



18-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos

TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,

vykusios 2015 m. gegužės 6 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 18th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'

TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 6 May 2015, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 18-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»

ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 6 мая 2015 г., Вильнюс, Литва

MINERALINIŲ MEDŽIAGŲ ADHEZIJOS SU SKIRTINGOS RŪŠIES BITUMINĖMIS EMULSIJOMIS VERTINIMAS

Mantas Kunčys¹, Ovidijus Šernas²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹mantas.kuncys@vgtu.lt; ²ovidijus.sernas@vgtu.lt

Santrauka. Automobilių kelių (gatvių) eksploatacijos metu asfalto dangoje susidaro ankstyvos stadijos pažaidos, tokios kaip išilginiai ir skersiniai plyšiai, plyšių tinklas, provėžos. Šių pažaidų savalaikis remontas stabdo didesnių pažaidų formavimąsi bei leidžia prailginti asfalto dangos tarnavimo trukmę. Pagal Lietuvos norminius dokumentus, paviršiaus apdaro įrengimui SV, I–IV dangos konstrukcijos klasių keliuose gali būti naudojamos tik granito, porfyro, bazalto, diabazo, gabro ir kitų magminių uolienu mineralinės medžiagos. Šiame straipsnyje pateikti skirtingų markių bituminių emulsijų ir rūšių mineralinių medžiagų tiesioginės sukibimo gebos ir vandens poveikio bituminių emulsijų sukibimui su mineralinėmis medžiagomis tyrimo rezultatai. Tyrimais gautų rezultatų pagrindu pateiktos išvados dėl mineralinės medžiagos rūšies ir frakcijos įtakos sukibimui su bituminėmis emulsijomis bei rekomendacijos dėl tinkamiausios bituminės emulsijos įrengiant paviršiaus apdarą.

Reikšminiai žodžiai: Bituminė emulsija, paviršiaus apdaras, mineralinės medžiagos, sukibimo geba.

Įvadas

Automobilių kelių (gatvių) eksploatacijos metu asfalto dangoje susidaro ankstyvos stadijos pažaidos, tokios kaip išilginiai ir skersiniai plyšiai, plyšių tinklas, provėžos. Šių pažaidų savalaikis remontas stabdo didesnių pažaidų formavimąsi bei leidžia prailginti asfalto dangos tarnavimo trukmę. Taip pat, automobilių kelių eksploatacijos metu asfalto danga turi būti stipri, lygi, šiurkšti, atspari atmosferiniams veiksniams, atitikti aplinkosaugos reikalavimus, estetiška. Pamažu netenkanti šių savybių, arba visiškai jas praradusi, asfalto danga degraduoja, todėl joje gali susidaryti įvairios pažaidos. Važiuojant nelygia kelio danga, dėl transporto priemonės ratų smūgių genda ne tik pačios transporto priemonės, kenčia keleiviai ir pervežami kroviniai, bet ardoma ir kelio danga. Todėl būtina nuolatine ir periodine asfalto dangos priežiūra ir remontas. Vienas iš dažniausiai taikomų asfalto dangos remonto (atnaujinimo) metodų yra paviršiaus apdaro įrengimas.

Paviršiaus apdaras – tai kelio dangos padengimas plonu sluoksniu, susidedančiu iš ne mažiau kaip vieno rišamosios medžiagos sluoksnio ir mineralinės medžiagos skaldelės sluoksnio, kuris įrengiamas ant pasluoksnio ar ant pasluoksnio iš anksto paskleistos skaldelės purškiant bituminį rišiklį ir skleidžiant nedengtą arba iš anksto rišikliu dengtą skaldelę. Įrengus paviršiaus apdarą ne tik

atnaujinama asfalto danga, bet ir pagerinama kelio dangos eksploatacinės charakteristikos: dangos paviršius tampa atsparesnis slydimui, apsaugomas nuo drėgmės įsiskverbimo bei kitų oro sąlygų neigiamo poveikio (Automobilių kelių... 2010a).

Remiantis Woodbridge ir kiti (1991) straipsniu mažo intensyvumo keliams galima naudoti silpnos stiprumo klasės mineralinių medžiagų mišinius. Remiantis Aki-movs (2009) straipsniu Latvijoje sprendžiama dolomito panaudojimo galimybė paviršiaus apdarui įrengti. Aki-movs rekomenduoja naudoti viengubo paviršiaus apdaro technologiją du kartus su skaldyta dolomito skaldele, 5/11 frakcijos, t. y. pirmasis sluoksnis įrengiamas iškart po naujo ruožo įrengimo, o antras įrengiamas po metų eksploatacijos, jei tai yra reikalinga.

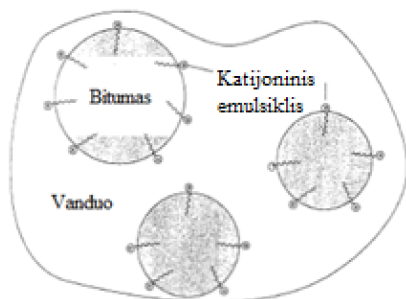
Pagal norminį dokumentą „Automobilių kelių mineralinių medžiagų techninių reikalavimų aprašas TRA MIN 07“ automobilių keliuose, kurių dangos konstrukcijos klasė yra SV, I–IV, paviršiaus apdaro įrengimui gali būti naudojamos tik granito, porfyro, bazalto, diabazo, gabro ir kitų magminių uolienu mineralinės medžiagos, o automobilių keliuose, kurių dangos konstrukcijos klasė yra V–VI (dažniausiai rajoninės reikšmės keliai) ar ypatingais atvejais gali būti naudojamos ir kitos medžiagos. Lietuvoje paviršiaus apdaro įrengimui dažniausiai naudojamos granito mineralinės medžiagos, kurios importuojamos iš kitų šalių. Lietuvoje viena iš naudingųjų

iškasenų yra dolomitas, kurio mineralinės medžiagos naudojamos automobilių kelių tiesybai ir priežiūrai. Šiuo tikslu laboratoriniais bandymais nustatyta skirtingų rūšių mineralinių medžiagų ir bituminės emulsijos sukibimo geba bei įvertintas šių medžiagų suderinamumas panaudojant automobilių kelių paviršiaus apdaro įrengimui.

Bituminės emulsijos sandara

Bituminė emulsija – emulsija, kurioje dispersinė fazė yra bitumas, gaunama smulkiausiomis dalelėmis disperguojant bitumą vandenyje, naudojant emulsiklius kaip emulgatorius ir prirėkus – stabilizatorius. Pagal bitumo dalelių elektros krūvį, bituminės emulsijos skirstomos į katijonines, anijonines, nejonines („Automobilių kelių bituminių emulsijų techninių reikalavimų aprašas TRA BE 08“). Anijoninį elektros krūvį turinti bituminė emulsija sukurta pirmiau nei katijoninį elektros krūvį turinti emulsija.

Bituminė emulsija teikia alternatyvą bituminiam rišikliui, kuris suskystinamas iš tirštojo būvio panaudojus tam tikrą dalį vandens. Maksimalios bituminės emulsijos savybės išsiskiria tuomet, kai sudedamojoje dalyje lieka mažiausiai vandens molekulių, dėl to emulsija sugrįžta į nuolatinę bitumo fazę (AkzoNobel 2009). 1 paveiksle pateikta katijoninės bituminės emulsijos struktūra.



1 pav. Bituminės emulsijos struktūra (Needham 1996)

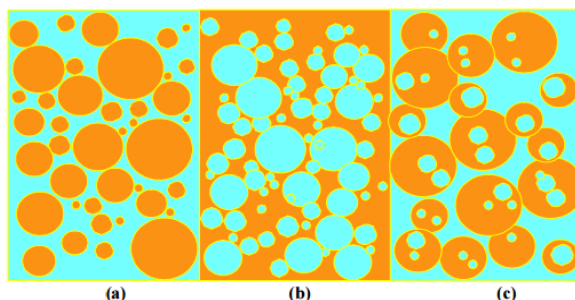
Priešingai nei įprastai, du skysčiai koegzistuoja, o ne tarpusavyje maišosi. Dėl to emulsiją sudaro bitumas, kuris yra skystas ir labai didelio klampumo, vanduo ir papildomi priedai (1 lentelė). Bitumo dalis bituminėje emulsijoje paprastai būna 60 %, bet gali kisti nuo 40 % iki 80 % (Needham 1996). Kaip matyti 1 paveiksle, bituminė emulsija yra sudėtingas cheminis junginys, kurį sudaro tam tikras bitumo kiekis, vanduo ir emulsikliai. Pastarieji yra cheminis junginys, kuris stabilizuoja visa cheminį procesą ir išlaiko daugybę bitumo lašelių atskirai vienas nuo kito.

1 lentelė. Katijoninės ir anijoninės emulsijos sudėtis (Redelius 2005)

	Katijoninė emulsija	Anijoninė emulsija
Vanduo	33,6 %	34,1 %
Bitumas	66 %	65 %
Priedai (emulsikliai)	0,4%	0,9 %

Galimos trys bituminės emulsijos sudėtys: bituminis rišiklis, esantis vandenyje (angl. *O/W*), vanduo, esantis

bituminiame rišiklyje (angl. *W/O „inverted“*) ir daugialypė emulsija. Pirmojo tipo emulsijos nuolatinė fazė yra vanduo ir lašeliais išskaidytas bituminis rišiklis (2 pav. a). Antrojo tipo emulsijos nuolatinė fazė yra bituminis rišiklis, o išsklaidyta fazė yra vanduo (2 pav. b). Trečiojo tipo emulsijos gali turėti sudėtingesnę struktūrą. Trečiojo tipo, daugialypėse emulsijose, išsklaidyta fazė turi savyje kitą fazę, kuri gali neturėti tos pačios sudėties kaip nuolatinė fazė (2 pav. c) (Salomon 2006).



2 pav. Emulsijos tipai: a) *O/W*; b) *W/O* ir c) *W/O/W* (Salomon 2006)

Firoozifar (1965) nagrinėjo bituminės emulsijos ir užpildo adheziją. Bandymo metu buvo tirti bituminės emulsijos ir mineralinių medžiagų mišinio sukibimą pagerinantys priedai. Naudojami adhezijos priedai pasižymėjo, kaip paviršių aktyvinančios medžiagos, kurios koncentruojasi į sąveiką tarp bituminio rišiklio ir užpildo paviršiaus. Jie pakeičia didžiąją dalį silpnųjų absorbuotų komponentų iš bituminio rišiklio. Be to, Firoozifar nustatė, kad adheziją tarp bituminės emulsijos ir užpildo įtakoja skirtingų rūšių bituminio rišiklio ir polimerų kiekis. Todėl buvo pasirinkta polimerus įmaišyti į bituminį rišiklį ir tik tuomet gaminti bituminę emulsiją. Bandymo metu nustatyta, kad kai kurių rūšių polimerų sukibties rodiklis pagerėjo.

Katijoninės ir anijoninės emulsijos skiriasi skirtingų krūvių molekulių traukimu prie savęs. Katijoninė emulsija prie savęs traukia teigiamai įkrautus bitumo lašelius, o anijoninė emulsija atvirkščiai. Dar vienas emulsijos tipas, kuris vadinasi aktyvioji (angl. *rapid-setting*) emulsija, pasižymi tuo, kad emulsija labai greitai prisitraukia prie esamo švaraus paviršiaus mažame plote. Tai pasiteisina atvejais, kai reikalinga, kad kuo greičiau mineralinė medžiaga prikibtų prie emulsijos (Salomon 2006).

Chin Shu Pei (2009) nustatė, kad visų frakcijų užpildų išankstinis padengimas turi 100 % adhezijos vertės. Taip yra, nes iš anksto padengtas užpildas turi stipriausias adhezijos savybes su rišikliu. Iš anksto padengtas užpildas turi ploną bituminės emulsijos plėvelę, kuri pašalina esančias dulkių daleles nuo paviršiaus ir užtikrina greitą adheziją su rišikliu.

Norint užtikrinti tinkamą bituminės emulsijos funkcionalumą, būtina tinkama pH reikšmė, užtikrinanti stabilumą ir pakankamas adhezijos vertes. Aukštos koncentracijos dėl divalenčių jonų ir aukšto pH rodiklių vandenyje sumažina emulsijos stabilumą. pH kiekis emulsijoje taip pat svarbus, nes kuo ji mažiau rūgštinė, tuo mažiau priedų turi savo sudėtyje. Aktyvūs amino junginiai esantys emulsijoje lemia adhezijos savybes.

Boulange ir Sterczynskia (2012) tyrimais nustatė, kad sukibimą tarp mineralinių medžiagų mišinio ir bituminės emulsijos lemia polinė ir dispersinė sąveikos. Emulsijos sukibimą su mineralinių medžiagų mišiniu labiausiai įtakoja polinė sąveika. Taip pat, ji lemia ir tolygų bituminės emulsijos pasiskirstymą ant mineralinės medžiagos.

Todėl bituminė emulsija gali būti išskiriama į kelis tipus. Baltijos šalyse naudojama šių markių bituminės emulsijos: C67B4, C69B4, C60B4 ir C65B4. Tik Estijoje specialioms dangoms papildomai naudojama C50B4 markės bituminė emulsija.

Bituminės emulsijos naudojimas yra pranašesnis nei aukštos penetracijos laipsnį turinčio bitumo naudojimas. Taip yra todėl, kad emulsiją galima paskleisti žemesnėje temperatūroje nei bitumą. Purškiant emulsiją, sumažinamas dalinis skaidymasis, kuris gali atsirasti purškiant bitumą aukštoje temperatūroje (UK UK Department for International Development 2000).

Eksperimentinis tyrimas

Paviršiaus apdaro įrengimui naudojamoms medžiagoms reikalavimus reglamentuojančiame dokumente „Automobilių kelių asfalto dangų priežiūrai skirtų medžiagų ir medžiagų mišinių techninių reikalavimų aprašas TRA APM 10a“ (toliau – TRA APM 10) nurodyta, kad paviršiaus apdaro įrengimui gali būti naudojama 2/5, 5/8 arba 8/11 frakcijų mineralinės medžiagos skaldelė. Vykdamas automobilių kelių asfalto dangų priežiūrą įrengiant paviršiaus apdarą dažniausiai naudojamos 5/8 ir 8/11 frakcijų skaldelės. Laboratoriniam eksperimentui atlikti buvo pasirinktos dvejų gamintojų mineralinės medžiagos: dolomito ir granito skaldelės, kurių frakcijos atitinkamai 5/8 ir 8/11.

Pagal norminį dokumentą TRA APM 10 paviršiaus apdaro įrengimui naudojamas rišiklis gali būti bituminė emulsija C67B4-PA, C69B4-PA arba polimerais modifikuota bituminė emulsija C69BP4-PA, C70BP4-PA. Šios, skirtingų rūšių ir tipo, bituminės emulsijos turi tenkinti norminiame dokumente „Automobilių kelių bituminių emulsijų techninių reikalavimų aprašas TRA BE 08“ (toliau – TRA BE 08) nurodytus reikalavimus. Laboratoriniam eksperimentiniam tyrimui atlikti pasirinkta bituminė emulsija C67B4-PA ir C69B4-PA bei polimerais modifikuota bituminė emulsija C69BP4-PA. Tyrimui atlikti paimti 6 bituminių emulsijų bandiniai iš 3 skirtingų gamintojų.

Laboratorinis tyrimas suskirstytas į dvi dalis:

- pirmoje dalyje nustatytos ir įvertintos mineralinių medžiagų savybės;

- antroje dalyje atlikti bandymai su bituminėmis emulsijomis ir mineralinėmis medžiagomis.

Pirmoje tyrimo dalyje nustatytos šios mineralinių medžiagų fizikinės ir mechaninės savybės:

- atsparumas trupinimui Los Andželo metodu pagal standarto LST EN 1097–2:2010 „Bandymai užpildų mechaninėms ir fizikinėms savybėms nustatyti. 2 dalis. Atsparumo trupinimui nustatymo metodai“ 5 skyrių;

- atsparumas dėvėjimuisi Devalio metodu pagal standartą LST EN 1097-1:2011 „Bandymai užpildų me-

chaninėms ir fizikinėms savybėms nustatyti. 1 dalis. Atsparumo dėvėjimuisi nustatymas (Devalio metodas)“;

- atsparumas šaldymui ir atšildymui pagal standartą LST EN 1367–1:2007 „Užpildų šiluminių savybių ir atsparumo atmosferos poveikiams nustatymo metodai. 1 dalis. Atsparumo šaldymui ir atšildymui nustatymas“;

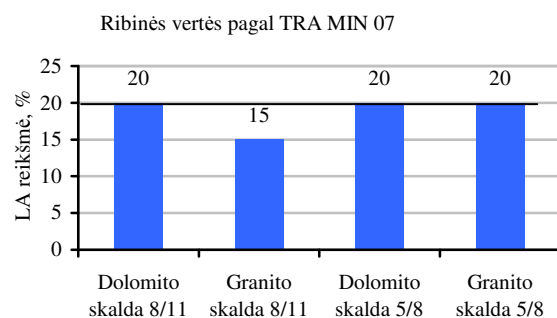
Antroje tyrimo dalyje nustatyta skirtingų mineralinių medžiagų ir bituminės emulsijos mišinių sukibimo geba bei vandens poveikis pagal standartą LST EN 13614 „Bitumas ir bituminiai rišikliai. Bituminių emulsijų sukibimo gebos nustatymas panardinimo į vandenį bandymu“. Šioje tyrimo dalyje išbandyti 36 skirtingi mineralinių medžiagų bei bituminės emulsijos mišiniai.

Tyrimo rezultatų analizė

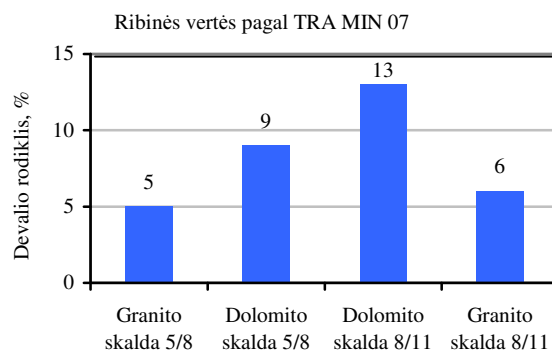
Mineralinių medžiagų mechaninės ir fizikinės savybės nustatytos pagal standartų LST EN 1097–2:2010, LST EN 1097–1:2011 ir LST EN 1367–1:2007 reikalavimus.

Kaip matyti 3 paveiksle, visų mineralinių medžiagų atsparumo trupinimui (Los Andželo rodiklio) vertės ne didesnės nei 20, t. y. tenkina dokumente TRA APM 10 nurodytus reikalavimus (LA_{20}), todėl galima teigti, kad yra tinkamos paviršiaus apdaro įrengimui. Taip pat, tyrimais nustatyta, kad granito skaldos fr. 8/11 atsparumo trupinimui Los Andželo rodiklio vertė yra mažiausia (LA_{15}), o dolomito skaldos fr. 8/11 Los Andželo rodiklio vertė yra 17, tačiau priskiriama LA_{20} kategorijai.

Skaldelės atsparumo trupinimui kategorija turi būti mažiausiai LA_{20} , o išimtiniais atvejais V ir VI dangos konstrukcijos klasės keliams – LA_{25} .



3 pav. Los Andželo rodiklio nustatymo rezultatai



4 pav. Devalio rodiklio nustatymo rezultatai

4 paveiksle matyti, kad visų mineralinių medžiagų atsparumo dėvėjimuisi (Devalio rodiklio) vertės mažesnės nei 15, t. y. tenkina dokumente TRA MIN 07 nurodytus reikalavimus (M_{DE15}), todėl galima teigti, kad yra tinkamos paviršiaus apdaro įrengimui. Taip pat, tyrimais nustatyta, kad visų mineralinių medžiagų fr. 5/8 atsparumo nusidėvėjimui vertės mažesnės nei fr. 8/11, granito mineralinės medžiagos yra atspariausios nusidėvėjimui.

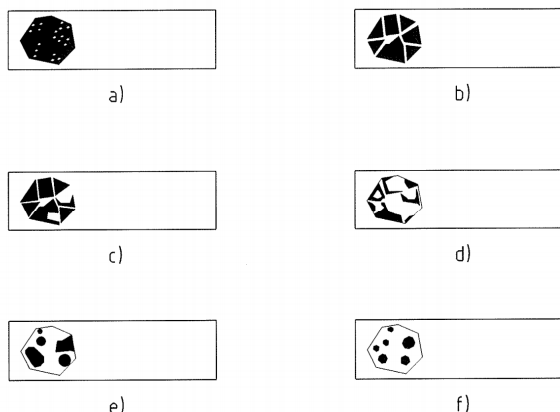
Mineralinių medžiagų atsparumo šaldymui ir atšildymui nustatymo rezultatai pateikti 2 lentelėje. Tyrimais nustatyta, kad visų mineralinių medžiagų atsparumas šalčiui tenkina dokumente TRA APM 10 nurodytus reikalavimus ir yra priskiriamos F_1 kategorijai.

2 lentelė. Mineralinių medžiagų atsparumo šaldymui ir atšildymui rezultatai

Mineralinė medžiaga			
Dolomito skalda		Granito skalda	
Fr. 5/8	Fr. 8/11	Fr. 5/8	Fr. 8/11
Rodiklinė vertė			
$\leq 1\%$	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$	$\leq 1\%$
Kategorija F_1			

Antroje dalyje atliktas bituminės emulsijos sukibimo gebos su mineralinėmis medžiagomis nustatymas. Bituminės emulsijos tiesioginės sukibimo gebos su mineralinėmis medžiagomis bandymo esmė – mineralinės medžiagos bandinys panardinamas į bituminę emulsiją, praėjus minutei, bituminė emulsija plaunama vandeniu, kol šis tampa skaidrus. Tada įvertinamas ant mineralinės medžiagos likęs bituminės emulsijos kiekis.

Bituminės emulsijos sukibimo gebai su mineralinėmis medžiagomis nustatyti taikytas standarte LST EN 13614 nurodytas metodas. Padengtas paviršius vertintas pagal šiame standarte A priede pateiktą lentelę (5 pav.).



5 pav. Sukibimo gebos vertinimas pagal LST EN 13614:2011 A priedą

Remiantis standartu, sukibimo geba vertinama procentais – kiek mineralinės medžiagos liko padengta rišikliu po bandymo. Atitinkamai, pagal kategoriją yra išskiriami tokie mineralinės medžiagos padengimo procentais kiekiai: A – 100 %; B – 90 %; C – 75 %; D – 50 %; E – <50 %; F – 0 %.

3 lentelėje matyti, kad geriausia tiesioginė sukibimo geba nustatyta su bituminėmis emulsijomis C69B4-PA. Blogiausi tiesioginės sukibimo gebos rezultatai gauti su polimerais modifikuota bitumine emulsija C69BP4-PA. Lyginant mineralines medžiagas, nustatyta, kad granito skaldos sukibimas yra geresnis nei dolomito skaldos. Taip pat, tyrimais nustatyta, kad visų rūšių mineralinių medžiagų, kurių skaldelės fr. 8/11, tiesioginės sukibimo gebos vertės didesnės nei smulkesnės frakcijos skaldelės (fr. 5/8). Tai galima pagrįsti didesniu paviršiaus plotu, kartu ir didesniu porų skaičiumi dalelės paviršiuje.

3 lentelė. Bituminių emulsijų tiesioginės sukibimo gebos su mineralinėmis medžiagomis tyrimo rezultatai

Bituminė emulsija	Mineralinė medžiaga			
	Granito skalda fr.5/8	Dolomito skalda fr.5/8	Granito skalda fr.8/11	Dolomito skalda fr.8/11
C67B4-PA Nr. 1	75	50	75	50
C67B4-PA Nr. 2	<50	50	75	<50
C67B4-PA Nr. 3	<50	<50	0	<50
C69B4-PA Nr. 1	75	75	90	75
C69B4-PA Nr. 2	75	50	100	50
C69BP4-PA	0	<50	<50	<50

Vandens poveikio bituminės emulsijos sukibimui su mineralinėmis medžiagomis bandymo esmė – mineralinė medžiaga visiškai padengiama bitumine emulsija, bandinys laikomas parą laiko 60 °C temperatūroje, tada bandinys panardinamas į 60 °C temperatūros vandenį ir ten laikomas dar vieną parą. Po bandymo nupilamas užterštas vanduo, bandinys užpilamas švariu vandeniu ir įvertinamas jo atsparumas vandens poveikiui (bitumine emulsija padengtų skaldos dalelių paviršiaus plotas). Bandymo rezultatų vertinimo metodika yra identiška tiesioginės sukibimo gebos nustatymui. Vandens poveikio bituminės emulsijos sukibimui su mineralinėmis medžiagomis tyrimo rezultatai pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Vandens poveikio bituminių emulsijų sukibimui su mineralinėmis medžiagomis tyrimo rezultatai

Bituminė emulsija	Mineralinė medžiaga			
	Granito skalda fr.5/8	Dolomito skalda fr.5/8	Granito skalda fr.8/11	Dolomito skalda fr.8/11
C67B4-PA Nr. 1	75	90	75	75
C67B4-PA Nr. 2	75	75	90	75
C67B4-PA Nr. 3	75	75	75	100
C69B4-PA Nr. 1	90	75	90	75
C69B4-PA Nr. 2	75	90	75	75
C69BP4-PA	90	90	90	90

4 lentelėje matyti, kad vandens poveikis visų bituminių emulsijų sukibimui su mineralinėmis medžiagomis tenkina dokumento TRA BE 08 reikalavimus, t. y. ≥ 75 , o su polimerais modifikuota emulsija turi tenkinti sąlygą – ≥ 90 . Taip pat, tyrimais nustatyta, kad vandens poveikis bituminės emulsijos C67B4-PA Nr. 3 sukibimui su dolomito skalda fr. 8/11 yra mažiausias (didžiausias bitumine emulsija padengtas skaldelės plotas), tačiau vandens poveikis tos pačios rūšies, tačiau skirtingų gamintojų, bituminės emulsijos sukibimui su kitomis medžiagomis skiriasi, pvz., gamintojo Nr. 1 bitumine emulsija C67B4-PA didžiausias plotas padengtas dolomito skaldos fr. 5/8, o bitumine emulsija C69B4-PA – granito skaldos fr. 5/8 ir fr. 8/11; gamintojo Nr. 2 bitumine emulsija C67B4-PA didžiausias plotas padengtas granito skaldos fr. 8/11, o bitumine emulsija C69B4-PA – dolomito skaldos fr. 5/8.

Išvados

1. Visų mineralinių medžiagų atsparumo trupinimui (Los Andželo rodiklio) vertės ne didesnės nei 20, t. y. tenkina dokumento TRA APM 10 reikalavimus (LA_{20}). Taip pat, tyrimais nustatyta, kad granito skaldos fr. 8/11

atsparumo trupinimui (Los Andželo rodiklio) vertė yra geriausia (LA_{15}).

2. Visų mineralinių medžiagų atsparumo dėvėjimuisi (Devalio rodiklio) vertės ne didesnės nei 15, t. y. tenkina dokumente TRA MIN 07 nurodytus reikalavimus (M_{DE15}). Taip pat, tyrimais nustatyta, kad visų mineralinių medžiagų fr. 5/8 atsparumo dėvėjimuisi vertės mažesnės nei fr. 8/11, granito mineralinės medžiagos yra atspariausios dėvėjimuisi.

3. Tyrimais nustatyta, kad visų rūšių mineralinių medžiagų, kurių skaldelės fr. 8/11, tiesioginės sukibimo gebos vertės didesnės nei smulkesnės frakcijos skaldelės fr. 5/8. Tai galima pagrįsti didesniu paviršiaus plotu, kartu ir didesniu porų skaičiumi dalelės paviršiuje.

4. Geriausia tiesioginė sukibimo geba nustatyta su bituminėmis emulsijomis C69B4-PA. Blogiausi tiesioginės sukibimo gebos rezultatai gauti su polimerais modifikuota bitumine emulsija C69BP4-PA. Nors polimerais modifikuotos emulsijos tiesioginė sukibimo geba mažesnė nei 50, tačiau vandens poveikiui ši emulsija yra atspariausia.

5. Paviršiaus apdaro įrengimui geriausiai naudoti bituminę emulsiją, kurioje bituminio rišiklio kiekis yra ne mažesnis nei 69 %.

Literatūra

- Automobilių kelių asfalto dangų priežiūrai skirtų medžiagų ir medžiagų mišinių techninių reikalavimų aprašas TRA APM 10. 2010a. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. Vilnius. 42 p.
- Automobilių kelių asfalto dangų priežiūrai skirtų medžiagų ir medžiagų mišinių panaudojimo ir jų sluoksnių įrengimo taisyklės IT APM 10. 2010b. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. Vilnius. 57 p.
- Automobilių kelių bituminių emulsijų techninių reikalavimų aprašas TRA BE 08. 2008. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. Vilnius. 22 p.
- Automobilių kelių mineralinių medžiagų techninių reikalavimų aprašas TRA MIN 07. 2007. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. Vilnius. 27 p.
- Akimovs, V. 2009. Increase Of Choice Of Materials Used In Latvian Road Construction. *Report to the 27th International Baltic Road Conference Session A2 Road Construction*. 4p.
- Akzo Nobel Surface Chemistry. 2009. *Technical Bulletin*. Available from Internet: <http://www.gormanroads.com/images/Mohawk/akzonobel_bitumen_emulsion.pdf>.
- Boulangé, L.; Sterczynska, F. 2012. Study of interfacial Interactions between bitumen and various aggregates used in Road construction, *Journal of adhesion science and technology*: 163–173.
- Chin Shu Pei, 2009. *The influences of coated aggregate size on surface dressing's texture depth and skid resistance*. DReport for degree of Bachelor of civil Engineering. Universiti teknologi Malaysia.
- Firoozifar, H. S.; Forutan Sanaz.; Forutan Sara. 1965. Increasing the adhesion property of bitumen to the mineral aggregates. *3rd Conference on Asphalt and Asphalt Mixes*. 9 p.
- LST EN 13614:2011 „Bitumas ir bituminiai rišikliai. Bituminių emulsijų sukibimo gebos nustatymas panardinimo į vandenį bandomu“.
- LST EN 1367-1:2007 „Užpildų šiluminių savybių ir atsparumo atmosferos poveikiams nustatymo metodai. 1 dalis. Atsparumo šaldymui ir atšildymui nustatymas“.
- LST EN 1097-1:2011 „Bandymai užpildų mechaninėms ir fizikinėms savybėms nustatyti. 1 dalis. Atsparumo dėvėjimuisi nustatymas (Devalio metodas)“.
- LST EN 1097-2:2010 „Bandymai užpildų mechaninėms ir fizikinėms savybėms nustatyti. 2 dalis. Atsparumo trupinimui nustatymo metodai“.
- Needham, D. 1996. *Developments in bitumen emulsion mixtures for roads*. Doctoral Dissertation, University of the Nottingham. 287 p.
- Redelius, P.; Walter, J. 2005. *Bitumen emulsions*. To appear in: *Emulsion and Emulsion Stability: Second Edition, Revised and Expanded*. 30 p.
- Salomon, D. R. 2006. Transportation Research Circular. *Asphalt emulsion technology*. 34 p.

A guide to surface dressing in tropical and sub-tropical countries. 2000. UK Department for International Development (DFID).

Valdimirs, A. 2009. Increase Of Choice Of Materials Used In Latvian Road Construction. *Report to the 27th International Baltic Road Conference Session A2 Road Construction.* 6 p.

Woodbridge, M. E.; Greenin, P.; Newill, D. 1991. Evaluation of weak aggregates for surface dressing on low volume roads. *Fifth International Conference on Low Volume Roads*, Raleigh, North Carolina. 263 p.