

Testujemy czterosystemowe poprawki GNSS

# Cztery lepsze niż dwa

Ogłoszenie pod koniec ubiegłego roku globalnej dostępności usług chińskiego BeiDou oznacza, że mamy już cztery systemy GNSS! Sprawdziliśmy, jakie oznacza to korzyści dla użytkowników precyzyjnych odbiorników satelitarnych.

**Jerzy Królikowski**

**N**a wstępie zaznaczamy, że choć mówimy o czterech GNSS, to europejski Galileo i chiński BeiDou nie są jeszcze rozwiązaniami w pełni samodzielnymi, tzn. nie można liczyć na to,

że w dowolnym czasie i miejscu pozwolą wyznaczyć pozycję bez posiłkowania się innymi sygnałami.

Usługi nawigacyjne Galileo zostały uruchomione w grudniu 2016 roku. Dziś konstelacja ta składa się z 22 satelitów, z czego sygnały nadaje 18, a 4 czekają na włączenie. Są jeszcze dwa aparaty, które

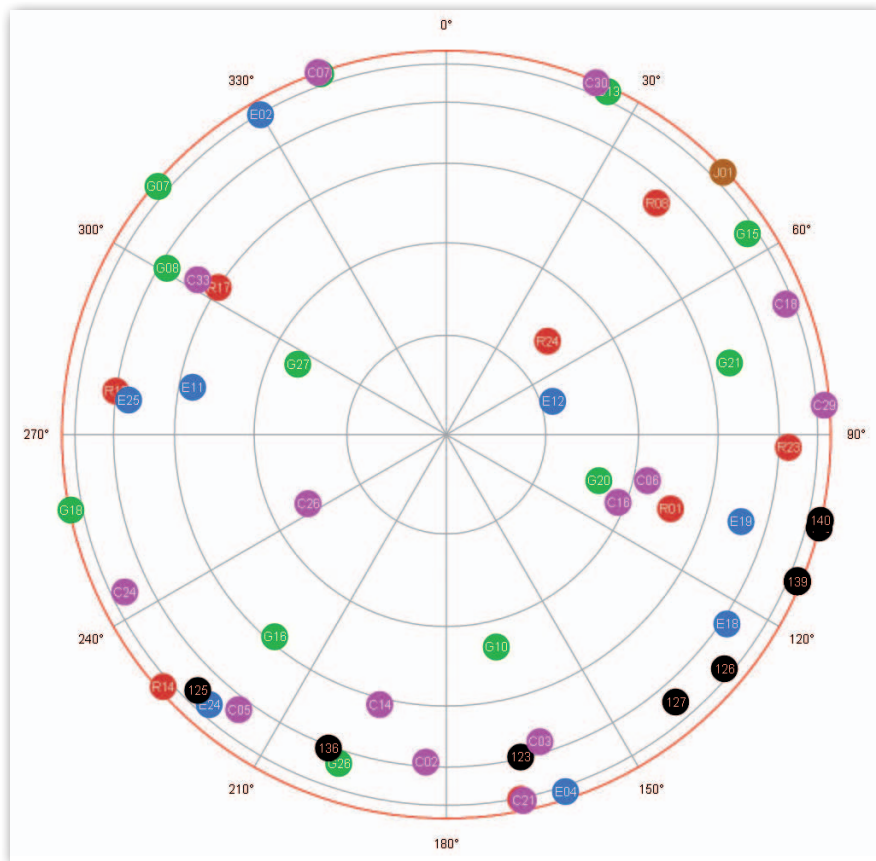
w 2014 roku wskutek usterki rakiety nośnej Sojuz trafiły na złą orbitę i wciąż nie wiadomo, czy będzie z nich jakiś pożytek. Pełne pokrycie globu sygnałami Galileo ma zostać osiągnięte w 2020 roku.

W grudniu ubiegłego roku chiński system BeiDou zrobił geodetom bardzo miłą niespodziankę. Jednym ruchem jego administratorzy włączyli bowiem nadawanie sygnałów aż w 19 satelitach! Tym samym konstelacja ta składa się obecnie z 33 aparatów. Tak duża liczba jest jednak tylko stanem tymczasowym. Jednocześnie nadają bowiem zarówno satelity II, jak i III generacji, a docelowo pracować mają tylko te ostatnie. Do 2020 roku będzie ich łącznie 35, w tym: 27 na orbicie średniej, 5 na geostacjonarnej oraz 3 na orbicie geosynchronicznej (te dwie ostatnie grupy będą widoczne przede wszystkim nad wschodnią Azją).

## • Liczy się nie tylko liczba

Dobra wiadomość jest taka, że nie trzeba wcale czekać do 2020 roku, by czerpać korzyści, jakie dają cztery systemy GNSS. Najbardziej oczywistą jest zdecydowanie większa liczba satelitów widocznych na naszym niebie, co można łatwo sprawdzić przy użyciu aplikacji do planowania pomiarów. Wykorzystując stronę [gnssmissionplanning.com](http://gnssmissionplanning.com), wygenerowaliśmy wykres dostępności satelitów dla Warszawy na 25 stycznia przy masce 10°. Wynika

Widoczność satelitów GNSS nad Warszawą 25 stycznia: G - GPS, R - GLONASS, E - Galileo, C - BeiDou



Źródło: Nanorhix

z niego, że użytkownik dwusystemowego odbiornika (GPS + GLONASS) może liczyć na 13-20 satelitów. Jeśli jednak mamy sprzęt czterosystemowy, a więc dołączymy Galileo i BeiDou, liczba aparatów wzrośnie do 24-40! Warto jednak podkreślić, że w rzeczywistości liczba satelitów przydatnych w pomiarach RTK (tj. nadających przynajmniej na dwóch częstotliwościach) jest mniejsza. Dotyczy to w szczególności aparatów BeiDou III generacji, z których część pracuje tylko na jednej częstotliwości.

Dodatkowe satelity to oczywiście większe prawdopodobieństwo złapania i utrzymania фикса, co jest szczególnie istotne przy gorszej widoczności nieba – wśród zabudowy, w obniżeniach terenu czy pod koronami drzew. Można by się zatem odważyć na wykonywanie pomiarów satelitarnych w miejscach dotychczas niedostępnych dla tej technologii.

Więcej satelitów to także lepsza geometria ich położenia na niebie, co powinno przekładać się na wyższą dokładność pomiaru. Analiza danych z narzędzia do planowania misji GNSS pokazuje, że przy dobrej widoczności nieba korzyść z dodatkowych aparatów jest niewielka, rośnie ona natomiast wraz z przesłanianiem horyzontu. Przy dwóch systemach i masce  $30^\circ$  wskaźnik PDOP (opisujący wpływ geometrii konstelacji satelitów GNSS na dokładność wyznaczania pozycji – im niższy, tym lepszy) aż dziesięciokrotnie w ciągu dnia przekroczy 4,0, a w skrajnym przypadku osiągnie 15. Przy pomiarach czterosystemowych w takich samych warunkach maksymalny PDOP wyniesie raptem 3,7.

Pisząc o korzyściach z dodatkowych systemów GNSS, branżowa prasa często zapomina o kwestii zaawansowania technologicznego poszczególnych rozwiązań. Wystarczy wspomnieć, że najstarsze satelity GPS pracują w kosmosie już od połowy lat 90., gdy nawet nie ruszyły prace nad systemami Galileo czy BeiDou. A przecież postęp technologiczny, jaki się od tego czasu dokonał, jest ogromny i nowe oraz modernizowane systemy go uwzględniają. Na przykładzie Galileo szczegółowo omówiliśmy to zagadnienie w rozmowie z naukowcami z WAT (GEO-DETA 1/2017). Tu przypominamy jedynie, że nowe sygnały nawigacyjne oferują m.in. skuteczniejsze ograniczanie wpływu opóźnienia jonosferycznego i efektu wielodrożności, a także szybsze i wiarygodniejsze rozwiązanie fix.

*Porównanie dwu- i czterosystemowych korekt przeprowadziliśmy wśród ciasnej zabudowy warszawskiego Mokotowa przy użyciu odbiornika Stonex S900T*

Fot. Damian Czekaj





## • Zysk już na pierwszy rzut oka

By sprawdzić, jak te korzyści wyglądają w praktyce, przeprowadziliśmy pod koniec stycznia testowe pomiary na warszawskim Mokotowie. Wąskie uliczki, ciasne podwórka i wysokie kamienice sprawiają, że jest to dogodne miejsce do tego typu eksperymentów. Nasze wcześniejsze doświadczenia z innymi odbiornikami i dwusystemowymi korektami pokazały, że złapanie фикса wcale nie jest tu łatwe.

Do testu wykorzystaliśmy 336-kanałowy odbiornik GNSS-RTK Stonex S900T udostępniony nam dzięki uprzejmości firmy Czerski Trade Polska, która jest wyłącznym dystrybutorem sprzętu pomiarowego tej marki w Polsce. Spółka ta dała nam również dostęp do swojego strumienia korekt, nadawanego przez stację referencyjną zlokalizowaną w centrum Warszawy, która już od dwóch lat obsługuje nie tylko GPS i GLONASS, ale także Galileo i BeiDou. Podczas eksperymentu o różnych porach dnia pomierzyliśmy w czterech seriach po 13 punktów – każdy przy użyciu dwu- i czterosystemowej korekty. Razem daje to więc 104 pomiary, z których wszystkie wykonywane były w miejscach o mocno ograniczonej widoczności nieba.

Jeszcze bez analizy raportu z pomiarów mogliśmy stwierdzić, że uwzględnienie w korektach Galileo i BeiDou przynosi wyraźne korzyści. Przede wszystkim dzięki czterosystemowym poprawkom udało nam się pomierzyć więcej punktów – z reguły o 2-3 więcej w każdej serii. Przewaga tych korekt by-

ła najbardziej widoczna w podwórzach oraz w ciasnych przejściach między budynkami. Warto jednak podkreślić, że i śledzenie 4 konstelacji nie zawsze gwarantowało wyznaczenie współrzędnych w każdej serii (a znaleźliśmy i takie lokalizacje, gdzie ani razu nie udało nam się złapać фикса). Wniosek stąd prosty, że wciąż warto uprzednio planować pomiary, tak aby utrafić w widoczność największej liczby satelitów.

Co ciekawe, w przypadku korekt dwusystemowych najczęstszym powodem uniemożliwiającym wykonanie precyzyjnego pomiaru był zbyt wysoki PDOP (w skrajnym przypadku sięgnął 90!). Z kolei przy poprawkach czterosystemowych problemem okazywała się utrata фикса.

Jednak śledzenie czterech systemów pozwalało nie tylko szybciej uzyskać фикса, ale także skuteczniej go utrzymywać podczas wędrówki między punktami. Różnice nie były jednak na tyle duże, żeby wyraźnie rzutowały na komfort pracy.

## • Liczby potwierdzają przecucia

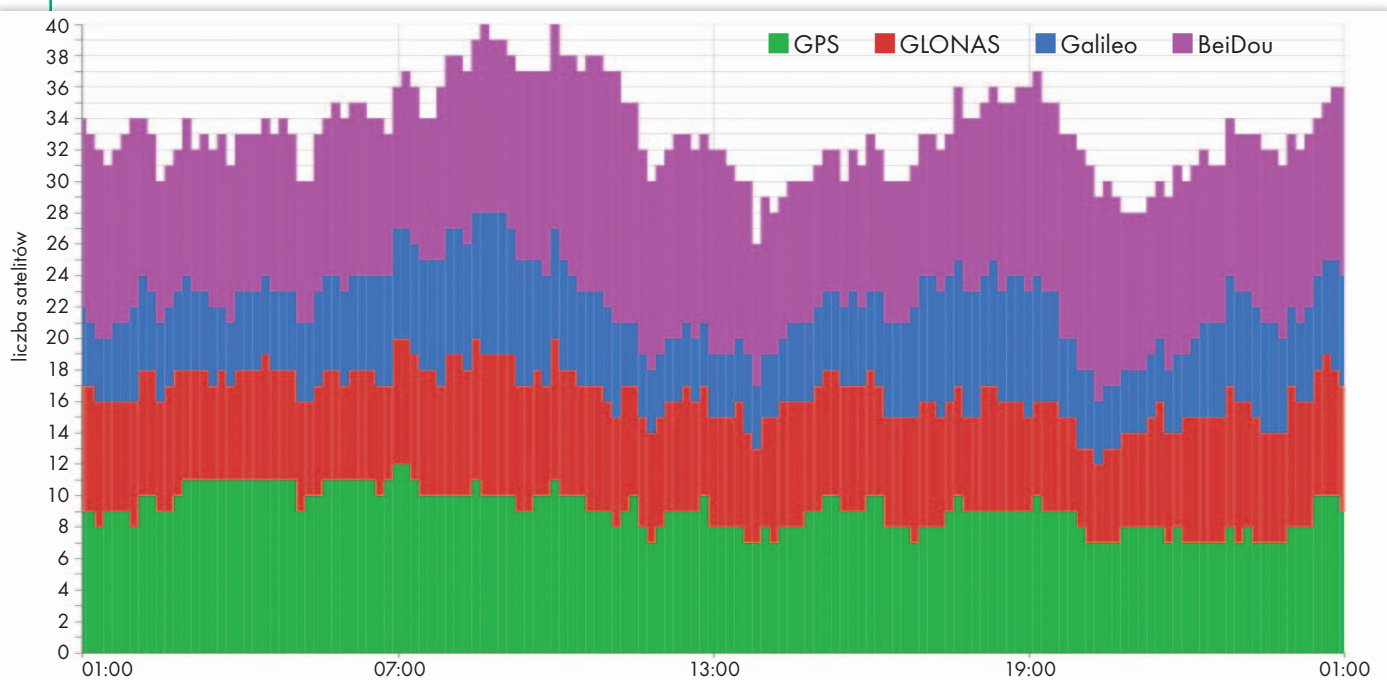
Dokładna analiza raportu z pomiarów potwierdza korzyści, o których pisaliśmy wcześniej. Przy czterosystemowych korektach nawet w najbardziej wymagających lokalizacjach odbiornik widział przynajmniej 9 satelitów, a zdarzały się i takie miejsca, gdzie było ich 24! Odbierając tylko GPS i GLONASS, mieliśmy natomiast do dyspozycji maksymalnie 13 satelitów, ale najczęściej od 7 do 9, a czasem tylko 5.

W oczywisty sposób przekłada się to na wartość wskaźnika PDOP. Podczas pracy z korektami czterosystemowymi

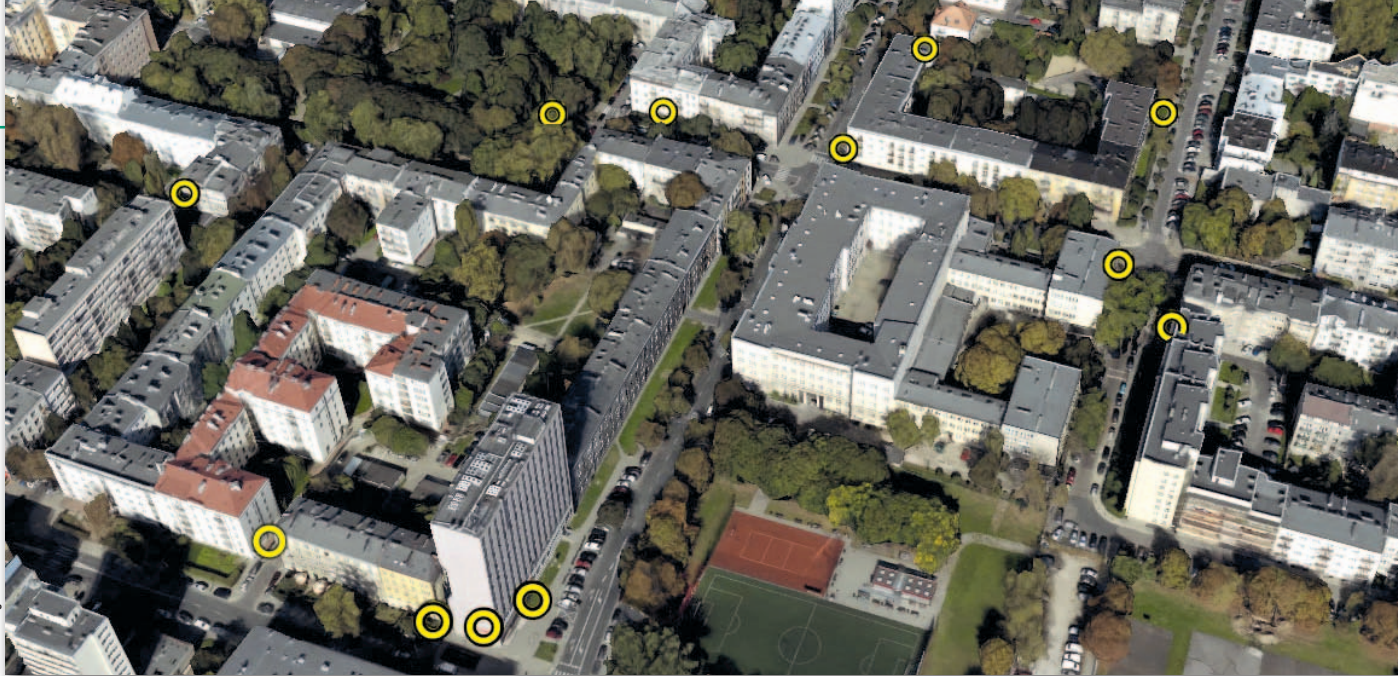
w zdecydowanej większości przypadków nie przekraczał on 2,5, a maksymalnie osiągnął 5,6. Dwusystemowe poprawki to jednak inna bajka – jak już wspomnieliśmy, w ich przypadku PDOP wielokrotnie przekraczał wartości uznawane za dopuszczalne przy precyzyjnych pomiarach (administratorzy ASG-EUPOS zalecają nie przekraczać 6,0).

W naszym eksperymencie najbardziej ciekawiła nas jednak powtarzalność pomiaru. Testując wcześniej konkurencyjne odbiorniki w tych ciężkich, mokotowskich warunkach, jeśli już udało nam się złapać фикса, to bywało, że w kolejnych pomiarach punkty lokalizowane były nawet kilkanaście centymetrów od siebie. W przypadku Stonexa S900T i czterosystemowych korekt takich sytuacji nie było. W dwóch najtrudniejszych miejscach (wewnątrz głębokiego podwórza, tuż przy ścianie kamienicy) powtarzalność była nie gorsza niż 4 cm. Z kolei w punkcie o najlepszej widoczności nieba (wciąż jednak wśród drzew i kilkupiętrowej zabudowy) rozbieżności nie przekroczyły 2 cm.

Co nas zaskoczyło, powtarzalność pomiarów GPS+GLONASS okazała się tylko nieznacznie gorsza (średnia powtarzalność spadła o kilka mm). Nie ma zatem znaczenia, czy korzystamy z korekt dwuczy czterosystemowych? Oczywiście, że ma! Przy liczeniu średniej pomiarów dwusystemowych pominięto bowiem te, w których PDOP przekroczył 6,0 (w przeciwnym razie w zależności od punktu powtarzalność spadałaby do poziomu kilkunastu, a nawet 26 cm!). No i musimy pamiętać, że dwusystemowe korekty kil-



Widoczność satelitów GNSS w Warszawie 25 stycznia



Lokalizacja punktów pomiarowych wykorzystanych w opisywanym teście

kanaście razy nie pozwoliły nam pomierzyć wybranych punktów.

Zdecydowanie większe różnice między dwoma typami korekt wyszły na jaw przy porównywaniu współrzędnej Z. W pomiarach czterosystemowych średnia rozbieżność okazała się aż dwukrotnie lepsza niż z korektami dwusystemowymi.

### • Cztery systemy niemal w standardzie

Nasz test nie pozostawia wątpliwości, że czterosystemowe korekty już dziś znacząco usprawniają precyzyjne pomiary satelitarne. Kupując nowy sprzęt, warto więc zwracać uwagę, czy obsługuje on również systemy Galileo oraz BeiDou. Zresztą, jak można się przekonać z lektury NAWI – niezbędnika sprzętowego GEODETY (dostępnego bezpłatnie na Geoforum.pl) – już dziś większość geodezyjnych odbiorników pozwala na śledzenie czterech systemów. Ale – jak podkreśla Tomasz Czerski z firmy Czerski Trade Polska – diabeł tkwi w szczegółach, bo praktyczne wdrożenie pomiarów czterosystemowych jest złożonym zagadnieniem, realizowanym na różne sposoby przez poszczególnych producentów. – Dobrym przykładem jest inicjalizacja pomiaru. Niektóre odbiorniki potrzebują do tego odpowiedniej liczby widocznych satelitów GPS i dopiero po uzyskaniu фикса zaczynają korzystać z innych systemów. Nowy sprzęt jest już na ogół pozbawiony tego ograniczenia – wyjaśnia.

Poza tym samo śledzenie czterech systemów to jedno, a możliwość korzystania z czterosystemowych korekt to zupełnie co innego. W tym drugim przypadku odbiornik musi obsługiwać korekty w odpowiednich standardach, np. RTCM 3.2, CMRx czy iMAX. Na ten aspekt warto również zwracać uwagę, analizując specyfikację sprzętu.

Jeśli mamy już odpowiedni odbiornik, to musimy jeszcze uzyskać dostęp

do czterosystemowych korekt. Na dziś jedynym ogólnopolskim systemem, który je oferuje, jest Leica SmartNet, blisko tego stanu jest także system VRSnet.pl. Ponadto do dyspozycji jest kilka rozwiązań lokalnych, np. NadowskiNET na południu Polski czy RtkNet (nowość firmy Art-Geo) w wybranych częściach Małopolski, Śląska i Wielkopolski. Do tej listy można dopisać wiele pojedynczych stacji referencyjnych. Na przykład firma Czerski Trade Polska posiada takie instalacje w województwach: mazowieckim, małopolskim, lubelskim i podlaskim.

W GUGiK trwają intensywne prace, by do tego grona dołączyła państwowa sieć ASG-EUPOS. Jak nas poinformowano, już 74 z 86 stacji jest gotowych do śledzenia Galileo i BeiDou, a modernizacja całości zakończy się wiosną tego roku. Dwusystemowe pozostają natomiast niektóre stacje zewnętrznych właścicieli współpracujących z GUGiK (np. należące do Małopolskiego Systemu Pozycjonowania Precyzyjnego). W grudniu 2018 roku rozpoczęto modernizację oprogramowania ASG-EUPOS, co po kilku tygodniach pozwoliło udostępnić testowy strumień czterosystemowych korekt. Jego pełna operacyjność powinna zostać ogłoszona jeszcze w lutym br. Wielotygodniowe testy tego strumienia dobitnie pokazują, że uruchomienie takich korekt nie jest kwestią naciśnięcia jednego przycisku. Potwierdza to Tomasz Czerski, który wyjaśnia, że największym wyzwaniem jest takie „skonsolidowanie” w strumieniu satelitów i sygnałów, by były one skutecznie obsługiwane przez odbiorniki różnych marek. – Choć dziś teoretycznie powszechnie obowiązuje standard RTCM 3.2, to praktyka pokazuje, że poszczególni producenci wdrażają go w nieco odmienny sposób – tłumaczy.

Oczywiście nie trzeba czekać na czterosystemowe korekty w sieciach referen-

cyjnych – można po prostu zainwestować w dodatkowy odbiornik, który skonfigurujemy jako stację bazową. Ale skoro w ASG-EUPOS uruchomienie tych poprawek zajmuje kilka tygodni, to jak ma sobie z tym poradzić zwykły geodeta? – Każdy ceniący się dystrybutor dostarcza sprzęt już skonfigurowany, tak więc samo uruchomienie przez użytkownika czterosystemowej stacji bazowej powinno być banalnie proste – wyjaśnia Tomasz Czerski.

### • Będzie tylko lepiej

Prześiadka z korekt dwu- na czterosystemowe to z pewnością nie rewolucja – nadal wiele miejsc pozostaje niedostępnych dla pomiarów GNSS i wciąż warto je uprzednio planować. Korzyści z tej zmiany są jednak wymierne i z biegiem czasu będzie ich coraz więcej. Chodzi nie tylko o kolejne wystrzeliwane satelity, ale także o wprowadzanie zmodernizowanych sygnałów, takich jak choćby GPS L1C, L2C, L5 czy GLONASS L3 oraz związaną z tym możliwość realizowania pomiarów trzyczęstotliwościowych. Wspomnieć należy też o szybko rozwijających się usługach satelitarnych korekt PPP (szerzej pisaliśmy o nich w GEODECIE 12/2017), które już za kilka lat mogą sprawić, że precyzyjne pomiary GNSS staną się cenowo dostępne również dla amatorów. Pamiętajmy też o coraz popularniejszych pochylomierzach, które pozwalają odsunąć odbiornik nawet o blisko metr od ściany budynku, zwiększając tym samym liczbę widocznych satelitów.

Te szybkie zmiany sprawiają, że kupiony dziś nowy odbiornik już za kilka lat może okazać się rozwiązaniem z poprzedniej epoki. Zatem teraz jak nigdy wcześniej warto zwracać uwagę na specyfikację instrumentów satelitarnych, a przed zakupem gruntownie zweryfikować zapewnienia producenta w terenie.

Jerzy Królikowski