



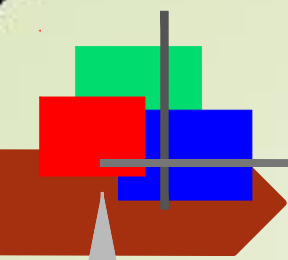
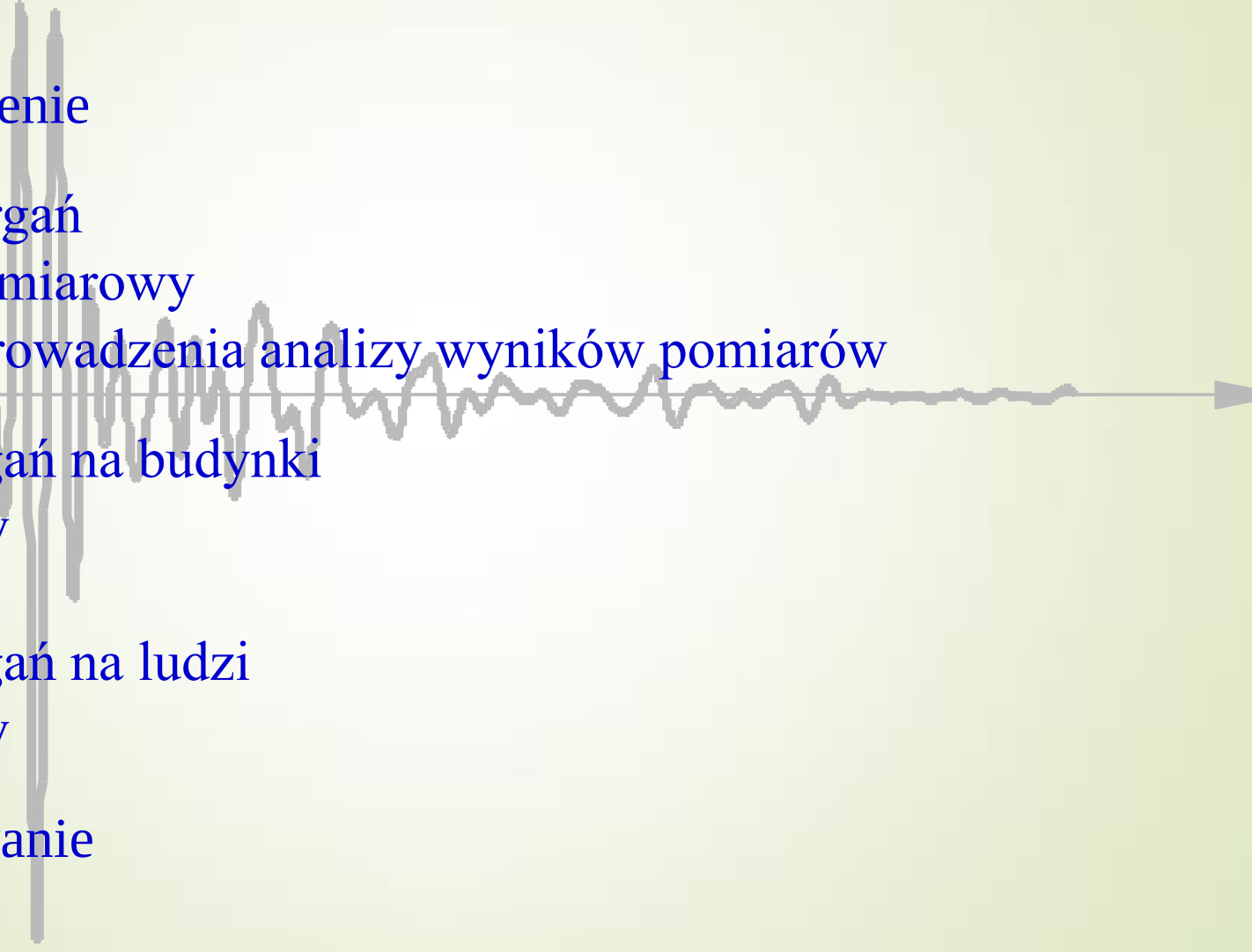
KATEDRA KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH
WYDZIAŁ BUDOWNICTWA * POLITECHNIKA ŚLĄSKA

DRGANIA W BUDOWNICTWIE. POMIARY ORAZ OKREŚLANIE WPŁYWU DRGAŃ NA OBIEKTY I LUDZI - PRZYKŁADY

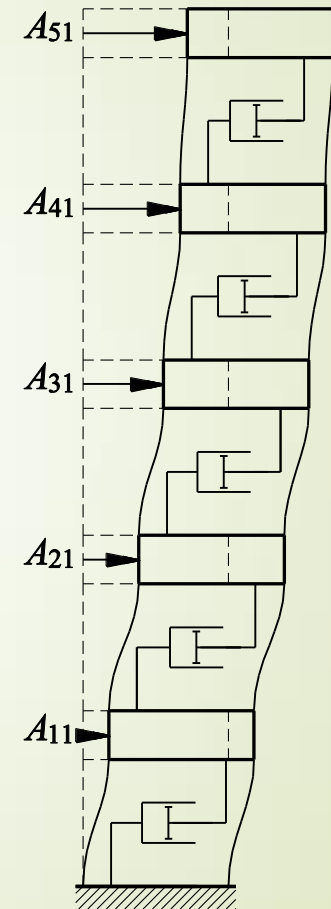
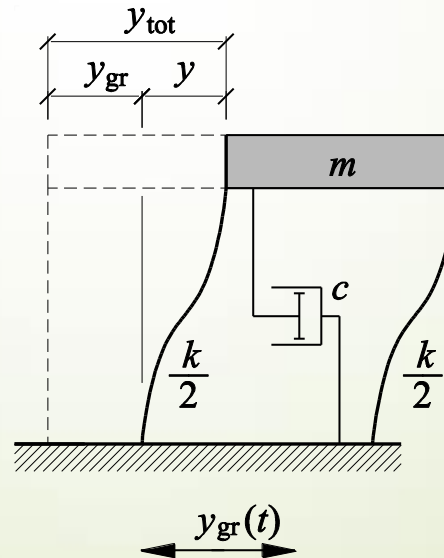
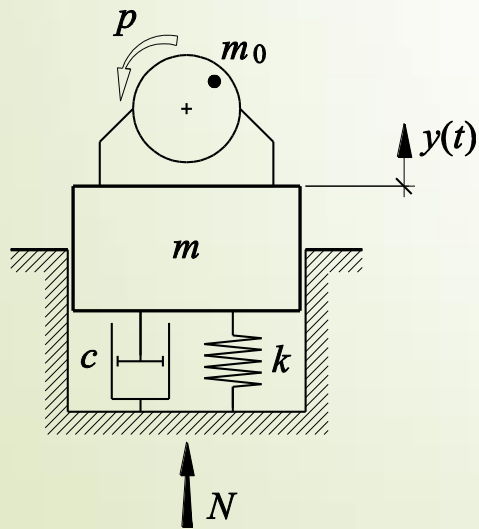
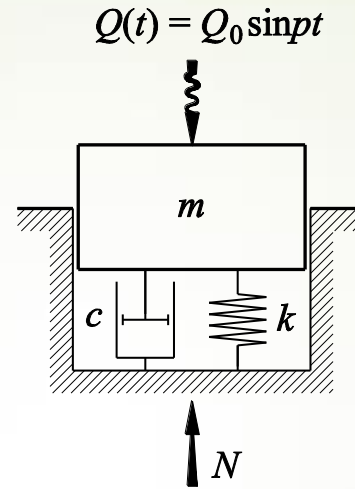
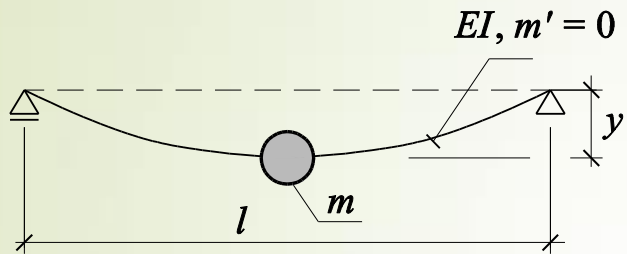
Krzysztof Gromysz

Gliwice, 21 – 22 czerwca 2017 r.

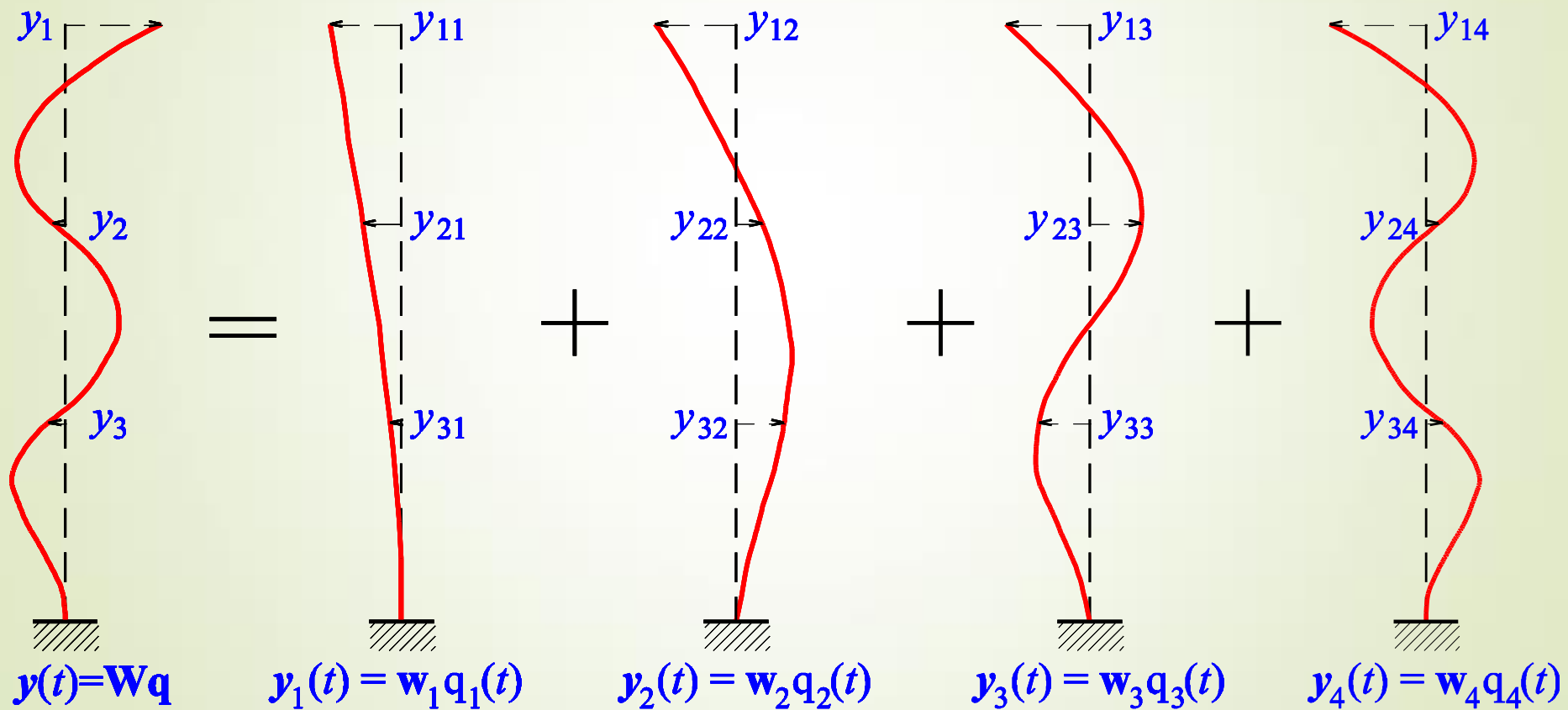
PLAN PREZENTACJI

- 
- 
- Wprowadzenie
 - Pomiar drgań
 - Sprzęt pomiarowy
 - Zasady prowadzenia analizy wyników pomiarów
 - Wpływ drgań na budynki
 - Przykłady
 - Wpływ drgań na ludzi
 - Przykłady
 - Podsumowanie

WPROWADZENIE

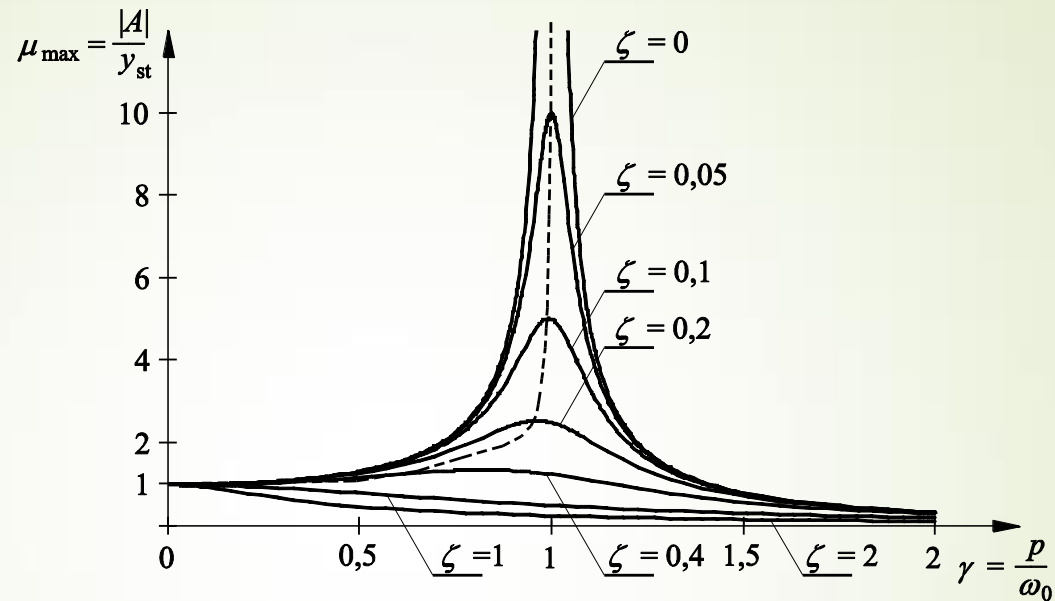


WPROWADZENIE

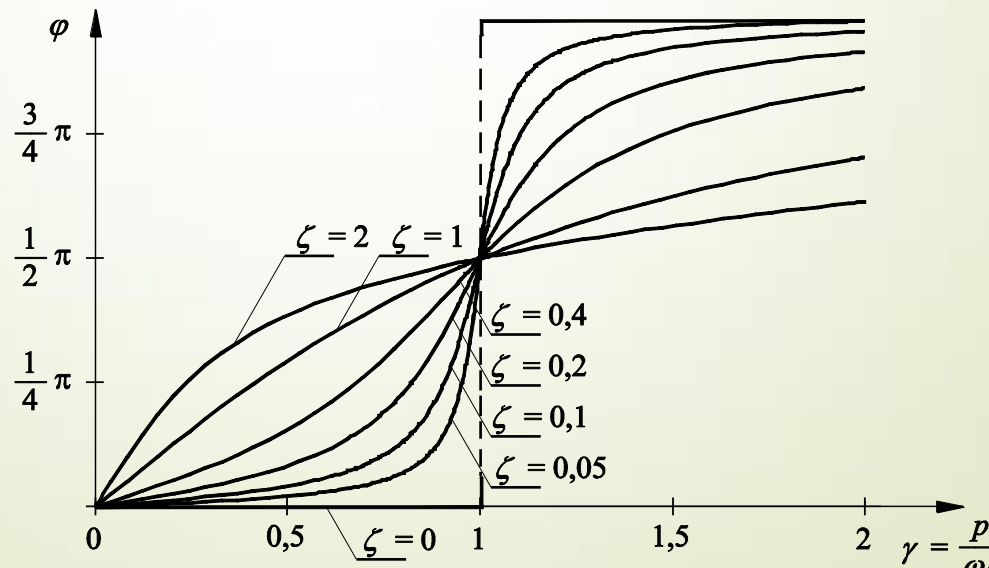


WPROWADZENIE

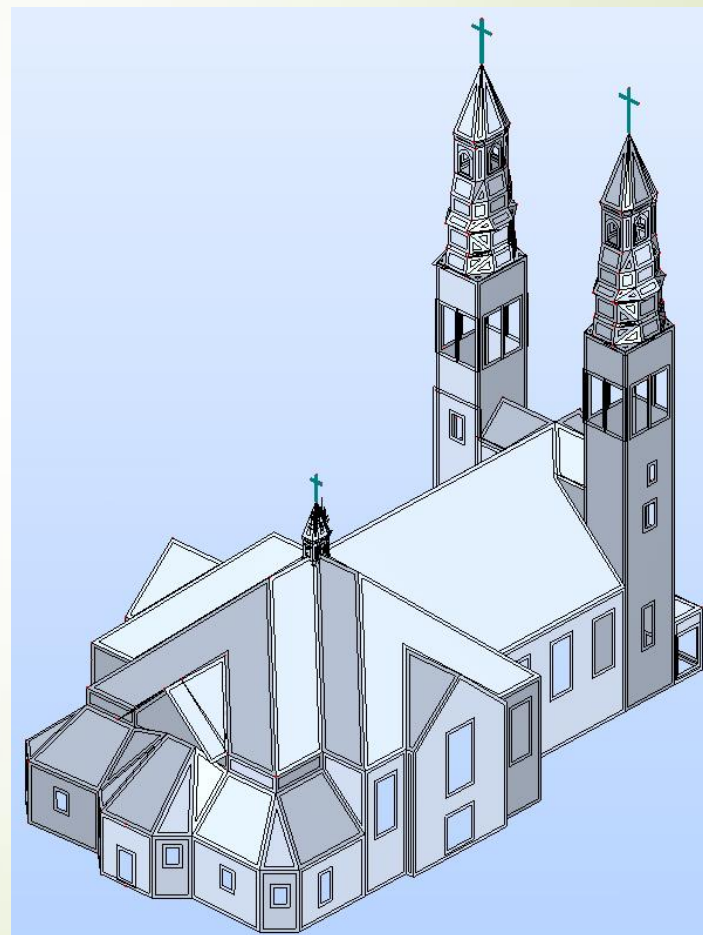
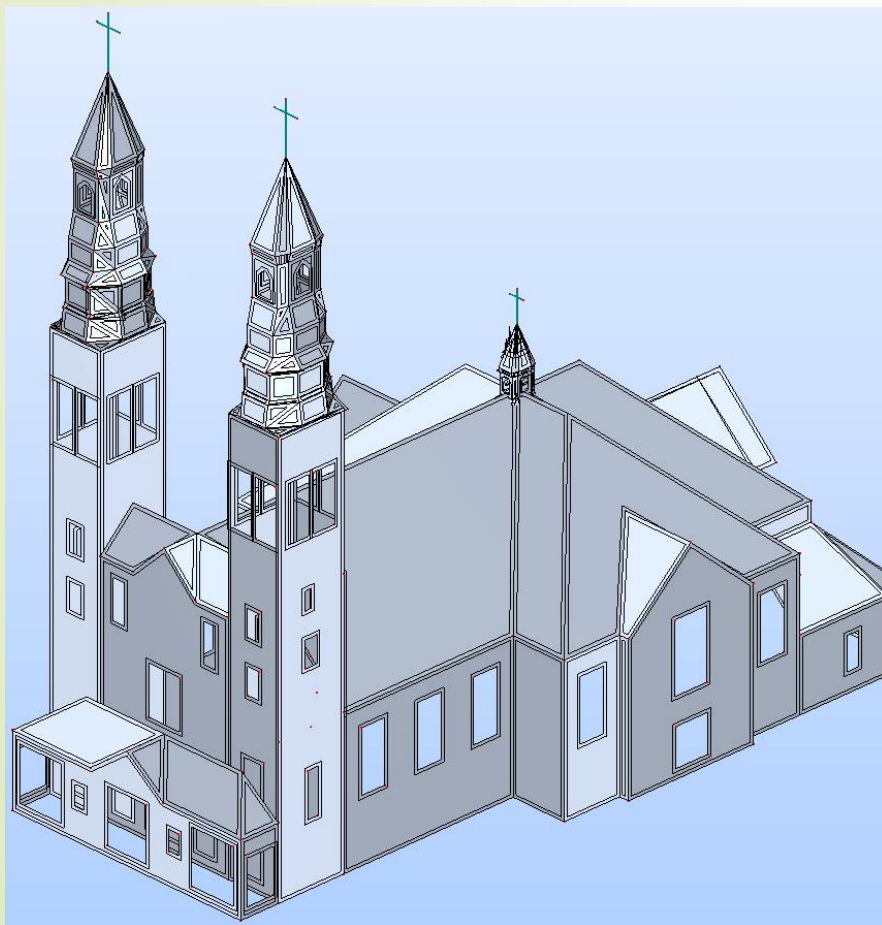
Krzywa
rezonansowa

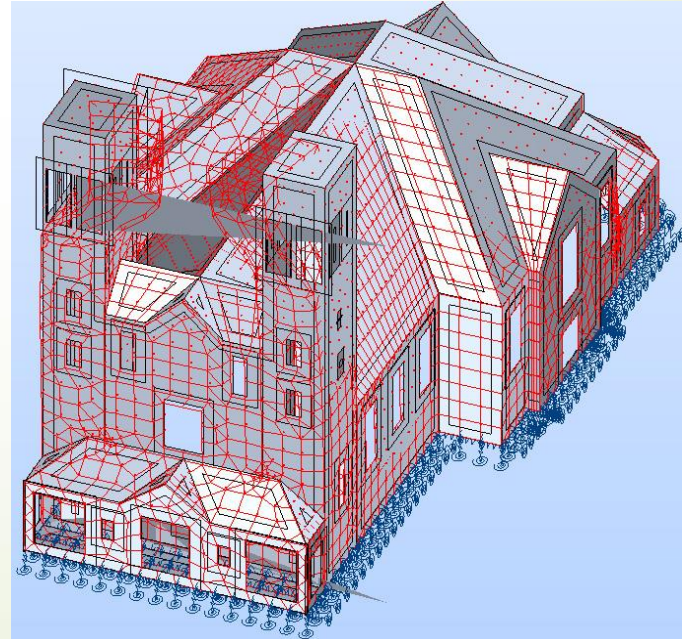
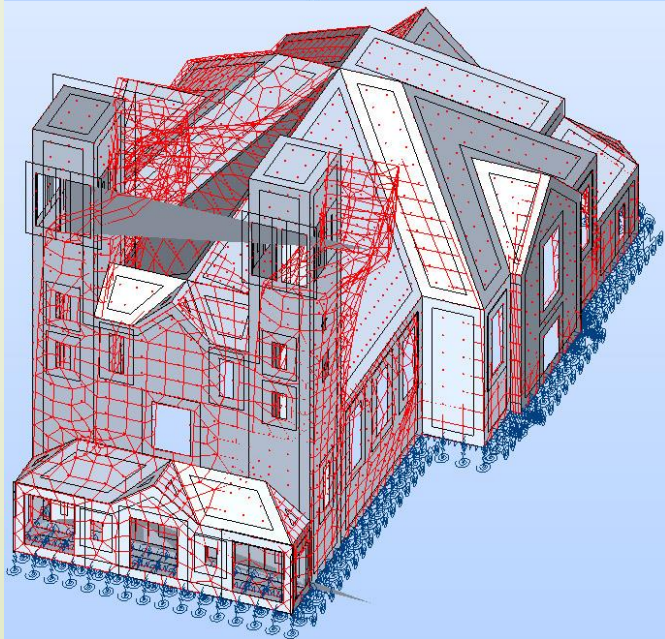
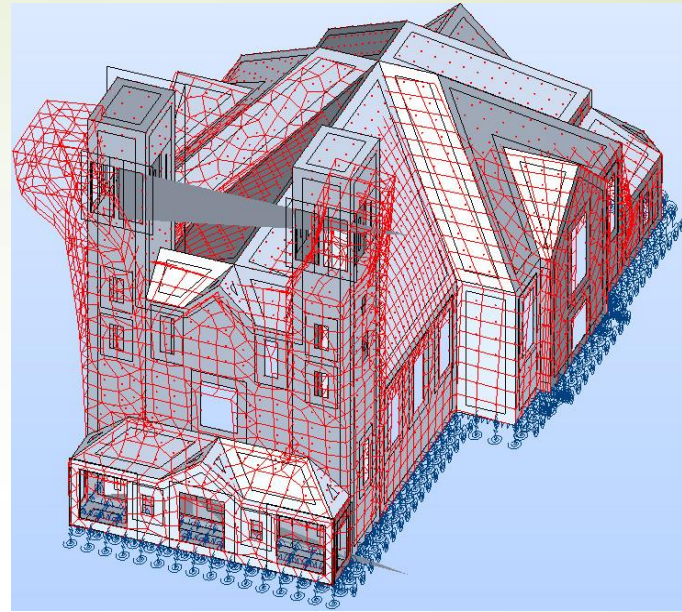
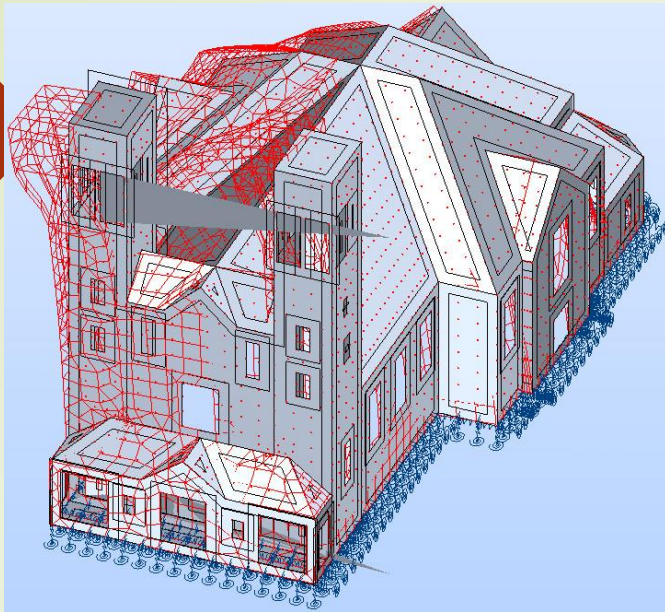


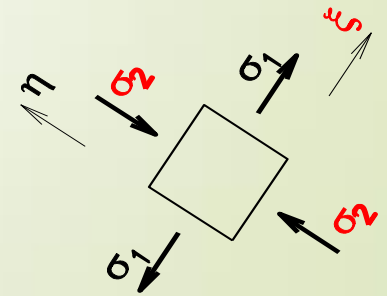
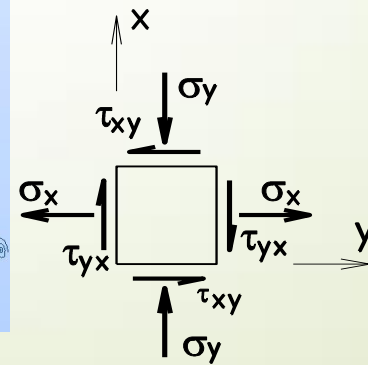
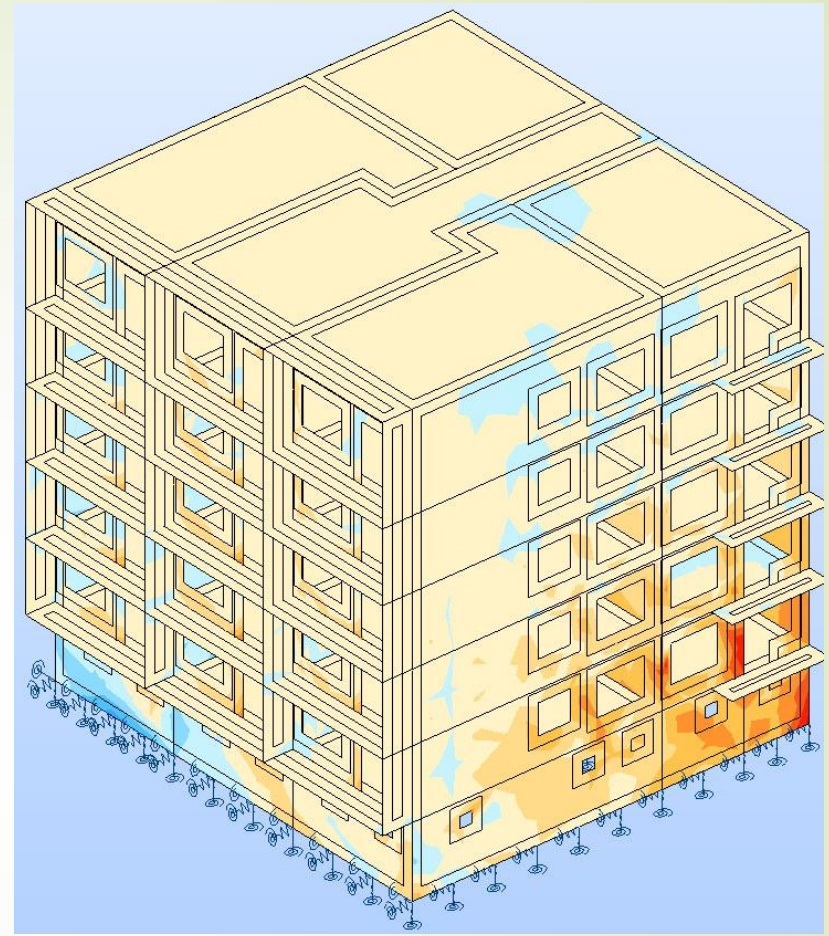
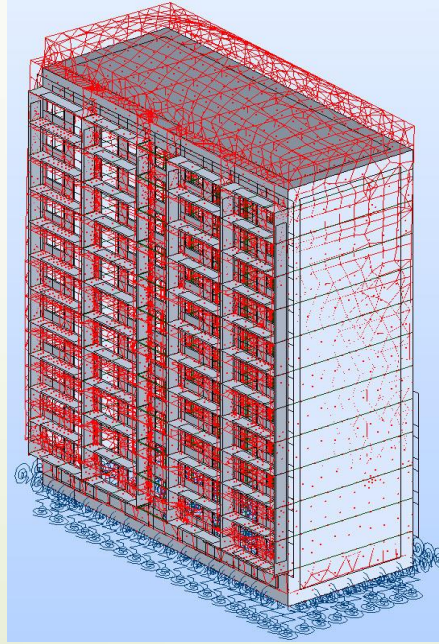
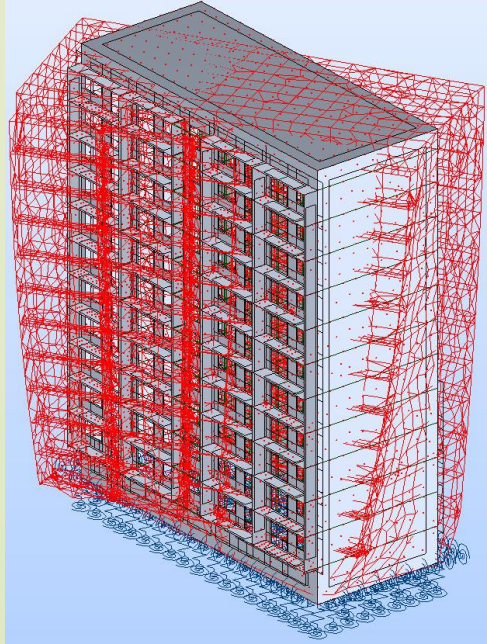
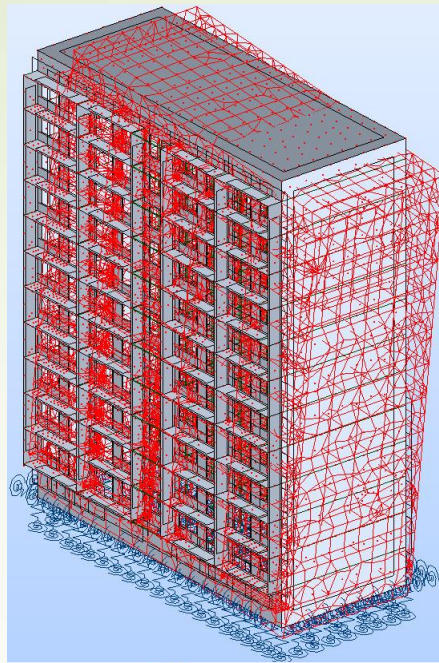
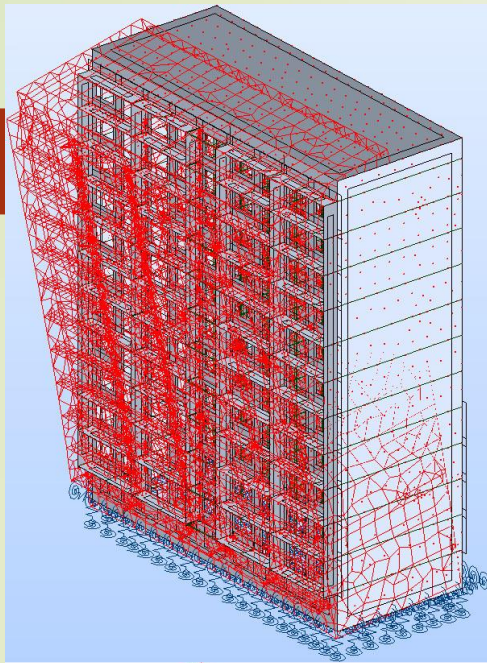
Przemieszczenie
fazowe



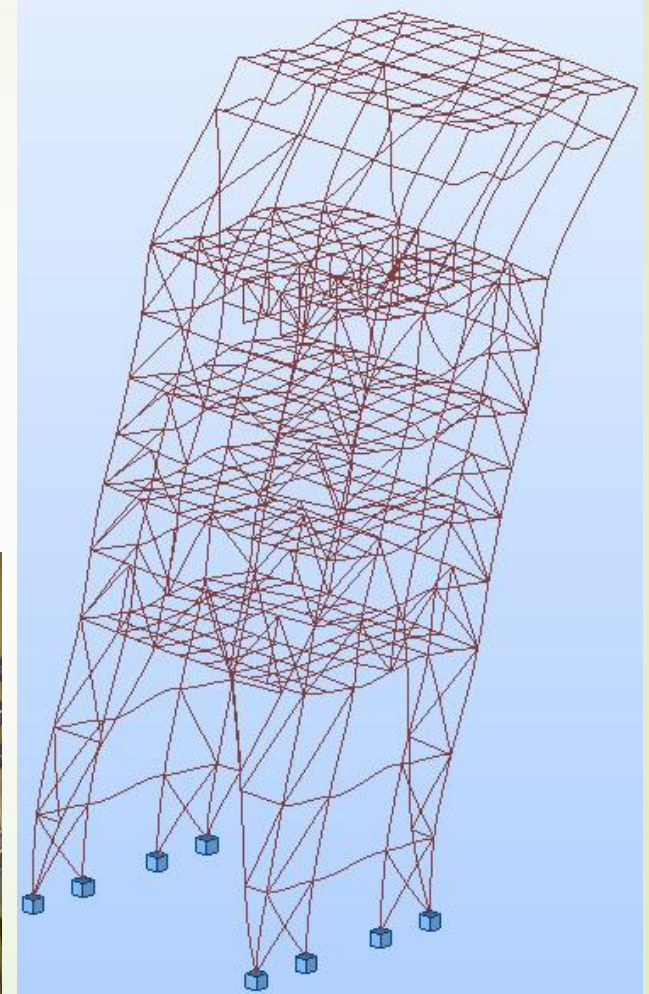
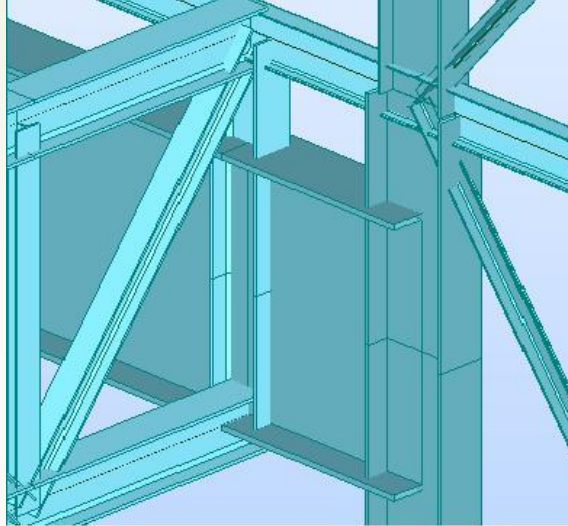
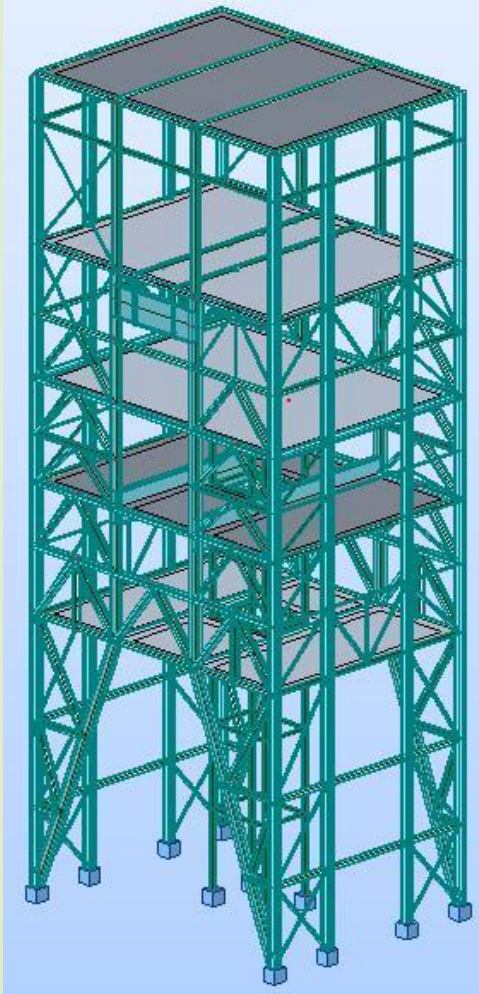
PRZYKŁADY ANALIZ OBLICZENIOWYCH







PRAKTYKA OBLICZENIOWA – KONSTRUKCJE INŻYNIERSKIE



PLAN PREZENTACJI

- Wprowadzenie

- **Pomiary drgań**

 - Sprzęt pomiarowy

 - Zasady prowadzenia analizy wyników pomiarów

- Wpływ drgań na budynki

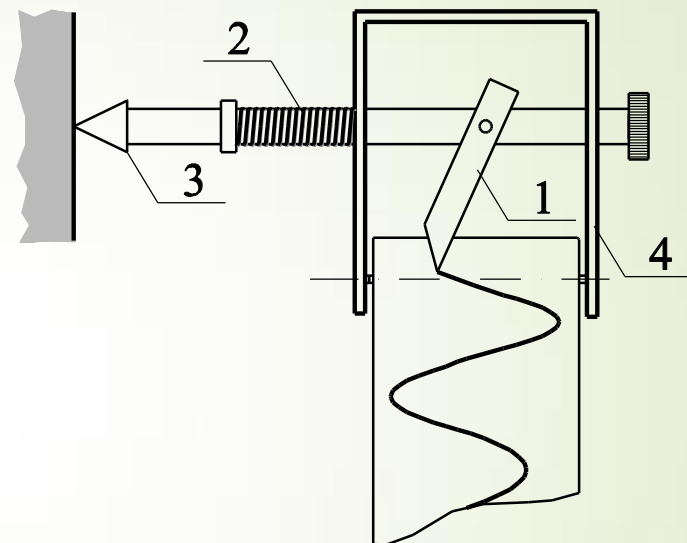
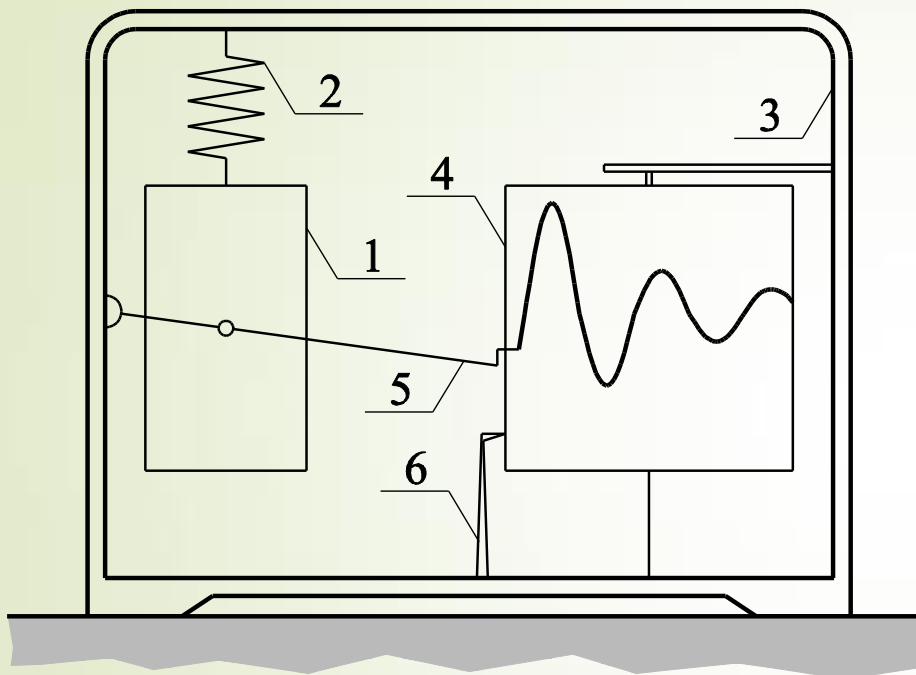
 - Przykłady

- Wpływ drgań na ludzi

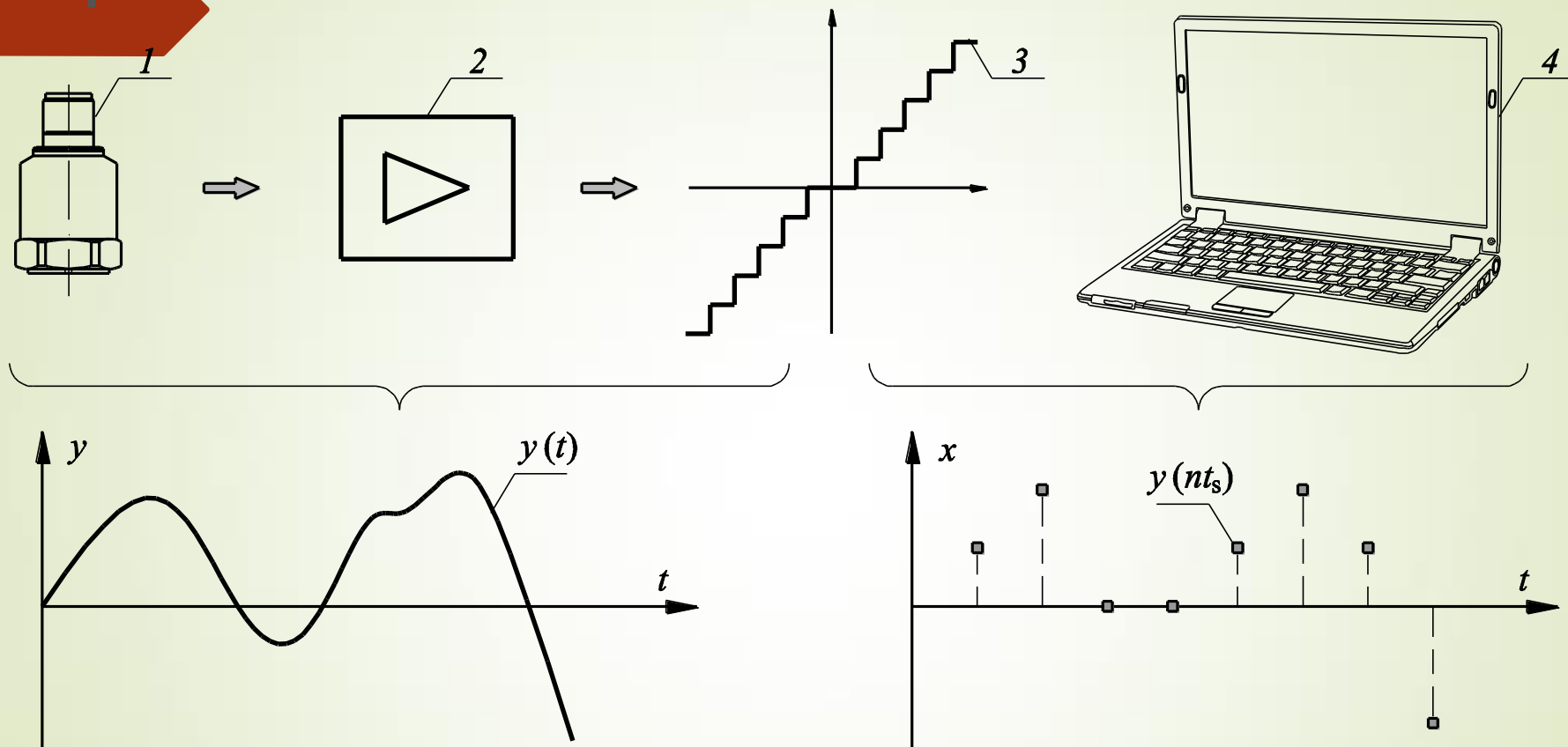
 - Przykłady

- Podsumowanie

HISTORYCZNE URZĄDZENIA DO POMIARÓW DRGAŃ

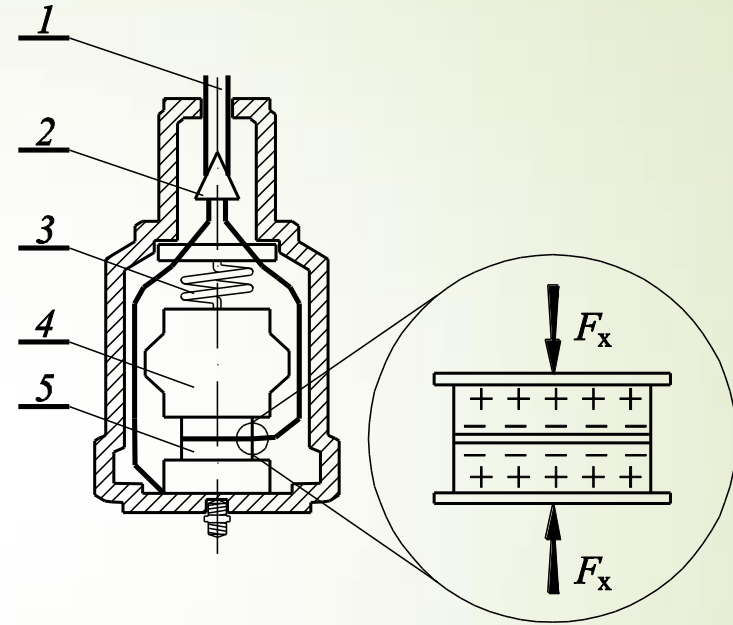
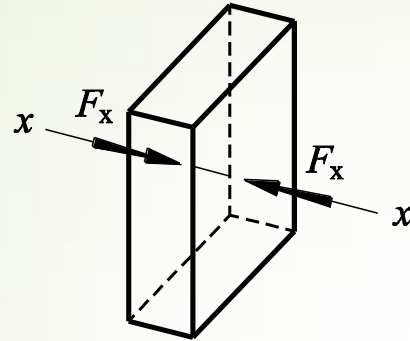
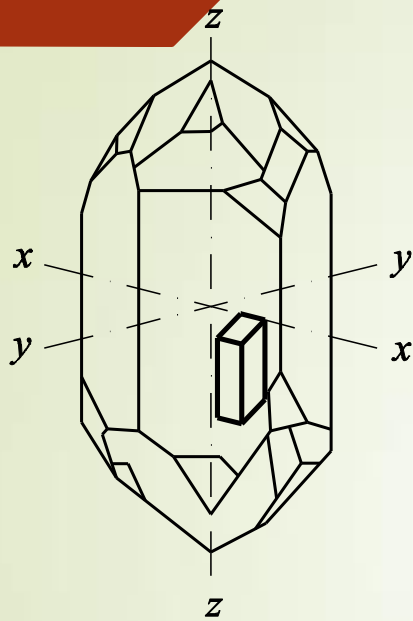


WSPÓŁCZESNE URZĄDZENIA DO POMIARÓW DRGAŃ



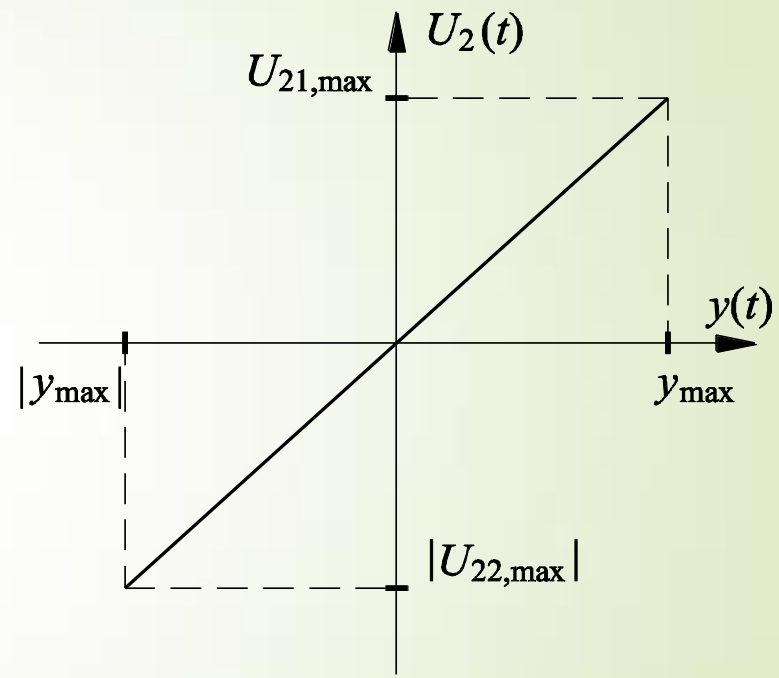
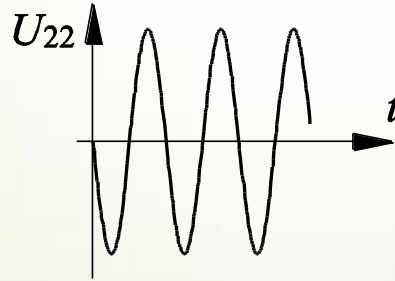
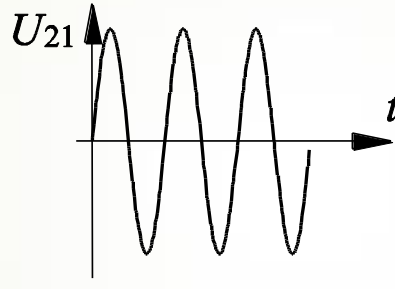
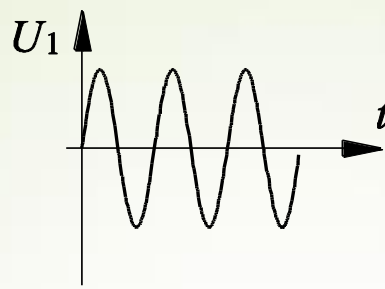
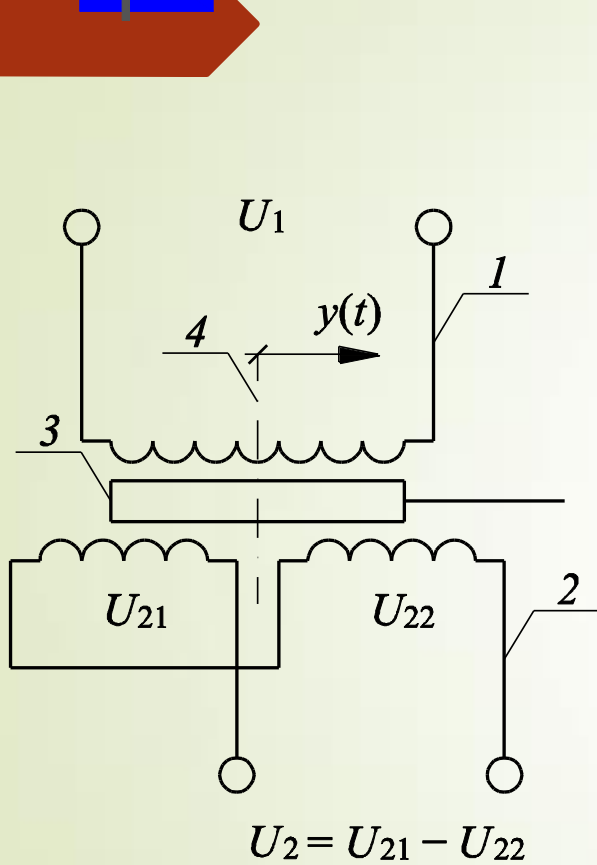
Elementy toru pomiarowego: 1 – czujnik, 2 – układ kondycjonowania sygnału analogowego, 3 – przetwornik analogowo-cyfrowy, 4 – komputer (analiza danych), $y(t)$ – sygnał analogowy, $x(nt_s)$ – próbki sygnału cyfrowego; t_s – okres próbkowania, $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$

CZUJNIKI PIEZOELEKTRYCZNE



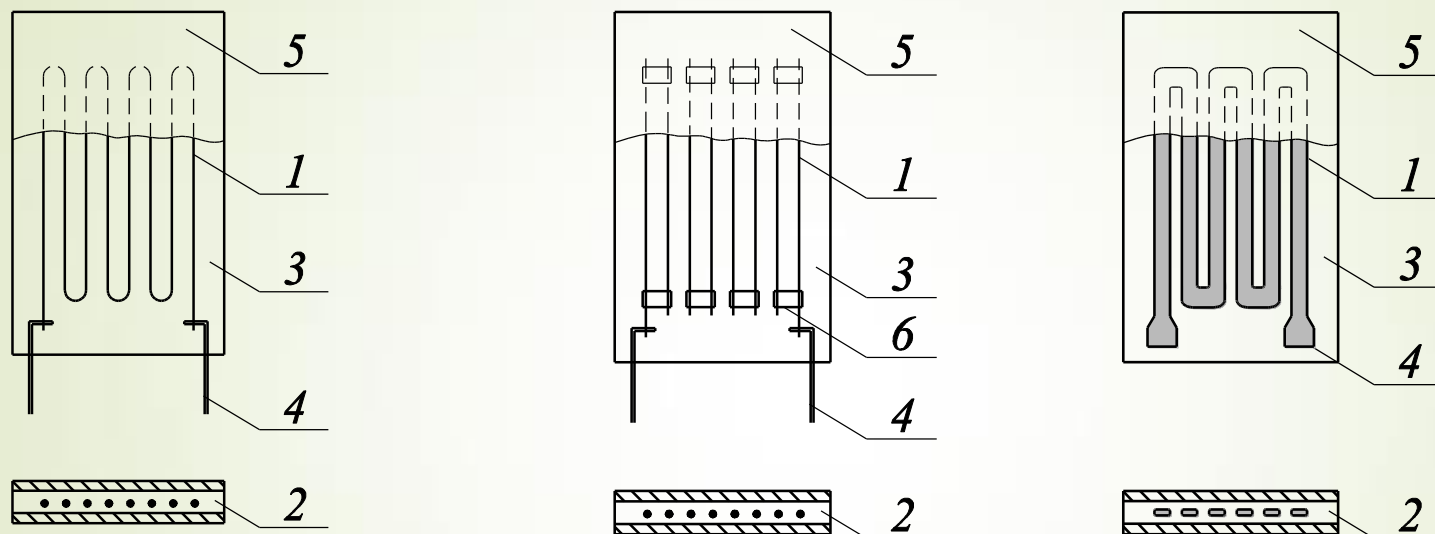
czujnik piezoelektryczny a) kryształ kwarcu, b), c) schemat czujnika piezoelektrycznego: 1 – wyjście elektryczne, 2 – zintegrowany wzmacniacz ładunku, 3 – element napinający, 4 – masa sejsmiczna, 5 – element piezoelektryczny

CZUJNIKI INDUKCYJNE



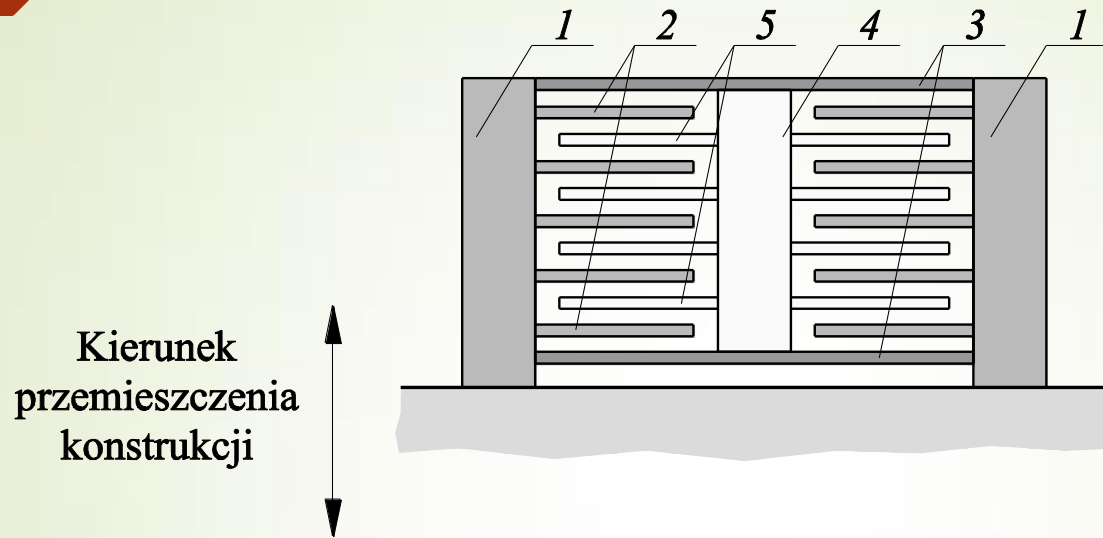
Transformator różnicowy a) schemat układu, b) napięcia w uzwojeniu pierwotnym (U_1) i wtórnym (U_{21} ma przeciwną fazę w stosunku do U_{22}), c) charakterystyka czujnika

CZUJNIKI TENSOMETRYCZNE

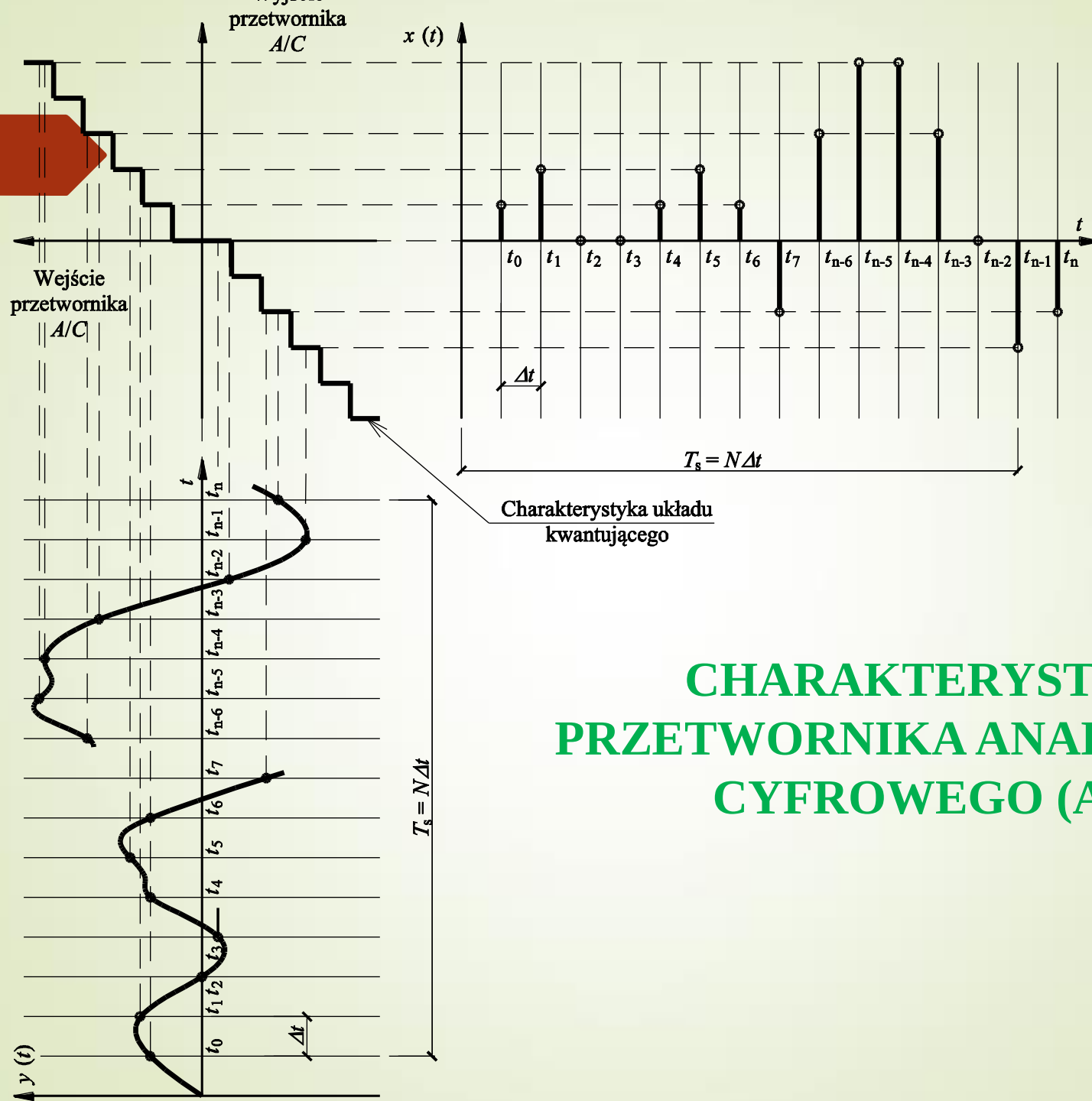


Szkic tensometrów a) tensometr drucikowy, b) tensometr kratowy, c) tensometr foliowy: 1 – cienki drut oporowy w tensometrach drucikowym i kratowym, cienka folia metalowa w tensometrze foliowym, 2 – klej, 3 – podkładka, 4 – grubsze druty, 5 – podkładka, 6 – miedziana taśma

CZUJNIKI POJEMNOŚCIOWE

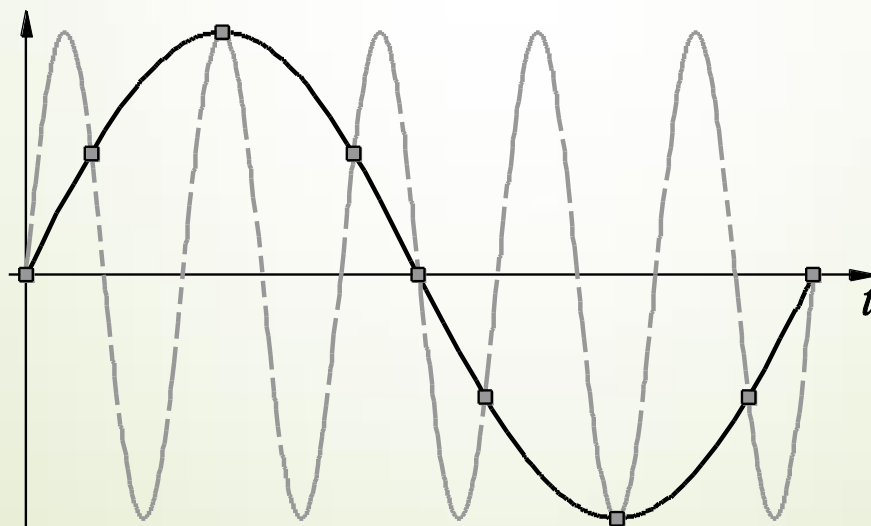
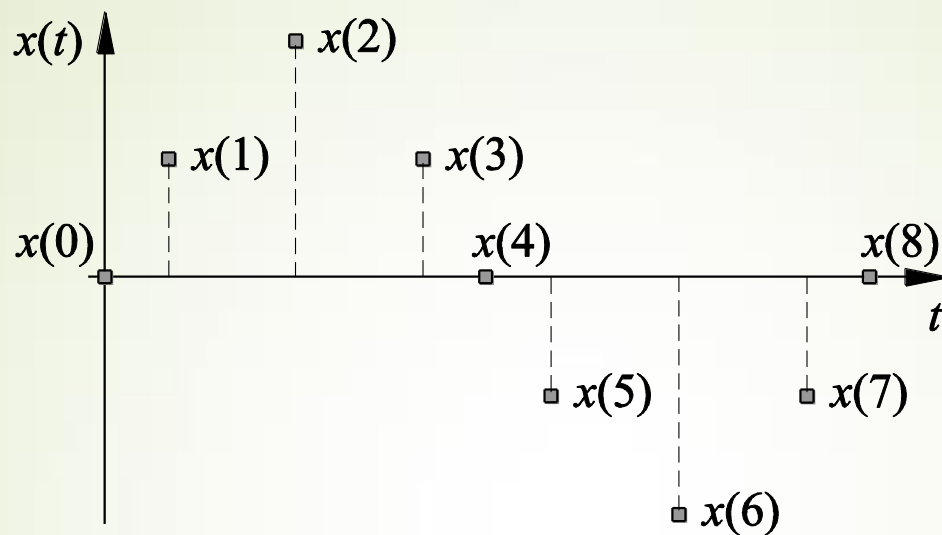


Struktura czujnika pojemnościowego: 1 – obudowa mocowana do konstrukcji, 2 – pakiet płytek zamocowany do obudowy, 3 – zawieszki sprężyste, 4 – masa sejsmiczna, 5 - pakiet płytek zamocowany do masy sejsmicznej

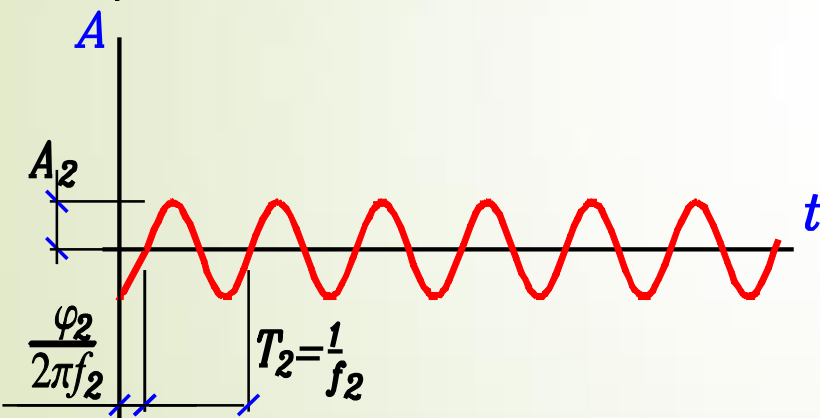
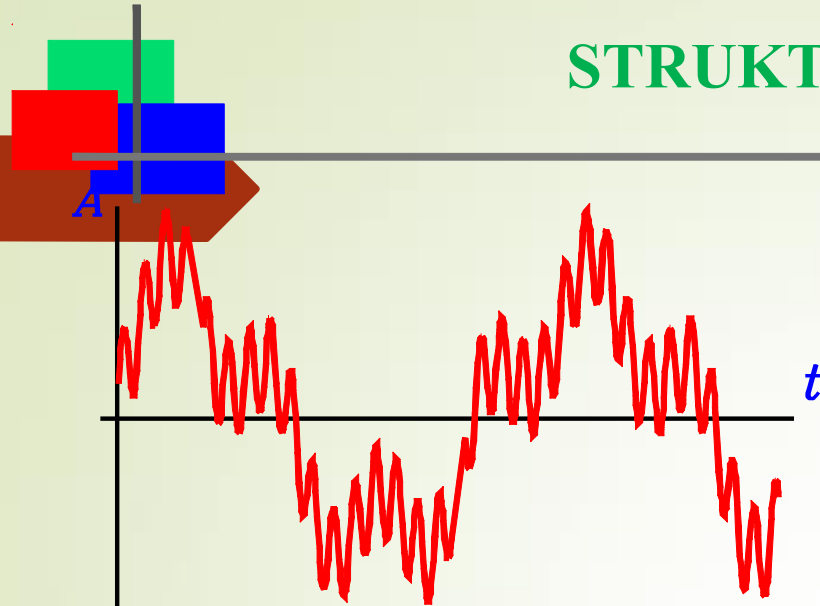


CHARAKTERYSTYKA PRZETWORNIKA ANALOGOWO- CYFROWEGO (A/C)

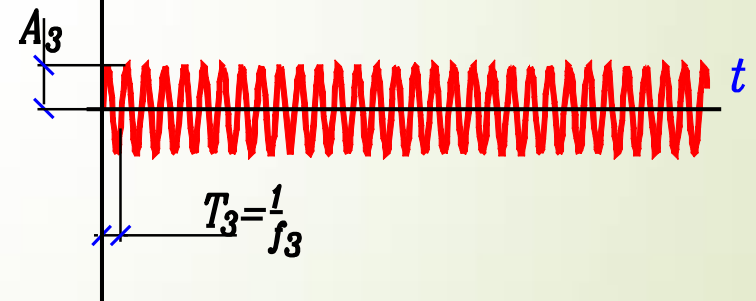
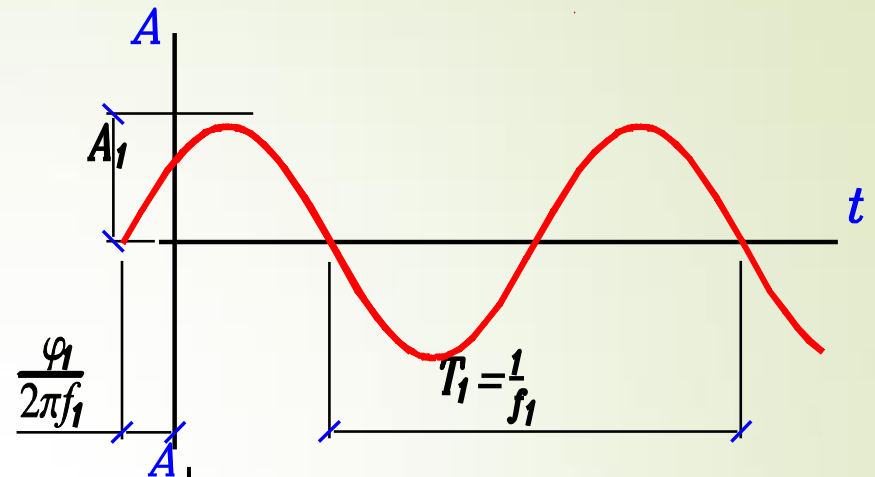
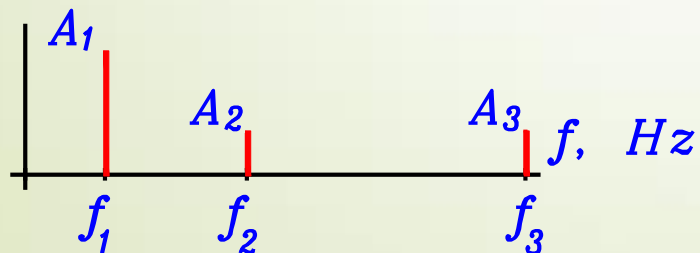
SYGNAŁ CYFROWY



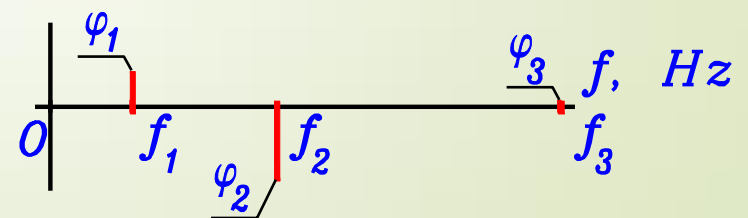
STRUKTURA SYGNAŁU

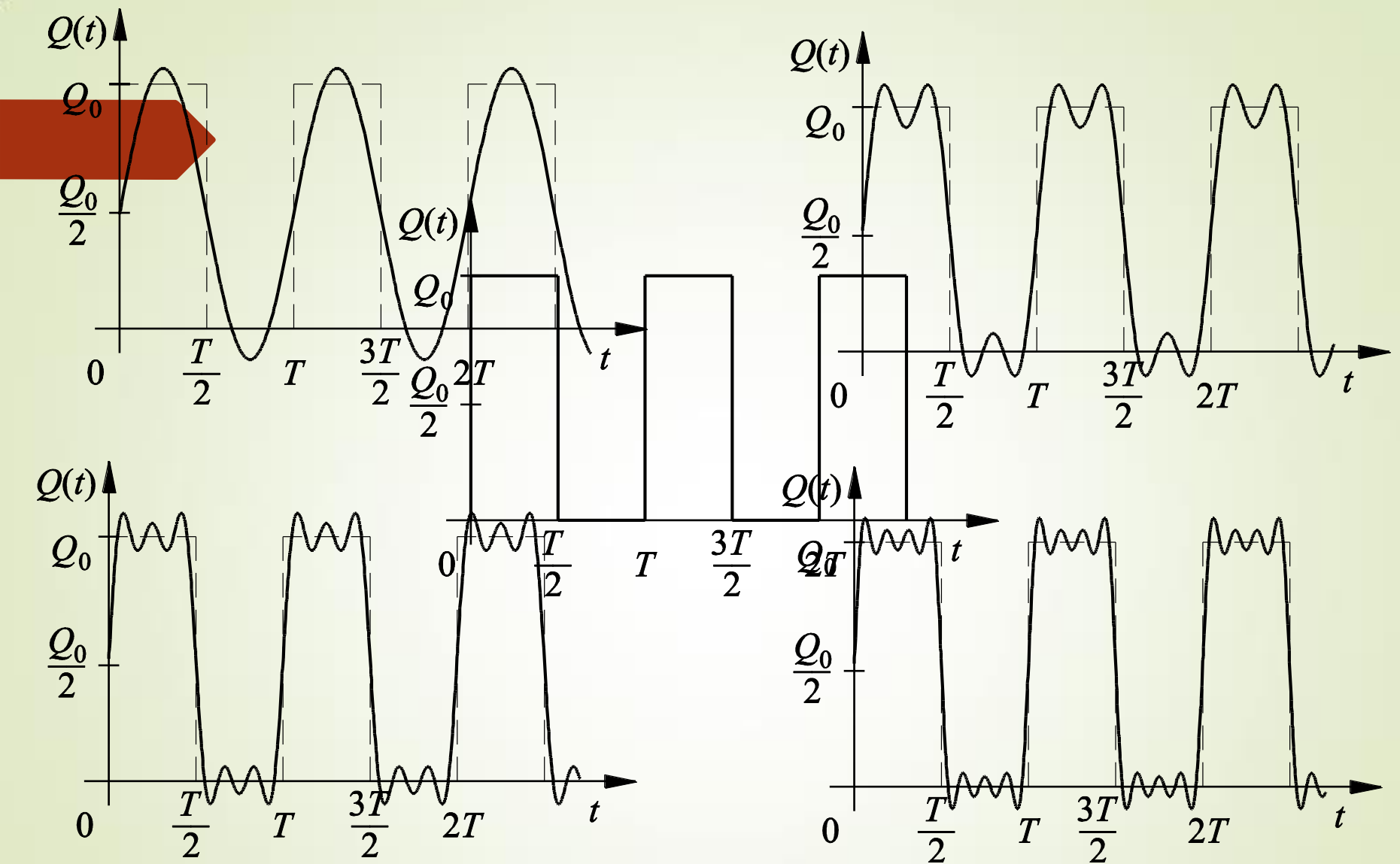


Widmo amplitudowe



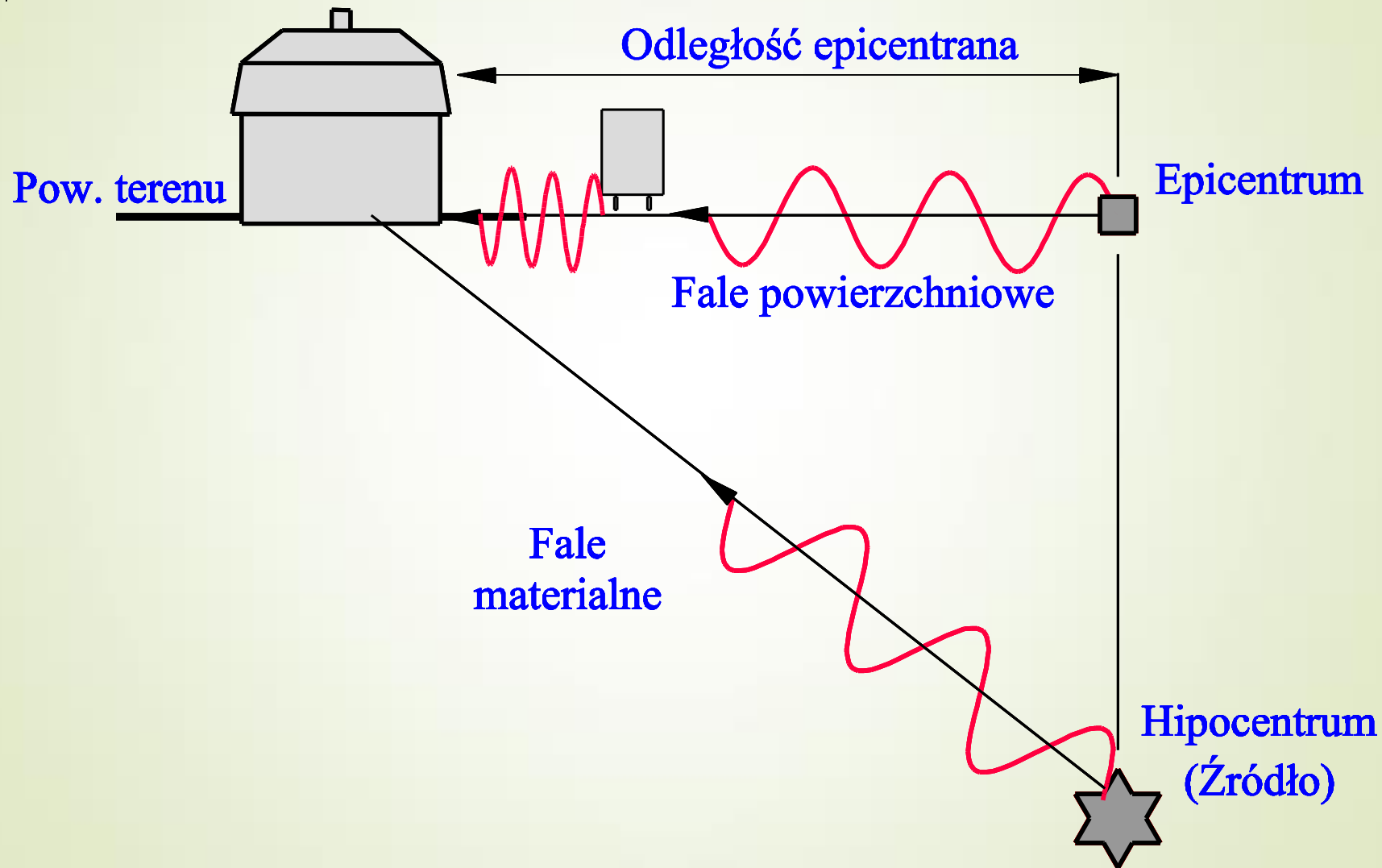
Widmo fazowe



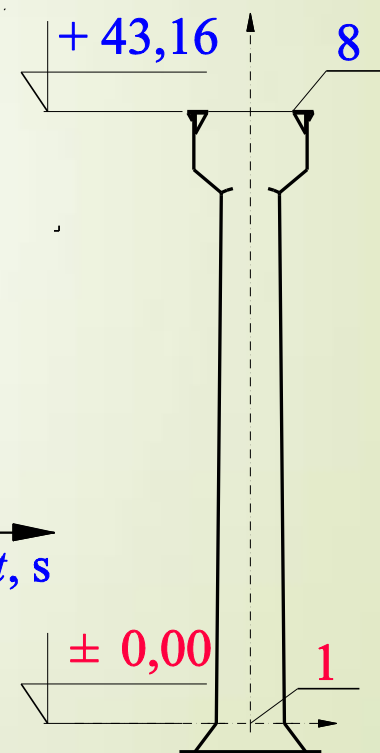
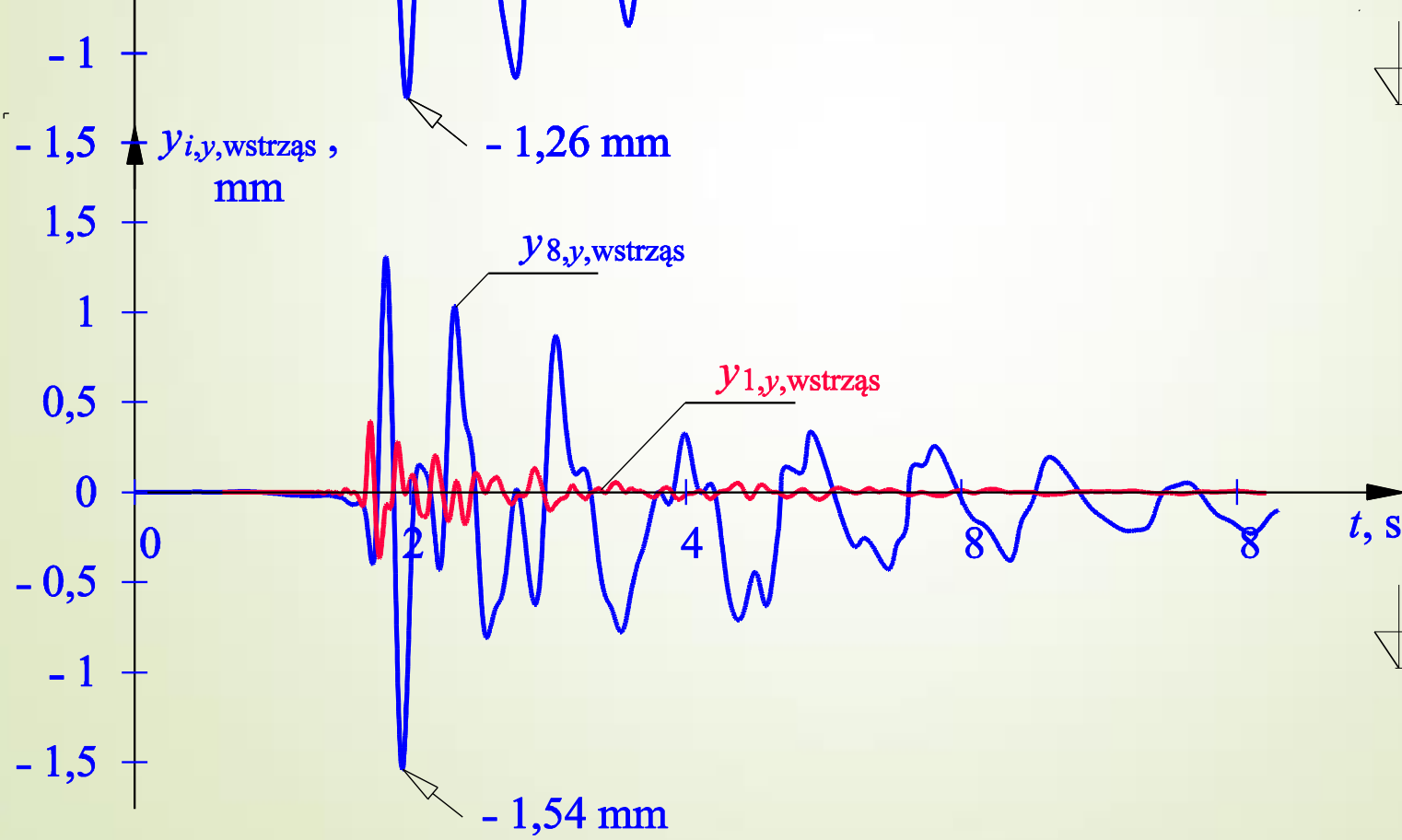
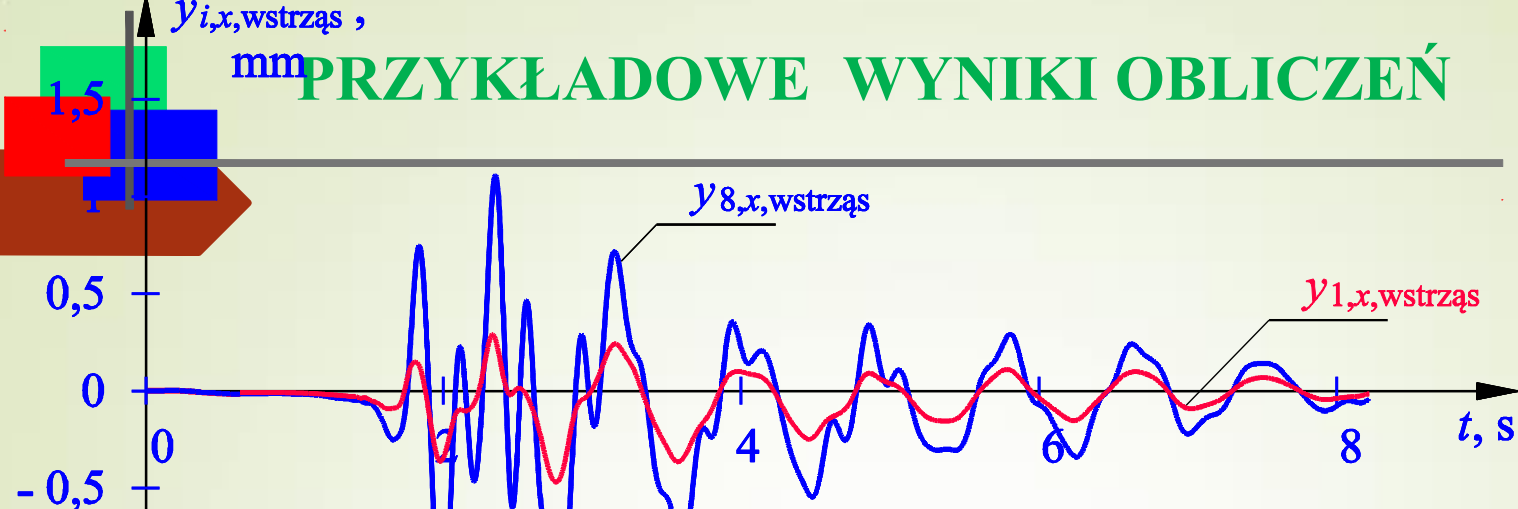


$$Q(t) = \frac{Q_0}{2} + \frac{2Q_0}{\pi} \sin p_1 t + \frac{2Q_0}{3\pi} \sin p_3 t + \frac{2Q_0}{5\pi} \sin p_5 t + \dots = \frac{Q_0}{2} + \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{2Q_0}{\pi n} \sin n p_1 t.$$

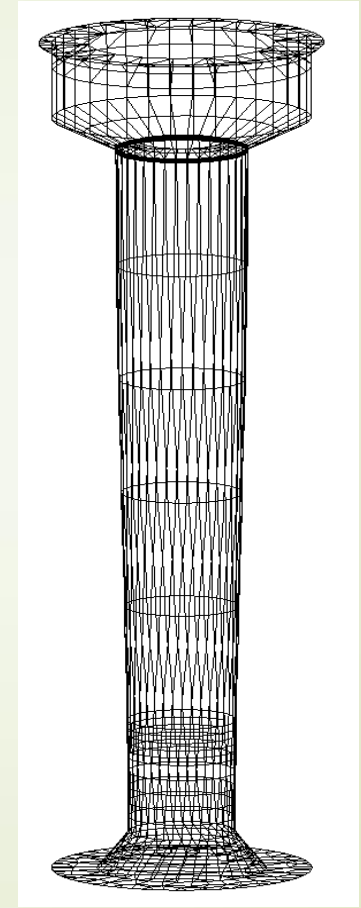
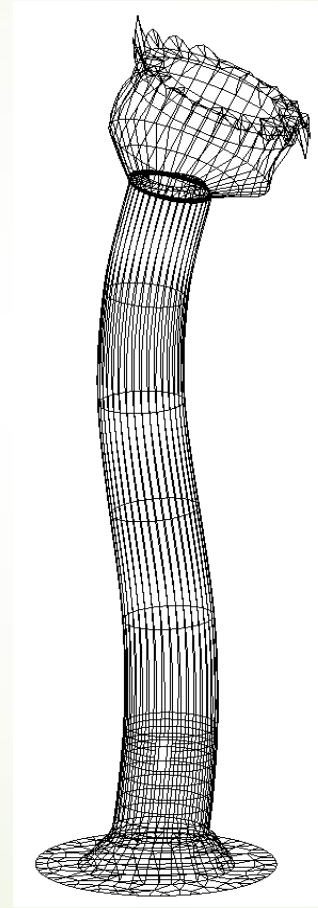
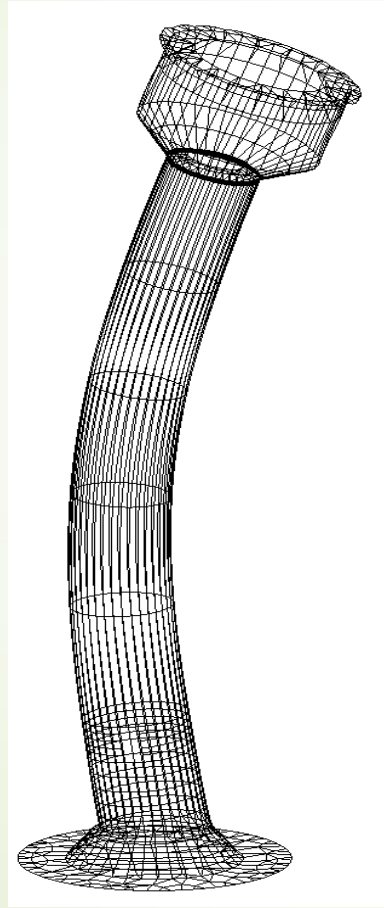
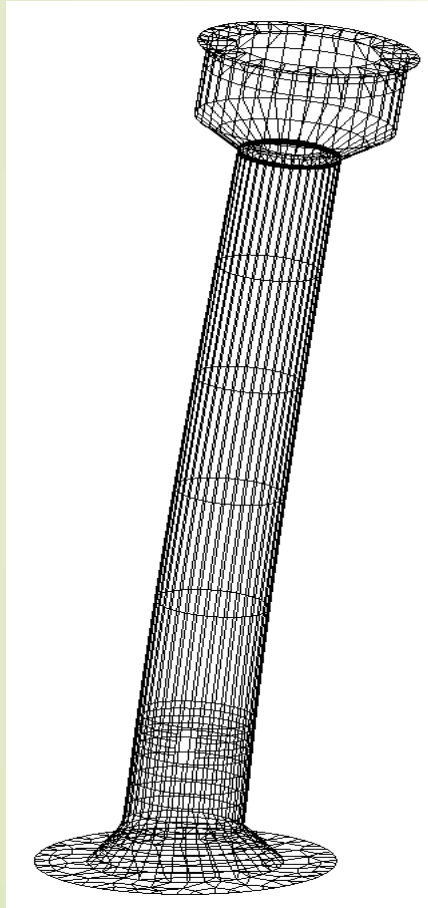
ODDZIAŁYWANIE DRGAŃ NA OBIEKTY



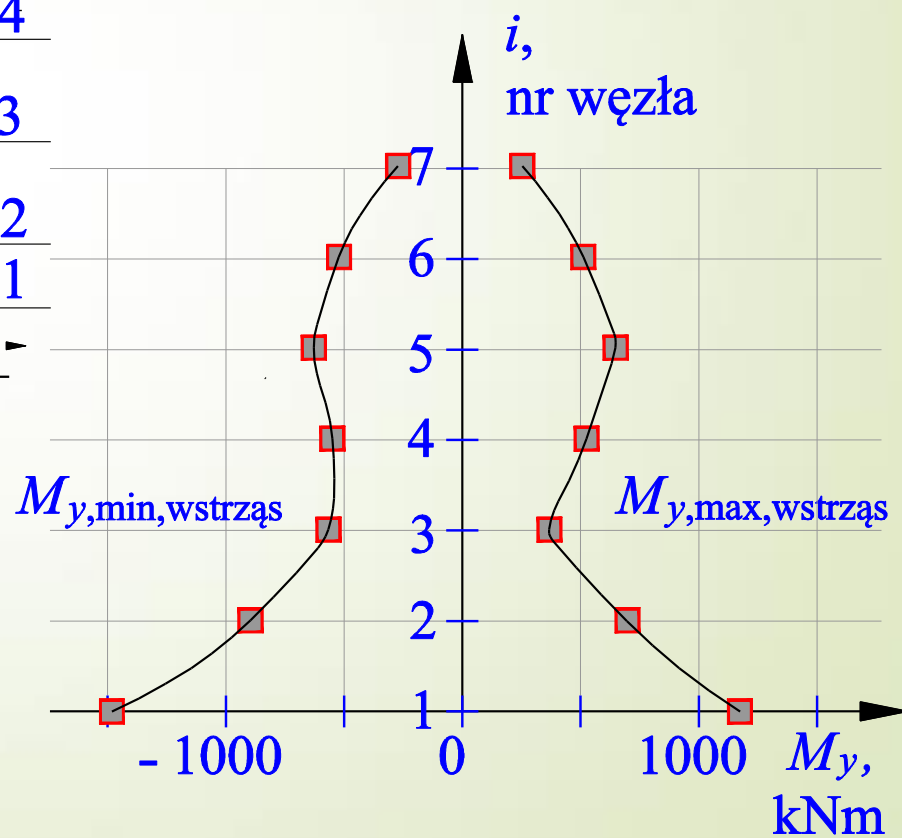
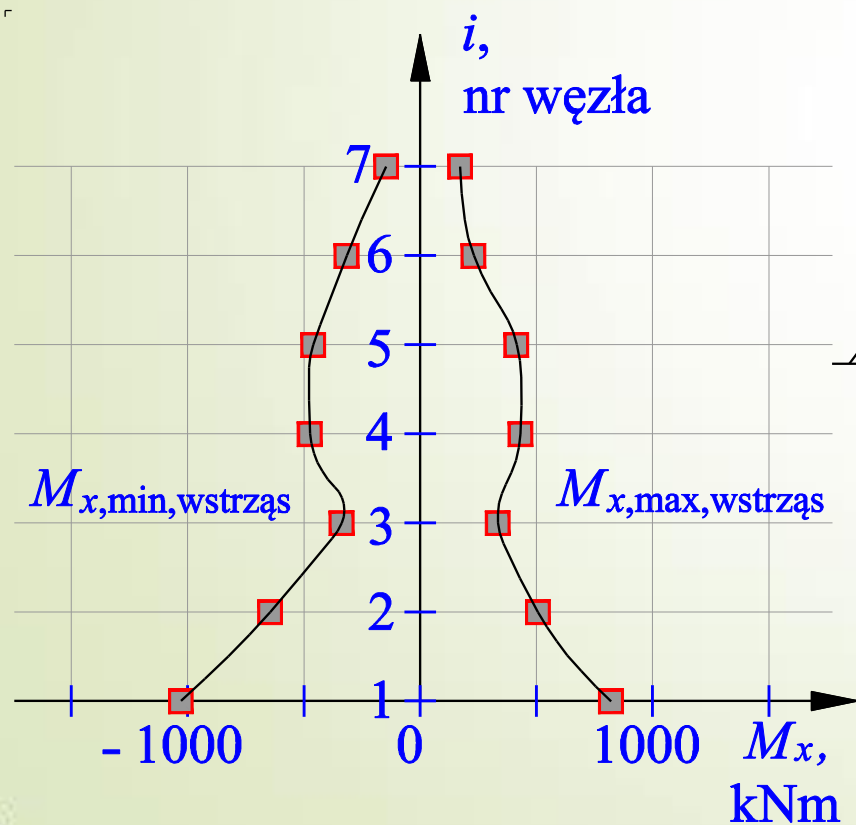
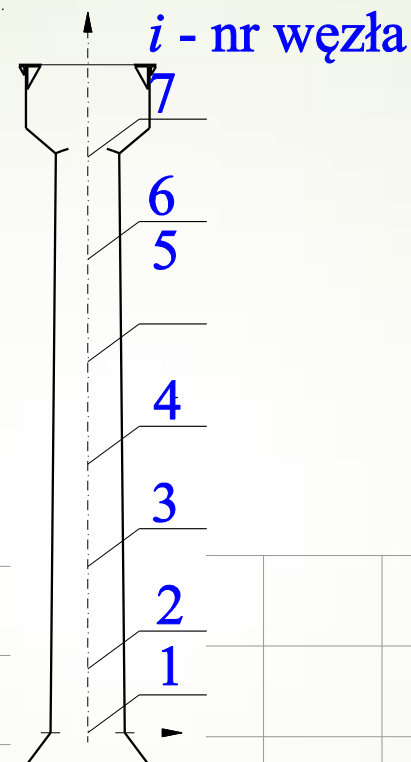
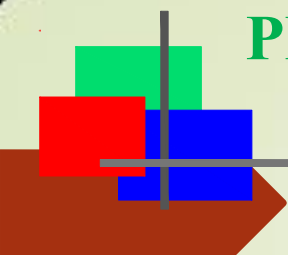
PRZYKŁADOWE WYNIKI OBLICZEŃ



POSTACIE DRGAŃ WŁASNYCH



PRZYKŁADOWE WYNIKI OBLICZEŃ - OBWIEDNIA MOMENTÓW ZGINAJĄCYCH



PRZYKŁADY BADAŃ



wysokość = 12 m,
masa = 12ton



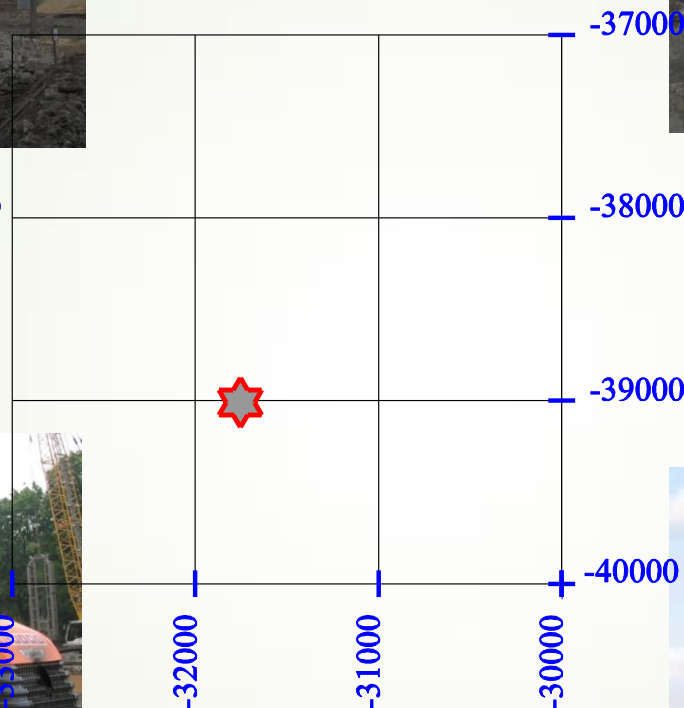
Tramwaj Konstal
Masa = 6,8 tony



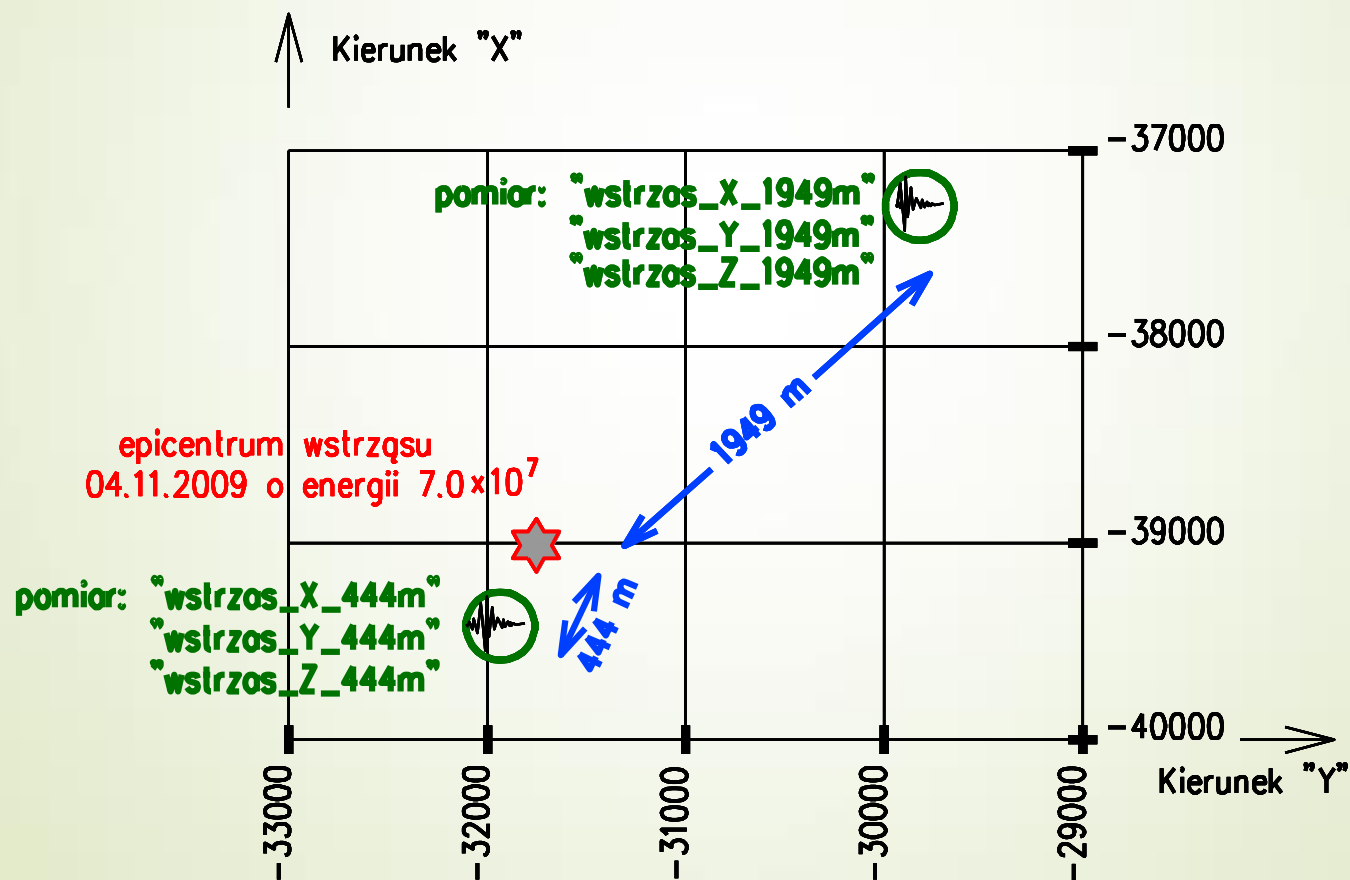
Walec Hamm 3307.
Masa = 6,8 tony



Lokomotywa ET22.
Masa = 120 ton

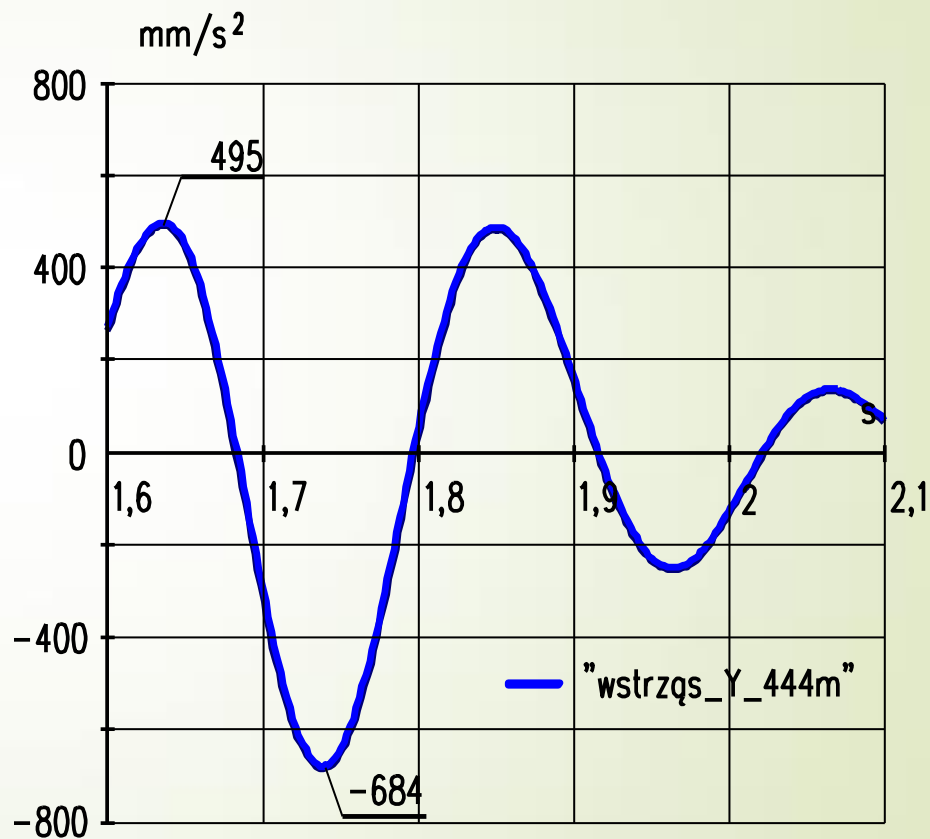
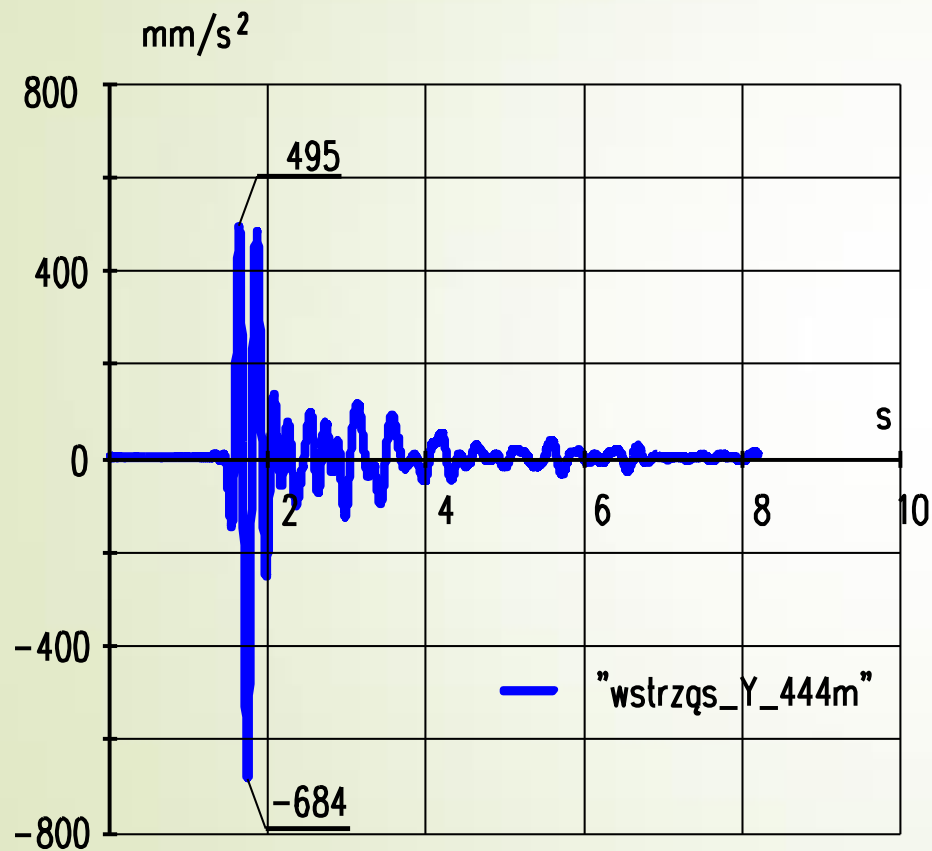


WSTRZAŚ TERENU GÓRNICZEGO



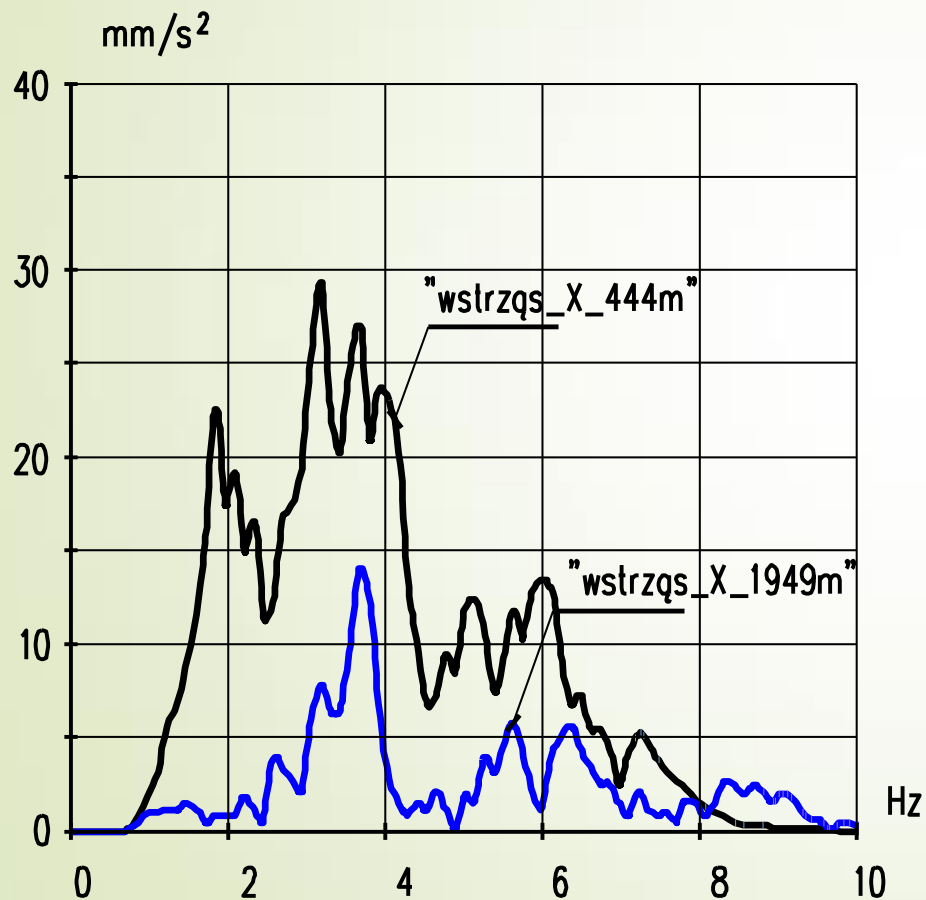
WSTRZAŚ TERENU GÓRNICZEGO - WYNIKI POMIARÓW -

Przebieg czasowy. Odległość epicentralna 444 m

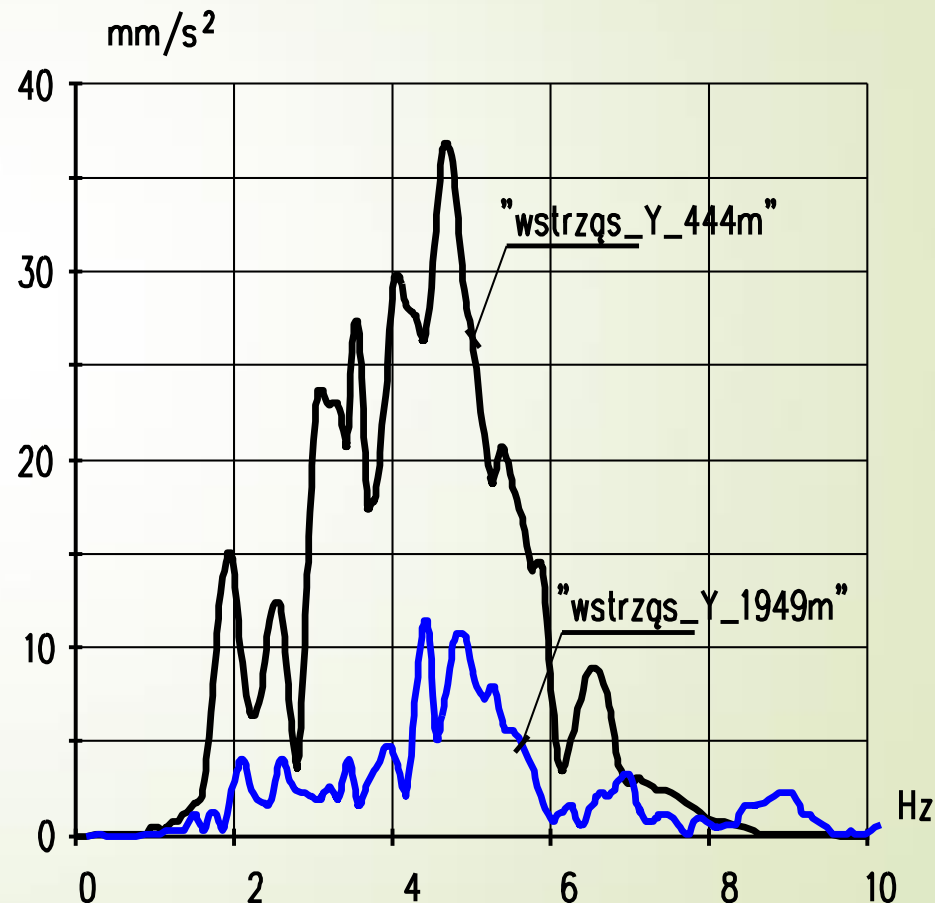


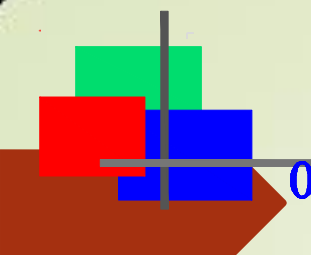
WSTRZAŚ TERENU GÓRNICZEGO– WIDMO

Widmo – kierunek „X”



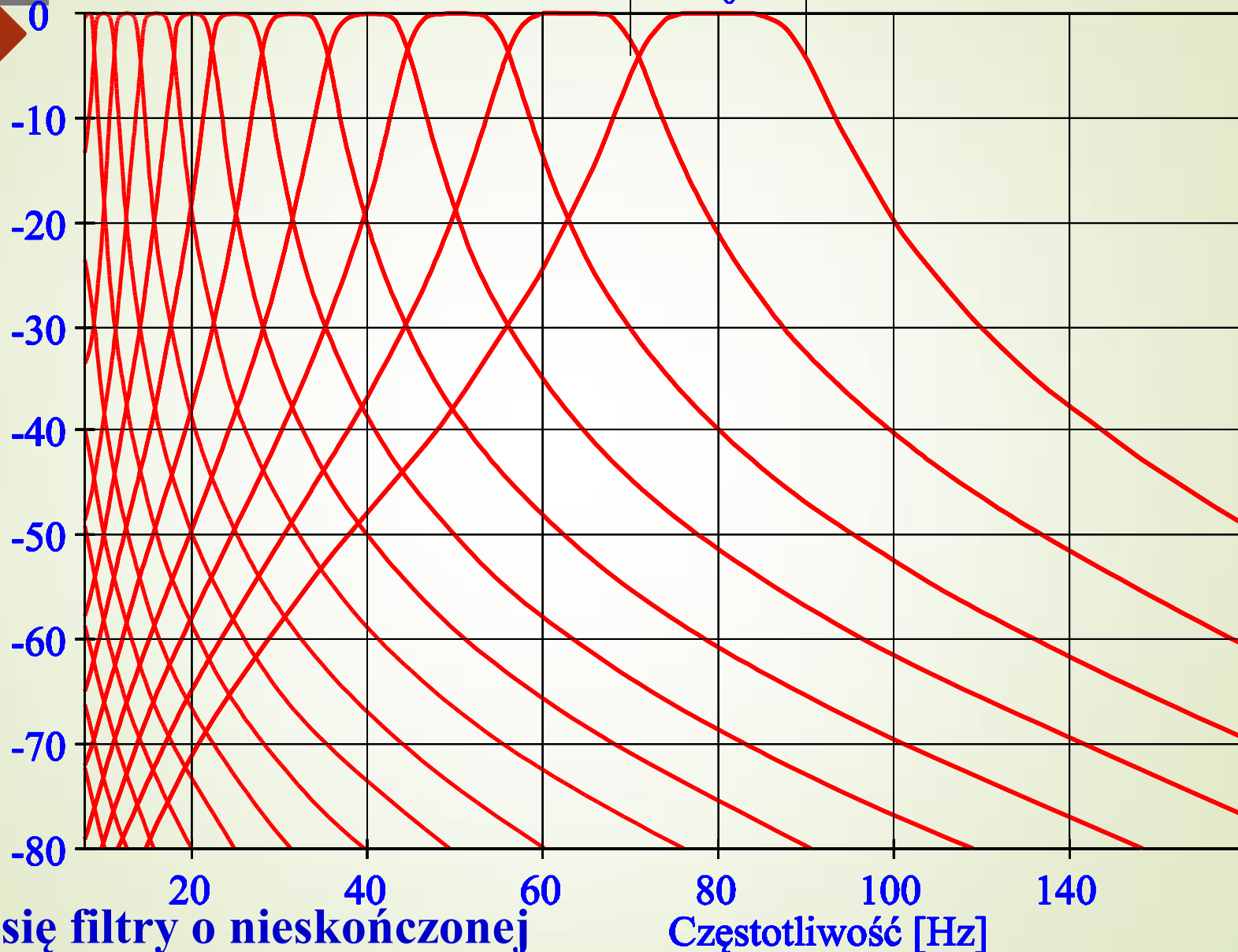
Widmo – kierunek „Y”





FILTRY TERCJOWE

Tumienie [dB]



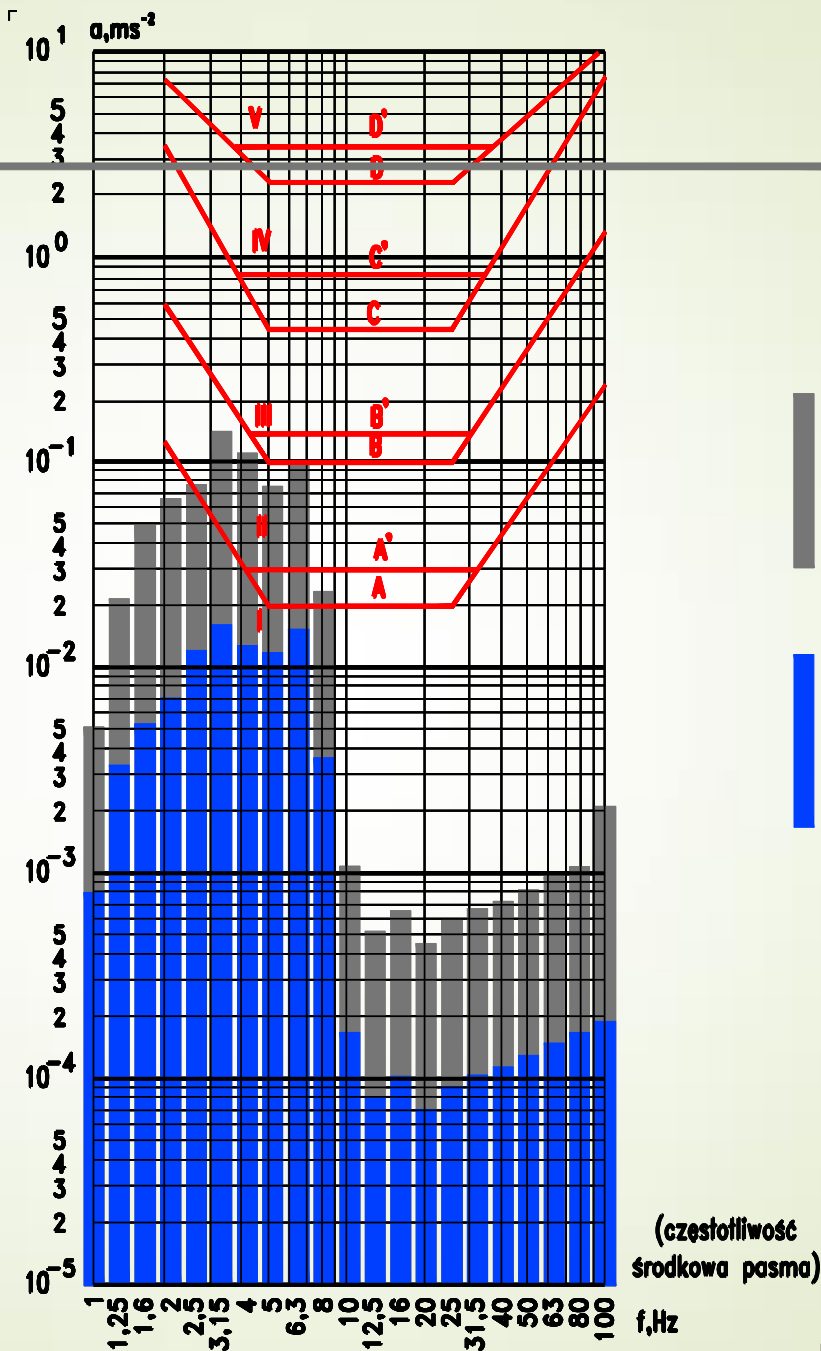
Stosuje się filtry o nieskończonej
odpowiedzi impulsowej (NOI)

ANALIZA TERCJALNA

Oznaczenie stref:

- I - drgania nieodczuwalne przez budynek
- II - pierwsze rysy na tynkach
- III - rysy na elementach konstrukcyjnych
- IV - lokalne niszczenie konstrukcji
- V - awaria konstrukcji

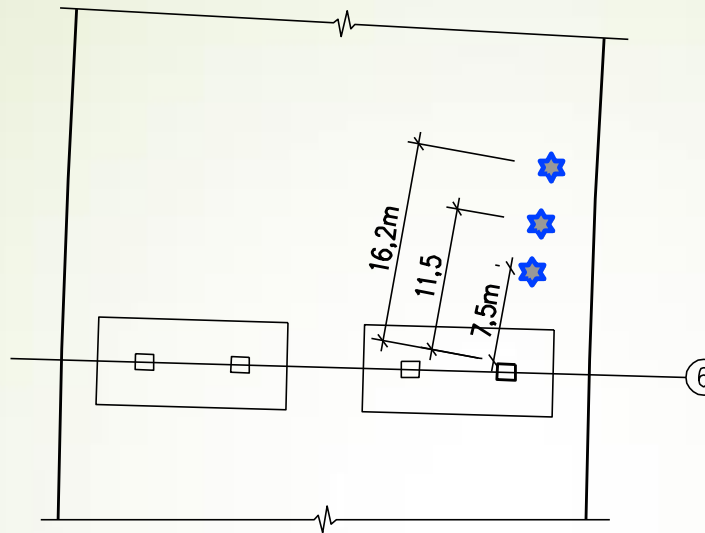
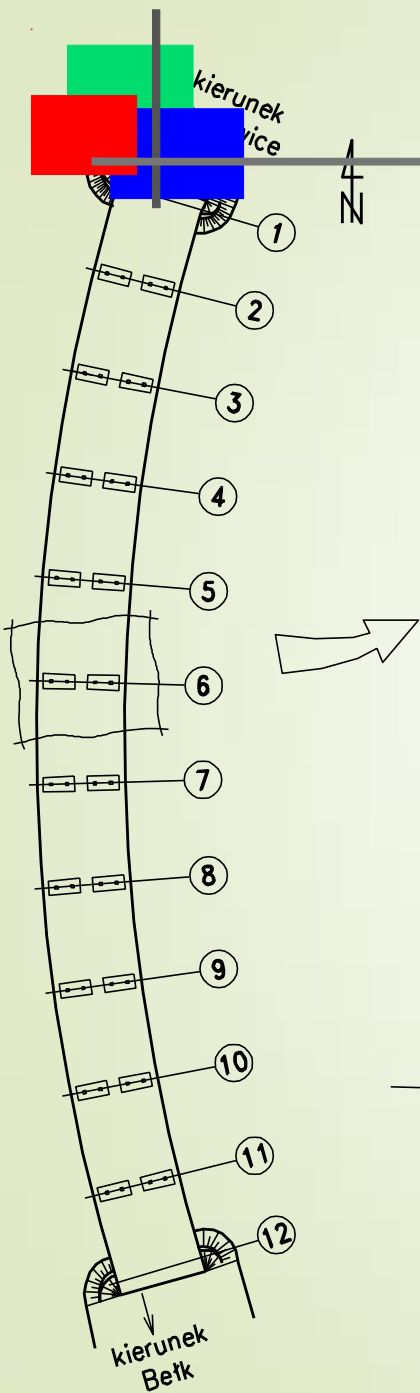
PN-85/B-02170. Ocena
szkodliwości drgań
przekazywanych przez
podłoże na budynki



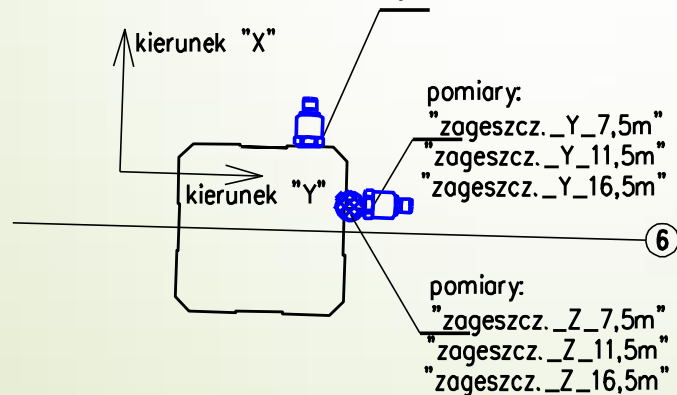
Odległość
epicentralna
444 m

Odległość
epicentralna
1949 m

DYNAMICZNE ZAGĘSZCZANIE – PRZEBIEG POMIARÓW –



pomiary:
"zageszcz._X_7,5m"
"zageszcz._X_11,5m"
"zageszcz._X_16,5m"



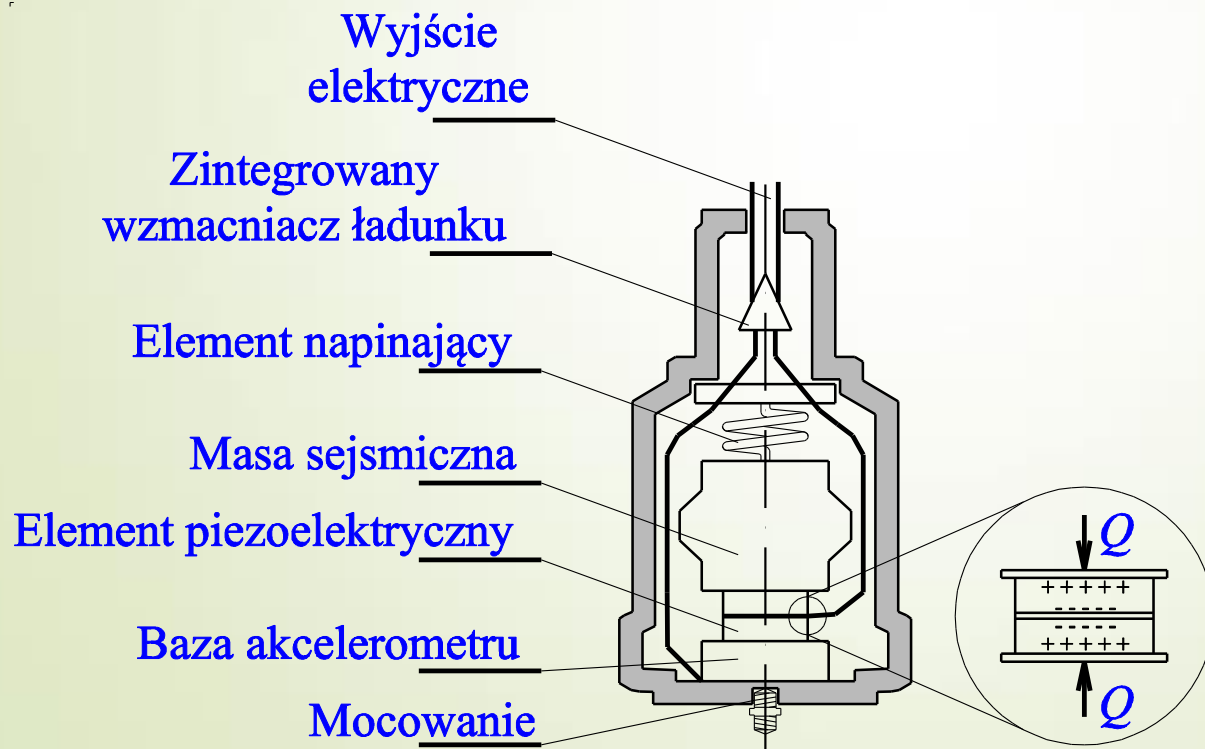
pomiary:
"zageszcz._Y_7,5m"
"zageszcz._Y_11,5m"
"zageszcz._Y_16,5m"

pomiary:
"zageszcz._Z_7,5m"
"zageszcz._Z_11,5m"
"zageszcz._Z_16,5m"



JEDNOKIERUNKOWY CZUJNIK DRGAŃ

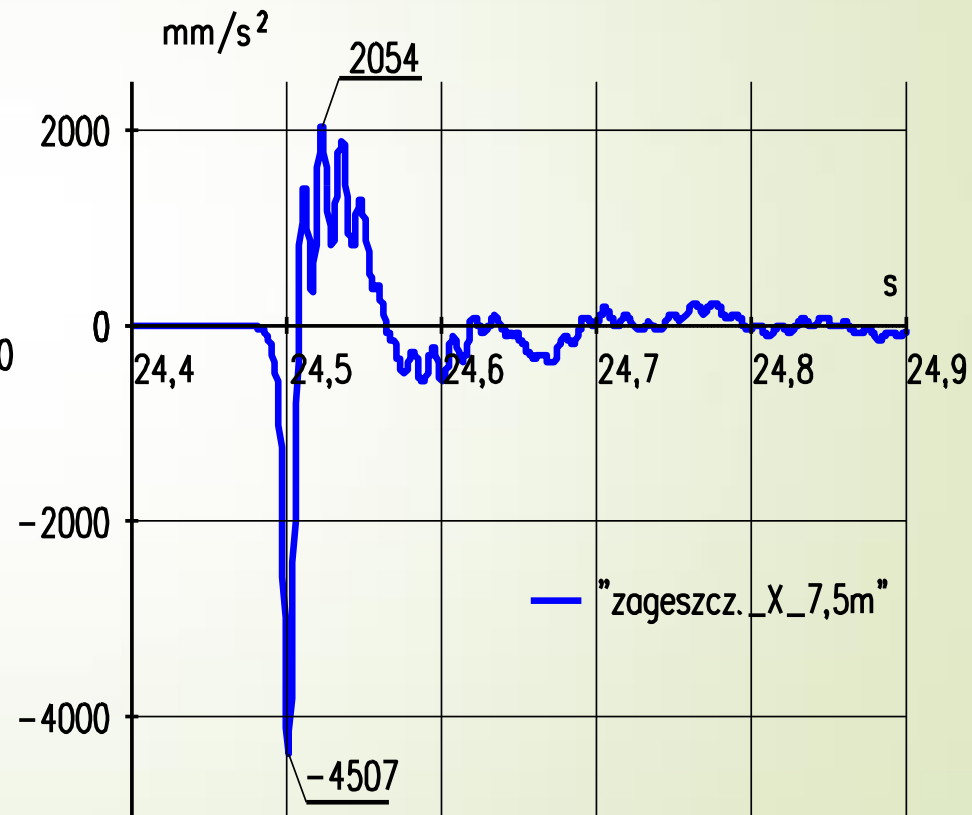
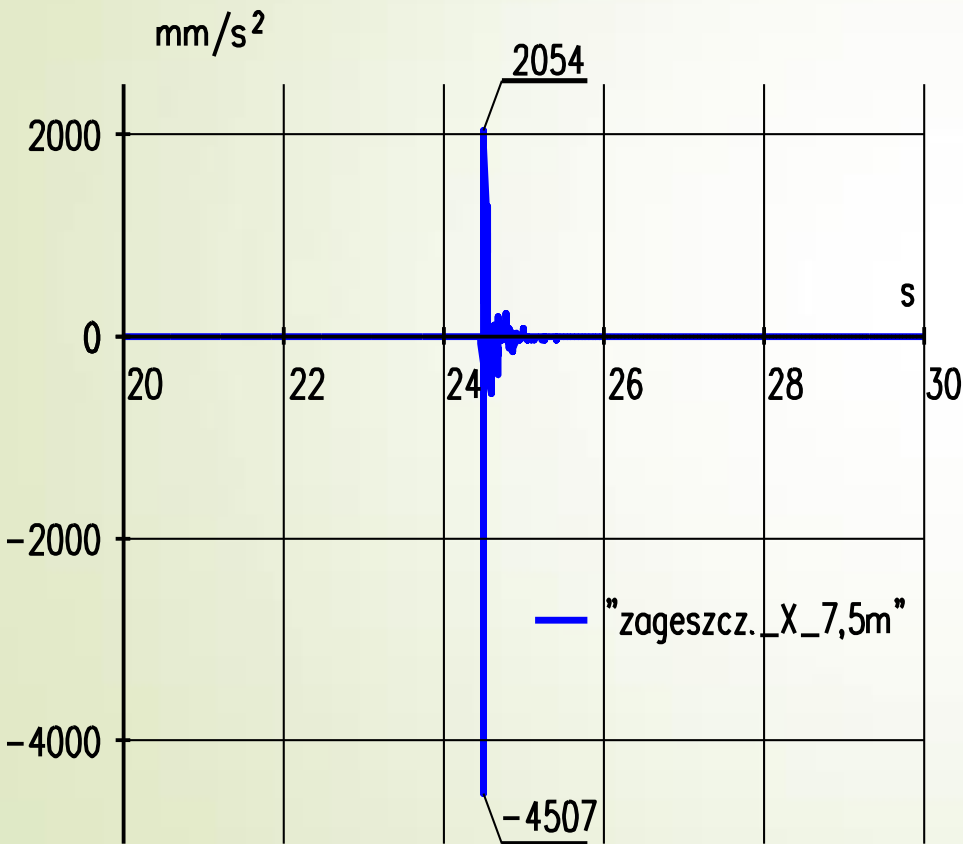
- zakres mierzonych częstotliwości $0,3 \div 4000 \text{ Hz}$,
- czułość 1000 mV/g ($g=9,81 \text{ m/s}^2$),
- zakres mierzonych przyspieszeń $\pm 50 \text{ m/s}^2$.



DYNAMICZNE ZAGĘSZCZANIE

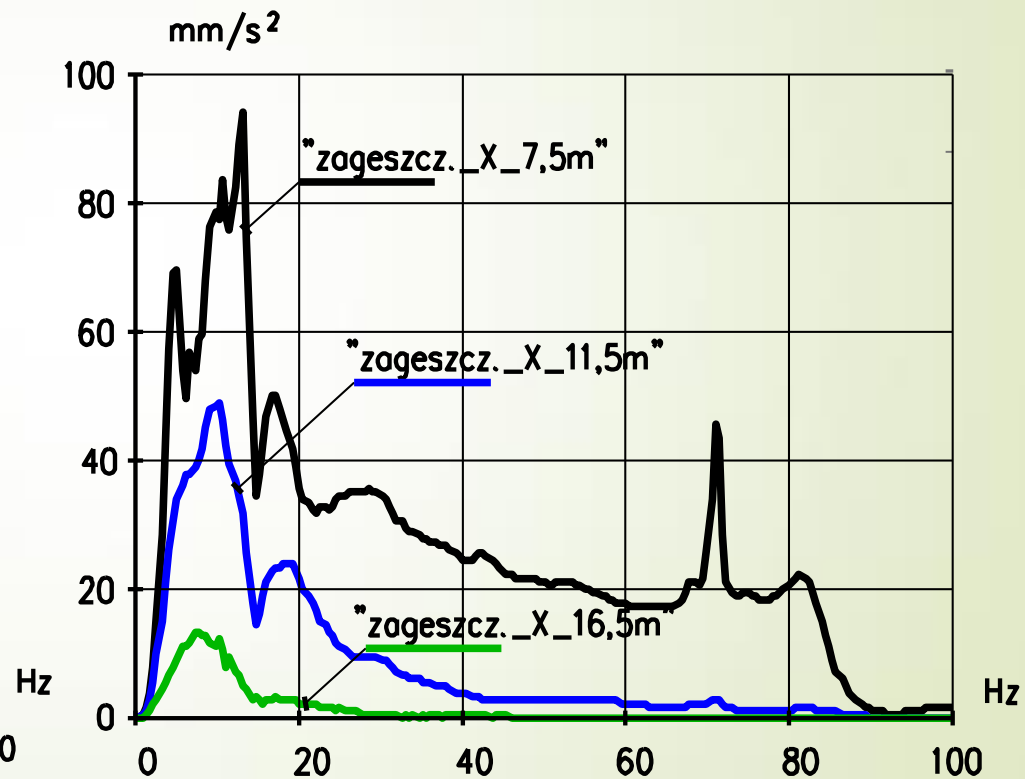
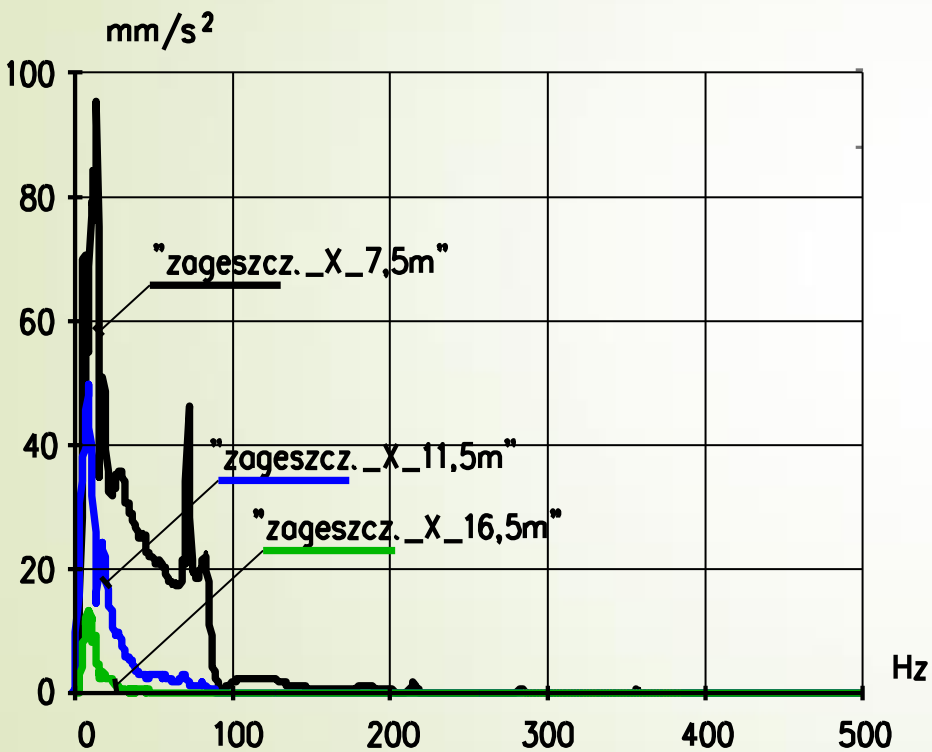
– WYNIKI POMIARÓW –

Zapis czasowy

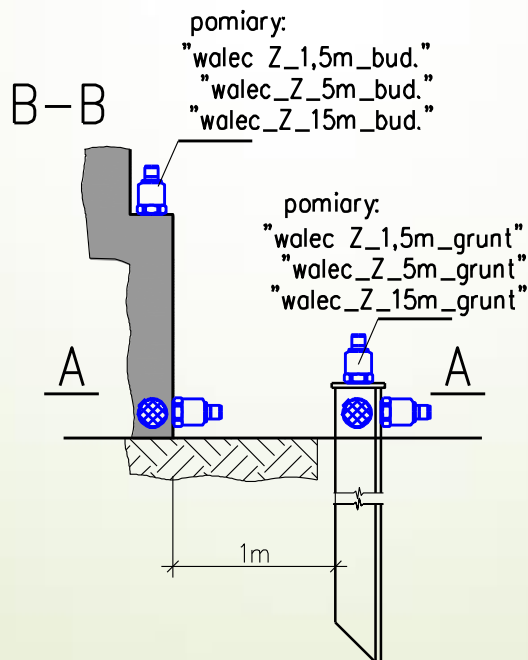
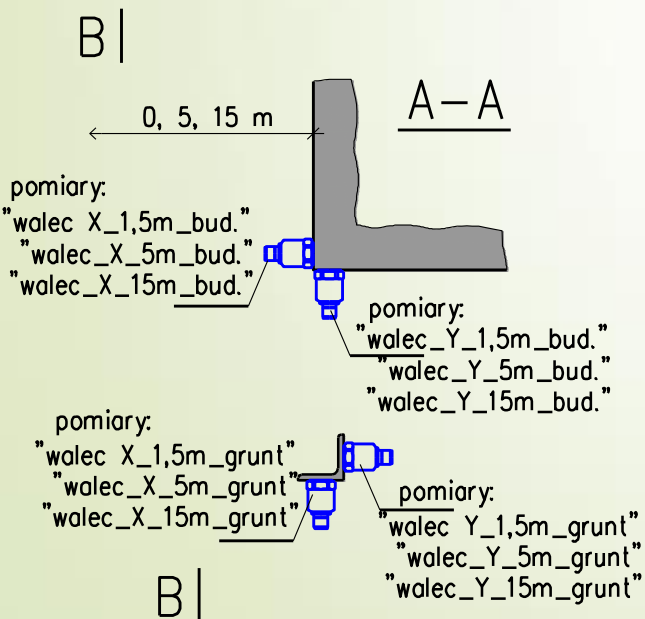
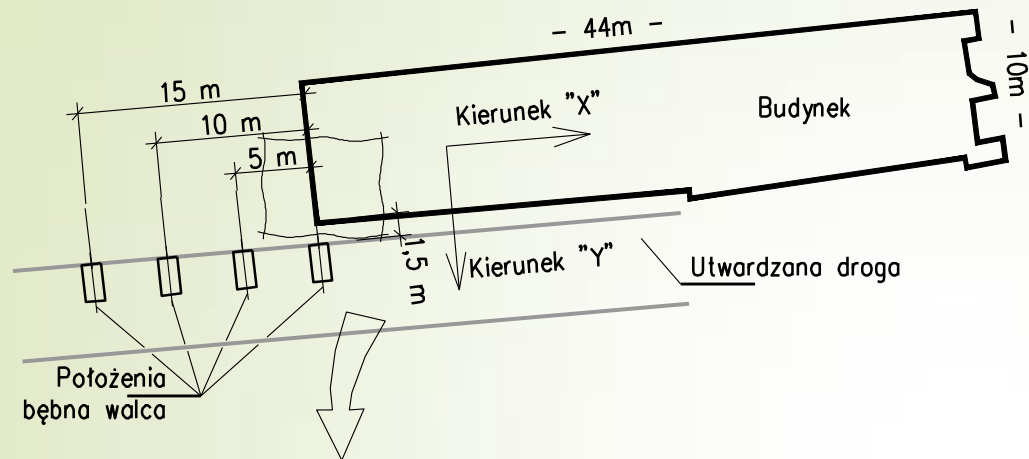


DYNAMICZNE ZAGĘSZCZANIE – WYNIKI POMIARÓW –

Widmo amplitudowe



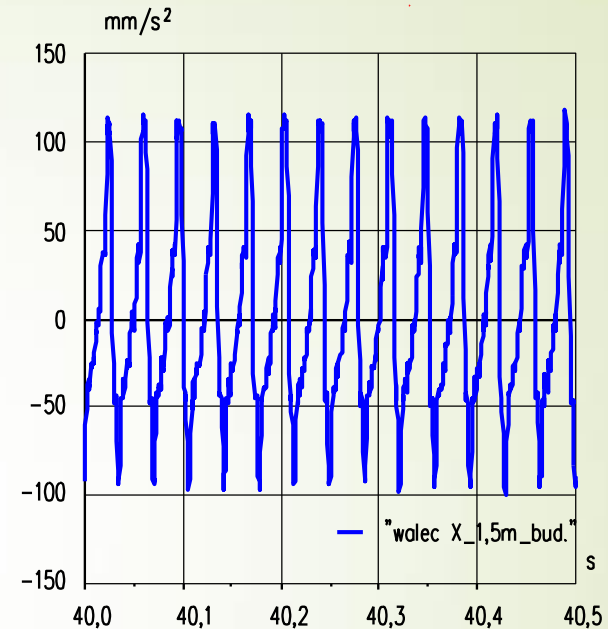
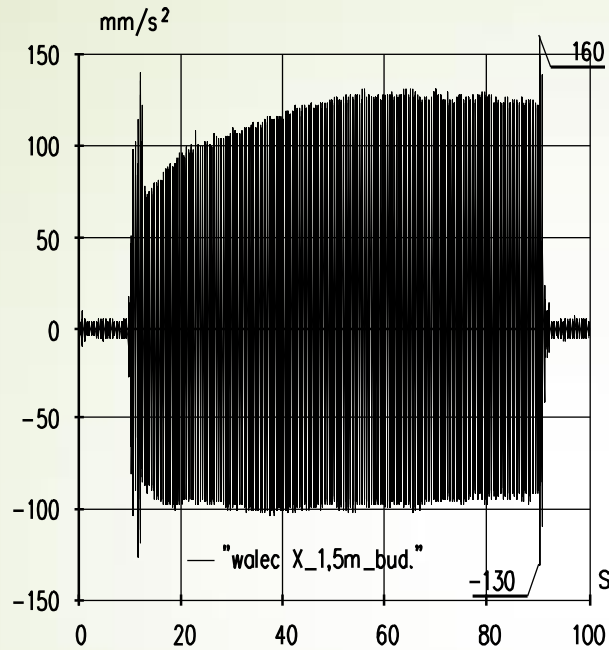
PRACA WALCA WIBRACYJNEGO – PRZEBIEG POMIARÓW –



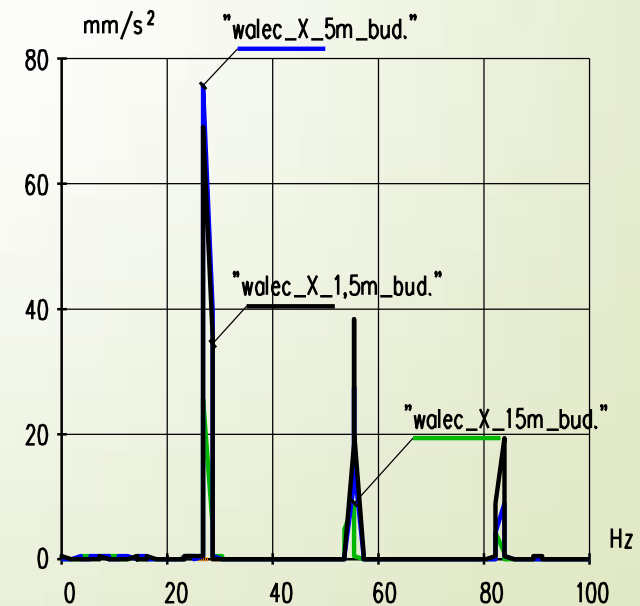
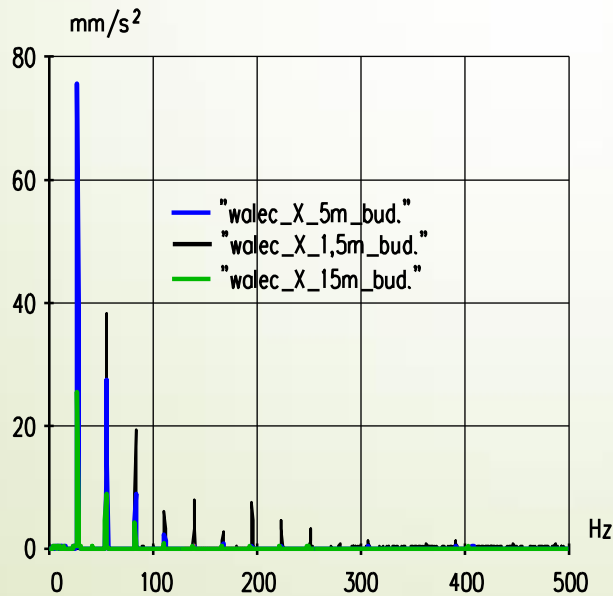
PRACA WALCA WIBRACYJNEGO

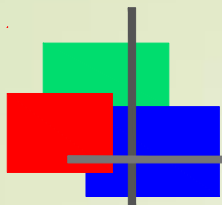
– WYNIKI POMIARÓW –

Zapis
czasowy

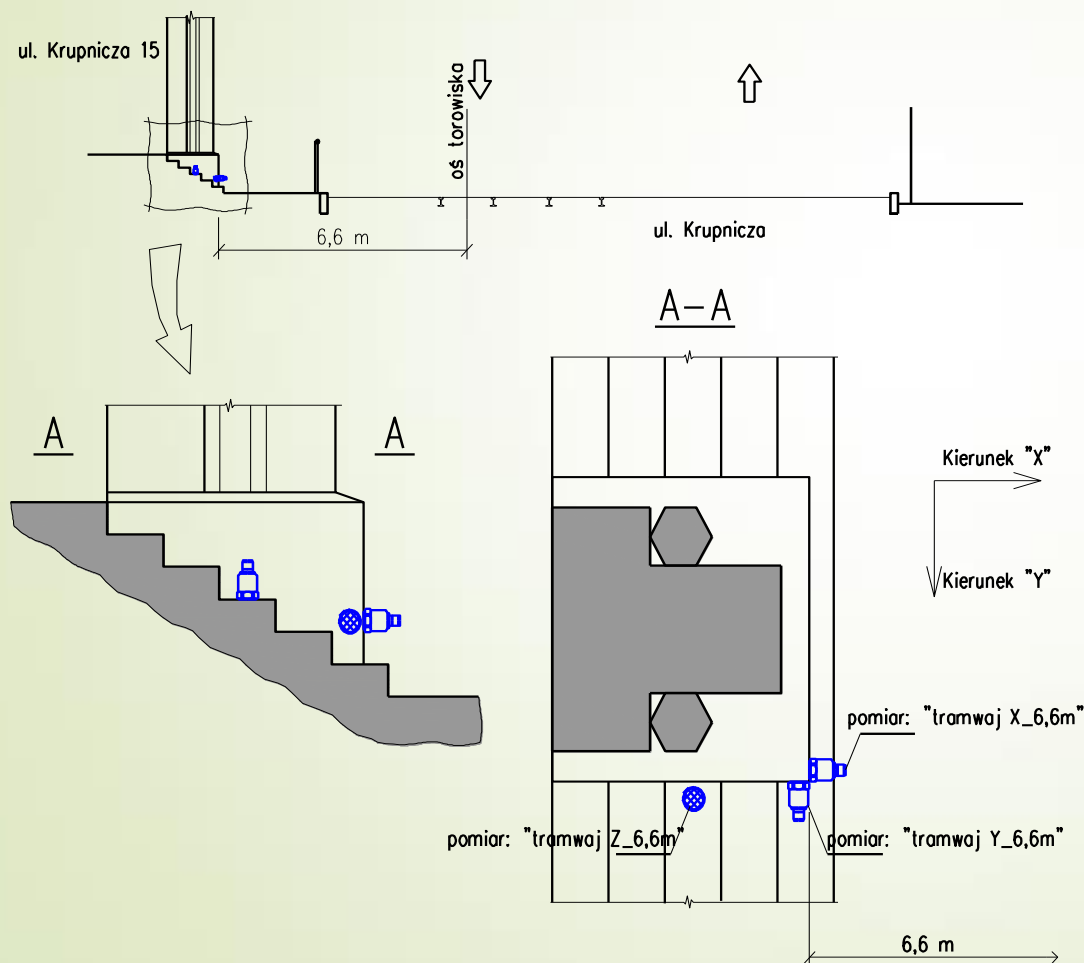


Widmo
amplitudowe



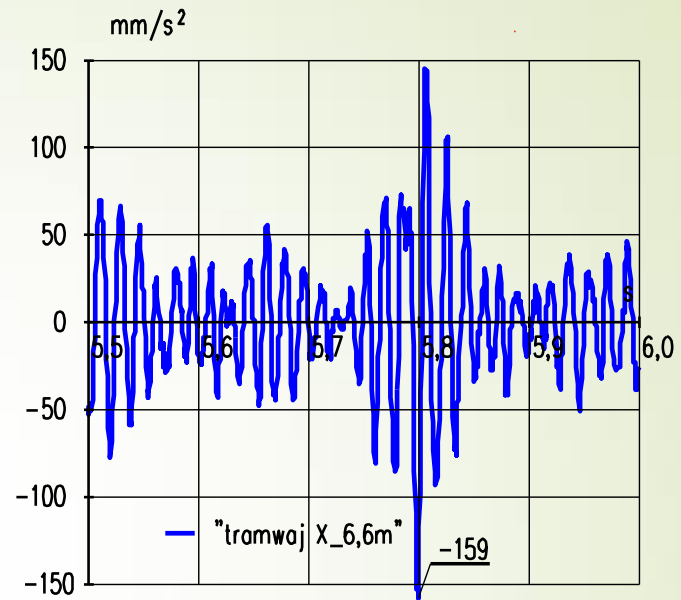
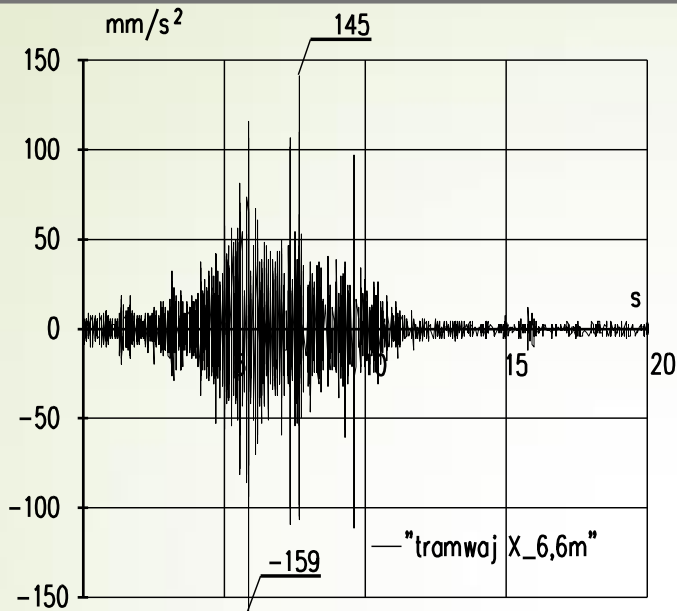


PRZEJAZD TRAMWAJU – PRZEBIEG POMIARÓW –

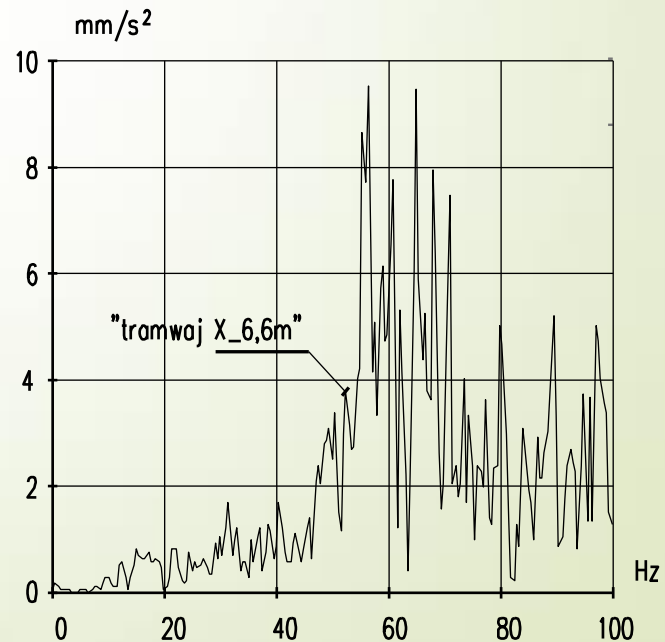
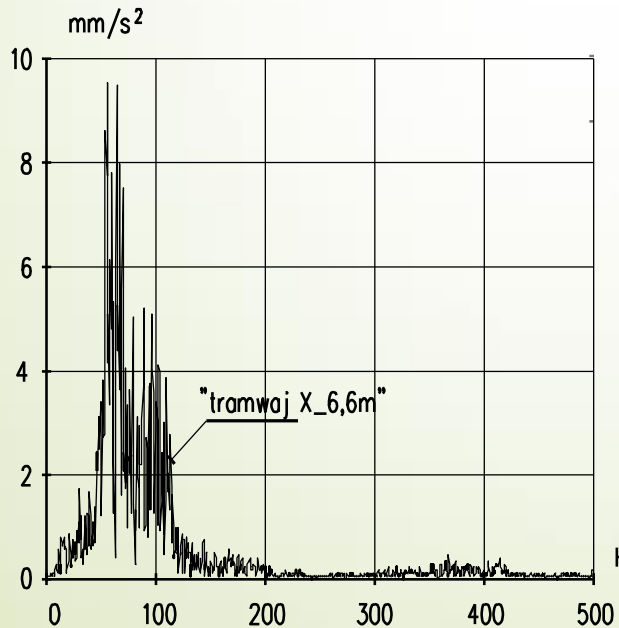


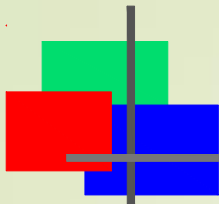
PRZEJAZD TRAMWAJU – WYNIKI POMIARÓW –

Zapis
czasowy



Widmo
amplitudowe





PRZEJAZD POCIĄGU TOWAROWEGO – PRZEBIEG POMIARÓW –

szlak kolejowy
Orzesze–Wodzisław

tor 3

tor 2

tor 1

pomiar: "pociąg_Z_10m"

10,0m

budynek nastawni
Warszowice

32m

pomiar: "pociąg_Z_32m"

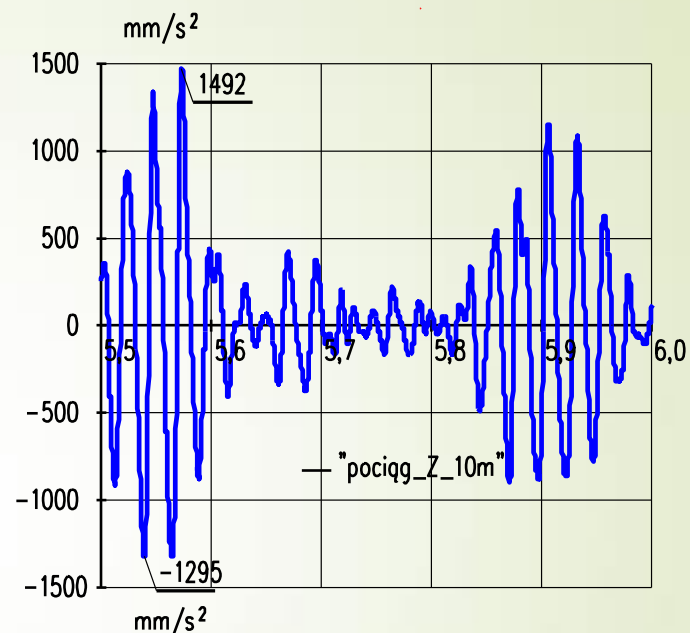
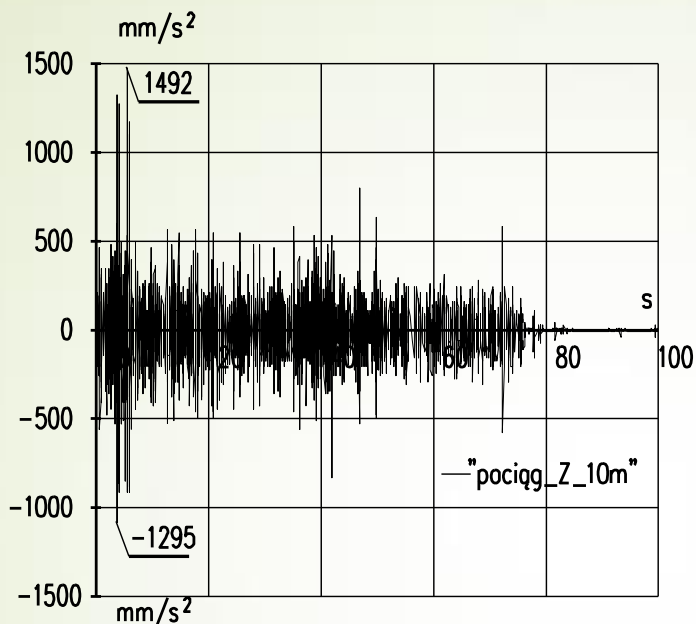
dawny budynek
wagi

ulica

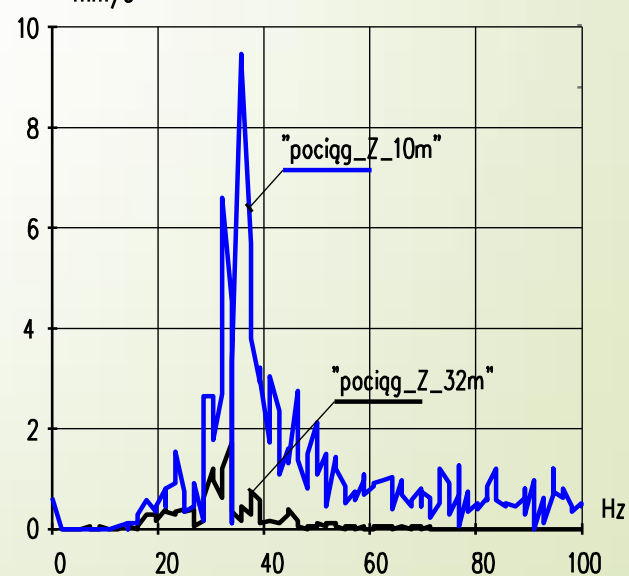
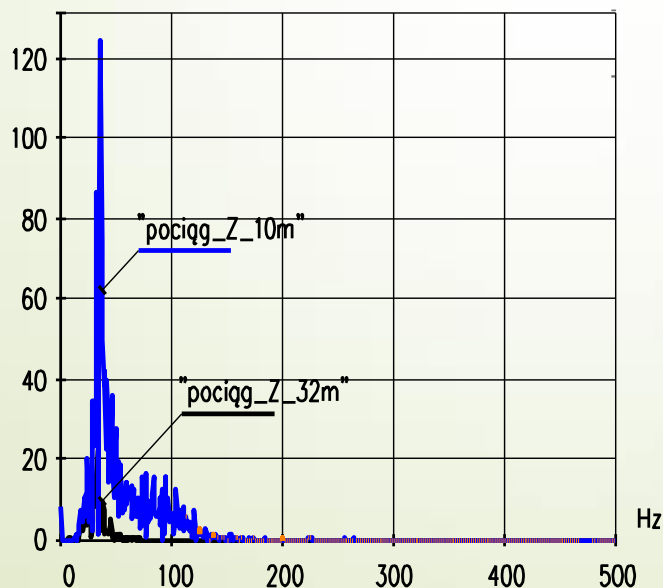


PRZEJAZD POCIĄGU TOWAROWEGO – WYNIKI POMIARÓW –

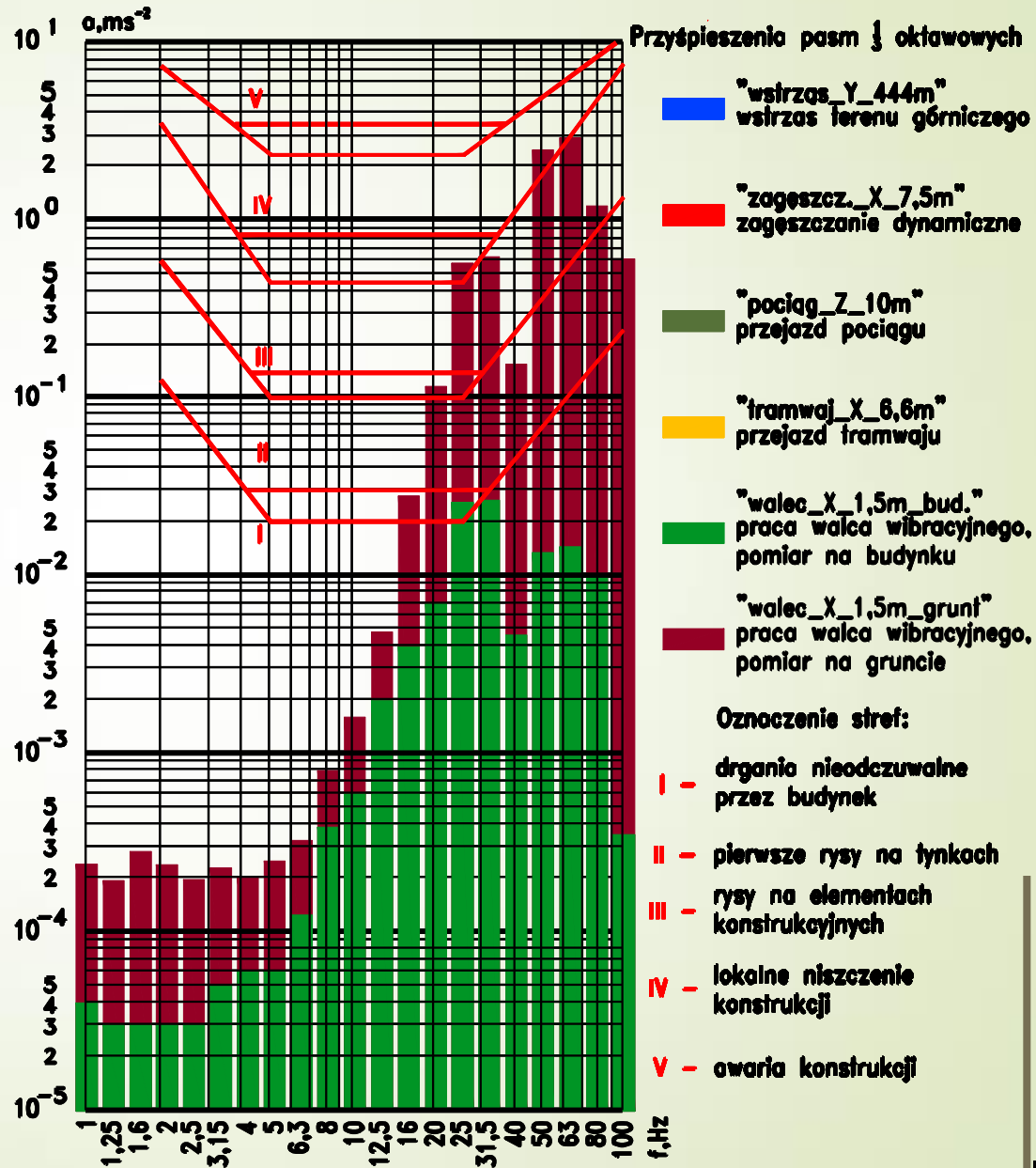
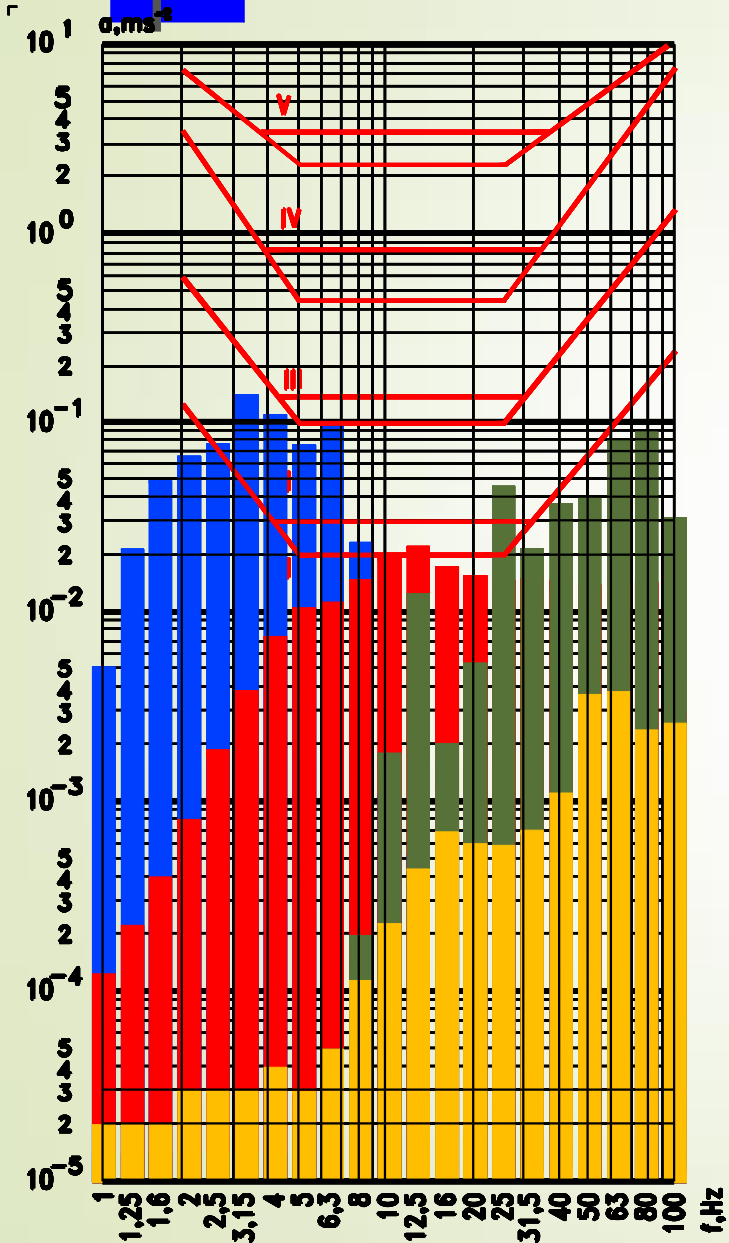
Zapis
czasowy



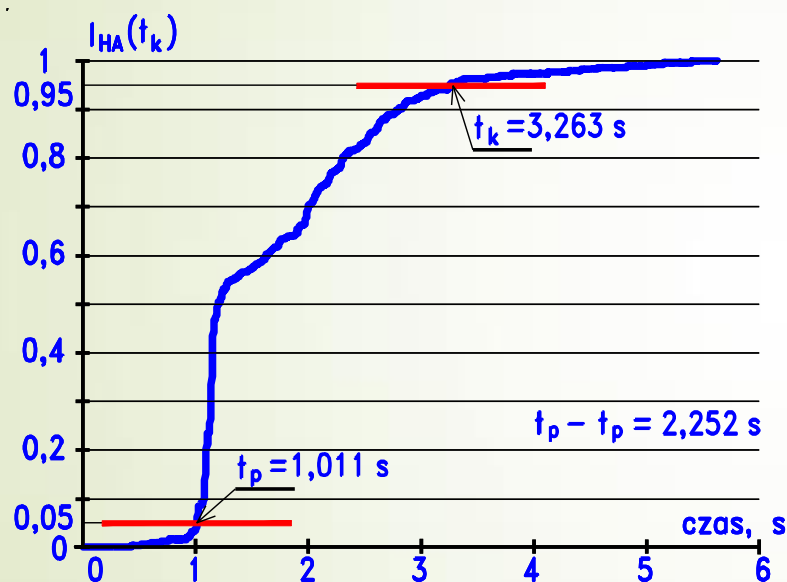
Widmo
amplitudowe



ANALIZA TERCJALNA - ZBIORCZO

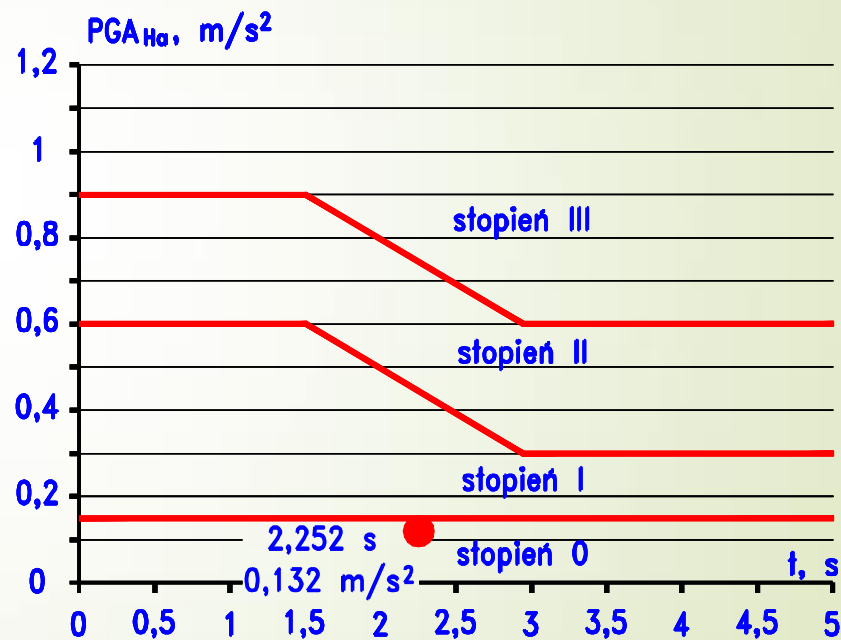


Badanie wpływu drgań według Górniczej skali intensywności drgań GSI – GZW_{KW} (PGA_{H10})



$$I_{HA}(t_k) = \frac{\int_0^{t_k} (a_X^2(t) + a_Y^2(t)) dt}{\int_0^{t_A} (a_X^2(t) + a_Y^2(t)) dt}$$

Maksymalna wypadkowa amplituda przyspieszenia drgań składowej poziomej do 10 Hz



$$PGA_{H10} = \max \left(\sqrt{a_{X10}^2(t) + a_{Y10}^2(t)} \right)$$

PLAN PREZENTACJI

- Wprowadzenie

- Pomiar drgań

 - Sprzęt pomiarowy

 - Zasady prowadzenia analizy wyników pomiarów

- Wpływ drgań na budynki

 - Przykłady

- Wpływ drgań na ludzi

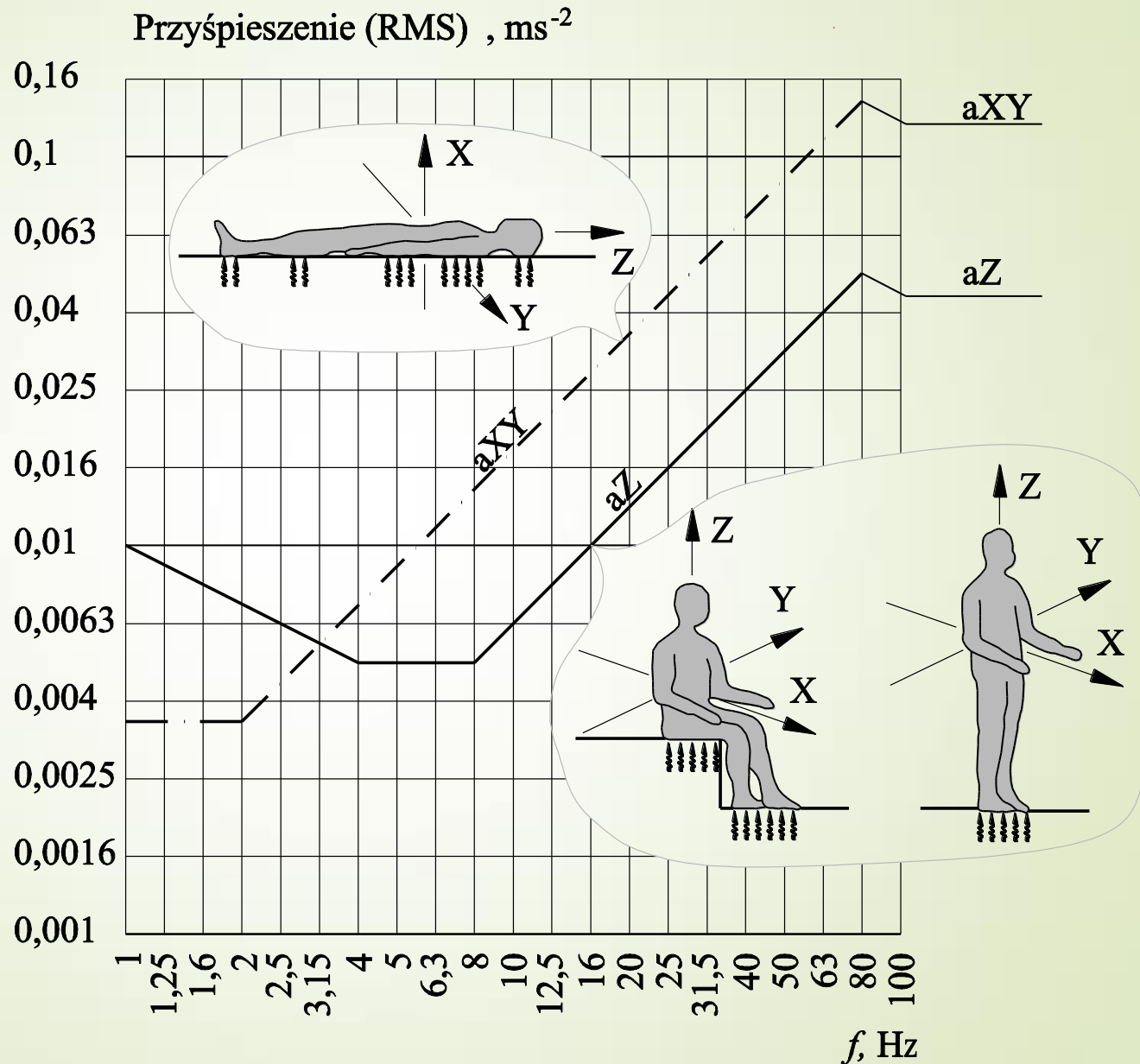
 - Przykłady

- Podsumowanie

WPROWADZENIE

Linie progu
odczuwalności
drgań
przekazywanych
na człowieka w:
kierunkach XY
(linia aXY),
kierunku Z (linia
aZ)

PN-88/B-02171.
Ocena wpływu
drgań na ludzi w
budynkach

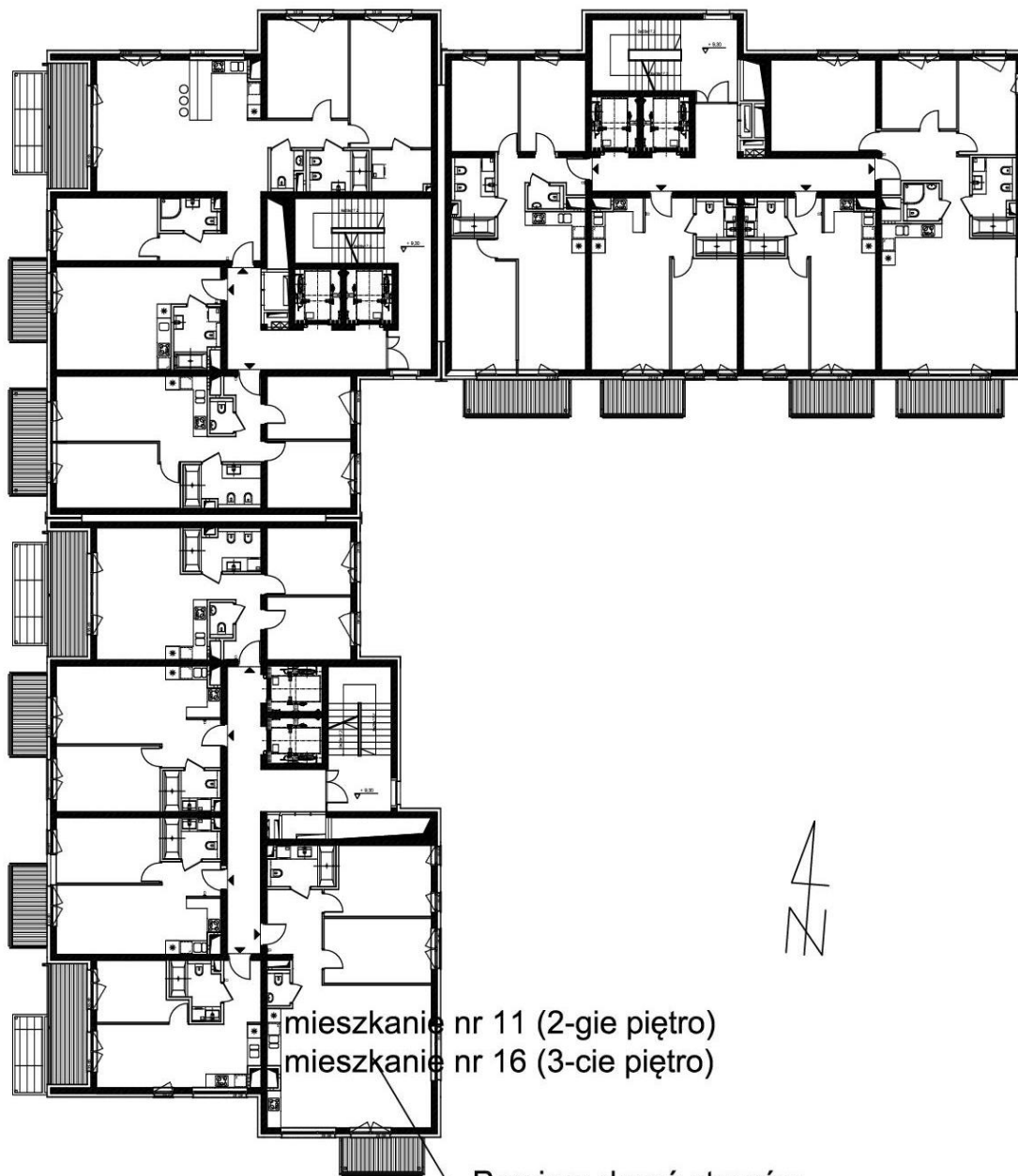
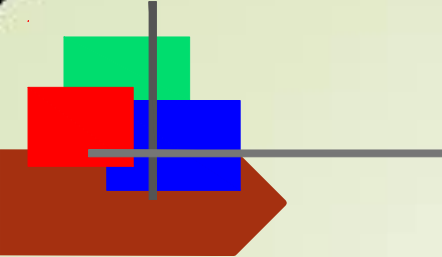


WPROWADZENIE

mieszkanie nr 16 (3-cie piętro)

mieszkanie nr 11 (2-gie piętro)



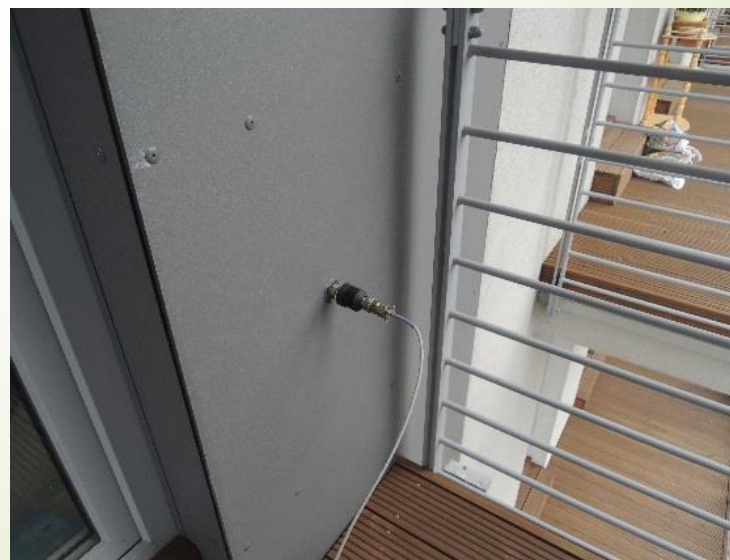


mieszkanie nr 11 (2-gie piętro)

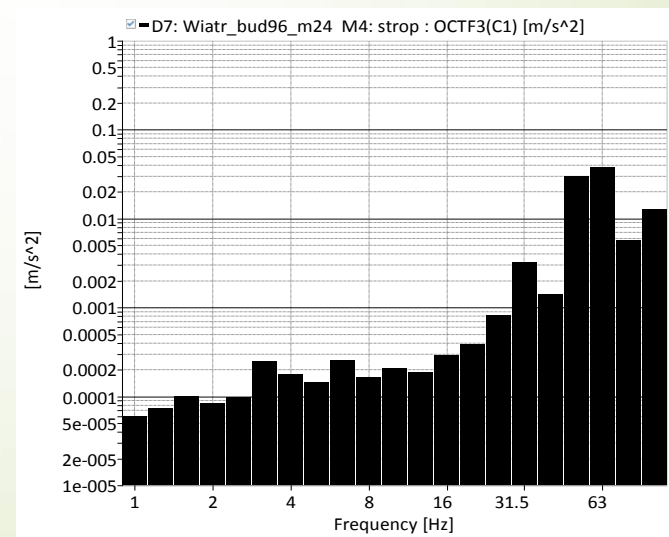
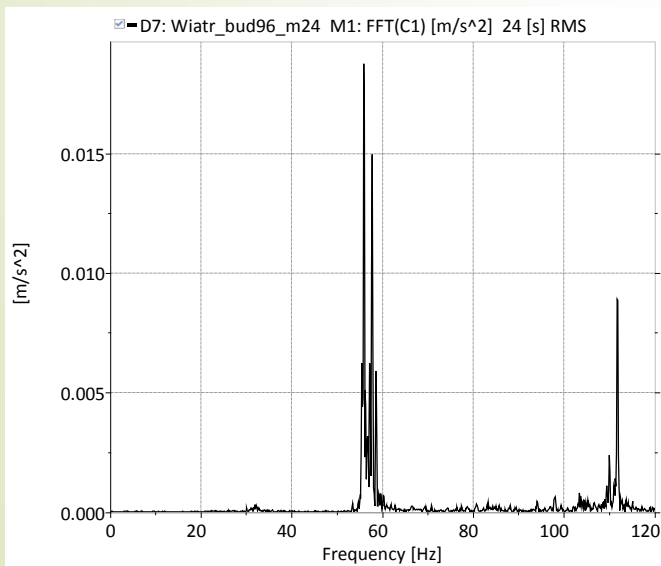
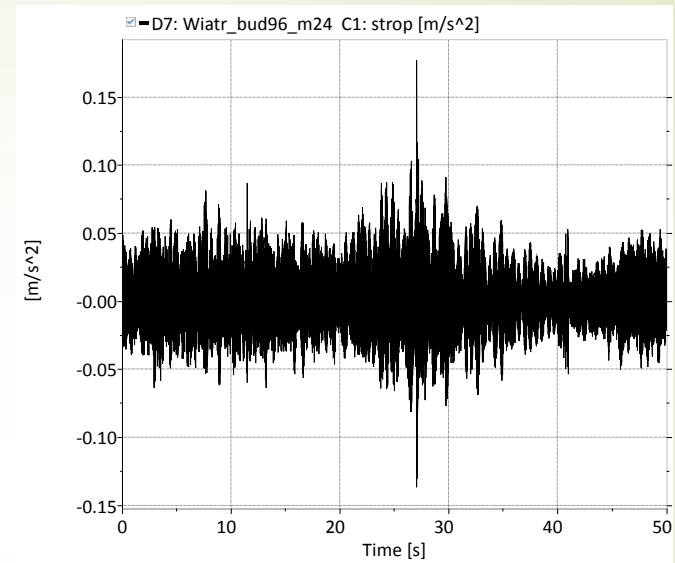
mieszkanie nr 16 (3-cie piętro)

Pomiary drgań stropów

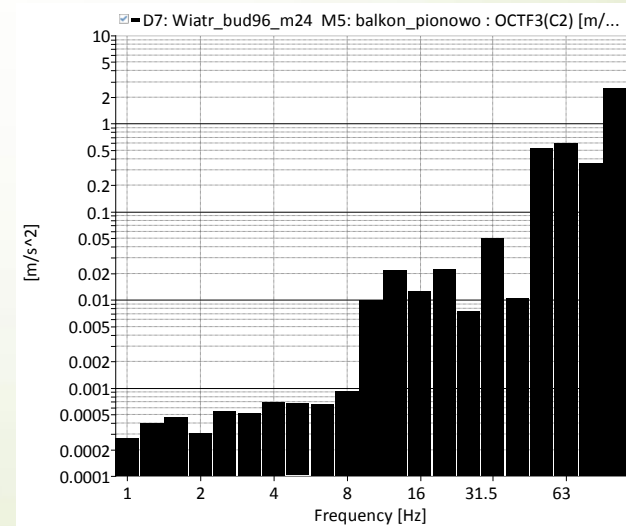
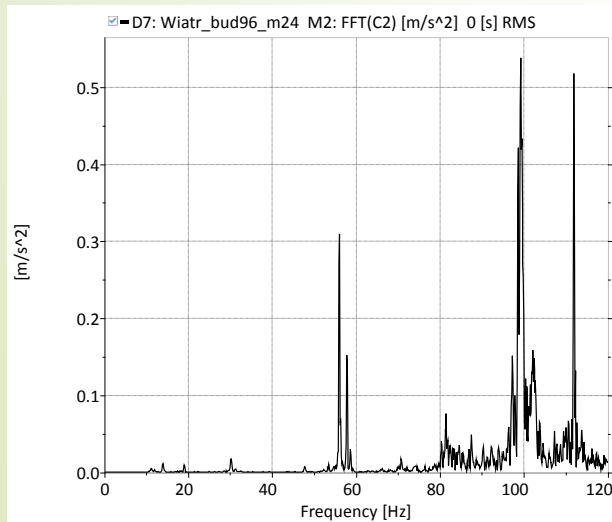
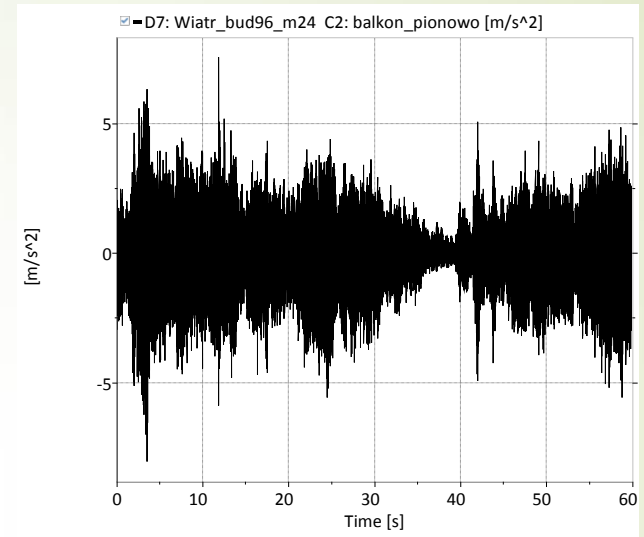
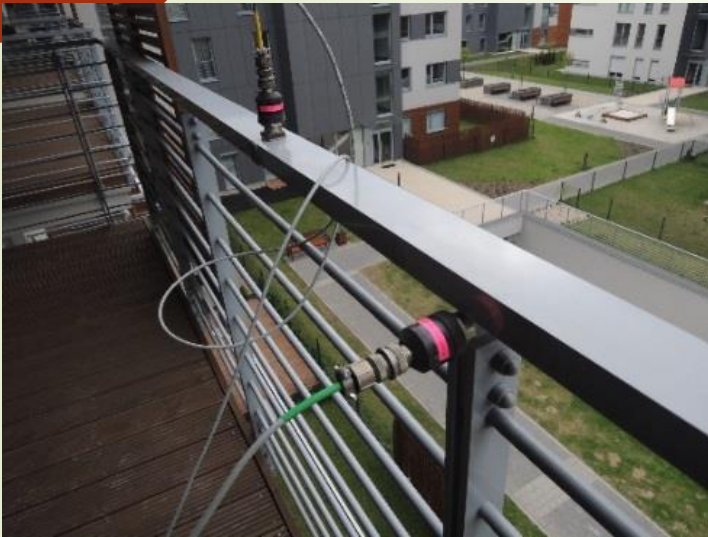
POTENCJALNE ŹRÓDŁA DRGAŃ



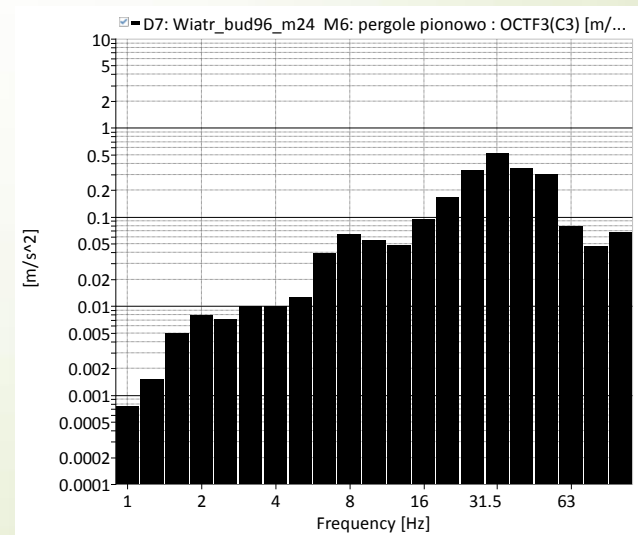
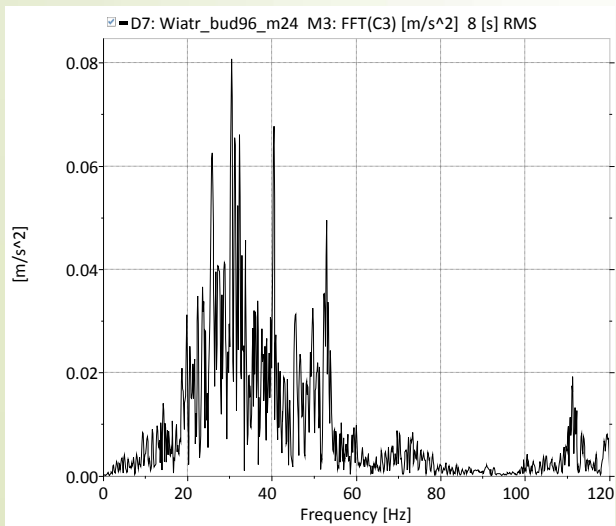
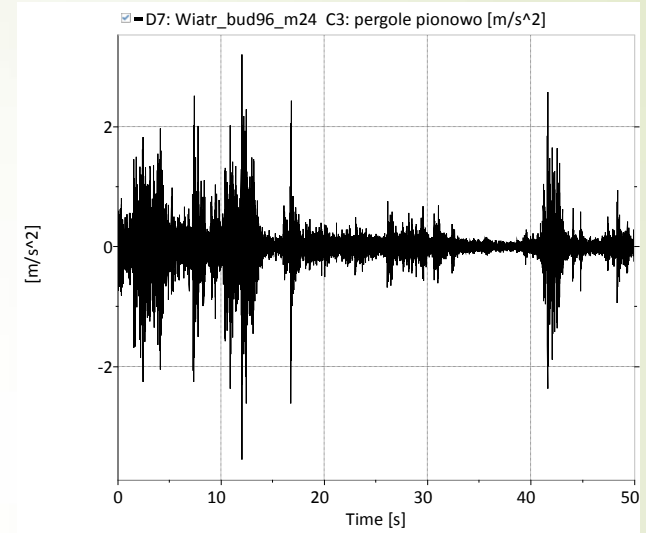
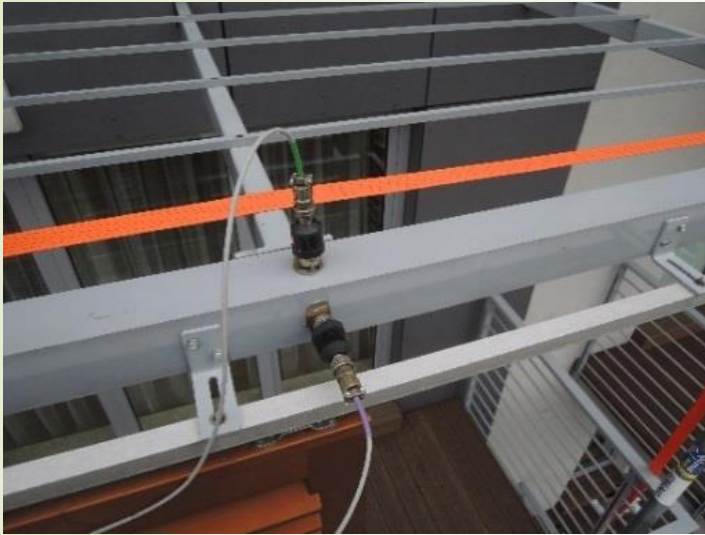
POMIAR DRGAŃ ODBIERANYCH PRZEZ LUDZI

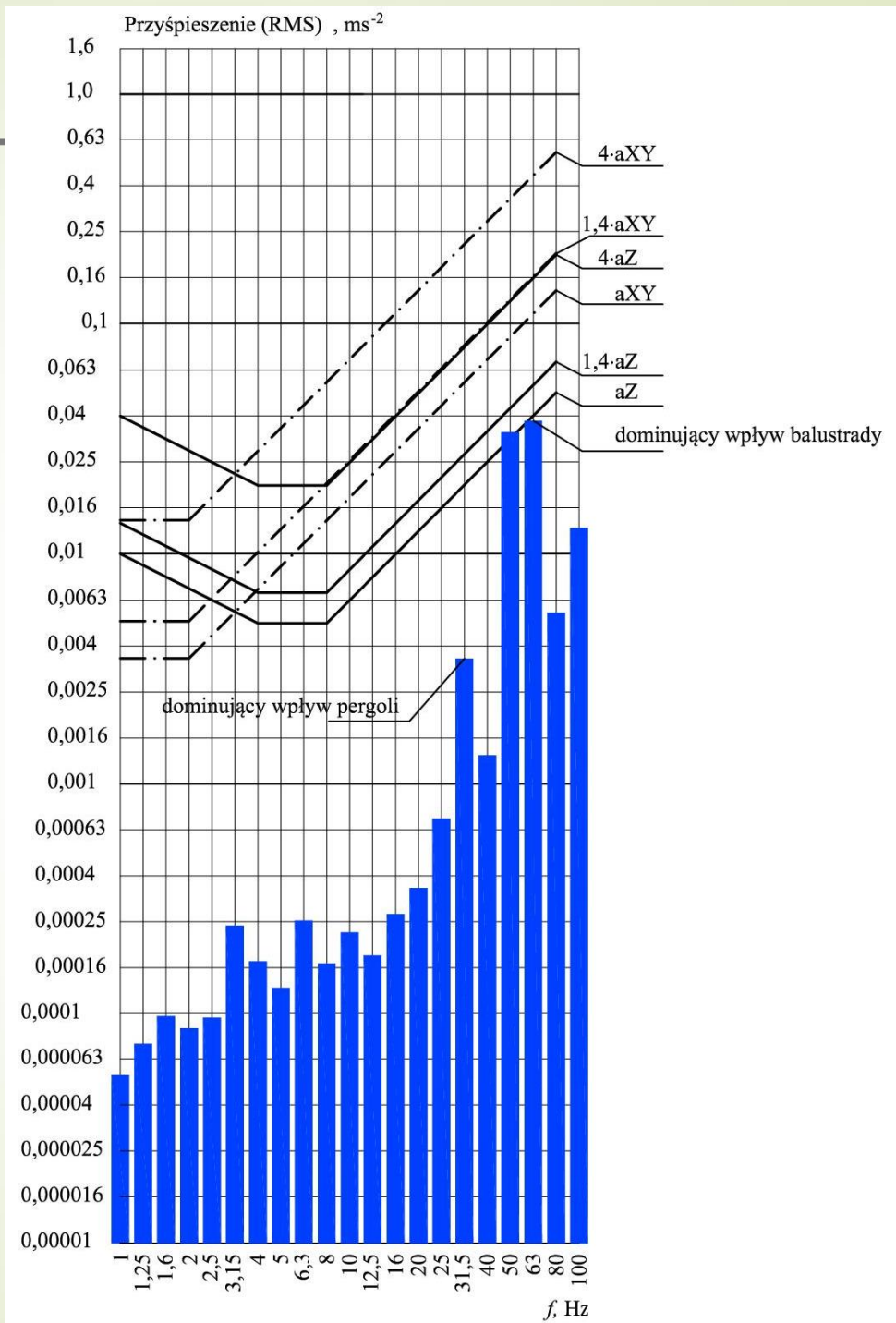


POMIAR DRGAŃ BALUSTRADY

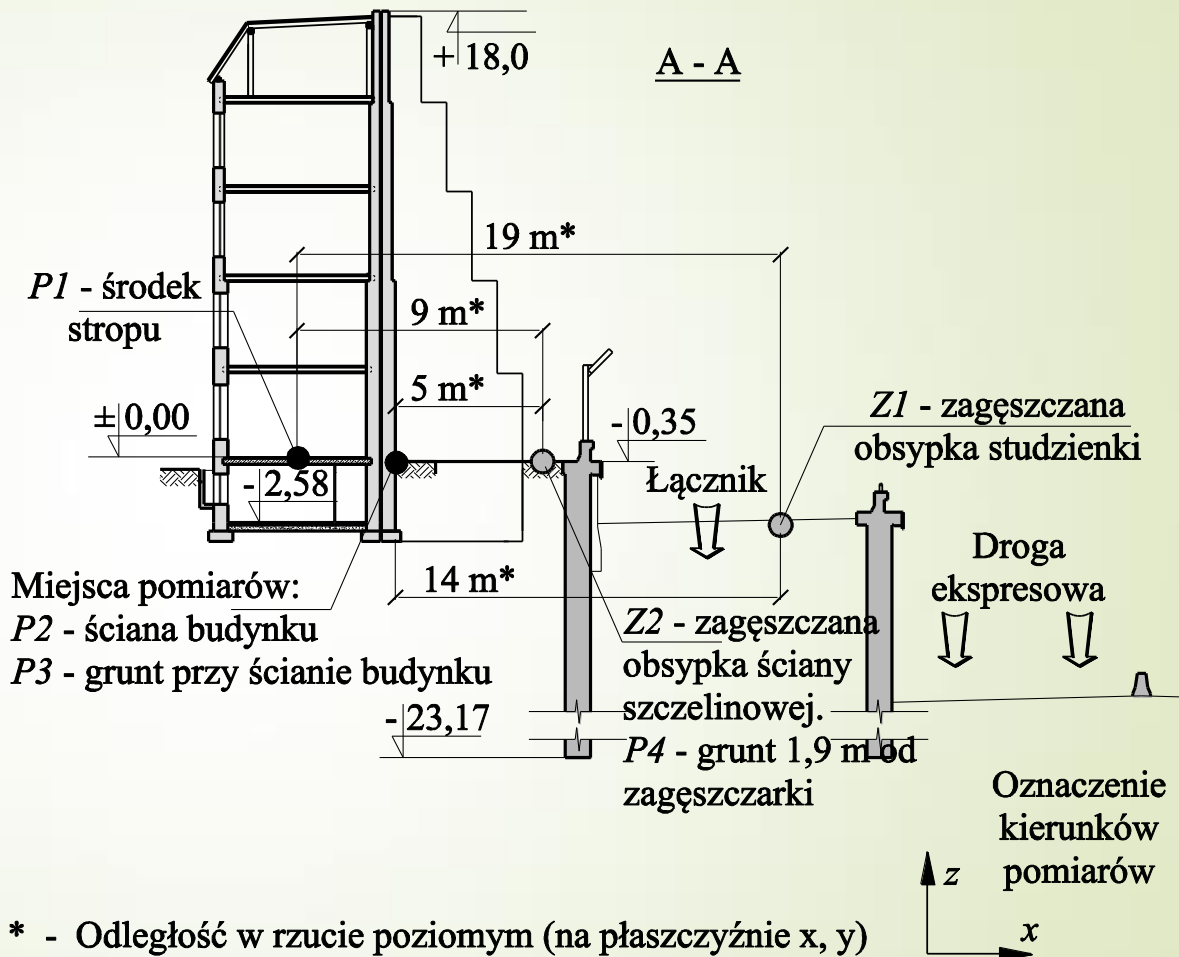
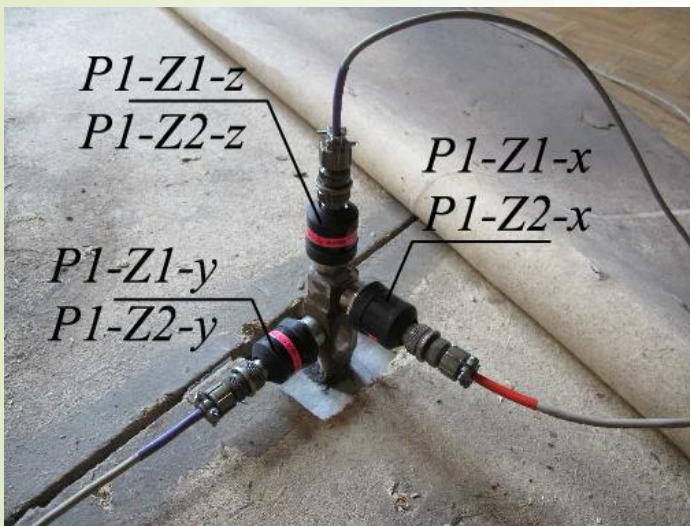


POMIAR DRGAŃ PERGOLI

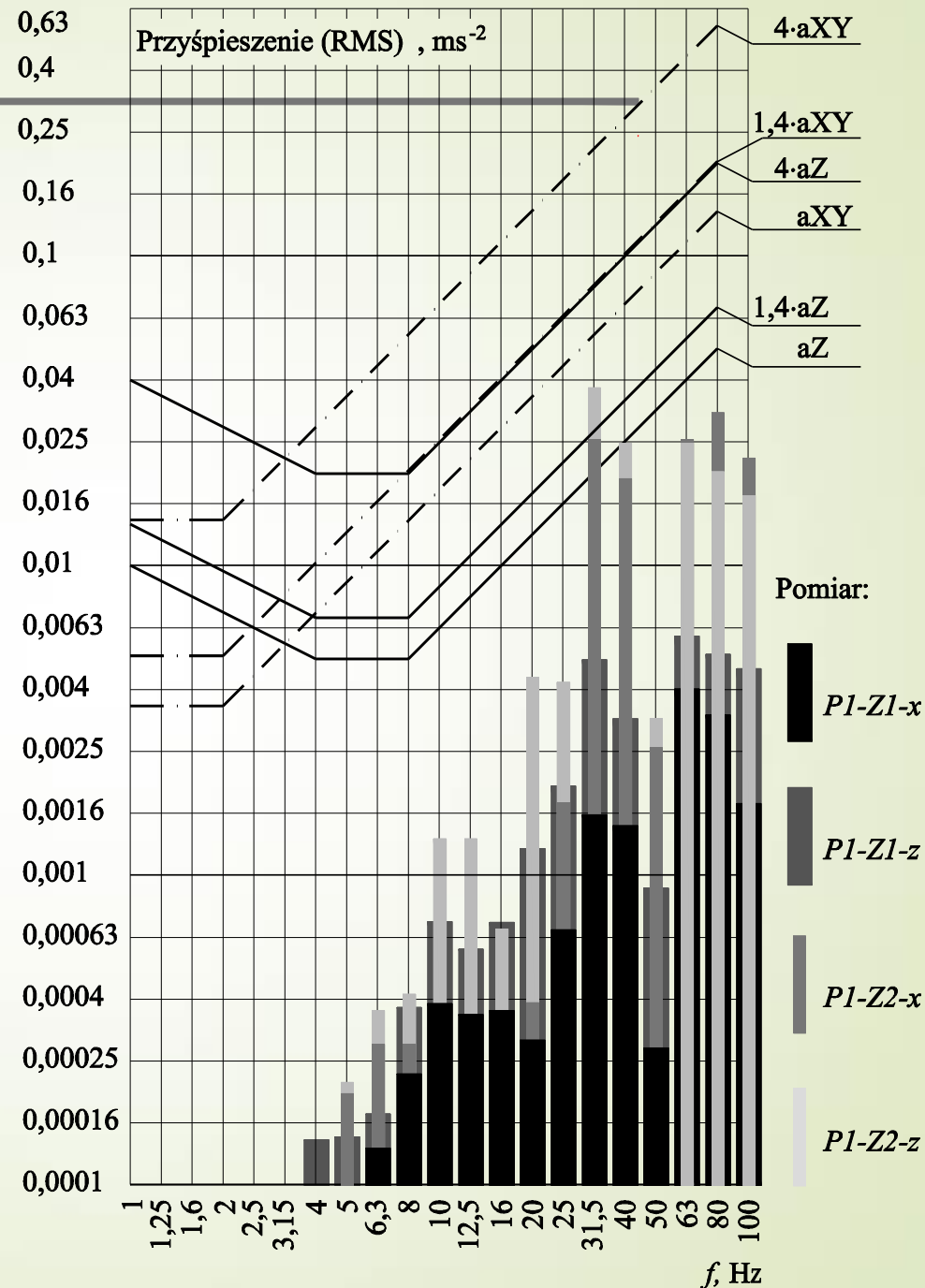




UCIĄŻLIWOŚĆ INWESTYCJI DROGOWYCH



INTERPRETACJA WYNIKÓW POMIARÓW DRGAŃ



1. W trakcie projektowania obiektu obciążonego siłami, których wartość lub kierunek zależą od czasu należy przeprowadzić odpowiednie obliczenia dynamiczne.
2. Pomiary drgań prowadzi się ze względu na ich oddziaływanie na budynki lub na ludzi. Pomiary te są realizowane według różnych procedur.
3. Wieloletnie doświadczenie wskazuje, że ludzie są znacznie bardziej „czuli” na oddziaływanie drgań.