

PLUOŠTINIŲ KANAPIŲ SPALIŲ GARSO SUGERTIES IR GARSO PERDAVIMO SUMAŽĖJIMO TYRIMAI

Edgaras STRAZDAS*, Tomas JANUŠEVIČIUS

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

**El. paštas edgaras.strazdas@vilniustech.lt*

Gauta 2024 m. kovo 4 d.; priimta 2024 m. kovo 18 d.

Santrauka. Atsižvelgiant į globalias tvarumo tendencijas, sintetinės garsą slopinančios medžiagos vis dažniau keičiamos natūralios kilmės medžiagomis. Viena iš tokių medžiagų – pluoštinės kanapės. Nors pasaulyje kanapių pluoštas ir spalviai yra pakankamai gerai ištirti, mokslininkai akcentuoja tyrimų poreikį atskirai kiekvienam regionui, kur auginamos pluoštinės kanapės, nes jų savybės labai skiriasi dėl aplinkos sąlygų įtakos įvairiose jų auginimo vietovėse. Šio tyrimo tikslas – ištirti Lietuvoje užaugintų pluoštinių kanapių spalių, spalių ir pluošto mišinio bei spalių blokelių garso sugerties ir garso izoliavimo savybes ir jų priklausomybę nuo tiriamų bandinių storio ir tankio. Eksperimentiniai tyrimai atliekami vadovaujantis standartiniais metodais ISO 10534-2 ir ASTM E2611-17. Nustatyta, kad didesnio storio kanapių spalių ir kanapių spalių su pluoštu bandiniai geriau sugeria garsą vidutiniuose ir žemuosiuose dažniuose. 150 kg/m³ tankio bandiniai daugeliu atvejų geriau sugeria garsą visame dažnių diapazone, lyginant su to paties storio 100 kg/m³ tankio bandiniais. Sumaišius kanapių spalvius su dekortikuotu kanapių pluoštu, pagerėjo garso sugertis visoje dažnių juostoje.

Reikšminiai žodžiai: pluoštinės kanapės, kanapių spalviai, garso sugertis, garso perdavimo sumažėjimas.

1. Įvadas

Siekiant užtikrinti tvarumo principus, statybų sektoriuje vis dažniau naudojamos aplinkai nekenksmingos medžiagos, todėl statybinėje akustikoje dažnai naudojamos natūralios kilmės medžiagos, atliekos arba kompozitinės medžiagos (Asdrubali et al., 2012). Norint pagerinti akustinį komfortą, dažnai naudojamos organinės, augalinės kilmės pluoštinės medžiagos, gerai sugeriančios garsą. Pavyzdžiui, Malaizijos mokslininkai pasiūlė naudoti aplinkai nekenksmingas medžiagas: kokoso pluoštą ir šiaudus (Ismail et al., 2016). Natūralus kokoso pluoštas ir šiaudai buvo sumaišyti su sintetiniu pluoštu ir įdėti į triukšmo barjero konstrukciją. Ištyrus barjero prototipą triukšmo slopinimo kameroje, buvo nustatytas reikšmingas garso lygio slopinimas ir didelis šių medžiagų akustinis potencialas. Zulkifli et al. (2010) nustatė, kad kokoso pluoštas gali būti naudojamas kaip kompozitinė medžiaga su medvilniniu pagrindu ir perforuota plokšte, tada garso sugertis gali padidėti iki 0,94–0,95 dažnių diapazone nuo 2600 iki 2700 Hz (Zulkifli et al., 2010). Ouakarrouch et al. (2022) gamino ir

tyrinėjo ekologiškas kompozitines plokštes, pagamintas iš 60 % kartono atliekų ir 40 % natūralaus pluošto. Augalinis pluoštas buvo gaunamas iš nendrių, figos medžio, palmės riešutmedžio, alyvmedžio, cukranendrių stiebų, kviečių šiaudų ir aštuotinės daugiamėčių žolių. Nustatytas garso sugerties koeficientas siekė 0,4–0,8 ribas (Ouakarrouch et al., 2022). Didelis mokslininkų iš viso pasaulio susidomėjimas augalinėmis medžiagomis rodo šių medžiagų potencialą triukšmo mažinimo srityje ir tolesnių tyrimų poreikį.

Pastaruoju metu pasaulyje dažnai tiriamos pluoštinių kanapių produktų akustinės savybės ir šios medžiagos potencialas akustikoje (Liao et al., 2020; Santoni et al., 2019; Zhang et al., 2023). Iš pluoštinių kanapių gaminamas kanapių pluoštas ir kanapių spalviai. Kanapių spalviai yra medinė kanapių augalo dalis, dažnai naudojama kaip šilumą izoliuojanti medžiaga, kaip augalų ir gyvūnų priežiūros priemonė, taip pat ekologiška statybinė medžiaga. Pastaraisiais metais pluoštinių kanapių auginimas Europos Sąjungoje itin padidėjo – nuo 19 970 hektarų 2015 m. iki 34 960 hektarų 2019 m. 2023 m. Lietuvoje

buvo auginama 2501,01 hektaro pluoštinių kanapių. Auginant pluoštines kanapes yra prisidedama prie Europos žaliojo kurso tikslų įgyvendinimo: pluoštinės kanapės sugeria didelius kiekius anglies dioksido bei pasižymi greitu biomasės prieaugiu. Lietuvoje masiškai auginti pluoštines kanapes pradėta tik 2014 m., įsigaliojus Lietuvos Respublikos pluoštinių kanapių įstatymui. Dėl šios priežasties pastebima Lietuvoje auginamų pluoštinių kanapių produktų akustinių tyrimų stoka. Nors pasaulyje kanapių pluoštas ir spaliai yra pakankamai gerai ištirti, mokslininkai akcentuoja tyrimų poreikį atskirai kiekvienam regionui, kur auginamos pluoštinės kanapės, nes pluoštinių kanapių savybės labai skiriasi dėl aplinkos sąlygų įtakos įvairiose jų auginimo vietovėse (Delhomme et al., 2020). Pagrindiniai skirtumus lemiantys veiksniai yra klimatas, dirvos struktūra, kritulių kiekis. Skirtingose vietovėse užaugintų pluoštinių kanapių augalai gali skirtis savo pluošto ilgiu, stipriu.

Šio tyrimo tikslas – ištirti Lietuvoje užaugintų pluoštinių kanapių spalių, spalių ir pluošto mišinio bei spalių blokelių garso sugerties ir garso izoliavimo savybes ir jų priklausomybę nuo tiriamų bandinių storio ir tankio.

2. Eksperimentinių tyrimų metodika

Eksperimentiniams tyrimams buvo panaudoti išvalyti kanapių spaliai, pagaminti iš Lietuvoje auginamų pluoštinių kanapių, kurių frakcija svyravo nuo 3 iki 25 mm (1 pav.).



1 paveikslas. Kanapių spaliai

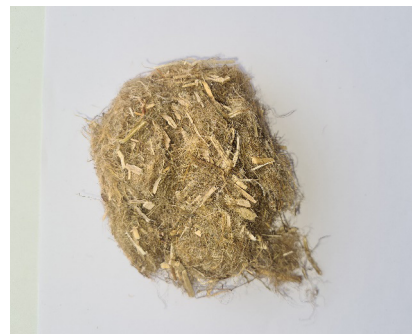
Pluoštinių kanapių spaliai buvo dedami į 3D spausdintuvu atspausdintas formas, kurios nedaro įtakos tyrimų rezultatams. Formos skersmuo siekia 29,9 mm, sienelių storis 1,5 mm (2 pav.).

Siekiant įvertinti kanapių spalių akustinių savybių priklausomybę nuo storio, buvo tiriami mėginiai, įdėti į 20, 40 ir 60 mm ilgio anksčiau minėtas formas. Taip pat, vertinant absorbcines ir izoliacines kanapių spalių savybes, pasirinkta tirti 100 ir 150 kg/m³ tankio spalių mėginius. Tankis pasirinktas atsižvelgiant į tiriamųjų spalių kietumą ir birumą. Tiriama medžiaga atsverinama ir dedama į formas, tokiu būdu parenkant reikiamą bandinio tankį ir storį. Atsižvelgus į tai, kad kanapių



2 paveikslas. Tiriamesiems mėginiams laikyti skirta forma (iš šono, iš apačios, iš viršaus)

spaliai yra biri medžiaga, buvo siekiama juos surišti natūraliu dekortikuotu kanapių pluoštu (3 pav.). Dekortikavimas – tai mechaninis procesas, kurio metu spaliai ir kitos augalo dalys yra atskiriamos nuo pluošto. Kanapių spaliai buvo sumaišyti su pluoštu santykiu 2/3.



3 paveikslas. Kanapių spalių ir dekortikuoto kanapių pluošto mišinys

Siekiant palyginti gautus rezultatus, ištirtos kanapių spalių ir gesintų kalkių blokelių (4 pav.) garso sugerties ir garso praradimo medžiagoje savybės. Kalkės naudojamos kaip rišamoji medžiaga. Ištirto blokelių storis siekė 60 mm, tankis 265 kg/m³, o spalių ir kalkių santykis – 1/1.



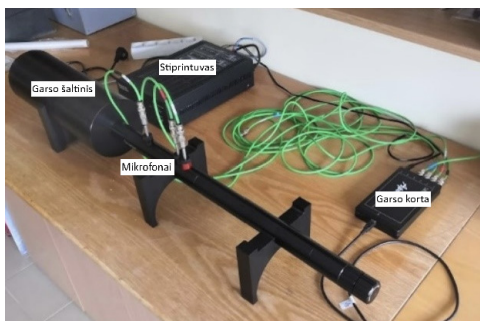
4 paveikslas. Kanapių spalių ir gesintų kalkių blokėlis

Ekspirimentiniais tyrimais iširtų medžiagų specifikacija pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. Tiriamųjų medžiagų specifikacija

Medžiaga	Bandinio ilgis (mm)	Bandinio tankis (kg/m ³)
Kanapių spaliai	20/40/60	100/150
Spaliai ir dekortikuotas kanapių pluoštas	20/40/60	100/150
Kanapių spalijų blokelis	60	265

Norint nustatyti tiriamųjų medžiagų garso sugertį ir garso perdavimo sumažėjimą medžiagoje, naudojamas interferometras. Interferometras – tai prietaisas, skirtas medžiagos garso atspindžiui ir garso sugerčiai tirti bei analizuoti (5 paveikslas).



5 paveikslas. Tyrimams naudojamo interferometro matavimo sistema

Garso sugerties interferometru tyrimas atliekamas pagal standartą LST EN ISO 10534-2:1998 „Akustika. Garso sugerties koeficiento ir pilnutinės varžos nustatymas interferometrais. 2 dalis. Perdavimo funkcijos metodas (ISO 10534-2:1998)“. Naudojant mikrofonus yra fiksuojamas minimalus ir maksimalus garso slėgio lygis. Gauti duomenys apdorojami taikant matematinės bei fizikines formules ir naudojant programinę įrangą. Atlikus skaičiavimus gaunami garso atspindžio ir sugerties koeficientai.

Atlikus garso slėgio matavimą kiekviename dažnyje nustatomas slėgių santykis tarp abiejų mikrofonų (ISO 10534-2):

$$H_{12} = \frac{P_3(f)}{P_1(f)}, \quad H_{23} = \frac{P_3(f)}{P_2(f)}, \quad (1)$$

čia H_{12} – perdavimo funkcija tarp mikrofonų Nr. 1 ir Nr. 2; H_{23} – perdavimo funkcija tarp mikrofonų Nr. 2 ir Nr. 3; p_1 – pirmuoju mikrofonu užfiksuotas slėgis; p_2 – antruoju mikrofonu užfiksuotas slėgis; p_3 – trečiuoju mikrofonu užfiksuotas slėgis; f – dažnis.

Vėliau yra išskaičiuojamas garso bangos numeris ore:

$$k_0 = \frac{2\pi f}{c_0}, \quad (2)$$

čia k_0 – bangos numeris ore; f – dažnis; c_0 – garso greitis ore.

Išskaičiuojama krentančios bangos perdavimo funkcija (ISO 10534-2):

$$H_{I(160-1000 \text{ Hz})} = \frac{P_{3I}}{P_{1I}} = e^{-jk_0(x_{12}+x_{23})},$$

$$H_{I(1-5 \text{ kHz})} = \frac{P_{3I}}{P_{2I}} = e^{-jk_0(x_{23})}, \quad (3)$$

čia H_I – krentančios bangos perdavimo funkcija; s – atstumas tarp mikrofonų; k_0 – bangos numeris ore; j – kompleksinio skaičiaus indeksas; x_{12} – atstumas tarp mikrofonų Nr. 1 ir Nr. 2; x_{23} – atstumas tarp mikrofonų Nr. 2 ir Nr. 3.

Apskaičiuojama atspindėtos bangos perdavimo funkcija (ISO 10534-2):

$$L_{\text{evening}}$$

$$H_{R(1-5 \text{ kHz})} = \frac{P_{3R}}{P_{2R}} = e^{jk_0(x_{23})}. \quad (4)$$

Apskaičiuojamas atspindžio koeficientas:

$$R_{(160-1000 \text{ Hz})} = \frac{H_{13} - H_{I(160-1000 \text{ Hz})}}{H_{R(160-1000 \text{ Hz})} - H_{12}} e^{2jk_0(x_{12}+x_{23}+x_{3s})},$$

$$R_{(1-5 \text{ kHz})} = \frac{H_{23} - H_{I(1-5 \text{ kHz})}}{H_{R(1-5 \text{ kHz})} - H_{13}} e^{2jk_0(x_{23}+x_{3s})}. \quad (5)$$

Žinant atspindžio koeficientą, apskaičiuojamas medžiagos garso sugerties koeficientas, kuris yra atvirkščias atspindžio koeficientui:

$$\alpha = 1 - |R|^2, \quad (6)$$

čia α – medžiagos garso sugerties koeficientas; R – atspindžio koeficientas.

Siekiant išanalizuoti medžiagos gebą sumažinti garso perdavimą, t. y. nustatyti garso izoliaciją, atliekamas garso perdavimo medžiagoje nustatymas interferometru. Ekspirimentinio tyrimo metodas vadinamas keturių mikrofonų metodu, du mikrofonai sumontuoti prieš tiriamąjį objektą, o kiti du mikrofonai už tiriamojo bandinio. Ekspirimentiniai matavimai atliekami remiantis standartu ASTM E2611-17.

Visų pirma apskaičiuojamas garso greitis ir oro tankis:

$$C = 20,047\sqrt{273,15 + t}, \quad (7)$$

čia t – aplinkos temperatūra, °C.

Tuomet apskaičiuojamas oro tankis (ρ):

$$\rho = 1,290 \left(\frac{P}{101,325} \right) \left(\frac{273,15}{273,15 + t} \right), \quad (8)$$

čia t – aplinkos temperatūra, °C; P – atmosferos slėgis, Pa.

Sudaroma perdavimo matrica:

$$T = \begin{bmatrix} p_d u_d + p_0 u_0 & p_0^2 - p_d^2 \\ p_0 u_d + p_d u_0 & p_0 u_d + p_d u_0 \\ u_0^2 - u_d^2 & p_d u_d + p_0 u_0 \\ p_0 u_d + p_d u_0 & p_0 u_d + p_d u_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Apskaičiuojamas garso perdavimo koeficientas (τ):

$$L_{den} \quad (10)$$

čia τ – garso perdavimo koeficientas; k – garso bangos numeris ore, m^{-1} ; d – tiriamojo mėginio storis, m; ρ – oro tankis, kg/m^3 ; c – garso greitis ore, m/s.

Žinant šiuos parametrus, galima apskaičiuoti garso perdavimo sumažėjimą (TL):

$$L_{night} \quad (11)$$

čia TL – garso perdavimo sumažėjimas, dB; τ – garso perdavimo koeficientas.

Apskaičiuojamas ekvivalentinis tiriamojo bandinio garso perdavimo sumažėjimas:

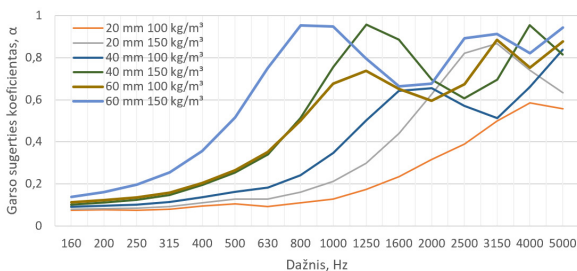
$$TL_{eq} = 10 \times \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right), \quad (12)$$

čia TL_{eq} – bendras ekvivalentinis garso perdavimo sumažėjimas, dB; L_i – garso slėgio lygis 1/3 oktavos dažnių juostoje, dB.

3. Eksperimentinių tyrimų rezultatai

Pasitelkiant aprašytus eksperimentinių tyrimų metodus, pirmiausia ištirta 20, 40, 60 mm storio ir 100 bei 150 kg/m^3 tankio kanapių spalių garso sugertis. Rezultatai pateikti 6 paveiksle.

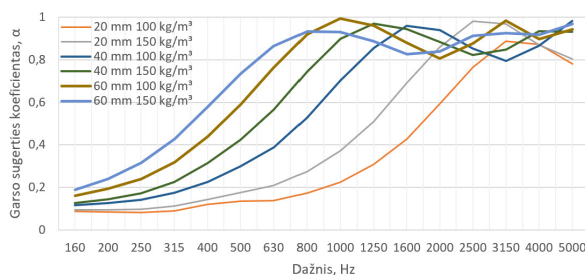
Ištyrus 20 mm storio kanapių spalių bandinius, nustatyta, kad žemųjų dažnių diapazone (160–500 Hz)



6 paveikslas. Kanapių spalių garso sugerties rezultatai

garso sugertis yra žema ir garso sugerties koeficientas siekia nuo 0,07 iki 0,13. Analizuojant garso sugertį vidutinių dažnių spektre (630–2000 Hz), nustatyta, kad kanapių spalių garso sugertis siekia nuo 0,09 iki 0,62. Garso sugerties pikas pasiekiamas aukštuosiuose dažniuose ir tiriant 150 kg/m^3 tankio kanapių spalius 3150 Hz dažnyje ir siekia 0,87, o, vertinant 100 kg/m^3 tankio kanapių spalius, garso sugertis aukštuosiuose dažniuose siekia iki 0,58 ties 4000 Hz dažniu. Mažesnio tankio 20 mm kanapių spalių bandinio garso sugertis yra žemesnė visų dažnių diapazone. Vertinant 40 mm storio kanapių spalių bandinius, nustatyta, kad žemųjų dažnių diapazone garso sugertis išlieka nedidelė ir siekia nuo 0,09 iki 0,25. Vidutiniuose dažniuose nuo 630 iki 2000 Hz, geriausi garso sugerties rezultatai pastebimi tiriant 150 kg/m^3 tankio kanapių spalius, kur ties 1250 Hz dažniu pasiekiamas pirmasis garso sugerties pikas – 0,96. 100 kg/m^3 tankio kanapių spalių garso sugertis vidutiniuose dažniuose siekia iki 0,66. Antrasis pikas pasiekiamas aukštųjų dažnių diapazone 2500–5000 Hz ir ties 4000 Hz riba ir siekia 0,95. Analizuojant 60 mm storio kanapių spalių bandinius, rezultatai iš esmės išliko panašūs. 150 kg/m^3 tankio spalių garso sugertis visame dažnių spektre išliko didesnė, o garso sugerties pikai buvo pasiekti ties 800, 3150 ir 5000 Hz, kur atitinkamai siekė 0,95, 0,91 ir 0,94. 100 kg/m^3 tankio kanapių spalių garso sugerties pikas pasiekiamas ties 3150 Hz dažniu ir siekia 0,88.

Ištyrus kanapių spalius, vėliau buvo tiriamas kanapių spalių ir dekortikuoto kanapių pluošto mišinys. Rezultatai pateikti 7 paveiksle.

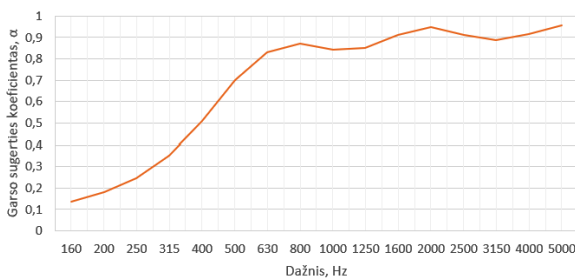


7 paveikslas. Kanapių spalių ir dekortikuoto kanapių pluošto mišinio garso sugerties rezultatai

Analizuojant 20 mm storio bandinius, nustatyta, kad žemųjų dažnių diapazone (160–500 Hz) geriausia garso sugertis yra pasiekama didesnio tankio mėginio, tačiau išlieka nedidelė ir garso sugerties koeficientas siekia iki 0,20 ties 500 Hz dažniu, vertinant 150 kg/m^3 mėginį. Vidutiniuose dažniuose (630–2000 Hz) garso sugertis siekia nuo 0,14 iki 0,86. Didžiausia garso sugertis vidutiniuose dažniuose pasiekama ties 2000 Hz dažniu, vertinant tiek 100, tiek 150 kg/m^3 bandinius, ir atitinkamai siekia 0,59 ir 0,86. Vertinant garso sugertį aukštuosiuose dažniuose nuo 2500 iki 5000 Hz, tendencija

išlieka panaši ir didesnio tankio mėginys garsą sugeria geriau. Garso sugerties pikas pasiekiamas ties 2500 Hz dažniu, panaudojus 150 kg/m^3 tankio spalų ir pluošto mišinį, kur garso sugerties koeficientas siekia 0,98, o 100 kg/m^3 tankio mėginio garso sugerties pikas – 0,89 ties 3150 Hz dažniu. Vertinant 40 mm storio mėginius, nustatyta, kad žemųjų dažnių diapazone (160–500 Hz) 100 kg/m^3 tankio bandinio garso sugertis siekia 0,12–0,30, o 150 kg/m^3 tankio – 0,13–0,42. Vidutiniuose dažniuose nuo 630 iki 2000 Hz geriausi garso sugerties rezultatai pastebimi tiriant 150 kg/m^3 tankio 40 mm storio bandinį. Garso sugerties pikas pasiekiamas ties 1250 Hz riba ir siekia 0,97. 100 kg/m^3 bandinio didžiausia sugertis vidutiniuose dažniuose ties 1600 Hz riba siekia 0,95. Analizuojant aukštuosius dažnius (2500–5000 Hz), garso sugerties rezultatai siekia nuo 0,79 iki 0,98. Ties 5000 Hz riba 100 kg/m^3 bandinys pasiekia antrąjį piką, kur garso sugertis siekia 0,98. Dvigubą sugerties piką galima paaiškinti tuo, kad didėjant garso bangos amplitudei didėja garso sugertis. Bangos garso slėgio lygis linkęs mažėti iki nulinės vertės šalia standaus pagrindo, o didžiausioji vertė pasiekama esant 1/4 ir 1/8 garso bangos ilgiui. Ištyrus 60 mm storio mėginius, nustatyta, kad žemųjų dažnių diapazone (160–500 Hz) 100 kg/m^3 tankio mėginyje garso sugertis siekia 0,19–0,59, o 150 kg/m^3 tankio bandinio garso sugertis svyruoja nuo 0,24–0,73. Vidutiniuose dažniuose nuo 630 iki 2000 Hz geriausi garso sugerties rezultatai pastebimi tiriant 100 kg/m^3 tankio 60 mm storio mėginį, kur pasiekiamas garso sugerties pikas ties 1000 Hz riba ir siekia 0,99. Analizuojant aukštuosius dažnius (2500–5000 Hz), garso sugerties rezultatai siekia nuo 0,82 iki 0,98. Ties 3150 Hz riba 100 kg/m^3 bandinys pasiekia antrąjį piką, kur garso sugertis siekia 0,98.

Atliktas kanapių spalų ir kalkių blokelių garso sugerties tyrimas. Rezultatai pateikti 8 paveiksle.

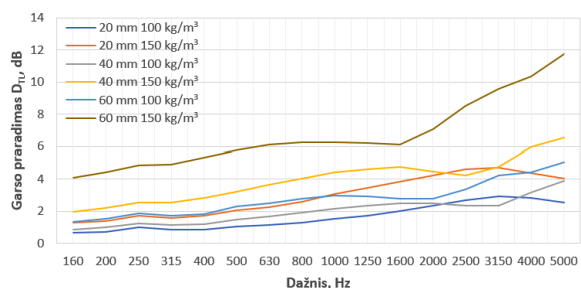


8 paveikslas. Kanapių spalų ir kalkių blokelių (60 mm, 265 kg/m^3 tankio) sugerties rezultatai

Iš grafiko matome, kad blokelių garso sugerties koeficientas žemuosiuose dažniuose svyruoja nuo 0,14 iki 0,79. Vidutiniuose, kur ties 2000 Hz dažniu pasiekiamas garso sugerties pikas – nuo 0,83 iki 0,95. Aukštuosiuose – nuo 0,89 iki 0,95. Pastebima, kad 60 mm storio blokelių

garso sugertis, lyginant su atitinkamo storio anksčiau aprašytais mėginiais, žemuosiuose dažniuose yra labai panaši. Vidutiniuose ir aukštuosiuose dažniuose garso sugertis panaši į 60 mm kanapių spalų ir dekortikuoto kanapių pluošto mišinio rezultatus, tačiau itin geresnė už kanapių spalų garso sugertį. Galima daryti prielaidą, kad, pagaminus tokio tipo blokelių iš kanapių spalų ir dekortikuoto kanapių pluošto mišinio, garso rezultatai pagerėtų aukštuosiuose ir vidutiniuose dažniuose.

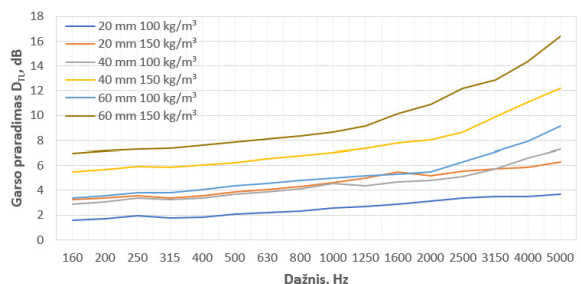
Garso perdavimo sumažėjimo rezultatai pateikti 9–11 paveiksluose.



9 paveikslas. Kanapių spalų garso perdavimo sumažėjimo rezultatai

Kanapių spalų 20 mm bandinio garso praradimas (DTL) žemuosiuose dažniuose svyruoja nuo 0,65 dB iki 1,02 dB naudojant 100 kg/m^3 tankio spalius, nuo 1,38 iki 2,04 dB naudojant 150 kg/m^3 tankio spalius. Vidutiniuose dažniuose svyruoja nuo 1,13 iki 2,34 dB ir nuo 2,26 iki 4,23 dB. Aukštuosiuose dažniuose svyruoja nuo 2,53 dB iki 2,90 dB naudojant 100 kg/m^3 tankio spalius, nuo 4,00 iki 2,70 dB naudojant 150 kg/m^3 tankio spalius. Vertinant 40 mm bandinių garso praradimą, žemiausiosios vertės taip pat išlieka mažesnio tankio bandinyje ir tiriant 100 kg/m^3 tankio spalius siekia nuo 0,96 iki 3,87 dB vertinant visą dažnių spektrą. Tiriant 150 kg/m^3 tankio spalius garso praradimas siekia nuo 2,17 iki 6,53 dB. Analizuojant 60 mm bandinius, 150 kg/m^3 tankio bandinio garso praradimas siekia nuo 4,08 iki 11,76 dB, o 100 kg/m^3 – nuo 1,52 iki 5,06 dB.

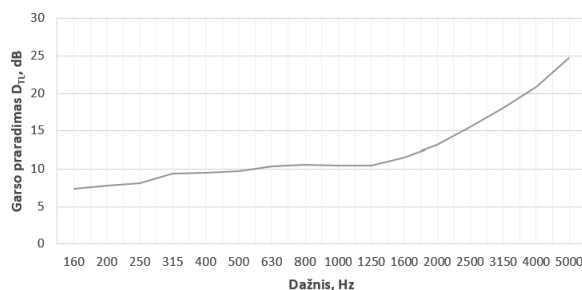
Iš 10 paveikslo galime matyti, kad kanapių spalų ir dekortikuoto kanapių pluošto mišinio garso 20 mm



10 paveikslas. Kanapių spalų ir dekortikuoto kanapių pluošto mišinio garso perdavimo sumažėjimo rezultatai

garso praradimas (DTL) visoje dažnių juostoje (nuo 160 iki 5000 Hz) svyruoja nuo 1,69 iki 3,77 dB naudojant 100 kg/m³ tankio pluoštą, nuo 3,35 iki 6,32 dB naudojant 150 kg/m³ tankio pluoštą. Vertinant 40 mm bandinių garso praradimą, vertės visoje dažnių juostoje svyruoja nuo 3,08 iki 7,31 dB naudojant 100 kg/m³ tankio pluoštą ir nuo 5,68 iki 12,20 dB naudojant 150 kg/m³ tankio pluoštą. 60 mm storio bandinio rezultatai atitinkamai siekia nuo 3,57 iki 9,12 dB ir nuo 7,14 iki 16,42 dB.

11 paveiksle pateikti kanapių spalijų ir kalkių blokelių garso perdavimo sumažėjimo rezultatai.



11 paveikslas. Kanapių spalijų ir kalkių blokelių (60 mm, 265 kg/m³ tankio) garso perdavimo sumažėjimo rezultatai

Nustatyta, kad blokelių garso praradimas (DTL) žemesniuose dažniuose svyruoja nuo 7,40 iki 9,67 dB, vidutiniuose dažniuose svyruoja nuo 10,38 iki 13,20 dB ir aukštuose dažniuose nuo 15,56 iki 24,72 dB. Lyginant blokelių rezultatus su prieš tai tirtais mėginiais, matyti, kad garso praradimas daugiausia padidėjo aukštųjų dažnių diapazone, tam įtaką daro padidėjęs mėginio tankis. Nustatyta, kad kanapių spalijos garsą izoliuoja blogiausiai, o spalijų ir pluošto mišinio rezultatai vidutinių ir žemųjų dažnių diapazone panašėja į tirtą blokelių rezultatus, todėl galima daryti prielaidą, kad kaip ir garso sugerties, taip ir garso praradimo vertės padidėtų, pagaminus blokelių iš kanapių pluošto ir spalijų mišinio.

4. Išvados

1. Įvertinus skirtingo storio ir tankio mėginių garso sugerties rezultatus, galima prieiti prie išvados, kad didesnio storio kanapių spalijų ir kanapių spalijų su pluoštu bandiniai geriau sugeria garsą vidutiniuose ir žemesniuose dažniuose. 150 kg/m³ tankio bandiniai daugeliu atvejų geriau sugeria garsą visame dažnių diapazone, lyginant su to paties storio 100 kg/m³ tankio bandiniais.

2. Sumaišius kanapių spalius su dekortikuotu kanapių pluoštu, pagerėjo garso sugertis visoje dažnių juostoje. Geresni rezultatai taip pat pastebėti ir vertinant garso perdavimo sumažėjimo rezultatus.

3. Daroma prielaida, kad kanapių spalijų blokelių garso sugerties ir garso praradimo medžiagoje rezultatai

padidėtų, jei blokelių būtų pagamintas iš kanapių pluošto ir spalijų mišinio.

Literatūra

- Asdrubali, F., Schiavoni, S., & Horoshenkov, K. V. (2012). A review of sustainable materials for acoustic applications. *Building Acoustics*, 19(4), 283–312. <https://doi.org/10.1260/1351-010X.19.4.283>
- ASTM International. (n.d.). *Standard test method for normal incidence determination of porous material acoustical properties based on the transfer matrix method* (ASTM Standard No. E2611-17). Retrieved June 5, 2023, from <https://www.astm.org/e2611-17.html>
- Delhomme, F., Hajimohammadi, A., Almeida, A., Jiang, C., Moreau, D., Gan, Y., Wang, X., & Castel, A. (2020). Physical properties of Australian hurd used as aggregate for hemp concrete. *Materials Today Communications*, 24, Article 100986. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.100986>
- International Organization for Standardization. (1998). *Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes— Part 2: Transfer-function method* (ISO Standard No. 10534-2:1998). <https://www.iso.org/standard/22851.html>
- Ismail, A. Y., Shadid, N. A. M., & Nizam, A. M. M. (2016). Development of green curtain noise barrier using natural waste fibres. *Journal of Advanced Research in Materials Science*, 17(1), 1–9.
- Liao, J., Zhang, S., & Tang, X. (2020). Sound absorption of hemp fibers (*Cannabis Sativa L.*) based nonwoven fabrics and composites: A review. *Journal of Natural Fibers*, 19(4), 1297–1309. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1764453>
- Ouakrouch, M., Boushine, S., Bybi, A., Laaroussi, N., & Garroum, M. (2022). Acoustic and thermal performances assessment of sustainable insulation panels made from cardboard waste and natural fibers. *Applied Acoustics*, 199, Article 109007. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.109007>
- Santoni, A., Bonfiglio, P., Fausti, P., Marescotti, C., Mazzanti, V., Mollica, F., & Pompoli, F. (2019). Improving the sound absorption performance of sustainable thermal insulation materials: Natural hemp fibres. *Applied Acoustics*, 150, 279–289. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.02.022>
- Zhang, C., Li, H., Gong, J., Chen, J., Li, Z., Li, Q., Cheng, M., Li, X., & Zhang, J. (2023). The review of fiber-based sound-absorbing structures. *Textile Research Journal*, 93(1–2), 434–449. <https://doi.org/10.1177/00405175221084736>
- Zulkifli, R., Zulkarnain, & Nor, M. J. M. (2010). Noise control using coconut coir fiber sound absorber with porous layer backing and perforated panel. *American Journal of Applied Sciences*, 7(2), 260–264. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.260.264>

STUDIES OF SOUND ABSORPTION AND SOUND TRANSMISSION LOSS OF HEMP SHIVES

E. STRAZDAS, T. JANUŠEVIČIUS

Abstract. Taking into account global sustainability trends, synthetic sound-absorbing materials are increasingly being replaced by natural materials. One such material is hemp fiber. Although hemp fibers and shives are quite well researched

worldwide, scientists emphasize the need for research tailored to each region where hemp fibers are grown, as their properties vary greatly due to environmental conditions in different growing locations. The aim of this study is to investigate the sound absorption and sound insulation properties of hemp shives, shive and fiber mixtures, and shive blocks grown in Lithuania, and their dependence on the thickness and density of the samples tested. Experimental studies are conducted following standard methods ISO 10534-2 and ASTM E2611-17. It has been found that samples of thicker hemp shives and hemp shives with fiber better absorb sound at medium and low frequencies. Samples with a density of 150 kg/m^3 generally absorb sound better across the entire frequency range compared to samples of the same thickness but with a density of 100 kg/m^3 . Mixing hemp shives with decorticated hemp fiber improved sound absorption across the entire frequency band.

Keywords: hemp, hemp shives, sound absorption, sound transmission loss.