

THE INFLUENCE OF THE VEGETATION AS HINDRANCES ON THE FALL OF SOUND LEVEL OF AGRICULTURAL TRACTORS ON THE WAY OF THE SOUND SPREADING

S u m m a r y

Paper presents the results of experimental study of the influence of the vegetation described as hindrances on the way of the sound wave. The influence of the vegetation on the sound wave was described by the absorption factors of the sound by the environment „k” and „k_i”. Analyzed were two level values of the sound: one obtained experimentally and second obtained on the approximation with the logarithmic function of empirical values.

WPŁYW ROŚLINNOŚCI NA SPADEK POZIOMU DŹWIĘKU CIĄGNIKÓW ROLNICZYCH NA DRODZE JEGO PROPAGACJI

S t r e s z c z e n i e

Przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu roślinności rozumianej jako przeszkody na drodze fali dźwiękowej. Wpływ roślinności na falę dźwiękową określono przy pomocy współczynników pochłaniania dźwięku przez środowisko „k” i „k_i”. Analizowano zarówno wartości poziomu dźwięku uzyskane empirycznie jak i uzyskane na drodze aproksymacji funkcją logarytmiczną wartości empirycznych.

1. Wstęp

Określenie plantacji nazwą gatunkową jest bardzo ogólne. Przykładowo: pszenica może oznaczać rośliny w początkowej fazie rozwojowej jak też i w pełni dojrzałe. Ale nawet w tej samej fazie rozwojowej rośliny mogą różnić się np. wysokością na skutek różnego nawożenia, różnic glebowych, warunków wegetacji itd. Z tych powodów charakterystyka jakościowa plantacji, tj. określenie nazwy uprawianej rośliny, jest niezbyt przydatna dla fizycznych i matematycznych reguł stosowanych w technice akustycznej. Jak bowiem wiadomo takie zjawiska falowe jak odbicie, pochłanianie, przenikanie zależą od fizycznych własności przeszkody (wysokość, grubość, porowatość, gęstość objętościowa). W tym znaczeniu tylko niektóre charakterystyki rolnicze plantacji są przydatne, np. wysokość roślin, gęstość objętościowa. Inne charakterystyki rolnicze, takie jak np. szerokości międzyrzędzi, odległość roślin w rzędzie, faza rozwojowa itp. trudno powiązać z wielkościami charakteryzującymi przeszkodę na drodze rozprzestrzeniania się fal akustycznych.

2. Cel i zakres pracy

Celem badań było określenie wpływu wybranych roślin uprawnych, traktowanych jako przeszkody na drodze rozprzestrzeniania się dźwięku emitowanego przez ciągnik rolniczy.

Badania prowadzono na plantacjach lucerny o średniej wysokości roślin – 550 mm, ziemniaków - 600 mm i pszenicy ozimej – 850 mm, a także na łące z roślinnością o średniej wysokości 60 mm. We wszystkich przypadkach poziom tła akustycznego wynosił 44-46 dB(A). Warunki meteorologiczne mające wpływ na badany poziom dźwięku były następujące:

- prędkość wiatru: 0,39-1,48 m/s,
- wilgotność powietrza: 58,1-73,0%,
- temperatura powietrza: 19-31°C,
- ciśnienie barometryczne: 734-739 mmHg.

Źródłem dźwięku we wszystkich wypadkach był ciągnik Massey Ferguson 235 (MF 235) posiadający 3-cylindrowy silnik typu Perkins o mocy 28 kW. Ciągnik umieszczony był na plantacji i pozostawał nieruchomy w czasie badań. Prędkość obrotowa silnika była stała i wynosiła 1700 min⁻¹*

3. Metodyka badań

Pomiary poziomu dźwięku i poziomu tła akustycznego wykonano miernikiem poziomu dźwięku I 01 firmy Sonpan wyposażonym w filtr korekcyjny (A) tej samej firmy. Miernik był zamocowany na statywie na wysokości 1,2 m od powierzchni ziemi (PN-ISO 7216: 1996). Pomiary wykonano wzdłuż linii prostopadłej do osi symetrii ciągnika, z lewej jego strony patrząc zgodnie z kierunkiem jazdy Punktem odniesienia układu pomiarowego był rzut tłumika wydechu na powierzchnię pola, a pomiary wykonywano co 4 m. Z wcześniejszych badań (Adamczyk, Juliszewski 2001, 2001a) wynika, że nie jest konieczne wykonywanie pomiarów poziomu dźwięku w innych kierunkach jego rozprzestrzeniania się, gdyż różnią się one w sposób nieistotny statystycznie.

Poziom tła akustycznego był mierzony w trakcie każdej sesji pomiarowej także przed jej rozpoczęciem, i po jej zakończeniu w wybranych losowo miejscach plantacji i uśredniany. Prędkość wiatru, temperaturę powietrza i jego wilgotność mierzono zintegrowanym miernikiem mikroklimatu MM 01, a ciśnienie atmosferyczne – barometrem MKD.

4. Reguły opisujące rozprzestrzeniania się dźwięku w środowisku rolniczym

Ilościowe określenie wpływu przeszkód na rozprzestrzenianie się dźwięku, w odniesieniu do typowych rolniczych upraw polowych, jest stosunkowo mało poznane. Sadowski, (1971) stwierdził, że podawane przez niego współ-

* Prędkość obrotowa silnika była zbliżona do prędkości odpowiadającej obrotom nominalnym WOM tj. 540 min⁻¹

Tab. 1 Charakter i formuły opisujące środowisko pochłaniające dźwięk
 Tab. 1 The character and formulas describing the environment absorbing the sound

Lp.	Wartość licz- bowa współ- czynnika pochłaniania dźwięku przez środowisko	Charakter i formuła opisująca środowisko pochłaniające dźwięk w [dB] według:		
		Puzyny $L_{nz} = L_1 - k_t \cdot 20 \lg \frac{r_n}{r_1}$	Sadowskiego $L_{nz} = L_1 - k \cdot 20 \lg \frac{r_n}{r_1} - 7,9$	Engela $L_z = L_A - K_1 \cdot K_2 \cdot 10 \lg \frac{r_n}{r_1}$
1	0,90	asfalt	teren płaski pokryty trawą	teren płaski, pokryty asfaltem
2	1,00	ziemia	teren płaski pokryty trawą, lecz za pasmem zieleni drzew i krzewów o szerokości większej niż 20 m	teren płaski, grunt
3	1,05	-	-	teren płaski pokryty trawą o wysokości nie większej od 0,20 m
4	1,10	trawa	-	-
5	1,10– 1,35	-	-	park gęsto zadrzewiony z podsyciem krzewów i trawy
6	1,20	gęsto zadrzewiony park z krzewami	tereny parkowe gęsto zadrzewione z występującymi krzewami	-
7	1,50	gęste zadrzewienie leśne	zwarte, gęste, obszary leśne	leśne pasy ochronne, gęsto zadrzewione, z bogatym podsyciem

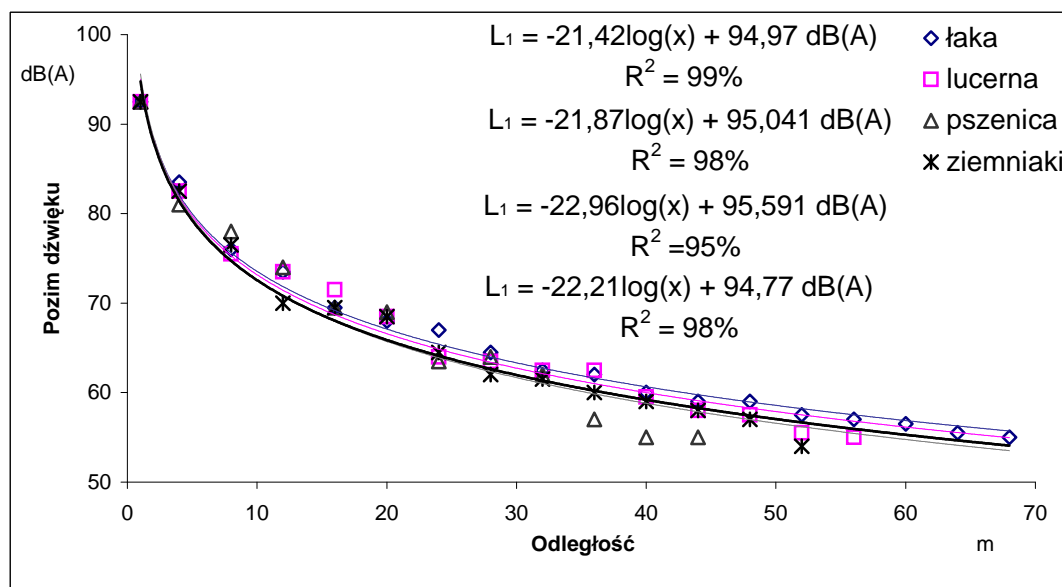
L_{nz} – poziom natężenia dźwięku w odległości r_n od źródła, zmniejszony w skutek pochłaniania dźwięku przez środowiska (dB),

L_1 – poziom natężenia dźwięku w odległości r_1 od źródła (zazwyczaj $r_1 = 1$ m) (dB),

k, k_t – współczynnik pochłaniania dźwięku przez środowisko.

K_1 – współczynnik określający charakter źródła (dla źródła punktowego $K_1 = 2$, dla liniowego $K_1 = 1$),

K_2 – współczynnik określający redukcję poziomu dźwięku przez powierzchnie terenu i zieleń łącznie.



Rys. 1 Aproxymowane i rzeczywiste zmiany poziomu dźwięku (ciągnik Massey Ferguson 235) na łące, polu lucerny pszenicy i ziemniaków ze wzrostem odległości od ciądnika. Tło akustyczne: 44-46 dB(A)

Fig. 1. Approximated and real changes of sound level of tractor Massey Ferguson 235 on a meadow and on lucerne, wheat and potato field with a growing distance from the tractor. Acoustic background 44-46 dB(A)

czynniki „k”, charakteryzujące wpływ rodzaju roślinności na tłumienie energii dźwiękowej, są przybliżone. Od tego czasu (rok 1971) – nie licząc również ogólnych wartości podanych przez *Puzynę (1974)* i *Engela (1993)* – nie wykonano w kraju badań uściślających wartości współczynnika „k” i „k_t” (tab. 1). W szczególności odnosi się to do środowiska rolniczego.

Według *Engela* najlepsze warunki izolacyjne spełniają drzewa iglaste, nie mogą być one jednak stosowane w wielu miejscach (okolice dróg i autostrad) ze względu na ich wrażliwość na spaliny.

W otwartej przestrzeni wszelka roślinność tłumia rozprzestrzenianie się dźwięku. Jednak w środowisku naturalnym, a na terenach wiejskich i rolniczych przede wszystkim, występują także inne naturalnie występujące przeszkody tłumiące rozchodzące się od jakiegokolwiek źródła fale akustyczne. Takimi przeszkodami mogą być: rowy, nasypy, wały, płoty, budynki itp.

5. Wyniki badań

Przedmiotem analizy były zmiany poziomu dźwięku emitowanego przez ciągnik rolniczy znajdujący się na plantacjach roślin uprawnych i na łące. Poziom dźwięku był zmierzony przy użyciu filtra korekcyjnego A. Przebieg tych zmian w funkcji odległości od źródła, zarówno dla wartości rzeczywistych (linie punktowe) jak i aproksymowanych funkcją logarymiczną (linie ciągłe) przedstawia rys. 1.

Aproksymowane wartości L_1 różnią się od wartości uzyskanych eksperymentalnie. Ta zrozumiwała konsekwencja aproksymacji – choć budząca zastrzeżenia merytoryczne – pozwala jednak obliczać przeciętne (średnie) wartości współczynników pochłaniania dźwięku przez środowisko „k” i „k_t” na całym odcinku rozprzestrzeniania się dźwięku. Wartości te przedstawione w tab. 2. uzyskano przekształcając wzory podane przez *Sadowskiego, (1971)* i *Puzynę, (1974)* (tab.1) na następujące zależności:

$$k = \frac{L_1 - L_{nz} - 7,9}{20 \log \frac{r_n}{r_1}} \quad (1)$$

$$k_t = \frac{L_1 - L_{nz}}{20 \log \frac{r_n}{r_1}} \quad (2)$$

Spośród obliczonych wartości wyróżniają się wysokie wartości współczynników pochłaniania dźwięku przez środowisko „k” i „k_t” pszenicy (1,35) i ziemniaków (1,23). Z dwóch wymienionych roślin pszenica, w stosunku do pozostałych wyróżnia się wysokością i gęstością jako cechami

ujmowanymi łącznie. W przypadku ziemniaków oprócz samych roślin dochodzi jeszcze czynnik odmiennego ukształtowania powierzchni plantacji (redliny) niż na pozostałych (płaskich) powierzchniach pól.

Trawa łąkowa jest wprawdzie również gęsta powierzchniowo, lecz niska w porównaniu z pszenicą, co jest powodem niewielkiej wartości współczynnika pochłaniania dźwięku w jej przypadku.

Uzyskane zatem wyniki wskazują na ogólną prawidłowość, że plantacje roślin gęsto i wysoko rosnących tłumia dźwięk mocniej niż plantacje roślin niskich i rzadko rosnących.

Jest to logiczne, zgodne z teoretycznym przewidywaniem i znajduje potwierdzenie w cytowanych w pracy badaniach innych autorów. W stosunku do tych badań (*Sadowski, Puzyna, Engel*) wykazano jednak, że „zieleń” rolnicza jest w istocie bardziej zróżnicowana pod względem właściwości akustycznych niż to dotychczas określano.

Powyższe wyniki obliczeń współczynników pochłaniania dźwięku przez środowisko „k” i „k_t”, uzyskane na podstawie aproksymowanych wartości dźwięku, są niezmiennie na całym odcinku pomiarowym rozprzestrzeniania się dźwięku ciągnika. W rzeczywistości jednak oddziaływanie przeszkód jest zróżnicowane na tym odcinku; w pobliżu źródła spadek poziomu dźwięku jest większy niż w oddaleniu. Spostrzeżenie to implikuje pytanie: czy w rzeczywistości współczynniki pochłaniania dźwięku przez środowisko „k” i „k_t” mają wartość stałą, czy zmienną wraz z odległością?

Odpowiedzi uzyskano obliczając wartości współczynników pochłaniania dźwięku przez środowisko „k” i „k_t” również wg wzorów (1) i (2), lecz na podstawie danych empirycznych. Wyniki tych obliczeń przedstawiają rys. 2 i tab.3.

Obliczenia wskazują, że wartości współczynnika pochłaniania dźwięku przez środowisko „k_t” (ponieważ zależność pomiędzy współczynnikiem „k” i „k_t” jest stała w dalszej analizie nie omawiamy współczynnika „k”) są w rzeczywistości zmienne w funkcji odległości od źródła hałasu (ciągnika). W pobliżu źródła, orientacyjnie do ok. 40 m, wartość tego współczynnika wzrasta znacznie szybciej w miarę oddalania się od ciągnika, aniżeli po przekroczeniu tej odległości.

Zmienność współczynnika pochłaniania dźwięku przez środowisko „k_t” na drodze rozprzestrzeniania się dźwięku – na tej samej plantacji – implikuje kolejne pytanie: jaka wartość tego współczynnika – wyznaczona na podstawie danych empirycznych, czy aproksymowanych – jest miarodajna dla obliczeń zmian poziomu dźwięku, przy znanej wartości wyjściowej L_1 ?

Tab. 2. Współczynniki k i k_t charakteryzujące wpływ środowiska na zmiany poziomu dźwięku na drodze jego rozprzestrzeniania się (obliczane na podstawie aproksymowanych wartości poziomu dźwięku)

Tab. 2. Coefficients k and k_t characterizing the influence of the environment on the sound level on the way of its expansion (counted on the ground of approximated values of the sound level)

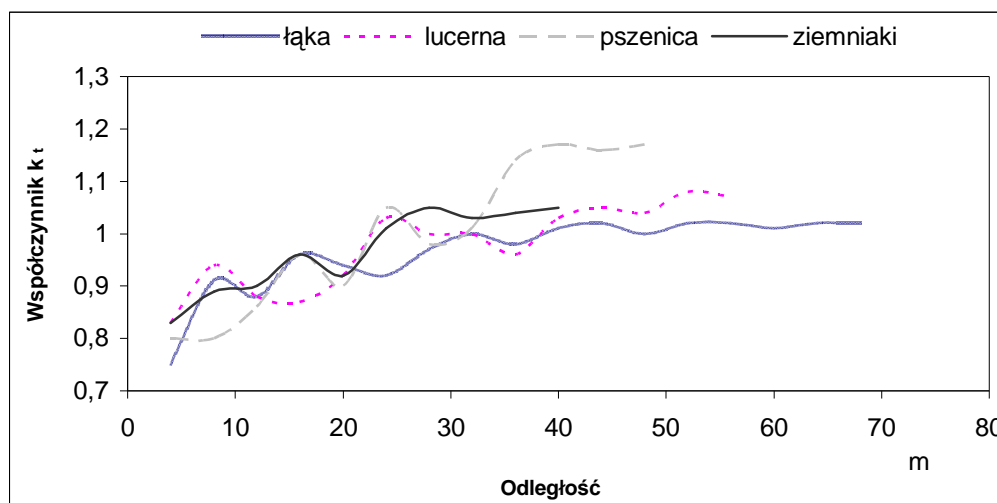
Lp.	Roślina	Średnia wysokość roślin	k	k _t	Prędkość wiatru
		m			m/s
1	Łąka	0,07	0,91	1,15	0,62 – 1,48
2	Lucerna	0,55	0,89	1,13	1,27 – 1,29
3	Pszenica	0,70	1,11	1,35	0,39 – 0,40
4	Ziemniaki	0,60	0,98	1,23	0,80 – 0,49

Tab. 3. Współczynniki k_t charakteryzujące wpływ środowiska na zmiany poziomu dźwięku na drodze jego rozprzestrzeniania się (obliczone na podstawie danych empirycznych)

Tab. 3. Coefficients k_t characterizing the influence of the environment on the sound level on the way of its expansion (calculated on the measurement values)

Lp.	Odległość	Miejsce badań			
		Łąka	Lucerna	Pszenica	Ziemiaki
1	4	0,75	0,83	0,76	0,83
2	8	0,91	0,94	0,80	0,89
3	12	0,88	0,88	0,86	1,04
4	16	0,96	0,87	0,96	0,96
5	20	0,94	0,92	0,90	0,92
6	24	0,92	1,03	1,05	1,01
7	28	0,97	1,00	0,98	1,05
9	32	1,00	1,00	1,01	1,03
10	36	0,98	0,96	1,14	1,04
11	40	1,01	1,03	1,17	1,05
12	44	1,02	1,05	1,16	1,05
13	48	1,00	1,04	x	1,06
14	52	1,02	1,08	x	1,12
15	56	1,02	1,07	x	x
16	60	1,01	x	x	x
17	64	1,02	x	x	x
18	68	1,02	x	x	x
Średnia		0,97	0,98	1,00	1,00
Odchylenie standardowe σ		0,07	0,08	0,12	0,08
Współcz. zmienności [%]		7,4	8,1	12,3	8,1

x – pomiaru nie wykonywano ze względu na zbyt małą różnicę pomiędzy emitowanym poziomem hałasu a poziomem tła akustycznego



Rys. 2. Zmienność współczynników k_t dla wybranych plantacji w funkcji odległości od źródła hałasu

Fig. 2. The variability of coefficients k_t for the selected plantations in the function of the distance from the source of the noise

Na podstawie uzyskanych wyników eliminujemy wartość współczynnika pochłaniania dźwięku przez środowiska „ k_t ”, jako średnią arytmetyczną (tab. 2). Wartości średnie są zaniżone i z natury tego parametru statystycznego nie powinny być podstawą obliczeń. Wpływ dużej zmienności współczynnika pochłaniania dźwięku przez środowisko „ k_t ” w pobliżu źródła dźwięku powoduje, że wartość przeciętna (średnia) odbiega istotnie od wartości rzeczywistych tego współczynnika na całej drodze rozprzestrzeniania się dźwięku (por. rys. 2). Wskazują na to także wartości odchylenia standardowego od średniej i współczynnika zmienności (tab. 3). Ograniczone zastosowanie mogą mieć także

współczynniki pochłaniania dźwięku przez środowisko „ k_t ” obliczane na podstawie danych aproksymowanych. Ograniczenie to dotyczy tych przypadków, gdy aproksymowana wartość L_1 jest porównywalna z rzeczywistym poziomem dźwięku źródła, w tym przypadku ciągnika. Jeśli natomiast rzeczywisty poziom dźwięku L_1 różni się od aproksymowanego, to wyniki obliczeń będą różnić się od rzeczywistych zmian poziomu dźwięku na drodze jego rozprzestrzeniania się.

Poprawne wyniki poziomu dźwięku w danej odległości od źródła uzyskuje się przy obliczeniach współczynnika pochłaniania dźwięku przez środowisko „ k_t ” uzyskanych z

danych empirycznych. Wartości te są jednak – jak już wspomniano – zmienne w funkcji odległości. Odpowiedź na sformułowane wyżej pytanie, dotyczące miarodajności współczynnika pochłaniania dźwięku przez środowisko „ k_t ”, jest możliwa, jeśli znana (lub zakładana) będzie także odległość od źródła dźwięku. Zmienne wartości współczynnika pochłaniania dźwięku przez środowisko „ k_t ”, w funkcji odległości – uzyskiwane na podstawie danych empirycznych – można aproksymować uzyskując tym samym uogólnienie dla danej plantacji. Parametr odległości od źródła dźwięku jest istotny, gdyż współczynniki „ k_t ” mogą przyjmować takie same wartości na dwóch plantacjach w różnych odległościach np. 1,01 dla łąki w odległości 40 m, pszenicy – 32 m i ziemniaków – 24 m.

Jest zrozumiałe, że oprócz odległości od ciągnika niezbędna jest charakterystyka plantacji, w szczególności: wysokość roślin i ich gęstość powierzchniowa (obsada).

Powyższe uwagi dotyczące przeprowadzonych aproksymacji wyników sprowadzamy do dwóch uogólnień:

(1) przebieg zmian poziomu dźwięku na drodze jego rozprzestrzeniania się można wyrazić funkcją logarytmiczną o dużej zgodności z danymi empirycznymi. (Nie zawsze pozwala to jednak uzyskiwać dane dla obliczeń współczynnika pochłaniania dźwięku przez środowisko „ k_t ” charakteryzującego rzeczywisty wpływ środowiska na zmiany poziomu dźwięku),

(2) przebieg zmian współczynnika „ k_t ” można uogólnić dla danej plantacji za pomocą zapisu funkcyjnego, w której argumentem jest odległość od źródła dźwięku (ciągnika).

6. Wnioski

1. Plantacje roślin gęsto i wysoko rosnących tłumią dźwięk mocniej niż plantacje roślin niskich i rzadko rosnących.

2. Znane z literatury zakresy wartości współczynnika pochłaniania dźwięku przez środowisko roślinne są określone zbyt szeroko, ponieważ dają się zauważyć istotne różnice w wartościach wspomnianego współczynnika pomiędzy roślinami uprawnymi do tej pory definiowanymi jako „zieleni”. 3. Współczynniki pochłaniania dźwięku przez środo-

wisko „ k ” i „ k_t ”, uzyskane na podstawie aproksymowanych wartości poziomu dźwięku, są niezmiennie na całym odcinku pomiarowym rozprzestrzeniania się tego dźwięku. W rzeczywistości wartości współczynników pochłaniania dźwięku przez środowisko „ k ” i „ k_t ” są zmienne w funkcji odległości od jego źródła - ciągnika. W pobliżu źródła, orientacyjnie do ok. 40 m, wartość tych współczynników wzrasta znacznie szybciej w miarę oddalania się od ciągnika, aniżeli po przekroczeniu tej odległości.

4. Poprawne wyniki współczynników pochłaniania dźwięku przez środowisko w danej odległości od źródła uzyskuje się przy obliczeniach z danych empirycznych. Wartości te są zmienne w funkcji odległości.

5. Zmienne wartości współczynników pochłaniania dźwięku „ k ” i „ k_t ”, w funkcji odległości uzyskiwane na podstawie danych empirycznych można aproksymować uzyskując tym samym uogólnienie dla danej plantacji.

6. Parametr odległości od źródła dźwięku jest istotny, gdyż współczynniki pochłaniania dźwięku przez środowisko „ k ” i „ k_t ” mogą przyjmować takie same wartości na różnych plantacjach w różnych odległościach.

7. Literatura

- [1] Engel Z., (1993). Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- [2] Juliszewski T., Adamczyk F., (2001). Rozprzestrzenianie się hałasu ciągników rolniczych w środowisku ich pracy. Inżynieria Rolnicza, nr 1/2001.
- [3] Juliszewski T., Adamczyk F., (2001a). Noise of tractors in their work environment. Proceedings of the XXIX Congress CIOSTA / CIGR V. Kraków 23-25 VI 01r, Wageningen Pels, str. 331 – 334.
- [4] Polska Norma. PN-ISO 7216: 1996. Akustyka. Ciągniki kołowe i samobieżne maszyny rolnicze i leśne. Poziom hałasu zewnętrznego emitowanego podczas jazdy.
- [5] Puzyna Cz., (1974). Zwalczanie hałasu w przemyśle. Zasady ogólne. WNT Warszawa.
- [6] Sadowski J., (1971). Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie. Arkady. Warszawa.