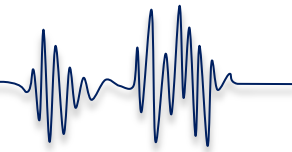




PREDYKCJA WYBRANYCH ODDZIAŁYWAŃ DYNAMICZNYCH W STREFIE WPŁYWU INFRASTRUKTURY TRANSPORTOWEJ

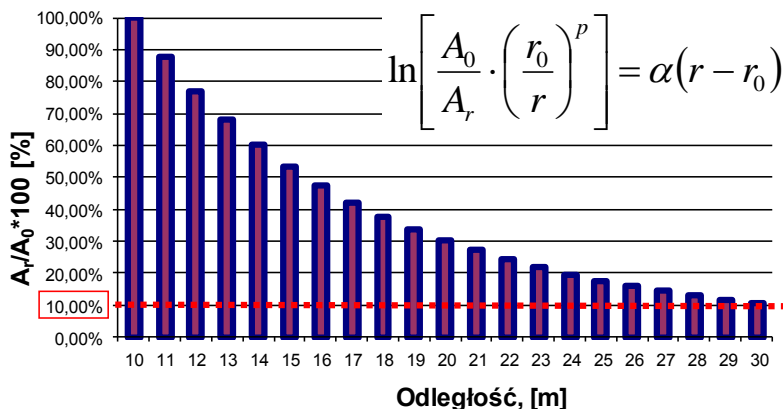
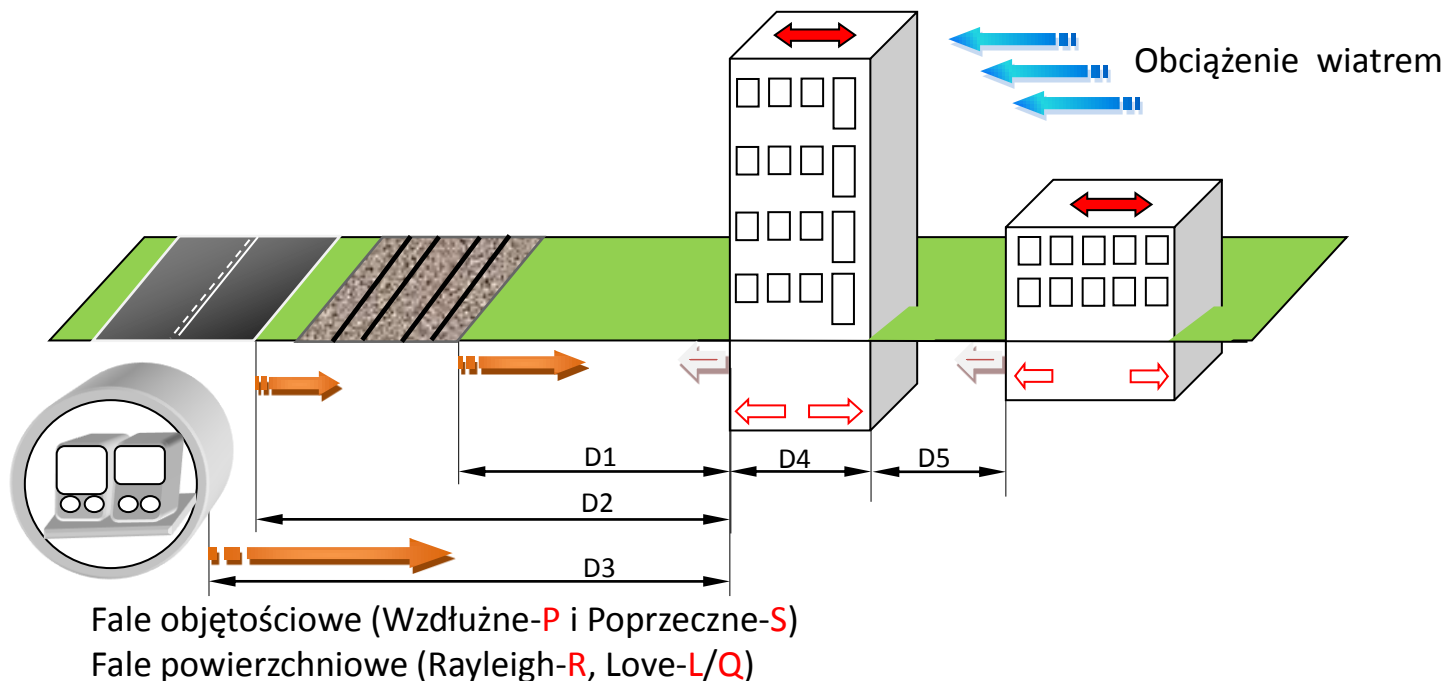
Jarosław Korzeb

Otwarte seminarium Instytutu Kolejnictwa
Warszawa, 14.10.2014r.

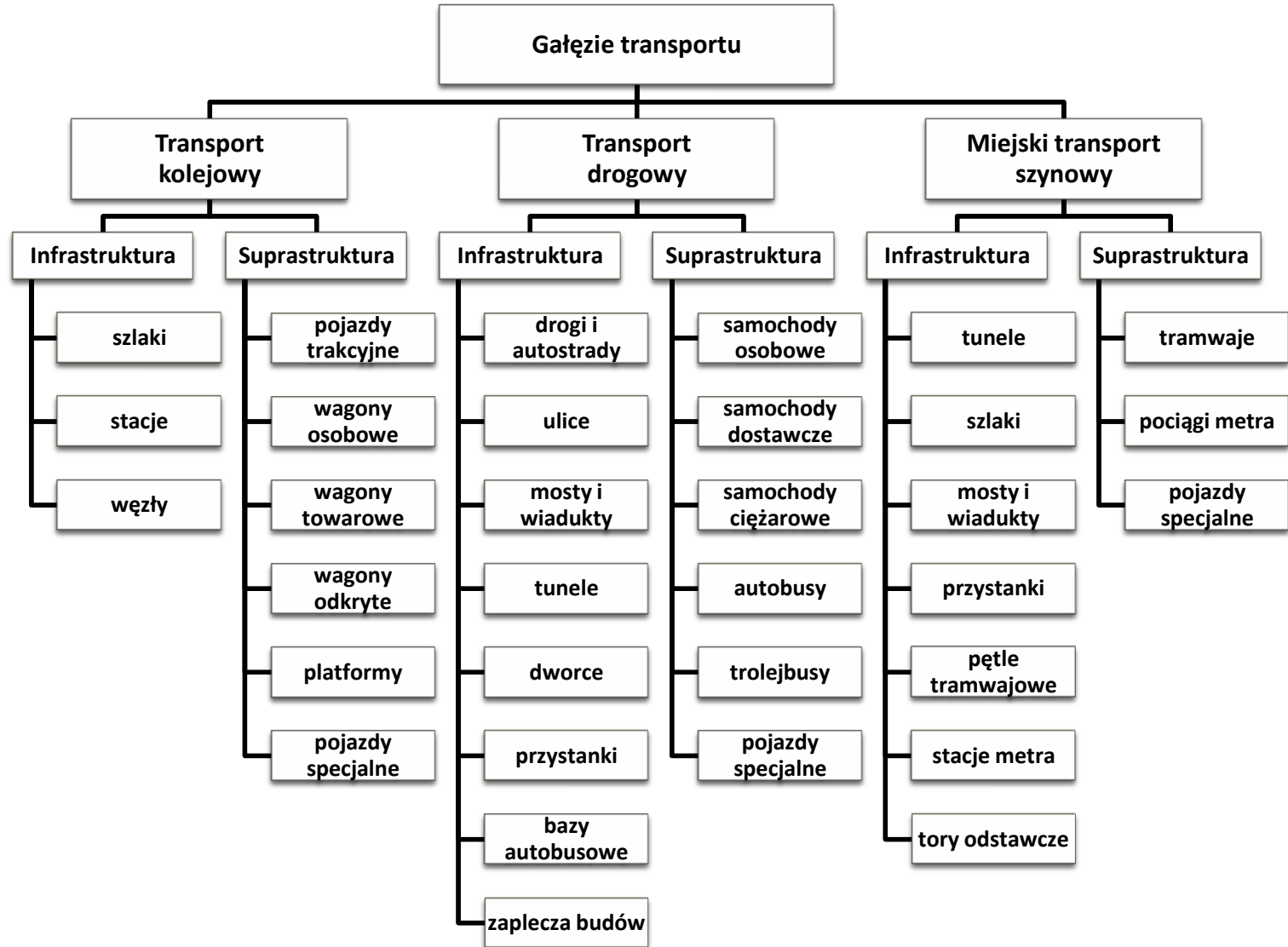
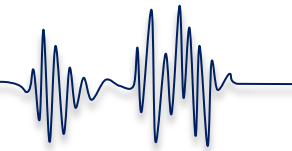


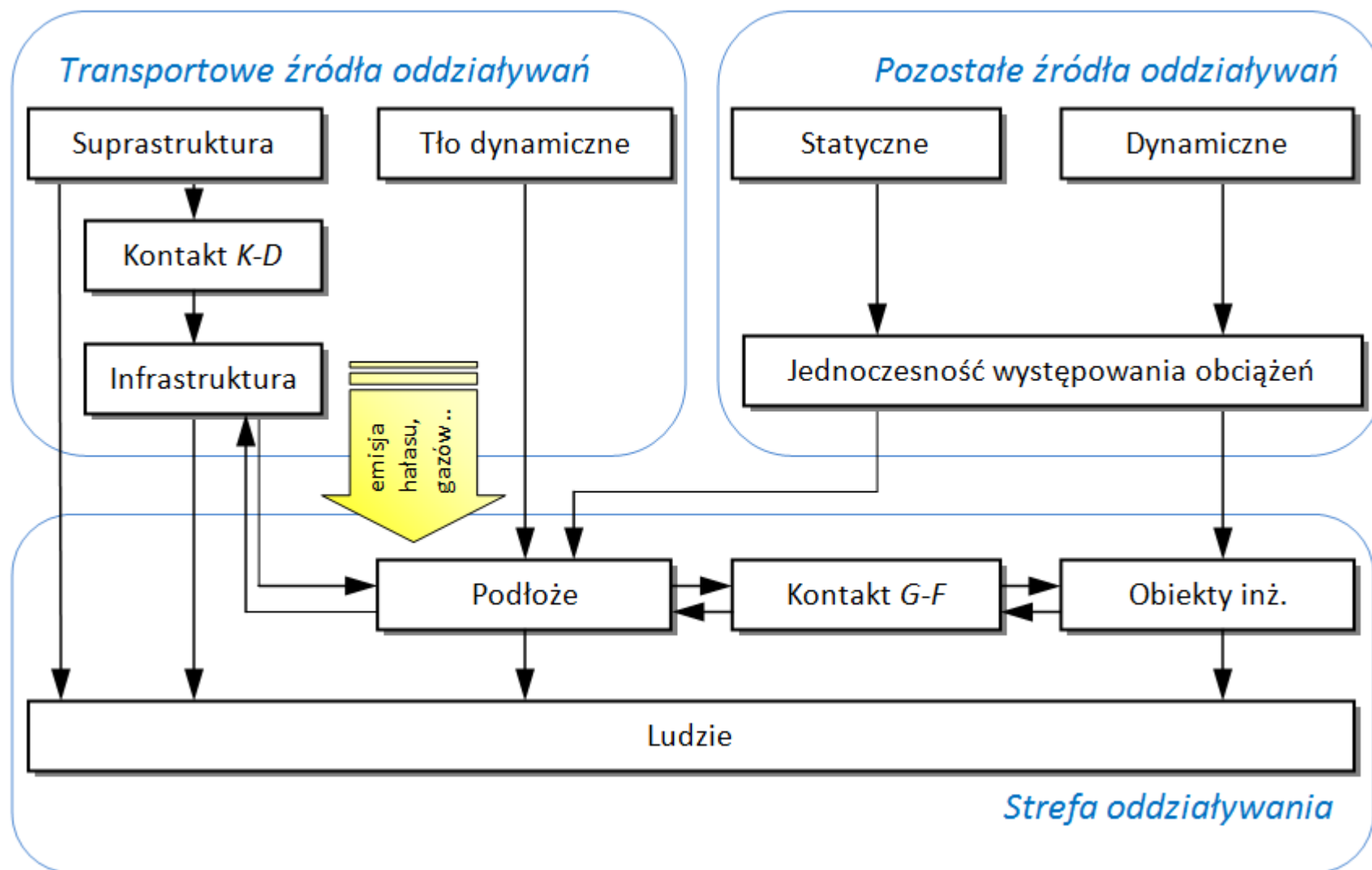
Zakres wystąpienia

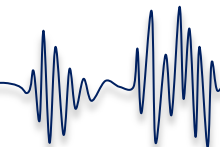
1. Wstęp
 - Istota problemu i geneza pracy
2. Przedmiot badań
 - Transportowe źródła oddziaływań dynamicznych
 - Stan badań
3. Postulaty, założenia i zakres pracy
 - Zdefiniowanie potrzeb
 - Założenia do opracowanego SOTOD
4. Metodologia
 - Charakterystyka wykorzystywanych metod
 - Autorskie definicje
 - SOTOD – metoda, główne moduły
5. Badania symulacyjne i wyniki
 - Warsztat i zaplecze badawcze, weryfikacja
 - SOTOD – nowe klasy wskaźników, wyniki badań
 - Ocena proponowanej metody
6. Podsumowanie
 - Wnioski
 - Kierunki dalszych prac



W warunkach eksploatowanych szlaków transportowych, dla kolejnych (dyskretnych) chwil czasu - Entropia stanu oddziaływań dynamicznych dla wybranego z otoczenia punktu jest wysoka, ponieważ niepewność występowania zdarzenia elementarnego polegającego na wzroście lub spadku wartości przyspieszenia drgań w wybranym paśmie tercjowym dla kolejnej chwili czasu t jest również wysoka (JK-2013).







Układ propagacji drgań rozważany jest w rozbiciu na podukłady, stosowane są często odrębne i niespójne metody modelowania pozwalające jedynie na wymianę wyników obliczeń cząstkowych.

✓ Modelowanie środków transportu i ich konstrukcji oraz dynamiki

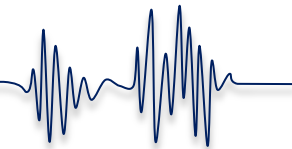
Oprogramowanie: *Adams, Ansys, Cosmos, MSC/Dytran, Matlab, MathCad, LabVIEW i inne*

Prace: *Choromański W. (1999), Chudzikiewicz A. (2002), Drożdziel J. (2004), Gupta S. (2008), Degrande G. (2008), Kaiser I. (1999), Kruse H. (1999), Lozia Z. (2000), Meinke P (1999), Popp K., (1999), Sowiński B. (2004), Tomaszewski F. (1995), Uhl T. (1997), Wilk A. (1996), Zboiński K. (2000), Żochowski A. (1982) i inni.*

✓ Modelowanie obiektów inżynierskich, ocena propagacji drgań w obiektach i na styku grunt fundament

Oprogramowanie: *3DEC, Abaqus, Algor, Diana, MSC/Dytran, EDISIS 2000, Etabs, MSC/Fatigue, Flac, MSC/Nastran, Perform-3D, Robot, SAP2000 i inne,*

Prace: *Adebar P.(2008), Alarcon G. (2010), Anteckı P. (2007), Barkan D. (1962), Błaszczyszki T. (2003), Palacios I. (2010), Cao T. (2008), Chen Y. (2008), Dulińska J. (2006), Hadenius P. (2004), Kacprzyk Z. (2005), Kaweckı J. (2005), Korzeb J. (2004-12), Kozyra Z. (2006), Moehle J. (2008), Mrozek D. (2010), Nader M. (2004/10), Nyawako D. (2010), Rakowski G. (2005), Reynolds P. (2010), Rucka M (2008), Shahabpoor E (2010), Stypuła K. (2008), Sołtys A. (2010), Szcześniak W. (2004), Wilde K (2008), Wdowicka E., (2006), Wdowickı J. (2006) i inni.*



✓ Modelowanie dynamiki gruntu

Oprogramowanie: *Comsol, GeoGraphix, GeoSonic/Vibra-Tech Vibra-Map, EQRISK, IDARC, Plaxis, SeisWorks, TrapTester, ZSoil i inne*

Prace: *Barański M. (2007), Brząkała W. (1994), Binder. K. (2005), Cudny M. (2005), Danek T. (2009), Leśniak A. (2009), Modrzejewska S. (2004), Pięta A. (2009), Pisarczyk S. (2005), Srublov M. (2010), Szczepański T. (2007) i inni*

✓ Modelowanie człowieka i wpływu drgań na człowieka

Oprogramowanie: *najczęściej autorskie rozwiązania wykorzystujące modelowanie dyskretne, lub rozwiązania kompleksowe oparte o MES lub Matlab*

Prace: *Burton M. (2009), Cempel C. (1998), Dobry M. (2004), Griffin M. (2000), Hitchcock P. (2009), Korzeb J. (1998-2012), Kwok K. (2009), Nader M. (2001) i inni*

✓ Modelowanie i ocena oddziaływań dynamicznych

Oprogramowanie: *najczęściej autorskie rozwiązania wykorzystujące modelowanie dyskretne, lub rozwiązania kompleksowe oparte o MES lub Matlab*

Prace: *Adamczyk J. (2003), Bin Xu (2010), Bogacz R. (2005), Boggs D. (2006), Diong De-yun (2010), Cempel C. (1989), Ciesielski R. (1990), Frischmut K. (2005), Meng M (2011), Niemas M. (2005), Korzeb J. (2004-12), Różowicz J. (2008), Tagosz J. (2007), Uhl T. (1990) i inni*

✓ Analiza i ocena sygnałów pomiarowych

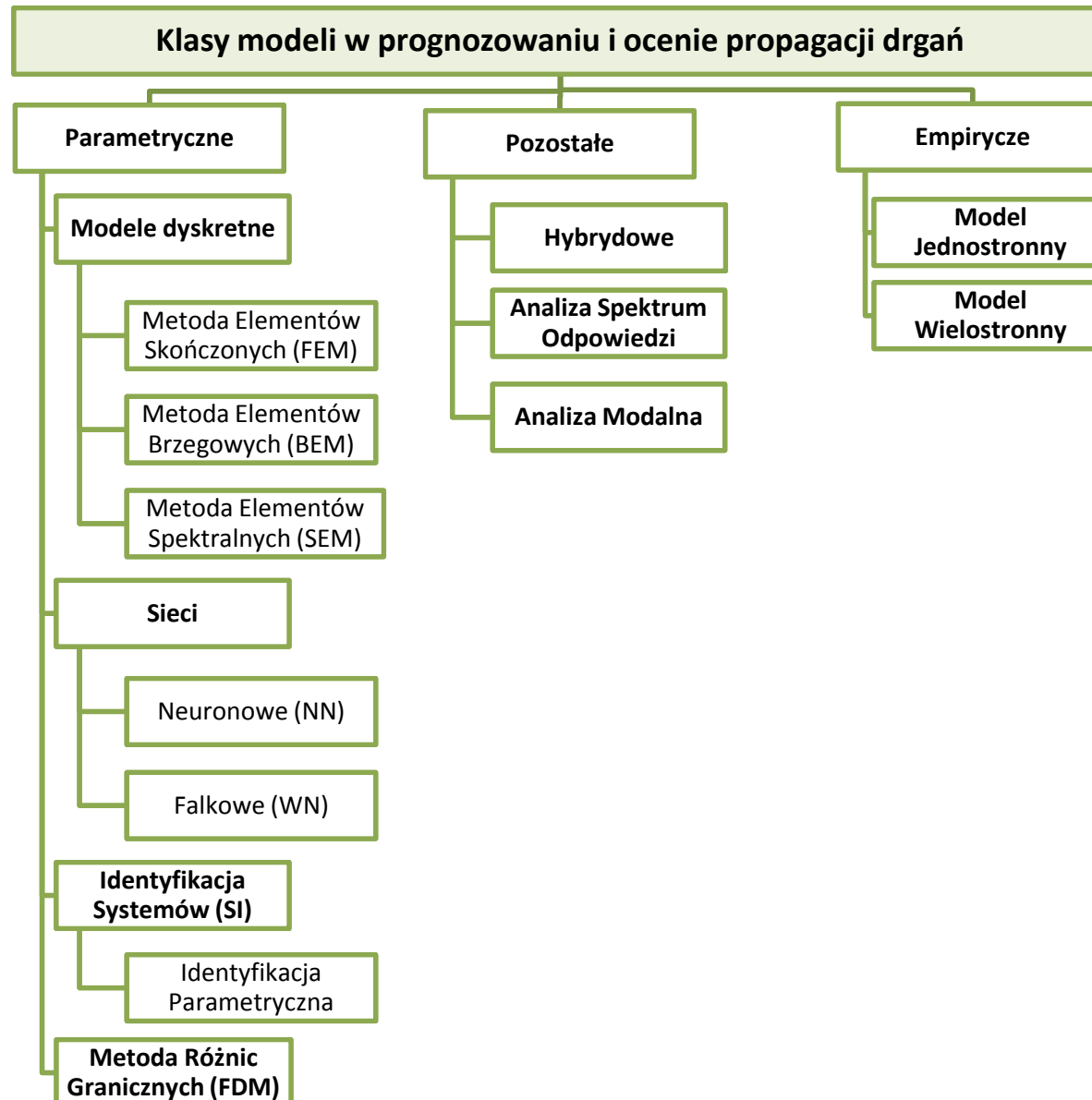
Oprogramowanie: *Matlab, Sci Lab, Octave, LabView, Prosig, Noise & Vibration Work, D2S i inne*

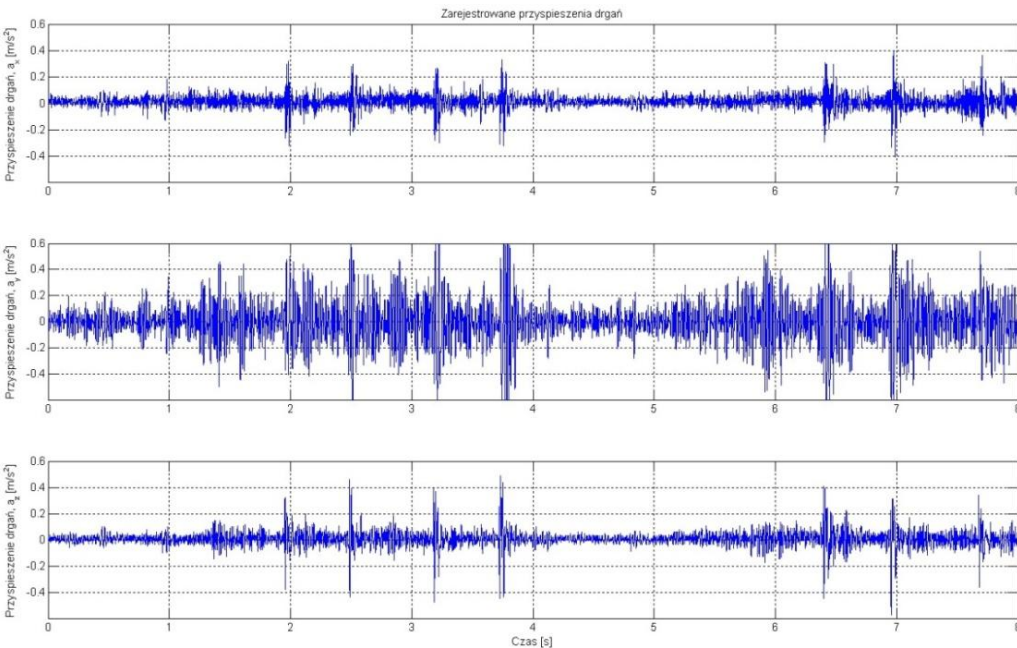
Prace: *Batko W. (2002), Białasiewicz (2004), Hasiewicz Z. (2005), Kasprzyk J. (2002), Lyons R. (1999), Osowski S. (2007), Ozimek E. (1985), Soderstrom T (1997), Stoica P. (1997), Śliwiński P. (2005), Zieliński T (2009) oraz wymienieni wcześniej.*



Problemy zidentyfikowane podczas analizy bibliografii (2004-2012) i prac n-b:

- ✓ dookreślanie rzeczywistego obszaru oddziaływań dynamicznych ,
- ✓ potrzeba zwiększenia efektywności modelowania,
- ✓ brak szybkiej metody oceny oddziaływań - monitoring,
- ✓ brak zintegrowanych ocen w skali makro – *szczegółowe obliczenia dają odpowiedź w skali mikro,*
- ✓ brak szybkiej metody oceny modyfikacji stabilnego stanu oddziaływań,
- ✓ brak gotowych rozwiązań aplikacyjnych dla oceny propagacji drgań w strefie oddziaływania,
- ✓ brak szczegółowych wytycznych w postaci znormalizowanego podejścia do analizy – postępowanie zgodne z wizją naukowca prowadzącego badania,
- ✓ brak metody określania szkodliwości oddziaływań środków transportu lub szlaków komunikacyjnych na najbliższe otoczenie,
- ✓ brak wielkości jednoznacznie walidującej oceniany stan oddziaływań dynamicznych,
- ✓ konieczność jednoznacznej i przejrzystej oceny wyników badań.

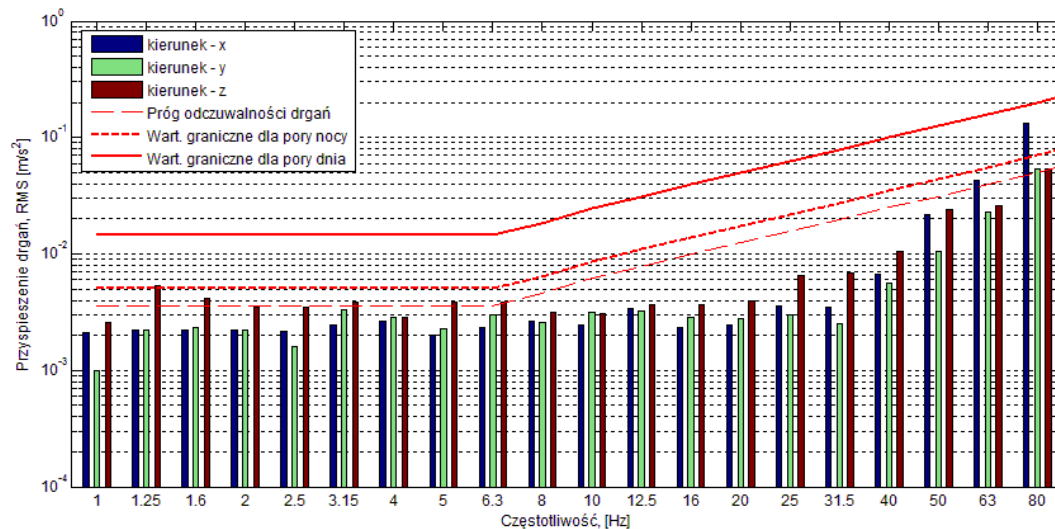


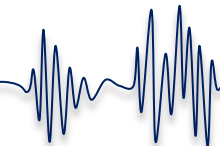


Klasyczne podejście do analizy sygnału

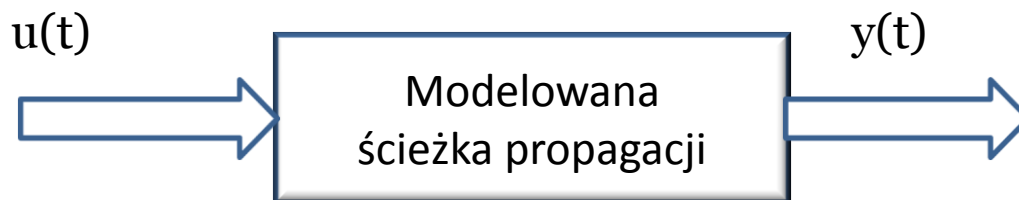
$$|a(f)| = \sqrt{\operatorname{Re}\left(\int_{-\infty}^{\infty} a(t)e^{-j2\pi ft} dt\right)^2 + \operatorname{Im}\left(\int_{-\infty}^{\infty} a(t)e^{-j2\pi ft} dt\right)^2}$$

$$\begin{cases} f_d = f_s \cdot \sqrt[2]{2^{-1}} \\ f_g = f_s \cdot \sqrt[2]{2} \end{cases}$$

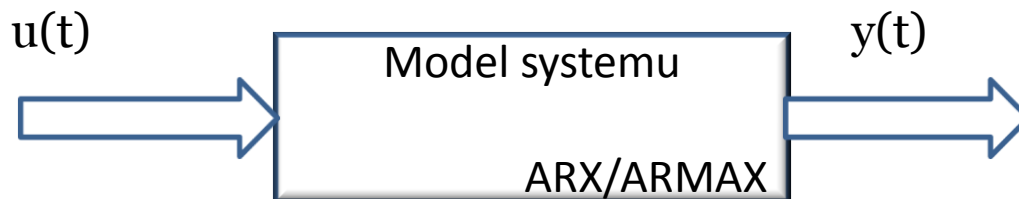




Identyfikacja parametryczna procesu – model przenoszenia drgań SI-SO/MO



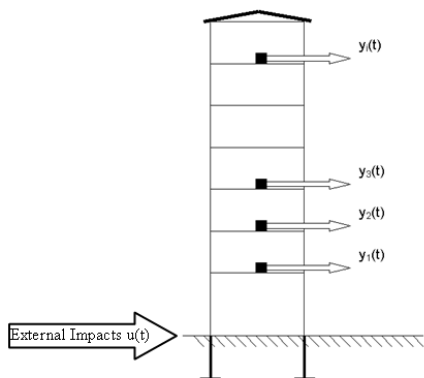
Predykcja procesu



$e(t)$

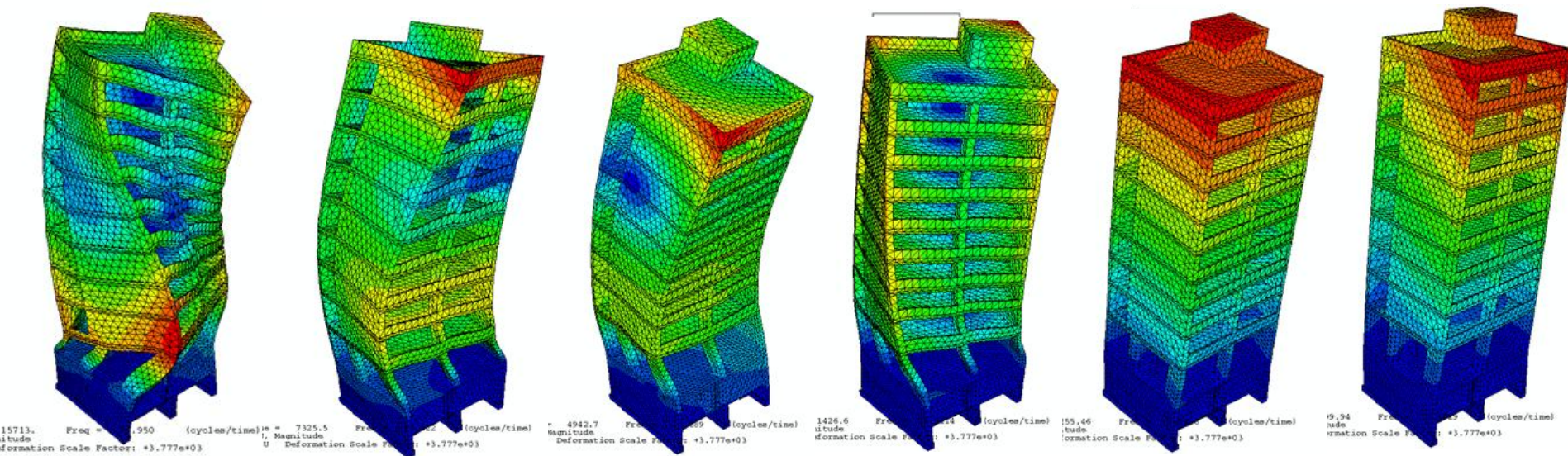
$$WA(q) \cdot y(t) = WB(q) \cdot u(t) + WC(q) \cdot e(t)$$

$$\begin{cases} A(q) = 1 + a_1q^{-1} + a_2q^{-2} + \dots + a_{na}q^{-na} \\ B(q) = b_1 + b_2q^{-1} + b_3q^{-2} + \dots + b_{nb}q^{-nb+1} \\ C(q) = 1 + c_1q^{-1} + c_2q^{-2} + \dots + c_{nc}q^{-nc} \end{cases}$$



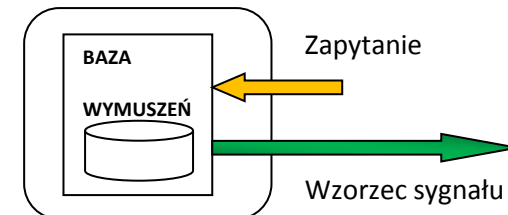
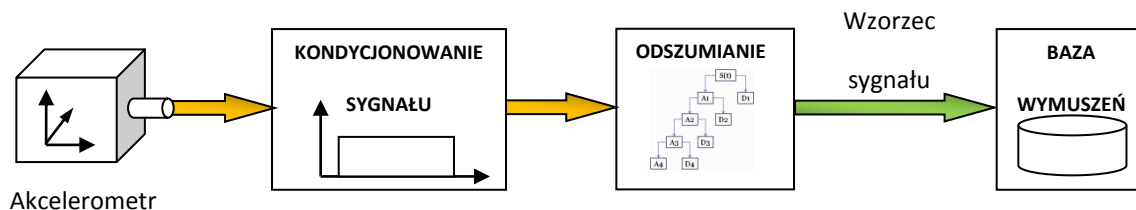


Badania symulacyjne – modelowanie otoczenia szlaków transportowych (MES)

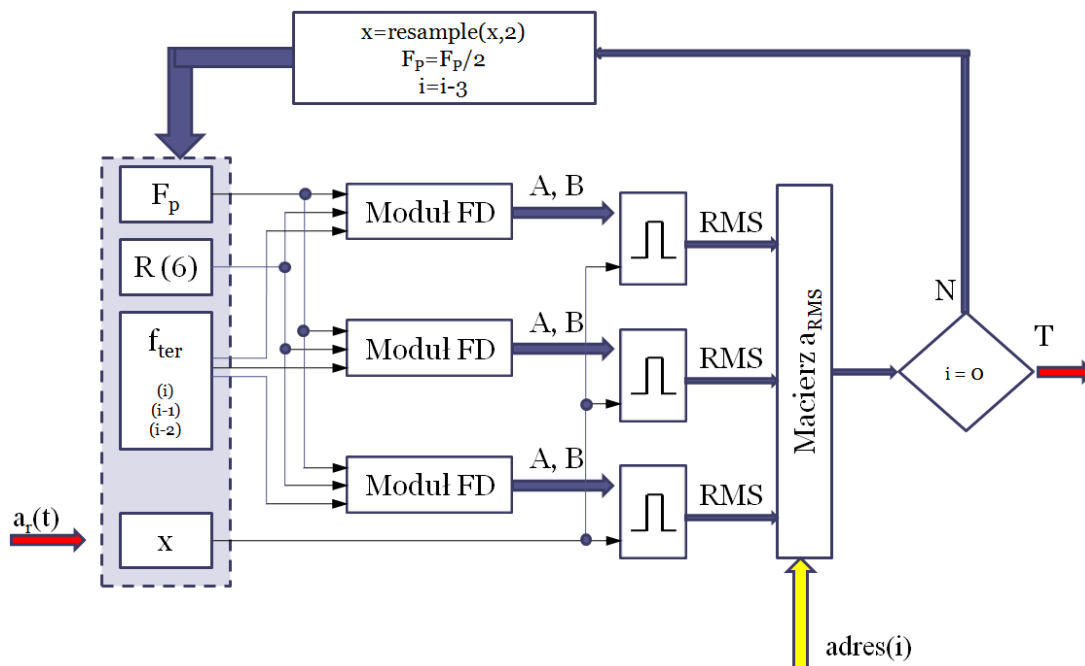


$$\begin{bmatrix} M_{oo} & M_{og} \\ M_{go} & M_{gg} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{\bar{q}}_o \\ \ddot{\bar{q}}_g \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{oo} & C_{og} \\ C_{go} & C_{gg} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\bar{q}}_o \\ \dot{\bar{q}}_g \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{oo} & K_{og} \\ K_{go} & K_{gg} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{q}_o \\ \bar{q}_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{\mathbf{F}}_g \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} \bar{\mathbf{F}}_g = \mathbf{M} \ddot{\bar{q}}_g \\ \ddot{\bar{q}}_g = \ddot{\bar{q}}_g(t) \wedge \ddot{\bar{q}}_o = \ddot{\bar{q}}_o(t) \\ \mathbf{C} = \alpha \mathbf{M} + \beta \mathbf{K} \end{cases}$$

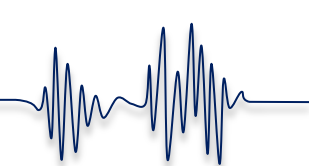


- *.wav
- *.bin
- *.txt



Etapy przed zapisem sygnału do bazy wymuszeń:

1. Odszumienie sygnału – (transformata falkowa, dekompozycja i synteza sygnału)
2. Wybór wzorca po transformacji
3. Filtrowanie w pasmach tercjowych z diadyczną zmianą próbki sygnału i f_p (filtry Cauera lub Buterworta)



Założenia SOTOD:

- SOTOD jest zestawem usystematyzowanych procedur wykorzystanych do oceny drgań transportowych (gotowa metodologia prowadzenia badań),
- SOTOD ma budowę warstwową, każda warstwa zawiera grupę modułów realizujących zamknięte zestawy zadań lub współpracujących z warstwami sąsiednimi lub otoczeniem,
- SOTOD ma charakter aplikacyjny – możliwość przygotowania oprogramowania,
- Efektem działania SOTOD jest analiza i wielowymiarowa ocena - czytelna dla użytkowników niezwiązanych branżowo z terminologią i zagadnieniami,
- Prezentacja wyników generowanych przez SOTOD odbywa się na 4 poziomach uszczegółowienia: skala mikro, makro, lokalna i globalna.

$$VLF = \begin{cases} \forall_{f \in F_i} \forall_{k \in D} \exists_{np \in M} \exists_{npp \in N} \exists_{eo \in O} VLF(f)_{eo,npp,np,k} \xrightarrow{\text{skala}} \text{mikro} \\ \forall_{f \in F_i} \forall_{k \in D} \forall_{np \in M} \exists_{npp \in N} \exists_{eo \in O} VLF(f)_{eo,npp,np,k} \xrightarrow{\text{skala}} \text{makro} \\ \forall_{f \in F_i} \forall_{k \in D} \forall_{np \in M} \forall_{npp \in N} \exists_{eo \in O} VLF(f)_{eo,npp,np,k} \xrightarrow{\text{skala}} \text{lokalna} \\ \forall_{f \in F_i} \forall_{k \in D} \forall_{np \in M} \forall_{npp \in N} \forall_{eo \in O} VLF(f)_{eo,npp,np,k} \xrightarrow{\text{skala}} \text{globalna} \end{cases}$$



* „Klimat drganiowy” – istniejący stan oddziaływań dynamicznych o charakterze parasejsmicznym, występujących w strefie wpływu infrastruktury transportowej, oceniany na podstawie pomiarów wartości przyspieszeń, prędkości lub przemieszczeń jako parametrów charakterystycznych dla drgań mechanicznych zbadanych w punktach referencyjnych. (def. J.K. 2009).

* „Potencjał szkodliwości oddziaływań” – wielkość ilościowo charakteryzująca oceniany stan propagowanych do otoczenia oddziaływań dynamicznych generowanych przez środki transportu, świadcząca o skali tych oddziaływań, poprzez ich odpowiednią walidację uwzględniającą odniesienie do wartości dopuszczalnych przez akty normatywne. (def. J.K. 2010).

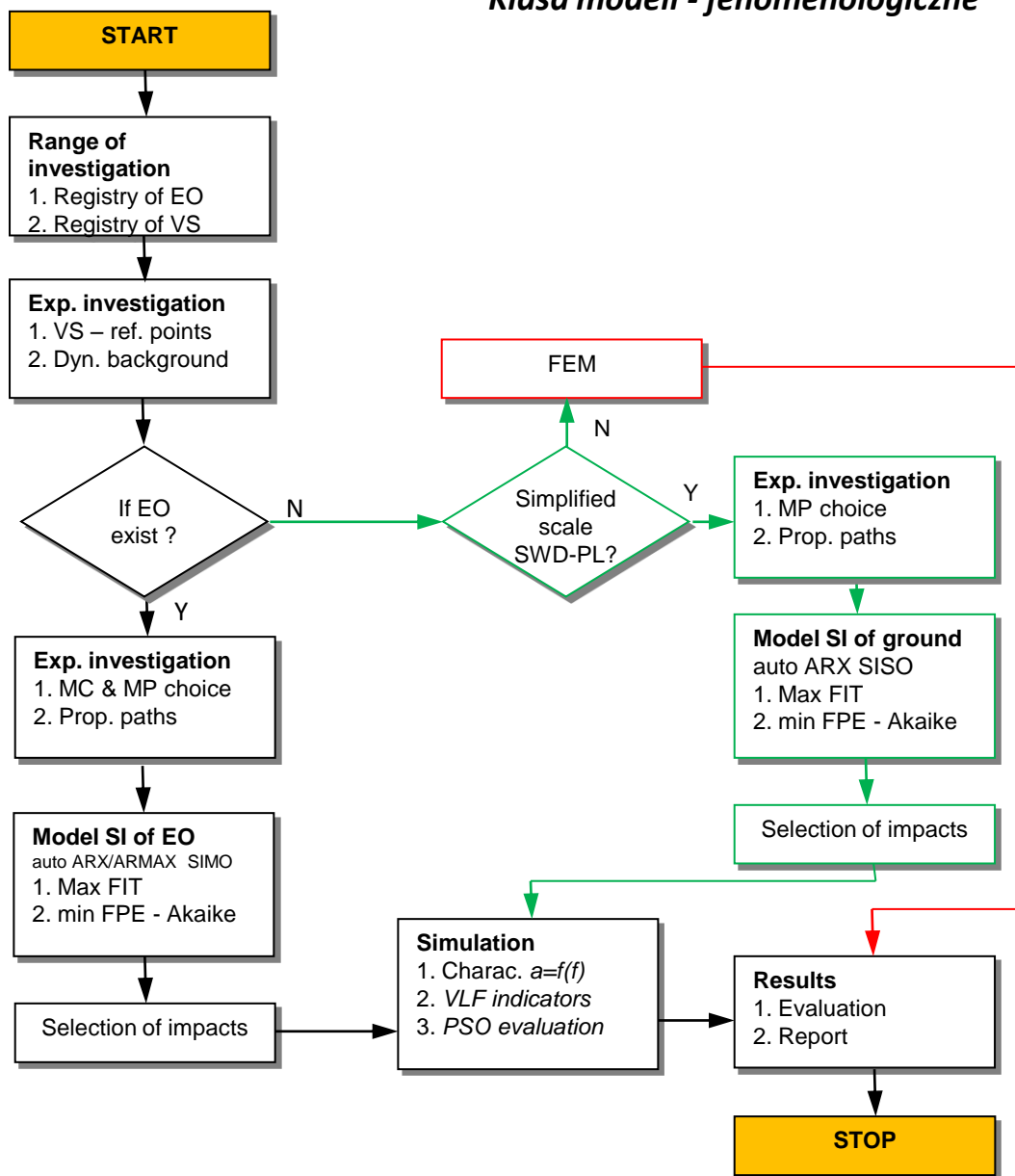
$$PSO = \begin{cases} \forall_{f \in F_i} \exists_{np \in M} \exists_{npp \in N} \exists_{eo \in O} \max_k (PSO(f)_{eo, npp, np, k}) \xrightarrow{\text{skala}} \text{mikro} \\ \forall_{f \in F_i} \exists_{npp \in N} \exists_{eo \in O} \max_{np} \left(\max_k (PSO(f)_{eo, npp, np, k}) \right) \xrightarrow{\text{skala}} \text{makro} \\ \forall_{f \in F_i} \exists_{eo \in O} \max_{npp} \left(\max_{np} \left(\max_k (PSO(f)_{eo, npp, np, k}) \right) \right) \xrightarrow{\text{skala}} \text{lokalna} \\ \forall_{f \in F_i} \max_{eo} \left(\max_{npp} \left(\max_{np} \left(\max_k (PSO(f)_{eo, npp, np, k}) \right) \right) \right) \xrightarrow{\text{skala}} \text{globalna} \end{cases}$$

$$PSO_{ST} = \begin{cases} 0 \rightarrow VLF [dB] < 0 \\ 1 \rightarrow 0 \leq VLF [dB] < L_A \\ 2 \rightarrow L_A \leq VLF [dB] \end{cases}$$

PSO_{ST}	kolor	interpretacja
0	zielony	poziom dozwolony
1	żółty	stan ostrzegawczy
2	czerwony	stan niedopuszczalny



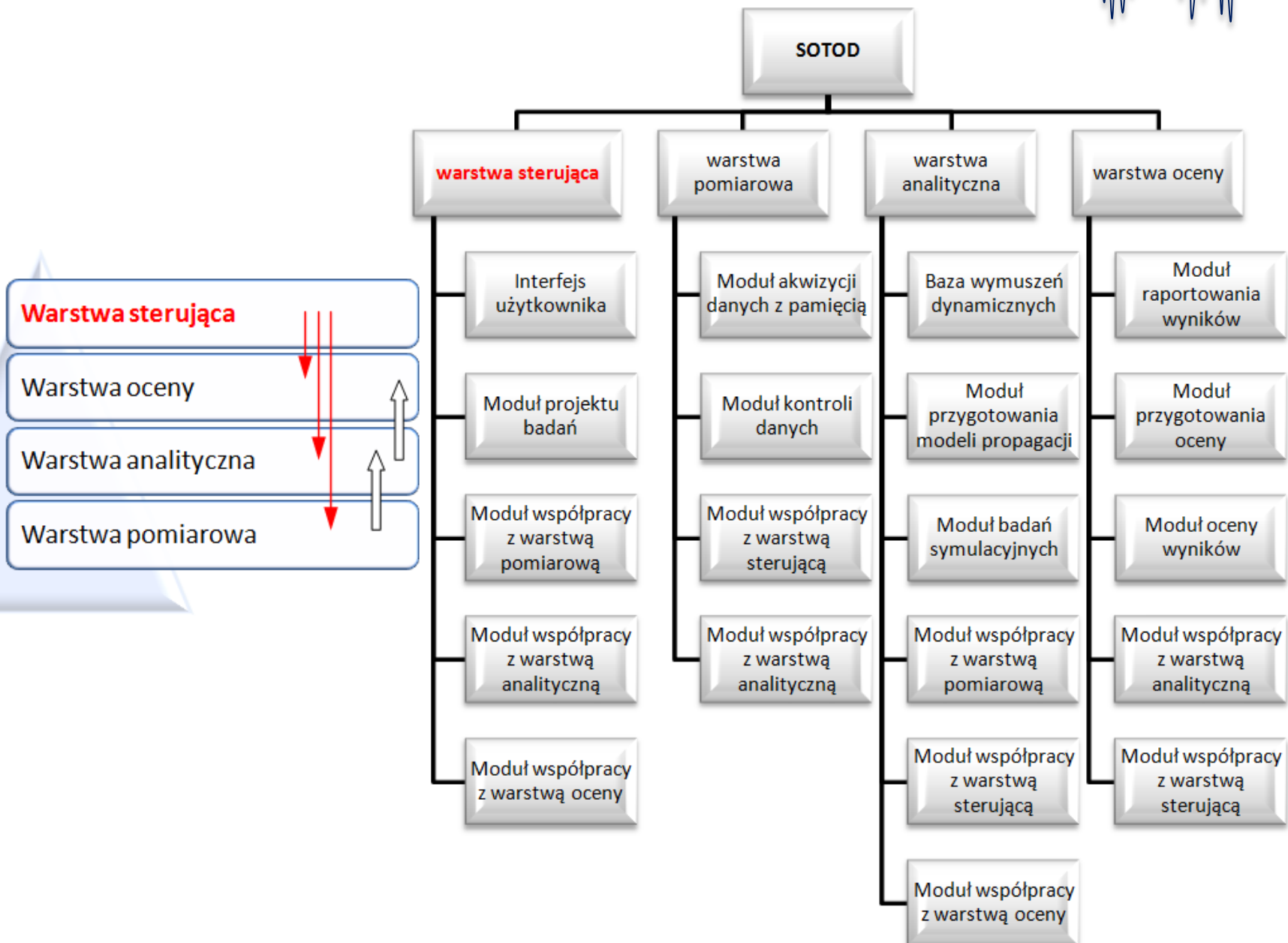
Klasa modeli - fenomenologiczne

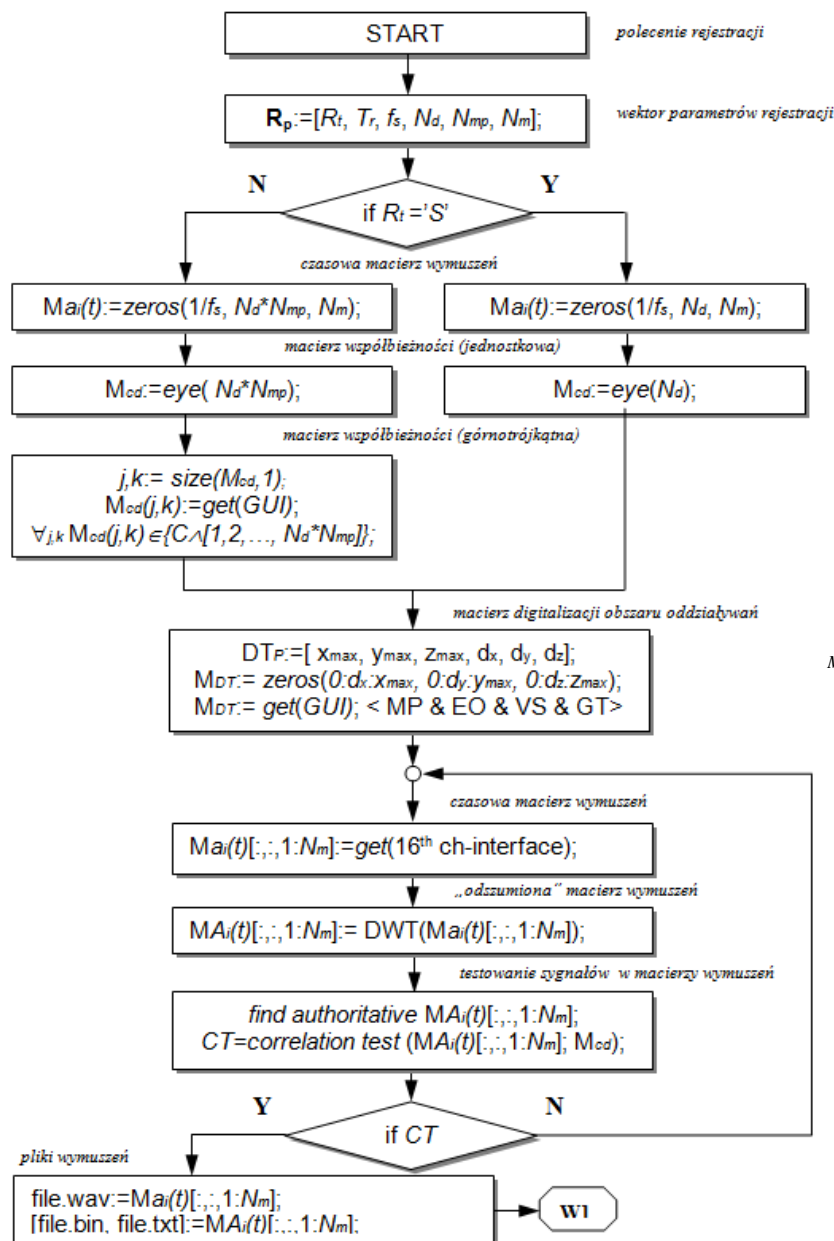


$$K_{AIC} = N \ln \hat{\sigma}_{sp}^2 + 2p$$

$$K_{FPE} = \hat{\sigma}_{sp}^2 \left(\frac{N + (p+1)}{N - (p+1)} \right)$$

$$FIT = \left(1 - \frac{\|y - y_e\|}{\|y - \bar{y}\|} \right) 100$$



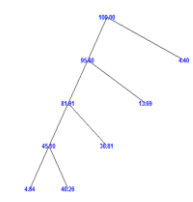
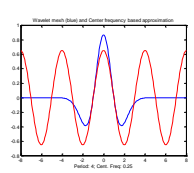


$\forall_{MD_T(x,y,z) \in N} MD_T(x,y,z) = \begin{cases} 0 - \text{powietrze,} \\ 1-5 - \text{typpunktupomiarowego - MP,} \\ 11-17 - \text{typźródła - VS,} \\ 31-39 - \text{typpodłoża - GT,} \\ 51-58 - \text{typobiektu inżynierskiego - EO.} \end{cases}$

$$\tilde{S}_\psi(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt$$

$$\forall_{k \in [x,y,z]} CF_k = \frac{a_{k_max}}{a_{k_rms}}$$

$$\varphi_{uy}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) u(t+\tau) dt$$



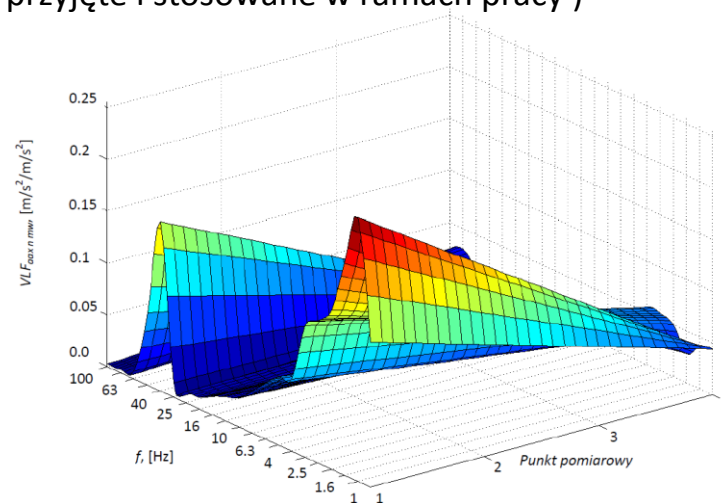


Lp.	Adres	Liczba					Odległość [m]				Analiza i badania		
		LO	K-N.	K-P.	P-P 3k	MES-EL	M	T	J	K	MES	SOTOD	Eksp
1	Słowackiego 6/8	4	4	1	6	118 000	30,0	26,0	37,0	-	T	T	T
2	Słowackiego 16/18 /b	1	10	2	12	460 000	10,0	12,0	23,0	-	T	T	T
3	Słowackiego 16/18 /s	1	2	1	3	50 000	10,0	11,0	23,0	-	T	N	T
4	Słowackiego 16/18 /h	1	2	1	3	80 000	22,0	24,0	36,0	-	T	N	T
5	Słowackiego 20	1	5+1	1	8	60 000	9,0	12,0	21,0	-	T	T	T
6	Słowackiego 22	1	4+1	1	7	50 000	9,0	12,0	21,0	-	T	T	T
7	Cieszkowskiego 2	1	4+1	1	2	80 000	9,0	12,0	21,0	-	T	T	T
8	Cieszkowskiego 1/3	6	4	1	7	1 200 000	10,0	12,0	21,0	-	T	T	T
9	Słowackiego 32/36	3	5+1	1	7	120 000	10,0	12,0	21,0	-	T	T	T
10	Toeplitza 2	1	6	1	8	350 000	9,0	33,0	10,0	-	T	T	T
11	Toeplitza 2 od Sł.	2	4/3	1	6	270 000	11,0	33,0	11,0	-	T	T	T
12	Toeplitza 2 od Kras.	2	4/3	1	6	270 000	33,0	55,0	33,0	-	T	T	T
13	Słowackiego 5/13	3	4	1	6	350 000	19,0	30,0	14,0	-	T	T	T
14	Słowackiego 5/13 gł.	2	3	1	4	280 000	46,0	57,0	44,0	-	T	T	T
15	Słowackiego 21/23	3	4	1	7	800 000	20,0	30,0	14,0	-	T	T	T
16	Filarecka 2 - szkoła	1	2	1	4	180 000	74,0	89,0	73,0	-	T	T	T
17	Filarecka 2 - sala	2	1	1	2	30 000	54,0	69,0	53,0	-	T	T	T
18	Filarecka 3	1	4	1	6	170 000	50,0	63,0	45,0	-	T	N	T
19	Słowackiego 15/19 Sł.	1	5	1	6	150 000	20,0	30,0	16,0	-	T	T	T
20	Słowackiego 15/19 K.	2	4	1	5	120 000	31,0	41,0	27,0	-	T	T	T
21	Słowackiego 15/19 S.	1	5	1	6	120 000	31,0	41,0	27,0	-	T	T	T
22	Słowackiego 15/19 Si.	1	4	1	5	210 000	40,0	51,0	37,0	-	T	T	T
22	Wilsona 4 Sł.	2	4	1	11	-	10,0	8,0	16,0	-	N	T	T
23	Wilsona 4 Plac	1	6	1	7	-	15,0	12,0	16,0	-	N	T	T
24	Wilsona 4 Mic.1	1	4	1	6	-	50,0	25,0	10,0	-	N	T	T
25	Wilsona 4 Mic.2	1	4	1	6	-	90,0	25,0	10,0	-	N	T	T
26	Mickiewicza 27	1	5	1	4	-	25,0	40,0	7,0	-	N	T	T
27	Mickiewicza 27	1	5	1	11	-	35,0	50,0	7,0	-	N	T	T
28	Stacja M Pl. Wilsona	1	0	3	56	-	0,0	3,0n	3,0n	-	N	T/N	T
29	Targowa 15	6	6	1	32	-	9,0	24,0	8,0	75,0	N	T	T
30	Cicha 5	1	3+1	1	4	-	18,0	-	70,0	-	N	T	T
31	Zajęcza	4	6	3	40	60 000	6,0	-	10-50	-	T	T/N	T/N
32	DK W-wa Gdańska	1	1	0	3	-	-	10,0w	80,0	3,0	N	T	T
33	Rembelińska	1	4	1	4	-	27,0	60,0	40,0	-	N	T	T/N
34	Kondratowicza	2	9	1	22	-	27,0	80,0	35,0	-	N	T	T/N
35	Płocka 7A	1	4	1	5	-	10,0	-	6,0	-	N	T	T
36	Płocka 26	5	4	1	10	-	12,0	-	8,0	-	N	T	T
Razem dla 25 adresów:		70					69	57	70	7	44	65	62



Wskaźnik obciążenia drganiami (ang. *Vibration Load Factor* - oznaczenie przyjęte i stosowane w ramach pracy)

$$\forall_{k \in [x, y, z]} VLF_{\text{aak}} = \frac{a_k(f)}{a_{\text{kdop}}(f)}$$

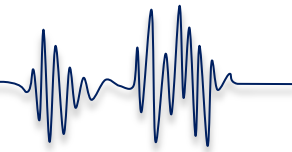


Amplitudowy wskaźnik udziału obciążenia wywołanego nowo-wprowadzonym medium transportowym w całkowitym prognozowanym obciążeniu dynamicznym obiektu lub ludzi, dla najgorszej kombinacji wynikającej ze skorelowania źródeł oddziaływań – nowego medium transportowego i istniejącego tła dynamicznego w obszarze strefy oddziaływań.

$$\forall_{k \in [x, y, z]} VLF_{\text{aak nm}} = \frac{a_{\text{k nm}}(f)}{a_{\text{k nm}}(f) + a_{\text{k tlo}}(f)}$$

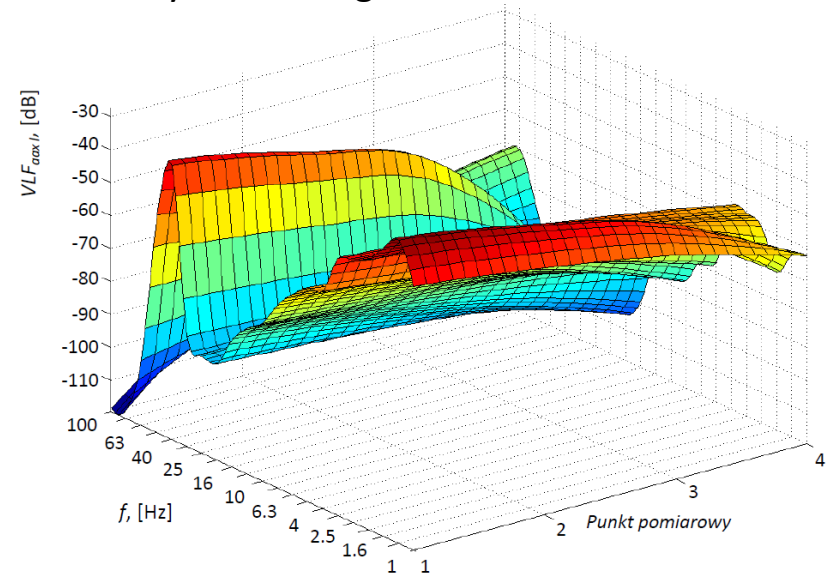
Amplitudowy wskaźnik względnego przyrostu obciążenia dynamicznego dla ludzi lub obiektów inżynierskich znajdujących się w strefie oddziaływań dynamicznych, powodowanych przejazdami nowego medium transportowego, w stosunku do istniejącej organizacji ruchu.

$$\forall_{k \in [x, y, z]} VLF_{\text{aak nmw}} = \frac{a_{\text{k nm}}(f)}{a_{\text{k tlo}}(f)} - 1$$



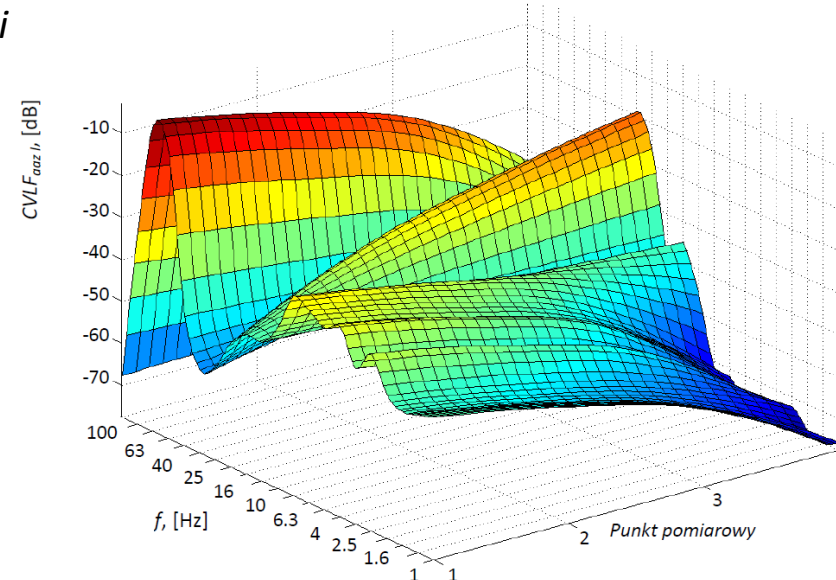
Logarytmiczny amplitudowy wskaźnik obciążenia drganiami obliczany dla każdego z ww. wskaźników.

$$VLF_{aakl} = \begin{cases} 20\log VLF_{aak} \\ 20\log VLF_{aaknm} \\ 20\log VLF_{aaknmw} \end{cases}$$



Skorygowany logarytmiczny wskaźnik obciążenia drganiami

$$CVLF_{aal} = 20\log \frac{\sqrt{k_x^2 a_{kx}^2 + k_y^2 a_{ky}^2 + k_z^2 a_{kz}^2}}{\sqrt{k_x^2 a_{kx-p}^2 + k_y^2 a_{ky-p}^2 + k_z^2 a_{kz-p}^2}}$$



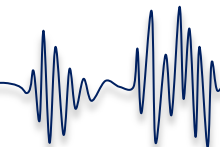


Wskaźnik oparty o wartość ważoną wykorzystaną w celu wyznaczenia logarytmicznego wskaźnika obciążenia energetyczną dawką drgań dla znanego przedziału czasu T i kierunku oddziaływania k .

$$\begin{cases} a_{kw} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (W_i a_{ki}(t))^2} \\ a_{kw} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_{kw}^2(t) dt} \end{cases}$$

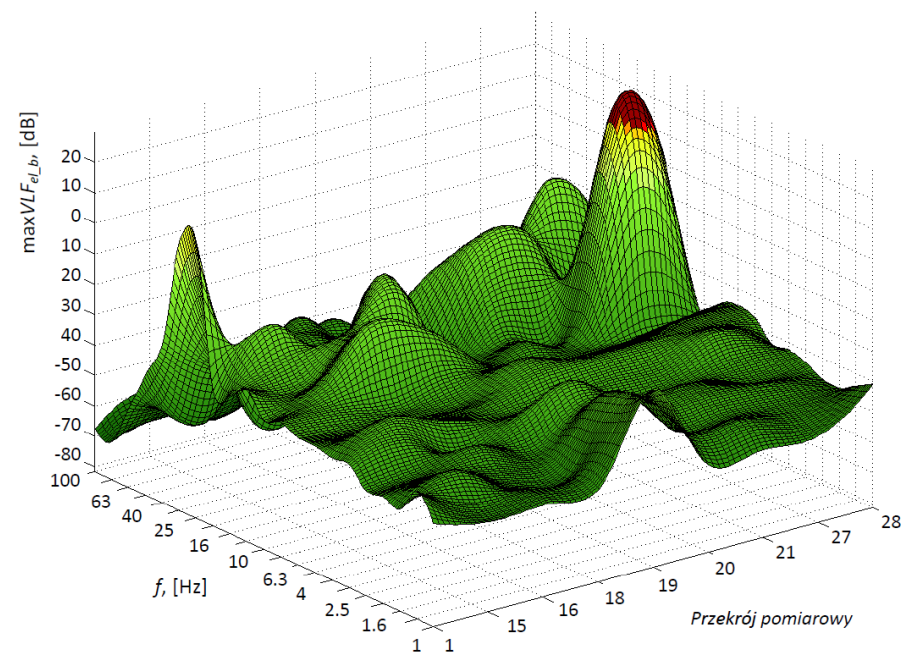
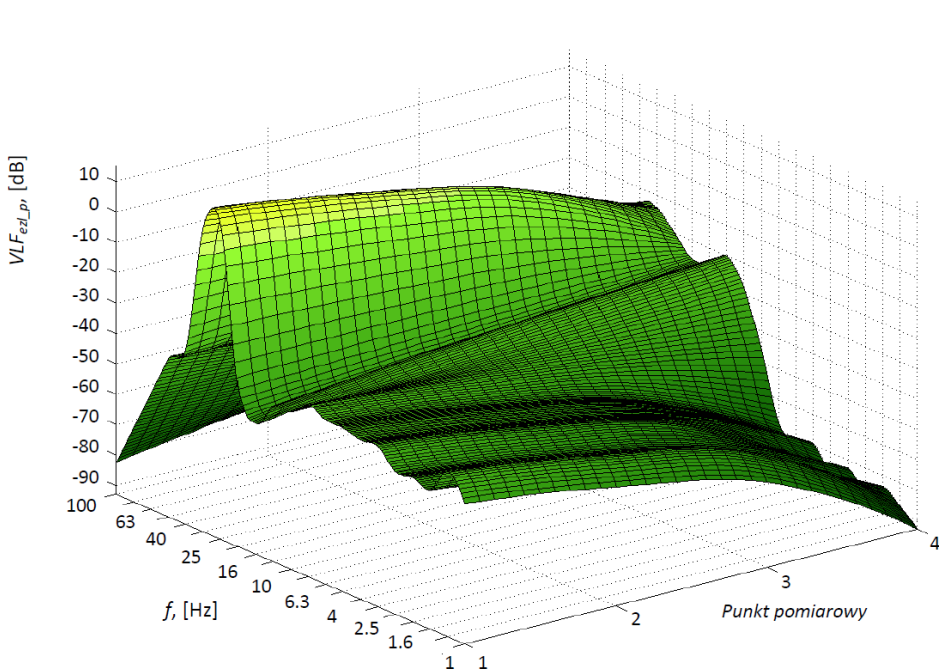
Logarytmiczny wskaźnik obciążenia dawką drgań.

$$VLF_{kvdv} = 20 \log \frac{VDV_k}{VDV_{kdop}} = 20 \log \frac{\sqrt[4]{\int_0^T \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n (W_i a_{ki}(t))^2} \right)^4 dt}}{\sqrt[4]{\int_0^T \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n (W_i a_{ki_dop}(t))^2} \right)^4 dt}}$$



Wskaźnik charakteryzujący obciążenie wynikające z energii drgań

$$\forall_{k \in [x, y, z]} VLF_{ke} = 10 \log \frac{E_{km}(f)}{E_{kp}(f)}$$



Wskaźnik uwzględniający moc drgań

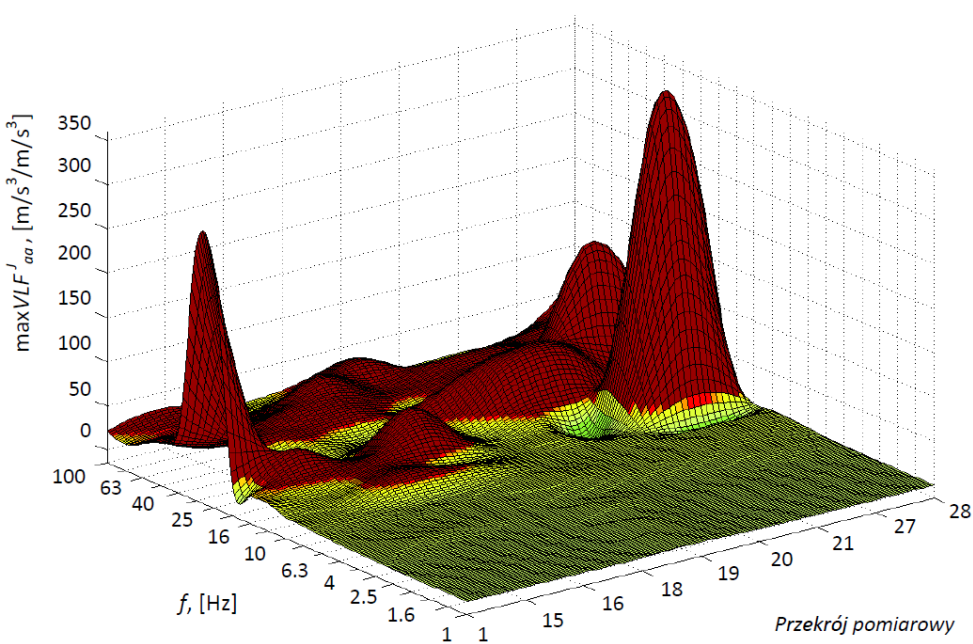
$$\forall_{k \in [x, y, z]} VLF_{kp} = 10 \log \frac{P_{km}(f)}{P_{kp}(f)}$$



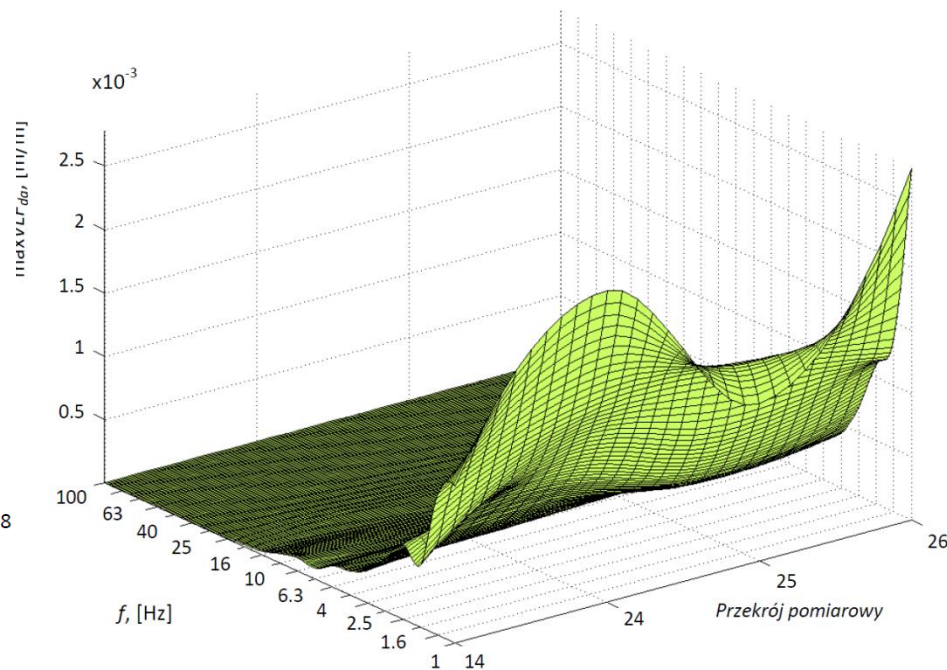
Wprowadzenie do analiz wielkości pochodnej przyspieszenia drgań względem czasu – „szarpnięcie” lub „prędkość zmian przyspieszenia” (ang. *jerk*) oraz przemieszczeń.

$$\begin{cases} j(t) = \frac{d\ddot{x}(t)}{dt} \\ j_i = 2\pi \cdot f_i \cdot a_i \end{cases}$$

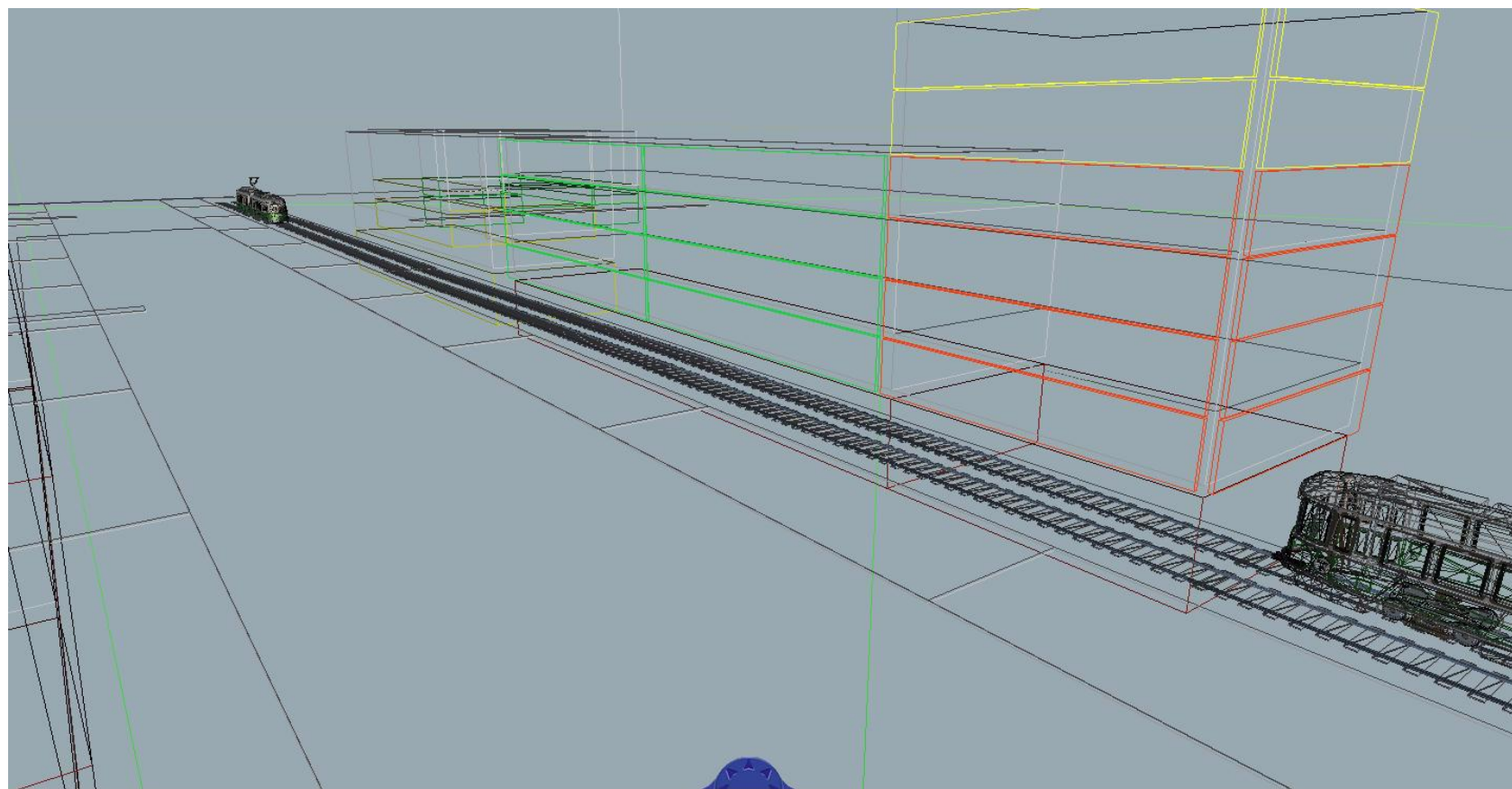
$$\begin{cases} x(t) = \int_0^T \left(\int_0^T \ddot{x}(t) dt \right) dt \\ x_i = \frac{a_i}{(2\pi \cdot f_i)^2} \end{cases}$$



Reakcje akustyczne



Stal – hipoteza Hubera,
Beton - hipoteza Coulomba-Mohra.



	Poziom wskaźnika, [dB]							
	-20,0	-6,0	-3,0	0,0	3,0	12,0	18,0	20,0
Sale operacyjne	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Sale chorych / dzień	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Mieszkania / dzień	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Mieszkania / noc	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Biura	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Warsztaty	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	0,1	0,5	0,7	1,0	1,4	4,0	8,0	10,0
	Moduł wzmocnienia							



Ogólna ocena przydatności Systemu:

Możliwe scenariusze postępowania dla różnych stopni zdefiniowania zagadnienia transportowych oddziaływań dynamicznych dla SOTOD bazującego jedynie na wykorzystaniu modułu SI.

Lp.	Stan istniejący		Prognoza EO/L		Ocena EO/L		Stopień zdefiniowania zagadnienia transportowych oddziaływań dynamicznych
	Obiekty inżynierskie	Źródła oddziaływań	SOTOD	MES	SOTOD	MES	
1	T	T	T/T	T/T	T/T	T/T	w pełni zdefiniowane
2	T	N	T/T	T/t	T/T	n/n	częściowo zdefiniowane
3	N	T	n/t	T/T	n/T	T/T	częściowo zdefiniowane
4	N	N	n/t	T/t	n/T	n/n	niezdefiniowane



Efektywność modelowania:

Czas niezbędny do otrzymania końcowych wyników badań symulacyjnych dla zwalidowanego i zweryfikowanego modelu

$$N_{T_{SOTOD}} = (t_{wl} + t_{ewo} + t_{izd}) + \left(\sum_{j=1}^m t_{pzd}(j) + \sum_{i=1}^n t_{psp}(i) \right) + T_{MWD} + \sum_{i=1}^n T_{BS}(i) + \left(\sum_{i=1}^n t_{wwo}(i) + \sum_{i=1}^n t_{pr}(i) \right)$$

$$N_{T_{MES}} = (t_{wl} + t_{ewo} + t_{izd}) + \left(\sum_{j=1}^m t_{pzd}(j) + \sum_{i=1}^n t_{psp}(i) \right) + T_{MWD} + \sum_{i=1}^n T_{BS}(i) + \left(\sum_{i=1}^n t_{wwo}(i) + \sum_{i=1}^n t_{pr}(i) \right) +$$

$$+ \underbrace{\left(\sum_{i=1}^n t_{pmEO}(i) + \sum_{i=1}^n t_{ozn}(i) + \sum_{i=1}^n t_{wm}(i) \right)}_{\text{ty lko dla modelu MES}}$$

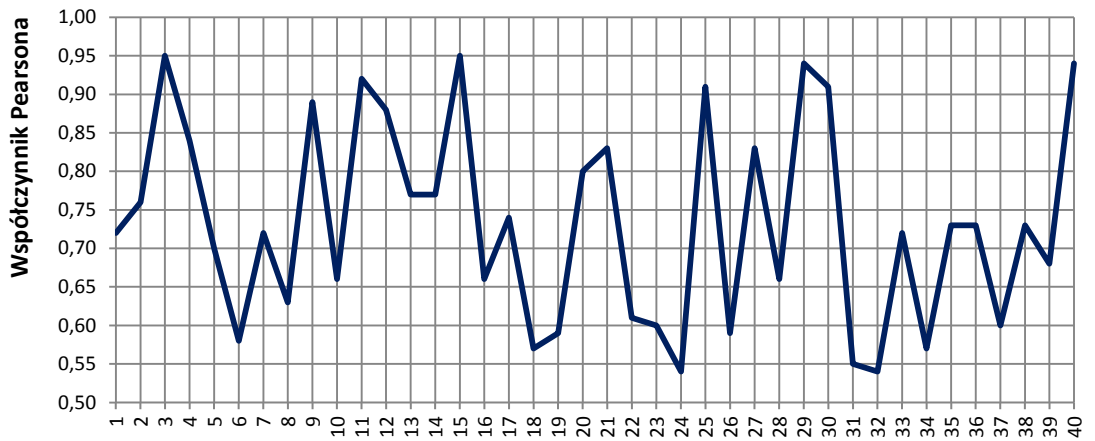
gdzie

- t_{wl} - wizja lokalna obszaru objętego potencjalnym zakresem oddziaływań,
- t_{ewo} - ewidencja infrastruktury transportowej i obiektów inżynierskich, wraz z oceną stanu technicznego,
- t_{izd} - identyfikacja i ewidencja istniejących źródeł drgań,
- t_{pzd} - pomiary źródeł drgań,
- t_{psp} - wytypowanie punktów charakterystycznych i pomiary drgań w wybranych punktach,
- T_{MWD} - przygotowanie modeli prognozowanego stanu wymuszeń dynamicznych,
- t_{pmEO} - przygotowanie modelu obiektu inżynierskiego (EO),
- t_{ozn} - odtworzenie z natury modelu EO,
- t_{wm} - walidacja parametrów i dostrojenie modelu EO,
- T_{BS} - badania symulacyjne EO z wykorzystaniem prognozowanego stanu wymuszeń dynamicznych,
- t_{wwo} - wybór wyników badań symulacyjnych i ich ocena,
- t_{pr} - prezentacja wyników, przygotowanie raportu.

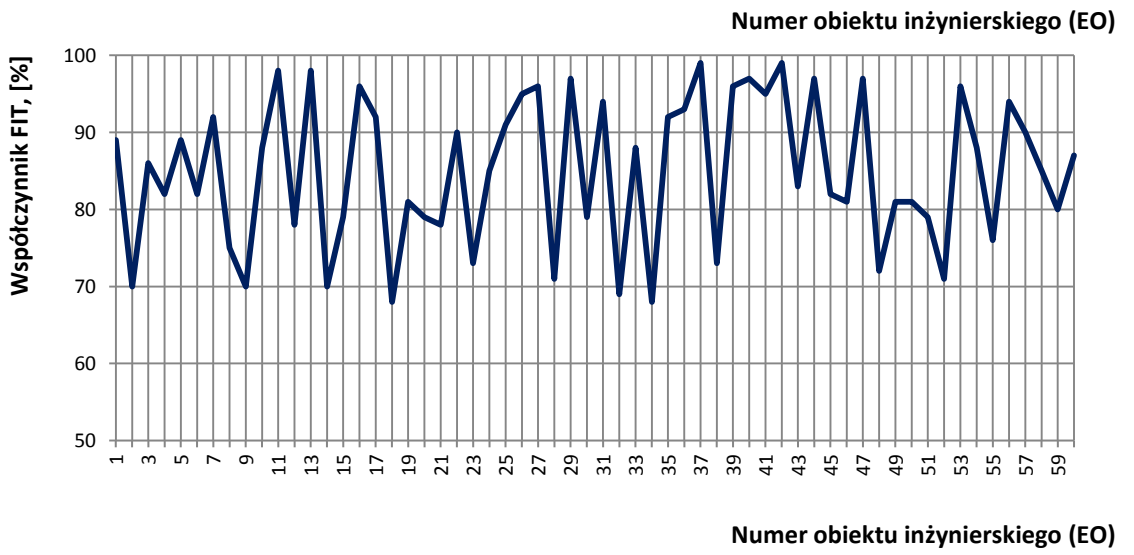


Weryfikacja otrzymanych wyników modelowania:

Rozkład współczynnika korelacji liniowej Pearsona dla 40 obiektów inżynierskich przebadanych z wykorzystaniem metody MES i SOTOD



Rozkład współczynnika FIT dla modeli 60 obiektów inżynierskich przebadanych z wykorzystaniem metody identyfikacji w SOTOD





Oryginalne osiągnięcia pracy:

- Opracowanie **jednolitej metodologii** prowadzenia szybkiej i czytelnej oceny warunków dynamicznych.
- Stworzenie architektury SOTOD**: uściślenie czynności badawczych oraz harmonogramu wykonywania prac badawczych, dokonanie przejrzystej oceny, możliwość otrzymania pilotażowych wyników, wykazanie ewentualnej konieczności prowadzenia badań w większym stopniu uszczegółowienia.
- Wprowadzenie nowej definicji oraz walidacja i zastosowanie praktyczne **potencjału szkodliwości oddziaływań dynamicznych** w odniesieniu do transportowych źródeł drgań.
- Wprowadzenie nowej definicji **klimatu drganiowego**, w celu określenia zespołu zjawisk dynamicznych, rozpatrywanego niezależnie od oceny klimatu akustycznego.
- Opracowanie **wielokryterialnego systemu oceny** zmian powodowanych modernizacją lub budową nowych szlaków lub elementów infrastruktury transportowej w aglomeracji miejskiej,
- Wprowadzenie autorskich wskaźników do oceny** - otrzymanie szerokiego spektrum rozwiązań, stanowiących przejrzyste źródło informacji o warunkach propagacji drgań oraz jednoznaczne wykazanie występowania sytuacji alarmowych lub krytycznych.



Kierunki dalszych prac:

- Charakter użytkowy pracy** – wdrożenie aplikacji SOTOD, ze względu na brak rozwiązań kompleksowych, zapewniających szybkie prognozowanie, przydatne np. w sferze zagadnienia monitoringu inwestycji, lub tworzenie map oddziaływań dynamicznych terenu wokół istniejących lub projektowanych szlaków komunikacyjnych.
- Rozbudowa aparatu matematycznego** – wykorzystanie sieci neuronowych, np. falkowych pozwalających na identyfikację nieliniowych charakterystyk przenoszenia drgań. Prace nad wdrożeniem sieci falkowych do aparatu matematycznego są na tyle rozległym zadaniem, iż stanowią mogą przedmiot odrębnej rozprawy naukowej.
- Wykorzystanie nieoczywistych metod do oceny oddziaływań** – np. funkcje Kopuł (Copula) - obiektów matematycznych oferujących dużą elastyczność w budowaniu wielowymiarowych modeli stochastycznych oraz Teorii Katastrof (morfogeneza) pozwalającej na usystematyzowanie empirycznych rezultatów, gdy ciągła zmiana parametru prowadzi nagle do jakościowych zmian zachowania systemu (przejścia do innego stanu układu, stabilnego w nowych warunkach).



Dziękuję za uwagę

Warszawa, 14.10.2014r.