

Andrzej MISZKIEWICZ<sup>1</sup>

### **ANALIZA KRYTERIÓW DOBORU SATELITÓW DO WYZNACZENIA POZYCJI W WYBRANYCH ODBIORNIKACH SYSTEMU GPS**

*W referacie przedstawiono analizę pomiarów uzyskanych dla trzech wybranych odbiorników systemu GPS i płynące z niej wnioski. W ramach przeprowadzonych badań autor zebrał dane, które miały pozwolić na ustalenie kryteriów doboru satelitów do wyznaczenia pozycji stosowanych przez wybranych producentów chipsetów GPS.*

### **ANALYSIS OF THE CRITERIA OF THE ASSORTMENT OF SATELLITES FOR POSITIONING IN CHOSEN RECEIVERS OF THE GPS SYSTEM**

*In the paper analysis of measurements had got for three receivers of the GPS system was described and conclusions coming from it were presented. In the result of conducted examinations the author collected data which was supposed to let establish criteria of the assortment of satellites for positioning supplied by chosen producers of GPS chipsets.*

### **WPROWADZENIE**

Aplikacje nawigacyjne oparte na systemie GPS nabierają coraz większego znaczenia w transporcie powierzchniowym, zarówno jeśli chodzi o transport zbiorowy, jak i prywatnych użytkowników sieci drogowej. Z jednej strony wynika to z faktu, że w chwili obecnej nie ma dla tego systemu praktycznie żadnej alternatywy, bo podobne systemy (GLONASS, GALILEO) nie są jeszcze w pełni operacyjne i nie zapewniają zadowalającej dokładności wyznaczenia pozycji w każdym miejscu na kuli ziemskiej. Z drugiej zaś, systematyczny rozwój techniki i technologii powoduje stały spadek kosztów produkcji i wzrost dostępności odbiorników tego systemu dla coraz szerszego kręgu odbiorców.

W ramach przeprowadzonych badań autor podjął się próby odpowiedzi na pytanie, jakimi kryteriami należy się kierować w celu wyboru odbiornika GPS zapewniającego najmniejszy błąd wyznaczanej pozycji. Przy znacznej liczbie urządzeń dostępnych na rynku, coraz trudniej bowiem zdecydować, który z parametrów odbiorników będzie kluczowy dla uzyskania wystarczającej dla określonego celu dokładności pomiaru. W literaturze [np.1] można znaleźć opis ponad 20-stu parametrów techniczno-

---

<sup>1</sup> Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, 00-662 Warszawa; ul. Koszykowa 75. tel. +48 22 234 70 37, e-mail: ami@it.pw.edu.pl

eksploatacyjnych odbiorników, ale żaden producent nie podaje algorytmu doboru satelitów uwzględnianych przy wyznaczaniu położenia. Stąd autor podjął próbę ustalenia jakie kryteria doboru satelitów do pomiarów stosują producenci wybranych chipsetów i który z parametrów technicznych odbiornika ma na nie największy wpływ. Co prawda w niektórych odbiornikach systemu GPS użytkownik ma możliwość zdefiniowania odpowiednich wartości wybranych parametrów (np. wysokość topocentryczna, azymut) według własnych potrzeb, ale dotyczy to głównie zaawansowanych odbiorników stosowanych w nawigacji morskiej. W artykule jest omawiany przypadek prostych odbiorników przeznaczonych do nawigacji samochodowej, w których użytkownik nie ma praktycznie żadnego wpływu (poza możliwością podłączenia zewnętrznej anteny) na pracę urządzenia. Przeprowadzona analiza ma wykazać jakie kryteria obowiązują w rozpatrywanych odbiornikach.

Do badania zostały wybrane 3 urządzenia pracujące w oparciu o 3 różne układy odbiorcze (chipsety). Głównym kryterium doboru tych odbiorników była podawana przez producentów liczba torów odbiorczych, a więc maksymalna możliwa liczba śledzonych satelitów. Wszystkie z wymienionych odbiorników przeznaczone są do akwizycji sygnałów satelitarnych i dalszego przesyłania przetworzonych danych do urządzeń odpowiadających za ich interpretację, a więc wyposażonych w odpowiednie mapy. Jako medium transmisyjne służy interfejs Bluetooth, za pomocą którego dane przesyłane są zgodnie ze standardem NMEA 0183. Parametry odbiorników prezentuje tabela 1

Tab.1. Charakterystyka badanych odbiorników GPS

Odbiornik systemu GPS	<b>Ebontek egps 397</b>	<b>Pentagram Pathfinder P3106</b>	<b>Rikaline 6033</b>
Chipset odbiorczy	Nemerix	MTK (MT3301+MT3179)	RFMD 8900
Liczba kanałów	16	51	32
Czułość	-152 ~ -157 dBm	- 158 dBm	- 157 dBm
Odbierane częstotliwości	L1 (1575,42 MHz)	L1 (1575,42 MHz)	L1 (1575,42 MHz)
Zimny start [ s ]	60	36	30
Ciepły start [ s ]	38	33	30
Odnawianie pozycji [s]	Co 1	Co 1	Co 1
Układ odniesienia	b.d	WGS-84	WGS-84
Wysokość [m]	< 18 000	< 18 000	< 18 000
Prędkość [m/s]	< 515	< 515	< 515
Dokładność prędkości [m/s]	0,1	0,1	0,1
przyspieszenie	< 4G	< 4G	<1G
Obsługiwane sekwencje standardu NMEA	GGA, RMC, GSA, GSV, VTG	GGA, GSA, GSV, RMC	GGA, GSA, GSV, RMC, VTG, GLL
DGPS	nie	EGNOS, WAAS	nie
Antena zewnętrzna	nie	nie	tak

## 2. CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANYCH SEKWENCJI PROTOKOŁU NMEA

Protokół NMEA 0183, opracowany przez amerykańską Organizację Elektroniki Morskiej (*National Marine Electronics Association*), umożliwia komunikację między różnego rodzaju urządzeniami pomiarowymi i integrację odbiornika systemu GPS z innymi urządzeniami. Pełną specyfikację standardu można kupić bezpośrednio z internetowej strony organizacji, natomiast poniżej zostaną opisane tylko linie tego standardu obsługiwane przez analizowane odbiorniki.

Ideą standardu NMEA jest wysyłanie linii danych, z których każda zaczyna się od określonego nagłówka i zawiera odpowiednie informacje wysyłane przez urządzenie. Dzięki temu, że:

- dane wysyłane są w sposób tekstowy,
- nagłówek (odpowiedni ciąg znaków) określa jakie informacje znajdują się w danej linii danych,
- każda linia danych jest niezależna od innych,

uzyskano dużą uniwersalność standardu. Dane wysyłane przez odbiornik GPS mogą być uzupełnione o sumę kontrolną, która pozwala sprawdzić czy podczas przesyłania nie uległy przekłamaniu i ewentualnie odrzucić daną linię.

W odbiornikach GPS wykorzystywanych w transporcie drogowym najczęściej obsługiwanymi sekwencjami, poprzedzonymi symbolem \$ i literami GP są:

- GGA (*Global Positioning System Fixed Data*) – informacja u ustalonej pozycji,
- GSA (*GNSS DOP and Active Satellites*) – informacja o satelitach wybranych do wyznaczenia pozycji i dokładności pomiaru,
- GSV (*Satellites in View*) – szczegółowe informacje o satelitach,
- RMC (*Recommended Minimum Specific GNSS data*) – minimum danych wysyłanych przez każdy odbiornik,
- VTG – (*Course over Ground and Ground Speed*) informacja o kierunku i prędkości poruszania się,
- GLL – (*Geographic Position - Latitude/Longitude*) współrzędne geograficzne.

Dokładną charakterystykę każdej linii można znaleźć np. w [1,6]. W niniejszym opracowaniu autor skupił się na danych dotyczących satelitów zawartych w sekwencjach \$GPGSA i \$GPGSV, gdzie przykładowo:

**\$GPGSA,A,3,02,10,25,04,07,08,,,,,,,,,1.94,1.70,0.92\*0C**

GSA – identyfikator nagłówka (ogólna informacja o satelitach),

A – automatyczny wybór pozycji (M – wybór manualny),

3 – pozycja trójwymiarowa (2 – pozycja dwuwymiarowa, 1 – brak ustalonej pozycji),

02,10,25,04,07,08,,,,,,,, - numery PRN satelitów wykorzystanych do ustalenia pozycji (maksymalnie 12 w linii),

1.94 – przestrzenny współczynnik rozmycia pozycji PDOP (*Position Dilution Of Precision*),

1.70 - horyzontalny współczynnik rozmycia pozycji HDOP (*Horizontal Dilution of Precision*),  
0.92 – wertykalny współczynnik rozmycia pozycji VDOP (*Vertical dilution of precision*),  
\*0C – suma kontrolna [hex]

**\$GPGSV,3,1,12,13,77,055,33,25,74,147,29,07,56,187,22,23,45,079,\*73**

GSV – identyfikator nagłówka - dokładne informacje o widocznych satelitach,  
3 – liczba linii z danymi o satelitach,  
1 – numer danej linii,  
12 – liczba widocznych w trakcie pomiaru satelitów,  
13 – numer PRN satelity,  
77 – wysokość topocentryczna satelity,  
055 – azymut satelity w stopniach (000 – 359),  
33 – wartość SNR (sygnał/ szum) dla sygnału z satelity w dBHz (00 – 99),  
zaś kolejne wartości określają dane dla kolejnych 4-rech satelitów (max 4 w jednej linii)  
\*73 – suma kontrolna,

### 3. METODOLOGIA POMIARÓW

Odbiorniki zostały umieszczone w terenie o niskiej zabudowie na wysokości ok. 8 m. w ten sposób, że w kierunku zachodnim, północnym i południowym nie występowały żadne widoczne źródła zakłóceń propagacji sygnałów. W kierunku wschodnim znajdowała się natomiast przeszkoda o wysokości ok. 5 m utrudniająca bezpośrednią widoczność satelitów. Odległość między poszczególnymi urządzeniami nie przekraczała kilku centymetrów, więc z punktu widzenia potrzeb transportu drogowego można przyjąć, że znajdowały się one w tym samym miejscu. Pozwala to także stwierdzić, że pomiary wszystkich odbiorników odbywały się w identycznych warunkach. Pominięto natomiast wpływ potencjalnych zakłóceń elektromagnetycznych między odbiornikami. Dane z odbiorników w postaci sekwencji protokołu NMEA-183 transmitowane były do komputera PC co 1 sekundę z wykorzystaniem interfejsu bezprzewodowego Bluetooth i aplikacji BlueSoleil służącej do zarządzania urządzeniami współpracującymi z komputerem poprzez ten interfejs. Dodatkowo wykorzystany został program narzędziowy ComTest umożliwiający obsługę portów COM komputera z systemem operacyjnym WindowsXP i zapis danych z tych portów do pliku tekstowego. Pomiary wykonano w trzech seriach trwających ok. 1 godziny, natomiast analizę zgromadzonych danych przeprowadzono z krokiem 10-ciusekundowym.

### 4. ANALIZA WYNIKÓW

W tabeli 2 zamieszczono wybrane dane z przykładowego pojedynczego pomiaru uzyskiwanego przez poszczególne odbiorniki, z tym że uporządkowano je względem numerów PRN satelitów, a nie tak, jak otrzymano w sekwencji GSV standardu NMEA. Każdy z producentów stosuje bowiem inne kryteria kolejności zapisu satelitów w tej sekwencji. W przypadku odbiornika Ebontek dane są prezentowane rosnąco względem numeru PRN satelity, dla odbiornika Pentagram kolejność satelitów w GSV zależy od

wysokości topocentrycznej (od maksimum do minimum), natomiast dla odbiornika Rikaline nie znaleziono żadnej prawidłowości względem parametrów transmitowanych w omawianej sekwencji (numer satelity, wysokość topocentryczna, azymut, stosunek SNR). Dla każdego odbiornika numery PRN wszystkich satelitów uwzględnionych przy wyznaczaniu pozycji wyróżniono czcionką pogrubioną, natomiast gwiazdką oznaczono satelity wspólne dla wszystkich trzech odbiorników. Odpowiednie dane prezentuje tabela 2.

Tab. 2. Przykładowy zestaw danych o satelitach uzyskany dla 3 badanych odbiorników (18.03.2009 r. 15:11:40 UTC)

	Ebontek						Pentagram						Rikaline					
	PRN	Wart.	PRN	Wart.	PRN	Wart.	PRN	Wart.	PRN	Wart.	PRN	Wart.	PRN	Wart.	PRN	Wart.		
<b>W.</b>		35		32		58		35		32		58		37		32		57
<b>A</b>	<b>2*</b>	280	<b>4*</b>	230	7	186	<b>2*</b>	280	<b>4</b>	230	<b>7</b>	186	<b>2*</b>	280	<b>4*</b>	230	7	186
<b>S</b>		35		35		brak		40		42		18		35		40		24
<b>W.</b>		21		10		75		21		10		75		21		77		23
<b>A</b>	8	206	<b>10</b>	307	13	59	<b>8</b>	206	<b>10</b>	307	<b>13</b>	59	8	206	<b>13</b>	59	16	51
<b>S</b>		brak		30		brak		20		33		21		brak		24		brak
<b>W.</b>		22		12		43		23		12		43		43		77		
<b>A</b>	16	50	20	138	23	80	<b>16</b>	51	20	138	<b>23</b>	80	23	80	<b>25*</b>	140		
<b>S</b>		brak		brak		brak		23		21		24		26		31		
<b>W.</b>		75						75		4		30						
<b>A</b>	<b>25*</b>	139					<b>25</b>	141	<b>29</b>	346	<b>37</b>	180						
<b>S</b>		28						30		28		brak						

Gdzie: **W** – wysokość topocentryczna w stopniach [°]

**A** – azymut w stopniach [°]

**S** = SNR – stosunek sygnału do szumu [dB]

Można zauważyć, że każdy odbiornik wybiera te satelity, z których docierają sygnały o najwyższej mocy, tzn. charakteryzujące się najwyższymi wartościami stosunku mocy sygnału do szumu (SNR). Wyjątkiem jest sygnał z satelity PRN 10, który nie został uwzględniony przez odbiornik Rikaline. Pozwala to przypuszczać, że pierwszym warunkiem doboru satelity do analizy przez ten odbiornik jest maksymalizacja wartości wysokości topocentrycznej. Dane z pozostałych dwóch odbiorników pozwalają przypuszczać, że w odbiorniku Rikaline  $h_i$  musi być większe od 10 stopni. Kryterium wartości wysokości topocentrycznej wydaje się też być pierwszym krokiem doboru satelitów do obliczeń wykonywanych w odbiorniku Pentagram. Świadczyć o tym może kolejność zapisu danych w sekwencji GSV protokołu NMEA-183, gdzie satelity są umieszczone w kolejności od tego położonego najwyżej nad horyzontem, do tego o najniższej wartości  $h_i$ , nawet w sytuacji, gdy poziom mocy sygnału jest niewystarczający

(jak w przypadku satelity PRN 13). Ilustracje powyższego stanowi przykładowy zestaw danych z tego odbiornika

\$GPGGA,150743.000,5210.5924,N,02134.1566,E,1,7,1.13,135.0,M,38.6,M,,\*5A)

\$GPGSA,A,3,02,10,25,04,07,08,23,,,,,1.44,1.13,0.89\*0F

\$GPGSV,3,1,12,**13,77,055**,,25,74,147,29,07,56,187,23,23,45,079,25\*75

\$GPGSV,3,2,12,02,35,282,39,04,33,231,41,39,30,175,,16,23,052,\*77

\$GPGSV,3,3,12,08,19,206,23,20,13,137,,10,08,307,36,29,04,348,30\*71

\$GPRMC,150743.000,A,5210.5924,N,02134.1566,E,0.01,0.00,180309,,,A\*64

Potwierdzenie dużego znaczenia wysokości topocentrycznej satelity dla obliczeń wykonywanych przez odbiornik Rikaline może stanowić uwzględnienie przy wyznaczaniu pozycji satelity PRN 13 (tabela 2), mimo stosunkowo niewielkiej wartości SNR. Sama wysokość nie jest jednak jedynym kryterium, o czym świadczy fakt, że dla uwzględnianych przy wyznaczaniu pozycji satelitów 2 i 4, ma ona mniejszą wartość (odpowiednio 32° i 37°), niż np. dla satelity PRN 7, który nie został uwzględniony. Można zatem wnioskować, że istotniejsze znaczenie ma parametr SNR, którego wartości wynoszą odpowiednio 35 dB i 40 dB. Natomiast biorąc pod uwagę tę samą wartość tego współczynnika dla satelitów PRN 7 i 13, oraz dodatkowo uwzględniając fakt, że sygnał z satelity PRN 23 o wartości SNR 26 dB nie został przy wyznaczaniu współrzędnych wzięty pod uwagę, można wysnuć wniosek, że w kolejnym kroku doboru satelitów do wyznaczenia pozycji uwzględniana jest wartość azymutu. Wydaje się, że konfiguracja geometryczna satelitów dobierana jest tak, by ich układ był jak najbardziej zbliżony do wieloboku foremnego, czyli minimalizowana jest odchyłka różnic kątowych między satelitami.

Dane w tabeli 2 stanowią też dowód na kluczowe znaczenie czułości odbiornika. Urządzenie Ebontek, które ma niższą wartość tego parametru od dwóch pozostałych, w ogóle nie uwzględnia satelity PRN 13, mimo że dane dotyczące wysokości topocentrycznej sugerują, że sygnał z tego satelity ma najkrótszą drogę propagacji. Można zatem przypuszczać, że dla tego odbiornika istnieje pewna graniczna wartość parametru SNR, dla której sygnały są uwzględniane w obliczeniach. Analiza zgromadzonych danych uprawnia do stwierdzenia, że taką wartością jest 25 dB. Natomiast w przypadku odbiornika Pentagram, taką wartością wydaje się być 15 dB, co może potwierdzać pomiar z godz. 15:12:30 uwzględniający w wyznaczeniu pozycji satelitę PRN 8.

\$GPGGA,151230.000,5210.5950,N,02134.1504,E,1,8,1.02,148.7,M,38.6,M,,\*5F

\$GPGSA,A,3,02,10,25,04,07,20,23,**08**,,,,,1.69,1.02,1.35\*04

\$GPGSV,3,1,12,25,75,139,30,13,75,060,19,07,58,186,23,23,43,081,20\*72

\$GPGSV,3,2,12,02,35,279,40,04,32,230,40,39,30,175,,16,23,050,19\*76

\$GPGSV,3,3,12,**08,21,206,15**,20,11,138,24,10,10,307,33,29,04,346,29\*7E

\$GPRMC,151230.000,A,5210.5950,N,02134.1504,E,0.48,229.63,180309,,,A\*62

Wartość współczynnika SNR wydaje się też być kluczowa dla ustanowienia pierwszego pomiaru przez odbiornik Rikaline. Odbiornik ten, w zrealizowanej serii pomiarowej, pierwsze współrzędne geograficzne obliczył dopiero po czasie 3,5 min. od rozpoczęcia akwizycji danych (godz. 15:07:34), w momencie kiedy wartość SNR dla sygnałów z 3 satelitów przekroczyła 30 dB.

\$GPGGA,151101.85,0000.0000,N,00000.0000,E,0,00,50.00,0.00,M,0.00,M,,\*50

\$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,50.00,50.00,50.00\*35

\$GPVTG,0.00,T,,0.00,N,0.00,K,N\*7F

\$GPGLL,0000.0000,N,00000.0000,E,151101.85,V,N\*79

```
$GPRMC,151101.85,V,0000.0000,N,00000.0000,E,0.00,0.00,180309,,N*4D
$GPGSV,2,1,08,08,21,206,,16,23,051,23,02,37,280,36,23,44,080,26*7A
$GPGSV,2,2,08,07,57,187,24,25,77,141,33,04,33,230,39,13,77,059,*7E
$GPGGA,151102.85,5210.5931,N,02134.1398,E,1,03,2.25,175.56,M,38.61,M,,*52
$GPGSA,A,2,02,25,04,,,,,,,,,2.50,2.25,0.75*02
$GPVTG,0.00,T,,0.00,N,0.00,K,A*70
$GPGLL,5210.5931,N,02134.1398,E,151102.85,A,A*6D
$GPRMC,151102.85,A,5210.5931,N,02134.1398,E,0.00,0.00,180309,,A*59
```

Znacznie szybciej ustalenie pierwszej pozycji nastąpiło w odbiorniku Ebontek (po kilkunastu sekundach), choć i w tym przypadku wydaje się, że warunkiem koniecznym do tego celu było przekroczenie wartości 30 dB. Natomiast urządzenie Pentagram od chwili zapisu pierwszych danych do pliku informowało o swoim położeniu geograficznym, ale można zauważyć, że i tu 3 z 6-ciu uwzględnianych satelitów mają wartość wspomnianego współczynnika powyżej 30 dB.

Warto zwrócić uwagę, że mimo różnic wartości współczynnika SNR, pozostałe dwa umieszczone w tabeli parametry (wysokość topocentryczna, azymut), dla tych samych satelitów (zwłaszcza uwzględnionych przy wyznaczaniu pozycji) są bardzo zbliżone, co można zaobserwować w tabeli 2.

## 5. WNIOSKI

Z analizy uzyskanych pomiarów można wysnuć wniosek, że podstawowymi kryteriami jakimi należy się kierować przy wyborze odbiornika GPS jest jego czułość i liczba satelitów uwzględnianych przy wyznaczaniu pozycji. O ile pierwszy z parametrów jest zazwyczaj podawany przez producenta, o tyle wartość tego drugiego praktycznie nie jest użytkownikowi znana. Dla badanych odbiorników w dwóch przypadkach (EBontek, Rikaline) do określenia pozycji uwzględniane były sygnały z maksymalnie 4 satelitów, a więc minimalnej liczby pozwalającej na wyznaczenie pozycji trójwymiarowej. Algorytm doboru tych satelitów nie jest powszechnie znany. Natomiast w przypadku trzeciego badanego odbiornika (Pentagram) liczba satelitów uwzględnianych przy wyznaczaniu pozycji dochodziła do 9-ciu, a w trakcie analizowanej serii pomiarowej ani razu nie spadła poniżej 6-ciu. Dzięki temu odbiornik ten pozwala na uzyskiwanie znacznie mniejszych wartości współczynnika HDOP (zblizonych do jedności), a co za tym idzie zapewnia zdecydowanie większą dokładność pomiaru od dwóch pozostałych. Odbiornik ten jako jedyny pozwala też na odbiór sygnałów z satelitarnych systemów różnicowych, ale uzyskane dane nie wskazują, by sygnały systemu EGNOS były uwzględniane przy wyznaczaniu pozycji. W analizowanej serii co prawda pojawiał się sygnał z satelity o numerze PRN wykraczającym poza zakres numeracji systemu GPS, co może oznaczać sygnał z któregoś z satelitów systemu EGNOS, ale ani razu nie został on uwzględniony przy wyznaczaniu pozycji.

W przypadku odbiorników wykorzystujących do wyznaczania pozycji tylko 4 sygnały wartość współczynnika HDOP nigdy nie spadła poniżej wartości 2,00, przy czym minimalną wartością osiągniętą przez urządzenie Ebontek było  $HDOP = 2,90$ , natomiast dla urządzenia Rikaline  $HDOP_{min} = 2,25$ . W przypadku drugiego z wymienionych urządzeń

zauważono, że wraz ze wzrostem liczby satelitów uwzględnianych przy wyznaczeniu pozycji (z 3 na 4) zawsze znacząco wzrastała wartość współczynnika, a więc dokładność pomiaru malała, co kłóci się z logiką. Autor mimo starań, nie umie znaleźć wytłumaczenia tego faktu. W przypadku dwóch pozostałych odbiorników uzyskiwano dane zgodne z przewidywaniami, tzn. wraz ze wzrostem liczby satelitów uwzględnionych w algorytmie wyznaczania położenia geograficznego, wartość współczynnika malała, czyli dokładność wyznaczonej pozycji rosła.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów można stwierdzić, że mimo zbliżonych wartości większości parametrów badanych odbiorników zaprezentowanych w tabeli 1, dokładność wyznaczanej przez nie pozycji (której miernikiem jest wartość współczynnika HDOP) różni się. Decydujące znaczenie ma w tym wypadku zastosowany w urządzeniu chipset odbiorczy. Analiza uzyskanych danych pozwala wysnuć wniosek, że najważniejszym kryterium uwzględnianym przy doborze satelitów do wyznaczenia pozycji jest stosunek sygnał/szum (SNR), a więc to czułość odbiornika będzie wpływać w największym stopniu na to, które z nich zostaną wybrane. A ten parametr jest ściśle związany z wykorzystywanym w urządzeniu chipsetem i odbiorczym torem antenowym.

Na podstawie poczynionych obserwacji stwierdzono natomiast, że liczba torów odbiorczych, z punktu widzenia użytkownika jest kryterium stosunkowo mało znaczącym, i raczej należy ją traktować w kategoriach chwytu marketingowego, choć pośrednio wpływa na dokładność wykonywanych obliczeń. Aczkolwiek wszystkie badane odbiorniki mają większą liczbę torów, niż możliwa do zaobserwowania liczba satelitów w danym momencie. Odbiornik Rikaline 6033, którego specyfikacja podaje liczbę kanałów 32, w praktyce do obliczeń wykorzystuje sygnały od maksymalnie 8 satelitów, określonych przez producenta jako „najlepsze”. Opierając się na zgromadzonych danych oraz porównując i porównując pozostałe dwa odbiorniki (tab.2), można stwierdzić, że przymiotnikiem tym określane są satelity o największej wysokości topocentrycznej. Odbiornik o najmniejszej liczbie torów podawanej w specyfikacji urządzenia (EBontek), ani razu w serii pomiarowej nie odbierał sygnałów od więcej niż 10 satelitów. Trzeci przebadany odbiornik (Pentagram), mimo że teoretycznie pozwala na odbiór sygnałów za pomocą 51 torów, w analizowanej serii pomiarowej nie odbierał sygnałów od więcej niż 12 satelitów.

Powyższe rozważania mają znaczenie o tyle, że w przeciwieństwie do zawansowanych odbiorników wykorzystywanych w transporcie morskim, typowy odbiornik GPS przeznaczony dla użytkowników transportu powierzchniowego, nie daje jego użytkownikowi możliwości określenia parametrów doboru satelitów przy wyznaczaniu pozycji. Stąd wiedza o zastosowanych przez producenta kryteriach może być pomocna w dokonaniu właściwego wyboru z uwzględnieniem konkretnych wymagań użytkownika.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Januszewski J.: *Systemy satelitarne GPS, Galileo i inne*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006
- [2] Kaplan E., Hegarty C.: *Understanding GPS. Principles and applications, Second Edition*, Norwood, Artech House 2006
- [3] Misra P., Enge P.: *Global Positioning System, Signals, Measurements and Performance, Second Edition*, Ganga-Jamuna Press, 2006



- [4] Miskiewicz A.: *Analiza dokładności wyznaczenia pozycji przez wybrane odbiorniki GPS w funkcji liczby śledzonych satelitów*, Międzynarodowa Konferencja Naukowa, Transport XXI wieku, 21-24 września 2010r., Białowieża
- [5] Specht C.: *System GPS*. Wydawnictwo Bernardinum, Pelpin 2007
- [6] <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>
- [7] <http://home.mira.net/~gnb/gps/nmea.html>