

Akustika v učitelském studiu hudební výchovy

Pavel Klapil

Původní pedagogickou aprobací autora této stati je matematika - fyzika. Na počátku svého působení na hudebně výchovné katedře přibližoval studentům průniky fyzikálního a hudebního světa. Napsal 50stránkové skriptum Akustické základy hudby, které vyšlo ve 3 vydáních (1970, 1975, 1992). Byl na stáži u prof. Otta Goldhammera, autora přístroje zv. skalafon, na Vysoké škole pedagogické v německém Halle. Na skalafonu, jehož jeden exemplář značky Lindholm dosud katedra vlastní, pak řadu let studentům i dalším zájemcům demonstroval některé hudebně - akustické jevy, zejména ladění. Využíval akustických momentů v předmětech, jež časem přebíral, v intonaci a harmonii, což přispívalo k lepší orientaci studentů v oboru.

Mezitím však došlo k elektronizaci demonstračních pomůcek. Proto zde již není prezentován skalafon, ale DVD nazvané Teorie ladění, hudba pohledem fyziky a fyziologie, přinášející přehledné výklady doplněné zvukovými ukázkami. Univerzita Karlova v Praze je v r. 2004 vydala ve své ediční řadě CHARLES MULTIMEDIA CREATIONS. Vzniklo na 1. lékařské fakultě UK v rámci výzkumného záměru MSM 111100008, rozvojový kód MŠMT 237352, FRVŠ 2742/2003, jehož hlavními řešiteli i autory DVD jsou doc. RNDr. Jan Obdržálek, CSc., a MUDr. Jiří Kofránek, CSc.

→ zvukové ukázky z DVD: mikrintervaly 1 až 128 centů, alikvotní tóny, srovnání jednotlivých ladění...

Hlavním hudebně akustickým tématem jsou alikvotní tóny (těž tóny svrchní, vyšší harmonické, parciální, částkové ; zde dále jen: *aliquoty*). Úvodem ale připomeneme dva okruhy, které s nimi přímo nesouvisejí, mají však rovněž význam pro budoucí praxi našich studentů.

Jsou to především interferenční rázy (zázněje). V hudební praxi se užívají k přesnému doladování nebo naopak k záměrné tvorbě tremola (např. při opakovaném /dvojitém/ playbacku sólového unisona nebo v akordeonovém rejstříku označovaném ••). Nacházejí uplatnění i při sluchové analýze vícezvuků obsahujících disonující půltón: při vzdalování původně totožných frekvencí dvou tónových zdrojů rázy houstnou, až při dosažení půltónu působí jako vrčení (*rrr...*), které lze v analyzovaném souzvuku snadněji vyposlouchat (*vrčí to nahore, uprostřed, dole*).

Dalším okruhem je významný Weber - Fechnerův psychofyzikální zákon („*mění-li se fyzikální podněty působící na naše smysly řadou geometrickou, vnímáme jejich změnu v řadě aritmetické*“) a jeho praktické důsledky: velké změny podnětů vnímáme jako jen malé změny počítků. Málo efektivní je proto snaha o zvýšení celkové hlasitosti hudebního ansámblu (sboru, orchestru apod.) cestou zvyšování počtu účinkujících, efektivnější je zlepšovat podmínky pro odraz žádoucích a pohlcování rušivých frekvencí, a to změnou povrchů stěn učeben a sálů, přemístěním pódia či účinkujících apod., popř. rovnou využívat kvalitních zesilovacích zařízení.

Weber - Fechnerův zákon lze konkretizovat: kde se objektivní příčiny násobí, tam se výsledné vjemy jen sčítají. Skládání (sčítání) intervalů se tedy zpětně matematicky provádí násobením jejich tzv. relativních výšek (určujících kmítočtových poměrů plynoucích ze spektra alikvotních tónů; dále jen spektra; viz dále), odčítání intervalů pak jejich dělením.

→ v notách: očíslované spektrum tónu C (tóny č. 1 - 10, 12, 15, 16, tón č. 4 zvýrazněn)

Relativní výšky (relativní = poměrné = vztažné, matematicky vyjadřované poměrem, podílem, úměrou, zlomkem) jsou kmitočtové poměry jednotlivých intervalů: čistá oktáva 2:1, čistá kvinta 3:2, čistá kvarta 4:3, velká tercie 5:4, malá tercie 6:5, velká sekunda 9:8, malá sekunda 16:15. Jsou ve všech absolutních výškách (frekvencích, udávaných v hertzech, Hz, tj. v počtech kmitů za sekundu) u téhož intervalu stejné, zatímco rozdíl frekvencí se u téhož intervalu liší podle toho, ve které absolutní výšce se nachází.

Součet velké tercie a malé tercie je čistá kvinta, což vyjádříme **vynásobením** relativních výšek: $5/4$ (velká tercie) krát $6/5$ (malá tercie) se rovná $30/20$, tedy po vykrácení $3/2$ (čistá kvinta). – Další příklad: oktáva **bez** kvinty je kvarta: $2/1$ (čistá oktáva) **děleno** $3/2$ (čistá kvinta) se rovná $4/3$ (čistá kvarta).

Již se znalostmi matematiky ze ZŠ mohou studenti také pochopit, **proč základní tón spektra nese již pořadové číslo 1, tedy nikoliv 0, první alikvot pak číslo 2, druhý č. 3 atd.:** nulou nelze dělit a žádný tón, tedy ani základní tón spektra, nemůže z podstaty věci mít nulovou frekvenci,.

Tento poznatek účinně upevňují výpočty frekvencí tónů (pomocí trojčlenky /úměry/), vycházející z konstantní výchozí frekvence 440 Hz pro tón a^1 (tzv. komorní a) a z relativních výšek „nácestného (-ých)“ intervalu (-ů), např. pro tón $fi s^2$:

- $a^1 \rightarrow 440$ Hz,
- tón a^2 je o oktávu (1:2) vyšší, má tedy dvojnásobný kmitočet $\rightarrow 880$ Hz,
- tón $fi s^2$ je pak o malou tercii níže (6:5) než a^2 , tedy:

$$880 : x = 6 : 5 \text{ (kdyby šlo o tercii nahoru, byl by poměr opačný, tedy } 5 : 6, \text{ viz dále)}$$

$$6x = 5 \cdot 880 \text{ (neboť součin členů vnějších se rovná součinu členů vnitřních)}$$

$$\underline{x = 733 \text{ Hz}}$$

V rovnoměrně temperovaném ladění má tento tón frekvenci 740 Hz, což je v této frekvenční poloze rozdíl zanedbatelný, uvážíme-li, že temperované f^2 má 698,5 Hz.

Vypočítejme nyní kmitočet horní malé tercie od tónu a^2 , tj. tónu c^3 :

$$880 : x = 5 : 6$$

$$5x = 6 \cdot 880$$

$$\underline{x = 1.056 \text{ Hz}}$$

A ještě obdobným postupem kmitočet tónu h^2 , tedy horní velké sekundy od a^2 :

$$880 : x = 8 : 9$$

$$8x = 9 \cdot 880$$

$$\underline{x = 990 \text{ Hz}}$$

Oba právě provedené výpočty ukazují, že tón o kmitočtu 1.000 Hz, tzv. referenční tón, leží mezi h^2 a c^3 . Je obecně dostupný jako časové znamení stanic Českého rozhlasu. **Tón c^3 je tedy jen zanedbatelně (asi o polovinu půltónu) vyšší, než tón časového znamení ČRo.** Pro hudebníky s dobrým relativním sluchem, tj. pro většinu z nich, je to nepochybně významné praktické zjištění.

Tóny č. 2 až 8, popř. až 10, spektra lze demonstrovat na flažoletech jedné, nejlépe nejnižší struny smyčcového chordofonu. Poměrně přesvědčivě je také možno je vyvolat pomocí jiného zdroje zvuku, umístěného v těsné blízkosti úst (bzučícího vibračního holícího strojku), když přitom nehlasně a spojitě nastavujeme pootevřenou ústní dutinu na řadu vokálů $u \rightarrow o \rightarrow a \rightarrow e \rightarrow i$; zde je již nasnadě poučení o formantech vokálů a o tzv. alikvotním zpěvu, který se dnes těší rostoucí pozornosti i v Evropě. Všeobecně používané je vyvolání rezonujících alikvotů na klavírních strunách při odkrytých dusítkách.

Nejdostupnější prezentací spektra přináší zvuk (tón) zvonu. Jeho bezkonkurenční témbrovou atraktivitu způsobuje zaznívání totálního alikvotního „vějíře“ - spektra alikvotních tónů základního tónu (dále jen *spektra*). Exkurze do zvonařství a zejména poslech doznívajícího zvonu v jeho bezprostřední blízkosti může být pro studenty cennou zkušeností.

Zaměříme nyní pozornost na alikvot č. 4 (v našem spektru vyznačený), druhou oktávu základního tónu. Je to didakticky pozoruhodně „výživný“ rozcestník mezi melodickými a tonálně - harmonickými představami studentů.

Vývojově prvotním směrem jednohlasého vokálního melodického pohybu je směr descendenční. **Klesáme-li** při zpívaném glissandu od našeho alikvotu č. 4, zcela spontánně pocítujeme jako nejbližší spodní přirozený cíl alikvot č. 3. Překonali jsme přitom vzdálenost klesající čisté kvarty ($c - g$), což je základní směr a prostor melodického pohybu starověké hudby, tetrachord. Porovnáním dvou sousedních tetrachordů, ať již spojených autenticky či plagálně, s oktávou, která byla v hudební fylogenezi vždy přítomna jakožto atribut smíšeného (mužsko - ženského) unisona, dostaneme interval celého tónu, který se pak do tetrachordu vejde $2\frac{1}{2}$ krát. Tím jsou dány velikosti celého tónu a půltónu, jakož i zásada jejich střídání - diatonika. Za pomoci alikvotního spektra tedy můžeme studentům racionálně zpřístupňovat principy prvotního melodického pohybu antické i folklorní hudby.

V opačném směru, **nad** alikvotem č. 4, se rozprostírá durový kvintakord. Akordy tedy primárně vznikají zdola nahoru a akord $4 : 5 : 6$ je základním **přirozeným (= přírodním)** souzvukem. Je to terciová struktura s nejnižšími sousedními alikvotními čísly (a tercie jsou, ovšemže s výjimkou primy, nejmenší konsonance). Durový akord a potažmo celý durový tónorod je tedy fyzikálního, přirozeného původu a jako takový je nezávislý na oficiální teorii hudebního ladění té které

světové kultury. Je obrovskou předností evropské hudby, že přijímala za základ svých výškových relací právě jej.

Nově se objevující výstižný termín *durová dominance* lze v této souvislosti do jisté míry vztáhnout na veškeré reálné akustično („zvučno“), zjevně např. na již zmíněné zvonění, z něhož lze charakteristický alikvot č. 5, durovou tercii, zřetelně vyposlouchat.

Durový kvintakord je bezesporu také nejčastějším podprahově vnímaným souzvukem, neboť je fakticky přítomen ve spektru každého témbrově specifického tónu. Je též významným faktorem, který usnadňuje západní hudbě všech žánrů pronikání do exotických zemí. Opačný směr, z východu na západ, již není - pro přílišnou spekulativitu tamních výškových struktur - tak snadný. Připadá-li nám původní orientální hudba na první poslech jakoby rozladěná, není to příznakem našeho hudebního konzervatismu ani xenofobie, nýbrž reakcí na jiné než přirozené soustavy. Lze naopak očekávat, že *tam* bude *evropský* (*americký?*) durový kvintakord do jisté míry všeobecně akceptovaným fenoménem mimohudebním, ozývá-li se např. v rychlých akordických rozkladech klaksonů automobilů, signálech mobilních telefonů, zvucích dětských hraček apod. Je to audiální analogie vizuálního podprahového využívání kratičce exponovaných grafických log při nekalých reklamních či předvolebních praktikách (v některých spořádaných zemích nezákonného).

Následující alikvot, onen z hudby často vypuzovaný, prý falešný, příliš nízko ležící tón č. 7, bývá přesto i hudebně rovnocennou součástí alikvotního spektra. Přirozený tvrdě malý (zv. dominantní) septakord $4 : 5 : 6 : 7$ (*c - e - g - hes*) je ze septakordů bezpochyby nejlibozvučnější (tj. nejméně volající po rozvodu). Stojí-li pak opravdu na dominantní (kvintové) funkci, má jeho septima předepsaný rozvod dolů a může tedy být jakožto potenciální citlivý tón (viz dále) i sniženě intonována ($7 : 6 < 6 : 5$), což odpovídá jejímu postavení ve spektru.

Na tónice bývá tento septakord také nositelem modálního zbarvení. Myslíme zde hlavně na rozfuk fujary, v němž je přirozená malá septima objektivním mixolydizujícím faktorem.

→ ukázka hry na fujaru (*slovakian bass overtone flute*) s rozfukem

Autonomita tvrdě malých septakordů se projevuje v tom, že jsou „přenosné“ na všechny hlavní funkce, jakkoliv tam jsou z přísného hlediska klasické harmonie nedošálčné. Je to mj. příznačné pro jazzovou durovou kadenci zvanou bluesová dvanáctka ($C^7 - F^7 - C^7 - G^7 - C^{(7)}$). Doplníme-li nadto takový septakord o velkou sextu - tzv. *šestku* - dostaneme sled *c - e - g - a - hes* ($C^{6,7}$),

jehož půvab může spočívat v tom, že ve svém rozkladu imituje spektrum: každý jeho další interval je menší než předcházející ($v_3 - m_3 - v_2 - m_2$).

Hudební psychologie mluví o tom, že souzvuky inverzního intervalového složení mají stejnou míru disonance. V případě tvrdě malého septakordu by takovým byl septakord zmenšeně malý ($m_3 - m_3 - v_3$, např. *fis - a - c - e*), připomeňme si jej např. v incipitu cyklu *Dumky* Antonína Dvořáka, op. 90, ukázka živě na klavír). Obecná hudební praxe však tomuto akordu ani zdaleka nepřiznává stejnou míru autonomie, jakou má septakord tvrdě malý ($v_3 - m_3 - m_3$), a to nepochybně proto, že nemá srovnatelnou oporu v přirozeném spektru. Na příkladu této dvojice septakordů můžeme studentům poukazovat na vývojově sekundární, spekulativní povahu descendenčních symetrických konstrukcí, a to včetně mollových akordů (mollový kvintakord bývá definován alikvotním poměrem 10 : 12 : 15, tedy mnohem vyššími a proto méně zajímavými pořadovými tóny spektra) a v důsledcích i celého mollového tónorodu, tedy konstrukcí, které souhrnně označujeme jako dualismus.

Nauka o harmonii dělí, i když poněkud vágně, alterované akordy na pravé a nepravé, a to podle toho, zda obsahují interval zmenšené tercie (zvětšené sexty). Mezi nepravé bývají zařazovány i ty, které jsou enharmonicky shodné s tvrdě malým septakordem (popř. jeho obratem). Takové si sluchová paměť vzápětí spontánně ztotožňuje s relací 4 : 5 : 6 : 7. tedy jakoby s náhle se objevivším a další rozvod neočekávajícím mimotonálním D^7 .

Asi nejčastěji to bývá alterovaný septakord (v C dur) *dis - f - a - c*, v obratu a po enharmonické záměně *f - a - c - es*, tedy F^7 (Jaroslav Ježek, *Život je jen náhoda*, incipit), dále to jsou septakordy H^7 , D^7 , As^7 , Des^7 .

Označení těchto akordů za nepravé tedy lze chápat - ve srovnání s pravými - jako sice vůči hlavní tónině přísněji vzato cizí, pro posluchače však jakoby již dobře známé, tedy jako sluchové *déjà vu: déjà entendu*.

- - - - -

Podle názvu epochálního Bachova díla znají všichni termín temperované ladění (přesněji **rovnoměrně** temperované (originální německý titul je *Das wohltemperierte Klavier* ; internetový slovník toto slovo nezná, překládá však vazbu *die wohltemperierte Wohnung* jako *dobře temperovaný byt*, tedy byt vytápěný **rovnoměrně**; ve francouzštině *le clavier bien tempéré*) s jeho dvanácti **stejně velikými** půltóny v oktávě.

Temperované ladění je od Bachovy doby obecně přijímanou normou, vždyť hudebně sluchový výcvik standardně probíhá u takto naladěných klavírů. Je však nemyslitelné, abychom studentům tajili, že vedle něj existují dva další silné

systemy, mezi nimiž je ladění temperované „jen“ jakýmsi průměrem, kompromisem, a to nejen v historickém, ale i ve velmi konkrétním, fyzikálním, kmitočtů se dotýkajícím slova smyslu. Je to **na jedné straně** ladění pythagorejské, odvozené z kmitočtových relací mezi prvními třemi alikvoty, tedy z oktávy a kvinty, **na straně druhé** pak skupina ladění často souhrnně označovaných jako ladění přirozená, neboť vycházejí z vyššího počtu alikvotů. Nejčastěji to bývá prvních deset (s vynecháním sedmého) ; v tomto smyslu budeme v souladu s obecnou praxí tohoto označení užívat v jednotném čísle (*ladění přirozené*), i když právě při deseti zohledňovaných alikvotech je terminologicky přesnější označení ladění didymické.

Detailnější matematicko - fyzikální výklad překlenujících vývojových mezistupňů (nerovnoměrných temperatur), o nichž tu zasvěceně a poutavě hovořil můj předřečník PhDr. Petr Koukal, Ph.D., není pro naše studenty již tak nezbytný jako jejich již naznačená protichůdnost, polarita ladění přirozeného a pythagorejského, a to, jak ukazují následující tabulky, jednak polarita vzájemná, jednak polarita každého z nich vůči ladění rovnoměrně temperovanému.

Následující tabulky výšek jednotlivých stupňů durové a mollové stupnice v pythagorejském a přirozeném ladění a jejich odchylek od temperovaného ladění, udávaných **v centech** (= **setinách temperovaného půltónu**) jsou zajisté výmluvnější než jejich matematicko-fyzikální prezentace ve zlomcích:

DUR

stupeň	<u>temperované</u>	<u>pythagorejské</u>	přibylo centů	odchylka od temper.
I.	0	0	0	0
II.	200	204	204 celý tón	+ 4
III.	400	408	204 celý tón	+ 8
IV.	500	498	90 půltón pythagorejský	- 2
V.	700	702	204 atd.	+ 2
VI.	900	906	204	+ 6
VII.	1.100	1.110	204	+ 10
VIII.	1.200	1.200	90	0

Pythagorejské ladění vychází z oktáv a kvint. Musí se - bohužel - vyrovnávat s objektivní skutečností, že dvanáctá kvinta, která by měla být stejně vysoko jako sedmá oktáva, je poněkud vyšší, a to o necelé 24 centy, tedy asi o $\frac{1}{4}$ temperovaného půltónu, protože $(3:2)^{12} > 2^7$. Tento rozdíl nazýváme pythagorejské koma. Na jednu kvintu pak připadá jeho dvanáctina, tj. 2 centy (tzv. chyba temperované kvinty). O ně je pythagorejská kvinta vyšší a pythagorejská kvarta (= kvinta dolů) nižší. Ostatní stupně se odvozují kvintovým kruhem (*c - g - d - a - e - h*), v němž má proto každá další kvinta o 2 centy vyšší odchylku, a to i po přenesení do výchozí oktávy. Oba půltóny

si pak rozdělují zbytek oktávy rovným dílem, takže pythagorejský půltón je o 10 centů menší než temperovaný.

Mollová stupnice je v pythagorejském ladění sestavena analogicky, tedy z celých tónů o 4 centy větších a půltónů o 10 centů menších než v ladění temperovaném:

MOLL (aiolská)

stupeň	<u>temperované</u>	<u>pythagorejské</u>	přibylo centů	odchylka od temper.
I.	0	0	0	0
II.	200	204	204 celý tón	+ 4
III.	300	294	90 půltón pythagorejský	- 6
IV.	500	498	204 celý tón	- 2
V.	700	702	204 atd.	+ 2
VI.	800	792	90	- 8
VII.	1.000	996	204	- 4
VIII.	1.200	1.200	204	0

.....
(pokračování již o ladění přirozeném)

DUR

stupeň	<u>temperované</u>	<u>přirozené</u>	přibylo centů	odchylka od temper.
I.	0	0	0	0
II.	200	204	204 velký celý tón	+ 4
III.	400	386	182 malý celý tón	- 14
IV.	500	498	112 půltón	- 2
V.	700	702	204 velký celý tón	+ 2
VI.	900	884	182 malý celý tón	- 16
VII.	1.100	1.088	204 velký celý tón	- 12
VIII.	1.200	1.200	112 půltón	0

Přirozené ladění vychází z prvních 10 tónů spektra (s výjimkou tónu sedmého). Kvarta, kvinta a druhá kvinta, tón *d* (v C dur), jsou převzaty z ladění pythagorejského. Ve spektru platí, jak jsme již poznali, že následující interval je vždy menší než předchozí. Proto je interval *d - e* menší než interval *c - d*. Dostáváme tak dvě různé velikosti pro velkou sekundu, celý tón velký (8 : 9) a celý tón malý (9 : 10), a durovou tercii proto nižší než temperovanou. Oč je však tento tón *e* nižší, o to větší musí být půltón *e - f*. Jeho velikost je 15 : 16, a je tedy stejná jako alikvoty těchto pořadových čísel, tóny *h - c*.

Tónický durový kvintakord $c - e - g$, $8 : 10 : 12$, který takto vznikl, je totožný s již poznaným kvintakordem $4 : 5 : 6$, neboť poměr (podíl) je, matematicky vzato, zlomek, který lze rozšiřovat (zde dvěma), aniž se změní jeho hodnota, tedy $4 : 5 : 6 = 8 : 10 : 12 = c - e - g$. Toto zjištění je významné i pro stanovení tónů a a h jakožto durových tercií kvintakordů subdominantního a dominantního, které se také skládají z jednoho malého a jednoho velkého celého tónu.

Všechny tři hlavní kvintakordy mají shodné kvinty složené ze dvou velkých celých tónů, jednoho malého celého tónu a jednoho půltónu. To platí i pro kvinty vedlejších stupňů, bohužel již nikoliv pro kvintu $d - a$ (jeden velký a dva malé celé tóny a jeden půltón), která proto, stejně jako celý akord II. stupně, zní falešně (*vlčí interval*).

Je dobré poukázat, že označení *přirozené ladění* může mít zavádějící emoční sémantický náboj: **nám** přirozené, takže **nám** milé ladění. Vhodnější by proto bylo *fyzikální* či *aliquotní* ladění. Výstižnější německý termín je *die natürliche Stimmung*, což znamená ladění přirozené i přírodní; italské označení je *accordatura naturale*.

Podle stejných principů je v přirozeném ladění konstruována i mollová stupnice aiolská:

MOLL (aiolská)

stupeň	<u>temperované</u>	<u>přirozené</u>	přibyló centů		odchylka od temper.
I.	0	0	0		0
II.	200	204	204	velký celý tón	+ 4
III.	300	316	112	půltón	+ 16
IV.	500	498	182	malý celý tón	- 2
V.	700	702	204	velký celý tón	+ 2
VI.	800	814	112	půltón	+ 14
VII.	1.000	1.018	204	velký celý tón	+ 18
VIII.	1.200	1.200	182	malý celý tón	0

Připomeňme nyní slova, která na olomoucké katedře HV nedávno pronesla hostující dr. Anna Derevjaníková, Ph.D., specializující se na Prešovské univerzitě na pravoslavný liturgický zpěv a rusínský písňový folklor. Na dotaz studentů, v čem spočívá specifická zvuková atraktivita pravoslavných sborů, odpověděla, že především v náboženském prožitku, rovněž však ve snižování tercií (v durových akordech) a v úzké harmonii (parafrázoval P. K.).

Durové kvintakordy (v dur to jsou hlavní funkce, T, S a D) se při snižování tercií přibližují přirozenému ladění, průhledným („průslyšným“), rázů prostým

souzvukům. Tóny těchto akordů jako by se řadily do zákrytu, splývaly, připodobňovaly se prázdnému - pro někoho snad až příliš - zvuku oktávy či kvinty.

→ dvě ukázky: lidová píseň v podání rusínského folklorního sboru (Anna Derevjaníková) sborová skladba B. Smetany *Má hvězda* (Josef Veselka)

Stejný efekt je patrný i u durových akordů v mollových tóninách, tedy u dominanty a - poněkud paradoxně - i u vedlejších stupňů.

Druhý Derevjaníkovou vyslovený postulát, úzká harmonie, vztahující se v duchu její ustálené definice na tři horní hlasy čtyřhlasu, tedy včetně tenoru, je rubem těžé mince: bez přiblížení k frekvenčním relacím spektra - včetně níže položenému tónu č. 5, durové tercii - by obtížněji docházelo k očekávanému akustickému efektu tzv. **diferenčních** (též **Tartiniho**) **tónů**, jimiž z definice jsou - právě při sousedních pozicích v horních hlasech, tedy v úzké harmonii - základní tóny jakožto tóny č. 1 alikvotních spekter ($f^x - f^{x-1} = f^1$). Tak jsou posilovány fundamentální basy, které, jak praví i lidová moudrost, tvrdí muziku.

→ notová ukázka pravoslavného liturgického zpěvu: Anna Derevjaníková, *Поїме Бозу наііеми*, Pravoslávna bohoslovecká fakulta Prešovskej univerzity, Prešov, 2003

Na podobném principu je určována latentní tonalita některých intervalů. Sestupnou malou tercii (častý interval dětských říkadel nebo zpěvu kukačky), např. $g^2 - e^2$ spontánně chápeme jako postup od alikvotu č. 6 k č. 5 spektra tónu *c*, tedy v C **dur**. Zvětšení tohoto intervalu na velkou tercii $g - es$ nás však nezavede do *c moll*, spontánně je to pro nás interval od 5. ke 4. alikvotu řady velkého *Es*, tedy v *Es dur*, zvětší-li se na kvartu $g - d$, jsme podle téhož principu v *G dur*, neboť jde o 4. a 3. alikvot řady *G*. Dodejme, že takovéto postupné zvětšování intervalu od malé tercie (na jaře) přes velkou tercii (v létě) až na kvartu, někdy až tritón (na podzim), se v ročním růstovém cyklu kukaček skutečně objevuje, sledujte to a dáte mi za pravdu.

S diferenčními tóny se naši studenti často setkávají v duetech zobcových fléten. Tóny dvou sopránových zobcových fléten znějí loco na rozmezí dvou- a tříčárkované oktávy a jejich diferenční tóny se pak pohybují na hranici jednočárkované a malé oktávy, tedy ve frekvenční oblasti jakoby jinošského třetího hlasu.

Naznačili jsme, že ladění přirozené přináší libé pocity při vnímání souzvuků. Opakem je ladění pythagorejské. Je to ladění jednohlasu. I dnes, v době melodií již latentně harmonických, stále zřetelně platí, že se, chceme-li dosáhnout melodické přesvědčivosti, spojitosti, klenby, uchylujeme k tomuto ladění, a to nejčastěji tak, že zdůrazňujeme rozdíl mezi celými tóny a půltóny (*celý tón je kus, půltón jen kousíček*). Je to patrné při jednohlasé intonaci

stupňovitých melodií. Rovněž při houslové výuce platí pro hru půltónů a celých tónů jednoduché pravidlo: sousední prsty k sobě (půltón) nebo od sebe (celý tón). Prvá z těchto pozicí je již z pohledu na tenké dětské prstíky na houslovém hmatníku znatelně menší než skutečná polovina pozice druhé. (Toto ladění se - historicky rovněž poněkud paradoxně - uplatňuje i v nynějším durmollovém období tím, přispívá k polaritě mezi oběma tónorody: durová tercie se intonuje ještě výše, mollová ještě níže.)

Maximální zmenšení vidíme v pythagorejském ladění u půltónu *h - c*. Je to oproti temperovanému ladění plných 10 centů. Zde již může jít o tzv. zaostřenou intonaci citlivých tónů (viz dále).

Zmíňme se však ještě o zajímavém a dobře pozorovatelném jevu v intonaci operních sólistů, z profese navyklých intonovat *melodicky*, tedy víceméně pythagorejsky. Ocitnou-li se v situaci vícehlasého komorního zpěvu typu *Rozmysli si, Mařenko, rozmysli*, znějí souzvučky v jejich podáních nepříjemně, drsně. Zcela se tomu zde nevyhnul ani Smetana, jakkoliv nechal tento soubor sólistů zpívat *a cappella*. (Tento fenomén se opět potvrdil i při nedávném televizním přenosu slavnostního koncertu k jubileu *Wiener Staatsoper*, a to v závěru prvního dějství Mozartovy opery *Don Giovanni* se zcela špičkovým mezinárodním obsazení sólistů.)

→ *Rozmysli si, Mařenko, rozmysli*, z anglické nahrávky *Prodané nevěsty*, Charles Mackerras

Dostáváme se tak k poslednímu oddílu tohoto referátu, k velmi malým (mikrointervalovým) odchylkám v interpretační praxi. Je známo, že studují-li sólisté (nejen houslisté, violoncellisté apod., ale, jak jsme právě slyšeli, i pěvci) svůj part příliš dlouho bez klavírního doprovodu, dochází při následných korepeticích k nepříjemným znejistňujícím výškovým střetům mezi „melodický“ intonujícím sólistou a temperovaně naladěným klavírem.

V polovině minulého století vystoupil ruský muzikolog N. Garbuzov s monografií *Зонная природа звуковысотного слуха* (Pásmový charakter sluchu pro tónovou výšku, Moskva, 1948), která ještě dnes budí pozornost (viz google). Uvádí v ní, že jako tóny určité frekvence x vnímáme i tóny jejího relativně těsného (sluchově však, jak se ukázalo i při ukázkách z DVD demonstrovaného v úvodu toho referátu, již postřehnutelného) frekvenčního okolí ($x \pm a^{1/2}$), tedy jistého obalujícího pásma, a teprve při jeho překročení se začíná vnímání hudební výšky klonit k sousednímu půltónu (jeho pásmu). Na výsledcích laboratorního měření tří provedení (Oistrachova, Elmanova a Cimbalistova) Bachovy proslulé *Air* (na struně *g*, ze *Suity* č. 3) Garbuzov ukazuje, že i renomovaní Mistři zmenšují, „zaostřují“ půltónové intervaly mezi

citlivými a jejich rozvodnými (cílovými) tóny, a to v uvedeném úryvku až o 35 Hz (v intervalu *hes - a* u Oistracha):

$e^1 / a^1 f^1 d^1 \underline{c^1 \wedge h \wedge c^1} h a g / g^1 \underline{e^1 \sim hes \wedge a} \underline{d^1 \wedge cis^1} g^1 f^1 / \dots$
 intervaly zmenšeny zvětšen zmenšen zmenšen

Garbuzov tím dává za pravdu své teorii pásmového slyšení, v našem kontextu to navíc dokládá oprávněnost vidět (slyšet) v citlivých tónech specifickou součást melodické intonační praxe.

Pro sluchový výcvik našich studentů z toho plyne nezbytnost navozovat představu náležité velikosti půltónu („*není to minimum, ale vzdálenost*“) a pevnou apriorní představu následného rozvodného (cílového) tónu.

Volba tónové výšky, ať již v rámci určitého systému ladění nebo u jednotlivých (např. citlivých) tónů, nemusí tedy být chladným fyzikálním aktem, ale i jedním z vyjadřovacích prostředků umění hudební interpretace, ovšemže natolik vyspělé, aby byla tohoto subtilního rozlišování vůbec schopna.

Bylo by možno nacházet i další momenty, které by racionalizovaly přístup studentů k hudbě a hudební výchově a vytvářely tak zdravou protiváhu k jejímu dnešnímu módnímu jednostrannému mystickému až obskurnímu pojmání.

Z literatury

Janoušek, Ivo, ABC akustiky pro hudební praxi, Praha, Supraphon, 1979.

Špelda, Antonín, Úvod do akustiky pro hudebníky, Praha, 1958.

Zenkl, Luděk, Temperované a čisté ladění v evropské hudbě 19. a 20. století, Praha, 1971.

Hesla v encyklopediích.

2. 11. 2010