

PADANGŲ TEKSTILĖS PLUOŠTO ATLIEKŲ LYGINAMOJO GARSO SUGERTIES KOEFICIENTO TYRIMAS IR VERTINIMAS

Robert Ružickij¹, Raimondas Grubliauskas²

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,
Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra*

El. p. ¹robert.ruzickij@vilniustech.lt; ²raimondas.grubliauskas@vilniustech.lt

Anotacija. Padangų perdirbimo procesas yra gerai žinomas. Gumos granulės sėkmingai panaudojamos statybos sektoriuje, tačiau padangų tekstilės pluoštas (PTP) išlieka problema, nes nėra žinoma, kur galima panaudoti. Šiame straipsnyje nagrinėjamas PTP atliekų pakartotinis panaudojimas kaip garso sugerties medžiaga. Tyrimo tikslas yra įvertinti PTP garso sugerties efektyvumą, kai medžiagoje yra skirtingas gumos priemaišų kiekis. Tyrimai darbe buvo atlikti esant trimis skirtingiems gumos granuliu priemaišų kiekiams. Vieninė lyginamoji garso sugerties koeficiento vertė taikoma apibūdinant garsą sugeriančius statybos gaminius, kurie naudojami pastatuose – laiptinėse, laukimo salėse, gamybinėse patalpose ir pan. Rezultatų apibendrinimo metodas paremtas ISO 11654 standartu. Tyrimo rezultatai parodė, kad gumos priemaišų padidėjimas PTP atliekose turi neigiamos įtakos garso sugerčiai. Mėginių, kurie turi iki 10 % gumos priemaišų (PTP10), vyraujanti lyginamoji garso sugerties vertė siekė D klasę, kurios reikšmės kito nuo 0,30 iki 0,55. Kai gumos priemaišų kiekis buvo iki 54 % (PTP54), mėginių vyraujančios lyginamosios garso sugerties vertės siekė E ir D klases, kurios atitinkamai kito nuo 0,15 iki 0,25 ir nuo 0,30 iki 0,55. Gumos priemaišų kiekiui padidėjus iki 70 % (PTP70), vyraujanti lyginamoji garso sugerties vertė siekė E klasę, kurios reikšmės kito nuo 0,15 iki 0,25. PTP10 mėginių, turinčių iki 10 % gumos priemaišų, garso sugerties geba yra 31 % didesnė, lyginant su PTP54 mėginiais, ir 35 % didesnė, lyginant su PTP70 mėginiais.

Reikšminiai žodžiai: padangų tekstilė, gumos priemaišos, pakartotinis panaudojimas, garsą sugeriančios medžiagos.

Įvadas

Patalpų akustikos problemos yra dažnai paplitę reiškinys pastatuose. Tai atsitinka todėl, kad neteisingai parenkami akustiniai sprendimai arba jų visai nebūna, todėl nuo šios problemos kenčia patalpų naudotojai. Siekiant išspręsti akustikos problemas yra naudojamos garsą sugeriančios medžiagos. Šiuo metu labiausiai paplitę akustiniai sprendimai yra tradicinės garsą sugeriančios medžiagos – akmens ir stiklo vatos, poliuretano putos, įvairios garsą sugeriančios plokštės (Ulrich & Arenas, 2020). Tačiau visuomet medžiagos yra pagamintos iš neatsinaujinančių šaltinių ir jų gamybai sunaudojami dideli energijos kiekiai, darkomas kraštovaizdis, įvyksta įvairių ekologinių nelaimių (Sengupta, 2021).

Tradicinės medžiagos yra puikiai išdirbtos ir pasiekia labai gerus garso sugerties rezultatus. Tačiau pastarosiomis dienomis mokslininkų žvilgsnį atkreipia natūralios ir perdirtos garsą sugeriančios medžiagos, kurios pasižymi taip pat labai geromis garso sugerties savybėmis kaip

ir tradicinės, pagamintos iš neatsinaujinančių šaltinių. Tokį žingsnį paskatino Europos Sąjungos ir viso pasaulio judėjimas link tvarumo, atliekų kiekių mažinimo ir žaliosios ekonomikos įgyvendinimo tikslų (European Commission, 2019).

Pastaruoju metu mokslininkai skiria dėmesį padangų gumos granuliu, popieriaus gamybos dumblo, plastiko, tekstilės pluošto akustinių savybių tyrimams (Ali et al., 2021; Astrauskas et al., 2021; Caniato et al., 2021; Disanayake et al., 2021; Svoboda et al., 2021). Taip pat šiuo metu labai daug kalbama ir apie natūralios kilmės pluoštus – kokosų, ananasų lapų, kanapių ir linų. Tyrimai su šiomis medžiagomis parodė, kad jos turi geras garso sugerties savybes ir turi potencialo panaudojimo srityje (Chin Vui Sheng et al., 2020; Or et al., 2017; Rusli et al., 2019; Yang et al., 2020).

Šiame darbe analizuojamas padangų tekstilės pluoštas (PTP) (1 pav.) yra nauja garsą sugerianti medžiaga, kuri yra mažai ištyrinėta. PTP yra išgaunamas perdirtant nebetinkamas naudoti padangas, t. y. PTP yra atskiriamas

nuo gumos ir metalo kompozito (Landi et al., 2016). PTP sudaro iki 10 % bendros padangos masės (Sebola et al., 2018).



1 paveikslas. Padangų tekstilės pluoštas su gumos granuliu priemaišomis

Žinios apie PTP panaudojimo garso sugerčiai tyrimus yra ribotos, tačiau vien šiais tyrimais nėra apsiribojama. Remiantis naujausiais moksliniais tyrimais, PTP potencialų panaudojimą galima rasti toliau pateiktose srityse. *Naujų pažangių medžiagų kūrimo sritis*. Tyrimais nustatyta, kad aerogelio absorbentas, pagamintas PTP atliekų pagrindu, yra du kartus efektyvesnis nei polipropileno absorbentas, kuris plačiai naudojamas naftos produktų absorbcijai (Thai et al., 2020, 2021), *Gipso mišinių gamyba*. Tyrimais nustatyta, kad, pridėdant nedidelius PTP kiekius į mišinį, pagerėja medžiagos mechaninės savybės, tačiau pažymėtina, kad per didelis PTP kiekis gali pabloginti rezultatus (Khongova et al., 2021). *Geopolimerinio betono gamyba*. Teigiama, kad pridėjus 20 % PTP atliekų pagal tūrį, buvo pasiektas mažiausias tankis ir didžiausias stipris lenkiant, o kai PTP sudarė 5 % pagal tūrį, buvo didžiausias gniuždymo stipris (Łach et al., 2018). *PTP panaudojimas karšto asfalto gamyba*. Atlikti moksliniai tyrimai parodė, kad PTP buvimas asfalto mišinyje neturi teigiamos įtakos stiprumui ir standumui, tačiau padidėja atsparumas nuovargiui, kadangi mikroįtrūkimai evoliucionuoja į makroįtrūkimus (Bocci & Prosperi, 2020).

Galima matyti, kad vykdoma daug įvairių tyrimų su PTP panaudojimu, tačiau garso sugerties srityje tyrimų rasti praktiškai nėra galimybių. Todėl šiame tyrime atliekami PTP lyginamojo garso sugerties koeficiento tyrimai.

Tyrimo tikslas – įvertinti PTP garso sugerties efektyvumą, keičiant gumos granuliu priemaišų kiekį pluošte.

Metodika

Pirmojoje tyrimų fazėje buvo ištirti mėginių gumos granuliu priemaišų padangų tekstilės pluošte kiekiai ir jų granulimetrinė sudėtis. Gumos dalelių dydžiai buvo nustatyti sijojant mėginį per sietus. Šios tyrimo dalies tikslas buvo išsiaiškinti, kiek bendros masės sudaro gumos priemaišų kiekiai, kokie yra vyraujantys dalelių dydžiai. Mėginių charakterizavimo rezultatai: kai priemaišų kiekis buvo iki 10 % – PTP10; iki 54 % – PTP54; iki 70 % – PTP70 (1 lentelė).

Pirminiai rezultatai gauti atlikus tyrimus interferometru, pagal ISO 10534-1 standartą. Šioje dalyje buvo tirti mėginiai, kurių storiai kito nuo 10 iki 60 mm, o tankiai kito nuo 25 iki 250 kg/m³. Tyrimų metu buvo gauti rezultatai dažnių diapazone nuo 160 iki 5000 Hz, t. y. 1/3 oktavos dažnių juostoje.

Platus tyrimų rezultatų spektras ne visuomet yra informatyvus, todėl rekomenduojama garso sugerties koeficiento vertes perskaičiuoti į vieninę lyginamąją garso sugerties vertę. Šiam tikslui taikomas ISO 11654 „Akustika. Garsą sugeriantys statybos gaminiai. Garso sugerties įvertinimas“ standartas, kurį pasitelkus galima tai atlikti.

Lyginamoji garso sugerties koeficiento vertė α_w yra skaičiuojama pagal α_{pi} vertes ir atskaitos kreivę (2 lentelė). Metodas paremtas tuo, kad atskaitos kreivė yra persutumiama 0,05 žingsniu išmatuotų verčių kryptimi, kol nepalankių nuokrypių suma taps mažesnė už 0,10 arba lygi šiam skaičiui. Nepalankus nuokrypis pasirinktame dažnyje yra tuo metu, kai išmatuota vertė yra žemesnė nei atskaitos kreivė. Skaičiuojami tik nepalankūs nuokrypiai.

Lyginamoji garso sugerties koeficiento vertė α_w yra apibrėžiama kaip perstumtos atskaitos kreivės vertė 500 Hz dažnyje (2 pav.) (ISO, 1998).

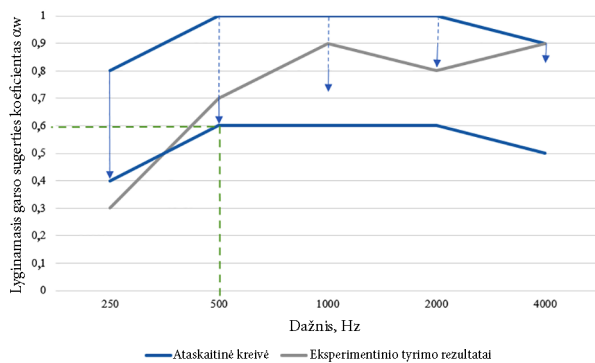
Lyginamoji garso sugerties koeficiento vertė – tai vieninė nuo dažnio nepriklausanti vertė, kurią galima nustatyti atskaitos kreivės 500 Hz dažnyje po to, kai kreivė yra perstumtiama pagal standarto reikalavimus.

2 lentelė. Atskaitos kreivės reikšmės lyginamajai garso sugerties koeficiento vertei α_w nustatyti (ISO, 1998)

Dažnis	0,25 kHz	0,5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
α_p , 1/1 okt.	0,80	1,00	1,00	1,00	0,90

1 lentelė. Gumos priemaišų granulimetrinė sudėtis PTP atliekose, %

Frakcija, mm Mėginiai	Frakcija, mm								
	<0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–1,0	1,0–2,0	2,0–4,0	4,0–5,0	>5,0
PTP10	2,74	4,08	3,23	0,48	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
PTP54	0,72	2,64	2,41	2,48	12,02	11,10	9,13	1,42	11,61
PTP70	2,01	2,93	0,72	0,38	1,84	9,23	38,30	8,39	6,23



2 paveikslas. Lyginamosios garso sugerties koeficiento vertės nustatymas

Nustačius lyginamąsias garso sugerties koeficiento vertes, nustatoma garsą sugeriančios medžiagos klasė. Klasė nustatoma pagal klasifikatorių, kuris pateiktas 3 lentelėje.

3 lentelė. Garsą sugeriančių medžiagų klasifikatorius (ISO, 1998)

Garso sugerties klasė	α _w vertės
A	0,90–1,00
B	0,80–0,85
C	0,60–0,75
D	0,30–0,55
E	0,15–0,25
Neklasifikuojama	0,00–0,10

Rezultatai ir diskusija

Taikant aprašytą metodą, buvo apskaičiuoti PTP atliekų su skirtingais gumos priemaišų kiekiais lyginamieji garso sugerties koeficientai α_w.

4 lentelėje pateikiami PTP10 mėginių lyginamieji garso sugerties koeficientai. Remiantis rezultatais, galima matyti, kad 10 mm α_w vertės yra žemesnės nei 0,20, tai pagal klasifikatorių yra apibrėžiama kaip „neklasifikuojama“ ir „E“ klasės medžiagos. Tai labai mažai garsą sugeriantys mėginiai. Nors ir tankis didėja, tačiau dėl nepakankamo mėginio storio aukštų rezultatų nepasiekiami.

4 lentelė. PTP10 mėginių lyginamojo garso sugerties koeficiento nustatymo rezultatai

Storis, mm	Tankis, kg/m ³									
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20
20	0,15	0,20	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,35
30	0,25	0,30	0,30	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,40
40	0,30	0,35	0,45	0,50	0,60	0,55	0,55	0,50	0,40	0,40
50	0,30	0,40	0,50	0,60	0,65	0,60	0,50	0,45	0,40	0,40
60	0,35	0,55	0,60	0,70	0,70	0,60	0,50	0,45	0,45	0,40

Kad mėginys būtų efektyvus žemų dažnių diapazone, turi būti tenkinama sąlyga – mėginio storis turi būti ne mažesnis nei 1/4 bangos ilgio norimame dažnyje. Taip yra todėl, kad čia vyksta reiškinys, kai garso sugertis didėja, kai didėja garso bangos amplitudė. Garso bangos slėgis linkęs sumažėti link nulinės reikšmės prie standaus atspindinčio paviršiaus, o aukščiausią vertę pasiekia atstumu nuo 1/4 iki 1/8 garso bangos ilgio nuo paviršiaus. Todėl mėginio storio parinkimas yra glaudžiai susijęs su pritaikymo sritimi (Asdrubali et al., 2008).

Vertinant 20 mm mėginius, galima matyti, kad α_w vertės kito nuo 0,15 iki 0,35, pagal klasifikatorių apibrėžiamos kaip „E“ ir „D“ garsą sugeriančių medžiagų klasės. Kadangi storis išlieka mažas – vertės taip pat yra mažos. Skaičiavimuose yra vertinami dažniai – 250, 500, 1000, 2000 ir 4000 Hz, t. y. 1/1 oktavos dažniai, tačiau, atliekant tyrimus interferometru, rezultatai žemesniuose nei 500 Hz dažniuose buvo žemi, todėl tai turi įtakos mažai lyginamajai vertei.

Apžvelgiant 30 mm storio mėginių α_w vertės kito nuo 0,25 iki 0,45, o tai atitiko „E“ ir „D“ klases. 40 mm mėginių vertės kito nuo 0,30 iki 0,60, o tai atitinkamai yra „D“ ir „C“ klasės. Galima matyti, kad šio storio mėginių „C“ klasę pasiekia tik 125 kg/m³ mėginys.

Apžvelgiant 50 mm mėginius, lyginamosios garso sugerties koeficiento vertės kito nuo 0,30 iki 0,65 ir tai atitiko „D“ ir „C“ klases. „C“ klasę pasiekė mėginiai nuo 100 iki 150 kg/m³ tankio. Galima matyti, kad aukštesnę klasę šio storio mėginiuose pasiekia tankesni mėginiai, kadangi lyginamoji garso sugerties vertė priklauso nuo matavimų interferometru rezultatų.

Palyginus 60 mm mėginius, lyginamosios garso sugerties koeficiento vertės kito nuo 0,35 iki 0,70. Tai atitiko „D“ ir „C“ klases. „C“ klasę pasiekė mėginiai, kurių tankiai kito nuo 75 iki 150 kg/m³. Šiuos mėginius galima priskirti prie gerai garsą sugeriančių medžiagų.

5 lentelėje pateikiamos PTP54 mėginių lyginamosios garso sugerties koeficiento vertės. Atlikus skaičiavimus galima matyti, kad 10 mm mėginių α_w vertės yra labai mažos ir neviršija 0,15, vidutiniškai vertės 23 %

5 lentelė. PTP54 mėginių lyginamojo garso sugerties koeficiento nustatymo rezultatai

Tankis, kg/m ³ \ Storis, mm	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,10	0,15
20	0,10	0,15	0,20	0,15	0,20	0,20	0,25	0,20	0,25	0,25
30	0,15	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,30	0,35	0,30	0,35
40	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,30	0,35	0,40	0,50	0,45
50	0,20	0,25	0,25	0,35	0,40	0,45	0,45	0,45	0,50	0,60
60	0,20	0,25	0,35	0,40	0,45	0,45	0,50	0,60	0,60	0,60

6 lentelė. PTP70 mėginių lyginamojo garso sugerties koeficiento nustatymo rezultatai

Tankis, kg/m ³ \ Storis, mm	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15
20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20
30	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30	0,30
40	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35
50	0,20	0,25	0,25	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50
60	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,50	0,50	0,60

mažesnės, lyginant su PTP10. Didžiausioji vertė buvo pasiekta, kai mėginio tankis buvo 250 kg/m³, tačiau lyginant su PTP10, garso sugertis buvo 25 % mažesnė. Bendrai vertinant, 10 mm mėginiai nėra akustiškai efektyvūs, pritaikius patalpoje nebus pastebimas didelis teigiamas poveikis.

Apžvelgiant 20 mm mėginius α_w vertės kito nuo 0,10 iki 0,25. Didžiausiosios vertės buvo pasiektos esant 225 ir 250 kg/m³ tankio mėginiams, tačiau lyginant su PTP10 mėginiais, efektyvumas buvo 29 % mažesnis. Prasčiausias rezultatas buvo pasiektas esant 25 kg/m³, o skirtumas su PTP10 siekė 34 %. Šio storio mėginiai yra mažai efektyvūs patalpų akustikoje, tačiau jų poveikis būtų šiek tiek didesnis nei 10 mm mėginių, tačiau vertinant tai, kad didžiausiosios vertės buvo pasiektos esant dideliems tankiams, jų panaudojimas gali būti labai ribotas.

Vertinant 30 mm mėginius, lyginamosios garso sugerties koeficiento vertės buvo nuo 0,15 iki 0,35, t. y. atitinkamai „E“ ir „D“ klasės. Vidutiniškai PTP54 efektyvumas, lyginant su PTP10, buvo 34 % mažesnis. Didžiausiosios vertės buvo pasiektos esant 200 ir 250 kg/m³ tankiams.

40 mm mėginių vertės kito nuo 0,20 iki 0,50, lyginant su PTP10, vertės buvo 35 % mažesnės. Didžiausioji vertė buvo pasiekta esant 225 kg/m³ tankiui. Tam įtakos turi gumos priemaišos, kadangi jos sudaro iki 54 % bendros mėginio masės. Pažymėtina, kad guma turi įtakos garso sugerčiai, pavyzdžiui, jeigu lygintume mėginius, kur gumos priemaišos sudaro iki 10 %, aukštesni rezultatai

pasiekiami, kai mėginių tankiai buvo mažesni.

Apžvelgiant 50 mm mėginius, α_w kito nuo 0,20 iki 0,60 ir analogiškai šio storio mėginiuose aukšti rezultatai buvo pasiekti, kai tankis buvo 250 kg/m³. Lyginant su PTP10 mėginiais, garso sugerties gebos kritimas buvo nuo 0 iki 50 %. Žvelgiant į rezultatus su PTP atliekomis, kur gumos priemaišos sudaro iki 10 %, tai panašus rezultatas buvo pasiektas, kai tankis buvo 2 kartus mažesnis, t. y. 125 kg/m³.

Palyginus paskutinius 60 mm mėginius, lyginamosios garso sugerties koeficiento vertės kito nuo 0,20 iki 0,60 (vertės buvo vidutiniškai 35 % mažesnės nei PTP10). Lyginamojo garso sugerties koeficiento vertė 0,60 buvo pasiekta mėginių, kurių tankiai kito nuo 200 iki 250 kg/m³. Toks rezultatas priskiriamas prie „C“ garsą sugeriančių medžiagų klasės. Vertė 0,60 vertinama kaip neblogas rezultatas, tačiau dėl didelio tankio ir didelio mėginio storio pritaikymas realiomis sąlygomis būtų labai ribotas.

Paskutinėje tyrimo dalyje buvo nagrinėti PTP70 mėginiai. 6 lentelėje pateikiamos PTP70 mėginių lyginamosios garso sugerties koeficiento vertės. Analizuojant 10 mm mėginius, lyginamosios garso sugerties vertės kito nuo 0,10 iki 0,15. Galima matyti, kad PTP70 mėginių efektyvumas buvo 14 % mažesnis, lyginant su PTP10 mėginiais, tačiau apie 17 % didesnis, lyginant su PTP54. Tikėtina, kad įtakos turėjo netolygus gumos priemaišų pasiskirstymas mėginyje ir jų šiuo atveju buvo mažiau nei PTP54 mėginiuose, todėl

rezultatai buvo didesni. Bet žvelgiant iš panaudojimo pusės, galima matyti, kad šių mėginių efektyvumas yra vis tiek mažas, todėl pritaikius realiomis sąlygomis, efektas būtų mažai pastebimas.

Apžvelgiant 20 mm mėginius α_w vertės kito nuo 0,15 iki 0,20. Didžiausiosios vertės – nuo 175 iki 250 kg/m³ tankio mėginių. Lyginant su PTP10 mėginiais, efektyvumas buvo 38 % mažesnis, o su PTP54 apie 9 %.

Vertinant 30 mm mėginius, lyginamosios garso sugerties koeficiento vertės buvo nuo 0,15 iki 0,30, t. y. atitinkamai „E“ ir „D“ klasės. Didžiausiosios vertės buvo pasiektos nuo 200 iki 250 kg/m³ tankių. Lyginant efektyvumą su PTP10 mėginiais, jų efektyvumas buvo 44 % mažesnis, o su PTP54 – 14 %.

40 mm mėginių vertės kito nuo 0,15 iki 0,35. Didžiausiosios vertės buvo pasiektos nuo 200 iki 250 kg/m³ tankio mėginių. Galima stebėti tendenciją, kad didžiausiosios galimos α_w vertės pasiekiamos esant dideliems tankiams. Žvelgiant iš vienos pusės – taip panaudojama daugiau atliekų, tačiau pažvelgus iš kitos pusės – didelės masės plokščių paklausa bus ribota. Lyginant PTP70 mėginius su PTP10, efektyvumas buvo mažesnis 40 %, o su PTP54 – 19 %.

Apžvelgiant 50 mm mėginius, α_w kito nuo 0,20 iki 0,50 ir analogiškai šio storio mėginiuose aukšti rezultatai buvo pasiekti, kai tankiai buvo 225 ir 250 kg/m³. Efektyvumas buvo atitinkamai 36 % ir 9 % mažesnis, lyginant su PTP10 ir PTP54.

Palyginus paskutinius 60 mm mėginius, lyginamosios garso sugerties koeficiento vertės kito nuo 0,25 iki 0,60. Rezultatas 0,60 buvo pasiektas mėginio, kurio tankis buvo 250 kg/m³. Toks rezultatas priskiriamas prie „C“ garsą sugeriančių medžiagų klasės. Lyginant su PTP10 – 35 % mažesnis efektyvumas, o su PTP54 – 3 %.

Apibendrinant, didėjant gumos priemaišų kiekiui PTP atliekose, garso sugerties lyginamoji vertė mažėja. Vidutiniškai PTP54 mėginių efektyvumas lyginant su PTP10 buvo 31 % mažesnis, o PTP70 mėginių efektyvumas – 35 % mažesnis. Verta praplėsti tyrimus iki 100 mm storio mėginių. Palyginus PTP atliekų lyginamąjį garso sugerties koeficientą su tradicinėmis pluoštinėmis medžiagomis – akmens vata – vertė kinta nuo 0,80 iki 1,00 (Bolberg, 2021; Farouk et al., 2020). Tačiau reikia pabrėžti, kad tyrimo metodas skiriasi nuo taikyto šiame darbe, todėl matomi skirtumai.

Išvados

1. Gumos granuliu priemaišos PTP atliekose turi neigiamos įtakos lyginamajam garso sugerties koeficientui ir medžiagos garso sugerčiai.
2. Gumos priemaišų kiekiui padidėjus nuo 10 iki 54 %, garso sugerties efektyvumas sumažėjo 31 %, o kiekiui

padidėjus nuo 10 iki 70 % – efektyvumas sumažėjo iki 35 %.

3. PTP10 mėginių didžiausias lyginamasis garso sugerties koeficientas buvo pasiektas, kai tankiai kito nuo 75 iki 150 kg/m³, PTP54 mėginių – nuo 200 iki 250 kg/m³, o PTP74 – 250 kg/m³. Didėjant gumos priemaišų kiekiui PTP atliekose, aukštesni rezultatai pasiekiami didesniuose tankiuose, lyginant su PTP10.
4. Aukščiausia garso sugerties klasė PTP10 mėginių buvo „C“ (tankiai 100–125 kg/m³, storis 60 mm), PTP54 mėginių – „C“ (tankiai 200–250 kg/m³, storis 50–60 mm), PTP70 mėginių – „C“ (tankis 250 kg/m³, storis 60 mm).

Literatūra

- Ali, M., Almuzaqer, R., Al-Salem, K., Alabdulkarem, A., & Nuhait, A. (2021). New novel thermal insulation and sound-absorbing materials from discarded facemasks of COVID-19 pandemic. *Scientific Reports*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02744-8>
- Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2008). Sound absorbing properties of materials made of rubber crumbs. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5), 35–40. <https://doi.org/10.1121/1.2932706>
- Astrauskas, T., Januševičius, T., & Grubliauskas, R. (2021). Acoustic Panels Made of Paper Sludge and Clay Composites. *Sustainability*, 13(2), 1–10. <https://doi.org/10.3390/SU13020637>
- Bocci, E., & Prosperi, E. (2020). Recycling of reclaimed fibers from end-of-life tires in hot mix asphalt. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(5), 678–687. <https://doi.org/10.1016/J.JTTE.2019.09.006>
- Bolberg, M. (2021). How small-scale variation in mineral wool products effect random incidence sound absorption. In *Proceedings of INTER-NOISE 2021–2021 International Congress and Exposition of Noise Control Engineering*, 2313–2317. <https://doi.org/10.3397/IN-2021-2103>
- Caniato, M., Cozzarini, L., Schmid, C., & Gasparella, A. (2021). Acoustic and thermal characterization of a novel sustainable material incorporating recycled microplastic waste. *Sustainable Materials and Technologies*, 28, 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.SUSMAT.2021.E00274>
- Chin Vui Sheng, D. D., Yahya, M. N. bin, & Che Din, N. bin. (2020). Sound Absorption of Microperforated Panel Made from Coconut Fiber and Polylactic Acid Composite. *Journal of Natural Fibers*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1821290>
- Dissanayake, D. G. K., Weerasinghe, D. U., Thebuwanage, L. M., & Bandara, U. A. A. N. (2021). An environmentally friendly sound insulation material from post-industrial textile waste and natural rubber. *Journal of Building Engineering*, 33, 1–6. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2020.101606>
- European Commission. (2019). *The European Green Deal*.
- Farouk, M., Soltan, A., & Kammar, E. (2020). Utilization of some egyptian raw materials in rock wool industry: thermal and acoustic insulation. *Egyptian Journal of Geology*, 64, 155–165. <https://doi.org/10.21608/EGJG.2020.215754>

- Lietuvos standartizacijos departamentas. (1998). *Akustika. Garsą sugeriantys statybos gaminiai. Garso sugerties įvertinimas* (ISO 11654:1997).
- Khongova, I., Chromkova, I., & Prachar, V. (2021). Reuse of waste tire textile fibers from tires in plaster mixtures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1205(1), 1–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1205/1/012017>
- Łach, M., Kiszka, A., Korniejenko, K., & Mikula, J. (2018). The mechanical properties of waste tire cords reinforced geopolymer concretes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 416(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/416/1/012089>
- Landi, D., Vitali, S., & Germani, M. (2016). Environmental Analysis of Different End of Life Scenarios of Tires Textile Fibers. *Procedia CIRP*, 48, 508–513. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.141>
- Or, K. H., Putra, A., & Selamat, M. Z. (2017). Oil palm empty fruit bunch fibres as sustainable acoustic absorber. *Applied Acoustics*, 119, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.12.002>
- Rusli, M., Irsyad, M., Dahlan, H., Gusriwandi, & Bur, M. (2019). Sound absorption characteristics of the natural fibrous material from coconut coir, oil palm fruit bunches, and pineapple leaf. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 602(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/602/1/012067>
- Sebola, M. R., Mativenga, P. T., & Pretorius, J. (2018). A Benchmark Study of Waste Tyre Recycling in South Africa to European Union Practice. *Procedia CIRP*, 69, 950–955. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.137>
- Sengupta, M. (2021). *Environmental Impacts of Mining : Monitoring, Restoration and Control* (2nd ed). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003164012>
- Svoboda, J., Dvorský, T., Václavík, V., Charvát, J., Máčalová, K., Heviánková, S., & Janurová, E. (2021). Sound-absorbing and thermal-insulating properties of cement composite based on recycled rubber from waste tires. *Applied Sciences*, 11(6), 1–16. <https://doi.org/10.3390/APP11062725>
- Thai, Q. B., Le, D. K., Do, N. H. N., Le, P. K., Phan-Thien, N., Wee, C. Y., & Duong, H. M. (2020). Advanced aerogels from waste tire fibers for oil spill-cleaning applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4), 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2020.104016>
- Thai, Q. B., Le-Cao, K., Nguyen, P. T. T., Le, P. K., Phan-Thien, N., & Duong, H. M. (2021). *Fabrication and optimization of multifunctional nanoporous aerogels using recycled textile fibers from car tire wastes for oil-spill cleaning, heat-insulating and sound absorbing applications. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 628, 1–16. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFA.2021.127363>
- Ulrich, T., & Arenas, J. P. (2020). Sound absorption of sustainable polymer nanofibrous thin membranes bonded to a bulk porous material. *Sustainability*, 12(6), 1–15. <https://doi.org/10.3390/SU12062361>
- Yang, T., Hu, L., Xiong, X., Petrů, M., Noman, M. T., Mishra, R., & Militký, J. (2020). Sound absorption properties of natural fibers: A review. *Sustainability*, 12(20), 1–25. <https://doi.org/10.3390/su12208477>

INVESTIGATION AND EVALUATION OF THE WEIGHTED SOUND ABSORPTION COEFFICIENT OF WASTE TYRE TEXTILE FIBRE

R. Ružickij, R. Grubliauskas

Summary

The tyre recycling process is well known. Rubber granules are used successfully in the construction sector, however Waste Tyre Textile Fibre (WTF) remains a problem as it is not known where it can be used. This article deals with the reuse of WTF waste as a sound absorbing material. The aim of the study is to evaluate the sound absorption efficiency of WTF when the material contains different amounts of rubber impurities. The studies were performed in the presence of three different amounts of rubber granule impurities. The single reference value for the sound absorption coefficient is used to describe sound-absorbing construction materials used in buildings such as halls, waiting rooms, industrial premises, etc. The method for summarizing the results is based on the ISO 11654 standard. The results of the study showed that the increase in rubber impurities in the WTF affects the sound absorption. Samples containing up to 10% rubber impurities (WTF10) had a predominant comparative sound absorption value of Class D, with values ranging from 0.30 to 0.55. At rubber impurities up to 54% (WTF54), the predominant comparative sound absorption values of the samples ranged from 0.15 to 0.25 and 0.30 to 0.55, respectively. As the amount of rubber impurities increased to 70% (WTF70), the predominant reference value for sound absorption was class E, ranging from 0.15 to 0.25. WTF10 samples containing up to 10% rubber impurities have a sound absorption capacity of 31% higher than WTF54 samples and 35% higher compared to WTF70 samples.

Keywords: tyre textile, rubber impurities, reuse, sound absorbing materials.