizowanie obserwacji satelitarnych dla badań i interpretacji geodynamicznych procesów w Europie Środkowej.

Głównym ciałem koordynującym prace projektu CERGOP jest tzw. Międzynarodowa Grupa Robocza Projektu (International Project Working Group – IPWG). Kierownikami Projektu CERGOP są dr Istvan Fejes/Węgry (Project Chairman) i prof. dr Janusz Śledziński/Polska (Project Co-Chairman). W skład IPWG wchodzi również przedstawiciele wszystkich uczestniczących w projekcie krajów.

Uzgodniono, że konferencje IPWG dokonujące oceny postępu prac i ustalające program badań na następny okres będą się odbywać dwa razy w roku. Pierwsza konferencja odbyła się w lutym 1994 roku w Warszawie, następane – w Penc (Węgry) w listopadzie 1994 r. i w maju 1995 roku. Czwarta konferencja odbyła się w Warszawie w listopadzie 1995 roku. Organizację następnych konferencji w roku 1996 powierzono Austrii (Reisseck) i Włochom (Udine).

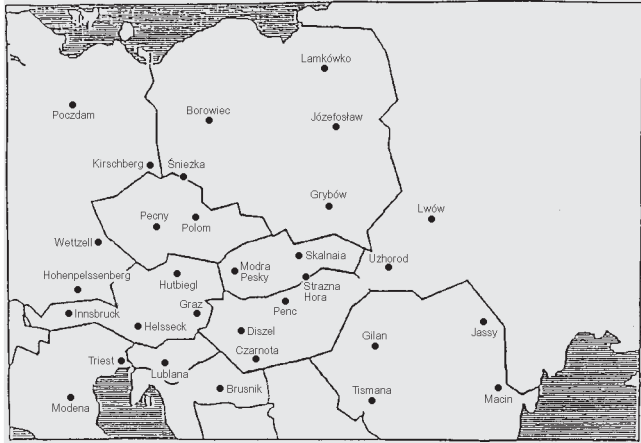
Projekt CERGOP jest częściowo finansowany z funduszy Unii

Europejskiej z programu COPERNICUS. Jako koordynator projektu COPERNICUS występuje Institut für Angewandte Geodäsie Frankfurt/Main. Ciałem sterującym projektem COPERNICUS jest komitet (Steering Committee) składający się z obu kierowników projektu (dr I. Fejes, prof. J. Śledziński), przedstawiciela koordynatora (prof. E. Reinhart) i drugiego kraju Unii Europejskiej – Włoch (prof. Cl. Marchesini).

Na drugiej konferencji roboczej projektu CERGOP w Penc i Budapeszcie w listopadzie 1994 roku powołano kilkanaście problemowych grup studyjnych (CERGOP Study Groups – CSG), które mają się zająć badaniami o stosunkowo wąskiej problematyce. Oto nazwy tych grup roboczych w brzmieniu oryginalnym:

- CSG 1. Investigation of tropospheric delays (Badanie wpływów troposfery). Przewodniczący: P. Pesec (Austria);
- CSG 2. CERGOP site quality monitoring (Kontrola jakości punktów CERGOP). Przewodniczący: P. Lévai (Węgry);
- CSG 3. CERGOP reference frame (Układ współrzędnych dla projektu CERGOP). Przewodniczący: J. Rogowski (Polska);
- CSG 4. Standardisation of data and processing centres (Standardyzacja Centrów Bazy Danych i Centrów Obliczeniowych). Przewodniczący: G. Stangl (Austria);
- CSG 5. Permanent and epoch GPS CERGOP stations (Permanenne i okresowe stacje GPS projektu CERGOP). Przewodniczący: J. Śledziński (Polska);
- CSG 6. CEGRN and height determination (Sieć CEGRN i wyznaczanie wysokości). Przewodniczący: J. Šimek (Czechy);
- CSG 7. CERGOP gravity network (Grawimetryczna sieć CERGOP). Przewodniczący: M. Barlik (Polska);
- CSG 8. Geotectonic analysis of the region of Central Europe (Analiza geotektoniczna regionu Europy Środkowej). Przewodniczący: P. Vyskočil (Czechy);
- CSG 9. grupa anulowana;
- CSG 10. Monitoring of recent crustal movements in Eastern Alps with GPS (Badanie współczesnych ruchów skorupy ziemskiej za pomocą techniki GPS). Przewodniczący: Cl. Marchesini (Włochy);
- CSG 11. Threedimensional plate kinematics in Romania (Kinematyka płyty geotektonicznej Rumunii). Przewodniczący: D. Ghitău (Rumunia).

Jedną z głównych akcji projektu CERGOP jest założenie w Europie Środkowej precyzyjnej sieci geodynamicznej zwanej Central European GPS Reference Network (CEGRN). Projekt tej sieci przewiduje, że lokalizacja punktów sieci CEGRN musi uwzględniać sytuację geotektoniczną oraz spełniać warunki narzucane zastosowaniem technologii GPS najwyższej dokładności. Stabilizacja punktów sieci CEGRN jest wykonana według standardów światowej sieci geodynamicznej IGS (International GPS Service for Geodynamics). Ze względów technicznych (potrzeba gromadzenia olbrzymiego materiału obserwacyjnego) liczba punktów sieci CEGRN ograniczono do 31 (rys. 7). Zdecydowano też, że centrum gromadzenia danych CERGOP (CERGOP Data Centre) będzie zorganizowane w Grazu (Austria), opracowywanie kampanii obserwacyjnych GPS sieci CEGRN będzie wykonywane w sześciu centrach obliczeniowych (CERGOP Processing Centres) zlokalizowanych w Grazu (Austria), IGS Associate Analysis Centre IG&GA w Warszawie (Polska), FÖMI SGO w Pencu (Węgry), VUGTK w Pecnym (Czechy), IfAG we Frankfurcie (RFN) oraz Politechnice Słowackiej w Bratysławie. Pierwsza wstępna kampania obserwacji GPS (CEGRN '94),



Rys. 7. Stacje sieci CEGRN

tw. zero-epoch campaign, została zorganizowana w maju 1994 roku (5 dni obserwacji ciągłych). Wyniki tej kampanii są już obliczane przez wszystkie centra obliczeniowe. Następną kampania (CEGRN '95) odbyła się w okresie od 29 maja do 3 czerwca 1995 roku. Kampania CEGRN '96 odbędzie się w okresie od 10 do 15 czerwca 1996 roku.

Związki projektu CERGOP z innymi europejskimi projektami geodynamicznymi

Kilka projektów geodynamicznych obejmujących kontynent europejski jest obecnie wykonywanych i koordynowanych przez różne instytucje i agencje. Warto wspomnieć takie projekty, jak WEGENER, EXTENDED SAGET, BALTIC SEA LEVEL PROJECT, EUROPROBE, EUREF, IGS. Niektóre z tych projektów mogą mieć podobne cele i mogą dotyczyć tego samego lub podobnego obszaru Europy. Jako przykład podamy podobieństwa i różnice dwóch projektów CERGOP i EXTENDED SAGET. Naukowe cele obu projektów są zbieżne. Jednak występują również istotne różnice. Projekt EXTENDED SAGET obejmuje znacznie większy obszar Europy rozciągający się od Skandynawii do rejonu Morza Śródziemnego, podczas gdy projekt CERGOP obejmuje tylko kraje Europy Środkowej. W projekcie EXTENDED SAGET może uczestniczyć dowolna liczba punktów (stacji) GPS, podczas gdy w projekcie CERGOP uczestniczy tylko ściśle ustalona liczba punktów. Projekt EXTENDED SAGET daje zatem możliwość dowiązania do układu ITRF wszystkich nowych punktów, jakie mogą okazać się potrzebne uczestniczącym w projekcie EX-

Tablica 2. Porównanie projektów (sieci) EXTENDED SAGED i CEGRN

PROJEKT (SIEĆ)	EXTENDED SAGET	CEGRN
Obszar objęty siecią	kraje od Skandynawii do rejonu Morza Śródziemnego	kraje Inicjatywy Środkowo-europejskiej
Liczba punktów sieci	nieograniczona	ograniczona do około 30
Lokalizacja stacji	nie ma ograniczeń co do lokalizacji stacji; każda nowa stacja może być zaakceptowana	tylko ustalone i zaakceptowane stacje
Kampanie GPS	7-11 września 1992 2-6 sierpnia 1993 2-6 maja 1994 29 maja - 3 czerwca 1995 10-15 czerwca 1996	2-6 maja 1994 „zero-epoch” 29 maja - 3 czerwca 1995 10-15 czerwca 1996
Długość kampanii	5 dni	5 dni
Centra obliczeniowe	IG&GA WUT (PL)	IG&GA, Warszawa (PL) SGO FOMI, Penc (H) GRAZ (A) VUGTK, Pecny (CZ) IAG, Frankfurt (D) STU, Bratysława (SQ)
Oprogramowanie używane do opracowania sieci	BERNESE	BERNESE

TENDED SAGET instytucjom. Kampanie GPS CERGOP będą organizowane corocznie jeszcze dwukrotnie (tj. do roku 1997), podczas gdy kampanie EXTENDED SAGET organizowane od 1992 roku będą nadal powtarzane przynajmniej do roku 2005. Te i inne najważniejsze podobieństwa i różnice obu omawianych projektów są uwidocznione w tablicy 2.

Z porównania obu projektów można zatem wyciągnąć następujące wnioski:

- Te same standardy wykonywania obserwacji GPS i ich opracowania są stosowane w przypadku sieci CEGRN i EXTENDED SAGET.
- Sieć EXTENDED SAGET obejmuje stacje położone od Skandynawii do rejonu Morza Śródziemnego. Stanowi ona zatem element nawiązania dwóch sieci geodynamicznych istniejących w Europie dla dwóch bardzo interesujących pod względem tektonicznym obszarów (Skandynawia i rejon Morza Śródziemnego). Sieć CEGRN zawiera stacje tylko krajów CEI i niektóre stacje położone na obszarze sąsiednich Niemiec.
- Kampanie GPS EXTENDED SAGET dają możliwość szybkiego nawiązania do układu ITRF wszystkich nowych punktów, które mogą być w danej chwili potrzebne.
- Oba projekty uzupełniają się wzajemnie i mogą być realizowane równolegle.

Sieć stacji permanentnych GPS

W ostatnich latach rozpoczęło pracę wiele permanentnych stacji satelitarnych, których pozycje są wyznaczane na podstawie ciągłych całodobowych obserwacji GPS (Global Positioning System) o najwyższej dokładności. Są to przede wszystkim stacje należące do Międzynarodowej Służby Geodynamicznej IGS (International GPS Service for Geodynamics), ale także stacje krajowych służb nawigacyjnych pracujących w systemie DGPS (Differential Global Positioning System) zorganizowanych dla różnych specjalnych celów gospodarczych, jak: transport, komunikacja, policja, służba medyczna, straż pożarna itp. Sytuacja ta stworzyła nowe możliwości wykorzystywania ciągłych obserwacji do śledzenia (monitoringu) pewnych zjawisk krótkookresowych i wywołała konieczność opracowania nowych procedur technologicznych związanych z gromadzeniem i opracowywaniem olbrzymich zasobów danych obserwacyjnych. Stało się to również powodem powstania nowej filozofii wykorzystania permanentnych obserwacji satelitarnych GPS dla celów geodezyjnych i geodynamicznych.

Permanentne obserwacje (stacje) GPS wykorzystywane są obecnie głównie w następujących celach:

1. Wyznaczanie, udokładnianie i konserwacja światowego układu odniesienia ITRF (International Terrestrial Reference Frame). Zadania te urzeczywistniają dwie globalne służby: IGS (International GPS Service for Geodynamics) i IERS (International Earth Rotation Service) poprzez wykorzystywanie permanentnych obserwacji GPS do wyznaczania precyzyjnych orbit satelitów GPS i precyzyjnych pozycji stacji permanentnych (i ich wektorów prędkości) oraz ciągłe monitorowanie ruchu obrotowego Ziemi. W Europie sieć globalna jest realizowana poprzez sieć kontynentalną powstającą w ramach kampanii pomiarów EUREF (European Reference Frame); sieć ta stanowi ściśle zdefiniowaną część sieci ITRF zwaną ETRF (European Terrestrial Reference Frame).
2. Tworzenie podstawowych punktów (sieci) odniesienia dla nawiązywania krajowych (narodowych) sieci geodezyjnych i po-

wstających aktywnych krajowych systemów pozycyjnych i nawigacyjnych. Znane są działające w niektórych krajach systemy tzw. Precise Active Positioning System, Standard Active Positioning System. Coraz powszechniejsze zapotrzebowanie na aktywne systemy dla nawigacji lądowej, morskiej i lotniczej jest zgłaszane przez różne służby publiczne, takie jak transport, komunikacja, policja, straż pożarna, służba zdrowia, lotnictwo, marynarka wojenna itd. Zapotrzebowania te zaspokajają satelitarne służby DGPS (Differential Global Positioning System) działające już w wielu krajach i dostarczające pozycje obiektów poruszających się w czasie rzeczywistym (real time).

3. Tworzenie punktów (obserwatoriów) dla badań geodynamicznych i nawiązywania sieci geodynamicznych lokalnego znaczenia. Nowa filozofia prowadzenia badań geodynamicznych polega na analizie permanentnych precyzyjnych obserwacji satelitarnych GPS wykonywanych na punktach (wobserwatoriach) geodynamicznych. Pozwala to na wykrywanie efektów geodynamicznych również okresowych występujących z różną amplitudą i z różną częstotliwością (o różnych okresach). Analizowanie zmian wektorów prędkości stacji permanentnych stanowi dzisiaj podstawę najbardziej wartościowych badań geodynamicznych o charakterze globalnym i regionalnym.

Sieć stacji permanentnych o najwyższym światowym standardzie stanowią dzisiaj stacje Międzynarodowej Służby Geodynamicznej IGS (International GPS Service for Geodynamics). W ostatnim wykazie opublikowanym przez Biuro IGS w lipcu 1995 roku figuruje już 95 stacji położonych na wszystkich kontynentach, wyraźnie jednak występuje nierównomierność ich rozmieszczenia (rys. 8). Największe zagęszczenie stacji permanentnych występuje w Europie, natomiast duży ich niedobór jest obserwowany na obszarze Azji, Afryki i Ameryki Południowej. Dla Międzynarodowej Służby Geodynamicznej IGS ta liczba pracujących na świecie stacji jest

ograniczana docelowo do około 200 (co odpowiada względnym odległościom między stacjami rzędu 1000 km); jednak wszystkie powstające nowe stacje permanentne w Europie będą wykorzystywane dla zagęszczenia układu EUREF.

Przedstawiono już kilka koncepcji metodyki opracowywania bardzo obszernego materiału obserwacyjnego powstającego na stacjach permanentnych. Przewiduje się przede wszystkim, że opracowanie obserwacji prowadzić będzie w Europie kilka ośrodków obliczeniowych (distributed processing), z których każdy opracowywać będzie określoną część europejskiej sieci permanentnej (subnetworks). Możliwe będzie zastosowanie kilku wariantów opracowania: albo każda część sieci europejskiej zawierająca przynajmniej trzy punkty sieci globalnej będzie opracowywana niezależnie, albo każda taka część będzie opracowywana jako sieć nawiązana (minimum constrained network), przy czym obliczone współrzędne i macierze wariancyjno-kowariancyjne będą włączane do rozwiązania globalnego powodując wzrost dokładności układu ITRF. Rozważana jest też możliwość wykorzystywania danych z ośrodków obliczeniowych na etapie równań normalnych, lecz wariant ten wymaga jeszcze bardziej złożonych koordynacji i standaryzacji wszystkich operacji wykonywanych przez ośrodki obliczeniowe.

Duże znaczenie stacji permanentnych dla praktycznych prac geodezyjnych w każdym kraju, jak i dla badań naukowych, docenione zostało w programach naukowych realizowanych w ramach współpracy krajów Inicjatywy Środkowoeuropejskiej (Central European Initiative, CEI). W programie CERGOP (Central Europe Regional Geodynamics Project) zaleca się, aby każdy z jedenastu uczestniczących w tym projekcie krajów założył i utrzymywał przynajmniej jedną stację permanentną. Na konferencji CEI CERGOP w Budapeszcie w listopadzie 1994 roku po-



Rys. 8. Stacje Międzynarodowej Służby Geodynamicznej IGS

wołano specjalną grupę studyjną CERGOP (pod przewodnictwem prof. dr. hab. Janusza Śledzińskiego) Study Group SG.5 „CERGOP Permanent and Epoch Stations”. W wyniku pracy tej grupy studyjnej rozeznana została sytuacja w zakresie istniejących i planowanych stacji permanentnych GPS w krajach uczestniczących w projekcie CERGOP (w Europie Środkowej). Sytuację tę przedstawia syntetycznie tablica 3. Wynika z niej, że w krajach Europy Środkowej działa już 15 stacji permanentnych, zaś uruchomienie 10 następnych stacji jest planowane w najbliższych dwóch latach. Sytuację tę należy ocenić jako bardzo korzystną. Korzystnie również wypada sytuacja Polski na tle innych krajów europejskich. Działające obecnie trzy polskie stacje permanentne w Józefosławiu, Borowcu i Lamkówku uzupełnione kilkoma następnymi mogą stanowić należytą osnowę do nawiązania podstawowej krajowej sieci geodezyjnej, wszystkich lokalnych sieci geodynamicznych i utworzenia w Polsce systemu aktywnych satelitarnych systemów nawigacyjnych. W niedalekiej przyszłości, najprawdopodobniej w roku 1996, przewiduje się uruchomienie w Polsce przynajmniej trzech nowych stacji permanentnych we Wrocławiu, Borowej Górze i w Krakowie. Wszystkie one będą wykonywały obserwacje według standardów służby IGS.

Tablica 3. Status stacji permanentnych GPS w krajach CEI

Kraj	Działające stacje permanentne	Planowane stacje permanentne
AUSTRIA	3	2
CHORWACJA	2 (DGPS)	1
CZECHY	1	—
NIEMCY	2 + kilka stacji DGPS różnych systemów	kilka stacji poza terytorium Niemiec
POLSKA	3 + 2 DGPS	3 + kilka stacji DGPS
SŁOWACJA	—	1
SŁOWENIA	—	1
WĘGRY	—	1
WŁOCHY	6	1
Razem	15 + 4DGPS + stacje DGPS w Niemczech	10 + kilka stacji DGPS w Polsce

Projekt rozmieszczenia i funkcji permanentnych stacji satelitarnych GPS w Polsce

Na początku 1995 roku problem przemyślanego tworzenia w Polsce sieci permanentnych stacji satelitarnych GPS dla badań naukowych i praktycznych potrzeb gospodarczych został dostrzeżony i uznany za wymagający bardzo pilnego rozwiązania. Zespołowi naukowców skupionych w dwóch grupach problemowych dwóch komitetów Polskiej Akademii Nauk, a mianowicie w Komisji Geodezji Satelitarnej Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN i Sekcji Sieci Geodezyjnych Komitetu Geodezji PAN, powierzono opracowanie ekspertyzy dotyczącej celowości i zasad tworzenia w Polsce sieci permanentnych stacji GPS. Ekspertyza ta uwzględnia przewidywaną już nową strukturę organizacji służby IGS, polegającą na wyodrębnieniu z bardzo dużej i nadal wzrastającej liczby permanentnych stacji GPS na świecie około 50 punktów tzw. sieci globalnej rozmieszczonych równomiernie na całej powierzchni kuli ziemskiej. Wszystkie pozostałe stacje permanentne GPS, odpowiednio pogrupowane, utworzyłyby tzw. sieci regionalne. Ekspertyza uwzględnia także propozycję Podkomisji EUREF Międzynarodowej Asocjacji Geodezji tworzenia na obszarze Europy sieci permanentnych stacji GPS służących przede wszystkim realizacji i utrzymywaniu w aktualności („konserwacji”) krajowych układów odniesienia, ale także

spełniających inne ważne funkcje, jak uzupełnienie Międzynarodowej Służby Geodynamicznej IGS, regionalne i lokalne badania geodynamiczne oraz realizacja krajowych systemów nawigacyjnych DGPS pozwalających na wyznaczanie pozycji w czasie rzeczywistym. Udział Polski w europejskich programach satelitarnych CERGOP, EXTENDED SAGET, GEODUC (ukraiński program geodynamiczny) uzasadnia potrzebę założenia jeszcze jednego, oprócz Krakowa i Wrocławia, punktu w Polsce południowej. Najkorzystniejszą lokalizacją wydaje się Grybów ze względu na istniejący już punkt satelitarny nawiązany do sieci europejskiej i globalnej w ramach wielu międzynarodowych kampanii satelitarnych oraz istniejącą infrastrukturę logistyczną. Zapewnieniem powiązania sieci EUREF z siecią mareografów istniejących na polskim wybrzeżu Morza Bałtyckiego byłoby założenie dwóch punktów permanentnych w rejonie Rozewia (lub Władysławowa) i Świnoujścia (lub Dziwnowa). Wreszcie dla uzyskania równomiernego rozmieszczenia punktów permanentnych na terytorium Polski we wspomnianej ekspertyzie przewiduje się uruchomienie jeszcze jednej stacji permanentnej w Polsce północno-wschodniej w okolicach Augustowa lub Suwałk. Projekt sieci punktów permanentnych GPS w Polsce przewiduje zatem, że na terytorium kraju działać będzie docelowo 10 stacji wykonujących ciągle pomiary GPS. Organizację tych stacji należy przewidzieć w kilku etapach; wydaje się realne uruchomienie w pierwszym etapie 6 stacji permanentnych. Wszystkie te stacje będą stacjami EUREF, niektóre z nich będą również należeć do sieci IGS. Wszystkie one będą kontrolować stabilność tak podstawowej osnowy geodezyjnej „zerowego” rzędu, jak i zintegrowanej krajowej sieci geodezyjnej. Zaleca się ponadto, aby wszystkie 10 stacji stanowiły sieć stacji DGPS (Differential GPS) emitujących poprawki różnicowe w ramach krajowej służby HPPS (High-Precise Permanent Positioning Service). Utworzą one krajowy system pozycyjny dla nawigacji lądowej, morskiej i powietrznej.

Nowa koncepcja wykorzystania stacji permanentnych w badaniach geodynamicznych

Poruszymy jeszcze krótko te aspekty badań geodynamicznych, które odnoszą się do analiz wyznaczanych zmian położenia punktów. Wykorzystanie permanentnych obserwacji satelitarnych do wyznaczania i zwiększenia dokładności globalnych parametrów dynamicznych oraz ciągłego monitorowania ruchu obrotowego Ziemi stanowią odrębny zespół zagadnień wymagających innego omówienia.

Do czasu zastosowania technik satelitarnych badania geodynamiczne opierały się głównie na analizie stabilności specjalnych precyzyjnych sieci geodezyjnych triangulacyjnych i trilateracyjnych mierzonych klasycznymi technikami pomiarowymi, wśród których należy wymienić przede wszystkim pomiary liniowe (dalmiercze), precyzyjne pomiary kątowe, pomiary niwelacji precyzyjnej i pomiary grawimetryczne. Częstotliwość pomiaru takich sieci zależała głównie od spodziewanych wielkości przemieszczeń, dokładności technik pomiarowych i przeznaczenia sieci. W wielu przypadkach wyznaczanie małych przemieszczeń było utrudnione ze względu na stosowanie niewystarczająco dokładnych technik obserwacyjnych. W istocie taka sama filozofia postępowania była stosowana przy analizowaniu wyznaczanych przemieszczeń punktów sieci lokalnych, co regionalnych, jak i w badaniach o charakterze globalnym przy analizowaniu ruchów kontynentów czy płyt tektonicznych. Analizowanie stałości położenia punktów sieci geodynamicznych często było dokonywane rozdzielnie dla sieci poziomych (triangulacyjnych, trilateracyjnych) i dla sieci wysokościowych:

wyznaczano przemieszczenia „poziome” i „pionowe” punktów. Istotną trudność stanowiło również określenie racjonalnej częstotliwości pomiarów sieci: z jednej strony małe zmiany położenia (przemieszczenia) o charakterze wiekowym były możliwe do wykrycia nawet ówczesne najdokładniejszymi technikami obserwacyjnymi dopiero po stosunkowo długim okresie czasu, z drugiej zaś strony potrzeba wykrycia spodziewanych zmian nagłych przemianiała za wykonywaniem pomiarów z większą częstotliwością. Zasadniczym mankamentem takiego postępowania było to, że uzyskiwane z analiz wyniki odzwierciedlały jedynie zgeneralizowane zmiany wiekowe i nie odzwierciedlały zmian czasowych o charakterze okresowym, niekiedy bardzo istotnych (np. w przypadku analiz prowadzonych dla terenów o silnej aktywności sejsmicznej).

Gęsta sieć satelitarnych stacji permanentnych, jaka powstała w ostatnich latach i jaka stale się powiększa, stwarza nowe możliwości postępowania w badaniach geodynamicznych szczególnie globalnych i regionalnych, ale mającego także wpływ na badania o charakterze lokalnym. Jest zrozumiałe, że wykonywane permanentnie na wielu stacjach światowych (typu „core” lub „fiducial” stations) obserwacje satelitarne GPS analizowane (opracowywane) *na bieżąco* dostarczają *na bieżąco* niezwykle wartościowego materiału do analiz geodynamicznych. Stosunkowo łatwe (w porównaniu z technikami klasycznymi) stają się analizy wzajemnego położenia punktów oddalonych od siebie o setki i tysiące kilometrów, możliwe stają się dokładne permanentne śledzenie ruchów jednostek tektonicznych i kontynentów, możliwa jest niejedna weryfikacja hipotez geologicznych i geodynamicznych. Stale powiększająca się sieć stacji permanentnych zwiększa możliwości prowadzenia podobnych badań w skali regionalnej, a niekiedy nawet lokalnej. Przykładem może być sieć geodynamiczna Japonii składająca się z 800 permanentnie pracujących satelitarnych stacji GPS oddalonych od siebie o 20-30 km. To prawda, że terytorium tego kraju to obszar szczególnie aktywny sejsmicznie, ale właśnie dlatego zdecydowano się na tak olbrzymią liczbę stacji pracujących w systemie ciągłym, aby rejestrować chwilowe, krótko- i długookresowe, a także i wiekowe zmiany ich położenia, mające podstawowe znaczenie w prognozowaniu kataklizmów sejsmicznych tego rejonu.

Coraz większa dokładność satelitarnych technik obserwacyjnych, przede wszystkim GPS, relatywnie już znacznie przewyższająca klasyczne techniki obserwacyjne, nakłada szczególnie wysokie wymagania dotyczące stabilizacji punktów geodynamicznych. Konieczne okazują się nie tylko jednoznaczne submilimetrowe wymuszone centrowania anten odbiorników satelitarnych, nie tylko trzeba uwzględnić wiele czynników mających wpływ na dokładność i jednoznaczność obserwacji (np. badanie poziomu wód gruntowych, okresowych zmian wartości przyspieszenia ziemskiego, wpływów atmosferycznych itd.), ale coraz częściej podnosi się potrzebę stosowania głębokich stabilizacji punktów o podstawowym znaczeniu. Stabilizacja taka to nie stabilizacja jedynie „poniżej poziomu zamierzania gruntu”, jest to stabilizacja oparta na słupach – fundamentach o głębokości około 25-30 metrów. Stwierdzono bowiem, że przypowierzchniowa warstwa gruntu o grubości do 30 m podlega okresowym przemieszczeniom w zależności od pory dnia, pory roku, poziomu nawilgocenia itd. Zjawiska te mogą być badane również jedynie przy zastosowaniu ciągłych (permanentnych) obserwacji prowadzonych na stacji geodynamicznej. W rozważaniach dotyczących analiz geodynamicznych należy poruszyć jeszcze sprawę wykorzystywania tradycyjnych technologii

obok nowoczesnych (satelitarnych) technik obserwacyjnych. Jest oczywiste, że wobec pojawienia się szybkich, dokładniejszych i niezwykle ekonomicznych satelitarnych technik pomiarowych prawie zupełnie zarzucono stosowanie metod triangulacji (z pomiarami kątowymi i liniowymi), znacznie ograniczono stosowanie pomiarów liniowych. Specjalnego omówienia wymaga natomiast rola, jaką w nowoczesnych badaniach geodynamicznych powinna odgrywać niwelacja precyzyjna; niwelacja precyzyjna stanowiła bowiem jedną z podstawowych technik obserwacyjnych w klasycznych badaniach geodynamicznych. Otóż okazuje się, co potwierdziły badania np. szkoły brytyjskiej z Nottingham, że wyznaczanie przewyższeń między punktami znacznie od siebie oddalonymi za pomocą niwelacji precyzyjnej wcale nie jest najdokładniejsze; przy odległościach pomiędzy punktami rzędu setek kilometrów lepsze wyniki dają już dzisiaj techniki satelitarne i kosmiczne (laserowa, VLBI, a nawet niwelacja GPS). Wiąże się to z potrzebą wyznaczenia tzw. centymetrowej geoidy. Wypływa stąd oczywisty wniosek, że niwelację precyzyjną można i jeszcze dzisiaj nadal należy stosować w badaniach przemieszczeń i ruchów w sieciach lokalnych na ograniczonym do kilkudziesięciu kilometrów obszarze.

Z tego, co powiedziano wyżej, wynikają oczywiste wnioski:

1. Rolę punktów klasycznych sieci geodynamicznych powinny przejąć satelitarne permanentne stacje geodynamiczne wykonujące ciągłe obserwacje GPS poddawane *na bieżąco* opracowaniu i *na bieżąco* analizowane.
2. Bieżąca analiza ciągłych obserwacji satelitarnych GPS pozwala na wykrywanie i śledzenie (monitorowanie) zjawisk zarówno wiekowych, jak i krótko- i długookresowych.
3. Wysoka dokładność nowoczesnych technik obserwacyjnych pozwala badać poszczególne zjawiska, a nie tylko łączny ich wpływ.
4. Celowość wykonywania pomiarów klasycznymi technikami pomiarowymi powinna być szczególnie rozważana. Dotyczy to w szczególności pomiarów liniowych dalmierzowych i pomiarów niwelacji precyzyjnej. Mogą one być stosowane w lokalnych sieciach geodynamicznych o ograniczonych rozmiarach.
5. W chwili obecnej, wobec powszechnej dostępności i łatwości stosowania satelitarnych precyzyjnych technologii GPS, nie jest uzasadnione względami naukowymi i ekonomicznymi zakładanie tzw. krajowych sieci geodynamicznych. Funkcję takich sieci powinny przejąć permanentne stacje satelitarne GPS zlokalizowane w odpowiednio wybranych rejonach. Celowe jest natomiast nadal utrzymywanie lokalnych sieci geodynamicznych, przy czym sieci te powinny być dowiązane do sieci punktów permanentnych.
6. Względami ekonomicznymi przemawiają za tym, by permanentne geodynamiczne stacje satelitarne GPS stanowiły jednocześnie sieć permanentnych stacji krajowego systemu pozycyjnego (nawigacyjnego) DGPS emitujących poprawki różnicowe (dyferencjalne) dla użytkowników różnych służb gospodarki narodowej.

Projekt UNIGRACE

Projekt CEI CERGOP zapoczątkował współpracę międzynarodową, w której bierze udział coraz liczniejsza grupa krajów spoza CEI, zaś nowe projekty nie są już w zasadzie projektami wyłącznie krajów CEI, aczkolwiek w znacznym stopniu do nich nawiązują; uczestniczy w nich wiele tych samych ośrodków, które biorą udział również w programie CERGOP. Przykładem takiego nowego projektu jest ostatni europejski projekt UNIGRACE (Unification of the Gravimetric Systems in Central and Eastern Europe). Pierwszą propozycję projektu polegającego na pomiarze absolutnych wartości przyspieszenia siły ciężkości wzdłuż ciągu stacji pomiędzy Morzem Bałtyckim,

Adriatykiem i Morzem Czarnym przedstawili na czwartej konferencji narodowych przedstawicieli sekcji C CEI w Warszawie w marcu 1995 roku we wspólnym komunikacie Institut für Angewandte Geodäsie z Frankfurtu i Instytut Geodezji Wyższej i Astronomii Geodezyjnej Politechniki Warszawskiej. Na sympozjum „GPS in Central Europe” w Budapeszcie w maju 1995 roku wybrany został międzynarodowy „Steering Committee” projektu, który ukonstytuował się na roboczej konferencji w Poczdamie w styczniu 1996 roku. W Poczdamie poczyniono konkretne ustalenia dotyczące realizacji projektu. Unifikacja systemów grawimetrycznych krajów Europy Środkowej ma być według założeń projektu dokonana poprzez pomiar bezwzględnych (absolutnych) wartości przyspieszenia siły ciężkości na kilkunastu punktach grawimetrycznych położonych między Morzem Bałtyckim, Adriatykiem i Morzem Czarnym. Pomiary będą wykonane zarówno w pobliżu mareografów położonych nad wymienionymi morzami, jak i na stacjach „śródlądowych”, którymi mają być przede wszystkim permanentne stacje GPS. Ogółem pomiar wykonany będzie na 17 punktach wymienionych w tablicy 4.

Utworzenie systemu grawimetrycznego w Europie z dokładnością 10-20 nm/s² będzie miało doniosłe znaczenie w:

- geodezji dla zdefiniowania i unifikowania systemu wysokości i wyznaczenia geoidy w Europie oraz dla badań zmian poziomu mórz;
- metrologii dla unifikowania jednostek i standardów oraz podniesienia jakości i zgodności metod stosowanych w laboratoriach we wszystkich krajach w Europie;
- geofizyce dla zdefiniowania jednolitego systemu odniesienia niezbędnego dla wszystkich badań geofizycznych.

Jak widzimy, udział w projekcie weźmie 12 krajów, w tym 4 kraje Unii Europejskiej (Austria, Finlandia, Niemcy, Włochy), co ma znaczenie w przypadku starania się o finansowanie projektu ze źródeł Unii Europejskiej. Przewiduje się, że dwukrotny pomiar grawimetryczny na wszystkich punktach UNIGRACE wykonany będzie w ciągu najbliższych trzech lat pięcioma grawimetrami bezwzględnymi posiadanymi przez Austrię, Finlandię, Niemcy, Polskę i Włochy. Kalibracja grawimetrów odbędzie się na stanowiskach Wettzell i Józefosław. Komitet Sterujący („Steering Committee”) w składzie: J. Śledziński (Polska) – przewodniczący, E. Reinhart (Niemcy) – koordynator EU, H. Wilmes (Niemcy) – sekretarz oraz członkowie:

Tablica 4. Stacje projektu UNIGRACE i posiadane grawimetry absolutne (SS – swobodny spadek, SPS – pomiar symetryczny – podrzut i spadek)

Kraj	Typ posiadanego grawimetru absolutnego	Stacje „śródlądowe”	Mareografy
Niemcy	SS	Wettzell	Rostock
Austria	SS	Graz	—
Bulgaria	—	Sofia	Burgas
Chorwacja	—	Zagreb	Dubrovnik
Czechy	—	Pecny	—
Finlandia	SS	—	Metsähovi
Węgry	—	Penc	—
Włochy	SPS	—	Trieste
Polska	SPS	Józefosław	Władysławowo
Rumunia	—	Gilau	Constanța
Słowacja	—	Modra Pesky	—
Słowenia	—	Ljubljana	—

J. Kakkuri i J. Mäkinen (Finlandia), I. Marson (Włochy) i B. Richter (Niemcy) opracowali również propozycję wniosku do Unii Europejskiej o finansowanie przedsięwzięcia UNIGRACE.

Bibliografia:

- H. Seeger.** *EUREF - the new European Reference Datum and its relationship to WGS 84.* Paper presented at the WGS 84 Implementation Workshop, 16-18.06.1992, EURO-CONTROL INSTITUTE LUXEMBOURG
- I. Fejes, M. Barlik, I. Busics, W. Pachelski, J. Rogowski, J. Śledziński, J. B. Zieliński.** *The Central Europe Regional Geodynamics Project.* Proceedings of the International Seminar „GPS in Central Europe”, Penc, Hungary, 27-29 April 1993.
- J. Śledziński.** *Last CERGOP related actions in Poland.* Paper presented at the First Working CERGOP Conference, Warsaw, 17-18 February 1994. Proceedings of this Conference: REPORTS ON GEODESY, IG&GA WUT, No. 2(10), Warsaw 1994.
- J. Śledziński.** *National Report of Poland.* Paper presented at the First Working CERGOP Conference, Warsaw, 17-18 February 1994. Proceedings of this Conference: REPORTS ON GEODESY, IG&GA WUT, No. 2(10), Warsaw 1994.
- H. Seeger, P. Franke.** *EUREF Activities of the IJAG from May 1993 to May 1994.* Paper presented at the Symposium of the IAG Subcommittee EUREF, Warsaw, June 8-11, 1994.
- H. Seeger, P. Franke.** *National Report of Germany.* Paper presented at the Symposium of the IAG Subcommittee EUREF, Warsaw, June 8-11, 1994.
- W. Gurtner.** *The Use of Permanent GPS Stations for the Maintenance of the European Reference Frame.* Paper presented at the EUREF Symposium, June 8-11, 1994 Warsaw, Poland.
- W. Gurtner.** *The Use of IGS Products for Densifications of Regional/Local Networks.* Paper presented at the EUREF Symposium, June 8-11, 1994 Warsaw, Poland.
- H. Bednarek, W. Krajewski, W. Graszka, J. Śledziński, J. Rogowski, K. F. Burke, P. Rakowsky.** *Military first-order geodetic control network in Poland. Joint Polish-American (DMA) Project.* Paper presented at the Symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF), Warsaw, Poland, 8-11.06.1994.
- J. Śledziński.** *Geodynamic GPS EXTENDED SAGET Network in Central Europe.* Paper presented to the 7th International Technical Meeting „GPS Goes Operational: Applications and Technology”, ION-GPS '94, Salt Lake City, Utah/USA, September 1994.
- J. Śledziński.** *CERGOP Project as a multilateral cooperation of CEI countries to set up a GPS monitoring network in Central Europe (invited paper).* Paper presented at the Third Round Table Session of the Earth Science Committee, Working Group on Science and Technology of the Central European Initiative (CEI), Trieste, Italy, 12-13 December 1994.
- J. Śledziński.** *Programme of research in geodynamics of CEI (Central European Initiative) countries. CERGOP and related projects.* Paper presented at the XX General Assembly of the European Geophysical Society, Hamburg, Germany, 3-7 April 1995.
- J. Śledziński.** *Concise outline of the geodetic research programme of the CEI Section C „Geodesy”.* Report presented to the Meeting of Ministers of Foreign Affairs of the CEI countries, Cracow, 21-22 April 1995.
- J. Śledziński.** *Programme of research of CEI (Central European Initiative) countries in geodesy and geodynamics.* Paper presented at the 8th International Technical Meeting ION GPS-95, Palm Springs, California, USA, September 12-15, 1995.
- J. Śledziński.** *Geodetic Research Programme of the CEI Section C „Geodesy”.* Progress Report. Report presented at the Meeting of Prime Ministers and Ministers of Foreign Affairs of the CEI countries, Warsaw, 6-7 October 1995.
- J. Śledziński.** *Progress Report of the CEI CERGOP Study Group SG. 5 „CERGOP permanent and epoch stations”.* Paper presented at the 4th CERGOP Working Conference, Warsaw, 6-7 November 1995.
- J. F. Zumberge, R. Liu, R. E. Neilan (edit.).** *International GPS Service for Geodynamics.* 1994 Annual Report. IGS Central Bureau, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, USA.
- W. Baran, S. Cacoń, M. Dobrzycka, A. Fellner, S. Gelo, W. Graszka, W. Jakś, Z. Kopacz, S. Oszczak, W. Pachelski, J. Rogowski, J. Śledziński, J. Zieliński.** *Ekspertyza dotycząca celowości i zasad tworzenia w Polsce sieci permanentnych stacji GPS.* Komisja Geodezji Satelitarnej Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitalnych PAN, Sekcja Sieci Geodezyjnych Komitetu Geodezji PAN, Warszawa 1995.