

Dan Spînu

Săratului meu, Vla!

Tehnologie muzicală

Echipamente și tehnici pentru sonorizări

CUPRINS

1. TEHNOLOGIA MUZICALĂ, O COMPONENTĂ DE NELIPSIT A VIEȚII CONTEMPORANE	13
1.1 CUI SE ADRESEAZĂ ACEASTĂ CARTE? CE TEME ABORDEAZĂ, LA CE NIVEL ȘI ÎN CE MANIERĂ?-----	14
2. SUNETUL ȘI PROPRIETĂȚILE SALE, PARTICULARITĂȚILE AUZULUI UMAN	17
2.1 CE ESTE SUNETUL? -----	17
2.2 PROPRIETĂȚILE SUNETULUI -----	19
2.2.1 Înălțimea	20
2.2.2 Tăria.....	22
2.2.3 Timbrul.....	25
2.2.4 Durata.....	26
2.2.5 Alte particularități ale auzului uman, auzul binaural – stereofonia	27
3. LANȚUL ELECTROACUSTIC ȘI COMPONENTELE SALE	28
CAPTAREA SUNETULUI	28
4. MICROFONUL	32
4.1 CLASIFICAREA DUPĂ CRITERIUL CONSTRUCTIV-----	32
4.1.1 Microfonul dinamic (<i>dynamic microphone</i>).....	32
4.1.2 Microfonul condensator (<i>condenser microphone</i>).....	35
4.1.3 Microfonul cu bandă (<i>ribbon microphone</i>).....	39
4.2 CLASIFICAREA MICROFOANELOR DUPĂ CARACTERISTICA POLARĂ SAU DE DIRECTIVITATE -----	43
4.3 PRODUCĂTORII DE MICROFOANE-----	45
4.4 CLASIFICAREA MICROFOANELOR DUPĂ APLICAȚIE-----	51
4.4.1 Microfoane pentru captarea vocii.....	51
4.4.1.1 Sfaturi pentru alegerea unui microfon pentru uz vocal	54
4.4.2 Microfoane de instrument	56
4.4.2.1 Pentru instrumente de suflat	56
4.4.2.2 Pentru instrumente de percuție	57
4.4.2.3 Pentru alte instrumente	58
4.4.3 Microfoane cu interfață USB	58
4.4.4 Microfoane stereofonice	59
4.4.5 Alte tipuri de microfoane	59
4.5 CARE E CEL MAI BUN MICROFON?-----	60
4.6 ACCESORII PENTRU MICROFOANE-----	61
5. CONECTICA FOLOSITĂ ÎN ECHIPAMENTUL AUDIO PROFESIONAL	64
5.1 CABLUL NEECRANAT-----	65
5.2 CABLUL ECRANAT-----	65
5.3 CABLUL SIMETRIC ECRANAT. -----	66
5.4 TIPURI DE CONECTORII FOLOSIȚI ÎN ECHIPAMENTUL AUDIO PROFESIONAL -----	68
5.5 ADAPTAREA ASIMETRIC-SIMETRIC, ADAPTAREA DE IMPEDANȚĂ; DIRECT BOX-----	72
5.6 CONEXIUNI DIGITALE -----	74
5.7 ADAPTOARE -----	77
5.8 SFATURI PENTRU ACHIZIȚIONAREA/FOLOSIREA CABLURILOR ȘI MĂRIREA DURATEI LOR DE SERVICIU.-----	78
6. MIXERUL	80
6.1 STRUCTURA UNUI CANAL DE MIXER ANALOGIC-----	82
6.1.1 Intrarea de microfon - MIC.....	84
6.1.2 Intrarea de linie - LINE IN.....	84
6.1.3 Funcția INSERT	85
6.1.4 GAIN, TRIM.....	86
6.1.5 Low cut.....	87
6.1.6 Direct OUT – ieșirea directă a canalului	87
6.1.7 Trimiterile auxiliare prefader/postfader (<i>AUX Send</i>)	88
6.1.8 Egalizatorul (<i>EQ</i>); sugestii de egalizare pentru diverse tipuri de surse	94
6.1.9 Egalizatorul grafic	102

6.1.10	Panoramarea	105
6.1.11	Funcția MUTE / ON.....	107
6.1.12	Funcțiile SOLO, PFL, AFL, CUE	108
6.1.13	Indicatorii optici ai nivelului semnalului de pe canal.....	110
6.2	SUBGRUPELE; BUTOANELE DE DISTRIBUIRE A SEMNALULUI DE PE CANAL. -----	111
6.2.1	Aplicațiile tipice ale subgrupelor.....	112
6.2.1.1	Utilizarea subgrupelor pentru realizarea unui submixaj la înregistrare	112
6.2.1.2	Utilizarea subgrupeii pentru controlul facil al nivelului unui grup de instrumente	113
6.2.1.3	Implementarea subgrupelor în practică.....	115
6.2.1.4	Alte aplicații ale subgrupelor.....	116
6.2.2	Fader-ul.....	116
6.2.3	Alte facilități.....	116
6.3	PANOUL DIN SPATE AL UNUI MIXER-----	117
6.4	SECȚIUNEA MASTER A UNUI MIXER-----	120
6.5	ALTE FACILITĂȚI POSIBILE ÎN SECȚIUNEA PRINCIPALĂ A UNUI MIXER. -----	124
6.6	MODELE DE MIXERE ANALOGICE DE LARGĂ ADRESABILITATE -----	126
6.6.1	Mixere mici	126
6.6.2	Mixere de format mediu	132
6.6.3	Mixere cu amplificator de putere incorporat (powered mixer).....	133
6.6.3.1	Yamaha EMX 212	133
6.6.3.2	Dynacord Powermate 1000-3	135
6.7	MIXERE DIGITALE -----	143
6.7.1	Analogic versus digital.....	144
6.7.2	Mixere analogice versus mixere digitale.	148
6.7.3	Tipuri de mixere digitale.....	151
6.7.4	Mixerul Behringer X32 Compact	155
7.	PROCESOARE DE EFECTE	177
7.1	CLASIFICAREA EFECTELOR, PARAMETRII ACESTORA. -----	181
1.1.1	Procesoare care acționează asupra semnalului în timp	182
7.1.1.1	Ecoul (echo, delay).....	182
7.1.1.2	Reverberația.....	186
7.1.2	Efecte de modulație.....	191
7.1.2.1	Efectul Phaser.....	191
7.1.2.2	Efectul Chorus	193
7.1.2.3	Efectul Flanger	195
7.1.2.4	Efectele Wah, Autowah	195
7.1.2.5	Efectul Tremolo.....	197
7.1.3	Procesoare de dinamică.....	198
7.1.3.1	Poarta de zgomot (noise gate).....	198
7.1.3.2	Compresorul de dinamică.....	204
7.1.3.3	Tipuri particulare de compresoare.	211
7.1.3.4	Expanderul.....	212
7.1.4	Efecte de distorsiune, simulatoare de amplificatoare/incinte	212
7.1.5	Alte tipuri de efecte.....	214
7.1.5.1	Efectele pitch shifter, pitch-correction, harmoniser	214
7.1.5.2	Vocoderul	217
7.1.5.3	Efectele exciter, enhancer, subharmonic sintetizer.....	217
8.	ECHIPAMENTE FĂRĂ FIR (WIRELESS)	219
8.1	MICROFOANE FĂRĂ FIR -----	220
8.2	SISTEME FĂRĂ FIR PENTRU CHITĂRI ELECTRICE/ELECTROACUSTICE/BAS -----	222
8.3	SISTEME FĂRĂ FIR PENTRU MONITORIZARE IN-EAR -----	222
8.4	ALTE SISTEME FĂRĂ FIR - BLUETOOTH-----	223
8.5	REGULI GENERALE PENTRU ASIGURAREA UNEI BUNE LEGĂTURI RADIO PENTRU ECHIPAMENTELE FĂRĂ FIR -----	223
9.	INCINTE ACUSTICE, DIFUZOARE, CĂȘTI; AMPLIFICATOARE DE PUTERE	225
9.1	INCINTE PASIVE -----	227
9.2	INCINTE ACTIVE-----	228
9.3	MONITORE DE SCENĂ (STAGE MONITORS) -----	229
9.4	SUBWOOFERE -----	229

6.1.10	<i>Panoramarea</i>	105
6.1.11	<i>Funcția MUTE / ON</i>	107
6.1.12	<i>Funcțiile SOLO, PFL, AFL, CUE</i>	108
6.1.13	<i>Indicatorii optici ai nivelului semnalului de pe canal</i>	110
6.2	SUBGRUPELE; BUTOANELE DE DISTRIBUIRE A SEMNALULUI DE PE CANAL	111
6.2.1	<i>Aplicațiile tipice ale subgrupelor</i>	112
6.2.1.1	Utilizarea subgrupelor pentru realizarea unui submixaj la înregistrare	112
6.2.1.2	Utilizarea subgrupeii pentru controlul facil al nivelului unui grup de instrumente	113
6.2.1.3	Implementarea subgrupelor în practică.....	115
6.2.1.4	Alte aplicații ale subgrupelor.....	116
6.2.2	<i>Fader-ul</i>	116
6.2.3	<i>Alte facilități</i>	116
6.3	PANOUL DIN SPATE AL UNUI MIXER	117
6.4	SECȚIUNEA MASTER A UNUI MIXER	120
6.5	ALTE FACILITĂȚI POSIBILE ÎN SECȚIUNEA PRINCIPALĂ A UNUI MIXER	124
6.6	MODELE DE MIXERE ANALOGICE DE LARGĂ ADRESABILITATE	126
6.6.1	<i>Mixere mici</i>	126
6.6.2	<i>Mixere de format mediu</i>	132
6.6.3	<i>Mixere cu amplificator de putere incorporat (powered mixer)</i>	133
6.6.3.1	Yamaha EMX 212	133
6.6.3.2	Dynacord Powermate 1000-3	135
6.7	MIXERE DIGITALE	143
6.7.1	<i>Analogic versus digital</i>	144
6.7.2	<i>Mixere analogice versus mixere digitale</i>	148
6.7.3	<i>Tipuri de mixere digitale</i>	151
6.7.4	<i>Mixerul Behringer X32 Compact</i>	155
7.	PROCESOARE DE EFECTE	177
7.1	CLASIFICAREA EFECTELOR, PARAMETRII ACESTORA	181
7.1.1	<i>Procesoare care acționează asupra semnalului în timp</i>	182
7.1.1.1	<i>Ecoul (echo, delay)</i>	182
7.1.1.2	<i>Reverberația</i>	186
7.1.2	<i>Efecte de modulație</i>	191
7.1.2.1	<i>Efectul Phaser</i>	191
7.1.2.2	<i>Efectul Chorus</i>	193
7.1.2.3	<i>Efectul Flanger</i>	195
7.1.2.4	<i>Efectele Wah, Autowah</i>	195
7.1.2.5	<i>Efectul Tremolo</i>	197
7.1.3	<i>Procesoare de dinamică</i>	198
7.1.3.1	<i>Poarta de zgomot (noise gate)</i>	198
7.1.3.2	<i>Compresorul de dinamică</i>	204
7.1.3.3	<i>Tipuri particulare de compresoare</i>	211
7.1.3.4	<i>Expanderul</i>	212
7.1.4	<i>Efecte de distorsiune, simulatoare de amplificatoare/incinte</i>	212
7.1.5	<i>Alte tipuri de efecte</i>	214
7.1.5.1	<i>Efectele pitch shifter, pitch-correction, harmoniser</i>	214
7.1.5.2	<i>Vocoderul</i>	217
7.1.5.3	<i>Efectele exciter, enhancer, subharmonic sintesizer</i>	217
8.	ECHIPAMENTE FĂRĂ FIR (WIRELESS)	219
8.1	MICROFOANE FĂRĂ FIR	220
8.2	SISTEME FĂRĂ FIR PENTRU CHITĂRI ELECTRICE/ELECTROACUSTICE/BAS	222
8.3	SISTEME FĂRĂ FIR PENTRU MONITORIZARE IN-EAR	222
8.4	ALTE SISTEME FĂRĂ FIR - BLUETOOTH	223
8.5	REGULI GENERALE PENTRU ASIGURAREA UNEI BUNE LEGĂTURI RADIO PENTRU ECHIPAMENTELE FĂRĂ FIR	223
9.	INCINTE ACUSTICE, DIFUZOARE, CĂȘTI; AMPLIFICATOARE DE PUTERE	225
9.1	INCINTE PASIVE	227
9.2	INCINTE ACTIVE	228
9.3	MONITORE DE SCENĂ (STAGE MONITORS)	229
9.4	SUBWOOFERE	229

9.5	MĂRIMILE DEFINITORII ALE UNEI INCINTE ACUSTICE; CÎT DE MULT CONTEAZĂ?	231
9.6	SISTEM PASIV SAU ACTIV ?	233
9.7	CĂȘTI, CĂȘTI IN-EAR, IN EAR MONITORING.	234
10.	TEHNICI ȘI PROCEDURI	237
	PENTRU REALIZAREA DE DIVERSE TIPURI DE SONORIZĂRI	237
10.1	TEHNICI DE CAPTARE A SUNETELOR/SEMNALELOR SURSELOR IMPLICATE ÎN SONORIZARE;	237
	REALITĂȚI NEPLĂCUTE - CAPTĂRILE PARAZITE, MICROFONIA ȘI CONTRACARAREA EI.	237
10.2	INDICAȚII PRIVIND CAPTAREA DE DIVERSE SURSE	243
10.2.1	<i>Vocea</i>	243
10.2.2	<i>Instrumente de suflat cu ancie simplă (saxofonul, clarinetul)</i>	244
10.2.3	<i>Instrumente de suflat din alamă (trompeta, trombonul)</i>	245
10.2.4	<i>Alte instrumente de suflat/aerofone (flautul, naiul, muzicuța, acordeonul)</i>	245
10.2.5	<i>Instrumente cu coarde și arcuș (vioara, viola, violoncelul, contrabasul)</i>	246
10.2.6	<i>Instrumente cu coarde ciupite (chitara acustică și clasică)</i>	248
10.2.7	<i>Instrumente cu coarde lovite (pianul, țambalul)</i>	251
10.2.8	<i>Instrumente de percuție, bateria</i>	252
10.2.9	<i>Instrumente electrice (chitara electrică, bas, pianul electric, clavineta)</i>	258
10.2.10	<i>Instrumente și dispozitive electronice/digitale (sintetizatoare, pian digitale, module de percuție, procesoare, laptopuri, etc.)</i>	262
10.3	CE PUTERE E NECESARĂ PENTRU O SONORIZARE?	264
10.4	REGULI GENERALE DE AMPLASARE A INCINTELOR ACUSTICE	267
10.5	INDICAȚII GENERALE DE AMPLASARE ȘI REGLARE A MONITORELOR.	270
10.6	UNDE AMPLASĂM MIXERUL?	272
10.7	PAȘI DE FĂCUT PENTRU CONECTAREA ECHIPAMENTULUI	274
10.8	PAȘI DE FĂCUT PENTRU REGLAREA ECHIPAMENTULUI.....	275
10.9	PARTICULARITĂȚI ALE UNOR TIPURI DE SONORIZĂRI.	277
10.9.1	<i>Voce vorbită</i>	277
10.9.2	<i>Solist vocal + negativ / instrument digital</i>	279
10.9.3	<i>Solist vocal + chitară acustică, grup folk</i>	280
10.9.4	<i>Formație de jazz (combo)</i>	281
10.9.5	<i>Formație pop/rock</i>	284
10.9.6	<i>Taraf/ Orchestră de muzică populară</i>	296
10.9.7	<i>Spectacole în aer liber</i>	299
10.10	PROBLEME TEHNICE ȘI POSIBILE SOLUȚII	301
11.	CÎTEVA SFATURI LA FINAL.....	302

1. Tehnologia muzicală, o componentă de nelipsit a vieții contemporane

De mai bine de 60 de ani se dezvoltă continuu o serie de genuri muzicale precum muzica *rock* cu toate speciile sale, genurile *soul*, *funk*, *disco*, etc. precum și foarte multe mixturi ale acestora reunite sub marea umbrelă numită *muzică pop*, astfel că, fie că place sau nu, ele reprezintă de departe grosul producției muzicale actuale, atât ca înregistrări cât și ca spectacole.

Toate aceste genuri au utilizat încă de la început o serie de instrumente specifice, novatoare, precum cele electrice (chitara electrică, chitara bas, pianul electric, etc.) electromecanice (orga hammond) și electronice (sintetizatoare, diverse procesoare, samplere, etc.), toate necesitând amplificatoare și difuzoare, neputînd emite singure sunet ca instrumentele tradiționale. Odată cu aceste genuri tehnologiile sonorizărilor și înregistrării audio au evoluat enorm, constituindu-se într-un domeniu distinct și complex. Spectacolele de profil au implicat un aport tot mai mare de tehnologie – microfoane, mixere, procesoare, sisteme de incinte acustice, etc. Anii '80 au adus o abordare revoluționară, cea digitală, care a "tehnologizat" muzica la un nivel fără precedent, atât în ce privește instrumentele muzicale (sintetizatoare digitale, samplere), domeniul înregistrărilor (procesoare digitale, dispozitive de înregistrare digitale, etc.) cât și în cel al spectacolelor (inclusiv lumini, efecte pirotehnice, etc. comandate digital). Practic cînd vorbim de toate genurile mai sus amintite există o simbioză între artă și tehnologie, fiecare depinzînd vital de cealaltă și toți cei implicați în producția lor, într-o formă sau alta, trebuie să aibă de a face cu tehnologia existentă în domeniu.

Mai mult decît atât și alte domenii din afara muzicii, care folosesc în mod direct de sunetul, au preluat această tehnologie, avînd nevoia de a-l capta, amplifica, înregistra, procesa și reda: teatrul, filmul, spectacolele de modă, festivitățile, simpozioanele, etc., astfel că putem spune că azi această tehnologie este cît se poate de prezentă în viețile noastre practic oricînd mergem la un eveniment într-un spațiu public sau privat.

La noi multă vreme tehnologia utilizată la sonorizări/înregistrări a fost exclusiv apanajul unui grup restrîns, al profesioniștilor și al instituțiilor de profil de stat, amatorii și muzicienii neconsacrați descurcîndu-se cu mijloace foarte modeste și chiar improvizate. Odată cu intrarea României în Uniunea Europeană procurarea acestor echipamente și instrumente, cîndva extrem de dificilă sau chiar utopică, a devenit foarte facilă prin magazinele de specialitate sau online. În plus prețul lor a scăzut drastic, datorită maturizării tehnologiilor de fabricație și a mutării facilităților de producție în extremul orient, precum și datorită apariției unui număr mare de producători care țintesc nevoile muzicienilor neconsacrați, amatori sau începători, astfel încît azi oricine își poate cumpăra ceea ce are nevoie, după necesitățile, nivelul și posibilitățile sale financiare.

Toate acestea la un loc, alături de popularitatea genurilor de mai sus, au făcut ca astăzi să asistăm la o înflorire fără precedent a manifestărilor de gen susținute de formații cu diverse componente, soliști vocali ori instrumentiști. Azi există o mulțime de case de cultură unde astfel de formații repetă și concertează, multe săli private de repetiții, asociații artistice, cluburi pentru copiii sau adulții interesați să cînte, școli populare de artă, palate ale copiilor, o multitudine de festivaluri de profil, concerte organizate de primării și, mai ales, o foarte înfloritoare industrie de așa zise evenimente (nunți, botezuri, cumătrii, etc.) unde un număr foarte mare de formații activează cu sîrg, fiind cei mai importanți clienți ai magazinelor de instrumente muzicale și echipamente audio pentru sonorizări. Multe școli și licee au și ele în dotare o instalație de sonorizare și eventual instrumente muzicale electrice și digitale (așa zisele "orgi electronice" [în esență niște sintetizatoare], pianе digitale, chitări electrice, etc.). Chiar și alte domenii au profitat din plin de pe urma proliferării echipamentelor de sonorizare, cum ar fi folclorul muzical sau manifestările care nu sînt neapărat muzicale: spectacolele de teatru, serbările școlare, etc.

N-a făcut nimeni o statistică dar toate aceste activități e posibil să reunească la nivel național zeci de mii de utilizatori de diverse echipamente de sonorizări și înregistrări, de instrumente muzicale electrice și digitale, calculatoare cu plăci de sunet profesionale și softuri audio, ș.a.m.d., într-un cuvânt – **tehnologie muzicală**.

Din păcate toți acești utilizatori numeroși nu au nici un ghid în limba română despre cum să folosească acest echipament. Manualele de utilizare ale echipamentelor mai sus amintite nu sînt nici pe departe suficiente pentru că cel mai adesea ele spun cum sînt implementate diverse funcții dar *nu în ce constau ele și cum trebuiesc folosite*, presupunîndu-se a fi lucruri cunoscute. O altă problemă e că echipamentele mai complexe vin cu două tipuri de manuale - unul foarte condensat, o broșură numită "Quick Start Guide", utilă pentru punerea imediată în funcție a echipamentului cu o funcționalitate de bază, și unul pe larg, o carte în toată regula, cu zeci și chiar sute de pagini. Cel mai adesea doar primul tip de manual e tradus, ceea ce e insuficient.

Ca o concluzie, la noi nu există publicații în domeniu *într-o formă de largă adresabilitate*, și nici cu informații actuale. Singurele cărți scrise pînă acum s-au adresat unui nivel înalt de pregătire, inginerilor acusticieni, electroniști și personalului radio/tv, necesitînd cunoștințe de matematică și fizică la un nivel relativ ridicat și totodată referindu-se la tehnologia anilor '60-'70, motive pentru care ele nu sînt de vreun ajutor utilizatorului neprofesionist de azi nici ca nivel nici prin conținut, anii '80 transformînd radical echipamentele și tehnicile din domeniu. Tot din cauza lipsei acestor publicații și a unui învățămînt în domeniu, la noi nu s-a pus problema stabilirii oficiale, la nivel național, a unei terminologii de specialitate, motiv pentru care astfel de manuale au uneori traduceri greșite sau improprii, fiind adesea făcute de traducători fără experiență profesională în domeniu.

În consecință mulți folosesc aceste echipamente empiric, cel mai adesea în baza unor informații de la prietenii cu ceva experiență care și ei știu acele lucruri tot de la alții la fel ca ei, ș.a.m.d, ajungîndu-se la un fel de "folclor tehnologic".

Aparent internetul e salvarea. Da, există foarte multe articole scrise și tutoriale pe youtube despre o grămadă de subiecte de inginerie de sunet, dar din păcate internetul suferă de cîteva probleme mari cînd vine vorba de învățare. Mai întîi el e o mare groapă în care sunt aruncate o sumedenie de informații iar sortarea, verificarea și confruntarea lor poate lua extrem de mult timp. O altă problemă e că cel mai adesea nimeni nu garantează pentru acuratețea și valoarea acestor informații (nici o instituție - cum e cazul unui sistem de învățămînt, nici o editură - cum e cazul unei cărți sau reviste) și nici pentru nivelul de competență al celui care face postarea. Apoi informațiile sînt în limba engleză deci apare aceeași problemă cu traducerea termenilor de specialitate. În fine, peste toate vine cea mai mare problemă, de ordin pedagogic, pentru că una e să ai cunoștințe și experiență într-un domeniu și cu totul altceva e să sistematizezi acele cunoștințe, să le pui într-o formă coerentă, să surprinzi esența lucrurilor și să reușești să le prezinți într-o formă accesibilă și ușor de înțeleles, cu alte cuvinte să fii un bun profesor.

1.1 Cui se adresează această carte? Ce teme abordează, la ce nivel și în ce manieră?

Publicația de față vine să umple golurile menționate mai sus, vizînd mulții beneficiari ai echipamentelor de sonorizare/înregistrare și ai instrumentelor muzicale electrice/digitale:

- instrumentiștii/soliștii care doresc să-și poată sonoriza propriul grup, sau să facă înregistrări demonstrative proprii sau ale formației lor
- profesorii de muzică în activitatea lor curentă precum și cea de organizare de serbări/evenimente artistice, ori pentru a face înregistrări cu copiii pe care îi pregătesc ca mărturie a activității proprii, în scop didactic sau ca o încurajare pentru protagoniști
- coordonatorii cluburilor cu activitate muzicală în activitatea curentă sau de organizare de spectacole care implică sonorizare și/sau înregistrare audio.
- oricare alți utilizatori care organizează diverse manifestări care fac uz de echipamente de sonorizare: spectacole de teatru, prezentări, conferințe, simpozioane, etc.

- cei care doresc să facă din ingineria de sunet o profesie; pentru ei această carte poate fi un bun început în a asigura informațiile de bază.

Tehnologia mai sus amintită are două mari domenii de aplicabilitate: realizarea de **sonorizări**, care au ca obiectiv de bază mărirea nivelului sonor al unor surse de sunet și realizarea de **înregistrări audio**, cu obiectivul de bază de a immortaliza sunetul acestora. Cele două aplicații folosesc pînă la un punct aceleași echipamente și proceduri, după care fac uz de echipamente specializate, radical diferite, precum și de o serie de procedee și tehnici distincte. Cartea aceasta va aborda noțiuni de bază referitoare la echipamente, proceduri și tehnici specifice sonorizărilor, urmînd ca un volum viitor să fie dedicat echipamentelor, procedurilor și tehnicilor specifice înregistrărilor audio.

Destul de des, din păcate, ingineria de sunet e privită ca un domeniu strict tehnic, implicit putîndu-se crede că tot ce trebuie știut sînt informațiile tehnice despre echipamentele folosite, cum trebuie ele interconectate și reglate pentru a funcționa bine. Incontestabil, latura tehnico-științifică trebuie cunoscută foarte bine, iar în cazul activităților fără caracter muzical ea poate fi suficientă (festivități, conferințe, spectacole de teatru, prezentări, marea majoritate a emisiunilor radio/TV, etc.). Însă foarte multe sonorizări sînt ale unor interpretări muzicale, care sînt o formă de artă. Aici pe de o parte trebuie captat sunetul unor instrumente muzicale, automat trebuie cunoscute particularitățile acestora, cum emit ele sunet, ce caracteristici timbrale au și nu în ultimul rînd ce rol au în ansamblul de pe scenă. Pe de altă parte cel care operează instalația de sunet trebuie să reconstruiască sonor ansamblul de pe scenă iar asta deja are o dimensiune estetică, care implică cunoașterea rolului și locului instrumentelor în diverse formații/ansambluri, a sonorității ansamblurilor, a particularităților stilistice ale diverselor genuri muzicale, și așa mai departe. De aceea în această carte vor fi abordate ori de cîte ori va fi nevoie și aspecte despre instrumentele muzicale de sonorizat, cu accent pe cele specifice genurilor pop/rock (bateria precum și cele electrice și electronice), diferite de cele tradiționale, despre care din păcate nu prea există informații în literatura de limbă română. Foarte important, vor fi amintite și aspectele de ordin muzical care au impact asupra abordării sonorizării formațiilor de diverse feluri, pentru că același instrument poate fi abordat într-un fel în muzica populară, în alt fel în jazz și în cu totul alt fel în rock.

Deorece cititorii vizați nu sînt profesioniști în domeniul ingineriei de sunet și nici nu se poate miza pe un nivel ridicat de cunoștințe de matematică și fizică, cartea va avea un caracter accesibil, fără a se intra în detalii tehnico-științifice prea elaborate, ci doar atît cît e necesar pentru a se înțelege noțiunile prezentate. Dacă ați absolvit ciclul gimnazial fără să fi chiulit prea mult, nu veți avea probleme în a înțelege ce e scris aici.

Multe publicații de largă adresabilitate sînt lapidare, limitîndu-se la o manieră de genul "lucrurile sînt așa și se fac așa". Personal cred cu tărie că dacă pe lîngă toate acestea se mai spune și *de ce lucrurile sînt așa și trebuie făcute într-un anume fel*, cititorul va înțelege logica din spatele celor prezentate, ceea ce va duce la o învățare mult mai ușoară, profundă și de durată. Nu în ultimul rînd se creează premisele folosirii flexibile și creative a celor învățate și a adaptării mai ușoare la diversele situații din practică. Din aceste motive aspectele preponderent practice din această carte vor fi secondate și de o prezentare succintă de aspecte teoretice, oriunde va fi cazul, cu scopul de a-l face pe cititor să înțeleagă de ce lucrurile sînt așa cum se prezintă și de ce trebuie procedat într-un anume fel și nu în altul.

Mereu se vor preciza și denumirile în limba engleză ale diverselor echipamente, funcții sau procedee, din mai multe motive:

- magazinele online de specialitate din România folosesc adesea o mixtură de terminologie română și engleză, la fel și mulți utilizatori
- literatura de specialitate consacrată este cea de limbă engleză
- manualele de utilizare în limba română ale echipamentelor comercializate la noi, se poate să nu traducă toți termenii de specialitate, pe unii lăsîndu-i în limba engleză.

în unele cazuri s-au încetățenit denumirile engleze, chiar dacă există corespondent în limba română, pentru că sînt cuvinte foarte scurte, mai ușor de folosit

Acesată carte are și o serie de obiective secundare.

Ea poate folosi și pentru a completa lacune sau a îndrepta lucruri înțelese greșit chiar și în cazul celor care deja activează în domeniu dar au fost nevoiți să învețe autodidact, iar numărul acestora este destul de mare. Acolo unde este important, odată cu prezentarea unor categorii de echipamente se va face și un scrupulos istoric al lor și al unor tehnici/procedee folosite în domeniul ingineriei de sunet. Astfel de informații nu au fost prezente în presa noastră și multe dintre aceste echipamente au pătruns relativ tîrziu la noi fiind uneori percepute ca tehnologii noi, cînd de fapt au zeci de ani. Dar mai ales felul în care acestea au apărut și evoluat în timp și-a pus amprenta și asupra genurilor muzicale în care ele sînt folosite precum și asupra unor proceduri folosite în activitățile de sonorizare/înregistrare, ceea ce duce la o înțelegere mai profundă a acestora și la o formare a unei culturi tehnice în domeniu.

În fine, un ultim obiectiv e o încercare de a ajuta la instaurarea unor bune practici în domeniul sonorizărilor pentru că lucrurile au ajuns în multe cazuri pe niște fîgașe greșite în România, uneori chiar și în abordările profesioniste. O primă problemă o constituie nivelurile sonore care au atins cote mult peste normal. Un eveniment public dintr-o piață centrală e uneori sonorizat la un nivel atît de mare încît se aude la o distanță de kilometri, în cartierele alăturate. O nuntă într-un restaurant e sonorizată cu o putere instalată cu care s-ar putea da un concert într-o sală cu mii de locuri. Uneori și o simplă lansare de carte e sonorizată cu nivele prea mari, agresînd audiența și stricînd tot calmul și intimitatea evenimentului. Faptul că cel mai adesea publicul nu protestează e o dovadă tristă că această practică dănuiește de suficient de mult timp încît lumea a ajuns fie să creadă că “așa se face”, fie s-a resemnat. Cauzele sînt multiple și complexe și depășesc cadrul acestei cărți, dar, pînă cînd autoritățile vor reuși să impună eficient respectarea unor reglementări ale nivelurilor sonore de practicat în diverse spații publice, merită făcut orice efort pentru ameliorarea situației. De aceea uneori pe parcursul acestei cărți vor fi amintite referințe despre ce înseamnă întrunirea unor parametri compatibili cu un eveniment public de succes, cu genul muzical sonorizat și cu bunul simț. Imediat după excesul nivelurilor sonore globale vine excesul de frecvențe joase, prin utilizarea unui număr exagerat de subwoofere¹ și amplificarea deliberată a frecvențelor joase, toate soldîndu-se cu o dezechilibrare gravă a sonorității de ansamblu mergîndu-se chiar pînă la afectarea inteligibilității muzicii sonorizate. O a treia problemă destul de gravă, pe lîngă cele două de mai sus, e ignorarea aspectelor stilistice din muzică, soldată cu abordarea greșită a unor genuri muzicale și tipuri de formații. Am văzut uneori la festivaluri de jazz combouri² care cîntau jazz acustic sonorizate ca niște trupe de hard-rock, ori orchestre de muzică populară unde contrabasul suna precum basul din muzica de club. De aceea oriunde va fi cazul se va sublinia cum trebuie captate, tratate, mixate diverse instrumente și formații în funcție de marile familii de genuri muzicale.

Inevitabil în acest volum se vor prezenta la un moment dat o serie de firme constructoare de echipamente audio și o serie de modele ale acestora. Intenția nu este nici pe departe de a li se face reclamă ci strict de a prezenta o serie de modele populare, care s-au consacrat ca tipice pentru anumite aplicații, în ideea de a oferi niște repere pentru cei care sînt la început în acest domeniu și doresc să-și achiziționeze propriul echipament.

Autorul

¹ Incintă acustică, boxă, specializată pe redarea frecvențelor foarte joase.

² Formație de jazz avînd de obicei formulă de cvartet: pian, contrabas, chitară și baterie.

2. Sunetul și proprietățile sale

Particularitățile auzului uman

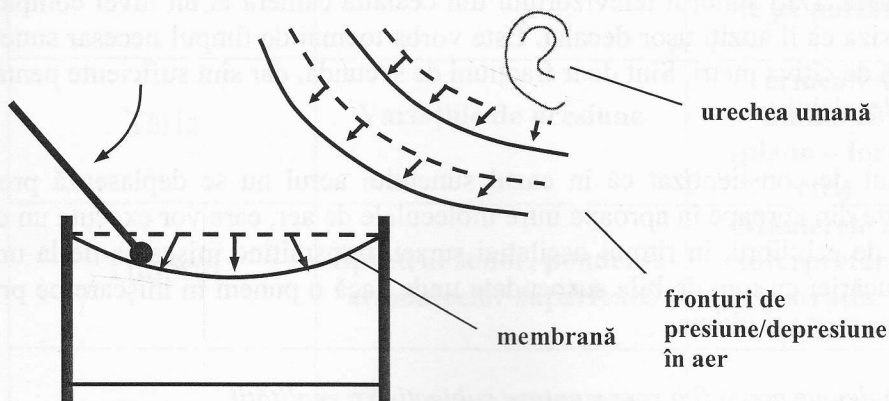
Deși echipamentele folosite în activitățile de sonorizare/înregistrare audio sînt electronice sau digitale, operînd cu semnale electrice sau fluxuri de date, într-o primă instanță ele vor fi nevoite să capteze sunetul iar finalitatea lor este tot producerea de sunet, destinat audii. Semnalele cu care operează sunt translări ale sunetului în domeniul electric, iar procesarea acestora vizează modificarea anumitor proprietăți ale sunetului final, destinat audii. Și instrumentele electronice sau digitale vor viza într-un final tot producerea de sunet, chiar dacă pentru asta au nevoie de un ajutor extern din partea amplificatoarelor fr putere și incintelor acustice. Pentru toate aceste motive această carte va aduce mereu în discuție aspecte legate de sunet, motiv pentru care este important, într-o primă instanță, să fixăm cîteva noțiuni despre sunet și proprietățile sale.

2.1 Ce este sunetul?

Această întrebare poate părea oarecum inutilă. Este atît de evident ce e sunetul, el e atît de prezent peste tot în jurul nostru... Dar tocmai acest tip de situație e foarte înșelătoare, gradul mare de familiaritate cu un fenomen nu garantează neapărat cunoașterea lui.

Să luăm un caz simplu: o toba a cărei membrană e lovită cu un băț. Sigur că auzim un sunet. Dar care este, de fapt, sunetul? Vibrația membranei? O fi “ceva” în aer? Acel “ceva” care călătorește de la instrument la urechea noastră este sunetul? E poate senzația pe care ne-o conferă auzul nostru? Un caz atît de banal, dar cîte întrebări...

Să analizăm mai în detaliu situația în figura de mai jos.



Atunci cînd lovim membrana tobei aceasta se deplasează în jos, acționînd ca un piston care “suge” aerul de deasupra, creînd o depresiune care atrage moleculele de aer din aproape în aproape, implicînd un front de depresiune în aer. Ajunsă în poziția extremă de jos, membrana se întoarce spre extrema cealaltă, bombîndu-se și comprimînd aerul de deasupra ei, creînd un front de presiune. Aceste fronturi se constituie în niște unde, oarecum asemănător cu valurile, dar spre deosebire de cele de pe suprafața unei ape, care e plană, aici sînt niște “valuri” sferice, care se propagă în spațiul tridimensional.

Aceste unde ajung în final la urechea noastră unde determină mișcarea alternativă a timpanului, într-o manieră similară cu a membranei tobei dar la scară mult redusă. La rîndul lui, timpanul, prin mecanismul urechii medii și interne plus aportul considerabil al creierului care prelucrează aceste informații, duce la senzația de auz. Astfel noi devenim conștienți de sunetul produs de tobă.

Putem identifica aici trei elemente:

- oscilația unui corp (membrana în cazul de mai sus)
- fronturile de presiune din aer
- senzația de auz.

Care din cele trei este sunetul? El e tocmai cel care călătorește între sursă – corpul care oscilează – și destinație – organul nostru auditiv, care este receptorul.

Sunetul constă în fronturile de presiune care se propagă prin aer.

Adesea sunetul e confundat cu aspectul fiziologic, cu senzația de auz pe care o avem, dar prin auz noi doar devenim conștienți de existența sunetului, el continuă să existe în mediul înconjurător și atunci când nu suntem prezenți.

Se impun câteva observații importante:

- Sunetul are ca sursă o mișcare ciclică, foarte rapidă, a unui corp. O astfel de mișcare, care se repetă periodic, se numește în fizică *mișcare de oscilație a unui corp*.

Din aceste motiv multe aspecte legate de mișcarea oscilatorie se transferă la fenomenul numit sunet.

- *Sunetul are nevoie de un mediu pentru a se putea propaga.*

În exemplul de mai sus mediul e aerul. Dacă nu ar exista aer, în vid, sunetul nu ar exista. Dacă un cosmonaut ar bate toba plutind în spațiu, un altul aflat lângă el nu ar putea auzi nimic, pentru că nu există nici un mediu de propagare pentru oscilația membranei tobei.

În aer viteza sunetului³ este de circa 340 m/s sau aproximativ 1235 km/h. Pare o viteză foarte mare, și chiar este comparativ cu vitezele uzuale, totuși nu atât de mare încât să nu observăm că sunetului îi ia un timp sesizabil ca să acopere chiar distanțe scurte. Dacă aveți 2 televizoare acasă plasate în camere diferite, puneți-le pe același canal și lăsați ușile deschise astfel încât să puteți auzi televizorul din cealaltă cameră. Dați sonorul televizorului din cealaltă cameră la un nivel comparabil cu cel de lângă voi. Veți sesiza că îl auziți ușor decalat. Este vorba tocmai de timpul necesar sunetului ca să parcurgă mica distanță de câțiva metri. Sînt doar fracțiuni de secundă, dar sînt suficiente pentru ca creierul nostru să sesizeze decalajul.

Este foarte important de conștientizat că în cazul sunetului aerul nu se deplasează precum vîntul, ci energia se transmite din aproape în aproape între moleculele de aer, care vor executa un du-te – vino în jurul poziției lor de echilibru, în ritmul oscilației sursei, transmițînd mișcarea de la una la alta, oarecum asemănător jucăriei cu tren de bile suspendate unde dacă o punem în mișcare pe prima, vom vedea că va începe să se miște și ultima.

- *Senzația noastră de auz poate fi o reprezentare subiectivă a realității.*

Urechea noastră este în esență un mecanism, cu imperfecțiuni și limitări, iar creierul nostru prelucrează informațiile primite de la ea într-un mod complex, care cuprinde procesări și filtrări foarte sofisticate. În acest fel putem aprecia cu destulă precizie din ce direcție vine un sunet sau putem înțelege ceea ce ni se spune de către cineva cu care vorbim chiar într-un mediu foarte zgomotos. De aceea ceea ce auzim nu este neapărat o reprezentare fidelă a realității. Vom vedea în capitolele următoare că omul are o manieră destul de aparte de a percepe sunetul.

³ Viteza sunetului în aer depinde de mulți factori: temperatura aerului, umiditatea, presiunea atmosferică,

2.2 Proprietățile sunetului

Pentru a putea înțelege sunetul ca fenomen va trebui să analizăm succint proprietățile sale din perspectiva fiecăruia din cele trei aspecte din lista de mai sus: *producerea, propagarea și percepția*.

Sunetul are patru proprietăți:

- înălțimea
- tăria
- timbrul
- durata

În tabelul de mai jos aceste proprietăți sînt abordate din trei perspective: științifică – una obiectivă, proprie științei numită *fizică*, muzicală – proprie artei numite *muzică*, și senzorială, proprie auzului nostru.

perspectivă: Proprietăți	Științifică	Muzicală (reprezentare grafică)	Senzorială
Înălțimea	Frecvența oscilației	Notele muzicale de pe portativ	acut, mediu, grav
Tăria	Variațiile de presiune	Termenii de dinamică (piano – forte, etc.)	puternic, slab
Timbrul	Spectrul sonor, ponderea armonicilor superioare	Manierele de interpretare, orchestrația, etc.	Identitatea sonoră a instrumentelor, vocilor, etc.
Durata	Durata sunetului de la producere la stingere	Valorile de notă, tempoul, etc.	Lung - scurt

În continuare va fi analizată fiecare proprietate, din toate cele trei perspective:

2.2.1 Înălțimea

Înălțimea e proprietatea sunetului care ne dă senzația de acut, mediu, grav.

Cercetările au arătat că această percepție are legătură directă cu numărul de oscilații efectuate de corpul care produce sunetul. Cu cât acest număr e mai ridicat, cu atât sunetul este mai acut. Același număr de oscilații e imprimat și moleculelor de aer. Înălțimea e deci dată de numărul de oscilații complete efectuate în unitatea de timp (secunda), mărime care în fizică poartă numele de *frecvența oscilației*.

Unitatea de măsură pentru frecvență se numește *Hertz*⁴, prescurtat Hz.

Prin măsurători s-a determinat că auzul uman poate percepe sunete cu frecvențe aflate între circa 40 Hz pînă la ușor peste 16.000 de Hz. Peste această frecvență percepția e foarte dificilă. Limita superioară variază foarte mult de la persoană la persoană și mai ales cu vîrsta. În vreme ce copiii și tinerii pot percepe sunete cu frecvențe spre 20.000 de Hz, odată cu înaintarea în vîrstă limita scade spre 14.000, 12.000 Hz, chiar 10.000 Hz. Limita superioară mai e afectată și de starea de sănătate – cu toții am simțit senzația de “ureche înfundată” în anumite afecțiuni, dar și la expunerea prelungită la nivele ridicate de presiune sonoră. Avertismentele despre deteriorarea auzului la folosirea echipamentelor audio la nivele mari, nu sînt exagerări. Se poate ajunge chiar la surzire temporară, probabil ați simțit asta dacă ați avut neșansa să vă nimeriți pe lîngă vreo boxă de mare putere la un concert sau în vreun club. După ce ați plecat din zonă, o vreme, ați avut senzația că nu mai auziți mai nimic. Trebuie să fim conștienți de toate acestea și să ne protejăm printr-o adevărată igienă a auzului.

Dacă coborîm pe scara frecvențelor, sub 40 Hz auzim tot mai greu sunetul, iar la frecvențe încă mai joase percepția devine mai degrabă tactilă.

Deoarece limitele inferioară și superioară ale auzului variază atît de mult de la individ la individ, s-a delimitat o zonă acoperitoare pentru toate situațiile, numită *spectru audio* și care se consideră că include toate sunetele audibile. În felul acesta, dacă un echipament audio poate asigura această gamă de frecvențe este sigur că el nu va limita percepția noastră senzorială.

Spectrul audio cuprinde sunetele cu frecvențe între 20 și 20.000 de Hz.

Ingineria de sunet operează cu sunete avînd această gamă de frecvențe. Sunetele cu frecvențe peste 20.000 Hz se numesc *ultrasunete*, nu sînt percepute de om, deși unele animale le pot auzi, cum sînt cîinii, pisicile, desigur lilieci care folosesc ultrasunetele pentru eco-locuție. Cele cu frecvențe sub 20 Hz se numesc *infrasunete* și sînt percepute de om pe alte căi, mai degrabă “simțindu-le” ca o vibrație, cu ajutorul pielii sau a corpului. Fenomenul vă e familiar dacă s-a întîmplat să așteptați să traversați o stradă cu ceva gropi (sună cunoscut?), în timp ce trecea un camion greu, încărcat. Trepidațiile pe care le-ați simțit cu tot corpul sînt infrasunete cu frecvențe de ordinul hertzilor.

O analiză a sunetelor din perspectiva înălțimii lor ne conduce la constatarea că în cazul unora putem determina cu precizie frecvența, cu ajutorul unor aparate de măsură, pe cînd în cazul altora măsurarea e practic imposibilă. Adică...există sunete fără frecvență? Nu. Sunt sunete a căror frecvență variază haotic și foarte rapid, în limite destul de largi, încît e practic nedeterminabilă. Originea unei astfel de situații e o oscilație neregulată, lipsită de ciclicitate, a corpului care a produs acel sunet. E vorba de *zgomote*.

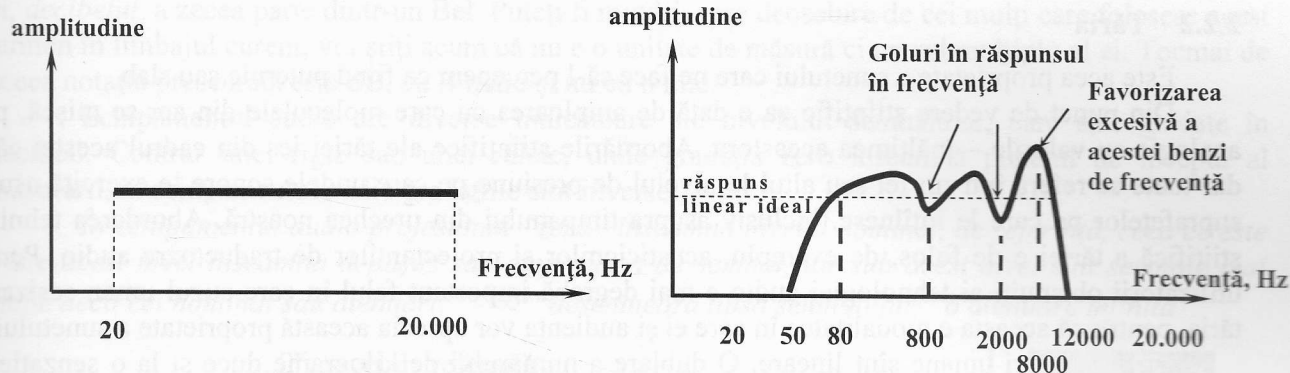
Zgomotul este un sunet cu înălțime nedeterminată.

⁴ Denumirea a fost dată în onoarea fizicianului german Heinrich Hertz.

Chiar și așa, putem totuși spune că unele zgomote sînt mai “înalte” decît altele, și asta pentru că ele acoperă o anumită zonă din spectrul audio. Un geam spart produce un zgomot acut, pe cînd un tunet îndepărtat un zgomot grav.

Abordarea științifică și muzicală a înălțimii merg mînă-n mînă, fiecare notă reprezentînd un sunet cu o frecvență bine determinată. Prin standard internațional nota *la*, după care se acordează în general instrumentele, are frecvența de 440 Hz. Această notă *la* se află în octava centrală, cea poziționată aproximativ la mijlocul claviaturii unui pian. O particularitate interesantă e că o notă aflată la o octavă mai sus decît alta, are frecvența dublă față de aceasta. Deci nota *la* aflată la o octavă mai sus decît *la* din octava centrală, va avea frecvența de 880 Hz. Desigur, cel aflat cu o octavă mai jos va avea frecvența de 220 Hz.

Deoarece finalitatea echipamentelor audio este reproducerea sunetelor aflate în spectrul audio, se pune mereu problema felului în care aceste echipamente răspund la gama de frecvențe din acest spectru, ceea ce reprezintă o măsură a fidelității lor (dar nu singura). Pentru a aprecia acest aspect se folosesc **grafice de răspuns în frecvență**, furnizate de producătorul echipamentului respectiv în cartea sa tehnică. Ele sînt foarte sugestive și ușor de citit. În figura de mai jos din stînga este reprezentat graficul de răspuns în frecvență al unui dispozitiv ideal, care reproduce întreg spectrul audio fără să favorizeze / defavorizeze unele frecvențe:



Graficul din figura din stînga este o dreaptă pentru că toate frecvențele din spectrul audio sînt redade la fel. În graficul din figura din dreapta se observă o curbă de răspuns foarte sinuoasă care, comparativ cu răspunsul linear ideal din stînga, indică următoarele:

- dispozitivul nu răspunde la frecvențe mai joase de 50 Hz
- sub 80 Hz atenuarea e așa de abruptă încît nu se poate conta pe această zonă, practic dispozitivul e utilizabil eficient peste 80 Hz
- în jurul frecvențelor de 800 și 2000 de Hz se observă un deficit destul de pronunțat, care se traduce prin denaturarea sonorității inițiale.
- zona din jurul frecvențe ide 8000 de Hz este favorizată foarte mult, ceea ce se traduce printr-o sonoritate foarte stridentă, metalică
- dispozitivul nu reproduce frecvențele foarte înalte, avînd un răspuns limitat la 12000 Hz.

Toate aceste abateri de la idealul “liniei drepte” din figura din stînga se numesc *neliniarități de răspuns în frecvență*, sau *distorsiuni de frecvență*. Cu cît acestea sînt mai pronunțate, cu atît dispozitivul va denatura mai mult sonoritatea sunetului. În cazul de mai sus se vede că nu atît banda de

frecvențe mai redusă decît spectrul audio este problema, ci neliniaritatea răspunsului în banda de frecvențe, care duce la o modificare nedorită destul de pronunțată a sonorității sursei.

Cu toate progresele foarte mari din domeniul electronicii și echipamentelor audio în general, primele și ultimele componente din lanțul electroacustic rămîn în continuare problematice: *microfoanele și difuzoarele*. În vreme ce microfoanele de vîrf de gamă se apropie totuși de perfecțiune, chiar și cele mai performante difuzoare tot nu pot reproduce într-adevăr foarte fidel sunetul. Totuși au reușit să se apropie destul de mult și aici se vede, de exemplu diferența dintre un set de monitoare de studio și un set de boxe pentru audiție domestică. Ca și cum lucrurile nu sînt deja destul de complicate, neliniaritatea microfoanelor nu e neapărat un lucru rău, felul în care colorează ele sunetul poate favoriza anumite surse, ajutîndu-le în anumite contexte sau făcîndu-le să sune “mai bine ca în realitate”.

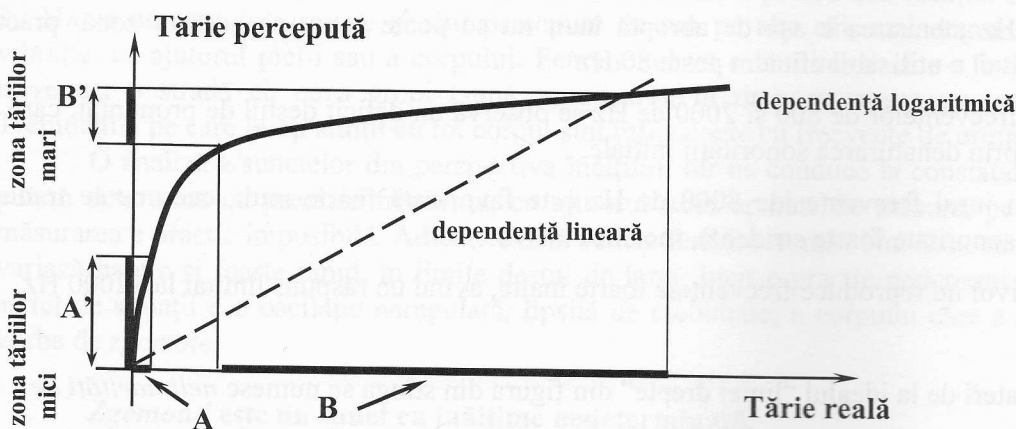
Ca o concluzie la toate cele prezentate mai sus, e de reținut că partea cea mai importantă a spectrului audio e între circa 40 și 16000 Hz. Între două limite superioare de 12000 și 16000 Hz, se va simți diferența, dar peste 16000 diferențele sînt foarte reduse și destul de greu sesizabile. Deasemeni trebuie reținut că nu atît o bandă foarte largă de frecvențe aduce o fidelitate mai mare cît o abatere cît mai redusă de la redarea lineară a tuturor frecvențelor din gama respectivă.

2.2.2 Tăria

Este acea proprietate a sunetului care ne face să-l percepem ca fiind puternic sau slab.

Din punct de vedere științific ea e dată de amplitudinea cu care moleculele din aer se mișcă, prin analogie cu valurile – înălțimea acestora. Abordările științifice ale tăriei ies din cadrul acestei cărți, dar toate se referă într-un fel sau altul la nivelul de presiune pe care undele sonore le exercită asupra suprafețelor pe care le întîlnesc, inclusiv asupra timpanului din urechea noastră. Abordarea tehnico-științifică a tăriei e de folos, de exemplu, acusticienilor și proiectanților de traductoare audio. Pentru utilizatorii obișnuiți ai tehnologiei audio e mai degrabă important felul în care auzul uman sesizează tăria, pentru că aceasta e modalitatea în care ei și audiența vor aprecia această proprietate a sunetului.

Unele simțuri umane sînt lineare. O dublare a numărului de kilograme duce și la o senzație că obiectul respectiv e de două ori mai greu, pe cînd o dublare a tăriei sunetului nu duce la o senzație că sunetul e de două ori mai tare. Mai precis este nevoie de mărirea de zece ori a tăriei reale pentru ca noi să percepem sunetul ca fiind de două ori mai tare. O astfel de dependență se numește *logaritmică*⁵, iar graficul ei e dat în figura de mai jos, comparativ cu dependența lineară, reprezentată cu o linie punctată.



⁵ Logarithmul unui număr este exponentul puterii la care trebuie ridicat un alt număr (numit bază) pentru a se obține numărul dat. De exemplu logarithmul în baza 10 al lui 100 este 2. Matematic aceasta se scrie $\log_{10} 100=2$. Adică trebuie să-l ridicăm pe 10 (care e baza) la puterea 2 pentru a obține numărul 100. Logarithmul în baza zece se mai notează **lg**.