



SYSTEM MONITOROWANIA OBCIĄŻEŃ ORAZ STANU TECHNICZNEGO KRATOWNICOWYCH MOSTÓW W KOLEJNICTWIE

Krzysztof Sekuła¹⁾, Przemysław Kołakowski²⁾, Andrzej Świercz¹⁾
Damian Sala¹⁾, Piotr Pawłowski¹⁾

1) Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN

2) Adaptronica sp. z o.o.

Warszawa, 18-11-2010



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Plan prezentacji

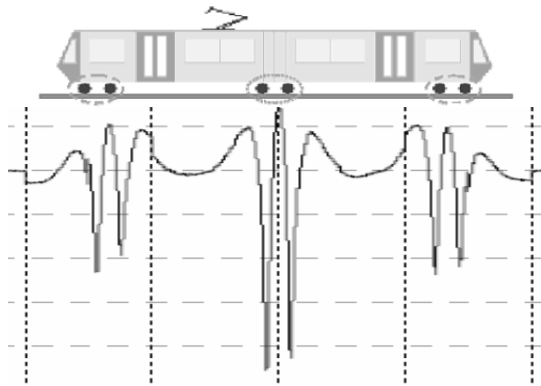
- Motywacja
- System bezprzewodowego przesyłu danych
- Koncepcja ważenia w ruchu
- Modelowanie i identyfikacja uszkodzeń
- Podsumowanie

Motywacja

- Wzrost zainteresowania PKP systemami monitorowania
- Ważenie w ruchu (cele statystyczne, kontrolne, profilaktyczne)
- Identyfikacja uszkodzeń (bezpieczeństwo ludzi, mienia, konstrukcji)
- Stosunkowo łatwa instalacja systemu (nie powoduje utrudnień i ograniczeń w ruchu)
- Racjonalny koszt instalacji systemu
- Bezprzewodowa transmisja danych

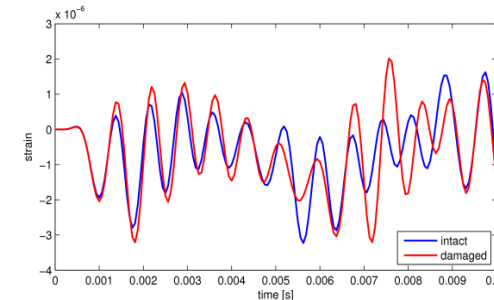
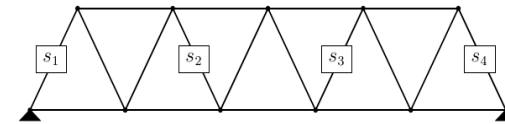
Koncepcja ważenia w ruchu oraz identyfikacji uszkodzeń

Identyfikacja obciążeń -
ważenie taboru w ruchu



GSM

Identyfikacja uszkodzeń w
mostach kratownicowych



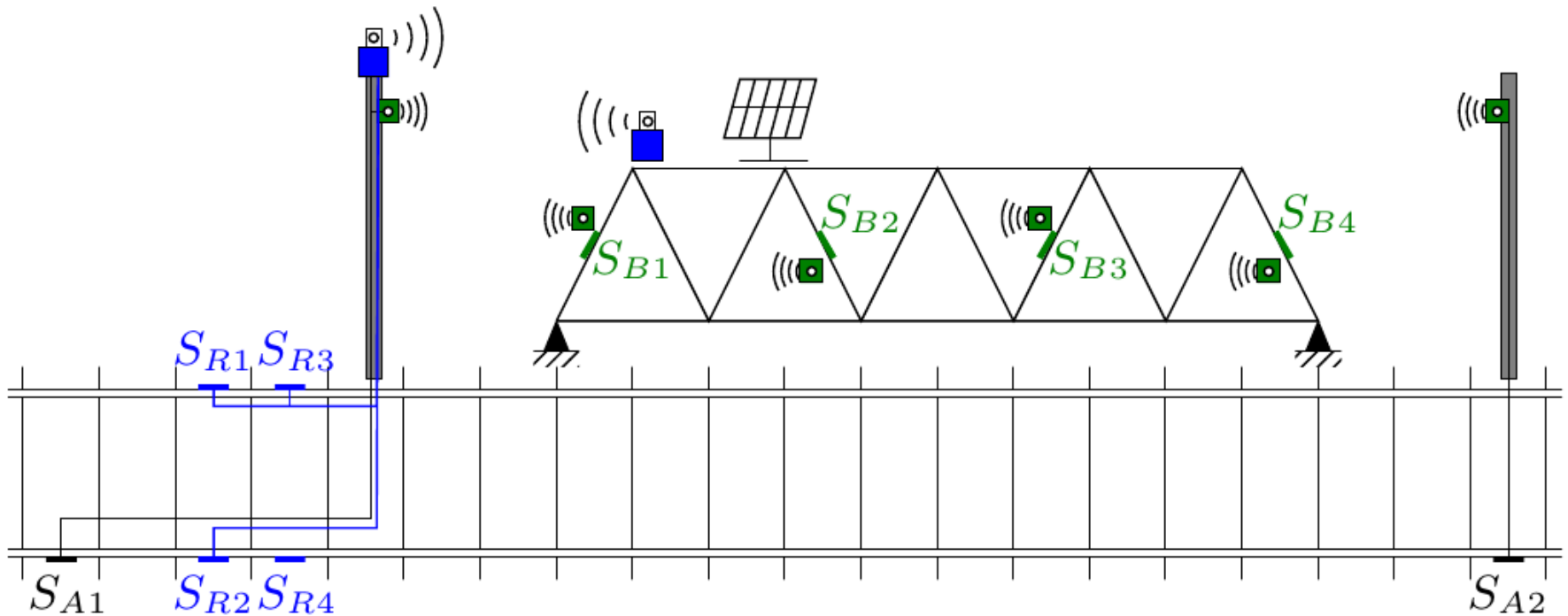
GSM

Centrum analizy
i przetwarzania danych

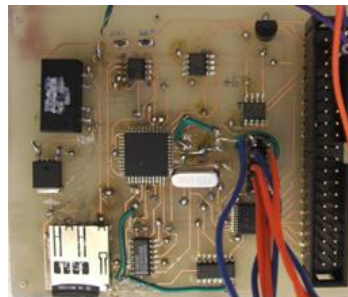
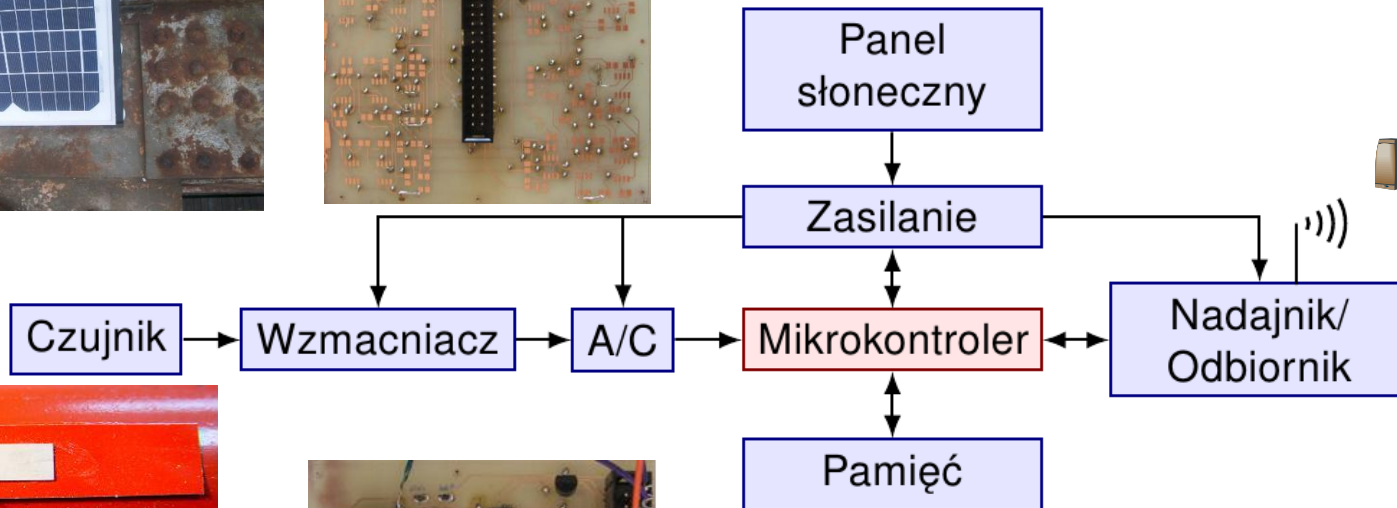
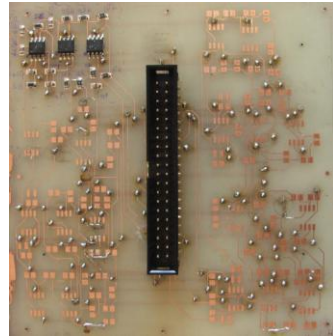


Raportowanie wyników

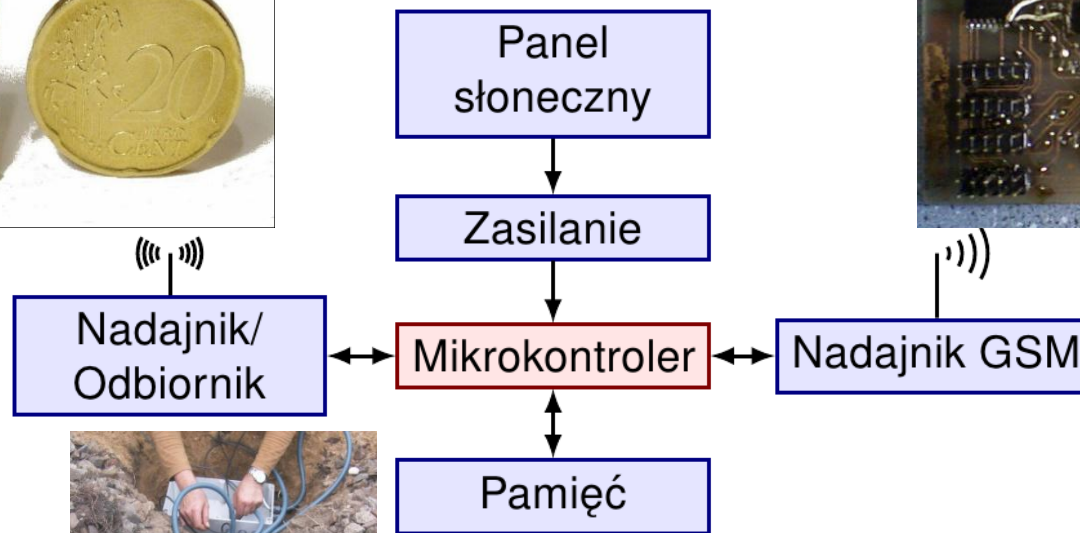
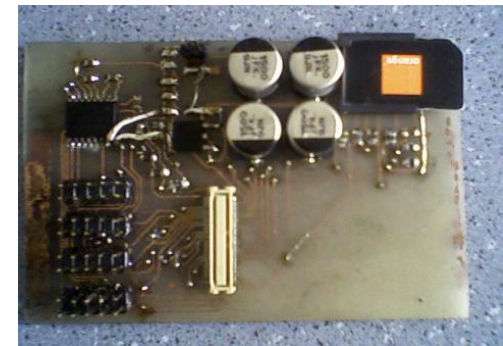
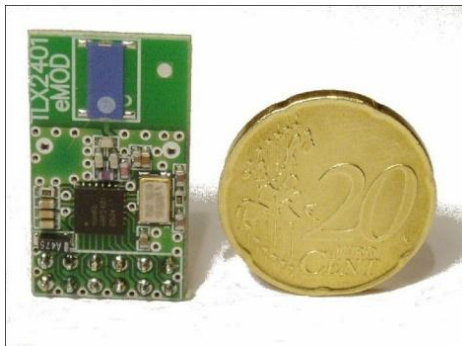
Transmisja bezprzewodowa - schemat ogólny



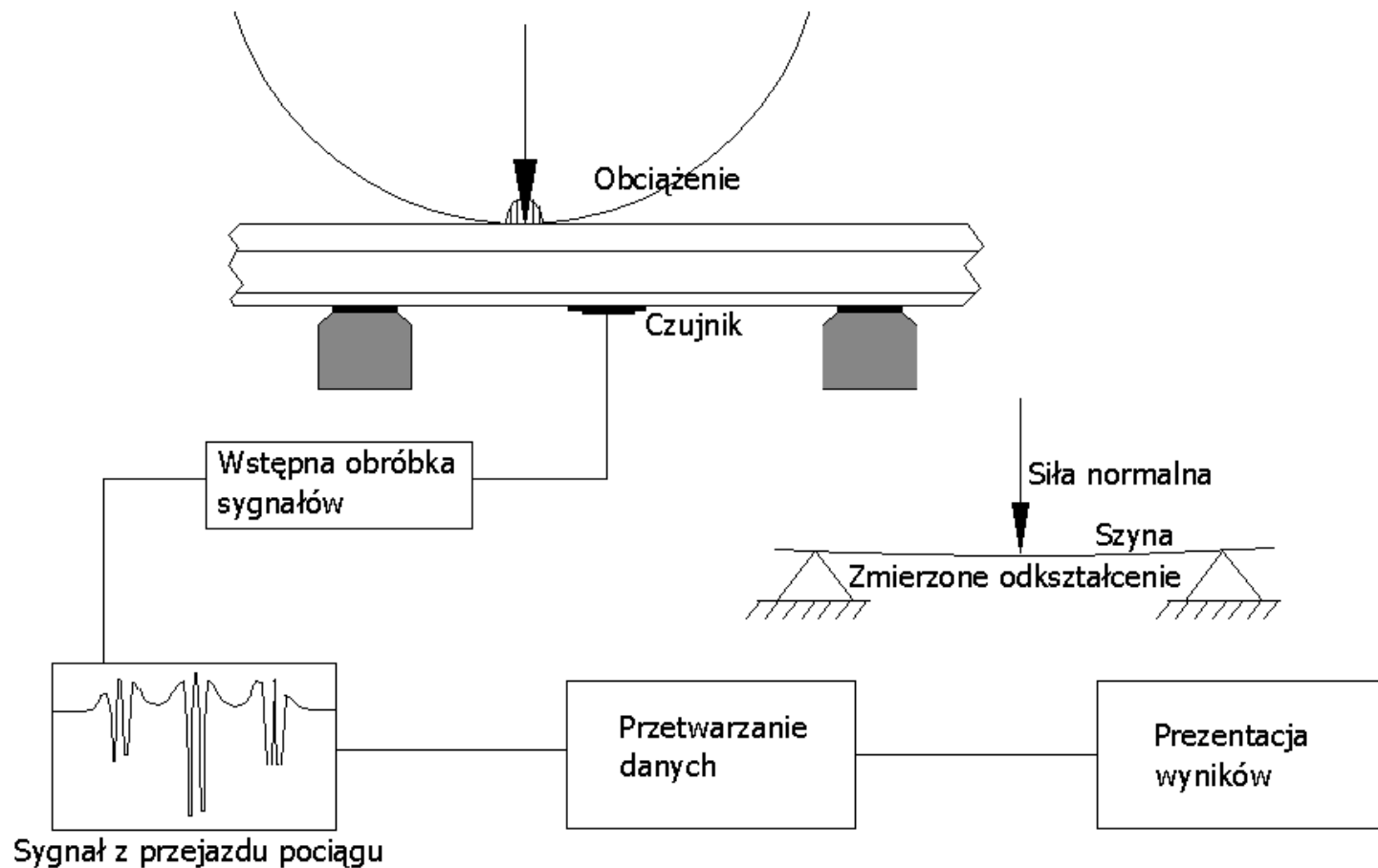
Transmisja bezprzewodowa krótkiego zasięgu



Transmisja bezprzewodowa dalekiego zasięgu



Koncepcja ważenia w ruchu



Koncepcja ważenia w ruchu

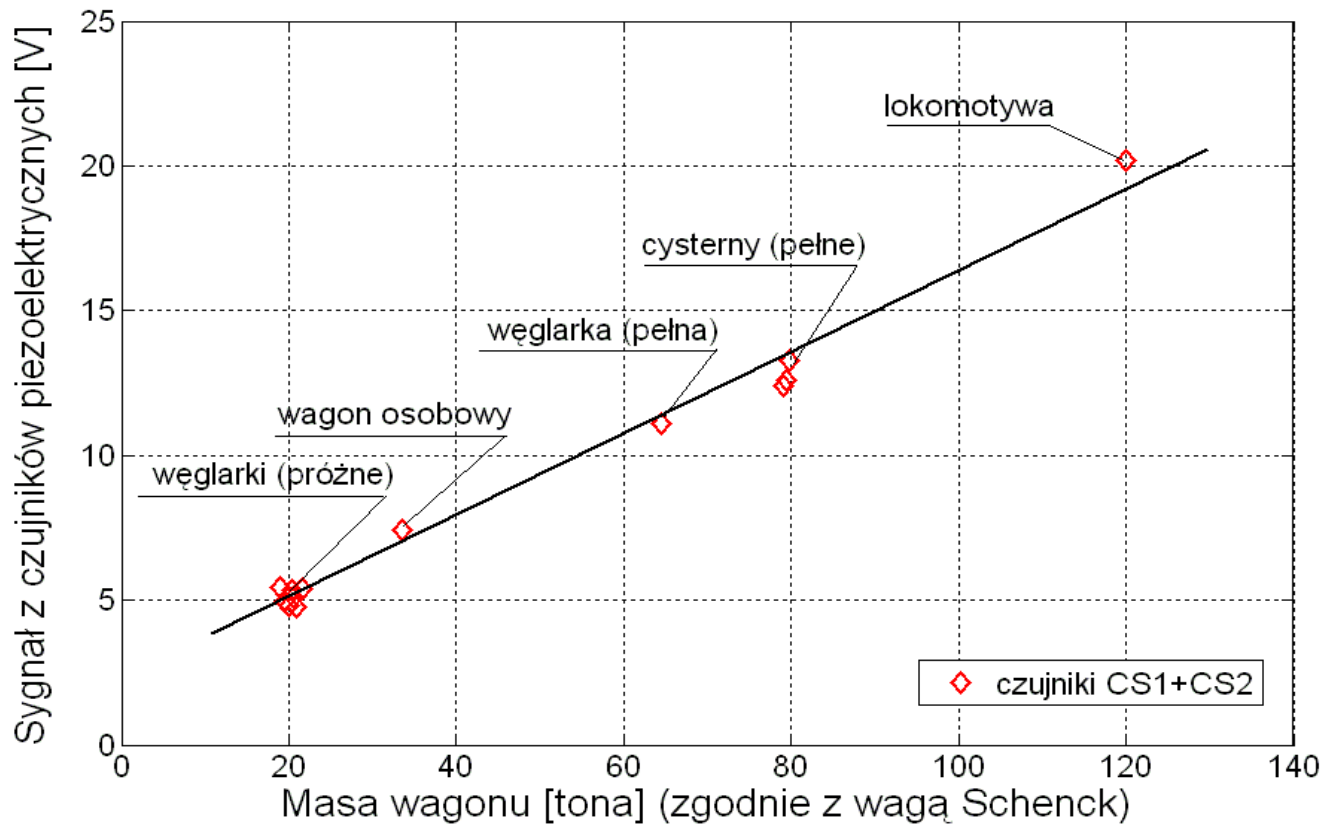
Sygnal z czujnika piezoelektrycznego (bez obróbki)



Sygnal z czujnika piezoelektrycznego (po obróbce filtrem)



Koncepcja ważenia w ruchu



Identyfikacja obciążenia



PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A.
System monitorowania nacisków osiowych, liniowych i prędkości pociągów w ruchu

Most kolejowy w km 8.736 (w torze nr 1) linii nr 10 Legionowo-Tłuszcz

Data	Prędkość [km/h]	Max. nacisk osiowy [t]	Max. nacisk liniowy [t/m]	Liczba wagonów
2009-01-04 09:12	35.8	21.1	7.4	28
2008-11-03 16:10	58.3	25.3	8.9	20
2008-10-01 00:00	60.0	21.3	7.7	25

Nr wagonu	Nacisk osiowy [t]	Nacisk liniowy [t/m]
1	20.8	7.8
2	20.4	7.6
3	25.3	8.9
4	20.2	7.4

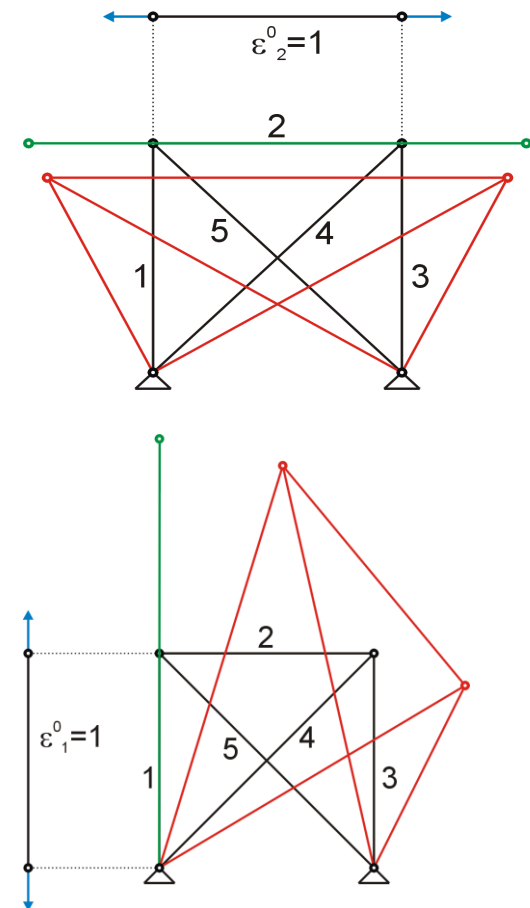
Modelowanie uszkodzeń

Metoda Dystorsji Wirtualnych:

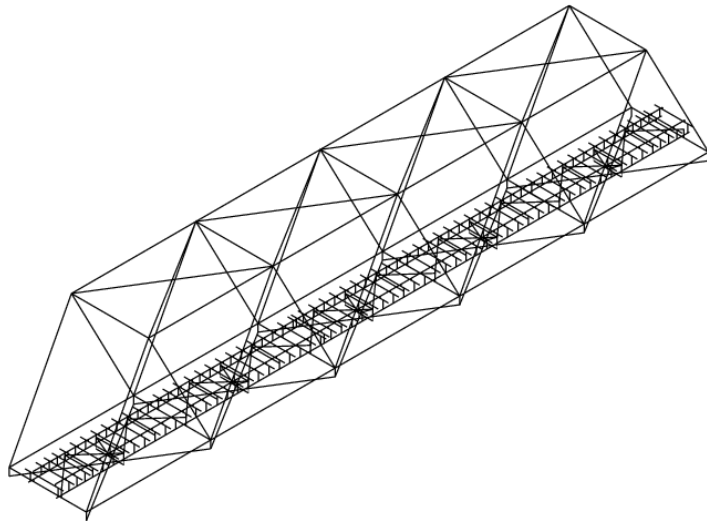
- Macierz wpływu (zbiór relacji dla całego systemu)
- Modelowanie uszkodzeń - utrata sztywności osiowej poprzez modyfikację modułu Younga

$$\mu_i = \frac{\hat{E}_i}{E_i}$$

- Pomiary zmienności odkształceń w czasie (czujniki piezo) konstrukcji początkowej (bez uszkodzeń) i zmodyfikowanej
- Identyfikacja uszkodzeń (miejsce i intensywność) poprzez odwrotne zadanie optymalizacji

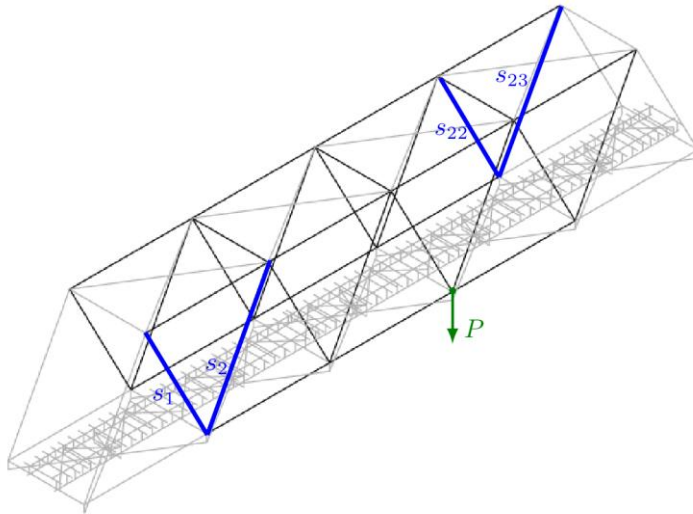


Model numeryczny



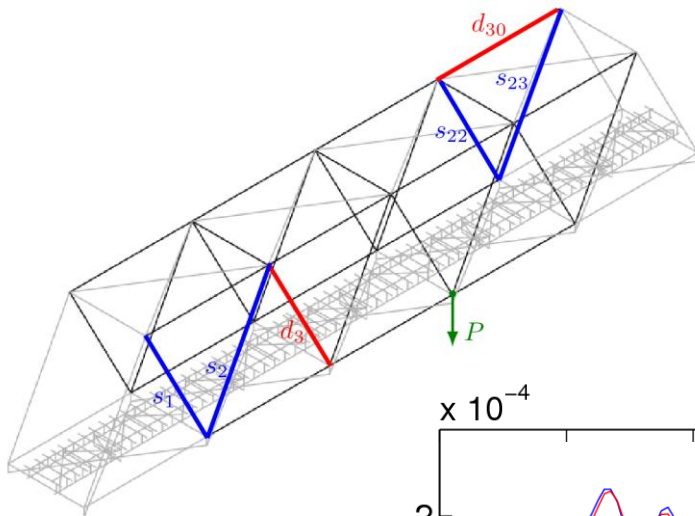
- most w Nieporęcie położony nad Kanalem Żerańskim
- długość 40m, wysokość 8m, szerokość 5m, pojedynczy tor
- konstrukcja ramowo-kratowa
- łączna masa ok. 100 ton
- 130 elementów kratowych, ponad 1600 elementów belkowych

Model numeryczny

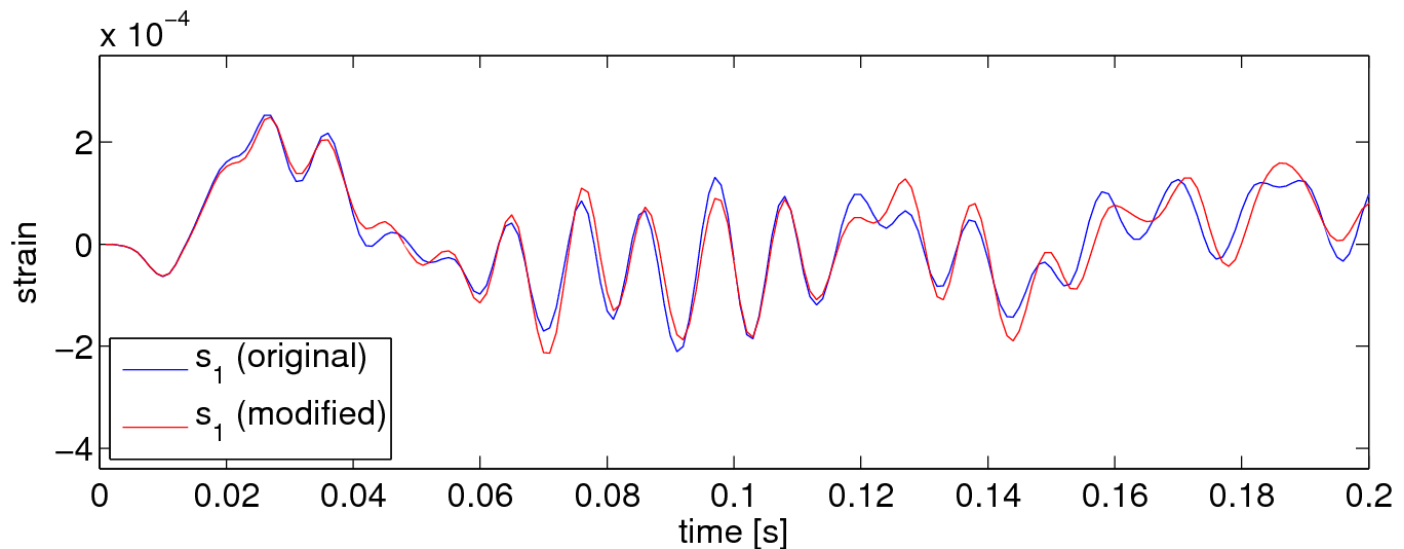


- uwzględnienie 33 elementów w analizie odwrotnej
- 4 sensory, wymuszenie impulsowe
- wygenerowane numerycznie
 - macierz wpływu dla 33 elementów
 - odkształcenia elementów konstrukcji w założonych lokalizacjach

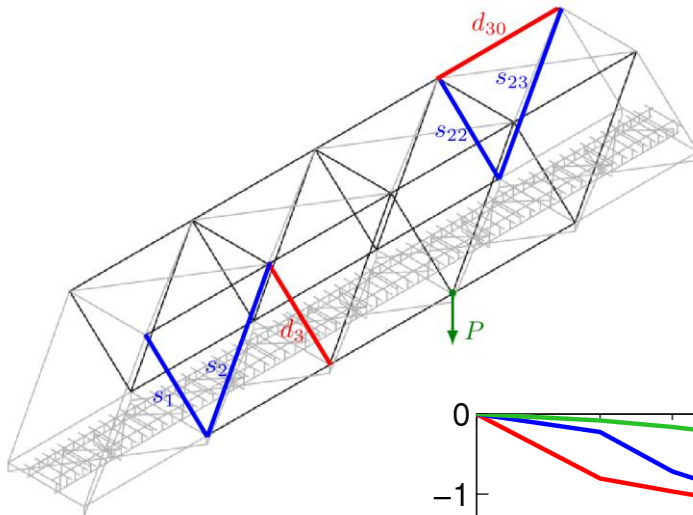
Identyfikacja uszkodzeń – symulacja numeryczna



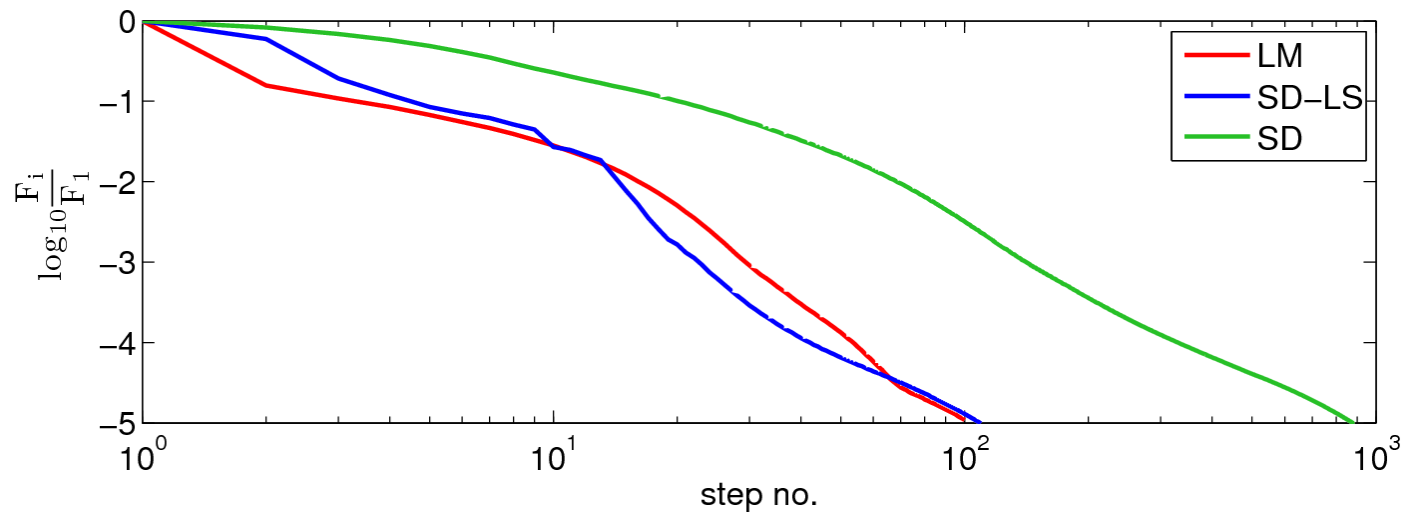
1. modyfikacja d_3 : $\mu_3 = \frac{\hat{E}_3}{E_3} = 0.7$
2. modyfikacja d_{30} : $\mu_{30} = \frac{\hat{E}_{30}}{E_{30}} = 0.7$



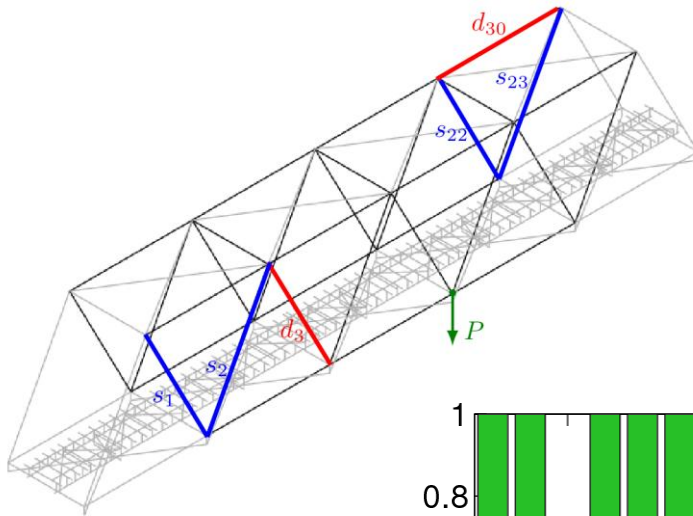
Identyfikacja uszkodzeń – symulacja numeryczna



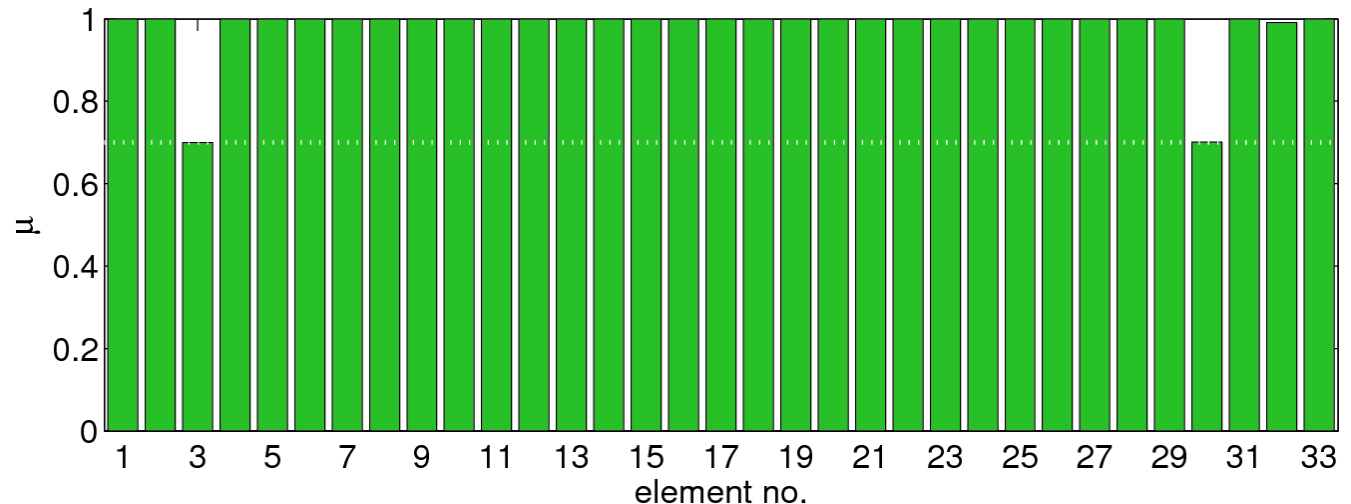
1. modyfikacja d_3 : $\mu_3 = \frac{\hat{E}_3}{E_3} = 0.7$
2. modyfikacja d_{30} : $\mu_{30} = \frac{\hat{E}_{30}}{E_{30}} = 0.7$



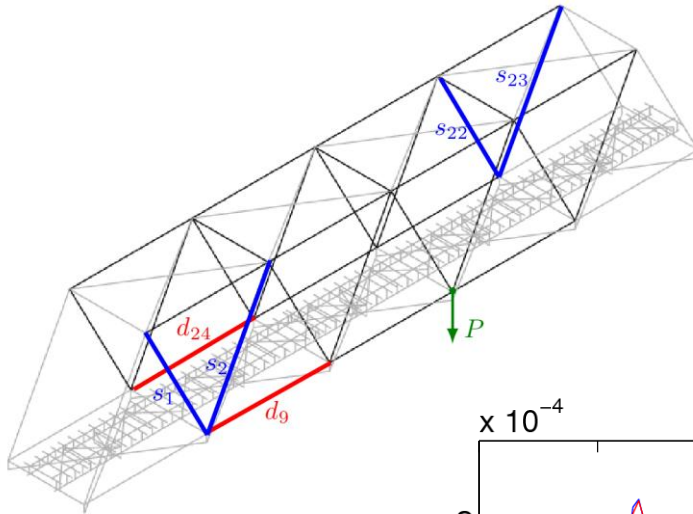
Identyfikacja uszkodzeń – symulacja numeryczna



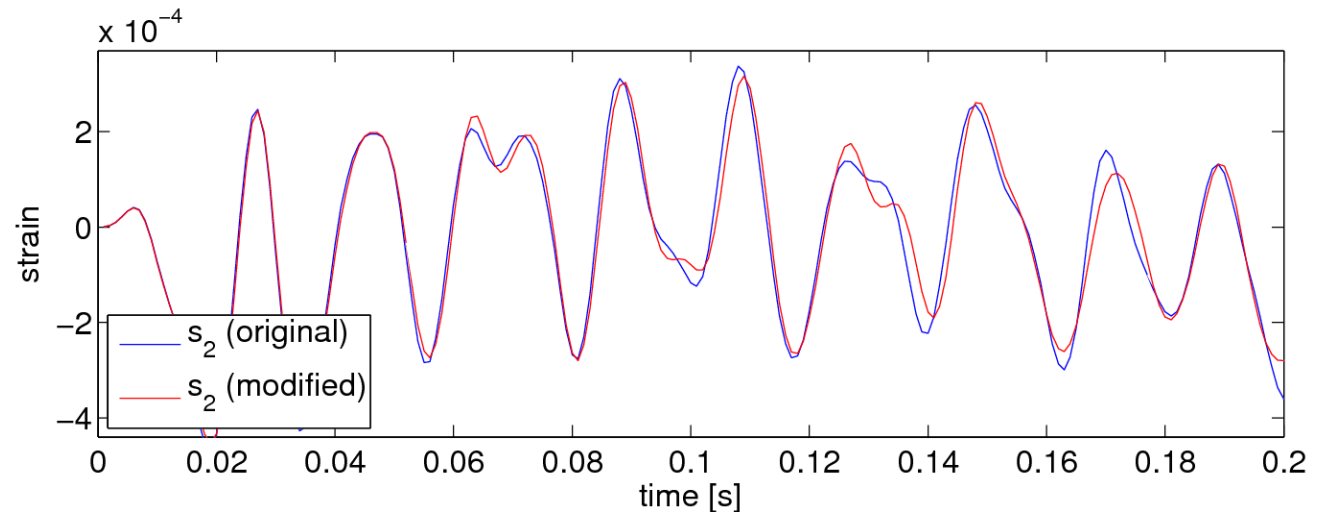
1. modyfikacja d_3 : $\mu_3 = \frac{\hat{E}_3}{E_3} = 0.7$
2. modyfikacja d_{30} : $\mu_{30} = \frac{\hat{E}_{30}}{E_{30}} = 0.7$



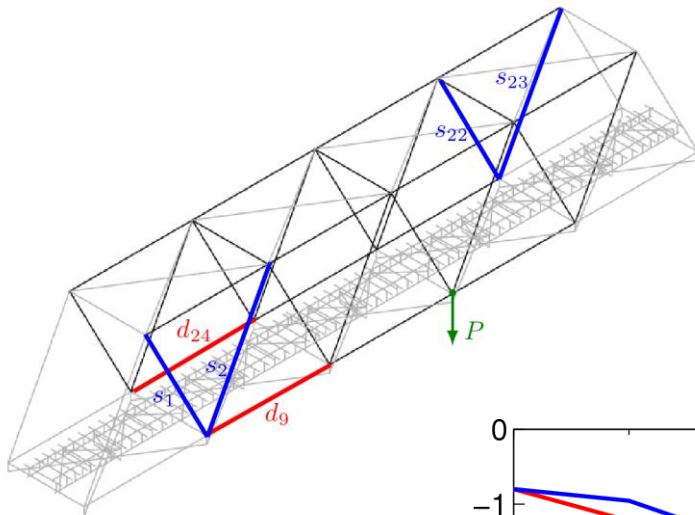
Identyfikacja uszkodzeń – symulacja numeryczna



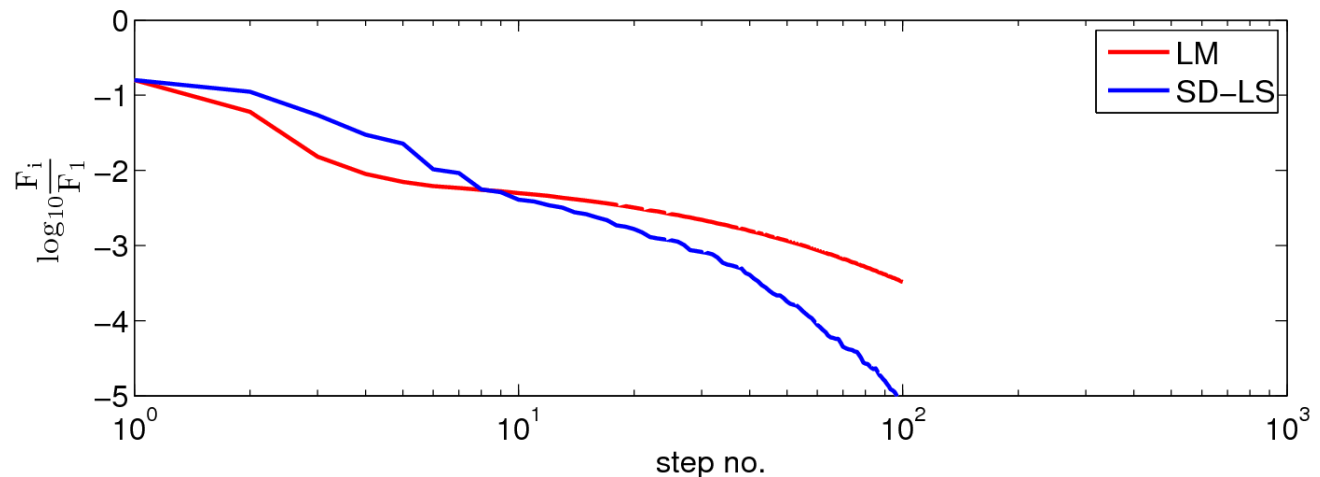
1. modyfikacja d_9 : $\mu_9 = \frac{\hat{E}_9}{E_9} = 0.7$
2. modyfikacja d_{24} : $\mu_{24} = \frac{\hat{E}_{24}}{E_{24}} = 0.7$



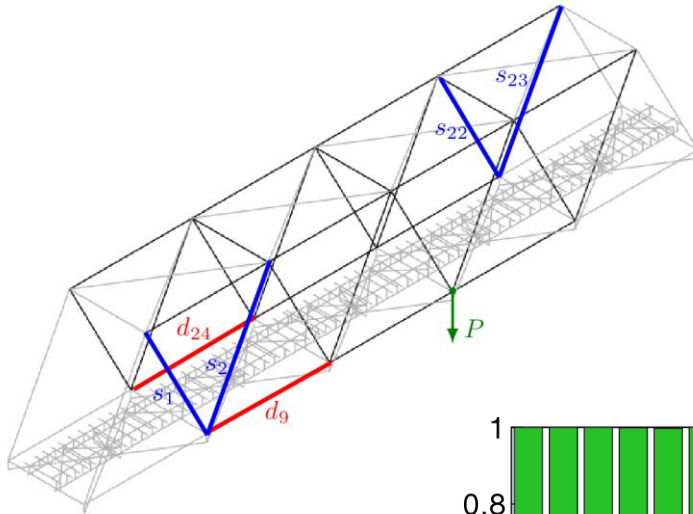
Identyfikacja uszkodzeń – symulacja numeryczna



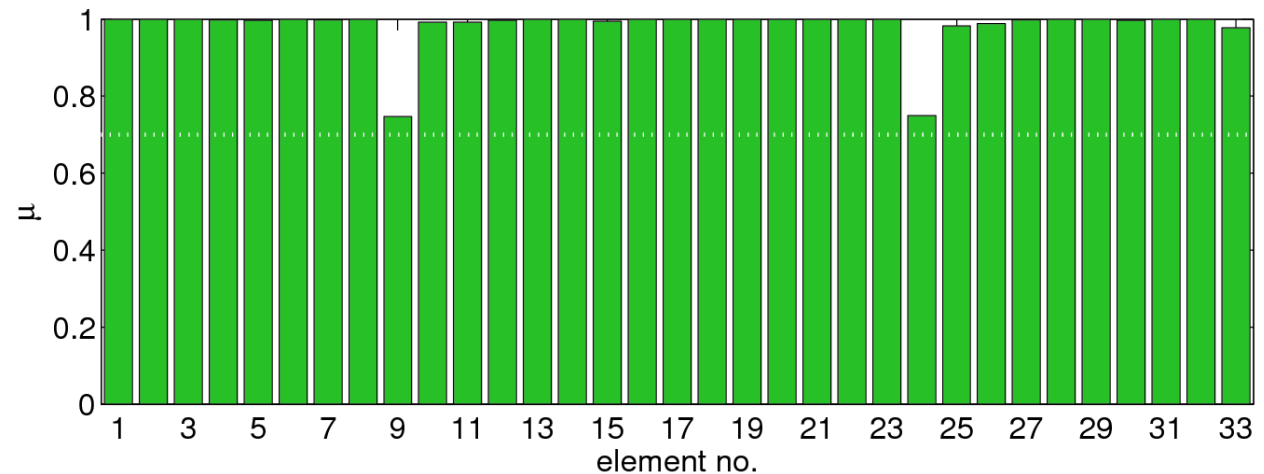
1. modyfikacja d_9 : $\mu_9 = \frac{\hat{E}_9}{E_9} = 0.7$
2. modyfikacja d_{24} : $\mu_{24} = \frac{\hat{E}_{24}}{E_{24}} = 0.7$



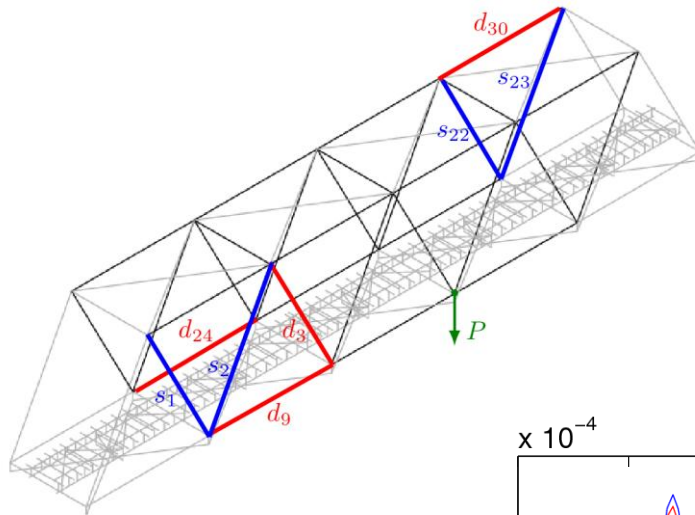
Identyfikacja uszkodzeń – symulacja numeryczna



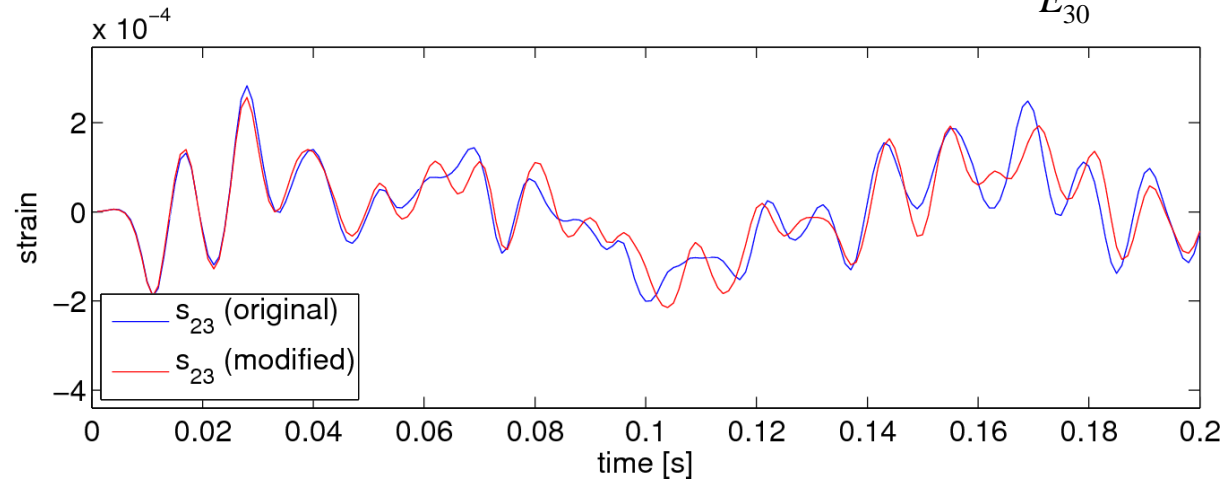
1. modyfikacja d_9 : $\mu_9 = \frac{\hat{E}_9}{E_9} = 0.7$
2. modyfikacja d_{24} : $\mu_{24} = \frac{\hat{E}_{24}}{E_{24}} = 0.7$



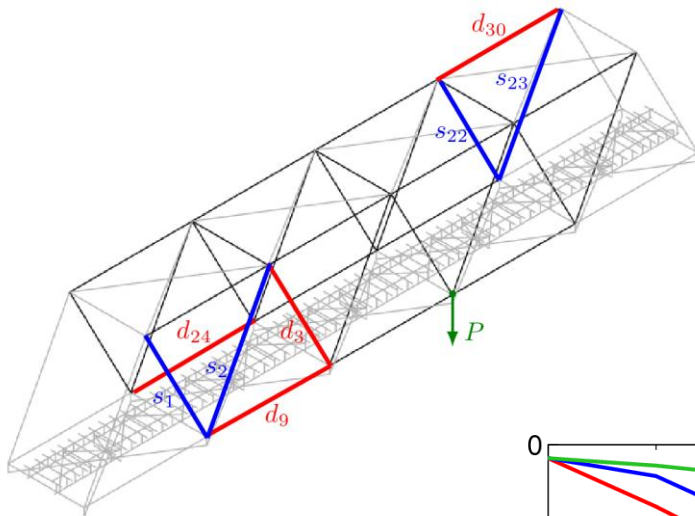
Identyfikacja uszkodzeń – symulacja numeryczna



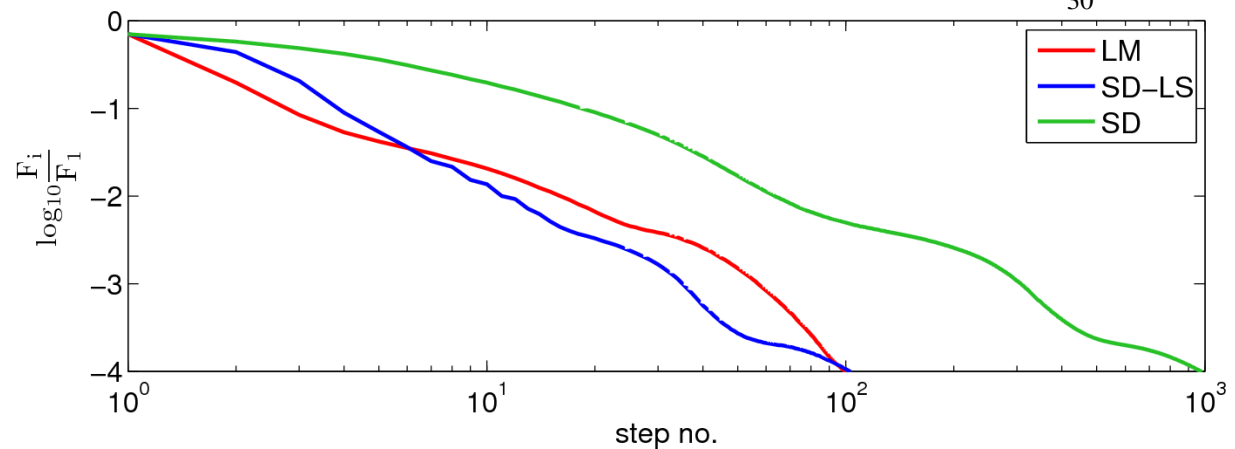
1. modyfikacja d_3 : $\mu_3 = \frac{\hat{E}_3}{E_3} = 0.7$
2. modyfikacja d_9 : $\mu_9 = \frac{\hat{E}_9}{E_9} = 0.7$
3. modyfikacja d_{24} : $\mu_{24} = \frac{\hat{E}_{24}}{E_{24}} = 0.8$
4. modyfikacja d_{30} : $\mu_{30} = \frac{\hat{E}_{30}}{E_{30}} = 0.6$



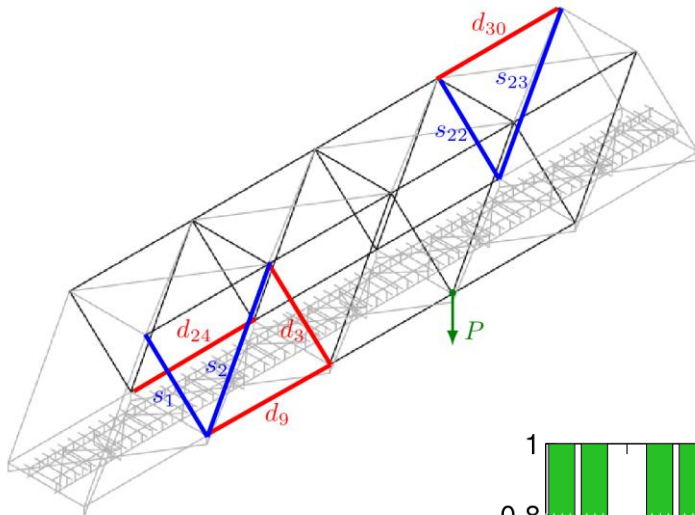
Identyfikacja uszkodzeń – symulacja numeryczna



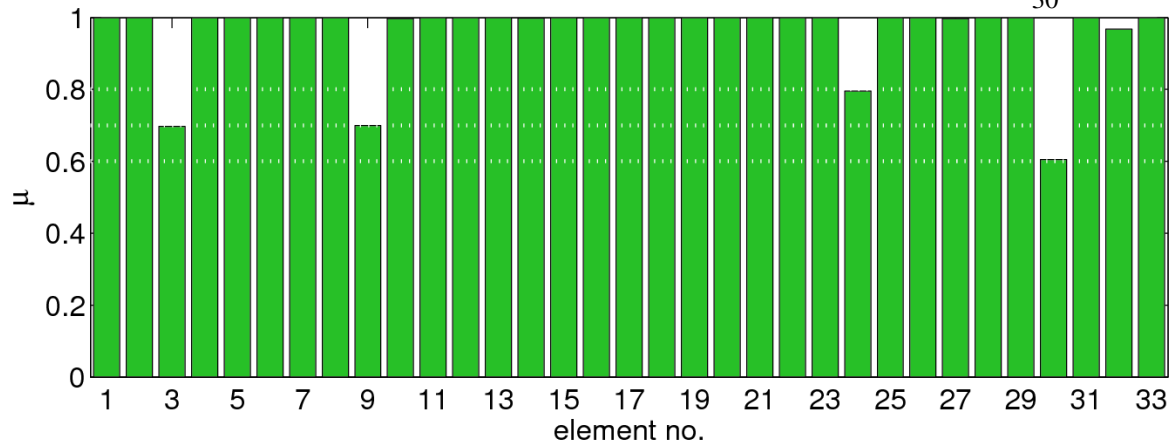
1. modyfikacja d_3 : $\mu_3 = \frac{\hat{E}_3}{E_3} = 0.7$
2. modyfikacja d_9 : $\mu_9 = \frac{\hat{E}_9}{E_9} = 0.7$
3. modyfikacja d_{24} : $\mu_{24} = \frac{\hat{E}_{24}}{E_{24}} = 0.8$
4. modyfikacja d_{30} : $\mu_{30} = \frac{\hat{E}_{30}}{E_{30}} = 0.6$



Identyfikacja uszkodzeń – symulacja numeryczna



1. modyfikacja d_3 : $\mu_3 = \frac{\hat{E}_3}{E_3} = 0.7$
2. modyfikacja d_9 : $\mu_9 = \frac{\hat{E}_9}{E_9} = 0.7$
3. modyfikacja d_{24} : $\mu_{24} = \frac{\hat{E}_{24}}{E_{24}} = 0.8$
4. modyfikacja d_{30} : $\mu_{30} = \frac{\hat{E}_{30}}{E_{30}} = 0.6$



Podsumowanie

- Podstawą ważenia w ruchu jest wykorzystanie odkształceń szyny i czujników piezoelektrycznych w zakresie sprężystym
- Modyfikacje sztywności osiowej elementów konstrukcji modelowane poprzez redukcję modułu Younga
- Zastosowanie MDW do identyfikacji uszkodzeń opartej na gradientowej optymalizacji
- Niewielkie modyfikacje sztywności są łatwiej identyfikowalne dla wymuszeń impulsowych
- Wykorzystanie bezprzewodowej transmisji krótkiego i dalekiego zasięgu do przesyłania sygnałów generowanych przez czujniki