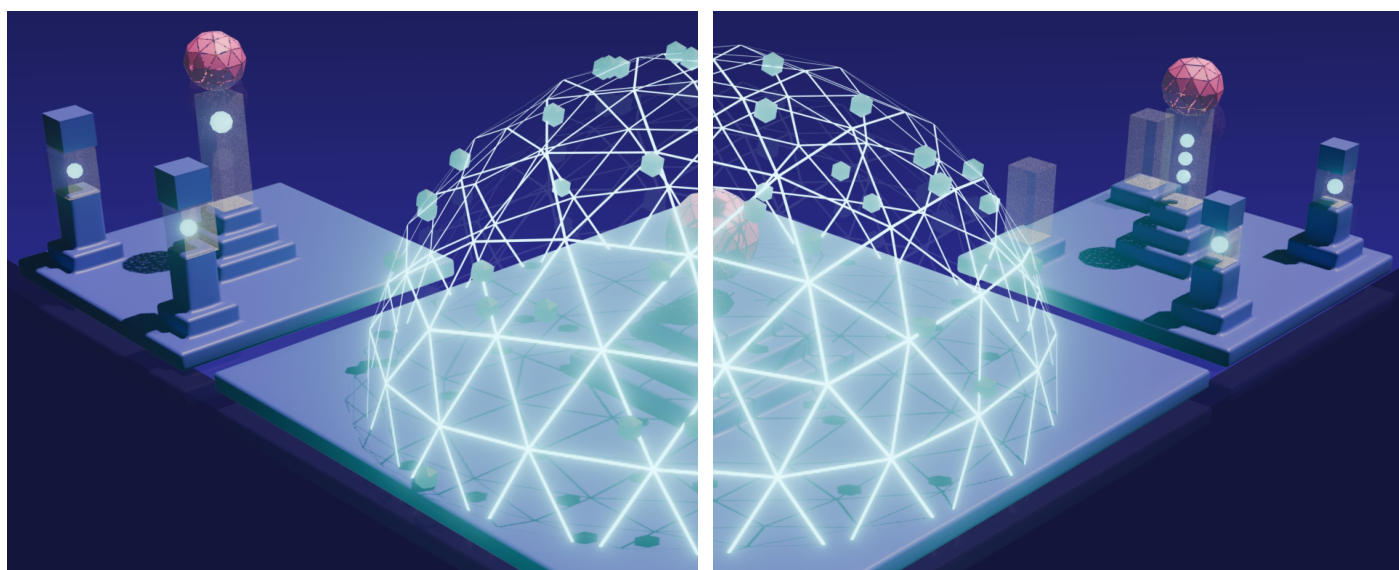


Przestrzeń we współczesnej kompozycji muzycznej



Dźwiękowa przestrzeń 3D w twoim pokoju

Przewodnik po technikach kreowania iluzji
trójwymiarowego brzmienia

Eliza Tkacz

Spis treści

Spis treści	2
Skróty i oznaczenia	4
Wprowadzenie	5
Podstawy percepcji dźwięku w przestrzeni	7
Techniki kompozytorskie	9
Dobór instrumentów i rejestru	9
Artikulacja	10
Rytm	11
Melodia	11
Harmonia	13
Plany aranżacyjne	13
Etapy pracy kompozytora	14
Techniki kreowania iluzji trójwymiarowego brzmienia i emocji	16
Percepcja dźwięku w przestrzeni 3D	16
Kreowanie iluzji trójwymiarowego brzmienia za pomocą tradycyjnych technik kompozytorskich	19
Wpływ dźwięku i przestrzeni dźwiękowej na emocje słuchającego	21
Użycie tradycyjnych technik kompozytorskich do pracy w DAW	23
Techniki mikrofonowe	25

Technika X-Y Stereo	25
Technika ORTF Stereo	26
Technika NOS Stereo	26
Technika DIN Stereo	26
Technika Mid-Side Stereo	26
Technika A-B.....	27
Decca Tree Stereo	28
Blumlein Stereo	28
OSS (<i>Optimum Stereo Signal</i>)	29
Sztuczna głowa (<i>Dummy Head</i>)	29
Ambisonic (specjalny mikrofon)	29
Przestrzeń 3D w twoim pokoju	31
Podsumowanie.....	36
Bibliografia	38

Skrypt powstał w ramach realizacji projektu pt. „Rozwój artystyczny oraz podniesienie kompetencji cyfrowych w zakresie nowego zastosowania technik kompozytorskich, wykorzystania technologii brzmienia przestrzennego, sensorycznego i psychoakustyki”.

Skróty i oznaczenia

ASMR	— to fenomen percepcyjno-sensoryczny wywołany przez określone bodźce słuchowe i wzrokowe, np. szept <i>ang. Autonomous Sensory Meridian Response</i> .
c	— prędkość dźwięku w powietrzu, $c = 344$ m/s.
D	— odległość między uszami, $D = 2 \cdot r_g$.
DAW	— Digital Audio Workstation.
DIN	— technika nagrywania stereofonicznego, <i>niem. Deutsches Institut für Normung</i> .
HRTF	— funkcja przenoszenia związana z głową, <i>ang. Head-Related Transfer Function</i> .
IID	— międzyuszna różnica natężenia, <i>ang. Interaural Intensity Difference</i> .
ILD	— międzyuszna różnica głośności, <i>ang. Interaural Level Difference</i> .
ITD	— międzyuszna różnica czasu, <i>ang. Interaural Time Difference</i> .
L	— lewy lub lewo.
MAA	— minimalny kąt słyszenia, <i>ang. Minimum Audible Angle</i> .
ND	— nie dotyczy.
NOS	— technika nagrywania stereofonicznego, <i>ang. Nederlandsche Omroep Stichting</i> .
ORTF	— technika nagrywania stereofonicznego, <i>fr. Office de Radiodiffusion Télévision Française</i> .
OSS	— technika nagrywania stereofonicznego, <i>ang. Optimum Stereo Signal</i> .
P	— prawy lub prawo.
r_g	— promień głowy.
Δt	— różnica czasu.
θ	— kąt od osi centralnej, gdzie $\theta = 0^\circ$ oznacza przód.

Wprowadzenie

Każdego dnia, nawet nieświadomie, orientujemy się w otaczającym nas świecie dzięki dźwiękom – potrafimy wskazać, skąd nadchodzi rozmowa, nadjeżdża samochód czy szczeka nasz pies. Ta naturalna umiejętność pozwala na poruszanie się w przestrzeni, unikanie przeszkód i wchodzenie w interakcje z otoczeniem.

Kiedy jednak próbujemy przenieść te naturalne doświadczenia do przestrzeni wirtualnej, napotykamy szereg zagadnień technicznych związanych z naturą dźwięku, jego zniekształceniami i tłumieniem oraz percepcją przestrzeni słuchowej. Problem ten jest szczególnie złożony w kompozycji i produkcji muzycznej, ponieważ muzyka zawiera wiele jednoczesnych źródeł dźwięku o złożonej harmonii i rytmie, które muszą być rozmieszczone w przestrzeni w sposób spójny i artystycznie uzasadniony, w przeciwieństwie do mowy czy efektów dźwiękowych (np. w produkcji filmowej), które zwykle są krótkotrwałe i izolowane. Dlatego warto poznać i zrozumieć szereg zagadnień technicznych, aby świadomie stosować w produkcji muzycznej techniki kompozytorskie, które od początku mogą być transformowane do wirtualnej przestrzeni dźwiękowej. W tej części analizujemy podstawy percepcji przestrzeni słuchowej, aby zrozumieć, jak mózg lokalizuje źródła dźwięku w otoczeniu, a następnie wykorzystać tę wiedzę do projektowania realistycznej i immersyjnej przestrzeni wirtualnej w produkcji muzycznej.

Niniejszy skrypt jest pierwszą częścią cyklu pt. „Przestrzeń we współczesnej kompozycji muzycznej”. W cyklu tym staram się dowieść, że:

Możliwe jest twórcze zastosowanie tradycyjnych technik kompozytorskich w środowisku dźwięku przestrzennego w celu wywołania u słuchacza nowych wrażeń sensorycznych i psychoakustycznych.

Cykl ma na celu popularyzację wiedzy o technikach dźwięku przestrzennego wśród kompozytorów oraz odbiorców muzyki oraz otwierać drogę do dalszych eksperymentów artystycznych i edukacyjnych w obszarze muzyki immersyjnej.

Historia dźwięku przestrzennego sięga pierwszych prób rejestracji brzmienia w sposób, który oddawałby nie tylko samą muzykę, lecz również akustykę miejsca jej wykonania. Już w połowie XX wieku inżynierowie dźwięku, zwłaszcza przy nagraniach koncertów muzyki klasycznej w salach koncertowych i kościołach, starali się uchwycić naturalne odbicia i pogłos przestrzeni, tak aby słuchacz, odtwarzając nagranie, miał wrażenie uczestnictwa w wydarzeniu „na żywo”.

W latach 50. i 60. zaczęto stosować wczesne formy rejestracji przestrzennej, głównie w stereo, a później w tzw. nagraniach kwadrofonicznych (czterokanałowych). Przykładem mogą być nagrania wytwórni Decca Records z tzw. „Decca Tree” – systemem trzech mikrofonów, opracowanym w 1954 roku, który pozwalał uchwycić naturalną przestrzeń sal koncertowych i był używany przy rejestracjach orkiestr symfonicznych, np. London Symphony Orchestra.

Wraz z rozwojem technik mikrofonowych, takich jak nagrania binauralne czy ambisoniczne, zaczęto coraz skuteczniej odwzorowywać przestrzeń akustyczną w trzech wymiarach. W późniejszych dekadach technologia dźwięku przestrzennego znalazła szerokie zastosowanie nie tylko w muzyce klasycznej, ale również w filmie, teatrze i instalacjach artystycznych, gdzie dźwięk stał się narzędziem budowania immersji i emocji.

Jednym z pierwszych przykładów zastosowania technologii przestrzennej w sali kinowej był system Fantasound, opracowany przez inżynierów Disneya i RCA w 1940 roku na potrzeby filmu *Fantazja*. Oryginalny proces nagrywania obejmował dziewięć rejestratorów optycznych, które zapisywały muzykę na ośmiu oddzielnych ścieżkach oraz dodatkowej ścieżce z sygnałem synchronizacyjnym (tzw. *click track*). Do odtwarzania materiał został zredukowany do trzech głównych kanałów audio (lewego, centralnego i prawego) oraz czwartej ścieżki sterującej głośnością. Aby wiernie odtworzyć dźwięk, Disney stworzył system odtwarzania „Fantasound” — kosztowną instalację wykorzystującą wiele głośników rozmieszczonych wokół sali kinowej, w której dźwięk był kierowany do określonych kanałów. Fantasound był to eksperymentalny, wielokanałowy system odtwarzania dźwięku, który pozwalał kierować efekty dźwiękowe po sali kinowej — np. przemieszczanie się dźwięków orkiestry między głośnikami. Choć wymagał specjalnego wyposażenia sal, stanowił przełomowy krok w stronę przestrzenności.

Współcześnie w świecie muzyki elektronicznej i klubowej idea przestrzenności nabrała nowego wymiaru — tam, gdzie dawniej chodziło o wierne oddanie akustyki miejsca, dziś twórcy celowo kreują sztuczne, zmienne środowiska dźwiękowe, które otaczają słuchacza ze wszystkich stron. W produkcjach techno czy setach DJ-skich dźwięk staje się niemal fizycznym doświadczeniem, atakując z różnych kierunków, zmieniając się dynamicznie i zaburzając poczucie orientacji. Współczesne rozwiązania, takie jak dźwięk 3D, systemy ambisoniczne czy immersyjne sale koncertowe, stanowią kontynuację tej idei — od realistycznej rejestracji przestrzeni po pełne zanurzenie słuchacza w wykreowanym świecie dźwięku.

Niniejszy skrypt to próba opisanie i zbadania możliwości wykorzystania tradycyjnych technik kompozytorskich w kontekście współczesnej produkcji muzycznej immersyjnej. Mój projekt wpisuje się w tę historyczną trajektorię rozwoju dźwięku przestrzennego — od pierwszych eksperymentalnych nagrań koncertowych, przez systemy kwadrofoniczne, nagrania binauralne i ambisoniczne, aż po współczesne środowiska wirtualne, w których dźwięk może być umieszczany i kontrolowany w pełnej przestrzeni 3D. W odróżnieniu od klasycznych prób wiernego odwzorowania akustyki sal koncertowych czy przestrzeni filmowych, celem mojego cyklu jest stworzenie immersyjnej produkcji piosenki, w której muzyka nie tylko „odtwarza przestrzeń”, lecz staje się aktywnym, trójwymiarowym doświadczeniem dla słuchacza. Poprzez świadome wykorzystanie tradycyjnych środków kompozytorskich w środowisku wirtualnym pragnę pokazać, że klasyczne techniki aranżacyjne i instrumentacyjne mogą funkcjonować w nowoczesnej przestrzeni dźwięku 3D, otwierając drogę do nowych eksperymentów artystycznych i percepcyjnych.

Podstawy percepcji dźwięku w przestrzeni

Aby lepiej zrozumieć, jak mózg mapuje przestrzeń dźwiękową, warto przypomnieć kilka podstawowych pojęć. **Amplituda** fali dźwiękowej odpowiada za jej siłę – im większa amplituda, tym dźwięk jest głośniejszy. **Głośność** natomiast to subiektywne odczucie intensywności dźwięku przez słuchacza, które zależy nie tylko od amplitudy, ale także od częstotliwości i charakterystyki ucha. **Faza** fali dźwiękowej określa położenie fali w czasie; różnice faz pomiędzy uszami pomagają mózgowi określić kierunek niskich dźwięków. Dodatkowo, **częstotliwość** dźwięku decyduje o jego wysokości, a **barwa** – o tym, jak rozróżniamy różne instrumenty czy źródła dźwięku. Zrozumienie tych pojęć jest kluczowe do wyjaśnienia, w jaki sposób mózg wykorzystuje różnice w czasie, głośności i barwie do tworzenia wewnętrznej mapy przestrzeni dźwiękowej.

Podstawy percepcji przestrzeni słuchowej to zdolność mózgu do lokalizowania źródeł dźwięku w przestrzeni poprzez analizę różnic w czasie dotarcia dźwięku do obu uszu i różnic fazy, a także poprzez różnice w głośności i barwie dźwięku. Dodatkowe wskazówki pochodzą z oceny zniekształceń i tłumienia dźwięku spowodowanego przez ciało (np. głowę), co pomaga w rozróżnieniu dźwięków z przodu i z tyłu. Mechanizmy percepcji przestrzeni słuchowej:

- Różnice w czasie (przejściowe): mózg wykorzystuje różnicę w czasie (Interaural Time Difference — ITD), w jakim dźwięk dociera do każdego ucha, aby określić położenie źródła.
- Różnice w fazie (stałe): dla niskich częstotliwości dźwięku, mózg analizuje różnice w fazie fal dźwiękowych między uszami.
- Różnice w głośności (natężenia): dźwięki pochodzące z jednego boku mogą być słyszane jako głośniejsze (Interaural Level Difference — ILD lub Interaural Intensity Difference — IID), co pomaga mózgowi zlokalizować ich źródło.
- Różnice w barwie (spektrum częstotliwości): dźwięki odbierane jako cichsze lub posiadające mniej wysokich składowych są często odbierane jako dalsze od słuchacza.
- Zniekształcenia i tłumienie przez ciało: dźwięki docierające do uszu z tyłu mogą być bardziej słumione, zniekształcone i mieć mniej wysokich składowych, co jest spowodowane ruchem głowy i odbiciami od ciała, co również dostarcza informacji o lokalizacji źródła.

Warto podkreślić, że przy odbiorze wysokich częstotliwości powyżej 1,5 kHz mózg tworzy mapę przestrzenną dźwięków, opierając się na różnicach głośności i czasie dotarcia dźwięku do obu uszu. Dla średnich i niskich częstotliwości, poniżej 1 kHz, kluczowe są natomiast różnice fazy. Co ciekawe, dla bardzo niskich dźwięków, poniżej około 80 Hz, określenie kierunku źródła staje się praktycznie niemożliwe.

Dodatkową trudnością związaną z percepcją dźwięku, jest fakt, że zdolność człowieka do lokalizowania źródeł dźwięku i odczuwania ich odległości oraz kierunku w trójwymiarowej przestrzeni, zależy od naszego specyficznego

układu słuchowego — charakterystyki kształtu małżowin usznych, głowy i tułowia, które modyfikują fale dźwiękowe zanim dotrą one do błony bębenkowej. Jest to unikalny dla każdego „odcisk akustyczny”.

Techniki kompozytorskie

Techniki kompozytorskie stanowią fundament tworzenia muzyki, niezależnie od formatu czy technologii i obejmują szeroki zakres zadań. Rola kompozytora będzie inna w przypadku komponowania piosenki, a inna w przypadku opracowania utworu instrumentalnego. Tradycyjnie kompozytor, aranżer, autor instrumentacji oraz producent to różne specjalizacje w muzyce [1]. W tym rozdziale przyjmuję szersze pojęcie, że kompozytor to osoba, która wymyśla oraz utrwała (zapisuje) linie melodyczne partii wokalnych i instrumentalnych, układa harmonię oraz zajmuje się aranżacją i instrumentacją. W muzyce współczesnej kompozytor może też zajmować się nagraniami i efektami dźwiękowymi — czyli jest też producentem. Najważniejsze zadania kompozytora w tym ujęciu to mogą być:

- tworzenie linii melodycznej i harmonii,
- dobór instrumentów i głosów - aranżacja,
- zapisanie muzyki w nutach - aranżacja,
- produkcja nagrania.

Dobór instrumentów i rejestru

Można by pomyśleć, że tworzenie melodii i harmonii, to główna praca kompozytora i od tej techniki kompozytorskiej należałoby zacząć. Jednak we współczesnym rozumieniu roli kompozytora, do ważniejszych technik kompozytorskich zaliczam instrumentację. Instrumentoznawstwo to znajomość „przedmiotów wydobywających dźwięk” pod względem fizyki wydobywania z nich dźwięku oraz charakterystycznych cech brzmieniowych. Chciałabym się skupić na chwilę na umiejętności nazywania brzmienia instrumentów. Zwrócę też uwagę na fakt, że różne rejestry tego samego instrumentu będą brzmiały inaczej. W przypadku większości instrumentów ich brzmienie jest charakterystyczne dla danego egzemplarza oraz wykonawcy, chociaż aż w takie szczegóły nie zamierzam się zagłębiać. W Tab. 1 przedstawiono kilka przykładów. Należy pamiętać, że granice podziałów na rejestry są umowne. Jako regułę można przyjąć, że każdy instrument w dolnych rejestrach będzie brzmiał słabo i mniej dynamicznie, niż w rejestrach wyższych.

Kompozytor określa jakość brzmienia danego instrumentu w danym rejestrze i dzięki temu potrafi umiejętnie łączyć ze sobą różne instrumenty w celu uzyskania efektu pełnego brzmienia. W klasycznych zespołach instrumenty są dobierane według ich możliwości dynamicznych, natomiast we współczesnej produkcji muzycznej, wielkość obsady nie jest taka ważna, co spójne brzmienie i uzupełnianie się barwowo instrumentów. Bezpiecznie można zatem łączyć instrumenty ciemne z jasnymi, miękkie z szorstkimi oraz słabe z bogatymi kolorystycznie. Warto w tej materii eksperymentować, a nawet wyrobić sobie własne słownictwo określające jakość barwy i brzmienia danego instrumentu.

Postanowiłam dobór instrumentu, rejestru i barwy wymienić jako pierwsze, ponieważ kiedy przejdziemy do produkcji muzycznej to z nich będzie wynikało pasmo częstotliwości, które dana partia instrumentu będzie zajmować w miksie. Instrumentacja do podstawa dobrego nagrania.

Tab. 1. Przykłady instrumentów i ich cech brzmieniowych

Instrument	flet	obój	rożek angielski	klarnet	Klarnet basowy	fagot
Rejestry	I – c ¹ -g ¹ II – a ¹ -g ² III – a ² -g ³ IV – a ³ -c ⁴	I – b-f ¹ II – g ¹ -g ² III – a ² -g ³	I – e-b ¹ II – c ¹ -d ² III – e ² -b ³	I – d-d ¹ II – es ¹ -a ¹ III – b ¹ -b ² IV – c ³ -es ³	I – D-c II – d-c ¹ III – d ¹ -c ²	I – B ₁ -c II – d-c ¹ III – d ¹ -a ¹ IV – h ¹ -des ²
Ciemny	I		I	I	I (drewniany)	
Szorstki		I				I
Gardłowy				II		
Miękki		II				
Smutny						II (żałobny)
Bogaty kolorystycznie	II					
Słaby						III
Jasny, klarowny	III	III	II	III	II	IV
Przenikliwy	IV	III		IV		
Płaski					III	
Cienki, niezbyt wyrazisty						

*brak rejestru w tabeli oznacza, że jest niestosowany w praktyce zespołowej. Rejestry dla instrumentów transponujących są podane w brzmieniu (a nie w zapisie).

Artikulacja

Zanim zaczniemy komponować melodię, zaraz po dobraniu instrumentu pod względem jego barwy, warto zastanowić się nad **artikulacją**. W muzyce współczesnej to od artykulacji zależy *groove* i *feeling*. Najpopularniejsze zabiegi artykulacyjne to:

- Akcent — podkreślenie dynamiczne dźwięku,
- Legato — kolejne dźwięki są grane płynnie, bez przerw między nimi,
- Staccato — dźwięk bardzo krótki i nieakcentowany,
- Pizzicato — na instrumentach smyczkowych, polega na wydobywaniu dźwięku poprzez szarpanie struny (zamiast pocierania smyczkiem),
- Tremolo — drżenie, szybkie wykonywanie wielu dźwięków o tej samej wysokości,
- Tremolando — drżenie, wykonywanie szybkich przejść między dwoma dźwiękami o różnej wysokości,
- Krótki gliss w górę — realizowany pod koniec brzmienia nuty,
- Gliss do dołu — realizowany pod koniec brzmienia nuty,
- Gliss od dołu — dochodzący do właściwego dźwięku,
- Gliss od góry — dochodzący do właściwego dźwięku,
- *Ghost note* — rodzaj nuty, która jest prawie nie grana.

Te zabiegi artykulacyjne sprawią, że napisanie przez nas melodie będą bardziej zrozumiałe i ekspresyjne, gdyż nadadzą kształtu, wyrazistości i charakteru dźwiękom.

Rytm

W muzyce rozrywkowej nazywamy sekcją rytmiczną instrumenty, które tworzą razem fundament harmoniczno-rytmiczny — są to zazwyczaj fortepian, bas, perkusja lub gitara rytmiczna, bas, perkusja. W tym przypadku kompozytor traktuje te instrumenty jako jeden i w taki sposób tworzy ich partie.

W produkcji w domu, duże znaczenie w budowaniu warstwy rytmicznej mają instrumenty perkusyjne o nieokreślonej wysokości dźwięku. W zestawie perkusyjnym będzie to bęben centralny („stopa”), werbel, tom-tomy, hi-hat i talerze. Oprócz tego można stosować różne odmiany bębnów i grzechotek: tamburyn, conga, bongosy, timbalesy, marakasy, claves, cow bell, guiro, cabassa itp. Dodam, że w warunkach domowych można pozwolić sobie na eksperymentowanie i próbować wystukiwać rytmy przy użyciu różnych przedmiotów. Dzięki temu uzyskasz niespotykane w żadnej innej produkcji rezultaty.

W kontekście spektrum częstotliwości instrumenty perkusyjne wytwarzają dźwięki od najniższych (stopa), przez średnicę (werbel, tomy), aż do najwyższych (hi-hat, talerze). Stopa pełni zazwyczaj rolę podstawy rytmicznej z uderzeniami na mocne części taktu (często 1 i 3). Werbel często podkreśla słabe części taktu (2 i 4). W wysokim rejestrze mogą pojawić się gęste uderzenia oraz szmery grane na hi-hacie lub talerzach.

Rytm jest ściśle związany z gatunkiem muzyki rozrywkowej - muzyka pop i rock będą miały groove inny niż disco. Jeszcze inne rytmy będą charakterystyczne dla soul, funky, a inne dla jazz. Odrębną dziedziną jest też studiowanie i analizowanie rytmów w gatunkach tanecznych: bossa nova, rock'n'roll, samba, rumba, mambo, cha-cha itp.

Na tym etapie chyba najważniejsze do zrozumienia jest to, że warto najpierw poznać podstawy rytmiczne różnych gatunków, zanim zaczniesz się eksperymentować komponując swoje rytmy.

Melodia

Melodia jest to ten element, z którym najłatwiej jest eksperymentować. Przedstawiam fundamentalne zasady tworzenia melodii:

1. Zachowuj właściwe proporcje między ruchem sekundowym a skokami interwałowymi.

Melodia powinna łączyć płynność ruchu diatonicznego z energią większych interwałów. Nadmiar kroków sekundowych czyni linię melodyczną monotonna, natomiast zbyt duża liczba skoków odbiera jej śpiewność i spójność. Warto więc zachować równowagę między ruchem krokowym a interwałowym.

2. Buduj jeden wyraźny punkt kulminacyjny.

Każda melodia powinna zmierzać do jednego, głównego momentu napięcia – kulminacji, która zwykle przypada na najwyższy dźwięk. Do tego miejsca prowadzi naturalny wzrost napięcia między dźwiękami. W obrębie jednej frazy mogą pojawić się pomniejsze napięcia i lokalne kulminacje, ale powinny one wspierać główny punkt ciężkości melodii.

3. Zachowuj kontrast i równowagę napięć.

Dobra melodia oddycha – zawiera naprzemiennie fragmenty gęste i statyczne, dynamiczne i spokojne. Wprowadzaj kontrasty między napięciami a odprężeniem, by linia melodyczna zachowała naturalność i wewnętrzny puls.

4. Kontrastuj melodię z pozostałymi elementami utworu.

Jeśli fragment melodii jest rytmicznie złożony, warto uprościć harmonię i rytm akompaniamentu. Z kolei tam, gdzie melodia staje się bardziej statyczna, można zagęścić rytm lub wprowadzić bogatsze współbrzmienia. Taka wymiana energii między warstwami muzyki sprzyja czytelności i równowadze utworu.

5. Motywiczność i powtarzalność.

Charakterystyczne motywy powinny być łatwo przyswajalne i zapamiętywalne. Osiągniesz to poprzez ich powtarzanie lub subtelne modyfikacje (sekwencje, wariacje), przeplatane nowymi fragmentami melodii. Powrót do znanych motywów porządkuje formę i wzmacnia rozpoznawalność utworu.

6. Unikaj zbyt szerokiego ambitusu melodii.

Nadmiernie rozległa skala może utrudnić wykonanie i osłabić spójność. Zazwyczaj przyjmuje się, że optymalny zakres melodii nie powinien przekraczać oktawy z kwintą.

7. Zmieniaj kierunek melodii co 4–5 dźwięków.

Monotonne wznoszenie lub opadanie linii przez zbyt długi czas sprawia, że melodia staje się przewidywalna. Warto więc co kilka dźwięków zmieniać kierunek, unikając jednocześnie ciągłych ruchów po kolejnych stopniach gamy.

8. Unikaj zbyt częstego powtarzania tego samego dźwięku.

Nadmiar repetycji osłabia płynność i ekspresję melodii. Powtórzenia mają sens, gdy są środkiem wyrazu – w przeciwnym razie prowadzą do monotonii.

9. Oszczędnie stosuj zwiększone i zmniejszone interwały.

Ich nadmierne użycie może nadać melodii zbyt ostry, niestabilny charakter. Warto traktować je jako wyjątkowe środki ekspresji.

10. Bardzo oszczędnie wprowadzaj przebiegi chromatyczne.

Chromatyka może wzbogacać ekspresję i kolorystykę melodii, lecz jej nadużycie prowadzi do utraty wyrazistości tonalnej.

11. Nie komplikuj nadmiernie rytmu melodii.

Rytm powinien pozostać czytelny i spójny. Wystarczy ograniczyć się do dwóch–trzech podstawowych wartości rytmicznych, dzięki czemu melodia zyska przejrzystość i łatwość zapamiętania.

Harmonia

Do harmonii można podejść na dwa różne sposoby: tworzenie harmonii bez początkowego kontekstu melodycznego lub harmonizowanie napisanej wcześniej melodii. W pierwszym podejściu harmonia powstaje pierwsza, a dopiero po niej zostaje dopisana linia melodyczna. W drugim przypadku jest odwrotnie. W obu przypadkach kolejnym krokiem w pracy kompozytora jest często reharmonizowanie lub wzbogacanie harmonii. Dzięki temu warstwa muzyczna staje się mniej oczywista i ciekawsza dla słuchacza.

Przy harmonizowaniu melodii warto najpierw dokładnie poznać jej przebieg i uważnie wsłuchiwać się w pojawiające się napięcia. Kierunek tych napięć często wyznacza naturalny rozwój harmonii, umożliwiając przewidywanie, w jakim kierunku będą zmierzały akordy. Poszczególne dźwięki melodii mogą pełnić różne funkcje: **dźwięki akordowe** stanowią podstawowe składniki akordów, takie jak prymy, tercje czy kwinty; **dźwięki przejściowe** łączą dźwięki akordowe, najczęściej pochodem sekundowym, nadając melodii płynność; natomiast **dźwięki napięciowe (tensions)** wprowadzają dodatkowy ładunek emocjonalny, np. jako septymy w czterodźwiękach, nadając harmonii poczucie kierunku i nieoczekiwanych celów. Dzięki takiemu podejściu można harmonizować całe frazy, nie przypisując akordu do każdego dźwięku osobno, co pozwala na tworzenie bardziej wyrafinowanego i spójnego rozwoju harmonicznego.

Plany aranżacyjne

Plany aranżacyjne to różnorodne obszary utworu – o odmiennej fakturze, barwie i rytmice – które razem tworzą spójną całość aranżacyjną. Podstawowe elementy aranżacji, czyli różne rodzaje planów aranżacyjnych, to:

- *groove* (sekcja rytmiczna nadająca puls utworowi),
- główna linia melodyczna,
- kontrapunkt lub melodie towarzyszące,
- tło harmoniczne,
- akcenty rytmiczne.

Ich rozmieszczenie powinno być przemyślane – dynamika i barwa kolejnych fraz powinny rozwijać się stopniowo, prowadząc do kulminacji utworu. W prostej formie piosenki możemy wyróżnić wstęp, zwrotki, refreny, brydże i końcowy refren.

1. **Wstęp** często wykorzystuje fragment głównej melodii lub inną wprowadzającą frazę, aby przygotować słuchacza na pojawienie się motywu przewodniego i przykuć jego uwagę.
2. **Pierwsza zwrotka** powinna być prosta i przejrzysta, eksponując główną linię melodyczną i pozostawiając przestrzeń na dalszy rozwój utworu.
3. **Pre-chorus** może zachować harmonię pierwszej zwrotki, lecz jest już bogatszy fakturalnie – wzmacnia napięcie i odróżnia brzmieniowo poszczególne części.

4. **Refren** przyciąga uwagę, kontrastuje ze zwrotkami, a jednocześnie pozostaje spójny stylistycznie. Najlepiej wprowadza w nim elementy aranżacyjne dotąd nieobecne w utworze, podkreślając jego charakter przebojowy.
5. **Trzecia zwrotka** wraca do nastroju wcześniejszych zwrotek, lecz na wyższym poziomie napięcia.
6. **Bridge** lub dłuższy **Middle 8** pełni funkcję łącznika między znanymi fragmentami utworu i nie musi pojawiać się w każdej kompozycji.
7. **Końcowy refren** powtarza motyw przewodni i często stosuje się w nim wyciszenie, nadając utworowi zamknięcie i finałowy efekt.

W Tab. 2 przedstawiłam w kolumnach kolejne części formalne piosenki, a w wierszach, oznaczone na szaro pojawiające się plany aranżacyjne.

Tab. 2. Przykład planów aranżacyjnych w piosence

	Wstęp	1. zwr.	Pre-chorus	Refren	2. zwr.	Refren	Bridge	Refren
Melodia główna								
Melodie towarzyszące			kontrapunkt		kontrapunkt		Solo instr.	
Tło harmoniczne								
Akcenty rytmiczne								
Groove (sekcja rytmiczna)								

Warto wiedzieć, że ludzkie ucho jednocześnie rejestruje maksymalnie dwa dodatkowe plany aranżacyjne. Nadmiar zmian na raz powoduje, że część z nich zostaje niezauważona, a najważniejsze elementy – melodia i *groove* – tracą klarowność.

Etapy pracy kompozytora

Pierwszym etapem pracy współczesnego kompozytora jest proces samej kompozycji – tworzenie materiału muzycznego, czyli melodii, harmonii, rytmu i formy utworu. Na początku może to być jedynie szkic motywu, zarys melodii lub pomysł na określony klimat i emocję. Następnie kompozytor rozwija te elementy, nadając im logiczną strukturę i dramaturgię. W tym czasie powstają główne tematy, kontrasty między częściami oraz plan formalny utworu. Często już na tym etapie pojawiają się wstępne pomysły dotyczące brzmienia czy instrumentacji, które później zostaną dopracowane w procesie aranżacji.

Pracę nad aranżacją najlepiej rozpocząć od **gruntownego poznania materiału muzycznego**. Zanim przystąpimy do działań twórczych, warto dokładnie osłuchać się z utworem lub przegrać go na instrumencie, np. pianinie. Pierwsze próby pozwalają opanować zapis nutowy, a kolejne – zrozumieć strukturę, napięcia, kulminacje i ogólny charakter dzieła. Dopiero wtedy zaczyna kształtować się w wyobraźni **ogólna wizja aranżacji** – jej styl, tempo, rytmika i dramaturgia.

Następnym etapem jest **dopracowanie koncepcji harmonicznej**. Znając melodię i tonację, można określić podstawowy przebieg akordów, kierunki napięć i rozwiązań. Ta praca jest wykonywana na etapie kompozycji, natomiast na etapie aranżacji wprowadzane są dodatkowe przejścia, a melodia bywa ponownie harmonizowana, tak, aby wprowadzić nowe, zaskakujące treści i rozwiązania - urozmaicić kompozycję. Na tym fundamencie buduje się dalsze warstwy brzmienia, zgodne z zamierzoną stylistyką i charakterem utworu.

Kolejnym krokiem jest **ustalenie elementów technicznych**: tempa, tonacji, rodzaju pulsacji rytmicznej i dynamiki. Warto w tym momencie przygotować nagranie pilota z metronomem, które posłuży jako punkt odniesienia przy dalszej pracy w programie komputerowym (DAW).

Po ustaleniu podstawowych założeń warto sporządzić **szkic formalny** – zapisać strukturę utworu z podziałem na takty, frazy i części (zwrotki, refreny, brydże), z oznaczeniami harmonicznymi. W środowisku DAW szkic ten można odwzorować w projekcie, co ułatwia zachowanie porządku i kontrolę nad formą.

Ostatni etap przygotowań to **szkic aranżacyjny**, obejmujący podstawowe elementy: melodię główną, pulsację rytmiczną (*groove*), plany harmoniczne i zarys linii instrumentów. Na tym etapie powoli kształtuje się napięcie, kulminacja i dramaturgia utworu.

Cykl pracy nad materiałem muzycznym może wyglądać następująco:

1. Przygotowanie sesji DAW — tempo, tonacji, składu instrumentalnego i grup instrumentów.
2. Naniesienie podziału formalnego (zwrotka, refren, *bridge*, *middle 8*, itp) oraz podstawowych oznaczeń harmonicznych.
3. Nagranie **pilota akompaniamentu** (śląd zagrany do metronomu) — w dalszej pracy **pilot może zostać zastąpiony** czystą partią instrumentalną.
4. Nagranie **melodii głównej** (lub pilota melodii głównej).
5. Nagranie **podstawowej pulsacji rytmicznej** — groove'u (perkusja, bas).
6. Ustalenie **napięć i punktu kulminacyjnego** w planach brzmieniowych.
7. Opracowanie **wstępu i zakończenia**.

Co ciekawe, wstęp do utworu przy pracy w programie komputerowym, często powstaje dopiero na końcu pracy aranżacyjnej.

Techniki kreowania iluzji trójwymiarowego brzmienia i emocji

Połączenie klasycznych technik kompozytorskich z nowoczesnymi metodami produkcji dźwięku otwiera nowe możliwości kształtowania przestrzeni w nagraniu. Percepcja przestrzeni trójwymiarowej (3D) obejmuje trzy główne wymiary: **pion** (góra–dół), **poziom** (pravo–lewo) oraz **głębokość** (bliżej–dalej). Kombinacja poziomu i głębokości tworzy wrażenie przestrzeni kołowej, charakterystycznej dla systemów wielokanałowych typu Surround (np. 5.1). Dodanie wymiaru pionowego pozwala natomiast na odbiór dźwięku w pełnej sferze otaczającej słuchacza, co jest istotą systemów dźwięku przestrzennego 3D lub immersyjnego.

Percepcja dźwięku w przestrzeni 3D

Zastanówmy się, skąd dobiega dźwięk – czy jest z lewej czy prawej strony, z góry czy z dołu, z przodu czy z tyłu, z bliska czy z daleka. To, w jaki sposób centralny ośrodek słuchowy w mózgu interpretuje kierunek źródła dźwięku, zależy od właściwości fali dźwiękowej, a w szczególności od długości fali, która jest odwrotnie proporcjonalna do częstotliwości.

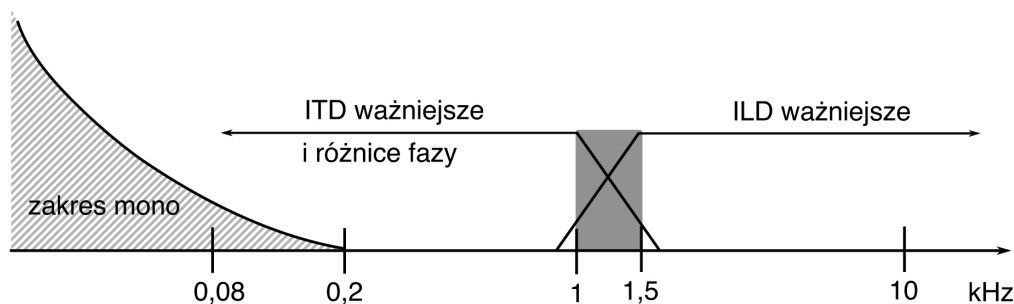
Lokalizacja w poziomie: prawo-lewo

Do lokalizacji w płaszczyźnie poziomej mózg wykorzystuje kilka mechanizmów jednocześnie:

- Międzyuszna różnica czasu (ITD – Interaural Time Difference) – to różnica w momencie dotarcia dźwięku do lewego i prawego ucha.
- Międzyuszna różnica natężenia (ILD / IID – Interaural Level Difference) – różnica głośności dźwięku między uszami.
- Różnica fazy – przesunięcie fazowe fali docierającej do każdego ucha.

Długość fali dźwiękowej (odwrotnie proporcjonalna do częstotliwości fali) źródła tonalnego odgrywa kluczową rolę w tym procesie (Rys. 1). Dla tonów o częstotliwości między 1 a 1,5 kHz mózg korzysta w przybliżeniu z wszystkich trzech tych mechanizmów. Gdy źródło dźwięku znajduje się dokładnie naprzeciwko słuchacza (kąt $\theta \approx 0^\circ$), ITD wynosi 0 μs , ponieważ dźwięk dociera do obu uszu w tym samym czasie. Natomiast jeśli źródło znajduje się dokładnie z boku ($\theta \approx 90^\circ$ lub 270°), przy promieniu głowy $r_g \approx 9\text{ cm}$, ITD osiąga wartość maksymalną ok. 690 μs . Wartości te pomagają określić kierunek dźwięku w płaszczyźnie poziomej.

Dla niskich i średnich częstotliwości (poniżej 1 kHz) długość fali jest porównywalna lub większa od rozmiaru głowy. Fale uginają się wokół głowy i łatwo docierają do drugiego ucha, co sprawia, że różnice natężenia dźwięku jest prawie takie samo w obu uszach — ILD jest pomijalnie małe. W tym przedziale dla lokalizacji istotne są różnice fazy.



Rys. 1. Jak mózg lokalizuje dźwięk w zależności od częstotliwości źródła tonalnego

Dla częstotliwości powyżej 1,5 kHz, czyli dla fal krótszych niż odległość między uszami, różnice fazy stają się niejednoznaczne. W tym zakresie większe znaczenie zyskują różnice głośności. Dla fal krótszych głowa staje się naturalną przeszkodą, tworząc tzw. cień akustyczny, przez który dźwięk dociera do drugiego ucha z mniejszą amplitudą. Międzyuszna różnica natężenia może wynosić nawet 20 dB, co jest dla mózgu silnym sygnałem kierunkowym. Im wyższa częstotliwość, tym lokalizacja staje się bardziej niejednoznaczna i trudniejsza do określenia.

Częstotliwości poniżej 80 Hz, mózg zaczyna odbierać jako sygnał monofoniczny — tu lokalizacja jest również niejednoznaczna.

Lokalizacja w pionie: góra-dół

Lokalizacja źródła dźwięku w pionie, czyli określenie, czy dźwięk dochodzi z góry czy z dołu, jest znacznie trudniejsza niż w płaszczyźnie poziomej. W przeciwieństwie do lokalizacji lewo-prawo, gdzie mózg korzysta z precyzyjnych różnic czasowych i natężeniowych między uszami, w pionie możliwości lokalizacji są ograniczone. Dlatego w praktyce częściej mówimy nie o dokładnej lokalizacji, lecz o wrażeniu wysokości źródła dźwięku.

Wpływ częstotliwości

Jednym z najważniejszych czynników kształtujących wrażenie wysokości jest wysokość dźwięku. Dźwięki wyższe mózg zinterpretuje jako pochodzące z góry, natomiast niskie tony są odbierane wrażeniowo jako znajdujące się niżej. Mechanizm ten jest powiązany z fizjologiczną reakcją ucha i percepcją harmoniczną — wyższe tony mają tendencję do „unoszenia się” w polu percepcji słuchowej, podczas gdy niskie brzmienia są „cięższe” i wydają się być bliżej ziemi.

Wpływ agogiki i ruchliwości rytmicznej

Tempo i dynamika również mogą modyfikować wrażenie wysokości. Szybkie, ruchliwe sekwencje dźwięków, takie jak np. szesnastkowe pasaże w instrumentach smyczkowych lub klawiszowych, zazwyczaj są postrzegane jako wyżej umieszczone w polu słuchowym. Natomiast długie, powolne nuty — takie jak podtrzymane dźwięki w wolnych frazach — są odbierane wrażeniowo niżej. W ten sposób tempo i rytmiczna „lekkość” dźwięku wpływają na naszą subiektywną ocenę jego położenia w pionie.

Wpływ artykulacji

Sposób artykulacji ma podobny wpływ na percepcję wysokości. Krótka, oderwana artykulacja, jak pizzicato czy staccato, jest odbierana wrażeniowo jako wyższa. Natomiast płynne połączenie dźwięków — legato, lub wyraźne postawienie dźwięków — portato, powodują, że wydają się one niżej.

Lokalizacja w odległości: bliżej-dalej

Percepcja odległości źródła dźwięku jest kolejnym aspektem przestrzeni akustycznej, obok lokalizacji w poziomie i w pionie. W przeciwieństwie do kierunku, określenie czy dźwięk pochodzi z bliska czy z daleka, nie opiera się na prostych różnicach czasowych czy natężeniowych między uszami. Zamiast tego mózg interpretuje wiele subtelnych sygnałów akustycznych, tworząc wrażenie głębi i dystansu.

Głośność źródła

Najprostszym i najważniejszym sygnałem odległości jest głośność dźwięku. Dźwięk cichszy jest zazwyczaj odbierany jako pochodzący z dalszej odległości, Dźwięk głośniejszy – jako bliższy. To intuicyjna zależność: dźwięk traci energię wraz z odległością, a mózg automatycznie interpretuje spadek natężenia jako zwiększenie dystansu do źródła.

Środowisko pogłosowe

Kolejnym istotnym czynnikiem jest charakter otoczenia akustycznego, czyli pogłos i odbicia. W przestrzeni o większym pogłosie, gdzie słyszymy więcej odbić od ścian i innych powierzchni, dźwięk jest odbierany jako bardziej oddalony. Mózg ocenia stopień rozproszenia dźwięku i proporcję między dźwiękiem bezpośrednim a odbiciami, tworząc wrażenie głębi. Im więcej odbiorów dalekich, tym większe poczucie odległości źródła.

Monofonizacja i stereofonia

Sposób prezentacji dźwięku w produkcji muzycznej również wpływa na percepcję odległości:

- Dźwięk monofoniczny (mono) – ta sama informacja dociera do obu uszu bez różnic fazy ani poziomu (brak ILD i ITD). Dźwięk jest odbierany jako płaski, bliższy słuchaczowi.
- Dźwięk stereofoniczny (stereo) – pojawiają się różnice między kanałami lewym i prawym, co nadaje wrażenie przestrzeni i głębi, zwiększając subiektywne odczucie dystansu.

Barwa dźwięku

Również barwa wpływa na wrażenie odległości. Pełna, klarowna, bogata tonalnie barwa, o wyraźnych niskich i wysokich częstotliwościach, jest odbierana jako bliższa. Barwa nosowa, pozbawiona ekstremów tonalnych, słabo rezonująca – sprawia wrażenie, że dźwięk znajduje się dalej. Mechanizm ten wynika z faktu, że wyższe harmoniczne i wyraźne niskie tony ulegają szybszemu tłumieniu wraz z odległością; brak tych komponentów sugeruje większą odległość źródła.

Lokalizacja z przodu i z tyłu

Jednym z ciekawszych aspektów percepcji przestrzeni akustycznej jest rozróżnianie dźwięków dochodzących z przodu i z tyłu. Choć człowiek posiada wyjątkowo czuły zmysł słuchu, to jednak lokalizacja w płaszczyźnie przednio–tylnej jest znacznie trudniejsza niż w osi prawo–lewo.

Dla dalszych rozważań, nadal przyjmujemy, że azymut $\theta \approx 0^\circ$ oznacza kierunek z przodu, a $\theta \approx 180^\circ$ – kierunek z tyłu.

Zależność od pola widzenia i kierunku

Mózg najdokładniej lokalizuje dźwięki znajdujące się w polu widzenia, czyli z przodu słuchacza. Dzieje się tak, ponieważ proces lokalizacji dźwięku jest silnie wspomagany przez układ wzrokowy – w sytuacjach, gdy dźwięk i obraz wzajemnie się potwierdzają, orientacja przestrzenna jest niemal bezbłędna.

Co ciekawe, nawet gdy wzrok nie bierze udziału w odbiorze, słuchacz i tak precyzyjniej lokalizuje dźwięki z przodu niż z tyłu. Nasz system słuchowy jest „skalibrowany” przez doświadczenia wzrokowe [2] [3], dzięki temu, że uczymy się przez całe życie kojarzyć określone wzorce dźwiękowe z tym, co widzimy w przestrzeni. Z czasem mózg tworzy coś w rodzaju mapy przestrzeni akustycznej, w której dźwięki z przodu są stale potwierdzane przez bodźce wzrokowe, więc ich lokalizacja staje się bardziej precyzyjna i automatyczna.

Badania psychoakustyczne wykazują, że lepsza lokalizacja z przodu wynika też ze specyficznego kształtu małżowin usznych i budowy głowy, które modyfikują (filtrują) fale dźwiękowe w różny sposób w zależności od kierunku, z jakiego docierają [4]. Te charakterystyczne różnice w widmie częstotliwościowym – zwane funkcjami HRTF (Head-Related Transfer Functions) – dostarczają mózgowi dodatkowych wskazówek kierunkowych, szczególnie efektywnych dla dźwięków docierających z przodu. Dzięki temu układ słuchowy potrafi rozpoznać kierunek źródła nawet wtedy, gdy nie towarzyszy mu żaden bodziec wzrokowy.

Natomiast dla dźwięków dochodzących z tyłu głowy lokalizacja jest bardziej niepewna. Słuchacz potrafi zwykle rozpoznać, że źródło znajduje się za nim, lecz nie potrafi dokładnie wskazać kierunku, dopóki nie odwróci głowy w stronę źródła. Ruch głowy w takich sytuacjach pełni więc funkcję „słuchowego kompensatora” – dzięki zmianie kąta padania fal dźwiękowych mózg może zaktualizować swoje oszacowanie położenia.

Minimalny kąt słyszenia (MAA)

Dokładność lokalizacji źródła dźwięku określa tzw. minimalny kąt słyszenia (Minimum Audible Angle – MAA). Jest to najmniejsza zmiana położenia kąтового źródła, którą człowiek potrafi zauważyć.

Dla źródeł znajdujących się z przodu ($\theta \approx 0^\circ$) MAA wynosi zaledwie $1^\circ - 2^\circ$ [5]. To znaczy, że praktycznie, słuchacz potrafi rozróżnić dwa źródła oddzielone minimalnym kątem o tak małej wartości. Dla źródeł z boku lub z tyłu rozdzielczość przestrzenna pogarsza się – MAA rośnie nawet kilkukrotnie.

Na przykład: dla dźwięku o częstotliwości 500 Hz i kierunku $\theta = 0^\circ$, $MAA \approx 1^\circ$, dla tego samego dźwięku przy $\theta = 75^\circ$, MAA wzrasta do 7° .

Oznacza to, że słuchacz musi odczuć znacznie większą zmianę położenia źródła, by zauważyć różnicę w jego kierunku, gdy dźwięk dochodzi z boku lub z tyłu.

Wpływ częstotliwości na precyzję lokalizacji

Dokładność lokalizacji z przodu i z tyłu zależy także od częstotliwości dźwięku. Dla niższych częstotliwości (poniżej 1 kHz) lokalizacja jest bardziej precyzyjna, ponieważ mózg efektywnie wykorzystuje różnice fazowe. Wraz ze wzrostem częstotliwości precyzja maleje – fale stają się krótsze, różnice faz są niejednoznaczne, a różnice natężenia (ILD) nie dostarczają jednoznacznych informacji o kierunku z przodu i z tyłu.

Kreowanie iluzji trójwymiarowego brzmienia za pomocą tradycyjnych technik kompozytorskich

Choć współczesna technologia nagraniowa oferuje wiele narzędzi do tworzenia efektu przestrzeni, kompozytorzy i aranżerzy od wieków potrafili budować iluzję trójwymiarowego brzmienia wyłącznie przy użyciu tradycyjnych środków muzycznych. Poprzez świadome operowanie barwą, dynamiką, artykulacją, agogiką czy doбором rejestru, można sprawić, że muzyka nabiera głębi – dźwięki wydają się bliższe lub dalsze, wyższe lub niższe, lżejsze lub cięższe.

Barwa i rejestr instrumentu

Każdy instrument posiada charakterystyczną barwę brzmieniową, która zmienia się wraz z rejestrem. W nagraniu lub w akustycznej przestrzeni koncertowej niektóre rejestry instrumentu będą odbierane jako bliższe, inne – jako bardziej odległe.

Na przykład, wysoki rejestr skrzypiec czy fletu, o jasnej i wyrazistej barwie, często wydaje się znajdować bliżej słuchacza. Natomiast dźwięki ciemniejsze, o zredukowanej zawartości wysokich tonów – jak niski puzon, kontrafagot czy wiolonczela grająca w dolnym rejestrze – są odbierane jako odleglejsze. Ta naturalna właściwość barwy pozwala kompozytorowi malować przestrzeń dźwiękową bez użycia żadnych elektronicznych efektów.

Kolorystyka planów aranżacyjnych

W muzyce multiinstrumentalnej niezwykle ważne jest myślenie o planach aranżacyjnych jak o planach przestrzennych. Instrumenty solowe, znajdujące się „z przodu sceny”, powinny być pełne brzmieniowo, bogate w niskie i wysokie częstotliwości, o klarownym ataku i dobrze zdefiniowanym transiencie. Z kolei instrumenty harmoniczne i tła – jak smyczki akompaniujące, organy, syntezatory pad czy chóry – mogą być nieco stonowane barwowo, z mniejszą ilością skrajnych pasm, co optycznie i akustycznie „oddala” je od słuchacza. Takie zróżnicowanie barw tworzy iluzję przestrzeni, w której każdy element muzyczny ma swoje własne miejsce w głębi sceny.

Dynamika – narzędzie budowania głębi

W postrzeganiu głębi i odległości, dynamika odgrywa kluczową rolę:

- głośniejsze dźwięki (forte) wydają się bliższe,
- cichsze (piano) – bardziej odległe.

Zręczne użycie kontrastu dynamicznego potrafi więc potęgować wrażenie głębi sceny dźwiękowej, tworząc złudzenie, że niektóre instrumenty są „na pierwszym planie”, a inne schowane w tle.

Agogika i artykulacja

Nie tylko barwa i dynamika, ale również ruch muzyczny i artykulacja wpływają na przestrzenność brzmienia.

- Krótkie wartości rytmiczne i szybkie przebiegi są odbierane jako bardziej ruchliwe, lekkie i „unoszące się” wyżej w przestrzeni.
- Długie nuty, o stabilnym i powolnym charakterze, tworzą wrażenie osadzenia – „niżej” i dalej.

Podobny efekt wywołuje artykulacja:

- Pizzicato i staccato – dźwięki krótkie, ostro odcięte – wrażeniowo sytuują się wyżej i bliżej.
- Legato i portato – płynne, łagodne łączenie dźwięków – kojarzone jest z większym dystansem i niższym położeniem.

Transient początkowy a precyzja lokalizacji

Ciekawym zjawiskiem, mającym wpływ na przestrzenność dźwięku, jest transient początkowy – czyli czas narastania dźwięku w momencie jego ataku.

Jeśli transient jest krótki (poniżej 100 ms), może on zafałszować wskazówki lokalizacyjne, utrudniając mózgowi określenie kierunku źródła. Gdy czas narastania jest dłuższy, teoretycznie efekt ten zanika, jednak badania pokazują, że słuch ludzki pozostaje na to wrażliwy i precyzja lokalizacji nadal się pogarsza [6]. Dlatego kompozytor, świadomie dobierając instrumenty o różnych czasach ataku, może subtelnie wpływać na odbiór przestrzeni w utworze.

Polifonia, kontrapunkt i kontrast

Tradycyjne techniki kompozytorskie, takie jak polifonia czy kontrapunkt, również przyczyniają się do poczucia głębi. Przestrzeń można budować nie tylko wertykalnie (poprzez barwę i dynamikę), ale także horyzontalnie – poprzez prowadzenie niezależnych linii melodycznych, które „oddalają” od siebie poszczególne warstwy faktury.

Kluczem jest jednak równowaga i spójność – nawet jeśli instrumenty różnią się barwą, głośnością czy artykulacją, całość musi zachować brzmieniowy balans, by przestrzeń nie stała się chaotyczna i niespójna, niebrzmiąca razem.

Kreowanie iluzji trójwymiarowego brzmienia nie wymaga zaawansowanych technologii – wystarczy świadome wykorzystanie tradycyjnych środków kompozytorskich. Odpowiedni dobór barwy, dynamiki, artykulacji i rejestru pozwala zbudować wrażenie głębi, wysokości i odległości, dzięki czemu muzyka staje się bardziej przestrzenna, realistyczna i emocjonalna. To właśnie w umiejętnym kształtowaniu tych subtelnych relacji tkwi sztuka kompozytora i aranżera

Wpływ dźwięku i przestrzeni dźwiękowej na emocje słuchającego

Czy zgadzasz się z twierdzeniem, że muzyka to środek, który pozwala nam się momentalnie poczuć, tak, jak chcielibyśmy się czuć w danej chwili? Muzyka jest jednym z najpotężniejszych środków wyrazu i odbioru emocji, jakie stworzył człowiek. Oddziałuje nie tylko poprzez samą treść artystyczną, ale przede wszystkim przez parametry akustyczne i przestrzenne dźwięku. To, jak brzmi muzyka – jej barwa, dynamika, rytm, tempo, pogłos, a nawet kierunek, z którego dźwięk dociera – ma ogromny wpływ na to, jakie emocje wzbudza w słuchaczu. Dźwięk jest więc nie tylko tworzywem artystycznym, ale również narzędziem emocjonalnego oddziaływania.

Mózg interpretuje dźwięki (głośność, barwę, wysokość, rytm, przestrzeń) w kontekście nastroju, napięcia i ruchu. Nawet pojedynczy ton może wydawać się ciepły, zimny, spokojny, niepokojący, intymny lub groźny.

Zamieszczę w tym miejscu zestawienie technik kompozytorskich z emocjami, które mogą wywołać u słuchacza.

1. Dynamika:

- Ciche brzmienia (piano, pianissimo) – budują intymność, skupienie, delikatność.
- Głośne (forte, fortissimo) – wyrażają siłę, ekstazę, dramatyzm, gniew.
- Nagłe kontrasty (np. sforzato, crescendo) – wywołują napięcie i zaskoczenie.

2. Agogika i tempo:

- Szybkie tempo pobudza, wywołuje radość lub niepokój.
- Wolne tempo – uspokaja, wprowadza refleksyjność, melancholię.
- Rubato (swobodne tempo) nadaje muzyce „ludzki” oddech i emocjonalną płynność.

3. Barwa i dobór instrumentów

- Smyczki – kojarzą się z emocjonalnością, ciepłem i głębią.
- Blacha (trąbki, puzony) – siła, majestat, heroizm.
- Flet, harfa, dzwonki – lekkość, eteryczność, tajemnica.
- Synteзаторы – mogą tworzyć odrealnione, kosmiczne przestrzenie, ale też niepokój.

Barwa dźwięku to jeden z najważniejszych środków ekspresji – nawet przy tej samej melodii inny dobór instrumentów zupełnie zmienia emocję (patrz rozdział *Techniki kompozytorskie, Dobór instrumentów i rejestru*).

4. Artykulacja i kolorystyka brzmieniowa

- Legato (płynne łączenie dźwięków) – daje wrażenie łagodności i spokoju.
- Staccato (krótkie, oderwane) – żywiołowość, napięcie, ironia.
- Akcenty i faktura – decydują o rytmicznej energii i dramatyzmie.

Warstwowość planów aranżacyjnych – pozwala tworzyć wrażenie przestrzeni i odległości (bliskie instrumenty brzmią „emocjonalnie bliżej”).

Oprócz technik kompozytorskich na emocje będzie wpływać również wrażenie przestrzeni i ambientu. Na to wrażenie będzie wpływać przestrzeń akustyczna i pogłos:

- Pogłos (reverberacja) tworzy poczucie przestrzeni i głębi.
 - Umiarkowany pogłos — działa kojąco, nadaje muzyce miękkość.
 - Zbyt duży pogłos — rozmywa brzmienie, męczy i obniża zrozumiałość dźwięków.
- Panorama stereo i przestrzenność – pozycjonowanie instrumentów w panoramie dźwiękowej wpływa na poczucie „otoczenia” przez muzykę, co może wzmacniać emocjonalny efekt.

Do ciekawych zjawisk można zaliczyć rodzaj wrażeń cielesnych, których może doświadczyć słuchacz. Mam na myśli takie zjawiska, jak: ASMR, rezonans narządów, szczególne odbieranie niektórych częstotliwości.

ASMR (ang. autonomous sensory meridian response, w wolnym tłumaczeniu: autonomiczna odpowiedź zmysłowa, określana też jako samoistna odpowiedź meridianów czuciowych) to zjawisko polegające na odczuwaniu przyjemnego, delikatnego mrowienia w okolicach głowy, szyi, a czasem także innych części ciała. Doznanie to może być wywołane przez różnego rodzaju bodźce zewnętrzne – dźwiękowe, wizualne, dotykowe, a nawet zapachowe. Zjawisko ASMR od kilku lat budzi zainteresowanie naukowców. Po raz pierwszy zostało szczegółowo opisane i zbadane przez Emmę L. Barratt oraz Nicka J. Davisa [7]. Ich badania wykazały, że ASMR jest rzeczywistą reakcją mózgu, a nie jedynie subiektywnym wrażeniem. Co więcej, obserwacje sugerują, że odczuwanie ASMR może mieć korzystny wpływ na samopoczucie i zdrowie, m.in. poprzez redukcję stresu, poprawę jakości snu i ogólne uczucie relaksu.

Niektóre częstotliwości (np. 432 Hz lub 528 Hz) są uznawane za szczególnie kojące i harmonizujące — choć naukowo nie jest to jednoznacznie potwierdzone, wiele osób subiektywnie tak je odczuwa. W ujęciu bardziej obiektywnym:

- Niskie częstotliwości (~40–100 Hz) – wpływają na ciało fizycznie, można je „poczuć”. W nadmiarze (np. nadmiar basu) powodują napięcie i dyskomfort.
- Średnie (~400–1000 Hz) – najbardziej naturalne dla ludzkiego głosu; działają neutralnie i komunikatywnie.
- Wysokie (>4000 Hz) – w nadmiarze męczą, ale dodają jasności i blasku.

Ogólnie do zjawisk negatywnych można zaliczyć dźwięki powodujące zmęczenie lub agresję:

- Monotonia rytmiczna i harmoniczna — powoduje znużenie, senność, brak zaangażowania.
- Nadmierna głośność i bas — przeciąża układ słuchowy, wywołuje napięcie i agresję.
- Zbyt duży pogłos — męczy, bo mózg musi stale „odszyfrowywać” rozmażany sygnał.
- Zbyt duża kompresja dynamiczna (w produkcji muzyki pop) — pozbawia muzykę życia i ekspresji (tzw. „loudness fatigue”).
- Dźwięki o nieregularnych, ostro zakończonych przebiegach (np. zgrzyt metalu, pisk) — wywołują instynktowną reakcję stresową (ewolucyjnie związane z ostrzeżeniem o zagrożeniu).

Użycie tradycyjnych technik kompozytorskich do pracy w DAW

Współczesne techniki kompozytorskie coraz częściej wykorzystują instrumenty wirtualne oraz przestrzeń wirtualną dostępną w cyfrowych stacjach roboczych audio (Digital Audio Workstation — DAW). Dzięki zaawansowanym narzędziom produkcyjnym możliwe staje się nie tylko odwzorowanie brzmienia tradycyjnych instrumentów akustycznych, ale również tworzenie całkowicie nowych struktur dźwiękowych oraz przestrzeni akustycznych, niemożliwych do uzyskania w warunkach naturalnych.

Praca w DAW nie oznacza porzucenia tradycyjnych zasad kompozycji. Wręcz przeciwnie – klasyczne techniki kompozytorskie, takie jak budowanie motywu, kontrapunkt czy harmonia funkcjonalna, same w sobie kształtują przestrzeń dźwiękową nagrania. Przyglądając się im uważnie, można dostrzec, że już sama struktura melodii, rytmu i harmonii nadaje nagraniu głębię, kierunek i wyraz, niezależnie od użytych wirtualnych instrumentów czy efektów.

Percepcja poszczególnych wymiarów przestrzeni dźwiękowej zależy od wielu czynników akustycznych i psychoakustycznych. **Częstotliwość** wpływa na odbiór pionu — dźwięki o wyższych częstotliwościach lokalizowane są zwykle wyżej, natomiast dźwięki niskie postrzegane są jako położone niżej. **Głośność** (natężenie dźwięku) oraz **pogłos** (zarówno naturalny, jak i wirtualny) determinują odczucie głębokości sceny — dźwięki głośniejsze i o mniejszym pogłosie wydają się bliższe, natomiast cichsze i bardziej pogłosowe — dalsze. Z kolei **różnice głośności** między kanałami lewym i prawym oraz **przesunięcia fazowe** stanowią podstawę percepcji kierunku w płaszczyźnie poziomej. To dzięki nim słuchacz jest w stanie określić, z której strony dochodzi dźwięk. W połączeniu wszystkie te elementy

tworzą bogatą, trójwymiarową przestrzeń akustyczną, w której kompozytor i realizator dźwięku mogą precyzyjnie kształtować wrażenia słuchowe odbiorcy.

Polifonia i kontrapunkt polegają na nakładaniu wielu linii melodycznych, które wzajemnie się uzupełniają i tworzą złożoną strukturę harmoniczną. W tradycyjnej muzyce te linie funkcjonują na osi czasu i w zakresie częstotliwości, natomiast w środowisku przestrzennym mogą zostać rozmieszczone w trójwymiarowej przestrzeni, co pozwala słuchaczowi odczuwać każdą linię jako osobne źródło dźwięku otaczające go w różnych kierunkach.

Dynamika i agogika to techniki kształtowania emocji poprzez zmianę głośności i tempa. W środowisku wirtualnym ruch i zmiany natężenia dźwięku mogą być połączone z ruchem w przestrzeni, co zwiększa poczucie immersji – np. instrument zbliżający się do słuchacza może równocześnie przybierać na głośności, potęgując efekt dramatyczny.

Kolorystyka brzmieniowa, obejmująca orkiestrację i aranżację, jak już wspomniałam, polega na zestawianiu różnych barw instrumentów lub źródeł dźwięku, tworząc bogactwo tonalne i kontrasty. W formatach przestrzennych barwy mogą być dodatkowo rozmieszczone w trzech wymiarach, co pozwala na kreowanie unikalnych pejzaży dźwiękowych – np. dźwięki perkusji mogą otaczać słuchacza z tyłu, smyczki wypełniać przestrzeń frontalnie, a dźwięki chóru unosić się nad głową.

Techniki mikrofonowe

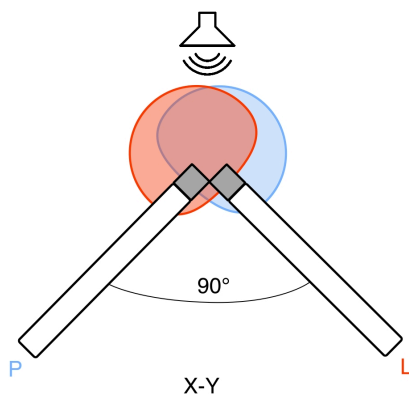
We wstępie obiecałam, że będziesz mógł bawić się dźwiękową przestrzenią 3D w swoim pokoju. W prawdzie miałam na myśli przede wszystkim zabawy wirtualne na komputerze, to jednak chciałabym, żebyś spróbował również pobawić się dźwiękiem w rzeczywistej przestrzeni twojego pokoju. Będą to ruchome sceny, które nagrasz i zaimportujesz następnie do twoich muzycznych projektów w DAW.

W tym rozdziale przedstawione zostaną różne techniki mikrofonowe stosowane podczas nagrań dźwięku. Omówione zostaną podstawowe sposoby rejestracji stereo, pozwalające uzyskać wrażenie przestrzeni i kierunkowości, a także technika binauralna, która odwzorowuje sposób, w jaki ludzkie ucho odbiera dźwięki w otoczeniu. Wspomniane zostaną również mikrofony ambisoniczne, umożliwiające rejestrowanie dźwięku w pełnej przestrzeni 3D. Celem rozdziału jest krótkie przedstawienie zasad działania tych metod oraz ich podstawowych zastosowań. Informacje te będą przydatne w kolejnym rozdziale, w którym szczegółowo opiszę układ trzech mikrofonów mojego autorstwa, stworzony z wykorzystaniem sprzętu, jaki miałam w danym momencie do dyspozycji. Chcę, aby moje rozumowanie i podejście zachęciły Cię do własnych eksperymentów – zarówno z mikrofonami, jak i z instrumentami, które masz pod ręką.

Nagrania stereo często wykonuje się, ustawiając dwa takie same mikrofony pod kątem, w układzie przypominającym literę V, są to techniki takie jak X-Y, ORTF Stereo, NOS Stereo i DIN Stereo. Gdy mikrofony są skierowane na zewnątrz, uzyskuje się większą separację kanałów, jednak kosztem wyrazistości dźwięku w centralnej części panoramy, co prowadzi do mniej spójnego obrazu przestrzennego. Bardziej zaawansowaną techniką jest Mid-Side, która wykorzystuje dwa różne mikrofony. Techniki A-B oraz Decca Tree Stereo to techniki wykorzystywane raczej w salach koncertowych oraz przy nagraniach muzyki klasycznej. W warunkach studyjnych natomiast często stosuje się technikę Blumlein Stereo. Ciekawym rozwiązaniem jest zastosowanie techniki OSS, która jest bliska sztucznej głowie i A-B — wykorzystuje dwa mikrofony dookólne. Na koniec zostaną wspomniane mikrofony specjalistyczne do nagrań binauralnych i ambisonicznych (3D).

Technika X-Y Stereo

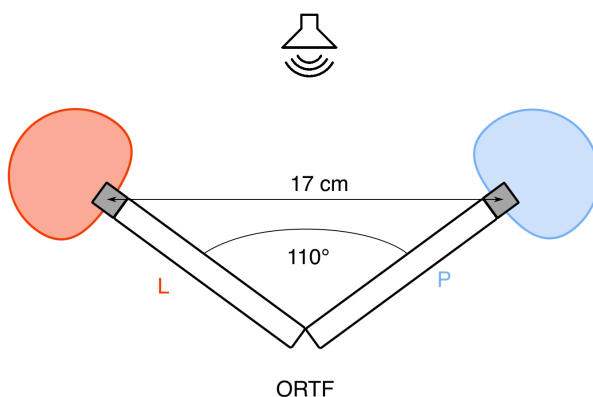
Technika ta polega na ustawieniu dwóch identycznych mikrofonów kierunkowych bardzo blisko siebie, pod kątem 90–120°, dzięki czemu różnice w natężeniu dźwięku z różnych kierunków pozwalają podczas odtwarzania uzyskać odpowiednie rozmieszczenie źródeł w panoramie stereo (Rys. 2).



Rys. 2. Schemat ustawienia mikrofonów w technice X-Y Stereo

Technika ORTF Stereo

ORTF Stereo to technika mikrofonowa wykorzystująca dwa mikrofony nerkowe ustawione pod kątem 110° i oddalone o 17 cm, odpowiadające średniemu rozstawowi uszu człowieka (Rys. 3). Pozwala uzyskać szerszy obraz stereo niż X-Y, dzięki różnicom czasowym między kanałami, przy zachowaniu dobrej kompatybilności z mono, i stanowi kompromis między odsłuchem głośnikowym a słuchawkowym w porównaniu z innymi technikami.



Rys. 3. Schemat ustawienia mikrofonów w technice ORTF Stereo

Technika NOS Stereo

NOS Stereo to technika mikrofonowa wykorzystująca dwa mikrofony nerkowe ustawione pod kątem 90° i oddalone o 30 cm, zapewniająca dobry kompromis między odsłuchem głośnikowym a słuchawkowym oraz kompatybilność z mono. Często stosuje się ją do rejestracji i nagłaśniania talerzy perkusyjnych, dając spójny, szeroki i bliski dźwięk zestawu.

Technika DIN Stereo

DIN Stereo to technika mikrofonowa podobna do NOS, z mikrofonami nerkowymi ustawionymi pod kątem prostym i odległymi o 20 cm, co poprawia kompatybilność z mono i odsłuch słuchawkowy, kosztem nieco mniejszej przestrzenności nagrania.

Technika Mid-Side Stereo

Technika Mid-Side (M-S) wykorzystuje dwa różne mikrofony (Rys. 4):

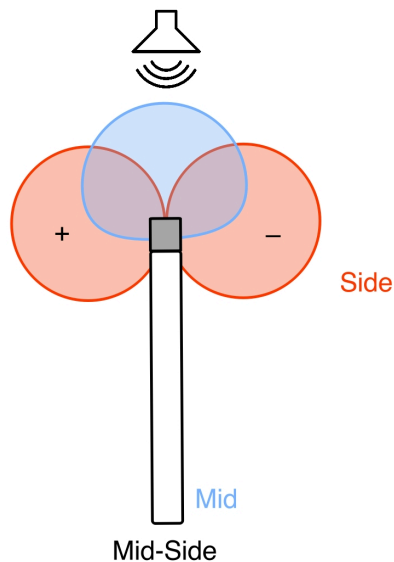
- Mid (M) – mikrofon kierunkowy (zbiera dźwięk z przodu, czyli to, co jest „w centrum” sceny),

- Side (S) – mikrofon o charakterystyce ósemkowej (zbiera dźwięki z boków, czyli informacje o przestrzeni).

Ich membrany są ustawione tak, by płaszczyzny były wyrównane, co eliminuje różnice fazowe między sygnałami. Następnie zmatrycowanie sygnałów polega na matematycznym przekształceniu nagranych sygnałów M i S w klasyczne kanały stereo:

- Lewy kanał (L) = $M + S$
- Prawy kanał (R) = $M - S$

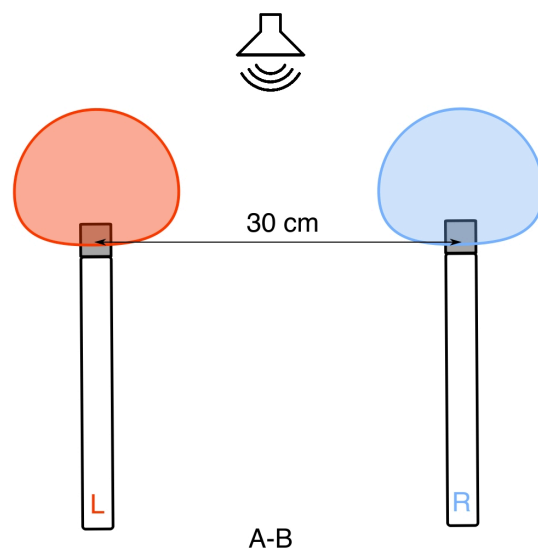
Czyli końcowe nagranie jest wynikiem przekształceń matematycznych zebranego dwoma mikrofonami sygnału. Dzięki nim uzyskuje się pełny obraz stereo, w którym można regulować szerokość sceny poprzez zmianę proporcji między sygnałami Mid i Side — im więcej sygnału „S”, tym szersze stereo, a im mniej, tym bardziej skupiony, centralny dźwięk.



Rys. 4. Schemat ustawienia mikrofonów w technice Mid-Side Stereo

Technika A-B

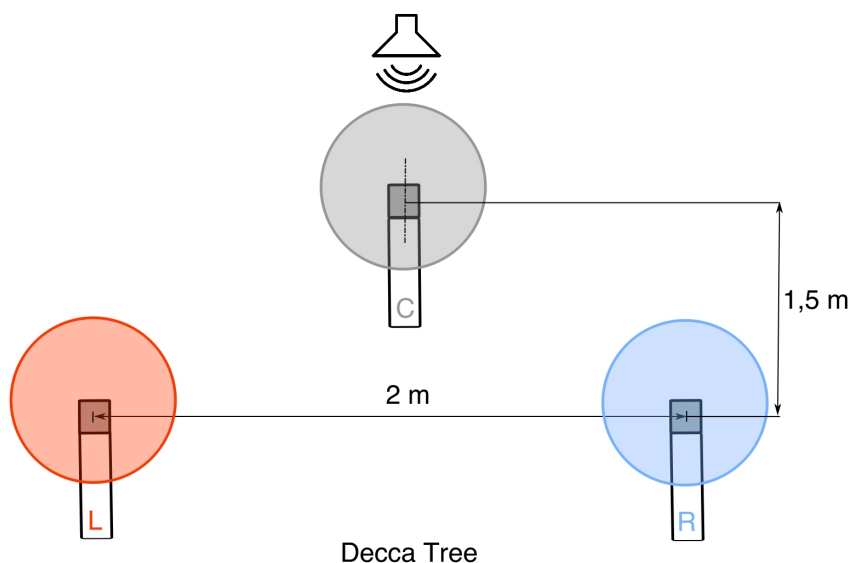
Technika A-B polega na użyciu dwóch identycznych mikrofonów kierunkowych lub dookólnych, ustawionych równolegle w odległości około 30 cm (Rys. 5), co pozwala rejestrować zarówno różnice natężenia, jak i czasu docierania dźwięku. Daje to bardzo przestrzenne brzmienie, jednak przy niewłaściwym rozstawie mikrofonów mogą wystąpić problemy z fazą lub luka w środku panoramy. Dlatego w nagraniach muzyki poważnej często stosuje się modyfikacje i układy mieszane, łączące dużą przestrzenność z lepszą zgodnością mono.



Rys. 5. Schemat ustawienia mikrofonów w technice A-B Stereo

Decca Tree Stereo

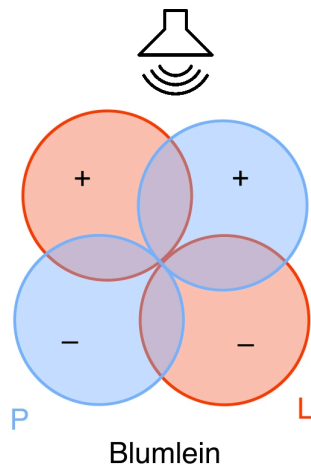
Decca Tree Stereo to technika wykorzystująca trzy mikrofony, najczęściej o charakterystyce dookólnej, ustawione w trójkąt, gdzie dwa mikrofony tworzą podstawę, a trzeci – wysunięty w stronę źródła dźwięku – uzupełnia środek panoramy (Rys. 6). Pozwala uzyskać szeroki, spójny obraz stereo, jest wysoko kompatybilna z mono i często stosowana jako baza do nagrań kodowanych do surround z kanałem centralnym.



Rys. 6. Schemat ustawienia mikrofonów w technice Decca Tree Stereo

Blumlein Stereo

Technika Blumlein Stereo to wariant X-Y, w którym dwa identyczne mikrofony ósemkowe ustawione są pod kątem prostym (Rys. 7). Zapewnia wysoką kompatybilność z mono, bogatą przestrzeń dźwiękową i bliższy, bardziej realistyczny obraz stereo niż standardowe X-Y, przy zachowaniu wrażenia przestrzeni ambientowej.



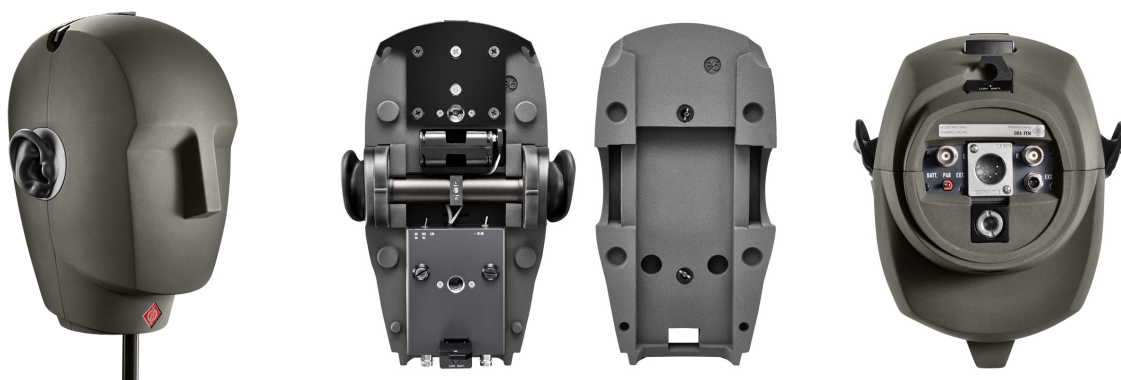
Rys. 7. Schemat ustawienia mikrofonów w technice Blumlein Stereo

OSS (*Optimum Stereo Signal*)

OSS (*Optimum Stereo Signal*) to technika bliska sztucznej głowie i A-B, wykorzystująca dwa mikrofony dookólne rozstawione o 16 cm i oddzielone absorbującym dyskiem Jecklina o średnicy 30 cm. Pozwala uzyskać przestrzenny obraz stereo, kompatybilny z mono, odsłuchem głośnikowym i słuchawkowym. Dysk Jecklina poprawia separację kanałów bez zmiany brzmienia i bywa stosowany także z technikami ORTF, NOS czy DIN.

Sztuczna głowa (*Dummy Head*)

Technika Sztucznej Głowy polega na nagrywaniu dźwięku za pomocą dwóch mikrofonów dookólnych umieszczonych w głowie odzwierciedlającej kształt i akustykę ludzkich uszu (Rys. 8). Dzięki temu odsłuch w słuchawkach daje bardzo realistyczne wrażenie przestrzeni i separację kanałów, choć przy głośnikach obraz stereo traci wyrazistość. Metodę tę stosuje się głównie do rejestracji przestrzeni ambientowych uzupełniających nagrania z bliskich ujęć.



Rys. 8. Neumann KU100 binaural dummy head microphone.
Źródło: strona producenta

Ambisonic (specjalny mikrofon)

Do nagrania ambisonicznego potrzebny jest mikrofon z czterema kapsułami ustawionymi w układzie tetraedycznym, na przykład RØDE NT-SF1 (Rys. 9), oraz czterokanałowy rejestrator. Sygnał wychodzący z tych kapsuł ma nazwę A-Format. Sam w sobie A-Format nie jest szczególnie użyteczny, ale można go matematycznie przekształcić

w zestaw czterech sygnałów zwany B-Format. Sygnał w B-Format można łatwo przetwarzać, aby symulować dowolny typ mikrofonu i charakterystykę kierunkową – dookólną, kardioidalną, subkardioidalną czy kierunkową. Tak powstałe „wirtualne” mikrofony można ustawić w dowolnym kierunku – w prawo, w lewo, do tyłu, a nawet w górę i w dół. Dzięki temu jeden mikrofon czterokapsułowy może działać jak wiele różnych mikrofonów, z możliwością dowolnego sterowania kierunkiem rejestracji.



Rys. 9. RØDE NT-SF.
Źródło: strona producenta

Co do zasady wszystkie techniki mikrofonowe polegają na zastosowaniu odpowiedniego typu mikrofonów oraz właściwym ich ustawieniu względem siebie i źródła dźwięku. Nagrywany lub nagrany już sygnał przekształca się przy pomocy odpowiednich urządzeń lub wtyczek w DAW, tak aby wydobyć wszystkie niuanse i koloryt źródła oraz ambient przestrzeni.

Realizatorzy nagrań przestrzennych zwracają uwagę na pewne ograniczenia mikrofonów ambisonicznych. Kapsuły w takich mikrofonach są umieszczone bardzo blisko siebie, co utrudnia wierne odwzorowanie szerokiej, naturalnej sceny dźwiękowej. Z tego powodu mikrofony ambisoniczne często stosuje się jako uzupełnienie tradycyjnych technik rejestracji, takich jak Decca Tree czy różne odmiany ORTF.

W kolejnym rozdziale zainspirujesz się tymi informacjami, aby stworzyć własny układ mikrofonów i uchwycić trójwymiarową scenę dźwiękową w twoim pokoju.

Przestrzeń 3D w twoim pokoju

Do zarejestrowania przestrzeni dźwiękowej w moim pokoju ustawiłam 3 mikrofony — jednej mikrofon stereo oraz dwa mikrofony dynamiczne o charakterystyce nerkowej. Układ trzech mikrofonów, który opracowałam, można określić mianem pseudobinauralnego. Oznacza to, że imituje sposób, w jaki ludzkie uszy odbierają przestrzeń, ale bez użycia prawdziwej głowy (*dummy head*). W moim przypadku zastosowałam dostępne w domowym studiu tradycyjne mikrofony, ustawione w sposób zbliżony do rozmieszczenia uszu człowieka.

Celem układu pseudobinauralnego było umożliwienie przy tworzeniu utworu rejestracji partii instrumentów, efektów i wokali w przestrzeni „na około głowy”, czyli dźwięków poruszających się wokół systemu nagrywającego. Stanowi to alternatywne podejście w stosunku do tradycyjnego rysowania obwiedni w stacji roboczej (DAW), pozwalając uchwycić naturalne wrażenie ruchu źródeł dźwięku.

Układ pseudobinauralny posłużył również do przeprowadzenia serii testów, które miały na celu zrozumienie, jak mikrofony odwzorowują dynamiczną scenę dźwiękową. Wyniki tych testów oraz przyzwyczajanie percepcji do odbioru ruchu dźwięku w przestrzeni realnej stanowią cenną pomoc w tworzeniu bardziej realistycznych miksów w przestrzeni wirtualnej.

Mikrofony przedni i tylne ustawiłam w następujący sposób (Rys. 11):

- Rozstaw: około 18–22 cm, co odpowiada średniej odległości między uszami człowieka.
- Odchylenie osi kapsuł: około 100–120°, aby odwzorować kąt, pod jakim dźwięk dociera do uszu.
- Różnice akustyczne: uwzględniono zarówno różnicę czasu dotarcia dźwięku do lewego i prawego mikrofonu (ITD – Interaural Time Difference), jak i różnicę poziomu dźwięku (ILD – Interaural Level Difference).

Te parametry pozwalają na rejestrację dźwięku w sposób przypominający naturalne słyszenie: dźwięki z przodu, boków i tyłu mają odpowiednią separację czasową i poziomową, co daje wrażenie przestrzeni 360° po odtworzeniu w słuchawkach. ITD i ILD są kluczowe dla lokalizacji źródeł dźwięku w poziomie, a częściowo także w pionie. Interaural Time Difference (ITD) to różnica czasu dotarcia dźwięku do lewego i prawego ucha. Jeśli dźwięk jest z lewej strony, do lewego ucha dociera trochę wcześniej niż do prawego. Interaural Level Difference (ILT) to różnica poziomu (natężenia) dźwięku między lewym i prawym uchem. Dźwięk bliżej jednego ucha jest głośniejszy po tej stronie, a słabszy po przeciwnej. Obie te informacje mózg wykorzystuje, aby lokalizować źródła dźwięku w przestrzeni poziomej (i częściowo pionowej). Wiedzę tą wykorzystałam do ustawienia mikrofonów do nagrania pseudobinauralnego.

W moim układzie (Rys. 11) znajduje się przednia i tylna para mikrofonów:

- Przednia para mikrofonów (Zoom H4n Pro w układzie XY) odpowiada przedniej części głowy. Kapsuły ustawiono pod kątem 120° , aby dobrze uchwycić zmiany kierunkowości dźwięku z przodu i boków.
- Tylne para mikrofonów (dynamiczne Shure SM58 i Sennheiser e835s) ustawiona została w układzie DIN, skierowana przeciwnie do źródła dźwięku. Mikrofony tylne znajdowały się w odległości około 10 cm od przedniego mikrofonu, a ich wzajemny rozstaw wynosił około 20 cm.

Dzięki takiemu ustawieniu tylne para mikrofonów rejestruje dźwięki dochodzące zza układu i odbicia z boków, tworząc pełniejsze wrażenie przestrzeni. Zarówno przednia, jak i tylne para mikrofonów imituje odbiór dźwięku przez uszy: przód X-Y — przód głowy, tył DIN Stereo — tył uszu. Dźwięki z tyłu różnią się w poziomie i czasie między kanałami L/R oraz w stosunku do przedniej pary — po odtworzeniu w słuchawkach mózg interpretuje je jakby dźwięk dochodził zza głowy.

Tylną parę mikrofonów ustawiamy w przybliżeniu w rozstawie uszu człowieka ($D \sim 18 - 22$ cm). Dzięki temu dźwięk z tyłu trafia nieco wcześniej do jednego mikrofonu niż do drugiego — powstaje różnica czasu dotarcia, ITD. Mikrofon bliżej źródła rejestruje dźwięk głośniejszy — powstaje różnica poziomu, ILD.

Dodatkowo w DAW dostosowałam poziom względem frontu. Zrobiłam to na ucho, tak, żeby wrażenie poruszania się dźwięku wokół głowy było najlepsze. Dla zwiększenia efektu, można również zastosować opóźnienie w miksie ścieżek tylnej pary o $0,3 - 0,6$ ms.

Wartości te wynikają z obliczeń. Na Rys. 10 przedstawiono metodę obliczania różnicy czasu dojścia fali akustycznej do obu uszu dla dźwięku padającego pod kątem θ w płaszczyźnie horyzontalnej. Fala dociera do lewego ucha wcześniej niż do prawego. Skoro różnica przebytej drogi to suma odcinka $r_g \sin \theta$ i długości łuku $r_g \theta$, to różnica czasu (ITD):

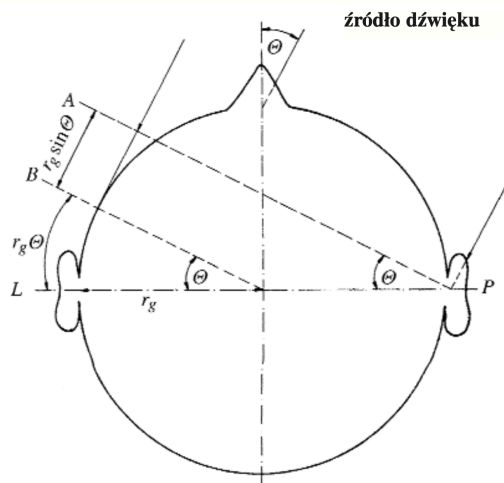
$$\Delta t = \frac{r_g (\sin \theta + \theta)}{c}$$

gdzie:

- r_g — promień głowy,
- $c = 344$ m/s (prędkość dźwięku w powietrzu),
- θ = kąt od osi centralnej (np. 60° dla bocznych źródeł).

stąd, dla $D = 0,2$ m ($r_g = 0,1$ m) i $\theta = 60^\circ$, $\Delta t = 0,56$ ms.

Czyli ok. 0,6 ms różnicy między uszami — to jest fizjologiczny binauralny efekt, który możesz zasymulować, przesuwając fazę lub delay w miksie tylnej pary.



Rys. 10. Ilustracja przedstawiająca metodę obliczania różnicy czasu dojścia fali akustycznej do obu uszu dla dźwięku padającego pod kątem θ w płaszczyźnie horyzontalnej.

Źródło: Ozimek E. *Percepcja binauralna (dwuuszna)*. W: *Dźwięk i jego percepcja*. PWN, Warszawa – Poznań, 2002: 288-316.

Układ mikrofonów został przedstawiony na Rys. 12. Mikrofony tylne są podłączone pod wejścia rejestratora Zoom, co zapewnia synchronizację całego układu. Dla źródła dźwięku z przodu, fala dociera do obu mikrofonów Zooma jednocześnie, dlatego nie występuje zjawisko znoszenia fazy między kanałami prawym i lewym.

W warunkach domowych nie zawsze masz do dyspozycji parę identycznych mikrofonów, co miało miejsce również w tym eksperymencie. W związku z tym zastosowano dwa różne mikrofony o charakterystyce nerkowej: Shure SM58 oraz Sennheiser e835s. Są to mikrofony dynamiczne, cechujące się wysoką odpornością i nieco ograniczoną reprodukcją szczegółów, jednak wystarczające do rejestracji dźwięku tylnej sceny. Podsumowanie ustawień przedstawiłam w Tab. 3.

Tab. 3. Podsumowanie ustawienia układu 3 mikrofonów

	Zoom XY - przód	Sennheiser e835s	Sure SM58
Odchylenie osi centralnej	60°	135°	225°
Kąt między osiami parowanych mikrofonów	120°	90°	90°
Rozstaw parowanych mikrofonów	0°	20 cm	20 cm
Odległość za Zoomem	ND	10 cm	10 cm

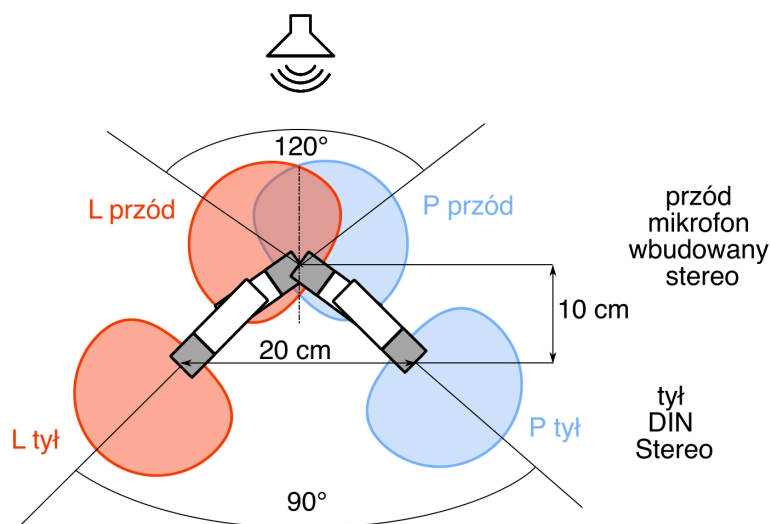
Są to ustawienia początkowe, które przetestowałam i które przyniosły najbardziej interesujące rezultaty. W przyszłych nagraniach planuję eksperymentować, zmieniając odległość tylnej pary mikrofonów od przedniej w granicach 10 – 20 cm, aby ocenić wpływ tej zmiany na głębię przestrzeni. Podczas pierwszych testów zauważyłam, że zbyt duża odległość powoduje powstanie przerwy akustycznej po bokach sceny, co nie odwzorowuje rzeczywistego słyszenia w zakresie 360°.

Użycie dwóch różnych mikrofonów dynamicznych wymagało przeprowadzenia kalibracji wzmocnienia sygnału na wejściu. Kalibrację przeprowadziłam z użyciem dźwięku kalibrującego umieszczonego na osi akustycznej mikrofonu w odległości 5 cm. Pierwszy pomiar wykazał przy tym samym wzmocnieniu, różnicę 9,3 dB - sygnał Sennheisera miał wyższy poziom. Wzmocnienia ustawione dla mikrofonów tylnych przedstawiłam w Tab. 4. Przed sesją nagraniową

należy każdorazowo powtórzyć (sprawdzić) kalibrację oraz zanotować wyniki poziomu sygnału w celu wykonania ewentualnych subtelnych zmian z poziomu DAW.

Tab. 4. Ustawienia wzmocnienia dla mikrofonów tylnych

	Wzmocnienie w Zoomie	Poziom sygnału, dB (3 pomiary)		
Sennheiser e835s	90	-27,1	-26,5	-26,5
Sure SM58	100	-27,3	-27,0	-26,9



Rys. 11. Schemat autorskiego układu czterech mikrofonów

Dzięki ustawieniu trzech (a de facto czterech) mikrofonów krzyżowo (pod przeciwnymi kątami), udało się objąć szeroki obszar i zarejestrować dźwięki ze środka sceny z dużą klarownością i definicją. W porównaniu do nagrania w układzie stereo, tylna para w miksie daje naturalną odległość między przednimi a tylnymi źródłami, a tym samym zwiększa głębię sceny. Układ 3 mikrofonów zbiera dźwięki zza układu oraz odbicia z boków, tworząc pełniejsze wrażenie przestrzeni.



Rys. 12. Autorski układ mikrofonów

Wykonałam kilka testów przy użyciu instrumentów widocznych na Rys. 13.



Rys. 13. Instrumenty wykorzystywane do testów

Zauważ, że prezentowany układ 3 mikrofonów nie jest szczególnie przystosowany do zbierania informacji dźwiękowej na kierunku góra-dół. Natomiast uszy ludzkie nie są i tak za dobrze przystosowane do lokalizowania dźwięków na kierunku pionowym.

Podsumowanie

W niniejszym skrypcie zbadałam zagadnienia związane z percepcją dźwięku w przestrzeni oraz tradycyjnymi technikami kompozytorskimi, które mogą wpływać na wrażenie trójwymiarowego brzmienia. Analiza literatury przedmiotu i podstawowych mechanizmów percepcji akustycznej pozwala stwierdzić, że istnieje możliwość twórczego wykorzystania klasycznych środków kompozytorskich w środowisku dźwięku przestrzennego, tak aby wywoływać u słuchacza nowe doświadczenia sensoryczne i psychoakustyczne.

Omówiłam różne aspekty percepcji przestrzennej, w tym lokalizację źródeł dźwięku w osi prawo–lewo, góra–dół, przód–tył oraz bliżej–dalej. Zwróciłam uwagę na czynniki fizjologiczne i psychoakustyczne, takie jak różnice czasowe i natężeniowe między uszami (ITD, IID), długość fali, barwa, artykulacja i dynamika. Z analizy tych zagadnień wynika, że właściwe wykorzystanie instrumentów i ich rejestrów, planowanie planów aranżacyjnych oraz świadoma praca z kontrastami dynamicznymi i artykulacyjnymi może tworzyć iluzję głębi, wysokości i odległości dźwięku nawet w warunkach domowych czy studyjnych. Nie tylko w sali koncertowej lub kościele.

Szczególną rolę odgrywa dobór barwy i rejestru instrumentów. Instrumenty solowe o pełnej, bogatej barwie tonalnej i wyraźnym ataku mogą być postrzegane wrażeniowo jako bliższe, podczas gdy instrumenty harmoniczne, stanowiące tło, o mniej wyrazistych skrajach tonalnych, mogą być „oddalone”. Wskazałam także, że polifonia i kontrapunkt pozwalają na separację warstw brzmieniowych, co dodatkowo wzmacnia wrażenie przestrzeni, przy zachowaniu spójności całości.

Kolejnymi czynnikami wpływającymi na percepcję przestrzeni są dynamika, agogika i artykulacja. Kontrasty dynamiczne (*forte/piano*) kształtują poczucie odległości, krótkie, szybkie przebiegi i artykulacje punktowe (*staccato*, *pizzicato*) nadają dźwiękom wrażenie lekkości i wyższej pozycji, natomiast długie nuty i płynne artykulacje (*legato*, *portato*) kojarzone są z głębszym osadzeniem w dole. Równie istotny jest transient początkowy oraz czas narastania dźwięku – zbyt krótki atak instrumentu może w pewnych sytuacjach zaburzać wskazówki lokalizacyjne i nawet przy wydłużeniu transjentu efekt ten może pozostać wyczuwalny.

Na tej podstawie można stwierdzić, że tradycyjne środki kompozytorskie oferują szerokie możliwości kształtowania wrażenia przestrzeni dźwiękowej. Świadome operowanie barwą, rejestrem, dynamiką, artykulacją i planami aranżacyjnymi pozwala tworzyć utwory, w których dźwięk wydaje się rozciągać w przestrzeni 3D, angażując słuchacza nie tylko w wymiarze emocjonalnym, lecz także sensorycznym.

W dalszych częściach cyklu zostaną przedstawione konkretne przykłady zastosowania omawianych technik w praktyce kompozytorskiej oraz w środowisku DAW, co pozwoli ocenić, w jakim stopniu klasyczne środki kompozytorskie faktycznie sprawdzają się w kreowaniu immersyjnej przestrzeni dźwiękowej. Już na tym etapie jednak analiza wskazuje, że tradycyjne techniki kompozytorskie stanowią solidną podstawę do pracy w produkcji muzyki

immersyjnej, a ich świadome zastosowanie może otwierać nowe możliwości twórcze zarówno dla kompozytorów, jak i dla odbiorców muzyki.

Bibliografia

- [1] Olszewski, Wojciech Kazimierz. 2010. Sztuka aranżacji w muzyce jazzowej i rozrywkowej. ISBN: 978-83-224-0919-0, PWM, Kraków.
- [2] Carlile , Simon. 1996. Virtual Auditory Space: Generation and Applications. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- [3] Zahorik, Pavel & Brungart, Douglas & Bronkhorst, Adelbert. (2005). Auditory distance perception in humans: A summary of past and present research. Acta Acustica united with Acustica. 91. 409-420.
- [4] Wightman FL, Kistler DJ. Headphone simulation of free-field listening. I: Stimulus synthesis. J Acoust Soc Am. 1989 Feb;85(2):858-67. doi: 10.1121/1.397557. PMID: 2926000.
- [5] Czajka, Joanna, and Marek Niewiarowicz. 2005. "Localization of sound sources. Theoretical foundations and results of experimental investigations". Postępy w chirurgii głowy i szyi/Advances in Head and Neck Surgery 4 (1): 25-42.
- [6] Florkowski J. Znaczenie przebiegów transjentowych dla lokalizacji źródeł dźwięku (praca doktorska). UAM, Poznań, 1980.
- [7] Barratt EL, Davis NJ. Autonomous Sensory Meridian Response (ASMR): a flow-like mental state. PeerJ. 2015 Mar 26;3:e851. doi: 10.7717/peerj.851. PMID: 25834771; PMCID: PMC4380153.