IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Projekts "Atbalsts pēcdoktorantūras pētniecības īstenošanai", vienošanās nr. 1.1.1.2/16/I/001. Pētniecības pieteikums "Skaņu pastiprinošo sistēmu ilgtermiņa ietekme uz skolotāju balss slodzes samazināšanu un verbālo instrukciju izpratnes uzlabošanu skolēniem" (1.1.1.2/VIAA/1/16/001)

Zinātības apraksts

SKAŅU PASTIPRINOŠĀS SISTĒMAS CERTES *PENTACLASS* IETEKMES IZVĒRTĒJUMS UZ SKOLOTĀJU BALSS PARAMETRIEM

Baiba Trinīte, Dr.med.

Liepājas Universitātes asociētā profesore, vadošā pētniece

Saturs

1. Klašu telpu raksturojums pētījumā iesaistītajās skolās…… 3
   1.1. Telpu mērījumu metodoloģija ……. 4
      1.1.1. Reverberācijas laiks …….. 4
      1.1.2. Aktivitātes troksnis …….. 5
   1.2. Rezultāti. Telpu akustika ……. 7
2. Pētījuma dalībnieki ……. 14
   2.1. Pētījuma izlases veidošana …… 14
   2.2. Pētījuma grupas raksturojums ……... 15
3. Certes *PentaClass* ietekme uz skolotāju balss slodzi ……..…… 19
   3.1. Balss slodze, to ietekmējošie faktori ……. 19
   3.2. Pētījuma metodes ……...… 21
   3.3. Pētījuma rezultāti ……. 23
      3.3.1. Mērījumu ilgums ……..……... 23
      3.3.2. Fonācijas laiks …….…… 25
      3.3.3. Balss intensitāte ……..……. 28
      3.3.4. Balss pamatfrekvence …….. 29
      3.3.5. Certes *PentaClass* izmantošanas komforts ……..…… 31
   3.4. Secinājumi un rekomendācijas …… 32

Izmantotie avoti ……..……..…… 35

1. KLAŠU TELPU RAKSTUROJUMS PĒTĪJUMĀ IESAISTĪTAJĀS SKOLĀS

Skaņu pastiprinošās sistēmas Certes *PentaClass* ietekmes izvērtēšana uz skolotāju balss parametriem tika veikta trīs Liepājas izglītības iestādēs un divās Turīnas pilsētas sākumskolās Itālijā. Kopumā tika izvēlētas piecas arhitektoniski dažādas ēkas, kuras atšķīrās ar projektēšanas stilu, būvniecībā izmantotajiem materiāliem, klašu telpu lielumu, plānojumu un apdares materiāliem, kā arī dažādo novietojumu pilsētā attiecībā pret intensīvas satiksmes ielām (sk. 1.-5. att.). Vairāku izglītības iestāžu iekļaušana pētījumā tika pamatota ar iespēju iegūt datus par skaņu pastiprinošo sistēmu lietošanas efektivitāti atšķirīgos klašu telpu akustiskos nosacījumos.

1.attēls. Skolas ēka celta 1991.gadā, Liepāja (Nr. 1)

2. attēls. Skolas ēka celta 1912. gadā, Liepāja (Nr. 2)

3. attēls. Skolas ēka celta 1846. gadā, pēdējā renovācija 1980.gadā, Turīna, (Nr. 3)

4. attēls. Skolas ēka celta 1903./04. gadā, Turīna (Nr. 4)

5.attēls. Skolas ēka celta 20.gs 80. gados, Liepāja (Nr. 5)

Pirmajā skolas ēkā tika apsekotas deviņas mācību klašu telpas un balss slodzes mērījumi tika veikta deviņiem skolotājiem; otrajā – piecas klašu telpas, pieci skolotāji; trešajā – divas klašu telpas, trīs skolotāji; ceturtajā – viena klases telpa, viens skolotājs; piektajā – viena klases telpa, viens skolotājs. Mērījumi klašu telpās tika veikti no marta līdz maijam un novembrī.

1.1. Telpu mērījumu metodoloģija

Telpu akustiskas raksturošanai tika izmantots reverberācijas laiks (T30) un aktivitātes troksnis (L_A). Paralēli telpu akustikas mērījumiem tika veikts visu telpu:

- tilpuma aprēķins;
- gaisa temperatūras mērījumi (kalibrēta ierīce *Wohler CDL* 210, *VHM*)
- gaisa relatīvā mitruma mērījumi (kalibrēta ierīce *Wohler CDL* 210)

1.1.1. Reverberācijas laiks

Reverberācijas laiks ir laiks, kas nepieciešams, lai skaņa samazinātos par 60 dB. T30 ir reverberācijas laiks, kas noteikts izmantojot pirmos 30 dB skaņas dzišanas procesa intervālā no –5 dB līdz –35 dB. Reverberācijas laiku mēra sekundēs (s). Latvijas būvnormatīvs LBN 016-15 " Būvakustika" nosaka, ka mācību iestāžu klasēs (izņemot mūzikas klases) T(T30) 500-2000 Hz robežās ir jābūt 0,4 … 0,6 s.

Reverberācijas laiks tika mērīts saskaņā ar ISO 3382-2, izmantojot impulsīva trokšņa metodi, sasitot blīva koka klapi (vienas plāksnes virsmas izmēri 610 x 95 x 30) apm.1,5m augstumā no zemes (atbilstoši runātāja mutes līmenim). Reverberācijas laika mērījumos izmantoja rokas audio un akustisko analizatoru XL2 (*NTi AUDIO*), mikrofonu M4261 (2. klase, sensitivitāte 16 mV/Pa). Mikrofons atradās uz statīva 1,1 m attālumā no grīdas, 0,5 m no pārvietojamiem priekšmetiem (soli, krēsli) un 1,0 m no sienām un nepārvietojamiem priekšmetiem (skapji). Lai izslēgtu mērījuma veicēja ietekmi uz rezultātu, atrodoties tuvu pie mikrofona, mikrofons atradās atstatus no analizatora un mērījumu veicēja. Mērījumi tika veikti sekojošos punktos:

- T1: trokšņa avots (koka klape) klases telpas aizmugurējā labā stūrī;
- T2: trokšņa avots klases telpas aizmugurējā kreisā stūrī;
- T3: trokšņa avots klases telpas priekšējā kreisā stūrī;
- M1: uztvērējs (mikrofons) klases telpas priekšējā kreisā stūrī;

- M2: uztvērējs klases telpas aizmugurējā labā stūrī;
- M3: uztvērējs klases telpas aizmugurējā kreisā stūrī.

Tika izmantotas sešas mikrofona un trokšņa avota kombinācijas: T1M1, T1M3, T2M1, T2M2, T3M2, T3M3.

Reverberācijas laika mērījumi tika veikti tukšās (mēbelētās) klašu telpās, darba dienu pēcpusdienās pēc plkst. 18.00 vai brīvdienās, kad skola un mācību klašu telpas bija tukšas. Telpā atradās mērījumu veicējs un palīgs.

T30 vērtības tika iegūtas frekvenču joslā no 250 Hz-10 kHz. Telpas vidējais reverberācijas laiks tika aprēķināts, ņemot vērā katrā mērīšanas pozīcijā iegūtās 500, 1000 un 2000 Hz aritmētiskās vērtības (M_T30_0.5-2 kHz/s) un 500 un 1000 Hz aritmētiskās vidējās vērtības (M_T30_0.5-1 kHz/s). Iegūto datu apstrādei tika izmantota XL2 Data Explorer programmatūra.

Lai aprēķinātu prognozēto reverberācijas laiku pilnās klašu telpās, t.i., klasēs ar skolēniem (T_{progn_sk}) tika izmantota Sabines formula.

(1.1) *Sabines formula*: $T_{progn_sk} = 0{,}16 * V / A_{tot,}$

(1.2.) *Kopējā telpas absorbcija*: $A_{tot} = A_{kl} + A_{sk}$

(1.3.) *Telpas virsmu absorbcija*: $A_{kl} = A_{tot_tukša} = 0{,}16 * V / T$

(1.4.) *Skolēnu absorbcija*: $n * 0{,}30$ (*DIN 18041*),

kur V – klases telpas tilpums;

A_{tot} – kopējā telpas absorbcija;

A_{kl} ($A_{tot_tukša}$) – telpas virsmu absorbcija;

A_{sk} – skolēnu absorbcija;

T – reverberācijas laiks tukšā telpā;

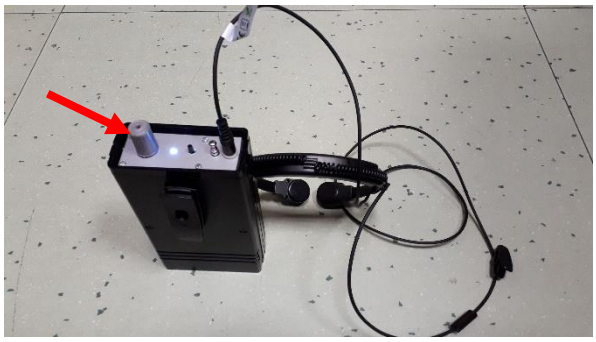
n – skolēnu skaits.

1.1.2. Aktivitātes troksnis

Fona troksnis dažādu mācību procesa aktivitāšu laikā tika mērīts izmantojot kalibrētu[1] balss dozimetru *Vocal Holter Med* (*PR.O.VOICE Srl*). Ierīce sastāvēja no

[1] Vocal Holter Med ārējā mikrofona kalibrēšana tika veikta ar Skaņas spiediena līmeņa kalibrēšanas ierīci SLC 1356 (RS PRO) 94 dB intensitātē.

datu ieguves un apstrādes (*Data Acquisition and Processing, DAP*) bloka, kurā bija integrēts audio (ārējais) mikrofons, un kontakta mikrofons. DAP blokā esošais audio mikrofons noteica fona troksni telpā ierīces darbības laikā (6.attēls). Lai izmērītu fona troksni, tika izmantoti sekojoši mērījumi: L_{A50}, L_{A75}, L_{A90}, L_{Aeq} (dB), kur $L_{A50, A75, A90}$ bija A–izsvarotais nepārtrauktas skaņas spiediena līmenis, kas bija atbilstošs 50%, 75% un 90% no mērīšanas perioda (tika aprēķināts statistiskas analīzes ceļā), L_{Aeq} – bija A–izsvarotais ekvivalents nepārtraukts skaņas spiediena līmenis.



6.attēls. Balss dozimetrs *Vocal Holter Med*. Ārējā mikrofona atrašanās vieta

Skolotāji ierīci lietoja visas darba dienas garumā. Tā tika piestiprināta pie jostas, ķermeņa priekšējā daļā un netika aizsegta ar apģērbu (7.attēls).

7.attēls. Vocal Holter Med un mikrofona *Runa* novietojums pētījuma laikā

Klašu telpās, kurās tika instalētas skaņu pastiprinošās sistēmas Certes *PentaClass*, fona trokšņa mērījumu analīze tika veikta dalīti – vidējais fona troksnis klases telpā, skaņu pastiprinošai ierīcei atrodoties ieslēgtā vai izslēgtā stāvoklī.

1.2. Rezultāti. Telpu akustika

1.2.1. Mācību telpu raksturojums

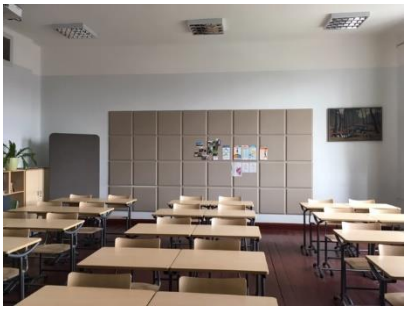
Skolas ēka Nr.1 atradās pilsētas mikrorajonā, intensīvas satiksmes ielas un jūras tuvumā. Netālu no skolas bija osta, tāpēc darba dienās darba laikā ielā bija intensīvas satiksmes plūsma, kā arī neregulāra dzelzceļa transporta pārvietošanās. Skolas ēka bija novietota apmēram 200 m no ielas, 500 m no jūras krasta. Ēkai visām klašu telpām logi, izņemot telpu N 4, bija ielas pusē. Telpai Nr. 4 logi bija vērsti uz skolas pagalmu. Visās telpās logu lielums bija 11,6 m^2. Logiem priekšā bija plāni aizkari. Telpu sienas klāja krāsots apmetums, pie sienām bija izvietotas mēbeles (vaļēji un slēgti skapji), atsevišķās telpās bija klavieres. Telpu grīdas klāja linolejs vai dēļu segums. Telpās bija ventilācijas lūkas, kuras atsevišķos kabinetos nepildīja savas funkcijas, jo bija aizsegtas.

Telpas Nr. 1-5 bija ēkas pirmajā stāvā, Nr. 6,7 – otrajā stāvā un Nr. 8, 9 ēkas trešajā stāvā. Visas telpas katrā stāvā bija savienotas ar gaiteni. Visās klašu telpās bija krīta tāfeles.

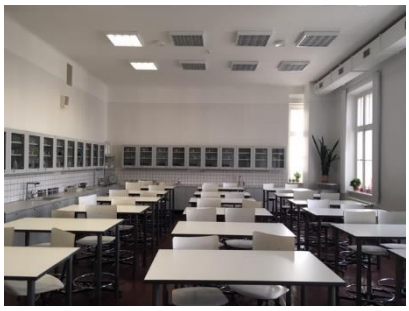
8. attēls. Skolas Nr. 1 klašu telpu paraugi

Otrā skolas ēka atradās pilsētas centrā, netālu no intensīvas satiksmes ielas. Skola atradās vēsturiskā 1912.gadā celtā ēkā, kura bija renovēta 2017. gadā. Pētījumā tika iesaistīti skolotāji, strādājoši klašu telpās Nr. 10-14. Klašu telpām Nr. 10, 11, 12, 14, 19 logi bija vērsti uz skolas pagalmu, kopējā platība 12,6 m^2. Biezi aizkari un žalūzijas bija tikai telpā Nr. 11. Telpu sienas sedza krāsots apmetums, visās telpās uz aizmugurējās sienas bija piestiprināts mīksts akustisks panelis 448 x 224 cm (10 m^2). Griesti – krāsots betons. Uz grīdām dēļu segums. Slēgti skapji atradās pie logam pretējās sienas. Visās telpās bija krīta tāfeles. Klašu telpas atradās pirmā, otrā un trešā

stāvā, tās savienoja skolas gaitenis. Telpa Nr. 13 bija skolas pagrabā. Tai bija trīs logi, kuru kopējais lielums bija 4,2 m^2, betona grīda un griesti, krāsota apmetuma sienas. Telpā bija mājsaimniecības ierīces. Telpa Nr. 14 (ķīmijas kabinets) atradās trešā stāvā, atsevišķi nodalītā īsākā gaitenī, tās logi bija vērsti uz ielas pusi. Dēļu grīda, krāsota betona griesti. Sienas klāja krāsots apmetums un flīzes. Klases telpa bija savienota ar nelielu palīgtelpu. Pie sienām slēgti skapji. Klasē bija baltā tāfele un vilkmes skapis.



9.attēls. Telpas Nr. 10 un Nr. 11 (pa labi) skolā Nr. 2



10. attēls. Telpas Nr. 13 un Nr. 14 (pa labi) skolā Nr. 2

Trešā skola atradās vēsturiskā 1846. gadā celtā un 1980. gadā renovētā ēkā, kas atradās klusā pilsētas rajonā. Telpām (Nr. 15, 16) bija dēļu grīda, krāsota apmetuma sienas, betona griesti, logi, kurus daļēji sedz žalūzijas. Logi vērsti uz ielas pusi. Telpu aizmugurējās sienas bija klāta ar perforētiem akustiskiem paneļiem. Telpās pie gala un sānu sienām bija daļēji slēgti plaukti un skapji. Stundu laikā durvis, kas savienoja klases telpas ar gaiteni, bija atvērtas. Klasēs bija baltās tāfeles.

11.attēls. Telpa Nr. 15

Ceturtā skolas ēka bija vēsturiska, celta 1903./1904. gadā, atradās klusā pilsētas centra rajonā. Logi vērsti uz ielu. Krāsota apmetuma sienas ar akustiskiem paneļiem, piekaramie griesti, grīdas segums – flīzes. Logus daļēji sedza žalūzijas. Daļēji slēgti skapji atradās pie klases aizmugurējās sienas. Klasē atradās krīta tāfele.

Piektā skola bija iekārtota bijušā bērnu dārza ēkā, daudzstāvu dzīvojamo māju rajonā. Klases telpa atradās otrā stāvā, logi bija pie abām sānu sienām un bija vērsti uz skolas sporta laukuma pusi un skolas pagalmu; kopējā logu platība 18,8 m^2. Grīdu sedza linolejs, krāsota apmetuma sienas. Pie aizmugurējās sienas slēgts skapis. Telpa bija savienota ar palīgtelpu un nelielu slēgtu gaiteni. Telpā bija baltā tāfele.

1.2.2. Mācību telpu gaisa kvalitātes un akustiskie mērījumi

Visās pētījumā iesaistītajās klašu telpās tika aprēķināts telpas tilpums un griestu augstums, kā arī veikti gaisa temperatūras un gaisa relatīvā mitruma mērījumi, izmantojot kalibrētas mērierīces. Iegūtos rezultātus sk. 1. tabulā.

1.tabula

Telpu tilpums (V), griestu augstums (h), gaisa temperatūra (t) un gaisa relatīvais mitrums (RH) mērījumu veikšanas laikā

Skolas Nr. - tips	*Klases telpas Nr.*	*Skolotājs N*	*V (m^3)*	*h (m)*	*t^0 C*	*RH (%)*
1-S (LV)	1	1	180	3,0	21,8	34,8
1-S (LV)	2	2	178	3,0	20,6	30,0
1-S (LV)	3	3	178	3,0	21,8	33,1
1-S (LV)	4	4	165	3,0	20,9	35,9
1-S (LV)	5	5	177	3,0	22,5	36,1
1-S (LV)	6	6	175	3,0	21,9	28,2
1-S (LV)	7	7	180	3,0	22,7	26,6
1-S (LV)	8	8	176	3,0	22,2	35,2
1-S (LV)	9	9	176	3,0	23,3	38,0
2-G	10	10	228	3,92	25,5	32,4

Skolas Nr. - tips	*Klases telpas Nr.*	*Skolotājs N*	*V (m^3)*	*h (m)*	*t^0 C*	*RH (%)*
2-G	11	11	240	3,93	25,3	37,9
2-G	12	12	178	3,97	25,0	32,4
2-G	13	13	141	2,47	24,8	35,0
2-G	14	14	320	3,94	22,7	38,1
3-S (IT)	15	15	232	5,10	25,5	49,3
3-S (IT)	15	16	232	5,10	25,5	49,3
3-S (IT)	16	17	264	4,97	27,3	52,2
4-S (IT)	17	18	201	3,86	22,7	61,0
5-S (LV)	18	19	177	2,89	25,1	43,7
2-G	19	20	234	3,93	26,8	38,8

Piezīme. Skolas tips: S (LV) – sākumskola Latvijā, S (IT) – sākumskola Itālijā, G – ģimnāzija.

Reverberācijas laika mērījumu aprēķini tika veikti 0,5-2 kHz un 0,5-1 kHz frekvenču joslās tukšās telpās. Prognozētais vidējais reverberācijas laiks klašu telpās, kurās atradās skolēni, tika aprēķināts, izmantojot Sabines formulu (sk. 2. tab.).

2.tabula

Reverberācijas laiks (T30) klašu telpās

Skolas Nr. - tips	*Klases telpas Nr.*	*Skolotājs N*	*T30_0.5-2 kHz (s)*	*T30_0.5-1 kHz (s)*	*M_T30_prog n_ 0.5-1 kHz (s)*
1-S (LV)	1	1	0,85	0,81	0,67
1-S (LV)	2	2	1,00	0,98	0,82
1-S (LV)	3	3	0,87	0,81	0,68
1-S (LV)	4	4	0,77	0,74	0,64
1-S (LV)	5	5	1,25	1,19	0,96
1-S (LV)	6	6	0,83	0,8	0,66
1-S (LV)	7	7	0,77	0,79	0,67
1-S (LV)	8	8	0,73	0,74	0,62
1-S (LV)	9	9	0,73	0,73	0,61
2-G	10	10	1,25	1,32	1,01
2-G	11	11	0,98	1,01	0,86
2-G	12	12	1.46	1,49	1,23
2-G	13	13	1,42	1,42	1,12
2-G	14	14	1,39	1,44	1,17
3-S (IT)	15	15	nd	nd	nd
3-S (IT)	15	16	nd	nd	nd
3-S (IT)	16	17	nd	nd	0,8
4-S (IT)	17	18	nd	nd	0,5
5-S (LV)	18	19	0,89	0,88	0,76
2-G	19	20	1,35	1,40	1,08

Piezīme. nd - nav datu

Iegūtie rezultāti liecināja, ka nevienā no apsekotajām mācību telpām reverberācijas laiks (T30_0.5-2 kHz) tukšās telpās nebija atbilstošs LBN "Būvakustika" noteiktajai normai līdz 0,6 s. Visās apsekotajās telpās reverberācijas laiks pārsniedza LBN noteiktās normas.

Ergonomikas kontekstā troksnis ir jebkura skaņa, kas traucē, kaitina vai rada fizioloģiskas reakcijas cilvēkiem, kas atrodas tā ietekmē. Pēc izcelsmes var izdalīt divus trokšņa veidus: (1) fona troksnis, kuru rada iekšēji vai ārēji trokšņa avoti (ventilācijas ierīču radīts troksnis, satiksmes troksnis u.c.); (2) aktivitātes troksnis, kuru rada telpā esošie cilvēki vai viņu lietotie priekšmeti (sarunāšanās, pārvietošanās, mēbeļu kustēšanās, rakstīšana, lapu pāršķiršana u.c.). Pētījumā aktivitātes trokšņa mērījumi tika veikti ar pie skolotājas apģērba piestiprinātu ierīci *Vocal Holter Med* dažādu aktivitāšu laikā: mācību stundās, starpbrīžos, ēdamzālē un zālē sporta un deju stundās. Ņemot vērā, ka šī pētījuma kontekstā mūs interesēja skaņu pastiprinošo ierīču indicētas balss izmaiņas kontrolētā akustiskā vidē, tad turpmāk tiks apskatīti tikai tie rezultāti, kas attiecās uz aktivitātes trokšņa mērījumiem mācību telpās, kuras tika iepriekš apsekotas un kurās bija instalētas skaņu pastiprinošās ierīces.

Pētījumā tika iesaistīti sākumskolas skolotāji, kuri strādāja ar 1. – 4. klases skolēniem Latvijā (n = 10) un Itālijā (n = 4), kā arī ģimnāzijas skolotāji, kuri strādāja ar 7. – 12. klašu skolēniem (n = 6). Pētījumi liecina, ka vidējais aktivitātes troksnis (L_{A90}) mācību stundu laikā sākumskolas klasēs variē robežās no 42 – 61 dB (A) (*Sala & Rantala*, 2019; *Sala & Rantala*, 2016; *Shield, Greenland, & Dockrell*, 2010)

Tika izvirzīts pieņēmums, ka skolēnu vecums un kultūrvides tradīcijas varētu ietekmēt aktivitātes trokšņa līmeni, tāpēc atsevišķi tika analizēti aktivitātes trokšņa mērījumi sākumskolas un ģimnāzijas klasēs, kā arī Latvijas un Itālijas izglītības iestādēs. Vidējās aktivitātes trokšņa vērtības stundās (L_{A90}, L_{A75}, L_{A50}, L_{Aeq}) dB (A) atspoguļotas 3. tabulā.

3.tabula

Vidējās stundu aktivitātes trokšņa vērtības klasēs bez skaņu pastiprinošām sistēmām (dB(A))

Izglītības iestāde	*Mērījumu ilgums (min)*	L_{A90} *(dB)*		L_{A75} *(dB)*		L_{A50} *(dB)*		L_{Aeq} *(dB)*	
		M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Sākumsk_LV	6330	57,1	8,4	65,4	11,5	77,8	15,6	74,9	6,9
Sākumssk_IT	983	55,4	7,4	62,9	9,7	75,0	15,1	72,7	6,0
Gimnāzija	2982	56,6	8,9	64,8	10,7	76,2	15,2	72,3	6,5

Manna-Vitneja testa rezultāti norādīja, ka vidējās aktivitātes trokšņa vērtības (L_{A90}, L_{A75}, L_{A50}, L_{Aeq}) stundu laikā Latvijas sākumskolu klasēs bija lielākas nekā Itālijas sākumskolās ($p < 0,001$), t.i., mācību stundās Latvijas sākumskolas skolēni bija skaļāki nekā Itālijas sākumskolas skolēni.

Salīdzinot aktivitātes troksni sākumskolā (LV) un ģimnāzijā, statistiski nozīmīgas atšķirības ($p < 0,001$) aktivitātes trokšņa vērtībās bija vērojamas tikai L_{Aeq} parametrā, t.i., ģimnāzijas klasēs A-izsvarotais ekvivalentais skaņas spiediena līmenis bija zemāks nekā sākumskolā jeb stundu laikā ģimnāzijas skolēni bija klusāki nekā sākumskolas skolēni. L_{A90} ir mērījums, kurš visprecīzāk raksturo fona (aktivitātes) troksni izmērāmajā telpā, t.i., raksturo skaņas spiediena līmeni, kas novērojams 90% no mērījumu veikšanas laika. Iegūtie rezultāti nenorādīja uz statistiski nozīmīgām aktivitātes trokšņa L_{A90} vidējo vērtību atšķirībām starp sākumskolas (LV) un ģimnāzijas klašu grupām (Manna-Vitneja tests).

Aktivitātes troksnis (L_{A90}) mācību stundu laikā pozitīvi korelēja ar skolēnu skaitu klasē ($r_S = 0,098$, $p < 0,001$), klašu grupu ($r_S = 0,04$, $p = 0,025$) un stundu skaitu, t.i., jo vēlāka stunda, jo skaļāki kļuva bērni ($r_S = 0,170$, $p < 0,001$). Statistiski nozīmīga korelācija starp aktivitātes troksni klasēs mācību stundu laikā un telpas tilpumu, kā arī prognozēto reverberācijas laiku pilnā klasē netika novērota.

Aktivitātes trokšņa līmenis, kas novērojams 90% mērījuma veikšanas laikā (L_{A90}), tika aprēķināts atsevišķi klašu telpās, skaņu pastiprinošai sistēmai Certes *PentaClass* strādājot un tai esot izslēgtai. Iegūtie rezultāti atspoguļoti 4.tabulā. Saskaņā ar Vilkoksona rangu zīmju testa rezultātiem statistiski nozīmīgas vidējā aktivitātes trokšņa izmaiņas skaņu pastiprinošo sistēmu darbības laikā bija vērojamas Itālijas sākumskolas klasēs, kur vidējais aktivitātes troksnis mācību stundu laikā palielinājās par 2 dB (A) laikā, kas skaņu pastiprinošās sistēma Certes *PentaClass* bija ieslēgta.

4. tabula

Aktivitātes troksnis (L_{A90}) klašu telpās bez un ar Certes PentaClass darbību

Izglītības iestāde	*Mērījumu ilgums (min)*	*L_{A90}_bez PentaClass (dB)*		*Mērījumu ilgums (min)*	*L_{A90}_ar PentaClass (dB)*		*p*
		M	*SD*		*M*	*SD*	
Sākumsk_LV	2193	57,6	8,7	3490	56,8	8,3	0,347
Sākumssk_IT	535	54,5	6,2	448	56,5	8,5	0,004
Gimnāzija	1824	56,8	8,6	1116	56,9	9,0	0,277

Kopsavilkums

Pētījuma rezultāti norādīja, ka Latvijas sākumskolās mācību stundu laikā aktivitātes troksnis bija lielāks nekā Itālijas sākumskolās. Aktivitātes troksnis mācību stundu laikā ir saistīts ar izmantojamo mācību metodi vai darba formu (frontāla nodarbība, grupu vai patstāvīgais darbs, kontroldarbs). Šī pētījuma objektīvs ierobežojums bija atšķirīgais apsekoto mācību telpu skaits un atšķirīgais mērījumu veikšanas ilgums Latvijas un Itālijas sākumskolās, kas varēja ietekmēt iegūtos rezultātus. Latvijā trokšņa mērījumi tika veikti desmit klasēs 105 stundas un 30 minūtes, turpretī Itālijā 16 stundu un 23 minūšu ilgi mērījumi stundu laikā tika veikti trīs klasēs. Lai arī pētījuma metodika neparedzēja uzskaitīt stundu laikā izmantotās mācību metodes un formas, tomēr teorētiski var pieļaut, ka, veicot mērījumus īsākā laika periodā un mazākā klašu skaitā, tās varētu atšķirties un līdz ar to nevar pieņemt, ka mērījumi sākumskolās Itālijā tika veikti tādu pašu aktivitāšu laikā kā tas bija Latvijā.

Sākumskolas un ģimnāzijas klasēs aktivitātes troksnis (L_{A90}) stundu laikā neatšķīrās. Vidējais aktivitātes troksnis sākumskolā bija 57,1 dB (A), ģimnāzijā – 56,6 dB (A). Iegūtie rezultāti bija saskaņā ar citiem Eiropā veiktiem pētījumiem, kas konstatēja, ka vidējais aktivitātes trokšņa līmenis mācību stundās ir 42-61 dB (A).

Bērnu skaits klasē un darba dienas garums ietekmēja aktivitātes trokšņa palielināšanos mācību stundu laikā.

Latvijas skolās iegūtie rezultāti nenorādīja, ka Certes *PentaClass* darbība ietekmētu aktivitātes trokšņa izmaiņu mācību klasēs. Izņēmums bija Itālijas sākumskolas, kurās bija vērojams aktivitātes trokšņa pieaugums skaņu pastiprinošo sistēmu darbības laikā, taču šo rezultātu interpretācijā būtu jāņem vērā iepriekš minētie ierobežojumi mērījumu veikšanas ilgumā un daudzumā.

2. PĒTĪJUMA DALĪBNIEKI

2.1. Pētījuma izlases veidošana

Skolotāju atlase notika saskaņā brīvprātības principu. Skolās tika izplatīta informācija par pētījumu un skolotāji tika aicināti pieteikties. Piekrišanu piedalīties pētījumā izteica 20 skolotāji.

Pētījuma dalībniekiem tika veikta sekojoši izmeklējumi:

- Toņa audiometrija. Izmantotais aprīkojums: kalibrēts audiometrs AD 226 (*Interacoustic*), standarta radio austiņas TDH 39 gaisa vadīšanas pārbaudei, austiņas B71 kaula vadīšanas pārbaudei. Testa stimuli 1-2 sekundes ilgi tīra toņa signāli 125, 250, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 Hz. Toņa intensitātes samazināšanas solis katrā frekvencē bija 5 dB. Audiometrija tika veikta dzirdes kabīnē AB 4240 (*Eckel*);
- Laringostroboskopija;
- Balss funkcijas pārbaude. Izmantotais aprīkojums: Akustiskā signāla analīzes programma *PRAAT* (v.6.1.05), AVQI (*Phonanium*, v.02.03), interfeiss *Scarlett Solo* (*Focusrite*), kondensatora tipa mikrofons C544L (*AKG*). Balss akustiskās kvalitātes indekss (*Acoustic Voice Quality Index, AVQI)* ir objektīva disfonijas smaguma pakāpes noteikšanas metode. AVQI aprēķina, ņemot vērā noteiktu balss parametru (*CPPs, HNR, Shim local, Slope of LTAS, Tilt of LTAS*) objektīvas vērtības, kas tiek iegūtas no indivīda balss parauga. Respondentiem tika lūgts nepārtraukti izrunāt patskani /a/ un teikumu "Ziemelis un saule strīdējās kurš stiprāks. Viņi nolēma, ka uzvarētājs būs tas, kurš liks ceļiniekam izģērbties". Balss signāla akustiska analīze tika veikta nepārtraukti izrunāta patskaņa vidējam 3 sekunžu segmentam un teikuma pirmajām 18 zilbēm. Analīzes rezultātā tika iegūta AVQI vērtība. Balss akustiskās kvalitātes indeksa vērtība lielāka par 2,99 liecināja par balss traucējumu (*Maryn, De Bodt, & Roy*, 2010).
- Anketēšana:
    - Balss traucējuma indekss, BTI-30. Balss traucējumu indekss ir subjektīvs balss pašnovērtējuma tests, kura mērķis ir noteikt balss traucējuma ietekmi uz cilvēka fizisko un emocionālo pašsajūtu, kā arī izvērtēt tās funkcionalitāti komunikācijas nodrošināšanā darba vidē un

ikdienas dzīves situācijās. BTI veido 30 apgalvojumi, kuri respondentam ir jāizvērtē piecu punktu Likerta skalā. Lielāks iegūto punktu skaits korelē ar izteiktāku balss traucējuma smaguma pakāpi. Kopējais testā iegūtais punktu skaits robežās no 30 līdz 60 liecina par vidēji smagiem balss traucējumiem, bet vairāk kā 60 punkti – par smagas pakāpes balss traucējumiem (*Trinite & Sokolovs,* 2014);

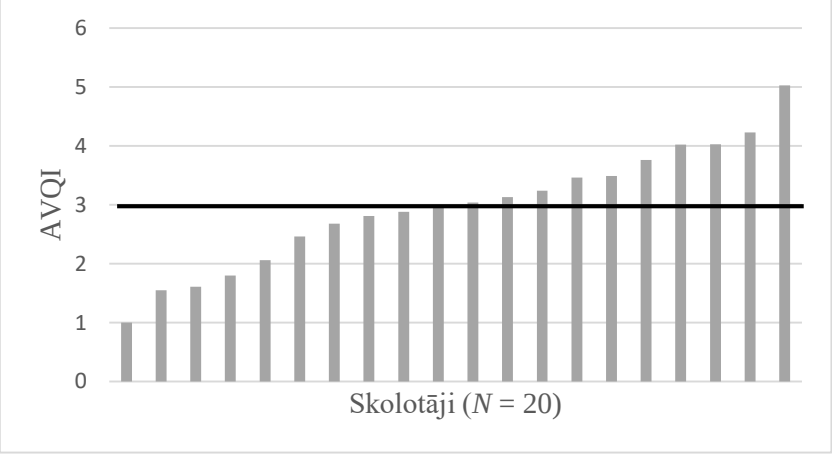
- Balss ergonomikas novērtējums darba vietā (*Sala et al*., 2019).

2.2. Pētījuma grupas raksturojums

Pētījumā tika iekļauti 20 skolotāji, kuru vidējai vecums bija 49,3 ± 6,4 gadi, vecuma diapazons 38-62 gadi un vidējais pedagoģiskā darba stāžs 23 ± 7,7 gadi, pedagoģiskā darba stāža diapazons 8-38 gadi. Skolotāji strādāja dažādos izglītības posmos – sākumskolā (n = 14), ģimnāzijā (n = 6).

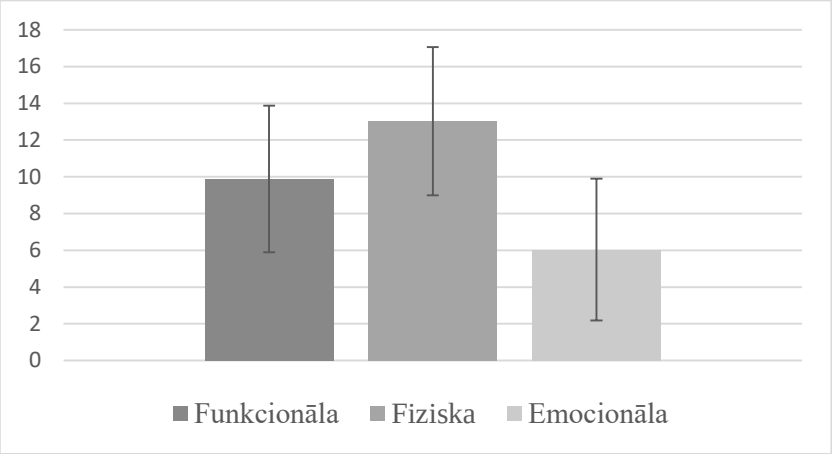
Dzirdes traucējumi pētījuma grupas dalībniekiem nebija vērojami. Laringoskopiska atrade atklāja balss saišu strukturālas izmaiņas septiņiem (35%) skolotājiem.

Desmit skolotājiem AVQI vērtība bija lielāka par 2,99, kas liecināja par balss traucējuma klātbūtni. Septiņi no šiem skolotājiem strādāja sākumskolā, bet trīs skolotāji strādāja ģimnāzijas posmā. Desmit skolotājiem balss akustiskais novērtējums nenorādīja uz balss traucējumu klātbūtni (sk. 12. att.).



12. attēls. Balss akustiskās kvalitātes indeksa vērtības pētījuma grupā. AVQI = 2.99 robeža starp patoloģisku un normālu balss skanējumu

Divpadsmit skolotājiem kopējā Balss traucējuma indeksa vērtība nepārsniedza 30 punktus, astoņiem skolotājiem tā bija lielāka par 30 punktiem (ar 46 punktu maksimālo vērtību). Visbiežāk skolotāji atzīmēja, ka balss skanējums ietekmē viņu fizisko pašsajūtu (sk. 13. att.). Skolotāji visbiežāk atzīmēja sekojošus fizisko pašsajūtu ietekmējošus apgalvojumus: "Mana balss mainās dienas laikā" (n = 20) un "Mana balss ir sliktāka vakarā" (n = 20), funkcionalitāti ietekmējošus apgalvojumus: "Cilvēkiem ir grūti saprast mani trokšņainā telpā" (n = 18), "Mana balss ir iemesls tam, ka cilvēkiem ir grūti sadzirdēt mani" (n = 14) un "Maniem tuviniekiem ir grūti sadzirdēt mani, kad es saucu viņus cauri istabām" (n = 13). Četrpadsmit skolotāji norādīja, ka balss problēmas satrauc viņus (emocionālās skalas apgalvojumi).



13.attēls. BTI-30 skalu vidējās vērtības un strandartnovirze skolotājiem (N = 20)

Skolotāji aizpildīja balss ergonomikas anketu, kurā izvērtēja darba vides apstākļus un balss lietošanas paradumus darba laikā. Skolotāji norādīja, ka mācību telpās, kurās tiek pavadīta lielākā darba dienas daļa, bija tehnisko ierīču radīts troksnis (n = 13), kā arī troksnis no ārpuses vai blakus telpas (n = 18). Telpu gaisu kvalitāte tika raksturota kā putekļaina (n = 17). Mācību telpās bija daudz putekļus uzkrājoši ar mācību procesu saistīti priekšmeti, uzskates līdzekļi, grāmatas, kā rezultātā putekļi bija vērojami ne tikai uz bieži tīrāmām virsmām, bet arī gaisā. Skolotāji atzīmēja arī ventilācijas problēmas, raksturojot gaisu telpā kā smagu vai sasmakušu, kas rada "smagas" galvas sajūtu (n = 12). Vairākās klašu telpās ventilācijas šahtas bija aizklātas vai noslēgtas un loga vai durvju atvēršana bija vienīgā iespēja uzlabot telpas gaisa kvalitāti.

Skolotāji atzīmēja, ka balss lietojums darba dienas laikā ir ilgstošs un pārmērīgs (*n* = 15), stundās tiek runāts skaļā balsī (*n* = 15) un balss intensitāte netiek samazināta darbiniekam uzturoties personāla telpās (*n* = 10). Skolotāji uzskatīja, ka viņu darbs ir saistīts ar balss aparāta slodzi (*n* = 19). Tikai daļai skolotāju bija iespēja atpūtināt savu balsi pārtraukuma laikā (*n* = 10). Skolotāji atzīmēja regulāru balss nogurumu (*n* = 15), balss aizsmakumu (*n* = 14) un krekšķi (*n* = 12). Skolotājiem tika lūgts raksturot ķermeņa pozu runas laikā atrodoties klasē. Lielākā daļa skolotāju savu ķermeņa stāvokli novērtēja kā labu un ērtu (*n* = 16). Anketas aizpildīšanas laikā (tas notika pēc stundām, darba dienas beigās) stresu izjuta 16 skolotāji.

Skolotāju anketēšana ietvēra jautājumus par viņu vispārējo veselības stāvokli. Četri respondenti norādīja uz gastroezofageālā refleksa klātbūtni, divi respondenti norādīja augšējo elpceļu alerģiju anamnēzē, bet deviņi skolotāji atzīmēja kakla un plecu joslas muskuļu sāpes.

Balstoties uz Balss akustiskās kvalitātes indeksa vērtību, tika izveidotas divas pētījuma grupas: (1) skolotāji ar balss traucējumiem, (2) skolotāji bez balss traucējumiem.

Grupa: Skolotāji bez balss traucējumiem (sk. 5. tab.).

Vidējais vecums 47,1 ± 7,6 gadi, vecuma diapazons 38-57 gadi, vidējais pedagoģiskā darba stāžs 20,5 ± 9,3 gadi, pedagoģiskā darba stāža diapazons 8-34 gadi, smēķētāji (*n* = 2). Vidējā AVQI vērtība bija 2,18 ± 0,68, AVQI vērtību diapazons 1,00-2,96 , vidējā BTI-30 vērtība 23 ± 12 punkti, diapazons 5-43 punkti.

5. tabula

Grupas "Skolotāji bez balss traucējumiem" raksturojums

Skolotājs	*Vecums*	*Darba stāžs*	*Izglītības posms*	*Smēķēšana*	*AVQI*	*BTI-30*
1	45	24	S	Nē	1.80	20
6	55	34	S	Nē	2.96	21
7	54	30	S	Nē	2.88	18
10	45	10	Ģ	Nē	1.61	5
12	38	15	Ģ	Nē	2.81	24
15	57	20	S	Jā	1.55	36
16	38	13	S	Jā	2.06	33
17	38	8	S	Nē	2.46	43
18	47	19	S	Nē	1.00	16
20	54	32	Ģ	Nē	2.68	10

Piezīme. S – sākumskola, Ģ – ģimnāzija

Grupa: Skolotāji ar balss traucējumiem (sk. 6. tab.).

Vidējais vecums 53,1 ± 4,4 gadi, vecuma diapazons 47-62 gadi, vidējais pedagoģiskā darba stāžs 27,8 ± 7,4 gadi, pedagoģiskā darb stāža diapazons 18-38 gadi, smēķētāji (*n* = 2). Vidējā AVQI vērtība 3,74 ± 0,61 punkti, diapazons 3,04-5,03 punkti, vidējā BTI-30 vērtība 28 ± 12 punkti, diapazons 15-46 punkti.

6. tabula

Grupas "Skolotāji ar balss traucējumiem" raksturojums

Skolotājs	*Vecums*	*Darba stāžs*	*Izglītības posms*	*Smēķēšana*	*AVQI*	*BTI-30*
2	52	28	S	Nē	3.49	42
3	47	18	S	Nē	3.04	15
4	56	30	S	Nē	3.46	35
5	55	37	S	Nē	5.03	46
8	62	38	S	Nē	4.23	17
9	52	35	S	Nē	3.24	40
11	52	29	Ģ	Nē	3.13	18
13	54	20	Ģ	Jā	4.02	17
14	54	19	Ģ	Jā	4.03	18
19	47	24	S	Nē	3.76	32

Piezīme. S – sākumskola, Ģ – ģimnāzija

Atšķirības starp abām grupām tika analizētas, izmantojot Manna Vitnija U testu. Abas respondentu grupas statistiski nozīmīgi neatšķīrās pēc respondentu vecuma un pedagoģiskā darba stāža (U = 29,5, p = 0,123; U = 28,0, p = 0,105). Lai arī skolotājiem ar balss traucējumiem bija vērojami augstāki BTI rezultāti nekā skolotājiem bez balss traucējumiem, tomēr statistiski nozīmīgas atšķirības starp grupām attiecībā uz BTI rezultātu nebija vērojamas (U = 42, p = 0,579).

3. CERTES *PENTACLASS* IETEKME UZ SKOLOTĀJU BALSS SLODZI

3.1. Balss slodze, to ietekmējošie faktori

Skolotāji ir viena no profesijām, kura paredz intensīvu balss lietošanu profesionālo pienākumu izpildes laikā. Skolotāju profesionālās sagatavotības līmenis neietver vai ļoti minimāli ietver zināšanas par balss ergonomiku (*Trinīte*, 2009), tāpēc ir vērojama augsta balss traucējumu izplatība skolotāju vidū. Latvijā 66,7% skolotāju pedagoģiskās karjeras laikā ir bijušas problēmas ar balsi (*Trinīte*, 2017). Ārzemju autoru pētījumu rezultāti liecina, ka balss problēmas varētu būt sastopamas 19 līdz 63% skolotāju (*Behlau, Zambon, Guerrieri, & Roy,* 2012; *Roy, Merrill, & Thibeault*, 2004; *Russel, Oates, Greenwood*, 1998) un biežāk nekā citu profesiju pārstāvjiem (*De Jong et al*., 2006; *Morton & Watson*, 1998; Roy *et al*., 2004).

Pastiprināta balss slodze un slikta klašu telpu akustika ir galvenie skolotāju balss traucējumu iemesli (*Sala, Laine, & Simberg*, 2001, *Trinīte* 2017). Starp telpas akustisku un balss slodzi pastāv cieša sakarība, t.i., slikta klases telpas akustika, paaugstināts fona troksnis palielina balss aparāta slodzi, sekmējot balss simptomu pastiprināšanos (*Cutiva, Vogel, & Burdorf*, 2013; *Jónsdottir, Boyle, Martin, & Sigurdardottir*, 2002).

Balss slodze ir balsenes veiktā darba apjoms runas laikā. Balss slodzes kvantificēšanai tiek izmantoti sekojoši kvantitatīvie rādītāji – fonācijas ilgums jeb laika deva (D_t), pamatfrekvence (F_0) un balss intensitāte, kas tiek izteikta kā skaņas spiediena līmenis (*SPL*). Fonācijas ilgums ir kopējais balss saišu audu vibrāciju ilgums noteiktā laika vienībā, kas tiek izteikts procentos (*Gaskill, O'Brien & Tinter*, 2012):

$$(3.1.) \quad \frac{Fonācijas\ laiks \times 100}{Monitoringa\ laiks} = \%$$

Pamatfrekvence ir kopējais balss saišu oscilējošo periodu skaits noteiktā laika vienībā, tiek mērīta hercos (Hz). Subjektīvi balss pamatfrekvence tiek uztverta kā balss augstums. Balss intensitāti raksturo radītās skaņas enerģijas daudzums. Balss intensitāti nosaka balss saišu oscilāciju amplitūda, to mēra decibelos (dB). Balss intensitāte (enerģija) nav tiešs balss saišu darbības mērījums, bet gan tas, cik skaļi noteiktā attālumā esošs recipients uztver balss saišu svārstību rezultātā radīto skaņu. Lai noteiktu

balss intensitātes skaitlisko vērtību, tiek ņemts vērā attālums no lūpām (vokālā trakta noslēgums) līdz skaņas spiediena līmeņa reģistrācijas vietai.

Vibrāciju radītā enerģija tiek pārnesta un balss saišu audiem un vibrāciju ekspozīcijas pakāpi parasti izsaka kā vibrācijas devu (*vibration dose*), ko aprēķina no trim parametriem: vibrāciju amplitūdas, frekvences un ilguma (*Titze & Hunter*, 2015). Švecs, Popolo un Titce (*Svec, Popolo & Titze*, 2003) balss slodzes noteikšanai iesaka izmantot terminu "vokālā deva" (*vocal dose*), kas pēc savas definīcijas atbilst vibrācijas devas raksturojumam. Titce uzskata, ka vidējais balss saišu sadursmes spēks (*f*) ir proporcionāls vibrācijas amplitūdai (*A*) un vibrācijas frekvencei (F_0). Viņš izvirza pieņēmumu, ka balss saišu bojājumi var rasties predisponētiem indivīdiem, ja pārsniegta vibrāciju devas kritiskā robeža. Skolotājiem ir vērojama tendence pārsniegt vibrāciju devu, jo ir balss pamatfrekvences paaugstināšanās (oscilāciju paātrināšanās) un balss intensitātes palielināšanās (balss saišu sakļaušanās spēka) risks, kas var veicināt balss saišu ievainojumus ar tiem sekojošiem funkciju traucējumiem (*Allison, Sandage & Weavver*, 2019; *Titze*, 1994). Balss parametru izpētei runas laikā izmanto balss dozimetrus.

Balss slodze var tikt samazināta, uzlabojot klašu telpu akustiku un izmantojot balss pastiprinošās ierīces. Mācību procesā var izmantot divu veidu balss pastiprinātājus – individuālās balss pastiprinošās ierīces (*ChatterVox, Spokeman*, u.c.) un virspusēji virzītas skaņas audio sistēmas, kas pastiprina balss skanējumu. Individuālo balss pastiprinošo sistēmu efektivitāte attiecībā uz balss parametru izmaiņu ir apskatīta vairākos pētījumos (*Assad, Gama, Santos, de Castro Magalhães*, 2019; Jonsdottir *et al.*, 2001; Gaskill *et al*., 2012; *McCormick & Roy*, 2002; *Morrow & Connor*, 2011; *Roy et al*., 2002; *Teixeira & Behlau*, 2015). Daudz mazāk zinātniskajā literatūrā ir pieejami pētījumi par virspusēji virzītu audio sistēmu ietekmi uz skolotāju balsi (*Gertel et al.*, 2004; Rosenberg *et al.*, 1999; *Sapienza, Crandell, & Curtis*, 1999), tāpēc šī pētījuma mērķis bija tieši šādu sistēmu efektivitātes novērtējums runātāja balss slodzes samazināšanas kontekstā.

Certes *PentaClass* ir virspusēji virzītas skaņas audio sistēma auditorijām, kuras var izmantot mācību telpās. Certes *PentaClass* ir samērā jauns produkts, kura ietekme uz runātāja balsi iepriekš nav bijusi pētīta. Tāpēc, lai noskaidrotu šīs sistēmas efektivitāti balss slodzes samazināšanā, tika organizēts pētījums, kura mērķis bija noskaidrot Certes *PentaClass* ietekmi uz skolotāju balss parametriem. Papildus tika izvirzīti uzdevumi: (1) izpētīt vai Certes *PentaClass* ietekme uz balss parametriem ir

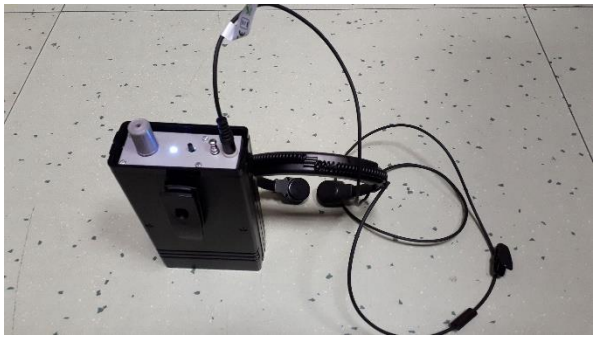
atšķirīga skolotājiem ar un bez balss traucējumiem; (2) izpētīt vai klases telpu akustika ietekmē Certes *PentaClass* ietekmi uz runātāja balss parametriem.

3.2. Pētījuma metodes

Pētījums tika akceptēts P.Stradiņa klīniskās universitātes slimnīcas Attīstības biedrības Klīniskās izpētes ētikas komitejā (Nr.291117-2L) un tā norise tika saskaņota ar izglītības iestāžu administrācijām.

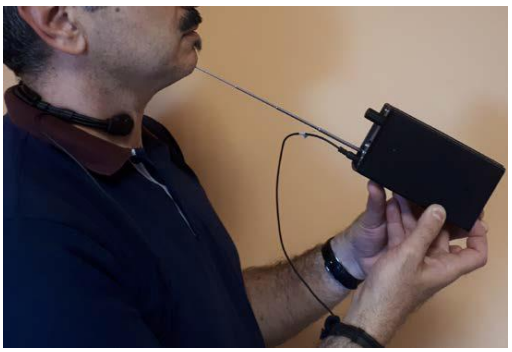
Pētījuma grupā tika iekļauti 20 skolotāji, no kuriem 10 bija ar balss traucējumiem un desmit dalībniekiem balss problēmas netika atklātas. Visi pētījuma dalībnieki bija sievietes. Pētījuma dalībnieku atlases procedūra un pētījuma grupas raksturojums ir aprakstīta Zinātības 2. nodaļā. Lai nodrošinātu izvirzīto mērķu sasniegšanu, pētījums tika organizēts mācību telpās ar atšķirīgu akustiku. Pētījumā iekļauto telpu raksturojums ir atrodams Zinātības 1. nodaļā.

Pētījumā iesaistītiem skolotājiem tika veikta balss monitorings visas darba dienas garumā, izmantojot kalibrētu balss dozimetru *Vocal Holter Med*. Ierīce sastāvēja no datu ieguves un apstrādes (*Data Acquisition and Processing, DAP*) bloka ar integrētu audio (ārējo) mikrofonu un kontakta mikrofona (14.attēls). DAP blokā esošais audio mikrofons reģistrēja fona troksni telpā ierīces darbības laikā, bet kontakta mikrofons reģistrēja balss parametrus: skaņas spiediena līmeni (*SPL, Sound Pressure Level*), pamatfrekvenci (F_0) un fonācijas laiku (D_t %). Balss dozimetrs *Vocal Holter Med* bija viegls, ērts valkāšanā un lietošanā un nodrošināja personas privātumu, t.i., šajā pētījumā netika veikts paralēls balss audio ieraksts.



14.attēls. Balss dozimetrs *Vocal Holter Med*

Kontakta mikrofons tika kalibrēts pirms katras monitoringa sesijas, t.i. katru rītu, uzsākot darba dienu. Kalibrēšanas procedūrai tika izraudzīta klusa telpa un tā ilga aptuveni piecas minūtes. Skolotāja tika lūgta aplikt kontakta mikrofonu ap kaklu tā, lai mikrofona stīpiņa blīvi piekļautos kakla ādai un nekustētos. Skolotāja tika brīdināta, ka mikrofonam šādā pozīcijā ir jāatrodas visu mērījuma veikšanas laiku. Izmantojot *DAP* blokā esošo antenu, tika fiksēts 20 cm attālums starp ārējo mikrofonu un lūpām (15.attēls). Tad tika uzsākta kalibrēšanas procedūra, kuras laikā skolotāja tika lūgta fonēt nepārtrauktu skaņu /a/ pieaugošā intensitātē – no klusas līdz skaļai. Kontakta mikrofona kalibrēšana tika veikta, izvēloties 80% minimālo linearitāti, kas nozīmēja mazāku paredzamo vidējo kvadrātisko kļūdu (*MSE*), t.i., mazāku standarta novirzi starp faktisko un prognozēto vērtību.



15.attēls. Balss dozimetra *Vocal Holter Med* kalibrēšanas procedūra

Skolotāji balss dozimetru lietoja no pirmās līdz pēdējai mācību stundai vairāku dienu garumā. Skolotājiem tika lūgts neizmainīt savas dienas plānus balss monitoringa laikā un tika rekomendēts strādāt tāpat kā ikvienā darba dienā, atbilstoši stundu sarakstam. Katrs skolotājs aizpildīja balss dienasgrāmatu, kurā katru dienu atzīmēja stundu un starpbrīžu sākuma un beigu laiku, mācību stundu (matemātika, latviešu valoda, u.c.), kabinetu (telpa, kurā ir veikti akustiskie mērījumi vai cita), klasi, bērnu skaitu mācību telpā, kā arī citu ar balss lietojumu svarīgu informāciju (brīvstunda, kontroldarbs, pastaiga u.t.t.). Skolotāji tika aicināti problēmu gadījumā nekavējoties sazināties ar pētījuma veicēju.

Darba dienas beigās monitorings tika pārtraukts un reģistrētie parametri (M_D_t (%), *M_SPL* (dB), M_F_0 (Hz)) tika lejupielādēti no *DAP* iekšējās atmiņas un pārnesti uz datora cieto disku, strukturēti un saglabāti. Dozimetrs nodrošināja nepārtrauktu balss parametru reģistrēšanu, aprēķinot katra parametra vidējās vērtības noteiktā laika

intervālā (6’, 1,25’). Monitoringa laikā skaņas spiediena līmenis (dB) tika reģistrēts 20 cm attālumā (d_0), tāpēc, lai noteiktu vidējo balss intensitāti 1 m attālumā (d) tika izmantota sekojošs vienādojums:

(3.2.) $$SPLd = SPLd0 + 20 \times \log_{10}\left(\frac{d0}{d}\right)$$

Ņemot vērā pētījuma mērķi, kas paredzēja novērot Certes *PentaClass* ietekmētas balss parametru izmaiņas klašu telpās ar kontrolētu akustiku, no visiem dienas laikā iegūtajiem datiem tika atlasīti tie, kas bija attiecināmi uz mācību stundām klašu telpās, kurās pirms tam bija veikti akustiskie mērījumi. Parametri, kas tika reģistrēti starpbrīžos, brīvstundās, stundās, kas notika citās mācību telpās, netika analizēti šī pētījuma kontekstā.

Skolotāju balss monitorings notika divās atšķirīgās vides situācijās: (1) bez skaņu pastiprinošām sistēmām Certes *PentaClass* (SPS) – bāzes dati, t.i., tiek reģistrēti balss parametri, kas ir raksturīgi skolotāja ikdienas balss lietojumam; (2) ar SPS – tiek reģistrēti balss parametri jaunos vides apstākļos. Pētījumā tika izmantota Certes *PentaClass* virspusēji virzītas skaņas audio sistēma ar bezvada mikrofonu *Runa*. Certes *PentaClass* skaņu pastiprinošā sistēma tika novietota uz statīva klases telpas aizmugurē 2,3 m attālumā no grīdas, ejā starp solu rindām. Sistēma nodrošināja vienmērīgu skaņas izkliedi telpā un runātāja balss pastiprināšanu. Mikrofons *Runa* bija pakārts skolotājam kaklā, 10 cm attālumā no lūpām (7.attēls). Mikrofons bija noregulēts tā, lai runātājs justos ērti un nebūtu vērojams atbalss efekts.

3.3. Pētījuma rezultāti

3.3.1. Mērījumu ilgums

Tika analizēti 20 skolotāju balss parametri, kas tika iegūti mācību stundu laikā klašu telpās, kurās pirms tam bija veikti akustiskie mērījumi (sk. 7. tab.). Kopējais veikto mērījumu ilgums apstākļos bez SPS izmantošanas bija 4552 minūtes (75 h 52 min), vidējais mērījumu ilgums pētījuma izlasē (N = 20) bija 228 ± 135 minūtes jeb 3 h 48 min. ± 2 h 15 min., mērījumu ilguma diapazons 72-510 minūtes. Kopējais veikto mērījumu ilgums apstākļos ar SPS bija 5054 minūtes (84 h 14 min), vidējais mērījumu

ilgums izlasē bija 253 ± 145 minūtes jeb 4 h 13 min. ± 2 h 25 min., mērījumu ilguma diapazons 66-540 minūtes. Divos dažādos telpu akustiskos nosacījumos veikto mērījumu ilgums statistiski nozīmīgi neatšķīrās: Z = -0,885, p = 0.376 (Vilkoksona zīmju tests).

7.tabula

Balss mērījumu skaits un ilgums stundu laikā klašu telpās ar kontrolētiem akustiskiem mērījumiem

Skolotājs	*Balss statuss*	*Skolas tips*	*Bez SPS*		*Ar SPS*	
			Mērījumu skaits	*Mērījumu ilgums (min)*	*Mērījumu skaits*	*Mērījumu ilgums (min)*
1*	VB	1	43	258	25	150
2*	BT	1	29	174	66	396
3*	BT	1	20	120	63	378
4*	BT	1	34	204	90	540
5*	BT	1	12	72	44	264
6*	VB	1	30	180	45	270
7*	VB	1	14	84	44	264
8*	BT	1	62	372	54	324
9*	BT	1	44	264	49	294
10*	VB	2	32	192	33	198
11*	BT	2	43	258	44	264
12*	VB	2	23	138	26	156
13*	BT	2	83	498	13	78
14*	BT	2	85	510	32	192
15**	VB	3	136	173	104	132
16**	VB	3	136	173	52	66
17**	VB	3	71	90	129	164
18**	VB	4	78	99	68	86
19**	BT	5	366	465	480	610
20*	VB	2	38	228	38	228

Piezīme. Parametru reģistrācijas periods (mērījums), kurā automatizēti tiek aprēķinātas vidējās vērtības : * 6 minūtes, ** 1,27 minūtes.
Balss statuss: BT – balss traucējumi, VB – vesela balss.
Skolas tips: skatīt nodaļā 1.2.1. .

Vidējais balss monitoringa ilgums skolotāju izlasēs ar un bez balss traucējumiem atspoguļots 8. tabulā. Skolotāju grupā bez balss traucējumiem monitoringa diapazons bija no 84 līdz 258 minūtēm, skolotājiem ar balss traucējumiem no 66 līdz 270 minūtēm. Abās skolotāju grupās balss monitorings divos dažādos

akustiskos nosacījumos statistiski nozīmīgi neatšķīrās: skolotāji bez balss traucējumiem $t(9) = -0{,}354$, $p = 0{,}731$, skolotāji ar balss traucējumiem $t(9) = -0{,}515$, $p = 0{,}619$.

8.tabula

Vidējais balss mērījumu ilgums skolotāju grupā bez balss traucējumiem (VB, n = 10) un grupā ar balss traucējumiem (BT, n = 10) stundu laikā klašu telpās bez un ar skaņu pastiprinošām sistēmām

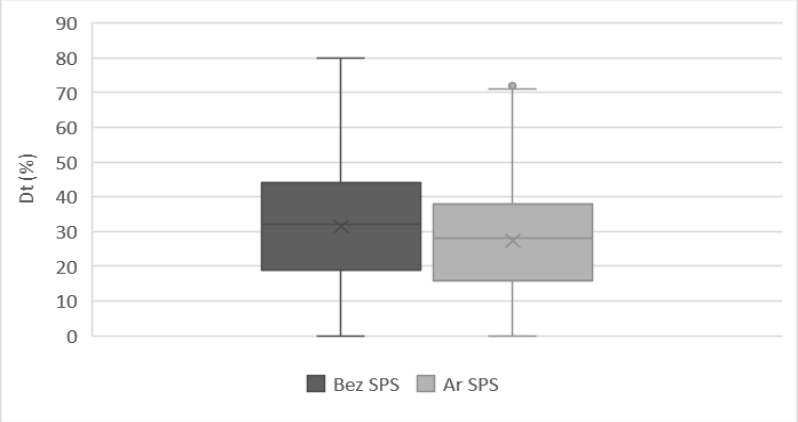
Balss statuss	*Nosacījumi*		*p**
	Bez SPS M (SD)minūtes	*Ar SPS M (SD) minūtes*	
VB	161,5 (58,6)	171,4 (69,1)	0,731
BT	293,7 (159,1)	334,0 (156,9)	0,619
*p***	0,024	0,008	

Piezīme. * Pāru t-tests. ** Divu neatkarīgu izlašu t-tests.

Salīdzinot vidējo balss parametru reģistrācijas ilgumu divās apakšizlasēs - skolotāji ar balss traucējumiem un skolotāji bez balss traucējumiem, tika novērots, ka tas statistiski nozīmīgi atšķīrās abās akustiskajās situācijās (bez un ar ieslēgtām skaņu pastiprinošām sistēmām): $t(18) = -2{,}466$, $p = 0{,}024$; $t(18) = -2{,}999$, $p = 0{,}008$ (sk. 8. tab.).

3.3.2. Fonācijas laiks

Fonācijas laiks, balss intensitāte un balss pamatfrekvence ir parametri, kas raksturo balss saišu slodzi runas laikā. Analizējot iegūtos datus visā izlasē ($N = 20$), tika noskaidrots ka vidējais fonācijas ilgums stundu laikā klašu telpās bez SPS bija 31,63 ± 17,16 % (0 – 80), bet ar skaņu pastiprinošām sistēmām 27,51 ± 15,04 % (0 – 71) (sk. 16. att.). Skaņu pastiprinošo sistēmu izmantošana statistiski nozīmīgi samazināja vidējo balss saišu vibrāciju ilgumu skolotājiem: $Z = -4{,}605$, $p < 0{,}001$ (Vilkoksona zīmju tests).



16. attēls. Fonācijas laiks (%) telpās bez un ar skaņu pastiprinošām sistēmām (*N* = 20)

Analizējot fonācijas laika ilgumu apakšizlasēs, tika novērots, ka skolotājiem ar balss traucējumiem balss saišu svārstību ilgums stundu laikā ir mazāks, ja klasē ir ieslēgta skaņu pastiprinošā sistēma. Atšķirība fonācijas ilgumā bija 4,09 % un tā bija statistiski nozīmīga (sk. 9. tab.). Lai arī skolotājiem ar veselu balsi bija novērojama fonācijas laika ilguma samazināšanās SPS darbības rezultātā, taču šī atšķirība nebija statistiski nozīmīga. Fonācijas laika izmaiņas abās apakšizlasēs nebija saistītas ar darba uzdevumu dažādību un atšķirīgu mācību stundu plānojumu, jo nedēļas stundu sarakstam piemīt zināma rutīnas deva, kas paredz relatīvi vienādu stundu plānojumu katrā dienā.

9. tabula

Fonācijas laika (D_t) vidējās vērtības skolotājiem bez un ar balss traucējumiem stundu laikā klašu telpās bez un ar skaņu pastiprinošām sistēmām

Balss parametrs	*VB (n = 10)*			*BT (n = 10)*		
	Bez SPS	*Ar SPS*	*MD*	*Bez SPS*	*Ar SPS*	*MD*
D_t (%)	32,49	28,58	-3,91	30,96	26,87	-4,09**

Piezīme. MD – vidējo vērtību starpība.
** $p < 0{,}001$ (Vilkoksona zīmju tests)

Vai telpu akustiskie parametri ietekmē skaņu pastiprinošo sistēmu ietekmi uz fonācijas laiku? Fonācijas laiks ar un bez SPS izmantošanu tika analizēts saistībā ar klašu telpu tilpumu (V) un prognozēto reverberācijas laiku pilnās klašu telpās (M_T30_progn_ 0.5-1kHz), kā arī vidējo aktivitātes troksnis stundā (L_{A90}). Sakarības starp telpu akustiskajiem parametriem un fonācijas laiku ir attēlotas 10. un 11. tabulā.

10. tabula

Sakarības starp fonācijas laiku (D_t), telpu tilpumu (V), prognozēto reverberācijas laiku (T30_progn_ 0.5-1kHz) un aktivitātes troksni (L_{A90}) klašu telpās bez SPS

Mainīgie lielumi	*D_t (%)*	*V (m^3)*	*T30_progn_ 0.5-1kHz (s)*	*L_{A90} (dB)*
D_t (%)	--			
V (m^3)	–0,104*	--		
T30_progn_ 0.5-1kHz (s)	–0,309**	0,269**	--	
L_{A90} (dB)	0,129**	–0,012	–0,055	--

Piezīme. Aprēķinos izmantots Spīrmena korelācijas koeficients.
* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$.

11. tabula

Sakarības starp fonācijas laiku (D_t), telpu tilpumu (V), prognozēto reverberācijas laiku (T30_progn_ 0.5-1kHz) un aktivitātes troksni (L_{A90}) klašu telpās ar SPS

Mainīgie lielumi	*D_t (%)*	*V (m^3)*	*T30_progn_ 0.5-1kHz (s)*	*L_{A90} (dB)*
D_t (%)[a]	--			
V (m^3)[b]	–0,091**	--		
T30_progn_ 0.5-1kHz (s)[a]	–0,094**	0,404**	--	
L_{A90} (dB)[a]	0,228**	0,017	0,055*	--

Piezīme. Aprēķinos izmantots Spīrmena korelācijas koeficients.
* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$.

Iegūtie rezultāti norādīja, ka balss lietošanas ilgums skolotājiem bija saistīts ar telpas akustiku un SPS lietojums būtiski neizmainīja telpas tilpuma un aktivitātes trokšņa ietekmi uz fonācijas laiku. Izmantojot SPS, samazinājās reverberācijas laika ietekme uz fonācijas ilgumu, t.i., klašu telpās, kurās nebija instalētas SPS, bija vērojama vidēji cieša negatīva korelācija starp abiem šiem parametriem (r = –0,309), taču, SPS izmantošanas apstākļos, lai arī saistība starp fonācijas ilgumu un reverberācijas laiku saglabāja savu negatīvo tendenci, kas noteica, ka, pieaugot reverberācijas laika ilgumam, balss lietošanas ilgums samazinās, tomēr korelācija kļuva vājāka (r = –0,094). Mūsu pētījums apliecināja vispārzināmu pieņēmumu, ka lielākās telpās ir lielāks reverberācijas laika ilgums un šī attiecība nemainās SPS darbības ietekmē (r = 0,269, r = 0,404) Vēl tika novērots, ka SPS ietekmē izmainījās saistība starp reverberācijas ilgumu telpā un skolēnu radīto troksni (L_{A90}). Lai arī šī korelācija bija vāja, tomēr tā bija statistiski nozīmīga abos akustiskajos nosacījumos. Telpās, kuras

nebija aprīkotas ar SPS tika novērots, ka, pieaugot reverberācijas laikam, samazinās aktivitātes troksnis, taču SPS darbības ietekmē tika novērota pretēja tendence, bērni kļuva trokšņainākі telpās ar ilgāku reverberācijas laiku.

3.3.3. Balss intensitāte

Vidējā skolotāju (N = 20) balss intensitāte (*SPL @ 1m*) stundu laikā klašu telpā bez SPS bija 62,62 dB ± 3,13 dB, diapazonā no 55,8 līdz 69,2 dB, bet ar SPS $M_{SPL@1m}$ = 61,96 ± 3,15 dB, *Min* = 53,2 dB, *Max* = 71,0 dB. Skaņu pastiprinošo sistēmu izmantošana statistiski nozīmīgi samazināja vidējo balss intensitāti skolotājiem: $Z = -7{,}55$, $p < 0{,}001$ (Vilkoksona zīmju tests).

Analizējot balss intensitāti mācību stundu laikā apakšizlasēs, tika novērots, ka skolotājiem ar balss traucējumiem vidējais balss skaļums mācību stundās ir lielāks nekā skolotājiem bez balss traucējumiem (64,46 dB *vs* 60,36 dB). Līdzīga attiecību tendence saglabājās arī gadījumos, kad skolotājs savā darbā izmantoja balss pastiprinātāju. Taču pētījuma rezultāti norādīja uz atšķirīgu SPS ietekmi uz balss intensitāti skolotājiem ar un bez balss traucējumiem. Skolotājiem ar balss traucējumiem, SPS izmantošana statistiski nozīmīgi samazināja vidējo balss skaļumu par 1,5 dB, turpretī skolotājiem bez balss traucējumiem nebija vērojama SPS ietekme uz balss intensitāti (sk. 12. tab.).

12. tabula

Balss intensitātes (SPL @ 1m) vidējās vērtības skolotājiem bez un ar balss traucējumiem stundu laikā klašu telpās bez un ar skaņu pastiprinošām sistēmām

Balss parametri	*VB (n = 10)*			*BT (n = 10)*		
	Bez SPS	*Ar SPS*	*MD*	*Bez SPS*	*Ar SPS*	*MD*
$SPL_{@1m}$ (dB)	60,4	60,5	+0,1	64,4	62,9	-1,5**

Piezīme. MD – vidējo vērtību starpība.
** $p < 0{,}001$ (Vilkoksona zīmju tests)

Korelācijas analīzes rezultāti parādīja, ka balss intensitāte samazinās lielākās telpās un SPS lietojums šo tendenci neietekmē. Skolotāju balss intensitāte ir saistīta ar aktivitātes troksni telpā, pieaugot troksnim, skolotājs runā skaļāk. SPS ietekme uz šo parādību nebija vērojama (sk. 13. tab.). .

13. tabula

Sakarības starp balss intensitāti (SPL @ 1m), telpu tilpumu (V), prognozēto reverberācijas laiku (T30_progn_ 0.5-1kHz) un aktivitātes troksni (L_{A90}) klašu telpās bez un ar SPS

Mainīgais	*Klašu telpas bez SPS*	*Klašu telpas ar SPS*
V (m^3)	–0,428**	–0,368**
T30_progn_ 0.5-1kHz (s)	0,257	–0,138**
L_{A90} (dB)	0,287**	0,316**

Piezīme. Aprēķinos izmantots Spīrmena korelācijas koeficients.
** $p < 0,001$.

3.3.4. Balss pamatfrekvence

Analizējot balss pamatfrekvenci (F_0) visā izlasē (N = 20), tika noskaidrots, ka, strādājot bez balss pastiprinošām ierīcēm, skolotāju vidējā balss frekvence bija 214, 12 Hz ± 26,94 Hz, *Min* = 143,7 Hz, *Max* = 287,6 Hz. Izmantojot skaņu pastiprinošās sistēmas stundu laikā, skolotāju vidējā balss frekvence samazinājās: M = 210,22 Hz, SD = 22,99 Hz, *Min* = 139,5 Hz, *Max* = 380,6 Hz. Vilkoksona zīmju tests norādīja uz balss pamatfrekvences izmaiņu statistisko nozīmību (Z = –11,747, $p < 0,001$).

Skolotājiem ar balss traucējumiem balss pamatfrekvence statistiski nozīmīgi bija zemāka nekā skolotājiem bez balss traucējumiem, abos pētījuma akustiskajos nosacījumos ($p < 0,001$, Manna Vitnija tests).

Salīdzinot balss pamatfrekvences izmaiņas SPS izmantošanas rezultātā katrā no pētījuma grupām, tika atklāts, ka balss pastiprinošo ierīču lietošana statistiski nozīmīgi samazināja balss augstumu gan skolotājiem ar balss problēmām, gan arī skolotājiem, kuriem balss traucējumi netika atklāti ($p < 0,001$; Vilkoksona zīmju tests). Skolotājiem bez balss traucējumiem samazinājums bija par 2,4 Hz, bet balss traucējumu grupā par 4,14 Hz (sk. 14. tab.).

14. tabula

Balss pamatfrekvences vidējās vērtības skolotājiem bez un ar balss traucējumiem stundu laikā klašu telpās bez un ar skaņu pastiprinošām sistēmām

Balss parametrs	*VB (n = 10)*			*BT (n = 10)*		
	Bez SPS	*Ar SPS*	*MD*	*Bez SPS*	*Ar SPS*	*MD*
F_0 (Hz)	217,91	215,51	-2,4**	211,13	206,99	-4,14**

Piezīme. MD – vidējo vērtību starpība.
** $p < 0,001$ (Vilkoksona zīmju tests)

Augsta balss pamatfrekvence korelē ar paaugstinātu balss intensitāti un šis fenomens ir bieži vērojama skolotājiem, kuru balss skaļums bieži mainās darba dienas laikā (*Assad et al.,* 2019). Pētījumā tika atklāts, ka balss intensitāte korelē ar balss frekvenci skolotājiem bez balss traucējumiem. Apstākļos bez SPS bija vērojama vāja, taču statistiski nozīmīga saistība: $r = 0{,}093$, $p = 0{,}023$ (sk. 15. tab.), bet ar SPS statistiski nozīmīga vidēji cieša korelācija starp abiem balss parametriem: $r = 0{,}430$, $p < 0{,}001$ (sk. 16. tab.). Citāda aina tika novērota skolotājiem ar balss traucējumiem, apstākļos bez SPS balss frekvence nebija saistīta ar balss intensitātes izmaiņām (sk. 17. tab.), taču, izmantojot balss pastiprinošās sistēmas, mainoties balss skaļumam, izmainījās arī balss augstums: $r = 0{,}159$, $p < 0{,}001$ (sk. 18. tab.).

15.tabula

Sakarības starp fonācijas laiku (D_t), balss intensitāti (SPL), balss pamatfrekvenci (F_0) skolotājiem bez balss traucējumiem klašu telpās bez skaņu pastiprinošām sistēmām

Balss parametrs	*D_t (%)*	*SPL@1m (dB)*	*F_0 (Hz)*
D_t (%)	--		
SPL @ 1m (dB)	0,044	--	
F_0 (Hz)	–0,125**	0,093*	--

Piezīme. Spīrmena korelācijas koeficients. N = 594.
* $p < 0{,}05$; ** $p < 0{,}001$.

16.tabula

Sakarības starp fonācijas laiku (D_t), balss intensitāti (SPL), balss pamatfrekvenci (F_0) skolotājiem bez balss traucējumiem klašu telpās ar skaņu pastiprinošām sistēmām

Balss parametrs	*D_t (%)*	*SPL@1m (dB)*	*F_0 (Hz)*
D_t (%)	--		
SPL@1m (dB)	–0,085*	--	
F_0 (Hz)	–0,157**	0,430**	--

Piezīme. Spīrmena korelācijas koeficients. N = 557.
** $p < 0{,}001$.

17.tabula

Sakarības starp fonācijas laiku (D_t), balss intensitāti (SPL), balss pamatfrekvenci (F_0) skolotājiem ar balss traucējumiem klašu telpās bez skaņu pastiprinošām sistēmām

Balss parametrs	*D_t (%)*	*SPL@1m (dB)*	*F_0 (Hz)*
D_t (%)	--		
SPL@1m (dB)	0,190**	--	
F_0 (Hz)	0,337**	0,048	--

Piezīme. Spīrmena korelācijas koeficients. N = 755. ** $p < 0{,}001$

18.tabula

Sakarības starp fonācijas laiku (D_t), balss intensitāti (SPL), balss pamatfrekvenci (F_0) skolotājiem ar balss traucējumiem klašu telpās ar skaņu pastiprinošām sistēmām

Balss parametrs	*D_t (%)*	*SPL@1m (dB)*	*F_0 (Hz)*
D_t (%)	--		
SPL@1m (dB)	0,199**	--	
F_0 (Hz)	0,054	0,159**	--

Piezīme. Spīrmena korelācijas koeficients. N = 912.
** $p < 0,001$

Analizējot datus tika noskaidrots, ka lielākās telpās SPS darbības rezultātā skolotājs paaugstina savas balss frekvenci. Tika novērota statistiski nozīmīga vidēji cieša korelācija starp balss augstuma izmaiņām un reverberācijas laika ilgumu, kas, izmantojot SPS, saglabājās, taču mazinājās korelācijas ciešums (sk. 19. tab.).

19. tabula

Sakarības starp balss pamatfrekvenci (F_0), telpu tilpumu (V), prognozēto reverberācijas laiku (T30_progn_ 0.5-1kHz) un aktivitātes troksni (L_{A90}) klašu telpās bez un ar SPS

Mainīgais	*F_0*	
	Klašu telpas bez SPS	*Klašu telpas ar SPS*
V (m^3)	0,019	0,103**
T30_progn_ 0.5-1kHz (s)	–0,303**	–0,112**
L_{A90} (dB)	0,247**	0,263**

Piezīme. Aprēķinos izmantots Spīrmena korelācijas koeficients.
** $p < 0,001$.

3.3.5. Certes *PentaClass* izmantošanas komforts

Balss pastiprinošo sistēmu ērtums tika novērtēts izmantojot Vizuālo analogu skalu (*max* vērtība 100). Katras dienas beigās, kad tika izmantotas SPS, skolotāji atbildēja uz jautājumu: "Cik labi (ērti) es jutos, lietojot balss pastiprinātāju?". Visi skolotāji augstu novērtēja balss pastiprinošo ierīču lietojumu ikdienā – skolotāji bez balss traucējumiem *M* = 75,90, *SD* = 18,86; skolotāji ar balss traucējumiem *M* = 72,60, *SD* = 24,71. Starp grupām statistiski nozīmīga atšķirība nebija vērojama, *Z* = –0,076, *p* = 0,941 (Manna Vitnija tests).

3.4. Secinājumi un rekomendācijas

Veiktais pētījums, kurā tika veikta ilgtermiņa balss dozimetrija skolotājiem ar un bez balss traucējumiem ar un bez balss pastiprinošo ierīču izmantošanas, ir nozīmīgs skolotāju balss slodzes izpētes kontekstā. Pastāv metodoloģiskas atšķirības starp veikto un citiem datu bāzēs atrodamajiem pētījumu aprakstiem: (1) respondentu skaits - mūsu pētījumā tika iesaistīti 20 respondenti, Gaskils u.c. (*Gaskill et al.,* 2012) ziņo par skaņu pastiprinošo sistēmu ietekmi diviem skolotājiem, Jonsdottira, Rantala, Laukkanena un Vilkmans (*Jonsdottir, Rantala, Laukkanen, & Vilkman,* 2001) – pieciem, bet Morova un Konora (*Morrow & Connor*, 2011) septiņiem mūzikas skolotājiem; (2) balss dozimetrijas laiks – mūsu pētījumā katram skolotājam vidējais balss monitorings bija piecas dienas, kuru laikā nepieciešamie balss parametri tika iegūti analizējot četras stundu ierakstu datus, citos pētījumos norādīts dažāds balss monitoringa laiks sākot no 96 minūtēm (*Assad et al.,* 2017) līdz pat trīs nedēļām (*Gaskill et al.,* 2012); (3) balss lietošanas aktivitāte – mūsu pētījumā tika pētīta balss slodze mācību stundu laikā, citos pētījumos balss slodze tiek mērīta dažādu mācību aktivitāšu laikā (stundas, starpbrīži, darbs personāla telpās).

Pētījuma mērķis bija noskaidrot skaņu pastiprinošo sistēmu ietekmi uz balss saišu svārstību amplitūdu, svārstību frekvence un svārstību ilgums, kas nosaka balss saišu audu oscilējošo slodzi. Veicot ilgtermiņa balss monitoringu 20 skolotāju izlasē mācību stundu laikā, tika noskaidrots, ka skaņu pastiprinošās sistēmas Certes *PentaClass* ietekmē samazinājās fonācijas laiks (–4,12 %), balss intensitāte (–0,66 dB) un balss augstums (–3,9 Hz). Balss slodze ir saistīta ar šo parametru kvantitatīvajām vērtībām un tādejādi pētījuma rezultāti ļāva apgalvot, ka balss pastiprinošo ierīču izmantošana statistiski nozīmīgi samazināja balss aparāta slodzi. Vidējās balss intensitātes samazināšanās liecināja, ka samazinājās vidējā svārstību amplitūda. Balsij kļūstot zemākai, samazinājās arī balss saišu svārstību frekvence. Līdzīgi rezultāti tika iegūti divos atšķirīgos pētījumos, pētot piecu Islandes skolotāju un septiņu mūzikas skolotāju balss izmaiņas, lietojot portatīvu balss pastiprinātāju. Islandes skolotāju pētījumā balss pastiprinātāja darbības rezultātā balss pamatfrekvence samazinājās par 8,6 Hz un skaņas spiediena līmenis par 1 dB (*Jondottir et al.,* 2001), bet mūzikas skolotājiem vidējā balss intensitāte samazinājās par 7 dB, balss augstums par 23 Hz, kā arī statistiski nozīmīgas izmaiņas bija vērojamas fonācijas laikā (*Morrow & Connor,* 2011).

Balss pastiprinošo ierīču lietošana deva lielāku ieguvumu skolotājiem ar balss traucējumiem nekā skolotājiem, kuriem balss funkcija atbilda normas rādītājiem (AVQI < 2,99). Balss traucējumu grupā bija vērojams statistiski nozīmīgs vidējā fonācijas laika, balss intensitātes un balss fundamentālās frekvences samazinājums, Certes *PentaClass* izmantošanas laikā. Strādājot klašu telpās, kurās nebija ieslēgtas SPS, palielinoties fonācijas laikam, pieauga arī balss augstums un skaļums. Taču, ja stundu laikā tika izmantots balss pastiprinātājs, tad D_t saistība ar F_0 pieaugumu netika novērota. Zinot, ka augšupejošas balss frekvences izmaiņas ir saistītas ar pieaugošu balsenes muskuļu aktivitāti, kur balss saites ir vairāk iestiepjas un to svārstību biežums palielinās, iegūtie rezultāti ir iepriecinoši, jo netika novērotas fonācijas ilguma ietekmētas balss saišu svārstību biežuma izmaiņas. Tāpēc, saskaņā ar iegūtajiem rezultātiem, ir pamats uzskatīt, ka skolotājiem ar balss traucējumiem SPS izmantošana ļauj saglabāt ierasto runāšanas ilgumu, samazinot balsenes veiktā darba apjomu un līdz ar to samazinot balss aparāta slodzi.

Balss traucējumu grupā tika novērots, ka, lietojot SPS, balsis kļuva ne tikai skaļākas, bet arī augstākas. Šāda saistība netika novērota telpās bez SPS. Balss augstuma un skaļuma saistība ir plaši aprakstīta parādība (*Gramming, Sundberg, Ternström, Leanderson, Perkins*, 1988), taču, balss ergonomikas izpratnē, balss augstuma un skaļuma palielinājums, rada paaugstinātu slodzi balss aparāta muskuļiem un ir vērtējams negatīvi. Ņemot vērā apstākli, ka šis novērojums attiecās tikai uz situācijām, kad klašu telpās darbojās Certes *PentaClass* SPS, ir ieteikums runātājiem kontrolēt balss skaļumu ierīces lietošanas laikā. Iespējams ka skolotājiem, šāds izpausmes veids ir tas ir saistīts ar pieradumu runāt skaļi un ir nepieciešams ilgāks balss pastiprinošo sistēmu lietošanas laiks, lai pierastu pie jauniem apstākļiem. Pirms sākt lietot SPS, būtu ieteicams veikt skolotāju apmācību par pareizu balss pastiprinošo ierīču lietošanu un kaut vienu mācību stundu novērot viņu komunikatīvo uzvedību.

SPS ietekmē skolotājiem bez balss traucējumiem samazinājās vidējais balss augstums par 2,4 Hz. Statistiski nozīmīgas izmaiņas balss lietošanas ilgumā un skaļumā netika novērotas. Analizējot runāšanas ilguma saistību ar balss pamatfrekvenci un balss intensitāti skolotājiem bez balss traucējumiem, tika novērots, ka, bez SPS, pieaugot fonācijas laikam, pazeminās F_0, taču, ja SPS tiek izmantotas, tad samazinās ne tikai balss pamatfrekvence, bet arī balss intensitāte. Respektīvi, pieaugot fonācijas ilgumam, samazinās balss saišu svārstību biežums un amplitūda. Līdzīgi kā balss traucējumu grupā, arī skolotājiem bez balss traucējumiem tika novērota pozitīva korelācija starp

balss skaļumu un augstumu. Tikai šajā grupā šī parādība tika novērota neatkarīgi no balss pastiprinošo sistēmu lietojuma.

Ņemot vērā iegūtos rezultātus, var secināt, ka, samazinot balss saišu vibrācijas amplitūdu un vibrāciju frekvenci, proporcionāli samazinās vidējais balss saišu sakļaušanās spēks, radot saudzīgākus apstākļus balss saišu darbībai fonācijas laikā. Skaņu pastiprinošās sistēmas Certes *PentaClass* spēj radīt augstāk minēto efektu. Attiecībā uz vibrācijas vai vokālo devu, kas bez F_0 un *SPL* iekļauj arī laika komponenti, var teikt, ka SPS Certes *PentaClass* ietekmē samazinās balsenes muskuļu slodze, kas varētu samazināt balss traucējumu rašanās risku skolotājiem vai veicināt balss funkcijas atjaunošanos gadījumos, kad traucējumi ir jau diagnosticēti.

Atbildot uz jautājumu par Certes *PentaClass* mijiedarbību ar telpas akustiku uz balss parametriem, saskaņā ar pētījuma rezultātiem var apgalvot, ka SPS palīdz samazināt runātāja balss intensitāti telpās ar ilgāku reverberācijas laiku. Taču ir jāņem vērā, ka lielākās telpās SPS darbības rezultātā varētu būt vērojama tendence runāt augstākā balss frekvencē. Turklāt tika novērots, ka mācību stundās, kuru laikā darbojās SPS, skolēni bija trokšņaināki un aktivitātes trokšņa līmenis klases telpā palielinājās.

Rekomendācijas:

1. Certes *PentaClass* virspusēji virzīta skaņas audio sistēma objektīvi samazina balss aparāta kopējo slodzi veidojošo balss parametru vērtības, tāpēc to būtu ieteicams ikdienā lietot skolotājiem, lai novērstu balss traucējumu rašanos.
2. Skolotājiem ar balss traucējumiem Certes *PentaClass* lietojums samazina balss aparāta slodzi, tāpēc regulāra balss pastiprinātāja izmantošana varētu veicināt balss funkcijas atjaunošanos un vokālo simptomu vājināšanos.
3. Pirms uzsākt Certes *PentaClass* regulāru lietošanu, ir jāveic skolotāju apmācība, pievēršot uzmanību balss intensitātes paškontrolei, it sevišķi lietošanas sākuma posmos.
4. Certes *PentaClass* samazināt balss intensitāti telpās ar paaugstinātu reverberācijas laiku, taču sistēmas lietojums lielās telpās varētu radīt runātāja pamatfrekvences palielināšanos. Iespējams, ka ir nepieciešams turpināt pētījumus, lai noskaidrotu optimālo telpas lielumu Certes *PentaClass* izmantošanai.

Izmantotie avoti:

1. Allison, L. H., Sandage, M. J., & Weaver, A. J. (2019). Vocal dose for rhythm-based indoor cycling instructors: with and without amplification. *Journal of Voice.* https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2019.05.010.
2. Assad, J. P., Gama, A. C. C., Santos, J. N., & de Castro Magalhães, M. (2019). The effects of amplification on vocal dose in teachers with dysphonia. *Journal of Voice, 33*(1), 73–79.
3. Behlau, M., Zambon, F., Guerrieri, A.C., Roy, N. (2012). Epidemiology of voice disorders in teachers and nonteachers in Brazil: Prevalence and adverse effects. *Journal of Voice, 26*(5), 665.e9–665.e18.
4. Cutiva, L. C. C., Vogel, I., & Burdorf, A. (2013). Voice disorders in teachers and their associations with work-related factors: a systematic review. *Journal of Communication Disorders, 46*(2), 143–155.
5. De Jong, F.I.C.R.S., Kooijman, P.G.C., Thomas, G.,Huinck, W.J.,Graamans, K.,Schutte, H.K. (2006). Epidemiology of voice problems in Dutch teachers. *Folia Phoniatrica et Logopaedica, 58*, 186-198.
6. Gaskill, C.S., O'Brien, S.G., Tinter, S.R. (2012). The effect of voice amplification on occupational vocal dose in elementary school teachers. *Journal of Voice, 26*(5), 667.e19-27.
7. Gertel, S.J., McCarty, P.J., Schoff, L. (2004). High performance schools equals high performing students. *Educational Facility Planner, 39*(3), 20-24.
8. Gramming, P., Sundberg, J., Ternström, S., Leanderson, R., Perkins, W.H. (1988). Relationship between changes in voice pitch and loudness. *Journal of Voice*, 2(2), 118-126.
9. International Organization for Standardization (2016). *Acoustics — Measurement of room acoustic parameters* — Part 2: *Reverberation time in ordinary rooms* (ISO 3382-2), Switzerland.
10. Jónsdottir, V.I., Boyle, B.E., Martin, P.J., Sigurdardottir, G. (2002). A comparision of the occurence and nature of vocal symptoms in two groups of Icelandic teachers. *Logopedics Phoniatrics Vocology, 27*, 98-105.
11. Jonsdottir, V., Rantala, L., Laukkanen, A.M., Vilkman, E. (2001). Effects of sound amplification on teachers' speech while teaching. *Logopedics Phoniatrics Vocology, 26,* 118–123.

12. Maryn, Y., De Bodt, M., Roy, N. (2010). The Acoustic Voice Quality Index: toward improved treatment outcomes assessment in voice disorders. *Journal of Communication Disorders*, *43*(3), 161-74.
13. McCormick, C.A., Roy, N. (2002). The ChatterVox™ portable voice amplifier: A means to vibration dose reduction? *Journal of Voice, 16*(4), 502–508.
14. Ministru kabineta 2015. gada 16. jūnija noteikumi Nr. 312 "Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 016-15 "Būvakustika"". https://likumi.lv/ta/id/274976-noteikumi-par-latvijas-buvnormativu-lbn-016-15-buvakustika-
15. Morrow, S.L., Connor, N.P. (2011). Voice amplification as a means of reducing vocal load for elementary music teachers. *Journal of Voice, 25*(4), 441-6.
16. Morton, V., Watson, D.R. (1998). The teaching voice: Problems and perceptions. *Logopedics Phoniatrics Vocology, 23*, 133-139.
17. Rosenberg, G.G., Blake-Rahter, P., Heavner, J., Allen, L., Redmond, B.M., Phillips, J. et al. (1999). Improving classroom acoustics (ICA): A three-year FM sound field classroom amplification study. *Journal of Educational Audiology*, *7*, 8-28.
18. Roy, N., Weinrich, B., Gray, S.D., Tanner, K., Toledo, S.W., Dove, H., et al. (2002). Voice amplification versus vocal hygiene instruction for teachers with voice disorders: a treatment outcomes study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 45*(4), 625-38.
19. Roy, N., Merrill, R.M., Thibeault, S., Parsa, R.A, Gray, S.D., Smith, E.M. (2004). Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 4*, 281-293.
20. Russel, A., Oates, J., Greenwood, K.M. (1998). Prevalence of voice problems in teachers. *Journal of Voice, 12*, 467-479.
21. Sala, E., Hellgren, UM., Ketola, R., Laine, A., Olkinuora, P., Rantala, L., Sihvo, M. (2019) *Balss ergonomikas novērtējums darba vietā: Rokasgrāmata un novērtēšanas veidlapas.* Latviešu valodas tulkojums Trinīte, B. Liepājas Universitāte. Pieejams: http://voice.liepu.lv/praktiskie-resursi/
22. Sala, E., Laine, A., Simberg, S., Pentti, J., Suonpää, J. (2001). The prevalence of voice disorders among day care center teachers compared with nurses: a questionnaire and clinical study. *Journal of Voice, 15*(3):413–423.

23. Sala, E., Rantala, L.M. (2019). *Speaking environment – background and activity noise and room acoustics*. In L. Rantala & E. Sala (Eds.), Voice Ergonomics: Occupational and Professional Voice Care (pp. 30-49).
24. Sala, E., Rantala, L. (2016). Acoustics and activity noise in school classrooms in Finland. *Applied Acoustics*, *114*, 252-259.
25. Shield, B., Greenland, E., Dockrell, J. (2010). Noise in open plan classrooms in primary schools: A review. *Applied Aspects of Auditory Distraction, 12*(49), 225-234.
26. Sapienza, C. M., Crandell, C. C., & Curtis, B. (1999). Effects of sound-field frequency modulation amplification on reducing teachers' sound pressure level in the classroom. *Journal of Voice*, *13*(3), 375–381.
27. Simberg, S., Sala, E., Laine, A., Rönnemaa, A.M. (2001). A fast and easy screening method for voice disorders among teacher students. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 26, 10–6. Pieejams: http://voice.liepu.lv/wp-content/uploads/2018/11/VOK%C4%80LO-SIMPTOMU-SKALA.pdf
28. Svec, J.G., Popolo, P.S., Titze, I.R. (2003). Measurement of vocal doses in speech: experimental procedure and signal processing. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, *28*(4),181-92.
29. Teixeira, L.C., Behlau M. (2015). Comparison between vocal function exercises and voice amplification. *Journal of Voice*, *29*(6), 718-26.
30. Titze, I.R. (1994). *Principles of voice Production*. Englewood Cliffs. NJ: Prentice-Hall.
31. Titze, I.R., Hunter, E.J (2015). Comparison of vocal vibration-dose measures for potential-damage risk criteria. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 58*, 1425-1439.
32. Trinīte, B. (2009). Balss ergonomika skolotāju izglītībā. No M.Rozenfelde (red.), *Sabiedrība, integrācija, izglītība. Starptautiskās zinātniskās konferences materiāli* (233.-241.lpp.). Rēzekne: RA izdevniecība.
33. Trinite, B. (2017). Epidemiology of voice disorders in Latvian school teachers. *Journal of Voice. 31*(4), 508.e1–508.e9.
34. Trinite, B., Sokolovs, J. (2014). Adaptation and validation of the Voice Handicap Index in Latvian. *Journal of Voice*, *28*(4), 452–457.