



**Fundusze Europejskie**  
Program Regionalny



**Unia Europejska**  
Europejskie Fundusze  
Strukturalne i Inwestycyjne



**Rzeczpospolita  
Polska**



**Raport z prac badawczo rozwojowych**  
**wykonanych w ramach projektu pn. „Badania przemysłowe i**  
**prace rozwojowe nad opracowaniem konstrukcji**  
**samohamownych, urządzeń naprężających kolejową i**  
**tramwajową, górną sieć trakcyjną”**

---

Mierzyn, 2023

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

## Spis treści:

1. P2 – Określenie minimalnych wymagań dla samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji. ....	7
1.1 Opracowanie założeń funkcjonalnych dla samohamownych urządzeń do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji. ....	9
1.2 Analiza zagrożeń dla samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.....	11
1.3 Opracowanie wymagań bezpieczeństwa dla samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji. ....	20
1.4 Analiza czystości patentowej dla konstrukcji zbliżonych samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji. ....	23
1.5 Opracowanie szczegółowej listy wymagań dla samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji. ....	25
1. P3 - Analiza rozwiązań technicznych w zakresie samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.....	28
1.1 Analiza wymagań technicznych stawianych stało- siłowym samohamownym urządzeniom do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.....	28
1.2 Analiza wymagań formalno-prawnych stawianych stało-siłowym samohamownym urządzeniom do kompensacji zmian długości trakcyjnej. ....	31
1.3 Analiza wymagań eksploatacyjnych stawianych stało-siłowym samohamownym urządzeniom do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.....	34
1.4 Analiza ograniczeń kosztowych wytwórcy. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.5 Analiza funkcjonujących w praktyce rozwiązań technicznych, w tym opatentowanych. ....	36
2.6 Analiza materiałów konstrukcyjnych możliwych do zastosowania w konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji. ....	56
2.6.1 Analiza możliwości zastosowania wybranych materiałów metalowych ze względu na właściwości wytrzymałościowe. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.6.2 Analiza możliwości zastosowania wybranych tworzyw sztucznych ze względu na właściwości wytrzymałościowe. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.6.3 Analiza możliwości zastosowania materiałów kompozytowych ze względu na właściwości wytrzymałościowe. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.6.4 Analiza możliwości zastosowania materiałów metalowych ze względu na właściwości sprężyste. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>

2.7 Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano tradycyjne elementy sprężyste. ....	60
2.7.1 Sformułowanie wymagań konstrukcyjnych dotyczących tradycyjnych elementów sprężystych.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.7.2 Przegląd możliwych rozwiązań konstrukcyjnych w zakresie dotychczas stosowanych elementów sprężystych.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.7.3 Badanie możliwości zastosowania nowych rozwiązań zagadnienia. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.7.4 Opracowanie wniosków z przeprowadzonych badań. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.8 Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji.....	72
2.8.1 Sformułowanie wymagań konstrukcyjnych urządzeń wykorzystujących siłę grawitacji.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.8.2 Przegląd możliwych rozwiązań konstrukcyjnych w zakresie dotychczas stosowanych urządzeń wykorzystujących siłę grawitacji.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.8.3 Badanie możliwości zastosowania nowych rozwiązań zagadnienia .....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.8.4 Opracowanie wniosków z przeprowadzonych z przeprowadzonych badań.	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.9 Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste. ....	77
2.9.1 Sformułowanie wymagań konstrukcyjnych dotyczących zastosowania innowacyjnych materiałów sprężystych. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.9.2 Badanie możliwości zastosowania rozwiązań zagadnienia. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.9.3 Opracowanie wniosków z przeprowadzonych badań. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.10 Opracowanie koncepcji konstrukcji systemów prowadzenia lin napinających.....	82
2.11 Opracowanie koncepcji hybrydowej konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych.....	88
2.11.1 Sformułowanie wymagań konstrukcyjnych dotyczących hybrydowej konstrukcji urządzeń stało-siłowych, łączących idee urządzeń grawitacyjnych oraz sprężystych.	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.11.2 Badanie możliwości zastosowania nowych rozwiązań zagadnienia. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>

2.11.3 Opracowanie wniosków z przeprowadzonych badań. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.12 Opracowanie kryteriów wartościowania. ....	96
2.12.1 Przeprowadzenie analizy podstawowych parametrów technicznych urządzeń stało-siłowych. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.12.2 Analiza i ocena wpływu parametrów technicznych na funkcjonalność urządzenia. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.12.3 Wytypowanie istotnych parametrów. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.12.4 Sformułowanie kryteriów wartościowania. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.13 Przeprowadzenie analizy wartościowania zaproponowanych rozwiązań. ....	97
2.14 Ocena rozwiązań z użyciem metod wartościowania wg. przyjętych kryteriów oceny	105
2.14.1 Analiza i ocena wariantów rozwiązań konstrukcyjnych na podstawie przyjętych kryteriów. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.14.2 Wytypowanie wariantów rozwiązań do etapu realizacji. ..	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.15 Analizy CAx z zastosowaniem techniki obliczeniowej metody elementów skończonych w celu uzyskania parametrów mechanicznych podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji. ....	106
2.15.1 Opracowanie modeli CAD podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano tradycyjne elementy sprężyste. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.15.2 Opracowanie modeli MES podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano tradycyjne elementy sprężyste	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.15.3 Opracowanie modeli CAD podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.15.3 Opracowanie modeli MES podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.15.4 Opracowanie modeli CAD podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste. ....	123
2.15.5. Opracowanie modeli MES podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2. P4 - Walidacja modeli obliczeniowych podzespołów wykonanych z zastosowanie MES w celu potwierdzenia parametrów mechanicznych samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej. ....	128

2.1	Przeprowadzenie badań doświadczalnych na stanowisku badawczym parametrów mechanicznych podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.....	143
2.1.1	Opracowanie metodyki badań podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.1.2	Konfiguracja torów pomiarowych. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.1.3	Przeprowadzenia badań wstępnych.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.1.4	Opracowanie wyników badań wstępnych.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.1.5	Analiza i ocena otrzymanych wyników w celu stwierdzenia zdolności pomiarowej. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.1.6	Opracowanie planu badań zasadniczych.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
3.1.7	Przeprowadzenie badań zasadniczych. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.2	Opracowanie raportu z badań doświadczalnych parametrów mechanicznych podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.2.1	Przeprowadzenie analizy otrzymanych wyników.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
2.3	Walidacja modeli podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej. ....	149
2.3.1	Przeprowadzenia porównania wyróżników konstrukcyjnych uzyskanych z badań doświadczalnych z wynikami modelowania. ....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
3.	P5 - Opracowanie nowej konstrukcji samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji wyposażonego w sensory badające parametry sieci trakcyjnej. ....	165
3.1	Opracowanie projektu samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji wyposażonego w sensory.....	165
3.2	Opracowanie modelu CAD nowej konstrukcji samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
3.2.1	Analiza wrażliwości wyników obliczeń na stosowane techniki modelowania.	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
3.3	Analiza oddziaływań środowiskowych uwzględniających roczną zmienność warunków eksploatacji na nową konstrukcję samohamownego urządzenia stało-siłowego wyposażonego w sensory. ....	167
3.3.1	Opracowanie modelu uwzględniającego wpływ zmienności warunków eksploatacji (zmian temperatury) na urządzenie.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>

- 3.3.2 Przeprowadzenie analizy modelowej uwzględniającej wpływ zmienności warunków eksploatacji (zmian temperatury) na urządzenie..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.3.3 Opracowanie wyników analizy.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.3.4 Sformułowanie wyników z analizy.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 3.4 Opracowanie procedur eksploatacji nowej konstrukcji samohamownego urządzenia stało-siłowego wyposażonego w sensory..... 172
- 3.4.1 Wytypowanie istotnych parametrów eksploatacyjnych. **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 3.4.2 Prognozowanie wpływu parametrów eksploatacyjnych na funkcjonalność i trwałość urządzenia.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4.3 Sformułowanie procedur eksploatacyjnych.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 3.5 Budowa modelu obliczeniowego oraz analizy MES urządzenia samohamownego stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji. ... 176
- 3.5.1 Przeprowadzenie badań doświadczalnych na stanowisku badawczym parametrów mechanicznych samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej..... 185
- 3.6 Opracowanie raportu z badań doświadczalnych parametrów mechanicznych samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory. ....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
4. P6 - Badania weryfikacyjne prototypu samohamownego urządzenia stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.1 Budowa prototypu samohamownego urządzenia stało- siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.2 Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej. ....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.3 Wykonanie samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4 Przeprowadzenie badań doświadczalnych samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.  
**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.5 Opracowanie raportu badań. ....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

5. P7 - Budowa finalnej postaci samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.1 Przygotowanie osprzętu eksploatacyjnego samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej odzwierciedlającego warunki operacyjne. ....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.2 Przeprowadzenie prób eksploatacyjnych samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej. ....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5.3 Przeprowadzenie prób eksploatacyjnych samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej. ....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
6. P8 - Opracowanie finalnej dokumentacji technicznej samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej po badaniach empirycznych w warunkach przypominające rzeczywiste. ....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 6.1 Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej zgodnie z wymaganiami certyfikacji.**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 6.2 Opracowanie dokumentacji niezbędnej do przeprowadzenia certyfikacji przez jednostkę notyfikowaną .....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 6.4 Wykonanie zgodnie z dokumentacją samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej .....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 7.5 Walidacja urządzeń .....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
8. P9 - Dostarczenie grupy testowej samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej do testów dopuszczających .....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 8.1 Przeprowadzenie badań doświadczalnych przez jednostkę notyfikowaną samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wyposażonego w sensory badające parametry pracy sieci trakcyjnej w warunkach rzeczywistych .....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 8.2 Przygotowanie i opracowanie dokumentacji techniczno-ruchowej nowego urządzenia. ....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 8.3 Zgłoszenie patentowe.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

## 1. P2 – Określenie minimalnych wymagań dla samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.

W poniższej tabeli zostały przedstawione minimalne wymagania, które należy spełnić w przypadku samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.

Tabela 1: Określenie minimalnych wymagań dla samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji, źródło: własne

Nr.	Wymagania
1.	Spełnienie podstawowych wymagań dotyczących zapewnienia właściwej siły naciągu, dążenie do wzrostu siły naciągu raz ze wzrostem długości kompensacji, niezależnie od czynników powodowanych czynnikami środowiska, czynnikami reologicznymi oraz innymi czynnikami eksploatacyjnymi.
2.	Konstrukcja urządzenia powinna umożliwić szybki i łatwy montaż przy użyciu prostych narzędzi w każdych warunkach pogodowych.
3.	Masa pojedynczego urządzenia powinna być minimalna - przy zachowaniu jego wymaganych własności.
4.	Odporność urządzenia naprężającego na wpływ otoczenia zewnętrznego nie gorsza niż w konstrukcjach typowych.
5.	Możliwość wykrycia stanu awaryjnego sieci i blokowanie bezciężarowego urządzenia napinającego w danej pozycji, co ogranicza przeciąganie sieci przez urządzenia napinające.
6.	Dodatkowe ograniczenie w postaci zmiany geometrii sieci w stanie awaryjnym, które eliminuje zagrożenie przesunięcia punktów mocowania sieci na

	podwieszeniu. Redukcja czasu likwidacji awarii i przywrócenia toru do normalnej eksploatacji.
7.	Wyposażenie urządzenia w sensory: enkodery i tensometry pozwalające na rejestrację parametrów sieci tzn.: temperatura, siła naciągu, wielkość kompensacji.
8.	Redukcja zjawiska pojawienie się po stronie urządzenia naprężającego siły napinającej przekraczającej nominalną siłę urządzenia.
9.	Przygotowanie wariantu konstrukcji samohamownych urządzeń naprężających dla kolei dużych prędkości.
10.	Przygotowanie wariantu konstrukcji samohamowanych urządzeń naprężających dla sieci tramwajowych.
11.	Zahamowanie urządzenia w przypadku wykrycia stanu awaryjnego sieci
12.	Dodanie do urządzenia możliwości monitoringu parametrów pracy sieci.
13.	Wyplaszczanie szarpnięcia na skutek zerwania sieci trakcyjnej.

### **1.1 Opracowanie założeń funkcjonalnych dla samohamownych urządzeń do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.**

Przedmiotem projektu jest opracowanie innowacyjnych rozwiązań dla kolei dużych prędkości oraz sieci tramwajowych w zakresie konstrukcji samohamownych, urządzeń naprężających kolejową i tramwajową, górną sieć trakcyjną. Obecnie nieodłącznym elementem współczesnej linii kolejowej jest sieć trakcyjna wraz z mocnym i skutecznym układem jej zasilania. W obliczu wzrastających oczekiwań klientów, którzy korzystają z infrastruktury kolejowej, dąży się do tego, żeby pociągi jeździły coraz cięższe, a przede wszystkim z wyższą prędkością. Niezwykle ważna staje się jakość sieci trakcyjnej. Projekt dotyczący

samohamownych urządzeń do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji realizowany będzie w obszarze napinaczy przeznaczonych w szczególności dla kolei dużych prędkości, jednak nie wyklucza się zastosowania tego typu urządzeń do sieci tramwajowych.

Funkcjonalność samohamownych urządzeń do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji powinna wyróżniać się:

- możliwie najprostszą konstrukcją ,
- łatwością montażu na sieci trakcyjnej,
- niską ceną,
- niezależną od GPS łącznością bezprzewodową,
- własnym automatycznym zasilaniem,
- odpornością samohamownego urządzenia na wpływ otoczenia zewnętrznego nie gorsza niż w typowych konstrukcjach.
- brakiem odkształceń trwałych całej konstrukcyjnych pod wpływem obciążenia eksploatacyjnych (uwzględniające wszystkie współczynniki bezpieczeństwa),
- niezawodna i pewna eksploatacja, nie wymagająca prac serwisowych podczas eksploatacji produktu (dodatkowych przeglądów, smarowania, napraw usterek, wymiany wyeksploatowanych elementów).
- rejestrowanie i przekazywanie do stanowiska operatorskiego informacji o zerwaniu przewodu jezdnego, zerwaniu liny nośnej, uszkodzeniu izolatora i ukośnika podwieszenia, kradzieży przewodów jezdnych oraz nadmiernym wyciągnięciu się sieci trakcyjnej.

- możliwością zahamowania pracy urządzenia w przypadku wykrycia stanu awaryjnego sieci - poprzez włączenie hamulca, który generuje bezpiecznik sprężynowy,
- możliwością monitorowania parametrów pracy sieci - poprzez wprowadzenie spasowanej sensoryki wraz z urządzeniem napinającym, co pozwoli na szerszą analizę występowania zagrożeń na sieci trakcyjnej. Chodzi o monitorowanie temperatury, siły naciągu, dynamiki zmian naciągu oraz wielkości kompensacji, których obecne urządzenie nie ma. Dzięki sensoryce możliwa będzie predykcja stanów awaryjnych sieci,
- możliwością wyplaszczenia szarpnięcia na skutek zerwania sieci trakcyjnej. Rozumianą jako eliminację szarpnięcia w stanie awarii sieci (poprzez konstrukcję urządzenia wraz z hamulcem). Dla nominalnego naprężenia sieci – 15KN. Wartość siły szarpnięcia sięga dwukrotnie nominalnej sile naprężenia, przy 15 KN wynosi 30 KN.

## **1.2 Analiza zagrożeń dla samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.**

Niniejsza analiza została przeprowadzona w celu identyfikacji wszelkich potencjalnych zagrożeń i przypadkowych zdarzeń występujących w trakcie eksploatacji samohamownych urządzeń stało - siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej pod kątem certyfikacji CE. Oprócz podania zagrożeń zostaną określone przyczyny zagrożeń oraz bieżące środki kontroli. Wyniki analizy zostaną przedstawione w postaci macierzy ryzyka.

W celu określenia zagrożeń dla urządzenia stało- siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji posłużono się metodą macierzy ryzyka, którą tworzą dwa parametry:

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
 Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
 Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

- Prawdopodobieństwo wystąpienia problemu (niskie, średnie, wysokie)
- Następstwa wystąpienia problemu (niskie, średnie, wysokie).

Analiza zostanie przeprowadzona w dwóch etapach. W pierwszej kolejności przedstawione zostaną ogólne rodzaje zagrożeń (Tabela 1), które mogą wystąpić w trakcie eksploatacji samohamownych urządzeń stało- siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.

Tabela 2: Analiza zagrożeń funkcjonalnych dla samohamownych urządzeń do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji, źródło: własne

<b>Lp.</b>	<b>Rodzaj zagrożenia - ogólnie</b>
1.	Zerwanie przewodu jezdnego i brak reakcji ze strony systemu do monitorowania.
2.	Ubytki w powłoce malarskiej poszczególnych elementów składowych urządzenia stało – siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.
3.	Zerwanie liny nośnej i brak reakcji ze strony systemu do monitorowania.
4.	Wpływ warunków atmosferycznych na powłoki ochronne urządzenia.
5.	Możliwość montażu uszkodzonego urządzenia stało – siłowego na sieci trakcyjnej.
6.	Możliwość luzowania się śrub w trakcie eksploatacji podczas pracy urządzenia.
7.	Problemy wynikające ze stopnia przygotowania powierzchni lub trwałości powłok antykorozyjnych w kontekście korozyjności środowiska.
8.	Dostanie się wody, śniegu do środka samohamownego urządzenia stało-siłowego.

9.	Powstanie na elemencie urządzenia stało – siłowego korozji.
10.	Niewidoczne gołym okiem uszkodzenia niezbędnych elementów, zależne od producenta.
11.	Uszkodzenie izolatora i brak informacji ze strony systemu do monitorowania.
12.	Nadmierne wyciągnięcie się sieci trakcyjnej i brak informacji o zagrożeniu do operatora.
13.	Bezpodstawne zatrzymanie pracy urządzenia w wyniku błędu.

W drugim etapie zostaną przedstawione zagrożenia z tabeli 1 bardziej szczegółowo, z uwzględnieniem m.in. przyczyny zagrożenia oraz bieżących środków kontroli.

Tabela 3:Zagrożenia - szczegółowo, źródło: własne

<b>Rodzaj zagrożenia</b>				
<b>Lp.</b>	<b>Ogólne</b>	<b>Szczegółowo</b>	<b>Przyczyna zagrożenia</b>	<b>Bieżące środki kontroli lub zalecane działania</b>

1.	Zerwanie przewodu jezdnego i brak reakcji ze strony systemu do monitorowania.	Brak informacji od systemu dla operatora o zaistniałym niebezpieczeństwie.	Zaburzenia lub brak łączności bezprzewodowej.	Dodatkowa funkcja systemu, która spowoduje ciągłe wysyłanie informacji o zdarzeniu. Co umożliwi (w momencie pojawienia się łącza o przesłanie informacji.
2.	Ubytki w powłoce malarskiej poszczególnych elementów składowych urządzenia stało – siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej	Nadszarpnięcia powłoka malarska  Zdarta powłoka malarska	Niedostatecznie zabezpieczone urządzenia podczas transportu oraz składowania i montażu, które może wpłynąć na funkcjonowanie urządzenia na sieci trakcyjnej.	Przed zamontowaniem elementu powinien on być dokładnie sprawdzony i wolny od wad. Wszelkie wady należy zgłosić producentowi.
3.	Zerwanie liny nośnej i brak	Brak informacji od systemu dla	Awaria systemu do	Czujniki monitorujące pracę systemu.

	reakcji ze strony systemu do monitorowania.	operatora o zaistniałym niebezpieczeństwie.	monitorowania zdarzenia.	
4.	Wpływ warunków atmosferycznych na powłoki ochronne urządzenia.	Odpadanie farby	Niedostatecznie zabezpieczone powłoką	Dbanie o odpowiednie zabezpieczenie powłoka antykorozyjną, badania
		Pojawienie się korozji	antykorozyjną urządzenie i wpływ warunków atmosferycznych może prowadzić do potrzeby usunięcia zamontowanego urządzenia.	
		Obecność na powierzchni powłok zanieczyszczeń, takich jak kurz, brud, sadza.		
		Korozja naklejek		
5.	Możliwość montażu uszkodzonego samohamownego urządzenia stało –	Nie zauważenie przez pracownika MABO uszkodzonego elementu.	Błąd ludzki.	Zwracanie uwagi na wszelkie możliwe ubytki na urządzeniu Stan zamontowanego urządzenia powinien

	siłowego na sieci trakcyjnej.	Nie sprawdzenie elementu przed montażem urządzenia		być sprawdzony w celu wykrycie deformacji lub przeciążania elementów.
		Nie zauważenie ubytku i zamontowanie urządzenia		
6.	Możliwość luzowania się śrub w trakcie eksploatacji podczas pracy urządzenia.	Zbyt luźno dokręcone śruby	Dokręcanie śrub zgodnie z normą.	Zastosowanie środków zapobiegających odkręcaniu się nakrętek
7.	Problemy wynikające ze stopnia przygotowania powierzchni lub trwałości powłok antykorozyjnych w kontekście	Umieszczenie urządzenia „w trudnym”, środowisku. (kwaśnym, chemicznym środowisku. Np. koło fabryki.	Wszystkie te zagrożenia, a właściwie czynniki mogą przyczyniać się do występowania korozji.	Zabezpieczenia antykorozyjne.

	korozyjności środowiska.	Wilgotność i napowietrzenie		
		Temperatura i częstość zmian temperatury.		
		Opady atmosferyczne		
		Kierunek i siła wiatru		
8.	Dostanie się wody, śniegu do środka urządzenia stało-siłowego.	Nieszczelność urządzenia wynikająca z wadliwego wyrobu	Niedostatecznie sprawdzone urządzenie.	Odpowiedni sposób montażu napinacza zapobiegający gromadzeniu się wody.
		Nieszczelność urządzenia wynikająca z pracy urządzenia.		
9.	Powstanie na elemencie urządzenia stało – siłowego korozji.	Uszkodzone lub zniszczone korozją urządzenia prowadzą do dużych strat ekonomicznych,	Niedostatecznie sprawdzone urządzenie oraz warunki atmosferyczne	Zabezpieczenia antykorozyjne. Kontrola urządzenia

		możliwości zagrożenia życia.		
<b>10.</b>	Niewidoczne gołym okiem uszkodzenia niezbędnych elementów, zależne od producenta.	Pęknięcie liny  Korozja na ciągnych po umieszczeniu urządzenia na sieci trakcyjnej.	Dostarczenie przez producenta wadliwych elementów.	Sprawdzanie każdego dostarczonego elementu przez producenta.
<b>11.</b>	Uszkodzenie izolatora i brak informacji ze strony systemu do monitorowania.	Brak informacji od systemu dla operatora o zaistniałym niebezpieczeństwie.	Zaburzania lub brak łączności beprzewodowej.	Dodatkowa funkcja systemu, która spowoduje ciągłe wysyłanie informacji o zdarzeniu. Co umożliwi (w momencie pojawienia się łącza o przesłanie informacji.
<b>12.</b>	Nadmierne wyciągnięcie się sieci trakcyjnej i brak informacji o zagrożeniu do operatora.	Brak informacji od systemu dla operatora o zaistniałym niebezpieczeństwie.	Zaburzania lub brak łączności beprzewodowej.	Dodatkowa funkcja systemu, która spowoduje ciągłe wysyłanie informacji o zdarzeniu. Co umożliwi (w momencie

				pojawienia się łącza o przesłanie informacji.
<b>13.</b>	Bezpodstawne zatrzymanie pracy urządzenia w wyniku błędu systemu.	System do monitorowania wykrył zagrożenie mimo, że w rzeczywistości nic się nie wydarzyło.	Błędy, które wystąpią z eksploatacji systemu.	Ciągłe doskonalenie systemu.

Wykonana została również macierz ryzyka, jej wyniki zostały przedstawione poniżej (Rys. 1):

MACIERZ RYZYKA				
Następstwa	Wysokie	2,8,11,13	4,7,1,3,10,12	
	Średnie	6	9	
	Niskie	5		
		Niskie	Średnie	Wysokie
Prawdopodobieństwo				

Rysunek 1. Macierz ryzyka, źródło: własne

Na podstawie przeprowadzonej macierzy ryzyka wskazano trzy najbardziej istotne zagrożenia dla urządzeń stało – siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji i są nimi:

- Wpływ warunków atmosferycznych na powłoki ochronne urządzenia,

- Problemy wynikające ze stopnia przygotowania powierzchni lub trwałości powłok antykorozyjnych w kontekście korozyjności środowiska.
- Zerwanie przewodu jezdnego i brak reakcji ze strony systemu do monitorowania,
- Zerwanie liny nośnej i brak reakcji ze strony systemu do monitorowania,
- Uszkodzenie izolatora i brak informacji ze strony systemu do monitorowania,
- Nadmierne wyciągnięcie się sieci trakcyjnej i brak informacji o zagrożeniu do operatora.

### 1.3 Opracowanie wymagań bezpieczeństwa dla samohamownych urządzeń stałosilowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.

Tabela 4: Opracowanie wymagań bezpieczeństwa, źródło: własne

<p><b>PRZED ROZPOCZĘCIEM PRAC ZWIĄZANYCH Z MONTAŻEM I PRACĄ URZĄDZENIA NALEŻY:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokładnie zapoznać się z dokumentacją wykonawczą,</li> <li>• Sprawdzić stan techniczny urządzeń mechanicznych i oświetlenia stanowiska, a w szczególności stan instalacji elektrycznej w tym przyłączy,</li> <li>• Przygotować niezbędne pomoce warsztatowe, przyrządy pomiarowe, narzędzia pracy oraz konieczne środki zapobiegawczo- ochronne.</li> <li>• Zauważone usterki i uchybienia należy natychmiast zgłosić przełożonemu</li> </ul>
<p><b>PODCZAS PRACY Z URZĄDZENIEM NALEŻY STOSOWAĆ ŚRODKI ZAPOBIEGAWCZO - OCHRONNE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Okulary ochronne,</li> </ul>

- Obuwie ochronne,
- Kask ochronny na głowę,
- Rękawice ochronne,
- Szelki bezpieczeństwa (podczas pracy na wysokościach).

#### **WARUNKI DOPUSZCZENIA PRACOWNIKA DO PRACY**

- przejście odpowiedniego instruktażu zawodowego, zapoznanie się z instrukcją obsługi, przeszkolenie bhp i p.poż.,
- posiadanie wymaganych predyspozycji psychicznych i fizycznych,
- ubrany w odzież roboczą przewidzianą dla danego stanowiska w zakładowej tabeli norm odzieży roboczej rękawice robocze.

#### **ZASADY I SPOSOBY BEZPIECZNEGO WYKONYWANIA PRACY**

- Nie dopuszczać do prac budowlanych, konserwacyjno- remontowych maszyny nieuprawnionych pracowników,
- Nie dopuszczać do obsługi osób niepowołanych,
- Nie stosować przypadkowych przedłużaczy i uszkodzonych gniazdek elektrycznych,
- Nie pracować narzędziami o napędzie elektrycznym na zewnątrz pomieszczenia w czasie deszczu, śnieżycy,
- Nie naprawiać i nie wymieniać wkładek bezpiecznikowych,
- Nie postępować w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami, szczegółowymi instrukcjami i poleceniami nadzoru.

#### **WYMAGANIA OGÓLNE OBSŁUGI**

- Używać obowiązujących środków ochrony osobistej,
- Sukcesywnie usuwać odpady,
- Utrzymywać w porządku miejsce pracy, nie rozrzucać narzędzi i przedmiotów przeznaczonych do montażu,
- Przy procesach o dużym natężeniu hałasu bezwzględnie stosować ochronniki słuchu,
- Przy pracy z narzędziami o napędzie mechanicznym należy zawsze stosować rękawice robocze,
- W czasie wykonywania pracy narzędziami o napędzie elektrycznym w środowisku o dużym zawilgoceniu lub w pomieszczeniu, którego podłoga jest dobrze przewodząca (metal, wilgotne deski, mokry beton) na stanowisku należy stosować chłodziak dielektryczny lub kalosze dielektryczne.

#### **ZASADY PODSTĘPOWANIA W SYTUACJACH AWARYJNYCH ORAZ WYPADKU**

- O wadach i/lub uszkodzeniach urządzenia należy niezwłocznie zawiadomić przełożonego,
- Elektronarzędzia, których uszkodzenie stwierdzono w czasie pracy, powinny być zatrzymane i odłączone od zasilania,
- Każdy zaistniały wypadek przy pracy należy zgłaszać swojemu przełożonemu, a stanowisko pracy pozostawić w takim stanie, w jakim nastąpił wypadek,
- Bezwzględnie udzielić pomocy poszkodowanym,
- Wykonywanie prac niebezpiecznych, na wysokości może odbywać się tylko zgodnie z odpowiednimi instrukcjami.

#### **1.4 Analiza czystości patentowej dla konstrukcji zbliżonych samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.**

Dokonano badań stanu techniki w celu zweryfikowania proponowanych rozwiązań pod względem jego zdolności patentowej. Badanie stanu techniki dotyczą terytorium Rzeczypospolitej i patentu europejskiego, amerykańskiego, chińskiego i japońskiego. Przeprowadzono badania, którymi objęto rozwiązania chronione patentami i prawami ochronnymi na wzory użytkowe. Wykonano analizę baz literatury zarówno patentowej, jak i nie patentowej. W celu wyszukania patentów skorzystano z następujących źródeł (Tabela 5):

Tabela 5: Analiza czystości patentowej, źródło: własne

<b>Baza</b>	
<b>Patentowa:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baza danych Urzędu Patentowego RP;</li><li>• Baza danych PatentScope WIPO;</li><li>• Baza danych Espacenet</li><li>• Baza danych Gogle Patents</li><li>• Roczne wykazy udzielonych patentów</li><li>• Roczne wykazy udzielonych praw ochronnych</li><li>• Opisy patentowe</li><li>• Opisy ochronne</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BAZWUP</li> </ul>
<b>Nie patentowa:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Platforma Web of Science</li> </ul>

Zanim przystąpiono do pracy związanej z przeszukaniem bazy literatury patentowej zaplanowano kroki mające na celu znalezienie optymalnego zbioru wyników w tym celu:

- Zostały określone istotne rozwiązania,
- wyodrębniono istotne cechy rozwiązania,
- dobrano słowa kluczowe oraz
- wybrano obszar poszukiwań.

Międzynarodowa Klasyfikacja Patentowa: **H02G7/18. B60M1/26,H02G7/02.** Podczas wyszukiwania korzystano z następujących słów kluczowych: sieci trakcyjne, urządzenia naprzężające, intelligenttransportationsystems, tensioningdevice.

Na podstawie przeprowadzonej analizy patentowej dla konstrukcji zbliżonych samohamownych urządzeń stało-siłowy do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji stwierdzono, że realizacja nie wymaga dysponowania prawami własności intelektualnej. Nie są one niezbędne do przeprowadzenia zaplanowanych w projekcie działań. W ramach projektu nie planuje się podejmować w zakresie ochrony własności intelektualnej w związku z planowanym wprowadzeniem na rynek produktu. Biorąc pod uwagę powyższe, stwierdza się brak dostępnych i objętych ochroną rozwiązań/ technologii/wyników, których istnienie uniemożliwiłoby zaplanowanych w projekcie działań.

## 1.5 Opracowanie szczegółowej listy wymagań dla samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.

Szczegółowa lista wymagań dla urządzeń samohamownych stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji została przedstawiona poniżej:

Tabela 7: Opracowanie szczegółowej listy wymagań dla samohamownych urządzeń stało-siłowych, źródło: własne

Nr.	Wymagania
1.	Złożoność konstrukcyjna urządzenia wpływająca na technologię jego produkcji. Wysoki stopień technologiczności konstrukcji- minimalizacja liczby elementów trudnych technologicznie.
2.	Urządzenie samohamowne stało - siłowe podczas eksploatacji nie powinno ulegać samoistnym, niekorzystnym zmianom zarówno w zakresie wytrzymałościowym, jak i utraty odporności korozyjnej. Urządzenie powinno być wykonane z materiału odpornego na wpływy atmosferyczne lub skutecznie przed tym zabezpieczone.
3.	Jakość wykonania urządzenia powinna być wysoka, zarówno pod względem pokryć antykorozyjnych, dokładności wymiarowych, gładkości powierzchni, zaokrąglenia krawędzi, oznakowania jak i poprawności spawów.
4.	Powierzchnia urządzenia powinna być wolna od szczelin, fałd, zadziorów, przylepień obcych ciał, nacieków farby, braków materiałowych i innych wad obniżających jakość wyrobu.

5.	Na osprzęcie powinna być umieszczona trwała i czytelna cecha, nie osłabiająca urządzenia, nie utrudniająca montażu i widoczna po zamontowaniu w sieci, zawierająca co najmniej: oznaczenie umożliwiające identyfikację urządzenia.
6.	Minimalna temperatura otoczenia -25stopni C, a maksymalna temperatura otoczenia 40 stopni C.
7.	Spełnienie wymagań dotyczących współczynnika sztywności skrętnej sprężyny oraz wymagania ograniczenia wymiarowo – przestrzenne. Długość maksymalna całego urządzenia naprężającego $L = 800$ mm, w tym długość sprężyny $L/2 = 400$ mm.
8.	Do połączeń śrubowych należy stosować śruby i nakrętki według norm. Klasa właściwości mechanicznych śrub stalowych M16 nie powinna być niższa niż 5,6, a nakrętek stalowych M16 nie niższa niż 5. Śruby z gwintem poniżej M12 powinny być wykonana z miedzi lub stali nierdzewnej.
9.	Masa urządzenia naprężającego nie powinna być większa niż 120% masy typowych konstrukcji
10.	Odpowiednie siły naciągów dla wybranych typów sieci trakcyjnej. Naciąg w przewodach jezdnych: 2C120-2C $F = 2 \times 9,53$ kN, 2C120-2C-3 $F = 2 \times 10,59$ kN, YwsC120-2C $F = 2 \times 9,59$ kN. Naciąg w linie nośnej: 2C120-2C $F = 2 \times 15,88$ Kn, 2C120-2C- 3 $F = 2 \times 15,88$ kN, YwsC120-2C $F = 15,76$ kN.

<b>11.</b>	Możliwość występowania osadów lodowych na przewodach- przy czym obciążenie spowodowane masą osadu może wynosić od 12 do 26 N/m sieci ( w zależności od liczby i przekroju przewodów składających się na dany rodzaj sieci.
<b>12.</b>	Instalacja urządzenia naprężającego w miejscu eksploatacji znacząco nieodbiegająca od instalacji konstrukcji typowych ( podobny zakres prac i stosowany osprzęt monterski).
<b>13.</b>	W czasie eksploatacji urządzenia nie powinna się gromadzić w nim woda z opadów atmosferycznych.
<b>14.</b>	Zapewnienie takiego samego lub podobnego sposobu mocowania do sieci trakcyjnej.
<b>15.</b>	Trwałość urządzenia naprężającego w normalnych warunkach eksploatacji porównywalna do konstrukcji typowych.
<b>16.</b>	Wprowadzenie niezależnej od sygnału GPS łączność bezprzewodową dla systemu monitorującego sieć trakcyjną.
<b>17.</b>	Możliwość własnego, automatycznego zasilania systemu.
<b>18.</b>	Niezawodna i pewna eksploatacja, nie wymagająca prac serwisowych podczas eksploatacji produktu (dodatkowych przeglądów, smarowania, napraw, usterek, wymiany eksploatowanych elementów).
<b>19.</b>	Rejestrowanie oraz przekazywanie do stanowiska operatorskiego informacji o zerwaniu przewodu jezdnego, liny nośnej, uszkodzeniu izolatora i ukośnika podwieszenia, kradzieży przewodów jezdnych oraz nadmiernym wyciągnięciu się sieci trakcyjnej.

20.	Urządzenie ma charakteryzować się możliwością zahamowania pracy napinacza w przypadku wykrycia stanu awaryjnego sieci – poprzez włączenie hamulca.
21.	Parametry na sieci powinny być monitorowane, poprzez wprowadzenie sensoryki, co pozwoli na szerszą analizę występowania zagrożeń na sieci trakcyjnej. Chodzi o monitorowanie temperatury, siły, naciągu, dynamiki zmian naciągu oraz wielkości kompensacji, których obecne urządzenie nie posiada.
22.	System powinien wypłaszczać szarpnięcia na skutek zerwania sieci trakcyjnej.

## **2. P3 - Analiza rozwiązań technicznych w zakresie samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji**

### **2.1 Analiza wymagań technicznych stawianych stało-siłowym samohamownym urządzeniom do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.**

Ze względu na złożony charakter funkcjonowania stało-siłowych urządzeń do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wymagania techniczne stawiane tym urządzeniom są ściśle związane z warunkami ich eksploatacji. Stąd opracowując merytoryczną treść podpunktu połączono problematykę analizy wymagań technicznych z analizą wymagań eksploatacyjnych. Skutkiem tego jest łączny opis działań dotyczący wymagań technicznych i eksploatacyjnych.

Sieć jezdna jest systemem zespolonych przewodów zabudowanych nad torami i stanowi część elektrycznego obwodu zasilania pojazdów trakcyjnych. Sieć ta wraz z układem szyn będącym częścią powrotną obwodu oraz z przewodami łączącymi je z podstacjami zasilania

stanowi sieć trakcyjną. Urządzenia stało-siłowe samohamowne są niezbędnymi elementami infrastruktury sieci jezdnych (trakcyjnych). Stało-siłowe samohamowne urządzenia do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej mają dodatkowe funkcje w porównaniu do zwykłych stało-siłowych urządzeń. W poniższej tabeli przedstawiono kluczowe wymagania techniczne, które należy uwzględnić przy analizie tych urządzeń.

Tabela 8: Analiza wymagań technicznych , źródło: własne

Wymaganie techniczne	Opis
<b>Samohamowanie</b>	Główną funkcją tych urządzeń jest zdolność do automatycznego hamowania w przypadku nadmiernego naprężenia lub przeciążenia sieci trakcyjnej, aby zapobiec uszkodzeniom.
<b>Zakres kompensacji</b>	Podobnie jak w przypadku standardowych urządzeń, stało-siłowe samohamowne urządzenia powinny być zdolne do kompensacji zarówno skurczów, jak i rozszerzeń sieci trakcyjnej w odpowiednim zakresie temperatur.
<b>Precyzja działania</b>	Wysoka precyzja jest kluczowa, aby zapewnić dokładną kompensację zmian długości sieci trakcyjnej i skuteczne hamowanie w przypadku potrzeby.
<b>Systemy alarmowe</b>	Urządzenia powinny być wyposażone w systemy alarmowe i ostrzegawcze, które

	automatycznie informują personel o wszelkich nieprawidłowościach lub awariach.
<b>Bezpieczeństwo</b>	Bezpieczeństwo operacyjne jest absolutnym priorytetem, dlatego urządzenia powinny być wyposażone w mechanizmy zapobiegające przypadkowemu zwolnieniu lub niedziałaniu hamowania.
<b>Wytrzymałość na warunki zewnętrzne:</b>	Podobnie jak w przypadku standardowych urządzeń, stało-siłowe samohamowne urządzenia muszą być odporne na warunki atmosferyczne i inne czynniki zewnętrzne.
<b>Trwałość</b>	Konstrukcja i materiały użyte do produkcji urządzeń muszą być odpowiednio trwałe, aby zapewnić długotrwałą i niezawodną pracę.
<b>Skalowalność</b>	Urządzenia powinny być dostępne w różnych rozmiarach i konfiguracjach, aby można je było dostosować do różnych typów sieci trakcyjnych i aplikacji.
<b>Łatwość instalacji i konserwacji:</b>	Prosta instalacja i konserwacja są kluczowe dla zapewnienia efektywności eksploatacji i minimalizacji czasu przestoju.

<b>Zgodność z normami</b>	Muszą spełniać wszystkie odpowiednie normy i przepisy dotyczące bezpieczeństwa i jakości w sektorze kolejowym.
---------------------------	--

Stąło-siłowe samohamowne urządzenia do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej muszą gwarantować nie tylko precyzyjną kompensację skurczów i rozszerzeń sieci, ale także automatyczne hamowanie w przypadku nadmiernego naprężenia. Ich konstrukcja musi być wytrzymała, odporna na warunki atmosferyczne oraz spełniać najwyższe normy bezpieczeństwa. Systemy alarmowe są kluczowe dla szybkiego reagowania na awarie, zabezpieczając personel i infrastrukturę przed potencjalnymi zagrożeniami. Dostępność różnych rozmiarów i konfiguracji pozwala na adaptację do różnorodnych aplikacji i potrzeb sieci trakcyjnej. Wreszcie, łatwość instalacji i konserwacji jest niezbędna dla minimalizacji przestoju i zapewnienia ciągłej, niezawodnej pracy urządzeń.

## **2.2 Analiza wymagań formalno-prawnych stawianych stąło-siłowym samohamownym urządzeniom do kompensacji zmian długości trakcyjnej.**

Przedmiotem projektu są badanie przemysłowe i prace rozwojowe nad opracowaniem konstrukcji samohamownych, urządzeń naprężających kolejową i tramwajową, górą sieć trakcyjną.

W wyniku przeprowadzonych prac B+R opracowana będzie nowa konstrukcja urządzenia samohamownego optymalizująca jego masę przy jednoczesnej gwarancji stałego poziomu żądanej siły w zależności od typu sieci w całym zakresie kompensacji zmian cieplnych przewodów jezdnych i lin nośnych w pręśle naprężenia w wyniku zmian

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie

Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

pór roku. Nowa konstrukcja spowoduje wzrost precyzji pracy urządzenia, bezobsługowość, podniesienie jego niezawodność a także trwałości technicznej poprzez zastosowanie innowacyjnych rozwiązań technicznych i materiałowych spełniając oczekiwania użytkowników. Odbiorcy oczekują, że oferowany produkt będzie angażował mniejsze nakłady na utrzymanie i częstość regulacji urządzeń na przełomach pór roku, gdy wzrastają średnie temperatury (skutkujące wydłużaniem lub skracaniem się przewodów jezdnym wskutek rozszerzalności cieplnej). Oczekują urządzenia, którego konstrukcja ograniczy liczbę awarii (zacięć, zapieczeń, blokowań), i jednocześnie produktu, który będzie charakteryzował się wydłużoną żywotnością. Opracowany produkt w wyniku realizacji projektu stanowi odpowiedź na zapotrzebowanie klientów branży transportowej, opartej na napędzie elektrycznym dostarczanych przewodami trakcyjnymi.

Produkt zostanie skonstruowany tak, aby osiągać zamierzoną siłę pracy przy ograniczonej masie, a zatem występuje tu zjawisko redukcji materiałochłonności. Szacuje się, że ilość materiałów przeznaczonych do produkcji urządzenia o tej samej sile naciągu w konstrukcjach stosowanych na rynku oraz w nowej konstrukcji opracowanej przez Wnioskodawcę zmniejszy się o 20-30%. Powyższe aspekty będą miały kluczowe znaczenie w kreowaniu przewagi konkurencyjnej Wnioskodawcy na rynku krajowym i światowym w zakresie zaawansowanych wyrobów metalowych. Poniżej przedstawiono certyfikaty i dopuszczenia dotyczące trakcyjnych urządzeń naprężających.

Tabela 9: Certyfikaty i dopuszczenia MABO Sp. z o.o., źródło: własne

### **Certyfikaty i dopuszczenia:**

Nazwa	Opis
EN ISO 3834-2:2005	Ocena procesów spawalniczych zgodnie z normą EN ISO 3834-2
ISO 9001:2015	Zakres działalności objęty niniejszym certyfikatem dotyczy: cięcia i obróbki plastycznej blach CNC. Produkcja konstrukcji stalowych. Ochrona antykorozyjna. Produkcja bezciężarowych urządzeń napinających do sieci trakcyjnej tramwajowej oraz kolejowej. Produkcja podwieszeń górnej sieci trakcyjnej tramwajowej oraz kolejowej. Produkcja osprzętu sieci trakcyjnej tramwajowej i kolejowej.
EN 1090-1:2009+A1:2011	Certyfikat potwierdza stosowanie wszystkich postanowień dotyczących ocen i weryfikacji stałości procesów opisanych w normie zharmonizowanej.
<p data-bbox="244 1373 534 1715">PKP Polskie Linie Kolejowe S.A Dopuszczenie wyrobu do stosowania na liniach kolejowych zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.</p>	<p data-bbox="563 1328 1412 1805">Przedmiot dopuszczenia: Bezciężarowe urządzenia do naprężania sieci trakcyjnej. Warunki formalno- prawne: niniejszy dokument stanowi wzajemne zobowiązanie się stron do przestrzegania opisanych warunków dopuszczenia. W dopuszczeniu określone są elementy składowe przeznaczone do budowy wszystkich typów sieci trakcyjnej, na infrastrukturze kolejowej zarządzanej przez PKP PLK S.A.</p>

### **2.3 Analiza wymagań eksploatacyjnych stawianych stało-siłowym samohamownym urządzeniom do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.**

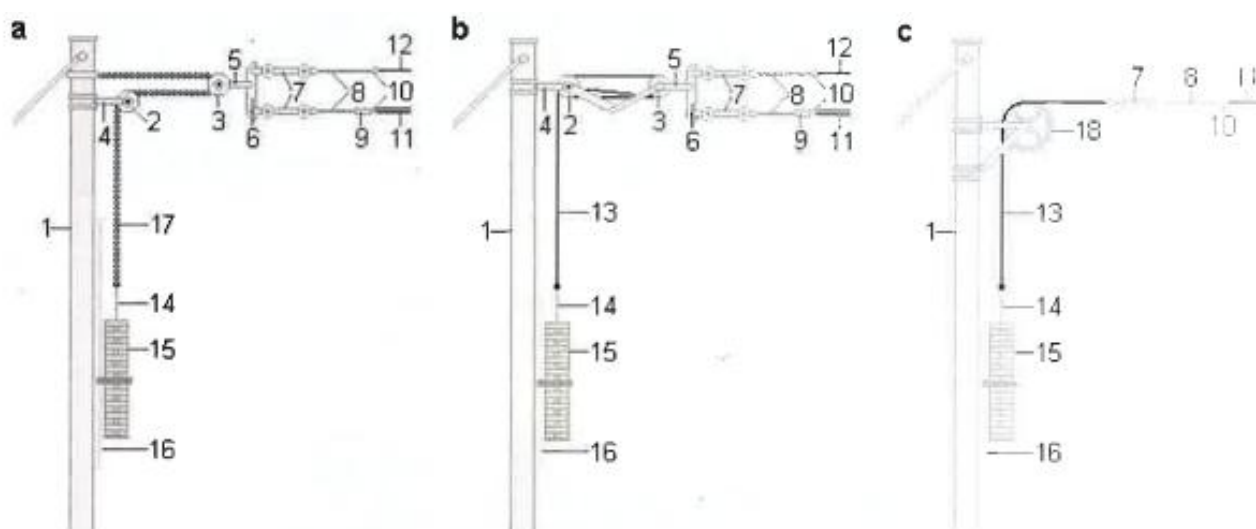
Analiza wymagań eksploatacyjnych stawianych stało-siłowym samohamownym urządzeniom do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej obejmuje szereg istotnych aspektów. Urządzenia muszą zapewnić stabilną pracę w różnych warunkach atmosferycznych i obciążeniach sieci trakcyjnej, minimalizując zakłócenia w przewodzeniu energii oraz zapewniając płynne działanie systemów trakcyjnych. Istotne jest, aby urządzenia skutecznie kompensowały zmiany długości sieci trakcyjnej spowodowane zmianami temperatury, obciążeniem oraz innymi czynnikami zewnętrznymi, aby zapewnić ciągłość i niezawodność zasilania.

Urządzenia muszą być wyposażone w mechanizmy samohamowania, które automatycznie aktywują się w przypadku nadmiernego naprężenia lub przeciążenia sieci trakcyjnej, zapobiegając uszkodzeniom i zapewniając bezpieczeństwo personelu oraz podróżnych. Wymagane jest, aby urządzenia miały minimalny wpływ na infrastrukturę kolejową i nie powodowały dodatkowych obciążeń dla torowisk, słupów trakcyjnych czy innych elementów sieci. Ważne jest, aby urządzenia były łatwe w konserwacji i utrzymaniu, umożliwiając szybką identyfikację i usuwanie ewentualnych usterek oraz minimalizując przestoje w eksploatacji systemu trakcyjnego.

Systemy monitorowania oraz diagnostyki powinny być zaimplementowane, aby umożliwić ciągłe nadzorowanie stanu urządzeń, wykrywanie ewentualnych problemów oraz szybką reakcję w przypadku awarii. Urządzenia powinny być zaprojektowane w taki sposób, aby można je było dostosować do różnych warunków terenowych, w tym terenów płaskich,

pagórkowatych oraz górskich. Konstrukcja urządzeń powinna być trwała i niezawodna, aby zapewnić długotrwałą eksploatację oraz minimalizować potrzebę częstych napraw i wymian. Optymalizacja zużycia energii przez urządzenia jest istotna dla zmniejszenia kosztów eksploatacji i minimalizacji wpływu na środowisko naturalne.

Analiza tych wymagań eksploatacyjnych jest kluczowa dla zapewnienia sprawnego i bezpiecznego funkcjonowania stało-siłowych samohamownych urządzeń do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w systemach kolejowych.



### Konstrukcje mechanizmów naprężających

a - w sieci skompensowanej z przełożeniem przekładni 1 : 2,

b - w sieci skompensowanej z przełożeniem przekładni 1 : 4,

c - w sieci tramwajowej z mechanizmem blokującym

1 - słup kotwowy, 2 - krążki stałe, 3 - krążki ruchome, 4 - uchwyt krążków stałych, 5 - uchwyt krążków ruchomych,

6 - dźwignia, 7 - izolator kotwowy, 8 - śruba rzymska, 9 - wyrównywacz przewodów, 10 - uchwyt krańcowy,

11 - przewody jezdne, 12 - lina nośna, 13 - lina naprężająca, 14 - pręt, 15 - ciężary, 16 - prowadnica ciężarów,

17 - łańcuch naprężający, 18 - koło z mechanizmem blokującym

Rysunek 2. Typowe konstrukcje ciężarowych urządzeń naprężających, źródło: własne

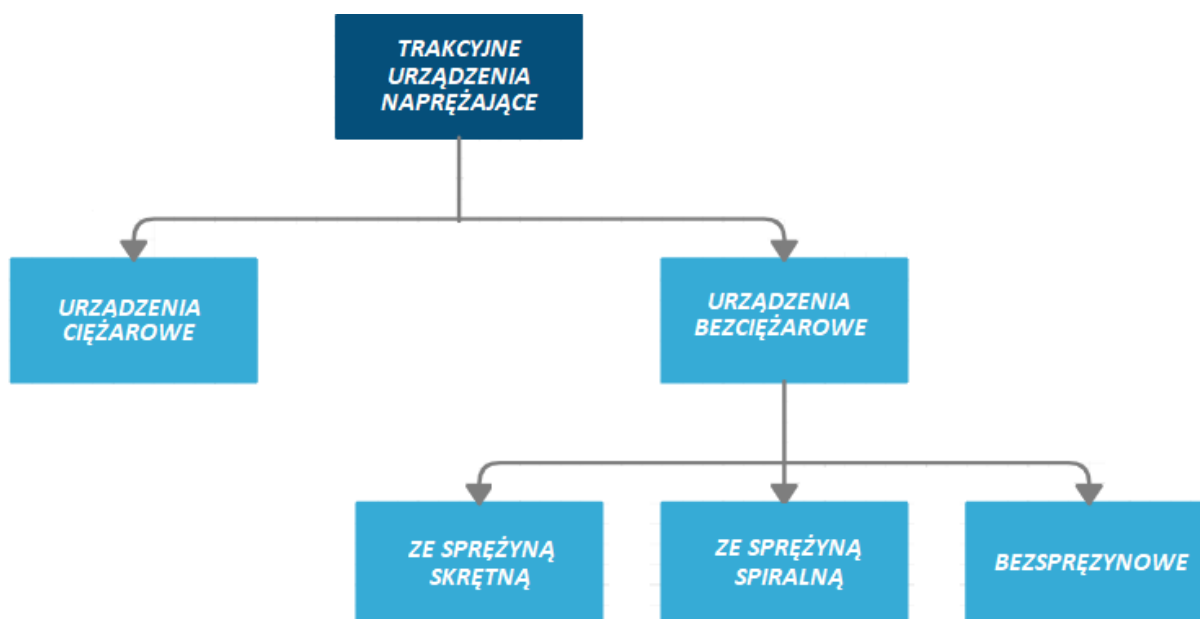
## **2.5 Analiza funkcjonujących w praktyce rozwiązań technicznych, w tym opatentowanych.**

Celem projektu jest opracowanie innowacyjnych rozwiązań technologicznych w skali światowej dla przemysłu kolejowego dotyczących urządzenia naprężającego, przeznaczonego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej linii kolejowej o podwyższonej trwałości technicznej w stosunku do dotychczas produkowanych urządzeń. Opracowany produkt jest rewolucyjny w stosunku do wykorzystywanych dotąd w taborze kolejowym naprężaczy na rynku światowym, a jego wdrożenie stanowi odpowiedź na potrzeby zarządców sieci kolejowych, którzy dążą do maksymalizacji niezawodności infrastruktury kolejowej i świadczonych w jej ramach usług. Obecnie, w obliczy wzrastających oczekiwań klientów korzystających z infrastruktury kolejowej, pociągi są coraz cięższe i jeżdżą z coraz większą prędkością. Zakładając wzrost ilości przewożonych towarów oraz liczby pasażerów, korzystających z ofert przewoźników kolejowych niezawodność pracy sieci trakcyjnej jest istotnym czynnikiem warunkującym ciągłą dostępność linii kolejowych dla eksploatacji.

Znając ogólną specyfikę funkcjonowania sieci trakcyjnych, opisywaną w poprzednim punkcie, warto przyrzeć się bliżej jednemu z ważnych elementów systemu. Mowa tu o trakcyjnych urządzeniach naprężających. Instalowane są one zazwyczaj na początku oraz końcu jednej sekcji naprężania. Urządzenia te służą do kompensowania wpływu amplitudy temperaturowej na przewody sieci jezdnej. Lina nośna, a w szczególności przewód jezdny musi być ciągle napięty. Niedopuszczalna jest sytuacja, w której przewód ten zwisa

swobodnie pomiędzy przęsłami, kształtem przypominając parabolę. Aby zapobiec opisanej sytuacji na słupach krańcowych zawieszane są urządzenia stale utrzymujące tę samą siłę naprężającą bez względu na temperaturę przewodu i otoczenia.

Niniejszy zakres prac poświęcony zostanie różnym rozwiązaniom technicznym mającym na celu naprężanie elektrycznej sieci trakcyjnej. Przedstawione zostaną urządzenia tradycyjne, stosowane od dawna, charakteryzujące się prostą budową; oraz nowe innowacyjne rozwiązania. Poniższy rysunek przedstawia podział urządzeń ze względu na źródło generowania siły naprężającej.



Schemat 1: Podział Trakcyjne urządzenie naprężające, źródło: własne

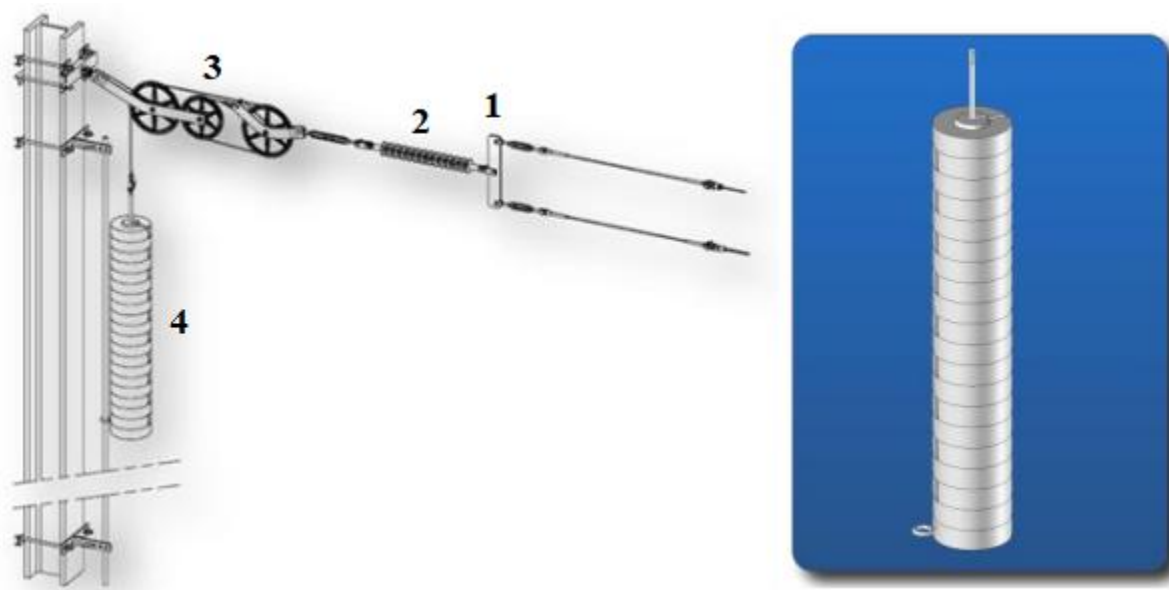
Podział przedstawiony na powyższym rysunku przedstawia dwie główne grupy urządzeń. Pierwszą z nich są urządzenia ciężarowe, w których znajdują się tradycyjne,

powszechne, stosowane od dłuższego czasu rozwiązania. Drugą grupę stanowią urządzenia bezciężarowe. Grupę tą dzieli się na trzy kolejne: ze sprężyną skrętną; ze sprężyną spiralną; bezsprężynowe. Dalsza część rozdziału zawierać będzie szczegółowy opis urządzeń należących do każdej z przedstawionych grup.

### CIEŻAROWE URZĄDZENIA NAPRĘŻAJĄCE

Jak sama nazwa wskazuje, źródłem generowanej siły naprężającej w tego typu urządzeniach są ciężary. Siła z jaką napinana jest sieć zależy od wagi zawieszonych ciężarów oraz od przełożenia przekładni kołowej.

Poniższy rysunek przedstawia konstrukcję standardowego ciężarowego urządzenia, jednego z największych światowych producentów osprzętu trakcyjnego, firmy *Galland*. Producent ten znajduje się na rynku od 1946 r. a w swojej ofercie oprócz napinaczy posiada również elementy konstrukcji podwieszania sieci trakcyjnej, izolatory sekcyjne oraz dużo innych niezbędnych do funkcjonowania sieci podzespołów.



Rysunek 3. Ciężarowe urządzenia naprężające firmy Galland

Budowa ciężarowych urządzeń nie należy do skomplikowanych. Na powyższym rysunku liczbami od 1 do 4 oznaczone zostały poszczególne elementy konstrukcji ciężarowego kotwienia sieci. Symbole liczbowe oznaczają kolejno:

1. **Dźwignia** – zazwyczaj wykonana ze stalowego płaskownika, mająca na celu połączenie ze sobą liny nośnej z przewodem jezdnym. Do drugiej strony dźwigni przyłączony jest izolator krańcowy. Element ten stosowany jest jedynie w skompensowanej sieci trakcyjnej.
2. **Izolator krańcowy** – służy do izolowania zasilanego prądem przewodu jezdnego od urządzenia naprężającego oraz pozostałej części konstrukcji wsporczej.
3. **Przekładnia kołowa** – ma na celu przełożenie siły generowanej z zawieszonego obciążenia, na siłę naprężającą sieć. Zbudowana jest zazwyczaj z kilku kół, wokół których opłatana jest lina. Przekładnie tego typu należą do grupy przekładni ciernych, a najczęstszym stosowanym przełożeniem jest: 1:2 oraz 1:4.
4. **Ciężary** – zawieszane jeden obok drugiego moduły, zazwyczaj w kształcie krążków. Wykonane są przeważnie z żelaza lub betonu. Waga najczęściej stosowanych modułów wynosi od 20 do 40 kg. Ciężary te są źródłem siły naprężającej sieć, ich wspólna waga przekłada się na wartość naprężenia liny nośnej oraz przewodu jezdnego. Umieszczane są one zazwyczaj wzdłuż osi słupa kotwiącego, przed nim lub bezpośrednio wewnątrz.

Zaletą tego typu urządzenia jest zdecydowanie prosta, nieskomplikowana budowa, co przekłada się na niską cenę. Dodatkowo chcąc skorygować siłę naciągu sieci nie jest konieczne ściąganie oraz zawieszanie nowego urządzenia o innych parametrach. Wystarczy zdjąć lub dołożyć odpowiednią ilość ciężarów.

Główną cechą, która nie przemawia za tego typu konstrukcją, jest konieczność okresowego przeglądania urządzeń, w celu sprawdzania ilości zawieszonych modułów. Bardzo częstym zjawiskiem jakie spotykane jest na sieciach wyposażonych w ciężarowe urządzenia jest kradzież obciążników. Niechciane znikanie ciężarów jest trudne do wykrycia. Urządzenia te nie posiadają czujników, które informowałyby o tym, że waga modułów uległa zmianie. Drugą wadę wpływającą na jakość urządzenia jest sprawność przekładni kołowej. Ze względu na to, że na przekładnie działają duże siły, wynikające z naprężenia lin, to w krótkim czasie dochodzi do zacierania i wgniatania się łożysk umieszczonych w osiach kół.

## **BEZCIĘŻAROWE URZĄDZENIA NAPRĘŻAJĄCE**

Idąc wraz z postępem czasu zmieniały się również trakcyjne urządzenia naprężające. Opisywane powyżej ciężary naprężające sieć zostają stopniowo zastępowane przez urządzenia, których konstrukcja pozwala na stało lub zmiennosiłowe naprężanie sieci bez wykorzystywania ciężarów. Sercem każdego urządzenia naprężającego jest źródło generujące siłę. W zależności od koncepcji i charakterystyki pracy urządzeń, wyróżnia się:

- Urządzenia naprężające ze sprężyną skrętną
- Urządzenia naprężające ze sprężyną spiralną
- Urządzenia naprężające o innym niż sprężyna elemencie generującym siłę.

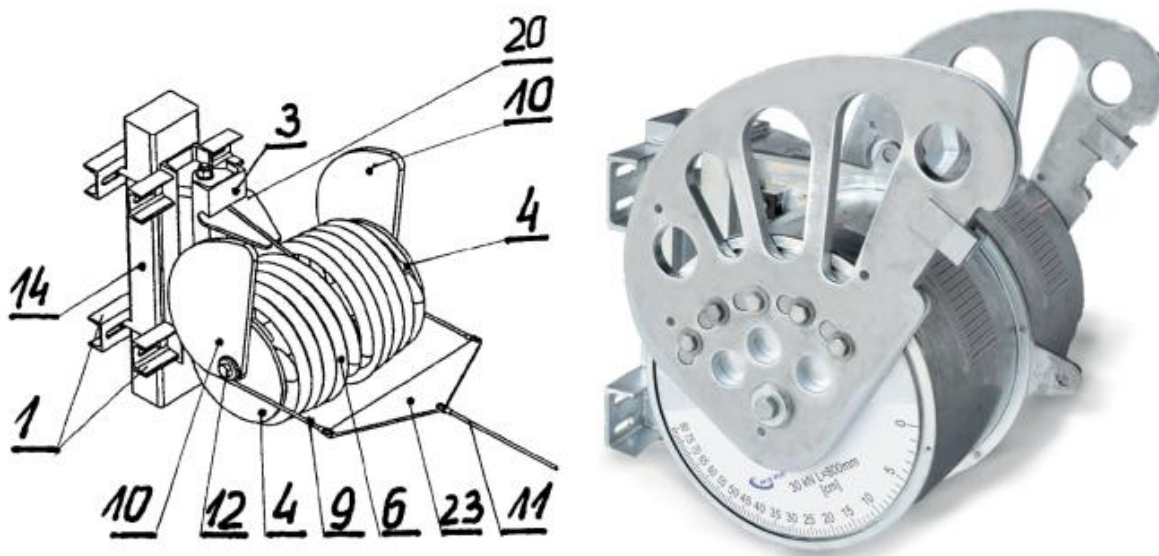
Każde z przytoczonych rodzajów źródeł powstawania siły naprężającej, sprawia, że konstrukcje urządzeń są unikalne i różnią się od siebie. Zaletą urządzeń bezciężarowych jest to, że nie zajmują one dużo przestrzeni w osi słupa. Daje to możliwość zawieszenia do słupa kotwiącego dodatkowego osprzętu trakcyjnego. Dodatkowo, bezciężarowe urządzenia nie

wymagają stosowania przekładni, co sprawia, że wyeliminowany zostaje element, którego niska sprawność wpływa niekorzystnie na sprawność całego systemu. Jeżeli czegoś nie ma, to nie może ulec awarii, mowa oczywiście o opisywanej we wcześniejszej części pracy przekładni kołowej.

Zalety niemal zawsze idą w parze z wadami. Jedną z nich jest to, że w przypadku ciężarowych urządzeń naprężających większość ciężaru urządzenia zawieszona jest niewiele nad poziomem torowiska. W beciężarowych urządzeniach, cała masa skumulowana jest w górnej części słupa, co sprawia, że sam słup jak i konstrukcja wsporcza muszą być stabilniejsze.

#### **URZĄDZENIA ZE SPRĘŻYNĄ SKRĘTNĄ**

Pierwszą grupą beciężarowych urządzeń naprężających, które zostaną opisane są urządzenia wykorzystujące w swojej konstrukcji sprężyny spiralne. Jednym z głównych producentów urządzeń tego typu jest firma z polską historią – MABO Sp. z o.o. Pomimo tego, że główną dziedziną produkcji przedsiębiorstwa są konstrukcje stalowe, to w swoim asortymencie posiada ono pełną gamę trakcyjnych urządzeń naprężających, systemy aluminiowych podwieszeń sieci trakcyjnej oraz inne elementy osprzętu trakcyjnego.



Rysunek 4. Z lewej strony – rysunek z oznaczeniami poszczególnych podzespołów  
Z prawej strony – obraz rzeczywistej konstrukcji urządzenia, źródło: włanse

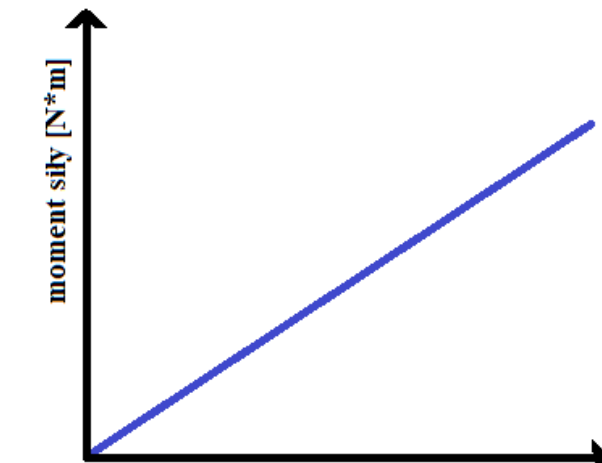
Na powyższym, lewym rysunku oznaczone zostały poszczególne elementy urządzenia produkowanego przez firmę MABO Sp. z o.o. Przedstawiony rysunek jest oryginalnym szkicem zamieszczonym w patencie. Oznaczenia na nim umieszczone nie są kompletne, ze względu na to, że część elementów jest lepiej widoczna na pozostałych rysunkach. Są one natomiast wystarczające do tego, aby przedstawić zasadę działania urządzenia. Omawiane urządzenie naprężające składa się z następujących elementów:

1. **Mocowanie** – wykonywane zazwyczaj ze stalowego ceownika. Element mający na celu połączenie, zamocowanie urządzenia naprężającego do słupa kotwiącego. Typ i geometria mocowania, zależy od rodzaju urządzenia oraz od kształtu słupa, na którym jest ono wieszane.
3. **Korpus** – stalowa blacha, do której przyspawany jest ceownik mocujący oraz tuleja korpusu. Jest on głównym elementem, pomijając sprężyny, który przenosi większość

obciążeń układu. Do korpusu mocowany jest również jeden z dwóch końców każdej ze sprężyn. Wewnątrz tulei korpusu wpuszczona jest oś (4).

4. **Zabieraki** – Ruchoma część urządzenia, do której zamocowany jest drugi koniec sprężyny. Są one osadzone na osi (4), która spina oba zabieraki ze sobą i obraca się wraz z nimi. Zadaniem zabieraków jest napinanie, skręcanie sprężyn poprzez wykonywanie ruchu obrotowego. Pośredniczą one pomiędzy sprężynami a krzywkami.
6. **Sprężyny skretne** – dwie połączone równolegle sprężyny skretne. Jedna z nich ma charakter lewoskretny, natomiast druga – prawoskretny. Są to elementy urządzenia, które generują siłę naprężania sieci trakcyjnej. Wraz z przyrostem kąta skręcania rośnie wartość momentu siły. Sprężyny połączone są jednym końcem z korpusem a drugim z zabierakiem. Charakterystyka pracy sprężyn skretnych przedstawiona została na rysunku 5.
9. **Lina główna** – stalowe cięgno łączące krzywkę z orczykiem. Wraz z obrotem krzywki jest ono nawijane lub odwijane na rowek wykonany w krzywce. Podczas nawijania liny głównej na krzywkę dochodzi do kompensowania sieci trakcyjnej.
10. **Krzywki** – wykonany ze stali element, osadzony na osi oraz przykręcony do zabieraka. Jej unikalna geometria jest podyktowana kształtem krzywej Archimedesesa. Wraz z przyrostem momentu siły zwiększa się również odległość styku liny głównej z krzywką od osi obrotu. Sprawa to, że siła naciągu sieci trakcyjnej jest jednakowa w całym zakresie pracy urządzenia.
11. W zależności od rodzaju sieci trakcyjnej, orczyk połączony jest z przewodem jezdny lub liną nośną. Występują przypadki, gdzie jedno urządzenie napręża oba, wspomniane wcześniej cięgna. Stosowana jest wtedy, opisywana przy ciężarowym urządzeniu naprężającym, dźwignia.

12. **Oś** – element urządzenia mający za zadanie sprzężenie ze sobą obu zabieraków. Porusza się ona wraz z nimi. Osadzona jest w tulei korpusu za pośrednictwem łożysk ślizgowych.
14. **Konstrukcja wsporcza** – jeden z wielu rodzajów słupów kotwiących. Jego zadaniem jest utrzymanie urządzenia naprężającego na odpowiedniej wysokości od torowiska.
20. **Wzmocnienie korpusu** – jedno z wielu elementów wzmacniających konstrukcję korpusu.
23. **Orczyk** – stalowy element łączący obie liny główne z przewodem jezdnym, liną nośną lub dźwignią. Przenosi oraz rozkłada on siłę naprężającą sieć po równo na obie sprężyny urządzenia.



Rysunek 5. Charakterystyka pracy sprężyn skrętnych, źródło: własne

Głównymi zaletami urządzeń tego typu jest brak konieczności wykonywania przeglądów okresowych. Konstrukcja nie wymaga stosowania kołowo-linowych przekładni, co sprawia, że zwiększa się sprawność systemu kotwienia.

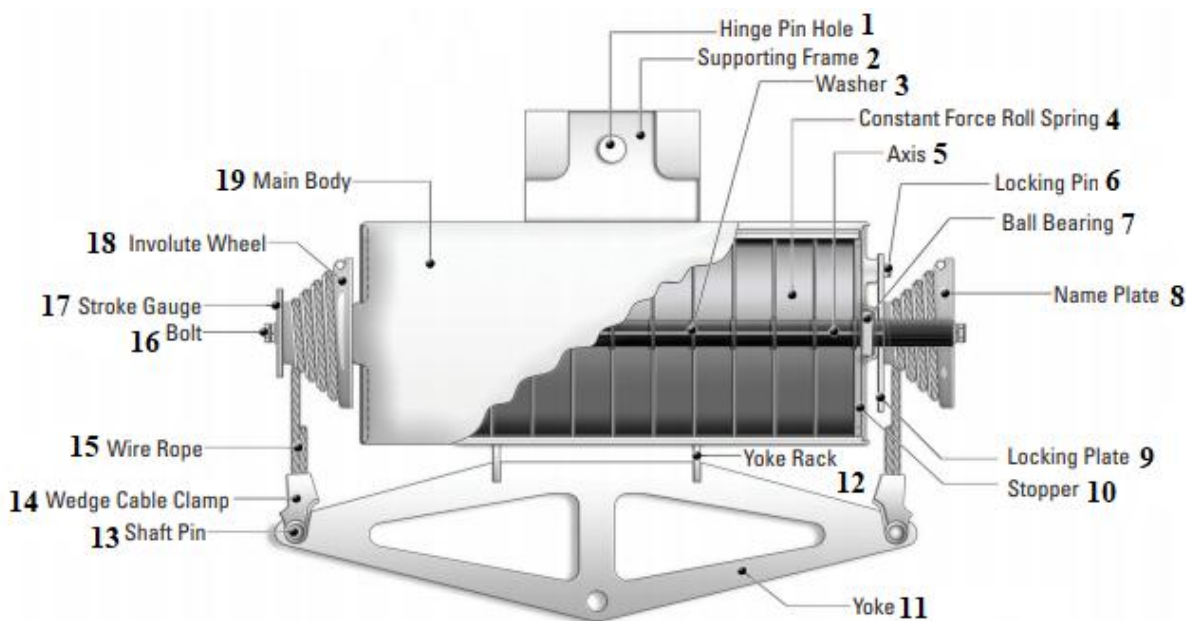
Jedną, mało znaczącą wadą urządzenia jest jego gabaryt i waga. Zawieszenie urządzenia w górnej części słupa wymaga stabilnej konstrukcji słupa kotwiącego oraz użycia ciężkiego sprzętu w celu zawieszenia go na słupie.

## URZĄDZENIA ZE SPRĘŻYNĄ SPIRALNĄ

Kolejnymi z dziedziny trakcyjnych urządzeń służących do naprężania sieci są urządzenia wyposażone w sprężynę lub kilka sprężyn spiralnych. Sprężyny te różnią się od sprężyn skrętnych tym, że każdy kolejny swój nawijany jest na poprzedni. Sprawia to, że średnica poszczególnych zwojów sprężyny wzrasta wraz z jej nawijaniem. Pomimo tego, że znacznie różnią się one budową to charakteryzują się podobnymi parametrami.

Jednym z parametrów, które łączy obie sprężyny jest proporcjonalny przyrost momentu siły wraz z przyrostem kąta skręcania. Sprawia to, że urządzenia opisywane w tym podrozdziale, aby spełniać swoje zadania, muszą przenosić siłę naprężania sieci poprzez mechanizm krzywkowy.

Jednym z napinaczy wykorzystujący spiralne sprężyny do naprężania sieci trakcyjnej, jest napinacz oferowany przez koreańską firmę *SEJONG ENG.*. Urządzenia te przeznaczone są dla wszystkich typów sieci trakcyjnych, które nie wymagają siły naprężającej wyższej niż 26kN. Są to głównie sieci trakcyjne kolei wysokich prędkości.



Rysunek 6. Trakcyjne urządzenie naprężające firmy SEJONG ENG

Poszczególne elementy pokazanego na powyższym rysunku urządzenia oznaczono numerami:

1. Hingle Pin Hole (otwór na sworzeń) – otwór, w którym umieszczany jest sworzeń mocujący korpus urządzenia do mocowania wieszanego na konstrukcji kotwiącej.
2. Supporting Frame (rama nośna) – korpus urządzenia, mający za zadanie znosić wszystkie powstające naprężenia.
3. Washer (podkładka) – podkładka dystansowa rozdzielającą od siebie poszczególne moduły sprężyn.
4. Constant Force Roll Spring (sprężyna spiralna) – sprężyna spiralna o stałym stosunku wartości kąta skrętu sprężyny do momentu siły. W urządzeniu tym możliwe jest łączenie szeregowo sprężyn, w celu uzyskania większej siły naprężania.

5. Axis (oś) – oś urządzenia. Jej zadaniem jest sztywne połączenie stożkowych bębnow linowych z jednym końcem każdej ze sprężyn. Kąt obrotu osi jest taki sam jak kąt obrotu bębna i sprężyn.
6. Locking Pin (sworzeń blokujący) – służy do zablokowania bębna w odpowiednim położeniu kątowym względem sprężyn.
7. Ball Bearing (łożysko kulkowe) – osadzone jest pomiędzy korpusem urządzenia a osią spinającą sprężyny. Umożliwiają one swobodny obrót.
8. Name Plate (tabliczka znamionowa) – znajdują się na niej najważniejsze informacje dotyczące parametrów oraz kalibracji urządzenia.
9. Locking Plate (tarcza blokująca) – pośredniczy w kalibracji urządzenia. Połączona na sztywno z bębniem. Po poprawnym ustawieniu tarczy względem sprężyn, blokuje się ją sworzniem blokującym.
10. Stopper (zatyckza) – zatyckza zaślepiająca. Uniemożliwia dostęp do wnętrza urządzenia.
11. Yoke (orczyk) – łączy ze sobą oba stożkowe bębny linowe. Sprawia on, że siła naprężająca sieć trakcyjną rozłożona jest po równo na obie strony osi obrotu urządzenia.
12. Yoke Rack (stelaż orczyka) – w momencie, kiedy urządzenie nie pracują, utrzymuje orczyk w odpowiedniej pozycji.
13. Shaft Pin (sworzeń orczyka) – służy do mocowania ze sobą liny oraz orczyka.
14. Wedgle Cable Clamp (klinowy zacisk kablowy) – zakończone okucie liny, umożliwiające mocowanie jej z orczykiem. Stosowanie okucia wzmacnia połączenie i niweluje zużywanie się liny.
15. Wire Rope (lina) – przenosi siłę naprężającą sieć z orczyka na stożkowy bęben linowy.  
Urządzenie wyposażone jest w dwie liny.

16. Bolt (sworzeń, klin) – służy do sztywnego mocowania bębna do osi.
17. Stroke Gauge (miernik skoku) – tarcza z naniesioną podziałką. Służy do wskazywania aktualnego położenia bębna względem sprężyn. Położenie to nazywane jest skokiem.
18. Involute Wheel (bęben stożkowy) – bęben linowy w kształcie stożka. Wraz z obrotem układu, owijana lub odwijana jest na bęben lina. Urządzenie wyposażone jest w dwa identyczne bębny linowe.
19. Main Body (korpus główny) – główna część urządzenia spinająca ze sobą wszystkie podzespoły. Do korpusu przyłączony jest jeden z końców każdej ze spiralnych sprężyn. W wyniku tego połączenia powstają naprężenia, które musi wytrzymać konstrukcja korpusu.

Do zalet jakie ma opisywane koreańskie urządzenie z pewnością należy zaliczyć trwałość, po zawieszeniu napinacza na trakcji może on spełniać swoje funkcje przez 20 lat nie potrzebując przy tym regulacji i przeglądów. Kolejną zaletą jest to, że urządzenie posiada hamulec. Oznacza to, że w sytuacji zerwania się sieci trakcyjnej sprężyny są blokowane a liny wychodzące z bębnow stożkowych cofają się maksymalnie 70mm.

Mówiąc o wadach urządzenia, należy powiedzieć o dużych w porównaniach z poprzednimi urządzeniami wymiarach zewnętrznych oraz wadze. Do wad trzeba również zaliczyć to, że maksymalna siła napinania wynosi 26 kN, co sprawia, że urządzenie można wykorzystać tylko w niektórych typach sieci trakcyjnej.

Jedną z pozycji znajdujących się na obecnym, światowym rynku urządzeń trakcyjnych są urządzenia sprzedawane przez niemiecką firmę *PFISTERER*. Przedsiębiorstwo to charakteryzuje się w produkowaniu i dostarczaniu rozwiązań dla różnych rodzajów elektrowni.

Wszędzie tam, gdzie występuje produkcja, transmisja i dystrybucja energii elektrycznej. Jedną z dziedzin, którą zajmuje się firma *PFISTERER* jest produkcja urządzeń dla elektrycznych sieci trakcyjnych. Jedno z nich przedstawione zostało na poniższym rysunku.



Rysunek 7. Trakcyjne urządzenie naprężające firmy PFISTERER

Opisywane urządzenie wyglądem przypomina produkt oferowany przez firmę MABO Sp. z o.o., lecz występuje w nim kilka znaczących różnic. Zamiast sprężyn skrętnych umieszczone są w nim sprężyny spiralne. Sprężyny te można łączyć modułowo i wpływać w ten sposób na możliwości urządzenia w kontekście wartości siły naprężania sieci. Im więcej sprężyn tym większą siłę może wygenerować urządzenie.

Pokazane na rysunku urządzenie zbudowane zostało w standardowy sposób. Sieć trakcyjna połączona jest z orczykiem, który poprzez stalowe ciągną linowe rozdziela działającą

siłę po równo co do wartości, na każdą krzywkę. Obie krzywki połączone są z osią urządzenia, poprzez specjalny system służący do regulacji położenia względem sprężyn. Do osi przyłączony został na sztywno jeden z końców każdej ze sprężyn. Drugi koniec sprężyn spiralnych mocowany jest do korpusu, który zamyka cały układ obciążeń. Sprężyny zasłonięte są poprzez wykonane z cienkiej blachy osłony, na których z kolei umieszczana jest skala informująca o aktualnej pozycji pracy urządzenia. Korpus urządzenia połączony jest za pomocą sworzni z mocowaniem wieszanym bezpośrednio na kotwiącej konstrukcji wsporczej.

Ze względu na swoją budowę, urządzenie to występuje w niemal każdej konfiguracji siły naprężania oraz kompensacji. Stosować je można do naprężania niemal każdej sieci trakcyjnej, która charakteryzuje się siłą naciągu z przedziału od 4,4 do 40 kN. Maksymalna wartość kompensacji termicznej pozwala na umieszczanie urządzeń w miejscach, gdzie występuje duża roczna amplituda temperatur.

## **URZĄDZENIA BEZSPRĘŻYNOWE**

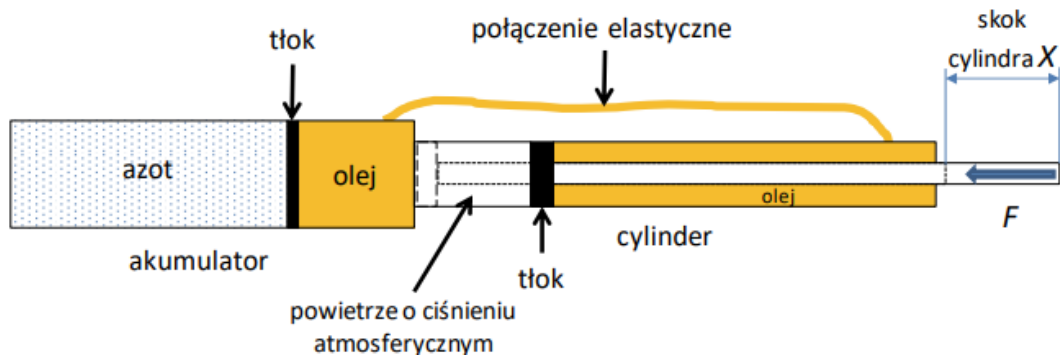
Ostatnią z przedstawionych grup trakcyjnych urządzeń naprężających są urządzenia, które są bezieżarowe i siłę potrzebną do naprężania sieci trakcyjnej generują z innych źródeł niż sprężyna.

Do takich urządzeń bez wątpienia należą produkty opisywanej wcześniej firmy Galland. Przedsiębiorstwo to w swojej ofercie posiada urządzenia AERO480 oraz AERO1000. Produkt ten, działa wykorzystując system hydrauliczny, gazowo-olejowy. Poniższy rysunek przedstawia jeden z napinaczy bezsprężynowych firmy Galland.



Rysunek 8. Gazowe urządzenie naprężające

Głównymi elementami z jakich składa się gazowe urządzenie naprężające jest akumulator oraz cylinder. Akumulator podzielony jest za pomocą tłoka na dwie komory wypełnione azotem oraz olejem. Cylinder również podzielony jest na dwie komory, lecz w jednej znajduje się powietrze a w drugiej olej. Tłok cylindera połączony jest z naprężanym przewodem.



Rysunek 9. Schemat budowy gazowego urządzenia.

Na powyższym rysunku przedstawiony został schemat budowy gazowego urządzenia naprężającego. Praca całego urządzenia zaczyna się w akumulatorze. Wraz ze zmianą temperatury zewnętrznej zmienia się również ciśnienie w komorze z azotem, które chcąc

powrócić do poprzedniej wartości przesuwając tłok, zmieniając objętość oleju w drugiej komorze cylindra. Połączenie elastyczne umożliwia przepływ oleju pomiędzy obiema komorami, w momencie, kiedy zachodzi taka potrzeba. Objętość oleju w komorze cylindra wpływa na położenie tłoka cylindra. Ze względu na to, że tłok ten połączony jest bezpośrednio z naprężanym przewodem, to zmiana jego położenia kompensuje różnicę długości przewodu, wynikająca z amplitudy temperatur.

Opisywane urządzenie w porównaniu z opisywanymi w poprzedniej części owej pracy urządzeniami jest od nich znacznie lżejsze. Smukły i podłużny kształt sprawia, że urządzenie maskuje się na tle otaczającej go infrastruktury kolejowej. Dodatkową zaletą urządzenia jest to, że możliwe jest umieszczenie na nim czujników, które na bieżąco monitorują i wysyłają dane dotyczące temperatury otoczenia, ciśnienia azotu oraz siły naprężania.

## ZESTAWIENIE PARAMETRÓW URZĄDZEŃ NAPRĘŻAJĄCYCH

Poprzednia część pracy przedstawia opis budowy oraz zasady działania trakcyjnych urządzeń naprężających należących do czterech podstawowych grup. Urządzenia te charakteryzowały się różną budową oraz parametrami pracy. Zestawienie najważniejszych, wspólnych dla wszystkich urządzeń parametrów, przedstawione zostało w poniższej tabeli

Tabela 11. Zestawienie najważniejszych parametrów opisywanych urządzeń, źródło: własne

Parametr	Rodzaj urządzenia naprężającego				
	Ciężarowe	Ze spr. skrętną	Ze spr. spiralną		Bezsprężynowe
	Galland	MABO Sp. z o.o.	SEJONG ENG.	PFISTERER	Galland
Zakres sił naprężania	15 - 42 kN	10 - 42 kN	8,5 - 26 kN	4,4 - 40 kN	0 - 40kN
Kompensacja	0 - 700 mm	0 - 800 mm	0 - 1300 mm	0 - 1350 mm	0 - 1000 mm
Waga urządzenia	100 - 415 kg	100 - 300 kg	134 - 285 kg	95 - 335 kg	42 - 52 kg
Przekładnia	kołowa	brak	brak	brak	brak
Charakterystyka pracy	stałosiłowa	stałosiłowa	stałosiłowa	stałosiłowa	stałosiłowa

Zakres sił naprężania oznacza minimalną oraz maksymalną siłę z jaką dane urządzenie jest w stanie naprężać sieć. Największą maksymalną wartość uzyskuje ciężarowe urządzenie firmy *Galland* oraz bezieżarowe urządzenie ze sprężyną skrętną firmy *MABO Sp. z o.o.*

Napinaczem charakteryzującym się największym zakresem kompensacji, jest produkt firmy *PFISTERER* uzyskując wartość 1350 mm. Na drugim miejscu, z drobną stratą znajduje się koreańskie urządzenie (1300 mm).

Bezkonkurencyjny ze względu na wagę okazał się gazowy napinacz producenta *Galland*, uzyskując maksymalną wagę o wartości 52 kg.

Wszystkie z opisywanych urządzeń wykazują stałosiłowy charakter pracy, co oznacza, że przewody naprężane są zawsze z jednakową siłą. Ciężarowe urządzenie jako jedyne, aby móc poprawnie pracować potrzebuje dodatkowego asortymentu w postaci przekładni.

Dotychczas znane są urządzenia oparte konstrukcyjnie na stalowych elementach sprężystych, bądź wykorzystujących prężność cieczy i /lub gazów. Urządzenia te posiadają pewne wady przy czym całkowicie niekonkurencyjne są urządzenia oparte na prężności cieczy i gazów, ponieważ problem z zapewnieniem ich szczelności i niezawodności działania oraz bezobsługowości w długim okresie czasu (kilkadziesiąt lat) jest praktycznie na dzisiejszy stan techniki niewykonalne. W związku z tym zamierzono skupić się na badaniach i rozwoju konstrukcji urządzeń sprężynowych i grawitacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem długookresowej niezawodności i utrzymaniu niezmienności siły napinającej w funkcji czasu eksploatacji urządzenia.

Porównując produkty dostępne na rynku i planowany, nowy produkt pod względem zarówno jakościowym, jak i ilościowym można zauważyć następujące różnice. Porównując masę urządzenia oraz gabaryty to w przypadku planowanego produktu nie zwiększają się w wyniku zwiększenia siły naciągu. Urządzenie charakteryzować się będzie niską masą mieszczącą się w przedziale 200-250 kg, a jednocześnie gwarantuje stały poziom żądanej siły w zależności od typu sieci w całym zakresie kompensacji zmian cieplnych przewodów jezdných i lin nośnych w przęśle naprężenia w wyniku zmian pór roku tj. zmian długości lin i

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020

Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie

Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

przewodów na poziomie 0,8 m. W przypadku rozwiązań stosowanych przez konkurencję masa i gabaryty urządzenia wzrastają z zwiększeniem się siły naciągu. Wynika to z zastosowanego rodzaju sprężyny – o kształcie spiralnym. Wzrost siły pracy tego rodzaju sprężyny wymaga zwiększenia jej rozmiarów (co podnosi masę), przy proporcjonalnym zwiększeniu przestrzeni między jej zwojami, w celu ograniczenia ich tarcia, co dodatkowo zwiększa gabaryty.

Dodatkowo planowane urządzenie będzie charakteryzować się większą precyzyjnością niż występujące jak dotąd na rynku, ponieważ zastosowany rodzaj materiału sprężystego, poza większą siłą, daje również przewagę polegającą na dokładności pomiaru siły dokonywanego na samym urządzeniu, co pozwala na kompensację w faktycznie pożądanym zakresie – nie występuje tarcie pomiędzy zwojami sprężyny. Z kolei w rozwiązaniach stosowanych przez konkurencję wykorzystywany jest rodzaj sprężyny, który wpływa na zafałszowanie wyników pomiaru naprężenia sieci, mierzonego na urządzeniu. Wynika to z siły tarcia między zwojami sprężyny. Tym samym ograniczona jest precyzja pracy urządzenia. Trzeba wspomnieć również o tym, że nowy produkt, urządzenie jest bezobsługowe. Natomiast w celu ograniczenia zawodności urządzeń dostępnych na rynku, która wynika z zacierania się łożysk, jak również w celu przedłużenia ich żywotności, niezbędne jest uwzględnienie w strategii organizacji prac nad utrzymaniem właściwej jakości taboru kolejowego, zabiegów smarowania łożysk zamontowanych w omawianych urządzeniach.

Nakłady pracy niezbędne na wykonywanie tej czynności wpływają na podniesienie kosztów eksploatacyjnych urządzeń dostępnych na rynku. Niekwestionowaną korzyścią dla nabywców jest niska cena urządzenia w porównaniu z produktami oferowanymi na rynku. W połączeniu z niższymi kosztami eksploatacyjnymi oraz użytecznościami wynikającymi

z innowacyjnych cech produktów wpływa na zdecydowaną przewagę konkurencyjną urządzenia.

## **2.6 Analiza materiałów konstrukcyjnych możliwych do zastosowania w konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.**

Analiza materiałów konstrukcyjnych możliwych do zastosowania w produkcji samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej uwzględnia szereg kluczowych czynników związanych z wydajnością, trwałością i bezpieczeństwem eksploatacji. W ogólności materiały konstrukcyjne możemy podzielić na: metale, ceramikę, polimery oraz kompozyty. Każda z tej grupy materiałów ma cechę charakterystyczną wyróżniającą ją na tle pozostałych materiałów, a także ma istotne zalety i wady. Cechą ceramiki jest odporność na wysoką temperaturę i korozję wysokotemperaturową oraz duża twardość, natomiast jej największą wadą jest jej kruchość. Ceramika ma małą odporność na rozciąganie i zginanie. Wszystkie te przykłady wskazują, że elementy wykonane z ceramiki nie nadają się do zastosowania przy produkcji napinaczy- wyjątkiem może być zastosowanie betonu do wykonania obciążników w napinaczach grawitacyjnych. Zatem ze wszystkich grup materiałów możliwych do zastosowania w konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji wykluczono ceramikę i analizie poddano pozostałe grupy materiałów, czyli metale i ich stopy, polimery i kompozyty.

Tabela 12. Rodzaj materiału i opis, źródło: własne

Rodzaj materiału	Opis
------------------	------

<p>Stal stopowa</p>	<p>Jest to popularny wybór ze względu na swoją wysoką trwałość, odporność na korozję i zdolność do utrzymania właściwości mechanicznych w różnych warunkach atmosferycznych. Stal nierdzewna jest szczególnie odpowiednia do elementów podatnych na korozję, takich jak sprężyny i elementy konstrukcyjne.</p>
<p>Stop aluminium</p>	<p>Aluminium jest lekkie, co ułatwia instalację i utrzymanie urządzeń. Stop aluminium może być stosowany do obudowy i elementów nie będących pod dużym obciążeniem mechanicznym. Jest również odporny na korozję, co czyni go atrakcyjnym wyborem dla elementów narażonych na warunki atmosferyczne.</p>
<p>Żeliwo sferoidalne:</p>	<p>Jest to materiał o wysokiej wytrzymałości mechanicznej i odporności na zużycie, co czyni go idealnym do zastosowania w elementach podatnych na dużą eksploatację, takich jak uchwyty i elementy łączeniowe.</p>
<p>Tworzywa sztuczne wzmocnione włóknem szklanym lub węglowym</p>	<p>Tworzywa sztuczne mogą być stosowane do elementów, które nie są pod dużym obciążeniem mechanicznym, ale wymagają odporności na korozję i niską masę. Włókna szklane lub węglowe dodane do</p>

	tworzyw sztucznych mogą zwiększyć ich wytrzymałość i sztywność.
Miedź i brąz	Są to materiały często stosowane w przewodach elektrycznych i elementach przewodzących prąd, ze względu na ich doskonałe właściwości elektryczne i wysoką przewodność.
Stopy metali lekkich	Takie jak tytan czy magnez, mogą być stosowane w celu zmniejszenia masy urządzeń i zwiększenia wydajności energetycznej, ale są zazwyczaj droższe i wymagają specjalistycznej wiedzy w procesie produkcji.

Metale na tle innych materiałów wyróżnia struktura krystaliczna w stanie skondensowanym, przy czym atomy metali są ze sobą związane twz. Wiązaniem metalicznymi, które jest rodzajem wiązania chemicznego i powstaje dzięki sile przyciągania elektrostatycznego pomiędzy elektronami z pasma przewodnictwa, a dodatnio naładowanymi jonami metali. Zdelokalizowane elektrony mogą się swobodnie przemieszczać pod wpływem przyłożonego napięcia elektrycznego. Skutkiem tej delokalizacji jest istnienie w metalach trójwymiarowej sieci stabilnych wiązań, co warunkuje dużą wytrzymałość mechaniczną metali i jednocześnie zdolność do dużych odkształceń plastycznych. Stopem metali mającym największe znaczenie w konstrukcjach jest stal. Jest to stop żelaza z węglem do zawartości 2% po obróbce plastycznej na gorąco lub zimno typu kucie, walcowanie, ciągnięcie. Jedną z

najważniejszych właściwości materiałów konstrukcyjnych jest ich wytrzymałość na rozciąganie.

Najlepszym wyborem dla elementów sprężystych w urządzeniach stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji jest stal stopowa. Istnieje kilka kluczowych powodów, dla których stal stopowa jest preferowanym materiałem konstrukcyjnym w tych aplikacjach:

1. **Wysoka wytrzymałość mechaniczna:** Stal stopowa charakteryzuje się znakomitą wytrzymałością mechaniczną, co czyni ją idealnym wyborem do elementów podatnych na duże obciążenia dynamiczne, typowe dla urządzeń stało-siłowych w systemach trakcyjnych.
2. **Odporność na zmęczenie materiału:** Stal stopowa wykazuje również dobrą odporność na zmęczenie materiału, co jest kluczowe dla elementów poddawanych cyklicznym obciążeniom, takim jak sprężyny w urządzeniach kompensacyjnych.
3. **Odporność na korozję:** Dzięki odpowiedniej obróbce powierzchniowej lub dodatkowym warstwom ochronnym, stal stopowa może być odporna na korozję, co jest istotne w przypadku ekspozycji na warunki atmosferyczne w systemach trakcyjnych.
4. **Stabilność wymiarowa:** Stal stopowa wykazuje również stabilność wymiarową, co oznacza, że zachowuje ona swoje kształty i wymiary nawet w trudnych warunkach pracy, co jest istotne dla utrzymania prawidłowego działania urządzeń.
5. **Dostępność i cena:** Stal stopowa jest powszechnie dostępna na rynku i ma konkurencyjną cenę w porównaniu do innych zaawansowanych materiałów, co czyni ją ekonomicznym wyborem dla producentów urządzeń stało-siłowych.

Podsumowując, stal stopowa jest preferowanym materiałem konstrukcyjnym dla elementów sprężystych w urządzeniach stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej ze względu na swoją wysoką wytrzymałość mechaniczną, odporność na zmęczenie materiału, korozję oraz stabilność wymiarową, a także ze względu na swoją dostępność i konkurencyjną cenę.

## **2.7 Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano tradycyjne elementy sprężyste.**

Wymagania konstrukcyjne dotyczące tradycyjnych elementów sprężystych w samohamownych urządzeniach stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej są kluczowe dla zapewnienia ich skuteczności i niezawodności w trakcie eksploatacji. Pierwszym istotnym aspektem jest wymóg odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej tych elementów, co umożliwi absorpcję obciążeń dynamicznych, zapewniając stabilność i bezpieczeństwo całego systemu. Elastyczność jest również kluczowym kryterium, ponieważ elementy sprężyste muszą być zdolne do skutecznej kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej oraz do absorbowania wibracji i drgań. Dodatkowo, istotne jest, aby elementy te były odporne na korozję, zwłaszcza jeśli są one ekspozycji na warunki atmosferyczne, co zapewni ich trwałość i niezawodność w długim okresie eksploatacji. Stabilność wymiarowa jest kolejnym ważnym wymogiem, ponieważ elementy sprężyste muszą zachowywać swoje wymiary i kształt w różnych warunkach pracy, aby zapewnić prawidłowe działanie urządzenia. Odporność na zmęczenie materiału jest kluczowym czynnikiem, ponieważ elementy sprężyste będą poddawane cyklicznym obciążeniom w trakcie eksploatacji, co może prowadzić do stopniowego osłabienia i uszkodzenia materiału. Ważne jest również, aby elementy te były łatwe w montażu i demontażu, co ułatwi konserwację, naprawy oraz

wymianę w razie potrzeby. Ponadto, konieczne jest zapewnienie zgodności z obowiązującymi normami i przepisami branżowymi, aby elementy sprężyste były bezpieczne i zgodne z wymaganiami dotyczącymi konstrukcji urządzeń trakcyjnych. Wreszcie, elementy sprężyste muszą być trwałe i niezawodne, aby zapewnić długotrwałą eksploatację urządzenia bez potrzeby częstych napraw i wymian. Analiza sprężyny została przeanalizowana w załączniku 3.

Podsumowując, wymagania konstrukcyjne dotyczące tradycyjnych elementów sprężystych w samohamownych urządzeniach stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej powinny uwzględniać ich wytrzymałość mechaniczną, elastyczność, odporność na korozję, stabilność wymiarową, odporność na zmęczenie materiału, łatwość montażu i demontażu, zgodność z normami oraz trwałość i niezawodność, aby zapewnić optymalną wydajność i bezpieczeństwo całego systemu.



Rysunek 10 Przegląd typowych rozwiązań wykorzystywanych na rynku. Źródło: Pfisterer

## Analiza Statyczna TUN z BLOKADĄ

### Warunki brzegowe:

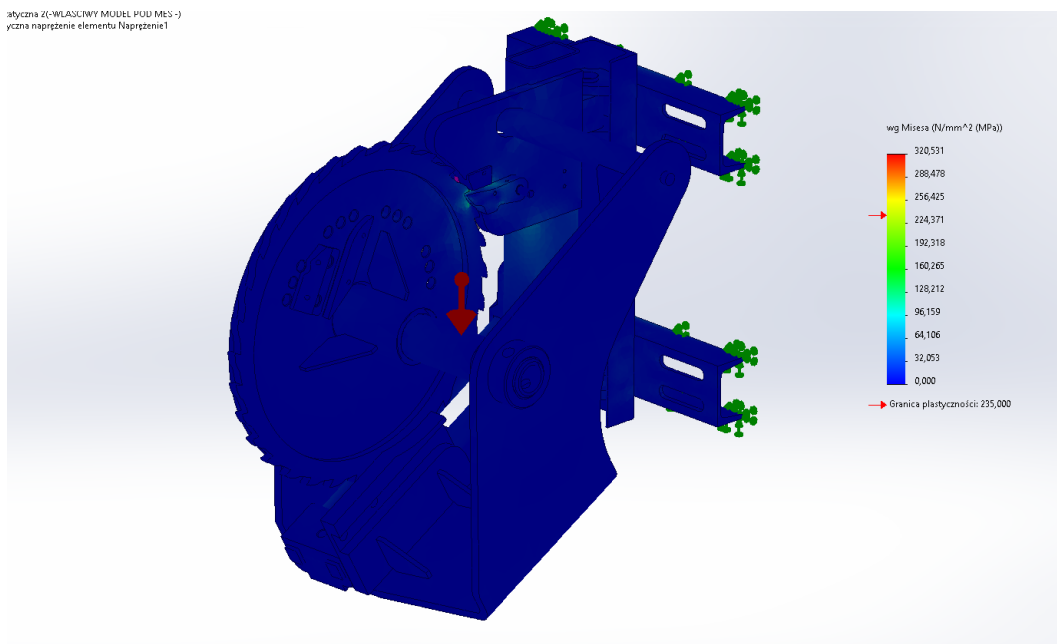
W modelu zostały zastosowane zamocowania nieruchome tak jak przy przytwierdzeniu TUN-a do słupa.

Siła pochodząca od liny wynosi 10kN na ramieniu krzywki.

Została uwzględniona grawitacja w modelu oraz tarcie w miejscach połączeń.

Materiał to Stal konstrukcyjna S235JR.

### Naprężenia:



Rysunek 15 Analiza statyczna TUN z blokadą, źródło: własne

Naprężenia maksymalne występują w miejscu styku zębatego z tarczą tzw. blokadą. Wytężenie konstrukcji określa się na 10% natomiast wytężenie tarczy wynosi 90% jest w granicy plastyczności materiału.

## **Przemieszczenia:**

Rysunek 16 Analiza statyczna TUN z blokadą, źródło: własne

Konstrukcja ma niewielkie odkształcenia co świadczy o dużej sztywności całej ramy. Przemieszczenia są na spodziewanych miejscach.

## **Analiza Dynamiczna:**

### **Warunki brzegowe:**

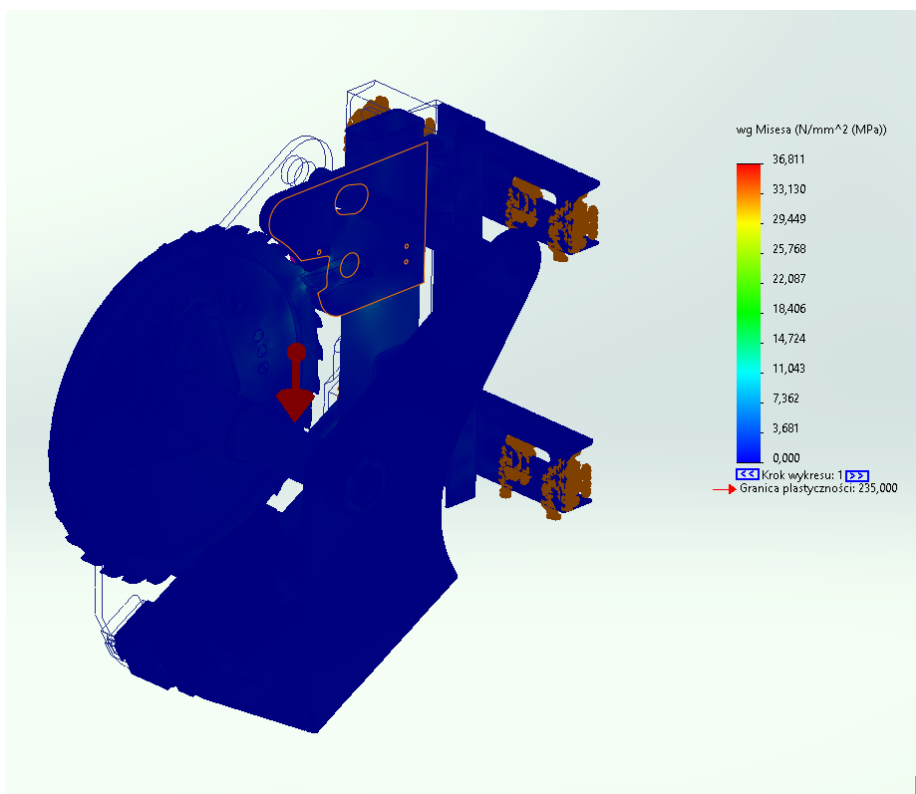
W modelu zostały zastosowane zamocowania nieruchome tak jak przy przytwierdzeniu TUN-a do słupa.

Siła pochodząca od liny wynosi 10kN na ramieniu krzywki.

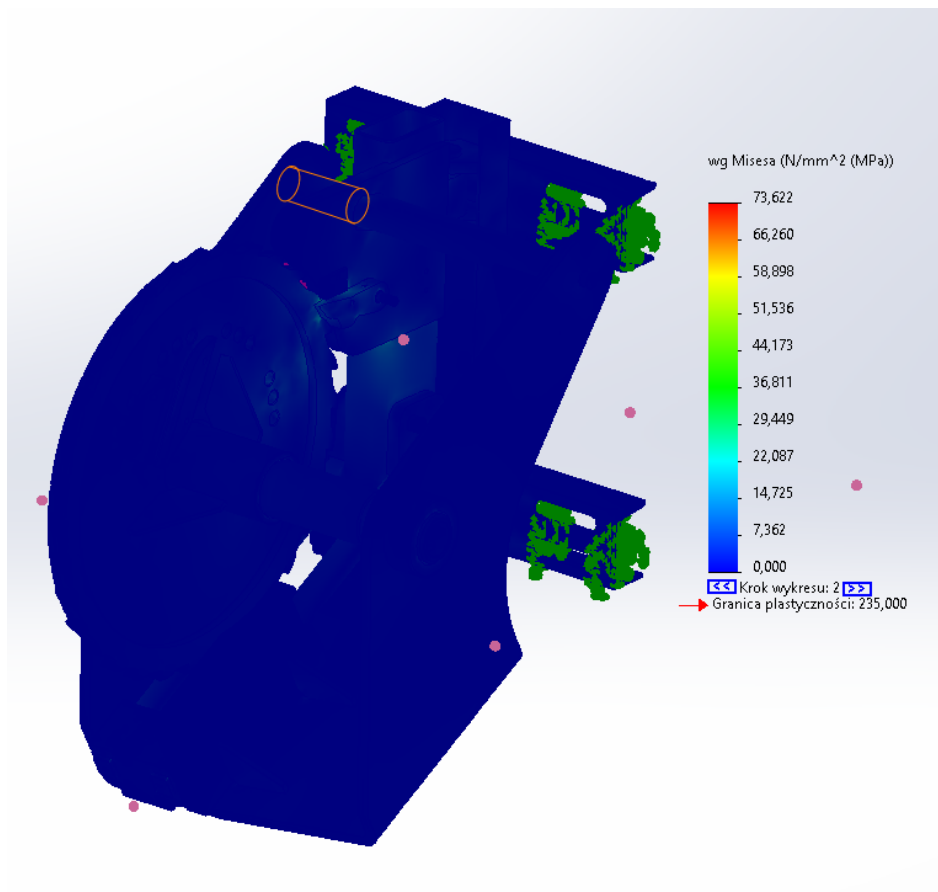
Została uwzględniona grawitacja w modelu oraz tarcie w miejscach połączeń.

Materiał to Stal konstrukcyjna S235JR.

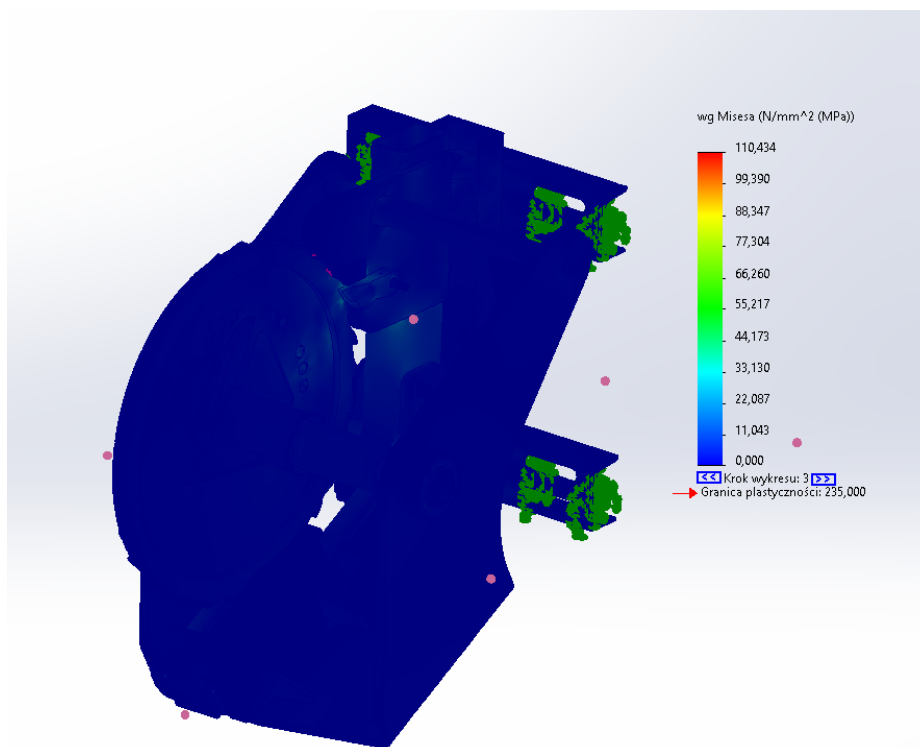
## Naprężenia:



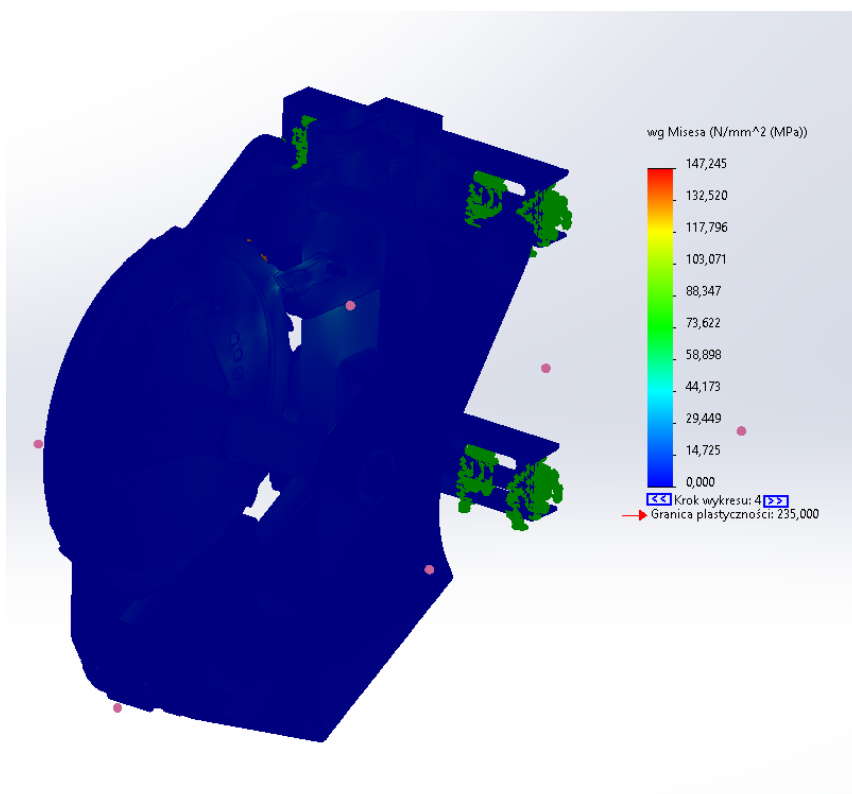
Rysunek 17 Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



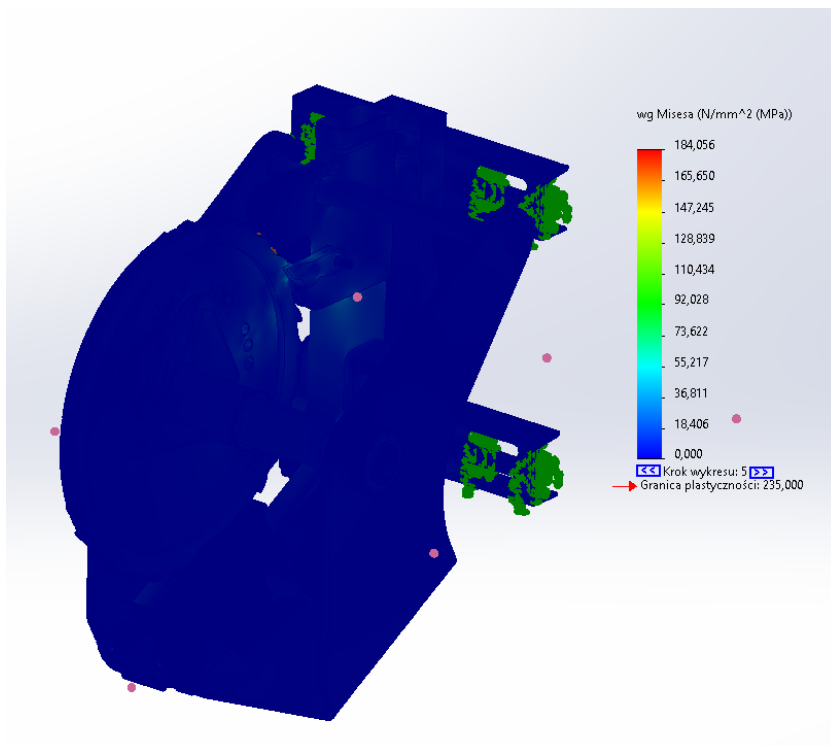
Rysunek 18 Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



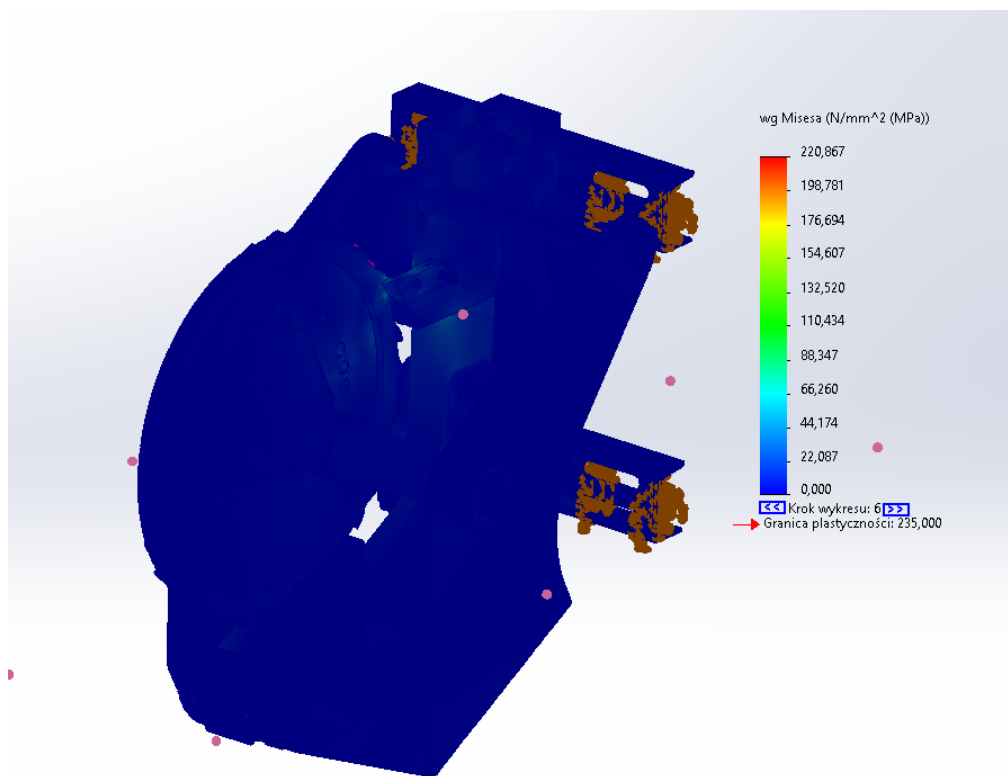
Rysunek 19 Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



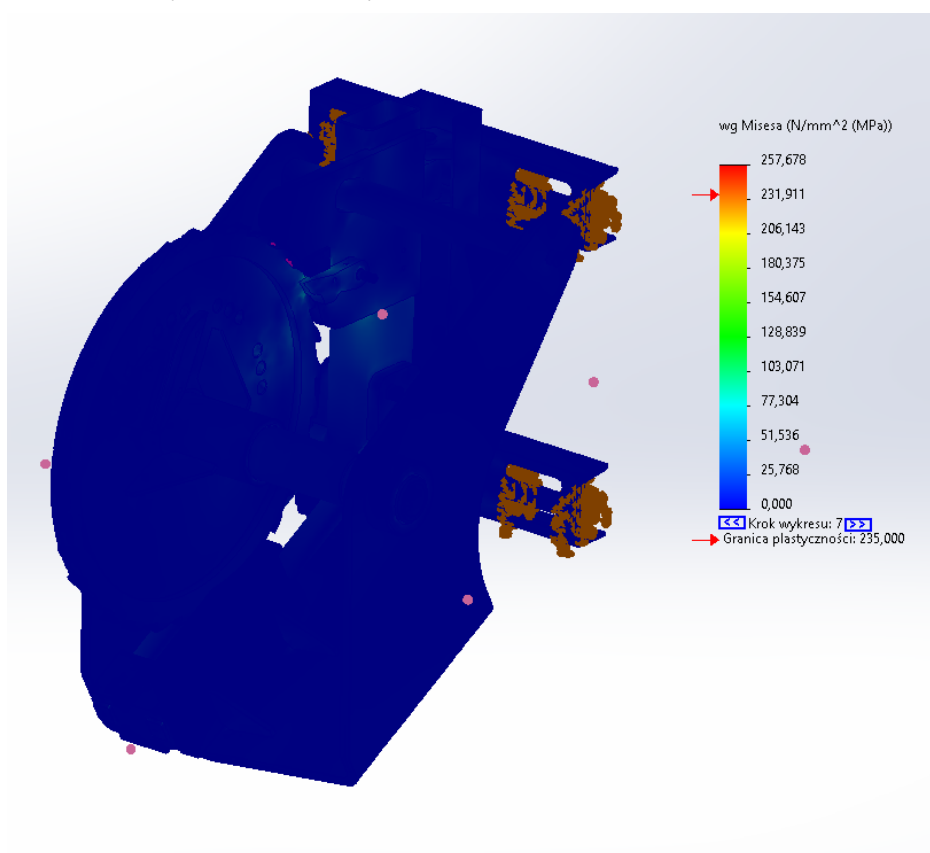
Rysunek 20 Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



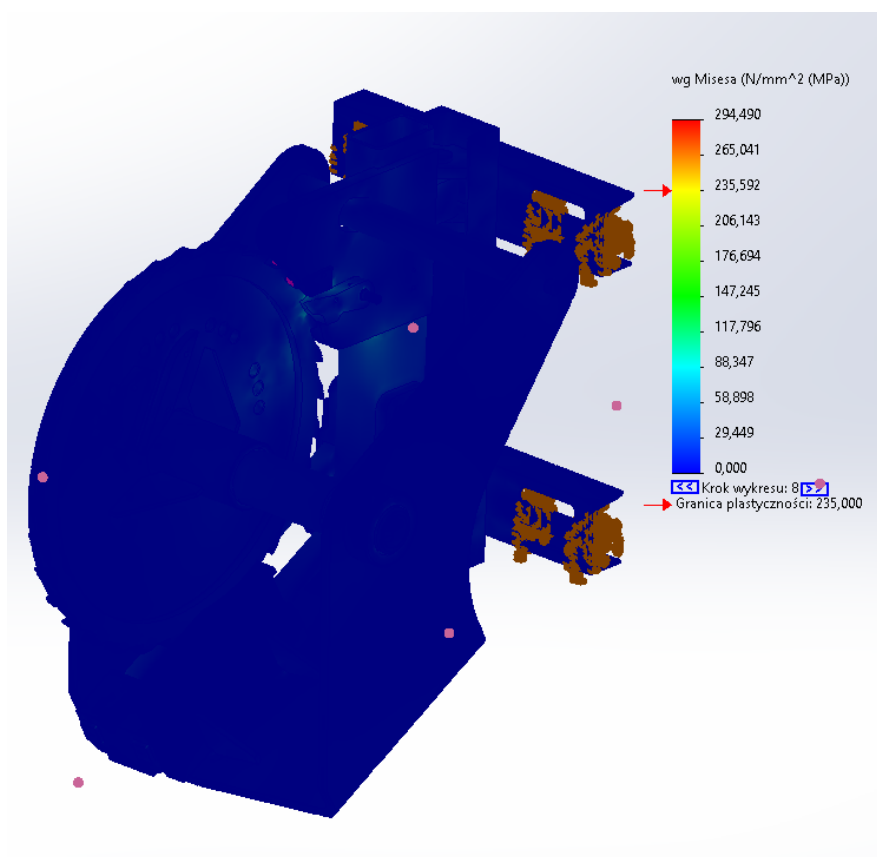
Rysunek 21 Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



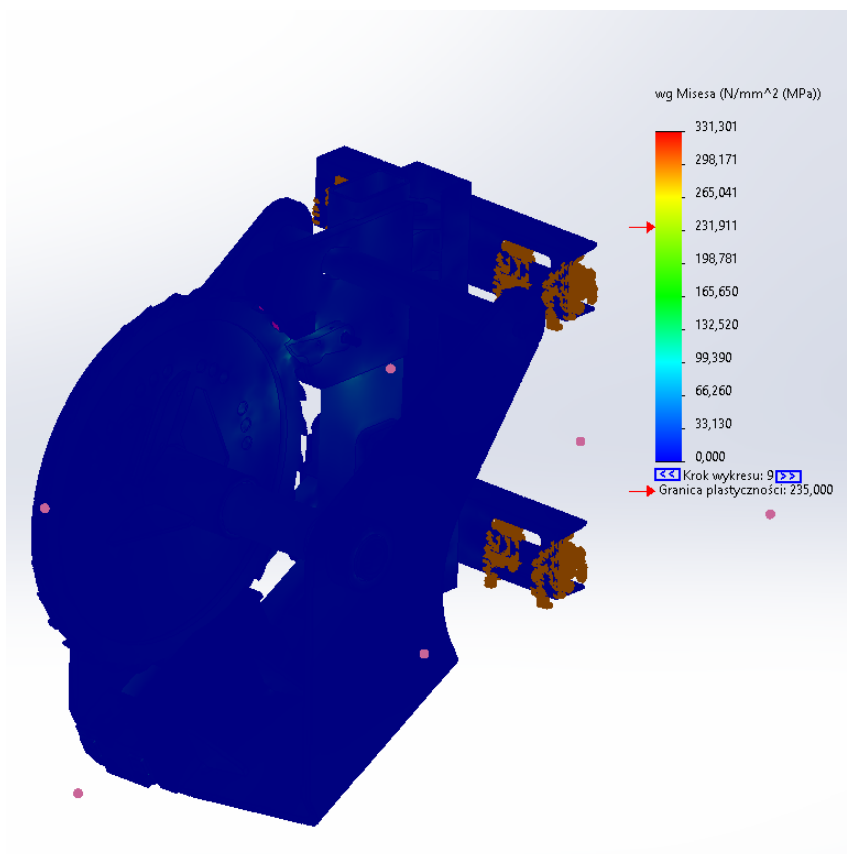
Rysunek 22 Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



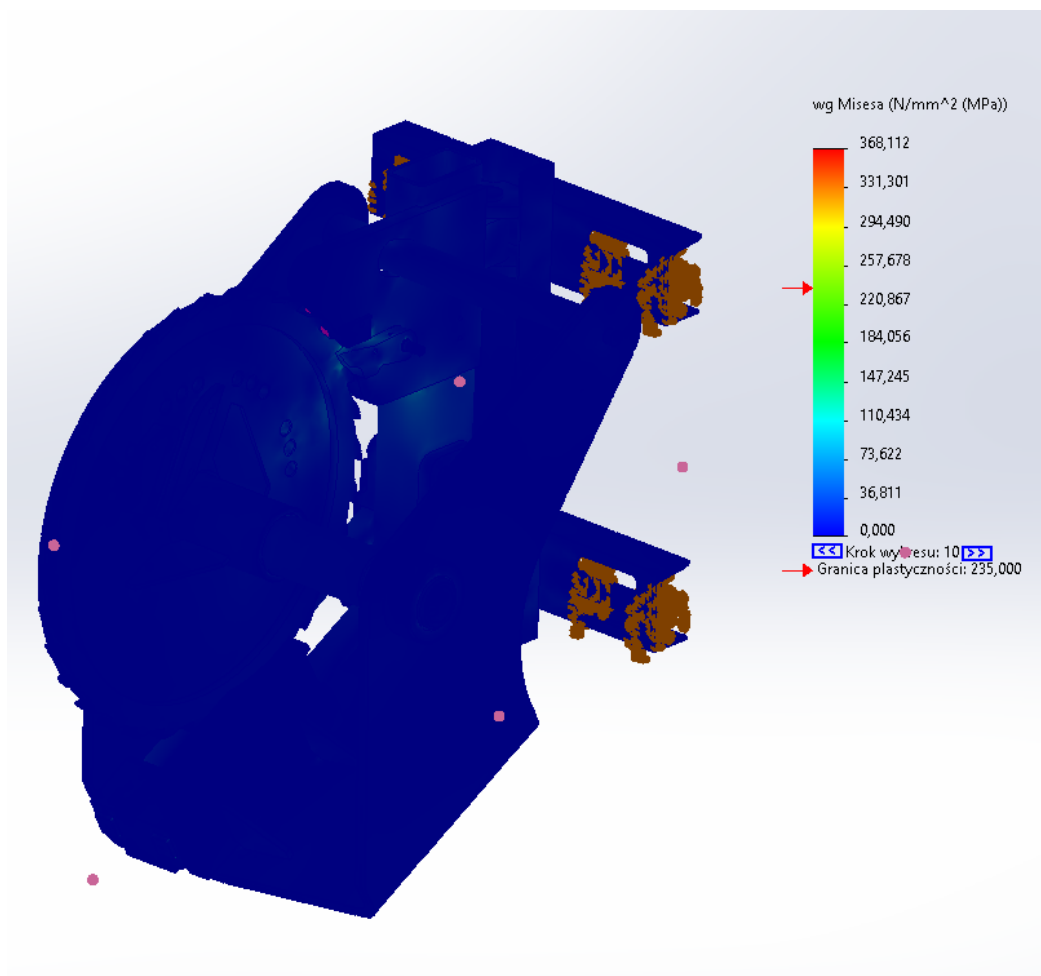
Rysunek 23. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



Rysunek 24. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



Rysunek 25. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne

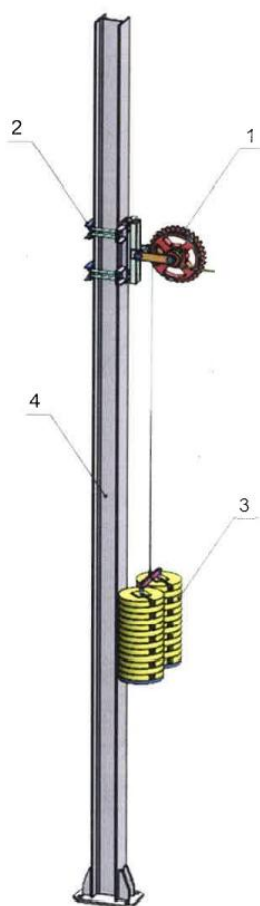


Rysunek 26. Analiza sdynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne

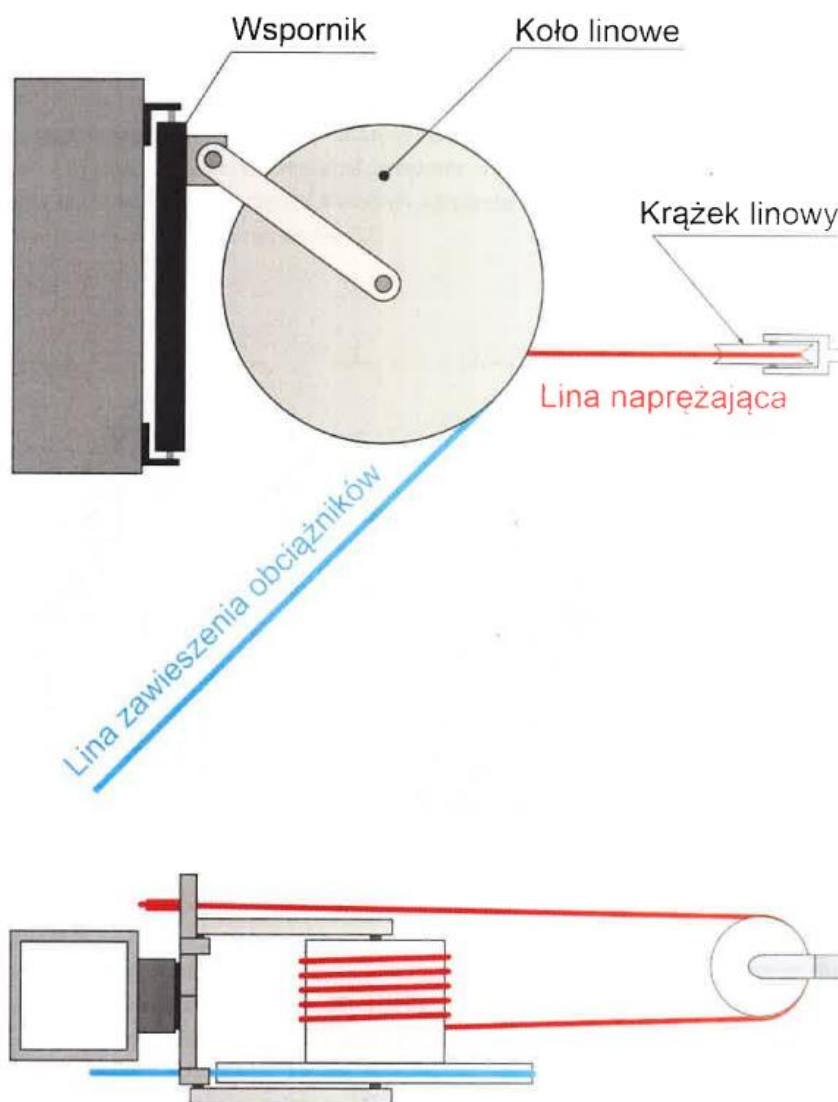
Naprężenia w analizie dynamicznej wskazują na przekroczenie wytrzymałości materiału tarczy natomiast po wyeliminowaniu punktów osobliwych nie przekraczają granicy plastyczności.

## 2.8 Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-silowych wykorzystujących siłę grawitacji.

Możliwości nowych rozwiązań w zakresie urządzeń wykorzystujących siłę grawitacji można sprowadzić do wzrostu wartości siły naprężającej przez zastosowanie multiplikowanych układów obciążających pokazanych na poniższym schemacie.



Rysunek 35. Schemat układu podwieszenia podwójnej liczby obciążników do jednego urządzenia naprężającego (1- urządzenie naprężające, 2- mocowanie do słupa, 3- zespół obciążników, 4- słup traktacyjny)



Rysunek 36. Przykłady funkcjonujące w przemyśle, źródło: własne

Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji jest procesem wieloetapowym, który rozpoczyna się od analizy koncepcyjnej, obejmującej identyfikację głównych czynników wpływających na

projektowanie. Kluczowym elementem tej koncepcji jest wykorzystanie siły grawitacji do generowania sił hamowania i kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej, co wymaga odpowiedniego zaprojektowania mechanizmu samohamowania. Istotne jest także zapewnienie stabilności i bezpieczeństwa działania urządzenia, nawet w zmiennych warunkach eksploatacyjnych. Koncepcja powinna uwzględniać również kwestie energetyczne, takie jak minimalizacja zużycia energii elektrycznej i potencjalne możliwości odzyskiwania energii z siły grawitacji. Konstrukcja musi być zgodna z obowiązującymi normami i przepisami bezpieczeństwa, aby zapewnić bezpieczną eksploatację i minimalizować ryzyko awarii. Po opracowaniu koncepcji konstrukcji, przystępuje się do budowy prototypów, które są poddawane szczegółowym testom w celu zweryfikowania ich wydajności i bezpieczeństwa. Na podstawie wyników testów prototypów można dokonać ewentualnych modyfikacji i optymalizacji konstrukcji, aby poprawić jej wydajność, niezawodność i trwałość. Ostatecznie, po uzyskaniu wszystkich niezbędnych zezwoleń i certyfikatów, urządzenie może być wprowadzone na rynek i udostępnione do użytku. Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji wymaga interdyscyplinarnego podejścia, które obejmuje aspekty inżynierii mechanicznej, elektrycznej oraz bezpieczeństwa, zapewniając ostatecznie efektywne, bezpieczne i ekonomiczne rozwiązanie do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.

## **Analiza Statyczna TUN z BLOKADĄ grawitacyjną**

### **Warunki brzegowe:**

W modelu zostały zastosowane zamocowania nieruchome tak jak przy przytwierdzeniu TUN-a do słupa.

Siła pochodząca od liny wynosi 10kN na ramieniu krzywki.

Została uwzględniona grawitacja w modelu oraz tarcie w miejscach połączeń.

Materiał to Stal konstrukcyjna S235JR.

Rysunek 37. Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych wykorzystujących siłę grawitacji.  
Analiza statyczna, źródło: własne

## **Naprężenia:**

Rysunek 38. Analiza statyczna, źródło: własne

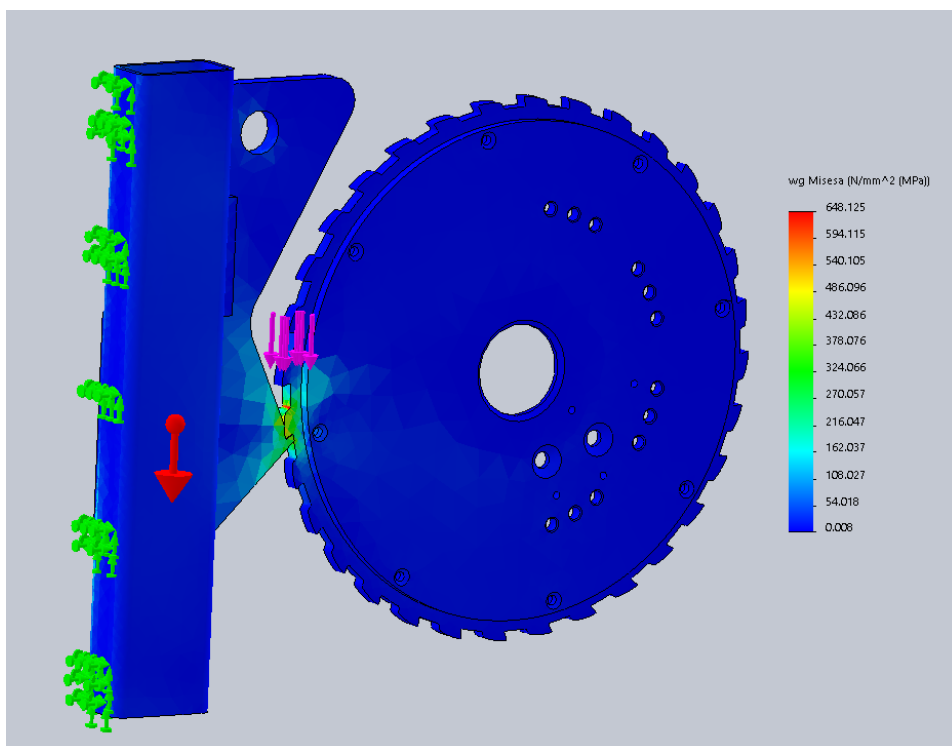
Naprężenia są w normie, jeżeli chodzi o idealny układ czyli wtedy kiedy ząb idealnie przylega do blachy blokującej, kiedy dołożymy naprężenia dynamiczne, materiał ulega zniszczeniu w obszarze zęba stykającego się z blachą.

## **Naprężenia dynamiczne:**

Rysunek 39. Analiza statyczna, źródło: własne

Widzimy iż naprężenia przekraczają dopuszczalne wartości co świadczy o zerwaniu lub dużym odkształceniu zęba. Model nie będzie działał poprawnie.

Naprężenia samej tarczy wskazują nam iż konstrukcja samego zabieraka powinna być zupełnie przeprojektowana.



Rysunek 40. Analiza statyczna, źródło: własne

## Przemieszczenia:

Rysunek 41. Analiza statyczna, źródło: własne

Przemieszczenia są niewielkie dzięki idealnemu układowi krzywka- oś słupa.

Współczynnik bezpieczeństwa:

Rysunek 42. Analiza statyczna, źródło: własne

Współczynnik sugeruję nam iż konstrukcja of strony słupa nie jest dostatecznie wytrzymała a tym samym bezpieczna.

## **2.9 Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste.**

Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych z zastosowaniem innowacyjnych materiałów sprężystych jest procesem wieloetapowym, który obejmuje analizę dostępnych innowacyjnych materiałów, takich jak materiały kompozytowe, elastomery termoplastyczne czy materiały inteligentne. Kluczowym aspektem tego procesu jest ocena właściwości mechanicznych tych materiałów, takich jak wytrzymałość, elastyczność, odporność na zmęczenie materiału oraz stabilność wymiarowa. Na podstawie analizy właściwości materiałów można przystąpić do projektowania koncepcji konstrukcji urządzenia, uwzględniając ich potencjalne zastosowania w kluczowych elementach. Następnie, zaleca się przeprowadzenie symulacji numerycznych, które pozwolą ocenić zachowanie się konstrukcji w różnych warunkach obciążenia i pracy. Po zatwierdzeniu koncepcji, przystępuje się do budowy prototypów urządzenia, które zawierają innowacyjne materiały sprężyste. Prototypy te są poddawane testom laboratoryjnym oraz testom w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Na

podstawie wyników testów prototypów można dokonać ewentualnych modyfikacji i optymalizacji konstrukcji, aby poprawić jej wydajność, niezawodność i trwałość. Ostatecznie, po udanych testach prototypów oraz uzyskaniu niezbędnych zezwoleń i certyfikatów, urządzenie może być wprowadzone na rynek i udostępnione do użytku.

Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych z zastosowaniem innowacyjnych materiałów sprężystych wymaga interdyscyplinarnego podejścia i uwzględnienia aspektów inżynierii materiałowej, mechanicznej oraz trakcyjnej, jednak potencjalne korzyści mogą przynieść znaczące postępy w dziedzinie technologii trakcyjnych.

*Rysunek 43. Schemat urządzenia stało-siłowego wykorzystującego innowacyjny materiał sprężyny MODGUM*

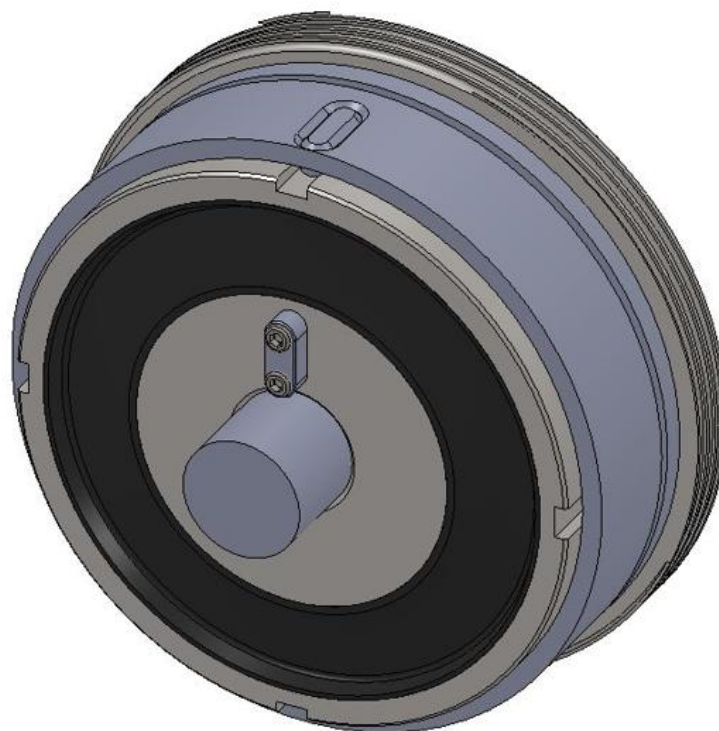
Na rysunku oznaczono:

1. stalowy pierścień zewnętrzny modułu sprężystego
2. stalowy pierścień wewnętrzny modułu sprężystego
3. gumowy moduł sprężysty
4. kamień zabieraka
5. śruby mocujące kamień
6. koło liny naprężającej

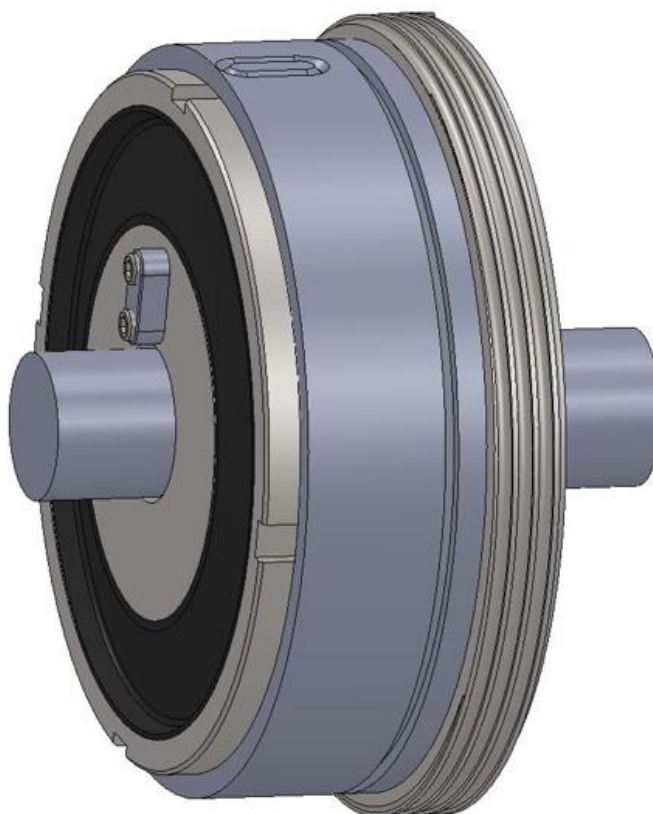
7. tarcza zabieraka zewnętrznego
8. oś obrotu naprężacza



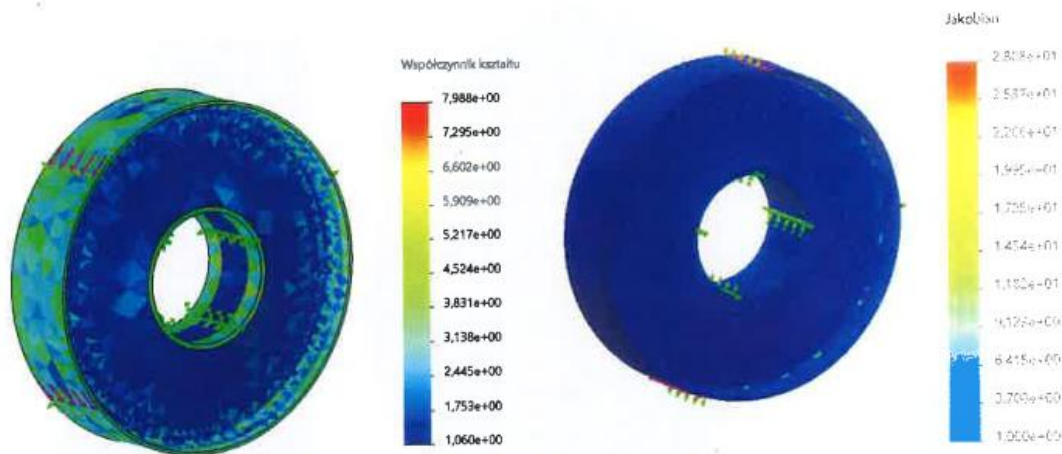
Rysunek 44. Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste, źródło: własne



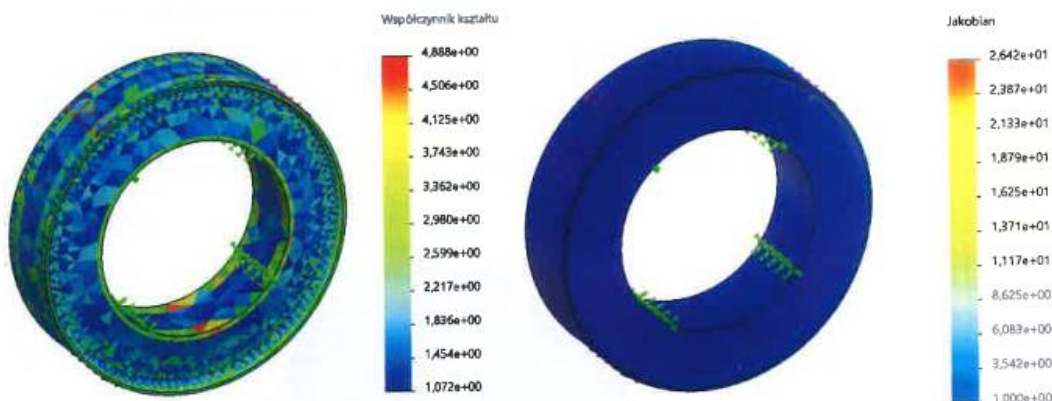
Rysunek 45. Opracowanie koncepcji konstrukcji samolubnych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste, źródło: własne



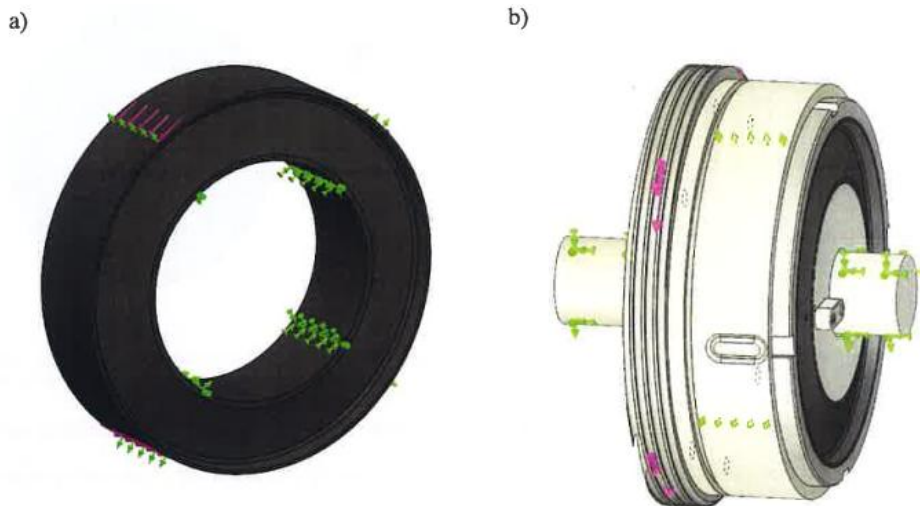
Rysunek 46. Opracowanie koncepcji konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste, źródło: własne



Rysunek 47 Parametry jakości siatki dla pierścienia wewnętrznego typ 1, źródło: [1]



Rysunek 48 Parametry jakości siatki dla pierścienia wewnętrznego typ 2 źródło: [1]



Rysunek 49 Przyjęty układ obciążenia (a) oraz złożenia (b)

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można wnioskować, że zastosowane materiały w zaproponowanej konfiguracji prawdopodobnie nie wytrzymają zakładanych obciążeń.

Zatem koncepcja zostaje odrzucona.

## 2.10 Opracowanie koncepcji konstrukcji systemów prowadzenia lin napinających.

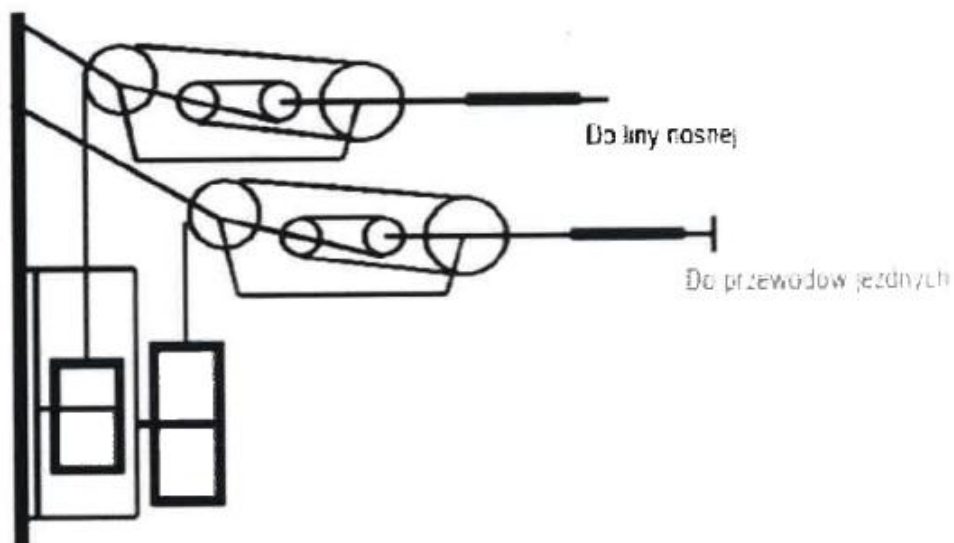
System prowadzenia lin, którego problematyka zostanie rozwinięta w tej części pracy to nic innego jak esencja całego problemu związanego z koniecznością kompensacji przewodów na trakcjach kolejowych i tramwajowych. Przypominając, w zależności od temperatury atmosferycznej, przewody jezdne oraz lina nośna zmieniają swoją długość na skutek występowania zjawiska rozszerzalności liniowej

Sekcja trakcyjna to odcinek całej sieci, którego długość liczona jest od jednego słupa kotwiącego do drugiego. Długość takiej sekcji zależna jest od uwarunkowań technicznych tworzonej infrastruktury, ale zazwyczaj w odniesieniu do tej już istniejącej. Zazwyczaj na każdym słupie kotwiącym istnieje konieczność stosowania stało siłowych urządzeń naprężających.

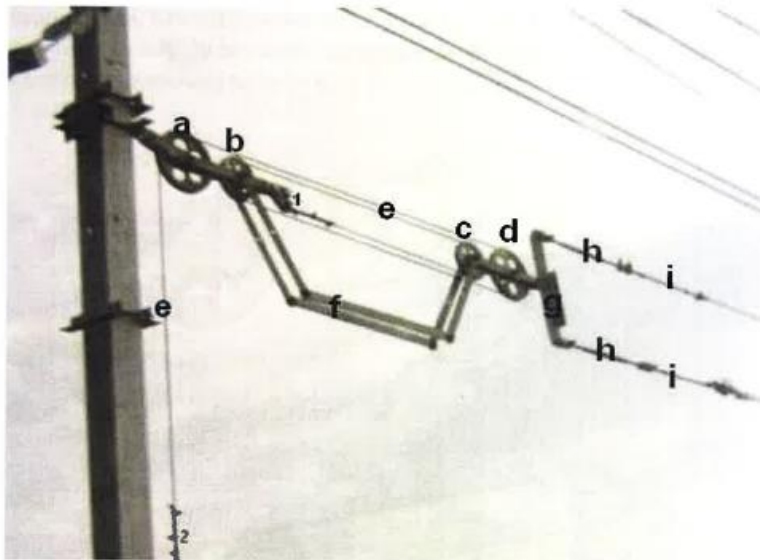
Zatem, gdy w momencie, w którym sekcja trakcyjna zbudowana jest z przewodów oraz lin o długości 1000m to przy dużych różnicach temperatur rozszerzalność liniowa jest na tyle duża, że nadmiar przewodów wymaga kompensacji, magazynowania na czas kolejnej zmiany temperatury.

Aby sprawnie reagować na zmiany temperatury i przyrost materiału, wymyślono urządzenia do kompensacji sieci. Nie mogłyby one jednak pełnić swojej funkcji bez odpowiedniego systemu, który zapewnia prowadzenie zmieniających swoją długość przewodów.

Dla ciężarowych urządzeń naprężających stosuje się zazwyczaj system przekładni linowej która bazuje na przeplataniu liny przez koła linowe o różnych średnicach. (Rys 50)



Rysunek 50. Schemat systemu prowadzenia lin przy stało siłowych urządzeniach ciężarowych



opis elementów:

- a – duży krążek połączony z konstrukcją wsporczą;
- b – mały krążek połączony z konstrukcją wsporczą;
- c – mały krążek połączony z dźwignią naprężacza;
- d – duży połączony z dźwignią naprężacza;
- e – ciągnio linowe (1 – początek ciągnia, 2 – koniec ciągnia);
- f – zabezpieczenie na wypadek zerwania ciągnia;
- g – dźwignia naprężacza;
- h – śruby rzymskie;
- i – izolatory ciągnowe

Rysunek 511. Opis elementów systemu linowego

Powyższy rysunek przedstawia schemat stosowanych na liniach trakcyjnych systemów do lin napinających. Zastosowanie przekładni w takim systemie sprawia, że w ostateczności ciężarowe urządzenie naprężające składać się będzie z mniejszej ilości obciążników niż zazwyczaj.

Wracając jednak do projektu, w którym konieczne jest opracowanie koncepcji nowego systemu do prowadzenia lin, trzeba zaznaczyć, że stałosiłowe urządzenia naprężające działające za pomocą sprężyny wymagają nieco innych rozwiązań.

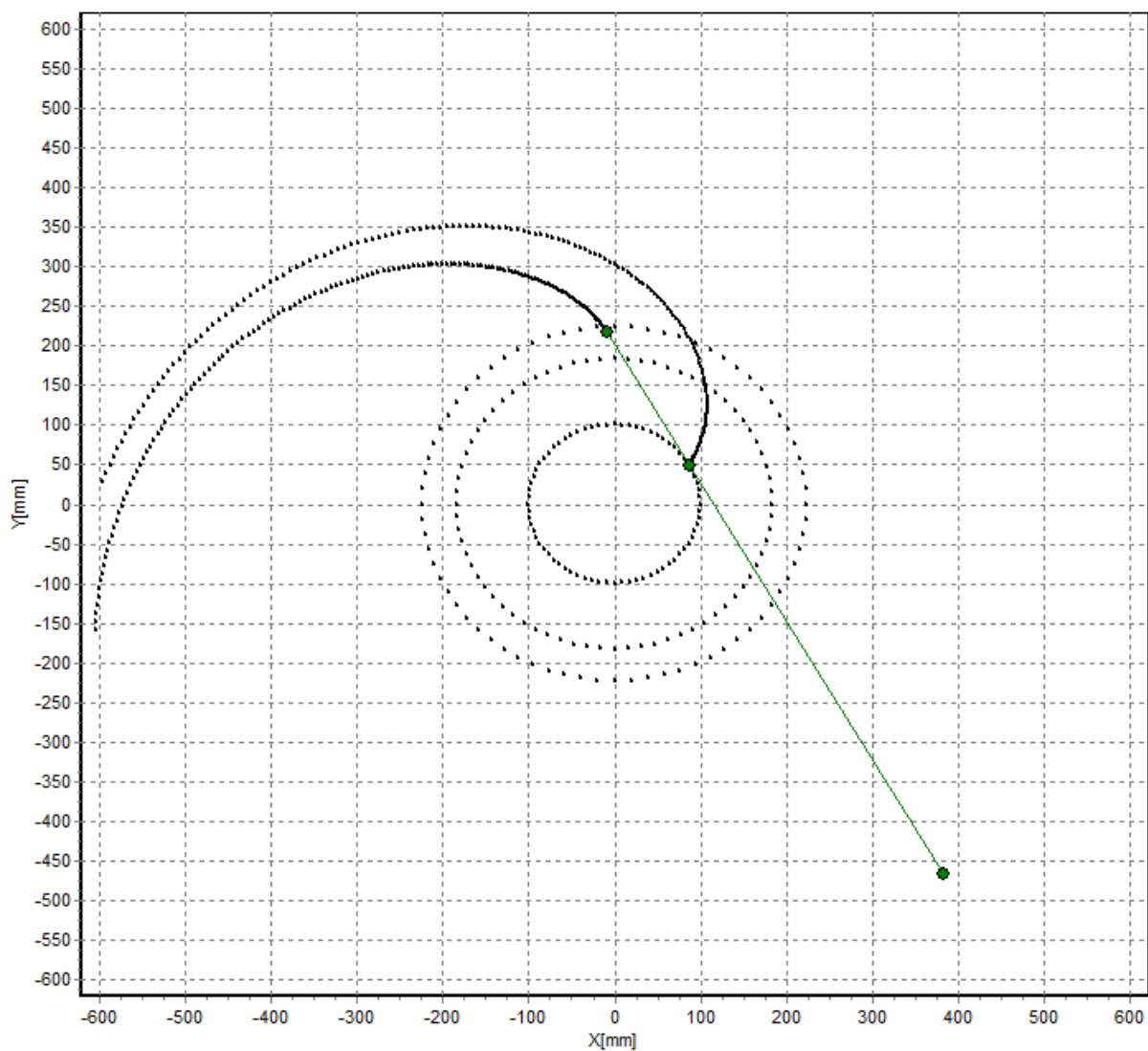
Analizując poniższy rysunek, na którym zaprezentowano urządzenie naprężające opierające swoją pracę na sprężynie, warto zauważyć, że napięte przewody sieciowe przymocowane są bezpośrednio do urządzenia, pomijając jakiegokolwiek przekładnie. Elementem prowadzącym linę, który jednocześnie zapewnia stałość urządzenia jest krzywka.

Elementem łączącym oba systemy prowadzenia lin naprężających jest geometria rowka krzywki, która zaczerpnięta została ze stosowanych wcześniej kół linowych. Rowek ten zapewnia odpowiednie pozycjonowanie i przytrzymywanie liny, dzięki czemu, nawet podczas przejazdu pojazdów szynowych, w momencie występowania różnego rodzaju drgań spowodowanych zjawiskiem pchania fali, liny te dobrze przylegają do krzywki i nie mają możliwości, aby wypaść z rowka.

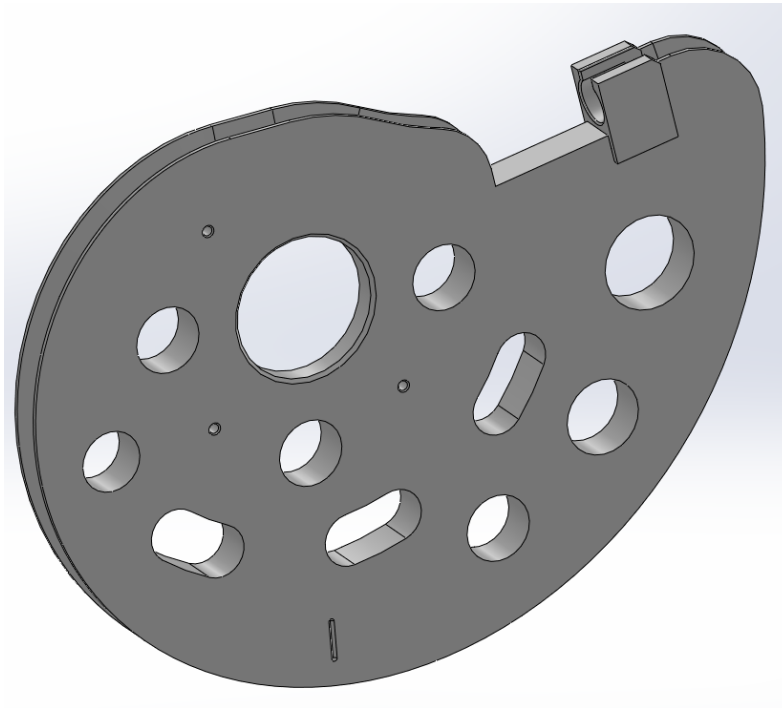
Takie rozwiązanie zapewnia też pewnego rodzaju bezpieczeństwo, ciężarowe urządzenia naprężające cały swój ciężar zawieszony mają przy samej ziemi. Oznacza to, że obciążniki są łatwo dostępne dla osób trzecich. Sprawia to, że nieuprawnione oraz nieprzystosowane do tego osoby mogą bezpośrednio podejść i ingerować w budowę urządzenia. W związku z tym często zdarzają się kradzieże oraz wspinaczka po przewodach urządzenia ciężarowego. Często kończy się to awarią całej sieci trakcyjnej.

Urządzenia stałościowe, sprężynowe, cały system prowadzenia lin mają zawieszony na tej samej wysokości co naprężane przewody. Stanowi to pewnego rodzaju utrudnienie dla zaciekawionych osób trzecich.

Firma MABO w ramach prac badawczo rozwojowych zaprojektowało geometrię krzywki dla swojego nowego urządzenia. Cała krzywka opiera swoją geometrię na pokazanej na rysunku 52, krzywej Archimedesesa, potocznie zwanej również kołem o zmiennym promieniu.



Rysunek 52. Geometria projektowanej przez MABO krzywki – obliczenia



Rysunek 53. Model krzywki do projektowanego przez MABO urządzenia

W wyniku opisanych wcześniej prac, powstał pokazany na powyższych rysunkach model geometryczny krzywki, stanowiącej system do prowadzenia lin naprężających. Geometria tego elementu ściśle zależy od parametrów stosowanej sprężyny. Wynika ona z tego, że podczas skręcania sprężyny, prostoliniowo rośnie wartość momentu obrotowego potrzebnego do jej skręcania. Aby zjawisko to nie wpłynęło na zmianę naciągu sieci, wartość promienia rośnie wprost proporcjonalnie do wartości momentu, niwelując go. To właśnie wtedy powstaje pokazana wcześniej krzywa Archimedesesa.

## **2.11 Opracowanie koncepcji hybrydowej konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych.**

Opracowanie koncepcji hybrydowej konstrukcji samohamownych urządzeń stało-siłowych jest procesem wymagającym gruntownej analizy potrzeb oraz wymagań, jakie muszą spełniać tego typu urządzenia. W ramach koncepcji hybrydowej uwzględnia się integrację różnorodnych technologii, takich jak elementy sprężyste, hydraulika, pneumatyka oraz systemy elektroniczne, aby zapewnić efektywną kompensację zmian długości sieci trakcyjnej. Istotnym elementem koncepcji hybrydowej jest zaprojektowanie mechanizmu samohamowania, który może być oparty na różnych technologiach, takich jak siła grawitacji, sprężyny, amortyzatory czy układy hydrauliczne. Dodatkowo, koncepcja musi uwzględniać optymalizację zużycia energii oraz możliwość odzyskiwania energii z różnych źródeł, co może mieć istotne znaczenie dla ekonomiczności i efektywności energetycznej urządzenia. Bezpieczeństwo i stabilność działania urządzenia są kluczowymi aspektami, które muszą być uwzględnione podczas projektowania koncepcji hybrydowej konstrukcji. Po opracowaniu koncepcji przystępuje się do budowy prototypów, które są następnie poddawane szczegółowym testom laboratoryjnym oraz testom w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Na podstawie wyników testów prototypów można dokonać ewentualnych modyfikacji i optymalizacji konstrukcji, aby poprawić jej wydajność, niezawodność i trwałość.

Ostatecznie, po udanych testach prototypów oraz uzyskaniu niezbędnych zezwoleń i certyfikatów, urządzenie może być wprowadzone na rynek i udostępnione do użytku. W opracowaniu koncepcji hybrydowej konstrukcji należy szczególnie uwzględnić możliwości integracji różnych technologii w celu osiągnięcia synergii i maksymalizacji efektów. Istotne

jest także przemyślane podejście do wykorzystania poszczególnych technologii w zależności od ich zalet i możliwości adaptacji do konkretnego zastosowania. Mechanizm samohamowania musi być projektowany w sposób zapewniający nie tylko skuteczną kompensację zmian długości sieci trakcyjnej, ale także bezpieczeństwo i stabilność całego systemu. Warto także rozważyć możliwość zastosowania inteligentnych systemów monitorowania i sterowania, które umożliwią dynamiczną regulację pracy urządzenia w zależności od warunków eksploatacji.

Rysunek 54. Koncepcja hybrydy samohamownych urządzeń stało- siłowych, źródło: własne

Urządzenia wykorzystujące siłę grawitacji nie powinny mieć żadnego dodatkowego nośnika energii poza energią mechaniczną wywołaną siłą grawitacji oraz siłą nagromadzoną w sprężynie.

Urządzenie powinno być odpowiednio przeliczone aby zniosło naprężenia pochodzące od energii mechanicznej zmagazynowanej w sprężynie.

Urządzenie powinno wykorzystywać siłę grawitacji jako impuls do wykonania czynności w tym przypadku do zatrzymania sprężyny za pomocą tarczy zabieraka z zębami.

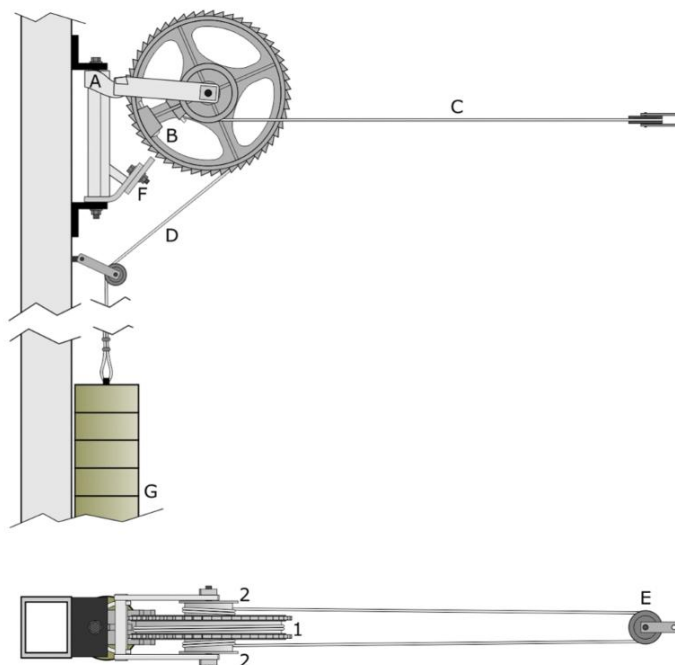
Rysunek 55. Koncepcja hybrydy samohamownych urządzeń stało- siłowych, źródło: własne

Urządzenie ma za zadanie w bardzo krótkim czasie zatrzymać krzywkę na której zaczepiony jest przewód naprężony, co skutkuje duża odpornością urządzenia na naprężenia dynamiczne.

Kierunek działania siły powinien być w osi zamontowanego słupa aby uniknąć momentu wrywającego konstrukcję od słupa.

Rysunek 56. Koncepcja hybrydy samohamownych urządzeń stało- siłowych, źródło: własne

Poniżej przedstawione zostały możliwe rozwiązania konstrukcyjne w zakresie dotychczas stosowanych urządzeń wykorzystujących siłę grawitacji. (Rys. 57)



Rysunek 57. Możliwe rozwiązania. Napinacze ciężarowe z przełożeniem 1:3, Źródło: [Kotwienie i napreżanie sieci jezdnych - transportzynowy.pl](http://Kotwienie_i_napreżanie_sieci_jezdnych_transportzynowy.pl)



Rysunek 58. Możliwe funkcjonujące rozwiązania.

Urządzenie co do zasady pracuje tam samo jak nasz TUN z blokadą z tą różnicą, że naciąg sieci pochodzi od ciężarków a nie sprężyny.

Przy badaniu 3 koncepcji tzn. :

-Blokada grawitacyjna

-Blokada hybrydowa

-Blokada mechaniczna

Wybraliśmy najbardziej korzystne rozwiązanie jakim jest blokada mechaniczna, która dzięki właściwości materiału cechuje się dużą powtarzalnością hamowania sprężyny. Na dodatek materiał jest jak najbardziej wytrzymały to znaczy powierzchnia styku zęba jest największa w przypadku blokady mechanicznej.

## **Analiza Statyczna TUN z BLOKADĄ – hybryda**

### **Warunki brzegowe:**

W modelu zostały zastosowane zamocowania nieruchome tak jak przy przytwierdzeniu TUN-a do słupa.

Siła pochodząca od liny wynosi 10kN na ramieniu krzywki.

Została uwzględniona grawitacja w modelu oraz tarcie w miejscach połączeń.

Materiał to Stal konstrukcyjna S235JR.

Rysunek 59 Analiza statyczna urządzenie stało-siłowe, źródło własne

***Naprężenia:***

Rysunek 60 Analiza statyczna urządzenie stało-siłowe, źródło własne

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

Wytrzymałość urządzenia jest przekroczona, zęby zostały zerwane, naprężenia lepiej się rozeszły po konstrukcji dzięki dodatkowym wspornikom które mają za zadanie dociśnięcie blachy do zęba.

### **Przemieszczenia:**

Rysunek 61 Analiza statyczna urządzenie stało-siłowe, źródło własne

Przemieszczenia konstrukcji nie są duże jest to spowodowane między innymi dobrą geometrią konstrukcji w której siły układają się w osi słupa.

Współczynnik bezpieczeństwa:

Rysunek 62 Analiza statyczna urządzenie stało-siłowe, źródło własne

Współczynnik ten jest przekroczony w miejscach styku zęba z blachą.

Konstrukcja skomplikowana w swoim działaniu, występuję w niej za dużo elementów ruchomych które w niekontrolowanych warunkach mogą na siebie wpływać niekorzystnie albo odwrotnie do zamierzonych.

## 2.12 Opracowanie kryteriów wartościowania.

Podczas opracowywania kryteriów wartościowania brano pod uwagę przede wszystkim wykonaną w poprzednich punktach:

- Analizę wymagań technicznych stawianych urządzeniom stało-siłowym do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej
- Analizę wymagań eksploatacyjnych stawianych samohamownym stało-siłowym urządzeniom do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.
- Analizę funkcjonujących w praktyce rozwiązań technicznych.

Skupiono się na zestawieniu cech samohamowych urządzeń naprężających oraz zakładanych oczekiwań. Pierwszą cechą analizowaną była masa urządzenia naprężającego. Przyjęto, że nie powinna być ona większa niż 120% masy typowych konstrukcji funkcjonujących na rynku. Dodatkowo sposób montażu powinien być analogiczny jak w przypadku typowych konstrukcji. Założono, że złożoność konstrukcyjna urządzenia wpływająca na technologię jego produkcji powinna skupiać się na minimalizacji liczby elementów trudnych do wykonania. Instalacja samohamownego urządzenia naprężającego w miejscu eksploatacji powinna znacząco nie odbiegać od instalacji konstrukcji typowych. Założono, że odporność urządzenia naprężającego na wpływ otoczenia zewnętrznego, bezpieczeństwo eksploatacji urządzenia naprężającego powinna być nie gorsza niż w konstrukcjach typowych.

Na podstawie analizy i oceny dostępnych informacji uwzględniono istotność poszczególnych kryteriów w postaci wag wyrażonych procentowo. Zostały one wyrażone w tabeli 13.

malnym.

## 2.13 Przeprowadzenie analizy wartościowania zaproponowanych rozwiązań.

Zaproponowane w poszczególnych rozdziałach rozwiązania konstrukcyjne zostały zestawione w poniższej tabeli.

Tabela 14: Zestawienie analizowanych rozwiązań konstrukcyjnych, źródło: własne.

Lp.	Nazwa	Nazwa skrócona
<b>Koncepcje oparte na tradycyjnych elementach sprężystych</b>		
1.	Układ bazowy poddany optymalizacji (pojedyncza sprężyna skrętna)	<b>BAZO</b>
2.	Układ dwóch sprężyn skrętnych szeregowo połączonych (mała w dużej)	<b>MALDU</b>
3.	Układ dwóch sprężyn skrętnych równolegle połączonych (duża w małej)	<b>DUMAL</b>

<b>4.</b>	Układ dwóch sprężyn skrętnych, które pracują w konfiguracji przeplatanej (sprężyny przeplatane)	<b>PRZEPLÓT</b>
<b>5.</b>	Układ ze sprężyną ślimakową	<b>ŚLIMAK</b>
<b>6.</b>	Układ dźwigniowy ze sprężyną falistą	<b>FALA</b>
<b>7.</b>	Układ dwóch sprężyn skrętnych pracujących w konfiguracji z przekładnią planetarną	<b>PLANETA</b>
<b>8.</b>	Układ wyposażony w sprężynę stałomomentową	<b>STALMOM</b>
<b>Koncepcje, które wykorzystują siłę grawitacji</b>		
<b>9.</b>	Układ, który umożliwia podwieszenie obciążników do jednego urządzenia naprężającego	<b>OBCIĄŻ</b>
<b>Koncepcje, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste</b>		
<b>10.</b>	Układ z gumowym modulem sprężystym	<b>GUMA</b>

Analizę wartościowania zaproponowanych rozwiązań konstrukcyjnych przeprowadzono dla wszystkich przyjętych kryteriów.

Tabela 14 Analiza wartościowania rozwiązań konstrukcyjnych dla kryterium 6, źródło: własne.

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

Kryterium	Nazwa skrócona rozwiązania	Wartość punktowa oceny	Komentarz
Zapewnienie takiego samego lub podobnego sposobu mocowania sieci trakcyjnej	<b>BAZO</b>	10	Żadnych zmian konstrukcyjnych w systemie mocowania.
	<b>MALDU</b>	10	
	<b>DUMAL</b>	10	
	<b>PRZEPLLOT</b>	10	
	<b>PLANETA</b>	8	Wysoka konieczność wzmocnienia systemu mocowania ze względu na zwiększenie masy urządzenia.
	<b>ŚLIMAK</b>	8	
	<b>FALA</b>	7	Istotne zmiany w stosunku do tradycyjnego systemu mocowania
	<b>STALMOM</b>	6	
<b>GUMA</b>	8	Prawdopodobna konieczność wzmocnienia systemu mocowania ze względu na zwiększenie masy urządzenia.	

	<b>OBCIĄŻ</b>	3	W systemie mocowania należy uwzględnić wiszące obciążniki
--	---------------	---	---

Tabela 15 Analiza wartościowania rozwiązań konstrukcyjnych dla kryterium 4, źródło: własne.

<b>Kryterium</b>	<b>Nazwa skrócona rozwiązania</b>	<b>Wartość punktowa oceny</b>	<b>Komentarz</b>
Umożliwienie stosowania typowych systemów zabezpieczających na wypadek awarii urządzenia	BAZO	10	Możliwość stosowania typowych systemów zabezpieczających
	MALDU	10	
	DUMAL	10	
	PRZELOT	10	
	PLANETA	10	
	ŚLIMAK	6	
	FALA	7	

	STALMOM	5	Potrzeba zastosowania specjalnego systemu zabezpieczeń
	OBCIĄŻ	10	Możliwość stosowania
	GUMA	10	typowych systemów zabezpieczających

Tabela 15 Analiza wartościowania rozwiązań konstrukcyjnych dla kryterium 2, źródło: własne.

Kryterium	Nazwa skrócona rozwiązania	Wartość punktowa oceny	Komentarz
Prognozowana technologiczność konstrukcji	BAZO	6	Konieczna modyfikacja technologii produkcji
	MALDU	9	
	DUMAL	9	
	PRZEPLLOT	8	
	PLANETA	6	
	ŚLIMAK	5	Konieczna modyfikacja technologii produkcji
	FALA	5	

	STALMOM	3	Zmiana technologii produkcji
	OBCIĄŻ	8	
	GUMA	2	

Tabela 16 Analiza wartościowania rozwiązań konstrukcyjnych dla kryterium 3, źródło: własne.

Kryterium	Nazwa skrócona rozwiązania	Wartość punktowa oceny	Komentarz
Zapewnienie przynajmniej takiej samej trwałości jak w konstrukcjach typowych	BAZO	10	Prognozowana trwałość powinna odpowiadać konstrukcją typowym
	MALDU	9	
	DUMAL	9	
	PRZEPLLOT	8	
	PLANETA	5	

	ŚLIMAK	3	Prognozowana trwałość może być obniżona ze względu na zwiększoną liczbę elementów składowych i złożoność konstrukcyjną urządzenia
	FALA	3	
	STALMOM	2	
	OBCIĄŻ	9	Prognozowana trwałość powinna odpowiadać konstrukcjom typowym
	GUMA	2	Prognozowana trwałość może być znacznie obniżona.

Tabela 17. Analiza wartościowania rozwiązań konstrukcyjnych dla kryterium 2 , źródło: własne.

Kryterium	Nazwa skrócona rozwiązania	Wartość punktowa oceny	Komentarz
Złożoność konstrukcji w porównaniu do konstrukcji typowych	BAZO	10	Stosunkowo mała liczba elementów składowych
	MALDU	8	Zwiększona liczba elementów składowych.
	DUMAL	8	
	PRZEPLÓT	8	
	PLANETA	3	Zwiększona liczba elementów składowych
	ŚLIMAK	4	
	FALA	4	

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

	STALMOM	3	
	OBCIĄŻ	8	Stosunkowo mała liczba elementów składowych.
	GUMA	4	Wiele elementów składowych

## 2.14 Ocena rozwiązań z użyciem metod wartościowania wg. przyjętych kryteriów oceny

Efektem przeprowadzonej analizy jest sumaryczna ocena rozwiązań konstrukcyjnych. Oceny dokonano metodą punktacji wagowej.

Tabela 18. Ocena punktowa, źródło: własne.

Lp.	Nazwa skrócona rozwiązania	Wartość punktowa oceny					Wyrażona suma punktów
		2	3	4	5	6	
1.	BAZO	10	10	10	6	10	9.00
2.	MALDU	8	9	10	10	8	9.00
3.	DUMAL	8	9	10	10	8	9.00
4.	PRZEPLÓT	8	8	10	10	8	8.60
5.	PLANETA	3	5	10	8	3	5.75
6.	ŚLIMAK	4	3	6	8	4	4.95
7.	FALA	4	3	7	7	4	4.95
8.	STALMOM	3	2	5	6	5	4.95
9.	OBCIĄŻ	8	9	10	8	6	7.75
10.	GUMA	4	2	10	3	3	4.60

Bezpośrednim efektem oceny wszystkich rozwiązań jest wytypowanie do dalszych prac projektowo – konstrukcyjnych trzech rozwiązań, które uzyskały różnorzędną najwyższą ocenę. Rozwiązania te oznaczono nazwą BAZO, MALDU, DUMAL.

**2.15 Analizy CAx z zastosowaniem techniki obliczeniowej metody elementów skończonych w celu uzyskania parametrów mechanicznych podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.**

W niniejszym rozdziale przedstawione zostanie kompleksowe podejście do opracowania postaci konstrukcyjnej poszczególnych części składowych samohamownych urządzeń stało siłowych, wykorzystując zaawansowane narzędzia przestrzennego modelowania w oprogramowaniu CAD. Proces ten jest kluczowy dla zapewnienia precyzji, efektywności oraz funkcjonalności końcowego produktu.

Przed przystąpieniem do projektowania, przeprowadzono szczegółową analizę wymagań technicznych oraz specyfikacji dotyczących samohamownych urządzeń stało siłowych z tradycyjnymi elementami sprężystymi. Określono m.in. parametry techniczne, wytrzymałość, tolerancje oraz inne istotne czynniki, które mają wpływ na projekt. Do opracowania postaci konstrukcyjnej poszczególnych części składowych wykorzystano zaawansowane narzędzia przestrzennego modelowania dostępne w oprogramowaniu CAD. Pozwoliło to na precyzyjne i efektywne tworzenie geometrycznych modeli poszczególnych elementów urządzenia.

W kolejnym etapie projektowania, skoncentrowano się na tworzeniu poszczególnych komponentów samohamownych urządzeń stało siłowych. Każda część została dokładnie zaprojektowana z uwzględnieniem jej funkcji, wymiarów, materiałów oraz relacji z innymi elementami systemu. Istotnym aspektem projektowania było uwzględnienie tradycyjnych elementów sprężystych, które są kluczowe dla właściwego działania urządzeń. Ich integracja wymagała precyzyjnego modelowania oraz zapewnienia odpowiednich połączeń i interakcji z innymi częściami urządzenia. Po zamodelowaniu poszczególnych części składowych, przeprowadzono analizę oraz ewentualną optymalizację konstrukcji. Celem było zapewnienie optymalnej wydajności, wytrzymałości oraz funkcjonalności urządzenia, przy jednoczesnym minimalnym zużyciu materiałów. Wirtualne modele poszczególnych części składowych zostały poddane testom symulacyjnym w celu weryfikacji ich zachowania pod różnymi

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020

Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie

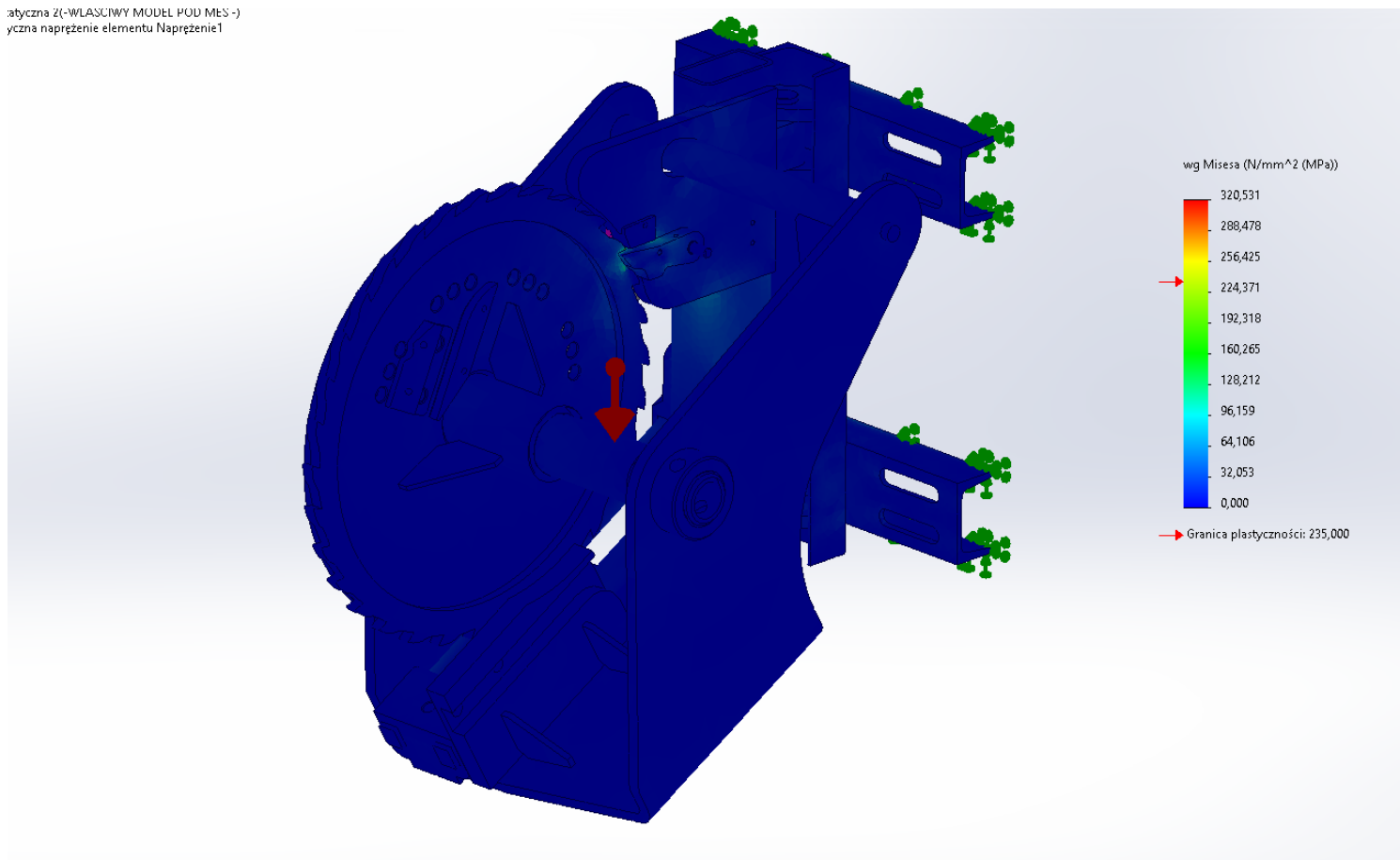
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

warunkami obciążenia i eksploatacji. Testowanie pozwoliło na identyfikację potencjalnych słabych punktów oraz wprowadzenie ewentualnych poprawek. Na zakończenie procesu opracowania postaci konstrukcyjnej, przygotowano kompletną dokumentację projektową zawierającą szczegółowe rysunki techniczne, specyfikacje części oraz inne istotne informacje niezbędne dla produkcji i montażu urządzenia.

Rozdział ten stanowi integralną część procesu projektowania, który jest kluczowy dla sukcesu samohamownych urządzeń stało siłowych. Dzięki zaawansowanym narzędziom CAD oraz starannemu podejściu do projektowania, możliwe było stworzenie wysokiej jakości, funkcjonalnych i efektywnych urządzeń spełniających wszystkie wymagania techniczne i

## Napężenia:

Statyczna Z(-WŁASCIWY MODEL POD MES -)  
Statyczna napężenie elementu Napężenie1



Rysunek 68 Analiza statyczna TUN z blokadą, źródło: własne

Rysunek 69. Analiza statyczna TUN z blokadą, źródło: własne

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

## Analiza Dynamiczna:

### Warunki brzegowe:

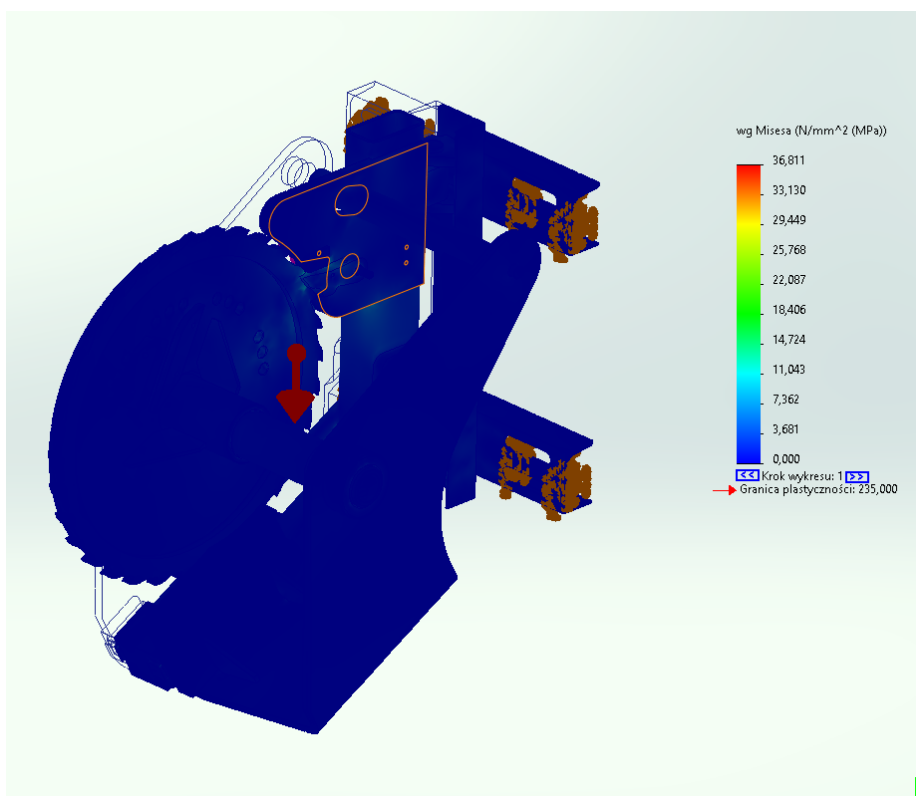
W modelu zostały zastosowane zamocowania nieruchome tak jak przy przytwierdzeniu TUN-a do słupa.

Siła pochodząca od liny wynosi 10kN na ramieniu krzywki.

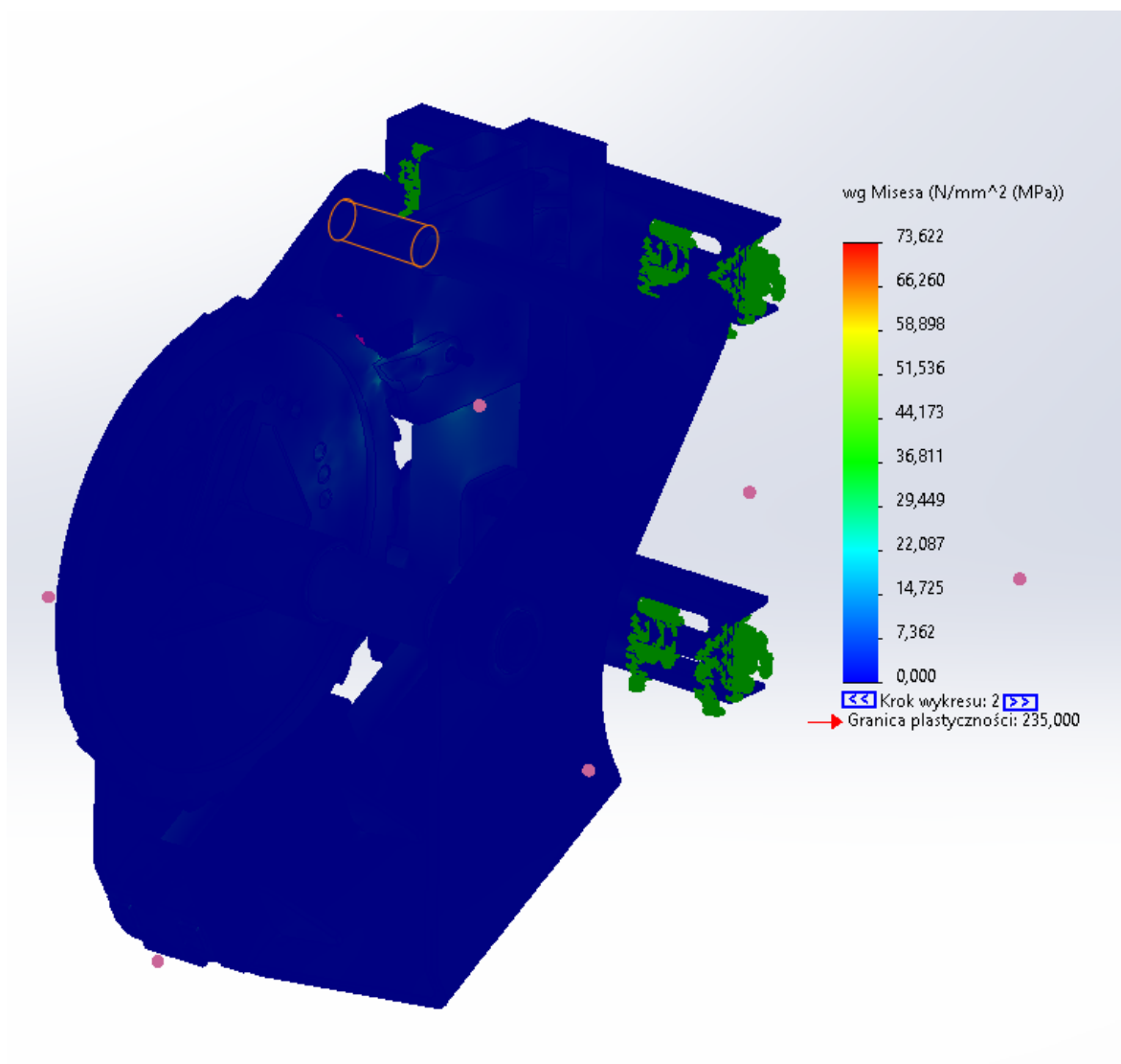
Została uwzględniona grawitacja w modelu oraz tarcie w miejscach połączeń.

Materiał to Stal konstrukcyjna S235JR.

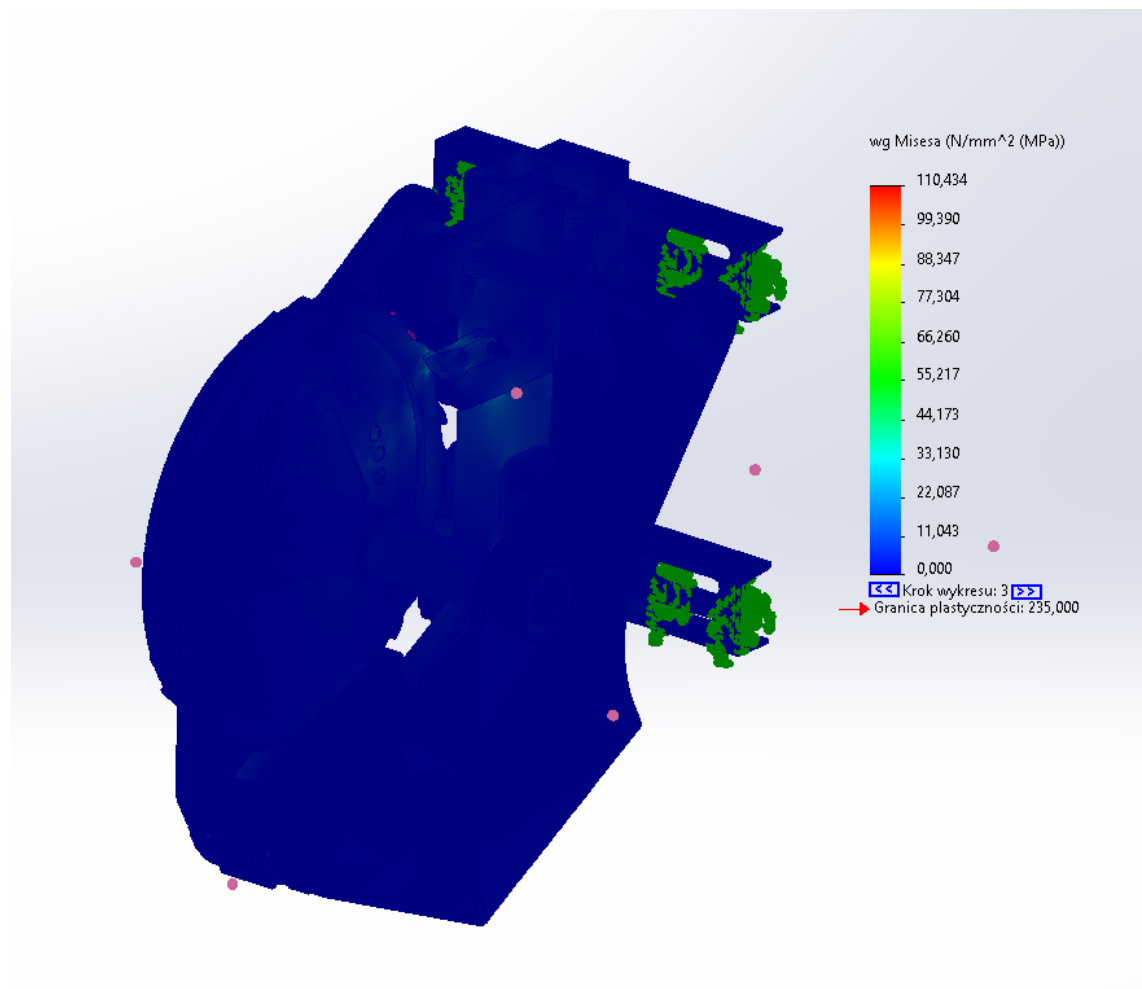
### Naprężenia:



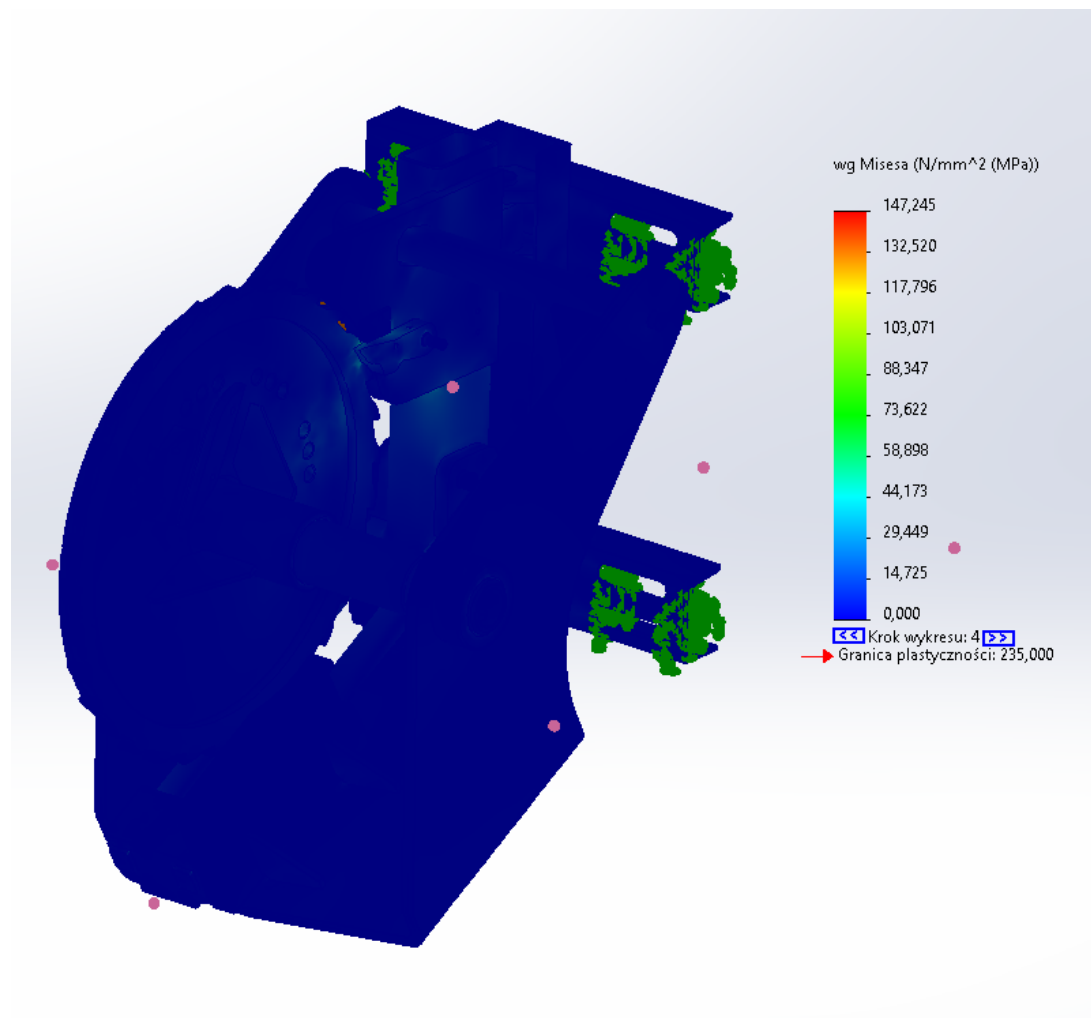
Rysunek 70. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



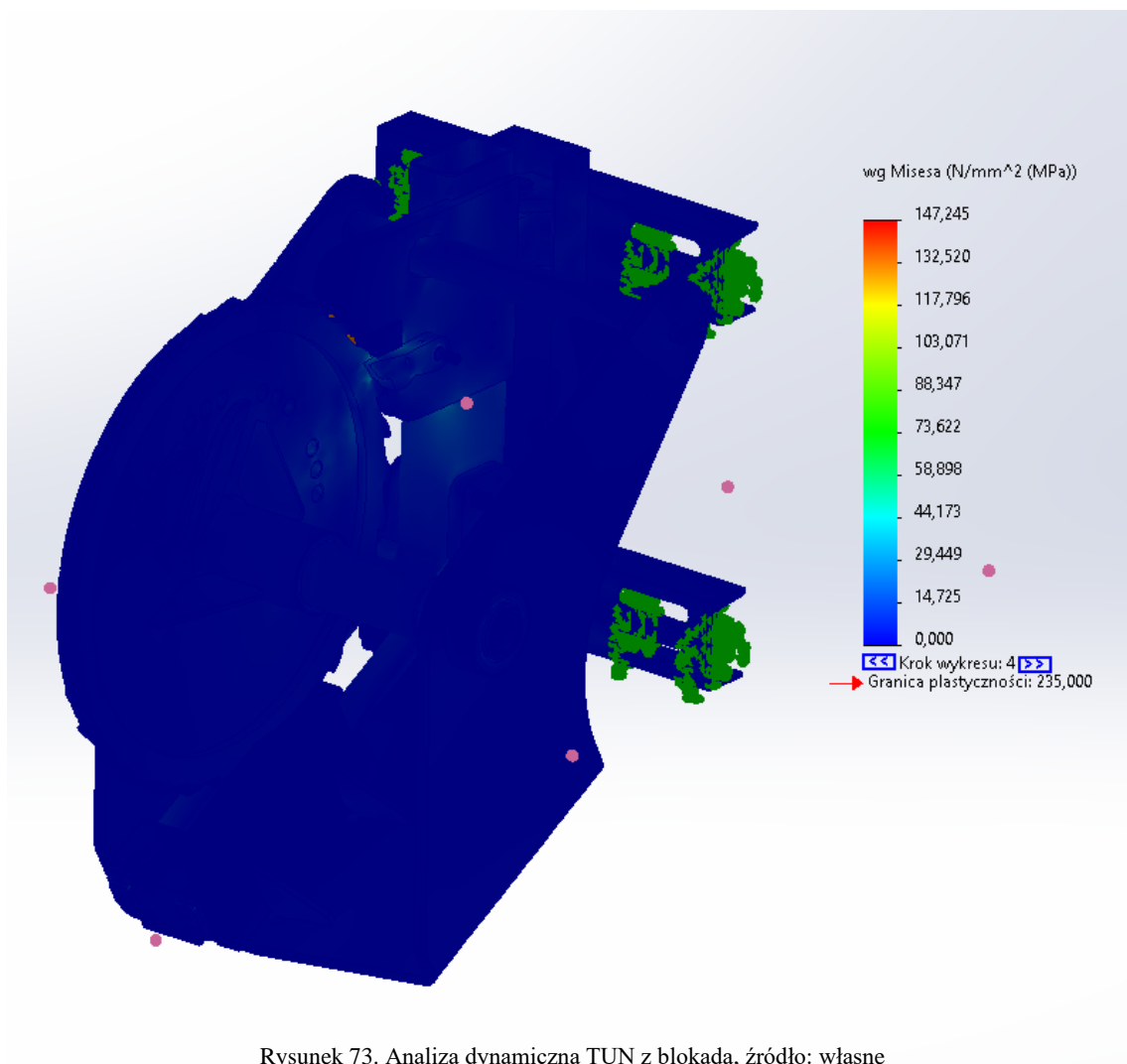
Rysunek 70. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



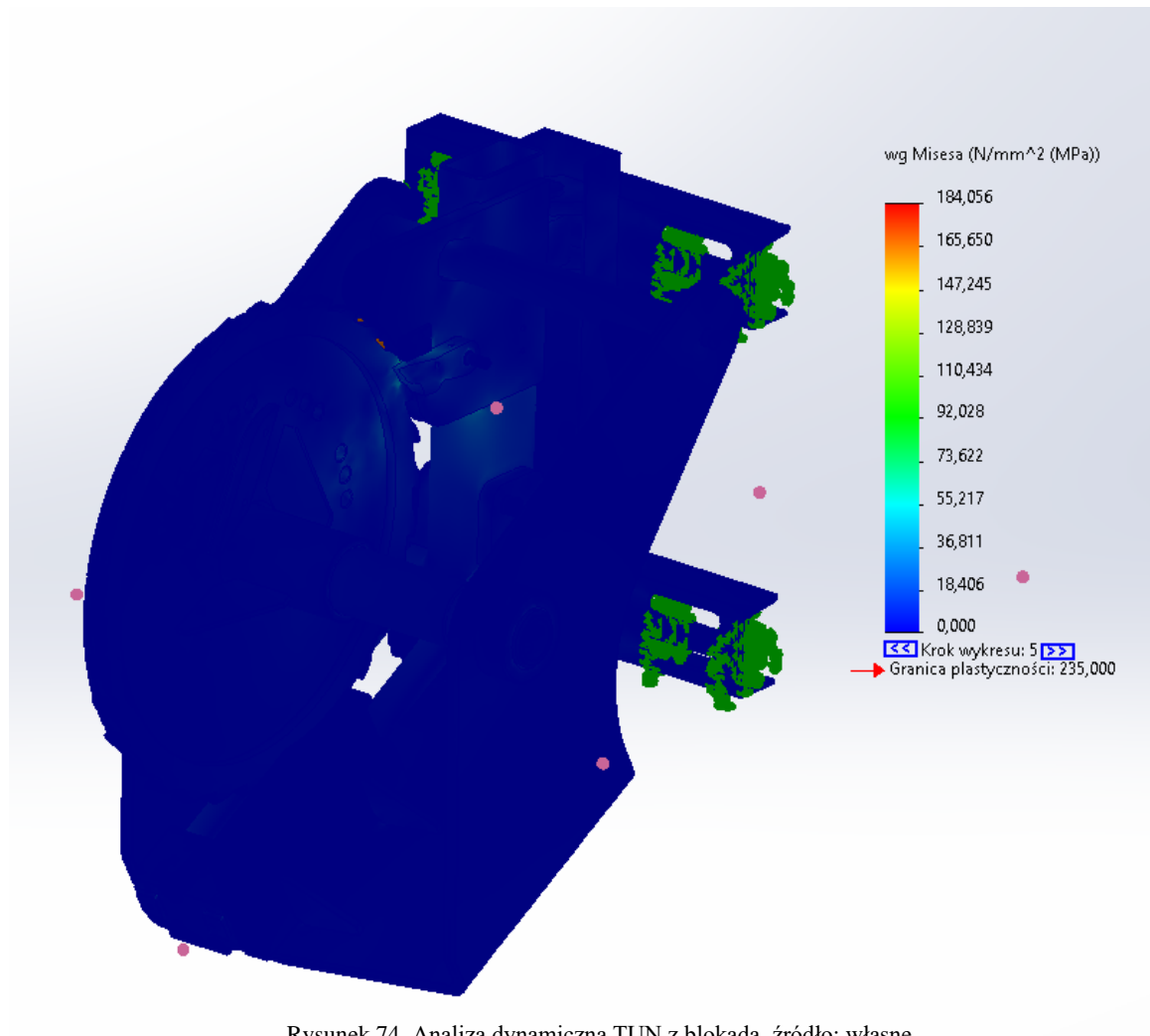
Rysunek 71. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



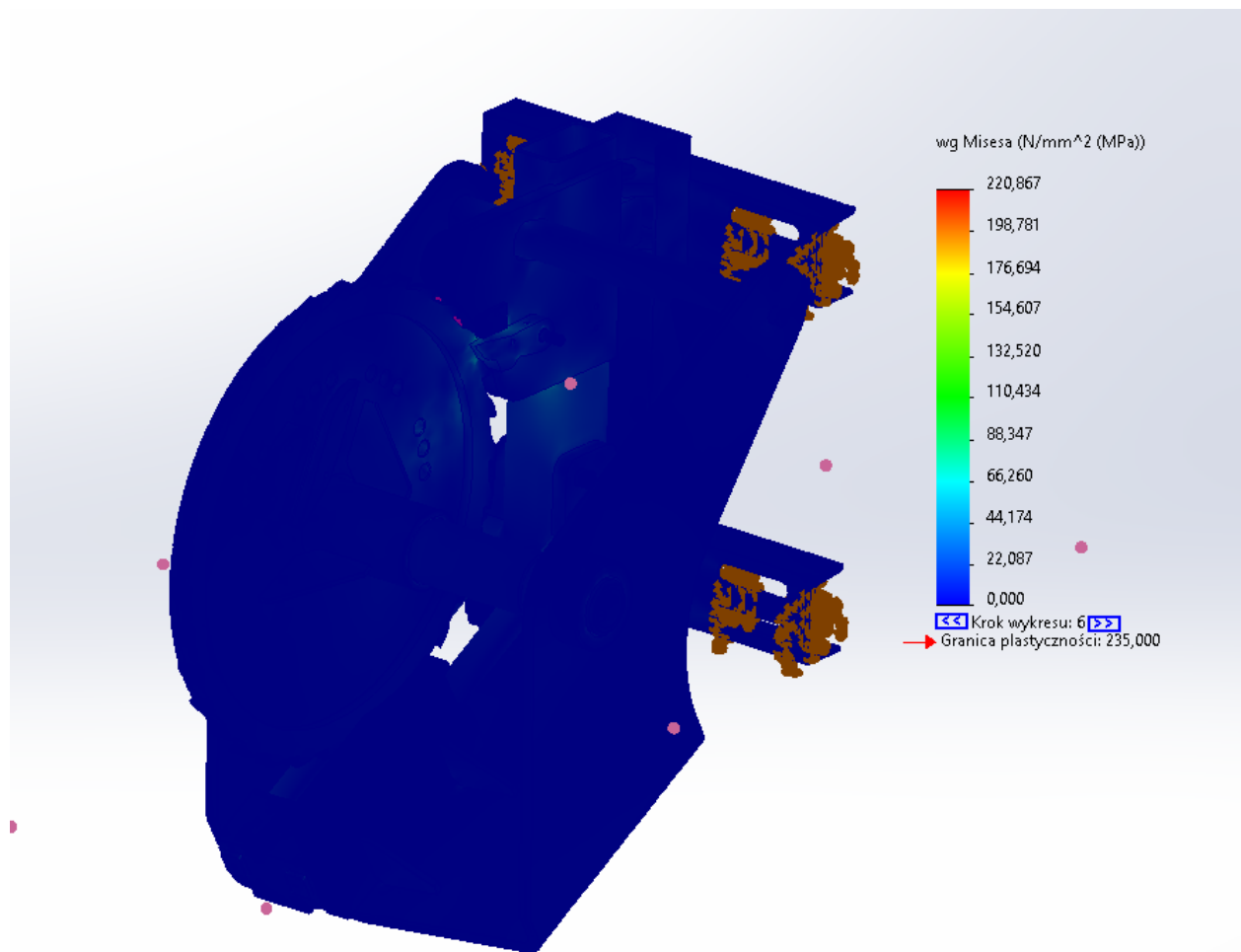
Rysunek 72. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



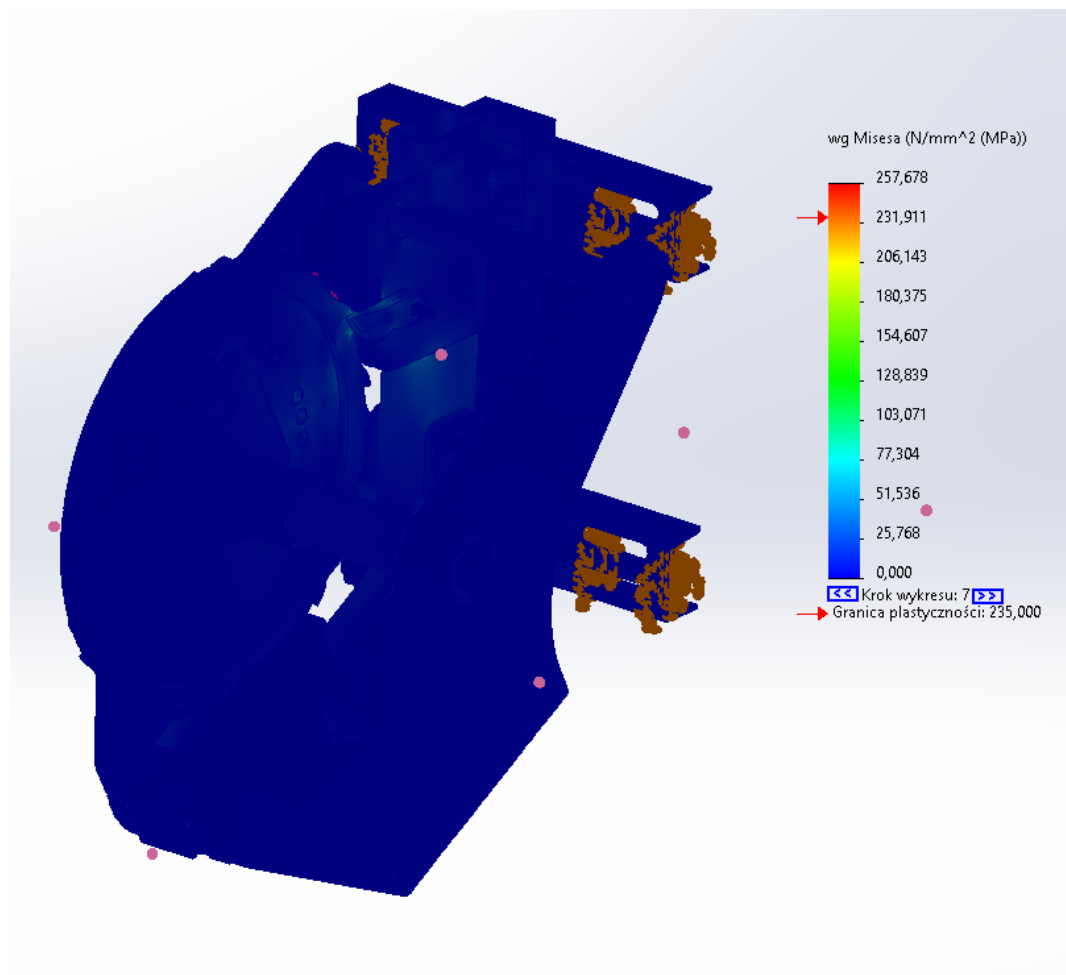
Rysunek 73. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



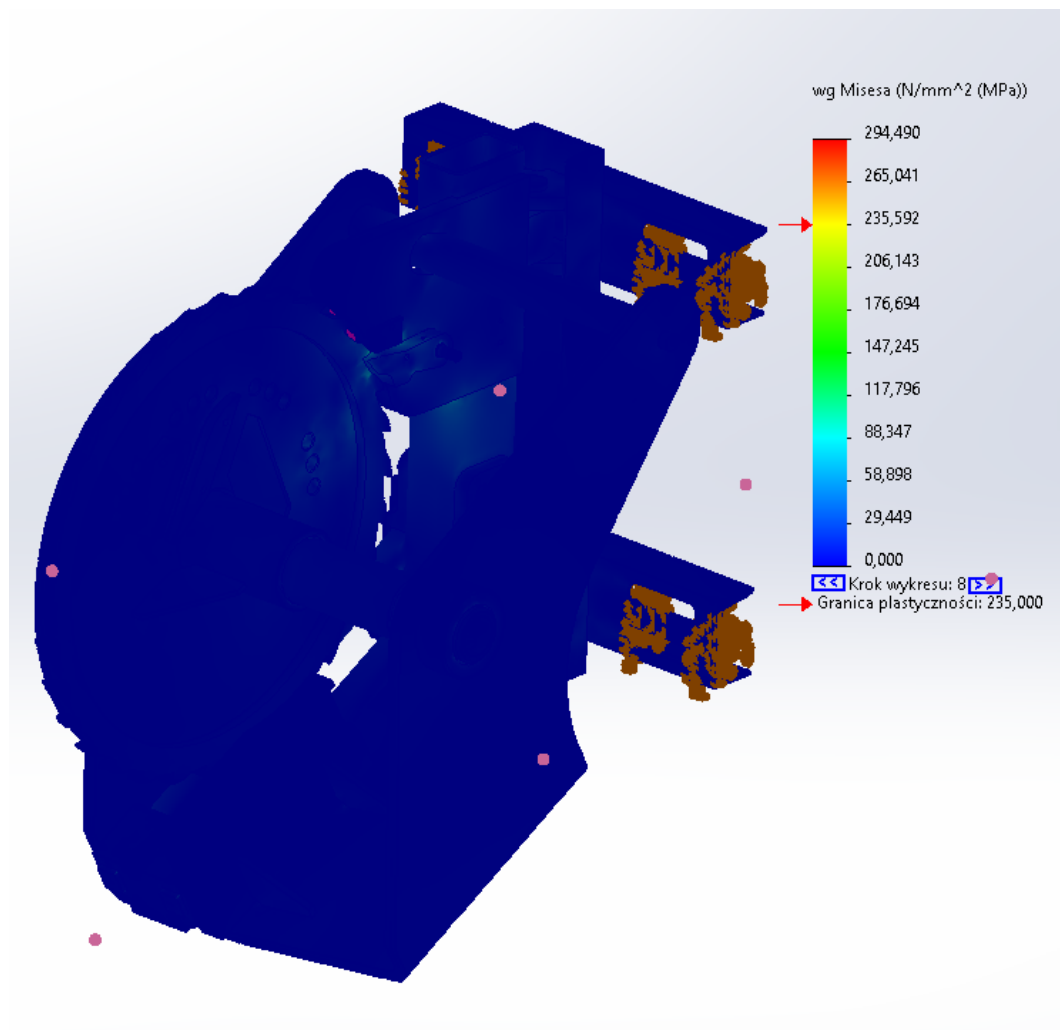
Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw



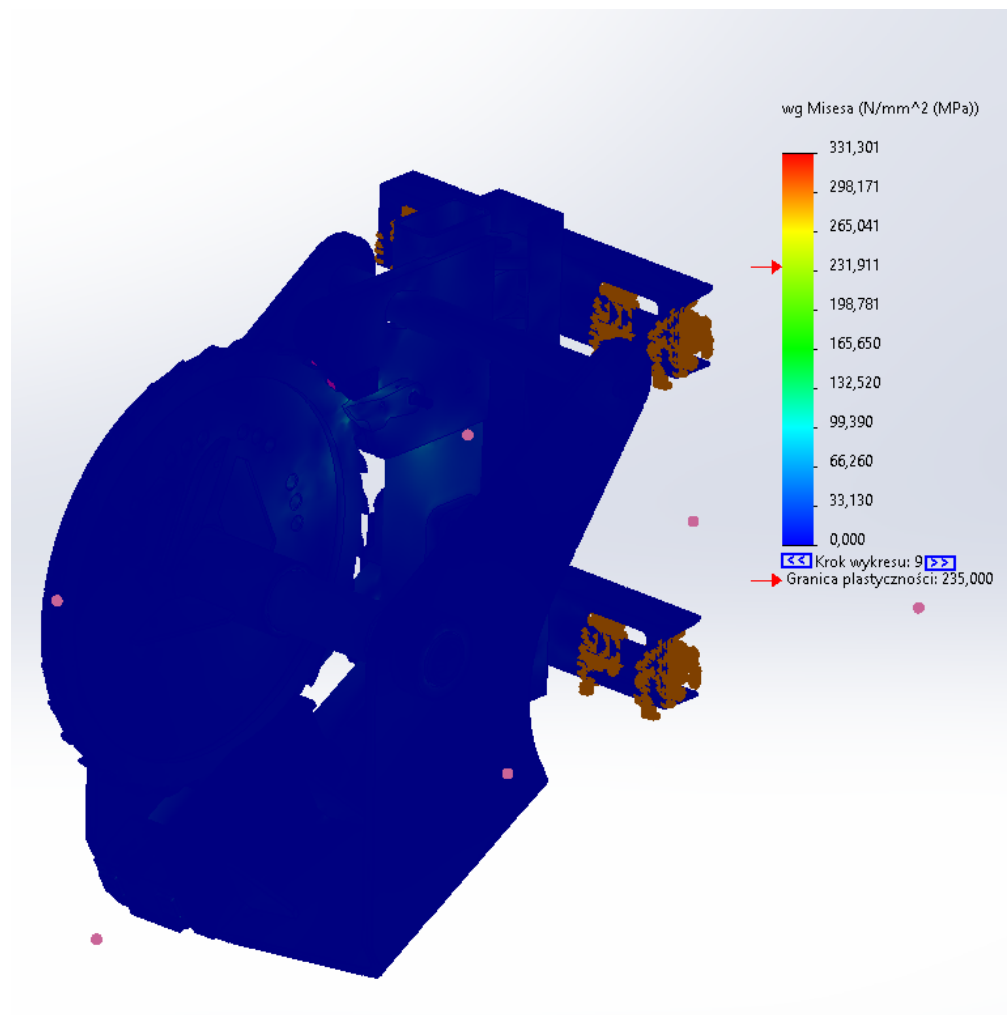
Rysunek 75. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



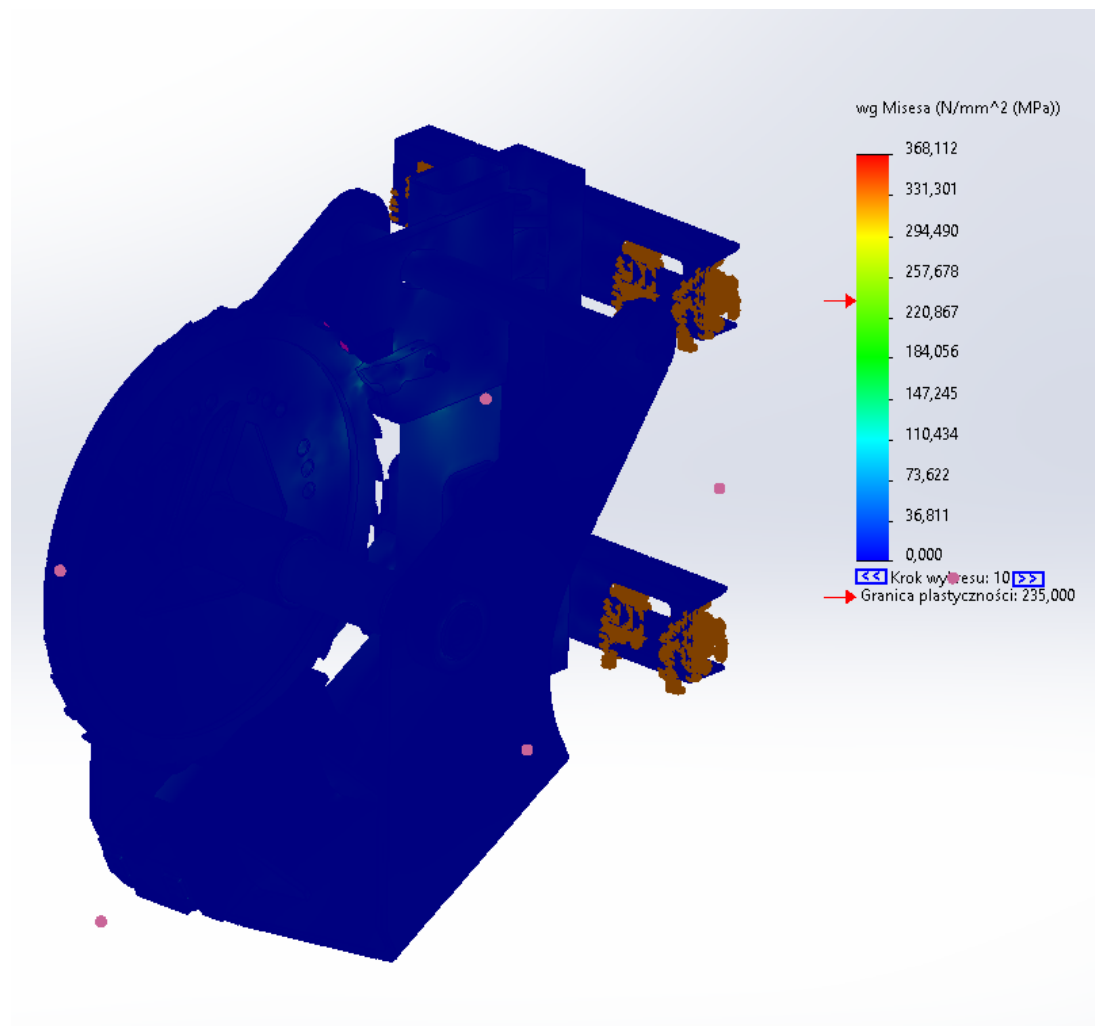
Rysunek 76. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



Rysunek 77. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



Rysunek 78.. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne



Rysunek 79. Analiza dynamiczna TUN z blokadą, źródło: własne

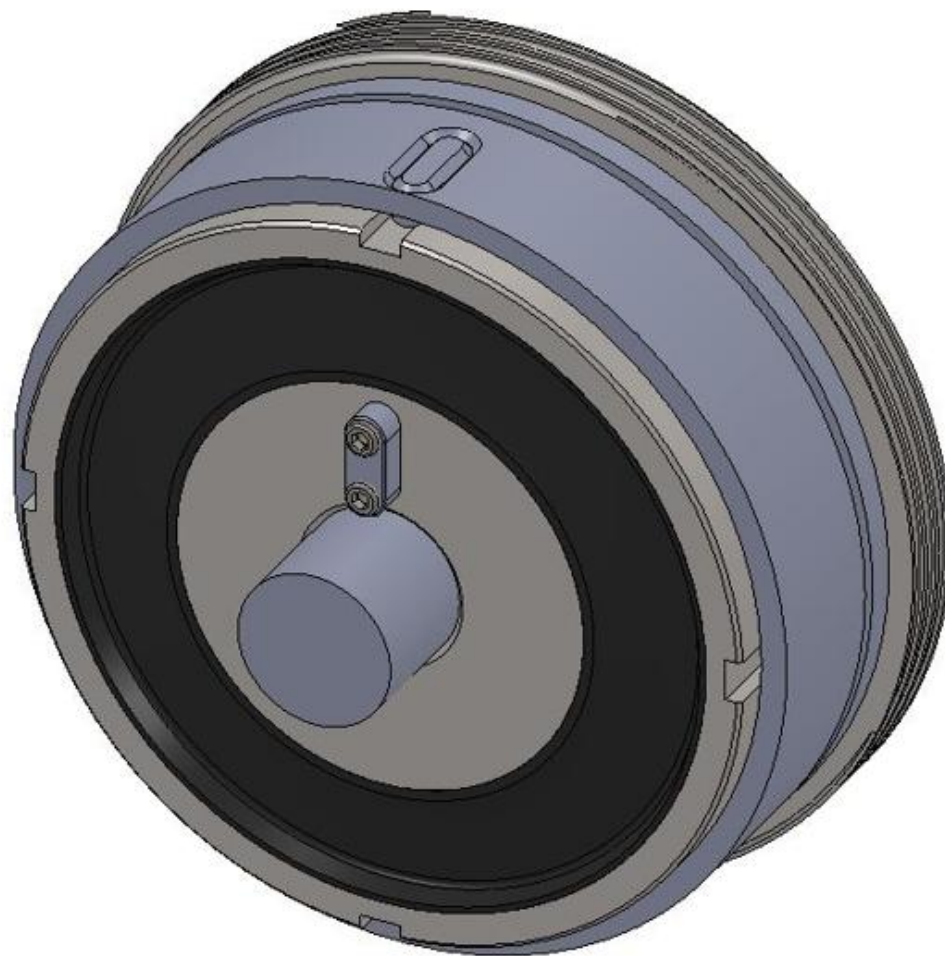
Rysunek 95. Analiza statyczna, źródło: własne

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

**2.15.4 Opracowanie modeli CAD podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych, w których zastosowano innowacyjne materiały sprężyste.**

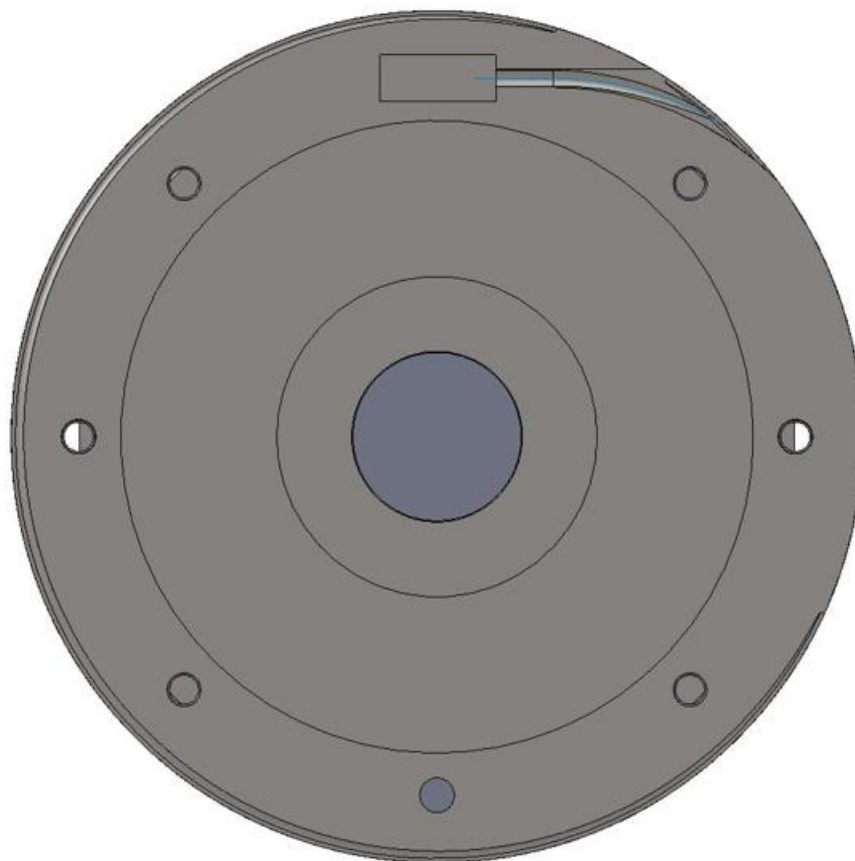


Rysunek 96. Opracowanie modeli CAD samohamownych urządzeń stało-siłowych, źródło: własne



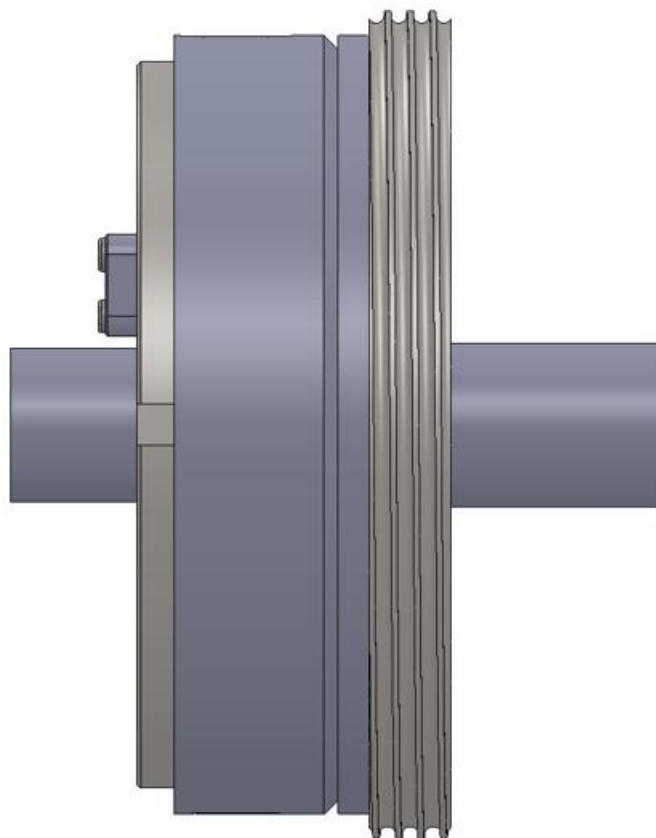
Rysunek 97. Opracowanie modeli CAD samohamownych urządzeń stało-siłowych, źródło: własne

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw



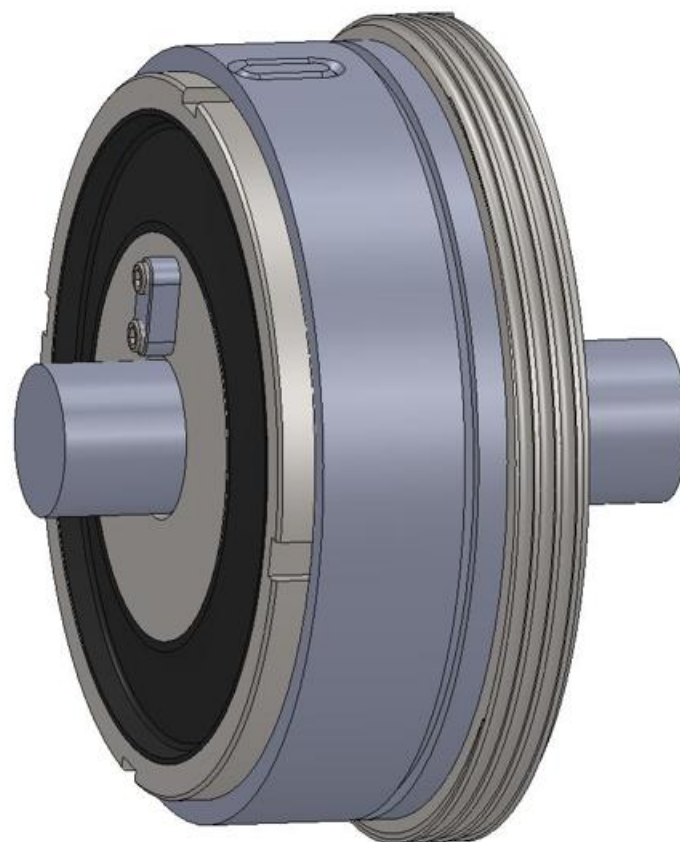
Rysunek 98. .Opracowanie modeli CAD samohamownych urządzeń stało-siłowych, źródło: własne

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw



Rysunek 99. .Opracowanie modeli CAD samohamownych urządzeń stało-siłowych, źródło: własne

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw



Rysunek 100. .Opracowanie modeli CAD samohamownych urządzeń stało-siłowych, źródło: własne

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

3. P4 - Walidacja modeli obliczeniowych podzespołów wykonanych z zastosowanie MES w celu potwierdzenia parametrów mechanicznych samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.



## Symulacja W01- Złożenie TUN 2SS 30X15+BLOKADA

Data: wtorek, 23 czerwca 2023  
Projektant: Krzysztof Dondziak  
Nazwa badania: Analiza statyczna 2  
Typ analizy: Analiza statyczna

### Spis treści

Opis .....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
Założenia	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
Informacje o modelu	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
Właściwości badania.....	
Jednostki .....	
Właściwości materiału .....	
Obciążenia i umocowania	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
Definicje złącza	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
Informacje o interakcji	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
Informacje siatki .....	
Szczegóły sensora	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
Siły wypadkowe.....	
Belki.....	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
Wyniki badania	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>
Konkluzja	<b>Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.</b>

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw






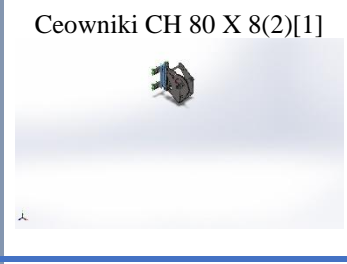
Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

Nazwa modelu: W01-Złożenie TUN 2SS 30X15+BLOKADA  
 Bieżąca konfiguracja: WLASCIWY MODEL POD MES

Obiekty bryłowe

Nazwa i odniesienie dokumentu	Traktowane jako	Właściwości objętościowe	Zmodyfikowano ścieżkę/datę dokumentu
Szyk liniowy1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,549981 kg Objętość:7,05104e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:5,38982 N	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie5 	Obiekt bryłowy	Masa:0,26676 kg Objętość:3,42e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,61425 N	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Zaokrąglenie4 	Obiekt bryłowy	Masa:0,271325 kg Objętość:3,47852e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,65898 N	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Sfazowanie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,549981 kg Objętość:7,05104e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:5,38982 N	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
FASOLA -2 	Obiekt bryłowy	Masa:3,55927 kg Objętość:0,000456316 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:34,8808 N	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Otwór gwintowany M51[1] 	Obiekt bryłowy	Masa:4,78448 kg Objętość:0,000613395 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:46,8879 N	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,0765476 kg Objętość:9,81379e-06 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup>	E:\dO POLICZENIA mes\Część2.sldprt

		Waga:0,750166 N	Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie2[2] 	Obiekt bryłowy	Masa:1,83905 kg Objętość:0,000235776 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:18,0227 N	E:\dO POLICZENIA mes\Sprężyny blokady.SLDPRT Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie2[1] 	Obiekt bryłowy	Masa:1,83905 kg Objętość:0,000235776 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:18,0227 N	E:\dO POLICZENIA mes\Sprężyny blokady.SLDPRT Oct 23 10:43:56 2023
Sfazowanie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,0581151 kg Objętość:7,45065e-06 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:0,569528 N	E:\dO POLICZENIA mes\Sworzeń zapadki.SLDPRT Oct 23 10:43:56 2023
Sfazowanie3 	Obiekt bryłowy	Masa:0,237515 kg Objętość:3,04506e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,32764 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS- 30x15-Sworzeń uchwyty-A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Sfazowanie3 	Obiekt bryłowy	Masa:0,237515 kg Objętość:3,04506e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,32764 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS- 30x15-Sworzeń uchwyty-A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Sfazowanie2 	Obiekt bryłowy	Masa:0,0819502 kg Objętość:1,05064e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:0,803112 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS- 30x15-Sworzeń zabezpieczenia.SLD PRT Oct 23 10:43:56 2023
Lustro2	Obiekt bryłowy	Masa:0,255937 kg Objętość:3,28125e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,50819 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS- 40x20 Mocowanie





			słup prostokątny.SLDPR T Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie2 	Obiekt bryłowy	Masa:2,80516 kg Objętość:0,000359636 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:27,4906 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS- 40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPR T Oct 23 10:43:56 2023
Szyk liniowy2[1] 	Obiekt bryłowy	Masa:0,255937 kg Objętość:3,28125e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,50819 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS- 40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPR T Oct 23 10:43:56 2023
Szyk liniowy1[2] 	Obiekt bryłowy	Masa:2,80516 kg Objętość:0,000359636 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:27,4906 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS- 40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPR T Oct 23 10:43:56 2023
Sfazowanie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,255937 kg Objętość:3,28125e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,50819 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS- 40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPR T Oct 23 10:43:56 2023
Ceowniki CH 80 X 8(2)[1] 	Obiekt bryłowy	Masa:3,92584 kg Objętość:0,000503312 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:38,4732 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS- 40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPR T Oct 23 10:43:56 2023
Szyk liniowy2[2]	Obiekt bryłowy	Masa:0,255937 kg Objętość:3,28125e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup>	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-

		Waga:2,50819 N	40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPR T Oct 23 10:43:56 2023
Sfazowanie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,151263 kg Objętość:1,93927e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,48237 N	E:\dO POLICZENIA mes\Tuleja dystansowa.SLDPR T Oct 23 10:43:56 2023
Sfazowanie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,151263 kg Objętość:1,93927e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,48237 N	E:\dO POLICZENIA mes\Tuleja dystansowa.SLDPR T Oct 23 10:43:56 2023
Zaokrąglenie4 	Obiekt bryłowy	Masa:0,412046 kg Objętość:5,28264e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:4,03805 N	E:\dO POLICZENIA mes\Uchwyt sprężyny blokującej A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Lustro1 	Obiekt bryłowy	Masa:1,33566 kg Objętość:0,000171238 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:13,0894 N	E:\dO POLICZENIA mes\Uchwyt sprężyny blokującej A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie8 	Obiekt bryłowy	Masa:1,33566 kg Objętość:0,000171238 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:13,0894 N	E:\dO POLICZENIA mes\Uchwyt sprężyny blokującej A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie2 	Obiekt bryłowy	Masa:2,7663 kg Objętość:0,000354653 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:27,1097 N	E:\dO POLICZENIA mes\Uchwyt sprężyny blokującej B.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie2	Obiekt bryłowy	Masa:1,32324 kg Objętość:0,000169646 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:12,9677 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN- 2SS-30x15-OŚ centralna.sldprt

			Oct 23 10:43:56 2023
Sfazowanie1 	Obiekt bryłowy	Masa:2,99063 kg Objętość:0,000383414 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:29,3081 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN- 2SS-30x15-OŚ centralna.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie8 	Obiekt bryłowy	Masa:3,79469 kg Objętość:0,000486499 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:37,188 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN- 2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKAD A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie16 	Obiekt bryłowy	Masa:26,9653 kg Objętość:0,00345709 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:264,26 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN- 2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKAD A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie14 	Obiekt bryłowy	Masa:0,980531 kg Objętość:0,000125709 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:9,6092 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN- 2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKAD A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie12 	Obiekt bryłowy	Masa:0,113416 kg Objętość:1,45405e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,11148 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN- 2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKAD A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie15 	Obiekt bryłowy	Masa:0,980531 kg Objętość:0,000125709 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:9,6092 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN- 2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKAD A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023

<p>Szyk liniowy2</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,113416 kg  Objętość:1,45405e-05 m<sup>3</sup>  Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Waga:1,11148 N</p>	<p>E:\dO  POLICZENIA  mes\W01-TUN-  2SS-30x15-Rama  korpusu+BLOKAD  A.sldprt  Oct 23 10:43:56  2023</p>
<p>Wytnij-wyciągnięcie13</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,555236 kg  Objętość:7,11841e-05 m<sup>3</sup>  Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Waga:5,44131 N</p>	<p>E:\dO  POLICZENIA  mes\W01-TUN-  2SS-30x15-Rama  korpusu+BLOKAD  A.sldprt  Oct 23 10:43:56  2023</p>
<p>Szyk kołowy1[1]</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,116513 kg  Objętość:1,49375e-05 m<sup>3</sup>  Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Waga:1,14182 N</p>	<p>E:\dO  POLICZENIA  mes\W01-TUN-  2SS-30x15-  Zabierak  krzywki+BLOKAD  A.sldprt  Oct 23 10:43:56  2023</p>
<p>Dodanie-wyciągnięcie5</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,116513 kg  Objętość:1,49375e-05 m<sup>3</sup>  Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Waga:1,14182 N</p>	<p>E:\dO  POLICZENIA  mes\W01-TUN-  2SS-30x15-  Zabierak  krzywki+BLOKAD  A.sldprt  Oct 23 10:43:56  2023</p>
<p>Sfazowanie7</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:1,75431 kg  Objętość:0,000224911 m<sup>3</sup>  Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Waga:17,1922 N</p>	<p>E:\dO  POLICZENIA  mes\W01-TUN-  2SS-30x15-  Zabierak  krzywki+BLOKAD  A.sldprt  Oct 23 10:43:56  2023</p>
<p>Wytnij-wyciągnięcie5</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:11,178 kg  Objętość:0,00143308 m<sup>3</sup>  Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Waga:109,545 N</p>	<p>E:\dO  POLICZENIA  mes\W01-TUN-  2SS-30x15-  Zabierak  krzywki+BLOKAD  A.sldprt  Oct 23 10:43:56  2023</p>
<p>Otwór Ø6.0 (6)1[2]</p>	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,340511 kg  Objętość:4,36553e-05 m<sup>3</sup></p>	<p>E:\dO  POLICZENIA</p>

		Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:3,33701 N	mes\W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKAD A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Zaokrąglenie7 	Obiekt bryłowy	Masa:0,165812 kg Objętość:2,1258e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,62496 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKAD A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie7 	Obiekt bryłowy	Masa:0,0301219 kg Objętość:3,86178e-06 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:0,295195 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKAD A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Szyk kołowy1[2] 	Obiekt bryłowy	Masa:0,116513 kg Objętość:1,49375e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,14182 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKAD A.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie8 	Obiekt bryłowy	Masa:0,369603 kg Objętość:4,7385e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:3,62211 N	E:\dO POLICZENIA mes\Zapadka.sldprt Oct 23 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,166783 kg Objętość:2,13825e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,63448 N	E:\dO POLICZENIA mes\sworzen_fi_16_5.SLDPRT Oct 23 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,166783 kg Objętość:2,13825e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,63448 N	E:\dO POLICZENIA mes\sworzen_fi_16_5.SLDPRT Oct 23 10:43:56 2023

			
<p>Dodanie-wyciągnięcie3</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:2,78427 kg  Objętość:0,000356958 m<sup>3</sup>  Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Waga:27,2859 N</p>	<p>E:\dO  POLICZENIA  mes\wal_gorny_do_  .SLDPRT  Oct 23 10:43:56  2023</p>
<p>Dodanie-wyciągnięcie1</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:3,25001 kg  Objętość:0,000416667 m<sup>3</sup>  Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Waga:31,8501 N</p>	<p>E:\dO  POLICZENIA  mes\zebatka  zabieraka  2.SLDPRT  Oct 23 10:43:56  2023</p>
<p>Dodanie-wyciągnięcie1</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,189166 kg  Objętość:2,4252e-05 m<sup>3</sup>  Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Waga:1,85382 N</p>	<p>E:\dO  POLICZENIA  mes\Żebro-A.sldprt  Oct 23 10:43:56  2023</p>


### Właściwości badania

Nazwa badania	Analiza statyczna 2
Typ analizy	Analiza statyczna
Typ siatki	Siatka mieszana
Efekt termiczny:	Włączone
Opcja termiczna	Uwzględnij obciążenia temperaturowe
Temperatura zerowego odkształcenia	298 Kelvin
Uwzględnij efekt ciśnienia płynu z SOLIDWORKS Flow Simulation	Wyłączone
Typ solvera	Automatyczny
Efekt rozkładu naprężeń:	Wyłączone
Miękka sprężyna:	Wyłączone
Obciążenie bezwładnościowe:	Wyłączone
Niekompatybilne opcje wiązania	Automatyczny
Duże przemieszczenie	Wyłączone
Oblicz siły swobodnego obiektu	Włączone
Tarcie	Wyłączone
Użyj metody adaptacyjnej:	Wyłączone
Folder wyników	Dokument SOLIDWORKS (E:\dO POLICZENIA mes)

### Jednostki

Układ jednostek miar:	SI (MKS)
Długość/przemieszczenie	mm
Temperatura	Kelvin
Prędkość kątowa	Radian/sek
Ciśnienie/naprężenie	N/m <sup>2</sup>

## Właściwości materiału

Odniesienie modelu	Właściwości	Komponenty
	<p>Nazwa: <b>1.0037 (S235JR)</b>            Typ modelu: <b>Liniowy elastyczny izotropowy</b>            Domyślne kryterium zniszczenia: <b>Max naprężenie zredukowane wg Misesa</b>            Granica plastyczności: <b>2,35e+08 N/m<sup>2</sup></b>            Wytrzymałość na rozciąganie: <b>3,6e+08 N/m<sup>2</sup></b>            Współczynnik sprężystości wzdłużnej: <b>2,1e+11 N/m<sup>2</sup></b>            Współczynnik Poissona: <b>0,28</b>            Masa właściwa: <b>7 800 kg/m<sup>3</sup></b>            Współczynnik sprężystości poprzecznej: <b>7,9e+10 N/m<sup>2</sup></b>            Współczynnik rozszerzalności cieplnej: <b>1,1e-05 /Kelvin</b></p>	<p>ObiektBryłowy 1(Szyk liniowy1)(Belka A-1),            ObiektBryłowy 2(Doda wyciągnięcie5)(Belka A ObiektBryłowy 3(Zaokrąglenie4)(Belka A ObiektBryłowy 4(Sfazowanie1)(Belka A ObiektBryłowy 5(FASC 2)(Belka A-1),            ObiektBryłowy 6(Otwó gwintowany M51[1])(B 1),            ObiektBryłowy 1(Wytn wyciągnięcie1)(Część2- ObiektBryłowy 1(Wytn wyciągnięcie2[2])(Spręż blokady-1),            ObiektBryłowy 2(Wytn wyciągnięcie2[1])(Spręż blokady-1),            ObiektBryłowy 1(Sfazowanie1)(Sworzeń zapadki-1),            ObiektBryłowy 1(Sfazowanie3)(TUN-2S 30x15-Sworzeń uchwytny ObiektBryłowy 1(Sfazowanie3)(TUN-2S 30x15-Sworzeń uchwytny ObiektBryłowy 1(Sfazowanie2)(TUN-2S 30x15-Sworzeń zabezpieczenia-1),            ObiektBryłowy 1(Lustro2)(TUN-2SS-40 Mocowanie słup prosto 1),            ObiektBryłowy 2(Wytn wyciągnięcie2)(TUN-2S 40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),            ObiektBryłowy 3(Szyk liniowy2[1])(TUN-2SS- Mocowanie słup prosto 1),            ObiektBryłowy 4(Szyk liniowy1[2])(TUN-2SS- Mocowanie słup prosto 1),</p>

		<p> <b>ObiektBryłowy 5(Sfazowanie1)(TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 6(Ceownik CH 80 X 8(2)[1])(TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 7(Szyk liniowy2[2])(TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Sfazowanie1)(Tuleja dystansowa-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Sfazowanie1)(Tuleja dystansowa-2),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Zaokrąglenie4)(Uchwyt sprężyny blokującej A-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 2(Lustro1)(Uchwyt sprężyny blokującej A-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 3(Wytnij-wyciągnięcie8)(Uchwyt sprężyny blokującej A-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Wytnij-wyciągnięcie2)(Uchwyt sprężyny blokującej B-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie2)(W01-TUN-30x15-OŚ centralna-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 2(Sfazowanie1)(W01-TUN-2SS-30x15-OŚ centralna-1)</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Wytnij-wyciągnięcie8)(W01-TUN-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 2(Wytnij-wyciągnięcie16)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 3(Wytnij-wyciągnięcie14)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 4(Dodanie-wyciągnięcie12)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 5(Wytnij-wyciągnięcie15)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1)</b> </p>
--	--	--

		<p>2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),  <b>ObiektBryłowy 6(Szyk liniowy2)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 7(Wytnij-wyciągnięcie13)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Szyk kołowy1[1])(W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 2(Dodanie-wyciągnięcie5)(W01-TUN-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 3(Sfazowanie7)(W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 4(Wytnij-wyciągnięcie5)(W01-TUN-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 5(Otwór Ø(6)1[2])(W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 6(Zaokrąglenie7)(W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 7(Dodanie-wyciągnięcie7)(W01-TUN-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 8(Szyk kołowy1[2])(W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Wytnij-wyciągnięcie8)(Zapadka-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie2)(ala_krzywk_1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie1)(sworzen_fi_5-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie1)(sworzen_fi_5-2),</b></p>
--	--	---

		<b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie3)(wał_gorny_-1),</b> <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie1)(zebatka zabieraka 2-1),</b> <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie1)(Żebro-A-1)</b>
Dane krzywych:N/A		

### Informacje siatki

<b>Typ siatki</b>	Siatka mieszana
<b>Użyty generator siatki:</b>	Siatka oparta na krzywiźnie
<b>Punkty jakobianu siatki wysokiej jakości</b>	16 Punkty
<b>Rozmiar jakobianu dla skorupy</b>	Włączone
<b>Maksymalny rozmiar elementu</b>	39,1343 mm
<b>Minimalny rozmiar elementu</b>	1,95671 mm
<b>Jakość siatki</b>	Wysoka
<b>Utwórz ponownie niezależną siatkę dla nieudanych części</b>	Wyłączone

### Informacje siatki - Szczegóły

<b>Całkowita liczba węzłów</b>	750200
<b>Całkowita liczba elementów</b>	455317
<b>Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss):</b>	00:00:23
<b>Nazwa komputera:</b>	

## Sily wypadkowe

### Sily reakcji

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z
Cały model	N	2 827,41	10 499,2	-0,000174999

### Momenty reakcji

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z	Wypadkowa
Cały model	N.m	0	0	0	1e-33

### Sily swobodnego obiektu

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z
Cały model	N	0,00571193	628,048	0,0029344

### Momenty swobodnego obiektu

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z
Cały model	N.m	-0,182167	0,144529	-0,0382979

## 3.1 Przeprowadzenie badań doświadczalnych na stanowisku badawczym parametrów mechanicznych podzespołów samohamownych urządzeń stałosilowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.

Podczas przeprowadzania badań doświadczalnych przeprowadzono 2 próby.



Rysunek 101. .Badania doświadczalne próba 1, źródło: własne



Rysunek 102. .Badania doświadczalne próba 1, źródło: własne



Rysunek 103. .Badania doświadczalne próba 1, źródło: własne



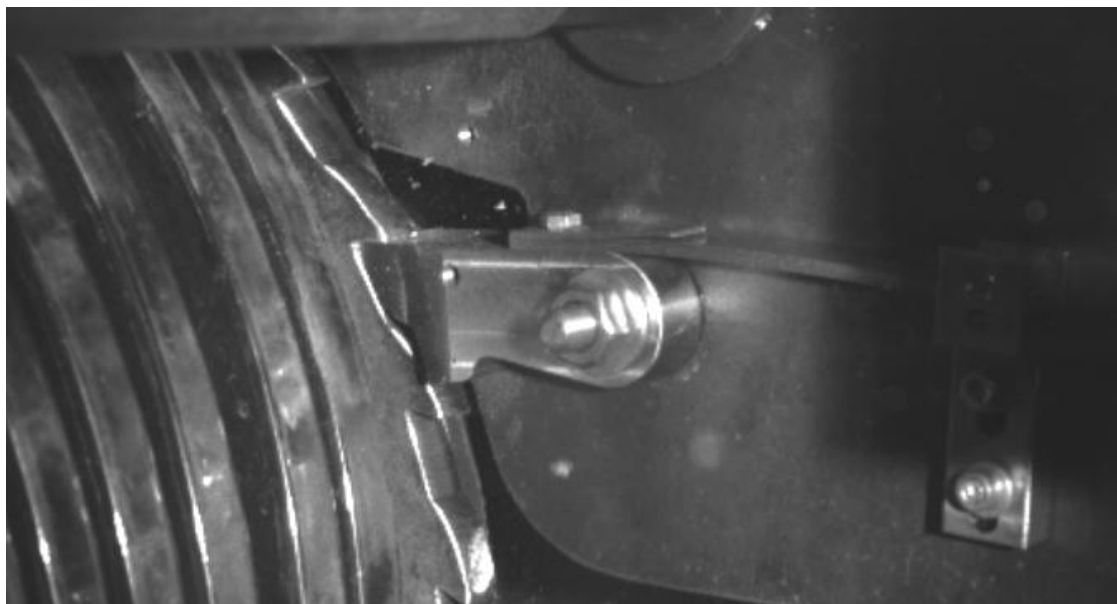
Rysunek 104. .Badania doświadczalne próba 1, źródło: własne



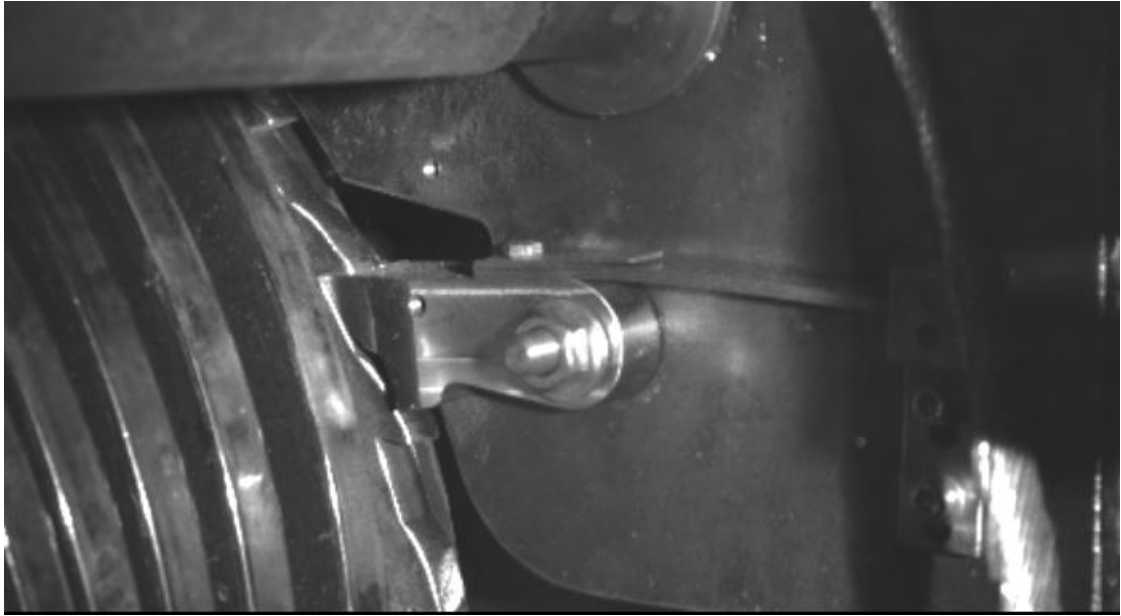
Rysunek 105. .Badania doświadczalne próba 1, źródło: własne



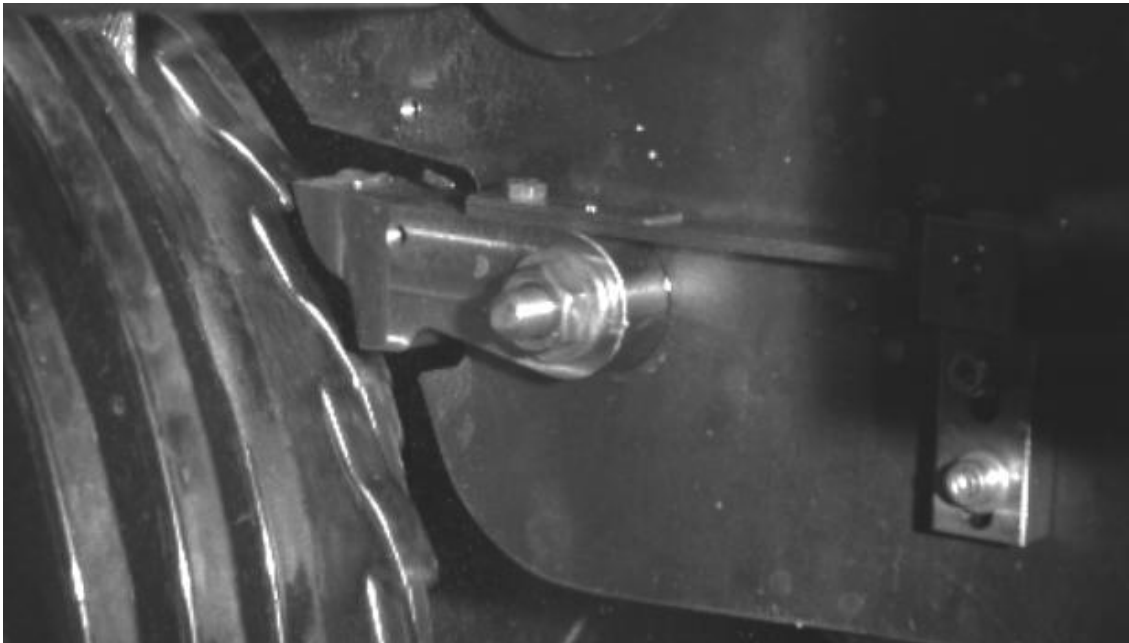
Rysunek 106. .Badania doświadczalne próba21, źródło: własne



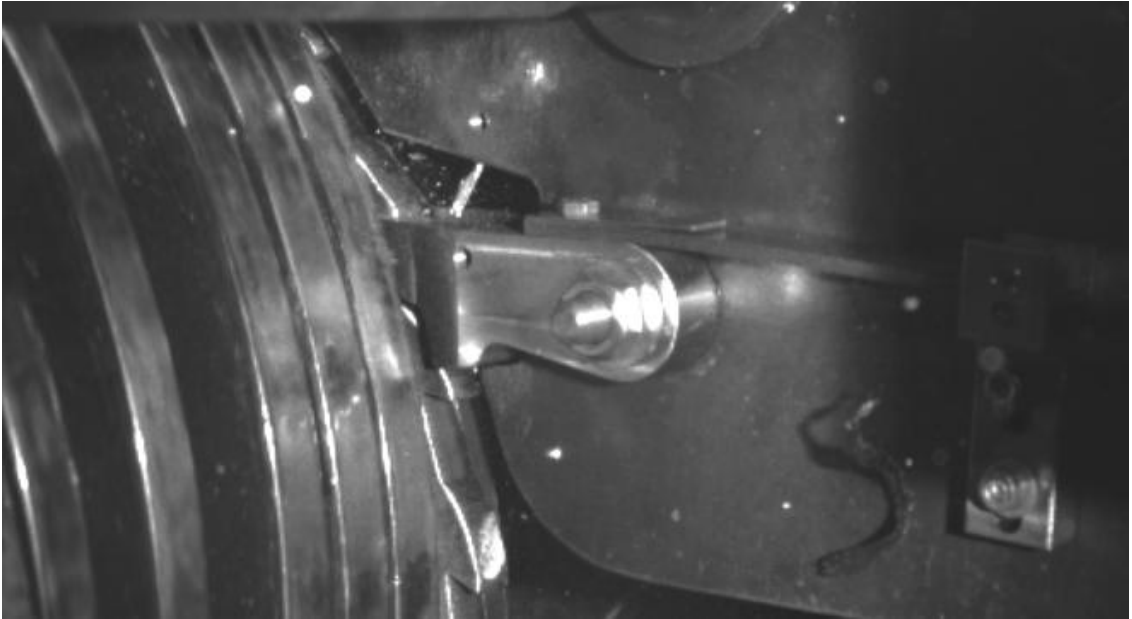
Rysunek 107. .Badania doświadczalne próba21, źródło: własne



Rysunek 108. .Badania doświadczalne próba21, źródło: własne



Rysunek 109. .Badania doświadczalne próba21, źródło: własne



Rysunek 110. .Badania doświadczalne próba 2, źródło: własne

### **3.2 Walidacja modeli podzespołów samohamownych urządzeń stało-siłowych do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.**

## **Symulacja W01- Złożenie TUN 2SS 30X15+BLOKADA**

**Data: wtorek, 24 Października 2023**

**Projektant: Krzysztof Dondziak**

**Nazwa badania: Nieliniowe**

**Typ analizy: Nieliniowe - Analiza statyczna**

## **Spis treści**

Opis ..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Założenia **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Informacje o modelu **Błąd! zdefiniowano zakładki.**

Właściwości badania.....

Jednostki .....

Właściwości materiału .....

Obciążenia i umocowania **Błąd! zdefiniowano zakładki.**

Definicje złącza **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Informacje o interakcji.....

Informacje siatki .....

Szczegóły sensora **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Siły wypadkowe.....

Belki..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**


Wyniki badania **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Konkluzja **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw




Nazwa modelu: W01-Złożenie TUN 2SS 30X15+BLOKADA  
Bieżąca konfiguracja: WLASCIWY MODEL POD MES

Obiekty bryłowe

Nazwa i odniesienie dokumentu	Traktowane jako	Właściwości objętościowe	Zmodyfikowano ścieżkę/dokumentu
<p>Dodanie-wyciągnięcie5</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,26676 kg Objętość:3,42e-05 m<sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup> Waga:2,61425 N</p>	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
<p>Zaokrąglenie4</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,271325 kg Objętość:3,47852e-05 m<sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup> Waga:2,65898 N</p>	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
<p>Sfazowanie1</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,549981 kg Objętość:7,05104e-05 m<sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup> Waga:5,38982 N</p>	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
<p>FASOLA -2</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:3,55927 kg Objętość:0,000456316 m<sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup> Waga:34,8808 N</p>	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
<p>Otwór gwintowany M51[1]</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:4,78448 kg Objętość:0,000613395 m<sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup> Waga:46,8879 N</p>	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
<p>Szyk liniowy1</p> 	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,549981 kg Objętość:7,05104e-05 m<sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup> Waga:5,38982 N</p>	E:\dO POLICZENIA mes\Belka A.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
<p>Wytnij-wyciągnięcie1</p>	Obiekt bryłowy	<p>Masa:0,0765476 kg Objętość:9,81379e-06 m<sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m<sup>3</sup> Waga:0,750166 N</p>	E:\dO POLICZENIA mes\Część2.sldprt Oct 24 10:43:56 2023

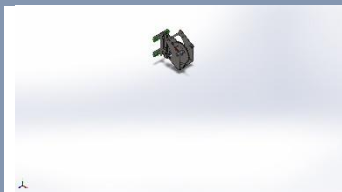
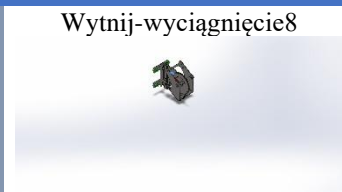
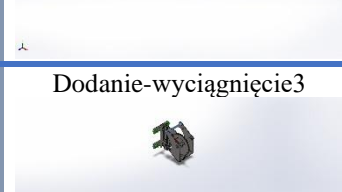
			
Wytnij-wyciągnięcie2[2] 	Obiekt bryłowy	Masa:1,83905 kg Objętość:0,000235776 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:18,0227 N	E:\dO POLICZENIA mes\Sprężyny blokady.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie2[1] 	Obiekt bryłowy	Masa:1,83905 kg Objętość:0,000235776 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:18,0227 N	E:\dO POLICZENIA mes\Sprężyny blokady.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023
Sfazowanie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,0581151 kg Objętość:7,45065e-06 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:0,569528 N	E:\dO POLICZENIA mes\Sworzeń zapadki.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023
Sfazowanie3 	Obiekt bryłowy	Masa:0,237515 kg Objętość:3,04506e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,32764 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-30x15- Sworzeń uchwytu-A.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Sfazowanie3 	Obiekt bryłowy	Masa:0,237515 kg Objętość:3,04506e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,32764 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-30x15- Sworzeń uchwytu-A.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Sfazowanie2 	Obiekt bryłowy	Masa:0,0819502 kg Objętość:1,05064e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:0,803112 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-30x15- Sworzeń zabezpieczenia.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023
Sfazowanie1	Obiekt bryłowy	Masa:0,255937 kg Objętość:3,28125e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,50819 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPRT



			Oct 24 10:43:56 2023
Ceowniki CH 80 X 8(2)[1] 	Obiekt bryłowy	Masa:3,92584 kg Objętość:0,000503312 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:38,4732 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023
Szyk liniowy2[2] 	Obiekt bryłowy	Masa:0,255937 kg Objętość:3,28125e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,50819 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023
Lustro2 	Obiekt bryłowy	Masa:0,255937 kg Objętość:3,28125e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,50819 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie2 	Obiekt bryłowy	Masa:2,80516 kg Objętość:0,000359636 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:27,4906 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023
Szyk liniowy2[1] 	Obiekt bryłowy	Masa:0,255937 kg Objętość:3,28125e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:2,50819 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023
Szyk liniowy1[2] 	Obiekt bryłowy	Masa:2,80516 kg Objętość:0,000359636 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:27,4906 N	E:\dO POLICZENIA mes\TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023
Sfazowanie1	Obiekt bryłowy	Masa:0,151263 kg Objętość:1,93927e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,48237 N	E:\dO POLICZENIA mes\Tuleja dystansowa.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023

			
Sfazowanie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,151263 kg Objętość:1,93927e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,48237 N	E:\dO POLICZENIA mes\Tuleja dystansowa.SLDprt Oct 24 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie8 	Obiekt bryłowy	Masa:1,33566 kg Objętość:0,000171238 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:13,0894 N	E:\dO POLICZENIA mes\Uchwyt sprężyny blokującej A.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
Zaokrąglenie4 	Obiekt bryłowy	Masa:0,412046 kg Objętość:5,28264e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:4,03805 N	E:\dO POLICZENIA mes\Uchwyt sprężyny blokującej A.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
Lustro1 	Obiekt bryłowy	Masa:1,33566 kg Objętość:0,000171238 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:13,0894 N	E:\dO POLICZENIA mes\Uchwyt sprężyny blokującej A.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie2 	Obiekt bryłowy	Masa:2,7663 kg Objętość:0,000354653 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:27,1097 N	E:\dO POLICZENIA mes\Uchwyt sprężyny blokującej B.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie2 	Obiekt bryłowy	Masa:1,32324 kg Objętość:0,000169646 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:12,9677 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 OŚ centralna.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
Sfazowanie1	Obiekt bryłowy	Masa:2,99063 kg Objętość:0,000383414 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:29,3081 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 OŚ centralna.sldprt Oct 24 10:43:56 2023

			
Wytnij-wyciągnięcie8 	Obiekt bryłowy	Masa:3,79469 kg Objętość:0,000486499 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:37,188 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Rama korpusu+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie16 	Obiekt bryłowy	Masa:26,9653 kg Objętość:0,00345709 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:264,26 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Rama korpusu+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie14 	Obiekt bryłowy	Masa:0,980531 kg Objętość:0,000125709 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:9,6092 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Rama korpusu+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie12 	Obiekt bryłowy	Masa:0,113416 kg Objętość:1,45405e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,11148 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Rama korpusu+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie15 	Obiekt bryłowy	Masa:0,980531 kg Objętość:0,000125709 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:9,6092 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Rama korpusu+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Szyk liniowy2 	Obiekt bryłowy	Masa:0,113416 kg Objętość:1,45405e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,11148 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Rama korpusu+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie13	Obiekt bryłowy	Masa:0,555236 kg Objętość:7,11841e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:5,44131 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Rama korpusu+BLOKADA.sldp

			Oct 24 10:43:56 2023
Sfazowanie7 	Obiekt bryłowy	Masa:1,75431 kg Objętość:0,000224911 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:17,1922 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Zabierak krzywki+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie5 	Obiekt bryłowy	Masa:11,178 kg Objętość:0,00143308 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:109,545 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Zabierak krzywki+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Otwór Ø6.0 (6)1[2] 	Obiekt bryłowy	Masa:0,340511 kg Objętość:4,36553e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:3,33701 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Zabierak krzywki+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Zaokrąglenie7 	Obiekt bryłowy	Masa:0,165812 kg Objętość:2,1258e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,62496 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Zabierak krzywki+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie7 	Obiekt bryłowy	Masa:0,0301219 kg Objętość:3,86178e-06 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:0,295195 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Zabierak krzywki+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Szyk kołowy1[2] 	Obiekt bryłowy	Masa:0,116513 kg Objętość:1,49375e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,14182 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Zabierak krzywki+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Szyk kołowy1[1]	Obiekt bryłowy	Masa:0,116513 kg Objętość:1,49375e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,14182 N	E:\dO POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Zabierak krzywki+BLOKADA.sldp

			Oct 24 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie5 	Obiekt bryłowy	Masa:0,116513 kg Objętość:1,49375e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,14182 N	E:\do POLICZENIA mes\W01-TUN-2SS-30x1 Zabierak krzywki+BLOKADA.sldp Oct 24 10:43:56 2023
Wytnij-wyciągnięcie8 	Obiekt bryłowy	Masa:0,369603 kg Objętość:4,7385e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:3,62211 N	E:\do POLICZENIA mes\Zapadka.sldprt Oct 24 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie2 	Obiekt bryłowy	Masa:2,79428 kg Objętość:0,000358241 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:27,3839 N	E:\do POLICZENIA mes\ala_krzywka.SLDP Oct 24 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,166783 kg Objętość:2,13825e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,63448 N	E:\do POLICZENIA mes\sworzen_fi_16_5.SLD T Oct 24 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,166783 kg Objętość:2,13825e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,63448 N	E:\do POLICZENIA mes\sworzen_fi_16_5.SLD T Oct 24 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie3 	Obiekt bryłowy	Masa:2,78427 kg Objętość:0,000356958 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:27,2859 N	E:\do POLICZENIA mes\wal_gorny_do_.SLDP Oct 24 10:43:56 2023
Dodanie-wyciągnięcie1	Obiekt bryłowy	Masa:3,25001 kg Objętość:0,000416667 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:31,8501 N	E:\do POLICZENIA mes\zebatka zabieraka 2.SLDPRT Oct 24 10:43:56 2023

			
Dodanie-wyciągnięcie 1 	Obiekt bryłowy	Masa:0,189166 kg Objętość:2,4252e-05 m <sup>3</sup> Gęstość:7 800 kg/m <sup>3</sup> Waga:1,85382 N	E:\dO POLICZENIA mes\Żebro-A.sldprt Oct 24 10:43:56 2023


### Właściwości badania

<b>Nazwa badania</b>	Nieliniowe 1
<b>Typ analizy</b>	Nieliniowe - Analiza statyczna
<b>Typ siatki</b>	Siatka bryłowa
<b>Czas rozpoczęcia</b>	0 Sekundy
<b>Czas zakończenia</b>	2 Sekundy
<b>Przyrost czasu</b>	0,2 Sekundy
<b>Oblicz siły swobodnego obiektu</b>	Wyłączone
<b>Wyrażenie dużego przemieszczenia:</b>	Wyłączone
<b>Aktualizuj kierunek obciążenia z ugięciem:</b>	Wyłączone
<b>Wyrażenie dużego odkształcenia:</b>	Wyłączone
<b>Zapisz dane dla ponownego uruchomienia analizy</b>	Wyłączone
<b>Efekt termiczny:</b>	Włączone
<b>Opcja termiczna</b>	Uwzględnij obciążenia temperaturowe
<b>Temperatura zerowego odkształcenia</b>	298 Kelvin
<b>Typ solvera</b>	Large Problem Direct Sparse
<b>Niekompatybilne opcje wiązania</b>	Uproszczona
<b>Technika kontroli:</b>	Siła
<b>Technika iteracyjna:</b>	NR (metoda Newtona-Raphsona)
<b>Metoda całkowania</b>	Newmark
<b>Folder wyników</b>	Dokument SOLIDWORKS (E:\dO POLICZENIA mes)

## Jednostki

<b>Układ jednostek miar:</b>	SI (MKS)
<b>Długość/przemieszczenie</b>	mm
<b>Temperatura</b>	Kelvin
<b>Prędkość kątowna</b>	Radian/sek
<b>Ciśnienie/naprężenie</b>	N/m <sup>2</sup>

## Właściwości materiału

Odniesienie modelu	Właściwości	Komponenty
	<p>Nazwa: <b>1.0037 (S235JR)</b>            Typ modelu: <b>Liniowy elastyczny izotropowy</b>            Domyślne kryterium zniszczenia: <b>Max naprężenie zredukowane wg Misesa</b>            Granica plastyczności: <b>2,35e+08 N/m<sup>2</sup></b>            Wytrzymałość na rozciąganie: <b>3,6e+08 N/m<sup>2</sup></b>            Współczynnik sprężystości wzdłużnej: <b>2,1e+11 N/m<sup>2</sup></b>            Współczynnik Poissona: <b>0,28</b>            Masa właściwa: <b>7 800 kg/m<sup>3</sup></b>            Współczynnik sprężystości poprzecznej: <b>7,9e+10 N/m<sup>2</sup></b>            Współczynnik rozszerzalności cieplnej: <b>1,1e-05 /Kelvin</b></p>	<p><b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie5)(Belka A-1),            ObiektBryłowy 2(Zaokrąglenie4)(Belka A-1),            ObiektBryłowy 3(Sfazowanie1)(Belka A-1),            ObiektBryłowy 4(FASOLA2)(Belka A-1),            ObiektBryłowy 5(Otwór gwintowany M51[1])(Belka A-1),            ObiektBryłowy 6(Szyk liniowy1)(Belka A-1),            ObiektBryłowy 1(Wytnij-wyciągnięcie1)(Część2-1),            ObiektBryłowy 1(Wytnij-wyciągnięcie2[2])(Sprężyna blokady-1),            ObiektBryłowy 2(Wytnij-wyciągnięcie2[1])(Sprężyna blokady-1),            ObiektBryłowy 1(Sfazowanie1)(Sworzeń zapadki-1),            ObiektBryłowy 1(Sfazowanie3)(TUN-2SS-30x15-Sworzeń uchwyty-A),            ObiektBryłowy 1(Sfazowanie3)(TUN-2SS-30x15-Sworzeń uchwyty-A),            ObiektBryłowy 1(Sfazowanie2)(TUN-2SS-30x15-Sworzeń zabezpieczenia-1),            ObiektBryłowy 1(Sfazowanie1)(TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),            ObiektBryłowy 2(Ceownik CH 80 X 8(2)[1])(TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),            ObiektBryłowy 3(Szyk liniowy2[2])(TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),            ObiektBryłowy 4(Lustro2)(TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),</b></p>

		<p> <b>ObiektBryłowy 5(Wytnij-wyciągnięcie2)(TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),  ObiektBryłowy 6(Szyk liniowy2[1])(TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),  ObiektBryłowy 7(Szyk liniowy1[2])(TUN-2SS-40x20 Mocowanie słup prostokątny-1),  ObiektBryłowy 1(Sfazowanie1)(Tuleja dystansowa-1),  ObiektBryłowy 1(Sfazowanie1)(Tuleja dystansowa-2),  ObiektBryłowy 1(Wytnij-wyciągnięcie8)(Uchwyt sprężyny blokującej A-1),  ObiektBryłowy 2(Zaokrąglenie4)(Uchwyt sprężyny blokującej A-1),  ObiektBryłowy 3(Lustro1)(Uchwyt sprężyny blokującej A-1),  ObiektBryłowy 1(Wytnij-wyciągnięcie2)(Uchwyt sprężyny blokującej B-1),  ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie2)(W01-TUN-30x15-OŚ centralna-1),  ObiektBryłowy 2(Sfazowanie1)(W01-TUN-2SS-30x15-OŚ centralna-1),  ObiektBryłowy 1(Wytnij-wyciągnięcie8)(W01-TUN-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),  ObiektBryłowy 2(Wytnij-wyciągnięcie16)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),  ObiektBryłowy 3(Wytnij-wyciągnięcie14)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),  ObiektBryłowy 4(Dodanie-wyciągnięcie12)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),  ObiektBryłowy 5(Wytnij-wyciągnięcie15)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1)</b> </p>
--	--	--

		<p>2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),  <b>ObiektBryłowy 6(Szyk liniowy2)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 7(Wytnij-wyciągnięcie13)(W01-TUN-2SS-30x15-Rama korpusu+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Sfazowanie7)(W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 2(Wytnij-wyciągnięcie5)(W01-TUN-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 3(Otwór Ø(6)1[2])(W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 4(Zaokrąglenie7)(W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 5(Dodanie-wyciągnięcie7)(W01-TUN-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 6(Szyk kołowy1[2])(W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 7(Szyk kołowy1[1])(W01-TUN-2SS-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 8(Dodanie-wyciągnięcie5)(W01-TUN-30x15-Zabierak krzywki+BLOKADA-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Wytnij-wyciągnięcie8)(Zapadka-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie2)(ala_krzywk_1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie1)(sworzen_fi_5-1),</b>  <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie1)(sworzen_fi_5-2),</b></p>
--	--	---

		<b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie3)(wal_gorny-1),</b> <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie1)(zebatka zabieraka 2-1),</b> <b>ObiektBryłowy 1(Dodanie-wyciągnięcie1)(Żebro-A-1)</b>
Dane krzywych:N/A		

### Informacje o interakcji

Interakcja	Obraz interakcji	Właściwości interakcji
Interakcja globalna		<b>Typ: Wiązane</b> <b>Komponenty: 1</b> <b>komponent(y)</b> <b>Opcje: Niezależna</b> <b>siatka</b>

### Informacje siatki

<b>Typ siatki</b>	Siatka bryłowa
<b>Użyty generator siatki:</b>	Siatka oparta na krzywiznie
<b>Punkty jakobianu siatki wysokiej jakości</b>	16 Punkty
<b>Maksymalny rozmiar elementu</b>	46,472 mm
<b>Minimalny rozmiar elementu</b>	9,29439 mm
<b>Jakość siatki</b>	Wysoka
<b>Utwórz ponownie niezależną siatkę dla nieudanych części</b>	Wyłączone

### Informacje siatki - Szczegóły

<b>Całkowita liczba węzłów</b>	145330
<b>Całkowita liczba elementów</b>	73929
<b>Maksymalny współczynnik proporcji</b>	94,97
<b>% elementów o współczynniku kształtu &lt; 3</b>	72,1
<b>Procent elementów o współczynniku kształtu &gt; 10</b>	1,51
<b>Procent zniekształconych elementów</b>	0
<b>Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss):</b>	00:00:11
<b>Nazwa komputera:</b>	

## Sily wypadkowe

## Sily reakcji

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z
Cały model	N	282,742	1 049,91	-2,59524e-05

## Momenty reakcji

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z	Wypadkowa
Cały model	N.m	0	0	0	0

## Sily swobodnego obiektu

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z
Cały model	N	0	0	0

## Momenty swobodnego obiektu

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z
Cały model	N.m	0	0	0

4. P5 - Opracowanie nowej konstrukcji samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji wyposażonego w sensory badające parametry sieci trakcyjnej.

### 4.1 Opracowanie projektu samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji wyposażonego w sensory.

Bazując na obliczeniach i badaniach wykonanych w poprzedniej części projektu, przygotowano pierwszą wersję podzespołów projektowanego trakcyjnego urządzenia naprężającego. Do zaprojektowania zaprezentowanych poniżej części oraz całego urządzenia posłużono się używanym od dawna przez konstruktorów i technologów firmy MABO oprogramowaniem Solidworks.

Głównymi założeniami przy projektowaniu urządzenia były:  
Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

- Stałościowość urządzenia w granicach  $\pm 5\%$  od wartości 10 kN
- Praca urządzenia w warunkach otoczenia  $-25^{\circ}\text{C}$ , a maksymalna temperatura otoczenia  $40^{\circ}\text{C}$ .
- Minimalizacja masy urządzenia
- Konstrukcja urządzenia zapewniając 30 lat trwałości
- Urządzenie powinno być bezobsługowe – nie wymagające sezonowej regulacji
- Do połączeń śrubowych należy stosować śruby i nakrętki według norm. Klasa właściwości mechanicznych śrub stalowych M16 nie powinna być niższa niż 5,6, a nakrętek stalowych M16 nie niższa niż 5. Śruby z gwintem poniżej M12 powinny być wykonana z miedzi lub stali nierdzewnej.
- Konstrukcja sprężyn na zasadzie jednej sprężyny włożonej wewnątrz drugiej sprężyny. Obie sprężyny połączone szeregowo.

Powyższe założenia to tylko kilka najważniejszych do spełnienia. Całość założeń i wymagań projektowych opisana została w rozdziale pierwszym niniejszego opracowania

Poniżej umieszczone zostały modele zaprojektowanych podzespołów projektowanego stało-siłowego urządzenia naprężającego. Listę wszystkich elementów pokazuje tabela.

Opracowanie nowej konstrukcji samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej, wyposażonego w sensory badające parametry sieci trakcyjnej, wymaga holistycznego podejścia, które uwzględni zarówno techniczne, jak i operacyjne aspekty. Opracowanie nowej konstrukcji samohamownego urządzenia stało-siłowego, które będzie wyposażone w inteligentne sensory badające parametry sieci trakcyjnej, może przyczynić się do poprawy efektywności, niezawodności i bezpieczeństwa systemu

trakcyjnego, a także umożliwić bardziej precyzyjną kontrolę i monitorowanie sieci w czasie rzeczywistym. Samohamowne urządzenia stało-siłowe do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji będzie wyposażone w sensory badające parametry sieci trakcyjnej.

Na przedstawionych rysunkach poniżej została pokazana dla porównania wersja bez sensora i z sensorem.

#### **4.2 Analiza oddziaływań środowiskowych uwzględniających roczną zmienność warunków eksploatacji na nową konstrukcję samohamownego urządzenia stało-siłowego wyposażonego w sensory.**

W tym rozdziale przeprowadzono szczegółową analizę oddziaływań środowiskowych, mających wpływ na nową konstrukcję samohamownego urządzenia stało-siłowego, przy uwzględnieniu rocznej zmienności warunków eksploatacji oraz zastosowanych sensorów. Poniżej przedstawiono kluczowe elementy analizy:

Tabela 19. Analiza oddziaływań środowiskowych, źródło: własne

<b>Nazwa</b>	<b>Opis</b>
--------------	-------------

<p><b>Charakterystyka warunków eksploatacji</b></p>	<p>Dokonano kompleksowej charakterystyki warunków eksploatacji, uwzględniającej czynniki takie jak temperatura, wilgotność, ciśnienie atmosferyczne oraz inne czynniki środowiskowe, które mogą mieć wpływ na funkcjonowanie urządzenia.</p>
<p><b>Temperatura:</b> Warunki temperaturowe są istotnym czynnikiem wpływającym na działanie urządzenia. Konstrukcja musi być zaprojektowana tak, aby działała w szerokim zakresie temperatur, uwzględniając zarówno ekstremalne mrozy, jak i wysokie temperatury.</p> <p><b>Wilgotność:</b> Poziom wilgotności atmosferycznej może mieć wpływ na trwałość materiałów oraz działanie elektronicznych komponentów urządzenia. Wysoka wilgotność może prowadzić do korozji, dlatego konstrukcja powinna być zabezpieczona przed nadmiernym dostępem wilgoci.</p> <p><b>Ciśnienie atmosferyczne:</b> Warunki ciśnienia atmosferycznego, zwłaszcza w przypadku urządzeń używanych w przestrzeni kosmicznej lub głębokim morzu, mogą wymagać specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych, aby zapewnić prawidłowe działanie.</p> <p><b>Promieniowanie słoneczne:</b> Ekspozycja na intensywne promieniowanie słoneczne może prowadzić do przegrzewania się urządzenia. Konstrukcja powinna uwzględniać odpowiednie systemy chłodzenia lub zabezpieczenia termiczne.</p>	

**Wibracje i wstrząsy:** W przypadku urządzeń pracujących w środowiskach wibracyjnych lub poddanych wstrząsom, konstrukcja musi być zaprojektowana tak, aby wytrzymywać te obciążenia bez utraty wydajności lub uszkodzeń.

**Pyły i zanieczyszczenia:** Praca w środowiskach z dużą ilością pyłów, zanieczyszczeń lub innych substancji może wymagać specjalnych filtrów lub uszczelnień, aby zapobiec przedostawaniu się do wnętrza urządzenia.

**Warunki oświetleniowe:** Warunki oświetleniowe mogą mieć znaczenie w przypadku urządzeń wyposażonych w czujniki wizyjne lub innych rodzajów detekcji opartych na świetle.

**Warunki atmosferyczne:** Nieprzewidywalne warunki atmosferyczne, takie jak burze, opady deszczu lub śniegu, mogą wymagać dodatkowych zabezpieczeń, aby zapewnić prawidłowe działanie urządzenia.

Zebrano oddziaływania środowiskowe uwzględniając roczną zmienność warunków eksploatacji na nową konstrukcję samohamownego urządzenia stało-siłowego wyposażonego w sensory w przedstawiono w poniższej tabeli

Tabela 20. Analiza oddziaływań środowiskowych uwzględniających roczną zmienność warunków eksploatacji na nową konstrukcję samohamownego urządzenia stało-siłowego wyposażonego w sensory., źródło: własne

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

<p><b>Styczeń - Marzec (Zima):</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura: Średnio -10°C do 5°C, skrajne wartości od -25°C do 10°C.</li> <li>• Wilgotność: Średnio 70-80%.</li> <li>• Opady: Częste opady śniegu, sumaryczna ilość opadów śniegu wynosi około 50-100 cm.</li> <li>• Ciśnienie atmosferyczne: Średnio 980-1020 hPa.</li> <li>• Wiatr: Silne wiatry z północy lub zachodu, prędkość wiatru do 40 km/h.</li> </ul>
<p><b>Kwiecień - Czerwiec (Wiosna):</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura: Średnio 5°C do 20°C, skrajne wartości od -5°C do 25°C.</li> <li>• Wilgotność: Średnio 60-70%.</li> <li>• Opady: Częste opady deszczu, sumaryczna ilość opadów deszczu wynosi około 100-200 mm.</li> <li>• Ciśnienie atmosferyczne: Średnio 990-1010 hPa.</li> <li>• Wiatr: Zmienne kierunki wiatru, prędkość wiatru do 30 km/h.</li> </ul>

<p style="text-align: center;"><b>Lipiec - Wrzesień (Lato):</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura: Średnio 20°C do 30°C, skrajne wartości od 15°C do 35°C.</li> <li>• Wilgotność: Średnio 50-60%.</li> <li>• Opady: Okresy deszczowe i burzowe, sumaryczna ilość opadów wynosi około 100-300 mm.</li> <li>• Ciśnienie atmosferyczne: Średnio 980-1005 hPa.</li> <li>• Wiatr: Spokojne warunki, z prędkością wiatru do 20 km/h.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Październik - Grudzień (Jesień):</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura: Średnio 5°C do 15°C, skrajne wartości od -5°C do 20°C.</li> <li>• Wilgotność: Średnio 70-80%.</li> <li>• Opady: Częste opady deszczu i śniegu, sumaryczna ilość opadów wynosi około 100-200 mm.</li> <li>• Ciśnienie atmosferyczne: Średnio 980-1010 hPa.</li> <li>• Wiatr: Zmienna prędkość i kierunek wiatru, prędkość do 30 km/h.</li> </ul>

Wartości te są przykładowe i mogą różnić się w zależności od regionu geograficznego i warunków lokalnych. Przy projektowaniu samohamownego urządzenia stało-siłowego należy uwzględnić te zmiany sezonowe i dostosować konstrukcję oraz zabezpieczenia do zmieniających się warunków atmosferycznych, aby zapewnić niezawodność i trwałość urządzenia przez cały rok.

#### **4.3 Opracowanie procedur eksploatacji nowej konstrukcji samohamownego urządzenia stało-siłowego wyposażonego w sensory.**

Opracowanie procedur eksploatacji nowej konstrukcji samohamownego urządzenia stało-siłowego wyposażonego w sensory jest kluczowym krokiem w zapewnieniu efektywnego i bezpiecznego użytkowania urządzenia. Poniżej przedstawiam przykładowe procedury eksploatacyjne:

##### **1. Włączanie i wyłączanie urządzenia:**

- Opis procedury włączania i wyłączania urządzenia, uwzględniający odpowiednie kolejności i kroki bezpieczeństwa.
- Instrukcje dotyczące sprawdzania, czy wszystkie systemy i sensory są aktywne przed rozpoczęciem pracy, oraz jak prawidłowo wyłączyć urządzenie po zakończeniu pracy.

## 2. **Kontrola parametrów środowiskowych:**

- Instrukcje dotyczące monitorowania parametrów środowiskowych, takich jak temperatura, wilgotność, ciśnienie atmosferyczne itp., przy użyciu wbudowanych sensorów.
- Wyjaśnienie procedur reagowania na nietypowe lub niebezpieczne wartości parametrów środowiskowych.

## 3. **Obsługa sensorów:**

- Instrukcje dotyczące kalibracji sensorów oraz ich regularnej konserwacji i czyszczenia.
- Wytyczne dotyczące rejestrowania odczytów z sensorów i raportowania ewentualnych awarii lub problemów.

## 4. **Procedury awaryjne:**

- Instrukcje dotyczące postępowania w przypadku awarii urządzenia lub wystąpienia nietypowych sytuacji, takich jak utrata zasilania, uszkodzenie konstrukcji itp.
- Sposoby zgłaszania i rozwiązywania problemów awaryjnych oraz ewentualne procedury ratunkowe.

## 5. **Zabezpieczenia bezpieczeństwa:**

- Instrukcje dotyczące stosowania zabezpieczeń bezpieczeństwa, takich jak pasy bezpieczeństwa, blokady awaryjne itp.

- Szkolenie personelu w zakresie właściwego korzystania z zabezpieczeń bezpieczeństwa i reagowania na sytuacje awaryjne.

#### **6. Raportowanie i dokumentacja:**

- Wytyczne dotyczące prowadzenia dokumentacji dotyczącej eksploatacji urządzenia, w tym rejestrowania danych z sensorów, awarii, przeglądów konserwacyjnych itp.
- Sposoby raportowania wszelkich problemów, usterek lub incydentów związanych z eksploatacją urządzenia.

#### **7. Szkolenia personelu:**

- Plan szkoleń dla personelu odpowiedzialnego za eksploatację urządzenia, obejmujący zarówno obsługę techniczną, jak i procedury bezpieczeństwa.
- Okresowe szkolenia uaktualniające w celu zapewnienia, że personel jest świadomy najnowszych procedur i przepisów dotyczących eksploatacji urządzenia.

#### **8. Audyt i ocena procedur:**

- Regularne audyty i oceny procedur eksploatacyjnych w celu zapewnienia ich skuteczności, zgodności z obowiązującymi przepisami oraz możliwości ich ulepszenia.

Przedstawione procedury mają na celu zapewnienie bezpiecznego i efektywnego użytkowania nowej konstrukcji samohamownego urządzenia stało-siłowego oraz minimalizowanie ryzyka awarii i wypadków. Wdrożenie tych procedur wymaga współpracy zespołu eksploatacyjnego, odpowiedniego szkolenia personelu oraz systematycznej kontroli i aktualizacji procedur w miarę potrzeb.

Punkty od 1-5 zostały zawarte w dokumentacji Techniczno- Ruchowej, która znajduje się w załączniku 1.

**4.4 Budowa modelu obliczeniowego oraz analizy MES urządzenia samohamownego stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej w trakcie eksploatacji.**

**Symulacja W01-  
Złożenie TUN 2SS  
30X15+BLOKADA**

**Data:** wtorek, 23 Października 2023

**Projektant:** Grzegorz Gola

**Nazwa badania:** Analiza statyczna 2

**Typ analizy:** Analiza statyczna

## Spis treści

Opis..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Założenia**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Informacje o modelu**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Właściwości badania ..... 138

Jednostki ..... 138

Właściwości materiału..... 139

Obciążenia i umocowania**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Definicje złącza**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Informacje o interakcji**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Informacje siatki ..... 142

Szczegóły sensora**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Siły wypadkowe ..... 143

Belki..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Wyniki badania**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Konkluzja**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

### Właściwości badania

<b>Nazwa badania</b>	Analiza statyczna 2
<b>Typ analizy</b>	Analiza statyczna
<b>Typ siatki</b>	Siatka mieszana
<b>Efekt termiczny:</b>	Włączone
<b>Opcja termiczna</b>	Uwzględnij obciążenia temperaturowe
<b>Temperatura zerowego odkształcenia</b>	298 Kelvin
<b>Uwzględnij efekt ciśnienia płynu z SOLIDWORKS Flow Simulation</b>	Wyłączone
<b>Typ solvera</b>	Automatyczny
<b>Efekt rozkładu naprężeń:</b>	Wyłączone
<b>Miękka sprężyna:</b>	Wyłączone
<b>Obciążenie bezwładnościowe:</b>	Wyłączone
<b>Niekompatybilne opcje wiązania</b>	Automatyczny
<b>Duże przemieszczenie</b>	Wyłączone
<b>Oblicz siły swobodnego obiektu</b>	Włączone
<b>Tarcie</b>	Wyłączone
<b>Użyj metody adaptacyjnej:</b>	Wyłączone
<b>Folder wyników</b>	Dokument SOLIDWORKS (E:\dO POLICZENIA mes)

## Jednostki

<b>Układ jednostek miar:</b>	SI (MKS)
<b>Długość/przemieszczenie</b>	mm
<b>Temperatura</b>	Kelvin
<b>Prędkość kątowna</b>	Radian/sek
<b>Ciśnienie/napężenie</b>	N/m <sup>2</sup>

<b>Typ siatki</b>	Siatka mieszana
<b>Użyty generator siatki:</b>	Siatka oparta na krzywiźnie
<b>Punkty jakobianu siatki wysokiej jakości</b>	16 Punkty
<b>Rozmiar jakobianu dla skorupy</b>	Włączone
<b>Maksymalny rozmiar elementu</b>	39,1343 mm
<b>Minimalny rozmiar elementu</b>	1,95671 mm
<b>Jakość siatki</b>	Wysoka
<b>Utwórz ponownie niezależną siatkę dla nieudanych części</b>	Wyłączone

## Informacje siatki

### Informacje siatki - Szczegóły

<b>Całkowita liczba węzłów</b>	750200
<b>Całkowita liczba elementów</b>	455317
<b>Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss):</b>	00:00:23
<b>Nazwa komputera:</b>	

### Sily wypadkowe

#### Sily reakcji

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z	Wypadkowa
Cały model	N	2 827,41	10 499,2	-0,000174999	10 873,3

#### Momenty reakcji

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z	Wypadkowa
Cały model	N.m	0	0	0	1e-33

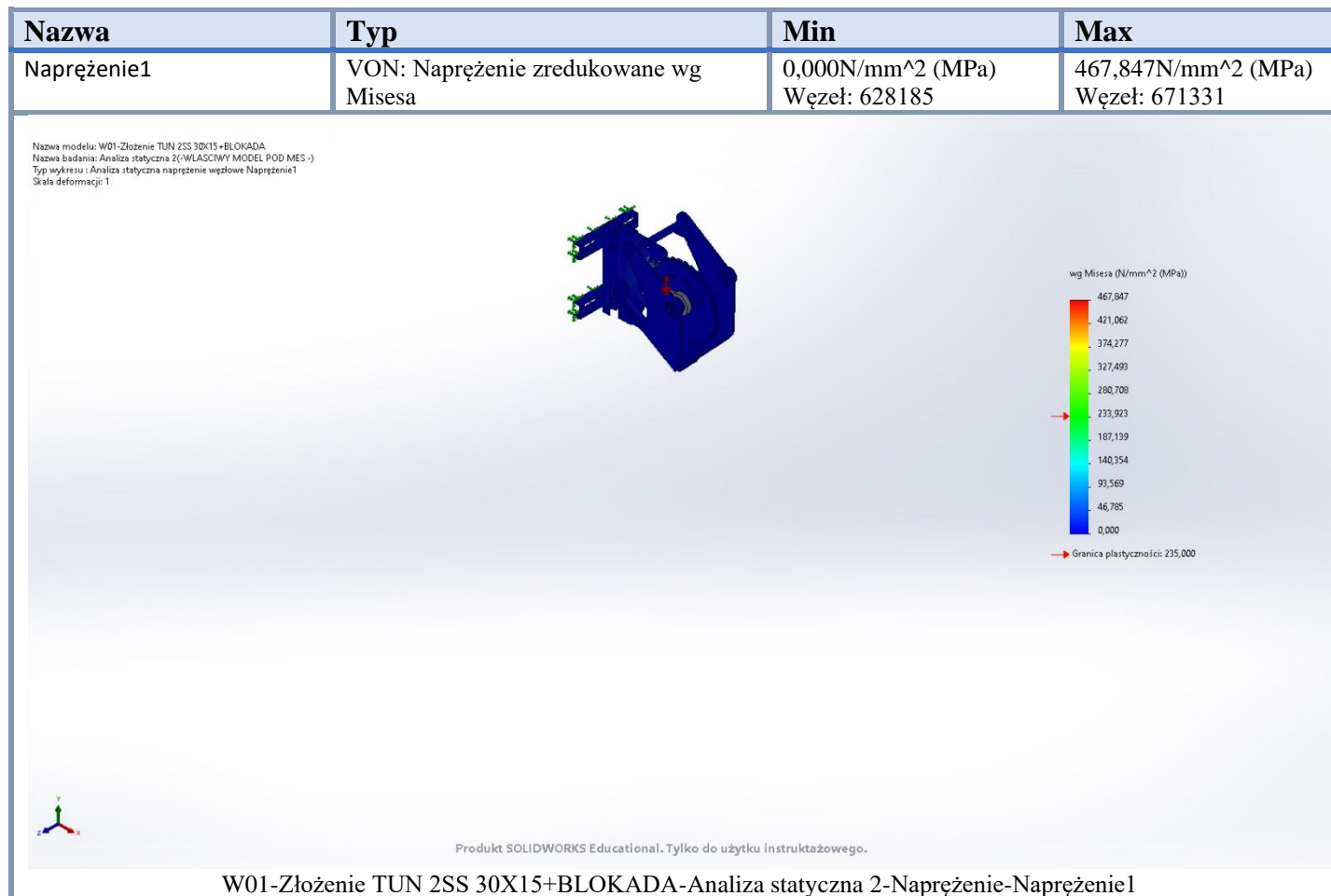
### Sily swobodnego obiektu

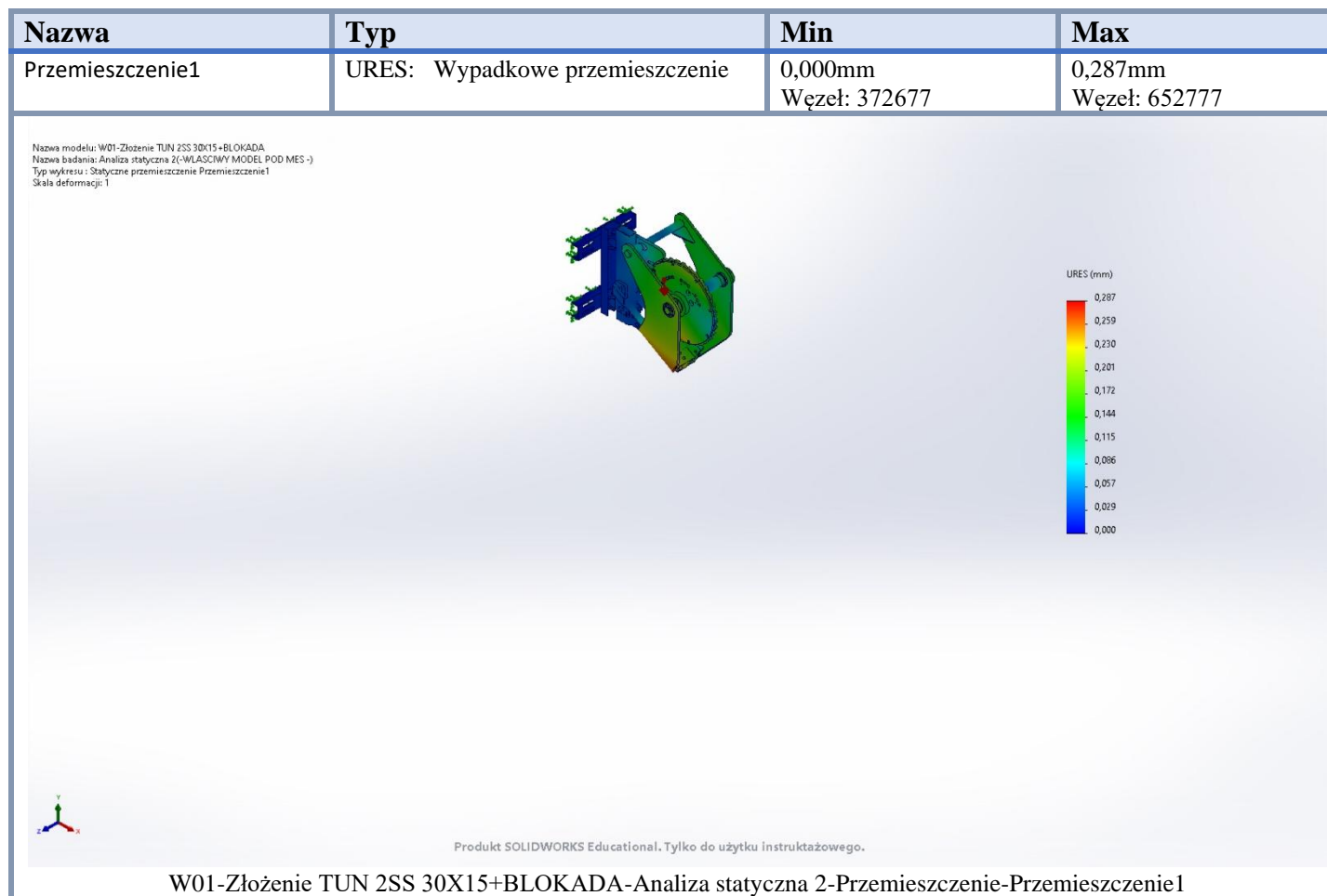
Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z	Wypadkowa
Cały model	N	0,00571193	628,048	0,0029344	628,048

### Momenty swobodnego obiektu

Zestaw wyboru	Jednostki	Suma X	Suma Y	Suma Z	Wypadkowa
Cały model	N.m	-0,182167	0,144529	-0,0382979	0,235669

## Wyniki badania

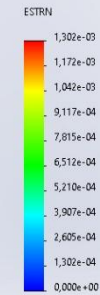
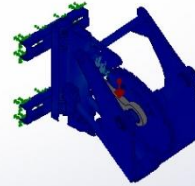




	Typ	Min	Max
Odkształcenie1	ESTRN: Odkształcenie równoważne	0,000e+00 Element: 379319	1,302e-03 Element: 398877

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

Nazwa modelu: W01-Zloženie TUN 2SS 30X15+BLOKADA  
Nazwa badania: Analiza statyczna 2(-WLASNY MODEL POD MES -)  
Typ wykresu: Odkształcenie statyczne Odkształcenie1  
Skala deformacji: 298,135



Produkt SOLIDWORKS Educational. Tylko do użytku instruktażowego.

W01-Zloženie TUN 2SS 30X15+BLOKADA-Analiza statyczna 2-Odkształcenie-Odkształcenie1

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

#### **4.4.1 Przeprowadzenie badań doświadczalnych na stanowisku badawczym parametrów mechanicznych samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej.**

Przeprowadzenie badań doświadczalnych na stanowisku badawczym parametrów mechanicznych samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej wymaga zorganizowanego podejścia i przestrzegania pewnych kroków. Pozytywnie zakończony proces projektowania i analizy poszczególnych podzespołów samohamownego urządzenia stało-siłowego do kompensacji zmian długości sieci trakcyjnej nie pozostawiał nic innego jak przejście do wyprodukowania pierwszego prototypu i poddania go badaniom na stanowisku do badań trakcyjnych urządzeń naprężających

Zanim zostanie zaprezentowany przebieg badania i wyniki warto poświęcić kilka słów o poszczególnych etapach produkcji urządzenia, a zwłaszcza sprężyn będących najważniejszym elementem. Zakupione przez MABO płaskowniki, ze specjalnej stali sprężynowej, w pierwszej kolejności zostają poddane procesowi zwinięcia, w którym formowana jest ostateczna geometria sprężyny (rysunek 116). Następnie zwinięte sprężyny trafiają do obróbki cieplnej. Pierwszym etapem tego procesu jest umieszczenie sprężyn w specjalnych stojakach, które mają za zadanie zapewnić odpowiednią geometrię sprężyn przechodzących przez wszystkie cykle grzania. Stal pod wpływem wysokiej temperatury staje się podatna na odkształcenia. Sprężyny mogłyby się deformować nawet pod własnym ciężarem, stąd konieczność stosowania odpowiednich stojaków. Na proces obróbki cieplnej składa się hartowanie w wysokiej temperaturze, następnie nagrzane sprężyny chłodzi się w specjalnym oleju. Po wystygnięciu i wyczyszczeniu sprężyn z oleju przechodzi się do kolejnego nagrzewania sprężyn, które nazywa się odpuszczaniem

twardości

Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014 – 2020  
Oś Priorytetowa 1 Gospodarka, Innowacje, Nowoczesne Technologie  
Działanie 1.1 Projekty badawczo-rozwojowe przedsiębiorstw

Zwinięte i poddane obróbce cieplnej sprężyny trafiają dalej, gdzie wykonywany jest proces zabezpieczania antykorozyjnego poprzez fluidyzację. W pierwszej kolejności sprężyny oczyszczane są z zendry, która powstała podczas procesu obróbki cieplnej. Następnie sprężyny umieszcza się na specjalnych wieszakach, na których trafiają do dużego pieca w celu nagrzania. Po odpowiednim nagrzeniu się sprężyn, są one wyciągane z pieca i zanurzane w wannie ze specjalnym proszkiem, który osadza się na sprężynie a następnie topi tworząc szczelną powłokę na całej powierzchni sprężyny. Po wyciągnięciu sprężyny z wanny odwiesza się ją na bok, aby powłoka mogła w pełni się uformować a sprężyna ostygnąć. Po ostygnięciu sprężyny, gotowe są do ściągnięcia z wieszaków i przekazania do ostatniego procesu jakim jest montaż urządzenia naprężającego.

Rysunek 120. Wygrzewanie sprężyn przed procesem fluidyzacji

Rysunek 121. Sprężyny po procesie fluidyzacji

Równolegle do produkcji sprężyn wyprodukowane zostały pozostałe przedstawione powyżej podzespoły. Elementy stalowe zostały poddane obróbce skrawaniem oraz wypalone za pośrednictwem wypalarki do blach a następnie pospawane ze sobą.

Pospawane elementy, aby mogły spełniać jedno z założeń, a mianowicie mowa tu o odporności na korozję i warunki atmosferyczne przez 10 lat trzeba odpowiednio zabezpieczyć. W pierwszej kolejności elementy poddawane są procesowi cynkowania ogniowego, gdzie zanurzane są w wannie z roztopionym cynkiem. Następnie podzespoły trafiają do malowania proszkowego gdzie zabezpieczane są warstwą odpowiednio dobranej farby.

Po pomalowaniu podzespołów wszystkie elementy niezabezpieczone antykorozyjnie, czyli gwinty lub powierzchnie, w których umieszczane będą łożyska odbezpiecza się i smaruje specjalnym smarem. Tak przygotowane podzespoły przekazywane są na montownię w celu złożenia całego urządzenia. Poszczególne podzespoły pokazano na kolejnych rysunkach.



Rysunek. 122 Podzespoły projektowanego urządzenia - ujęcie 1



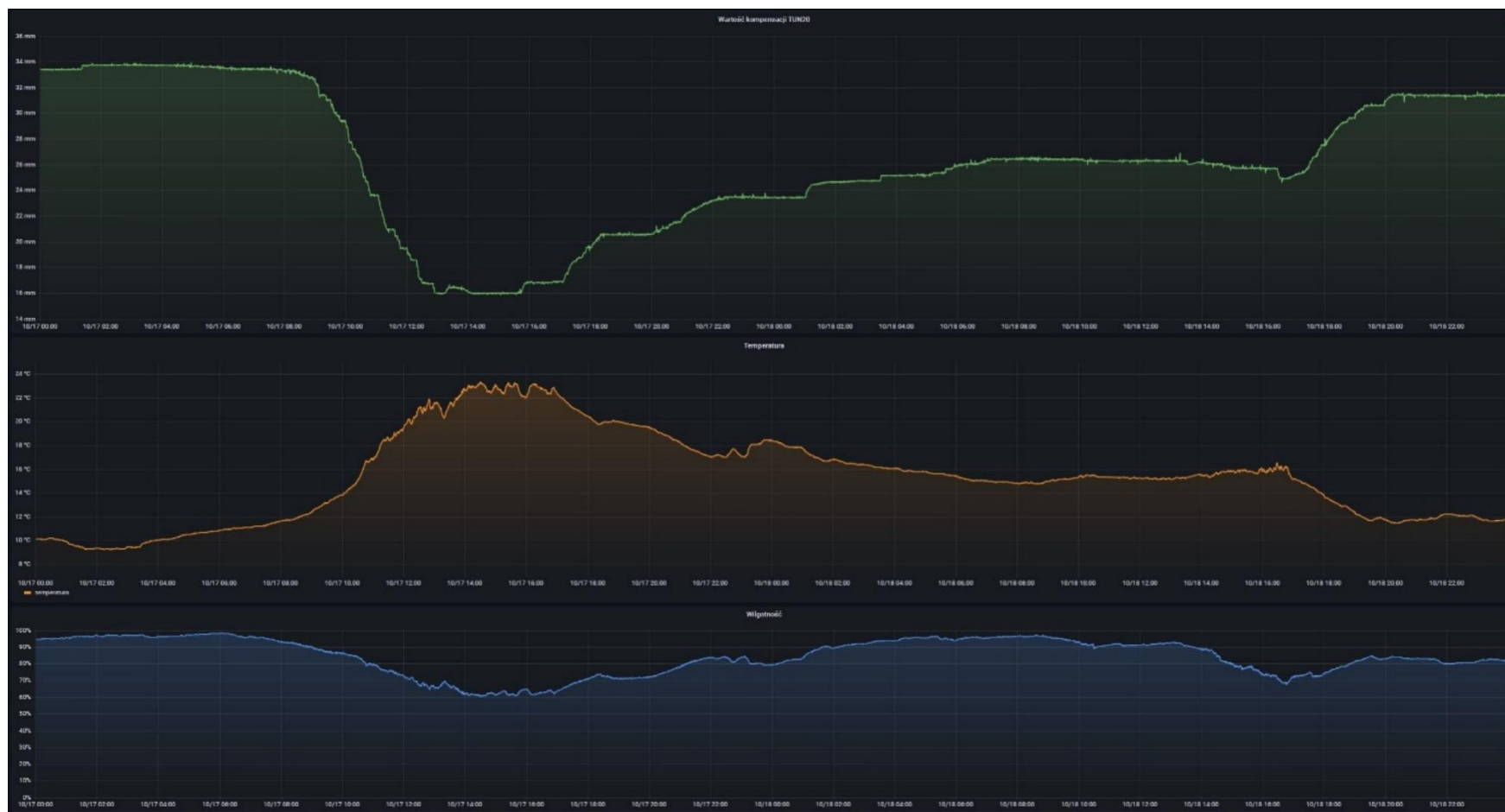
Rysunek 123. Podzespoły projektowanego urządzenia - ujęcie 2

Po dostarczeniu wszystkich podzespołów można przejść do ostatniego etapu produkcji, czyli montażu stało-siłowego urządzenia naprężającego. Do skręcania ze

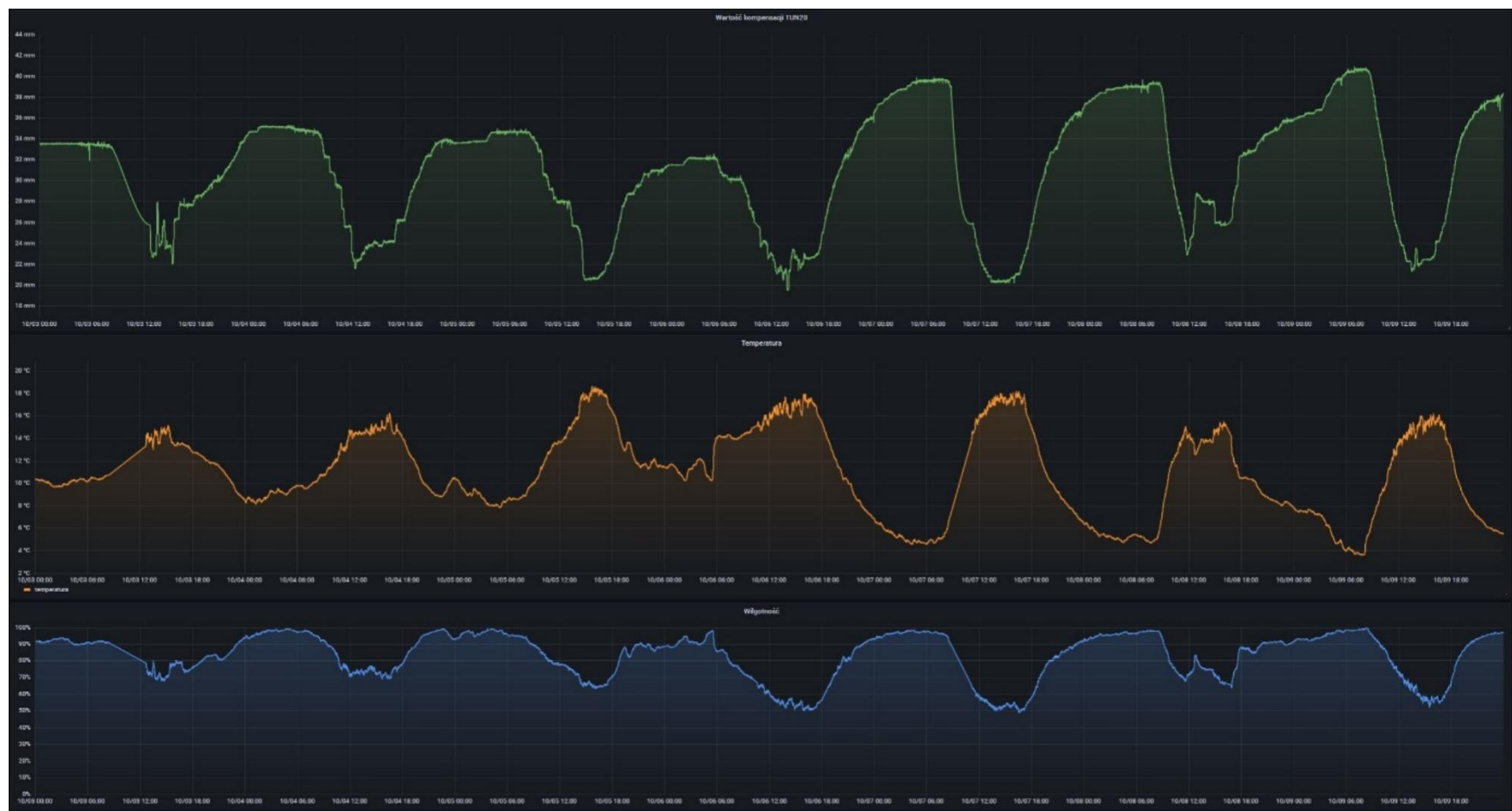
sobą podzespołów wykorzystuje się elementy złączne nierdzewne o dobranej odpowiednio klasie kwasoodporności.

Prawidłowo zmontowane urządzenie przekazane zostało do testów na maszynie do badań trakcyjnych urządzeń naprężających produkcji MABO.

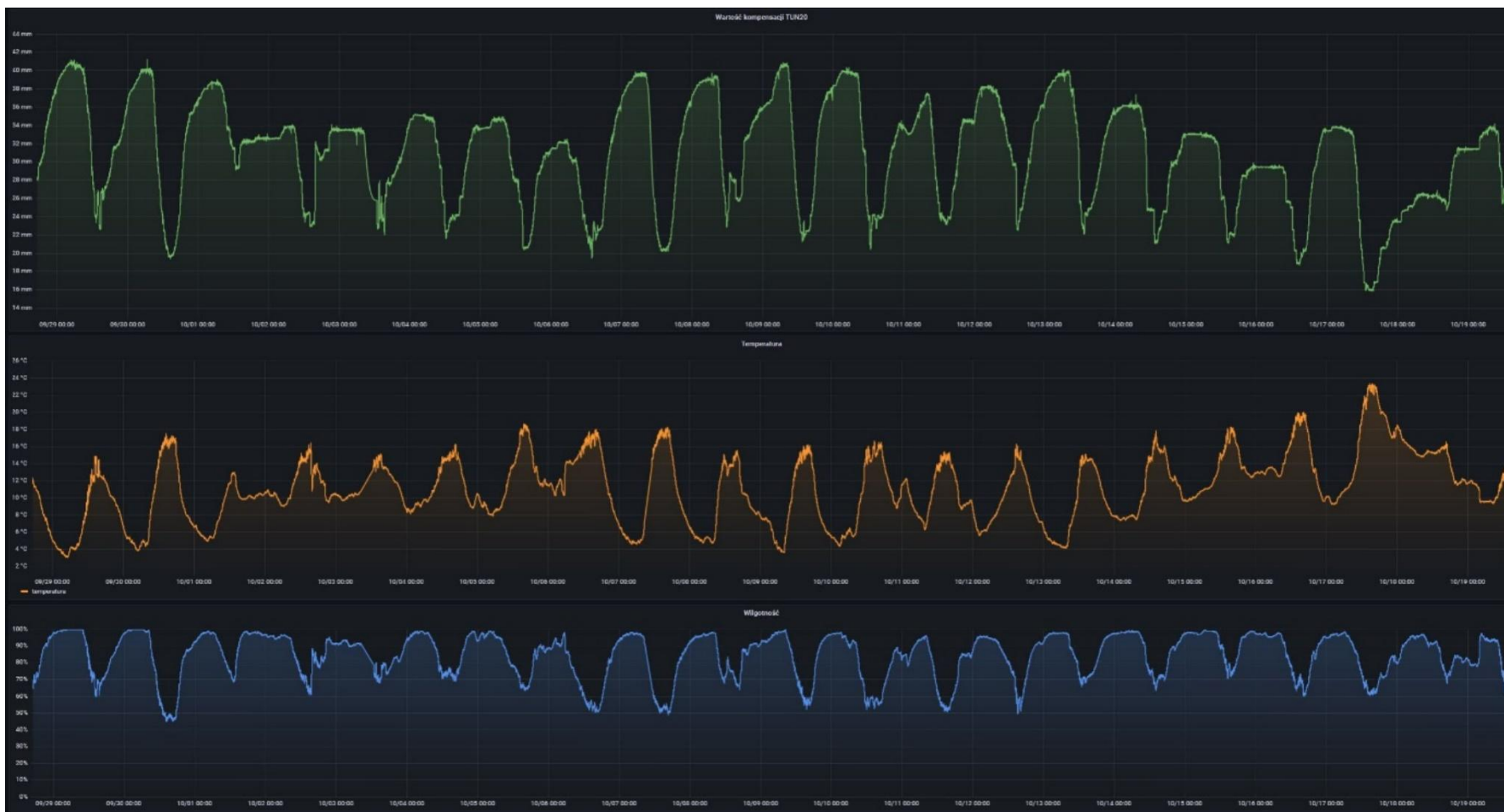
urządzenia - połączenie szeregowo sprężyn



Rys.153 Monitorowanie sieci – czujniki parametry wartość kompensacji, temperatura, wilgotność po 2 dniach, źródło: MABO



Rys.154 Monitorowanie sieci – czujniki parametry wartość kompensacji, temperatura, wilgotność po 7 dniach, źródło: MABO



Rys.155 Monitorowanie sieci – czujniki parametry wartość kompensacji, temperatura, wilgotność po 21 dniach, źródło: MA

