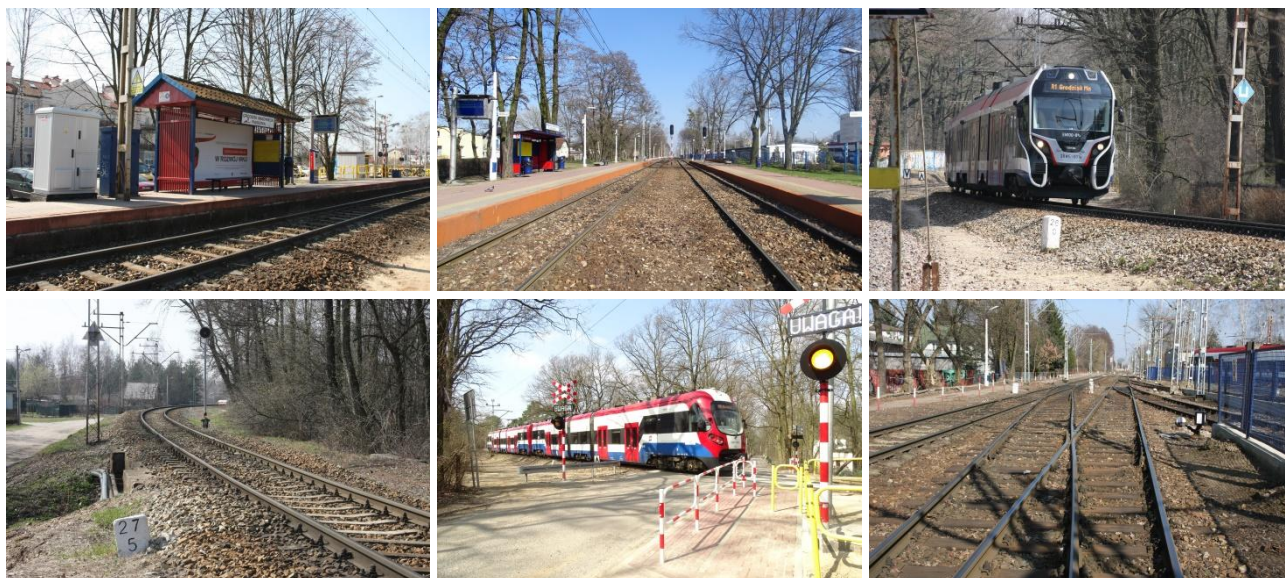


**OPRACOWANIE DOKUMENTACJI PROJEKTOWO-KOSZTORYSOWEJ
NIEZBĘDNEJ DLA REALIZACJI INWESTYCJI PN.
„MODERNIZACJA INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ LINII WKD – POPRZECZ BUDOWĘ DRUGIEGO TORU LINII
KOLEJOWEJ NR 47 OD PODKOWY LEŚNEJ DO GRODZISKA MAZOWIECKIEGO”**

OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

**ZAŁĄCZNIK SZT
SYSTEM ZASILANIA TRAKCJI**



PROJEKT TEN PRZYSZYNIA SIĘ DO ZMNIEJSZENIA RÓŻNIC SPOŁECZNYCH I GOSPODARCZYCH POMIĘDZY OBYWATELAMI UNII EUROPEJSKIEJ

Projekt ubiega się o współfinansowanie ze środków Unii Europejskiej
w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020

Wyłącznie odpowiedzialność za treść publikacji ponosi jej autor.
Unia Europejska nie odpowiada za ewentualne wykorzystanie informacji zawartych w takiej publikacji.

Zamawiający:



Warszawska Kolej Dojazdowa sp. z o.o.

Warszawska Kolej Dojazdowa sp. z o.o.

ul. Stefana Batorego 23
05-825 Grodzisk Mazowiecki

Wykonawca:

Multiconsult

Multiconsult Polska sp. z o.o.

ul. Bonifraterska 17
00-203 Warszawa

PROJEKT	„Modernizacja infrastruktury kolejowej linii WKD – poprzez budowę drugiego toru linii kolejowej nr 47 od Podkowy Leśnej do Grodziska Mazowieckiego”
ETAP	Etap IV: Opracowanie dokumentacji dla następnych etapów realizacji projektu
TYTUŁ	Etap IVC: Opracowanie materiałów przetargowych; Załącznik SZT – System zasilania trakcji
ZAMAWIAJĄCY	Warszawska Kolej Dojazdowa sp. z o.o.
NUMER DOKUMENTU	Wersja 1
DATA	Listopad 2018 r.

SPIS TREŚCI

Spis treści	4
Spis tabel.....	5
Spis rysunków	5
Spis wykresów	5
Spis załączników	5
Akronimy i skróty	6
1. Założenia systemu zasilania	7
2. Przejazdy teoretyczne	8
2.1 Założenia do obliczeń	8
2.2 Obliczeniowe ezt	10
3. Symulacja obciążeń podstacji	19
3.1 Założenia	19
3.2 Dane i parametry systemu zasilania	19
3.3 Wykresy obciążenia podstacji trakcyjnych	19
4. Kryteria energetyczne zasilania	25
4.1 Stan projektowany	25
4.2 Wniosek generalny odnośnie bilansu energetycznego	26
4.3 Schemat ideowy podstacji trakcyjnej „Grodzisk Mazowiecki”	26

SPIS TABEL

Tabela 2-1	LK 47 odcinek Pruszków WKD – Podkowa Leśna Główna	8
Tabela 2-2	LK 47 odcinek Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska	8
Tabela 2-3	LK48 odcinek Podkowa Leśna Główna – Milanówek Grudów	9
Tabela 2-4	„Ezt obliczeniowe” i czasy odjazdów na LK47 – odcinek Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska (stan projektowany).....	11
Tabela 2-5	„Ezt obliczeniowy 1” i czasy odjazdów na LK48 – odcinek Podkowa Leśna Główna – Milanówek Grudów (stan projektowany).....	12
Tabela 3-1	Dane techniczne i parametry podstacji.	19
Tabela 4-1	Ocena konfiguracji podstacji.	25

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1	„Ezt obliczeniowy 1” – wykres $F; I = f(V)$	11
Rysunek 2	„Ezt obliczeniowy 1” – wykres $F; I = f(V)$	11
Rysunek 3	Przejazd teoretyczny Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska, pojazd 36WE	13
Rysunek 4	Przejazd teoretyczny Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna, pojazd 36WE	13
Rysunek 5	Przejazd teoretyczny Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska, pojazd 40WE	13
Rysunek 6	Przejazd teoretyczny Przejazd teoretyczny Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna, pojazd 36WE	14
Rysunek 7	Przejazd teoretyczny Podkowa Leśna Główna – Pruszków WKD, pojazd 40WE	14
Rysunek 8	Przejazd teoretyczny Pruszków WKD - Podkowa Leśna Główna, pojazd 40WE	14
Rysunek 9	Przejazd teoretyczny Pruszków WKD - Podkowa Leśna Główna, pojazd 36WE	15
Rysunek 10	Przejazd teoretyczny Podkowa Leśna Główna- Pruszków WKD, pojazd 36WE	15
Rysunek 11	Przejazd teoretyczny Podkowa Leśna Główna – Milanówek Grudów, pojazd 40WE.....	15
Rysunek 12	Przejazd teoretyczny Milanówek Grudów - Podkowa Leśna Główna, pojazd 40WE.....	16
Rysunek 13	Graficzny rozkład jazdy Pruszków WKD – Grodzisk Mazowiecki Radońska	17
Rysunek 14	Graficzny rozkład jazdy Podkowa Leśna Główna – Milanówek Grudów	18

SPIS WYKRESÓW

Wykres 1	LK47 odcinek Pruszków WKD – Podkowa Leśna Główna, profil pionowy toru	9
Wykres 2	LK47 odcinek Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska, profil pionowy toru	10
Wykres 3	Wykres obciążenia podstacji trakcyjnej Pruszków (część I).	20
Wykres 4	Wykres obciążenia podstacji trakcyjnej Pruszków (część II).	21
Wykres 5	Wykres obciążenia podstacji trakcyjnej Grodzisk Mazowiecki (część I).	22
Wykres 6	Wykres obciążenia podstacji trakcyjnej Grodzisk Mazowiecki (część II).	23

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

Załącznik 1	Schemat ideowy obwodu głównego podstacji „Grodzisk Mazowiecki”	27
-------------	--	----

Akronimy i skróty

AC	Prąd przemienny
AGC	Umowa europejska o głównych europejskich liniach kolejowych, sporządzona w 1985 roku
AGTC	Umowa europejska o ważnych międzynarodowych liniach transportu kombinowanego i obiektach towarzyszących, sporządzona w 1991 roku
DC	Prąd stały
EOR	Elektryczne ogrzewanie rozjazdów
EZT	Elektryczny zespół trakcyjny
LCS	Lokalne Centrum Sterowania
LK	Linia Kolejowa
LPN	Linia potrzeb nietrakcyjnych
OPZ	Opis Przedmiotu Zamówienia
p.o. / PO	Przystanek osobowy
PFU	Program Funkcjonalno-Użytkowy
Przejazd	Jednopoziomowe skrzyżowanie linii kolejowej z drogą kołową
PoliŚ 2014-2020	Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014 – 2020
SIWZ	Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia
srk	Sterowanie ruchem kolejowym
ST	Stacja kolejowa
SW	Studium Wykonalności
UE	Unia Europejska
WKD	Warszawska Kolej Dojazdowa sp. z o.o.
Wykonawca	Multiconsult Polska sp. z o. o.
Zamawiający	Warszawska Kolej Dojazdowa sp. z o.o.

1. Założenia systemu zasilania

Dla potrzeb przedmiotowej analizy założono wstępnie, iż:

- linia kolejowa nr 47 na całej długości jest dwutorowa, maksymalna (szczytowa) gęstość ruchu pociągów na każdym torze tej linii wynosi 10 minut, a na jednotorowej LK 48, dla obydwu kierunków – 20 minut;
- z uwagi na zakończoną w roku 2016 wymianę pojazdów na jednosystemowe (3 kV DC) nowej generacji, rezygnuje się całkowicie z analizowania wariantów zakładających system zasilania inny niż 3 kV DC;
- nie zakłada się budowy stacjonarnych systemów umożliwiających magazynowanie w podstacjach energii zwracanej przez eżt przy hamowaniu, lub jej przekształcania w falownikach na energię prądu AC w celu zwrotu do sieci energetycznej¹;
- kryterium wyboru systemu zasilania trakcyjnego, powinno być zapewnienie przez system zasilania trakcji określonych w PN-EN50338, PN-EN50163 oraz TSI „Energia”, odpowiednich parametrów jakościowych zasilania pojazdów trakcji elektrycznej, przy gęstości ruchu pociągów jw.;
- system podawania napięcia do przedmiotowego odcinka (sekcji) zasilania, tj.: Pruszków – (Podkowa Leśna) – Grodzisk Mazowiecki Radońska / Milanówek pozostaje jako dwustronny, zasilany od strony wschodniej z PT „Pruszków”, a od strony zachodniej z PT „Grodzisk Mazowiecki” z kabiną sekcijną „Podkowa Leśna Zachodnia”.

Na tej podstawie, dla potrzeb oszacowania potrzebnych parametrów systemu zasilania, zdefiniowany został energetyczny system zasilania, w którym:

- z zewnętrznymi dostawcami energii elektrycznej dla WKD uzgodnione zostaje odpowiednie powiększenie mocy umownej dostarczanej do PT „Grodzisk Mazowiecki” (do ok. 2 – 2,5 MW) oraz zapewnienie standardowej pewności zasilania poprzez wykonanie zasilania podstawowego z sieci zewnętrznej nową linią SN 15 kV, oraz pozostawienie obecnego zasilania (z GPZ Grodzisk Mazowiecki poprzez RSM Stara Rozdzielnia) jako rezerwowego;
- moc umowna dostarczana do PT „Pruszków” zostaje zwiększona do 4 MW;
- w PT „Grodzisk Mazowiecki” pozostaje jeden transformator prostownikowy trójzwojeniowy 4,4 MVA, zasilający zasilacze torów szlakowych: „Pruszków 1” i „Pruszków 2”
- drugi, trójzwojeniowy transformator prostownikowy 4,4, MVA zasila dwa zasilacze: „Elektrowozownia” (tory na stacji postojowej i w hali przeglądowo-naprawczej), oraz „Stacja Grodzisk Mazowiecki Radońska”.

¹ Z uwagi na znaczącą gęstość ruchu i dużą liczbę zatrzymań handlowych pociągów WKD, energia wytwarzana przez pojazdy hamujące (rekuperacyjna) jest w praktyce w dużej części zużywana przez inne eżt, dokonujące rozruchu.

2. Przejazdy teoretyczne

2.1 Założenia do obliczeń

Do rozwiązania analitycznego równania ruchu pociągu wykorzystana została metoda prostokątów. Jest to najprostsza z metod przybliżonych i przy bardzo małym kroku daje błąd względny nie większy niż 1%. Wykonanie obliczeń sprowadza się do rozwiązania równania ruchu pojazdu:

$$F(v) - R = m a \gamma$$

gdzie: $F(v)$ [N] – siła pociągowa pojazdu dla prędkości średniej, R [N] – suma wszystkich oporów ruchu działających na pojazd, m [kg] – masa pojazdu, γ – współczynnik mas wirujących, a [$\frac{m}{s^2}$] – przyspieszenie.

Podczas rozpędzania siła F i prąd I dane pobierane są z charakterystyk trakcyjnych pojazdu. Dla jazdy z wybiegu siła $F = 0$ oraz prąd $I = 0$, do czasu aż prędkość nie spadnie poniżej ustalonej wartości od prędkości maksymalnej ($V_{max} \pm 0,5$ km/h). Dla każdego kroku n obliczana jest droga hamowania. Jeżeli przekroczy ona odległość przystanku program przechodzi do hamowania ze stałym opóźnieniem ($0,5$ m/s² – pociągi pasażerskie, $0,3$ m/s² – pociągi towarowe). Współczynnik mas wirujących przyjęto dla elektrycznych zespołów trakcyjnych $\gamma = 1,1$. Przejazdy wykonano z krokiem, co 0,1 sekundy. Opory ruchu R można zapisać za pomocą aproksymacji wielomianem:

$$R = A + Bv + Cv^2$$

gdzie: v – prędkość pociągu; A , B , C – współczynniki stałe zależne od ciężaru taboru, ilości wagonów i osi, powierzchnią przekroju poprzecznego kształtu pojazdu itd. Długość pociągów nie przekracza dopuszczalnych wymiarów (60 m).

W programie wykorzystano wzory oporów ruchu wg CNTK.

Przyjęto, że wszystkie pociągi pasażerskie WKD zatrzymują się na wszystkich ST i PO.

W tabelach poniżej podane są wartości kilometrażu osi ST i PO, projektowanych przejazdów, oraz profile pionowe toru.

Tabela 2-1 LK 47 odcinek Pruszków WKD – Podkowa Leśna Główna

Stacja	km linii	km na przejazdach w kierunku Podkowy Leśnej	km na przejazdach w kierunku Pruszkowa
Pruszków WKD	16+56	0	0
Komorów	18+127	1,567	0,921
Nowa Wieś	19+606	3,046	2,83
Kanie	21+357	4,797	3,605
Otrębusy	22+132	5,572	5,356
Podkowa Leśna Wschodnia	24+041	7,481	6,835
Podkowa Leśna Główna	24+962	8,402	8,402

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 2-2 LK 47 odcinek Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska

Stacja	km linii	km na przejazdach w kierunku Grodziska Mazowieckiego	km na przejazdach w kierunku Podkowy Leśnej
Podkowa Leśna Główna	24+962	0	7,645
Podkowa Leśna Zachodnia	25+855	0,893	6,752
Kazimierówka	27+394	2,432	5,213
Brzózki	28+886	3,924	3,721
Grodzisk Mazowiecki Okrężna	30+228	5,266	2,379
Grodzisk Mazowiecki Piaskowa	30+866	5,904	1,741
Grodzisk Mazowiecki Jordanowice	31+941	6,979	0,666
Grodzisk Mazowiecki Radońska	32+607	7,645	0

Źródło: Opracowanie własne

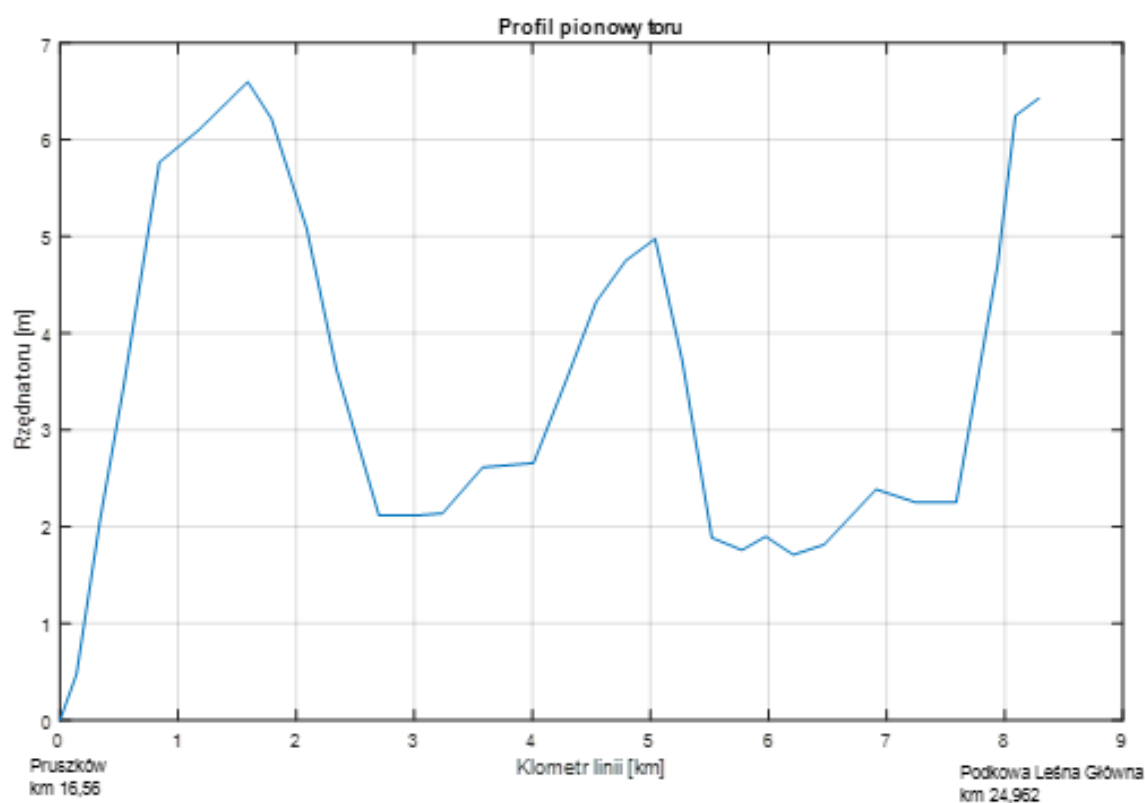
Tabela 2-3 LK48 odcinek Podkowa Leśna Główna – Milanówek Grudów

Stacja	Km linii	km na przejazdach w kierunku Milanówka	km na przejazdach w kierunku Podkowy Leśnej
Podkowa Leśna Zachodnia	0+703	0,703	0
Polesie	1+531	1,531	1,022
Milanówek Grudów	2+553	2,553	2,553

Źródło: Opracowanie własne

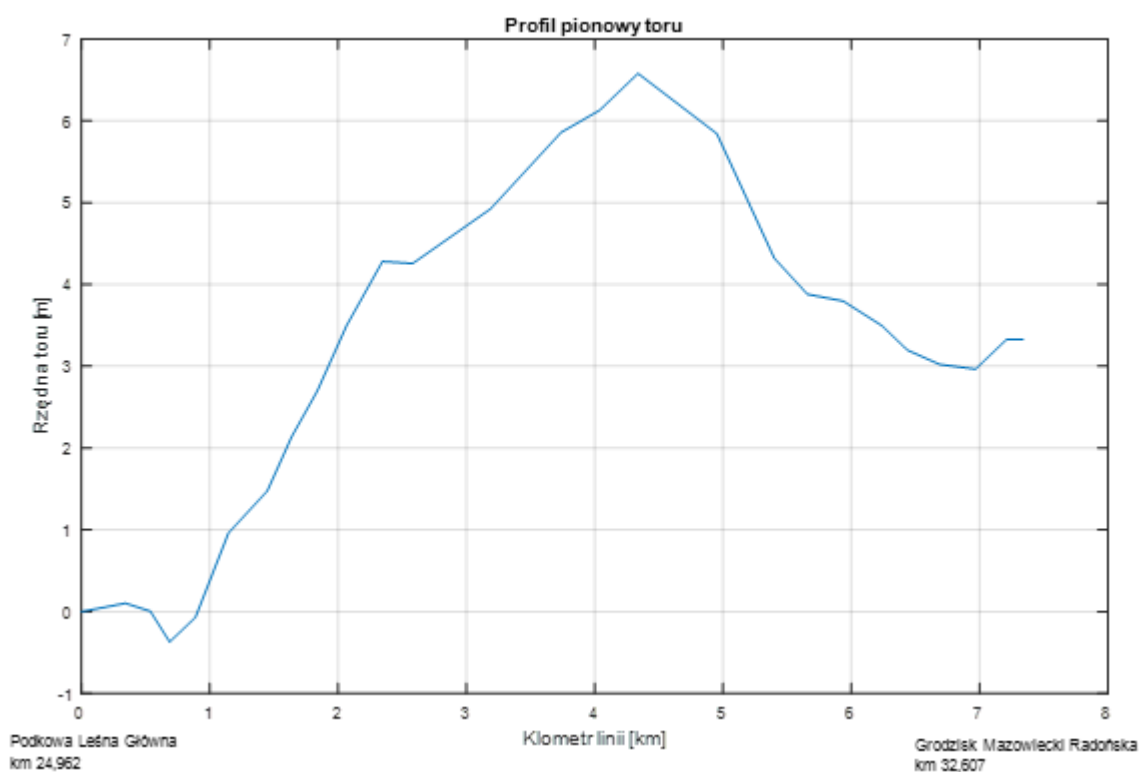
W kolejnych tabelach pokazane zostały profile pionowe toru na LK 47.

Wykres 1 LK47 odcinek Pruszków WKD – Podkowa Leśna Główna, profil pionowy toru



Źródło: Opracowanie własne

Wykres 2 LK47 odcinek Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska, profil pionowy toru



Źródło: Opracowanie własne

2.2 Obliczeniowe ez

Dla potrzeb obliczeń systemu zasilania przyjęto:

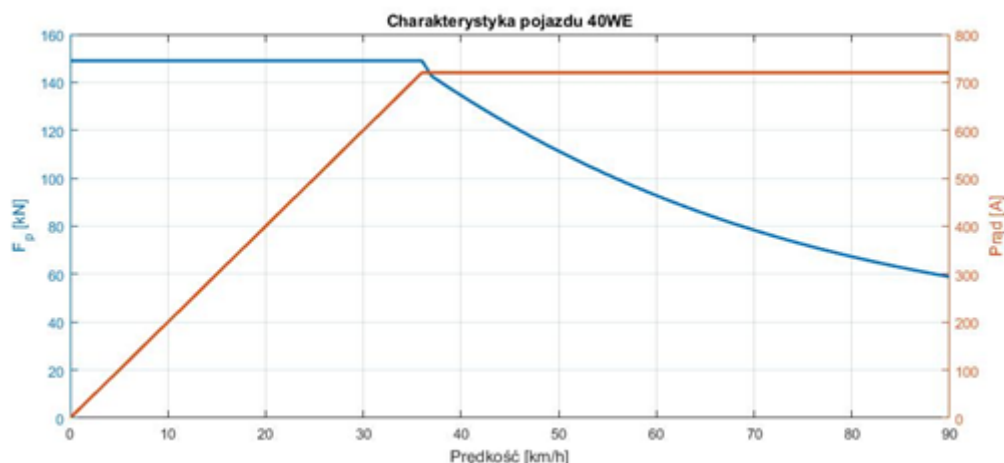
Obliczeniowy „Ezt 1 (40WE)”:

- pojazd o masie własnej 109 ton + masa pasażerów 21 ton = 130 ton;
- prędkość maksymalna 80 km/godz.;
- moc ciągła 1.400 kW.

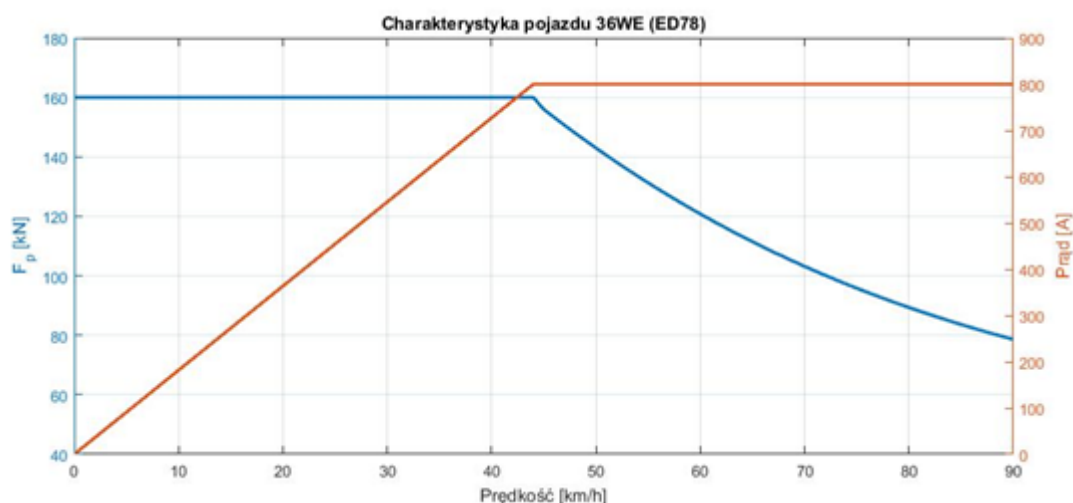
Obliczeniowy „Ezt 2 (36WE)”:

- pojazd o masie własnej 109 ton + masa pasażerów 21 ton = 130 ton;
- prędkość maksymalna 80 km/godz.;
- moc ciągła 1.600 kW.

Wykresy $F; I = f(V)$ pojazdów obliczeniowych jw, podane są na rysunkach poniżej.

Rysunek 1 „Ezt obliczeniowy 1” – wykres $F; I = f(V)$ 

Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 2 „Ezt obliczeniowy 1” – wykres $F; I = f(V)$ 

Źródło: Opracowanie własne

Przejazdy wykonano wg rozkładu jazdy zawartego w opracowaniu w godzinach 06:00 ÷ 10:00. Projekt zakłada układ dwutorowy na projektowanym odcinku linii kolejowej nr 47 Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska. Linia kolejowa nr 48 Podkowa Leśna Główna – Milanówek Grudów, pozostaje jednotorowa na całej długości. Na wszystkich odcinkach prędkość maksymalna wynosi 80 km/godz.

Tabela 2-4 „Ezt obliczeniowe” i czasy odjazdów na LK47 – odcinek Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska (stan projektowany)

Nr pociągu	Rodzaj pojazdu	Relacja	Czas odjazdu
103	40WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	06:08:57
105	40WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	06:38:57
107	36WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	07:08:57
109	40WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	07:18:57
111	40WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	07:38:57
113	36WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	07:48:57
115	40WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	08:08:57

Nr pociągu	Rodzaj pojazdu	Relacja	Czas odjazdu
117	40WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	08:18:57
119	36WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	08:38:57
120	40WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	05:57:44
121	40WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	08:48:57
122	40WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	06:05:09
123	40WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	09:08:57
124	36WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	06:23:45
125	36WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	09:18:57
126	40WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	06:38:39
127	40WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	09:38:57
128	40WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	06:58:33
129	40WE	Podkowa Leśna Główna - Grodzisk Mazowiecki Radońska	09:48:57
130	36WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	07:08:33
132	40WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	07:28:33
134	40WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	07:38:33
136	36WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	07:58:33
138	40WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	08:08:33
140	40WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	08:28:33
142	36WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	08:38:33
144	40WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	08:58:33
146	40WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	09:23:33
148	36WE	Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna	09:53:33

Źródło: Opracowanie własne

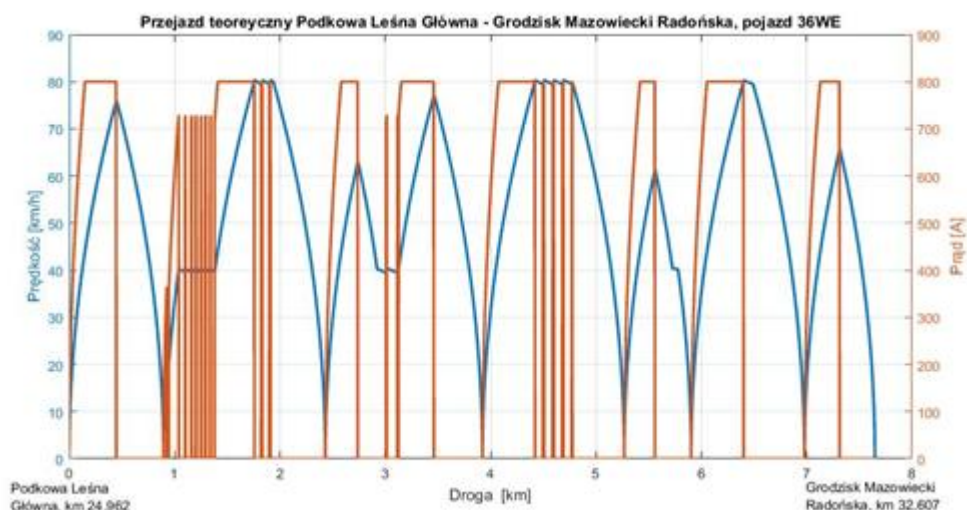
Tabela 2-5 „Ezt obliczeniowy 1” i czasy odjazdów na LK48 – odcinek Podkowa Leśna Główna – Milanówek Grudów (stan projektowany)

Milanówek Grudów - Warszawa Śródmieście WKD		Podkowa Leśna Główna - Milanówek Grudów	
Nazwa	Godz. odjazdu	Nazwa	Godz. odjazdu
milan10	06:20:00	milan2	06:26:00
milan11	06:50:00	milan3	06:56:00
milan12	07:20:00	milan4	07:31:00
milan13	07:50:00	milan5	08:01:00
milan14	08:20:00	milan6	08:31:00
milan15	08:50:00	milan7	09:01:00
milan16	09:10:00	milan8	09:31:00
milan17	09:40:00	Milan1	05:56:00

Źródło: Opracowanie własne

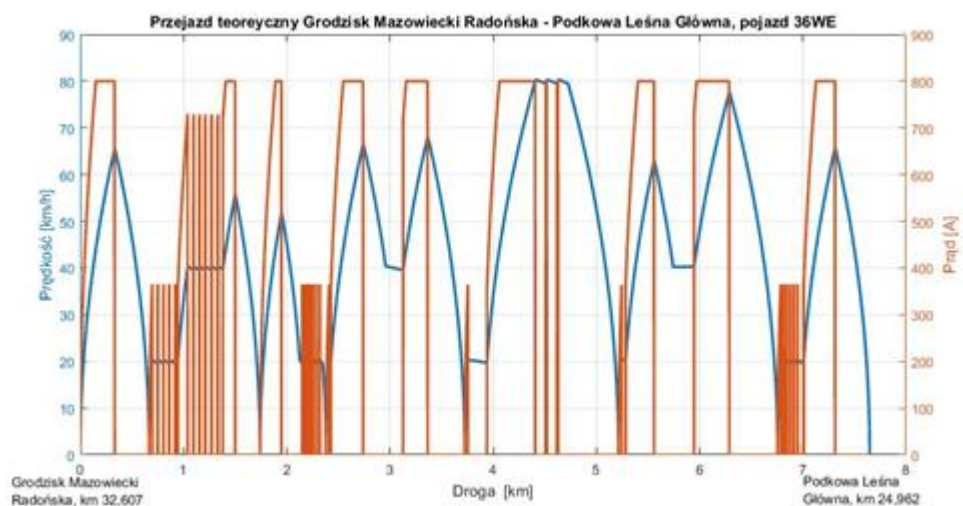
Na rysunkach poniżej, pokazane zostały przejazdy teoretyczne dla „Ezt obliczeniowych” jw. i poszczególnych części przedmiotowego odcinka zasilania trakcyjnego.

Rysunek 3 Przejazd teoretyczny Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska, pojazd 36WE



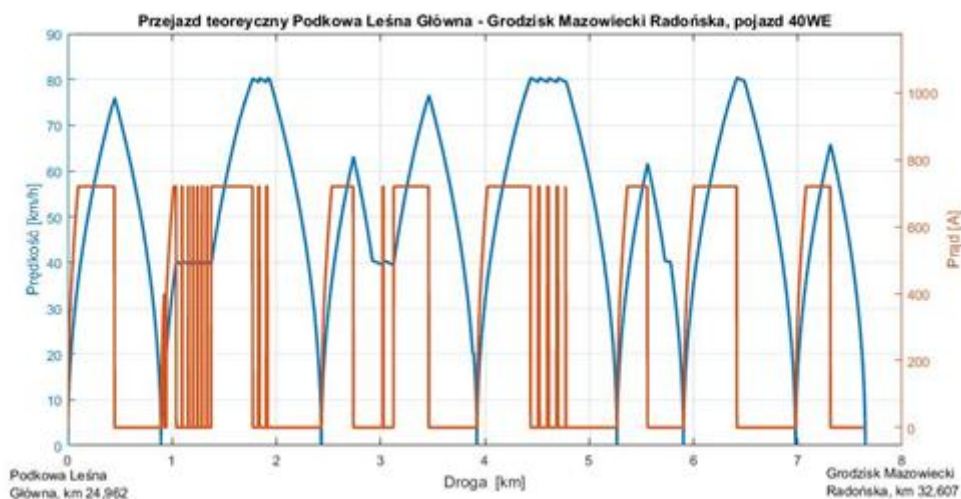
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 4 Przejazd teoretyczny Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna, pojazd 36WE



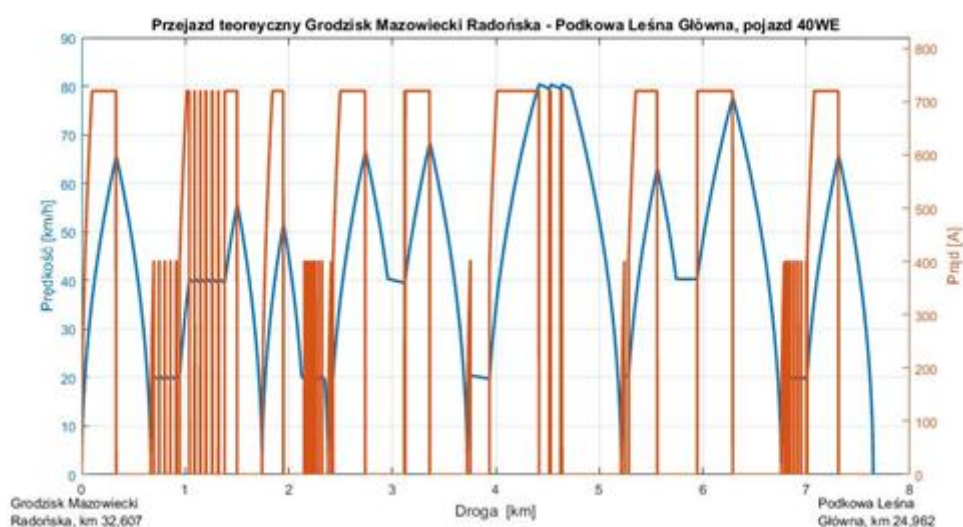
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 5 Przejazd teoretyczny Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska, pojazd 40WE



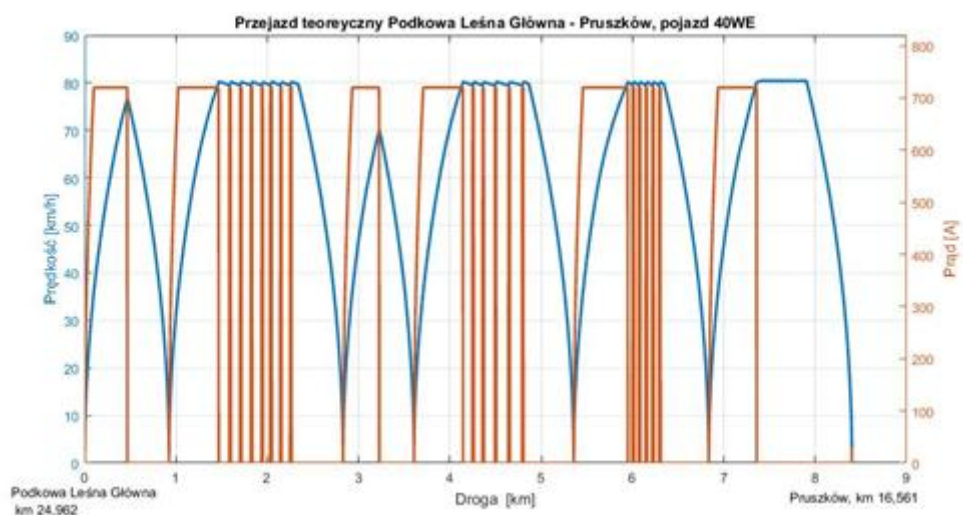
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 6 Przejazd teoretyczny Przejazd teoretyczny Grodzisk Mazowiecki Radońska - Podkowa Leśna Główna, pojazd 36WE



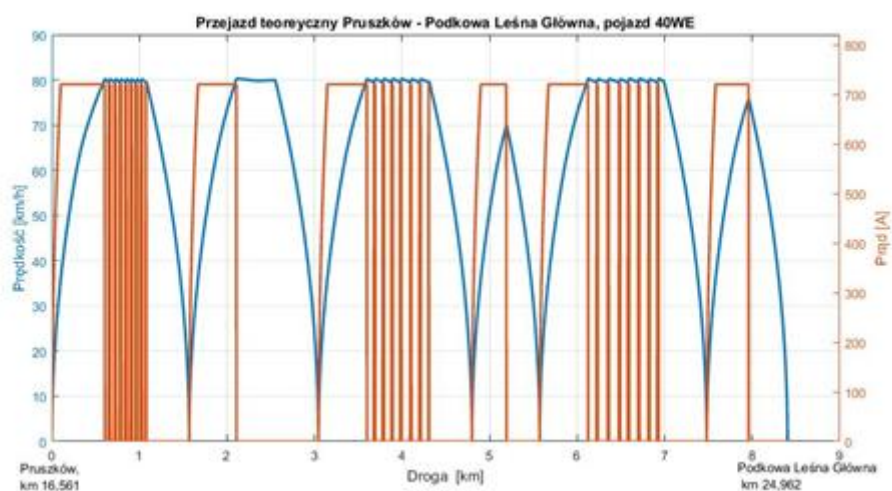
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 7 Przejazd teoretyczny Podkowa Leśna Główna – Pruszków WKD, pojazd 40WE



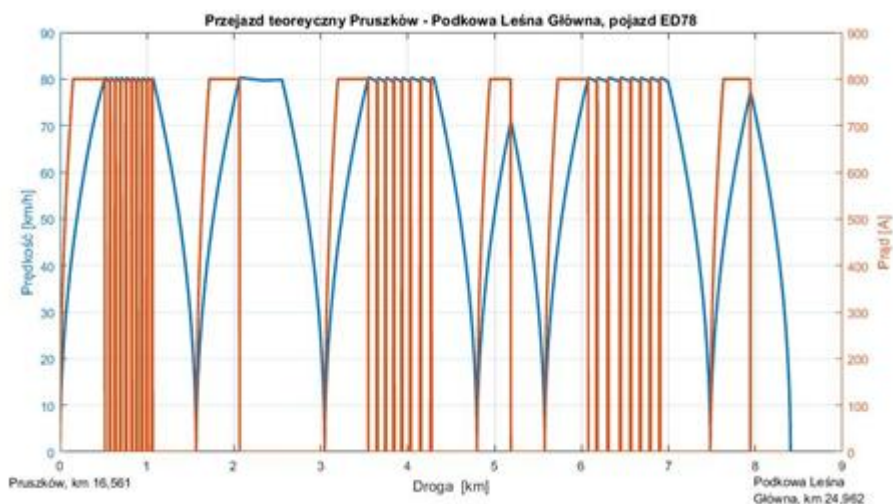
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 8 Przejazd teoretyczny Pruszków WKD - Podkowa Leśna Główna, pojazd 40WE



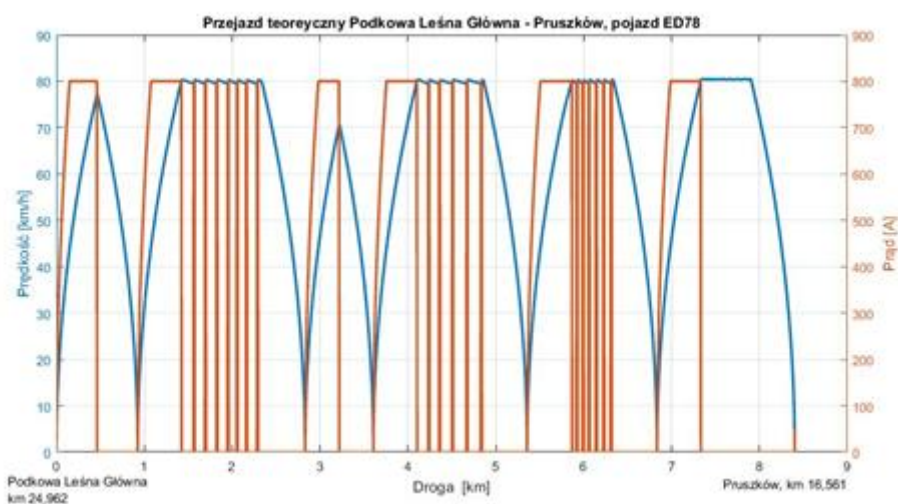
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 9 Przejazd teoretyczny Pruszków WKD - Podkowa Leśna Główna, pojazd 36WE



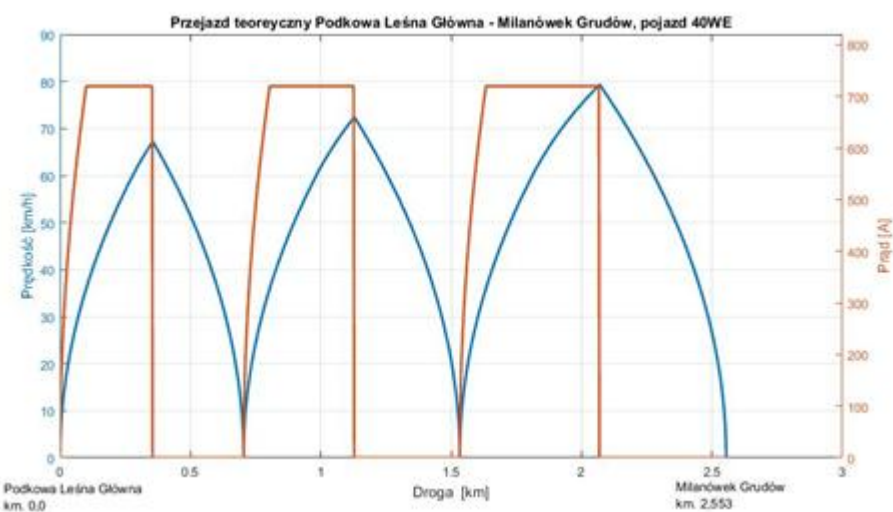
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 10 Przejazd teoretyczny Podkowa Leśna Główna - Pruszków WKD, pojazd 36WE



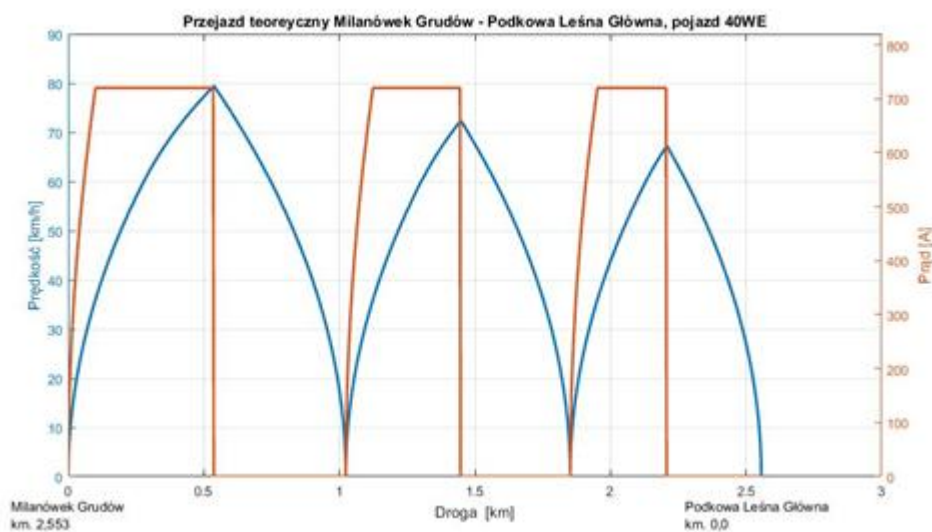
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 11 Przejazd teoretyczny Podkowa Leśna Główna - Milanówek Grudów, pojazd 40WE



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 12 Przejazd teoretyczny Milanówek Grudów - Podkowa Leśna Główna, pojazd 40WE

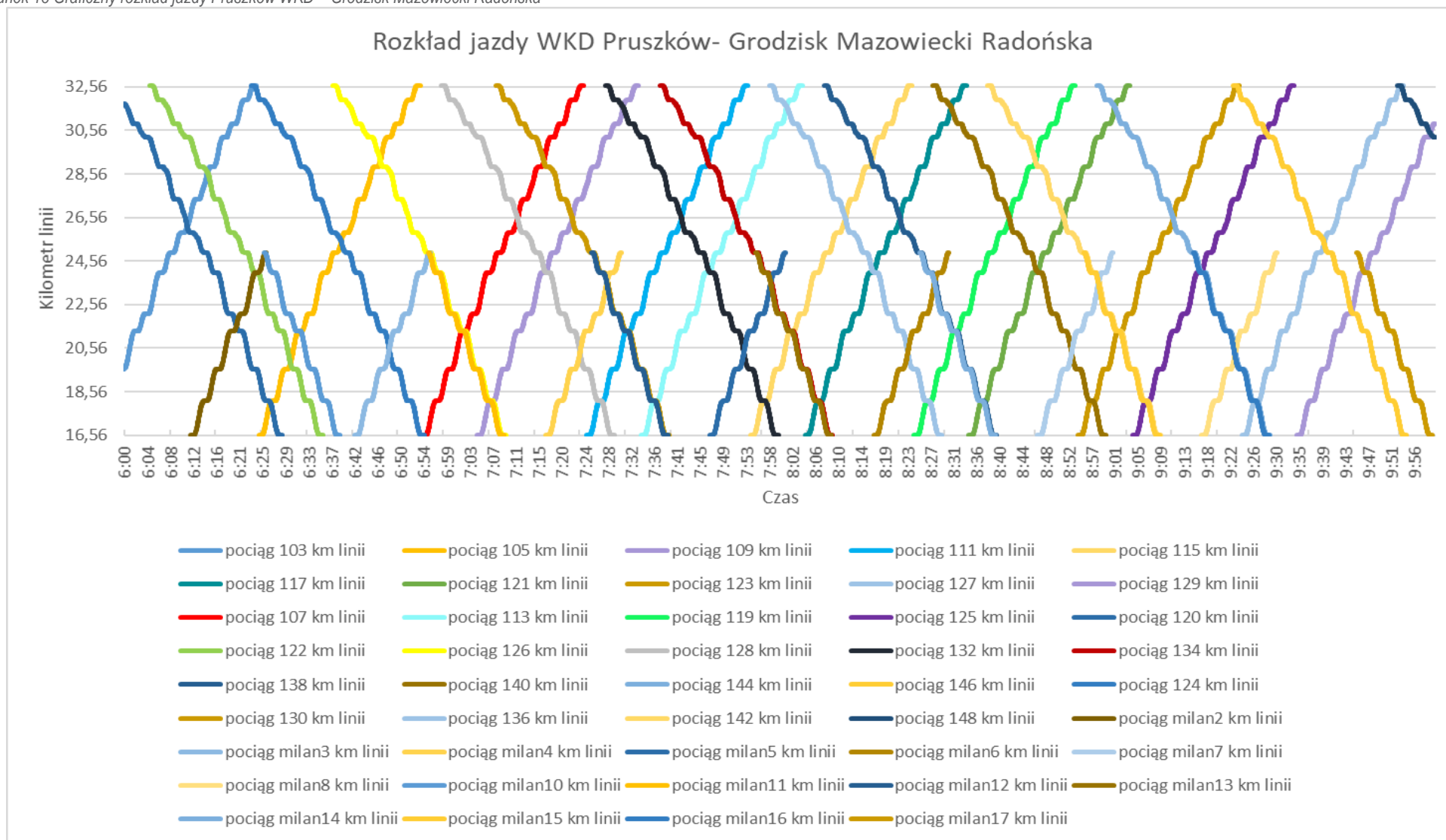


Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie przejazdów teoretycznych, zostały opracowane graficzne rozkłady jazdy:

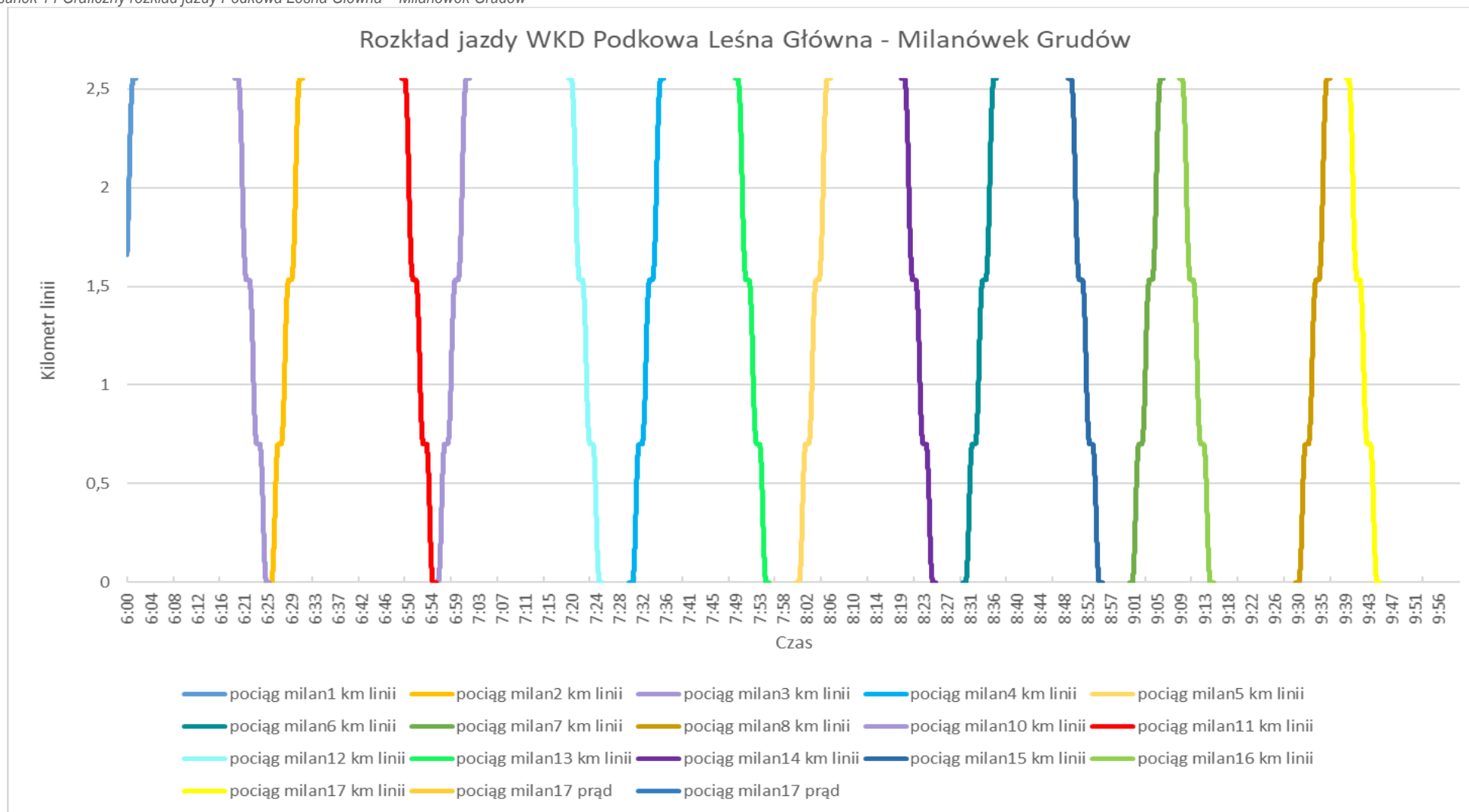
- dla LK 47 na odcinku: Pruszków WKD – Podkowa Leśna Główna – Grodzisk Mazowiecki Radońska;
 - dla LK 47 + 48 na odcinku: Podkowa Leśna Główna – Milanówek Grudów,
- pokazane na rysunkach poniżej.

Rysunek 13 Graficzny rozkład jazdy Pruszków WKD – Grodzisk Mazowiecki Radońska



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 14 Graficzny rozkład jazdy Podkowa Leśna Główna – Milanówek Grudów



Źródło: Opracowanie własne

3. Symulacja obciążeń podstacji

3.1 Założenia

W celu określenia obciążeń podstacji trakcyjnych dokonano symulacji komputerowej systemu energetycznego. Symulacja obejmuje 4 godziny obciążenia szczytowego, zaczynającego się o godz. 6.00. Do analizy przyjęto ruch na linii nr 47 relacji Pruszków – Grodzisk Mazowiecki oraz linii nr 48 relacji Pruszków – Milanówek.

3.2 Dane i parametry systemu zasilania.

Dla „PT Pruszków” dane i parametry odpowiadają stanowi obecnemu z tym, że rekomenduje się aby jej moc umowna została powiększona do 4 MW.

Tabela 3-1 Dane techniczne i parametry podstacji.

Parametr	PT Pruszków	PT Grodzisk Mazowiecki
Napięcie zasilania [kV]	15	15
Źródło zasilania	GPZ Pruszków	GPZ Grodzisk Mazowiecki poprzez RSM Stara Rozdzielnia
Moc zwarciova na szynie 15 kV w GPZ [MVA]	192	194
Linia zasilająca	Kabl. 3xYHAKHS 1x120 dł. 2,3 km	Relacja GPZ – RSM: Napow. 3xAFL70 dł. 3,416 km Napow. 3xAFL50 dł. 1,628 km Kabl. 3xXUHAKHS 1x240 dł. 0,53 km Kabl. HAKnFtA 3x120 dł. 0,13 km Relacja RSM – PT: Kabl. 3xYHAKHS 1x120 dł. 0,87 km
Moc zwarciova na szynie 15 kV w podstacji trakcyjnej [MVA]	137,4	54,5
Moc transformatora prostownikowego [MVA]	6,3	6,3
Moc prostownika [MVA]	5,61	5,61
Rezystancja zastępcza podstacji [Ω]	0,198	0,356
Minimalne prądy zwarciove	Kierunek Warszawa – 2490 A Kierunek Grodzisk Mazowiecki – 2210 A	Kierunek Pruszków – 2310 A
Maksymalny prąd zwarciovy	15,5 kA	9,3 kA

Źródło: Opracowanie własne

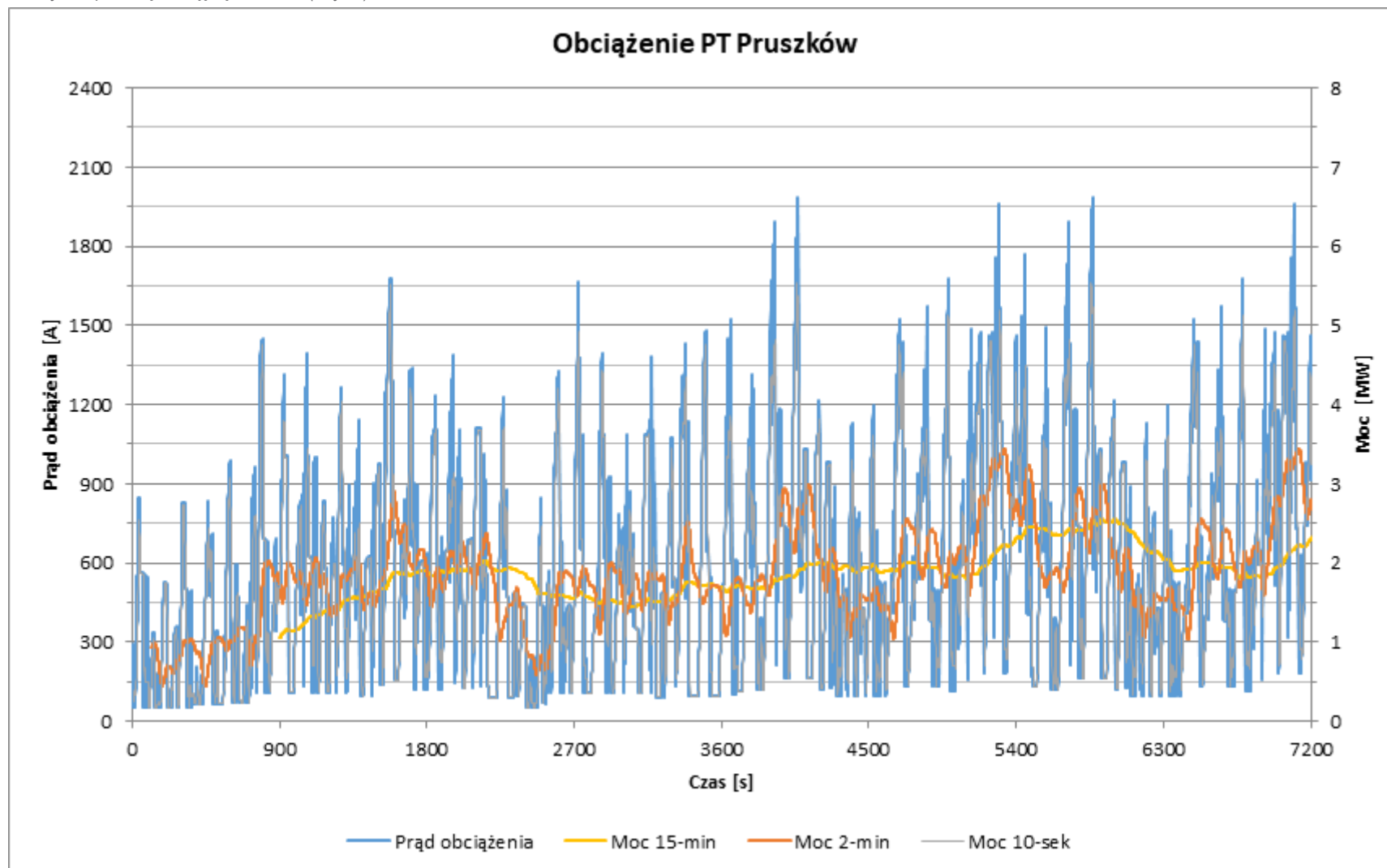
3.3 Wykresy obciążenia podstacji trakcyjnych

Na wykresach poniżej przedstawione zostały wykresy obciążenia każdej z przedmiotowych podstacji:

- mocą w interwałach czasowych jak założono w rozdziale poprzednim;
- prądem w odstępach co kilka sekund i w przedziałach po 900 sek. w zakresie od 0 do 7200 sek (pierwszy wykres) i od 7200 do 14400 sek (kolejny wykres).

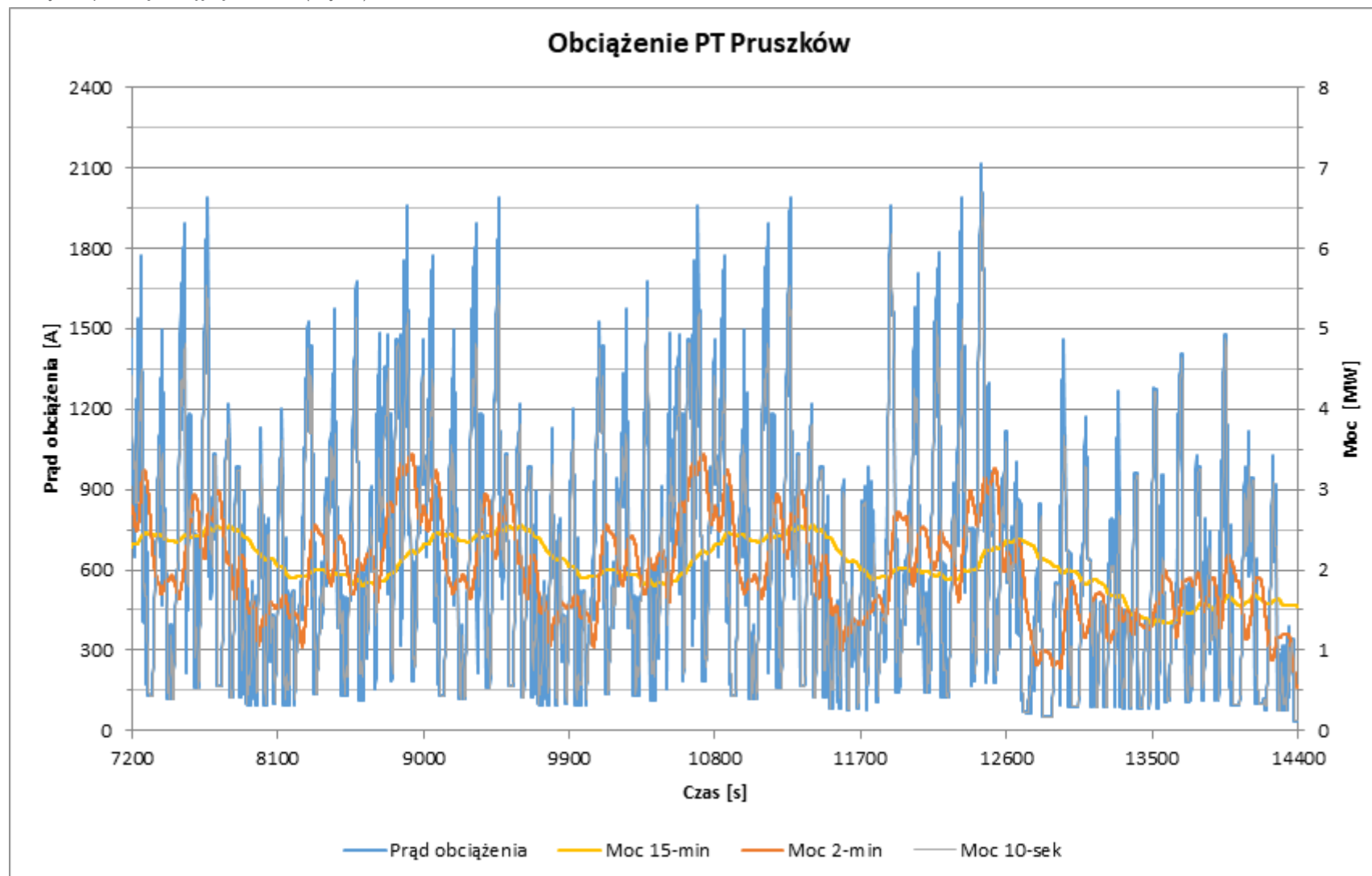
Dodatkowo, w tabelach poniżej, podane zostało liczbowe zestawienie tych wartości.

Wykres 3 Wykres obciążenia podstacji trakcyjnej Pruszków (część I).



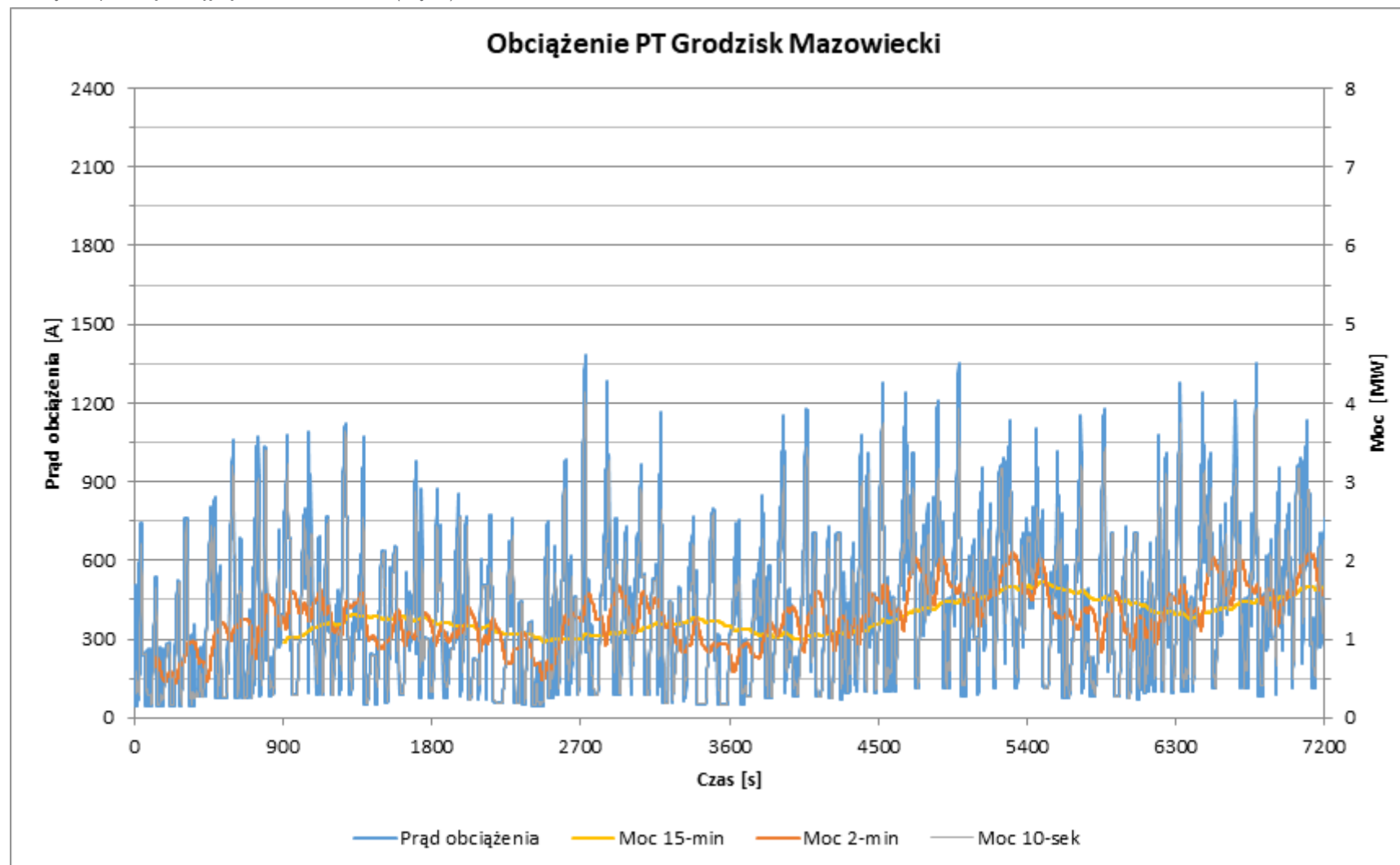
Źródło: Opracowanie własne

Wykres 4 Wykres obciążenia podstacji trakcyjnej Pruszków (część II).



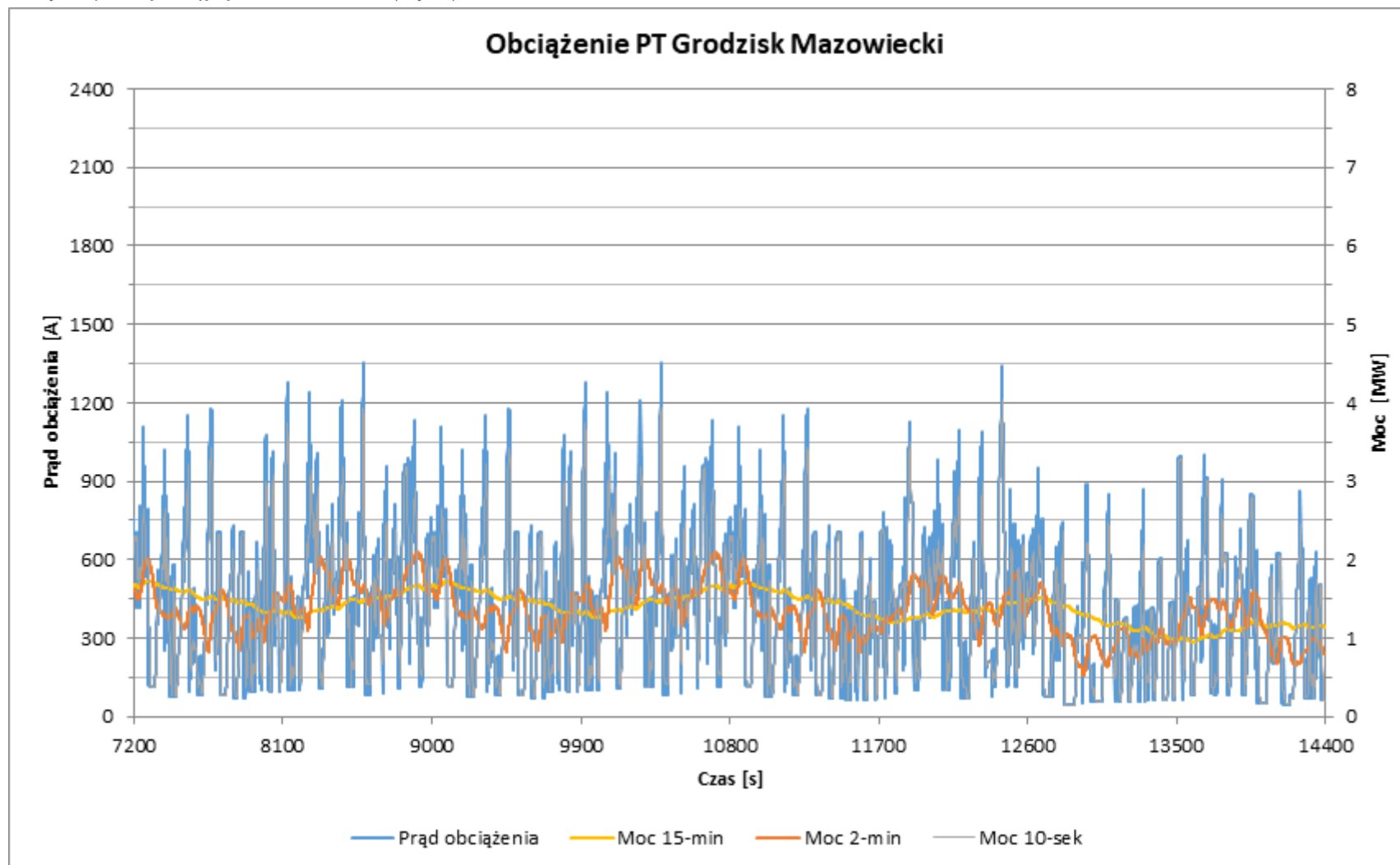
Źródło: Opracowanie własne

Wykres 5 Wykres obciążenia podstacji trakcyjnej Grodzisk Mazowiecki (część I).



Źródło: Opracowanie własne

Wykres 6 Wykres obciążenia podstacji trakcyjnej Grodzisk Mazowiecki (część II).



Źródło: Opracowanie własne

Tabela 3-2 Liczbowe zestawienie obciążenia podstacji prądem i mocą

Parametr	PT Pruszków	PT Grodzisk Mazowiecki
Moc 10-sekundowa [MW]	6,69	4,33
Moc 2-minutowa [MW]	3,44	2,20
Moc 15-minutowa [MW]	2,55	1,81
Moc 1-godzinna [MW]	2,24	1,56
Prąd 10-sekundowy [kA]	2,03	1,31
Prąd 2-minutowy [kA]	1,04	0,66
Prąd 15-minutowy [kA]	0,77	0,55
Prąd 1-godzinny[kA]	0,68	0,47

Źródło: Opracowanie własne

4. Kryteria energetyczne zasilania

Przedstawiona w rozdziale poprzednim symulacja obciążenia prądowego i mocą przedmiotowych podstacji, umożliwia ocenę, czy spełnione są warunki dostatecznego zapasu czynnej mocy znamionowej:

- ✓ prostowników trakcyjnych;
- ✓ transformatorów prostownikowych;

oraz umownej mocy czynnej zapewnionej z zewnętrznego źródła zasilania sieci SN.

4.1 Stan projektowany

Tabela 4-1 Ocena konfiguracji podstacji.

	PT Pruszków	PT Grodzisk Mazowiecki
Symulowana moc czynna 15-to minutowa, zasilanie trakcji i LPN	2,55 MW	1,81 MW
Orientacyjna moc czynna 15-to minutowa: elektrowozownia WKD na st. Grodzisk Mazowiecki Radońska	-----	0,13 MW
Razem moc czynna 15-to minutowa	2,55 MW	1,94 MW
Symulowana moc czynna 1-godzinna, zasilanie trakcji i LPN	2,24 MW	1,56 MW
Orientacyjna moc czynna 1 – godzinna: elektrowozownia WKD na st. Grodzisk Mazowiecki Radońska i sama stacja	-----	0,13 MW
Razem moc czynna 1-godzinna	2,24 MW	1,69 MW
Znamionowa moc czynna transformatora prostownikowego, zasilającego tory szlakowe	5,36 MW	3,96 MW
Czynna moc umowna, możliwa do uzyskania z zasilania zewnętrznego PT	4,0 MW	2,0 – 2,5 MW
Moc zwarciova na szynie 15 kV AC w GPZ	192 MVA	194 MVA
Moc zwarciova na szynie 15 kV AC w PT	137,4 MVA	54,4 MVA
Symulowany prąd 10 – sekundowy	2,03 kA	1,31 kA
Symulowany prąd 15 – minutowy	0,77 kA	0,55 kA
Minimalne prądy zwarciove:	Kierunek Warszawa – 2,5 kA; Kierunek Grodzisk Maz. – 2,2 kA	Kierunek Pruszków – 2,3 kA
Maksymalny prąd zwarciovy	15,5 kA	9,3 kA

Źródło: Opracowanie własne

Dla wariantu inwestycyjnego (WII) przyjęto założenie, że jego realizacja będzie możliwa przy zapewnieniu, że źródeł zewnętrznych SN, mocy umownej: zagwarantowanej 4,0 MW dla PT „Pruszków” i rekomendowanej 2,0 – 2,5 MW dla PT „Grodzisk Mazowiecki”. W tym wypadku parametry energetyczne obydwu podstacji byłyby wystarczające:

1. Dla PT „Pruszków”:

- 1.1 Znamionowa moc czynna prostownika wynosi ok. 5,61 MW i jest to ok. 220% symulowanej mocy ciągłej 15-minutowej i ok. 250% symulowanej mocy 1 godzinnej pobieranej z całej PT.
- 1.2 Symulowana moc ciągła 15-to minutowa pobierana przez całą PT wynosi natomiast ok. 63% uzgodnionej docelowo z energetyką mocy umownej, a moc 1-godzinna – ok. 56%.
- 1.3 Moc zwarciova na szynie 15 kV AC w GPZ jest o ok. 40% większa od mocy zwarciovej na szynie 15 kV AC w PT.
- 1.4 10-sekundowa przeciążalność prądowa prostownika trakcyjnego wynosi 3,4 kA, tj. ok. 167% więcej od symulowanej wartości prądu 10-sekundowego pobieranego z PT, a przeciążalność 2-minutowa prostownika wynosi 2,55 kA, tj. 245% symulowanej wartości prądu 2-minutowego pobieranego z podstacji.
- 1.5 Minimalne prądy zwarciove wynoszą 2,2 do 2,5 kA, przy możliwych nastawach wyłączników szybkich zasilaczy w granicach 1,2 do 2,6 kA.
- 1.6 Maksymalny prąd zwarciovy wynosi 15,5 kA i jest mniejszy od szczytowej wartości prądu zwarciovej prostownika trakcyjnego w czasie 20 ms (41 kA) i w czasie 200 ms (28 kA).

2. Dla PT „Grodzisk Mazowiecki”:

- 2.1 Znamionowa moc czynna jednego prostownika wynosi ok. 5,61 MW i jest to ok. 289% symulowanej mocy ciągłej 15-minutowej i ok. 332% symulowanej mocy 1 godzinnej pobieranej z całej PT.
- 2.2 Symulowana moc ciągła 15-to minutowa pobierana przez całą PT wynosi natomiast ok. 78 – 94% rekomendowanej do uzgodnienia z energetyką mocy umownej, a moc 1-godzinna – ok. 68 – 85 %
- 2.3 Moc zwarciova na szynie 15 kV AC w GPZ jest o ok. 366% większa od mocy zwarciovej na szynie 15 kV AC w PT.
- 2.4 10-sekundowa przeciążalność prądowa prostownika trakcyjnego wynosi 3,4 kA, tj. ok. 259% więcej od symulowanej wartości prądu 10-sekundowego, a przeciążalność 2-minutowa prostownika wynosi 2,55 kA, tj. 386% symulowanej wartości prądu 2-minutowego pobieranego z podstacji.
- 2.5 Minimalny prąd zwarciovy wynosi 2,2 kA, przy możliwych nastawach wyłączników szybkich zasilaczy w granicach 1,2 do 2,6 kA.
- 2.6 Maksymalny prąd zwarciovy wynosi 9,3 kA i jest mniejszy od szczytowej wartości prądu zwarciowego prostownika trakcyjnego w czasie 20 ms (41 kA) i w czasie 200 ms (28 kA).

4.2 Wniosek generalny odnośnie bilansu energetycznego

Istotną barierą realizacji planowanej inwestycji, tj. radykalnego zwiększenia częstotliwości kursowania pociągów na linii nr 47 pomiędzy stacjami Podkowa Leśna Główna i Grodzisk Mazowiecki Radońska poprzez budowę na tym odcinku drugiego toru – może stać się brak dostatecznej mocy, jaką powinny otrzymywać podstacje trakcyjne WKD: „Pruszków” i „Grodzisk Mazowiecki” z sieci zewnętrznej SN.

O ile jednak dla PT „Pruszków”:

- ⇒ zgodnie z przepisami technicznymi o zasilaniu kolejowych podstacji trakcyjnych, już obecnie zapewnione są oddzielne: zasadnicze i rezerwowe źródło zasilania PT z sieci zewnętrznej;
- ⇒ posiadane przez Wykonawcę informacje wskazują, że mógłby on zapewnić dostawę dla PT umownej mocy czynnej na poziomie 4,0 MW,

to przy takich warunkach zewnętrznych i parametrach już posiadanych aparatów przekształtnikowych i łącznikowych w obwodzie głównym tej podstacji, z punktu widzenia energetycznego, założona gęstość ruchu pociągów handlowych w godzinach szczytu, byłaby zagwarantowana.

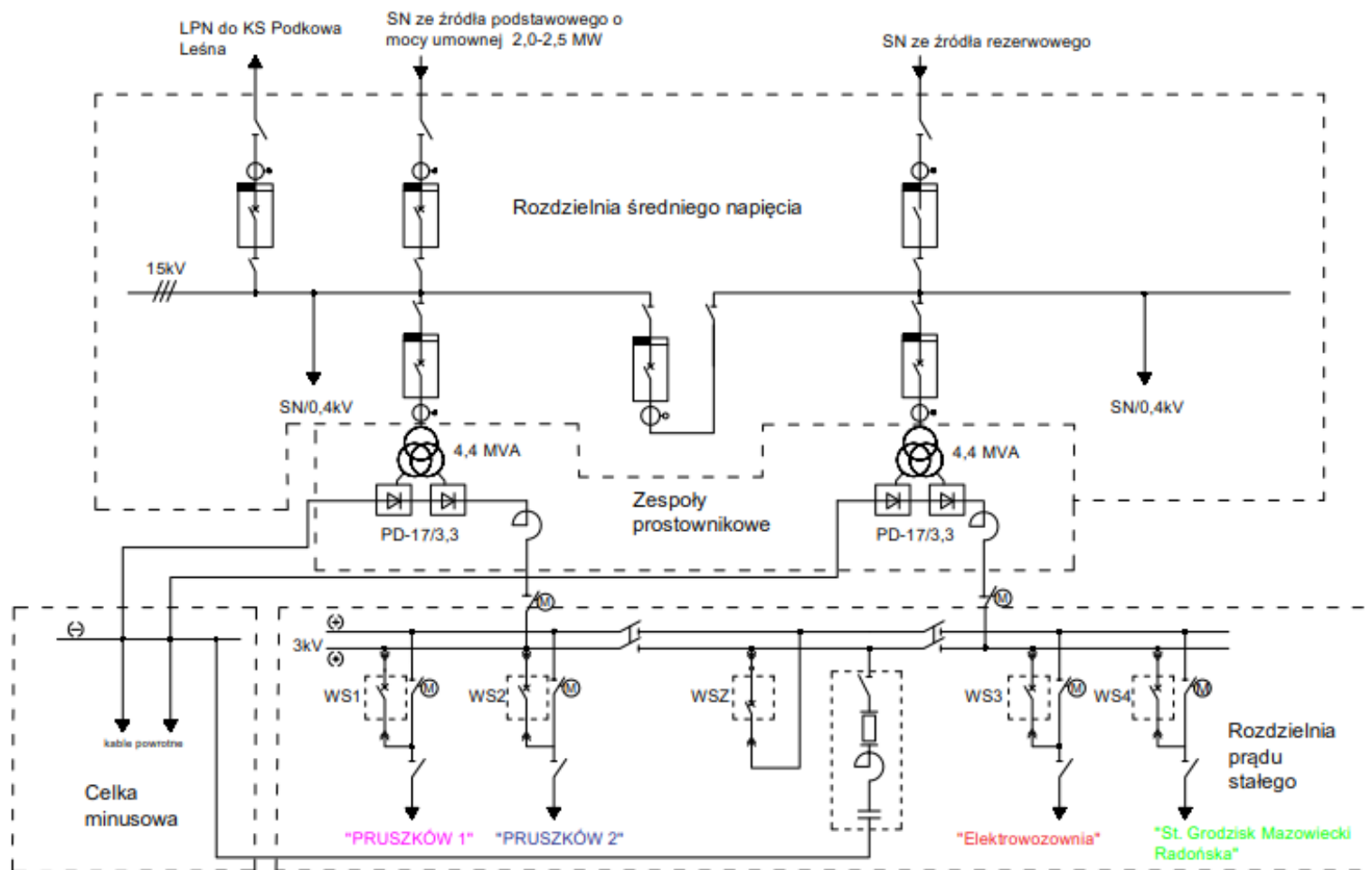
Problemem jest natomiast zasilnie zewnętrzne podstacji trakcyjnej „Grodzisk Mazowiecki”. Jeżeli obecnie gwarantowana moc umowna (1,2 MW) nie zostałaby powiększona do ok. 2,0 – 2,5 MW, to (pomimo, tak jak w Pruszkowie, dostatecznych parametrów już posiadanych aparatów przekształtnikowych i łącznikowych w obwodzie głównym samej podstacji), ruch pociągów z projektowaną gęstością co ok. 10 min. w godzinach szczytowych w każdym kierunku linii dwutorowej, raczej nie byłby możliwy do osiągnięcia. Dodatkowym problemem jest także brak rezerwowego, niezależnego źródła zasilania tej podstacji trakcyjnej. W związku z tym, skierowane zostało pismo w formie zapytania do potencjalnego dostawcy zasilania (PGE Dystrybucja) dla PT, w przedmiotowej kwestii. Korespondencja z PGE Dystrybucja znajduje się w posiadaniu WKD sp. z o.o.

4.3 Schemat ideowy podstacji trakcyjnej „Grodzisk Mazowiecki”

W załączniku przedstawiono schemat ideowe zasadniczych pól, aparatów i ich połączeń obwodu głównego podstacji trakcyjnej „Grodzisk Mazowiecki”.

Kolory wyjść do poszczególnych zasilaczy zgodne są z kolorami, zastosowanymi na odp. schematach sekcjonowania sieci trakcyjnej.

Załącznik 1 Schemat ideowy obwodu głównego podstacji „Grodzisk Mazowiecki”



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: „Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych... TOM IV”, PKP PLK S.A., Warszawa 2009 r.