

Výchozí teorie barvy zvuku a jejich současná akustická interpretace

Václav Syrový

Každá hudební kultura je založena na záměrné organizaci základních veličin subjektivního vnímání zvuku, které v časové determinaci představují vjem výšky, hlasitosti a barvy zvuku, resp. tónu. Zatímco výška a hlasitost jako jednorozměrné psychoakustické veličiny jsou v první řadě spojeny s fyzikálním podnětem frekvence a intenzity zvuku, je barva zvuku jako vícerozměrná veličina ve své definici úzce svázána s fyzikální strukturou zvuku a představou její analýzy.

Přestože barva zvuku byla a stále je jedním z hlavních rysů diferenciací jak obecně výrazových prostředků hudby, tak celého hudebního instrumentáře, přesto se autonomní pojem „barva zvuku“, nejprve pod označením „témbr“ (timbre), objevil až koncem 18. století, a to ve francouzské literatuře. Jako slovníkové heslo byl tento pojem poprvé autonomně vysvětlen ve Slovníku moderní hudby vydaném v Paříži v roce 1821 (M. Castil-Blaze, Dictionnaire de musique moderne). V německých hudebních lexikonech z roku 1835 a 1838 byl již výraz „barva“ zvuku nebo tónu (Klang-, Tonfarbe) použit jako „označení nahodilé vlastnosti hlasu nebo kvality zvuku, která je světlá, tmná, drsná, tvrdá, plná,“ atd. Barva zvuku reprezentovala už ve svých prvních definicích subjektivní představu kvality zvuku a pro její verbální popis se použila adjektiva převzatá z jiných oblastí smyslového vnímání, především pak ze zraku a hmatu.

Úzká spojitost vjemu barvy s frekvenční strukturou zvuku ve smyslu existence dílčích – alikvótních tónů byla už známa dlouho předtím, především stavitelům varhan. Avšak první akustická definice barvy zvuku je spojována až s Ohmem, který v roce 1843 formuloval základní psychoakustický zákon, podle kterého lidské ucho vnímá pravidelné kmitání (tzn. kmitání sinusového průběhu) částic vzduchu jako jednoduchý tón a každé jiné periodické kmitání těchto částic rozkládá v řadu pravidelných (sinusových) kmitů a vnímá k nim odpovídající řadu jednoduchých tónů. U periodických zvuků pracuje tak ucho jako frekvenční – harmonický analyzátor a vyhodnocuje frekvenci a amplitudu jednotlivých dílčích kmitů jako celkový vjem – vjem barvy zvuku. V tomto vjemu však není zastoupena fáze dílčích kmitů, protože lidské ucho fázi zvukového signálu jako takovou neregistruje.

Ohmův (někdy též Ohm-Helmholtzův) zákon v podstatě platí pouze pro periodické zvuky – tóny a celý mechanismus jejich vnímání velmi zjednodušuje. Přesto však jeho obecnou platnost lze demonstrovat na schopnostech sluchu, který lze cíleně zaměřit na poměrně spolehlivou identifikaci jednotlivých vyšších

harmonických složek, řádově do 10. složky, a ucho tak „vycvičit“ do funkce frekvenčního analyzátoru. Zjištění přítomnosti konkrétní harmonické složky je v první řadě spojeno s určením intervalu, který tato složka svírá se základní složkou, jejíž frekvence určuje vjem výšky tónu.

Z Ohmových poznatků vyšel Helmholtz, podepřel je Fourierovým matematickým aparátem a na základě propracování rezonančních jevů a fyziologicko-anatomických poznatků své doby vybudoval první teorii slyšení. Helmholtz dále rozdělil veškeré zvuky do tří základních kategorií a každou z nich specificky pojmenoval: „Der Ton“ příslušející pouze sinusovému signálu, „der Klang“ určený pro všechny komplexní periodické signály a „das Geräusch“, který zahrnoval všechny neperiodické signály. Dále vymezil u hudebních zvuků tři fáze jejich časové existence: nakmitávací pochody, výdrž tónu a pochody dokmitávací, přičemž zvukovou barvu, resp. její „hudební“ interpretaci ztotožnil s výdrží (zakmitaným stavem) tónu s ohledem na stabilitu jeho frekvenčního spektra. Význam nakmitávacích a dokmitávacích pochodů přiřadil Helmholtz k postavení souhlásek v řeči, k jejich odlišné délce a převážně šumovému (či hlukovému) charakteru, výdrž tónu pak k vlastnostem samohlásek – vokálů, které též vykazují jisté šumové příměsy, podobně jak je tomu u tónů varhanních píšťal, smyčcových a dechových nástrojů atd. Na základě detailního zkoumání nejrůznějších tónů definoval Helmholtz základní vztahy mezi typem spektra tónu a odpovídajícím vjemem jeho barvy, a to i pro případ tónů s neharmonickými poměry ve spektru, jako mají zvony či kmitající membrány a desky, a prokázal, že ucho je schopno analyzovat i tyto kvaziperiodické signály.

V roce 1863 vyslovil Helmholtz svoji známou relativní a absolutní teorii barvy zvuku. Barva zvuku resp. tónu je určena počtem a intenzitou jednotlivých harmonických složek. U tónů hudebních nástrojů jsou poměry intenzit jednotlivých složek spektra na absolutní výšce těchto složek nezávislé – relativní teorie. U vokálů je barva určena existencí jedné nebo dvou charakteristických harmonických složek, které jsou ve zvuku zdůrazněny. Poloha těchto složek je pevně spojena s jejich absolutní výškou – absolutní teorie. V praxi to znamená, že se stoupající výškou tónu hudebního nástroje se tvar spektra tohoto tónu nemění, zatímco u vokálů se zase nemění frekvenční poloha zdůrazněných složek (resp. celých oblastí, později označených jako formanty), které se stoupající výškou vokálu postupně přecházejí na harmonické složky nižších pořadových čísel.

V definici základních subjektivních vlastností zvuku, resp. tónu: výšce, hlasitosti a barvě se Helmholtz opíral o prokazatelné závislosti mezi měřitelnou fyzikální příčinností a jejím důsledkem – sluchovým vjemem. Helmholtz byl přesvědčen, že tyto závislosti vyplývají především z toho, že fyzikální, fyziologické i ryze psychické procesy jsou rozložitelné na vzájemně relevantní elementy, a proto zůstal poměrně dost dlužen ryze subjektivní stránce vnímání, a to nejenom barvy zvuku.

Bezprostředně po prvním vydání Helmholtzovy práce *Die Lehre von den Tonempfindungen* začal stále stoupající zájem o subjektivní problematiku zvuku formovat novou, relativně samostatnou odnož akustiky: psychologickou akustiku, zkráceně psychoakustiku, spojující fyzikální a fyziologickou akustiku s hudební psychologií i estetikou. Prvním představitelem psychoakustiky se stal Stumpf, který svojí tónovou psychologií otevřel v první řadě zcela odlišnou hierarchii základních psychoakustických pojmů: výšky, hlasitosti a barvy. Zatímco Helmholtz považoval tyto pojmy za navzájem rovnocenné a jednoznačně přiřaditelné svým fyzikálním podnětům: frekvenci, intenzitě a spektru, Stumpf jasně preferoval výšku tónu ve smyslu absolutní kvality tónu, hlasitost interpretoval jako významově nižší vlastnost převážně kvantitativního charakteru a problematice barvy se zpočátku vůbec vyhýbal.

Stumpf odlišil od sebe ještě důrazněji pojmy „der Ton“ a „der Klang“, zejména pak v jejich barvě, a k termínu „die Tonfarbe“ a „die Klangfarbe“ přidal ještě (spíše zavádějící) termín „die Geräuschfarbe“ – hluková barva. V protikladu k Helmholtzovi přiznal čistě sinusovému tónu atribut světlosti a podřídil ho jeho výšce, i když této světlosti přisoudil určitou relativní samostatnost. Podle Stumpha je hluboký sinusový tón tmavý a vysoký tón zase světlý. V případě barvy složeného (komplexního) tónu upřesnil Stumpf její helmholtzovské pojetí a vytvořil jasně diferencované pojmové páry:

- tmavý – světlý
- tupý – ostrý resp. hladký – drsný
- plný – dutý resp. široký – úzký

Stumpf z těchto párů vyloučil všechny přívlastky, které byly pro označení barvy nespecifické a vztahovaly se pouze ke změnám či vlastnostem výšky nebo hlasitosti. Současně pak odhalil (na rozdíl od Helmholtze) vzájemné závislosti výšky, hlasitosti a barvy tak, jak jsou dodnes stále akceptovány. Podle počtu harmonických tónů klasifikoval Stumpf plnost a hustotu, ostrost a světlost, podle intenzity 1., 2. a 3. harmonické přiřazoval pojmy jako kulatý a plný, podle intenzity 1. a 3. harmonické pojmy dutý a prázdný, podle formantů podobnost s vokály.

Oproti Helmholtzovi prosazoval Stumpf názor, že vztah mezi fyzikálním podnětem a subjektivním důsledkem v procesu vnímání zvuku není jednoznačný a neměnný a nelze jej vysvětlit pouhým rozkladem na jednoduché prvky či děje. Tím předurčil další vývoj psychoakustiky na řadu desetiletí a rozdělil tak striktně hudební akustiku na větev fyzikálně akustickou a hudebně psychologickou, která se v krajních případech dokonce zcela odloučila od akustiky jako takové. Opětovné sblížení těchto dvou odlišných pohledů na jeden společný jev – zvuk, zejména na jeho barvu, nastalo v podstatě až ve druhé polovině 20. století. Silná

akustická i estetická vazba klasických hudebních nástrojů na lidský vokální projev a současně poměrně spolehlivá Helmholtzova absolutní teorie barvy vokálů provokovala řadu akustiků, Stumpfem počínaje, k hledání obdobných „vokálních“ mechanismů také ve zvuku hudebních nástrojů.

Nejvýznamnější práci představují v tomto směru Schumannovy zákony barvy zvuku z roku 1929, které na základě dlouholetých analýz tónu hudebních nástrojů Schumann formuloval ve snaze popřít Helmholtzovu relativní teorii a důsledně se tak přiklonit k „vokálnímu“ pojetí barvy zvuku.

1. Zákon formantových oblastí

Barva zvuku, resp. tónu hudebního nástroje je dána, nezávisle na výšce základní harmonické, pevnou (frekvenční) polohou formantových oblastí, které se vyznačují silnějšími vyššími harmonickými tóny. Při stoupající výšce tónu a jeho stejné dynamice setrvává intenzitní maximum dané formantové oblasti na příslušném harmonickém tónu tak dlouho, dokud tento harmonický tón nedosáhne horní hranice oblasti. Potom se maximum přesouvá na nižší harmonický tón, který se nalézá v této formantové oblasti nebo který do ní právě vstupuje.

2. Zákon formantových intervalů

Pro barvu zvuku, resp. tónu hudebního nástroje je vedle frekvenční polohy formantových oblastí rozhodující též interval mezi těmito oblastmi, resp. mezi nejsilnějšími harmonickými tóny těchto oblastí. Velikost tohoto intervalu je charakteristická pro různé hudební nástroje.

3. Zákon akustického posuvu

Při stoupající dynamice tónu se přesouvá intenzitní maximum v dané formantové oblasti postupně na harmonické složky vyšších pořadových čísel. Složky v horní části oblasti jsou obecně silnější než složky ve spodní části.

4. Zákon akustického skoku

U tónu se dvěma formantovými oblastmi přeskakuje při velkém zesílení tónu intenzitní maximum nalézající se při slabé dynamice v nižší formantové oblasti na harmonický tón nalézající se ve vyšší oblasti.

Schumannovy zákony barvy zvuku představují v jednom směru cílenou interpretaci barvy tónu dechových nástrojů (a samozřejmě také vokálů), u kterých lze bez problémů nalézt formantové oblasti. Schumann i jeho následovníci demonstrovali platnost těchto zákonů v podstatě jenom na dechových nástrojích. Pouze Mertens se zmiňuje v souvislosti s vlivem menzurace dechových nástrojů na utváření jejich formantových oblastí také o obdobném vlivu menzurace strun u nástrojů strunných. Omezenost platnosti Schumannových zákonů pouze na dechové

nástroje a jejich přísně rigorózní výklad byly z počátku příčinou velké kritiky těchto zákonů a jejich nepochopení až odmítání.

Ve druhém směru představují tyto zákony ve spojení se současnými prostředky a možnostmi zvukové analýzy a syntézy mnohem širší pohled na vlastnosti tónů hudebních nástrojů včetně interpretace nejrůznějších kvalitativních aspektů, než jaký jim byl v omezené aplikaci na dechové nástroje dosud přisuzován. Schumannovy zákony v žádném případě nesnižují význam obou Helmholtzových teorií, naopak je vhodně propojují a spolu s nimi tvoří teoretické východisko praktického výkladu barvy tónu či zvuku hudebních nástrojů.

Aktuální psychoakustický akcent tohoto výkladu, který mimo jiné hledá jednoznačné, obecně platné vztahy mezi verbálním popisem charakteru tónu a uspořádáním jeho frekvenčního spektra, evokuje nejenom revizi, resp. modernizaci výkladu uvedených teorií barvy zvuku, ale spolu též nové otázky k teorii slyšení jako takové. V tomto směru výzkum barvy zvuku zasahuje svými poznatky jak oblasti tradičního zájmu, jako jsou hudební akustika, stavba hudebních nástrojů, hudební instrumentace, psychologie, estetika aj., tak i teorii vnímání zvukové informace a s ní spojenou problematiku verbální i neverbální zvukové komunikace.

LITERATURA:

Syrový, Václav: *Hudební akustika*. (2003, v tisku)