



## TRIUKŠMO SLOPINIMO SIENELĖS EFEKTYVUMO ĮVERTINIMAS

Pranas Baltrėnas<sup>1</sup>, Donatas Butkus<sup>2</sup>, Vytautas Nainys<sup>3</sup>,  
Raimondas Grubliauskas<sup>4</sup>, Jurgita Gudaitytė<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 4, 5</sup> Aplinkos apsaugos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva. <sup>3</sup>Darbo ir gaisrinės saugos katedra,  
Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva  
El paštas <sup>1</sup>pbalt@ap.vgtu.lt; <sup>2</sup>butkus@ap.vgtu.lt; <sup>3</sup>vytautas.nainys@st.vgtu.lt;  
<sup>4</sup>raimon@ap.vgtu.lt <sup>5</sup>jurgagudait@yahoo.com

Įteikta 2007 03 15; priimta 2007 03 21

**Santrauka.** Mechanizavus pramonės ir žemės ūkio gamybą, didėjant transporto srautams miestuose ir gyvenvietėse, modernėjant buitinei technikai, sparčiai didėja akustinio diskomforto zonos. Triukšmo lygis darbo vietoje ar namų aplinkoje yra vienas pagrindinių veiksnių, lemiančių komforto rodiklį, todėl vis daugiau dėmesio skiriama triukšmo procesų nagrinėjimui.

Triukšmą kelia ir jūrų uostų krovinių stotys. Klaipėdos uosto šiaurinėje dalyje vykdomi krovos darbai kelia didelį uostamiesčio gyventojų susirūpinimą. Viena iš opesnių problemų yra iš AB KLASCO biriųjų trąšų terminalo sklindantis triukšmas. Šalia terminalo įrengta triukšmo slopinimo sienelė. Straipsnyje pateiktas sienelės efektyvumo įvertinimas, atlikus tyrimus taikant skaičiavimo, matavimo bei modeliavimo metodus.

Triukšmo matavimo tyrimai atlikti naudojant triukšmamatį *Bruel&Kjaer mediator 2260*. Iš gautų rezultatų matyti, kad triukšmo lygis gyvenamojoje teritorijoje 3–6 dB viršija leistinąsias higienos normos HN 33-1:2003 vertes dienos metu, taip pat 7 dB – nakties metu greta gyvenamųjų namų. Triukšmo sklaidos modeliavimas atliktas programa *CadnaA*, leidžiančia modeliuoti triukšmo lygių pokyčius keičiantis sąlygoms.

**Reikšminiai žodžiai:** triukšmas, triukšmo lygis, triukšmo slopinimo sienelė, biriųjų trąšų terminalas.

### 1. Įvadas

Lietuvoje, kaip ir kitose šalyse, daug dėmesio skiriama triukšmui aplinkoje mažinti ir išvengti jo neigiamo poveikio sveikatai, aplinkos kokybei [1]. Žmonės nuolat veikia mašinų, įrenginių ir keliamas kitokio pobūdžio triukšmas, ypač jis žymus ten, kur susitelkę pramonės ir transporto centrai, pavyzdžiui, geležinkelio stotys, autostrados ir pan. [2]. Triukšmo problemos yra aktualios jūrų uostų krovinių stotyse. Visų jūrų uostų teritorijose eksploatuojama daug įvairios paskirties automobilių transporto technikos, be to, šiose teritorijose išdėstyta nemaža geležinkelio linijų, kuriomis kroviniai geležinkelio vagonais pristatomi į krovos vietas. Išvardyti mobilieji triukšmo šaltiniai turi didelės įtakos bendram triukšmo fonui uostų teritorijoje ir už jų ribų [3].

Triukšmo plitimas įmonės teritorijoje išreiškiamas sudėtingomis lygtimis, atsižvelgiant į atstumą tarp analizuojamo taško ir triukšmo šaltinio, teritorijos dangos tipą, triukšmo atspindžius nuo pastatų ir į kitas triukšmo plitimo kelyje pasitaikančias kliūtis (pastatus, želdinius, ekranus). Triukšmo lygis skirtingose įmonės teritorijos vietose priklauso nuo to, koks triukšmas sklinda nuo triukšmo šaltinių (transporto srautų, lokalių triukšmo šaltinių) [4].

Aplinkos akustiniam triukšmui mažinti taikomos įvairios priemonės. Garso bangos, toldamos nuo šaltinio, slopsta, todėl paprasčiausia būtų gyvenamąsias teritorijas izoliuoti nuo keliamo triukšmo atitinkamomis apsaugos juostomis [5]. Dažnas atvejais, kad gyvenamieji namai greta triukšmingų objektų statomi atsižvelgiant į triukšmo plitimo sąlygas, panaudojamas esamas reljefas arba įrengiamos dirbtinės kliūtys, stabdančios bangų plitimą [6].

Apsaugai nuo triukšmo statomi apsauginiai ekranai. Tai viena iš efektyvesnių triukšmo slopinimo priemonių [7]. Ekranai naudojami gamybinėse patalpose darbo vietų apsaugai, taip pat gamyklos teritorijoje, siekiant sumažinti atviro šaltinio keliamo triukšmo poveikį administracinėms patalpoms ir šalia esantiems gyvenamiesiems rajonams [8]. Parenkant tokią konstrukciją būtina įvertinti jos aukštį, kad ji gerai atspindėtų ir sugertų garso bangas, o už ekrano susidarytų pakankamo aukščio nuslopinto triukšmo zona [2, 8]. Triukšmo slopinimo efektyvumas priklauso nuo garso šaltinio padėties ekrano atžvilgiu. Pažymėtina, kad ekranai (sienutės, pastatai, pylimai, iškasos) negali visiškai sustabdyti sklindančio garso bangų, jie tik sumažina garso lygį už ekrano esančioje teritorijoje [9, 10].

Klaipėdos uosto šiaurinėje dalyje vykdomi biriųjų medžiagų krovos darbai kelia triukšmą, kurį jaučia artimiausios gyvenvietės gyventojai. Viena iš opių problemų

yra AB KLASCO biriųjų trąšų terminale sklindantis plačiajuostis triukšmas, todėl šalia terminalo yra įrengta triukšmą slopinanti sienelė.

Darbo tikslas: skaičiuojant, matuojant bei modeliuojant įvertinti Klaipėdos uosto teritorijoje, prie trąšų krovos terminalo, esančios triukšmo slopinimo sienelės efektyvumą.

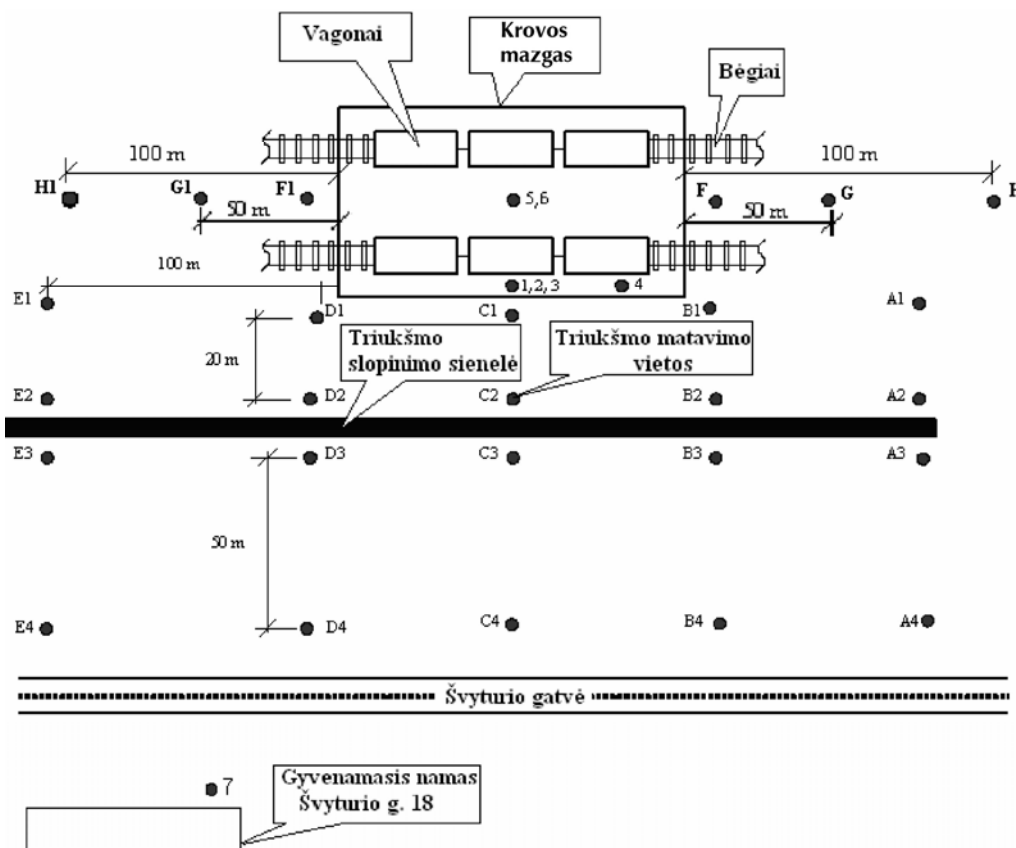
## 2. Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimai atlikti Klaipėdoje, akcinės bendrovės KLASCO biriųjų trąšų terminale bei šalia jo esančioje teritorijoje (iki triukšmo slopinimo sienelės ir už jos ribų). Trąšų iškrovos terminalas yra uždaras pastatas. Jame iškraunamos iš vagonų ir sandėliuojamos biriosios azoto

ir fosforo trąšos. Krovos darbai uoste vykdomi tiek dieną, tiek naktį. Sklindantis triukšmas girdimas ne tik įmonės, bet ir už uosto esančioje gyvenamojoje teritorijoje.

Šalia terminalo yra įrengta triukšmą slopinanti sienelė. Ši sienelė yra 362,9 m ilgio, jos aukštis siekia 6–12 m. Sienelės aukštis yra skirtingas: ten, kur kraunama iš geležinkelio vagonų portaliniais kranais, sienelė siekia 12 m (pietinėje dalyje), jos ilgis – 291,4 m, einant šiaurės kryptimi ji yra 8 m aukščio, 45 m ilgio, iki 6 m aukščio yra 25,9 m ilgio ruožas.

Sienelės aukštis ties biriųjų trąšų terminalu siekia 8 m. Sienelė-ekranas sumontuota ant betoninio pamato gelžbetoninės plokštės, kas 4 m prilaikoma metalinių įtvirtinimo kolonų ir iš abiejų pusių banguotos plieninės skardos, su viduryje esančiu 0,15 m storio akmens vatos sluoksniu.



**1 pav.** Triukšmo lygių matavimo vietų schema: 1 – 2 m atstumu nuo vagono (dirbo 2 vibratoriai); 2 – 2 m atstumu nuo vagono (dirbo 2 vibratoriai); 3 – 2 m atstumu nuo vagono (dirbo 7 vibratoriai); 4 – viduje, 10 m atstumu (dirbo 2 vibratoriai); 5 – viduje, virš vagonų (dirbo 2 vibratoriai); 6 – viduje, virš vagonų (dirbo 7 vibratoriai); 7 – gyvenamojoje teritorijoje, Švyturio g. 18; D1, C1, B1 – 2 m nutolusios nuo terminalo sienos; D2, C2, B2 – 22 m nutolusios nuo terminalo sienos; E1, E2 – pietinėje terminalo pusėje (100 m nuo terminalo); A1, A2 – šiaurinėje terminalo pusėje (100 m nuo terminalo); D3, C3, B3 – 2 m nutolusios nuo garsą sugeriančios sienelės; D4, C4, B4 – 52 m nutolusios nuo garsą sugeriančios sienelės; E3, E4 – pietinėje terminalo pusėje (už garsą sugeriančios sienelės); A3, A4 – šiaurinėje terminalo pusėje (už garsą sugeriančios sienelės); F – 10 m nuo pastato galo, šiaurinėje pusėje; G – 50 m nuo pastato galo šiaurės pusėje; H – 100 m nuo pastato galo šiaurės pusėje; F1 – 10 m nuo pastato galo pietų pusėje; G1 – 50 m nuo pastato galo pietų pusėje; H1 – 50 m nuo pastato galo pietų pusėje

**Fig 1.** Layout of places for measuring noise level from fertilizer discharge terminal: 1 – 2 m from railway car (2 pneumatic dischargers); 2 – 2 m from railway car (2 pneumatic dischargers); 3 – 2 m from railway car (7 pneumatic dischargers); 4 – inside, 10 m from railway car (2 pneumatic dischargers); 5 – inside, over railway car (2 pneumatic dischargers); 6 – inside, over railway car (7 pneumatic dischargers); 7 – in residential zone, Švyturys str 18; D1, C1, B1 – 2 m from terminal wall; D2, C2, B2 – 22 m from terminal wall; E1, E2 – to the south from terminal (at 100 m distance); A1, A2 – to the north from terminal (at 100 m distance); D3, C3, B3 – 2 m from noise barrier; D4, C4, B4 – 52 m from noise barrier; E3, E4 – to the south from terminal (behind noise barrier); A3, A4 – to the north from terminal (behind noise barrier); F – 10 m from terminal building (northern side); G – 50 m from terminal building (northern side); H – 100 m from terminal building (northern side); F1 – 10 m from terminal building (southern side); G1 – 50 m from terminal building (southern side); H1 – 5 m from terminal building (southern side)

Prieš atliekant triukšmo lygio matavimus, pirmiausia buvo nustatytos meteorologinės oro sąlygos: santykinis oro drėgnumas, oro temperatūra ir vėjo greitis. Nematuojama, kai sniega, lyja, yra rūkas arba vėjo greitis didesnis kaip 5 m/s. Kai vėjo greitis 5 m/s, mikrofonas apgaubiamas specialiu ekranu.

Triukšmas matuojamas ir įvertinami matavimo rezultatai pagal Lietuvos higienos normos HN 33-1:2003 reikalavimus.

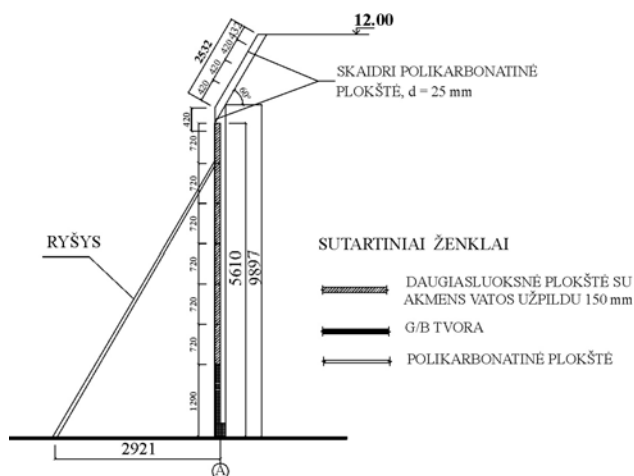
Ekvivalentinis ir didžiausias garso lygiai buvo matuoti triukšmo ir vibracijos matavimo prietaisu *Brüel&Kjaer mediator 2260*. Šio prietaiso santykinė matavimo paklaida ±1,5 %. Prietaisu registruojamas triukšmas nuo 6,3 Hz iki 20 kHz dažnio.

Matavimo vietas išdėstytos taip, kad būtų galima kuo efektyviau įvertinti triukšmo lygį ties terminalu ir už jo ribų (1 pav.). Matavimai atlikti ties biriųjų trąšų terminalu, šalia triukšmo slopinimo sienelės ir už jos.

Teritorijoje, esančioje iki triukšmą sugeriančios sienelės, matavimo vietos išdėstytos 2 m ir 22 m atstumu (ties terminalo centru ir šiaurinėje bei pietinėje jo pusėse, 1 pav.). Už apsauginės sienelės triukšmo matavimo vietos išdėstytos atitinkamai 2 m ir 52 m atstumu (1 pav.). Matavimo vietos išdėstytos eilėmis siekiant įvertinti sienelės efektyvumą.

Triukšmo lygis taip pat fiksuojamas ties biriųjų trąšų terminalo vartais, pro kuriuos į terminalą įvažiuoja vagonai. Triukšmo matavimo vietos išdėstomos 50 ir 100 m atstumu tolstant nuo terminalo šiaurės ir pietų kryptimis (1 pav.).

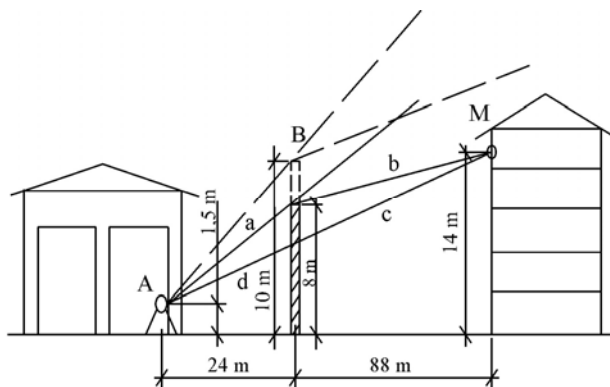
Norint įvertinti bendrovės biriųjų trąšų išpylimo iš vagonų terminale kylančio triukšmo lygį teritorijoje ir už jos ribų, gyvenamajame rajone, buvo atlikti akustiniai garso sklaidos skaičiavimai. 2 pav. pavaizduotas sienelės-ekrano vertikalus pjūvis.



2 pav. Garsą sugeriančios sienelės-ekrano pjūvis (M1:2)

Fig 2. Sectional view of noise barrier (M 1:2)

Aplinkoje garso sumažėjimui įtakos turi temperatūra, oro drėgnumas ir švarumas, vėjo kryptis. Tačiau gyvenamiesiems namams esant apie 100 m atstumu nuo triukšmo šaltinio (3 pav.), triukšmo sugertis atmosferoje praktiškai įtakos neturi ir nėra skaičiuojama.



3 pav. Akustinės sienelės-ekrano efektyvumo skaičiavimo schema: A – triukšmo šaltinis; B – triukšmo slopinimo sienelė; M – triukšmo matavimo vieta, esanti penktame gyvenamojo pastato aukšte

Fig 3. Scheme of calculating noise barrier efficiency: A – noise source; B – noise barrier; M – noise measuring place on the fifth floor of residential building

Ekranu aukštis ties trąšų iškrovos terminalu yra 8 m ir yra daug kartų mažesnis nei bendras jo ilgis  $l = 362,9$  m. Tada garso slėgio lygis erdvėje už ekranu esančiame stebėjimo (poveikio) taške M gali susidaryti iš dviejų menamų triukšmo šaltinių:

1. Menamas triukšmo šaltinis, kurį suformuoja garso banga, praeinanti per ekranu viršų  $L_v$ .
2. Menamas triukšmo šaltinis, formuojamas dėl ekranu akustinės varžos, kurios poveikis taške M yra lygus  $L_R$ .

Triukšmo lygio sumažėjimas garso bangai praeinant pro tokį ekraną priklauso nuo garso bangos kelio skirtumo tarp trumpiausio nuotolio apgaubiant kliūtį ir trumpiausio nuotolio tiesiogiai iki taško M, tai yra:

$$\Delta L_v = 13 + 10 \lg N_v, \text{ dB}; \quad (1)$$

čia  $N_v$  – akustinis ekranu efektas [11]:

$$N_v = \frac{2\delta}{\lambda}; \quad (2)$$

čia  $\lambda = \frac{c_0}{f}$  – garso bangos ilgis, kuris priklauso nuo bangos dažnio ir sklidimo ore greičio  $c_0 \approx 340$  m/s;

$$\delta = (a + b) - (c + d); \quad (3)$$

čia  $\delta$  – garso bangos kelio skirtumas.

Pagal 3 pav. nustatyta, kad  $d = 24,15$  m,  $c = 88,55$  m, o skaičiuojant gauta, kad  $a = 24,86$  m ir  $b = 88,20$  m. Tuomet:

$$N = \frac{0,72}{\lambda}.$$

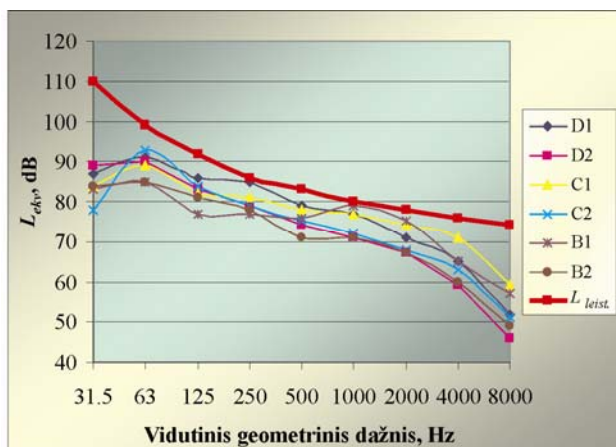
Skaičiavimų išraišką (2) įrašę į (1) formulę gausime:

$$\Delta L_v = 13 + 10 \lg \frac{0,72}{\lambda} = 13 + 10(\lg 0,72 - \lg \lambda). \quad (4)$$

Triukšmo lygis dar mažėja dėl ekranu slopinimo bei atspindžio savybių.

$$\Delta L_R = R - 10 \lg \frac{S}{A}, \text{ dB}; \quad (5)$$

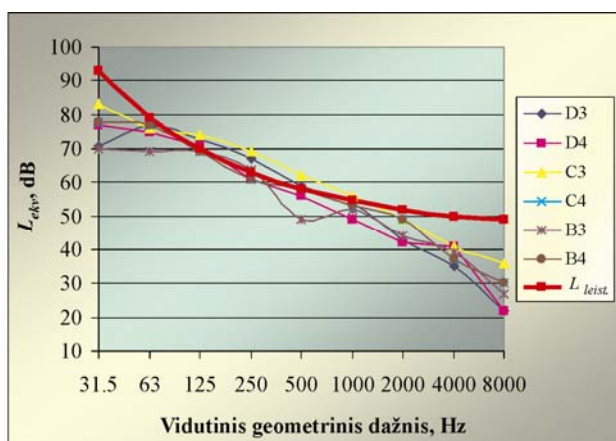




**5 pav.** Ekvivalentinio triukšmo sklaidos dažninė charakteristika šalia biriųjų trąšų terminalo (iki garsą sugeriančios sienelės), veikiant jame dviem vibratoriams

**Fig 5.** Frequency characteristic of equivalent noise spread near fertilizer discharge terminal (up to noise barrier) for 2 pneumatic dischargers

6 pav. parodytas ekvivalentinių garso reikšmių kitimas už garsą sugeriančios sienelės, už kurios yra gyvenamoji teritorija. Čia ekvivalentinis garso lygis siekia 60 dBA.

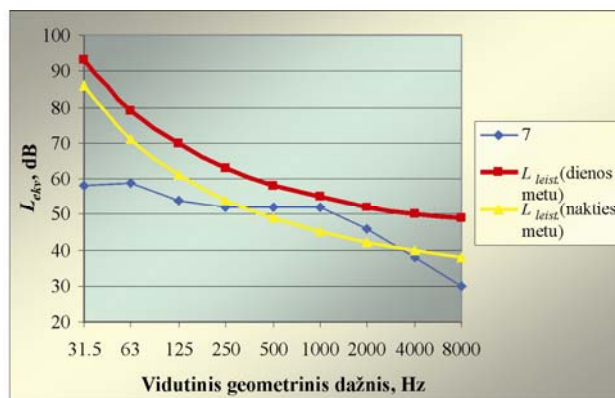


**6 pav.** Ekvivalentinio triukšmo sklaidos dažninė charakteristika ties biriųjų trąšų terminalu (už garsą sugeriančios sienelės), veikiant jame dviem vibratoriams

**Fig 6.** Frequency characteristic of equivalent noise spread near fertilizer discharge terminal (behind noise barrier) for 2 pneumatic dischargers

Triukšmo matavimo vietas D3, C3 bei B3 yra 2 m nutolusios nuo garsą sugeriančios sienelės, atitinkamai D4, C4, B4 – nutolusios 52 m.

Matavimo vietose B3, C3, D3 pastebimas ekvivalentinių garso reikšmių viršijimas oktavoje, kurių vidutinis geometrinis dažnis 63–1 000 Hz (6 pav.). Triukšmo matavimo vietoje B3 leistinasis ekvivalentinis garso lygis viršijamas 1 dB (esant 250 Hz dažniui), C3 – 6 dB (esant 250 Hz dažniui), D3 – 4 dB (esant 250 Hz dažniui).



**7 pav.** Ekvivalentinio triukšmo sklaidos dažninė charakteristika nuo biriųjų trąšų terminalo gyvenamojoje teritorijoje: 7 – gyvenamojoje teritorijoje, prie pat gyvenamojo namo

**Fig 7.** Frequency characteristic of equivalent noise spread from fertilizer discharge terminal in residential zone: 7 – near dwelling house

7 triukšmo matavimo vieta yra už garsą sugeriančios sienelės, gyvenamojoje teritorijoje (1 pav.). Čia leistinasis ekvivalentinis triukšmo lygis dienos metu lygus 60 dBA, nakties metu – 50 dBA (7 pav.). Ekvivalentinis garso lygis siekia 59 dB, kai vidutinis geometrinis dažnis 63 Hz, minimali ekvivalentinio garso lygio vertė siekia 30 dB, kai vidutinis geometrinis dažnis yra 8 000 Hz. Matavimo metu gautos reikšmės neviršija higienos normos HN 33-1:2003 nustatytų leistinųjų dydžių dienos metu, tačiau juos viršija nakties metu aukštųjų dažnių juostoje. Išmatuotas ekvivalentinis triukšmo lygis viršija leistinąjį triukšmo lygį 3 dB, esant 500 Hz dažniui, 7dB – esant 1 000 Hz dažniui bei 4 dB – esant 2 000 Hz dažniui.

Apibendrinus matavimo rezultatus matyti, kad teritorijoje iki triukšmo mažinimo sienelės leistinojo higienos normos HN 33-1:2003 triukšmo lygio viršijimų nepastebėta (bet yra aiškus priartėjimas prie leistinųjų higienos normų verčių), priešingai nei už triukšmo mažinimo sienelės, gyvenamojoje teritorijoje, kur leistinasis ekvivalentinis triukšmo lygis dienos metu yra  $L_{ekv} = 60$  dBA, nakties metu – 50 dBA. Čia ekvivalentinis garso lygis dienos metu viršija leistinąjį matavimo vietose A3, A4, C3 (C3 – 6 dB, A3 – 4 dB ir A4 – 3 dB, 6 pav.). Nakties metu išmatuotas ekvivalentinis triukšmo lygis 7 dB viršija leistinąjį prie pat gyvenamojo namo esant 1 000 Hz dažniui. Tai gali būti todėl, kad garsą sugeriančios sienelės aukštis nėra pakankamas ir garsas sklinda virš jos toliau arba sienelė nėra efektyvi dėl blogos garso sugerties. Taip pat didelės reikšmės turi tai, kad skiriasi abiejų teritorijų (iki ir už triukšmo mažinimo sienelės) leistinosios ekvivalentinio triukšmo lygio vertės.

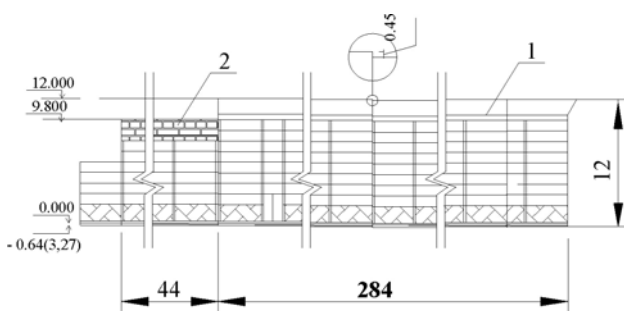
Triukšmo matavimai buvo atlikti ir kitose matavimo vietose, pavaizduotose 1 pav., tačiau žymesnių higienos normos viršijimų nepastebėta.

### 3.2. Sielės efektyvumo skaičiavimo rezultatai

Iš anksčiau pateiktų triukšmo matavimų matyti, kad garso lygis gyvenamojoje teritorijoje viršija leidžiamąsias triukšmo lygio higienos normos vertes.

Atlikus biriųjų trąšų krovos terminale kylančio triukšmo poveikio gyvenamojo rajono gyventojams akustinius skaičiavimus gauti rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelėje pateikti garso slėgio lygio sumažėjimo  $\Delta L_V$  skaičiavimo duomenys garso bangai perėjus per ekrano viršų esant skirtingiems sienelės-ekrano aukščiams (kai jos aukštis 8 m, 9 m bei 10 m). Iš gautų skaičiavimo rezultatų matyti akustinės sienelės-ekrano efektyvumas.



**8 pav.** Siūlomas garso slopinimo sienelės-ekrano paaukštinimas: 1 – esama sienelė; 2 – rekomenduojamas sienelės paaukštinimas

**Fig 8.** Recommended noise barrier enlargement: 1 – available noise barrier; 2 – noise barrier enlargement

Leidžiamasis triukšmo lygis gyvenamojoje teritorijoje yra 50 dBA naktį ir 60 dBA dieną. Triukšmo lygis padidintas 5 dBA, kaip leistinasis gyvenamajame rajone, jei namai pastatyti 1984 m. ir anksčiau, remiantis higienos normos reikalavimais.

8 pav. pateiktas siūlomas garso slopinimo sienelės paaukštinimas. Prie biriųjų trąšų terminalo ekrano aukštis siekia 8 m, tačiau jis yra nepakankamas, nes dalis garso bangų pereina per ekrano viršų. Norint padidinti ekrano efektyvumą, reikia padidinti jo aukštį iki 10 m. Paaukštinus garso slopinimo sienelę 2 m, triukšmo lygis sumažėtų 2–3 dB.

**2 lentelė.** Triukšmo sumažėjimo nuo sienelės-ekrano skaičiavimo suvestinė

**Table 2.** Calculation of noise reduction from noise barrier

Eil. Nr.	Pavadinimas	Dažniai, Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	$\lambda_m$	2,72	1,36	0,68	0,34	0,170	0,085
2	$\lg \lambda$	0,4346	0,1335	0,0825	0,05315	0,02304	0,00929
3	Triukšmo lygis prie sienelės-ekrano (įmonės teritorijoje), dB	74	68	70	69	66	57
4	Triukšmo lygis prie gyvenamojo namo, dB	54	52	52	52	46	38
5	Ekranas $\Delta L_R$ , dB	3	16	18	19	19	18
6	Triukšmo lygio sumažėjimas $\Delta L_V$ , dB, kai ekrano aukštis 8 m	7	10	11	11	11	12
7	Triukšmo lygio sumažėjimas $\Delta L_V$ , dB, kai ekrano aukštis 9 m	9	12	13	13	13	14
8	Triukšmo lygio sumažėjimas $\Delta L_V$ , dB, kai ekrano aukštis 10 m	11	14	15	15	15	15

### 3.3. Modeliavimo rezultatai

Paprasčiausias būdas įvertinti aplinkos akustinę taršą – išmatuoti aplinkos triukšmo garso slėgio lygius. Tačiau matavimų metodo pritaikymo sritis siaura, negalima prognozuoti triukšmo lygio dar projektavimo stadijoje, be to, negalima įvertinti skirtingų triukšmo šaltinių atskirai. Yra daugybė priežasčių, dėl kurių matavimų metodo taikymas yra neįmanomas arba ekonomiškai nenaudingas.

Naudojamos įvairios triukšmo lygio skaičiavimo ir modeliavimo programos: *EKOL* (Vilniaus Gedimino technikos universitetas), *MapNoise*, *LAERM* (Karlsruhės technikos universitetas), *MELU.COM*, *CadnaA* ir t.t.

Viena iš naujausių ir pažangiausių triukšmo sklaidai modeliuoti ir prognozuoti naudojamų kompiuterinių programų yra *CadnaA*. *CadnaA* (*Computer Aided Noise Abatement*) – tai kompiuterinė programa, skirta apskaičiuoti ir pavaizduoti, įvertinti ir prognozuoti keliamo triukšmo sklaidą.

Skaičiavimo rezultatai apima įvairių objektų keliamo triukšmo lygį įvairiuose taškuose, įvertinami ir lokalinio triukšmo šaltiniai. *CadnaA* programa taikoma prognozuoti ir vertinti aplinkoje esanti triukšmą, sklaidžiamą įvairių šaltinių: pramonės objektų, sporto ir poilsio objektų, automobilių kelių, geležinkelių, oro uostų.

Triukšmo sklaidos modeliavimo programos *CadnaA* modeliavimo procesas susideda iš trijų pagrindinių etapų: duomenų, reikalingų modeliui sukurti, įvedimas; įvestų duomenų apdorojimas ir modelio skaičiavimo procesas; skaičiavimo rezultatų išvedimas. Kiekvieno nagrinėjamo objekto duomenys ar skaičiavimo rezultatai pateikiami lentelėmis.

*CadnaA* išskiria triukšmo lygius bet kuriose vietose ar taškuose, esančiuose horizontaliose ar vertikaliose plokštumose arba ant pastatų fasadų. Iš kai kurių triukšmo šaltinių sklindantis akustinis emisijų kiekis išskiriamas iš techninių parametrų. Triukšmo normavimas atliekamas pasirinktinai pagal daugelį nacionalinių ir tarptautinių standartų [13, 14].

Triukšmo šaltinio poveikio aplinkai skaičiavimai pradedami nuo paties triukšmo šaltinio modelio sudarymo, kuriame įvertinamas teritorijos reljefas, vietovės apstatymas, pastatų akustinės savybės, statinių matmenys,

miškų masyvai, triukšmą mažinančios sienelės, meteorologinės sąlygos. Aprašant objektų duomenis, nurodomi jų matmenys, padėtis ir aukštis [15].

Keičiantis įvestiems objektų duomenims, keičiasi viso kuriamo modelio vaizdas, o kartu ir triukšmo sklaidimo skaičiavimo rezultatai – triukšmo sklaidimo spalvotas žemėlapis. Sukurtą modelį galima matyti trimatčiame (3D) vaizde. Pasinaudojus programos animacijos galimybėmis, galima laisvai judėti virtualioje erdvėje, pasukti modelį įvairiu kampu ir iš įvairių pusių apžiūrėti modelio objektus arba iš paukščio skrydžio aukščio įvertinti bendrą modelio vaizdą.

Triukšmo sklaida įmonės teritorijoje ir už jos ribų modeliuojama siekiant įvertinti esamų triukšmo šaltinių biriųjų trąšų iškrovos terminale įtaką gyvenamajai teritorijai Švyturio gatvėje. Į *CadnaA* triukšmo sklaidos modeliavimo programą suvedami duomenys apie įmonės teritorijos rytinėje dalyje esančius pastatus, biriųjų trąšų krovos terminalą, triukšmo šaltinius, triukšmo slopinimo sienelę, Švyturio gatvę su joje esančiais gyvenamaisiais namais.

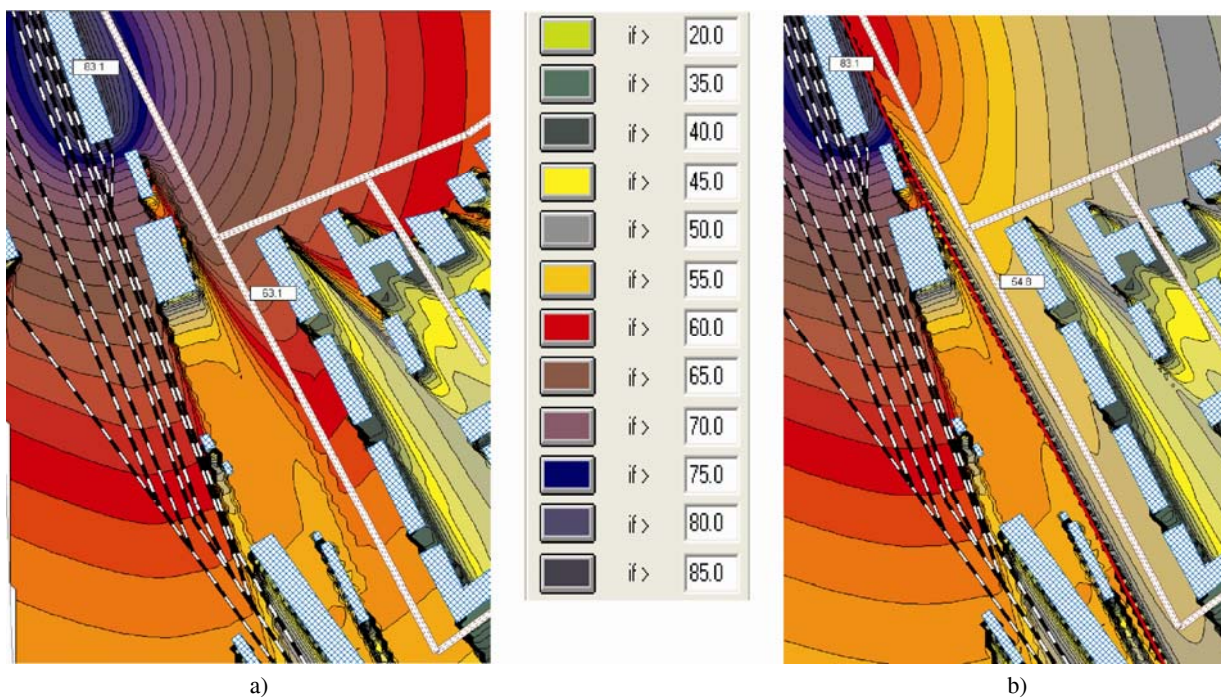
Biriųjų trąšų krovos terminale esančių triukšmo šaltinių (vibroįrenginių *Junets*) skleidžiamo triukšmo sklaida į gyvenamąją teritoriją pavaizduota 9 pav. Šis modelis sudarytas norint nustatyti terminalo keliamo triukšmo sklaidimą į gyvenamąją teritoriją, jeigu nebūtų įmonės teritoriją nuo gyvenamosios aplinkos ribojančios esamos triukšmo slopinimo sienelės. Matyti, kad didžiausi triukšmo lygiai yra arti biriųjų trąšų krovos terminalo ir siekia apie 83 dBA. Triukšmas sklinda iš terminalo beveik tolygiai į visas puses, tai reiškia, kad terminalo sienos, dengtos gofruotos skardos lakštais, nepakankamai riboja triukšmo sklaidimą. Kiek toliau nuo terminalo triukšmo

lygis mažėja, triukšmas, koncentriškai sklisdamas į visas puses ir nesutikdamas savo kelyje jokių kliūčių, laipsniškai slopsta. Tolstant nuo terminalo, ypač atsižvelgiant į pastatus įmonės teritorijoje, triukšmo lygis sumažėja iki 55 dBA. Tai pavyzdys, kaip statiniai atlieka triukšmo ekrano funkciją. Toliau nuo terminalo, esančioje Švyturio gatvės namų gyvenamojoje teritorijoje, triukšmo lygis yra apie 63 dBA.

9 pav., b, pateikta biriųjų trąšų terminalo skleidžiamo triukšmo sklaida į įmonės teritoriją ir į Švyturio gatvės namų gyvenamąją teritoriją. Šiuo atveju pateikta esama triukšmo sklaida įvertinant greta biriųjų trąšų terminalo esančią 8 m aukščio triukšmo sienelę.

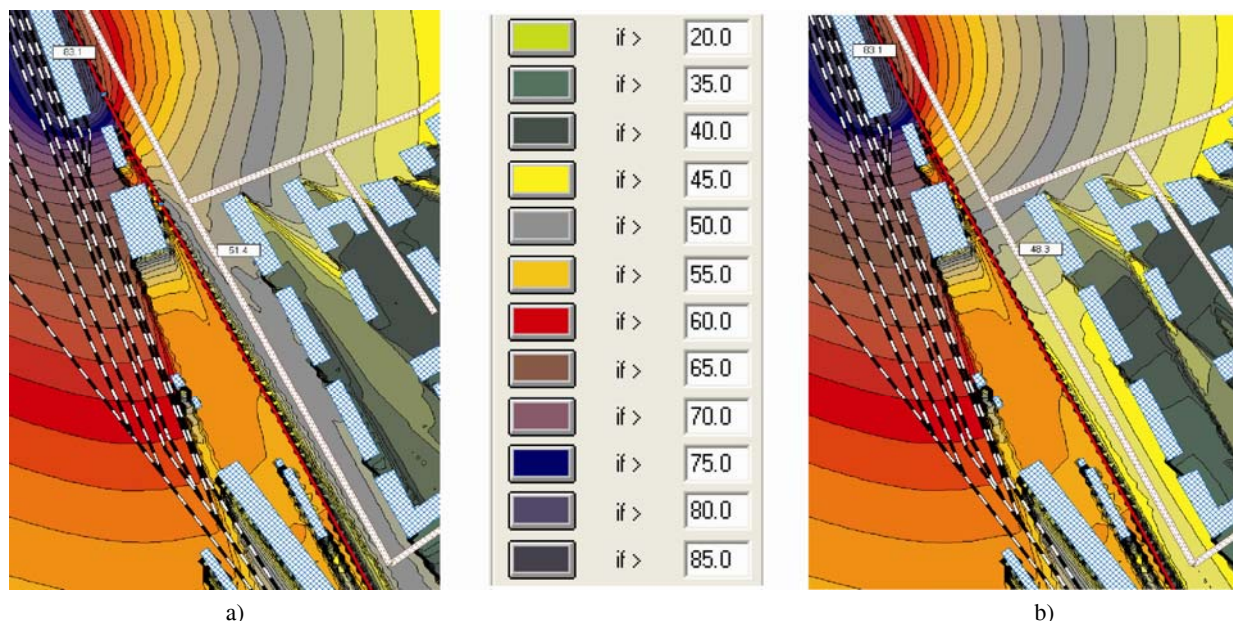
Už triukšmo slopinimo sienelės didžiausias triukšmo lygis (apie 60 dBA) yra ties biriųjų trąšų krovos terminalu. Toliau nuo terminalo esančioje Švyturio gatvės gyvenamųjų namų gyvenamojoje teritorijoje triukšmo lygis yra beveik 55 dBA. Dar toliau nuo terminalo esančioje Švyturio gatvės namų Nr. 14 ir Nr. 12 teritorijoje triukšmo lygis dar mažesnis ir yra didesnis kaip 45 dBA. Pavyzdžiui, vakare ir nakties metu triukšmo lygis, didesnis nei 45 dBA, viršija HN 33-1:2003 pateiktą leidžiamąjį triukšmo lygį gyvenamųjų namų poilsio aikštelėse ir teritorijose. Tad pageidautina vykdyti krovos darbus dieną, kada leistinieji triukšmo lygiai yra didesni nei vakaro ar nakties metu.

Triukšmo sklaidos modelis įmonės teritorijoje ir už jos ribų sudarytas įvertinant vibracinių įrenginių skleidžiamą triukšmo lygį, keičiant triukšmo slopinimo sienelės aukštį (10 pav., a, b). Didžiausi triukšmo lygiai yra prie biriųjų trąšų krovos terminalo ir siekia daugiau kaip 83 dBA, o prie triukšmo slopinimo sienelės triukšmas sumažėja iki 70–75 dBA.



9 pav. Triukšmo sklaida į gyvenamąją teritoriją nuo biriųjų trąšų terminalo: a) be triukšmo slopinimo sienelės; b) su esama 8 m aukščio triukšmo slopinimo senele

Fig 9. Dispersion of noise from fertilizer discharge terminal into residential zone: a) without noise barrier; b) with available 8 m high noise barrier



**10 pav.** Triukšmo sklaida į gyvenamąją teritoriją nuo biriųjų trąšų terminalo: a) esant 10 m aukščio triukšmo slopinimo sienelėi; b) esant 12 m aukščio triukšmo slopinimo sienelėi

**Fig 10.** Spread of noise from fertilizer discharge terminal into residential zone: a) with 10 m high noise barrier; b) with 12 m high noise barrier

Iš 10 pav., a, matyti, kad, sumodeliavus situaciją su 10 m aukščio triukšmo slopinimo sienelė, už jos, ties biriųjų trąšų krovo terminalu, didžiausias triukšmo lygis siekia 65–60 dBA. Toliau nuo terminalo esančioje Švyturio gatvės gyvenamųjų namų teritorijoje triukšmo lygis kinta nuo 45–51 dBA. Esant galimybei įrengti 12 m aukščio triukšmo slopinimo sienelę vykdomų darbų biriųjų trąšų terminale metu triukšmo lygiai gyvenamojoje teritorijoje kistų nuo 40 iki 48 dBA (10 pav., b). Triukšmo lygis, didesnis nei 45 dBA, viršija HN 33-1:2003 pateiktą leidžiamąjį triukšmo lygį nakties metu gyvenamųjų namų poilsio aikštelėse ir teritorijose, todėl pageidautina vykdyti krovo darbus dienos metu, kai leistinieji triukšmo lygiai yra didesni nei vakaro ar nakties metu, bet, atsižvelgus į higienos normose esančią pastabą, kad triukšmo lygis gali būti padidintas 5 dB, jeigu pastatai yra senesnės negu 1984 m. statybos, Švyturio gatvės gyvenamojoje teritorijoje leistinasis triukšmo lygis neviršijamas ir nakties metu.

Lyginant sumodeliuotą triukšmo lygį su išmatuotu, gaunamas apie 10 % nesutapimas, nes modeliuojant *CadnaA* programa nėra įvertinami visi veiksniai, turintys įtakos triukšmo sklaidimui.

#### 4. Išvados

1. Eksperimentais nustatyta, kad iš biriųjų trąšų terminalo sklindančio triukšmo lygis teritorijoje iki triukšmo slopinimo sienelės pagal higienos normą HN33-1:2003 neviršijamas, tačiau matavimo rezultatai yra labai artimi leistinosioms vėrtėms.

2. Ekvivalentinis garso lygis gyvenamojoje teritorijoje dienos metu viršija leistinąjį matavimo vietose A3, A4, C3 (C3 – 6 dB, A3 – 4 dB ir A4 – 3 dB). Triukšmo

matavimo vietos A3 ir C3 yra 2 m nutolusios nuo garso sugeriančios sienelės, atitinkamai A4 – nutolusi 52 m. Matavimo vietos A3 ir A4 yra šiaurinėje pusėje (už garso sugeriančios sienelės, 1 pav.).

3. Ekvivalentinis garso lygis gyvenamojoje teritorijoje nakties metu viršija leistinąjį matavimo vietoje 7, prie gyvenamojo namo (1 pav.). Šis viršijimas siekia 3 dB esant 500 Hz dažniui, 7 dB esant 1 000 Hz dažniui bei 4 dB esant 2 000 Hz dažniui.

4. Prie biriųjų trąšų terminalo ekrano aukštis siekia 8 m, tačiau jis nėra pakankamas, kadangi triukšmo lygis teritorijoje prie gyvenamojo namo artimas leistinosioms higienos normos vėrtėms. Norint padidinti ekrano efektyvumą, reikia padidinti jo aukštį iki 10 m. Paaukštinus garso slopinimo sienelę 2 m, triukšmo lygis sumažėtų 2–3 dB.

5. Įvertinus tyrimo metu gautus rezultatus būtina imtis reikiamų priemonių triukšmui mažinti terminalo viduje (darbo zonoje), čia ekvivalentinis garso lygis viršijamas labiausiai. Taip pat svarbu stengtis mažinti paties triukšmo šaltinio keliamą triukšmą, kad jo sklaida būtų kuo mažesnė ir nesiektų gyvenamųjų namų.

6. Modeliuojant nustatyta, kad triukšmo lygis gyvenamojoje teritorijoje nesant triukšmo mažinimo sienelės siektų 63 dBA, o su 8 metrų aukščio sienelė – 55 dBA. Paaukštinus esamą triukšmo mažinimo sienelę iki 12 m aukščio, biriųjų trąšų terminalo keliamas triukšmo lygis siektų 48 dBA ir neviršytų leistinojo ekvivalentinio triukšmo lygio.

7. Nustatyta, kad modeliuojant *CadnaA* programa gauti rezultatai nuo matavimo duomenų skiriasi 10 %. Remiantis modeliavimo ir praktinio matavimo rezultatais 8 m slopinimo sienelę reikia paaukštinti bent iki 10 m aukščio.



**Literatūra**

1. USTINAVIČIENĖ, R.; OBELENIS, V.; EREMINAS, D. Dirbančiųjų sveikata ir šiuolaikinės darbo sąlygos. *Medicina*, 2004, 40(9), p. 897–904.
2. RIMOVSKIS, S.; RAMONAS, Z. *Apsauga nuo triukšmo*. Šiauliai: Šiaulių universiteto leidykla, 2005. 76 p.
3. GRUBLIAUSKAS, R. Triukšmo mažinimo sienelės efektyvumo įvertinimas. Iš *Aplinkos apsaugos inžinerija. 9-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2006 03 30, medžiaga*. Vilnius: Technika, 2006, p. 142–148.
4. STAUSKIS, V. J. *Techninės žmogaus veiklos įtaka akustiniam komfortui*. Vilnius: Technika, 2001.
5. Transportinio triukšmo problemos ir jų sprendimo būdai. Prieiga per internetą: <[http://www.vilniausvsc.lt/aplinka/transportinio\\_triuksmo\\_problemos.htm](http://www.vilniausvsc.lt/aplinka/transportinio_triuksmo_problemos.htm)>
6. BACEVIČIUS, A.; KARALIUS, A. *Triukšmą slopinantys ekranai ir jų želdiniai*. Vilnius, 1992. 45 p.
7. MERKEVIČIUS, S. *Inžineriniai ir techniniai saugos metodai ir priemonės fizinei ir technologinei aplinkos taršai mažinti. Vibroakustinė tarša*. Kaunas: LZŪU, 2004. 60 p.
8. STAUSKIS, V. J.; KUNIGĖLIS, V. Įvairių garso šaltinių akustinės charakteristikos. *Journal of Civil Engineering and Management* (Statyba), IV t., Nr. 4. Vilnius: Technika, 1998, p. 311–315.
9. Triukšmo mažinimo užtvartų vadovas. Prieiga per internetą: <[http://www.tkti.lt/Projektai/Noisemanual\\_Lt.pdf](http://www.tkti.lt/Projektai/Noisemanual_Lt.pdf)>
10. MERKEVIČIUS, S.; DEIKUS, J. Acoustic pollution of light duty wheeled tractors. *Aplinkos inžinerija*, t. VI, Nr. 1. Vilnius: Technika, 1998, p. 37–43.
11. STAUSKIS, V. J. *Statybinė akustika*. Vilnius: Technika, 2005. 266 p.
12. KULVIETIS, A. AB „KLASCO“ birių produktų terminalo techninis projektas. *Aplinkosauginė dalis*. Kaunas, 2003. 60 p.
13. BALTRĖNAS, P.; KAZLAUSKAS, D.; PETRAITIS, E. Triukšmo automobilių stovėjimo aikštelėse tyrimai ir jo sklaidimo skaitinis modeliavimas. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2004, Vol XII, No 2, p. 63–70.
14. BERANEK, L. L. and VER, I. L. *Noise and vibration control engineering: principles and applications*. Wiley, New York, 1992.
15. CROCKE, M. J. Recent developments in acoustics and vibration. *The International Refereed Journal*, Vol IV, No 1, March 1999, p. 17–25.

**EFFICIENCY EVALUATION OF A NOISE BARRIER****P. Baltrėnas, D. Butkus, V. Nainys, R. Grubliauskas, J. Gudaitytė****Abstract**

Mechanization of industrial and agricultural production, increase of urban and rural traffic flows, modernization of domestic facilities cause a rapid expansion of acoustic discomfort zones. Since the noise level in any environment is one of the basic factors determining the human comfort indicator, investigation into noise processes is given special attention by researchers.

Seaport freight discharge terminals are also connected with noise problems. Noise from AB KLASCO fertilizer discharge terminal of Klaipėda seaport cause great concern to local people. There is a noise barrier installed near the terminal. The present paper describes the efficiency evaluation of the noise barrier according to the noise level measurements performed, modelling of noise spread and mathematical calculations.

The investigation was performed with noise measuring equipment Bruel&Kjaer mediator 2260. According to measurements, it is obvious that the noise level in the residential zone is 3–4 dBA above the limits (limits are given in HN 33-1:2003) in the daytime, and by 7 dBA at night. The modelling of noise spread was performed by CadnaA program which allowed to make different models according to variations of the noise level caused by changing conditions.

**Keywords:** noise, noise level, noise barrier, fertilizer terminal.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШУМОПОГЛОЩАЮЩЕЙ СТЕНКИ****П. Балтрėнас, Д. Буткус, В. Найнис, Р. Грубляускас, Ю. Гудайтите****Резюме**

В настоящее время, когда промышленность и сельское хозяйство сильно механизировано, увеличивается количество машин в городах и селах, в быту все больше применяется техника, сильно возрастает число дискомфортных зон, которые находятся под влиянием шума. Особенно это ощущают рабочие на предприятиях.

С проблемой шума сталкиваются работники и морских судовых портов, в которых имеются грузовые станции. Исследования шума производились в терминале сыпучих удобрений Клайпедской морской грузовой компании. Полученные результаты сравнены с допустимыми величинами, установленными гигиеническими нормами Литвы. Около терминала по разгрузке сыпучих удобрений установлена шумопоглощающая стенка.

Для измерения характеристик шума применен шумомер Bruel&Kjaer mediator 2260. Наибольшие измеренные уровни шума в жилой зоне на 3–7 дБ превышали допустимые литовскими гигиеническими нормами.

**Ключевые слова:** шум, уровень шума, шумопоглощающая стенка, терминал сыпучих удобрений.

**Pranas BALTRĖNAS.** Dr Habil, Prof and head of Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Doctor Habil of Science (air pollution), Leningrad Civil Engineering Institute (Russia), 1989. Doctor of Science (air pollution), Ivanov Textile Institute (Russia), 1975. Employment: Professor (1990), Associate Professor (1985), senior lecturer (1975), Vilnius Civil Engineering Institute (VISI, now VGTU). Publications: author of 13 monographs, 24 study - guides, over 320 research papers and 67 inventions. Honorary awards and membership: prize-winner of the Republic of Lithuania (1994), a corresponding Member of the Ukrainian Academy of Technological Cybernetics, a full Member of International Academy of Ecology and Life Protection. Probation in Germany and Finland. Research interests: air pollution, pollutant properties, pollution control equipment and methods.

**Donatas BUTKUS.** Dr Habil, Prof, Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Doctor Habil of Science (environmental engineering), VGTU, 1999. Membership: a member of International Academy of Ecology and Life Protection. Publications: author of more than 200 research papers, co-author of the monograph „Geophysical problems of atmospheric krypton-85“ (in Russian and English). Research interests: accumulation of radioactive noble gases, their interaction with environmental bodies, self-cleaning of the atmosphere, influence of ionizing radiation of radioactive noble gases on geophysical processes; consequences of the Chernobyl accident in Lithuania.

**Vytautas NAINYS.** Dr, Dept of Labour Safety and Fire Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Doctor (work and fire safety). Master of Science (forestry science), Moscow, 1965. First degree in Mechanical Engineering, LŽŪU, 1956. Publications: author of 61 scientific publication, 1 handbook, 3 patents, 2 methodological books. Research interests: labour safety, human safety, environmental protection, acoustics.

**Raimondas GRUBLIAUSKAS.** Master, doctoral student, Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Master of Science (environmental engineering), VGTU, 2005. Bachelor of Science (environmental engineering), VGTU, 2003. Publications: author of 3 scientific publications. Research interests: environmental protection, noise prevention.

**Jurgita GUDAITYTĖ.** Master student (since 2005), Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).