

## **Hipotetyczne przyczyny nieregularnego zużycia kół w wagonach metra typu "Metropolis" na podstawie badań rozpoznawczych roku 2002**

*Opisano realizowane w 2002 r. badania taboru typu „Metropolis”, na podstawie których sformułowano szereg hipotez dotyczących przyczyn powstawania zjawiska nieregularnego zużycia kół.*

### **1. Wstęp**

Metro Warszawskie eksploatuje dwa różne typy taboru szynowego. Od kwietnia 1995 roku tabor produkcji rosyjskiej oraz od końca 2000 r. nowoczesne, 6-wagonowe pociągi typu „Metropolis” firmy ALSTOM (początkowo 4 pociągi, uzupełnione w roku 2001 do ośmiu). W rezultacie w roku 2002 w użytkowaniu znajdowało się, oprócz wspomnianych ośmiu, piętnaście 4-wagonowych pociągów produkcji rosyjskiej.

Trudne warunki geologiczne i przebieg eksploatowanej sieci w gęsto zabudowanej oraz zaludnionej aglomeracji spowodowały, że władze miasta i Metro Warszawskie wdrożyły system monitoringu drgań sejsmicznych dla wybranych 12 budynków mieszkalnych, leżących wzdłuż trasy metra. Z jego pomocą okresowo sprawdzano wpływ i skutki eksploatacji metra na budynki oraz ludzi w nich przebywających.

Nasilające się w końcu roku 2001 informacje o wzroście uciążliwości metra spowodowały uruchomienie systemu, dzięki czemu ustalono, że:

- podczas przejazdów taboru typu „Metropolis” w monitorowanych punktach systemu następuje przekroczenie wyznaczonej normą PN-88/B-02171 granicy dopuszczalnych drgań na organizmy ludzkie,
- zarejestrowane drgania, w odniesieniu do budynków, nie przekraczają granicy A wg normy PN-85/B-02170.
- istnieje przyczynowy związek pomiędzy wyżej omówionymi drganiami a taborem typu „Metropolis”.

Powyższe ustalenia ujęto we wnioskach podsumowujących badania Politechniki Krakowskiej p.t.: „Badania wpływu drgań wywołanych przejazdami pociągów metra produkcji rosyjskiej i produkcji firmy ALSTOM na wybrane budynki przy al. Niepodległości i ul. Waryńskiego oraz na ludzi przebywających w tych budynkach”

Biorąc pod uwagę okresy eksploatacyjne obu rodzajów taboru w tym wyłączny, 5-letni, okres użytkowania tylko pojazdów rosyjskich, jest rzeczą wysoce prawdopodobną, że przyczyny istniejącego stanu rzeczy mogą tkwić w:

- obsłudze eksploatacyjnej, niezgodnej z wymaganiami producenta zdefiniowanymi w dokumentacji techniczno-ruchowej lub
- konstrukcji pojazdów „Metropolis”, nie spełniającej eksploatacyjnych oczekiwań producenta, zdefiniowanych w jego własnej dokumentacji techniczno-ruchowej.

Stała obecność serwisu obsługowego firmy ALSTOM w bazie Metra Warszawskiego - Kabaty i brak sygnałów o zasadniczych niedociągnięciach obsługowych ze strony Użytkownika wykluczyły pierwszą z możliwych przyczyn.

Można więc domniemywać, że:

- wymagane przez producenta cykle obsługowe nie odpowiadają jakości konstrukcyjnej taboru, a ich stosowanie prowadzi do makroskutków określonych badaniami Politechniki Krakowskiej,
- istnieje negatywny wpływ stosowanych procedur obsługowych producenta na jakość techniczną taboru i związane z tym zagadnienia bezpieczeństwa eksploatacyjnego.

Pożądaną zmianę istniejącego stanu można osiągnąć zmieniając istniejące procedury obsługowe na odpowiadające rzeczywistym możliwościom technicznym taboru, albo modyfikując konstrukcję pojazdu tak, aby stosowanie istniejących procedur obsługowych nie pogarszało jakości technicznej pojazdów. Wybór drogi postępowania, zakres koniecznych zmian i ich wpływ na bezpieczeństwo eksploatacyjne należało uzależnić od wyników badań technicznych o charakterze wyjaśniającym przyczyny ww zjawisk.

W tym stanie rzeczy, w wyniku uzgodnień zainteresowanych stron, zrealizowano szereg technicznych badań rozpoznawczych, których wyniki stanowiły podstawę opisanej w artykule pracy, jaką na rzecz Metra Warszawskiego zrealizował IPS „TABOR” w 2002 roku.

### **2. Wyznaczone cele i zakres pracy**

Wyznaczonym celem pracy była analiza i ocena pozyskanego materiału badawczego pod kątem występującego zjawiska drgań i nieregularnego zużycia kół w wagonach metra typu "Metropolis" w następującym zakresie:

- wyników badań i pomiarów,
- ustalenia przyczyn powstawania uszkodzeń,
- oceny i wniosków co do możliwości eksploatacyjnych zestawów kołowych na podstawie istniejących wyników badań i opinii niezależnych ekspertów/a w zakresie wpływu drgań i stwierdzonych parametrów wytrzymałościowych na własności trybologiczne zestawów kołowych,
- ewentualnych zmian konstrukcyjnych.

### **3. Identyfikacja dokumentacji badawczej i obiektów**

3.1 Dokumentacja badawcza wg tabeli 1.

3.2 Identyfikacja obiektów z materiałami badawczymi

Z uwagi na różnych Wykonawców badań i obserwacji oraz różne w związku z tym sposoby identyfikacji wyników badań z obiektami, z przyczyn praktycznych opracowano w tabeli 2 identyfikację zbiorczą. Wynika z niej, że dla części materiału badawczego identyfikacja: wynik - obiekt była niemożliwa. W związku z tym materiał taki w dalszym ciągu pracy był traktowany jako informacyjny, nie wpływający na ostateczne wnioski i postulaty.

Materiały producenta taboru typu „Metropolis”				
Lp.	Numer	Tytuł	Autor (jednostka/osoba)	Data opracowania
1	2	3	4	5
1		Program badawczy w zakresie dynamiki taboru Metropolis	prof. Jerzy Madej	kwiecień 2002
2	501/E/4438/100/000	Wykonanie badań związanych z analizą przyczyn nierównomiernego wyrabiania się obwodów kół wagonów Metropolis	Politechnika Warszawska Uczelniane Centrum Badawcze. Materiały funkcjonalne	maj 2002
3	RP - 0085	Badania przyspieszenia, przemieszczenia, drgań oraz sił H na wagonie sterującym (tocznym) pociągu nr 20 "Metropolis"	IPS "TABOR"	lutych 2002
4	OR - 8452	Ocena właściwości biegowych wagonów pociągu "Metropolis" oraz analiza wibracji zestawów kołowych i toru w tunelu Metro - Warszawa	IPS "TABOR"	lutych 2002
5	SB - 2185	Kontrola prawidłowości montażu wózków pod wagonami pociągu "Metropolis" Metra Warszawskiego. Pomiary geometrii	IPS "TABOR"	lutych 2002
6	Fax	Komentarz do wyników z raportu pomiarów naprężeń kół metodą ultradźwiękową	ALSTOM	-
7	Memorandum	Pomiar twardości koła nr 20 Metra Warszawskiego	ALSTOM	05-kwiecień 2002
8	Szkie	Obliczenia sztywności wózka	ALSTOM	-
9	Raport nr 18040101	Związek pomiędzy uszkodzeniami kół, a usterkami hamulca elektrycznego i pneumatycznego	ALSTOM	09-maj-2002
10	Wykresy	Zużycie grubości obrzeża. Proces zużycia koła-reprofilacja	wykresy nie autoryzowane (ALSTOM), nie przyporządkowane kołom lub pociągom	-
11	List	Ekspertyza zestawów kołowych Metra Warszawskiego	SNCF	24-kwiecień 2002
12	Opracowanie	Informacja wstępna w sprawie zużycia zestawów kołowych typu Metropolis	Metro Warszawskie	kwiecień 2002
13	Protokół	Pomiar twardości kół	Metro Warszawskie	-

Uwaga: W tabeli 1 i 2 materiały o pełnej identyfikacji zostały oznaczone 

#### 4. Ocena zrealizowanych badań i pomiarów

Oceniając na podstawie przekazanych materiałów kierunek prowadzonych badań:

- dynamika według wymagań UIC i geometria taboru – prezentowany przez raport nr RP-0085, sprawozdanie SB-2185 i opracowanie OR-8452,
- struktura, właściwości mechaniczne i naprężenia własne kół z uwzględnieniem wymagań UIC – prezentowany przez sprawozdanie 501/E/4438/1100/000

odnotowano jego zbieżność z konkluzjami wynikającymi z dokonanego we wstępie przeglądu sytuacji na tle siedmioletnich doświadczeń eksploatacyjnych Metra Warszawskiego.

Oznaczało to, że przyczyny nieprawidłowości eksploatacyjnych tkwią w szeroko pojętym związku zagadnień konstrukcyjnych taboru z wymaganymi procedurami obsługowymi, a ich usunięcie jest możliwe poprzez odpowiednią modyfikację jednego lub obu czynników. Podjęcie decyzji uzależnione zostało od wyników zadysponowanych badań rozpoznawczych i informacji zawartych w materiałach pomocniczych w postaci:

- zidentyfikowanych zestawień pomiarów geometrycznych i fizycznych,
- zidentyfikowanej statystyki serwisowej,
- materiałów informacyjnych.

Dla tak określonego celu przyjęty zakres i program badań wspomagany materiałami pomocniczymi był wystarczający do:

- rozpoznania przyczyn rozbieżności pomiędzy deklarowanymi a rzeczywistymi parametrami eksploatacyjnymi taboru produkcji firmy ALSTOM,
- ustalenia stopnia bezpieczeństwa eksploatacyjnego taboru,
- sformułowania w postaci tezy przyczyn leżących u podstaw zauważonych nieprawidłowości.

Nie było natomiast możliwe precyzyjne wskazanie kierunku pożądanych zmian konstrukcyjnych.

#### 5. Analiza wyników badań i pomiarów

Na podstawie informacji zawartych w materiale badawczym ujętym w tab. 3 stwierdzono, że badania dynamiczne decydujące o bezpieczeństwie biegu pojazdu szynowego przeprowadzone były dla typowego stanu eksploatacyjnego

taboru typu "Metropolis" tzn. dla stanu, w którym średnio ok. 40% eksploatowanych kół wykazuje nieregularności obwodu tocznego, oraz dla stanu nominalnego po przetoczeniu zestawów kołowych.

W związku z powyższym, w oparciu o wyniki, uznano, że dla obu przypadków tabor typu "Metropolis" w zakresie bezpieczeństwa jazdy i stabilności biegu spełnia wymagania kart UIC 515 i UIC 518.

W zakresie wymagań szczegółowych, wymagań infrastrukturalnych oraz deklaracji technicznych producenta taboru, tabor typu "Metropolis" nie spełnia wymagań w następujących, udowodnionych badaniami zakresie:

1. Tabor w badanym stanie eksploatacyjnym jest przyczyną drgań sejsmicznych o poziomie przekraczającym wymagania normy PN/B-02171 w odniesieniu do organizmów ludzkich.
2. Eksploatacja taboru zgodna z technicznymi procedurami obsługowymi producenta powoduje samoczynną utratę kołowości powierzchni tocznej, objawiającą się wielokrotnym ukątnieniem koła (ok. 6÷9razy) powodującym przekroczenie dopuszczalnego bicia promieniowego, ustalonego polskimi przepisami eksploatacyjnymi OW-304. Z pomiarów pośrednich (pomiarów twardości zweryfikowane wykresami bicia promieniowego) szacuje się, że powszechność zjawiska sięga ok. 40% eksploatowanych zestawów kołowych.
3. Eksploatacja taboru zgodna z technicznymi procedurami obsługowymi producenta powoduje samoczynne utwardzanie lokalne powierzchni tocznej koła, powodujące różnicowanie twardości ponad dopuszczalną wielkość określoną kartą UIC 812-3. Maksymalna wykryta różnica wynosi 277 HB.
4. Różnicowana twardość powierzchni tocznej uniemożliwia prawidłowe wykonanie zabiegu technologicznego – przetaczanie kół zestawu.
5. Koła w stanie nowym i nie przetoczonym wykazują niepokojąco wysoki stan naprężeń własnych wynoszący skrajnie: -330÷-400 MPa poprzez -260÷-350 MPa dla zestawów nowych oraz -170÷-240 MPa dla zestawów przetoczonych na głębokość promieniową 7 mm. Standard SNCF i PrEN ustala wymagania na poziomie -80÷-150MPa. Wymagania ustalone kartą UIC 812-3 określającą pośredni sposób i kryteria oceny są zaszłością historyczną wynikającą z ówczesnego braku niszczących metod pomiarowych i jako takie nie są na dzień dzisiejszy wystarczające z uwagi na to, że kontrolując maksymalny poziom naprężeń własnych nie ustalają poziomu naprężeń minimalnych.
6. Pojawiające się nieregularności powierzchni tocznej wymagają przetoczeń reprofilujących po przebiegach średnio o 50% mniejszych od deklarowanego przez producenta. Tym samym nastąpi przedwczesne zużycie zestawów kołowych w stosunku do zakładanego. Należy domniemywać, że wspomniane skrócenie przebiegu może ulec wzrostowi, ponieważ nie jest dopuszczalne eksploatowanie taboru od chwili, kiedy występują zjawiska ujęte powyżej w punktach 1 i 4.

## 6. Hipotetyczne przyczyny nieprawidłowości eksploatacyjnych

Szczegółowa analiza wyników badań, zwłaszcza w zakresie wibracji zestawów kołowych (RP-0085, SB-2185) oraz naprężeń własnych (501E/4438/1100/000) pozwala, z uwagi na skomplikowany charakter techniczny zjawiska i charakter zrealizowanych badań, na hipotetyczne przedstawienie podstawowej przyczyny (praprzyczyny) nieprawidłowości eksploatacyjnych, za którą należy uważać nieregularne, wielokątne zużywanie się okręgów tocznych zestawów kołowych.

Jest prawdopodobne, że podstawowymi przyczynami są:

1. drgania poprzeczne zestawu kołowego z osadzonymi na osi ciężkimi tarczami hamulcowymi względem szyny o amplitudzie większej od amplitudy zestawu kołowego bez tarcz hamulcowych,
2. wysoki poziom wartości naprężeń własnych w kołach grożący lub powodujący utratę stateczności koła, a tym samym potęgujący skutki wywołane drganiami poprzecznymi.

Jak wiadomo każde, nawet dopuszczalne nierówności toczącego się zestawu kołowego i toru po którym odbywa się bieg pojazdu oraz naturalne dla ruchu pojazdu szynowego wężykowanie, uruchamia proces wzbudzenia słabo gasnących drgań strukturalnych (giętnych) zestawu kołowego, które na styku koło-szyna przyjmują między innymi kierunek poprzeczny do osi toru. Generowane w ten sposób drgania są, w przypadku zestawów z osiowo osadzonymi tarczami hamulcowymi lub kołami przekładniowymi, wzmacniane, powodując wzrost amplitud drgań w stosunku do zestawu pozbawionego mas skupionych. Jak wykazała analiza modalna (OR-8452), amplitudy drgań poprzecznych zestawu "rosyjskiego" pozbawionego mas skupionych są o ok. 60% mniejsze od amplitud kół pojazdu typu "Metropolis" przy prawie tym samym poziomie drgań własnych. Powstający efekt dodatkowo potęgować może lub potęguje druga z wymienionych wyżej przyczyn. W rezultacie na zestawach z masami skupionymi zaczyna działać mechanizm przyspieszonych zużyć ukątnionych jaki ma miejsce na zestawach zastosowanych w taborze typu "Metropolis".

## 7 Ocena stanu eksploatacyjnego taboru typu "Metropolis" eksploatowanego w 2002 roku

Analizę stanu prowadzono kierując się łącznie ustaleniami p. 5 i 6 oraz wstępną oceną zmierzonych naprężeń własnych.

W jej wyniku stwierdza się istnienie dwóch problemów:

1. naprężeń własnych w wyłącznym odniesieniu do bezpieczeństwa eksploatacji zestawów kołowych,
2. niekorzystnych skutków eksploatacyjnych opisanych i wymienionych w p. 5, a wywołanych łącznie wibracjami zestawów kołowych i naprężeniami własnymi.

Pierwsze zagadnienie i sposób jego rozwiązania w świetle omówionych kryteriów (pkt. 5, ppkt. 5), jest bezdyskusyjne, zwłaszcza w istniejących w okresie badań warunkach eksploatacyjnych. Oddziaływanie dynamiczne na koło zużyte eksploatacyjnie w nieprawidłowy sposób (należy zakładać, że dotyczy to 40% eksploatowanych kół) osiąga 20-krotny wzrost w stosunku do koła przetoczonego (RP-0085). Powstający poziom naprężeń cyklicznie zmiennych, na który składają się wysoka dynamika i naprężenia własne, grozi uszkodzeniami zmęczeniowymi o nieprzewidywalnych w ostateczności skutkach. Konieczne jest więc

Zestawienie materiału badawczego

Tabela 3

L. p.	Nr dokumentacji badawczej	Cechy badanego obiektu		Badany parametr	Kryteria oceny	Wynik
		Identyfikator	Charakterystyczne parametry			
1	2	3	4	5	6	7
1	RP-0085 SB-2185	Pociąg nr 20, wózek BP17, zestawy: 0036,0041	Przebieg –101 375 km I faza badań: Bicie promieniowe zestawu 0036 wg wykresu nr10 – tab. 1 poz. 12 II faza badań: Zestawy kołowe przetoczone	Bezpieczeństwo jazdy	Karta UIC 518	Pozytywny
				Stabilność biegu	Karta UIC 515	Pozytywny
				Wibracja zestawów kołowych	Porównawcza analiza modalna na podstawie zarejestrowanych postaci drgań własnych zestawów taboru typu „Metropolis” oraz wyznaczonych dla taboru rosyjskiego	1. Koła przetoczone wywołują amplitudy widma przyspieszeń ok. 10 razy mniejsze niż koła w badanym stanie eksploatacyjnym 2. Przy podobnej postaci drgań własnych, amplitudy drgań poprzecznych zestawów typu „Metropolis” są o ok. 40% większe od amplitud zestawu „rosyjskiego”. Zarejestrowane
2	OR-8482	Pociąg nr 20, zestawy: 0040,0042, 3077, 3079	Zestawy nie przetoczone. Pozostałe parametry j.w.	Położenie wózka względem pudła wagonu, położenia zestawów kołowych względem ramy wózka	Dokumentacja techniczna	Pozytywny
3	501/E/4438/1 100/000	1. Pociąg nr 19, wózek BP14, zestaw: 0001 koło nr 23, 2. Pociąg nr 22, zestaw: 0052, 3. 2 zestawy zapasowe	Przebieg pociągu nr 19 - 145 201 km Bicie promieniowe zestawu 0001 wg wykresu nr 9 – tab. 1 poz. 12 Zestaw nr 0052 przetoczony na głębokość 7 mm	Badania własności mechanicznych	Karta UIC 812-3	Wyniki dotyczą koła nr 23 Pozytywny z wyjątkiem rozrzutu twardości. Dopuszczalny rozrzut - 30 HB. Rozrzut zmierzony - 277 HB
				Badania strukturalne		
4	Opracowanie tab.1 poz. 12	Eksplloatowane zestawy nr: 3040, 3039, 3055, 3054, 0001, 0036, zestawy o zerowym przebiegu - 3 kpl.nowe; zestawy "rosyjskie" - 2 kpl.	-	bicie promieniowe	Karta UIC 812-2 WT eksploatacji zestawów kołowych - OW-304	Wykresy bicia promieniowego. Wyniki negatywne w proporcji zgodnej do uzyskanej w p.5 niniejszej tabeli
5	Protokół tab.1 poz. 13	Wszystkie koła wszystkich pociągów wg tab.2	Dla części pomiarów (tab. 2) udokumentowane bicie promieniowe wg wykresów 8÷14 - tab.1 poz.12.	Pomiary twardości na powierzchni tocznej	Karta UIC 812-3	Liczba kół objętych pomiarami - 384. Wynik negatywny dla - 41% kół. Potwierdzona zbieżność wyników z biciem promieniowym.
6	Memorandum tab. 1 poz. 7	Pociąg nr 19, wózek BP14, zestaw: 0001 koło nr 20,	Udokumentowany wykres nr 9 - tab.1 poz. 12) brak bicia promieniowego	Pomiary twardości na powierzchni tocznej	Karta UIC 812-3	Pozytywny
7	Raport nr 18040101	Całość taboru metra typu "Metropolis"	Wykaz usterek następujących zestawów kołowych: 0017, 3003, 3008, 3011, 0011, 0038, 0033, 0005, 3001, 3093, 3092, 0065	opis usterek	-	z 12 opisanych uszkodzeń pow. tocznej zestawów 6 zakwalifikowano jako skutek awarii sterowania hamulcem

dążenie do obniżenia poziomu naprężeń własnych kierując się znanymi i stosowanymi kryteriami np.SNCF.

Zakładając, że rozwiązanie wyżej omówionego problemu jest konieczne, można przyjąć, że nastąpi istotna i korzystna zmiana w odniesieniu do problemu drugiego i związanych z nim wszystkich dotychczas nie spełnianych wymagań (pkt. 5). Zważywszy jednak, że badania miały charakter rozpoznawczy, że nie są znane ilościowe zakresy wpływu obu podstawowych przyczyn, nie jest obecnie możliwe twierdzenie, że dzięki eliminacji nadmiernych

naprężeń własnych nastąpi radykalne rozwiązanie problemu. W związku z tym należy podjąć działania ochronne o skutku identycznym z działaniami technicznymi, a więc zmienić charakter procedur obsługowych z przystających do dobrze funkcjonującej konstrukcji pojazdu na procedury zapobiegawcze, odpowiadające rzeczywistym możliwościom konstrukcyjnym taboru.

W tym celu należy:

- ustalić inne parametry procedur obsługowych opierając je na monitoringu drgań zestawów kołowych,

- ustalić kryteria oceny drgań,
- wprowadzić system ekonomicznych przetaczeń reprofiliujących.

Wymiar czasowy proponowanych wyżej działań będzie z natury rzeczy rozległy. Jest więc zasadną myśl, aby kontynuować i rozwinąć wstępną pracę eksperta do wymiaru, pozwalającego na ilościową ocenę wpływu naprężeń własnych na proces nieregularnego zużycia okręgów tocznych zestawów kołowych taboru typu "Metropolis".

## 8. Wnioski końcowe

1. W zakresie bezpieczeństwa jazdy i stabilności biegu (karty UIC 515 oraz UIC 518) tabor typu "Metropolis" spełnia wymienione wymagania i może być eksploatowany.
2. Eksploatacja taboru metra typu "Metropolis" zgodna z technicznymi procedurami obsługowymi producenta prowadzi do nieregularnego zużycia powierzchni tocznej kół powodującego:
  - przekroczenie kryteriów dopuszczalnych drgań wg PN-88/B-02171, w odniesieniu do ludzi znajdujących się w budynkach,
  - różnicowanie twardości powierzchni tocznej kół, uniemożliwiające prawidłowe wykonywanie technologicznych zabiegów reprofiliujących,
  - 20 – krotny, w stosunku do koła o regularnym zarysie, wzrost amplitudy drgań pionowych mierzony na maźnicy zestawu kołowego, niekorzystnie wpływając na wytrzymałość zmęczeniową, przede wszystkim zestawów kołowych,
  - zmniejszenie żywotności kół.
3. Wysoki poziom naprężeń własnych kół zestawów wagonowych, w stosunku do standardów SNCF i PrEN, realnie grozi miejscową, sprężystą utratą stabilności tarczy koła. W związku z tym:

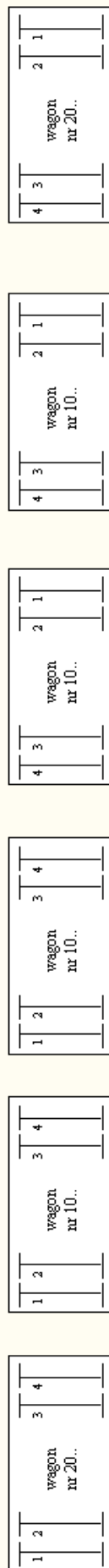
- następuje potęgowanie zjawiska nieregularnego zużycia powierzchni tocznej kół,
- powstają uszkodzenia zmęczeniowe powierzchni tocznych kół.

Z wymienionych powodów konieczne jest aby:

- 3.1 w odniesieniu do kół nowych poziom naprężeń własnych kół mieścił się w granicach  $-80\text{MPa} \div -150\text{MPa}$  i jednocześnie należy dążyć do uzyskania nominalnej twardości wieńca koła minimum 300 HB.
- 3.2 w odniesieniu do kół eksploatowanych dokonać pomiaru naprężeń własnych wszystkich kół i selekcji w oparciu o kryterium naprężeń własnych wg pkt 3.1.
4. Eksploatacja taboru typu "Metropolis" na poziomie odpowiadającym jego rzeczywistym możliwościom technicznym wymaga:
  - wprowadzenia procedur obsługowych opierających się na monitoringu drgań zestawów kołowych,
  - ustalenia kryteriów oceny drgań,
  - wprowadzenia systemu ekonomicznych przetaczeń reprofiliujących.
5. Z uwagi na powszechność zjawiska nieregularnego zużycia powierzchni tocznej kół uważa się, że jest to wada systemowa konstrukcji zestawu kołowego taboru typu "Metropolis" eksploatowanego w Metrze Warszawskim w 2002 roku. W omawianym przypadku za wadę systemową należy uważać brak spójności konstrukcji z wymaganiami eksploatacyjnymi.

## 9. Podsumowanie.

Opisane prace i wynikające z nich hipotezy stały się podstawą dalszych wspólnych działań producenta i użytkownika, doskonalących konstrukcję i system eksploatacyjny taboru typu „Metropolis”.



Identyfikacja zbiorcza

Tabela 2

Konfiguracja	Poc. Nr 16		Poc. Nr 17		Poc. Nr 18		Poc. Nr 19		Poc. Nr 20		Poc. Nr 21		Poc. Nr 22		Poc. Nr 23	
	Wa- gon	Zes- ta- wa- zek	Wa- gon	Zes- ta- wa- zek	Wa- gon	Zes- ta- wa- zek	Wa- gon	Zes- ta- wa- zek	Wa- gon	Zes- ta- wa- zek	Wa- gon	Zes- ta- wa- zek	Wa- gon	Zes- ta- wa- zek	Wa- gon	Zes- ta- wa- zek
1	0016		0006		0012		0027		0040		0050		0052		0061	
2	2001		0007		0014		0028		0042		0048		0051		0059	
3	0017	BP06	0009	2005	0011		0001	BP14	0036	BP17	2011		0062	2015	0060	
4	0013		0004		0018		0026		0043		0047		0063		0064	
1	3001	BM01	3025	1009	3035		3043		3078		3088		3109		3118	
2	3005		3026		3029		3057		3075		3089		3110		3117	
3	3003		3033		3027		3037	1013	3077		3085		3101	1029	3112	
4	3008		3034		3030		3038		3079		3084		3111		3116	
1	3011	BM03	3032		3042		3058		3076		3086		3103		3122	
2	3012		3031	1010	3045		3056	1018	3069		3087		3105	1030	3132	
3	3018		3024		3006		3062		3071		3094		3106		3131	
4	3041		3023		3007		3063		3070		3095		3104		3130	
4	3013		3028		3059		3067		3074		3093		3114		3124	
3	3009		3044		3060		3047		3072		3092		3113		3123	
2	3016		3021	1011	3020		3050	1015	3073		3099		3016	1031	3125	
1	3015		3022		3019		3053		3090		3091		3107		3126	
4	3026		3049		3040	BM2	3066		3080		3100		3115		3129	
3	3017		3046		3039	4	3068		3081		3098		3121		3127	
2	3004		3051	1012	3055	BM2	3064	1016	3083		3096		3120	1032	3128	
1	3010		3048		3054	3	3065		3082		3097		3119		3102	
4	0005	BP03	0021		0029		0031		0037		0044		0046		0066	
3	0003		0024		0030		0032		39		0045		0043		0072	
2	0002		0022	2006	0020		0010	2010	0038		2012		0057	2016	0065	
1	0015		0025		0023		0019		0033	BP19	0035		0058		0067	

ALSTOM - wyjątki z monitoringu serwisowego kół bez przetoczeń	9	MW - monitoring bicia prom. - wykr.	12	ALSTOM - badania mechaniczne i strukturalne kół - Pol. Warszawska.	2	ALSTOM - badania dynamiczne - IPS "TABOR"	3,4	ALSTOM - badania geometrii montażu - IPS "TABOR"	5
ALSTOM - wyjątki z monitoringu serwisowego kół z przetoczeniami	9	MW - pomiary twardości okręgu toczn.	13	ALSTOM - pomiary twardości - ALSTOM Transport S.A.	7				