

## **Design process of modernized lokomotive 19 D**

*The article presents the main stages of the locomotive design process on the example of modernized locomotive 19D. The objectives of the locomotive design, and locomotive construction stages from concept to final executive documentation were described. This article is part of the project Applied Research Programme 3 No. PBS3/B6/33/2015 titled: "Platform of modernized 6-axis internal combustion engines that meet the requirements of the European Union regarding locomotives operating in the country" performed by the Rail Vehicles Institute TABOR in Poznan and Rail Vehicles PESA Bydgoszcz S.A.*

## **Proces projektowania zmodernizowanej lokomotywy 19D**

*W artykule przedstawiono główne etapy procesu projektowania lokomotywy na przykładzie zmodernizowanej lokomotywy 19D. Opisano założenia projektu lokomotywy, etapy realizacji projektu konstrukcyjnego od koncepcji po ostateczną dokumentację wykonawczą. Artykuł powstał w ramach realizowanego projektu Programu Badań Stosowanych 3 nr PBS3/B6/33/2015 pt.: „Platforma zmodernizowanych spalinowych lokomotyw 6-osiowych spełniających wymagania Unii Europejskiej z wykorzystaniem lokomotyw eksploatowanych w kraju” wykonywanego przez Instytut Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu i Pojazdy Szynowe PESA Bydgoszcz S.A.*

### **1. Wstęp**

Wymagania, jakie są stawiane nowym spalinowym pojazdom trakcyjnym określone obowiązującymi przepisami i normami wymuszają na przewoźnikach konieczność zakupu nowego taboru lub modernizację taboru istniejącego. Zakres modernizacji obecnie produkowanych lokomotyw jest bardzo różny, od wymiany silnika spalinowego po gruntowną modernizację polegającą na zbudowaniu nowego pojazdu z wykorzystaniem ostoi lub pudła i układów napędowych.

W niniejszym artykule opisano proces projektowania lokomotywy typu 19D serii SM48. Lokomotywa SM48 (oznaczenie przemysłowe TEM2) jest jednokabinową lokomotywą o mocy 880 kW z przekładnią elektryczną, przeznaczoną do obsługi wschodnich rejonów przygranicznych w pracach przeładunkowych, ciężkich pracach manewrowych, a także (po zabudowie polskich systemów bezpieczeństwa) również do prowadzenia liniowych pociągów towarowych.

Lokomotywy były przygotowane do prac na torach o szerokości 1435 mm lub 1520 mm i były sprowadzane do Polski z byłego ZSRR od 1974 r. zarówno na potrzeby PKP jak i potrzeby kolei przemysłowych. Analizując stan techniczny i parametry lokomotyw serii TEM2 pod kątem realizacji koniecznych zmian organizacyjnych i zadań przewozowych, najbardziej ekonomicznie uzasadnioną decyzją jest przeprowadzenie ich modernizacji.

### **1. Introduction**

The requirements that are placed on new rail combustion units under applicable regulations and standards are forcing carriers to purchase new rolling stock or modernize their existing rolling stock. The scope of modernization of currently manufactured locomotives is very wide, from the replacement of the engine, up to a complete renovation involving the construction of a new vehicle with the use of the frame or chassis and the drivetrain.

This article describes the process of designing type 19D series SM48 locomotive. The SM48 locomotive (industry designation TEM2) is a single cabin locomotive with a power of 880 kW with electric transmission, designed to serve the eastern border regions in the work of handling, loading, unloading cargo, as well as heavy maneuvering work, and (after finishing building the Polish security systems) also to conduct freight runs.

Locomotives were prepared to work on tracks with a width of 1435 mm or 1520 mm and were imported into Poland from the former Soviet Union since 1974. Both for the needs of PKP and the industrial railways. By analyzing the technical condition and parameters of the TEM2 series locomotives for the implementation of the necessary organizational changes and transport tasks, the most economically justified decision is to carry out their modernization.

## 2. Założenia projektu zmodernizowanej lokomotywy 19D

Założono, że modernizacja dotyczyć będzie wszystkich najważniejszych węzłów i układów tzn. zmodernizowana lokomotywa charakteryzować się będzie następującymi rozwiązaniami:

- nowoczesnymi silnikami spalinowymi spełniającymi wymagania etapu IIIb (zgodnie z wymogami Dyrektywy 2004/26/WE Parlamentu Europejskiego) w zakresie ograniczenia emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych do atmosfery
- nowoczesnym zespołem prądnic synchronicznych (główna, pomocnicza)
- układem elektrycznym spełniającym wymagania w zakresie zakłóceń i hałasu
- napędami o zwiększonej mocy pozwalającymi na zwiększenie możliwości przewozowych oraz napędami pomocniczymi z wykorzystaniem silników prądu przemiennego i silników hydraulicznych
- nowoczesnym układem hamulca
- mikroprocesorowym układem sterowania i diagnostyki napędem i całą lokomotywą
- nowoczesnymi kabinami sterowniczymi z niezależnymi układami pulpit-fotel, z nową izolacją akustyczną i termiczną oraz wyłożeniami wyposażoną w klimatyzator (lub schładzacz) dla poprawy komfortu obsługi
- zmodernizowanymi w zakresie prowadzenia zestawów kołowych wózkami trakcyjnymi poprawiającymi oddziaływanie na tor, poprawy szczelności przekładni, zwiększenia trwałości obręczy (w wyniku wprowadzenia systemów smarowania obrzeży kół) oraz poprawy trwałości silników trakcyjnych (zmiana izolacji)
- nowoczesnymi systemami wykrywania, sygnalizacji i gaszenia pożarów w przedziałach maszynowych.

Lokomotywa po modernizacji cechować się będzie zdecydowanym obniżeniem emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery (obniżenie efektów cieplarnianych), obniżeniem emisji substancji szkodliwych zawartych w spalinach (takich jak CO, HC, NO<sub>x</sub>), redukcją hałasu wewnętrznego i zewnętrznego oraz drgań i poprawę kompatybilności elektromagnetycznej.

W tabeli 1 przedstawiono parametry lokomotywy bazowej i lokomotywy 19D (po modernizacji).

## 3 Główne etapy procesu projektowania lokomotywy 19D

Proces projektowania pojazdu trakcyjnego jest bardzo złożony i wymaga dużego nakładu pracy doświadczonych zespołu konstruktorów i specjalistów z różnych dziedzin techniki kolejowej. W artykule skupiono się tylko na części mechanicznej projektu.

## 2 Project assumptions for the modernized locomotive 19D

It was assumed that modernization will apply to all major transport systems and means. Modernized locomotive will be characterized by the following solutions:

- modern internal combustion engines complying with Stage IIIb (as required by Directive 2004/26/EC of the European Parliament) in terms of the emission of gaseous and particulate components to the atmosphere
- modern set of synchronous generators (main, auxiliary)
- electrical system that meets the interference and noise requirements
- drives with increased capacity allowing to increase the transport capacity and auxiliary drives using AC motors and hydraulic motors
- modern brake systems
- microprocessor control and diagnostics system of the drive unit and the entire locomotive
- modern driver's cabins with independent desktop-chair systems, with a new acoustic and thermal insulation and equipped with air conditioner (or cooler) to improve ease of use
- modernized rail carriages with wheel sets to improve their impact on the rail line, improved anti-leak gearbox, increased stability of the rim (as a result of wheel flange lubrication systems) and improved stability of traction motors (changing insulation)
- modern detection, signaling and machinery spaces fire extinguishing systems.

Locomotive after modernization will be characterized by a strong reduction of CO<sub>2</sub> emissions (reduction of the greenhouse effect), reduction of harmful emissions in the exhaust gases (such as CO, HC, NO<sub>x</sub>), internal and external noise reduction, reduced vibration and improved electromagnetic compatibility. Table 1 shows the parameters of a base locomotive and a 19D locomotive (after modernization).

## 3. Main design stages of 19D locomotive

The designing process of a rail vehicle is very complex and requires a large amount of work from an experienced team of designers and specialists in various fields of railway technology. The article focuses on the mechanical part of the project.

The design process can be divided into several main stages:

- Conceptual work and simulation analysis
- Development of a 3D model of the vehicle
- FEA strength analysis
- Development of 2D design documentation
- Development of technical documentation

**Tabela 1 – Porównanie parametrów lok. TEM2 (przed modernizacją) z parametrami lokomotywy 19D**

Lp.	Wielkość , parametr		Jedn.	Wartość	
				Przed modern.	Po modernizacji
1.	Producent lokomotywy bazowej		-	ZSRR BMZ Briańsk	
2.	Typ		-	TEM2	19D
3.	Masa służbowa lokomotywy		[Mg]	118 <sup>-3%</sup>	
4.	Prędkość maksymalna		[km/h]	100	
5.	Rodzaj przekładni		-	Elektryczna	Elektryczna
				DC - DC	AC - DC
6.	Hamulec	- zasadniczy	-	Matrosow	MH
		- postojowy			sprężynowy
7.	Urządzenia bezpieczeństwa ruchu		-	brak	SHP, CA, RS
8.	Silnik spalinowy:	- producent	-	ZSRR	MTU
		- typ	-	PD1M	12V 4000 R84
		- moc znamionowa	[kW]	883	1800
		- obroty	[min <sup>-1</sup> ]	750	1800
		- emisja zanieczyszczeń	-	Brak danych	EU 26/2004 etap III B
		- zużycie paliwa	g / kW*h	229	202 <sup>+5%</sup>
9.	Prądnica główna	- wytwórnia	-	ZSRR	Lechmotoren Nowa prądu przem. Z prostownikiem 1800
		- typ		GP-300BU2	
		- moc znamionowa ciągła		[kW]	
10.	Prądnica pomocnicza	- wytwórnia	-	ZSRR MWG-25/IIU2 5,75 kW	Lechmotoren Nowa, prądu przem. z przetwornicami 120 kVA
11.	Silniki trakcyjne	- typ	-	ED 118 AU2	
		- moc znamionowa ciągła		kW	105
12.	Prędkościomierz		---	Hasler RT9	DEUTA REDBOX
13.	Napięcie obwodów sterowania		[V]	75	24
14.	System sterowania		-	Elektryczny	Mikroprocesorowy
15.	Sprężarka powietrza:	- rodzaj, napęd	-	Tłokowa, od wału korb.	Śrubowa, Silnik elektryczny, 3x400 V AC, 22kW 2,9
		- wydajność		m <sup>3</sup> / min	
16.	Napęd wentylatora chłodnicy		-	Wał Cardana	Hydrostatyczny – płynna regulacja obrotów
17.	Napęd wentylatorów silników trakcyjnych		-	Przekładnia pasowa	Silnik elektryczny 3x400 V AC
18.	Kabina maszynisty		-		Nowe wyposażenie spełniające aktualne wymagania w zakresie ergonomii i bezpieczeństwa pracy
19.	Stałe urządzenie gaśnicze przedz. silnika		-	brak	GENERATOR AERO-ZOLU
20.	Sterowanie radiowe		-	Brak	REMOTUS 9000
21.	Projektory czoła lokomotywy		-	Żarówki	Reflektory halogenowe i diodowe
22.	Podgrzewacz wody	- wytwórnia ,	-	brak	HT - WEBASTO THERMO 350 LT- WEBASTO DBW-2016 2x35 i 16
		- typ			
		- moc cieplna			

**Table 1 – Parameter comparison between locomotive TEM2 (before modernization) and locomotive 19D**

No.	Value, parameter		Unit	Value	
				Before modernization	After modernization
1.	Base locomotive manufacturer		-	ZSRR BMZ Briańsk	
2.	Type		-	TEM2	19D
3.	Locomotive operational mass		[Mg]	118 <sup>-3%</sup>	
4.	Maximum speed		[km/h]	100	
5.	Gearbox type		-	Electric	Electric
				DC - DC	AC - DC
6.	Brake	- service	-	Matrosow	MH
		- parking			spring
7.	Safety systems		-	none	SHP, CA, RS
8.	Combustion engine:	- manufacturer	-	ZSRR	MTU
		- type	-	PD1M	12V 4000 R84
		- nominal power	[kW]	883	1800
		- rpm	[min <sup>-1</sup> ]	750	1800
		- emission standard	-	No data	EU 26/2004 stage III B
		- fuel consumption	g / kW•h	229	202 <sup>+5%</sup>
		- lubricant consumption	g / kW•h	No data	0,2% of fuel consumption
9.	Main generator	- manufacturer	-	ZSRR	Lechmotoren New, AC current with rectifier <b>1800</b>
		- type		GP-300BU2	
		- continuous nominal power		780	
10.	Axillary generator	- manufacturer	-	ZSRR MWG-25/IIU2 5,75 kW	Lechmotoren New, AC current with 120 kVA inverters
11.	Rail engine	- type	-	ED 118 AU2	
		- continuous nominal power		kW	105
12.	Speedometer		---	Hasler RT9	DEUTA REDBOX
13.	Control circuit voltage		[V]	75	24
14.	Control system		-	Electric	Microprocessor
15.	Supercharger:	- type, drive	-	Reciprocating, from the crankshaft.	Screw, Electric motor, 3x400 V AC, 22kW
		- efficiency		m <sup>3</sup> / min	4,6
16.	Radiator fan drive		-	Cardan shaft	Hydrostatic – variable speed control
17.	Radiator fan drive for traction motors		-	Belt transmission	Electric engine 3x400 V AC
18.	Driver's compartment		-		New equipment meeting current requirements in terms of ergonomics and safety
19.	Fire-extinguishing system for the engine compartment		-	none	SPRAY GENERATOR
20.	Remote control		-	none	REMOTUS 9000
21.	Locomotive headlights		-	bulbs	Halogen and LEDs
22.	Water heater	- manufacturer,	[kW]	none	HT - WEBASTO THERMO 350 LT- WEBASTO DBW-2016 2x35 and 16

Proces projektowania można podzielić na kilka głównych etapów, takich jak:

- prace koncepcyjne i analizy symulacyjne
- opracowanie modelu 3D pojazdu
- analizy wytrzymałościowe MES
- opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej 2D
- opracowanie dokumentacji technicznej.

### 3.1 Prace koncepcyjne i analizy symulacyjne

Prace koncepcyjne prowadzono jednocześnie na kilku płaszczyznach. Opracowane wymagania i wytyczne dla projektu lokomotywy posłużyły jako baza do doboru poszczególnych zespołów i urządzeń.

Przed przystąpieniem do określenia kształtu lokomotywy zostały dokonane obliczenia skrajni kinematycznej pojazdu trakcyjnego. Ponieważ lokomotywa 19D jest modernizacją lokomotywy TEM 2 i ponieważ w ramach projektu pozostawiono bez zmian układ: ostoja – wózki trakcyjne, możliwe było na samym początku określenie zawężonej skrajni konstrukcyjnej lokomotywy.

Określenie zarysu skrajni przeprowadzono zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 15273-2:2010 dla zarysu skrajni statycznej G2, karty UIC 505-1 dla zarysu poszerzonego w górę według załącznika E oraz normy PN-70/K-02056 dla zarysu skrajni statycznej „B” dla pojazdów trakcyjnych. Korzystając z zawartych w normach wytycznych wyznaczono zarys skrajni zawężonej w przekrojach charakterystycznych pudła pojazdu. Przykładowy przekrój lokomotywy 19D z zarysem skrajni zawężonej przedstawiono na rys. 1.

Jednym z głównych tematów podczas modernizacji lokomotywy jest montaż nowego silnika. W opisywanym przypadku jest to silnik MTU 12V4000 R84 o mocy 1800kW. Zabudowa silnika jest dobrym przykładem opisującym, jaki zakres problemów konstrukcyjnych należy rozwiązać podczas jego instalacji. Nowoczesny silnik wymaga nowoczesnych rozwiązań technicznych związanych z układami i urządzeniami peryferyjnymi, takimi jak układ poboru powietrza z filtrami, układ paliwowy, układ wydechowcy z filtrem cząstek stałych, układ chłodzenia z systemem podgrzewaczy wstępnych i wentylatorem o napędzie hydrostatycznym. Producent silnika przedstawia wymagania dotyczące m.in. sposobu przytwierdzenia silnika do ostoi lokomotywy, sposobu połączenia silnika z zespołem prądnic, sposobu montażu pompy układu hydrostatycznego napędu wentylatora chłodnic, maksymalnych podciśnień w układach paliwowym i poboru powietrza. W celu spełnienia powyższych wymagań konieczne jest przeprowadzenia badań symulacyjnych dla danych układów. Przykładem takich badań jest analiza układu poboru powietrza do silnika. Celem analizy było opracowanie optymalnego kanału łączącego turbosprężarkę silnika z filtrami powietrza, który będzie

### 3.1 Conceptual work and simulation analysis

The conceptual work was carried out simultaneously on several levels. The developed guidelines and requirements for the locomotive project were used as the basis for selection of the various systems and equipment.

Prior to determining the shape of the locomotive calculations regarding the rail vehicle kinematics were made. Because the 19D locomotive is the modernization of TEM 2 locomotive and the project left the chassis-drivetrain layout unchanged, it was possible to define a narrow locomotive construction gauge at the beginning.

Determining the loading gauge was conducted in accordance with the requirements of PN-EN 15273-2:2010 for a static gauge G2, UIC 505-1 card for a vertically extended range as per annex E as well as the PN-70/K-02056 norm for a static gauge "B" for rail vehicles. The outline of the gauge narrowed in characteristic vehicle sections was determined using the standards contained in the guidelines. Example cross section of the locomotive 19D along with narrowed gauge outline was shown in Figure 1.

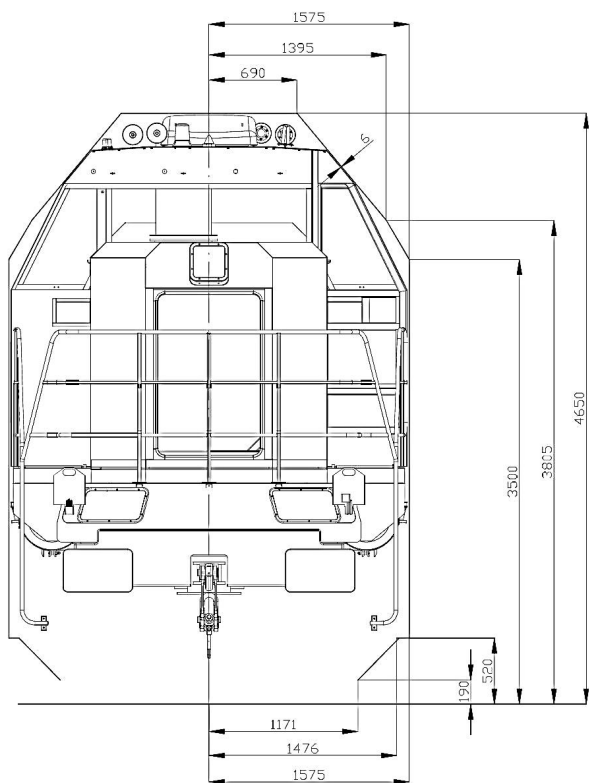
One of the main topics during the modernization of the locomotive is engine replacement. In this case it is the MTU 12V4000 R84 engine with power of 1800kW. The engine mounting is a good example of the range of structural problems to be solved during the renovation. Modern engine requires modern technical solutions related to peripheral systems and devices such as: air intake system with filters, fuel system, exhaust with particulate filter, cooling system with pre-heaters and a hydrostatic fan. Engine manufacturer provides the requirements for, among others, method of securing the engine to the locomotive chassis, connecting the engine with the generators, the method of installation of the cooling fan hydrostatic drive system pump, the maximum overpressure in the fuel systems and air intake. In order to meet the above requirements, it is necessary to carry out simulation analyzes for the specified systems. An example of such analysis is the engine air intake analysis. The aim was to develop optimal channel connecting the engine turbocharger with the air filters, which will be characterized by flow resistance accepted by the engine manufacturer.

An example of the velocity distribution for the final shape of the air intake duct was shown in Figure 2.

As part of the conceptual design the appearance of the locomotive after modernization was developed. Three versions of the locomotive shape have been presented to the manufacturer. The 3<sup>rd</sup> version was agreed to be adopted for implementation. Figure 3 shows the appearance concept for locomotives 19D.

The next step in the project was the equipment layout in the various locomotive modules. During the development of the equipment ergonomics plan a number

charakteryzował się oporami przepływu akceptowanymi przez dostawcę silnika.



Przykład rozkładu prędkości dla finalnego kształtu kanału dolotowego powietrza przedstawiono na rys. 2.

W ramach prac koncepcyjnych opracowano projekt wyglądu zewnętrznego lokomotywy po modernizacji. Przedstawiono producentowi trzy wersje kształtu lokomotywy. Na rys.3 przedstawiono wybraną koncepcję wyglądu zewnętrznego lokomotywy 19D.

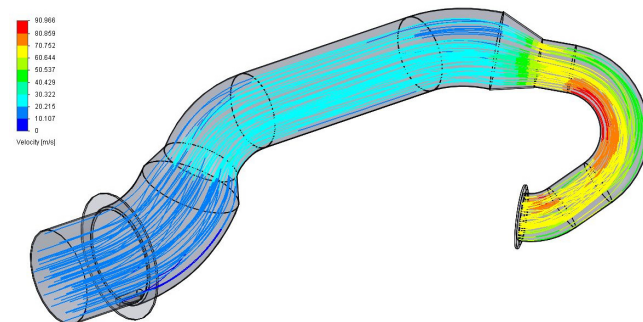
Kolejnym krokiem w realizacji projektu było rozplanowanie urządzeń w poszczególnych modułach lokomotywy. Podczas opracowywania planu rozmieszczenia urządzeń pod uwagę brany był szereg wymagań dla poszczególnych zespołów, takich jak temperatura pracy, wilgotność, odporność na drgania, masa zespołu, odległości pomiędzy zespołami, które zostaną połączone hydraulicznie, pneumatycznie lub elektrycznie itd..

Jednym z najważniejszych etapów prac koncepcyjnych jest wyznaczenie charakterystyk trakcyjnych dla lokomotywy. Po wyborze silnika i określeniu parametrów prądnicy trakcyjnej wykonano obliczenia trakcyjne dla lokomotywy 19D. Wykres charakterystyki pociągowej przedstawiono na rys. 4.

### 3.2 Model 3D i analizy wytrzymałościowe MES

Do opracowywania rozplanowania urządzeń na lokomotywie obecnie używa się oprogramowania 3D i

of requirements for individual systems, such as: operating temperature, humidity, vibration resistance, system weight, the distance between the systems that will be connected hydraulically, pneumatically or electrically and so on were taken into account.



Rys. 2. Rozkład prędkości przepływu powietrza w jednym z wariantów kanału dolotowego powietrza

Fig. 2 – Air flow velocity distribution in one of the inlet air duct variants

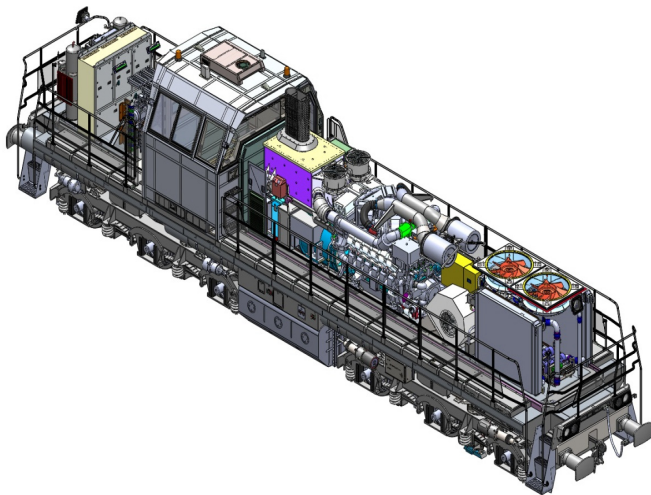


Rys. 3. Widok ogólny lokomotywy 19D – koncepcje (wersje kolejno od góry 1, 2 i 3)

Fig. 3 – Image of the 19D Locomotive – concepts (from top to bottom versions 1, 2 and 3)

One of the most important aspects of the conceptual work is to determine the locomotive traction characteristics. After selecting the engine and determining

korzysta się z modeli dostarczanych przez producentów urządzeń lub modele 3D wykonuje się samodzielnie na podstawie dokumentacji 2D w celu przyspieszenia prac. Zazwyczaj po potwierdzeniu wyboru dostawcy konstruktorzy otrzymują model 3D danego komponentu od dostawcy. Dla lokomotywy 19D wykonano kompletny model 3D z zabudową wszystkich elementów, co znacznie przyspieszyło prace i wykluczyło kolizje pomiędzy zespołami i układami. Przykład rozmieszczenia urządzeń w lokomotywie przedstawiono na rys.5.



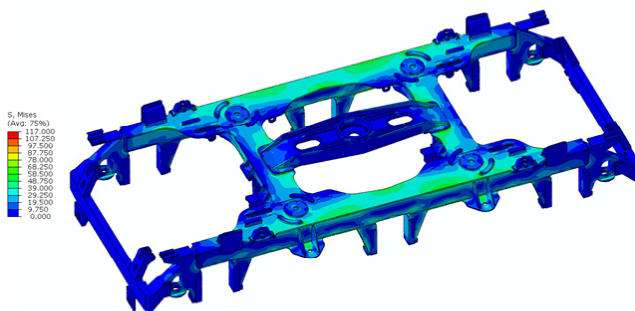
Rys. 5. Rozmieszczenie urządzeń lokomotywy 19D – model 3D  
Fig. 5 – 19D locomotive layout – 3D model

Modele 3D konstrukcji nośnych oraz ramy wózków zostały także sprawdzone wytrzymałościowo metodą elementów skończonych MES.

Obliczenia wytrzymałościowe przeprowadzono dla następujących zespołów: rama wózka trakcyjnego, ostoja, moduły przedziałów maszynowych, kabina maszynisty.

Wszystkie obliczenia dały wynik pozytywny, czego skutkiem było przekazanie modeli do wygenerowania dokumentacji konstrukcyjnej 2D.

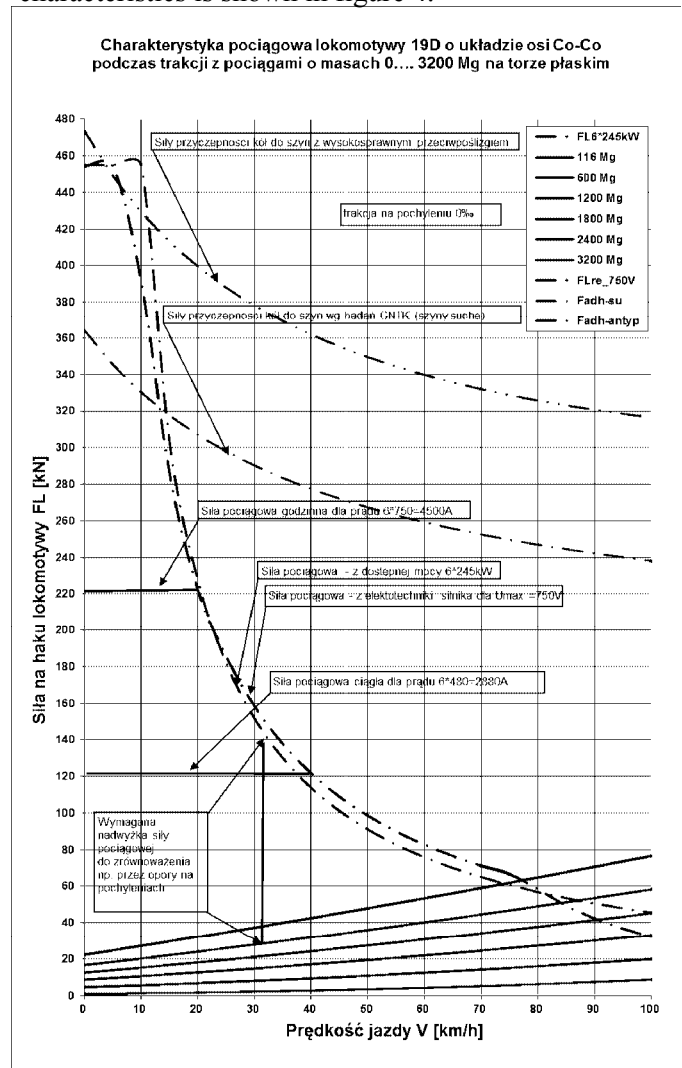
Przykład rozkładu naprężeń w konstrukcji ramy wózka trakcyjnego przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6 - Rozkład naprężeń zredukowanych wg. Misesa w [MPa] powstający w konstrukcji ramy pod działaniem nadzwyczajnego obciążenia pionowego – widok ogólny z góry

Fig. 6 - Reduced stress distribution according to Mises [MPa] generated in the frame structure under extraordinary vertical load - general view from the top

the parameters of the generator, traction calculations were made for locomotive 19D. Chart with traction characteristics is shown in figure 4.



Rys. 4. Charakterystyka pociągowa lokomotywy 19D

Fig. 4 – Locomotive traction characteristic 19D

### 3.2 3D model and MES strength analysis

The development of the locomotive equipment layout currently uses 3D modeling software and models supplied by the manufacturers or 3D models based on schematics and documentation to expedite the work that are created independently. Typically, after confirming the choice of supplier engineers receive a 3D model of a component from the supplier. A complete 3D model of the layout of all the elements was made for locomotive 19D which greatly accelerated the work and excluded inconsistencies between teams and systems.

An example of the locomotive layout is shown in Figure 5.

3D model of supporting structures and frames endurance has also been tested with finite element method FEM.

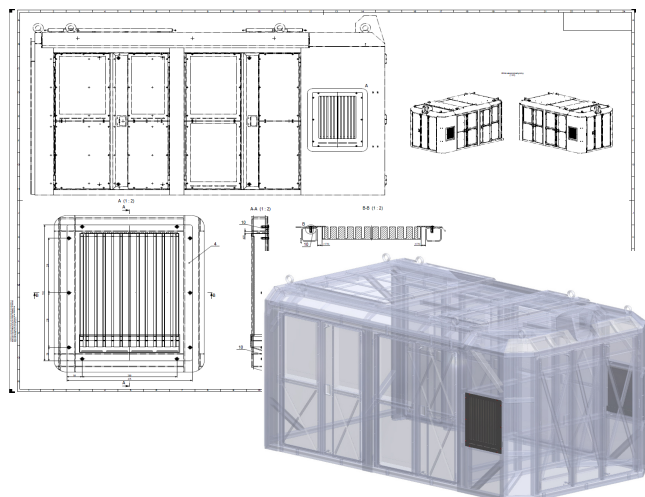
Endurance calculations were performed for the following systems: the drivetrain frame, the mainstay

### 3.3 Dokumentacja konstrukcyjna i techniczna

Dokumentacja konstrukcyjna i techniczna lokomotywy jest efektem końcowym projektu i stanowi podstawę do wykonania prototypu lokomotywy, a następnie po walidacji także serii lokomotyw.

Forma dokumentacji konstrukcyjnej musi pozwolić na opracowanie dokumentacji technologicznej oraz powinna zawierać wszelkie informacje niezbędne do wykonania danej konstrukcji m.in. takie jak wymagania spawalnicze i tolerancje wymiarowe.

Na rys.7 przedstawiono przykład modelu 3D modułu przedziału elektrycznego i fragment jego dokumentacji konstrukcyjnej 2D.



Rys. 7 – Dokumentacja konstrukcyjna lok. 19D – przykładowy rysunek

Fig. 7 – The design documentation of locomotive 19D – example

Dokumentacja techniczna powstaje na zakończenie procesu projektowania i obejmuje takie dokumenty jak:

- Warunki Techniczne Wykonania
- Warunki Techniczne Odbioru
- Dokumentację Techniczno-Ruchową
- Katalog części zamiennych
- Dokumentację Systemu Utrzymania lokomotywy.

Dokumentacja techniczna lokomotywy jest podstawowym składnikiem dokumentacji służącej do przeprowadzenia procesu homologacji lokomotywy w celu dopuszczenia jej do ruchu na liniach kolejowych.

### 4 Podsumowanie

Projekt lokomotywy 19D jest przykładem projektu opracowywanego w środowisku 3D. Proces projektowania lokomotywy jest bardzo złożony i próba opisanego go szczegółowo w artykule jest praktycznie niemożliwa. Artykuł miał na celu przedstawienie kilku zagadnień związanych z procesem projektowania i zwrócenie uwagi na zakres dokumentacji, jaki musi zostać opracowany, aby efektem końcowym była nowoczesna lokomotywa o wysokich parametrach technicznych i dużej niezawodności.

modules, machinery spaces, driver's cabin.

All calculations yielded a positive outcome which resulted in the transfer of models to generate 2D construction documents.

Example of stress distribution in the drivetrain frame structures shown in Fig 6.

### 3.3 Design and technical documentation

The design and technical locomotive documentation is the end result of the project and is the basis for the implementation of the prototype locomotive and the validation of the locomotive series.

The form of design documentation must allow for the development of technical documentation and shall contain all information necessary to complete the construction of the design, as well as welding requirements and tolerances.

Fig 7 shows an example of a 3D model of the electrical compartment module and a fragment of its 2D design documentation.

Technical documentation is created at the end of the design process and includes documents such as:

- Technical Conditions of Execution
- Technical Conditions of Acceptance
- Operating and Technical Documentation
- Spare parts Catalogue
- Maintenance Manual

The locomotive technical documentation is an essential component of the documentation used to carry out the approval process for release of the locomotive to the traffic on the railway lines.

### 4 Conclusion

The locomotive 19D project is an example of a project being developed in a 3D environment. The process of designing the locomotive is very complex and an attempt to describe it in detail in the article is practically impossible. The article was to present a number of issues related to the design process and draw attention to the scope of documentation that must be developed to make the end result a modern locomotive with high technical parameters and high reliability.

### Bibliografia

- [1] Marciniak Z.: *Projekty modernizacyjne spalinowych lokomotyw liniowych i manewrowych wykonanych w Instytucie Pojazdów Szynowych. Logistyka, 2010 nr 4*
- [2] Marciniak Z.: *Zmodernizowane w ostatnich latach lokomotywy elektryczne i spalinowe w Polsce. Technika Transportu Szynowego, 2011 nr 4*
- [3] Czerwiński J., Dobrowolski P., Jakuszko W., Michalak P.: *Możliwości zmiany istotnych dla środowiska parametrów eksploatacyjnych spalinowych lokomotyw 6-osioowych przez modernizację zespołów. Pojazdy Szynowe, 2015 nr 4*