

## ZASTOSOWANIE SIECI ASG-EUPOS W LEŚNICTWIE

### USING THE POLISH NETWORK OF REFERENCE STATIONS (ASG-EUPOS) IN FORESTRY

**Michał Brach**

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Wydział Leśny  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

**Słowa kluczowe: leśnictwo, GPS, DGPS, geodezja leśna, ASG-EUPOS**

Keywords: forestry, GPS, DGPS, forestry surveying, ASG-EUPOS

### Wstęp

Wykorzystanie technologii nawigacji satelitarnej w leśnictwie stało się powszechne. Nikt już nie pyta o zasady działania odbiorników, a ich zalety są bezdyskusyjne. Zaproponowane przed wielu laty możliwości zastosowania odbiorników nawigacyjnych w leśnictwie zostały wprowadzone do praktyki, co istotnie poszerzyło grono użytkowników. Dzieje się tak obecnie na całym świecie, we wszystkich gałęziach gospodarki. Nic więc dziwnego, że mimo finansowych kłopotów wielu krajów, nawigacja satelitarna traktowana jest priorytetowo, ponieważ zależy od niej prawidłowe funkcjonowanie wielu dziedzin życia. Tym samym obserwuje się stały rozwój systemów nawigacyjnych, co przejawia się w rozbudowywaniu istniejącej infrastruktury, takich jak modernizacja i wymiana satelitów GPS Navstar, uzyskanie pełnej konstelacji przez system GLONASS, inwestowanie w nowe systemy nawigacyjne COMPASS czy Galileo i wreszcie rozbudowa sieci stacji referencyjnych, czego doskonałym przykładem jest polski system ASG-EUPOS. W praktyce inicjatywy te z roku na rok poszerzają możliwości zastosowań przez każdego przeciętnego użytkownika, przyczyniając się do zwiększania dokładności i stabilności pomiarów.

Zalety stosowania nawigacji satelitarnej w leśnictwie przedstawiono w licznych opracowaniach naukowych, co przyczyniło się do trwałego wpisania tej metody pomiaru do obowiązującej Instrukcji Urządzania Lasu (IUL, 2003). Warto jednak zwrócić uwagę, że większość badań wykorzystujących tę technologię, opierało się na zastosowaniu drogich odbiorników dwuczęstotliwościowych oraz różnicowej metodzie pomiaru (DGPS). Przykładowo, badania wykonane w lasach doświadczalnych w Indianie (USA) przez grupę naukowców dowiodły, że geometria satelitów oraz ich liczba nie ma istotnego wpływu na dokładność pomiarów, która kształtowała się średnio na poziomie 3 m (Sigrist et al., 1999). Prace Kobayashi (2001) wykazały, że błędy pozycjonowania pomiarami autonomicznymi sięgają od

15,4 do 48,6 m, a system DGPS zmniejszył je od 2,7 do 21,7 m. Korzystając z technologii DGPS, Nasset (2001) osiągnął dokładność 2,15 m pod okapem drzewostanu. Prowadząc badania w Kyoto University Forest w Wakayama (Yoshimura, Hasegawa, 2003) wykazali, że stosowanie poprawek DGPS istotnie poprawia dokładność otrzymywanych wyników, uzyskując doskonały wynik 1,67 m błędu pomiaru punktu w drzewostanach liściastych. W Polsce badania związane z technologią DGPS i jej wykorzystaniem w środowisku leśnym prowadził Piotr Wężyk (2004) z Laboratorium GIS i Teledetekcji, Katedra Ekologii Lasu, Wydział Leśny Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, uzyskując średni błąd liniowy pomiaru 1,69 m dla 54 punktów pomiarowych w Puszczy Niepołomickiej. Pomiary z wykorzystaniem dostępnych na rynku odbiorników i korekcji różnicowej dały bardzo dobre wyniki w drzewostanach dąglęzjowych – przy pełnym zwarciu udało się wyznaczyć współrzędne ze średnią dokładnością na poziomie 2,2 metra (Wing et al., 2008).

Mimo tak dobrych wyników praktyka pokazała, że tego rodzaju rozwiązania nie znalazły zastosowania w polskim leśnictwie. Metoda pomiarów różnicowych w swojej istocie wymaga przede wszystkim dwóch odbiorników nawigacyjnych oraz oprogramowania pozwalającego uzyskać końcowe wyniki. Mnogość czynności takich jak konfiguracja urządzeń, zgrywanie danych, utworzenie łącza radiowego przy pomiarach w czasie rzeczywistym, czy wreszcie zabezpieczenie odbiornika bazowego przed kradzieżą, bądź uszkodzeniem, skutecznie zniechęciło wielu leśników do wdrożenia tej metody. Ciężar pomiarów przerzucono, więc na odbiorniki proste w obsłudze i przeznaczone głównie dla turystyki, charakteryzujące się niskimi dokładnościami i nie pozwalające na pracę w systemie różnicowym. Taki stan rzeczy przyczynił się do narastania różnego rodzaju mitów dotyczących nawigacji satelitarnej. Z jednej bowiem strony prezentowano bardzo dobre wyniki pomiarów w licznych opracowaniach naukowych, z drugiej zaś faktyczne dokładności uzyskiwane za pomocą najczęściej stosowanych w leśnictwie odbiorników daleko odbiegały od oczekiwań. Nadmienić tu warto o często nie do końca rzetelnych informacjach podawanych przez producentów odbiorników nawigacyjnych dotyczących ich faktycznych dokładności. Uzasadnione zatem stały się liczne dyskusje leśników z naukowcami, dotyczące faktycznej przydatności tej technologii w leśnictwie. Rozwiązanie tego stanu rzeczy przychodzi z czasem, kiedy to dysponujemy coraz to lepszymi, prostszymi i tańszymi urządzeniami, a dostęp do Internetu dzięki sieciom GSM stał się powszechny. W niniejszym opracowaniu podjęto próbę wykonania pomiarów techniką DGPS z wykorzystaniem ogólnopolskiej sieci stacji referencyjnych ASG-EUPOS, która w praktyce zwalnia użytkownika od skomplikowanej procedury obliczeniowej. Rozwiązanie to jest ważnym krokiem w kierunku powszechnienia tej metody pomiarów.

## Różnicowa metoda pomiaru

Istota różnicowej metody pomiaru polega na wykorzystaniu wartości błędu jakim obarczony jest pomiar pojedynczym odbiornikiem. Zaobserwowano bowiem, że błędy wyznaczania współrzędnych są zbliżone dla wielu urządzeń pracujących w podobnych warunkach oraz znajdujących się od siebie w niewielkiej odległości (około 35 kilometrów). Przykładowo, mając do dyspozycji obserwacje z dwóch odbiorników pracujących w tym samym czasie, możliwe jest wyznaczenie między nimi poprawnego wektora odległości. Wartość wektora obliczana jest za pomocą specjalnego oprogramowania, a następnie dodawana do dokładnie wyznaczonych współrzędnych punktu referencyjnego. W ten sposób uzyskuje się

właściwe wartości dla noworejestrowanych punktów. Wadą tego rozwiązania jest konieczność posiadania dwóch odbiorników oraz znajomości współrzędnych i lokalizacji w terenie minimum jednego punktu. Technika ta stosowana była od samego początku funkcjonowania systemów nawigacji satelitarnej. Uzyskała nazwę DGPS (*Differential Global Positioning System*) i pozwala po dziś dzień uzyskać bardzo wysokie – kilkucentymetrowe dokładności. Technika korekcji różnicowej pozwala m.in. na redukcję błędów związanych z opóźnieniem jonosferycznym i troposferycznym, niedokładnością efemeryd, celowym zafałszowaniem sygnału oraz błędami czasu. Jest to również najlepszy sposób na poprawienie wpasowania wyników pomiarów w lokalne układy współrzędnych. Nie ulega jednak wątpliwości, że taki sposób korygowania współrzędnych jest dość skomplikowany i nie doczekał się powszechnego zastosowania w leśnictwie. Sytuacja ta jednak uległa zdecydowanej zmianie w czerwcu 2008 roku, kiedy to oficjalnie uruchomiono sieć stacji referencyjnych ASG-EUPOS.

Sieć ASG-EUPOS zbudowano w oparciu o najnowocześniejsze na rynku odbiorniki sygnałów nawigacyjnych oraz istniejące stacje referencyjne. Na terenie Polski znajduje się obecnie 98 stacji referencyjnych w tym 84 stacje z modułem GPS i 14 stacji z modułem GPS/GLONASS. Stacje rozlokowane są na terenie całego kraju z zachowaniem standardu siedemdziesięciokilometrowej odległości pomiędzy nimi. Większość z nich umieszczono na budynkach administracji publicznej, w jednostkach badawczych oraz budynkach oświaty. Każda stacja referencyjna wyposażona jest w dwuczęstotliwościowy odbiornik sygnałów GPS posiadający system zasilania, zabezpieczony ponadto przez system alarmowy. Dane dostarczane są do centrów zarządzających przez dedykowane łącza teleinformatyczne. Stacje działają całą dobę. Krajowe Centrum Zarządzające zlokalizowane jest w dwóch równoległych działających ośrodkach w Warszawie i w Katowicach. Stacje referencyjne sieci ASG-EUPOS stanowią podstawę geodezyjną w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz. U. 2000 r. nr 100, poz. 1086). Nadrzędną funkcją systemu jest obliczanie i dystrybucja poprawek dla odbiorników użytkowników korzystających z odbiorników nawigacyjnych. Możliwe jest to w czasie rzeczywistym dzięki sieci Internet lub też w trybie postprocessingu. Zachowanie najwyższych standardów obliczeniowych oraz wysokiej jakości sprzętu pomiarowego zapewnia uzyskanie wiarygodnych wyników, przy spełnieniu określonych warunków w trakcie pomiaru. Ze względu na różnorodność odbiorników oraz oczekiwanych dokładności wyznaczania współrzędnych wprowadzono kilka serwisów (tab. 1).

**Tabela 1.** Zestawienie parametrów dokładnościowych dla wszystkich serwisów oferowanych przez sieć ASG-EUPOS. Kolorem szarym oznaczono serwis wykorzystywany w niniejszym opracowaniu (źródło: <http://www.asg-eupos.gov.pl/>)

Rodzaj	Nazwa	Metoda pomiaru	Transmisja danych	Zakładana dokładność	Minimalne wymagania sprzętowe
Serwisy czasu rzeczywistego	NAWGEO	kinematyczna (RTK)	Internet, GSM (GPRS)	do 0,03 m (poz.) do 0,05 m (pion.)	Odbiornik L1/L2 RTK, moduł komunikacyjny
	KODGIS	kinematyczna (DGPS)		do 0,25 m	Odbiornik L1 DGPS, moduł komunikacyjny
	NAWGIS			do 3 m	
Serwisy post-processingu	POZGEO	statyczna	Internet	Zależna od warunków pomiarowych (0,01 – 0,10 m)	Odbiornik L1
	POZGEO-D	statyczna, kinematyczna			

Szeroka gama usług oferowanych przez sieć ASG-EUPOS pozwala zestawić możliwości finansowe (zakup odbiornika) oraz oczekiwane dokładności i dobrać najlepsze rozwiązanie. Należy pamiętać, że wartości podane w tabeli dotyczą idealnych warunków rejestracji sygnałów, a więc przede wszystkim nieosłoniętego nieboskłonu. Dostęp do serwisu obecnie jest darmowy.

Kluczowym elementem staje się zatem dobór takiego odbiornika, aby gwarantował łatwość konfiguracji, współpracował z siecią ASG-EUPOS oraz nie pochłoniął znacznych nakładów finansowych. Idealnym rozwiązaniem są w tym przypadku odbiorniki klasy GIS, odpowiadające na zapotrzebowanie osób chcących wykonywać podstawowe pomiary oraz pracować na własnych mapach. Ich główną zaletą jest przede wszystkim możliwość instalacji dowolnego oprogramowania oraz otwartość na różnego typu urządzenia peryferyjne, takie jak: aparaty fotograficzne, czytniki kodów kreskowych czy wreszcie anteny wysokiej klasy. Po podłączeniu do sieci ASG-EUPOS możliwe jest wykonanie korekcji różnicowej w czasie rzeczywistym, dzięki czemu uzyskiwane dokładności wyznaczania współrzędnych sięgają nawet 0,25 metra. Dodatkowo pozwalają na zapis współrzędnych punktów, linii i poligonów oraz aktualizację opisowej bazy danych. Urządzenia te projektuje się z myślą o pracach w trudnych warunkach, dzięki czemu idealnie wpasowują się w specyfikę warunków leśnych. Wybrane odbiorniki posiadają moduły częściowo eliminujące sygnały odbite.

## Metodyka

Celem sprawdzenia dokładności i użyteczności odbiornika nawigacyjnego klasy GIS w środowisku leśnym założono kilkanaście powierzchni badawczych zlokalizowanych w uroczysku Głuchów należącym do Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW w Rogowie. Uroczysko ma postać zwartego kompleksu o powierzchni około 900 hektarów. Niewątpliwą zaletą tego obiektu jest jego duże zróżnicowanie pod względem gatunkowym, wiekowym oraz ukształtowania terenu. Kompleks leśny w Głuchowie to obszar z drzewostanami wykorzystywanymi gospodarczo, przy jednoczesnym umożliwieniu prowadzenia badań doświadczalnych. Gatunkami panującymi w lasach iglastych są sosna pospolita i świerk pospolity, w lasach liściastych dominuje dąb szypułkowy i brzoza brodawkowata. Istnieją również drzewostany tworzone przy współdziałaniu gatunków liściastych i iglastych (tab. 2).

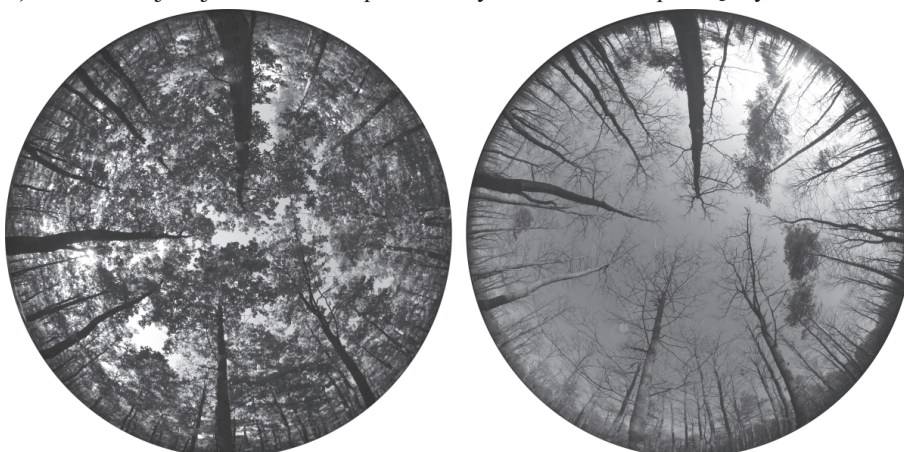
Współrzędne powierzchni badawczych wyznaczono w oparciu o dwa ciągi poligonowe założone na terenie uroczyska Głuchów. Nawiązanie ciągów stanowią bazy referencyjne zlokalizowane na zewnątrz kompleksu leśnego wyznaczone w układzie EUREF'89 w układzie "2000". Błędy współrzędnych poziomych po wyrównaniu nie przekraczają 2 cm, a wysokości elipsoidalnych (geometrycznych) 3 cm. W dalszym etapie założono dwa ciągi poligonowe dwustronnie nawiązane. Ciągi wyrównano sieciowo, otrzymano średni błąd położenia punktu  $\pm 0,06$  m. Wysokości punktów ciągu ustalono stosując niwelację geometryczną ze środka. Odchyłka wyniosła 10 cm.

Tak opracowane punkty nawiązania posłużyły do wyznaczenia współrzędnych powierzchni badawczych. Wybór lokalizacji powierzchni uwarunkowany był przede wszystkim dostępem do punktów ciągów oraz zróżnicowaniem drzewostanów (tab. 2). Pomierzono metodą biegunową i zastabilizowano 36 środków powierzchni badawczych o dokładnie wyznaczonych współrzędnych X, Y i Z.

**Tabela 2.** Podstawowe informacje o drzewostanach na podstawie opisów taksacyjnych, dla wszystkich powierzchni badawczych

Numer powierzchni	Oddział - Wydzielenie	Gatunek panujący	Zwarcie	Wysokość [m]	Zagęszczenie
2; 3	237 -g -00	brzoza	pełne	14	duże
4; 5; 6	236 -f -00	świerk	pełne	21	duże
7; 8; 9	236 -d -00	brzoza	pełne	20	duże
1; 10; 11; 12	237 -a -00	sosna	umiarkowane	26	umiarkowanie duże
13; 14	210 -b -00	sosna	umiarkowane	26	umiarkowanie duże
15; 16; 17; 18	211 -a -00	sosna	umiarkowane	26	umiarkowanie duże
19; 20	201 -a -00	sosna	umiarkowane	25	umiarkowanie duże
21	201 -c -00	sosna	umiarkowane	3	umiarkowanie duże
22; 23; 24	200 -a -00	sosna	pełne	25	duże
31; 32; 33	188 -a -00	sosna	pełne	23	duże
34; 35; 36	189 -a -00	sosna	pełne	24	duże
28; 29; 30	191 -a -00	dąb	pełne	24	duże
25; 26; 27	192 -a -00	dąb	pełne	23	duże

Do wyznaczania współrzędnych z wykorzystaniem nawigacji satelitarnej i sieci ASG-EUPOS wykorzystano dwuczęstotliwościowy odbiornik Trimble ProXH zamocowany na dwumetrowej teleskopowej tyczce. W praktyce rejestrowano jedynie falę L1 z nałożonym kodem C/A systemu GPS Navstar. Dokonano planowania sesji pomiarowej, eliminując okresy z współczynnikiem PDOP wyższym niż 6. Obserwacje zbierano przez uśrednienie 240 epok, korygowanych na bieżąco przez sieć ASG-EUPOS (poprawka KODGIS – tab. 1). Elementem mającym umożliwić wykonanie dodatkowych analiz było różnicowanie maski elewacji (10 i 20 stopni) oraz rejestracja w dwóch okresach wegetacyjnych (grudzień i wrzesień 2009 r.), w dalszej części opracowania nazywane odpowiednio – zima i lato (rys. 1). Obserwacji rejestrowano w państwowym układzie współrzędnych "2000".

**Rys. 1.** Zdjęcie wybranej powierzchni badawczej w okresie: a – letnim, b – zimowym (fot. D. Górski)



Błędy przeciętne położenia punktu obliczono wykorzystując wzór (1):

$$\Delta L_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(X_{GPS} - X_{GEO})^2 + (Y_{GPS} - Y_{GEO})^2}}{n} \quad (1)$$

gdzie:

$X_{GPS}$ ,  $Y_{GPS}$  – współrzędne  $X$  i  $Y$  pomierzone odbiornikiem nawigacyjnym

$X_{GEO}$ ,  $Y_{GEO}$  – dane referencyjne powierzchni badawczych

$n$  – liczba pomiarów na powierzchni badawczej

Celem wyznaczenia błędów przeciętnych dla współrzędnej  $Z$  skorzystano ze wzoru (2):

$$\Delta L_Z = \frac{\sum_{i=1}^n |Z_{GPS} - Z_{GEO}|}{n} \quad (2)$$

gdzie:

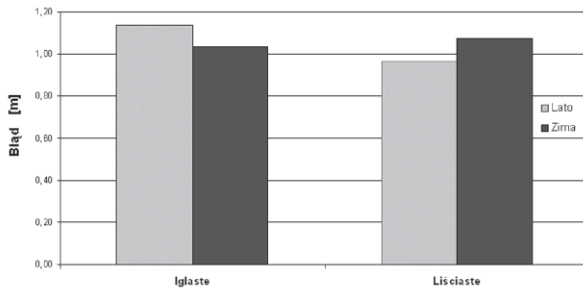
$Z_{GPS}$  – współrzędna  $Z$  pomierzona odbiornikiem nawigacyjnym

$Z_{GEO}$  – referencyjna współrzędna  $Z$  powierzchni badawczych

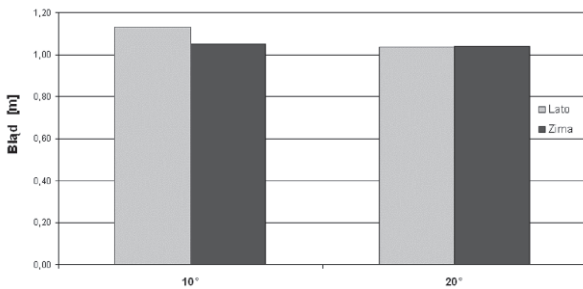
$n$  – liczba pomiarów na powierzchni badawczej

## Wyniki i wnioski

Zestaw danych zebranych na powierzchniach badawczych składał się łącznie ze 144 obserwacji, które podzielano w dalszych analizach na podzbiory, w zależności od rodzaju drzewostanu, pory roku oraz zastosowanej maski elewacji (rys. 2-6).

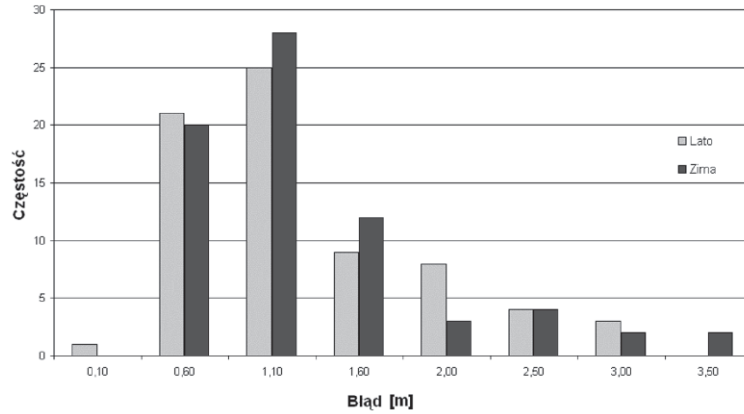


**Rys. 2.** Błąd przeciętny wyznaczania współrzędnych  $X$ ,  $Y$  w zależności od typów drzewostanów w różnych porach roku

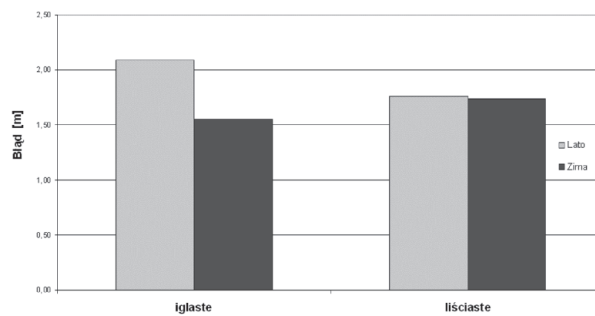


**Rys. 3.** Błąd przeciętny wyznaczania współrzędnych  $X$ ,  $Y$  w zależności od maski elewacji (B) w różnych porach roku

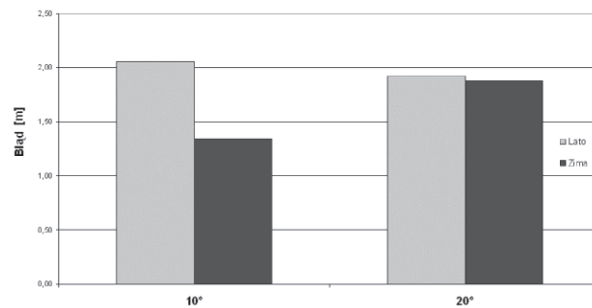
**Rys. 4.** Histogram błędów przeciętnych wyznaczania współrzędnych X,Y w zależności od pory roku



**Rys. 5.** Błąd przeciętny wyznaczania wysokości w zależności od typów drzewostanów w różnych porach roku



**Rys. 6.** Błąd przeciętny wyznaczania wysokości w zależności od maski elewacji w różnych porach roku



**Tabela 3.** Zestawienie wyników obliczeń błędu przeciętnego wyznaczania położenia i wysokości punktów (wartości podano w metrach)

Pora roku		Błąd przeciętny ( $\Delta L_{XY}$ )	Wartość max	Wartość min	Błąd średni ( $\Delta L_z$ )
Lato	Drzewostan iglasty	1,14	4,03	0,23	2,09
	Drzewostan liściasty	0,97	2,92	0,10	1,76
	Maska elewacji 10°	1,13	2,93	0,10	2,06
	Maska elewacji 20°	1,04	4,03	0,20	1,92
Zima	Drzewostan iglasty	1,03	4,16	0,20	1,55
	Drzewostan liściasty	1,07	3,38	0,20	1,74
	Maska elewacji 10°	1,05	4,16	0,24	1,34
	Maska elewacji 20°	1,04	3,38	0,20	1,88

Doświadczenie przeprowadzone na terenie leśnictwa Głuchów potwierdza wysoką skuteczność stosowania odbiorników nawigacyjnych z wykorzystaniem korekcji różnicowej. Błędy przeciętne wyznaczania współrzędnych X i Y we wszystkich możliwych konfiguracjach pomiaru kształtują się w pobliżu 1 m (tab. 3). Nie udało się obronić hipotezy o skuteczności zwiększania kąta maski elewacji (rys. 3). Prawidłowo skonfigurowany odbiornik podłączony do sieci stacji referencyjnych ASG-EUPOS stosunkowo szybko uzyskuje docelową dokładność pomiarową, co można śledzić na bieżąco na ekranie statusu połączenia z siecią. Duże zróżnicowanie w dostępie do odsłoniętego horyzontu może w większym stopniu wpłynąć na czas inicjalizacji urządzenia, nie zaś ostateczny wynik pomiaru. Potwierdza się formułowana prawidłowość wyższości tańszych odbiorników kodowych w pracach na obszarach leśnych nad odbiornikami fazowymi stosowanymi w geodezji (Nasset, 1999). Wyznaczenie odległości za pomocą kodu C/A odbywa się bowiem w ciągu kilku sekund i nie jest wymagane ciągłe śledzenie tych samych satelitów. To znacznie ułatwia pomiar w warunkach o ograniczonej widoczności nieba. Nie bez znaczenia jest również zamocowanie anteny na tyczce, dzięki czemu wzrasta prawdopodobieństwo rejestracji sygnału satelitarne, skracając tym samym czas potrzebny na realizację procesu wyznaczania współrzędnych.

Zdecydowanie większe błędy uzyskano wyznaczając wysokość nad poziomem morza (tab. 3). Jako podstawę użyto układ odniesienia Kronsztad 86. Wyniki dla okresu zimowego są lepsze, co ma związek z nasilaniem się interferencji fal wtórnych, a więc zjawiska wielotorowości sygnału satelitarne (tab. 3). Sygnał odbija się od drzew nie docierając bezpośrednio do odbiornika przyczyniając się do znacznego pogorszenia dokładności wyznaczanych współrzędnych (rys. 5 i 6). Efekt taki ma szczególne znaczenie przy wyznaczaniu wysokości oraz podczas akwizycji sygnałów z satelitów umieszczonych nisko nad horyzontem (Bosy, 2005). Dokładność uzyskana przy masce elewacji  $10^\circ$  wskazuje na to, że odbiornik w warunkach leśnych powinien rejestrować sygnały z możliwie szerokiego zakresu widocznego nieboskłonu (rys. 6). Mając na względzie marginalne stosowanie numerycznego modelu terenu w nadleśnictwach, wydaje się, że wyznaczanie wysokości za pomocą odbiorników nawigacyjnych nie będzie powszechne. Uzyskanie dokładnego odniesienia możliwe jest w chwili obecnej jedynie przez pomiar punktów na zewnątrz kompleksów leśnych, za pomocą geodezyjnych odbiorników sygnałów satelitarnych. W dalszej kolejności służyć one mogą jako punkt wyjścia do wykonania klasycznej niwelacji wewnątrz lasu (Brach, 2008).

Zastosowanie odbiorników nawigacyjnych klasy GIS, w połączeniu z ogólnodostępną siecią stacji referencyjnych ASG-EUPOS, jest obecnie jedną z najlepszych i najprostszych metod wyznaczania współrzędnych w środowisku leśnym. Przeprowadzone badania wskazują, że technika ta gwarantuje stabilny pomiar z dokładnością kształtującą się na poziomie około 1 m niezależnie od pory roku. Mimo satysfakcjonujących wyników warto pamiętać, że sygnał satelitów nawigacyjnych jest dość słaby, a zatem każde zwiększenie widoczności anteny odbiornika usprawni proces pomiarowy. Należy oczekiwać, że pojawiające się w najbliższych latach nowe systemy nawigacji satelitarnej zwiększą szybkość i dokładność wyznaczania współrzędnych tą metodą.

### Literatura

- Bosy J., 2005: Precyzyjne opracowanie obserwacji satelitarnych GPS w lokalnych sieciach położonych w terenach górskich. Wrocław, 42 s. Zeszyty naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu.  
Brach M., 2008: Współczesne możliwości pomiaru szczegółów sytuacyjnych w przestrzeni leśnej. *Roczniki Geomatyki* t. 6, z. 8. PTIP, Warszawa.



- IUL, 2003: Instrukcja Urządzenia Lasu – załącznik do Zarządzenia nr 43 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 18 kwietnia 2003 r.  
<http://www.lasy.gov.pl/dokumenty/gospodarka-lesna/urzadzanie/iul>
- Nač sset E., 1999: Point accuracy of combined pseudorange and carrier phase differential GPS under forest canopy. *Canadian Journal of Forest Research* 29, 5.
- Nč sset E., 2001: Effects of differential single- and dual-frequency GPS and GLONASS observations on point accuracy under forest canopies. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 67, 1021-1026.
- Kobayashi H., Yada Y., Chachin T., Okano K., Nogami Y. & Torimoto H., 2001: Evaluation of GPS receivers' performance inside and outside forests (in Japanese with English summary). *Journal of Japanese Forestry Society*, 83: 135-142.
- Sigrist P., Coopin P., Hermy M., 1999: Impact of forest canopy on quality and accuracy of GPS. *International Journal of Remote Sensing*, Taylor and Francis Ltd, t. 20(18), 3595-3610.
- Węzyk P., 2004: Mity i fakty dotyczące stosowania GPS w leśnictwie. *Roczniki Geomatyki* t. 2, z. 4, PTIP, Warszawa, 19-32.
- Wing M., Eklund A., Sessions J., Karsky R., 2008: Horizontal Measurement Performance of Five Mapping-Grade Global Positioning Systems. *Western Journal of Applied Forestry* Jul 2008, 23, 3.
- Yoshimura T., Hasegawa H., 2003: Comparing the precision and accuracy of GPS positioning in forest areas. *Journal of Forest Research*, Springer-Verlag Tokyo Inc, 2003, 8(3), 147-152.

### **Abstract**

*In this study, GIS-class receiver and ASG-EUPOS stations have been involved to determine the coordinates of forest stands. It turned out that the average error of coordinates is around one meter for X, Y coordinates, and approximately two meters for the height. These results are really good and provide an optimistic look ahead to the use of this technology in the forest environment.*

dr inż. Michał Brach  
Michal.Brach@wl.sggw.pl  
tel. +48 22 593 82 13