

Modernizacja elektrycznego zespołu trakcyjnego EN57. Polemika z wymaganiami specyfikacji przetargowej

W artykule przedstawiono krótką informację o genezie e.z.t. EN57, zasadności jego modernizacji, oraz o dotychczasowym zaangażowaniu przemysłu i Instytutu Pojazdów Szynowych na rzecz tej modernizacji. Główną część artykułu stanowi omówienie wymagań technicznych dla e.z.t. opracowanych przez PKP w związku z ogłoszonym przetargiem na modernizację i analizę zasadności modernizacji niektórych podzespołów. W podsumowaniu zawarto sugestie zmian niektórych z wymagań i zasad oceny pojazdów oraz podkreślono zasadność wykorzystania krajowego zaplecza naukowego w procesie modernizacji.

1. Wstęp

1.1. Zaawansowanie procesu modernizacji

Rozwiązania konstrukcyjne elektrycznego zespołu trakcyjnego (e.z.t.) EN57 i jego podzespołów pochodzą z wczesnych lat pięćdziesiątych [3]. Jego wyjściowy poziom techniczny, ze względu na całkowicie krajowy charakter produkcji i brak transferu technologii na ówczesnym poziomie światowym, był niski. To nie jest jeszcze samo w sobie powodem do zażenowania, lecz to, że poziom pozostał niski, a nawet z powodu upływu dziesięcioleci bez działań odmładzających ten tabor, relatywnie jeszcze się obniżył.

Seria produkcyjna e.z.t. EN57 jest najdłuższą w historii taboru pasażerskiego w Polsce. Wyprodukowano razem 1191 szt. 3-wagonowych zespołów. Liczby wyprodukowanych e.z.t. przedstawiono w tab. 1.

Produkcja e.z.t. EN57

Tablica 1

Zestawienie e.z.t. EN57 wg lat produkcji

lata	do	1972-	1978-	1982-	1987-	po
	1971	1977	1981	1986	1991	1991
szt.	292	267	233	185	198	16

W latach siedemdziesiątych PKP podjęły próbę pozyskania nowocześniejszego taboru do przewozów masowych. Przemysły taboru kolejowego i elektrotechniczny wykonały wg wymagań PKP serię 28 szt. e.z.t. EW58, a później 2 szt. EW60. Producentem finalnym była PFW (Pafawag), a dokumentację opracowało CBKPTK - obecnie Instytut Pojazdów Szynowych w Poznaniu. Ze względu jednak na oficjalnie negatywną ocenę tych pojazdów, a faktycznie chyba z powodu braku środków, produkcja ich nie została przedłużona.

W roku 1993 podjęto w Pafawagu produkcję serii 4-wagonowych e.z.t. typu ED72, których konstrukcja podstawowo opierała się o podzespoły stosowane w EN57. Najistotniejszą różnicą była inna konfiguracja (dwa wagony silnikowe pomiędzy tocznymi, sterowniczymi) oraz zmiana silników trakcyjnych na typ Lka-470. Razem wyprodukowano 21 szt. tych pojazdów. Odmianą tego e.z.t. jest jeden zespół ED73, w którym zastosowano wózki 14MN i 25ANp z usprężynowaniem pneumatycznym w II stopniu [2].

Zespół trakcyjny EN57 pozostał zatem nadal najpowszechniej spotykanym przez polskich i niestety, nie tylko polskich podróżnych, taborem kolejowym i powinien już stać się powodem zażenowania decydentów polityki transportowej w kraju, który chwali się spektakularnym w tym rejonie Europy przyspieszeniem gospodarczym.

W latach 90-tych zmieniła się sytuacja społeczna i nastąpiły sprzyjające warunki by uruchomić działania zmierzające do podniesienia poziomu technicznego taboru kolejowego eksploatowanego przez PKP, głównie by obniżyć koszty jego eksploatacji. Modernizacja taboru kolejowego PKP stała się wtedy także obiektem zainteresowania zagranicznych producentów taboru kolejowego [19].

Na różnych szczeblach w PKP inicjowano przygotowanie szeregu analiz i ekspertyz, m. in. dotyczących EN57 [9], [15], [21]. Opracowano kilka perspektywicznych planów zakupów i modernizacji taboru. W tabelicy 2 przedstawiono jeden z wariantów liczbowych planów modernizacji, jak widać już dzisiaj nieaktualny.

Wariant planu modernizacji e.z.t. EN57/71 Tablica 2

Liczbowy plan modernizacji e.z.t. do 2010 r.				
okres	do roku 2000	lata 2001-2005	lata 2006-2010	razem
liczba	40	230	230	500

Plany te, z względu na stale zmieniające się nastroje społeczno-gospodarcze, były wielokrotnie uaktualniane i modyfikowane. Z perspektywy prawie dziesięciu lat efekty tych działań można ocenić jako niezadowalające.

Wstępnym krokiem w procesie modernizacji EN57 było powołanie w roku 1997 przez PKP zespołu specjalistów¹⁾, których zadaniem było określenie racjonalnego zakresu modernizacji pojazdu. Prace tego zespołu nie znalazły jednak swego właściwego finału. Po dłuższej przerwie, kolejnym krokiem było ogłoszenie przetargu publicznego (Biuletyn UZP nr 56 z 26.05.99) na modernizację 200 szt. e.z.t. EN57 w latach 2000-2004, w którym terminy składania ofert były kilkakrotnie przesuwane. Aktualny termin to 29 września 2000 r.

Dokumentem określającym warunki przetargu jest Wstępna Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia [23].

1.2. Działania podejmowane przez przemysł

Polski przemysł taboru kolejowego starał się aktywnie włączyć w działania mające na celu podniesienie poziomu technicznego różnego typu pojazdów kolejowych, w tym EN57. Można tu wymienić m. in.:

- PFW "Pafawag" we Wrocławiu [1], która występowała z różnymi propozycjami nowego i zmodernizowanego taboru dla komunikacji masowej,
- ZNTK w Mińsku Mazowieckim [8] wychodzące z inicjatywą modernizacji wyposażenia zespołów trakcyjnych w ramach napraw,
- Dolmel Drives we Wrocławiu [7], który opracował we współpracy z Instytutem Elektrotechniki w Warszawie [10], a następnie wyprodukował ponad 150 szt. silników Lka-470 (jako modernizację silnika LKf-450),

- Zakład Aparatury Trakcyjnej WOLTAN w Łodzi [12], który występował z inicjatywami modernizacji aparatury trakcyjnej,
- Fabrykę Transformatorów i Aparatury Trakcyjnej ELTA w Łodzi [13], która zbudowała trzy komplety przekształtników trakcyjnych do rozruchu impulsowego w oparciu o projekt naukowców z Politechniki Gdańskiej.

Efekty tych działań jednak, choć nie można uznać ich za zupełnie bezowocne, nie przyniosły znaczącej poprawy sytuacji, ani w zakresie transportu kolejowego w ruchu aglomeracyjnym (Trójmiasto, Warszawa, Śląsk), ani lokalnym o odległościach podróży ok. 100-200 km.

1.3. Działania podejmowane przez Instytut Pojazdów Szynowych

Instytut Pojazdów Szynowych w Poznaniu, poprzednio Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Pojazdów Szynowych (OBRPS), a jeszcze wcześniej Centralne Biuro Konstrukcyjne Przemysłu Taboru Kolejowego (CBKPTK) również włączył się aktywnie w próby rozwiązania problemu, jednak były one w latach 70-tych i 80-tych z góry skazane na niepowodzenie, z powodu arbitralnie narzuconego wymagania, by rozwiązania techniczne oparte były na technologii i podzespołach pochodzenia krajowego.

Działania te związane były ze wspomnianymi już wcześniej zespołami EW58 i EW60 oraz próbą opracowania w ramach projektu celowego nowoczesnego e.z.t. typu 12WE z napędem asynchronicznym. Ze względu na brak realnych możliwości zakupu przez PKP tego typu taboru, nie nastąpiło do dzisiaj uruchomienie produkcji tego pojazdu.

Kolejną próbą działań Instytutu (wtedy jeszcze OBRPS) na rzecz odrobienia zaległości technicznych dotyczących EN57 (głównie dla podniesienia atrakcyjności dla pasażerów i obniżenia kosztów eksploatacji) było opracowanie w ramach dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych tzw. projektu celowego (nr 9 T12C 014 95C/2706) kompletnej dokumentacji technicznej (konstrukcyjnej i eksploatacyjnej) zmodernizowanego e.z.t. Rozwiązano szereg problemów konstrukcyjnych i uruchomiono działania na rzecz modernizacji niektórych, znaczących podzespołów (wózek, silnik, napęd przekształtnikowy prądu stałego, przetwornica statyczna, układ sterowania hamowaniem elektrodynamiczno-pneumatycznym, ogrzewanie nawiewne, drzwi, sprężarka śrubowa itp.) [4], [5], [11], [17]. Bardziej szczegółowe informacje na ten temat przedstawiono poniżej.

Specjaliści z Instytutu Pojazdów Szynowych w Poznaniu swą wiedzę na temat modernizacji czerpali nie tylko z faktu uczestnictwa w fazie przygotowania produkcji różnego typu pojazdów szynowych, lecz także z szerokich, ciągłych kontaktów z użytkownikami taboru kolejowego, zakładami naprawczymi i producentami pojazdów szynowych i ich podzespołów w kraju i poza nim.

Istotnym elementem, związanym z procesem modernizacji e.z.t. jest dofinansowany przez Komitet Badań Naukowych projekt celowy dotyczący modernizacji EN57.

Instytut wykonał pełną dokumentację konstrukcyjną zmodernizowanego pojazdu i koordynował opracowanie i częściowe wykonanie głównych podzespołów, w znacznej części odpowiadających wymaganiom PKP. Zgodność dotyczy wielu zastosowanych rozwiązań, takich jak:

¹⁾ - autor był jednym z członków zespołu, *nota bene* jedynym spoza PKP

- hamulec elektrodynamiczny,
- izolacja cieplna i akustyczna pudeł,
- konstrukcja okien w przedziałach pasażerskich,
- drzwi wejściowe dla pasażerów,
- ogrzewanie nawiewne z podziałem na sekcje,
- zagłębione w suficie oświetlenie przedziałów,
- wentylacja przedziałów z możliwością regulacji wydatku powietrza,
- system toalet z obiegiem zamkniętym,
- nowoczesna kabina z ergonomicznym pulpitem, klimatyzatorem, zmienionymi oknami,
- halogenowe reflektory czołowe typu samochodowego,
- układ pneumatyczny ze sprężarką śrubową i uzdatnianiem powietrza,
- zabudowana na nowoczesnych tablicach pneumatycznych aparatura sterowania hamulcem,
- nowoczesny system sterowania hamulcem elektrodynamicznym i mechanicznym,
- sprężynowy hamulec postojowy,
- nowoczesna elektryczna aparatura stykowa,
- zmodernizowany przez Adtranz Pafawag sprzęg Scharfenberga,
- elektroniczne tablice kierunkowe.

Ponadto wprowadzono kilka rozwiązań, które nie znalazły się na liście wymagań PKP. Należą do nich:

- nowe wózki (silnikowy 15MN i toczny 28AN), których rama przeszła pełny cykl badań wytrzymałościowych i w których można wykorzystać część podzespołów ze starych wózków,
- silnik trakcyjny typu Lka-470, do którego budowy możliwe jest wykorzystanie podzespołów z silnika Lkf-450,
- przekształtnik prądu stałego na tyrystorach GTO na bazie stosowanych w lokomotywach kopalnianych,
- przetwornica statyczna prądu stałego,
- pantograf jednopółkowy typu 55 ZW.

Prace przy niektórych podzespołach było daleko zaawansowane, do wykonania niektórych ich elementów włącznie i celowe byłoby wykorzystanie doświadczeń z tych działań przy modernizacji seryjnej EN57.

Ze względu na ciągły, aktywny i konstruktywny udział w pracach przy modernizacji elektrycznych zespołów trakcyjnych, Instytut Pojazdów Szynowych w Poznaniu jest uprawniony, a nawet więcej - zobowiązany do przedstawiania swoich opinii na temat modernizacji taboru przez PKP, przedsięwzięcia dotyczącego nie tylko samych PKP, lecz także wnikającego w obszary gospodarki i finansów kraju.

2. Omówienie wymagań PKP

2.1. Cechy głównych podzespołów i przyczyny uszkodzeń

Duża liczba uszkodzeń e.z.t. EN57 jest wynikiem nie tylko w niskiego poziomu technicznego ich podzespołów, lecz także jest funkcją wielkości środków przeznaczanych na prace przeglądowe i naprawy w zakładach obsługi i zakładach naprawy taboru. Ograniczenia środków wpływają negatywnie zarówno na jakość wyposażenia technicznego zaplecza naprawczego jak i na jakość pracy personelu technicznego. Znajdują one także negatywne przełożenie na jakość uzyskiwanych z przemysłu podzespołów i części zamiennych.

Ogólną ocenę ich jakości, ograniczoną do głównych podzespołów e.z.t., przedstawiono poniżej:

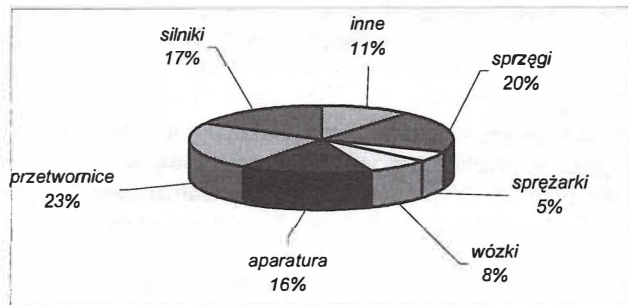
- **wózki** charakteryzują się niskimi wskaźnikami spokojności biegu, pękaniem ram, nadmiernym zużyciem się wideł maźniczych i sworzni cięgieł przekładni hamulcowej, a ich zestawy kołowe cechują się przebiegiem średnim między przetoczeniami tylko 100.000÷150.000 km (w zależności od warunków), w niektórych przypadkach tylko połową tej liczby,
- **maszyny elektryczne (silniki Lkf-450 i prądnice LKP-330)** charakteryzują się dużą awaryjnością. Bardziej szczegółowe dane dotyczące ich awaryjności podano niżej,
- **układ rozruchowy** jest typu oporowo-stykowego z przełączalnym układem silników trakcyjnych, w którym przełączanie odbywa się za pomocą przestarzałego stycznika grupowego (typu PKG-330, tzw. wału kułakowego),
- **aparatura trakcyjna** ma niskiej jakości komory łukowe, izolację, zespoły przeciwprzepięciowe, niską trwałość łączeniową i mechaniczną,
- **hamulec** jest typu mechanicznego, bez uzupełniania hamulcem elektrodynamicznym. Urządzenia hamulca charakteryzują się niską jakością, np. uszczelki i mikrowyłaczniki w zaworach maszynisty, uszczelki i sprężyny w zaworach rozrządnych itp. Mankamentem jest ponadto korozja elementów metalowych armatury i jej nieszczelności wpływające na zmienność parametrów, co wynika z zanieczyszczonego i zawilgoconego powietrza w układzie pneumatycznym a także częsta wymiana klocków hamulcowych, zależnie od warunków eksploatacji wagonu, co 10.500÷14.000 km.
- **sprzęgi czołowe** wykazują dużą awaryjność z powodu technologii wykonania, niskiej jakości złącz elektrycznych i pneumatycznych, niewłaściwych materiałów. Ich stan uniemożliwia praktycznie możliwość operacyjnego łączenia i rozłączania e.z.t.,
- **sprzęgi międzywagonowe** ulegają szybkiemu zużyciu, skutkującemu nawet rozerwaniem pociągu w czasie jazdy,
- **układ pneumatyczny** nie zapewnia powietrza o wymaganej przez aparaturę pneumatyczną i elektropneumatyczną jakości. Wynika to ze stosowania staro typu tłokowego agregatu wytwarzania sprężonego powietrza, typu A50-110, bez odpowiednich filtrów i osuszaczy. Zespół ten jest ponadto bardzo zawodny i z powodu hałasu uciążliwy dla otoczenia, zarówno w czasie jazdy jak i podczas postoju przy peronie.

Analiza przyczyn uszkodzeń powinna wskazywać te podzespoły i elementy wyposażenia e.z.t., których wymiana na bardziej niezawodne powinna przyczynić się istotnego wzrostu wskaźnika gotowości technicznej, ograniczyć awarie i koszty utrzymania pojazdów. Należy mieć na uwadze wielkość nakładów związanych z zakupem nowego typu podzespołu i jego zabudowy w e.z.t.

Przyczyny uszkodzeń EN57 w podziale na podzespoły według [14] przedstawiono na rys. 1.

W odniesieniu do maszyn wirujących (silników trakcyjnych i przetwornic), których dotyczy, jak widać, ok. 40 % wszystkich uszkodzeń, zdecydowany udział mają wirniki maszyn

(odpowiednio 56 i 38 %) oraz stojany (23 i 29 %), co daje razem 89 i 67 % uszkodzeń w tych maszynach. Wskazuje to na niskiej klasy materiały izolacyjne i impregnacyjne uzwojeń, a potwierdzeniem tego podejrzenia jest zwiększająca się liczba uszkodzeń w okresie jesienno-zimowym.



Rys.1. Przyczyny uszkodzeń e.z.t. EN57

Głębsza analiza przyczyn i finansowych skutków uszkodzeń w skali całych PKP jest utrudniona ze względu na brak odpowiedniego komputerowego systemu rejestracji i przetwarzania.

2.2. Charakterystyka wymagań technicznych

Przedłożone oferentom wymagania techniczne, poddane punkt po punkcie szczegółowej analizie pod kątem ich racjonalności, okazują się w kilku obszarach kontrowersyjne. Odnosi się to niestety nawet do kluczowych podzespołów przewidzianych do modernizacji, zatem niektóre wymagania techniczne i ekonomiczne powinny zostać zweryfikowane.

Pod uwagę powinny zostać wzięte następujące aspekty:

- przewidywane efekty ekonomiczne i społeczne w porównaniu do przewidywanych kosztów zastosowania wymaganego rozwiązania,
- zasadność wyboru i dojrzałość techniczną wymaganego rozwiązania,
- ocenę zakresu zmian w konstrukcji pudła, związanego z wprowadzeniem konkretnego wymagania,
- wpływ zastosowania narzuconych wymaganiami określonych typów podzespołów na ocenę, wg reguł zawartych w specyfikacji przetargowej, zmodernizowanego e.z.t.
- ograniczony do 4 mln. zł. koszt modernizacji, wymuszający konieczność dokonania analizy priorytetów ważności wymagań i szacunku kosztów cząstkowych związanych z konkretnym wymaganiem, a w konsekwencji ograniczenie zakresu modernizacji,

Wymagania zawarte w specyfikacji technicznej (wymienione niżej z zachowaniem istoty wymagania, jednak w sposób skrótowy dla przejrzystości zapisu), można zestawić w kilku grupach, w następujący sposób:

a) zwiększające komfort podróżowania:

- **podniesienie prędkości maksymalnej do 120 km/h,**
- izolacja termiczna i akustyczna wnętrza,
- wandaloodporne, estetyczne fotele dla pasażerów,
- lampy oświetlenia zagłębione w suficie,
- lepiej wyposażony przedział bagażowy,
- wyświetlacze nazwy następnej stacji, zabudowane w każdym wagonie,

- czołowe i boczne wyświetlacze elektroniczne nazwy stacji docelowej,
- **toaleta w obiegu zamkniętym, dostosowana dla osób niepełnosprawnych,**
- drzwi boczne przesuwne, z lekkich materiałów, sterowane w układzie wielofunkcyjnym,
- drzwi dodatkowe (do toalety, międzywagonowe, do przedziałów) unowocześnione i bezpieczne,
- okna z podwójnymi szybami, uchylne,
- ogrzewanie nawiewne z termostatami sekcyjnymi i sterowaniem automatycznym,

b) obniżające koszty bieżącej eksploatacji:

- **napęd trakcyjny z silnikami asynchronicznymi,**
- hamulec elektrodynamiczny o mocy 700 kW,
- przekształtniki trakcyjne w technice GTO lub lepszej,
- sterowanie napędu i diagnostyka mikroprocesorowe,
- przetwornica statyczna w technice IGBT, o mocy zapewniającej możliwość zasilania awaryjnego drugiego e.z.t.,
- napędy pomocnicze z silnikami prądu przemiennego,
- **hamulec tarczowy,**

c) obniżające koszty przeglądów, napraw i utrzymania infrastruktury:

- **masa własna nie więcej niż 110 t,**
- **wózek 14 MN i 25 ANp ze sprężynami pneumatycznymi typu 684 N4, 100 PO6,**
- smarowanie obrzeży kół,
- sprężarka śrubowa,
- wysokiej jakości aparatura elektryczna (wyłącznik gł., styczniki, przekaźniki),
- **zakłócenia elektromagnetyczne ograniczone do niskich poziomów,**
- antypoślizgowe, wannowe wyłożenia na podłodze,
- modułowe panele wyłożenia ścian bocznych,
- zmodernizowany sprzęg Scharfenberga,
- nowoczesny pantograf,

d) poprawiające warunki pracy maszynisty:

- przestronna kabina (klimatyzator, fotel, zasłony, urządzenia socjalne),
- funkcjonalne drzwi do kabiny,
- szyby czołowe bezpieczne, wielowarstwowe, ogrzewane,
- elektryczne wycieraczki i spryskiwacze,
- sterowanie hamulcem umożliwiające jego próbę z kabiny,
- hamulec postojowy, sprężynowy,
- urządzenie przeciwoślizgowe na każdej osi,

e) dotyczące parametrów utrzymaniowych i naprawczych:

- wydłużony przebieg między przeglądami i naprawami,
- żywotność po modernizacji do naprawy głównej do 30 lat,
- wskaźnik gotowości technicznej nie niższy niż 0.9.

Wstępna analiza wymagań pozwala wyciągnąć wnioski z dwóch aspektów zagadnienia:

- dotyczącego zachowania dotychczasowych rozwiązań konstrukcyjnych związanych z konfiguracją wagonów (nadal jeden silnikowy), układem przedziałów (co narzuca utrzymanie także dotychczasowej, niewystarczającej

do szybkiej wymiany pasażerów liczby drzwi bocznych), układem siedzeń 2+2,

- związanego z zastosowaniem nowych podzespołów: układu biegowego i napędu na prędkość maksymalną 120 km/h, pneumatycznego usprężynowania II stopnia, toalet, dodatkowych przestrzeni i licznych półek na bagaże podręczne.

Ogólny wniosek wynikający z wyżej zestawionych wymagań jest taki, że modernizacja jest ukierunkowana w zasadzie na e.z.t. przeznaczone do ruchu lokalnego (odległości podróży 100-200 km). To zaś oznacza, że ruch masowy w dużych aglomeracjach, dotyczący większej liczby pasażerów i przewozów, będzie odbywał się albo nadal starym typem taboru, albo zmodernizowanym, lecz z kosztownymi rozwiązaniami, niekoniecznymi w tego rodzaju ruchu, zwłaszcza przy ograniczonych środkach finansowych na modernizację. Na wstępie narzuca się także drugi istotny wniosek, że wymagany zakres modernizacji wymusza konieczność budowy od podstaw nowego e.z.t., w którym do wykorzystania będzie tylko skorupa pudła, dopiero jednak po kosztownym zdemontowaniu całego wyposażenia, oczyszczeniu, naprawie i wymalowaniu jego konstrukcji stalowej. Pudło ponadto będzie wymagało przystosowania do nowych wózków, a to wiąże się z koniecznością przekonstruowania pudła w rejonach oparcia na wózkach oraz przebudowania kabiny. Przystosowanie pudła do wózków może stwarzać trudności technologiczne, a produkcyjnie nowe pudła ED73 nie mogą tutaj być punktem odniesienia.

Przechodząc na kategorie ekonomiczne, po uwzględnieniu kosztów zakupu starego e.z.t. (ok. 50.000 zł), po włożeniu pracy o kilkakrotnie większej wartości uzyskuje się samo pudło, nadal jednak stare, ciężkie i o nieznanym wskaźniku wytrzymałościowym i co najbardziej krytyczne - tylko z dwójgciem drzwi po jednej stronie wagonu.

Przypomnieć należy, że wymagany jest jeszcze 30-letni okres eksploatacji zmodernizowanego e.z.t. EN57 do kolejnej naprawy głównej. Wiek pudła przeznaczonego do kolejnej naprawy głównej będzie wtedy wynosił, np. dla proponowanej do wykupu EN57-101,; ponad 60 lat.

Wartość nowego surowego pudła z reguły stanowi ok. 5 % wartości pojazdu, co przy kwocie zakupu ok. 10 mln. zł. za nowy e.z.t., stanowi ok. 500 tys. zł.

Przytoczone aspekty wskazują, że sprawa pudła w EN57 jest zagadnieniem wymagającym precyzyjnego rachunku ekonomicznego i rozważnej analizy przed decyzją o wyborze nowych, droższych podzespołów przewidzianych do zastosowania w zmodernizowanym e.z.t.

W następnym rozdziale zostanie przedstawiona skrócona analiza zasadności ekonomicznej i technicznej celowości realizacji, niektórych wymagań zawartych w specyfikacji, zdaniem autora dyskusyjnych, zwłaszcza tych których wprowadzenie wiąże się z dużymi nakładami. Wymagania te zostały w niniejszym podrozdziale wyróżnione wytłuszczoną kursywą.

3. Analiza zasadności modernizacji niektórych podzespołów

3.1. Względy techniczno-ekonomiczne

Omówienie zasadności techniczno-ekonomicznej przedstawione poniżej, zgodnie z uwagą w rozdz. 2.2 będzie dotyczyło tylko niektórych wymagań, wytłuszczonych w zestawieniu.

a) *Wózek*

Najistotniejszym węzłem konstrukcyjnym, wymaganym specyfikacją przetargową jest wózek silnikowy typu 14 MN i toczny typu 25 ANp ze sprężynami pneumatycznymi typu 684 N4 i 100 PO6 [16]. Logiczną konsekwencją wymagania, dotyczącego tych wózków, jest oczekiwanie zastosowania hamulca tarczowego i podniesienie prędkości maksymalnej do 120 km/h.

Do tego wymagania należy odnieść następujące pytania i obiekcje:

- kto będzie producentem wózków wymaganych specyfikacją i jaki wpływ będzie miał wykonawca modernizacji na ich cenę? Cena 6. wózków (bez silników i przekładni) może wynieść ok. 1.300.000 zł., jest więc znaczącą częścią kwoty 4 mln. zł. przeznaczonej na modernizację,
- dlaczego wykonawcy modernizacji narzuca się typy wózków, które zgodnie z programem eksploatacji obserwowanej mają podlegać badaniom w zakresie przewidzianym dla tego typu konstrukcji? Są to wózki ze sprężynami pneumatycznymi w II stopniu, które zgodnie z wspomnianym programem oceny będą także podlegały badaniom w zakresie funkcjonowania systemu stabilizacji wysokości podłogi,
- czy możliwe jest przekonstruowanie podwozia w obszarze podparcia pudła bez konsekwencji dla jakości i bezpieczeństwa pudła?

Niezależnie od tego, czy przedstawione informacje wskazują na pełną dojrzałość konstrukcji tych wózków czy nie, nie powinny być narzucane wykonawcom modernizacji na warunkach przedstawionych w specyfikacji przetargowej.

Wymaganie stosowania tarcz hamulcowych jest także konsekwencją obligatoryjnego stosowania wózków 14 MN i 28ANp. W wózku modernizowanego zespołu trakcyjnego, w którym znacząca część energii hamowania przejmuje hamulec elektrodynamiczny, poprawnym i do tego znacznie tańszym rozwiązaniem jest zmiana rodzaju klocków hamulcowych z żeliwnych na tworzywowe i dostosowanie mechanizmów wykonawczych hamulca na wózku.

b) *Silniki trakcyjne*

Układ napędu trakcyjnego ma być wyposażony w silniki asynchroniczne, których dotąd wózki typu 14MN nie miały. Należy zatem podkreślić związane z tym konsekwencje:

- konieczne będzie przystosowanie konstrukcyjne i produkcyjne narzuconych wózków do nowych silników i przekładni,
- konsekwencją decyzji o zastosowaniu silników asynchronicznych przy modernizacji 200 szt. e.z.t. EN57 będzie konieczność zagospodarowania 800 szt. silników typu Lkf-450. Przy braku możliwości dalszego ich wykorzystania będzie wiązało się to z koniecznością ich złomowania,

- silniki asynchroniczne zasilane i sterowane mają być z układów falownikowych, znacznie droższych (o ok. 50 %) niż tej samej mocy układy chopperowe,
- bardzo istotny w sprawie wyboru silnika do zmodernizowanego e.z.t. jest fakt, że negatywne cechy uzwojeń silnika Lkf-450 zostały praktycznie wyeliminowane w jego zmodernizowanej wersji, tzn. w silniku Lka-470, którego dodatkową korzyścią jest możliwość pracy przy zasilaniu impulsowym oraz większa moc, umożliwiającą pracę prądnicową podczas hamowania [18],
- drugim faktem jest to, że wprowadzenie napędu falownikowego nie ma dodatkowego, w porównaniu do zasilanych impulsowo silników prądu stałego, wpływu na obniżenie zużycia energii podczas jazdy.

c) Toalety

Dyskusyjne jest wymaganie, przy ograniczonych środkach, na modernizację, zwłaszcza w odniesieniu do e.z.t. przeznaczonego do obsługi ruchu w dużych aglomeracjach, zabudowy toalety w obiegu zamkniętym. Pasażerowie np. w węźle gdańskim przyzwyczajeni są do ich braku, a ponadto ze względu na niską kulturę społeczeństwa, przez długi jeszcze czas toalety z obiegiem zamkniętym będą systematycznie dewastowane i ich utrzymanie w stanie sprawności będzie kosztowne i kłopotliwe, a to w praktyce będzie oznaczało ich niedostępność dla pasażerów. Przy dużej częstotliwości pociągów, w komunikacji masowej, korzystanie z toalet może odbywać się na stacji, w czasie krótkiej przerwy w podróży. W różnych węzłach aglomeracyjnych wyposażenie w tym względzie może się różnić.

Wymaganie zabudowy toalet powinno, ze względu na ograniczone środki na modernizację, zostać postawione jako opcjonalne, w zależności od kosztów wprowadzenia pozostałych wymaganych specyfikacją podzespołów, istotniejszych dla eksploatatora pojazdów.

d) Masa e.z.t.

Jednym z trudniejszych do zrealizowania wymaganiem jest uzyskanie w wyniku modernizacji redukcji masy e.z.t. do 110 t, tj. o około 15 t. Zestawienie szacunkowych mas składowych głównych części e.z.t. podlegających modernizacji przedstawiono poniższe w tablicy 3.

Zestawienie mas podzespołów e.z.t.

Tablica 3

Lp.	Nazwa podzespołu	Przed modernizacją [kg]	Masa po modernizacji [kg]
1	Wózki silnikowe bez silnika (2 szt.)	14.000	12.400
2	Wózki toczne (4 szt.)	24.600	21.600
3	Silniki trakcyjne (4 szt.)	10.400	3.000
4	Pudła kompletne (bez wyposażenia)	27.000	27.000
5	Wyposażenie	47.200	46.000
6	Masa razem	125.000	110.000 ?

Przedstawione zestawienie wskazuje, że nawet w przypadku korzystniejszego ze względu na masy wariantu z napędem silnikami asynchronicznymi nie jest możliwe uzyskanie masy poniżej 110 t. Wynika to z sumy masy kompletnych wózków i pozostawionych bez zmian konstrukcyjnych pudeł, na którą to masę wykonawca modernizacji nie będzie miał wpływu. Łącznie ta masa w 3-wagonowym zespole wyniosłaby ok. 64 t. Do „wykorzystania” pozostałoby zatem tylko 46 t, czyli w stosunku do rozwiązań dotychczasowych musiałaby nastąpić redukcja masy o ponad 1 t, mimo konieczności zabudowania wymaganych dodatkowych podzespołów (układy energoelektroniczne obwodu trakcyjnego, wzbogacenie wyposażenia kabin i przedziałów). Spełnienie zatem tego wymagania jest praktycznie niemożliwe w e.z.t. EN57 bez radykalnych zmian w konstrukcji pudła i ograniczeniu wyposażenia (np. liczby siedzeń).

e) Zakłócenia elektromagnetyczne

Wymagania PKP w zakresie zakłóceń elektromagnetycznych emitowanych przez pojazd trakcyjny do sieci od dłuższego już czasu wywołują dyskusje specjalistów. Zgodne jest przekonanie, że ograniczanie ich do tak niskich poziomów jak obecnie, nie znajduje racjonalnego uzasadnienia. Porównanie z wymaganiami zarządów innych kolei [6], a także wyniki pracy specjalistów CNTK [22] potwierdzają konieczność zweryfikowania zbyt restrykcyjnych wymagań, wpływających na wzrost kosztu urządzeń energoelektronicznych obwodu trakcyjnego.

3.2. Zagadnienie dodatkowe

A. Istotnym aspektem procedury przetargowej powinien być udział przemysłu polskiego i polskiej myśli technicznej w przedsięwzięciu modernizacji. W przetargach publicznych przeprowadzanych w oparciu o ustawę mogą być brane pod uwagę preferencje krajowe, a lekceważenie tych możliwości w odniesieniu do taboru szynowego bardzo szybko pograży ledwo utrzymującą się na powierzchni związaną z nim polską myśl naukowo-techniczną i wpłynie negatywnie na proces kształcenia kadr, a polskie zakłady przekształci całkowicie w montownie taboru, a także doprowadzi skutecznie do zapaści trakcyjnego przemysłu elektrotechnicznego. Zaskakujące jest zatem, że zasady rozstrzygnięcia przetargu na modernizację EN57 nie dają żadnych preferencji wykonawcy gwarantującemu większościowe zaangażowanie przemysłu krajowego. PKP jako przedsiębiorstwo państwowe powinny być szczególnie wrażliwe na interes polskiej gospodarki. Taka krótkowzroczność musi pogłębić prędzej czy później trudną już obecnie sytuację PKP.

B. Po analizie wymaganego przez PKP zakresu modernizacji zasadne wydaje się spostrzeżenie, że nie są to wymagania na zmodernizowanie pojazdu, lecz na dostawę pojazdu nowego. Wystarczy wziąć pod uwagę realne, średnie ceny kilku głównych podzespołów:

wózki typu 15MN i 28ANp;	6 szt.	2.000.000 zł,
silniki asynchroniczne z przekładnią	4 szt.	250.000 zł,
aparatura elektryczna	kpl	50.000 zł,
falownikowy układ trakcyjny	1 szt.	1.200.000 zł.
przetwornica statyczna	1 szt.	100.000 zł,

układy sterowania i diagnostyki kpl 125.000 zł,
klimatyzatory 2 szt. 80.000 zł,
toalety w obiegu zamkniętym 2 szt. 70.000 zł.

Razem wózki i podstawowe tylko wyposażenie trakcyjne (bez przystosowanego pudła, elektroniki i pozostałego wymaganego nowego wyposażenia przedziałów pasażerskich) to ok. 3.875.000 zł.

Tak głęboka modernizacja nie jest zatem możliwa za 4 mln. zł. Jeśli weźmie się pod uwagę cenę zakupu nowego, na wysokim poziomie technologicznym, 3-wagonowego e.z.t. tj. ok. 10 mln. zł, i koszty opłacalnej modernizacji podawane w różnych źródłach na poziomie 60% ceny zakupu pojazdu nowego, to wniosek oparty na wcześniejszej przedstawionych szacunkach znajduje potwierdzenie.

- C. Dotychczasowa organizacja wstępnych prac dotycząca przedsięwzięcia modernizacji EN57 spowodowała, że kilka lat minęło bez wymiernych efektów. Terminy przewidziane dla producentów na faktyczne wdrożenie modernizacji są zawrotne w zestawieniu z tempem procesów decyzyjnych i organizacyjnych w PKP. Na opracowanie dokumentacji, zorganizowanie produkcji i wykonanie modernizacji oraz uzyskanie świadectwa dopuszczenia przewiduje się 14 miesięcy. Narzucenie tak nierealnego tempa, uzasadnionego najprawdopodobniej potrzebą odzyskania straconego przez PKP czasu, musi negatywnie wpłynąć na jakość proponowanych w prototypie rozwiązań.

Dyskusyjne jest wymaganie, by z prototypami zmodernizowanych e.z.t., jeszcze przed rozstrzygnięciem przetargu dostarczona została dokumentacja konstrukcyjna, techniczno-ruchowa oraz dodatkowo wyciągi z powyższych dokumentacji. Pretekstem jest chyba umożliwienie wykonywania przeglądów okresowych i kontrolnych oraz napraw, których nota bene PKP i tak nie będzie wykonywało, a już na pewno do czasu rozstrzygnięcia przetargu. Ponadto przewiduje się jeszcze późniejsze zunifikowanie przez wykonawcę modernizacji seryjnej prototypów tych wykonawców, którzy przetarg przegrają.

Efektom tak dyskusyjnych wymagań jest narażanie wykonawców prototypów na ponoszenie zbędnych kosztów. Należy pamiętać, że w przeciwieństwie do PKP, filozofia działania producentów wynika z twardych reguł rynkowych, dysponują bowiem oni tylko wypracowanymi środkami i dlatego omówione w tym punkcie wymagania muszą budzić wątpliwości i być uznane za marnotrawstwo sił i środków.

- D. Przyjęta procedura wyboru wykonawcy modernizacji po etapie wykonania i przebadania prototypu, powoduje ponadto konieczność podjęcia ryzyka poniesienia, w przypadku przegrania przetargu, strat związanych z kosztami jednorazowymi związanymi ze zbudowaniem tego prototypu. PKP przewidują bowiem zwrócić koszty ograniczone tylko do wartości przekazanego prototypu.

Połączenie obu tych, a także innych okoliczności pozwala podejrzewać, że tak skonstruowane warunki przetargowe nie będą w pełni zaakceptowane przez oferentów, a brak ustępstw ze strony PKP może doprowadzić do unieważnienia przetargu.

- E. Wymagany zakres modernizacji wymaga ingerencji w strukturę pudła. Należy uwzględnić te zabiegi przy kalkulacji kosztów uzyskania surowych, odnowionych i przystosowanych do zmodernizowanego wyposażenia pudeł. Koszty te powinny być odniesione do kosztów budowy nowego, znacznie lżejszego pudła, a przy porównaniu powinny być wzięte pod uwagę okresy przewidywanego życia pudła zmodernizowanego i nowego.

- F. Istotnym zagadnieniem, do którego powinna odnosić się specyfikacja przetargowa, powinien być sposób zagospodarowania sprawnych podzespołów, zdemontowanych z przebudowywanych e.z.t. Dotyczy to dużej wartości wyposażenia możliwego do odzyskania z 600 wagonów. Poza przewidywanymi do modernizacji 200 szt. e.z.t., w eksploatacji pozostaną nadal setki zespołów nie zmodernizowanych, których koszty eksploatacji w miarę upływu czasu będą relatywnie rosły. Jednym ze sposobów obniżenia tych kosztów mogłoby być nawet częściowe zagospodarowanie przez użytkownika „starych” e.z.t. zdemontowanego wyposażenia, nieprzydatnego już w fazie modernizacji.

3.3. Kryteria oceny zmodernizowanego e.z.t.

Wskaźnik niezawodności zmodernizowanego e.z.t. będzie jednym z istotnych kryteriów oceny porównawczej pojazdów przebudowanych przez oferentów. Znaczącym czynnikiem będzie tzw. waga usterki. Dla wózków, na których jakości wykonawca nie będzie miał wpływu, zakłada się wskaźnik wagi usterki 13%, podobnie oceniane będą układy zawieszenia i usprężynowania (następne 13%) oraz układy hamulcowe, w których znaczący udział będzie miał hamulec tarczowy (kolejne 13%). Związane z konstrukcją narzuconego typu wózka są także podlegające ocenie zestawy kołowe (dodatkowe 10 %). Oznacza to, że ok. 50 % współczynnika usterkowości może pochodzić od usterek niezależnych od wykonawcy modernizacji. Należy podkreślić dodatkowo, że zbyt niski wskaźnik gotowości technicznej, na którego wartość będzie miała także wpływ awaryjność wózka i jego podzespołów, będzie dodatkowo obciążał wykonawcę finansowo w wyniku redukcji zarówno ceny usługi serwisowej jak i wysokości raty leasingowej.

4. Podsumowanie

- A. Modernizacja powinna być ukierunkowana na konkretny rodzaj przewozów pasażerskich. Parametry użytkowe e.z.t. po jego modernizacji, przy niezmiętej konfiguracji składu wagonów oraz liczby i szerokości drzwi w pudle oraz układu siedzeń 2+2, będą możliwe do zaakceptowania tylko przy wykorzystywaniu e.z.t. do obsługi ruchu lokalnego. Tymczasem nakłady na modernizację będą zwracały się znacznie szybciej po przeznaczeniu e.z.t. do obsługi ruchu aglomeracyjnego, o dużym nasyceniu pasażerami, z dużą liczbą rozruchów, hamowań.
- B. Ocena jakości e.z.t. po modernizacji, a także rozliczenia finansowe wg zasad przedstawionych w specyfikacji, są w sposób znaczący zależne od niezawodności wózków narzuconych oferentom przez PKP. Jest to działanie nieuprawnione, w związku z czym należy albo zrezygnować

z narzucania typów wózków albo uniezależnić ocenę niezawodności e.z.t. od oceny tych wózków.

C. Możliwe byłoby znaczne zwiększenie efektywności modernizacji, gdyby zmodyfikować następująco jej zakres:

- jakość wózków EN57 poprawić w wyniku zastąpienia prowadzenia widłowego prowadzeniem bezwidłowym, klocków żeliwnych klockami z tworzywa sztucznego i dostosowania do nich układ wykonawczy,
- do napędu trakcyjnego zastosować silniki prądu stałego typu Lka-470 zasilane z przekształtnika trakcyjnego,
- zrezygnować z wyposażania wszystkich e.z.t. w nowoczesne toalety z przyczyn podanych wcześniej,
- zweryfikować dopuszczalny poziom zakłóceń elektromagnetycznych emitowanych przez pojazd do sieci w oparciu o najnowsze prace specjalistów PKP w tej dziedzinie,
- zweryfikować część wskaźników liczbowych, a inne uzupełnić, np.:
 - dopuścić po modernizacji masę większą niż 110 t, ponieważ jej ograniczenie będzie wymagało poniesienia niewspółmiernych kosztów,
 - zrezygnować z podnoszenia prędkości maksymalnej do 120 km/h, ponieważ nie jest ona potrzebna w ruchu aglomeracyjnym, a jej wprowadzenie wymagałoby zmiany przekładni,
 - dla oceny właściwego wykorzystania mocy silników trakcyjnych i innych elementów energoelektroniki obwodów trakcyjnych potrzebna jest znajomość średnich parametrów rozkładu jazdy (odległości międzyprzystankowych, czasów postojów, dopuszczalnych prędkości jazdy itp.).

D. Do ustalania zakresu modernizacji EN57 celowe jest wykorzystanie wyników prac wykonanych już przez krajowe jednostki badawczo-rozwojowe oraz przeprowadzenie odpowiednich dodatkowych analiz potwierdzających słuszność sformułowanych wymagań technicznych i ekonomicznych.

E. Na podstawie przedstawionych w artykule przemyśleń autora, popartych dodatkowo szeregiem publikacji dotyczących tematu modernizacji EN57, można stwierdzić, że wykonanie modernizacji tych e.z.t. dokładnie wg specyfikacji przetargowej nie jest możliwe. Spełnienie wszystkich wymagań technicznych i eksploatacyjnych wymaga zastosowania nowoczesnych, drogich podzespołów i nie da się tego przeprowadzić przy koszcie całkowitym 4 mln zł, tj. w kwocie narzuconej przez organizatorów przetargu. Jest bardzo prawdopodobne, że przetarg zostanie unieważniony w wyniku braku ofert lub z powodu niespełnienia przez oferentów wymagań zawartych w Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia.

Przy ograniczonych na modernizację środkach finansowych należy przeanalizować i zweryfikować wymagania techniczne przedstawione w [23] a następnie wybrać jedną z alternatyw:

- zakres modernizacji przedstawić na liście, w kolejności wg priorytetów, do swobodnej realizacji przez oferentów, ze wskazaniem przy rozstrzygnięciu przetargu

na tego, który za 4 mln zmodernizuje więcej kolejnych pozycji wg tej listy,

- zakres modernizacji jak w [23], jednak bez arbitralnego ograniczenia kosztów, wybór najtańszej oferty ze spełniających wymagania i dostosowanie liczby modernizowanych pojazdów do perspektyw finansowych, jakie zarysują się po rozstrzygnięciu przetargu, tzn. ok. 2002 r.

F. Należy mocno podkreślić jeszcze jeden, aktualny aspekt sprawy. Ustawa o komercjalizacji, restrukturyzacji i prywatyzacji PKP stwarza zupełnie nowe realia dla procesu modernizacji e.z.t. EN57. Znaczący, a być może nawet decydujący głos przy ustalaniu warunków przetargu i wymagań technicznych, powinni mieć bezpośredni użytkownicy, zarówno w odniesieniu do taboru do ruchu w aglomeracjach, jak i do ruchu regionalnego.

Literatura

- [1] Błaszczak E., Nowak S., Kus E.: *Zamierzenia PAFAWAGU w konstrukcji pojazdów szynowych w latach 1994-95. Materiały X Konferencji Naukowej "Pojazdy Szynowe" Politechnika Wroclawska. Wroclaw 1994.*
- [2] Dobrowolski M.: *Rozwój produkcji elektrycznych zespołów trakcyjnych w Polsce. Technika Transportu Szynowego nr 5/1996*
- [3] Domański E., Kowalczyk E., Skoniecki J.: *Elektryczne zespoły trakcyjne serii EW55 i EN57. Wydanie II. WKiŁ. Warszawa 1974*
- [4] Durzyński Z.: *Efektywność ekonomiczna modernizacji e.z.t. EN57. Materiały XII Konferencji Naukowej "Pojazdy Szynowe". Politechnika Poznańska. Rydzyna 1996.*
- [5] Durzyński Z.: *Kompleksowa modernizacja elektrycznego napędu e.z.t. EN57. Materiały VII Konferencji Naukowej "Semtrak'96". Politechnika Krakowska. Zakopane 1996.*
- [6] Durzyński Z., Łastowski M.: *Wymagania PKP w zakresie zakłóceń na tle innych zarządów kolei. Materiały konferencji „Oddziaływanie trakcji elektrycznej na środowisko”. Politechnika Krakowska. Zakopane – Kościelisko. 1999.*
- [7] Gurgul A.: *Silnik Lka-470 do modernizacji zespołów trakcyjnych EN57. Technika Transportu Szynowego nr 4/1997*
- [8] Kaska J., Sadoch T.: *Niektóre działania ZNTK Mińsk Mazowiecki w celu modernizacji elektrycznych zespołów trakcyjnych. Materiały X Konferencji Naukowej "Pojazdy Szynowe" Politechnika Wroclawska. Wroclaw 1994.*
- [9] Kołodkiewicz K.: *Energochłonność układu ogrzewania zespołu trakcyjnego EN57. Technika Transportu Szynowego nr 4/1997*
- [10] Łukaszewski J.: *Silnik Lka-470 do modernizacji zespołów trakcyjnych EN57. Technika Transportu Szynowego nr 5/1996*
- [11] Pawlak Z., Ruthendorf-Przewoski K.: *Teoretyczna ocena poprawy spokojności biegu zespołu trakcyjnego EN57 po modernizacji wózków. Materiały XIII Konfe-*

- rencji Naukowej "Pojazdy Szynowe". Politechnika Poznańska. Rydzyna 1996.
- [12] Ptaszyński T.: Nowe urządzenia zabezpieczenia i sterowania do elektrycznych zespołów trakcyjnych z ZAE Woltan. Technika Transportu Szynowego nr 5/1996
- [13] Rabsztyn M.: Tyristorowe zespoły trakcyjne EN57 na PKP. Technika Transportu Szynowego nr 5/1996
- [14] Raczyński J.: Awaryjność silników trakcyjnych i przetwornic zespołów trakcyjnych EN57. Technika Transportu Szynowego nr 4/1997
- [15] Raczyński J.: O modernizacji zespołów trakcyjnych EN57 – za i przeciw. Technika Transportu Szynowego nr 5/1996
- [16] Suwalski R.: Wózki do nowych i modernizowanych elektrycznych zespołów trakcyjnych. Technika Transportu Szynowego nr 5/1996
- [17] Wydmuch J.: Wózki 15MN i 28AN do modernizowanych zespołów trakcyjnych EN57. Przegląd Mechaniczny nr 23-24/1996.
- [18] Zamojski Józef.: Badania specjalne silników typu Lka-470. Technika Transportu Szynowego nr 5/1996
- [19] Analiza rynku i propozycje modernizacyjne taboru w Polsce. Opracowanie ABB Transportation. Poznań 1993
- [20] Informacje o zamierzeniach PKP w zakresie zakupów i modernizacji taboru kolejowego w latach 1999-2010 zawartych w „Polityce taborowej PKP”. PKP Dyrekcja Trakcji i Zaplecza Warsztatowego. Kraków 1998
- [21] Modernizacja EZT w ujęciu wariantowym. Opracowanie nr CME2-612-02/97. PKP Dyrekcja Trakcji i Zaplecza Warsztatowego. Kraków 1997
- [22] Opracowanie dopuszczalnych parametrów zakłóceń dla urządzeń s.r.k., łączności i pojazdów trakcyjnych. Opracowanie nr 6915/23. CNTK. Warszawa 1999
- [23] Wstępna Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia. Nr MEKc-6220-17/99. PKP. Kraków 2000