



Dobór materiałów na ekrany dźwiękochłonne

Robert Gabor

Promotor: prof. dr hab. Antoni Budniok

Opiekun: dr Jolanta Niedbała



Co to jest dźwięk?

- Dźwięki słyszalne przez człowieka to fale mechaniczne pomiędzy 20Hz a 20 000 Hz. Dźwięk jest to fala rozprzestrzeniająca się w ciałach stałych i płynach.
- Fale te mogą być sinusoidalne lub odkształcone (wiele sinusoid - szum, fale trójkątne, prostokątne, piłokształtne)
- Dźwięki poniżej 20Hz (16Hz) są to infradźwięki, ucho ich nie odróżnia, natomiast są odczuwalne przez ciało ludzkie
- Dźwięki powyżej 16000Hz nazywamy ultradźwiękami a dźwięki powyżej 100 000 000Hz hiperdźwiękami. Nie tylko dźwięki słyszalne wpływają na ludzkie zdrowie.



Nakładanie się dźwięków

- Dźwięki o różnych natężeniach czyli głośnościach i charakterystykach dodają się zgodnie z zasadą superpozycji, dodają się do siebie. Przy czym zachodzą wszystkie zjawiska falowe takie jak odbiciem interferencja, ugięcie fali.



HAŁAS

- **Hałas** w środowisku to wszelkiego rodzaju niepożądane, nieprzyjemne i uciążliwe dźwięki w danym miejscu i czasie. Jest to zjawisko subiektywne np. ze względu na uwarunkowania fizjologiczne. Jest to zanieczyszczenie środowiska, wypromieniowana, czasami zmarnowana energia, której nie można już ponownie wykorzystać.



CIŚNIENIE AKUSTYCZNE

- **Ciśnienie akustyczne** to wielkość charakteryzująca siłę zjawiska akustycznego (dźwięku) w pewnym punkcie. Jednostką ciśnienia akustycznego jest paskal (podobnie jak ciśnienia); ponieważ jednak każde zjawisko akustyczne jest zaburzeniem zmian ciśnienia ośrodka w czasie, a nie stałym stosunkiem siły do powierzchni, na którą ona działa, nasilenie jego określa się wyznaczając zmiany ciśnienia, dokonuje się tego poprzez obliczenie średniego odchylenia standardowe od średniego ciśnienia.



Decybel

- Decybel: to jednostka w której podaje się zależności między wielkimi liczbami, wielkościami różniącymi się o wiele rzędów wielkości. Stosuje się je dla wyznaczania poziomów napięcia, ilorazów napięć, mocy elektrycznej, wartości prądów elektrycznych.
Różnica między 10V a 100V w decybelach jest taka sama jak między 100V a 1000V



Jak wyliczyć decybele:

- **Biorąc pod uwagę ciśnienie akustyczne. Dołem skali czyli 0dB jest ustalone minimalne ciśnienie akustyczne wyczuwalne przez zdrowe ucho ludzkie ok. $20\mu Pa = p_0$**

$$L_p = 20 \log \frac{p_x}{p_0} = 20 \log \frac{p_x}{20\mu Pa} [dB]$$

Jak przeliczać decybele

- Na przykład hałas będący granicą bólu 120dB oznacza, że ciśnienie akustyczne posiada wartość:

$$120dB = 20 \text{ LOG} \frac{p_x}{20\mu Pa}$$

$$6 = \text{LOG} \frac{p_x}{20\mu Pa}$$

$$10^6 = \frac{p_x}{20\mu Pa}$$

$$p_x = 20Pa = 0,2hPa \approx 0,0002atm$$

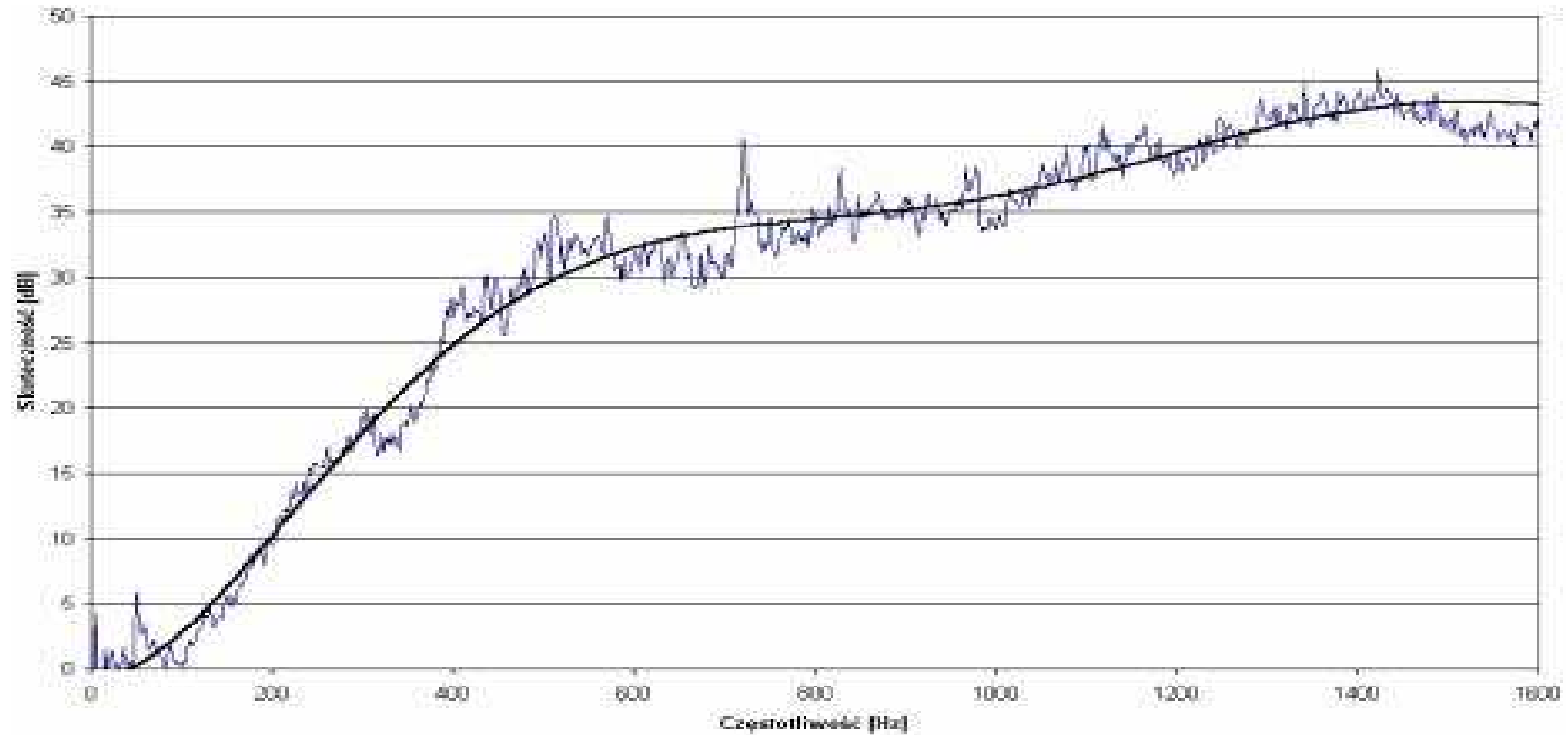
Wystarczy takie niskie ciśnienie akustyczne w porównaniu do stałego ciśnienia atmosferycznego, aby trwale uszkodzić słuch.




Pomiar

- Pomiar wykonuje się za pomocą mikrofonów czyli przetworników dźwięku na napięcie elektryczne o możliwie płaskiej charakterystyce, tak uzyskane przebiegi uśrednia się i z napięcia przelicza się uzyskane wyniki ciśnienia akustycznego i innych charakterystyk.

Przykładowa krzywa hałasu





CIEKAWOSTKI, WŁASCIWOŚCI DECYBELI

- **Ucho ludzkie wyraźnie odczuwa różnicę głośności wynoszącą ok. 3dB.**
- *Zwiększając 2x odległość od źródła dźwięku ciśnienie akustyczne zmniejsza się o 6dB*
- *Zmniejszając odległość o 2x ciśnienie akustyczne zmniejsza się o 6dB*
- *Zwiększając 2x ilość źródeł ciśnienie akustyczne zwiększa się o 3dB*
- *Zmniejszając 2x ilość źródeł ciśnienie akustyczne zmniejsza się o 3dB*
- *We wszelkich narożach, pod nasypami, pod mostami, natężenie w skutek interferencji, rezonansowi, powstawania fal stojących może być wyższe niż wynika to z prostych wyliczeń. Stąd się wzięły wszelkie badania hałasu.*



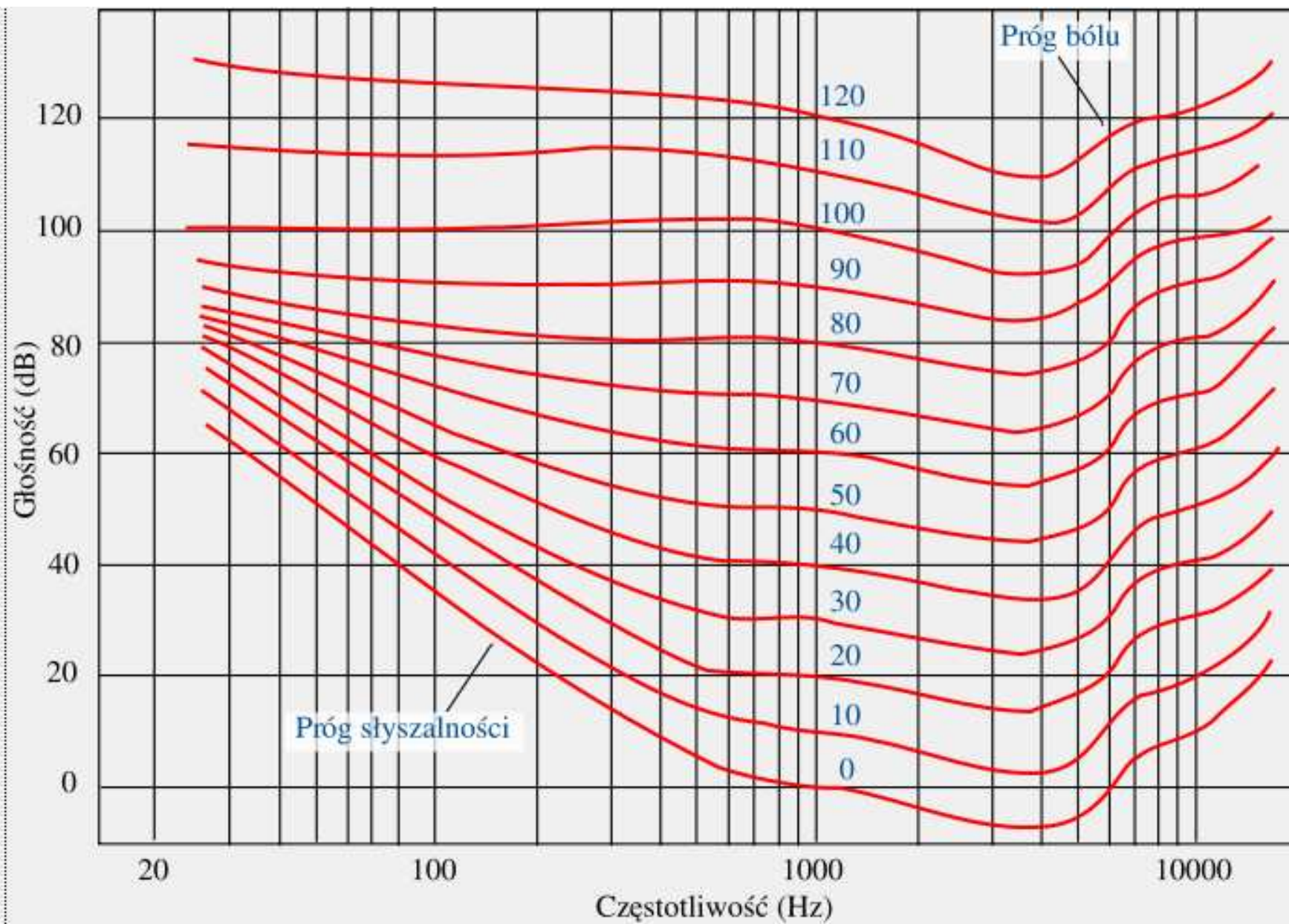
Ciśnienia akustyczne wybranych źródeł dźwięku

- Szum liści **10 dB**
- Rozmowa **30 – 60 dB**
- Orkiestra **50 – 70 dB**
- Uczniowie szkoły podstawowej podczas przerwy **70dB**
- Telewizor puszczony na pełny regulator **90-96dB** z 1m
- Dyskoteka, głośny koncert **100-110dB**
- Start odrzutowca **120 – 140 dB**
- Start Rakiety **150 – 190 dB**



Nieliniowość ludzkiego ucha

- Dźwięki mają różne wysokości czyli częstotliwości, ucho ludzkie dla każdej częstotliwości posiada inną czułość. Dlatego zwykło się używać skorygowanej charakterystyki słyszenia A.





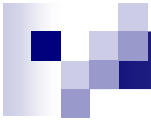
Źródło hałasu miejskiego

- Praca dyplomowa zajmować się ekranami dźwiękochłonnymi znajdującym się wzdłuż traktów samochodowych przebiegających wzdłuż osiedli mieszkaniowych

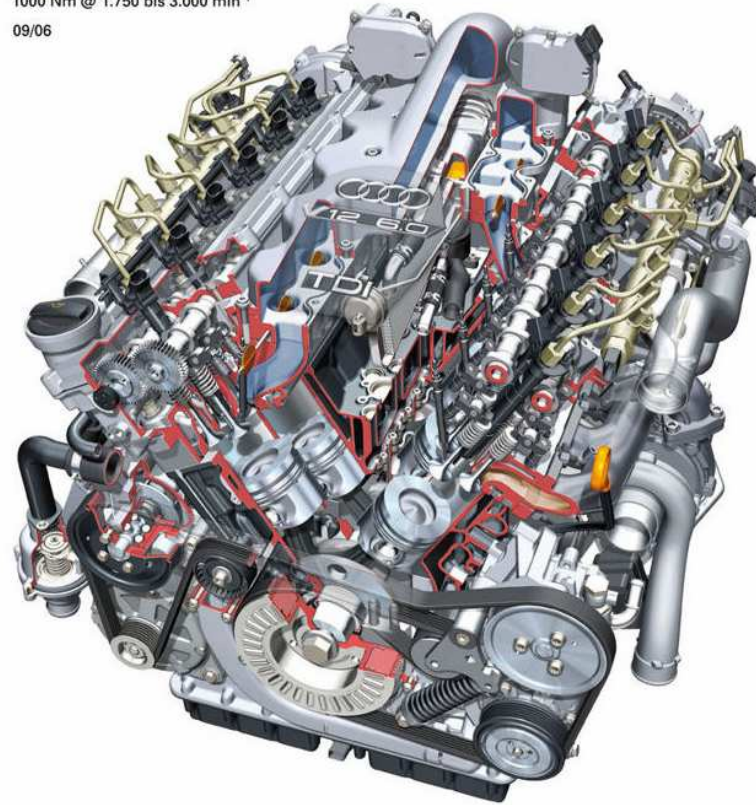


Hałas samochodowy

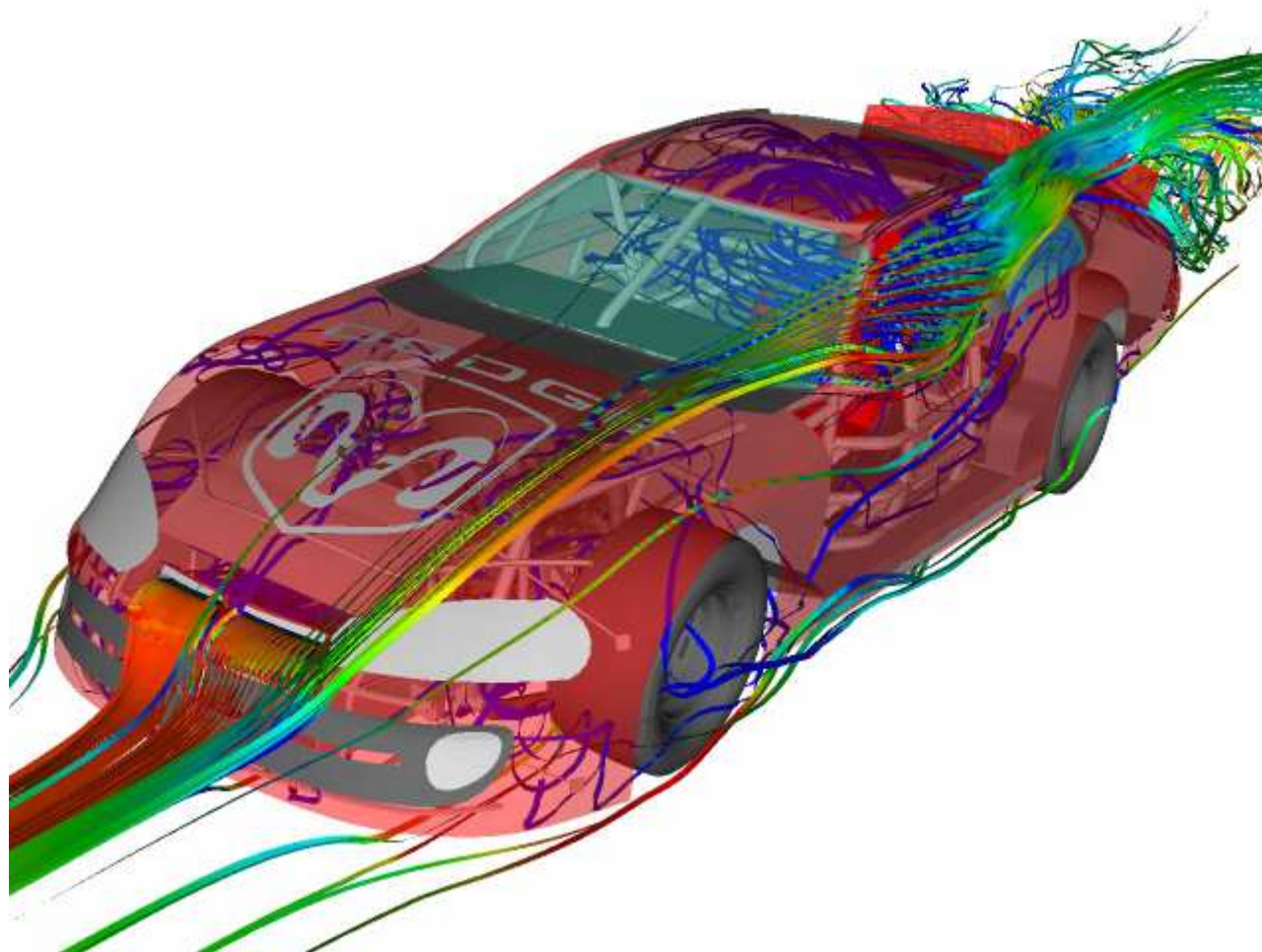
- Źródłem hałasu samochodowego są:



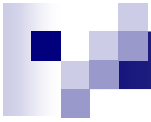
5.934cm³
368 kW (500 PS) @ 4.000 min⁻¹
1000 Nm @ 1.750 bis 3.000 min⁻¹
09/06



silniki samochodowe



opływające samochód powietrze



drgania karoserii podczas jazdy



Wydechy samochodowe

DRGANIA OPONY



Turbulencje

Drgania promieniowe i styczne

Turbulencje

Drgania promieniowe i styczne

SLAP-STICK

Drgania ścianek bocznych

Rezonans Helmholtza

● - Rezonans powietrza w rowkach

Sumując



+

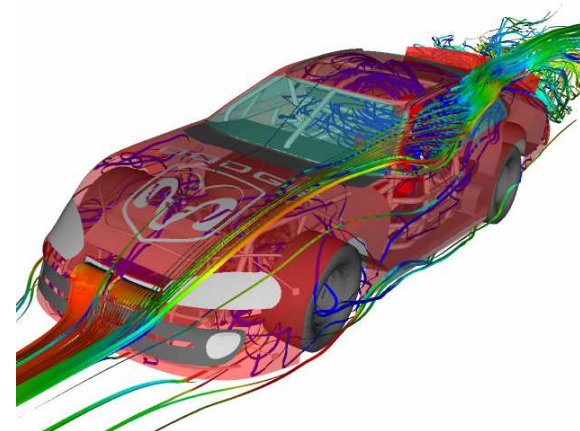


+

+



+



= ?



...mnożąc przez liczbę
samochodów


- Uzyskujemy dzienny dobowy współczynnik hałasu
- Jeśli przekroczone zostały normy jednym z rozwiązań jest wprowadzenie **EKRANOWANIA AKUSTYCZNEGO**



EKRAN DŹWIĘKOCHŁONNY

- Ekran dźwiękochłonny to przeszkoda między źródłem hałasu a człowiekiem znajdującym się na drodze rozprzestrzeniającej się fali dźwiękowej. Każdy ekran „ujmuje” w danym zakresie częstotliwości określoną ilość decybeli. Czyli tłumia

Ip.	Przeznaczenie terenu	Dopuszczalny poziom hałasu wyrażony równoważnym poziomem dźwięku A w dB (w fonach)			
		Drogi lub linie kolejowe*		Instalacje i inne	
		DZIEŃ	NOC	DZIEŃ	NOC
1	Obszary uzdrowiskowe i szpitali	50	45	45	40
2	Tereny zabudowy jednorodzinnej, tereny domów starości, tereny szpitali, tereny przebywania dzieci i młodzieży: szkoły, przedszkola	55	50	50	40
3	Tereny zabudowy jednorodzinnej, tereny rekreacyjne, tereny zagrodowe	60	50	55	45
4	Strefa śródmiejska silnie zagęszczona, tereny administracyjne, banki, urzędy	65	55	55	45

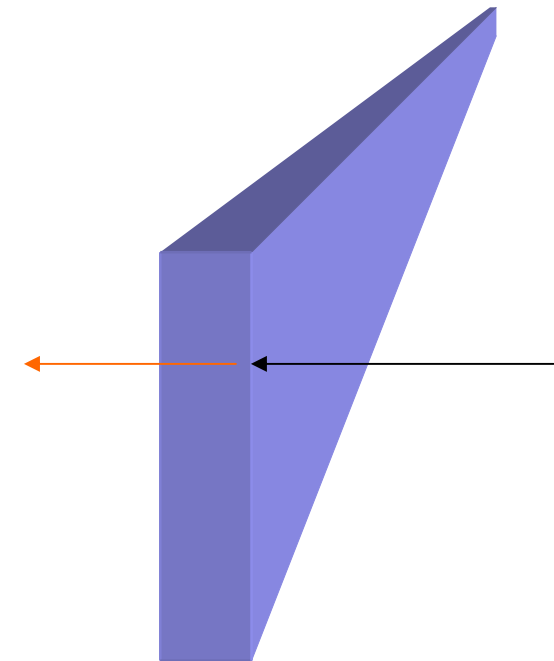
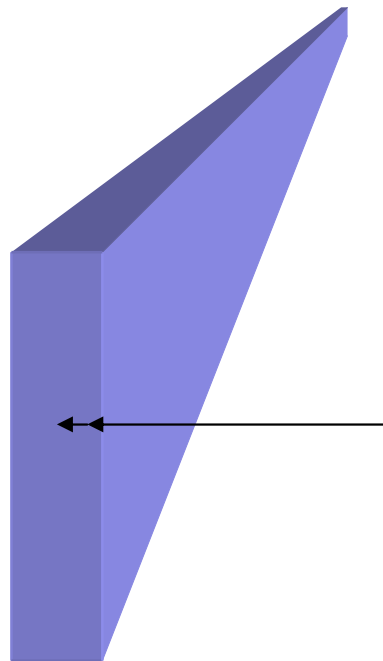
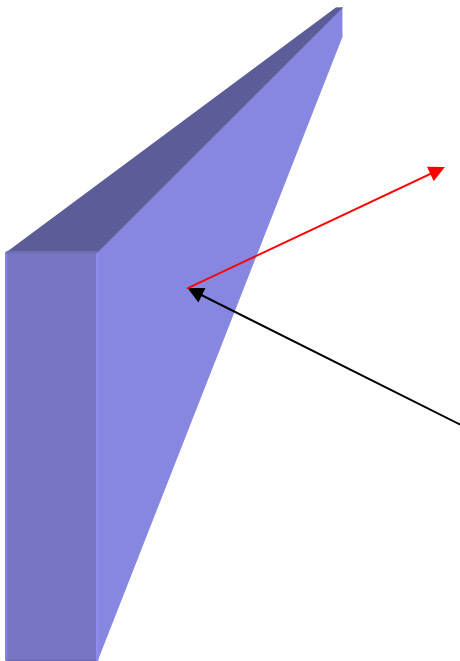
- 
- Zadaniem EKCRANU jest zniwelowanie hałasu do poziomu bezpiecznego dla zdrowia człowieka. „Odjęcie” tylu decybeli, żeby hałas mieścił się w granicach normy na danym terenie o danej porze.

Zjawiska występujące w ekranach dźwiękochłonnych

Odbicie

Pochłonięcie

Przejęcie





Parametry ekranu zależą od:

- Odległości najbliższego budynku od ulicy
- Ukształtowania terenu
- Ruchliwości ulicy
- Wysokości budynku
- Masy materiału wytłumiającego
- Prędkości wiatru w obszarze budowy ekranów



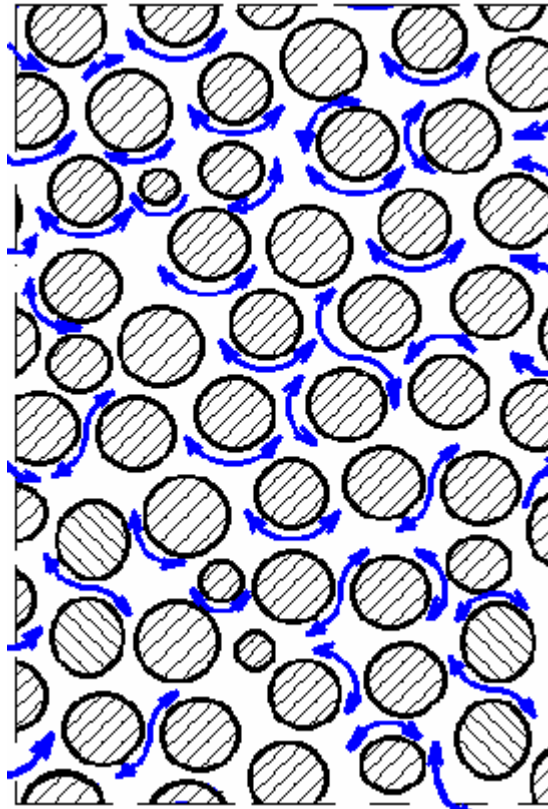
Grubość ekranu zależy przede wszystkim od

- odległości między źródłem a odbiorcą hałasu (powietrze jest naturalnym tłumikiem drgań)
- wielkości hałasu
- zakładanej jego tłumienności

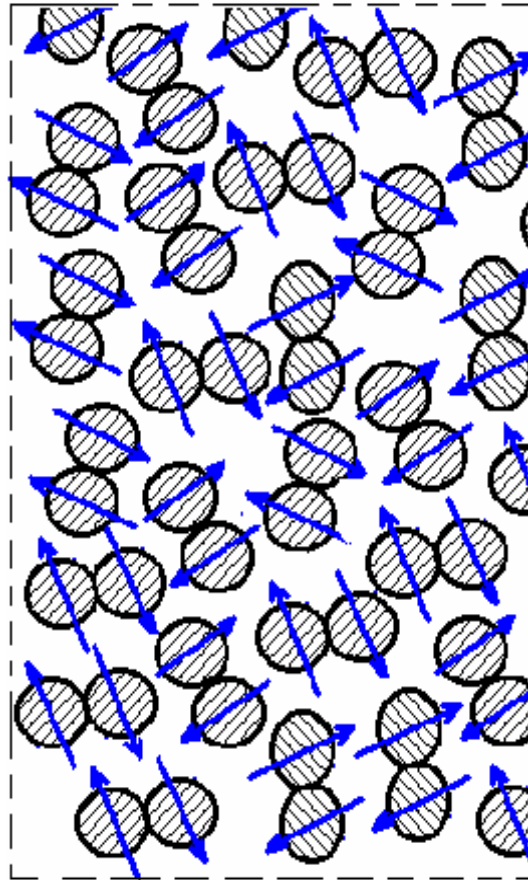


Straty energii fali akustycznej w materiale są rezultatem:

- Ubytku energii na skutek lepkości powietrza przechodzącego przez pory materiału
- Straty związane z wzajemnym tarcieniem między sobą elastycznych włókien – np. W wełnie mineralnej
- Straty wywołane tłumieniem wewnętrznym w materiale (materiały z tworzyw sztucznych).
- Pochłanianie dźwięku poprzez rezonans pudła rezonansowego w postaci wnęki w materiale ekranu akustycznego



- SPOSÓB 1: W celu stłumienia drgań wykorzystana jest lepkość powietrza o mikrowłókna materiału



SPOSÓB 2: Wykorzystywane są straty związane z wzajemnym tarciem włókien w materiałach włóknistych. Mikrowłókna wzbudzone dźwiękiem trą wzajemnie o siebie. Dźwięk zamienia się w ciepło powstające podczas tarcia.

Dobór materiałów dźwiękochłonnych

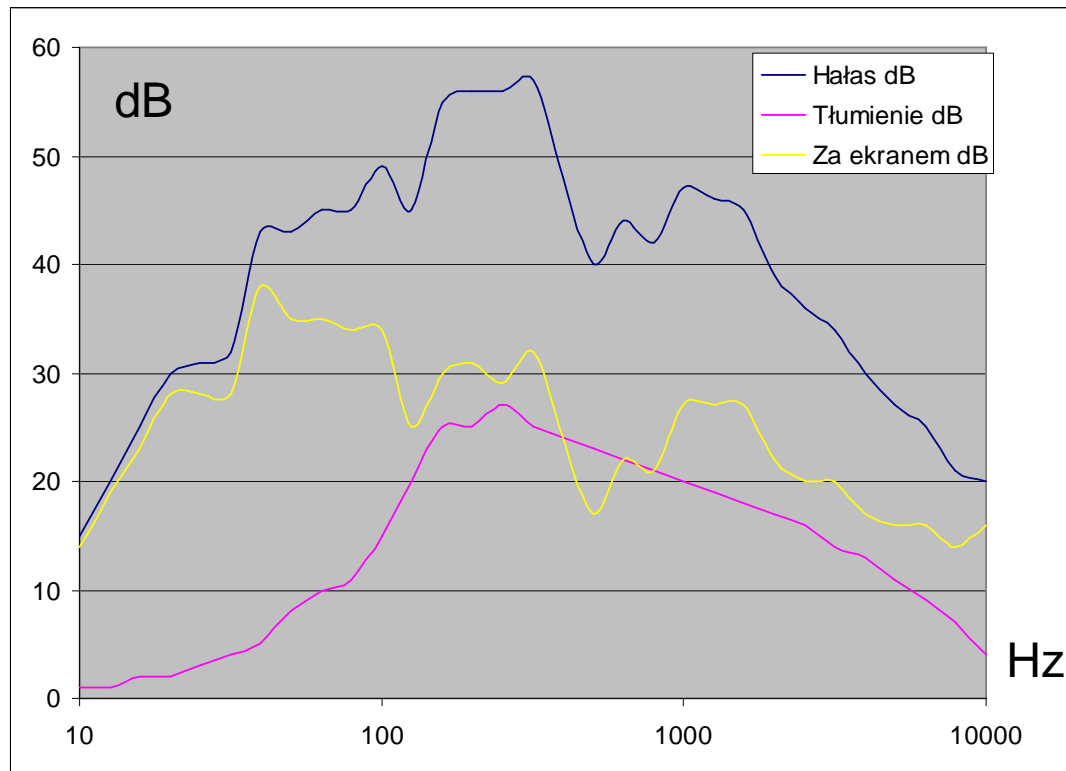
Problem hałasu w danym obszarze

Pomiar hałasu średniego i charakterystyki

Dobranie materiału i ekranu
o charakterystyce odwrotnej i
wystarczającym tłumieniu

Ponowny pomiar i sprawdzenie

Hałas nocny w dB w funkcji częstotliwości





Materiały stosowane na ekrany akustyczne

- Biorąc pod uwagę właściwości ekranów i charakterystykę warunków ich pracy na wolnym powietrzu używa się przede wszystkim materiałów porowatych, o wysokiej gęstości właściwej, włókien, materiałów karbowanych, materiałów o rozwiniętej powierzchni, trwałych przez co najmniej 50 lat, odporne na działanie temperatury, drgań, wibracji, wody, detergentów, grzybów itp..

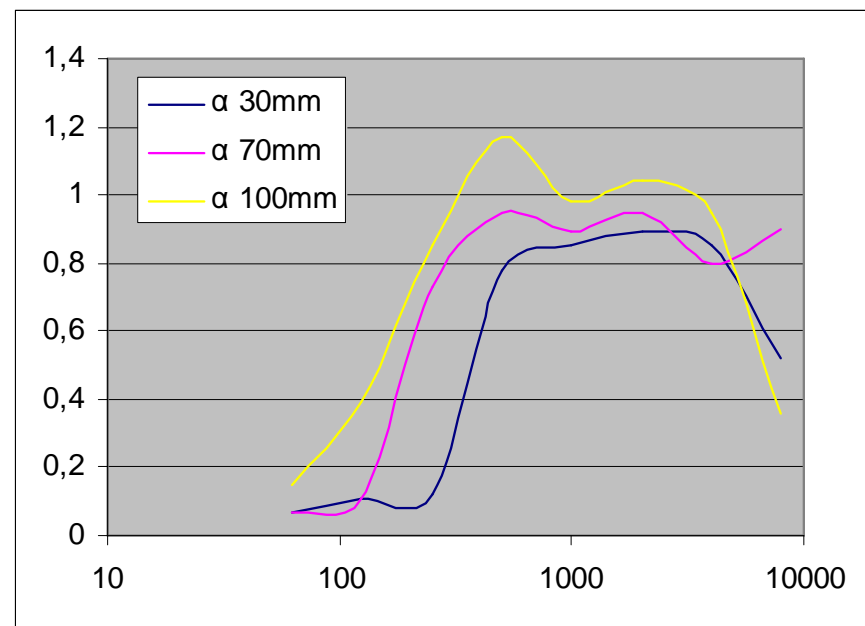


Przykłady materiałów i ich charakterystyki

- Miarą zdolności pochłaniania energii dźwiękowej jest pogłosowy współczynnik pochłaniania dźwięku oznaczany zazwyczaj jako $\alpha = I_a / I_i$, który jest zależy od częstotliwości. Pogłosowy. wsp. częst. Określa się za pomocą pomiarów w komorach pogłosowych o wielkości 200m^3

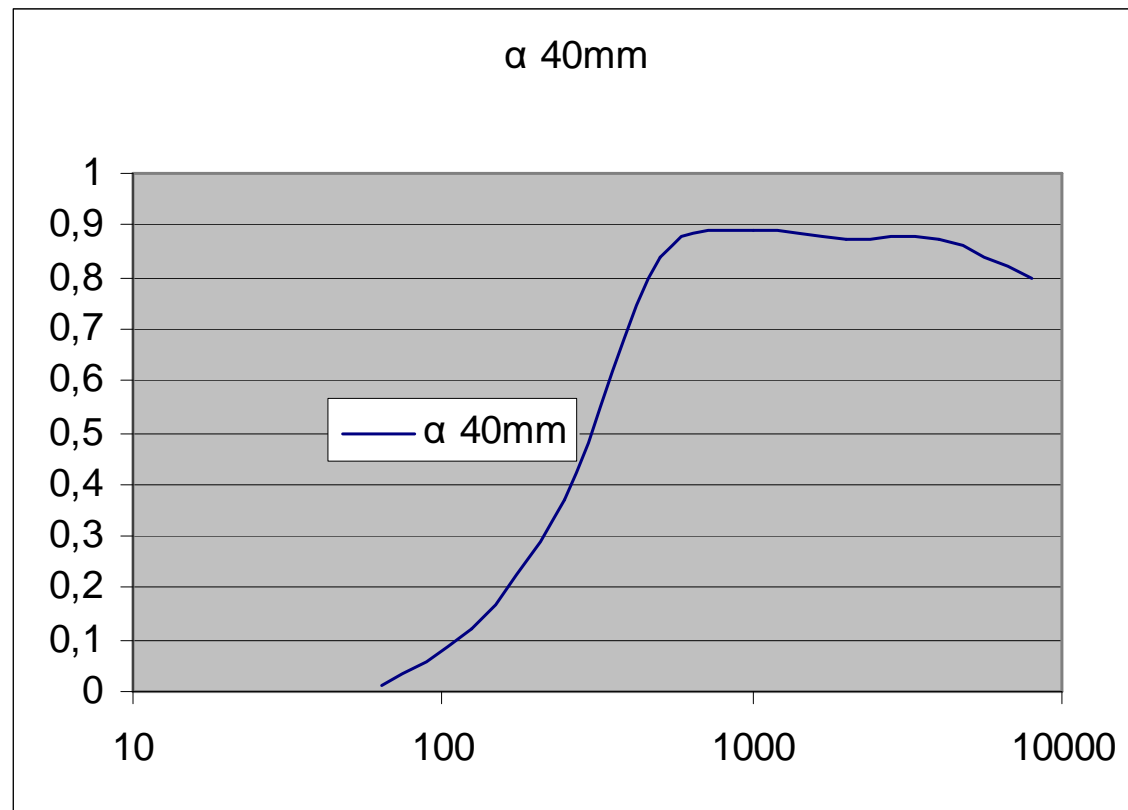
WEŁNY MINERALNE I POCHODNE

f	α	α	α
[Hz]	30mm	70mm	100mm
63	0,07	0,07	0,15
125	0,11	0,11	0,39
250	0,12	0,73	0,85
500	0,78	0,95	1,17
1000	0,85	0,89	0,98
2000	0,89	0,95	1,04
4000	0,85	0,8	0,95
8000	0,52	0,9	0,36



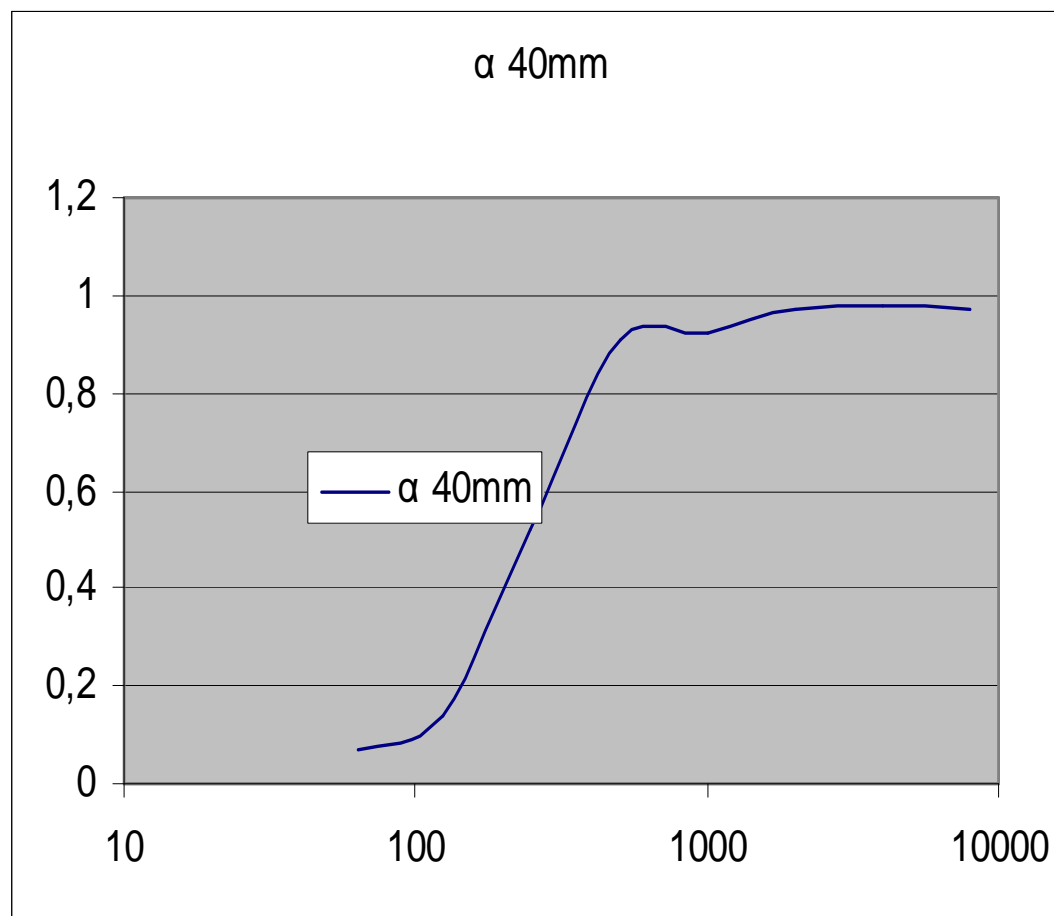
Płyty z wełny mineralnej z welonem szklanym jednostronnym

f	α
[Hz]	40mm
63	0,01
125	0,12
250	0,37
500	0,84
1000	0,89
2000	0,87
4000	0,87
8000	0,8



Płyty z wełny mineralnej jednostronnie laminowane welonem szklanym i malowane

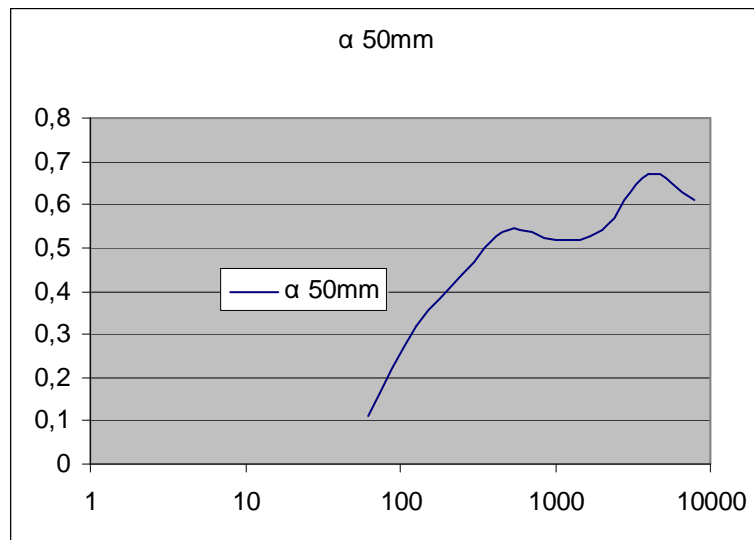
f	α
[Hz]	40mm
63	0,07
125	0,14
250	0,52
500	0,91
1000	0,92
2000	0,97
4000	0,98
8000	0,97





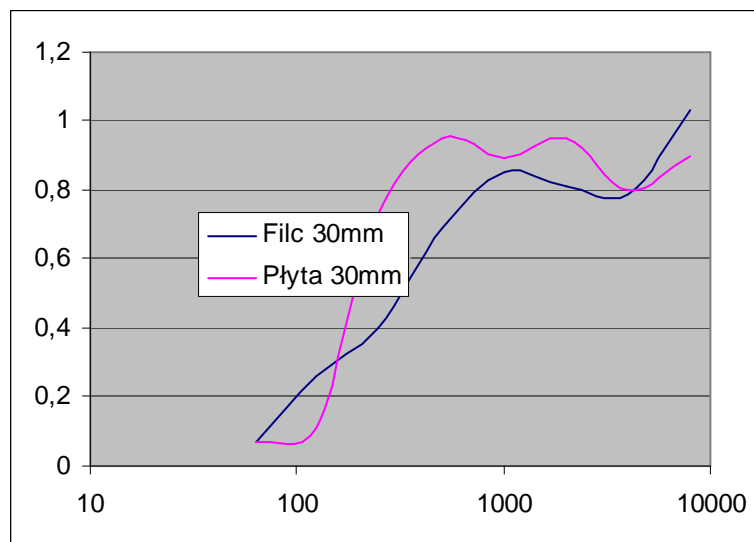
MATERIAŁY NA BAZIE WATY SZKLANEJ

Maty z waty szklanej w osnowie welonu szklanego



f	α
[Hz]	50mm
63	0,11
125	0,32
250	0,44
500	0,54
1000	0,52
2000	0,54
4000	0,67
8000	0,61

Filce i płyty z włókna szklanego

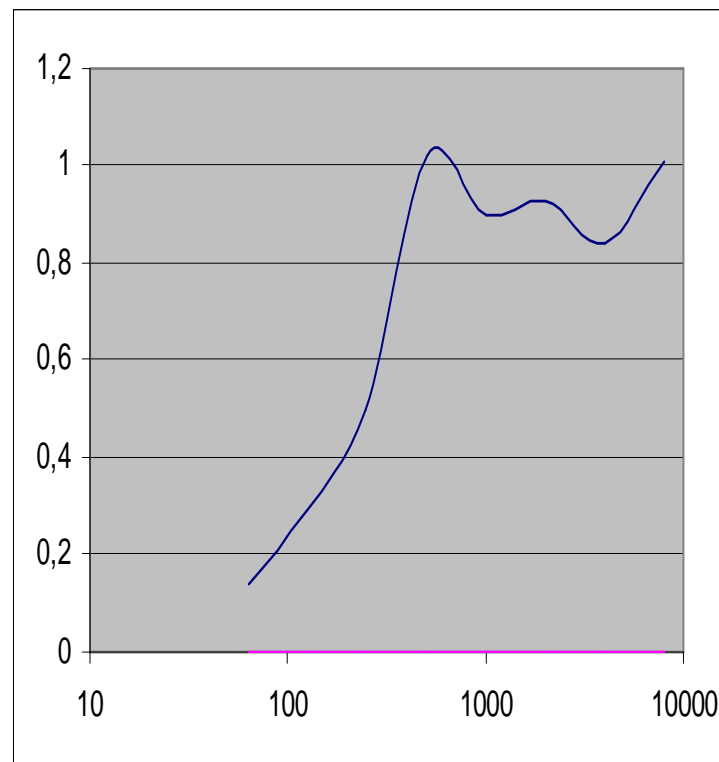


f	α Filc	α Płyta
[Hz]	30mm	30mm
63	0,07	0,07
125	0,26	0,11
250	0,4	0,73
500	0,69	0,95
1000	0,85	0,89
2000	0,81	0,95
4000	0,79	0,8
8000	1,03	0,9

Wojtok z włókien szklanych

- Wojtok jest to elastyczna warstwa o grubości około kilku-kilkunastu mikronów

f	α Wojtok
[Hz]	50mm
63	0,14
125	0,29
250	0,5
500	1,02
1000	0,9
2000	0,93
4000	0,84
8000	1,01



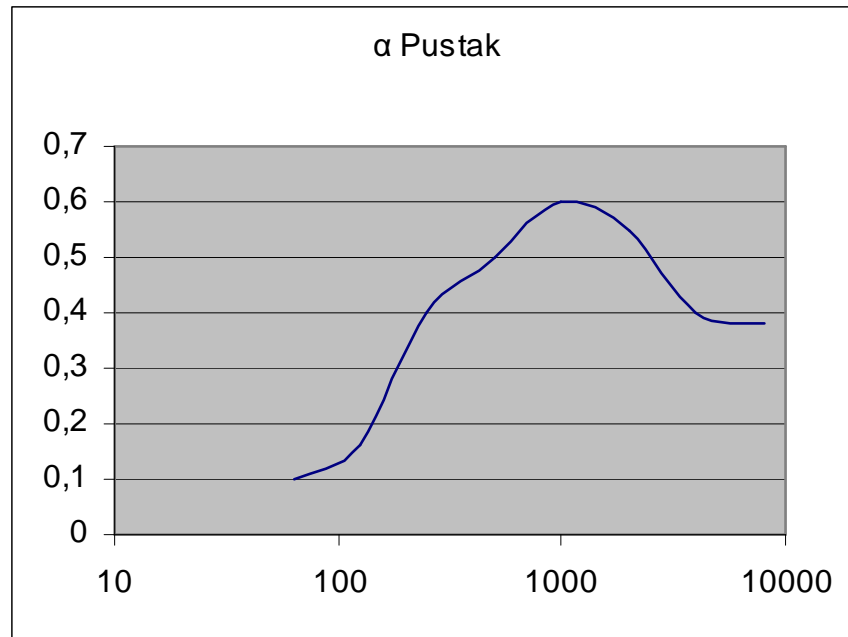
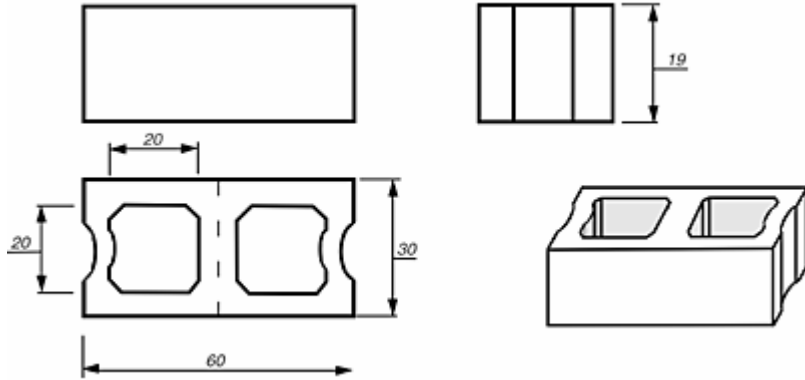


MATERIAŁY DREWNOPOCHODNE

- **Trocinobeton** – kompozyt z drzew iglastych

- **Skuteczność**

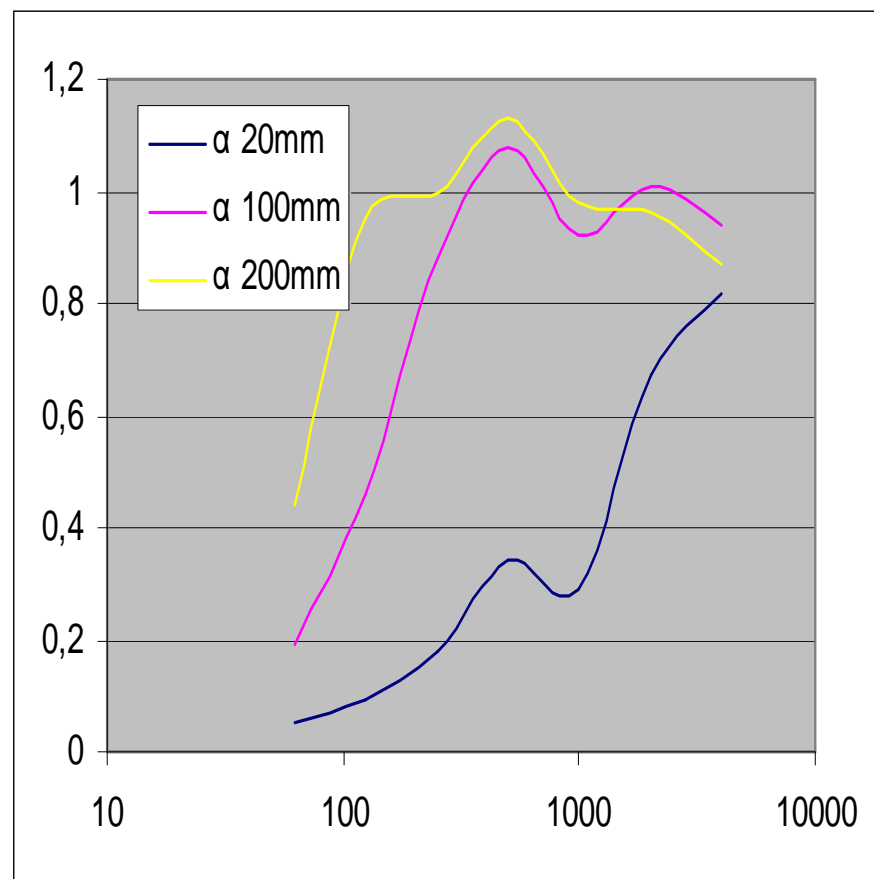
Wyniki przeprowadzonych badań stawiają te rozwiązania w grupie najskuteczniej chroniących przed hałasem, parametrami znacznie przekraczające wartości żądane. Efektywność ekranowania wynosząca 14 dB wyznacza nowy standard.



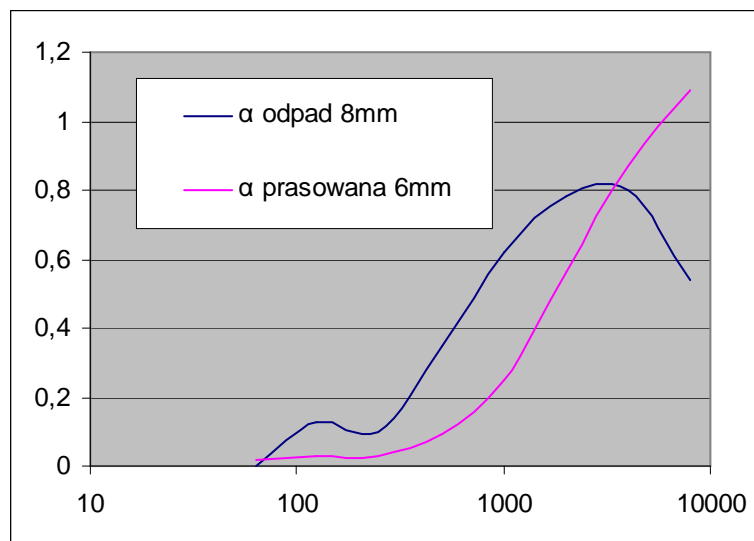
f	α
Hz	Pustak
63	0,1
125	0,16
250	0,4
500	0,5
1000	0,6
2000	0,55
4000	0,4
8000	0,38

TWORZYWA POLIURETANOWE

f	α	α	α
[Hz]	20mm	100mm	200mm
63	0,05	0,19	0,44
125	0,09	0,46	0,95
250	0,18	0,88	1
500	0,34	1,08	1,13
1000	0,29	0,92	0,98
2000	0,67	1,01	0,96
4000	0,82	0,94	0,87



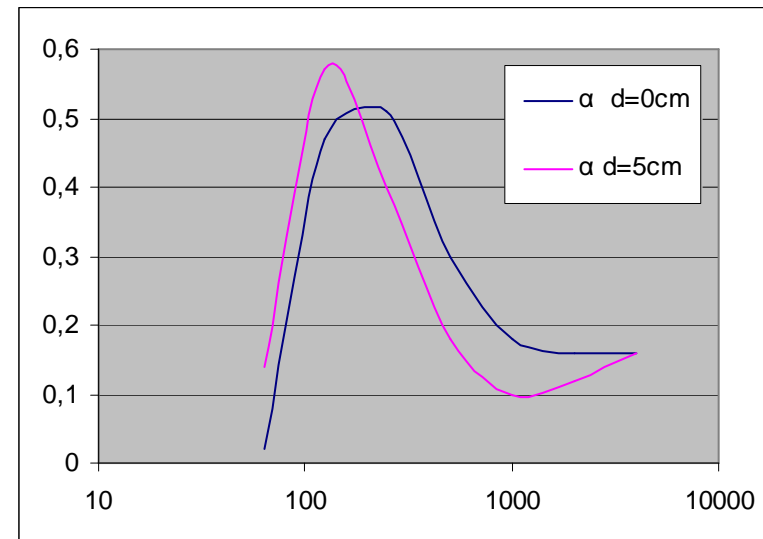
Włóknina na bazie odpadów jako wypełnienie i włóknina uszczelkowa prasowana



f	α odpad	α prasowana
[Hz]	8mm	6mm
63	0	0,02
125	0,13	0,03
250	0,1	0,03
500	0,35	0,09
1000	0,62	0,25
2000	0,78	0,56
4000	0,8	0,87
8000	0,54	1,09

BLACHY

- Blachy stawia się przed konstrukcją nosną szczelną ekranu np. betonową parametrem charakt. Jest odległość od ściany nośnej d .
- Przestrzeń d wypełnia się materiałem dźwiękochłonnym



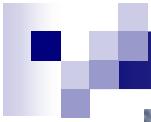


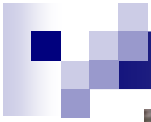
FOTOGRAFIE GOTOWYCH EKRANÓW

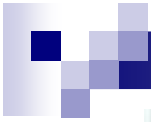
- KATOWICE, ul. Górnośląska, Osiedle Paderewskiego







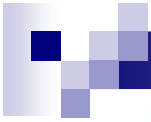


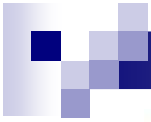


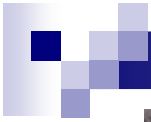


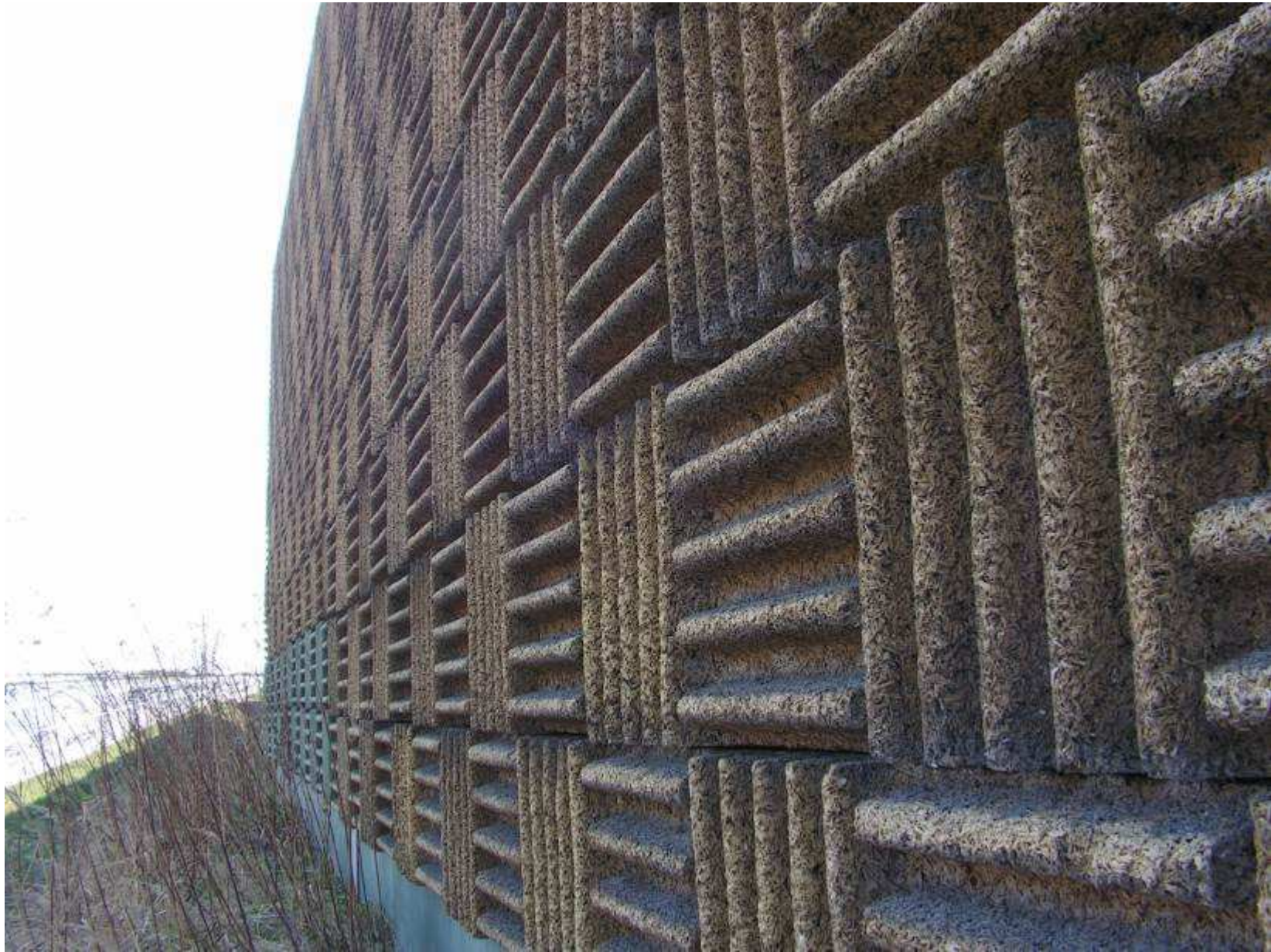
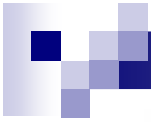
PRZYKŁADY EKRAŃÓW DŹWIĘKOCHŁONNYCH

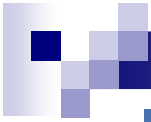
- Mysłowice ul. Obrzeżna Zachodnia, nad
AUTOSTRASĄ A4





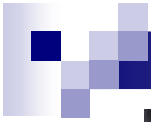


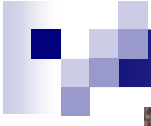


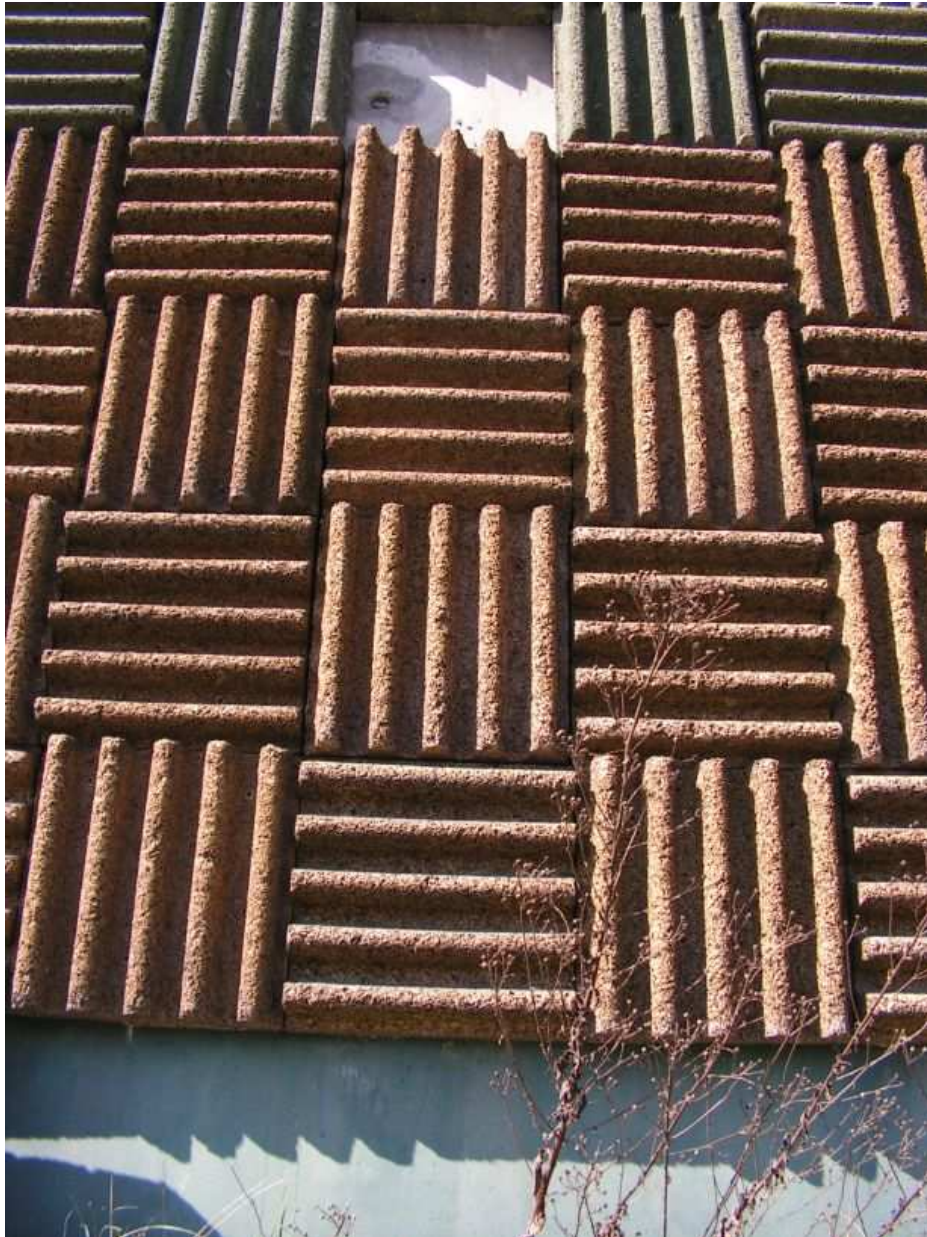
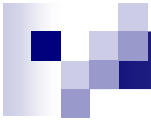


*Fragment poddany
analizie*











CEL PRACY

- Powiązanie doboru materiałów na ekran do danej lokalizacji hałasu miejskiego
- Wpływ warunków atmosferycznych, pyłów ulicznych, wilgoci na zatykanie porów materiału dźwiękochłonnego (czy będzie lepiej jak pory będą czyste czy częściowo zabrudzone) – tłumienność zależy od wielkości, kształtu por i odległości między włóknami i tarcia między nimi
- Zbadanie składu zanieczyszczeń

Pobór materiału badawczego

- Polegał będzie na znalezieniu uszkodzonych materiałów izolacyjnych fragmentów ekranów akustycznych



Przykładowy fragment ekranu falistego o wymiarach 500x500mm Pochodzącego z wysokości 2,5m Z ekranu w Mysłowicach na Obrzeżnej Północnej

Pobór próbek do analizy

- Oczyszczenie ekranu w wodzie z dodatkiem detergentu, zebranie zawiesiny i odsączenie
- W przypadku ekranów płaskich np. ze szkła akrylowego, organicznego, czyszczenie warstwy wierzchniej ekranów i poddanie podobnej analizie
- Analiza rentgenowska metodą proszkową

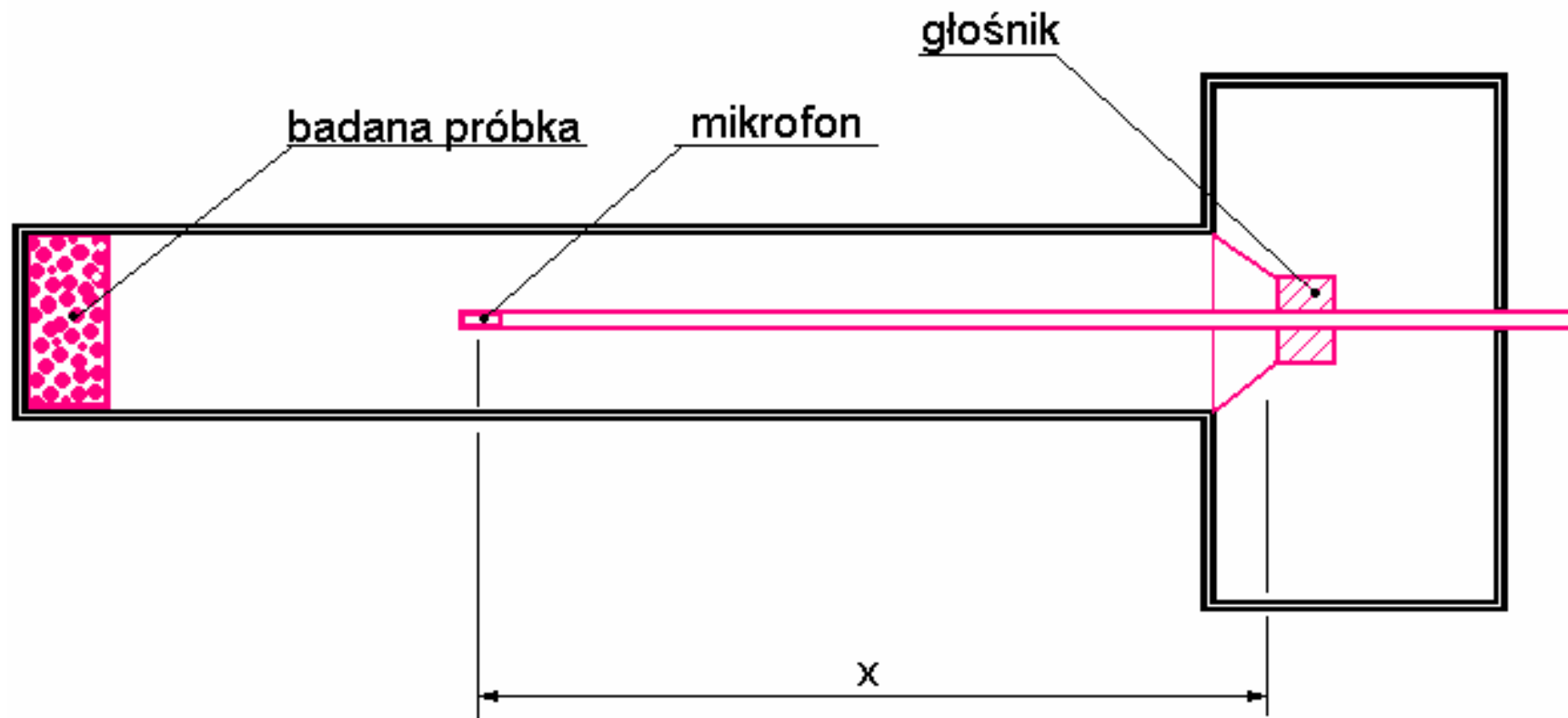




Podsumowanie

- W wyniku badań uzyskamy informację o składzie i możliwości wykorzystania ekranów akustycznych jako ekranów ekologicznych odgradzających osiedla od traktów komunikacyjnych przed pyłami, zanieczyszczeniami powietrza ze spalania paliwa
- Być może będzie możliwa budowa malej komory odbiciowej

Pomiar współczynnika pochłaniania metodą fal stojących dokonuje się przy pomocy tzw. Rury Kundta , rysunek pokazuje schemat blokowy stanowiska



Stanowisko do pomiaru współczynnika pochłaniania metodą fal stojących.

- Soedel W.: Noise attenuation by absorption. Reduction of Machinery Noise, Edited by Malcolm J. Crocker, Purdue University 1975, West Lafayette, Indiana 47907.
- Robert Bielecki - Wykorzystanie zjawiska pochłaniania dźwięku w tłumieniu źródeł hałasu – praca przejściowa – AGH Kraków 2002
- Maria Mirowska, Jadwiga Szczecińska, Iwona Żuchowicz – *Parametry techniczne i akustyczne materiałów, wyrobów i ustrojów dźwiękochłonnych produkowanych w Polsce* – Wydawnictwa Instytutu Techniki Budowlanej – Warszawa 1981
- <http://www.akustyczne.pl/> - *ekrany akustyczne*
- <http://www.eko-ton.pl> – Mapy akustyczne, Przykładowe realizacje, Projekty akustyczne
- <http://www.calvero.pl/calvero/abc.html> - *ABC Ekranów akustycznych*
- <http://departments.colgate.edu/geology/instruments/xrd.htm>
- <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/xray-diffraction>
- <http://www.signalco.pl> – *Ekran akustyczne*
- www.um.katowice.pl/ - Mapa akustyczna Katowic tom I
- *Maurice Van Meersche Janine Feneau-Dupont - Krystalografia i chemia strukturalna PWN Warszawa 1984*
- Paweł Żukowski – *Hałas i wibracje w aspekcie zdrowia człowieka – Zarys problematyki i metod badań – Fosze Rzeszów 1996 str. 44-88*
- W. Westphal – FIZYKA – Część 1 Mechanika, akustyka, nauka o cieple PZWS 1950
- Władysław Gardziejczyk – Wpływ Technologii wykonania i tekstury nawierzchni drogowych na hałas pojazdów samochodowych – Politechnika Białostocka – Białystok 2005
- www.techbud.com.pl – Materiały na ekrany akustyczne