

Łukasz Śliwiński

Wykorzystanie odbiorników Leica GPS 1200 w geodezyjnych pomiarach terenowych

Acta Scientifica Academiae Ostroviensis nr 27, 93-105

2007

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Łukasz Śliwiński

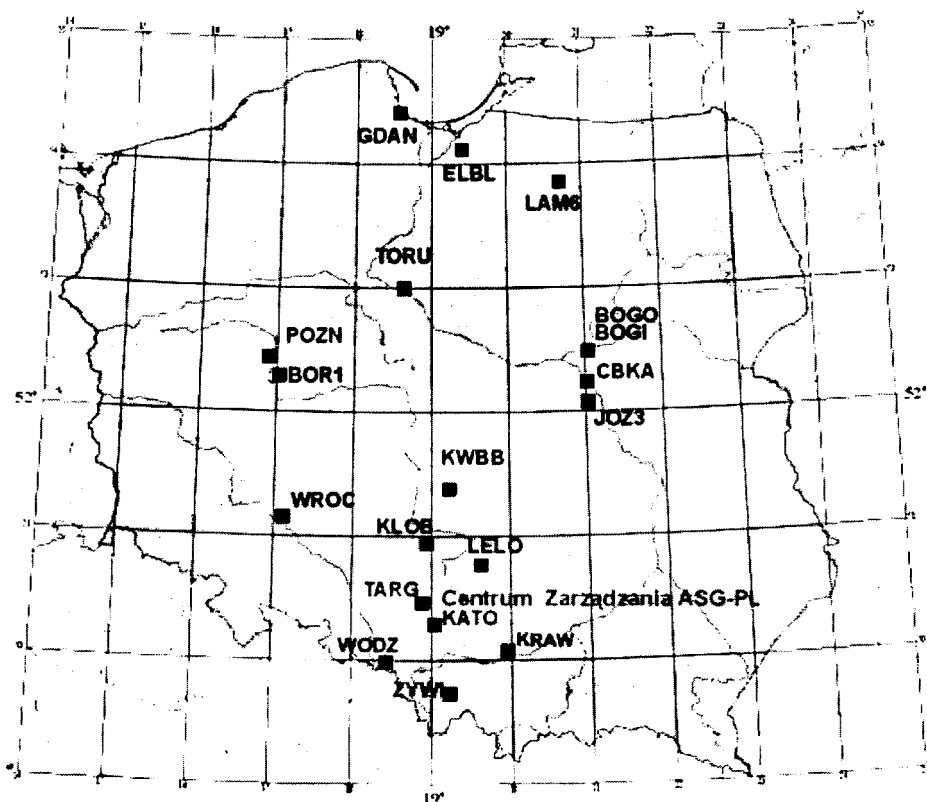
WYKORZYSTANIE ODBIORNIKÓW LEICA GPS 1200 W GEODEZYJNYCH POMIARACH TERENOWYCH

Wstęp

Dynamicznie rozwijająca się technologia GPS powoduje, że system ten staje się coraz bardziej popularny dla indywidualnych użytkowników, w tym geodetów. Coraz częściej wykorzystywany jest podczas typowych pomiarów sytuacyjnych i realizacyjnych. Jednak nadal dla dużej grupy geodetów praktyczny sposób pomiaru w tej technologii jest tematem nie do końca znanym. Z tego względu w niniejszym artykule chciano przybliżyć możliwości wykorzystania technologii RTK GPS podczas pomiarów geodezyjnych w „lokalnym” układzie współrzędnych na przykładzie odbiornika Leica System 1200.

Od czego zacząć?

Najefektywniejszym sposobem pomiaru jest obecnie pomiar w technologii RTK-GPS (ang. Real Time Kinematic – Global Positioning System), czyli pomiar w czasie rzeczywistym oferujący duże dokładności rzędu 0,5-2cm na punkcie, zarówno przy określaniu współrzędnych płaskich XY jak i wysokości ortogonalnej H. Pomiar ten najogólniej pisząc oparty jest na wykorzystaniu dwóch odbiorników GPS, z których jeden jest odbiornikiem stacjonarnym (nieruchomym) tzw. stacja bazowa względem którego wyznaczana jest pozycja drugiego odbiornika ruchomego tzw. ROVER. W niektórych rejonach Polski (Rys.1) funkcjonują już stacje referencyjne (bazowe) pracujące 24 godziny na dobę, dzięki którym można wykonywać pomiar mając tylko jeden odbiornik ruchomy.



Rysunek 1. Rozmieszczenie stacji referencyjnych udostępnionych w systemie ASG-PL w Polsce.

Stanowi to oczywiście pewne ułatwienie, a przede wszystkim minimalizację kosztów dla użytkownika. Jednak niecały obszar Polski ma pokrycie stacjami referencyjnymi dlatego w większości przypadków należy wykorzystywać dwa odbiorniki, dzięki którym jesteśmy w stanie określić współrzędne mierzonych punktów na elipsoidzie WGS-84. Zatem do pomiarów RTK-GPS (niezależnych od stacji referencyjnych) potrzebne są co najmniej dwa odbiorniki GPS, np. firmy Leica System 1200. (rys. 2 i 3) wyposażone w antenę sygnału GPS oraz w modemy zapewniające komunikację pomiędzy odbiornikami.

Najprostszy i najtańszy sposób komunikacji pomiędzy odbiornikami zapewnia modem radiowy. Z doświadczenia wynika, że zapewnia on dobrą komunikację w promieniu do 3-4km od stacji bazowej na terenach niezurbanizowanych, gdzie nie występują



Rysunek 2. Stacja bazowa

Rysunek 3. Geodeta z odbiornikiem
ruchomym (ROVER)

zakłócenia sygnału radiowego spowodowane przeszkodami budowlanymi oraz zadrzewieniem. Oczywiście istnieją inne sposoby komunikacji np. przy wykorzystaniu telefonii komórkowej, zapewniające większy zasięg.

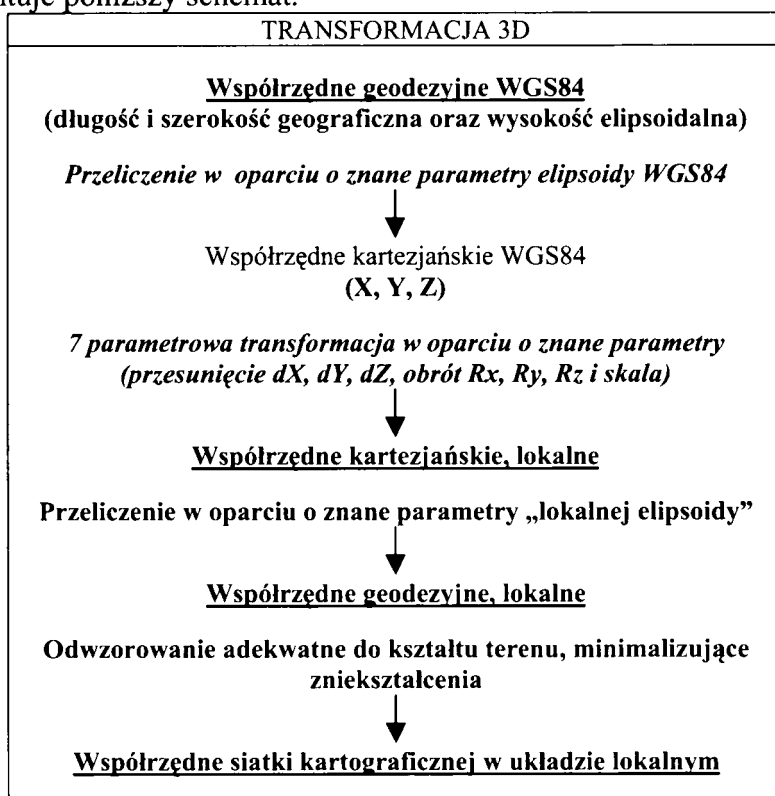
Po dokonaniu wyboru miejsca, w którym postawimy odbiornik bazowy, ustawieniu go i inicjalizacji pomiaru, praktycznie natychmiast można przystąpić do pracy. Należy tutaj zauważyć, że punkty mierzone instrumentem GPS1200 są zawsze zapisywane w układzie współrzędnych geodezyjnych WGS84.

Przejście z układu WGS84 na układ lokalny

Podczas tradycyjnych pomiarów zawsze należy dowiązać się do punktów osnowy geodezyjnej „lokalnego” układu współrzędnych. Dlatego też występuje tu potrzeba przeliczenia pomierzonych instrumentem GPS współrzędnych geodezyjnych WGS84 na współrzędne w układzie „lokalnym”.

Firma Leica wychodząc naprzeciw oczekiwaniom potencjalnych użytkowników zamieściła w odbiorniku GPS1200 trzy metody, dzięki którym można mierzyć w układzie lokalnym.

Pierwszym z nich jest tradycyjna transformacja 3D, której kolejne kroki prezentuje poniższy schemat.

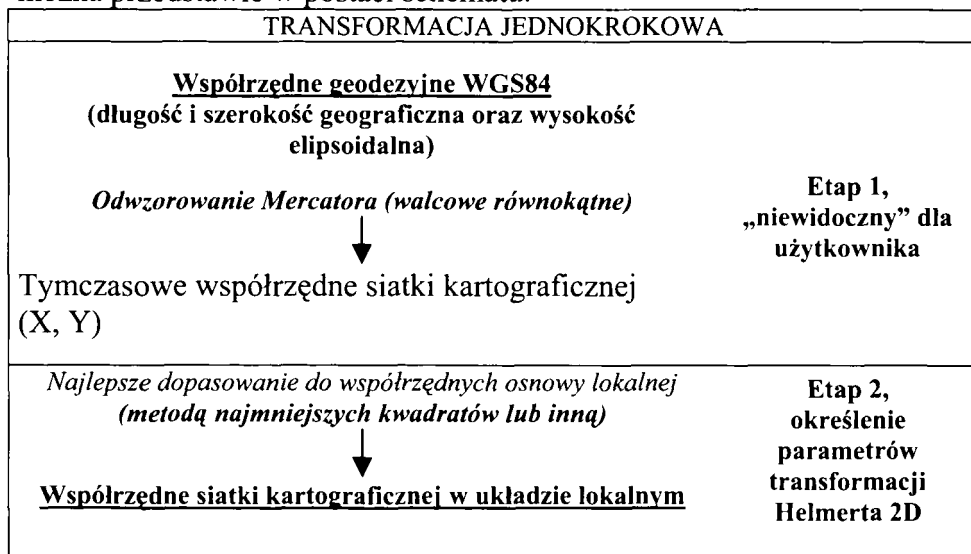


Widać więc, że przy takim przeliczeniu niezbędna jest znajomość kilku elementów:

- parametrów transformacji
- lokalnej elipsoidy
- odwzorowania.

Ale co zrobić jeżeli elementy te nie są znane? W tym przypadku pomocna jest transformacja jednokrokowa (OneStep Transformation). Idea tej metody polega na wyborze w terenie takich punktów dostosowania, których znane są współrzędne lokalne oraz które zostały pomierzone z użyciem GPS. Następnie należy również przeliczyć współrzędne geodezyjne WGS84 na współrzędne lokalnej siatki kartograficznej. Jednakże współrzędne pozycji (długość i szerokość geograficzna) oraz wysokość w transformacji jednokrokowej są traktowane osobno.

Określenie pozycji odbywa się dwuetapowo. W etapie pierwszym współrzędne geodezyjne WGS84 są od razu przeliczane na współrzędne siatki przy użyciu odwzorowania Mercatora (odwzorowanie walcowe równokątne). Południk centralny tego odwzorowania przechodzi przez środek ciężkości grupy pomierzonych punktów. W ten sposób uzyskuje się wstępne współrzędne płaskie punktów. W etapie drugim dochodzi do najlepszego dopasowania wstępnych współrzędnych do współrzędnych w układzie lokalnym, w wyniku czego uzyskuje się parametry transformacji jak przesunięcie, obrót i skalę (transformacja Helmerta 2D). Odbiornik podaje również wartości poprawek do poszczególnych współrzędnych. Kolejne etapy określenia pozycji w układzie lokalnym można przedstawić w postaci schematu.

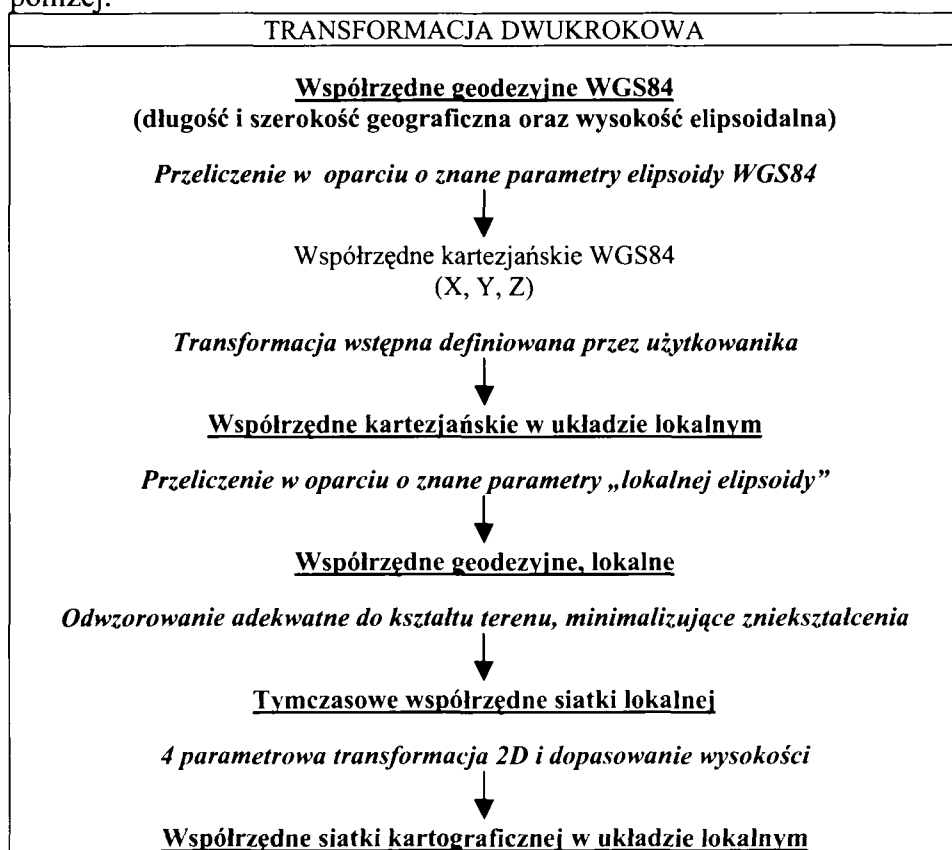


Podobnie odbywa się określenie wysokości w układzie lokalnym. Znając wysokość elipsoidalną pomierzonych punktów dostosowania odbiornik dopasowuje płaszczyznę do tych punktów określając w ten sposób parametry dopasowania wysokościowego. Najlepiej gdy są znane przynajmniej 4 takie punkty, wtedy program wyaproksymuje płaszczyznę najlepiej pasującą do lokalnej wysokości punktów podając wartości poprawek. W przypadku, gdy nie są znane wysokości punktów w układzie lokalnym, zostanie im nadana wysokość w układzie WGS84.

Zatem współrzędne lokalne można uzyskiwać dzięki transformacji jednokrokowej praktycznie wszędzie, gdyż nie jest konieczna znajomość lokalnych elipsoid i odwzorowań.

Jednak coś kosztem czegoś. Podstawową wadą tej transformacji jest ograniczony obszar powierzchni terenu, na którym można ją stosować, stanowi on kwadrat o wymiarach boku ok. 10km. Dla obszarów większych może dochodzić do zniekształceń sięgających rzędu kilku centymetrów.

Jak już wspomniano firma Leica w odbiorniku GPS1200 zaproponowała trzy sposoby określania współrzędnych siatki lokalnej. Dwa z nich to omówione już metoda transformacji 3D oraz metoda transformacji jednokrokowej. Istnieje jeszcze metoda transformacji dwukrokowej wykorzystująca zalety obydwu powyższych metod. Schemat poniżej.



W porównaniu z transformacją jedno-krokową podczas przeliczania współrzędnych WGS84 na tymczasowe współrzędne siatki kartograficznej unikamy zniekształceń związanych z faktem, że współrzędne siatki lokalnej powinny być określone w oparciu o lokalną elipsoidę. Również wpływ czynnika skali przy odwzorowaniu jest brany

pod uwagę przed końcową transformacją 2D. Z tych względów taką transformację można stosować dla dużych obszarów. Warto zauważyć, że podczas wykonywania transformacji wstępnej, w przypadku gdy jej parametry nie są znane, można również zastosować metodą transformacji dwukrokowej tworząc „pusty” model transformacji (bez przesunięć, obrotów i zmiany skali).

Przykład transformacji jednokrokowej

W typowych pomiarach geodezyjnych np. aktualizacji czy pomiarach realizacyjnych, gdy obszar pracy nie jest duży za najwygodniejszą i dającą zadowalające rezultaty można uznać metodę transformacji jednokrokowej. Dla przykładu podano otrzymane wyniki przy określaniu parametrów transformacji z wykorzystaniem tej metody.

Punkty dostosowania (osnowa III klasy)			
Układ 1965 strefa 1, Kronsztadt 60			
Nr	X [m]	Y [m]	H [m]
1069	5503141.36	4661243.56	192.660
1070	5502665.23	4661288.25	194.590
1072	5503004.70	4660276.04	193.840
1351	5504681.59	4662172.86	200.800
1433	5503795.81	4660240.12	195.780
1441	5504019.60	4661054.31	196.020
1449	5504000.92	4663610.30	204.000
1450	5503841.53	4663536.34	206.170
1454	5503084.70	4663525.46	203.840
1500	5502531.31	4659863.16	191.370
1506	5502685.03	4663753.85	201.380
1508	5502245.63	4663856.43	201.280
1509	5502054.58	4663822.77	201.980
1556	5501787.66	4661341.83	192.670
1625	5500627.56	4660672.90	172.620

Punkty dostosowania pomierzone technologią RTK-GPS					
Współrzędne geodezyjne WGS84					
Nr	Długość geograficzna	Szerokość geograficzna	Wysokość elipsoidalna	Dokładność określenia pozycji [m]	Dokładność określenia wysokości [m]
1069	21° 25' 35.78741" E	50° 56' 56.99634" N	226.1884	0.0124	0.0259
1070	21° 25' 37.96376" E	50° 56' 41.57811" N	228.1598	0.0080	0.0176
1072	21° 24' 46.18428" E	50° 56' 52.71490" N	227.4376	0.0108	0.0169
1351	21° 26' 23.78192" E	50° 57' 46.70505" N	234.2861	0.0072	0.0107
1433	21° 24' 44.52516" E	50° 57' 18.32408" N	229.3806	0.0087	0.0159
1441	21° 25' 26.29978" E	50° 57' 25.44994" N	229.5805	0.0078	0.0122
1449	21° 27' 37.26530" E	50° 57' 24.44792" N	237.4861	0.0095	0.0116
1450	21° 27' 33.42987" E	50° 57' 19.30039" N	239.6473	0.0106	0.0118
1454	21° 27' 32.67459" E	50° 56' 54.80602" N	237.3294	0.0116	0.0116
1500	21° 24' 24.92431" E	50° 56' 37.45232" N	225.0129	0.0081	0.0121
1506	21° 27' 44.27190" E	50° 56' 41.83451" N	234.8789	0.0093	0.0104
1508	21° 27' 49.41340" E	50° 56' 27.59690" N	234.7686	0.0088	0.0118
1509	21° 27' 47.63983" E	50° 56' 21.41890" N	235.4858	0.0088	0.0122
1556	21° 25' 40.49905" E	50° 56' 13.16671" N	226.2633	0.0071	0.0172
1625	21° 25' 05.96442" E	50° 55' 35.71842" N	206.2606	0.0058	0.0142

Punkty dostosowania pomierzone technologią RTK-GPS					
Współrzędne kartezjańskie WGS84					
Nr	X [m]	Y [m]	Z [m]	Dokładność określenia pozycji [m]	Dokładność określenia wysokości [m]
1069	3748275.4768	1470941.4607	4930159.3876	0.0124	0.0259
1070	3748605.5488	1471116.6353	4929860.7231	0.0080	0.0176
1072	3748725.4942	1470077.8223	4930077.0001	0.0108	0.0169
1351	3746827.3414	1471379.3487	4931133.3270	0.0072	0.0107
1433	3748166.2658	1469823.7333	4930577.0762	0.0087	0.0159
1441	3747709.4114	1470520.3901	4930715.9463	0.0078	0.0122
1449	3746801.9830	1472910.2805	4930702.5809	0.0095	0.0116
1450	3746945.6210	1472886.3062	4930604.0553	0.0106	0.0118
1454	3747496.7683	1473087.1142	4930125.3953	0.0116	0.0116
1500	3749216.5753	1469824.5552	4929777.9452	0.0081	0.0121
1506	3747702.2079	1473411.1498	4929870.9333	0.0093	0.0104
1508	3747983.3787	1473629.5586	4929593.6148	0.0088	0.0118
1509	3748134.4364	1473651.7410	4929473.8672	0.0088	0.0122
1556	3749220.9932	1471411.3435	4929306.0041	0.0071	0.0172
1625	3750292.0054	1471107.0998	4928561.1143	0.0058	0.0142

Jak widać wszystkie punkty osnowy lokalnej posiadają zarówno współrzędne płaskie i wysokości oraz zostały pomierzone GPS. Jeżeli dopasowanie wykona się na wszystkich punktach uwzględniając pozycję i wysokość otrzyma się następujące poprawki.

DOBÓR PUNKTÓW DOSTOSOWANIA		
Punkty WGS-84	Punkty lokalne ukł.1965 str. 1, Kronsztadt 60	Dopasowanie
1069	1069	P & H
1070	1070	P & H
1072	1072	P & H
1351	1351	P & H
1433	1433	P & H
1441	1441	P & H
1449	1449	P & H
1450	1450	P & H
1454	1454	P & H
1500	1500	P & H
1506	1506	P & H
1508	1508	P & H
1509	1509	P & H
1556	1556	P & H
1625	1625	P & H

KONTROLA POPRAWEK (interpolacja metodą najmniejszych kwadratów)			
Punkty WGS-84	Wsch(Y) [m]	Póln(X) [m]	Wysokość [m]
1069	0,060	-0,004	-0,038
1070	0,047	-0,066	-0,005
1072	0,014	-0,002	-0,004
1351	0,157	0,054	-0,016
1433	0,057	0,011	0,015
1441	0,111	0,058	0,007
1449	0,017	0,095	0,018
1450	-0,067	0,060	0,003
1454	-0,105	-0,003	-0,001
1500	-0,020	-0,010	0,017
1506	-0,096	0,026	0,007
1508	-0,067	0,030	-0,009
1509	-0,055	0,017	0,003
1556	0,017	-0,113	0,001
1625	-0,071	0,152	0,001

Duże poprawki mogą być wynikiem przechylenia lub przekopania punktów, błędów podczas pomiaru GPS (nie pionowa tyczka, pomiar podczas dużej wartości GDOP), jak również uwzględnianiu w dopasowaniu punktów z różnych ciągów lub sieci wyrównywanych niezależnie. Eliminując z dopasowania punkty, na których wyszły duże poprawki otrzyma się ostateczne wyniki, które przedstawiono poniżej. Oczywiście przed eliminacją należy przeanalizować, które punkty można usunąć, a które pomimo dużych poprawek powinno się zostawić.

DOBÓR PUNKTÓW DOSTOSOWANIA		
Punkty WGS-84	Punkty lokalne ukł.1965 str. 1, Kronsztadt 60	Dopasowanie
1069	1069	Tylko P
1070	1070	P & H
1072	1072	P & H
1351	1351	Brak
1433	1433	P & H
1441	1441	Tylko H
1449	1449	Tylko H
1450	1450	P & H
1454	1454	P & H
1500	1500	P & H
1506	1506	P & H
1508	1508	P & H
1509	1509	P & H
1556	1556	Tylko H
1625	1625	Tylko H

KONTROLA POPRAWEK (interpolacja metodą najmniejszych kwadratów)			
Punkty WGS-84	Wsch(Y) [m]	Półn(X) [m]	Wysokość [m]
1069	0,062	0,002	---
1070	0,047	-0,073	-0,010
1072	-0,009	0,005	-0,011
1351	---	---	---
1433	0,037	0,039	0,005
1441	---	---	-0,003
1449	---	---	0,011
1450	-0,003	0,069	-0,003
1454	-0,046	-0,013	-0,005
1500	-0,057	-0,011	0,011
1506	-0,033	0,005	0,006
1508	-0,004	-0,003	-0,009
1509	0,006	-0,020	0,004
1556	---	---	0,000
1625	---	---	0,003

WYNIKI TRANSFORMACJI	
POZYCJA	
Przesuw dX	5502904,7367 m
Przesuw dY	4662140,5497 m
Obrót	-985,03246
Skala	-103,6551 ppm / 0,9998963
X Bieg obrotu	0,2513 m
Y Bieg obrotu	0,0483 m
WYSOKOŚĆ	
Nachyl. w X	0,0000176
Nachyl. w Y	0,0000350
Przesuw H	-33,5501 m

Wnioski

Na podstawie powyższych obliczeń wynika, że po wyeliminowaniu punktów „odstających” maksymalne wartości poprawek wynoszą:

X (płn)	0,073 m
Y (wsch)	0,062 m
Wysokość	0,011 m

Są to zatem wartości określające maksymalny błąd z jakim dowiązano się do punktów osnowy w „lokalnym” układzie współrzędnych. Istotne jest to, że omówione obliczenia można wykonać bezpośrednio w terenie, a ich wyniki zobaczyć na wyświetlaczu odbiornika GPS1200.

Obliczając podanym sposobem parametry transformacji, można śmiało kontynuować pomiar RTK-GPS otrzymując gotowe współrzędne w interesującym geodetów „lokalnym” układzie współrzędnych.

Literatura:

1. Leica Geosystems, System 1200 Newsletter – No.9, September 2004.
2. Leica Geosystems, System 1200 Newsletter – No.10, October 2004.
3. Leica Geosystems, System 1200 Newsletter – No.11, October 2004.
4. Strona <http://www.asg-pl.pl>.