



NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Reģionālās
attīstības fonds

I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

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

Zinātības apraksts

SKAŅU PASTIPRINOŠĀS SISTĒMAS CERTES *PENTAC* IETEKMES IZVĒRTĒJUMS UZ VERBĀLO INSTRUKCIJU IZPRATNI SKOLĒNIEM

Baiba Trinīte, Dr.med.

Liepājas Universitātes asociētā profesore, vadošā pētniece

Saturs

1. Klašu telpu raksturojums skolās X un Y	3
1.1. Akustisko mērījumu veikšanas metodoloģija	4
1.1.1. Ekvivalents skaņas spiediena līmenis (L_{Aeq})	4
1.1.2. Reverberācijas laiks	5
1.1.3. Runas transmisijas indekss	6
1.2. Rezultāti. Klašu telpu akustika	7
1.3. Secinājumi	11
2. Pētījuma izlašu veidošana	13
2.1. Atlases kritēriji	13
2.2. Pētījuma izlases raksturojums	14
3. Certes <i>PentaClass</i> ietekme uz runas uztveri sākumskolas skolēniem	15
3.1. Metodoloģija. Logotomu testa izveide	15
3.2. Rezultāti. Certes <i>PentaClass</i> ietekme uz runas uztveri	16
3.3. Secinājumi un rekomendācijas	20
Izmantotie informatīvie avoti	22

1. KLAŠU TELPU RAKSTUROJUMS SKOLĀS X UN Y

Skaņu pastiprinošās sistēmas Certes *PentaClass* ietekmes izvērtējums uz verbālo instrukciju izpratni skolēniem tika veikts divās Liepājas izglītības iestādēs trīs dažāda arhitektoniska tipa ēkās. Pirmā skola, kas ekspluatācijā nodota 1991.gadā pārstāv pirmā tipa ēku (I). Otrā skola pārstāv diva tipa ēkas, no kurām viena celta 1938.gadā (II A), bet otra 2008.gadā (II B).



1.attēls. I tipa skolas ēka, uzcelta 1991.gadā



2.attēls. II A tipa ēka, uzcelta 1938.gadā



3.attēls. II B tipa ēka, uzcelta 2008.gadā

Trīs dažādu tipu ēkas izvēles pamatojums ir dažādu celtniecības materiālu izmantojums, atšķirīgs telpu lielums un plānojums, kas varētu radīt dažādu klašu telpu akustisko raksturojumu. Pirmā tipa ēkā tika apsektas deviņas mācību klašu telpas, otrā un trešā tipa ēkās pa divām klašu telpām katrā ēkā. Mērījumi klašu telpās tika veikti no marta līdz maijam.

1.1. Akustisko mērījumu veikšanas metodoloģija

Telpu akustiskas raksturošanai tika izmantoti sekojošu mērījumu rezultāti:

- L_{Aeq} – ir A-izsvartais ekvivalents nepārtrauktais skaņas spiediena līmenis, dB(A); L_{Amax} – maksimālais A-izsvartais skaņas spiediena līmenis;
- T_{30} - reverberācijas laiks;
- STIPA – Publisko apziņošanas sistēmu runas transmisijas indekss (*Speech Transmission Index for Public Addressing Systems*)

1.1.1. Ekvivalents skaņas spiediena līmenis (L_{Aeq}).

L_{Aeq} ir skaņas enerģijas vidējais ekvivalents līmenis (A) laika periodā T. Lai izmērītu telpas vidē esošos atsevišķos trokšņa gadījumus tika noteikts maksimālais trokšņa līmenis (L_{Amax}). L_{Aeq} un L_{Amax} tiek mērīts decibelos (dB(A)).

Ekvivalents skaņas spiediena līmenis tika mērīts, izmantojot rokas audio un akustisko analizatoru XL2 (*NTi AUDIO*), mikrofonu M4261 (1. klase, sensitivitāte 15.2 mV/Pa). Mērījumi tika veikti frekvenču amplitūdā 6.3 Hz – 20 kHz. Mērījumu ilgums katrā telpā 10 minūtes.

Analizators tika novietots 1,1 m augstumā no grīdas (kas atbilst sākumskolas skolēnu auss līmenim, sēžot solā), 0,5 m no pārvietojamiem priekšmetiem (solī, krēsli) un 1,0 m no sienām un nepārvietojamiem priekšmetiem (skapji). Mērījumi tika izdarīti klases telpā trīs mērpunktos: pirmā sola rindā pie durvīm, klases vidū un pēdējā sola rindā pie loga. L_{Aeq} , L_{Amax} mērījumi tika veikti tukšās (mēbelētās) un pilnās klašu telpās. Tukšās telpās mērījumi notika darba dienu pēcpusdienā pēc plkst. 18.00 vai brīvdienās, kad skola un mācību klašu telpas bija tukšas. Telpā atradās mērījumu veicējs un palīgs. Mērījumu veikšanas laikā telpas logi un durvis bija aizvērtas, elektriskais apgaismojums un tehniskās ierīces izslēgtas.

Mērījumi mācību klašu telpās tika veikti arī telpās, kurās atradās skolēni. Klašu piepildījums 22-30 skolēni. Mērījumu veikšanas laikā logi un durvis bija aizvērtas. Mācību tehniskie līdzekļi izslēgti. Skolēniem tika izdalītas papīra lapas un lūgts paņemt vienu rakstāmpiederumu (zīmuli vai pildspalvu). Tad viņiem tika dots uzdevums sadalīt lapu divās daļās un vienā no tām uzzīmēt troksni, bet otrā – klusumu. Bērniem nebija atļauts sarunāties. Uzdevuma izpildes laikā tika mērīts aktivitātes troksnis telpā.

Iegūto datu apstrādei tika izmantota *XL2 Data Explorer* programmatūra.

Pasaules Veselības organizācijas vadlīnijas nosaka, ka lai spētu dzirdēt un saprast mācību vielu klases telpās fona skaņas līmenis nedrīkst pārsniegt 35 dB, bet bērniem ar dzirdes traucējumiem – vēl zemāk.

1.1.2. Reverberācijas laiks.

Reverberācijas laiks ir laiks, kas nepieciešams, lai skaņa samazinātos par 60 dB. T_{30} ir reverberācijas laiks, kas noteikts izmantojot pirmos 30 dB skaņas dzišanas procesa intervālā no -5 dB līdz -35 dB. Reverberācijas laiku mēra sekundēs (s).

Reverberācijas laiks tika mērīts izmantojot impulsīva trokšņa metodi, sasitot blīva koka klapi (vienas plāksnes virsmas izmēri 610 x 95 x 30 mm) apm.1,5 m augstumā no zemes (atbilstoši runātāja mutes līmenim), atbilstoši standartam EN ISO 3382-1.

Reverberācijas laiks tika mērīts izmantojot rokas audio un akustisko analizatoru XL2 (NTi AUDIO), mikrofonu M4261 (1. klase, sensitivitāte 15.2 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 mikroфона, mikrofons atradās atstāts 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.

Sešas mikroфона un trokšņa avota kombinācijas tika izmantotas: T1M1, T1M3, T2M1, T2M2, T3M2, T3M3.

Reverberācijas 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 125 Hz-8 kHz. Taču aprēķinot telpas vidējo reverberācijas laiku tika ņemtas vērā katrā mērīšanas pozīcijā iegūtās 500 Hz, 1 kHz un 2 kHz aritmētiskās vidējās vērtības, atbilstoši *Building bulletin 93*. Iegūto datu apstrādei tika izmantota *XL2 Data Explorer* programmatūra.

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.

1.1.3. Runas transmisijas indekss.

Publisko apziņošanas sistēmu runas transmisijas indekss (*STIPA*) mēra runas pārraides kvalitāti vai runas saprotamību (NTi). Runas saprotamību var ietekmēt signāla trokšņa attiecība, psihoakustiskie faktori (kā cilvēks uztver skaņu), skaņas spiediena līmenis, fona trokšņa līmenis, reverberācijas laiks, skaņas atstarošana, dažādi skaņas izkropļojumi.

Runas saprotamības indeksa vērtība nosaka runas pārraides kvalitāti un paredz zilbju, vārdu un teikumu saprotamības iespējamību valodā, kura klausītājam ir dzimtā (1.tabula).

1.tabula

STIPA vērtības un runas pārraides kvalitāte

<i>STIPA vērtība</i>	<i>Runas transmisijas kvalitāte IEC 60268-16</i>	<i>Zilbju saprotamība (%)</i>	<i>Vārdu saprotamība (%)</i>	<i>Teikumu saprotamība (%)</i>
0 – 0,3	slikta	0 – 34	0 – 67	0 – 89
0,3 – 0,45	vāja	34 – 48	67 – 78	89 – 92
0,45 – 0,6	apmierinoša	48 – 67	78 – 87	92 – 95
0,6 – 0,75	labā	67 – 90	87 – 94	95 – 96
0,75 - 1	teicama	90 – 96	94 – 96	96 – 100

Klases telpas runas transmisijas indekss tika mērīts izmantojot rokas audio un akustisko analizatoru XL2 (NTi AUDIO), kurā bija *STIPA* analīzes iespēja, mikrofonu

M4261 (1. klase, sensitivitāte 15.2 mV/Pa) un TalkBox (NTi Audio). *TalkBox* imitē cilvēka runu noteiktas intensitātes akustiskā signāla veidā. Pētījumi rāda, ka vidējā skolotāja balss intensitāte mācību stundu laikā ir 60-66 dB. Tāpēc, lai noteiktu runas transmisijas indeksu tika izmantots *TalkBox STIPA* standarta signāls (60 dB ASLP @ 1 m). STIPA tika mērīts atbilstoši standartam IEC 60268-16 (2011).

TalkBox tika novietots uz statīva 1,5 m attālumā no grīdas (atbilstoši skolotāja mutes līmenim), klases priekšā, vietā, kur parasti atrodas skolotāja.

Analizators XL2 ar mikrofonu tika novietots 1,1 m attālumā no grīdas pretī skaņas avotam trīs dažādās klases vietās: pirmajā solu rindā, klases vidū (apm., 3. solu rinda), pēdējo solu rindā. Atbilstoši izvēlētajam standartam tika izvēlēti trīs mērpunkti. Vidējā pētījumā iesaistīto klašu telpu kvadrātūra bija 60 kvm.

Standarts IEC 60268-16 rekomendē divus vai trīs mērījumus vienā un tajā pašā mikroфона lokalizācijas vietā. Atbilstoši Vācijas standartam DIN VDE 0833-4, trīs atkārtoti mērījumi vienā mikroфона pozīcijā tika veikti, ja STIPA vērtības mērījumos atšķirās par 0,03%; ja STIPA vērtības atšķirās par vairāk kā 0,5, tad tika noskaidrots atšķirību iemesls (piem., impulsīvs troksnis) un šis mērījums netika ņemts vērā. Katrā mikroфона pozīcijā tika veikti 2-3 mērījumi (15 s katrs). Mācību klašu telpās STIPA ir jābūt ne zemākam kā 0.6-0.64 (NTi).

STIPA mērījumi tika pilnās klašu telpās stundu laikā, kad telpās atradās skolēni. Klašu piepildījums 22-30 skolēni.

Iegūto datu apstrādei tika izmantota *XL2 Data Explorer* programmatūra. Tika aprēķināts STI pirmajā solā, klases vidū un pēdējā solā, kā arī klases telpas STI, kuru aprēķināja kā aritmētisko vidējo no visiem veiktajiem mērījumiem (VDE 0833-4).

Paralēli telpu akustikas mērījumiem tika veikts visu telpu:

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

1.2. Rezultāti. Klašu telpu akustika

Pirmā tipa skolas ēka atrodas pilsētas mikrorajonā, intensīvas satiksmes ielas un jūras tuvumā. Netālu no skolas atrodas osta, tāpēc darba dienās darba laikā pa ielu brauc kravas transports un uz ostu ved arī dzelzceļš, taču pa to kravu pārvadājumi ir reti.

Skolas ēka atrodas apmēram 200 m no ielas, 500 m no jūras krasta. Ēkai visām klašu telpām logi, izņemot telpu N2, atrodas ielas pusē, taču tie ir vērsti vairāk prom no tās. Telpai N 2 logi atrodas uz skolas pagalmu. Telpas N 1-4 atrodas ēkas pirmajā stāvā, N 5,6,9 – otrajā stāvā un N 7, 8 ēkas trešajā stāvā. Visas telpas katrā stāvā ir savienotas ar gaiteni.



4.attēls. Pirmā tipa ēkas klašu telpu paraugi

II tipa skolas ēka atrodas tuvāk centram, starp intensīvas satiksmes ielām. Pa vienu no ielas brauc tramvajs, otra ir galvenā iela, kas ved uz pilsētas centru. II A tipa ēkas klases telpu logi vērsti uz klusu ielu, pa kuru brauc automašīnas, taču satiksme nav intensīva. Telpu sienas ir apstrādātas ar koka paneļiem. Klašu telpas atrodas trešajā stāvā un tās savieno skolas gaitenis.



5.attēls. Otrā A tipa ēkas klašu telpu paraugi

II B tipa ēka ir nesen būvēta. II B 1.telpas logi ir vērsti uz intensīvas satiksmes ielu, attālums līdz ielai 150 m. II B 2.telpas logi vērsti uz skolas iekšpagalmu. Abas telpas atrodas trešajā stāvā.



6.attēls. Otrā B tipa ēkas klašu telpu paraugi

Rezultāti grupēti pēc mērāmajiem raksturlielumiem dažāda tipa skolas ēkās: I tipa skolas ēkā apsektas 9 klašu telpas, II A tipa skolas ēkā apsektas 2 klašu telpas un II B tipa skolas ēkā apsektas 2 klašu telpas. Skatīt 2.-5.tabulas.

2.tabula

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

Ēkas tips	Klases telpas Nr	$V (m^3)$	$h (m)$	$t^0 (C)$	$RH (\%)$
I	1	180	3,0	21,8	34,8
	2	165	3,0	20,9	35,9
	3	178	3,0	20,6	30,0
	4	178	3,0	21,8	33,1
	5	180	3,0	22,7	26,6
	6	175	3,0	21,9	28,2
	7	176	3,0	22,2	35,2
	8	176	3,0	23,3	38,0
	9	180	3,0	20,8	35,8
II A	1	206	3,8	22,1	38,4
	2	212	3,8	22,6	36,3
II B	1	205	3,5	20,9	50,0
	2	209	3,5	22,8	47,1

3.tabula

A-izsvarotais ekvivalents nepārtrauktais (LA_{eq}) un maksimālais (LA_{max}) skaņas spiediena līmenis tukšās un pilnās klašu telpās no 1. līdz 4. klašu grupai

Ēkas tips	Klases telpas Nr	Tukša mēbelēta telpa		Pilna telpa		Klase
		$LA_{eq} (dB)$	$LA_{max} (dB)$	$LA_{eq} (dB)$	$LA_{max} (dB)$	
I	1	31,2	42,9	54,3	72,1	3.
	2	32,9	39,2	49,1	65,3	4.
	3	32,9	46,7	56,1	71,5	2.
	4	34,1	41,4	61,2	74,0	1.
	5	38,6	56,7	53,8	69,4	1.
	6	37,2	53,8	51,0	71,0	2.
	7	31,0	33,5	48,6	64,3	1.
	8	30,7	46,3	50,6	59,8	4.

	9	32,1	47,7	50,4	66,4	3.
II A	1	39,2	41,4	51,8	67,3	1.
	2	40,6	42,7	49,0	60,3	3.
II B	1	42,4	46,1	49,4	66,6	4.
	2	42,8	45,3	52,0	67,4	2.

4.tabula

Reverberācijas laiks (T_{30}) klašu telpās

Ēkas tips	Klases telpas Nr	T_{30} (s)
I	1	0,85
	2	0,77
	3	1,00
	4	0,87
	5	0,77
	6	0,83
	7	0,73
	8	0,73
	9	0,70
II A	1	1,27
	2	1,25
II B	1	1,34
	2	1,36

5.tabula

Runas transmisijas indekss (STI) klašu telpās dažādās lokalizācijās (IEC 60268-16 ed.4.0)

Ēkas tips	Klases telpas Nr	STI dažādās lokalizācijās			STI klases telpā		
		Pirmais sols	Klases vidus	Pēdējais sols	lav^1	σ^2	$lav - \sigma^3$
I	1	0,70	0,57	0,58	0,64	0,08	0,56
	2	0,71	0,69	0,58	0,63	0,05	0,59
	3	0,71	0,59	0,58	0,66	0,06	0,60
	4	0,65	0,56	0,56	0,58	0,01	0,57
	5	0,67	0,57	0,57	0,62	0,04	0,58
	6	0,67	0,60	0,58	0,65	0,05	0,60
	7	0,67	0,59	0,58	0,64	0,05	0,59
	8	0,75	0,64	0,63	0,72	0,06	0,66
	9	0,73	0,62	0,64	0,64	0,03	0,61
II A	1	0,76	0,68	0,62	0,67	0,07	0,60
	2	0,80	0,70	0,61	0,70	0,09	0,62
II B	1	0,74	0,57	0,56	0,63	0,09	0,54
	2	0,82	0,69	0,60	0,73	0,09	0,64

Piezīme.¹ aritmētiskais vidējais STI; ² standarta deviācija STI; ³ kopējais rezultāts STI

1.3. Secinājumi

1. Vidējais klašu telpu tilpums I tipa ēkā bija 176 m^3 , IIA tipa ēkā 209 m^3 un IIB tipa ēkā 207 m^3 .
2. Vidējā gaisa temperatūra mērījumu veikšanas brīdī I tipa ēkā bija $21,8^{\circ}\text{C}$, IIA tipa ēkā $22,4^{\circ}\text{C}$ un IIB tipa ēkā $21,9^{\circ}\text{C}$, kas atbilst optimālai gaisa temperatūrai mācību telpā $20\text{-}23^{\circ}\text{C}$.
3. Vidējais gaisa relatīvais mitrums mērījumu veikšanas brīdī I tipa ēkā bija $33,1\%$, IIA tipa ēkā $37,4\%$ un IIB tipa ēkā $48,6\%$, kas ir atbilstoši optimālam gaisa relatīvā mitruma līmenim ($25\text{-}60\%$) telpās, kurās strādā balss profesiju pārstāvji. Jāatzīmē, ka I tipa ēkā mērījumi tika veikti martā, aprīlī, apkures sezonas laikā, bet II tipā ēkās maijā, kad apkures sezona bija beigusies.
4. Vidējais ekvivalentais (un maksimālais) skaņas spiediena līmenis I tipa ēkas tukšām klašu telpām bija $33,4 \text{ dB}$ ($45,4 \text{ dB}$), IIA tipa ēkai $39,9 \text{ dB}$ ($42,1 \text{ dB}$), IIB tipa ēkai $42,6 \text{ dB}$ ($45,7 \text{ dB}$). Somijas standarts SFS 5907 nosaka, ka tukšās izglītības iestāžu klašu telpās L_{Aeq} ir 28 dB , L_{Amax} 33 dB , Amerikas standarts ANSA-ASA 2010 nosaka $35 \text{ dB } L_{Aeq}$ tukšām mācību klasēm. I tipa ēkā vidējais ekvivalentais skaņas spiediena līmenis tukšās telpās bija atbilstošs Amerikas Akustikas asociācijas standartā noteiktajam, ko nevar teikt par II tipa ēkā esošajām klases telpām. Trokšņa līmeni telpās iespaidoja ielas satiksmes troksnis. Mērījumi tika veikti brīvdienās un pēc darba laika beigām, kad satiksme pie I tipa skolas ēkas nebija intensīva, jo mašīnas vairs nebrauca uz ostu. Taču satiksmes intensitāte pie IIB tipa skolas ēkas nemazinājās, jo tā bija galvenā iela, pa kuru automašīnas virzījās uz pilsētas centru.
5. Vidējais ekvivalentais (un maksimālais) skaņas spiediena līmenis I tipa ēkas klašu telpām, kurās bija skolēni (aktivitātes troksnis) bija $52,8 \text{ dB}$ ($68,2 \text{ dB}$), IIA tipa ēkai $50,49 \text{ dB}$ ($63,8 \text{ dB}$), IIB tipa ēkai $50,7 \text{ dB}$ ($67,0 \text{ dB}$).
6. Vidējais reverberācijas laiks (T_{30}) I tipa ēkas klašu telpās bija $0,81 \text{ s}$. Nevienā no telpām tas neatbilda LBN "Būvakustika" noteiktajai normai līdz $0,6 \text{ s}$. Vidējais reverberācijas laiks IIA tipa ēkas klašu telpās bija $1,26 \text{ s}$ un IIB tipā ēkas klašu telpās – $1,35 \text{ s}$.
7. Dažādās klases vietās runas transmisijas indekss (STIPA) bija atšķirīgs. Runas saprotamība samazinājās attālinoties no skaņas avota. I tipa skolas ēkas klašu telpās pirmā sola rindā vidējais STIPA bija $0,7$, klases vidū, apmēram trešā sola

rinda, STIPA bija 0,6 un pēdējā sola rindā vidējais STIPA bija 0,59. IIA tipa skolas ēkas klašu telpās pirmā sola rindā vidējais STIPA bija 0,78, klases vidū STIPA bija 0,69 un pēdējā sola rindā vidējais STIPA bija 0,62. IIB tipa skolas ēkas klašu telpās pirmā sola rindā vidējais STIPA bija 0,78, klases vidū STIPA bija 0,63 un pēdējā sola rindā vidējais STIPA bija 0,58.

8. Vidējais aritmētiskais STIPA I tipa ēkas klašu telpām bija 0,64, IIA – 0,69 un IIB – 0,68, kas liecina, ka visumā runas saprotamība klašu telpās ir atbilstoša mācību telpām esošajām prasībām, taču nepietiekama runas saprotamība varētu būt skolēniem, kuri sēž pēdējos solos.

2. PĒTĪJUMA IZLAŠU VEIDOŠANA

2.1. Atlases kritēriji

Lai izveidotu pētījuma izlases tika veikts skolēnu mutvārdu un rakstu valodas novērtējums. Pētījums paredzēja noskaidrot Certes *PentaClass* skaņu pastiprinošo sistēmu ietekmi uz verbālo instrukciju izpratni skolēniem. Lai noteiktu skaņu pastiprinošo iekārtu efektu uz lingvistisko vienību uztveri, bija nepieciešams ļoti precīzi definēt pētījuma dalībnieku grupas, t.i. (1) monolingvālus skolēnus, kuriem ir tipiska mutvārdu un rakstu valodas attīstība un nav vērojami traucējumi šajās jomās. Šajā respondentu izlasē ir plānots novērot tiešo skaņu pastiprinošo ierīču efektu uz lingvistisko vienību uztveres izmaiņām; (2) monolingvālus skolēnus ar mutvārdu un rakstu valodas traucējumiem. Rakstu valodas traucējumu iemesls var būt lingvistisko vienību kodēšanas/ dekodēšanas traucējumi, kas var ietekmēt pētījuma uzdevumu izpildi un būtu jāņem vērā kā papildus faktors interpretējot pētījuma rezultātus. Neskatoties uz kodēšanas/dekodēšanas traucējumiem kā potenciāliem šķēršļiem lingvistisko vienību uztverē un pētījuma rezultātu izpildē, ir interesanti novērot skaņu pastiprinošo ierīču ietekmi šajā respondentu grupā; (3) bilingvālus skolēnus, kuriem ir tipiska mutvārdu un rakstu valodas attīstība un nav vērojami traucējumi šajās jomās; (4) bilingvālus skolēnus ar mutvārdu un rakstu valodas traucējumiem.

Izslēdzotie kritēriji:

- Perifērās dzirdes skrīnings uzrāda iespējamus dzirdes traucējumus
- Skolēni, kuri apgūst speciālās izglītības programmas izglītojamiem ar mācīšanās traucējumiem un garīgās attīstības traucējumiem
- Nepiedalīšanās visā pētījuma procesā.

Datu iegūšanai tika:

- Iegūta informācija par skolēnu vecumu, dzimto valodu, valodu lietojumu ikdienā, logopēdisko diagnozi un nodarbību apmeklējumu izglītības iestādē;
- Veikta valodas dekodēšanas prasmju izpēte, izmantojot Vārdu ķēžu testu;
- Veikts perifērās dzirdes skrīnings (Rokas audiometrs PA 5, *Interacoustics*).

2.2. Pētījuma izlases raksturojums

Valodas dekodēšanas prasmju pārbaude, izmantojot Vārdu ķēžu testu, tika veikta 319 sākumskolas skolēniem. No pētījuma respondentu izlases tika izslēgti 69 skolēni: perifērās dzirdes skrīnings norādīja uz iespējamiem dzirdes traucējumiem 9 skolēniem, 7 skolēni apguva speciālās izglītības programmas, 53 skolēni dažādu iemeslu dēļ nevarēja piedalīties visā pētījuma procesā. Pētījuma respondentu grupā tika iekļauti 250 dalībnieki. Respondentu raksturojums pēc vidējā vecuma, dzimuma, valodu prasmes un valodas attīstības statusa sadalījumā pa klašu grupām 6. tabulā.

6.tabula

Dalībnieku raksturojums skolā I un II pa klašu grupām

<i>Ēkas tips</i>	<i>Klase</i>	<i>N</i>	<i>Vecums, gadi M (SD)</i>	<i>Zēni n (%)</i>	<i>Bilingvisms n (%)</i>	<i>Valodas traucējumi n (%)</i>
I	1.	33	7,33 (0,54)	19 (57,6)	7 (21,2)	17 (51,5)
	2.	36	8,25 (0,44)	17 (47,2)	9 (25,0)	14 (38,9)
	3.	42	9,55 (0,59)	21 (50,0)	6 (14,3)	24 (57,1)
	4.	40	10,2 (0,41)	20 (50,0)	8 (20,0)	13 (32,5)
II	1.	23	7,35 (0,57)	15 (65,2)	0	12 (52,2)
	2.	27	8,44 (0,51)	15 (55,6)	2 (7,4)	5 (18,5)
	3.	24	9,21 (0,42)	11 (45,8)	1 (4,2)	3 (12,5)
	4.	25	10,36 (0,49)	12 (48,0)	0	3 (12,0)

Piezīme. N=250

No visiem pētījuma dalībniekiem 13,2 % bija bilingvāli, no kuriem 57,6 % bija atklāti mutvārdu un rakstu valodas traucējumi. Monolingvālu skolēnu grupā valodas traucējumi bija vērojami 33,2 % skolēnu (7. tabula).

7.tabula

Valodas traucējumi monolingvālu un bilingvālu skolēnu grupās (n)

<i>Ēkas tips</i>	<i>Klase</i>	<i>Monolingvāli skolēni</i>			<i>Bilingvāli skolēni</i>		
		<i>n</i>	<i>Tipiska valodas attīstība</i>	<i>Valodas traucējumi</i>	<i>n</i>	<i>Tipiska valodas attīstība</i>	<i>Valodas traucējumi</i>
I	1.	26	14	12	7	2	5
	2.	27	18	9	9	4	5
	3.	36	16	20	6	2	4
	4.	32	23	9	8	4	4
II	1.	23	11	12	0	0	0
	2.	25	21	4	2	1	1
	3.	23	20	3	1	1	0
	4.	25	22	3	0	0	0

Piezīme. Monolingvāli skolēni n=217, bilingvāli skolēni n=33. N=250.

3. CERTES PENTACCLASS IETEKME UZ RUNAS UZTVERI SĀKUMSKOLAS SKOLĒNIEM

3.1. Metodoloģija. Logotomu testa izveide

Skaņu pastiprinošās sistēmas Certes *PentaClass* ietekme uz verbālo instrukciju izpratnes (runas uztveres) novērtējumu tika pārbaudīta izmantojot logotomus. Logotoms ir īss nevārds vai zilbe, kuru izmanto akustiskos pētījumos, lai pārbaudītu runas uztveri. Logotomu veido zilbe bez nozīmes, kura ir veidota atbilstoši sekojošiem principiem: (1) tā satur latviešu valodā esošas skaņas; (2) ir viegli izrunājama. Pētījumā iekļauto logotomu struktūra bija līdzskanis-patskanis-līdzskanis (CVC) un patskanis-līdzskanis (VC). Tika izveidots 50 logotomu tests (8.tabula). Lai atkārtotas pārbaudes laikā izslēgtu logotomu atcerēšanos, tika izveidota testa otrs variants (9. tabula).

8. tabula

Logotomu tests. 1. variants

SUB	DOĶ	UK	VŪS	NUK
UĻ	ZEN	FĒB	ŅUJ	HIZ
MĪN	ROS	KŪB	ČAF	DUŽ
FAC	TĪG	KED	FĀD	EL
LOJ	DET	ŠAT	OL	TOV
TIS	RĀL	PĒP	KAB	VIĢ
UF	DĒV	DEP	ZAC	DOC
PĪK	IB	ZEJ	MĪG	ČUT
GEĶ	SIJ	JUD	ZŪK	VEV
RUZ	ŅUF	SIP	AV	JEC

9. tabula

Logotomu tests. 2. variants

LUD	ZOL	KES	LUF	IM
MĪD	FUN	NĀB	UG	DOH
PĒV	CUL	BAV	ĻUĶ	GŪS
VUV	ID	TĪV	MUČ	KUZ
FEP	UĶ	VIŽ	BOC	MES
FAJ	MOT	LĪK	ZER	CEK
PIN	ŅOŠ	MĒM	ĒŅ	VĀK
VIC	ČAK	SĪD	KUM	KAV
TUĶ	DUB	TOF	SŪM	VEP
GIP	JED	MEĢ	EŅ	ZŪH

Pieņemot, ka skaņai tiek izveidota asociācija ar burtu, logotomu uztveres spēja tika pārbaudīta lūdzot pētījuma dalībniekiem uzrakstīt sadzirdēto zilbi. Skolēniem

vajadzēja uztvert logotomā esošās skaņas – atcerēties to secību – atcerēties logotomu – uzrakstīt to. Šāda tipa uzdevums ir raksturīgs 1.- 4. klases skolēniem. Ņemot vērā bērnu vecumposma īpatnības, pirmās klases skolēniem tika lūgts uzrakstīt 20 logotomus, 2.- 4. klases skolniekiem 50 logotomus.

Certes *PentaClass* ir virspusēji virzītas skaņas audio sistēma ar bezvada mikrofonu Runa. Sistēma nodrošina vienmērīgu skaņas izkliedi telpā un runātāja balss pastiprināšanu. Sistēma ir paredzēta instalēšanai 120 kvadrātmetrus lielā telpā.

Certes *PentaClass* skaņu pastiprinošā sistēma tika novietota klases telpas aizmugurē 2,3 m attālumā no grīdas, ejā starp solu rindām. Attālums starp ierīci un griestiem I tipa ēkā bija 0,40 m, IIA tipa ēkā 1,2 m un IIB tipa ēkā 0,9 m.

Skolēni tika iepazīstināti ar uzdevuma izpildes nosacījumiem. Pirmā pārbaudes uzdevuma laikā pārbaudītājs lēni lasīja logotomus, stāvot klases priekšā, vietā, kur parasti atrodas skolotājs, neizmantojot skaņu pastiprinošo sistēmu. Runātāja balss intensitāte 60 dB. Atkārtota pārbaude notika pēc vienas nedēļas. Otrā uzdevuma laikā tas pats pārbaudītājs, atrodoties tajā pašā klases telpas vietā, lasīja otro pārbaudes uzdevumu, izmantojot skaņu pastiprinošo ierīci Certes *PentaClass* un mikrofonu Runa, kas atradās 10 cm attālumā no runātāja mutes.

Lai pārliecinātos par Certes *PentaClass* ietekmi uz runas uztveri tika veikta *Post Hoc* analīze. Tika izveidota kontrolgrupa (1.klases monolingvāli skolēni ar tipisku valodas attīstību, N=13, 8 meitenes, 5 zēni). Tika organizētas 2 logotomu uztveres pārbaudes bez skaņu pastiprinošo ierīču instalēšanas klases telpā. Laiks starp pārbaudēm 1 nedēļa. Pārbaudes metodika identiska iepriekš izmantotajai. Pētījums tika veikts I tipa ēkā.

3.2. Rezultāti. Certes *PentaClass* ietekme uz runas uztveri

Analizējot testa rezultātus tika ņemts vērā apgalvojums, ka nevārdu atkārtošana ir saistīta ar dzirdes atšķiršanas spēju, noteiktas kapacitātes informācijas uzkrāšanas spēju un kognitīvām spējām. Dzirdes atšķiršanas spējas traucējumi izpaužas kā līdzskaņu (skaņu) aizstāšana, informācijas uzkrāšanas spējas traucējumi izpaužas kā līdzskaņu pozīcijas maiņa un kognitīvo spēju traucējumi izpaužas kā līdzskaņu (skaņu) izstāšana un pozīcijas maiņa (Barry, Hardiman, Bishop, 2009).

Salīdzinot logotomu uztveres pareizību pirmajā diktātā (telpā bez skaņu pastiprinošas ierīces) un otrajā diktātā (telpā ar skaņu pastiprinošo ierīci) visā

monolingvālu sākumskolas skolēnu ar tipisku runas un valodas attīstību grupā ēkā I, varēja novērot statistiski nozīmīgu atšķirību starp vidējo kļūdu skaitu pirmajā un otrajā diktātā ($p = 0,01$; *Related Samples Wilcoxon Signed Rank Test*), t.i., skolēniem uzlabojas runas uztvere, ja telpa ir aprīkota ar Certes *PentaClass*. Taču veicot abu testu vidējo vērtību salīdzināšanu katrā no klašu grupām atsevišķi, varēja novērot, ka neskatoties uz vispārējo tendenci kļūdām samazināties otrajā pārbaudījumā, tomēr statistiski nozīmīga atšķirība bija vērojama tikai pirmo klašu grupā. Rezultātus skatīt 10. tabulā.

II tipa ēkas telpu parametri (V , h , RH) un telpu akustikas parametri (T_{30} , L_{Aeq} , $STIPA$, L_{Aeq} aktiv) statistiski nozīmīgi atšķirās no I tipa ēkas tiem pašiem parametriem ($p < 0,001$; *Kruskal Wallis Test*). II tipa ēkā reverberācijas laiks, A-izsvartais skaņas spiediena līmenis klašu telpās u.c. bija augstāks nekā I tipa ēkā, līdz ar to var uzskatīt, ka II tipa ēkas klašu akustika ir sliktāka nekā I tipa ēkā. Salīdzinot vidējo kļūdu skaitu starp diktātiem, varēja novērot, ka otrajā logotomu testā kļūdu skaits statistiski nozīmīgi palielinājās (sk. 10. tab.).

10. tabula

Vidējais kļūdu skaits pirmajā (bez Certes PentaClass) un otrajā (ar Certes PentaClass) diktātā monolingvāliem skolēniem ar tipisku runas un valodas attīstību

Ēkas tips	Klase	N	Diktāts 1			Diktāts 2			p*
			M	SD	Range	M	SD	Range	
I	1.	14	7,14	2,51	4-11	5,14	2,83	1-10	0,023
	2.	18	7,11	4,35	1-17	5,06	4,40	1-16	0,053
	3.	16	6,13	5,92	0-24	4,94	2,67	0-11	0,431
	4.	23	6,48	3,82	1-17	6,43	3,82	2-15	0,652
II	1.	11	6,64	4,52	0-14	3,91	2,12	0-7	0,049
	2.	21	6,33	3,57	1-15	9,95	4,07	3-21	0,004
	3.	20	4,6	3,24	1-12	7,35	3,76	1-16	0,006
	4.	22	5,09	2,65	0-12	9,41	5,23	3-24	0,001

Piezīme. * *Related Samples Wilcoxon Signed Rank Test*

Līdzīgi kā monolingvāli skolēni bez valodas traucējumiem, arī skolēni ar runas un valodas traucējumiem pirmajā klasē labāk uzrakstīja logotomu testu telpā, kura bija aprīkota ar Certes *PentaClass* sistēmu. Šāds rezultāts tika iegūts I un II tipa ēkās ($p = 0,016$, $p = 0,031$). Analizējot logotomu testa rezultātus pārējās klašu grupās, netika novērota statistiski nozīmīga atšķirība starp pirmo un otro pārbaudījumu. II tipa ēkā

vidējais kļūdu skaits logotomu testā, kurš tika veikts ar Certes *PentaClass* aprīkojumu, bija lielāks. Skatīt 11. tabulu.

11. tabula

Vidējais kļūdu skaits pirmajā (bez Certes PentaClass) un otrajā (ar Certes PentaClass) diktātā monolingvāliem skolēniem ar runas un valodas traucējumiem

Ēkas tips	Klase	N	Diktāts 1			Diktāts 2			p*
			M	SD	Range	M	SD	Range	
I	1.	12	11,17	4,39	5-17	8,67	3,39	4-16	0,016
	2.	9	11,22	6,87	2-21	10,78	7,12	2-22	0,833
	3.	20	7,25	4,05	1-14	8,25	3,57	3-16	0,104
	4.	9	10,67	6,19	1-18	11,44	3,58	6-18	0,512
II	1.	12	8,92	2,28	4-12	6,92	3,06	2-12	0,031
	2.	4	7,75	2,97	4-11	12,75	3,40	8-16	0,144
	3.	3	6,67	6,43	2-14	10,00	9,64	3-21	0,109
	4.	3	12,33	8,08	5-21	16,00	7,94	10-25	0,109

*Piezīme. *Related Samples Wilcoxon Signed Rank Test*

Bilingvālu skolēnu grupā ar un bez valodas traucējumiem netika novērota statistiski nozīmīga Certes *PentaClass* sistēmas ietekme uz logotomu testa rezultātiem. Skatīt 12. un 13. tabulu.

12. tabula

Vidējais kļūdu skaits pirmajā (bez Certes PentaClass) un otrajā (ar Certes PentaClass) diktātā bilingvāliem skolēniem bez runas un valodas traucējumiem

Ēkas tips	Klase	N	Diktāts 1			Diktāts 2			p*
			M	SD	Range	M	SD	Range	
I	1.	2	11,50	0,71	11-12	7,50	3,54	5-10	0,180
	2.	4	14,75	5,56	9-20	12,75	3,95	8-16	0,109
	3.	2	9,00	5,66	5-13	5	2,83	3-7	0,180
	4.	4	8,75	2,99	5-12	8,75	6,24	3-17	1,000

*Piezīme. *Related Samples Wilcoxon Signed Rank Test*

13. tabula

Vidējais kļūdu skaits pirmajā (bez Certes PentaClass) un otrajā (ar Certes PentaClass) diktātā bilingvāliem skolēniem ar runas un valodas traucējumiem

Ēkas tips	Klase	N	Diktāts 1			Diktāts 2			p*
			M	SD	Range	M	SD	Range	
I	1.	5	12,00	3,54	8-17	7,8	3,83	2-11	0,138
	2.	5	14,00	12,51	2-34	10,00	8,40	0-21	0,068
	3.	4	15,25	10,72	1-24	16,25	12,34	2,28	0,465
	4.	4	16,00	5,94	9-23	15,5	7,90	9-27	0,593

*Piezīme. *Related Samples Wilcoxon Signed Rank Test*

Pirmās klases monolingvāliem skolēniem bez valodas traucējumiem vidējais kļūdu skaits pirmajā un otrajā logotomu testā statistiski nozīmīgi neatšķīrās. (Sk. 14. tab.)

14. tabula

Post Hoc pētījums kontrolgrupā. Vidējais kļūdu skaits pirmajā un otrajā diktātā monolingvāliem 1. klases skolēniem ar tipisku runas un valodas attīstību (N=13)

Klase	N	Diktāts 1			Diktāts 2			p*
		M	SD	Range	M	SD	Range	
1.	13	5,85	3,63	0-11	5,38	3,71	2-13	0,561

*Piezīme. * Related Samples Wilcoxon Signed Rank Test*

Veicot korelāciju analīzi starp logotomu testa rezultātiem un klašu telpu akustiskajiem parametriem, var novērot, ka telpā, kurā nav skaņu pastiprinošās ierīces telpas akustikas ietekme uz runas uztveri praktiski nav (Diktāts 1). Telpā, kurā ir instalētas skaņu pastiprinošās sistēmas, logotomu uztveres rezultātu statistiski nozīmīgi ietekmē telpas tilpums, griestu augstums, gaisa relatīvais mitrums, reverberācija un fona troksnis tukšā telpā (Diktāts 2). Šīs korelācijas ir pozitīvas, kas nozīmē, ka kļūdu skaits palielinās, palielinoties kādam no iepriekš minētajiem telpas vai telpas akustikas parametriem. Runas transmisijas indeksa vērtībai nav novērota statistiski nozīmīga ietekme uz logotomu uztveres kvalitāti telpā ar vai bez skaņu pastiprinošām sistēmām. Arī aktivitātes troksnis klasē neietekmē logotomu uztveres precizitāti. (Sk. 15. tab.)

15. tabula

Logotomu uztveres saistība ar telpas un telpas akustikas parametriem (Spīrmena rangu korelācijas metode)

Parametrs	Diktāts 1		Diktāts 2	
	Korelācijas koeficients	p	Korelācijas koeficients	p
Tilpums	-0,175	0,035	0,229	0,006
Griestu augstums	-0,112	0,180	0,239	0,004
Relatīvais mitrums	-0,113	0,177	0,337	< 0,001
T ₃₀	-0,095	0,257	0,365	< 0,001
L _{Aeq}	-0,067	0,424	0,393	< 0,001
STIPA	-0,103	0,218	0,076	0,362
L _{Aeq} aktiv	0,034	0,688	0,004	0,959

Kruskal Wallis tests norādīja, ka telpu akustiku raksturojošie parametri T_{30} , L_{Aeq} , $STIPA$, L_{Aktiv} statistiski nozīmīgi atšķiras dažādu ēku tipos (I, IIA, IIB), $p < 0.001$.

Izmantojot skaņu pastiprinošās ierīces, runas uztvere pasliktinās un palielinās kļūdu skaits pārbaudes uzdevumos, pieaugot reverberācijas laikam ($r_s = 0,365$, $p < 0,001$) un ekvivalentam skaņas spiediena līmenim tukšā telpā ($r_s = 0,393$, $p < 0,001$), kā arī telpās ar lielāku tilpumu ($r_s = 0,229$, $p = 0,006$) un augstāku gaisa relatīvo mitrumu ($r_s = 0,337$, $p < 0,001$).

3.3. Secinājumi

1. Runas uztveres pārbaudei izveidotie logotomu testi sabalansēti iekļāva visas latviešu valodas fonēmas.
2. Monolingvālu sākumskolas skolēnu ar tipisku valodas attīstību grupā runas uztvere uzlabojās telpās ar instalētu Certes *PentaClass* ($p = 0,01$).
3. Certes *PentaClass* ietekme uz runas uztveri ir pozitīva 1. klases monolingvāliem skolēniem bez valodas traucējumiem ($p = 0,023$, $p = 0,049$).
4. Certes *PentaClass* ietekme pozitīva 1.klases monolingvāliem skolēniem ar valodas traucējumiem ($p = 0,016$).
5. Certes *PentaClass* ietekme uz bilingvālu skolēnu ar un bez valodas traucējumiem runas uztveres kvalitāti nav vērojama.
6. Runas uztveres kvalitāte telpās ar skaņu pastiprinošām sistēmām statistiski nozīmīgi korelē ar telpu tilpumu, griestu augstumu, gaisa relatīvo mitrumu, T_{30} , L_{Aeq} . Certes *PentaClass* instalēšana telpās ar nosacīti sliktu akustiku var samazināt runas uztveres kvalitāti.
7. Klašu telpās ar augstu reverberācijas laiku un L_{Aeq} skaņu pastiprinošās ierīces rada pretēju efektu – pasliktina skolotāja runas uztveri un verbālo instrukciju izpratni. Skaņas pastiprinošā iekārta var uzlabot runas saprotamību tikai tādos gadījumos, ja telpā ir zems reverberācijas laiks.
8. Iespējams, ka Certes *PentaClass* ietekme uz runas uztveri ir saistīta ar ierīces novietojumu telpā, t.i., attālumu no ierīces instalācijas vietas līdz griestiem. Nepieciešams turpināt pētījumus.
9. Telpas tilpums un gaisa relatīvais mitrums var ietekmēt skaņu pastiprinošo sistēmu ietekmi uz runas uztveri.

Rekomendācijas

1. Digitālās skaņas procesēšanai izmantot FIR akustisko filtru, lai
 - a. mazinātu ierīces radīto kopējo reverberāciju,
 - b. samazinātu balss skaņas izkropļojumus un deviances.
2. Skaņas līmeņa kontroles regulācijai izmantot LCD displeju, kas atvieglotu ierīces noregulēšanas procesu, atbilstoši katras klases telpas individuālai situācijai.

Izmantotie informatīvie avoti

1. ANSI/ASA S12.60-2010/Part 1: *American National Standard Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools*
2. Barry, J.G., Hardiman, M.J., Bishop, D.V.M (2009). Mismatch Response to Polysyllabic Nonwords: A Neurophysiological Signature of Language Learning Capacity. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006270>
3. Building Bulletin 93: 2015, *Acoustic design of schools, a design guide*. Department for education and skills. Retrieved 11.11.2017 from https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/400784/BB93_February_2015.pdf
4. DIN VDE 0833-4:2014-10, *Alarm systems for fire, intrusion and hold-up - Part 4: Requirements for voice alarm systems in case of fire*
5. IEC 60268-16:2011, *Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*.
6. ISO 3382-1:2009, *Measurement of room acoustic parameters – Part 1: Performance Spaces*.
7. Jacobson, C. (2014), *LasKedjor-2*, Hogrefe Psykologiforlaget.
8. 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->
9. Sala, E., Hellgren, UM, Ketola, R., Laine, A., Olkinuora, P., Rantala, L., Sihvo, M. (2009). *Balss ergonomikas novērtējums darba vietā*. Helsinki: Työterveyslaitos.