Czy można dobrać tłumik bez pełnych danych akustycznych źródła hałasu?

Tłumienie dźwięku w instalacjach wentylacji

MICHAŁ HYCNAR

Zajmując się projektowaniem instalacji wentylacji, a także pracując w dziale wsparcia technicznego, bardzo często spotykam się z problemem doboru tłumika, który ma za zadanie obniżyć poziom hałasu w instalacji za tłumikiem o konkretną wartość, wyznaczoną w założeniach np. 20 dB. Teoretycznie, nie ma w tym zadaniu nic nadzwyczajnego i w zasadzie każdy dobór tłumika do tego się sprowadza, jednak czy nie posiadając pełnych danych o źródle hałasu, przedstawionych w postaci charakterystyki oktawowej urządzenia, nadal jest to takie proste i jednoznaczne? Spróbujmy odpowiedzieć na to pytanie, ilustrując zagadnienie odpowiednim przykładem.

Tabela 1.1

	Wentylator „A”	Częstotliwości środkowe pasm oktawowych [Hz]							
		63	*125*	*250*	*500*	*1k*	*2k*	*4k*	*8k*
		Charakterystyka głośności częstotliwości środkowych							
1	**Lw.F [dB] =**	**94**	**93**	**94**	**90**	**79**	**72**	**71**	**70**
2	filtr A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1
3	**Lw.F+A**	67,8	76,9	85,4	**86,8**	79,0	73,2	72,0	68,9
4	**LwA [dB] =**	**90,0 dB(A)**							

Tabela 2.1

	Wentylator „B”	Częstotliwości środkowe pasm oktawowych [Hz]							
		63	*125*	*250*	*500*	*1k*	*2k*	*4k*	*8k*
		Charakterystyka głośności częstotliwości środkowych							
1	**Lw.F [dB] =**	**85**	**85**	**86**	**81**	**78**	**80**	**82**	**88**
2	filtr A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1
3	**Lw.F+A**	58,8	68,9	77,4	77,8	78,0	81,2	83,0	**86,9**
4	**LwA [dB] =**	**90,0 dB(A)**							

Załóżmy, że mamy do czynienia z dwoma wentylatorami oznaczonymi jako „A” i „B”, o identycznym poziomie głośności, generującymi hałas na poziomie LwA = 90 dB(A) mocy akustycznej. Celowo posłużyłem się tu wartością poziomu mocy akustycznej LwA [dB(A)], a nie poziomu ciśnienia akustycznego LpA [dB(A)], aby uwolnić się od warunków odniesienia pomiaru głośności jakimi są: odległość od urządzenia, chłonność akustyczna pomieszczenia czy współczynnik kierunkowy rozchodzenia się dźwięku.

Tym co akustycznie odróżnia oba wentylatory jest jedynie ton generowanego dźwięku (różnica w hałasie generowana w poszczególnych częstotliwościach). Wentylator „A” odbierany będzie przez słuchacza jako średnio- lub niskotonowy, natomiast wentylator „B” charakteryzuje się wysokim dźwiękiem, jednak ogólne wrażenie głośności będzie takie samo w obu przypadkach.

Potwierdzenie powyższego założenia uzyskujemy, wyliczając ważony poziom mocy akustycznej dla każdego z urządzeń (patrz tabela 1.1 oraz 2.1). W tym celu do wartości głośności, podanej dla częstotliwości środkowej każdego pasma oktawowego Lw.F [dB] (wiersz 1) należy dodać poprawkę korekcyjną filtra A (wiersz 2), otrzymując wartości skorygowane Lw.F+A (wiersz 3), a następnie zsumować logarytmicznie wszystkie pasma zgodnie ze wzorem:

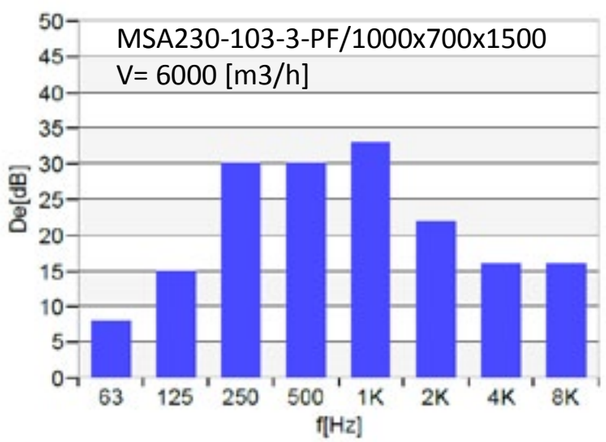
$$\mathbf{LwA = 10 \times \log(10^{(Lw.FA(63Hz)/10)} + 10^{(Lw.FA(125Hz)/10)} + \ldots + 10^{(Lw.FA(8kHz)/10)}) \; [dB(A)]}$$

Wynik tak przeprowadzonych obliczeń (wiersz 4) jest jednakowy dla obu wentylatorów i wynosi:

LwA(„A”) = LwA(„B”) = 90 dB(A)

Jeśli przyjrzymy się wynikom w poszczególnych pasmach oktawowych, uzyskanym po nałożeniu poprawki krzywej A (wiersz 3) zobaczymy, że dominującą częstotliwością w przypadku wentylatora „A” jest **500 Hz** (oraz poboczne 250 Hz i 1 kHz) natomiast w przypadku wentylatora „B” częstotliwość **8 kHz** (oraz sąsiadujące 4 kHz i 2 kHz). Głośności w pozostałych pasmach oktawowych w praktyce nie mają znaczenia w ogólnym wrażeniu słuchowym, ponieważ różnica głośności jest zbliżona lub nawet przekracza 10 dB.

Podane dominujące częstotliwości {250 Hz, 500 Hz, 1 kHz} oraz {2 kHz, 4 kHz, 8 kHz} przekładają się odpowiednio na odbiór wentylatora „A" jako średniotonowego i wentylatora „B" jako wysokotonowego. W dalszej części przykładu, do obniżenia hałasu od obu wentylatorów, zastosujemy taki sam tłumik kanałowy o wielkości 1000x700x1500 mm firmy TROX zbudowany z 3 kulis o grubości 230 mm. Zakładany przepływ powietrza wynosi 6000 m³/h. Do dyspozycji mamy 3 rodzaje kulis tj. XKA, MKA oraz RKA różniących się konstrukcją, a co za tym idzie różną skutecznością tłumienia De [dB] w poszczególnych pasmach oktawowych. Wybrałem kulisę MKA (kod tłumika: MSA230-103-3-PF/1000x700x1500) z charakterystyką, jak na wykresie poniżej.



f[Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
L_W	44	40	36	32	28	25	22	19
D_E	8	15	30	30	33	22	16	16

Volume flow (V) 6000 m³/h

Gdzie:
De [dB] – tłumienie w poszczególnych pasmach oktawowych {63 Hz do 8 kHz},
Lw [dB] – szumy własne tłumika,
f [Hz] – częstotliwości środkowe pasm oktawowych.

Tabela 1.2

	Went. „A" + Tłumik:	MSA230-103-3-PF / 1000x700x1500							
1	**Lw.F [dB] =**	**94**	**93**	**94**	**90**	**79**	**72**	**71**	**70**
2	**De.MSA =**	**8**	**15**	**30**	**30**	**33**	**22**	**16**	**16**
3	Lw.F-De.MSA =	*86*	*78*	*64*	*60*	*46*	*50*	*55*	*54*
4	Lw.MSA =	44	40	36	32	28	25	22	19
5	**Lw.2 =**	**86**	**78**	**64**	**60**	**46**	**50**	**55**	**54**
6	filtr A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1
7	Lw.2+A =	59,8	61,9	55,4	56,8	46,1	51,2	56,0	52,9
8	**LwA.2 [dB] =**	**66,1 dB(A)**							
9	Skuteczność	= LwA - LwA.2 = 90 - 66,1 = **23,9 dB**							

Tabela 2.2

	Went. „B" + Tłumik:	MSA230-103-3-PF / 1000x700x1500							
1	**Lw.F [dB] =**	**85**	**85**	**86**	**81**	**78**	**80**	**82**	**88**
2	**De.MSA =**	**8**	**15**	**30**	**30**	**33**	**22**	**16**	**16**
3	Lw.F-De.MSA =	*77*	*70*	*56*	*51*	*45*	*58*	*66*	*72*
4	Lw.MSA =	44	40	36	32	28	25	22	19
5	**Lw.2 =**	**77**	**70**	**56**	**51**	**45**	**58**	**66**	**72**
6	filtr A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1
7	Lw.2+A =	50,8	53,9	47,4	47,9	45,1	59,2	67,0	70,9
8	**LwA.2 [dB] =**	**72,7 dB(A)**							
9	Skuteczność	= LwA - LwA.2 = 90 - 72,7 **= 17,3 dB**							

Obliczenia związane z tłumieniem hałasu wykonujemy w poszczególnych pasmach oktawowych w kolejnych krokach (patrz tabela 1.2 oraz 2.2).
Należy pamiętać, że każdy tłumik poza zdolnością tłumienia De [dB] stanowi wtórne źródło dźwięku w instalacji. Hałas generowany przez tłumik Lw.MSA, (tabela 1.2 oraz 2.2. wiersz 4) należy również uwzględnić w obliczeniach. Różnica pomiędzy poziomem dźwięku w kanale (za tłumikiem) a szumem własnym tłumika większa niż 8-10 dB nie będzie w sposób znaczący wpływała na efekt tłumienia.

Algorytm obliczeniowy:
- od głośności źródła (wentylatora) Lw.F [dB] (wiersz 1) odejmujemy arytmetycznie zdolność tłumienia De.MSA [dB] (wiersz 2);
- na uzyskany w ten sposób wynik, czyli efekt tłumienia (wiersz 3), nakładamy szumy własne generowane przez tłumik Lw.MSA [dB] przy wydatku obliczeniowym 6000 m³/h (wiersz 4), wykonując sumowanie tym razem logarytmiczne;
- otrzymujemy nową wartość hałasu Lw.2 [dB] (wiersz 5) po przejściu dźwięku przez zastosowany tłumik;
- dalsze obliczenia wykonujemy analogicznie jak poprzednio (tj. nałożenie krzywej A i suma logarytmiczna poszczególnych pasm), uzyskując nowy ważony poziom mocy akustycznej LwA.2 [dB(A)]reprezentujący skuteczność tłumienia;
- skuteczność tłumienia to różnica między poziomem hałasu bez i z tłumikiem (wiersz 9).

Zestawmy wyniki obliczeń wykonane dla obu wentylatorów.
Efekt tłumienia tego samego tłumika w przypadku wentylatora „A" to uzyskany poziom mocy akustycznej:
LwA.2 („A") = 66,1 [dB(A)]

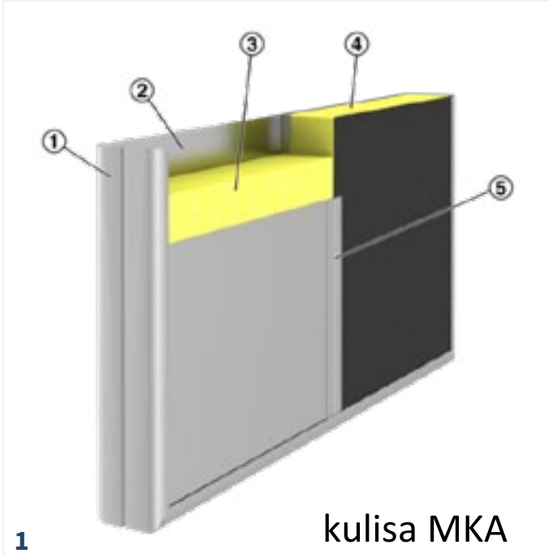
Efekt tłumienia tego samego tłumika w przypadku wentylatora „B" to uzyskany poziom mocy akustycznej:
LwA.2 („B") = 72,2 [dB(A)]

Zatem różnica w efekcie tłumienia to:
LwA.2 („B") - LwA.2 („A") = 72,2 - 66,1 = 6,1 dB

W akustyce różnica 6 dB to efekt słuchowy porównywalny z podwojeniem głośności, a więc różnica jest niebagatelna.

Czym spowodowana jest tak duża rozbieżność w wynikach obliczeń?

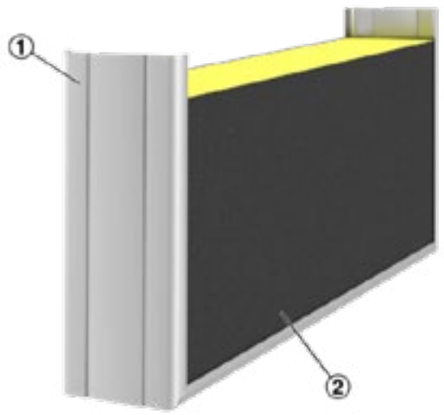
Odpowiedź kryje się w złożeniu charakterystyki głośności źródła (wentylatora) Lw.F z indywidualnymi cechami zdolności tłumienia De tłumika wynikającymi m.in. z jego cech konstrukcyjnych.
Kulisa MKA (fot. **1**) została zaprojektowana tak, aby najskuteczniej oddziaływać w częstotliwościach to-



1 kulisa MKA

nów niskich i średnich 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz. Podstawowym materiałem dźwiękochłonnym kulisy jest wełna mineralna (3) o wysokim stopniu biodegradowalności, laminowana warstwą jedwabiu szklanego (4) zabezpieczającego powierzchnie kulis przed ścieraniem wywołanym przepływem powietrza przy dopuszczalnej prędkości sięgającej 20 m/s. W kulisach typu MKA połowa powierzchni pokryta jest jednostronnie arkuszem z blachy stalowej (2), dzięki czemu uzyskano wysoką skuteczność tłumienia właśnie w niższych częstotliwościach

Zastosowanie kulisy MKA do wentylatora o „niskiej" i „średniej" tonacji dało doskonały efekt w postaci wysokiej skuteczności dokładnie tam, gdzie jest to potrzebne. Ten sam tłumik współpracujący z wentylatorem generującym wysokie tony (wentylator „B") okazał się mniej skuteczny, gdyż potencjał tłumienia ulokowany był w niewłaściwym miejscu.

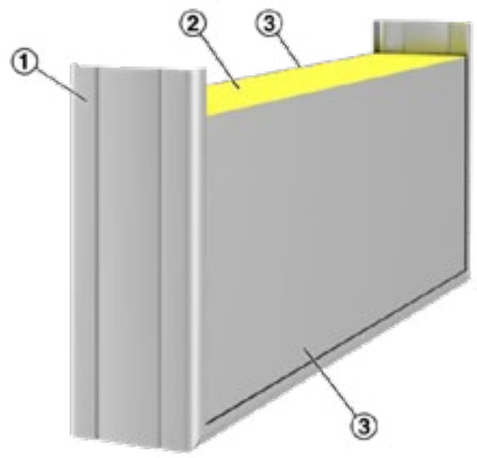


kulisa XKA

2

Jak więc poradzić sobie z hałasem generowanym przez wentylator „B"?

Odpowiedź jest prosta – zastosować tłumik odpowiedni dla tłumienia wysokich pasm, np. tłumik z kulisą typu XKA (fot. **2**), zbudowaną jedynie z wkładu z wełny mineralnej pokrytej jedwabiem syntetycznym (2), która jest dedykowana właśnie do walki z dźwiękami o wyższych i najwyższych częstotliwościach.
Każda kulisa firmy TROX ma zoptymalizowany, aerodynamiczny kształt ramy (1), redukujący powstający w wyniku przepływu szum własny oraz stratę ciśnienia w porównaniu z konwencjonalną konstrukcją kulis o blisko 30%. Umożliwia to osiągnięcie znaczących oszczędności zużycia energii podczas eksploatacji systemów klimatyzacyjnych.
Tłumienie hałasu w pasmach o wysokiej częstotliwości zwykle nie jest wielkim problemem, natomiast najniższe częstotliwości potrafią być prawdziwą zmorą projektantów, gdyż ujmując sprawę ogólnie, z zasady tłumiki gorzej sobie radzą z częstotliwościami niskimi 64Hz, 125Hz i trudno tu uzyskać wysoką bezwzględna skuteczność tłumienia De [dB].
Jako ciekawostkę mogę tu dodać, że do tłumienia najniższych częstotliwości firma TROX zaprojektowała specjalną kulisę RKA (fot. **3**). Stosując do budowy tłumika wkłady z odpowiedniej grubości blachy, uzyskano cztery typy kulis A, B, C, D dedykowane odpowied-



kulisa RKA

3

REKLAMA

TROX® TECHNIK
BSH AIR TECHNOLOGY
The art of handling air

Centrale wentylacyjne
E-CUBE
by Euroclima

X-FANS
Wentylacja
Strumieniowa

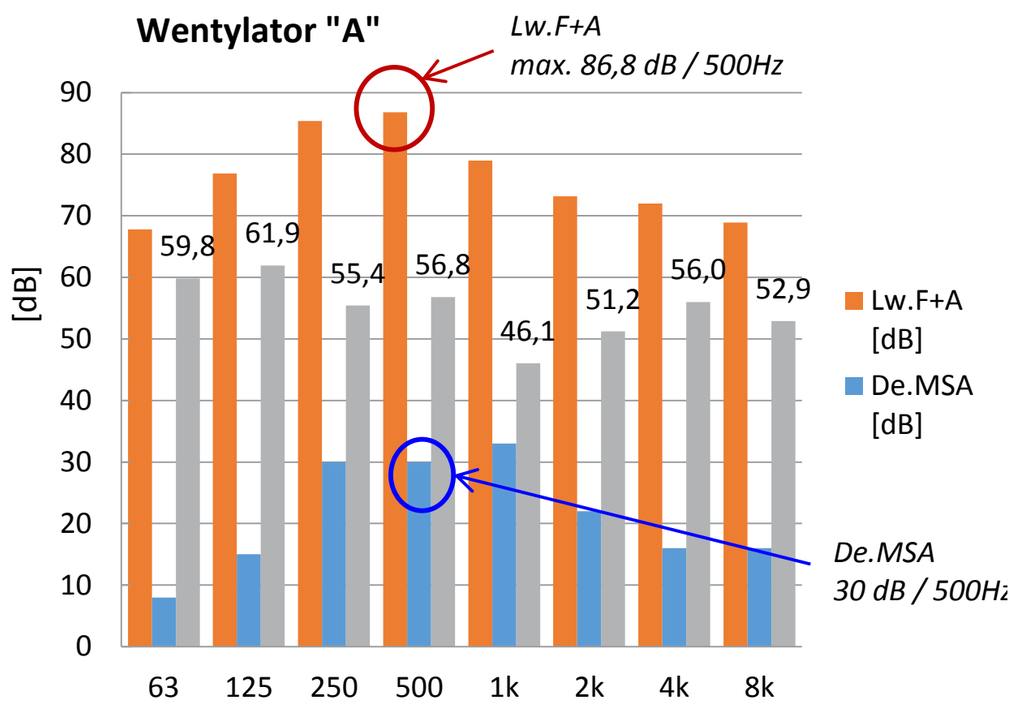
TJN
Dysze dalekiego
zasięgu

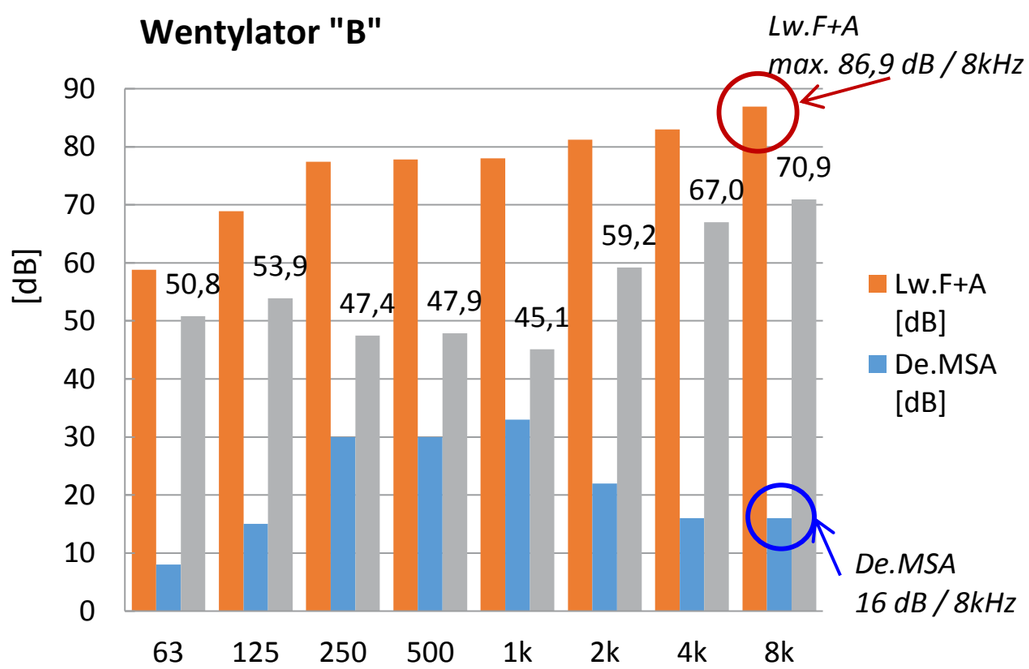
EICHELBERGER
Zintegrowana jednostka
nadciśnieniowa RDA 2

EK-EU
Klapy do wentylacji
pożarowej

Chillery i szafy
klimatyzacyjne

TROX BSH Technik Polska Sp. z .o.o.
ul. Kolejowa 13 | Stara Iwiczna
05-500 Piaseczno
tel.: 22/737 18 58
fax: 22/737 18 59
biuro@trox-bsh.pl
www.trox-bsh.pl





nio do tłumienia hałasu w zakresach częstotliwości:
- typ A: 250 – 125 Hz;
- typ B: 125 – 250 Hz;
- typ C: 125 – 63 Hz;
- typ D: 63 – 125 Hz.

Wszystkie wartości tłumienia De, niezależnie od rodzaju kulisy, zostały określone w laboratorium TROX, według normy PN-EN ISO 7235 (1998) podobnie, jak szumy własne oraz opory przepływu dzięki czemu dysponujemy pełnymi obiektywnymi i porównywalnymi danymi akustycznymi. Ponadto tłumiki oraz kulisy produkowane przez firmę TROX certyfikowane są do zastosowania w instalacjach spełniających wymagania higieniczne wg VDI 6022 część 1 i 3, jak również VDI 3803.

Fot. TROX BSH-Technik

Jak wynika z przedstawionego powyżej przykładu, na ostateczny efekt tłumienia wpływa nie tylko sam potencjał tłumienia De [dB] danego tłumika, ale również odpowiednie dopasowanie jego charakterystyki do charakterystyki źródła dźwięku. Im precyzyjniej dobierzemy kulisę tak, aby działała tam, gdzie jest to najbardziej potrzebne, tym skuteczniej zwalczymy hałas i obniżymy poziom dźwięku. Zatem warunkiem poprawnego doboru tłumika jest znajomość źródła dźwięku i nie wystarczy tu wartość ważona w postaci mocy LwA [dB], czy tym bardziej efektu w danych warunkach odniesienia LpA [dB], lecz pełna informacja z rozpisaniem na poszczególne pasma oktawowe. Dlatego, prowadząc obliczenia akustyczne, należy prosić producentów o podanie poziomu mocy akustycznej wentylatora w rozbiciu na częstotliwości środkowe (pasma oktawowe), w pełnym spektrum obliczeniowym tj. od 63 Hz do 8 kHz określone w punkcie pracy.

Keramag odświeża oblicze w sieci

Nowa strona internetowa Keramag to zapowiedź zmiany w strukturze marek Grupy Geberit. Keramag i Keramag Design łączą się w jedną wspólną markę Keramag.

Grupa Geberit wprowadza ponadto dwie oddzielne strony internetowe dla produktów KOŁO i Keramag, mając na uwadze optymalne dopasowanie treści do klientów obu marek.

18 grudnia 2017 roku produkty marki Keramag znikną ze strony www.kolo.com.pl i pojawią się na nowej witrynie www.keramag.pl.

Nowa strona będzie zawierać listę salonów, które oferują produkty Keramag, znacznie ułatwiając osobom zainteresowanym obejrzenie ich w swojej okolicy, a także katalogi produktów, cennik, informacje o atestach i certyfikatach, rysunki techniczne, pliki 2D i 3D. Odnajdziemy tam także zdjęcia inspiracyjne wszystkich kolekcji oraz dowiemy się więcej o technologiach zastosowanych w produktach.

Strona będzie się rozwijać, z czasem pojawią się na niej materiały poradnikowe, artykuły, wywiady. Strona jest responsywna, czyli dopasowana do przeglądania jej na smartfonach i tabletach.