

CONTENTS

1.	INTRODUCTION	13
2.	SOUND PROPAGATION IN AIR	16
2.1.	Sound speed in stable air	16
2.2.	The influence of air temperature and humidity on sound speed	19
2.3.	Sound speed in the presence of the wind	22
2.4.	Trajectory of the sound ray in air	24
3.	METEOROLOGICAL ASPECTS OF ACOUSTIC WAVE PROPAGATION IN AIR	35
3.1.	Surface roughness	35
3.1.1.	<i>Wind stream equilibrium in air, including parameters of dynamic equilibrium</i>	39
3.1.2.	<i>Generalised analysis of wind speed change in real terrain</i>	48
3.1.3.	<i>The influence of corrected roughness length</i>	49
3.1.4.	<i>Vertical distribution of wind speed in homogenous air</i>	50
3.1.5.	<i>Vertical distribution of wind speed at constant temperature gradient</i>	51
3.2.	Mean sound speed profile in neutral air (no heat exchange)	52
3.3.	Mean wind speed profile in unstable air (heat exchange present)	53
3.3.1.	<i>Parameters describing air instability</i>	53
3.4.	Determination of sound speed profile according to Panofsky	58
3.4.1.	<i>Determination of temperature profile</i>	58
3.4.2.	<i>Determination of wind vertical profile</i>	58
3.4.3.	<i>Real sound speed profile</i>	59
4.	THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS: ANALYSIS	60
4.1.	Vertical profiles of sound speed	60
4.1.1.	<i>Propagation conditions of acoustic waves in the research results evaluation: application - technical analysis</i>	63
4.1.2.	<i>Noise increase resulting from favourable conditions of acoustic wave propagation</i>	64
4.2.	Aerodynamic classification	65
4.3.	Solar radiation model	67
4.4.	Thermal classification	69
4.5.	Cross-categories of aerodynamic and thermal classifications	70
4.6.	Determination of the occurrence frequency of conditions favourable to sound propagation	71
5.	CALCULATING PARAMETER "P" DEFINING THE OCCURENCE OF LONG-TERM CONDITIONS FAVOURABLE TO SOUND PROPAGATION FOR A SELECTED METEOROLOGICAL STATION IN POLAND	72

5.1.	Meteorological data-in	72
5.2.	Determination of aerodynamic class U_i for the Łódź-Lublinek meteorological station	74
5.2.1.	<i>Wind speed</i>	74
5.2.2.	<i>Wind classes</i>	76
5.2.3.	<i>Wind direction</i>	76
5.2.4.	<i>Determination of wind class U_i</i>	77
5.3.	Determination of thermal class T_i for the Łódź-Lublinek meteorological station	79
5.3.1.	<i>Radiation</i>	79
5.3.2.	<i>Cloudiness</i>	82
5.4.	Combining classes U_i and T_i : the occurrence frequency of conditions favourable to sound propagation at the Łódź-Lublinek meteorological station	84
6.	THE INFLUENCE OF BASIC METEOROLOGICAL PHENOMENA ON THE LONG-TERM NOISE LEVEL: PRACTICAL ANALYSIS	86
6.1.	Entry data for simulation calculations	86
6.2.	Simulation calculations	87
6.2.1.	<i>The influence of the receiver point height and source distance</i>	89
7.	THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON NOISE PROPAGATION OUTDOORS AND SUSTAINABLE PLANNING OF ROADS AND MOTORWAYS	95
7.1.	Acoustic analysis of road planning near the city of Łódź	95
7.2.	Acoustic analysis of road planning near the city of Montelimar	97
8.	CONCLUSION	99
	REFERENCES	103
	APPENDIX A-I: GENERAL DESCRIPTION OF THE NMPB-96 METHOD	110
	APPENDIX A-II: BRIEF DESCRIPTION OF THE MITHRA SOFTWARE	115
	POLISH VERSION/POLSKA WERSJA	121
1.	WSTĘP	123
2.	WARUNKI ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ DŹWIĘKU W ATMOSFERZE	126
2.1.	Prędkość dźwięku w nieruchomym środowisku atmosferycznym	126
2.2.	Wpływ temperatury i wilgotności powietrza na prędkość dźwięku	129
2.3.	Wpływ wiatru na prędkość dźwięku	132
2.4.	Trajektoria promienia dźwięku w atmosferze	133
3.	ASPEKTY METEOROLOGICZNE PROPAGACJI FALI AKUSTYCZNEJ W ŚRODOWISKU RZECZYWISTYM	140
3.1.	Szorstkość terenu	141

3.1.1.	<i>Równowaga strumienia wiatru w atmosferze z uwzględnieniem parametrów równowagi dynamicznej</i>	143
3.1.2.	<i>Uogólniona analiza zmiany prędkości wiatru w terenie rzeczywistym</i>	150
3.1.3.	<i>Ocena wpływu skorygowanej szorstkości podłoża</i>	152
3.1.4.	<i>Pionowy rozkład prędkości wiatru w atmosferze jednorodnej</i>	153
3.1.5.	<i>Pionowy rozkład prędkości wiatru przy stałym gradiencie temperatury</i>	154
3.2.	Średni profil prędkości wiatru w atmosferze neutralnej - bez wymiany termicznej	155
3.3.	Średni profil prędkości wiatru w atmosferze niestabilnej (z wymianą termiczną)	156
3.3.1.	<i>Parametry ujmujące niestabilność atmosfery</i>	156
3.4.	Ustalenie profilu prędkości dźwięku wg. Panofsky'ego	159
3.4.1.	<i>Ustalenie profilu wiatru</i>	159
3.4.2.	<i>Ustalenie profilu temperatury</i>	159
3.4.3.	<i>Rzeczywisty profil prędkości dźwięku w funkcji temperatury i kierunku propagacji wiatru</i>	160
4.	ANALIZA ODDZIAŁYWANIA CZYNNIKÓW METEOROLOGICZNYCH	161
4.1.	Pionowe profile prędkości dźwięku	161
4.1.1.	<i>Analiza aplikacyjno – techniczna warunków propagacji fal akustycznych do oceny wyników badań</i>	163
4.1.2.	<i>Wzrost hałasu w wyniku korzystnych warunków propagacji fali akustycznej</i>	165
4.2.	Klasyfikacja aerodynamiczna warunków propagacji dźwięku z uwzględnieniem stosowania metod pomiaru i ich oceny	165
4.3.	Model promieniowania słonecznego	166
4.4.	Klasyfikacja termiczna	168
4.5.	Skrzyżowanie klasyfikacji aerodynamicznej i termicznej	169
4.6.	Określenie częstotliwości pojawiania się warunków korzystnych dla propagacji dźwięku	169
5.	USTALANIE PARAMETRU „P” OKREŚLAJĄCEGO POJAWIANIE SIĘ WARUNKÓW KORZYSTNYCH DLA ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ DŹWIĘKU DLA WYBRANEJ STACJI METEOROLOGICZNEJ W POLSCE	170
5.1.	Dane meteorologiczne wejściowe	170
5.2.	Określenie klasy aerodynamicznej U_i na przykładzie m.Łodzi w oparciu o pomiary stacji meteorologicznej Łódź – Lublinek	172
5.2.1.	<i>Prędkość wiatru</i>	172
5.2.2.	<i>Stosowane klasy wiatru</i>	174
5.2.3.	<i>Kierunek wiatru</i>	174
5.2.4.	<i>Wyznaczenie klasy wiatru U_i</i>	174

5.3.	Określenie klasy termicznej T_i dla analizowanego obszaru	176
5.3.1.	<i>Kryterium promieniowania</i>	176
5.3.2.	<i>Kryterium zachmurzenia</i>	179
5.4.	Sumaryczny wpływ parametrów klas U_i i T_i – określenie częstotliwości pojawiania się warunków korzystnych dla propagacji dźwięku	180
6.	ANALIZA PRAKTYCZNA WPŁYWU PODSTAWOWYCH ZJAWISK METEOROLOGICZNYCH NA POZIOM DŹWIĘKU W DŁUGICH OKRESACH CZASU	182
6.1.	Dane wejściowe do obliczeń symulacyjnych	182
6.2.	Obliczenia symulacyjne	183
6.2.1.	<i>Wpływ wysokości położenia punktu odbioru oraz odległości od źródła</i>	183
7.	WPŁYW WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH NA PROPAGACJĘ HAŁASU W TERENIE OTWARTYM, A RACJONALNE PROJEKTOWANIE PRZEBIEGU DRÓG I AUTOSTRAD	186
7.1.	Analiza akustyczna wytyczania trasy drogi w pobliżu Łodzi	186
7.2.	Analiza akustyczna wytyczania trasy drogi w pobliżu miasta Montelimar	187
8.	PODSUMOWANIE	188
	STRESZCZENIE	191