

# Wstęp do Multymediów

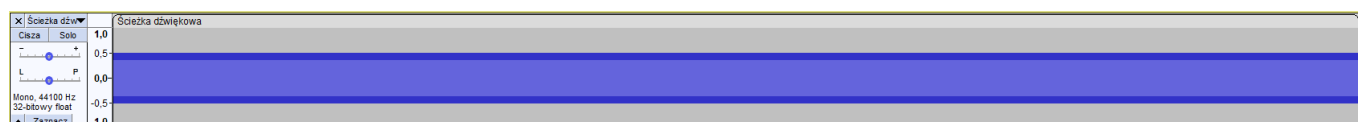
## Laboratorium 2 - Dźwięk

Bartłomiej Krawczyk, 310774

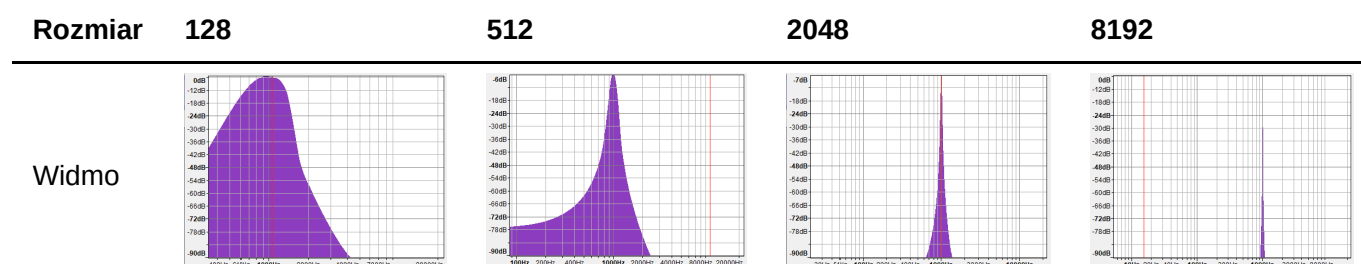
## 1. Analiza widma i spektrogramu dźwięków

### 1. Pojedyncze tony

- Wygeneruj ton o częstotliwości 1000 Hz i amplitudzie 0,5
- Wyświetl widmo sygnału (Analizuj - Narysuj widmo) i sprawdź, jaki wpływ na wygląd widma ma zmiana rozmiaru okna analizy widmowej (Rozmiar: ...)
- Sprawdź, jaki wpływ na widmo sygnału ma rodzaj zastosowanego okna (Funkcja: ...)



Wykresy widma, w zależności od rozmiaru okna analizy dla funkcji **Hann** okno:

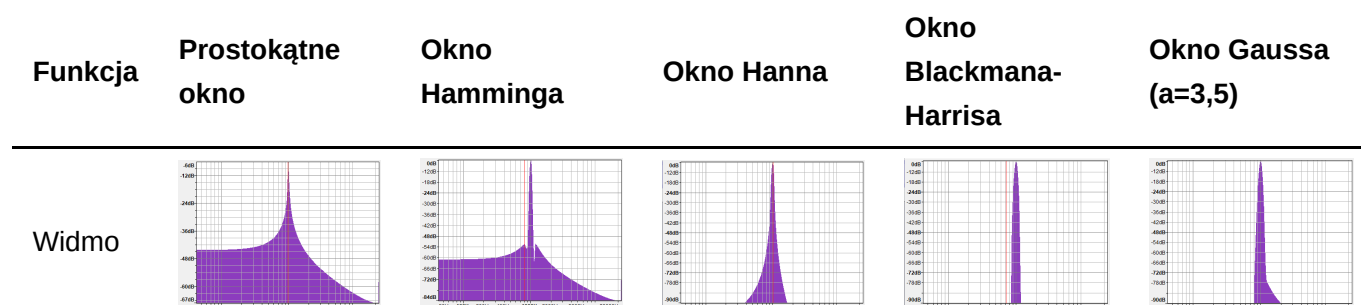


Sprawdź, jaki wpływ na wygląd widma ma zmiana rozmiaru okna analizy widmowej

Im większy rozmiar okna tym wykres jest bardziej skupiony w pobliżu 1 kHz.

Dla mniejszych okien widoczne jest **rozlewanie** widma na pozostałe częstotliwości.

Wykresy widma, w zależności od zastosowanego okna analizy dla rozmiaru **1024**:



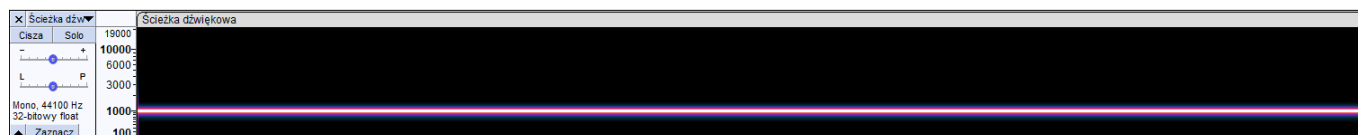
Sprawdź, jaki wpływ na widmo sygnału ma rodzaj zastosowanego okna (Funkcja: ...)

Rodzaj zastosowanego okna także wpływa na poziom **rozlewnia** się widma na pozostałe częstotliwości.

Prostokątne okno na sztywno wycina sygnał, przez co osiąga tutaj najbardziej rozlany wykres.

Funkcje Hanna, Blackmana-Harrisa oraz Gaussa lepiej sobie radzą z tym sygnałem.

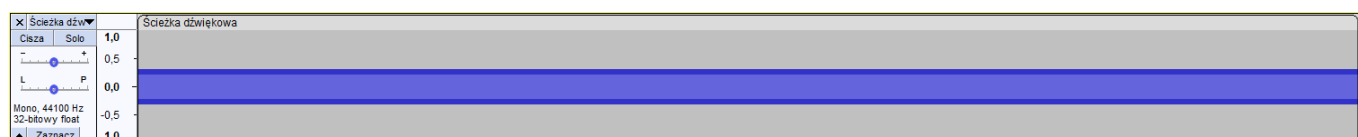
- Klikając czarny trójkąt przy nazwie ścieżki zmień widok na „Spektrogram”
- Zaobserwuj, jak wygląda spektrogram dla wygenerowanego tonu (pojedynczej częstotliwości)



Zaobserwuj, jak wygląda spektrogram dla wygenerowanego tonu (pojedynczej częstotliwości)

Na spektrogramie widać jedną linię skupioną wokół stałej częstotliwości 1 kHz.

- Wygeneruj kolejny ton (będąc „odklikniętym” z poprzedniej ścieżki), o częstotliwości 2000 Hz i amplitudzie 0,3



- Zaznacz obie ścieżki i w menu wybierz Ścieżki – Miksuj – Miksuj i renderuj
- Zaobserwuj, jak wygląda spektrogram



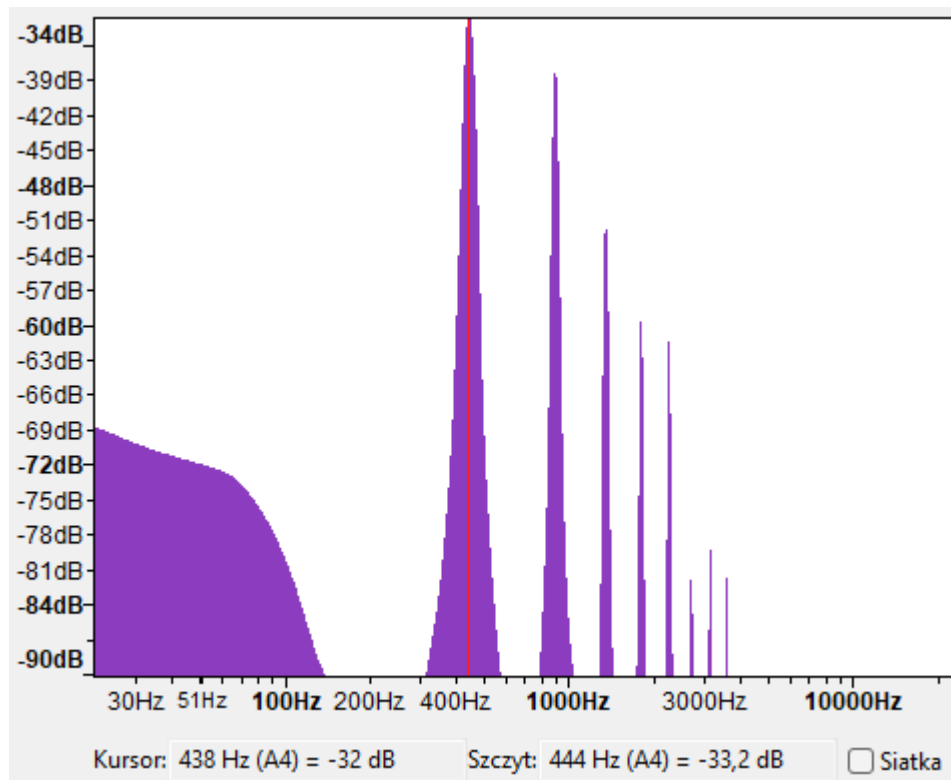
Zaobserwuj, jak wygląda spektrogram

Na spektrogramie widać dwie linie:

- **jaśniejszą** skupioną wokół stałej częstotliwości 1 kHz
- **ciemniejszą** skupioną wokół stałej częstotliwości 2 kHz

## 2. Dźwięki muzyczne

- Zaimportuj ścieżkę „flet.wav”
- Posłuchaj i wyświetlając widmo sygnału, sprawdź, jaka jest częstotliwość dźwięku, który gra flecistka
- Zaobserwuj, jak wygląda na spektrogramie dźwięk instrumentu muzycznego – zwróć uwagę na występowanie wielu częstotliwości harmoniczných (wielokrotności częstotliwości podstawowej)



Sprawdź, jaka jest częstotliwość dźwięku, który gra flecistka

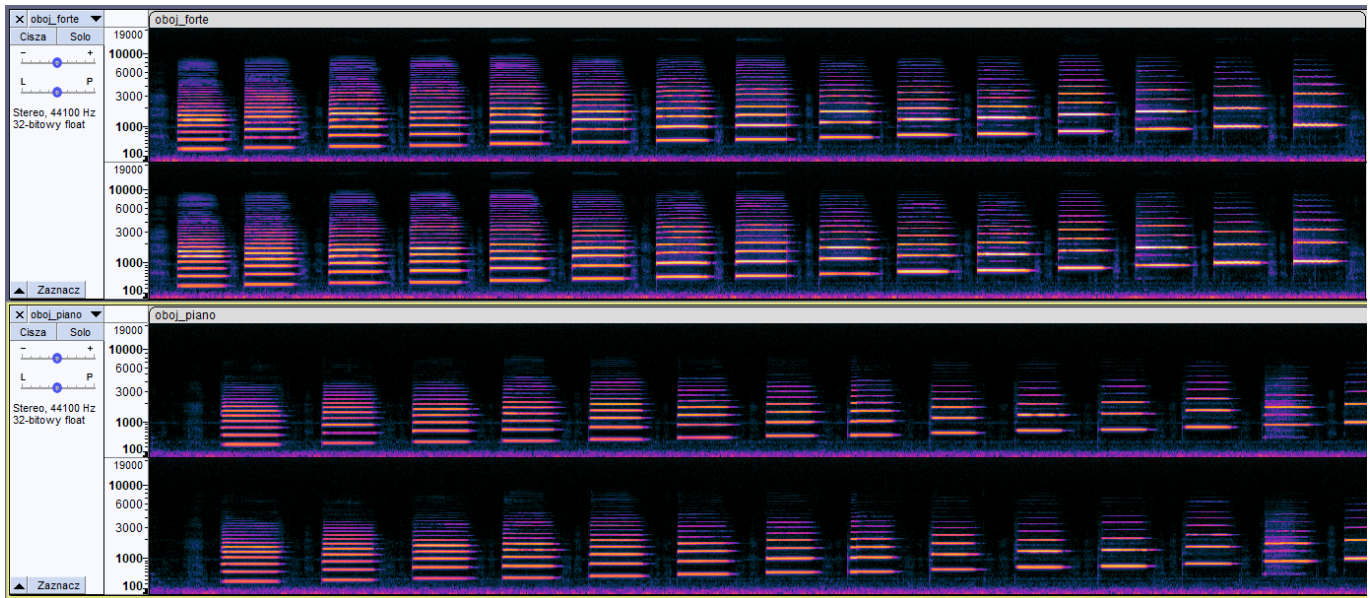
Flecistka gra dźwięk o częstotliwości podstawowej równej 444 Hz.

Zaobserwuj, jak wygląda na spektrogramie dźwięk instrumentu muzycznego.

Na wykresie widać jeden duży pik ok. częstotliwości 444 Hz oraz wiele coraz to mniejszych w wielokrotnościach wartości 444 Hz.

Także na przedziale 0 Hz - 150 Hz znajduje się pomniejszy błąb bez dobrze widocznego piku.

- 
- Zimportuj ścieżkę „oboj\_piano.wav” oraz osobno „oboj\_forte.wav”
  - Posłuchaj kolejno każdej ze ścieżek i zobacz na spektrogramie, w jaki sposób różnica w barwie dźwięku pomiędzy instrumentem grającym **cicho (piano)** i **głośno (forte)** widoczna jest na spektrogramie

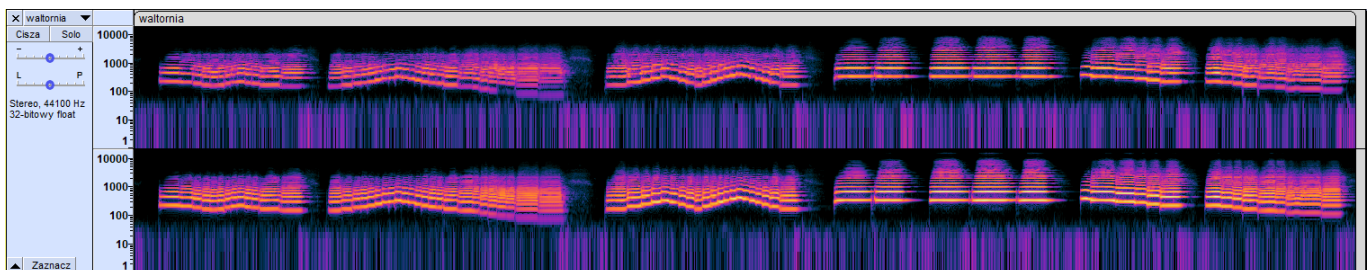


Zobacz na spektrogramie, w jaki sposób różnica w barwie dźwięku pomiędzy instrumentem grającym cicho (piano) i głośno (forte) widoczna jest na spektrogramie

Spektrogram głośniejszy w porównaniu do cichszego:

- jest jaśniejszy
- widać więcej granych częstotliwości
- te "dodatkowe" widoczne sygnały są o wyższych częstotliwościach

- Zaimportuj ścieżkę „waltornia.wav”
- Zmień pionową skalę spektrogramu z liniowej na logarytmiczną (kliknięcie prawym przyciskiem myszy na skali po lewej stronie wykresu) i słuchając nagrania zobacz, jak na spektrogramie widoczna jest melodia, którą gra waltornista.



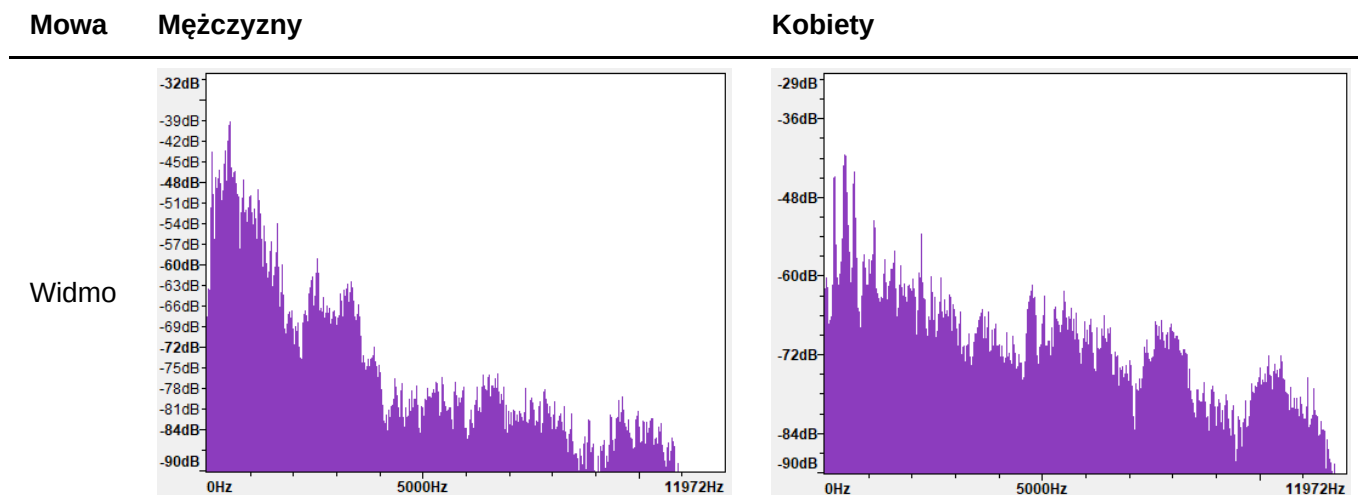
Zobacz, jak na spektrogramie widoczna jest melodia, którą gra waltornista.

Na spektrogramie widoczne są momenty w których muzyk gra coraz to wyższą melodię - spektrogram pokazuje grane wyższe częstotliwości ("przesuwa grane sygnały w górę").

Między wdechami słysząc i widząc charakterystyczny dźwięk.

### 3. Mowa

- Zaimportuj ścieżkę „mowa\_mezczyzna.wav” oraz osobno „mowa\_kobieta.wav”
- Na podstawie widma obu sygnałów przeanalizuj, w jakich zakresach częstotliwości więcej energii ma dźwięk mowy męskiej, a w jakich mowy kobiecej (lepiej będzie to widać ustawiając liniową skalę poziomą wykresu)



Na podstawie widma obu sygnałów przeanalizuj, w jakich zakresach częstotliwości więcej energii ma dźwięk mowy męskiej, a w jakich mowy kobiecej.

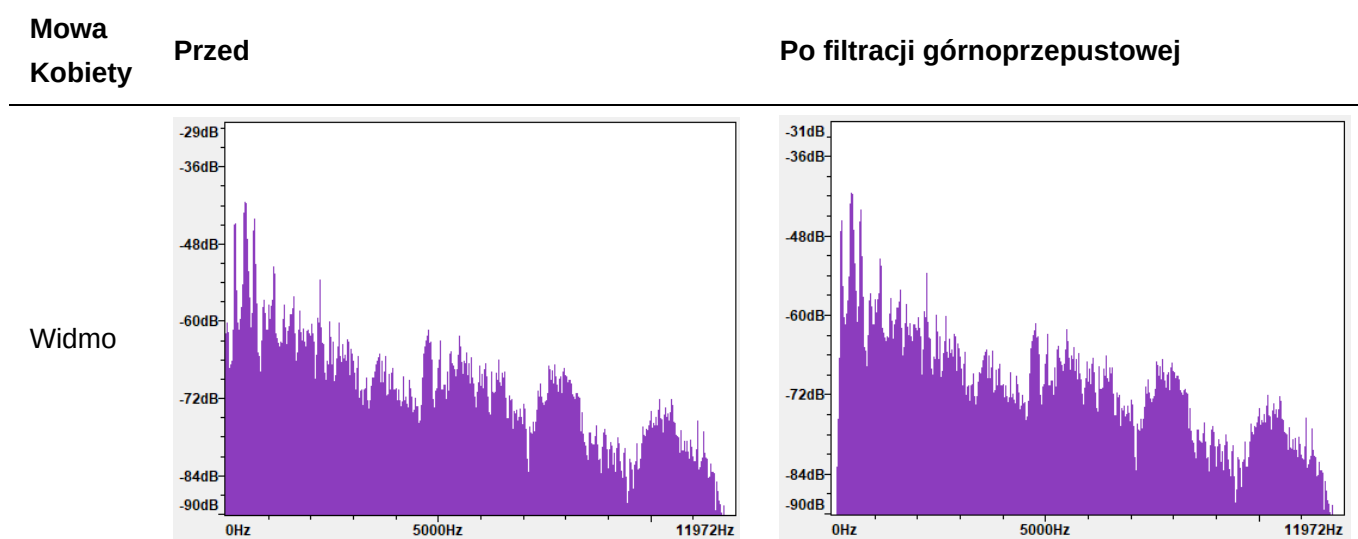
Dźwięk mowy męskiej ma więcej energii w niższych częstotliwościach - [0 Hz - 4 kHz)

Dźwięk mowy kobiecej jest bardziej zrównoważony na wszystkich osiągniętych częstotliwościach i osiąga wyższą energię na przedziałach - [4 kHz - 12 kHz].

## 2. Edycja dźwięków

### 1. Mowa

- Otwórz ścieżkę „mowa\_kobieta.wav” oraz osobno „mowa\_mezczyzna.wav”
- Zastosuj filtrację górnoprzepustową (zaznacz ścieżkę, Efekt – Filtr górnoprzepustowy) do ścieżki z mową kobiecą, tj. odfiltruj dolne częstotliwości dźwięku, stosując ustawienia: częstotliwość graniczna 200 Hz, rolloff 24 dB/oktawę
- Zobacz różnicę w widmie przed i po filtracji. Posłuchaj ścieżki mowy kobiecej po filtracji – czy utracona została jakaś istotna część sygnału?



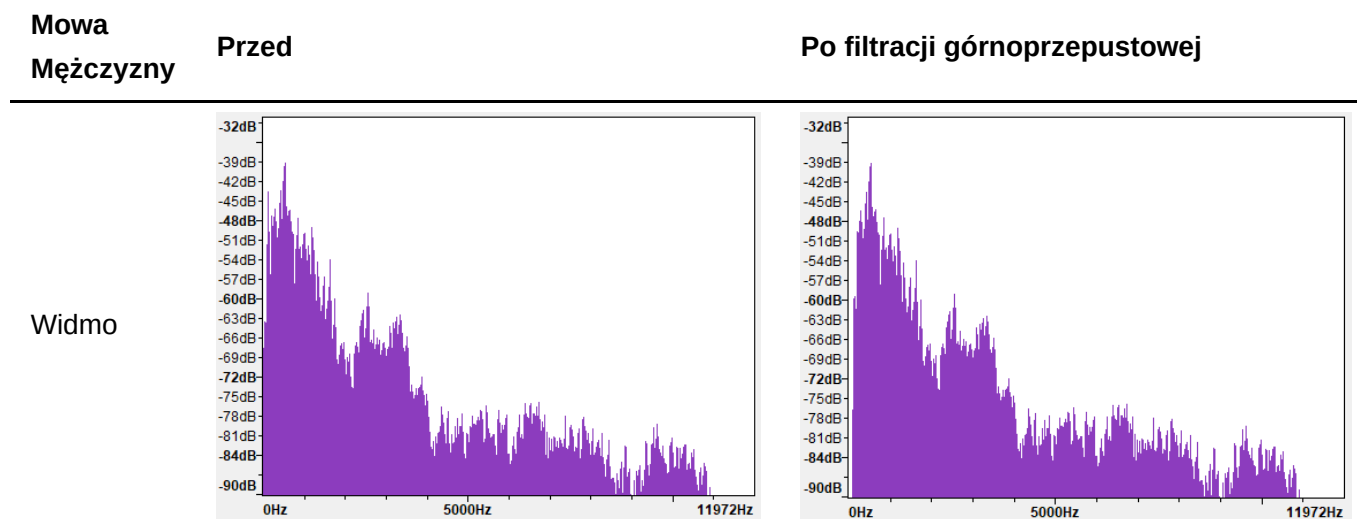
Zobacz różnicę w widmie przed i po filtracji.

Zniknęły niskie częstotliwości mowy kobiecej.

Czy utracona została jakaś istotna część sygnału?

Nie słychać większej zmiany w mowie kobiety. Utracona część nie była bardzo istotna.

- Zastosuj taką samą filtrację górnoprzepustową (te same parametry), do mowy męskiej. Zaobserwuj widmo przed i po filtracji. Posłuchaj ścieżki mowy męskiej – czy przy filtracji utracona została istotna część sygnału w porównaniu do mowy kobiecej?



Zaobserwuj widmo przed i po filtracji.

Tutaj także utracono niskie częstotliwości mowy.

Czy przy filtracji utracona została istotna część sygnału w porównaniu do mowy kobiecej?

W przypadku mowy męskiej różnica między nagraniami jest słyszalna.

Energia w mowie męskiej jest skupiona na niższych częstotliwościach. Odfiltrowując te częstotliwości tracimy całkiem istotną część mowy.

- Do mowy kobiecej zastosuj dodatkowo filtrację dolnoprzepustową, tj. odfiltruj wysokie częstotliwości sygnału, stosując ustawienia np: 8 000 Hz, 24 db/okt
- Stosując różne wartości częstotliwości granicznej filtru, sprawdź, przy jakiej częstotliwości utracona zostaje wyrazistość mowy, a przy jakiej zrozumiałość.

Sprawdź, przy jakiej częstotliwości utracona zostaje **wyrazistość** mowy

Wyrazistość mowy zostaje utracona przy częstotliwości ok. 5 kHz

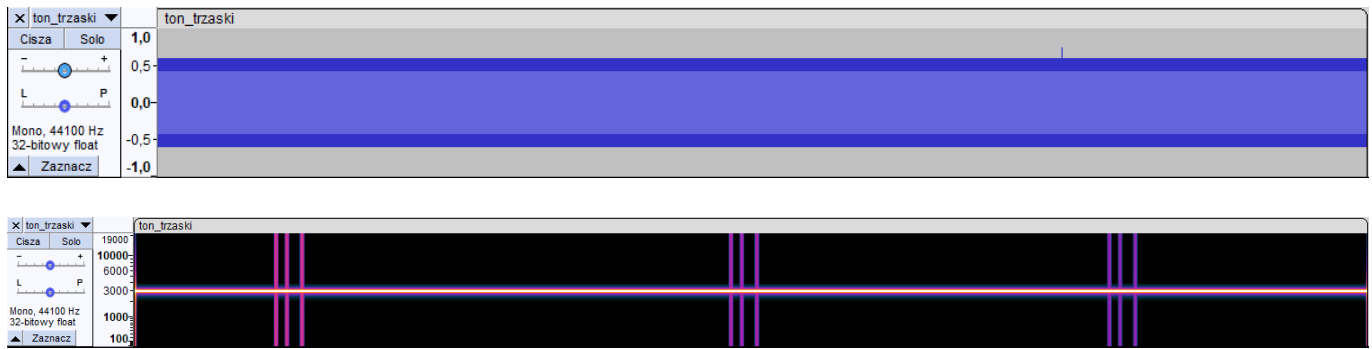
Sprawdź, przy jakiej częstotliwości utracona zostaje **zrozumiałość** mowy

Zrozumiałość mowy zostaje utracona przy częstotliwości ok. 750 Hz

## 2. Eliminacja zakłóceń

- Zaimportuj ścieżkę „ton\_trzaski.wav” i posłuchaj – w nagraniu znajduje się ton i zakłócenia (trzaski)

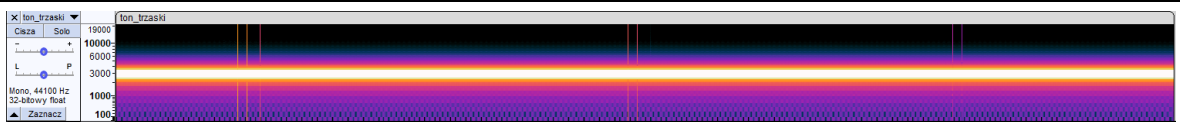
- Przełącz widok ścieżki na spektrogram, zaobserwuj występowanie trzasków, które nie były widoczne na przebiegu czasowym sygnału.



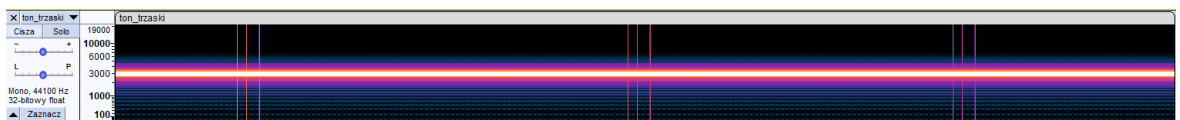
- Ponownie rozwiń menu przy nazwie ścieżki. Włącz „Ustawienia spektrogramu”.
- Sprawdź, jak rozmiar okna analizy fft wpływa na wygląd spektrogramu. Zmieniaj po kolei rozmiar okna z 1024 na coraz mniejsze, a później coraz większe i zobacz, który rozmiar jest najlepszy dla uzyskania największej rozdzielczości w dziedzinie czasu (pozioma oś), a który zapewnia najlepszą rozdzielczość w dziedzinie częstotliwości (pionowa oś).

## Rozmiar okna Spektrogram

128



256



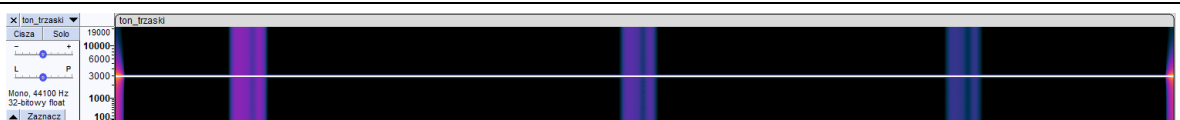
1024



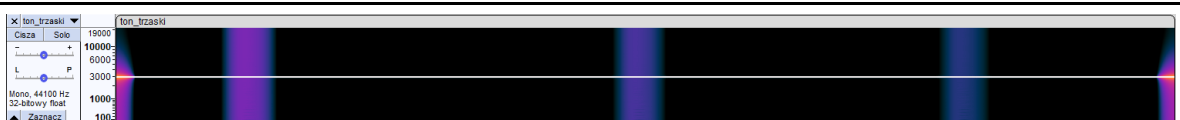
2048



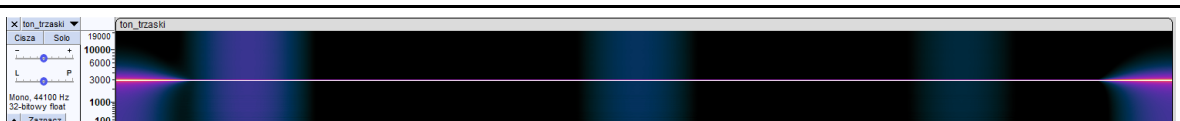
4096



8192



32768



Który rozmiar jest najlepszy dla uzyskania największej rozdzielczości w dziedzinie czasu (pozioma oś)?



Im mniejszy rozmiar okna tym lepsza rozdzielczość uzyskana w dziedzinie czasu.

Najlepszy efekt uzyskałem dla okna o rozmiarze 256. Dobrze rozróżnialne są wszystkie trzaski oraz wszystkie serie po 3 są widoczne na spektrogramie.

Dla niższych rozmiarów część trzasków nie jest widoczna, a także częstotliwości się rozlewają na większość wykresu.

Który zapewnia najlepszą rozdzielczość w dziedzinie częstotliwości (pionowa oś)?

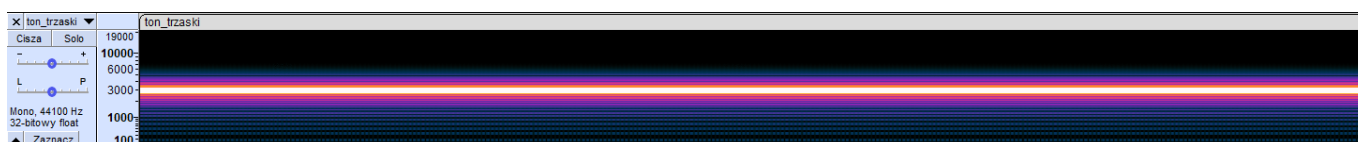
Im większy rozmiar okna tym lepsza rozdzielczość w dziedzinie czasu.

Oczywiście najbardziej skupiona wiązka 3kHz jest na spektrogramie z największym rozmiarem okna.

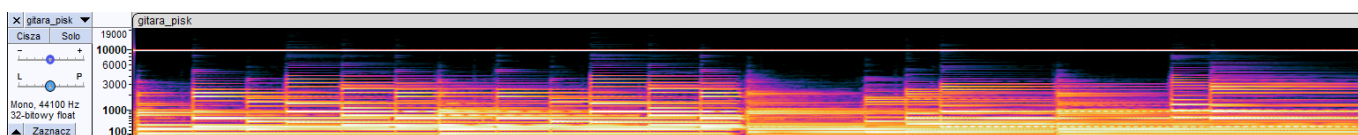
Jednakże dla wyższych częstotliwości tracimy informację o czasie i zlewają w konsekwencji zlewają nam się trzaski.

Złotym środkiem preferującym rozdzielczość częstotliwości (ale pozostawiającym część informacji o czasie) jest rozmiar okna równy 2048.

- 
- Przy optymalnych ustawieniach okna analizy dla widoczności trzasków (których czas trwania jest bardzo krótki) spróbuj usunąć zakłócenia w następujący sposób:
    1. W widoku spektrogramu zaznacz fragment, w który występuje trzask
    2. Przełącz widok na przebieg czasowy
    3. W menu wybierz Zaznacz – Na miejscach przejść przez zero (to pozwoli uniknąć nieciągłości sygnału na krańcach zaznaczenia)
    4. Usuń zaznaczony fragment (pojedynczy trzask) naciskając delete
    5. Posłuchaj nowej wersji ścieżki



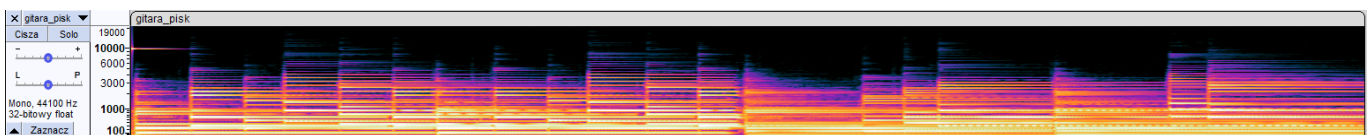
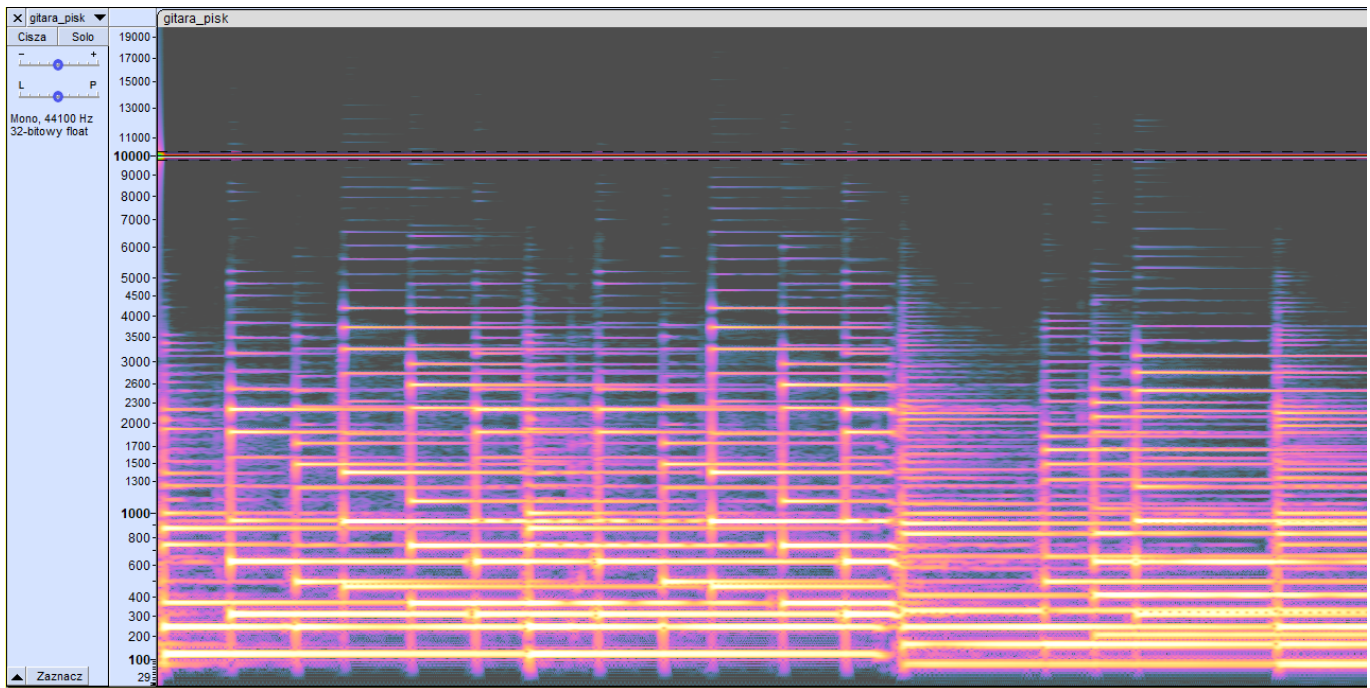
- 
- Zimportuj ścieżkę „gitara\_pisk.wav”
  - Zaobserwuj na spektrogramie, jakiego rodzaju zakłócenie występuje w tym nagraniu i spróbuj je usunąć w następujący sposób:
    1. Zaznacz odpowiedni fragment spektrogramu (dany zakres częstotliwości w całym czasie trwania zakłócenia)
    2. Spróbuj usunąć zakłócenie używając filtra notch (Efekt – Filtr Notch) o odpowiednich parametrach
    3. Posłuchaj nowej wersji ścieżki



Zaobserwuj na spektrogramie, jakiego rodzaju zakłócenie występuje w tym nagraniu

Przez cały czas grania utworu w tle słychać dźwięk o stałej częstotliwości 10 kHz.

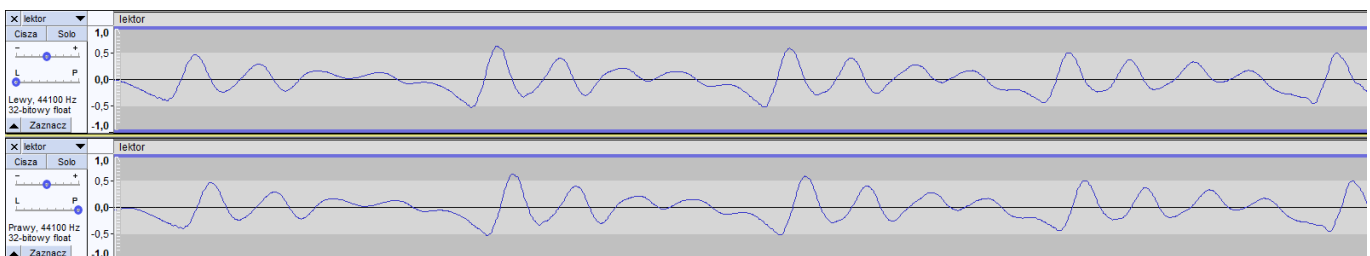




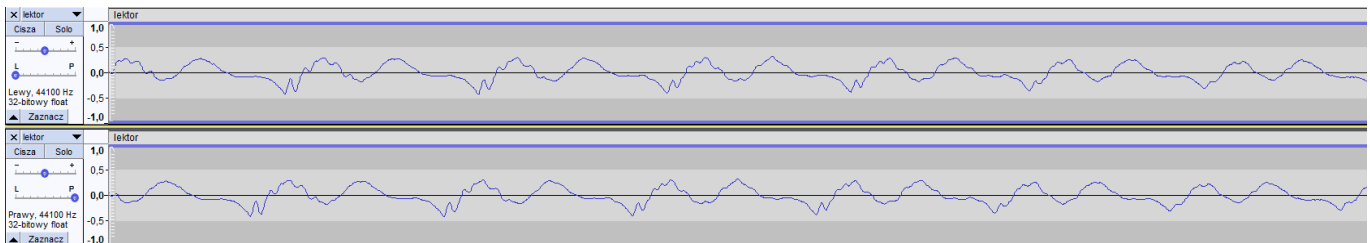
### 3. Lateralizacja źródła dźwięku

- Do tego zadania niezbędne są słuchawki!
- Zaimportuj ścieżkę „lektor.wav”
- Zaznacz zaimportowaną ścieżkę i powiel ją (Edycja – Powiel)
- Jedną ze ścieżek ustaw w panoramie (suwak L – P pod nazwą ścieżki) na prawo, a drugą na lewo
- Kliknij kursorem w jakieś miejsce ścieżki, gdzie amplituda sygnału jest duża
- Klikając „lupkę” przybliż przebieg czasowy tak, aby na skali były tysięczne części sekundy
- Zmień typ kursora na poziomą podwójną strzałkę (↔)
- Przesuń jedną ze ścieżek w prawo lub w lewo o tysięczne części sekundy
- Posłuchaj, jak po przesunięciu zmienia się położenie pozornego źródła dźwięku
- Jeśli przesuniesz ścieżkę o zbyt dużą wartość, zniknie wrażenie przesuwania się źródła dźwięku, a powstanie wrażenie „echa”

Dźwięk słyszalny z lewej strony:



Dźwięk słyszalny z prawej strony:

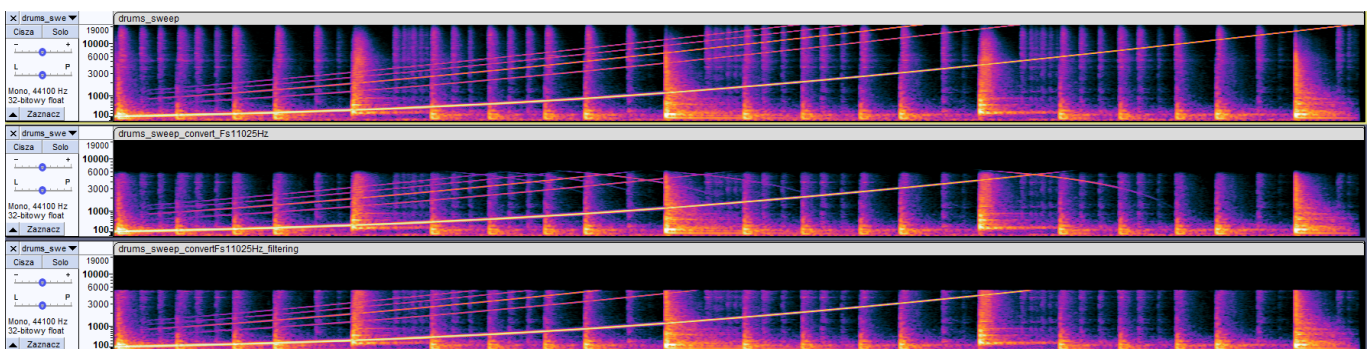


Posłuchaj, jak po przesunięciu zmienia się położenie pozornego źródła dźwięku.

Źródło dźwięku wydaje się znajdować po stronie ucha do którego prędzej dociera fala dźwiękowa.

## 4. Próbkowanie i kwantyzacja

- zaimportuj pliki "drums\_sweep.wav", "drums\_sweep\_convert\_Fs11025Hz.wav" i "drums\_sweep\_convertFs11025Hz\_filtering.wav"
- posłuchaj i oceń brzmienie każdego pliku (drugi z nich to konwersja z  $f_s = 44\,100\text{ Hz}$  na  $11\,025\text{ Hz}$  bez odpowiedniej filtracji sygnału, a trzeci to konwersja z  $44\,100\text{ Hz}$  na  $11\,025\text{ Hz}$ , ale z włączoną filtracją anty-aliasingową),
- posłuchaj, czy słyszysz składowe, które nie występowały w oryginalnym sygnale?
- zobaczyć na spektrogramie w jaki sposób wygląda aliasing na granicy pasma.



Posłuchaj i oceń brzmienie każdego pliku?

Generalnie początek utworu brzmi identycznie dla każdego pliku.

Dopiero różnią się pod koniec gdy zanika dźwięk o wzrastającej częstotliwości.

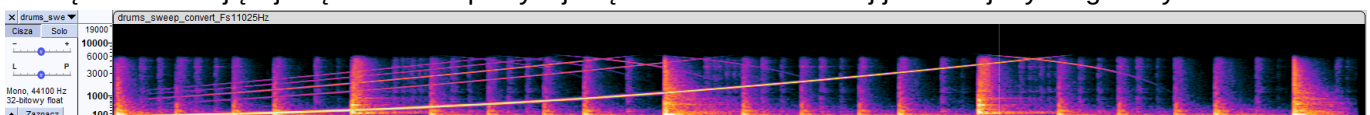
Wszystkie pliki brzmią całkiem dobrze.

Posłuchaj, czy słyszysz składowe, które nie występowały w oryginalnym sygnale?

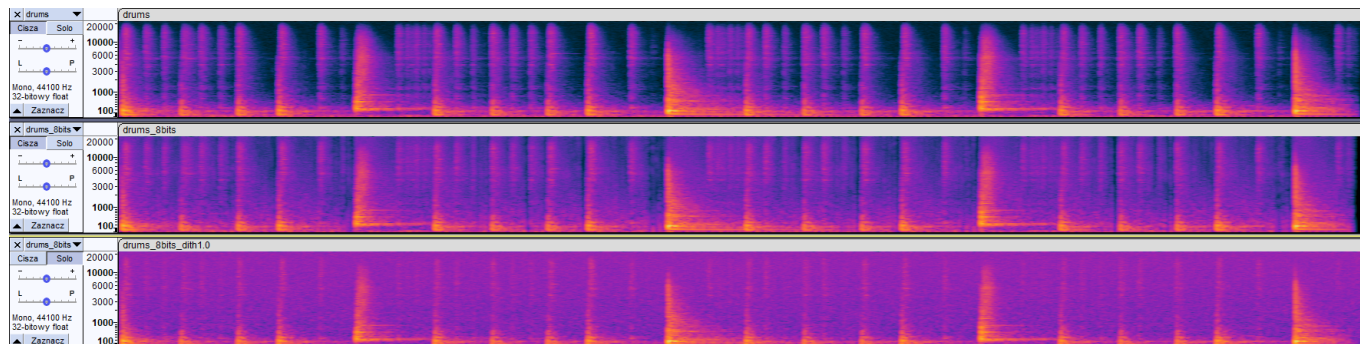
W pliku `drums_sweep_convert_Fs11025Hz.wav` pod koniec słyszalna jest dodatkowa składowa o spadkowej częstotliwości.

Zobaczyć na spektrogramie w jaki sposób wygląda aliasing na granicy pasma.

Dźwięk o wzrastającej częstotliwości powyżej częstotliwości odcinanej jest odbijany na granicy:



- zaimportuj pliki "drums.wav", "drums\_8bits.wav" i "drums\_8bits\_dith1.0.wav"
- posłuchaj i oceń wybrzmiewanie uderzenia stopy i werbla oraz brzmienia talerzy po kwantyzacji do 8 bitów
- posłuchaj i oceń wybrzmiewanie uderzenia stopy i werbla oraz brzmienia talerzy po kwantyzacji do 8 bitów, ale z dodaniem sygnału dither'a. Czy odzyskało wybrzmienie, ale kosztem mniejszego SNR?
- obejrzyj i porównaj spektrogramy każdego sygnału (najlepiej ustawienia: Gain-0dB, Range120dB, Max Freq-22000Hz, Windows size - 4096, Windows type: Blackman Harris)



Oceń wybrzmiewanie uderzenia stopy i werbla oraz brzmienia talerzy po kwantyzacji do 8 bitów.

Samo brzmienie nie jest bardzo pogorszone, ale słychać częściowe zakłócenia pomiędzy uderzeniami.

Brzmienie stopy wydaje się bardziej wyraźne niż talerzy.

Oceń wybrzmiewanie uderzenia stopy i werbla oraz brzmienia talerzy po kwantyzacji do 8 bitów, ale z dodaniem sygnału dither'a.

Tym razem oba dźwięki wydają się brzmieć wyraźnie, jednak słychać ciągły szum.

Czy odzyskało wybrzmienie, ale kosztem mniejszego SNR?

Tak wybrzmienie jest wyraźniejsze, ale jest także ciągle słyszalny szum.

Porównaj spektrogramy każdego sygnału.

Na spektrogramie `drums_8bits.wav` względem pierwszego spektrogramu widać, że powstał nierównomierny szum.

Na spektrogramie `drums_8bits_dith1.0.wav` względem pierwszego spektrogramu widać dodany równomierny szum - w każdym momencie szum jest taki sam, przez co dźwięk utworu wydaje się wyraźniejszy.