

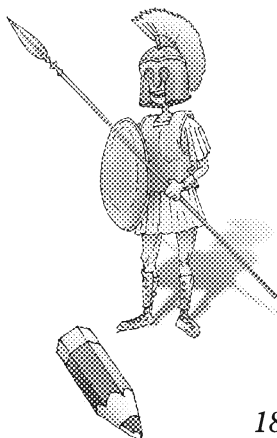
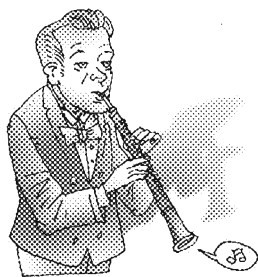
## UGOĐENI (TEMPERIRANI) SUSTAV U GLAZBI PRIJE MOLA I DURA

Elizabeta Adžaga, Zagreb

Kao što sam pisala u prošlom tekstu, glazba i matematika odavno su blisko povezane. Sedamnaesto stoljeće mnogi povjesničari vide kao okrutnu prekretnicu, kada se glazba pretvara iz znanosti u umjetnost, a znanost se mijenja iz teoretskog u praktično. Mnoge poveznice između znanosti i glazbe mogu se pratiti upravo u ovome razdoblju. U devetnaestom i dvadesetom stoljeću razvoj znanosti i glazbe te matematičkih postignuća u komponiranju glazbe odlazi još jedan korak dalje i učvršćuje povezanost između ta dva područja.

Jedan od najvećih problema u počecima europske glazbe kakvu danas znamo bila je upravo ljestvica, njezina temperiranost i ugođenost. Puno prije nego što su nastale mol i dur ljestvice klasične glazbe, ljestvice koje učimo u školama i ljestvice o kojima najviše (ili jedino) i znamo, korištene su brojne druge ljestvice. Još u staroj Grčkoj došli su do spoznaje da su konsonantni glazbeni zvukovi povezani s jednostavnim omjerima brojeva. Usprkos tome, koristeći ovaj način i ovakvo shvaćanje radi konstruiranja ljestvice tonova i ugađanja nekog instrumenta, problem se povećava. Problemi tog tipa posebice su izraženi kada dolazi do transponiranja u druge tonalitete. Rješenje prihvaćeno u europskoj glazbi već zadnjih nekoliko stoljeća temelji se na drugačijem shvaćanju matematike u tom slučaju, kako bi se razvila „podjednako temperirana” ljestvica. Svaki ton, ili bolje rečeno svaka nota, ima osnovnu frekvenciju (u suštini, broj titraja u određenom vremenskom intervalu). Tako ton „A”, koji možete čuti u oboe kada se orkestar štima, ima frekvenciju 440 Hz (titraja u sekundi). Frekvencija nam omogućava da uopće govorimo o korelaciji i vezi između tonova. Međutim, za usporedbu između dva tona, frekvencija je manje bitna od samog omjera između tih frekvencija. Struktura muzičke ljestvice riješena je omjerima frekvencija tonova koji formiraju ljestvicu. Štoviše, izbor tih omjera određen je stupnjevima *konsonanci* između tonova. Konsonanca je konsonanca prema psihološkim i fizičkim kriterijima. Psihološki gledano, to su dva tona koja zajedno odsvirana ili otpjevana zvuče uhu „ugodno”. U fizičkim uvjetima ovo se događa kada je omjer frekvencija dvaju tonova omjer niskih razmjera - što je omjer jednostavniji, to su više konsonantna dva tona. Opet, moramo paziti da se tu radi o omjeru frekvencija. Najjednostavniji primjer je slučaj *unisono* kada je omjer 1 : 1, a pravi omjer, a opet gotovo jednako trivijalan, jest slučaj *oktave* kada je omjer 2 : 1.

Ta veza i omjer frekvencija ujedno su osnova za konstrukciju bilo koje muzičke ljestvice. Matematički gledano, problem konstruiranja ljestvice je riješiti problem prikladnih frekvencija tonova koji bi bili između početnog i završnog tona ljestvice. Dakle, problem usklađivanja i temperiranja sustava je, kako vidimo, jednako matematički problem koliko i estetski. Da se približimo načinu i načelu slaganja ljestvice, potrebno je vratiti se mnogo ranije u proš-



lost, točnije, u Pitagorino doba (oko 550 pr. Kr.). Najstariji sustav ljestvice zove se *Pitagorina skala*; iako je taj sustav mnogo stariji od samog Pitagore, ime je povezano s Pitagorom zbog njegovih teoretskih objašnjenja (u matematičkom smislu) same konstrukcije toga sustava.

Nije teško konstruirati ljestvicu po tim načelima. Dovoljno je uzeti bilo koju notu i proizvesti neku drugu povezanu s njom na način da je jednostavnih i cjelovitih omjera, i vjerovati da će Pitagorin način rezultirati konsonantnim zvukom. Struktura te ljestvice temelji se na osnovnim omjerima frekvencija - 2 : 1 i 3 : 1. Tada uzimamo za frekvenciju tona npr.  $t$ . Sada imamo interval frekvencija  $2t : t$  ili 2 : 1-oktavu. Jednako vrijedi i za interval 3 : 1. Tada je interval između tonova frekvencija  $3t$  i  $2t = 3 : 2$  ili  $\frac{3}{2}$ . Sada već imamo ljestvicu od tri tona  $\{t, \frac{3}{2}t, 2t\}$ . Ako označimo ton frekvencije  $t$  kao notu C, a notu C' kao oktavu više, onda imamo ljestvicu:

C	G	C'
$t$	$\frac{3}{2}t$	$2t$

Procedura nije samo stvorila novi ton (G), već i novi interval. Interval između C i G zvat ćemo „savršena kvinta”, a novi interval između G i C' bit će „savršena kvarta”. Omjer za savršenu kvintu je  $\frac{3}{2}$ , a za savršenu kvartu  $2t : \frac{3}{2}t$  ili  $\frac{4}{3}$ . Sada imamo metodu za dodavanje još tonova. Ako snizimo ton C' savršenom kvintom, dijeljenjem njegove frekvencije s  $\frac{3}{2}$ , dobit ćemo notu F, frekvencije  $\frac{4}{3}$ . Ton (ili nota) F leži između C i G, a rezultat trenutne ljestvice je:

C	F	G	C'
$t$	$\frac{4}{3}t$	$\frac{3}{2}t$	$2t$

Proces kojim je ljestvica kreirana bitno je učestaliji: svaka sljedeća nota donosi novi interval s najbližim susjednim tonom, a taj se interval tada može koristiti za stvaranje novih tonova.

Međutim, mnogi intervali nastali Pitagorinim sustavom na početku su sustav konsonanci, ali na kraju tvore puno kompliciraniju ljestvicu. Bitno je zapamtiti da su muzički intervali do rane renesanse bili isključivo melodijski intervali, percipirani i shvaćeni kao veza između uzastopnih tonova radije nego kao intervali tonova koji zvuče istodobno, u isto vrijeme. S vremenom nastanka polifonije i harmonije modificirala se i Pitagorina ljestvica do sasvim drugih krajnosti. Stoga je u najmanju ruku smiješno primjenjivati Pitagorinu ljestvicu u klasiци ili romantizmu, ali je zanimljivo znati na koji su uopće način od samih početaka ljestvice nastajale.

