



Rzeczpospolita Polska

Urząd Komunikacji Elektronicznej

# **Badanie porównawcze jakości usług telekomunikacyjnych w sieciach ruchomych na głównych trasach kolejowych w Polsce**

**Urząd Komunikacji Elektronicznej**

**Warszawa, grudzień 2016 r.**



## **Spis treści**

### **Część I**

Podsumowanie wyników badań porównawczych jakości usług telekomunikacyjnych w sieciach ruchomych na głównych trasach kolejowych w Polsce

### **Część II**

Raport z badania porównawczego wartości wskaźników jakości usług w sieciach ruchomych Przedsiębiorców telekomunikacyjnych na trasach kolejowych w Polsce

### **Część III**

Załączniki:

Załącznik 1 do Raportu

Dane tabelaryczne z pomiarów głównych

Załącznik 2 do Raportu

Szczegółowy wykaz pociągów wraz z harmonogramem wykonania pomiarów

Załącznik 3 do Raportu

Specyfikacja pomiarowa

Załącznik 4 do Raportu

Dane tabelaryczne agregacja wg typów wagonów

Załącznik 5 do Raportu

Mapy tras z prezentacją głównych wskaźników



Prezes Urzędu Komunikacji Elektronicznej w okresie od 3 do 23 sierpnia 2016 r. przeprowadził kampanię pomiarową dotyczącą jakości usług telekomunikacyjnych dostępnych na głównych trasach kolejowych w Polsce. Badaniem zostały objęte usługi świadczone przez czterech operatorów telekomunikacyjnych sieci ruchomych (komórkowych): Orange Polska S.A. (Orange), P4 Sp. z o.o. (Play), Polkomtel Sp. z o.o. (Plus), T-Mobile Polska S.A. (T-Mobile).

Na poniższym rysunku został przedstawiony schemat tras uwzględnionych w niniejszym badaniu.



Rysunek 1. Zasięg badania przeprowadzonego na trasach kolejowych w sierpniu 2016 r.

W trakcie badania pociągi przejechały około 8,5 tysiąca kilometrów, częściowo po pokrywających się trasach. Czas testowania usług (usługi głosowej i dostępu do Internetu) operatorów wyniósł 117 godzin. Dla każdego operatora wykonano około 2,5 tysiąca połączeń głosowych i tyle samo różnego typu testów usługi transmisji danych (dostępu do Internetu). Badanie usług zostało przeprowadzone z punktu widzenia użytkownika końcowego, czyli z wnętrza jadącego pociągu, przy wykorzystaniu dwóch przenośnych zestawów pomiarowych QualiPoc Freerider III firmy SwissQual, osobno dla badania usługi głosowej i dla transmisji danych. Usługi głosowe Play były badane z aktywną funkcją roamingu krajowego, natomiast w przypadku usługi dostępu do Internetu wykorzystano karty SIM zgodnie z ofertą usług internetowych operatora, świadczonych wyłącznie we własnej sieci.

Systemy pomiarowe umożliwiały automatyczny wybór technologii przez terminal dla realizacji usług: GSM, UMTS lub LTE dla transmisji danych oraz GSM lub UMTS dla połączeń głosowych (w czasie prowadzenia badania sieci LTE nie były wykorzystywane komercyjnie do realizacji połączeń głosowych). Terminale użyte do badania usługi dostępu do Internetu obsługiwały standard LTE kategorii 6, co pomimo stosowania już kategorii 9 w sieciach niektórych operatorów nie ma istotnego wpływu na wynik tego badania. Trasy kolejowe zostały pokonane pociągami różnych typów i różnych przewoźników.

Z najważniejszych wskaźników jakości usług, jakie zostały wyznaczone w trakcie badania wymienić należy:

Dla usługi głosowej:

- wskaźnik skuteczności połączeń telefonicznych
- wskaźnik czasu zestawienia połączenia
- wskaźnik połączeń przerwanych
- wskaźnik jakości mowy

Dla usługi transmisji danych:

- wskaźnik prędkości transmisji danych w kierunku od (uplink) i do (downlink) użytkownika
- wskaźnik opóźnienia pakietów danych
- wskaźnik zmienności opóźnienia pakietów danych (jitter)
- wskaźnik utraty pakietów danych.

Ponadto zostały ustalone dodatkowe wskaźniki dotyczące m.in. użycia technologii, dostępności sieci i poziomu sygnału radiowego.

Wyniki badania są aktualne na okres jego przeprowadzenia czyli sierpień 2016 r. Stan infrastruktury telekomunikacyjnej, a za nią jakości świadczonych usług, zmienia się w tym roku dynamicznie, w szczególności w związku z pozyskaniem przez część operatorów nowych częstotliwości radiowych wykorzystywanych do rozbudowy sieci LTE.

W tabeli 1 zostały zestawione wartości wskaźników jakości usług wyznaczone w wyniku przeprowadzonego badania na trasach kolejowych.

		Orange	Play	Plus	T-Mobile
Wskaźnik skuteczności połączeń telefonicznych	CSSR [%]	91,45	93,49	92,65	93,68
Wskaźnik czasu zestawienia połączenia	CST [s]	3,74	4,81	4,32	3,63
Wskaźnik połączeń przerwanych	DCR [%]	6,32	5,00	5,44	5,84
Wskaźnik jakości mowy	MOS_PI > 3.6 [%]	86,93	87,97	89,10	88,42
Wskaźnik prędkości transmisji danych (downlink)	MDR [Mb/s]	11,34	11,10	12,40	10,43
Wskaźnik prędkości transmisji danych (uplink)	MDR [Mb/s]	5,87	5,23	6,97	5,53
Wskaźnik opóźnienia pakietów danych	RTT [ms]	80,55	83,72	97,78	104,25
Współczynnik utraty pakietów	IPLR [%]	1,36	1,68	0,86	1,28
Wskaźnik zmienności opóźnienia	IPDV [ms]	65,85	62,35	69,84	73,70

Tabela 1. Wartości głównych wskaźników jakości dla przeprowadzonego badania. Wyniki prędkości transmisji danych (downlink i uplink) w przypadku Orange i T-Mobile skorygowane o wpływ nałożonych próbek pomiarowych.

Generalnym wnioskiem z przeprowadzonego badania na trasach kolejowych jest to, że wszyscy czterej operatorzy uzyskują wyniki na zbliżonym poziomie, dla poszczególnych wskaźników jakości usług. Występujące różnice pomiędzy operatorami nie powinny przekładać się w istotny sposób na odbiór jakości usług przez użytkowników. Bezwzględne wartości uzyskanych wskaźników świadczą o dobrej jakości usług, umożliwiającej użytkownikom korzystanie zarówno z połączeń głosowych, jak i dostępu do Internetu. Wniosek ten jest oparty na średniej wartości wskaźników dla całego badania, natomiast z punktu widzenia każdego pasażera i użytkownika usług komórkowych istotnym czynnikiem wpływającym na ocenę jakości usług będą problemy występujące na konkretnych trasach lub w pociągach określonego typu.

Wartości prędkości transmisji danych dla operatorów Orange i T-Mobile w powyższym zestawieniu zostały przedstawione po wyeliminowaniu w trakcie obliczeń nakładających się próbek pomiarowych. Powyższe wynika z faktu częściowego współdzielenia przez obu operatorów zasobów radiowej sieci dostępowej, co utrudnia uzyskanie wiarygodnych wyników indywidualnie dla każdego z operatorów przy zachowaniu w badaniu warunku jednoczesności jego prowadzenia.

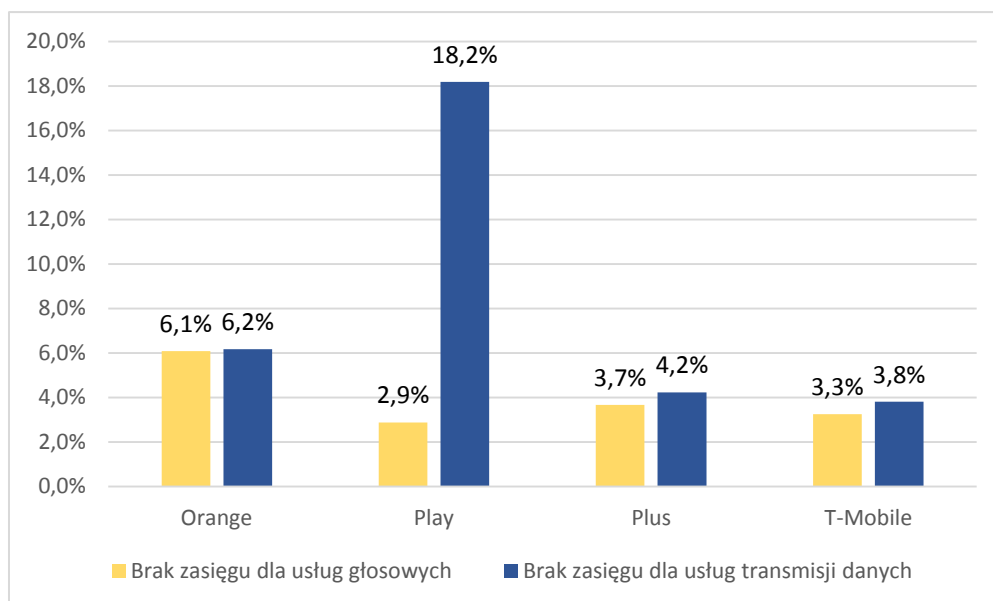
Uzyskiwana w badaniu jakość usług telekomunikacyjnych jest istotnie uzależniona od rodzaju wykorzystywanej technologii sieci w jakiej realizowane jest połączenie głosowe lub transmisja danych. Kolejne generacje technologii sieciowych GSM/UMTS/LTE oferują co do zasady wyższą jakość realizowanych w nich usług. Poniższa tabela prezentuje procentowe użycie poszczególnych technologii sieciowych w przeprowadzonym badaniu. Należy przy tym przypomnieć, że warunki badania pozwalały na automatyczny wybór przez terminal sieci, domyślnie – tej zbudowanej w nowszej technologii.

			Orange	Play	Plus	T-Mobile
Użycie technologii w badaniu usług głosowych	[%]	LTE	0,00	0,00	0,00	0,00
		UMTS	65,57	69,11	72,15	59,60
		GSM	34,43	30,89	27,85	40,40
Użycie technologii w badaniu usług transmisji danych	[%]	LTE	38,56	55,28	50,00	35,62
		UMTS	57,01	41,95	42,77	58,74
		GSM	4,44	2,77	7,23	5,63

Tabela 2. Użycie technologii w przeprowadzonym badaniu.

Wyniki badania wskazują na ograniczone użycie najkorzystniejszych - z punktu widzenia jakości usług - technologii na trasach kolejowych (znaczny udział GSM w połączeniach głosowych i UMTS w transmisji danych). Można to wiązać z faktem, iż przebiegają one poza głównymi skupiskami ludzkimi, co nie sprzyja inwestycjom operatorów w rozwój sieci w tych lokalizacjach. Sytuacja ta powinna poprawić się wraz z rozwojem sieci, zwłaszcza w oparciu o rozdysponowane w tym roku częstotliwości radiowe z zakresu 800 MHz.

W trakcie badania wyznaczona została niedostępność usług poszczególnych operatorów zdefiniowana jako procent czasu badania kiedy terminal nie mógł zalogować się do sieci (Rysunek 2).



Rysunek 2. Niedostępność usług głosowych i transmisji danych.

Biorąc pod uwagę warunki zapewnienia usług telekomunikacyjnych w pociągach na trasach kolejowych, czas niedostępności sieci operatora na poziomie 3-6 % należy uznać za akceptowalny, chociaż pozostawiający margines do poprawy. W zestawieniu tym dwukrotnie wyróżnia się operator Play, który z jednej strony posiada największą dostępność usług głosowych, na co wpływ ma wykorzystanie roamingu krajowego w sieciach pozostałych operatorów (w trakcie badania 76% połączeń głosowych zrealizowanych w sieci Plus i 23% w sieci T-Mobile), z drugiej zaś strony charakteryzuje go wysoka, bo aż 18%, niedostępność usług transmisji danych realizowanych w tym wypadku we własnej sieci. Uzyskany wynik Play jest związany z użyciem w badaniu transmisji danych kart SIM z oferty usług operatora świadczonych wyłącznie we własnej sieci. Play posiada również ofertę uwzględniającą wykorzystanie sieci GSM i UMTS (bez LTE) innych operatorów w trybie roamingu krajowego. Badanie przy użyciu tego typu kart SIM powinno wskazać najwyższą dostępność usług, ale jednocześnie gorsze średnie wartości wskaźników w związku ze wzrostem wykorzystania technologii GSM i UMTS.

Niedostępność usług dla poszczególnych operatorów jest wskazana powyżej jako wartość średnia dla całego badania. Faktycznie niedostępność usług na poszczególnych trasach jest bardzo zróżnicowana i uzależniona zarówno od pokrycia trasy zasięgiem sieci komórkowych jak i od typu pociągu, w którym na danej trasie zostały przeprowadzone pomiary. Wartości niedostępności usług na poszczególnych trasach, uśrednione dla usługi głosowej i transmisji danych, zostały zaprezentowane w poniższej tabeli.

Trasa kolejowa	Pociąg nr	Orange	Play	Plus	T-Mobile
Bydgoszcz – Iława - Olsztyn	R59402	4,9	6,2	3,7	3,2
Kutno - Bydgoszcz	IC1517	2,0	3,4	5,2	0,3
Olsztyn - Działdowo	R90608	4,4	8,8	0,0	1,9
Gdynia - Hel	R90511	1,4	0,8	0,7	0,8
Hel - Gdynia	R55074	1,6	0,2	0,2	0,5
Katowice – Bielsko Biała	EIP5400	7,3	6,1	4,8	3,3



Departament Kontroli  
Urząd Komunikacji Elektronicznej

Bielsko Biała - Katowice	KS49512	0,2	0,2	0,5	0,1
Wrocław - Katowice	IC84111	3,7	3,7	2,6	1,6
Kraków - Rzeszów	IC6302	0,2	1,4	0,8	0,0
Kraków - Zakopane	TLK4320	6,0	4,7	3,0	1,6
Katowice - Kraków	R43306	9,3	13,1	14,1	3,5
Rzeszów - Kraków	EIP3502	11,8	10,8	10,8	7,0
Zakopane - Kraków	EIC3152	0,0	1,2	0,3	1,6
Gdynia - Koszalin	TLK1810	0,7	23,7	0,0	0,9
Koszalin - Kołobrzeg	TLK1810	0,0	0,2	0,0	0,0
Koszalin - Gdynia	EIP8300	13,5	14,3	11,9	11,2
Kołobrzeg - Koszalin	EIP8300	8,4	25,2	11,0	1,6
Lublin - Radom - Kielce - Włoszczowa	TLK26102	4,7	10,4	2,7	2,5
Włoszczowa - Kielce - Radom - Lublin	TLK62104	6,5	9,2	2,7	2,5
Poznań - Rzepin	EIC44	0,0	10,8	0,1	0,0
Poznań - Szczecin	IC48105	0,0	16,1	1,1	0,0
Gdynia - Poznań	TLK5604	0,4	1,7	0,2	0,1
Rzepin - Poznań	EIC45	0,0	19,7	0,3	0,0
Wrocław - Poznań	TLK6111	1,2	8,1	0,7	0,2
Szczecin - Koszalin	R89120	19,9	24,4	10,4	18,5
Szczecin - Świnoujście	R88330	17,6	27,6	13,9	16,7
Koszalin - Szczecin	TLK5810	11,6	15,5	1,2	2,5
Świnoujście - Szczecin	IC83250	19,5	25,8	6,3	12,6
Toruń - Bydgoszcz	TLK35106	5,9	10,4	2,8	1,8
Bydgoszcz - Toruń	IC5114	0,2	5,8	0,1	0,0
Warszawa - Białystok	TLK141	3,1	10,9	1,6	1,5
Warszawa - Siedlce - Biała Podlaska	IC31112	0,1	1,0	0,4	0,4
Warszawa - Gdynia	EIP3500	10,4	19,2	6,3	4,5
Warszawa - Katowice	EIP5400	12,8	23,3	4,7	4,6
Warszawa - Łódź	TLK1910	0,0	0,8	0,0	0,0
Warszawa - Lublin	TLK53106	1,0	1,4	0,9	0,5
Warszawa - Wrocław	EIP1603	26,7	22,4	16,0	18,7
Białystok - Warszawa	IC10114	1,7	6,9	1,5	0,9
Biała Podlaska - Siedlce - Warszawa	TLK1111	0,6	1,8	0,6	0,3
Katowice - Warszawa	TLK4520	4,7	13,3	0,8	0,3
Kraków - Warszawa	EIP3506	37,1	38,0	22,4	26,0
Łódź - Warszawa	TLK9110	0,9	0,6	0,0	0,1
Lublin - Warszawa	IC24105	4,1	8,2	0,5	1,0
Poznań - Warszawa	TLK8115	0,1	1,0	0,1	0,1
Kraków - Radom - Warszawa	TLK32100	5,4	11,6	6,5	1,1
Jelenia Góra - Wrocław	IC61100	0,5	3,3	0,1	0,3
Wrocław - Jelenia Góra	IC16102	4,2	8,7	1,1	0,7
Szczecin - Wrocław	IC84111	1,8	14,5	1,9	0,4

Tabela 3. Niedostępność usług operatorów na trasach objętych badaniem [%]. EIP w numerze pociągu oznacza Express InterCity Premium czyli typ Pendolino.

Interpretacja wyników niniejszego badania wymaga łącznego rozpatrywania wartości wskaźników jakości z użyciem technologii oraz dostępnością usług. Należy pamiętać w szczególności, że wyznaczenie wartości wskaźników jakości usług dla poszczególnych operatorów (Tabela 1) jest możliwe tylko wtedy, gdy usługi są dostępne, czyli terminal znajduje się w zasięgu sieci i jest do niej zalogowany.

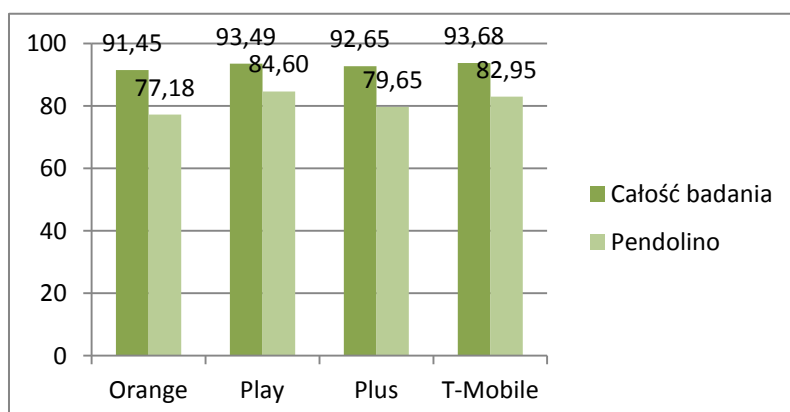
Korzystanie z usług telekomunikacyjnych w sieciach ruchomych na trasach kolejowych obarczone jest wpływem konstrukcji pociągu, która może w znacznym stopniu tłumić sygnał radiowy przedostający się z zewnątrz do środka. Badania na trasach kolejowych prowadzone były w składach różnych typów, takich jak model: 111A, 170A, Z1B BWE, EN57, ED74, EN57AL, 36WEa, ED161 i ED250 (Pendolino).



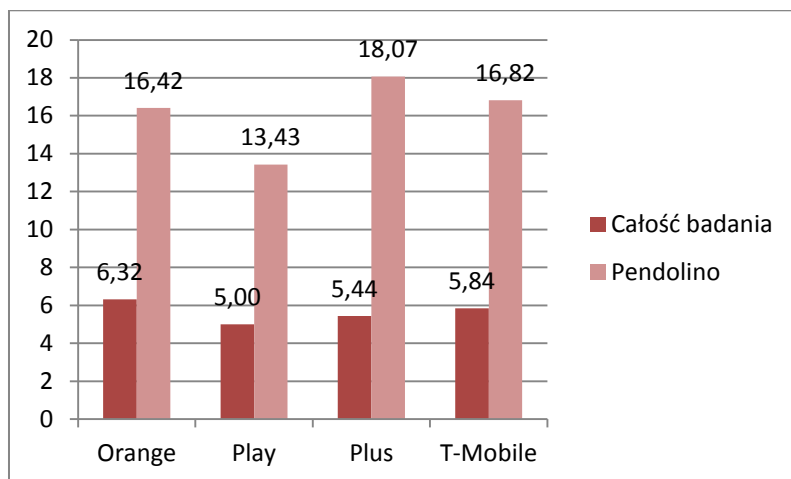
Rysunek 3. Typy składów pociągów biorące udział w badaniu.

Pomiary przeprowadzone w pociągach typu Pendolino stanowią około 15% czasu całego badania, co przekłada się na większy błąd pomiarowy. Trasy przemierzone pociągami typu Pendolino stanowią tylko podzbiór wszystkich tras uwzględnionych w badaniu, a więc uzyskane w obu przypadkach wyniki nie dotyczą dokładnie takich samych warunków badania. Przy uwzględnieniu powyższego, znaczące różnice w uzyskanych wynikach pozwalają jednak na sformułowanie ogólnych uwag odnoszących się do jakości usług z jakich można korzystać w pociągach typu Pendolino.

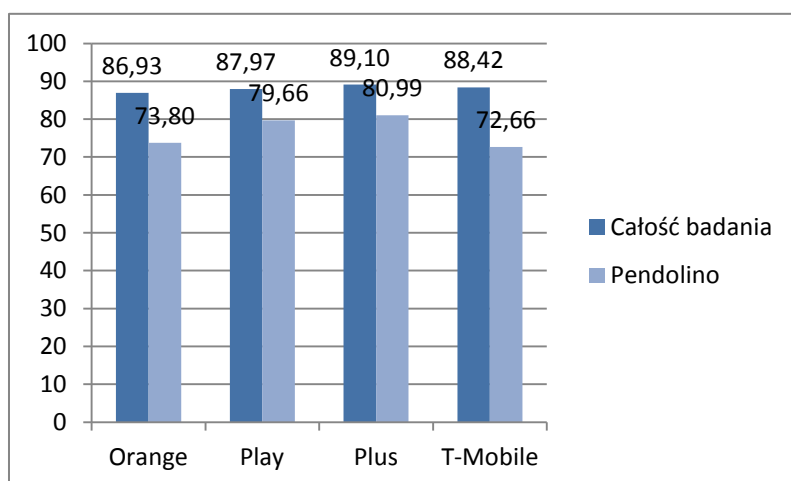
Poniżej (Rysunki 4-7) przedstawione zostały diagramy porównujące wartości kilku podstawowych wskaźników jakości uzyskanych dla całego badania i zagregowanych tylko dla pociągów typu Pendolino.



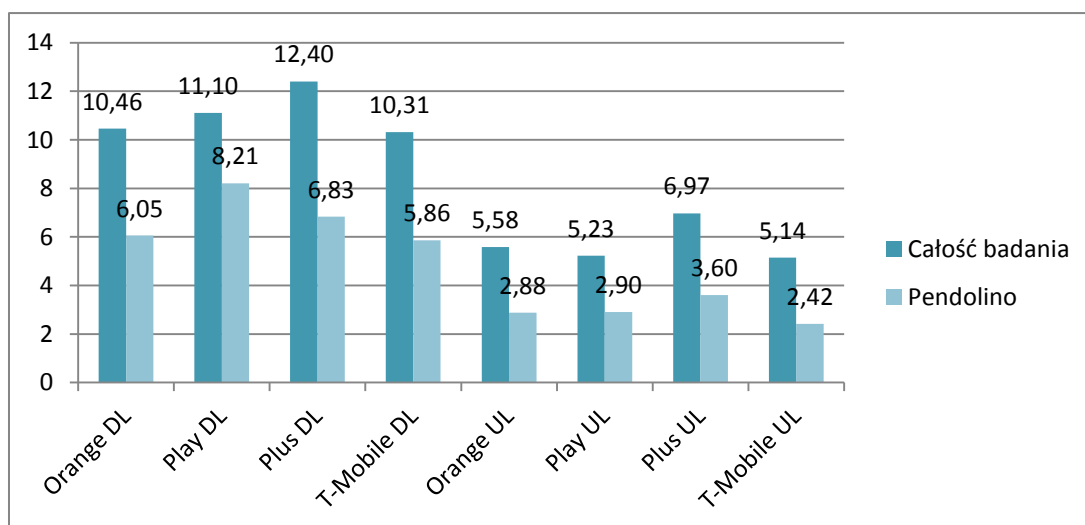
Rysunek 4. Wskaźnik skuteczności połączeń głosowych [%]



Rysunek 5. Wskaźnik połączeń przerwanych [%]



Rysunek 6. Wskaźnik jakości mowy MOS\_PI > 3,6 [%] przedstawiający udział próbek mowy ocenionych powyżej wartości 3,6 w skali MOS.



Rysunek 7. Wskaźnik prędkości transmisji danych: DL (downlink) i UL (uplink) [Mb/s]. Wyniki dla Orange i T-Mobile nie korygowane o wpływ nałożonych próbek pomiarowych.

Wszystkie przedstawione powyżej zestawienia wskazują na fakt niższej jakości usług osiąganey w pociągach typu Pendolino tj. mniejszą skuteczność nawiązania połączenia głosowego, większe prawdopodobieństwo zerwania połączenia głosowego (nawet trzykrotny wzrost), niższą jakość mowy w połączeniu głosowym oraz mniejszą prędkość transmisji danych pobieranych i wysyłanych przez terminal. Powyższe wyniki można wiązać z konstrukcją wagonów typu Pendolino, które z jednej strony tworzą bezpieczne warunki dla szybkiego podróżowania, ale z drugiej strony skutecznie tłumią sygnał radiowy docierający do wnętrza pociągu ze stacji bazowych sieci ruchomych. Wnioski te potwierdzono w trakcie badania bezpośrednimi pomiarami poziomu sygnału radiowego przy jakim realizowane były usługi, które to wyniki wskazują na znacznie niższe poziomy sygnałów mierzone w pociągach typu Pendolino. Niski poziom sygnału radiowego skutkuje częstą utratą połączenia terminala z siecią i brakiem możliwości korzystania z usług.

Warunki i wyniki przeprowadzonego badania zostały szczegółowo przedstawione w „Raporcie z badania porównawczego wartości wskaźników jakości usług w sieciach ruchomych przedsiębiorców telekomunikacyjnych na trasach kolejowych w Polsce” z dnia 7 grudnia 2016 r. przygotowanym we współpracy z wykonawcą pomiarów firmą Systemics-PAB Sp. z o.o.