

Environmental engineering Aplinkos inžinerija

BETONINĖS MODULINĖS DANGOS PAVIRŠIAUS ATSPINDIMOJO SKAISČIO TYRIMAS

Deimantė LUNKEVIČIŪTĖ^{1*}, Viktoras VOROBOVAS², Pranciškus VITTA ³

^{1, 2}*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva*

³*Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva*

Gauta 2022 m. birželio 15 d.; priimta 2022 m. liepos 4 d.

Santrauka. Viena iš saugių ir patogių važiavimo automobilių keliais sąlygų yra tinkamai atspindinti ir gerai matoma naktį danga. Kelio dangos paviršiaus skaitis priklauso nuo ant jo krentančio šviesos kiekio ir kelio dangos atspindžio savybių bet kuriame taške. Kelio paviršiaus atspindimasis skaitis priklauso nuo jo fizinės kelio būklės, amžiaus ir tipo, apšvietimo krypties ir stebėjimo sąlygų. Skirtingos dangos gali turėti skirtingas atspindžio charakteristikas, kurios priklauso nuo paviršiaus tekstūros, medžiagiškumo ir rišamosios medžiagos (tipo, rūšies ir kiekio). Eksperimentiniai tyrimai atlikti modulinės dangos betoninėms plokštėms, kurios skiriasi spalva ir tekstūros paviršiumi. Tyrimo rezultatų analizė parodė skirtumus tarp betoninių modulinė dangų paviršiaus atspindimojo skaisčio charakteristikų, atsižvelgiant į dangos spalvą, dangos paviršiaus tekstūros savybes bei paviršiaus sąlygas. Esant šlapiai arba drėgnai betoninei modulinei dangai sumažintas skaisčio koeficientas yra apie 60 proc. mažesnis nei sausos. Šviesiai pilkos dangos sumažintas skaisčio koeficientas yra apie 38 proc. didesnis nei tamsesnio atspalvio danga (raudona ir tamsiai pilka). Tyrimais gauti rezultatai reikšmingi gatvių projektuotojams parenkant dangos tipą bei projektuojant gatvės apšvietimą.

Reikšminiai žodžiai: kelio danga, dangų paviršius, atspindimasis skaitis.

Įvadas

Automobilių kelių ir kitų eismo zonų danga turi atspindėti šviesą ir būti gerai matoma naktį, kad užtikrintų saugias bei komfortiškas važiavimo sąlygas. Tinkamai apšviestame kelyje ir kitose eismo zonose esantys objektai yra gerai matomi, todėl transporto priemonės vairuotojas lengvai gali identifikuoti objektą (Boyce, 2008; Dumont & Paumier, 2007). Kelio dangos atspindys priklauso nuo ant jo krentančio šviesos kiekio ir kelio dangos atspindžio savybių. Kelio paviršiaus atspindimasis skaitis priklauso nuo fizinės kelio būklės ir jo pobūdžio, taip pat nuo jo apšvietimo krypties ir stebėjimo sąlygų. Skirtingos dangos gali turėti skirtingas atspindžio charakteristikas, kurios priklauso nuo paviršiaus tekstūros, amžiaus, medžiagiškumo ir rišamųjų medžiagų (tipo, rūšies ir kiekio). Taip pat atspindžio charakteristikos keičiasi priklausomai ir nuo klimato sąlygų.

1. Dangos paviršiaus atspindžio samprata

Atspindys – atsispindėjusi šviesa, kai krintantis šviesos srautas yra atspindimas nuo dangos paviršiaus. Atspindys

yra skirstomas į difuzinį ir veidrodinį atspindį (1 pav.). Veidrodinio atspindžio kampas yra lygus to spindulio kampui. Difuzinis atspindys susidaro, kai lygiagrečių spindulių pluoštas atsispindi nuo nelygaus paviršiaus ir sklinda įvairiomis kryptimis (Khan, 1998).

Dangos atspindžiui įtakos turi nuo apšvietimo sklandančios šviesos ant dangos susidaręs šviesos srautas (skaitis). Autorė Ylinen (2011) išskiria argumentą, kad padidinus atspindį sumažėja nelaimingų atsitikimų rizika, nes pailgėja matymo laukas, sutrumpėja reakcijos laikas bei pagerėja vairavimo sąlygos.

Automobilių kelius nuolat ir intensyviai veikia klimato veiksniai – aukšta temperatūra vasarą, žiemą šaltis, pavasarį atodrėkis bei atmosferos krituliai. Tad esant šlapiai kelio dangai ant dangos susidaro vandens plėvelė. Liūčių metu, kai dangoje yra pažaidų, joje susikaupia vanduo ir skersiniu, išilginiu nuolydžiais vanduo nenuiteka nuo dangos paviršiaus (Schreuder, 1983). Vandens plėvelė priskiriama difuzinio atspindžio tipui. Difuzinis atspindys susidaro, kai lygiagretūs šviesos pluoštai atsispindi nuo nelygaus kelio dangos paviršiaus ir sklinda įvairiomis

*Autorius susirašinėti. El. paštas deimante.lunkeviciute@stud.vilniustech.lt

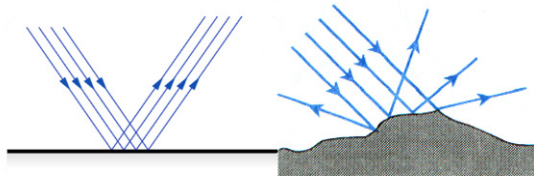
kryptimis. Tad esant šlapiam kelio dangai atsiranda atspindys, kuriame atsispindi kelio apšvietimo ir automobilių žibintų šviesos (Sørensen, 2011).

Kelio dangos paviršiaus atspindėjimą lemia šios dangos mikro- ir makrotekstūra. Tekstūra priklauso nuo kelio dangos mišinio sudėties. Mikrotekstūros matmenys išilgai paviršiaus yra mažesni nei 0,5 mm. Makrotekstūros matmenys išilgai paviršiaus 0,5–50,0 mm. Rice (2016) savo moksliniame darbe nustatė, kad dangos spalva ir tekstūra priklauso viena nuo kitos. Esant šviesios spalvos dangai su šiurkščia tekstūra dangos atspindys yra geriausias (Rice, 2016) (2 pav.).

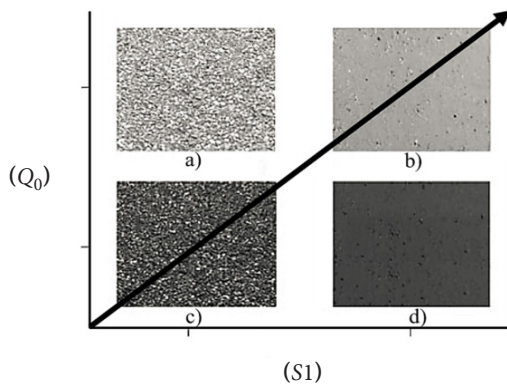
Tam tikras kelio dangos paviršiaus taško skaičiuojamas, kai yra žinomas šviesos intensyvumas taško kryptimi ir dangos skaistis. Šviesos intensyvumas E priklauso nuo šviestuvų šviesos pasiskirstymo kreivės ir jų šviesos srauto. Kelio dangos skaistis L važiuojamojoje dalyje priklauso nuo kelio fizinės būklės ir dangos tipo, taip pat nuo apšvietimo krypties ir stebėjimo sąlygų, apšvietimo stulpų išdėstymo ir jų aukščio bei šviestuvo šviesos pasiskirstymo ir dangos atspindžio savybių (International Commission on Illumination, 2000). Tad kelio dangos skaisčio koeficientas apskaičiuojamas pagal (1) formulę:

$$q = \frac{L}{E}, \quad (1)$$

čia L – kelio dangos skaistis, cd/m^2 ; q – skaisčio koeficientas, apibrėžiamas keturiais kampais α , β , γ ir δ (3 pav.); E – apšvieta, lx.

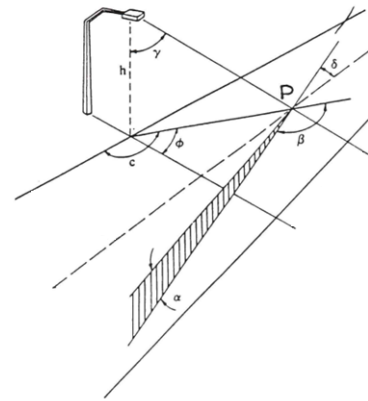


1 paveikslas. Veidrodinis ir difuzinis dangos atspindžiai (Wikipedia, 2022)
Figure 1. Specular and diffuse surface reflections (Wikipedia, 2022)



Pastaba: Q_0 – vidutinis skaisčio koeficientas; S_1 – veidrodinis koeficientas; a) – šviesiai pilkos spalvos danga su šiurkščia tekstūra; b) – šviesiai pilkos spalvos danga su lygus paviršiaus tekstūra; c) – tamsios spalvos danga su šiurkščia tekstūra; d) – tamsios spalvos danga su lygus paviršiaus tekstūra.

2 paveikslas. Spalvos ir tekstūros priklausomybė (Rice, 2016)
Figure 2. Color and texture dependency (Rice, 2016)



3 paveikslas. Kampų priklausomybė, skaičiuojant vieno taško skaisčio koeficientą (van Bommel & de Boer, 1980)
Figure 3. Angular relationships for calculating luminance for a single luminaire (van Bommel & de Boer, 1980)

Kampas α yra stebėjimo kampas nuo horizontalios plokštumos, kampas β yra tarp vertikalios šviesos kritimo plokštumos ir vertikalios stebėjimo plokštumos, γ – šviesos kritimo kampas ir δ – kampas tarp kelio ašies ir vertikalios stebėjimo plokštumos (van Bommel & de Boer, 1980) (2 pav.). Kampas δ paprastai nepaisomas, o kampas α laikomas pastoviu $1-2^\circ$ (dėl vairuotojų žiūrėjimo aukščio 1,5 m ir kliūtims aptikti 60–160 m atstumu prieš vairuotoją (van Bommel & de Boer, 1980).

Kelio dangų atspindžio charakteristikos pateiktos sumažintų skaisčio koeficientų r rinkiniu, išdėstytu lentelėse, esant skirtingiems β ir γ kampų deriniams ((2) formulė):

$$r = q \cdot \cos^3 \gamma. \quad (2)$$

Šiose lentelėse aprašomos kelio atspindžio charakteristikos, tačiau, norint gauti bendrą informaciją apie kelio dangos atspindžio savybes, įvedamas vidutinis atspindžio koeficientas Q_0 ir veidrodiniai koeficientai S_1 ir S_2 , kurie nustatomi pagal (3), (4) ir (5) formules.

$$Q_0 = \frac{1}{\Omega_0} \int_0^{\Omega_0} q d\Omega, \quad (3)$$

čia Ω yra erdvės kampas nuo taškinio šaltinio paviršiuje, apimantis visas kryptis, iš kurių krinta šviesa, į jį atsižvelgiama skaičiuojant vidutines vertes.

Veidrodinis koeficientas S_1 yra santykis tarp sumažintų skaisčio koeficientų $r(\beta = 0^\circ, \tan \gamma = 2)$ ir $r(\beta = 0^\circ, \tan \gamma = 0)$, kurie paprastai yra atitinkamai dideli veidrodiniam ir difuziniam atspindžiui:

$$S_1 = \frac{r(0,2)}{r(0,0)}. \quad (4)$$

Veidrodinis koeficientas S_2 apskaičiuojamas pagal (5) formulę:

$$S_2 = \frac{Q_0}{r(0,0)}. \quad (5)$$

Rodikliai Q_0 , S_1 , S_2 ir r išmatuojami su goniospektrometru. Tarptautinė apšvietimo komisija (*International Commission on Illumination*) yra parengusi kelio dangų r klasifikaciją pagal dangų atspindžio savybes.

Iki šiol Lietuvoje nebuvo atliekami tyrimai kelio dangos paviršiaus atspindėjimo charakteristikoms nustatyti. Europoje ir kitose pasaulio šalyse nagrinėjami šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimo bei žaliosios elektros energijos aspektai. Todėl tokie tyrimai duoda pradžią, nustatant, kokią įtaką dangos atspindžiui turi apšvietimas, dangos spalva, klimato sąlygos, dangos paviršiaus mikro-ir makrotekstūros savybės bei dangos tipas.

2. Eksperimentinio tyrimo metodika

2.1. Tyrimo objektas

Eksperimentiniam tyrimui atlikti pasirinktos modulinės dangos betoninės plokštės, kurios įrengtos 2019 metais VILNIUS TECH Linkmenų rūmų teritorijoje šalia Kelių tyrimo instituto pastato esančiame pėsčiųjų take (4 pav.). Modulinę dangą sudaro 21 betoninė plokštė, jos skiriasi tekstūra, spalva ir formavimo būdu (1 lentelė). Pėsčiųjų tako ilgis – 21 m. Kiekvienos betoninės plokštės ilgis – 1,0 m, o plotis – 1,5 m.



4 paveikslas. Pėsčiųjų takas su betonine moduline danga
Figure 4. Pedestrian path with concrete modular coating

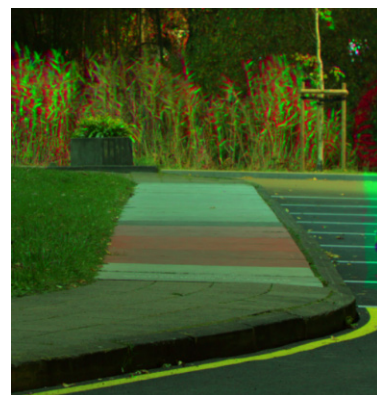
Šis tyrimo objektas pasirinktas, nes skiriasi betoninių moduliinių plokščių paviršiaus tekstūra ir spalva. Taip pat atsižvelgta ir į tai, kad ant šalia esančio pastato yra įrengtas apšvietimas ir tamsiu paros metu nėra pėsčiųjų ir kitų šaltinių, sukeliančių šviesos atspindį.

2.2. Tyrimo metodika

Betoninės modulinės dangos paviršiaus atspindėjimo charakteristikoms nustatyti išmatuotos šios savybės: dangos skaitis, apšvieta ir kampai (3 pav.), reikalingi skaisčio koeficientui apskaičiuoti. Matavimo kampas α buvo $1-2^\circ$.

Dangos skaitis išmatuotas „Lumicam 1300“ kamera. Taip pat šiuo prietaisu padarytos nuotraukos (5 pav.). Specializuota kompiuterine programa nustatytas kiekvienos betoninės modulinės dangos skaisčio matavimus, taip pat išmatuota apšvieta E kiekvienos plokštės centre. Visi matavimai atlikti, kai betoninės modulinės dangos paviršius buvo sausas, šlapias ir drėgnas.

Kiekvienos betoninės plokštės tekstūrai įvertinti atlikti vidutinio profilio gylio matavimai pagal standartą *LST EN ISO 13473-1 Kelio dangos tekstūros apibūdinimas pagal paviršiaus profilį. 1 dalis. Vidutinio profilio gylio nustatymas*.



5 paveikslas. Betoninės modulinės dangos skaisčio matavimas, esant sausam paviršiui

Figure 5. Luminance measurement of concrete modular pavement on a dry surface

1 lentelė. Modulines dangos betoninių plokščių tipai
Table 1. Types of concrete modular pavement slabs

| Modulinės dangos betoninės plokštės Nr. | Kiekis | Paviršiaus tekstūra ir spalva |
|---|--------|--|
| Nuo 1 iki 2 | 2 | Lygios tekstūros, pilka (natūrali betono) spalva |
| Nuo 3 iki 4 | 2 | Mažiau šiurkščios tekstūros, raudona spalva |
| Nuo 5 iki 6 | 2 | Šiurkščios tekstūros, raudona spalva |
| Nuo 7 iki 8 | 2 | Lygios tekstūros, raudona spalva |
| 9 | 1 | Šiurkščios tekstūros, paviršius atviru užpildu, tamsiai pilka spalva |
| Nuo 10 iki 11 | 2 | Lygios tekstūros, pilka (natūrali betono) spalva |
| Nuo 12 iki 15 | 4 | Mažiau šiurkščios tekstūros, pilka (natūrali betono) spalva |
| Nuo 16 iki 21 | 6 | Šiurkščios tekstūros, pilka (natūrali betono) spalva |

Vidutinis profilio gylis išmatuotas kiekvienoje plokštėje penkis kartus ir apskaičiuotas kiekvienos plokštės vidurkis atskirai.

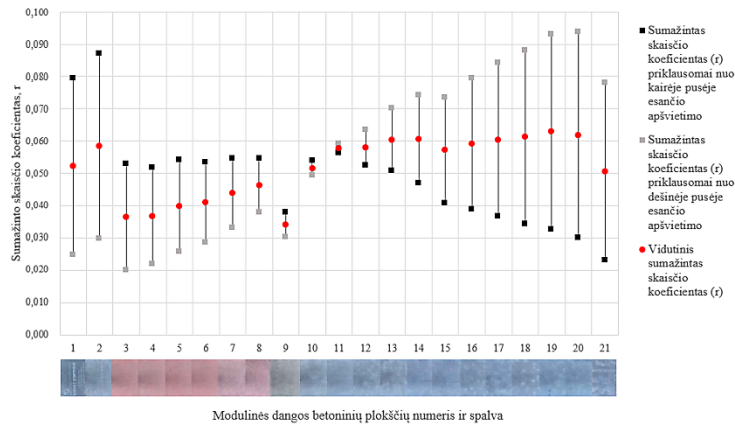
Modulinės dangos betoninėms plokštėms atspindėjimo charakteristikoms įvertinti apskaičiuotas sumažintas skaisčio koeficientas r , kuris priklauso nuo skaisčio koeficiento q ir apšvietimo kritimo kampo γ (3 pav.). Todėl, vertinant kiekvieną modulinės dangos betoninę plokštę atsižvelgta į apšvietą, skaisčių ir ant dangos krentančio šviesos srauto kampą.

3. Tyrimo rezultatų analizė

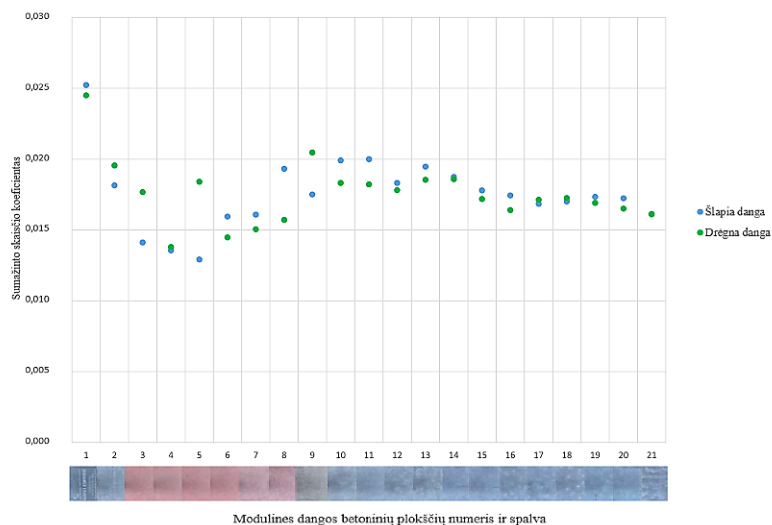
Modulinės dangos betoninių plokščių, esant sausam paviršiui, sumažinto skaisčio koeficiento r suskaičiuoti rezultatai pateikti 6 paveiksle. Kadangi betoninių plokščių modulinė danga apšviesta dviem šviestuvais pėsčiųjų tako pradžioje ir gale, todėl apskaičiuoti sumažinto skaisčio koeficientai priklausomai nuo kiekvieno šviestuovo skleidžia-

mos šviesos srauto bei jų vidutinės vertės. Atlikto tyrimo rezultatų analizė parodė, kad sumažintas sausos dangos skaisčio koeficientas r kinta nuo 0,034 iki 0,063, kai mažiausias ($r = 0,034$) nustatytas tamsiai pilkos spalvos betoninei plokštei Nr. 9, o didžiausias ($r = 0,063$) – pilkos spalvos betoninei plokštei Nr. 19.

Modulinės dangos betoninių plokščių šlapiu ir drėgnu paviršiumi vidutinio sumažinto skaisčio koeficiento r apskaičiuoti rezultatai pateikti 7 paveiksle. Tyrimais nustatyta, kad, esant šlapiam ir drėgnam betoninės plokštės paviršiui, sumažintų skaisčio koeficientų skirtumas vidutiniškai yra apie 8 proc. Tačiau skirtingos pilkos spalvos betoninių plokščių sumažintas skaisčio koeficientas esant šlapiam ir drėgnam paviršiui 3,9 proc., raudonos spalvos – 17,3 proc. ir tamsiai pilkos spalvos – 17,0 proc. Analizuoti 6–7 paveiksluose pateikti modulinės dangos betoninių plokščių sausu, šlapiu ir drėgnu paviršiumi vidutinio sumažinto skaisčio koeficientų rezultatai, kuriais nustatyta, kad esant



6 paveikslas. Sausos modulinės dangos iš betoninių plokščių sumažinto skaisčio koeficiento pasiskirstymas Figure 6. Distribution of the reduced luminance coefficient of dry modular pavement from concrete slabs



7 paveikslas. Šlapios ir drėgnos modulinės dangos iš betoninių plokščių sumažinto skaisčio koeficiento pasiskirstymas Figure 7. Distribution of reduced luminance coefficient of wet and damp modular pavements from concrete slabs

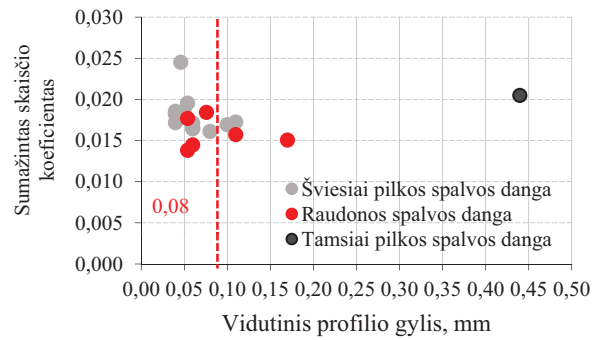
šlapiam paviršiui pilkos spalvos betoninių plokščių sumažintas skaisčio koeficientas 67,8 proc. mažesnis nei esant sausam paviršiui, o esant drėgnam – mažesnis 68,8 proc. Esant sausam paviršiui, raudonos spalvos betoninių plokščių sumažintas skaisčio koeficientas 62,4 proc. mažesnis nei esant šlapiam paviršiui, o esant drėgnam – mažesnis 60,7 proc. Esant sausam paviršiui tamsiai pilkos spalvos betoninių plokščių sumažintas skaisčio koeficientas 48,6 proc. mažesnis nei esant sausam paviršiui, o esant drėgnam – mažesnis 39,8 proc.

Lyginant, kokią įtaką sumažintam skaisčio koeficientui turi dangos spalva, tyrimo rezultatų analizė parodė (2 lentelė), kad pilkos spalvos betoninių plokščių esant sausam paviršiui sumažintas skaisčio koeficientas 37 proc. yra didesnis už raudonos spalvos betoninės plokštės ir 39 proc. didesnis už tamsiai pilkos spalvos betoninių plokščių sumažintus skaisčio koeficientus.

Išanalizavus modulines dangos betoninių plokščių atspindžio savybių rezultatus teigtina, kad tamsesnių spalvų betoninių plokščių atspindys yra mažesnis nei šviesių spalvų. Iš ištirtų modulines dangos betoninių plokščių pastebėta tendencija, kad sumažinto skaisčio koeficiento įtakai turi modulines dangos betoninių plokščių spalva. Tačiau, vertinant kitus komponentus, suprantama, kad dangos sumažinto skaisčio koeficientui turi įtakos ne tik dangos spalva, bet ir tekstūra. Modulines dangos betoninių plokščių sumažinto skaisčio koeficiento ir vidutinio profilio gylio, esant sausam paviršiui, rezultatai pateikti 8 paveiksle.

Tirtą ir analizuotą modulinę dangą sudaro septynių skirtingų tekstūrų betoninės plokštės. Ypač išsiskiria betoninė plokštė Nr. 9 (tamsiai pilka spalva), kurios vidutinis profilio gylis yra didžiausias iš visų išmatuotų plokščių – 0,44 mm. Esant didžiausiam vidutiniam profilio gyliui matyti, kad skaisčio koeficientas yra mažiausias ($r = 0,034$) lyginant su kitomis tirtomis betoninėmis plokštėmis.

Iš 8 paveikslo matyti, kad tiek pilkos, tiek raudonos spalvos betoninių plokščių vidutinio skaisčio koeficientų vertės pasiskirsčiusios plačiose ribose, kai vidutinio pro-



8 paveikslas. Modulines dangos betoninių plokščių sumažinto skaisčio koeficiento r priklausomybė nuo vidutinio profilio gylio

Figure 8. Dependence of the reduced luminance coefficient r of the concrete slabs of the modular coating on the mean profile depth

filio gylis mažesnis nei 0,08 mm. Taip pat matyti, kad kai pilkos spalvos betoninių plokščių vidutinis profilio gylis yra 0,08 mm (8 paveiksle pažymėta šviesiai pilkos spalvos rutuliuku), sumažintas skaisčio koeficientas didėja, o raudonos spalvos – mažėja. Tačiau šiai prielaidai pagrįsti reikalinga atlikti daugiau tyrimų ir atlikti detalesnę sumažinto skaisčio koeficiento priklausomybės nuo vidutinio profilio gylio analizę.

Išvados

Šiame straipsnyje pateiktas modulines dangos betoninių plokščių paviršiaus atspindėjimo savybių tyrimas, vertinantis dangos spalvos, būklės (sausas, šlapias ir drėgnas) bei tekstūros įtaką sumažintam skaisčio koeficientui.

Teorinė analizė parodė, kad modulines dangos betoninės plokštės paviršiaus sumažintas skaisčio koeficientas yra didesnis betoninių plokščių, kurios yra šviesesnės ir šurkštesnės. Modulines dangos betoninių plokščių tyrimo rezultatų analizė parodė, kad sausos dangos sumažintas skaisčio koeficientas r kinta nuo 0,034 iki 0,063, mažiausias ($r = 0,034$) nustatytas tamsiai pilkos spalvos betoninei plokštei, o didžiausias ($r = 0,063$) – pilkos spalvos.

Sausų modulines dangos betoninių plokščių sumažintas skaisčio koeficientas yra vidutiniškai 66 proc. didesnis nei šlapios arba drėgnos būklės. Esant šlapiam paviršiui pilkos spalvos betoninių plokščių sumažintas skaisčio koeficientas 67,8 proc. mažesnis nei esant sausam paviršiui, raudonos spalvos – 62,4 proc. ir tamsiai pilkos spalvos – 48,6 proc. Esant drėgnam paviršiui pilkos spalvos betoninių plokščių sumažintas skaisčio koeficientas 68,8 proc. mažesnis nei esant sausam paviršiui, raudonos spalvos – 60,7 proc. ir tamsiai pilkos spalvos – 39,8 proc. Iš rezultatų analizės matyti, kad esant sausam, šlapiam ir drėgnam paviršiams sumažinto skaisčio koeficientai vienas nuo kito skiriasi.

Pilkos spalvos betoninių plokščių esant sausam paviršiui sumažintas skaisčio koeficientas 37 proc. yra didesnis už raudonos spalvos betoninių plokščių ir 39 proc. didesnis už tamsiai pilkos spalvos.

2 lentelė. Sumažinto skaisčio koeficiento r priklausomybė nuo dangos spalvos
Table 2. Dependence of the reduced luminance coefficient r on the color of the coating

| Plokštės spalva | Dangos paviršius | Sumažintas skaisčio koeficientas | | |
|-----------------|------------------|----------------------------------|-------|-----------|
| | | min | max | vidutinis |
| Pilka | Sausas | 0,051 | 0,063 | 0,058 |
| | Šlapias | 0,016 | 0,025 | 0,019 |
| | Drėgnas | 0,016 | 0,025 | 0,018 |
| Raudona | Sausas | 0,037 | 0,046 | 0,041 |
| | Šlapias | 0,013 | 0,019 | 0,015 |
| | Drėgnas | 0,014 | 0,018 | 0,016 |
| Juoda | Sausas | - | - | 0,034 |
| | Šlapias | - | - | 0,017 |
| | Drėgnas | - | - | 0,020 |

Priklausomybei tarp modulinės dangos betoninių plokščių (sausas, šlapia, drėgna) sumažinto skaičio koeficiento ir vidutinio profilio gylis nustatyti būtina atlikti tolesnius tyrimus ir reikalinga detalesnė analizė.

Padėka

Tyrimas atliktas bendradarbiaujant su VILNIUS TECH Aplinkos inžinerijos fakulteto Kelių tyrimo institutu ir Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų institutu. Autoriai dėkoja už įžvalgas planuojant eksperimentą bei suteiktą įrangą tyrimams atlikti.

Literatūra

- Boyce, P. (2008). *Lighting for driving: Roads, vehicles, signs, and signals*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420008159>
- Dumont, E., & Paumier, J. L. (2007). Are standard tables R still representative of the properties of road surfaces in France. In *The CIE 26th Session* (pp. 4–11), Beijing, China.
- International Commission on Illumination. (2000). *Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting* (Technical Report of TC 4-15 “Road Lighting Calculations”, 2nd ed.).
- Ylinen, A. M. (2011). Development and analysis of road lighting: Road surfaces and mesopic dimension. *LEUKOS*, 8(1), 9–24. <https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2011.08.01.001>
- Khan, M. H. (1998). *Influence of pavement surface characteristics on light reflectance properties* [Master’s thesis, Texas Tech University]. <https://ttu-ir.tdl.org/ttu-ir/bitstream/handle/2346/13851/31295013265045.pdf?sequence=1>
- Lietuvos automobilių kelių direkcija. (2018). *Kelio dangos apibūdinimas pagal paviršiaus profilį. 1 dalis. Vidutinio profilio gylis nustatymas* (LST EN ISO 13473-1). Vilnius.
- Rice, J. E. (2016). *Reflectivity of light emitting diodes (LED) and incandescent lights on concrete and asphalt pavements* [Master’s thesis, University of Louisville]. <https://doi.org/10.18297/etd/2579>

Schreuder, D. A. (1983). *Reflection properties of road surfaces*. Institute for Road Safety Research SWOV.

Sørensen, K. (2011). *Performance of road markings and road surfaces*. <https://nmfv.dk/wp-content/uploads/2012/03/Performance-of-road-markings-and-road-surfaces.pdf>

van Bommel, I. W., & de Boer, J. B. (1980). *Road lighting*. Kluwer Technische Boeken B.V.

Wikipedia. (2022). *Veidrodinis atspindys*. https://lt.wikipedia.org/wiki/Veidrodinis_atspindys

INVESTIGATION OF SURFACE REFLECTIVITY OF CEMENT CONCRETE MODULAR PAVEMENT

D. Lunkevičiūtė, V. Vorobjovas, P. Vitta

Abstract

One of the conditions for safe and comfortable driving on roads is a surface that is reflective and clearly visible at night. The luminance of a road surface depends on the amount of light falling on it and the reflectance properties of the road surface at any point. The reflectance of a road surface depends on its physical condition, age and type, the direction of lighting, and the conditions of observation. Different road surfaces may have various reflectance characteristics depending on the surface texture, materiality and binder. Experimental studies were performed on cement concrete modular pavement slabs that differ in color and texture of the surface. The analysis of the research results showed the differences between the reflective luminance characteristics of the surface of cement concrete modular pavement, taking into account the color of the coating, the texture properties of the coating surface and surface conditions. In the case of wet or damp concrete modular coatings, the reduced luminosity coefficient is about 60 percent lower than in dry ones. The reduced luminance coefficient of the light gray coating is about 38 percent higher than that of the darker shade coating (red and dark gray). The results obtained from the research are significant for street designers in choosing the type of pavement and designing street lighting.

Keywords: road surfaces, surfaces of pavement, reflected luminance.