

TURINYS

SANTRAUKA	6
SUMMARY	7
IŽANGA.....	8
1. LIETUVOS KELIŲ STATISTIKA IR SKIRSTYMAS	9
1.1 Kelių skirstymas pagal parametrus.....	11
1.2 Eismo intensyvumo statistika Lietuvos keliuose.....	12
2. ASFALTO MIŠINIAI, SAVYBĖS IR LABORATORINIAI BANDYMAI.....	13
2.1 Asfaltbetonio mišinių reikalavimai pagal TRA ASFALTAS 08 taisykles.....	17
2.2 Pagrindiniai laboratoriniai bandymai vertinant asfaltbetonio mišinio kokybę.....	20
2.3 Tyrimo eiga ir rezultatai	29
3. ASFALTBETONIO DANGA, PAGRINDINIAI PARAMETRAI IR TYRIMAI	32
3.1 Paviršiaus atsparumas slydimui ir lygumas.....	34
3.2 Sutankinimas ir asfaltbetonio dangos storis	36
3.3 Nuolydžiai, padėtis ir plotis.....	39
3.4 Triukšmas	39
3.5 Tiriamoji dalis	41
IŠVADOS.....	44
LITERATŪRA	45

Balaišys, Ričardas. Magistralinio kelio asfaltbetonio dangos normatyvinių parametrų tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas dr. Danas Garuckas; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis:

Reikšminiai žodžiai: *kelias, asfaltas, asfaltbetonis, asfaltbetonio mišinys, asfaltbetonio danga.*

Panevėžys, 2017. 48 p.

SANTRAUKA

Darbo tikslas – mokliškai išanalizavus pagrįsti arba paneigti visuomenėje susidariusią nuomonę, dėl asfaltbetonio dangos kokybės. Tiriamasis darbas turi tris pagrindines problemos analizės dalis. Pirmojoje dalyje pasitelkiant statistinius duomenis ir mokslinę literatūrą, analizuojamos pagrindinės priežastys lemiančios ar įtakojančios asfaltbetonio dangos būklės kokybę.

Antrojoje mokslinio darbo dalyje nagrinėjamos asfaltbetonio mišinių fizikinės ir mechaninės savybės. Aprašomos pagrindinės asfaltbetonio mišinių laboratorinių tyrimų metodikos. Tiriamaojoje šio skyriaus dalyje aprašomi tyrimų rezultatai ir pateikiami grafiniai jų atvaizdavimai lyginant su nustatytomis normomis.

Trečiojoje dalyje vertinami asfaltbetonio dangos ir pagrindiniai jos kokybę apibūdinantys parametrai: lygumas, storis, sutankinimas ir kiti. Tiriamaojoje dalyje pateikiami atliktų bandymų rezultatai ir jų palyginimas su nustatytomis normomis.

Galutinis mokslinio darbo dalių apibendrinimas ir problemos sprendiniai pateikti išvadose.

Balaisys, Ricardas. *Investigation of Asphalt Pavement Normative Parameters of Arterial Road*: Master's thesis in in final project / supervisor prof. Danas Garuckas. The Faculty of Technology and Business, Kaunas University of Technology.

Research area and field:

Key words: *road, asphalt, asphalt concrete, asphalt mix, asphalt coating*

Panevezys, 2017. 48 p.

SUMMARY

The purpose of this scientific analysis is to support or refute the prevailing opinion of the public, on the asphalt pavement quality. This scientific analysis consists of three main sections.

The first section presents findings results for determining and influencing the state of the pavement quality obtained using statistical data and scientific literature.

The second section of this scientific analysis defines physical and mechanical properties of asphalt mixes. It also describes main laboratory research methodologies for asphalt concrete mixtures. The analytical part of this section outlines the research results and displays their graphic representation in comparison with standard norms.

The third section of this scientific analysis evaluates the main quality parameters of the asphalt pavement, such as smoothness, thickness, compaction etc. The analytical part of this section presents the tests results and compares them to the standard norms.

The summary of research findings and test results is presented in the conclusion's section.

IŽANGA

Asfaltbetonio dangos kelias, tai inžinerinis statinys, skirtas autotransporto priemonių, dviračių ir pėsčiųjų eismui. Kelio konstrukciją sudaro žemės sankasa, pagrindas, asfaltbetonio danga ir papildomi kelio statiniai kaip tiltai, viadukai ir kiti. Keliai, pagal autotransporto priemonių intensyvumą, socialinę ar ekonominę reikšmę, grupuojami į valstybinės reikšmės ir vietinės reikšmės kelius. Valstybinės reikšmės keliai išimtinė nuosavybės teise priklauso valstybei. Vietinės reikšmės viešieji keliai ir gatvės – savivaldybėms, o vidaus keliai – valstybei, savivaldybėms, kitiems juridiniams ir fiziniams asmenims. Kelių tiesimas ir rekonstravimas yra labai svarbūs visuomenei.

Nuo autotransporto sistemos sėkmingos plėtros priklauso valstybės ekonomikos augimas. Geopolitinė padėtis leidžia Lietuvai sėkmingai integruotis į Europos kelių tinklą. Lietuvos kelių ilgis yra daugiau kaip 82 tūkst. km.

Kelio dangą veikia įvairūs veiksniai – transporto apkrovos, laikas ir aplinka, ir visa tai veda prie vieno – kelio dangos būklės ir jos eksploatacinių savybių blogėjimo.

Augantis autotransporto priemonių skaičius, didėjantis eismo intensyvumas ir žymiai padidėjusi apkrova automobilių ašiai reikalauja daug daugiau lėšų kelių priežiūrai bei eismo intensyvumui užtikrinti. Asfaltbetonio dangos kokybė priklauso nuo konstrukcijos stiprio ir asfaltbetonio sudėties, makrostruktūros, fizikinių ir mechaninių, deformacijos bei kitų rodiklių.

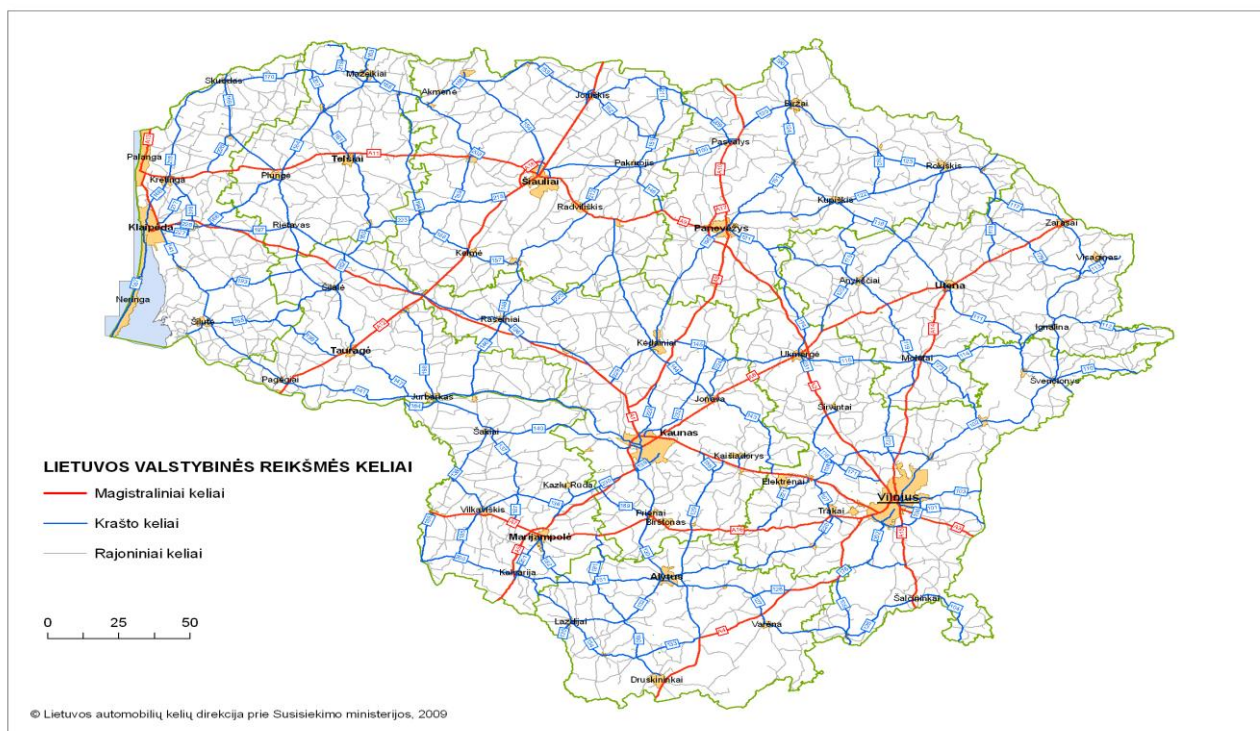
Darbo tikslas – atlikti paiešką, surinkti, dalykiškai susisteminti ir išanalizuoti mokslo darbus, skirtus tirti asfalto dangos fizikinių ir mechaninių rodiklių įtaką dangos kokybei, bei jos funkcionavimo trukmei. Pateikti rezultatus ir mokslines koncepcijas siekiant tiesti kuo geresnės kokybės asfaltbetonio dangos konstrukciją.

Pagrindiniai darbo rezultatai ir sprendiniai pateikti 4 skyriuje „IŠVADOS“.

Iš viso šio mokslinio darbo aprašomąją dalį sudaro 48 puslapiai, 10 lentelių ir 25 paveikslai. Rašant šį projektą panaudoti 58 literatūros šaltiniai.

1. LIETUVOS KELIŲ STATISTIKA IR SKIRSTYMAS

Lietuvos keliai grupuojami į valstybinės reikšmės ir vietinės reikšmės kelius. Valstybinės reikšmės keliai skirstomi į magistralinius, krašto ir rajoninius. Bendras Lietuvos automobilių kelių tinklas siekia apie 82 tūkst. km. Valstybinės reikšmės keliai, už kuriuos atsako Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos, sudaro apie 21,3 tūkst. km. Vietiniai keliai sudaro 63,7 tūkst. km, beveik 3 kartus daugiau negu valstybinės reikšmės kelių ilgis. Pagal dangas, keliai skirstomi į asfalto, cementbetonio, žvyro ir grindinio dangos kelius. Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose daugiausia yra asfalto ir žvyro dangų [3].



1 pav. Lietuvos valstybinės reikšmės keliai [1]

Valstybinės reikšmės keliai skirstomi į magistralinius, krašto ir rajoninius.

Magistraliniai - pagrindiniai Lietuvos Respublikos keliai. Svarbiausiems iš jų, kurie Jungtinių Tautų Europos ekonominė komisija įtraukia į tarptautinių kelių tinklą, bei suteikia atitinkamą numerį su indeksu E.

Krašto keliai jungia Lietuvos teritorijos administracinių vienetų centrus, magistralinius kelius ir susijungia tarpusavyje.

Rajoniniai keliai jungia miestus, stambesnes gyvenvietes, kaimus bei magistralinius ir krašto kelius.

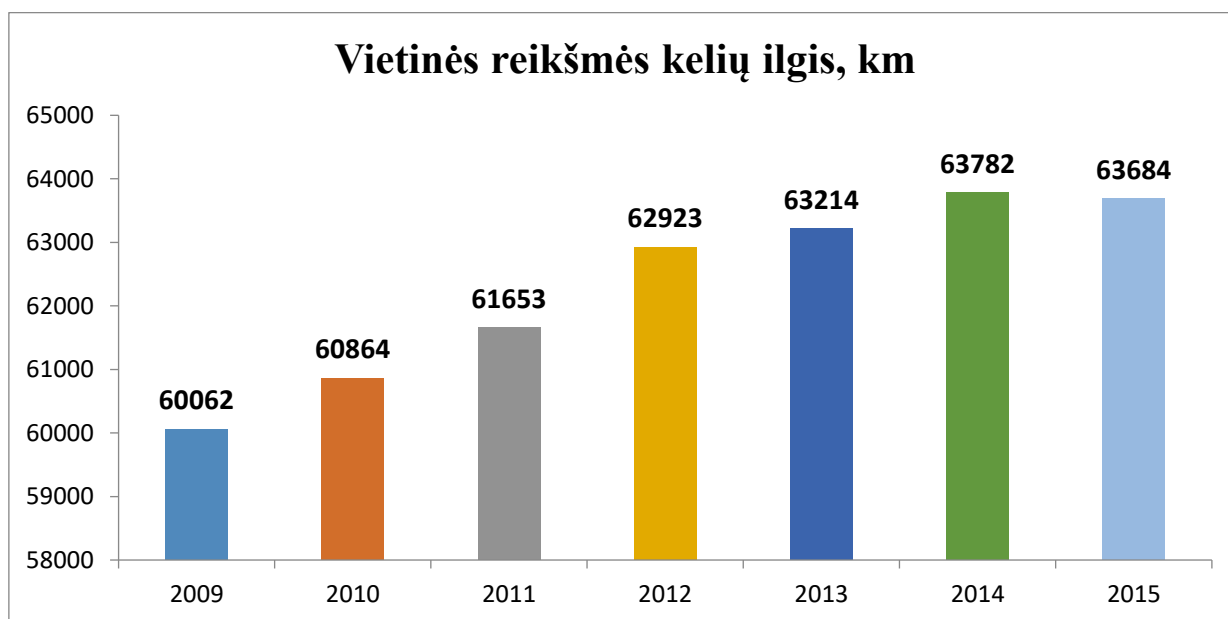
Valstybinės reikšmės kelių dangos, km [1]

Dangos	Valstybinės reikšmės keliai			
	Magistraliniai	Krašto	Rajoniniai	Iš viso
Asfalto dangos	1 6086,124	4 926,549	7 372,076	13 984,749
Cementbetonio dangos	59,883	-	1,371	61,254
Žvyro dangos	-	-	7 198,593	7 198,593
Grindinys	0,252	-	7,203	7,455
Iš viso	1 746,259	4 926,549	14 579,243	21 252,051

Vietinės reikšmės keliai skirstomi į viešuosius ir vidaus kelius.

Vietinės reikšmės keliai jungia rajoninius kelius, kaimus, taip pat prie jų priskiriami kiti keliai, kurie naudojami vietiniam susisiekimui.

Vidaus reikšmės keliai naudojami fizinių ir juridinių asmenų reikmėms patenkinti. Tai gali būti valstybės saugomų teritorijų, pasienio, nacionalinių parkų, miškų, karjerų, privažiavimo prie hidrotechninių įrenginių ar kiemų keliai. Svarbiausias reikalavimas, kad jie nebūtų priskirti viešiesiems keliams.



2 pav. Vietinės reikšmės kelių ilgis, km [2]

Lietuvos valstybinių kelių struktūroje taip pat galima išskirti transeuropinį tinklą, kurio ilgis Lietuvos teritorijoje yra 1 509,99 km. Šiuo metu Lietuvos teritoriją kerta du tarptautiniai koridoriai, kurių bendras ilgis Lietuvoje yra beveik 432 km.

Minėtais keliais vyksta tarptautinis, tranzitinis, turistinis ir vietinis intensyvus transporto priemonių eismas. Šie keliai išimtinę nuosavybės teise priklauso valstybei, ir juos turto

patikėjimo teise įstatymų ir kitų teisės aktų nustatyta tvarka naudoja bei jais disponuoja Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerijos įsteigtos kelius prižiūrinčios regioninės valstybės įmonės: „Alytaus regiono keliai“, „Kauno regiono keliai“, „Klaipėdos regiono keliai“, „Marijampolės regiono keliai“, „Panevėžio regiono keliai“, „Šiaulių regiono keliai“, „Tauragės regiono keliai“, „Telšių regiono keliai“, „Utenos regiono keliai“, „Vilniaus regiono keliai“ ir „Automagistralė“.

1.1 Kelių skirstymas pagal parametrus

Lietuvos Respublikos keliai skirstomi į kategorijas pagal kelio parametrus eismo intensyvumą ir sąlygas. Valstybinės reikšmės keliai išskiriami į AM automagistrales ir I–V kategorijos kelius. Vietinės reikšmės keliai skirstomi į Iv – IIIv kategorijos kelius. 2 lentelėje pateikti valstybinės reikšmės svarbiausi kelių parametrai.

AM kategorijos automagistralės – tai specialios paskirties automobilių keliai. Jie yra pritaikyti autotransporto priemonėms judėti dideliais greičiais. Šio tipo keliai turi tik skirtingų lygių sankryžas su bet kokio tipo keliais, geležinkeliais, pėsčiųjų ir dviračių takais. Autotransporto priemonių srautai kelio sankryžose skirtose įvažiuoti ar išvažiuoti iš AM kategorijos automagistralės negali kirstis viename lygyje. Priešingų krypčių eismo srautai privalo turėti atskiras važiuojamąsias dalis kurios būtų atskirtos skiriamąja juosta.

I kategorijos keliai taipogi skirti intensyviai automobilių eismui, tačiau eismo patogumas ir aptarnavimo lygis daug žemesnis negu AM kategorijos automagistralėse. Priešingos eismo srautų kryptys atskiriamos skiriamąja juosta. Jeigu techniškai ir ekonomiškai naudingiau, tai kelių sankryžas ir susikirtimus su dviračių bei pėsčiųjų takais galima projektuoti ir įrenginėti viename lygyje. Šios kategorijos keliuose leidžiama stadijinė sankryžų statyba.

II, III, IV ir V kategorijos keliai sudaro atitinkamos paskirties pagrindinius kelių tinklus. Magistralinių kelių tinklą sudaro II kategorijos keliai, krašto kelių pagrindinį kelių tinklą sudaro III kategorijos keliai ir atitinkamai žemiausios valstybinės reikšmės IV ir V kategorijos keliai sudaro rajoninių kelių tikslą.

Iv kategorijos keliai skirti sujungti valstybinės reikšmės kelius, gyvenvietes, kaimus ir infrastruktūros objektus.

IIIv kategorijos kelių paskirtis sujungti kaimus. Jie jungiasi tarpusavyje arba su aukštesnės kategorijos keliais.

IIIv kategorijos keliai sudaro ūkių vidaus kelių tinkle. Jie jungiasi tarpusavyje arba su aukštesnių kategorijų keliais. Jiems priskiriami lankytinų gamtos ir kultūros paminklų, nacionalinių parkų ir miškų keliai, bei privažiavimai prie įvairių hidrotechninių įrenginių [8].

Magistralinių kelių parametrai pagal eismo intensyvumą [8]

Kelio reikšmė	Kelio kategorija	Projektinis vidutinis metinis paros eismo intensyvumas, aut./parą	Projektinis greitis, km/h	Eismo juostų skaičius (S – skiriamoji juosta)	Kelio dangos plotis, m
Magistraliniai keliai	AM	> 45 000	130/110	3+S+3	2 x 14,75
	AM	12 000–55 000	130/110	2+S+2	2 x 11,25
	I	12 000–55 000	110/100	2+S+2	2 x 10,0
	II	iki 15 000 (20 000)	90	2	9,00
	IIa	iki 18 000 (23 000)	100	2+1	11,25
	III	iki 15 000 (20 000)	90	2	8,00

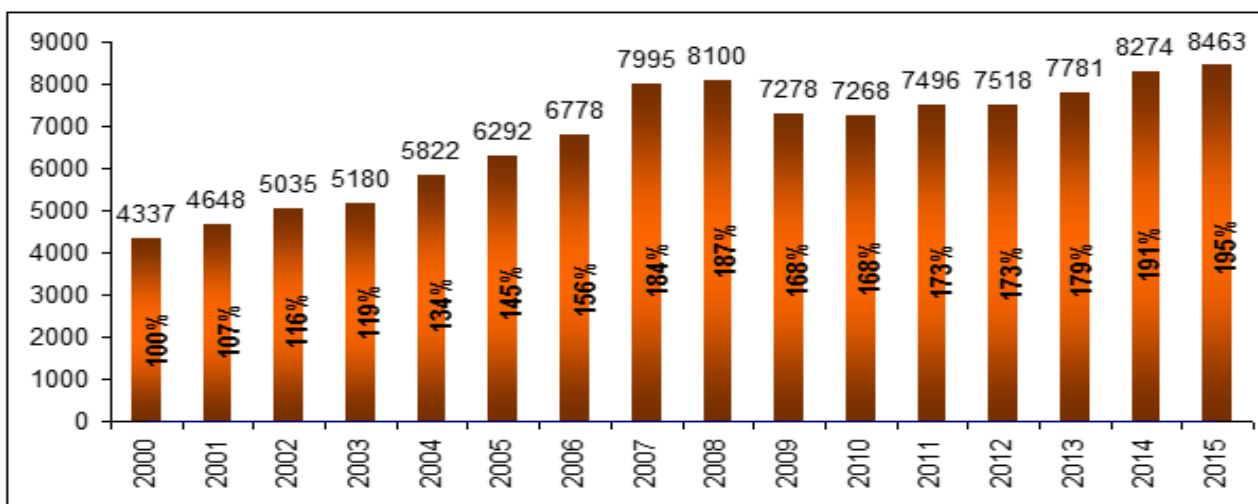
1.2 Eismo intensyvumo statistika Lietuvos keliuose

Lietuva – tranzito šalis. Tą lemia palanki geografinė padėtis: čia susikerta Rytų–Vakarų ir Šiaurės–Pietų transporto koridoriai, yra neužšalantis Klaipėdos jūrų uostas. Be to, Lietuva turi gerai išplėtotą automobilių kelių ir geležinkelių tinklą.

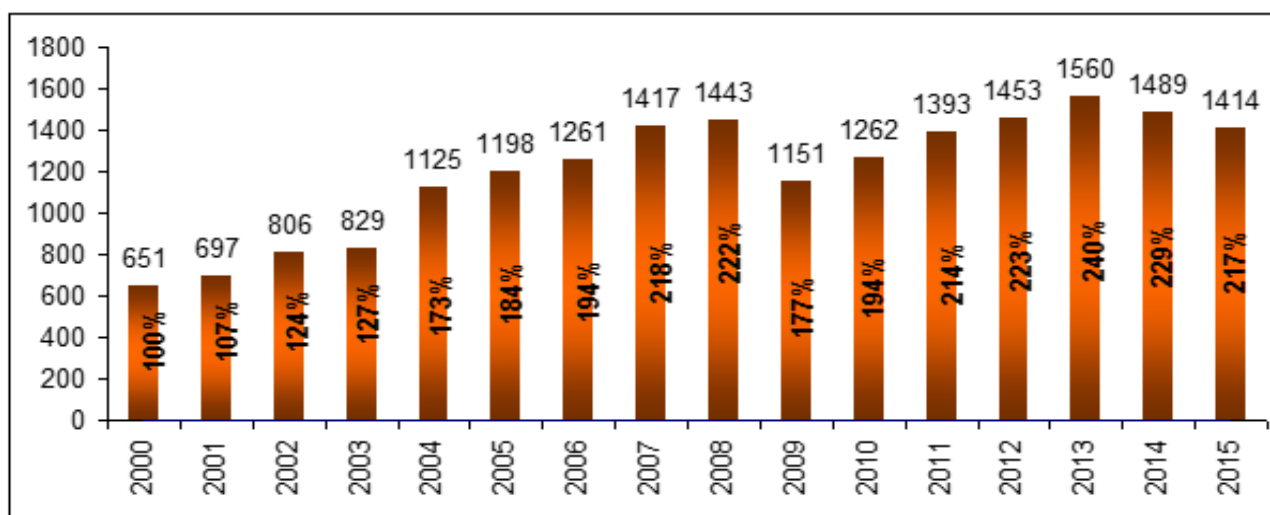
Per pastaruosius 15 metų eismo intensyvumas ne tolygiai, tačiau didėjo. Sunkiasvorių ir didžiagabaričių krovinių srautų prognozės iki 2020 m. analizė rodo, kad krovinių srautai padidės trečdaliu, būtent, iki 50 t krovinių srautai padidės 32,97 proc., 50–100 t krovinių srautai – 32,35 proc., 100–200 t krovinių srautai – 28,57 proc., o didesnių nei 200 t krovinių srautai – 34,62 proc. [1].

Svarbu paminėti, kad kelių dangos irimą nulemia ne bendras eismo intensyvumas, o sunkaus transporto eismo intensyvumas. Tarkime, 50 000 lengvųjų automobilių daro tokį patį poveikį dangai, kaip ir vienas penkių ašių sunkvežimis. Lietuvos automobilių kelių direkcija analizuoja visų transporto priemonių judėjimą ir daromą įtaką Lietuvos keliams.

Per pastaruosius 15 metų pastebimas didėjantis sunkiojo transporto priemonių eismo intensyvumas magistraliniuose keliuose, o krašto bei rajoniniuose keliuose šių transporto priemonių eismo intensyvumas išlieka tolygus.



3 pav. Vidutinio metinio paros eismo intensyvumo kitimas magistraliniuose keliuose [1]



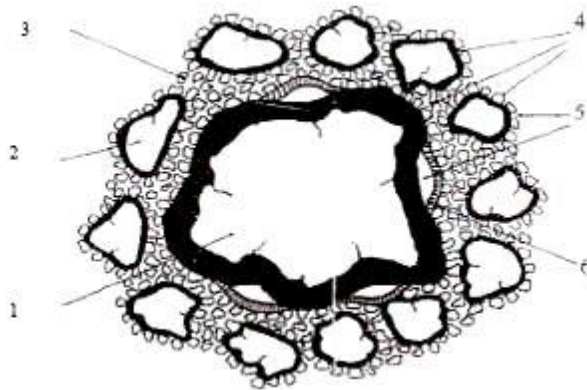
4 pav. Krovinio transporto vidutinio metinio paros eismo intensyvumo kitimas magistraliniuose keliuose nuo 2000-ųjų metų [1]

2. ASFALTO MIŠINIAI, SAVYBĖS IR LABORATORINIAI BANDYMAI

Aktyvinti mineraliniai milteliai – tai malta karbonatinė uoliena, sumaišyta su bitumo mišiniu ir paviršių aktyvinančiomis medžiagomis [6].

Asfaltas – tai medžiaga, kurią sudaro mineralinės ir organinės dalys. Organinę dalį sudaro rišiklis – bitumas. Bitumo paskirtis yra surišti mineralinės dalies grūdelius į vientisą monolitą. Mineralinė dalis susideda iš smėlio, skaldos ir mineralinių miltelių grūdelių. Šie mineraliniai milteliai kontaktuoja tarpusavyje, o bitumas privalo pilnai apvėlti šiuos grūdelius atitinkamo storio plėvele.

Asfaltbetonis – asfalto mišinys, kuris sudarytas iš mineralinių medžiagų pagal atitinkamą granulimetrinę sudėtį [5]. Asfaltbetonio sudėtis pavaizduota 5 pav.



5 pav. Asfaltbetonio sudėtis: 1 – skaldos dalelė, 2 – smėlio dalelė, 3 – mažos dalelės, apvilktos bitumu, 4 – bitumine plėvele apvilktos didelės dalelės, 5 – perteklinis bitumas, 6 – bitumas, kuris dengia daleles [21].

Asfalto mišinys – bituminis mišinys, kurio sudedamosios dalys yra stambiosios ir smulkiosios mineralinės medžiagos, mikroužpildas ir bitumas. Esant būtinybei pakeisti jo savybes galima dėti priedų [5].

Mineraliniai milteliai, mikroužpildas – mineralinė medžiaga. Didžioji šios medžiagos dalis prabyra pro 0,063 mm akučių sietą. Mikroužpildo pagrindinė paskirtis suteikti statybinėms medžiagoms suteikti tam tikras savybes [6].

Mineralinė medžiaga – tai grūdelių pavidalo medžiaga, kuri naudojama statybose. Pagal rūšį mineralinės medžiagos gali būti dirbtinės, antrinio perdirbimo arba natūralios [6].

Mišrieji mineraliniai milteliai, mišrusis mikroužpildas – gesintų kalkių milteliai, arba kitaip tariant kalcio hidroksidas sumaišytas su mineralinės kilmės milteliais [6].

Papildomieji mineraliniai milteliai, papildomasis mikroužpildas – tai atskirai gaminti mineralinės kilmės milteliai. Jie negali būti su niekuo maišomi [6].

Paviršių aktyvinančios medžiagos – Cheminiai junginiai gerinantys organinių rišamųjų medžiagų sukibimą su mineralinėmis medžiagomis ir absorbuojančios dviejų medžiagų lietimosi paviršių [3].

Stambioji mineralinė medžiaga – mineralinė medžiaga. Šios medžiagos mažiausių d ir didžiausių dalelių D dydis turi patekti į intervalą [2;45] mm [6].

Smulkioji mineralinė medžiaga – tai mineralinė medžiaga, kurios didesnė dalis neprabyra pro 0,063 mm akučių dydžio sietą, o didžiausių dalelių dydis D mažesnis už 2 mm [6].

Asfaltbetonio mišinių savybės priklauso nuo visų jų sudarančių medžiagų struktūros ir jų tarpusavio ryšio. Daugelis mokslininkų siekdami pagerinti asfaltbetonio mišinių kokybę, mechanines bei fizikines savybes, siekė nustatyti priklausomybes nuo mineralinių medžiagų ir bitumo struktūros rodiklių. Taip pat labai svarbios ir asfalto tankis bei kapiliarinės porinės struktūros tankis [21].

Didžiausią įtaką asfaltbetonio mišinių kokybei turi asfalto korozija. Svarbiausias rodiklis, nuo kurio priklauso asfaltbetonio dangos atsparumas aplinkos ir vandens poveikiui yra tankis. Siekiant išlaikyti optimalų asfaltbetonio dangos sutankinimą, reikia parinkti tokią granulimetrinę sudėtį, kuri laiduotų minimalų asfaltbetonio dangos tuštymėtumą, kai parinktas optimalus bitumo kiekis. Parenkant asfalto mišinių granulimetrinę sudėtį stengiamasi naudoti didesnio tankio mineralines medžiagas, kad galima būtų mažinti bitumo kiekį, mažinti tuštymėtumą ir išgauti kuo geresnį mineralinių medžiagų pasiskirstymą [20].

Keičiant smėlio, skaldos, bitumo ar mikroužpildo kiekį galima išgauti skirtingų savybių asfalto mišinius. Smėlis yra dedamas į asfaltbetonio rišančiąją medžiagą. Jis formuoja asfalto mišinio struktūrą, kuri daugiausiai įtakoja asfalto stiprį, tankį, plastiškumą ir kitas savybes. Didžiausią įtaką asfalto mišiniams daro smėlio grūdelių forma, kiekis ir kokybė [21].

Asfalto mišinių sudėtyje smėlis sudaro didelę dalį. Smėlio pagrindinė užduotis yra užpildyti tarpus tarp didesnių skaldos grūdelių ir suformuoti asfaltbetonio struktūrą. Galimi tokie asfaltbetonio mišinių variantai, kai didesnės smėlio dalelės suformuoja asfaltbetonio mišinio karkasą. Tokie asfaltai vadinami smėliniais asfaltbetoniais, tačiau praktikoje jie naudojami retai dėl didelio dalelių paslankumo. Smėlis vaidina vieną iš svarbiausių vaidmenų asfalto mišinių sudėtyje, nes jis gali garantuoti nepertraukiamą granulimetrinę asfaltbetonio mišinio sudėtį ir padeda išgauti kuo tankesnę skaldos asfalto mineralinę dalį [21].

Skalda stiprina ir laiduoja asfalto struktūrą. Jos dalelės yra stambiausios frakcijos iš visų dalelių patenkančių į asfaltbetonio mišinių sudėtį. Keičiant skaldos kiekį asfaltbetonio mišiniuose, taip pat galima sukurti įvairių savybių mišinius. Didinant skaldos kiekį formuojasi karkasas, kuris mažina atsparumą poslinkiams ir didina dalelių trintį. Mažinant skaldos kiekį yra didinamas bitumo kiekis, dėl ko automatiškai mažėja dalelių tarpusavio trintis ir atsparumas poslinkiams. Esant optimaliam skaldos kiekiui, gauname stipriausią asfaltbetonio mišinio karkasą. Viršijus optimalų skaldos kiekį, asfaltbetonio mišinys ima netekti geriausiųjų savo savybių, dėl ko galiausiai stipris mažėja. Svarbu parinkti optimalų skaldos kiekį, bet ir optimalią skaldos granulimetrinę sudėtį. Jei parenkama tinkama granulimetrinė sudėtis, tai užsipildo tarpai tarp dalelių ir formuojamas optimalių savybių karkasas [20].

Taigi skaldos pagrindinis uždavinys suformuoti karkasą, kuris atlaikytų asfaltbetonio keliui tenkančias apkrovas, bei suformuotų reikalingą dangos šiurkštumą. Smėlis užpildydamas tarpus tarp skaldos dalelių atlieka tiek karkaso formavimo tiek rišimo funkciją.

Parinkus optimalų šių medžiagų kiekį galima išgauti reikiamas asfaltbetonio dangas, kurios atitiktų stipriui, kietumui bei šiurkštumui keliamus reikalavimus.

Bitumas ir dervos – organinės rišamosios medžiagos. Jos susideda iš sudėtingų daugiamolekulinių angliavandenilių ir nemetalinių azoto, sieros ir deguonies junginių. Bitumo

paskirtis yra surišti asfaltbetonio mišinyje esančias daleles į vientisą monolitą, kuris taptų atsparus iš išorės veikiančioms jėgoms. Optimalus variantas būna tada, kai visos dalelės būna pilnai apvelkamos bitumine plėvele. Bitumo mechaninės ir fizikinės savybės stipriai kinta keičiantis temperatūrai [20].

Projektuojant asfaltbetonio mišinius labai svarbu parinkti optimalų bitumo kiekį, kadangi didinant bitumo kiekį asfalto mišinyje, jo stipris didėja tik iki tam tikros ribos. Didinant bitumo kiekį aukščiau optimalios vertės, asfaltbetonio stipris pradeda mažėti. Bitumo perteklius arba laisvasis bitumas pradeda ardyti ryšius tarp dalelių, dėl ko stipriai prastėja asfaltbetonio dangos mechaninės ir fizikinės savybės. Padidėja plastiškumas, kas karštomis vasaros dienomis tiesiogiai įtakoja asfalto atsparumą deformacijoms ir provėžų atsiradimą. Sumažėja asfaltbetonio mišinio stipris, kadangi laisvasis bitumas trukdo mineraliniams grūdeliams suartėti ir galutinėje stadijoje voluojant paklotą dangą sudėtinga išgauti reikiamą asfaltbetonio dangos tankumą [20].

Bitumo perteklių asfaltbetonio mišiniuose galima mažinti ne tik padidinus mineralinių miltelių kiekį, bet ir parenkant tankius mineralinius mišinius su teisinga granulimetrine sudėtimi. Gerai išmaišant asfaltbetonio mišinį ir panaudojant aktyvius mineralinius miltelius, galima tolygiai paskirstyti bitumą, o perteklių perskirstymo būdu išstumti į paviršių [20].

Mineraliniai milteliai yra toks pats svarbus struktūra formuojantis komponentas, kaip ir paminėti aukščiau. Pagrindinė mineralinių miltelių paskirtis pakeisti laisvojo bitumo būvį iš laisvojo į struktūrizuotą. Lyginant su smėliu ar skalda, mineraliniai milteliai turi didžiausią paviršiaus plotą. Mineralinių miltelių plotas sudaro 90-95 % visų į asfaltbetonio mišinio sudėtį dedamų mineralinių medžiagų paviršiaus ploto.

Mineraliniai milteliai pagerina asfaltbetonio mišinių savybes. Jų dėka padidėja bitumo ir asfalto šiluminis atsparumas, sumažėja rišamosios medžiagos šiluminis plėtimasis, padidėja dalelių kontaktavimo tarpusavyje paviršius, sumažėja slankumas autotransporto stabdymo metu, padidėja asfaltbetonio mišinio tankumas. Mineralinių miltelių įdėjus į bitumą susiformuoja asfaltbetonio mišinių mikrostruktūra, kuri atspindi šių medžiagų tarpusavio sąveiką ir kiekybinį santykį. Mineralinių miltelių sudėtis turi tiesioginę įtaką mikrostruktūros savybėms [20].

Esant mineralinių miltelių trūkumui, asfaltbetonio mechaniniai ir fizikiniai rodikliai keičiasi tiesiogiai nuo mineralinių miltelių kiekio. Šiuo atveju tarpai tarp grūdelių ir ant jų susiformavusių plėvelių per dideli. Dalelės paprasčiausiai nesąveikauja tarpusavyje, o bitumo savybės analogiškos laisvojo bitumo savybėms. Kai mineralinių miltelių kiekis didesnis, tarpai tarp grūdelių sumažėja. Kai tarpas tarp dviejų gretimų grūdelių tampa mažesnis už plėvelių sumą, tai toks variantas yra optimalus arba jam artimas. Kai atsiranda mineralinių miltelių perteklius, tai asfaltbetonio mišinyje susidaro dujinė faze, išauga porų skaičius, o tai lemia staigų asfaltbetonio mišinio stiprio sumažėjimą.

Bitumas ir mineraliniai milteliai prie optimalaus jų santykio sudaro struktūrinės dispersinės sistemas, kurių stipris didžiausias. Jeigu žvelgti į atsparumo įtrūkiams sąlygas, tai optimalus bitumo ir mineralinių miltelių santykis yra 0,7 arba mažesnis. Mažinant mineralinių miltelių kiekį galima padidinti asfaltbetonio dangos atsparumą plyšių susidarymui, bet tuo pačiu pabloginant atsparumą poslinkiams. Reikia išlaikyti tokį mineralinių miltelių ir bitumo santykį, kad šie rodikliai būtų optimalūs konkrečiai asfaltbetonio dangai [20].

Taigi mineralinių miltelių indėlis asfaltbetonio mišinių kokybei yra gana didelis. Menkiausi nukrypimai nuo nustatytų optimalių normų gali kritiškai paveikti kurį nors iš asfaltbetonio mišinių rodiklių.

Svarbiausias asfaltbetonio mišinio sudėties komponentas yra ne mineralinė medžiaga ir ne bitumas, o rišančioji medžiaga susidariusi parinkus teisingą šių medžiagų santykį. Tik išlaikius šį santykį gali būti gaunamas didžiausias asfaltbetonio mišinio tankis. Viršijus kritinę ribą mineralinių miltelių koncentracijos bitume, jo plėvelės storis sumažėja, o tai priveda prie tokių rodiklių kaip tūsumo ir plastiškumo pablogėjimo [20].

Visos optimalios normos yra nustatytos laboratorijoje ir aprašytos asfalto įrengimo taisyklėse ar techniniuose reglamentuose. Bet kokie skaldos, smėlio, bitumo ar mineralinių miltelių nuokrypiai nuo optimalių verčių priveda prie asfaltbetonio mišinio rodiklių prastėjimo.

Siekiant išlaikyti aukštą asfaltbetonio mišinių kokybę pirmiausia yra atliekama griežta kontrolė. Visų asfaltbetonių mišinių klojamų Lietuvoje kokybę nustatinėja nepriklausomos laboratorijos. Asfaltbetonio mišinių rodikliai, sudėtis, mechaninės ir fizikinės savybės nustatomos pagal konkrečias taisykles – standartus. Šie standartai perimti iš Europos ir pritaikyti Lietuvos sąlygoms. Europiniai standartai pritaikyti Lietuvai žymimi LST EN.

Norint išgauti aukščiausią asfaltbetonio mišinių struktūrą, būtina mišinius gaminti taip, kad jų faktinė sudėtis nesiskirtų nuo projektinės ir nesikeistų ar beveik nesikeistų bėgant laikui. Nagrinėjant vieną ar kitą komponentą atskirai atrodytų paprasta nustatyti jo optimalų kiekį, tačiau iki šiol nėra nustatyta optimalių asfaltbetonio mišinių struktūros formavimo principų, bei asfaltbetonio sudėčių atsižvelgiant į konkrečias eksploataavimo sąlygas.

2.1 Asfaltbetonio mišinių reikalavimai pagal TRA ASFALTAS 08 taisykles

Įrenginėjant automobilių kelių asfaltbetonio mišinių dangas reikia vadovautis tam tikromis techninėmis specifikacijomis, techniniais ar darbo projektais. Šiuo metu Lietuvoje vadovaujamosi asfaltbetonio mišinių aprašu TRA ASFALTAS 08. Pagal šių taisyklių techninių reikalavimų aprašą asfaltbetonio mišiniai turi žymėjimus [5]:

- AC – visi asfaltbetoniai;
- SMA – skaldos ir mastikos asfaltas;
- MA – mastikos asfaltas;
- PA – poringasis asfaltas.

Skaičius šiame žymėjime nusako didžiausios dalelės frakcijos dydį esančios šiame asfaltbetonio mišinyje.

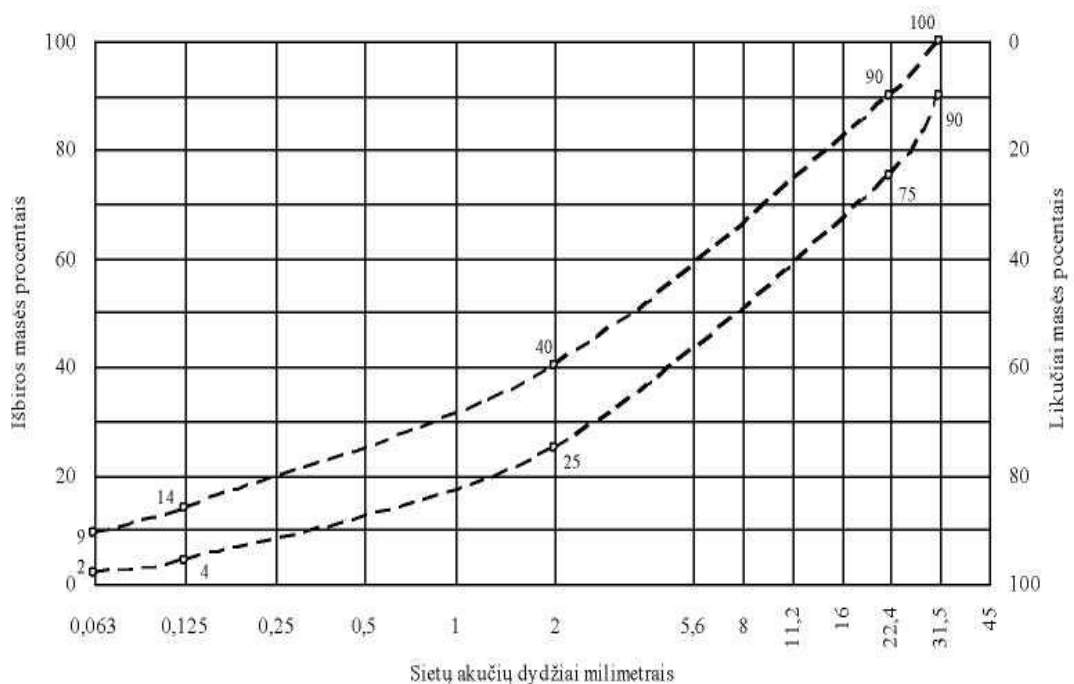
Pagal paskirtį asfaltbetonio mišiniai skirstomi į šias grupes [5]:

- Asfalto pagrindo-dangos sluoksnio mišinys PD;
- Asfalto pagrindo sluoksnio mišinys P;
- Asfalto apatinio sluoksnio mišinys A;
- Asfalto viršutinio sluoksnio mišinys V.

Galiausiai asfalto mišiniai grupuojami pagal jam tenkančias apkrovas:

- L – lengvoji apkrova;
- N – normalioji apkrova;
- S – sunkioji (ypatingoji) apkrova.

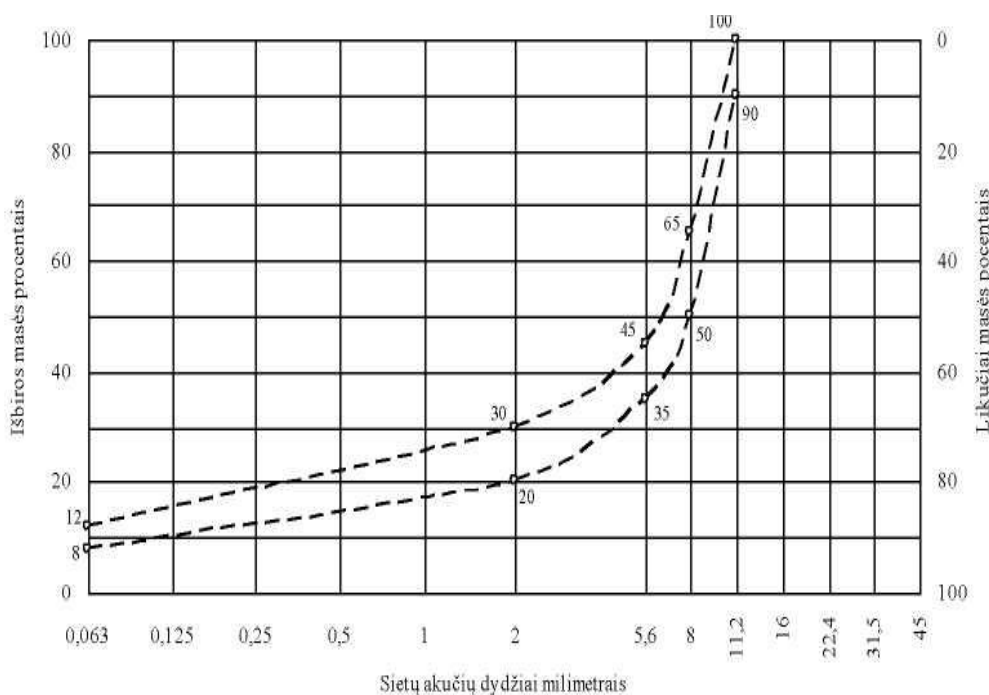
Tarkime turime asfaltbetonio mišinį kurio žymėjimas AC 32 PS. Pagal viršuje aprašytus žymėjimus šį mišinį priskirtume asfaltbetoniams, kurio didžiausia frakcijos dalelė 32 mm, jis skirtas pagrindo sluoksniui ir veikiamas sunkiųjų apkrovų. Asfaltbetonio pagrindo sluoksnis būna pats storiausias, nes jis prima visas dangai tenkančias apkrovas ir jas paskirsto į skaldos pagrindą. Asfaltbetonio pagrindo sluoksnis yra tolydzios granulimetrinės sudėties. Pagrindo sluoksnio asfaltbetonio mišinio AC 32 PS granulimetrinės sudėties leistinos ribos pavaizduotos 6 pav.



6 pav. AC 32 PS granulimetrinės sudėties reikalavimai [5]

Asfaltbetonis skirtas pagrindo dangoms yra tolydžios granuliometrinės sudėties mineralinių medžiagų mišinio ir rišamosios medžiagos – bitumo. Mineralinių medžiagų dalelių dydis pasiskirstęs intervale nuo 0 iki 32 mm. Šis asfaltbetonio mišinys ilgai išlaiko savo plastines savybes ir yra tankus. Šio tipo dangas rekomenduojama įrengti žemesnių kategorijų keliuose su nedideliu eismo intensyvumu, kaip viensluksnę dangą, arba aukštesnės kategorijos keliuose ši danga gali atlikti pagrindo funkciją, kai ant jos klojami kiti asfaltbetonio mišiniai.

Visiškai kitokių savybių yra asfaltbetonio mišinys SMA 11 S. Tai būtų skaldos ir mastikos asfaltbetonio mišinys, kurio dalelės pasiskirstę intervale nuo 0 iki 11 mm ir jis veikiamas sunkiųjų apkrovų. Visi mastikiniai asfaltbetonio mišiniai skirti viršutinio sluoksnio įrengimui. Mastikiniai asfaltbetonio mišiniai susideda iš netolygios granuliometrinės sudėties. Dėl didelio kiekio skaldelės, padidinto bitumo kiekio ir stabilizuojančių priedų panaudojimo šie asfaltbetonio mišiniai sutankintoje būsenoje įgyja didelį stiprumą. Šie mišiniai puikiai atlieka viršutinio sluoksnio paskirtį dėl savo tvirtumo, šiurkštumo bei mažo liekamojo akytumo. Skaldos ir mastikos asfalto sluoksnio mišinio SMA 11 S granuliometrinės sudėties ribos pateiktos 7 pav.



7 pav. SMA 11 S granuliometrinės sudėties reikalavimai [5]

Asfaltbetonio mišiniai apibūdinami fizikiniais ir mechaniniais rodikliais. Pagrindiniai fizikiniai parametrai būtų [5]:

- a) vandens įgertis;
- b) tuštymėtumas;
- c) vidutinis tankis;
- d) tikrasis tankis;

- e) išbrinkimas;
- f) mineralinės dalies poringumas.

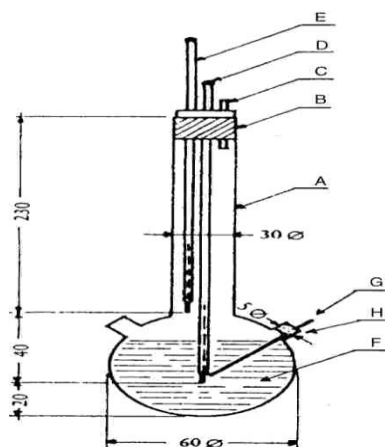
Pagrindiniai mechaniniai rodikliai galima būtų priskirti [5]:

- a) bitumo sukibimas su mineraline asfaltbetonio dalimi;
- b) pastovumas pagal Maršalą;
- c) plastiškumas pagal Maršalą;
- d) sąlyginis standumas pagal Maršalą;
- e) santykinis vėžės gylis.

Visi aukščiau išvardyti rodikliai nustatinėjami laboratorijose pagal Europinius standartus.

2.2 Pagrindiniai laboratoriniai bandymai vertinant asfaltbetonio mišinio kokybę

Asfalto didžiausias tankis, pagal LST EN 12697-5:2010. Asfaltbetonio didžiausias tankis nusako asfaltbetonio mišinio tankumą. Didžiausias tankis nustatinėjamas tūriniu metodu. Pirmoje eilėje sveriami tušti piknometrai su antgaliu. Piknometras pavaizduotas 8 paveiksliuke. Piknometrų tūris turi būti žinomas. Prieš tai kaitintas asfaltbetonio mišinys paskleidžiamas, kad dalelės nebūtų sulipusios ir gautume tikslesnius rezultatus. Kai mišinys atvėsta sudedame jį į piknometrus. Dar kartą pasvėrus piknometrus jau su asfaltbetonio mišiniu pripildome juos distiliuoto vandens. Vanduo privalo apsemti asfaltbetonio mišinį. Piknometrai sudedami į specialų vakuuminį įrenginį, kurio paskirtis pašalinti susikaupusius oro burbuliukus. Tada piknometrai išlaikomi nuo 30 iki 180 minučių pastovios temperatūros specialiai tam skirtose vonelėse. Galiausiai piknometrai ištraukiami, nušluostomi ir dar kartą pasveriami prieš tai pripildžius distiliuoto vandens iki reikiamos normos. Šioje stadijoje mes turime visus mums reikalingus duomenis, kad apskaičiuotume asfaltbetonio didžiausią tankį, pagal LST EN 12697-5:2010 standarte nurodytas formules [32].



- A: Matavimo indas
- B: Kamštis
- C: Ventilatorius
- D: Termometras
- E: Papildomas termometras
- F: Vonios skystis
- G: Stiklinis kapiliaras, 80-100 mm ilgio, vidinis skersmuo - $1,0 \pm 0,2$ mm sienelės storis-0,2 -0,3 mm
- H: Šoninis vamzdelis

8 pav. Piknometras su antgaliu

Asfalto tariamasis tankis, pagal LST EN 12697-6+A1:2007. Asfaltbetonio tariamasis tankis parodo, koks galėtų būti optimalus asfaltbetonio dangos tankis paklotas iš konkretaus asfaltbetonio mišinio. Jis nustatomas pagal Maršalo bandinių tankį. Pirmiausia asfaltbetonio mišinys yra kaitinamas specialiose krosnyse. Dažniausia krosnies temperatūra būna 180° C, nors priklausomai nuo tiriamo asfaltbetonio mišinio gali keistis. Įkaitintas asfaltbetonio mišinys ketvirčiuojamas. Ketvirčiavimas ypatingai svarbus pagrindo mišiniams, nes jų sudėtyje yra didžiausios frakcijos dalelės. Tada asfaltbetonio mišinį sudedame į specialias Maršalo bandinių formas. Šios formos pavaizduotos 9 paveikslėlyje. Pripildytas formas sudedame į specialų Maršalo plūktuvą, kuris pavaizduotas 10 paveikslėlyje. Bandinius būtina sutankinti po 50 kartų iš abiejų pusių. Paruošti bandiniai privalo būti pasverti 3 kartus. Pirmą kartą juos pasveriamo sausus, o antrą tam tikros temperatūros vandenyje, kuriame jie buvo mirkomi mažiausiai 1 valandą. Trečiasis svėrimas atliekamas iškart ištraukus bandinį iš vandens ir jį nušluosčius. Visų trijų svėrimo rezultatus panaudojame tariamajam tankiui apskaičiuoti, Skaičiavimo formulės pateiktos LST EN 12697-6+A1:2007 standarte [33].



9 pav. Maršalo bandinių formos.



10 pav. Maršalo bandinių plūktuvas

Skeliamojo stiprio nustatymas pagal LST EN 12697-23 Skeliamąjį stiprį nustatome specialiu Maršalo bandinių presu. Presas pavaizduotas 11 paveikslėlyje.



11 pav. Maršalo bandinių presas

Maršalo bandinių paruošimas identiškas prieš tai aprašytame bandyme. Maršalo bandinių pavyzdys pavaizduotas 12 paveikslėlyje. Prieš dedant Maršalo bandinius į presą juos privalome išlaikyti 2 valandas 25° C temperatūroje. Presas spaudžia bandinius pastoviu greičiu tol, kol jie sugniuždomi [38].



12 pav. Maršalo bandinys

Tuštymėtumo rodiklis, pagal LST EN 12697-8:2006. Tuštymėtumo rodiklis parodo kiek oro tuštumų yra asfaltbetonio bandinyje. Šis rodiklis paskaičiuojamas pagal standarte LST EN 12697-8:2006 pateiktas formules. Norint paskaičiuoti tuštymėtumo rodiklį reikia turėti didžiausio ir tariamo tankio reikšmes, kurias būtų galima rasti pagal šiame darbe aukščiau aprašytus laboratorinius bandymus [34].

Pastovumo ir plastiškumo nustatymas prie 60° C temperatūros pagal LST EN 12697-34+A1:2007. Pastovumas ir plastiškumas nustatomi specialiu jau prieš tai paminėtu Maršalo presu. Maršalo bandinių paruošimas nesiskiria nuo aprašytų aukščiau. Paruošti bandiniai sudedami į 60° C temperatūros vandenį ir išlaikomi ten 45-60 minučių. Plastiškumas parodo didžiausią galimą deformaciją, o pastovumas asfaltbetonio mišinio didžiausią stiprumą [35].

Bitumo kiekis, LST EN 12697-1:2006 ir granulimetrinė sudėtis, pagal LST EN 12697-2+A1:2007. Bitumo kiekis nustatinėjamas abstrahavimo metodu. Į tam tikrą indą sudedamas tikslus kiekis asfaltbetonio mišinio, kuris yra pasveriamas. Automatiniame ekstraktoriuje bitumas yra išplaunamas specialiu tirpikliu trichloretilenu. Automatinis ekstraktorius pavaizduotas 13 paveikslėlyje.



13 pav. Automatinis ekstraktorius

Išplauta ir išdžiovinta medžiaga pasiskirsto į dvi dalis. Smulkiosios dalelės kurios plovimo metu pasišalino iš indo su mišiniu pro smulkias akutes ir nusėdo ant specialaus popieriaus fibros yra mineralinės medžiagos. Inde liko stambesnės skaldos dalelės. Mineralinės dalelės ir skaldos dalelės pasveriamos. Skirtumas tarp pradinio ir antro svėrimo ir yra ištirpinto bitumo kiekis. Likusios skaldos dalelės sijoamos per specialų sietų rinkinį su skirtingų akučių dydžiais. Dalelės kurios neprabyra pro tam tikrą sietą sveriamos ir duomenys surašomi į lentelę. Šis metodas ir vadinamas granulimetrinės sudėties nustatymu, o geriausias jo rezultatu pateikimas yra diagrama kurioje matomos leistinos ribos ir gautos bandymo metu [36]. Sietai skirti granulimetrinei sudėčiai nustatyti pavaizduoti 14 paveikslėlyje.



14 pav. Užpildų granulimetrinei sudėčiai nustatinėti naudojami sietai

Bitumo imlumo rodiklio nustatymas pagal LST 1419.1. Šiam bandymui atlikti reikalingas Viko įrenginys, kuris naudojamas cemento aktyvintųjų miltelių tešlos tirštumui nustatyti. Norint šį įrenginį panaudoti bitumo imlumo rodikliui nustatyti reikia prie viršutinės strypo dalies pritvirtinti papildomą 170 gramų svorį. Imama 15 gramų pramoninio tepalo kuris turi būti apie 20° C. Leidžiama 2° C paklaida. Į tepalą dedame aktyvintuosius mineralinius miltelius tol, kol gauname tirštos košės išvaizdos konsistencijos mišinį. Ši košė maišoma metaliniame dubenėlyje, o kai gaunamas norimas rezultatas, jis pastatomas ant Viko prietaiso padėklo. Viko prietaiso strypas su įtvirtintu strypeliu paleidžiamas kristi iš 20 mm aukščio. Strypelis privalo įsmigti į mišinį 8 mm. Jeigu rezultatas nepatenkinamas, tai bandymas kartojamas iš naujo užmaišius naują mišinį. Į mišinį dedama 2-3 gramais daugiau arba mažiau mineralinių miltelių nei prieš tai išbandytame mišinyje.

Norint apskaičiuoti mineralinių miltelių kiekį sunaudotą paruošti su 1 gramų pramoninio bitumo, reikia žinoti skirtumą tarp pradinio miltelių kiekio ir likučio po bandymo. Bitumo imlumo rodiklis apskaičiuojamas pagal formules pateiktas LST 1419.1 standartą. Iš formulės matyti, kad mums būtina žinoti aktyvintų mineralinių miltelių tankį. Bitumo imlumo rodiklis nusakomas gramais 100 kubinių centimetrų [8].

Drėgnio nustatymas pagal LST 1419.1. Drėgnis matuojamas procentais. Šis procentas nusako vandens masę esančią mineraliniuose milteliuose, lyginant su visiškai sausų šių miltelių mase. Bandymui imame mineralinius miltelius ir sausame inde juos pasveriamo. Pasvėrus šiuos miltelius džioviname specialioje džiovinimo krosnelėje, kurioje nustatoma 60° C temperatūra. Temperatūros paklaida gali būti 2° C. Mišinys vėliau ataušinamas eksilatoriuje iki kambario temperatūros ir vėl sveriamas. Šį bandymą su tais pačiais milteliais reikia atlikti tris kartus. Drėgnis lygus šių trijų matavimų aritmetiniam vidurkiui. Aktyvintųjų mineralinių miltelių drėgnis nustatomas 0,1 % tikslumu [8].

Vienodumo nustatymas pagal LST 1419.1. Šio bandymo metu siekiama nustatyti aktyvinančio mišinio kiekį mineraliniuose milteliuose ir palyginti jį su projektiniu. Pirmoje eilėje reikia paruošti septynis bandinius mineralinių miltelių, kurių kiekvienas svertų nuo 1,5 iki 2 kilogramų. Šie bandiniai yra ruošiami lentyniniame būgne arba laboratoriniame malūne. Gamybinę sudėtį turi atitikti tik vienas iš šių bandinių, o kituose kiekis turi skirtis per tokią seką: -0,45 %, -0,3%, -0,15 %, 0,15 %, 0,3 % ir 0,45 %. Antrojoje bandymo stadijoje turime turėti septynis mėgintuvėlius su 10 ml tirpiklio. Į kiekvieną iš mėgintuvėlių turime įdėti po 1 gramą sumaltų mineralinių miltelių paimtų iš prieš tai paruoštų bandinių. Paruošti mėgintuvėliai dedami į specialų prietaisą ir centrifuguojami nuo 3000 iki 5000 sūkių per minutę greičiu. Tirpiklio spalvos kurios gaunamos mėgintuvėliuose yra atskirties taškas, pagal kurį nustatinėsime aktyvinančio mišinio kiekį gamybiniuose aktyvintųjų mineralinių miltelių bandiniuose. Kad nustatyti gamybinių mineralinių miltelių vienodumą, reikia paimti 1 gramą mineralinių miltelių iš 50-100 g bandinio ir

įdėti į mėgintuvėlį su 10 ml tirpiklio. Šis mėgintuvėlis kaip ir prieš tai minėti centrifuguojamas tokiomis pat sąlygomis. Tam, kad nustatyti aktyvinančio mineralinio mišinio kiekį milteliuose reikia lyginti paskutiniojo mėgintuvėlio spalvą su prieš tai pagamintais septyniais [8].

Hidrofobiškumo nustatymas pagal LST 1419.1. Hidrofobiškumas tai suaktyvintų mineralinių dalelių savybė atstumti vandenį jas drėkinant. Pirmoje eilėje cheminė 500-800 mililitrų menzūrėlė pripildoma vandens. Iki menzūrėlės viršaus turime palikti 50 milimetrų. Norint nustatyti suaktyvintų mineralinių miltelių hidrofobiškumą reikia paimti 2 gramus bandinio ir suberti juos į pripildytas menzūrėles su vandeniu. Šios menzūrėlės paliekamos 24 valandoms. Rezultatai hidrofobiškumo nustatinėjami vizualiai. Jeigu bandinys nenusėdo ant menzūrėlės dugno ir kaip nors kitaip nesimato, jog mineraliniai milteliai būtų sudrėkę, tai jie laikomi hidrofobiškais [8].

Papildomųjų mineralinių miltelių drėgmės kiekis, nustatytas pagal EN 1097-5. Papildomųjų mineralinių miltelių vandens kiekis privalo būti nedidesnis kaip 1 % visos masės. Norint nustatyti šį dydį visų pirma reikia pasverti bandinius. Siekiant nustatyti bandinyje esantį laisvąjį vandenį bandinius sudedame į specialiąją džiovavimo krosnį. Šios krosnys yra ventiliuojamo, o juose turi būti nustatyta 110° C temperatūra. Leistina temperatūros paklaida 5° Norint nustatyti bandinio pastoviąją masę, bandinį reikia pasverti kelis kartus. Siekiant gauti tikslius rezultatus, tiek laboratorinį ėminį tiek iš jo paimtą bandinį reikia apsaugoti, kad viso bandymo proceso metu jie neapdžiūtų ar nesudrėktų. Laisvojo vandens kiekis nustatomas pagal pradinio ir išdžiovinto bandinių masių skirtumą. Turint visus šiuos dydžius nesudėtinga paskaičiuoti sausojo bandinio masę procentais.

Galimos ir kitokios šio bandymo variacijos, kai keičiama džiovavimo temperatūra ar trukmė. Labai svarbu parinkti šiuos du kriterijus taip, kad džiovavimo metu išgaruotų tik laisvasis vanduo, bet masė nesikeistų dėl kokių nors kitų priežasčių.

Jeigu reikia atlikti šį bandymą vertinant lengvojo užpildo dydį ne masės, o tūrio vienetais, tai rekomenduojami tokie bandinio tūriai:

- Bandinio mažiausias tūris turi būti 2,0 litrai, jeigu dalelių dydis didesnis už 8 mm;
- Bandinio mažiausias tūris turi būti 1,0 litras, jeigu dalelių dydis mažesnis arba lygus 8 milimetrams.

Kiekvienas bandinys ištrauktas iš džiovavimo krosnies turi būti nedelsiant pasvertas, siekiant neleisti bandiniui sugerti drėgmės iš aplinkos ir taip gauti tikslesnius rezultatus. Vandens kiekis bandinyje arba kitaip vandens kiekio vertė žymima raide W. Šis dydis išreiškiamas išdžiovinto bandinio masės dalimi procentais.

Sausų tankintų miltelių tuštymėtumo nustatymas pagal LST EN 1097-4. Norint nustatyti sausų sutankintų miltelių tuštymėtumą pirmiausia turime paimti bandinį iš sausų miltelių. Šis bandinys turi būti suspaustas naudojant standartinius sutankinimo prietaisus. Suspausto užpildo

tūris apskaičiuojamas pagal jo geometrinius išmatavimus. Tam, kad apskaičiuotume suspausto užpildo tuštumų kiekį, bandiniui privalome naudoti žinomo tankio daleles. Tuštumų tūris išreiškiamas procentais ir suapvalinamas 0,1 % tikslumu. Norint apskaičiuoti užpildo tuštymėtumą reikia atlikti tris tokius bandymus, o rezultatas bus aritmetinis jų vidurkis suapvalintas 1 % tikslumu.

„Delta žiedo ir rutulio“ rodiklio nustatymas pagal LST EN 13179-1. „Delta žiedas ir rutulys“ – tai bitumo ir užpildo mišinio rodiklis. Šis mišinys sudarytas iš 37,5 % užpildo ir 62,5 % bitumo. Šis rodiklis nusako bitumo minkštėjimo taško pokytį, lyginant jį su naudojamu mišinyje minkštėjimo tašku. Minkštėjimo taškas, tai yra temperatūra, kurioje esant standartinėms bandymo sąlygoms, mišinys pasiekia konsistencijos būvį tarp skysto ir kieto. Šiam bandymui atlikti naudojamas bitumas ir užpildas, kurio didžiausios frakcijos dalelės yra 0,125 milimetro. Į du identiškus žalvarinius žiedus išliejame bandinius. Viename žiede liejamas bitumas, o kitame bitumo ir užpildo mišinys. Žiedai su bandiniais kaitinami specialiose vonelėse su vandeniu. Šio proceso metu svarbu sekti vandens temperatūrą. Bandiniai kaitinami tol, kol ant jų padėti plieniniai rutuliukai nusileidžia per 25 milimetrus. Leistina paklaida 0,4 milimetro. Šioje stadijoje fiksuojamos temperatūros ir apskaičiuojamos abiejuose žieduose esančių bandinių vidutinės reikšmės. Skirtumas tarp bitumo ir bitumo sumaišyto su mineraliniais milteliais užpildo vidutinių temperatūrų ir yra vadinamas delta žiedo ir rutulio rodikliu. Vidutinis mišinio minkštėjimo taškas temperatūrų vidurkis apvalinamas 0,1° C tikslumu, o skirtumas tarp šių vidutinių verčių suapvalinamas iki 0,5 ° C [13].

Papildomųjų mineralinių miltelių tirpumo vandenyje nustatymas pagal LST EN 1744-1. Siekiant nustatyti papildomųjų mineralinių miltelių tirpumą vandenyje, pirmiausia bandinys turi būti ekstrahuojamas. Ekstrahavimui naudojamo vandens kiekis turi būti du kartus didesnis už naudojamo bandinio. Ekstrahavimas vykdomas 24 valandas, o tada didžiajai kietosios dalelės daliai leidžiama nusėsti. Nusėdusios dalelės yra džiovinamos ir vėliau pasveriamos. Dalis smulkesnių dalelių nusėda ant filtravimo popieriaus. Jas irgi pasveriamo atimdami popieriaus masę, kurią buvome užfiksavę prieš pradėdami bandymą. Visi svėrimai fiksuojami 0,1 gramu tikslumu. Mineralinių medžiagų tirpumą apskaičiuojame kaip skirtumą masės buvusios prieš bandymą ir po jo. Užpildo tirpumas vandenyje išreiškiamas procentais [14].

Papildomųjų mineralinių miltelių jautrumo vandeniui nustatymas pagal LST EN 1744-4. Užpildo jautrumas vandeniui yra toks dydis, kuris parodo mineralinių miltelių ir bitumo atsiskyrimo laipsnį užpildą veikiant vandeniu. Šis procesas yra vidinių sąveikų pasekmė, vykstant vandens skvarbai tarp bitumo ir užpildo dalelių. Šiam bandymui atlikti reikalingas mažo klampumo 50/70 bitumas. Bitumo reikalingas kiekis yra 50 gramų, o leistina paklaida 0,5 gramu. Bitumą supilame į kūginę kolbą. Taip pat reikalingas 100 ml destiliuoto vandens, kuris supilamas į

menzūrėle. Abu indai patalpinami į specialią vandens vonelę. Laukiama kol vandens temperatūra pasieks 60° C temperatūrą ir ją palaikome viso bandymo metu. Bandymui atlikti Reikalingi trys ciklai po 300 sekundžių. Pirmojo ciklo metu bitumas esantis kolboje maišomas mechaniniu būdu. Antrojo ciklo metu bandiniai paliekami ramybės būsenoje. Galiausiai trečiojo ciklo metu destiliuotas vanduo supilamas į kolbą su bitumu ir viso ciklo metu maišomas mechaniniu būdu. Kad nustatyti gautus bandymo rezultatus kolbos turinį reikia įvertinti vizualiai. Jeigu mineraliniai milteliai neatsiskyrė nuo bitumo, tai galima teigti, kad užpildas yra nejautrus vandeniui. Jeigu dalelės atsiskyrė, arba vanduo susidrumstė, tai tokiu atveju reikia bandymą tęsti.

Kūginėje kolboje esantį mišinį vėsiname tol, kol jis sutirštės. Vandenį ir užpildą išpilame į atskirą stiklinę. Į kolbą su bitumo mišiniu pilame vandens ir maišome. Šią procedūrą kartojame tol kol vanduo taps skaidriu. Visą nupiltą vandenį reikia filtruoti per filtravimo popierių. Popierius pradžioje pasveriamas, kad ateityje žinotume jo masę. Dėl tikslesnių rezultatų ant filtravimo popieriaus nusėdusias daleles reikia perplauti žibalu. Žibalas nuplauna ant dalelių prikibusius bitumo likučius. Tada popierių su prilipusiomis dalelėmis privalome džiovinti 110° C temperatūroje, kad pašalinti laisvąjį vandenį. Išdžiovintas popierius pasveriamas 1 miligramo tikslumu. Nustatytas jautrumas vandeniui žymimas Ws ir apskaičiuojamas pagal LST EN 1744-4 standarte pateiktas formules [15].

Dalelių tankio nustatymas pagal LST EN 1097-7. Dalelių forma yra netaisyklingos formos, dėl to jų tankiui nustatyti naudojamas piknometrinis metodas. Jeigu žinoma bandinio masė, galime apskaičiuoti ir jo tankį. Šis bandymas remiasi išstumto skysčio kiekiu, kurio tankis žinomas principu. Visų pirma piknometras turi būti sugraduotas, kad žinotume tikslų jo tūrį. Prieš užpildant piknometrą skysčiu jį pasveriamo. Kadangi pasirinktas skystis su žinomu tankiu, tai galime paskaičiuoti išstumto skysčio tūrį. Taip pat svarbu parinkti tokį skystį, su kuriuo bitumo ir dalelių užpildas nereaguotų ar jame netirptų. Mikroužpildo dalelių tankis paskaičiuojamas pagal LST EN 1097-7 standarte pateiktas formules. Mikroužpildo dalelių tankis yra trijų atliktų bandymų vidurkis, kuris užrašomas 0,01 miligramo kubiniame metre tikslumu [19].

Laikomosios gebos Kalifornijos rodiklio ir linijinio išbrinkimo nustatymas pagal LST EN 13286-47:2004. Šis bandymas skirtas nustatyti įsiskverbimo gylio ir jėgos priklausomybę, kai naudojamas cilindrinis standartinio skerspjūvio stūmoklis. Šio bandymo metu cilindrinis stūmoklis nustatytu greičiu skverbiasi į formoje esantį bandinį. Laikomosios gebos Kalifornijos parametras yra išreiškiamas konkrečiam įsiskverbimo gyliui standartinių ir išmatuotų jėgų santykio procentu. Kad gauti laikomosios gebos Kalifornijos parametras, pirmiausia reikia nustatyti Proktoro tankį pagal LST EN 13286-2:2010 standarte aprašytą bandymą. [26].

Bandinio paruošimas voliniu tankintuvu pagal LST EN 12697-33+A1:2007/P:2008
Tam kad paruošti sutankintą bandinį naudojamas volinis tankintuvas. Visų pirma į plieninę

Stačiakampio formos dėžutę supilama bitumo mišinio masė. Paruošta forma gali būti voluojama dviem būdais. Pirmasis variantas kai voluojama plieniniu volu, o antrasis kai voluojama su vienu ar keliais ratais pneumatiniemis padangomis. Abiem variantais voluoti galima tiesiogiai bituminę masę, arba ant jos padėtas vertikalias plienines plokšteles. Volai juda nustatytu pastoviu greičiu. Jeigu yra kokie nors nurodymai galima nustatyti taip, kad volai judėtų pagal konkrečią schemą. Bitumo mišinio masės kiekis kurį reikia sudėti į formas paskaičiuojamas pagal formulę, kuri nurodyta LST EN 12697-33+A1:2007/P:2008 standarte.

Norint, kad formoje nesusidarytų tuštumos, formą pildome iš lėto lygiai paskleidžiant bituminę masę lopetėle. Prieš pradėdant volavimą mišinys formoje turi būti paskleistas ir išlygintas. Tankinant bandinius reikia kontroliuoti tankinimo intensyvumą. Kontrolavimas reiškia, kad apkrova yra didinama palaipsniui, kol gaunama norima apkrova. Jeigu nustatytume reikiamą iškart, o ne palaipsniui, tai mišinyje būtų daug daugiau tuštymių. Tankinama tol, kol gaunamas norimas bandinio aukštis arba tuštymėtumas. Bandinys iš formos gali būti išimamas tik kai atvėsta iki kambario temperatūros [40].

Rato riedėjimo vėžės nustatymas pagal LST EN 12697 – 22 + A1 : 2007. Šis metodas skirtas nustatyti bituminės medžiagos savybes deformacijai. Jo tikslas išmatuoti atsiradusias provėžos gylį, po tam tikro skaičiaus ir apkrovos turinčio rato pravažiavimo. Bandiniai yra ruošiami pagal aukščiau aprašytą bandinio voliniu tankintuvu metodą. Prieš atliekant rato riedėjimo bandymą, bandinius privaloma laikyti 60° C temperatūroje. Leistina Temperatūros paklaida 1° C. Jeigu bandinio storis mažesnis nei 60 milimetrų arba jam lygus, tai bandinį užtenka išlaikyti 4 valandas. Jeigu didesnis kaip 60 milimetrų tai bandinys laikomas nuo 6 iki 24 valandų. Sekančiame bandymo etape paruoštas bandinys dedamas į rato riedėjimo įrenginį, kuris pavaizduotas 15 paveikslėlyje.



15 pav. Rato riedėjimo įrenginys

Bandinys tvirtai pritvirtinamas prie įrenginio ir 20 milimetrų nuo bandinio paviršiaus pritvirtinamas termoelementas, kuris palaikys pastovią 60° C temperatūrą viso bandymo metu. Iš pradžių atskaitomos rato vertikalojo poslinkio vertės. Po to kai įjungiamas įrenginys, matavimus būtina atlikti ne mažiau kaip 6 ar 7 kartus per pirmąją valandą, arba bent jau kartą kas 500 apkrovimų ciklą. Matavimams atlikti pasirenkami 25 taškai rato riedėjimo tiesėje. Taškus reikia

parinkti maždaug 50 milimetrų atstumu nuo antrinės bandymo linijos. Visi matavimai privalo būti atlikti nestabdant įrenginio. Bandymas vykdomas tol, kol bus pasiektas 20 milimetrų provėžos gylis, arba įvykdyta 10 000 apkrovimo ciklų. Pasirenkamas tas variantas, kuris laiko trukmės atžvilgiu trumpesnis. Santykinis vėžės gylis apskaičiuojamas pagal LST EN 12697– 22 + A1 : 2007 standarte nurodytas formules [40].

2.3 Tyrimo eiga ir rezultatai

Siekiant nustatyti asfaltbetonio mišinio kokybę bandymams atlikti buvo parinkta AB „Panevėžio keliai“ laboratorija. Bandymus atliko ilgametę patirtį turintis laborantas, o darbo autorius, dėl saugumo reikalavimų, asmeniškai galėjo atlikti tik nesudėtingas operacijas, kaip gautų rezultatų surašymas ar bandinių svėrimas.

Bandomasis objektas buvo Asfaltbetonio mišinys AC 32 PS iš kelio A8 Panevėžys – Aristava – Sitkūnai 8,32 – 23,36 km. Tiriama buvo trys bandiniai.

Bandymas buvo atliktas pagal LST EN 12697-1:2012 „Bituminiai mišiniai. Karštojo Asfaltbetonio mišinio bandymo metodai. 1 dalis. Tirpiojo rišiklio kiekis“; LST EN 12697-2:2015; „Bituminiai mišiniai. Bandymo metodai. 2 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas“; LST EN 12697-5+A1:2010; LST EN 12697-5/AC:2012 „Bituminiai mišiniai. Karštojo Asfaltbetonio mišinio bandymo metodai. 5 dalis. Didžiausio tankio nustatymas“; LST EN 12697 -6:2012 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfaltbetonio mišinio bandymo metodai. 6 dalis. Bituminių bandinių tariamojo tankio nustatymas“ ; LST EN 12697- 8:2006 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfaltbetonio mišinio bandymo metodai. 8 dalis. Bituminių bandinių tuštymėtumo rodiklių nustatymas“; LST EN 12697- 13+AC:2002 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfaltbetonio mišinio bandymo metodai. 13 dalis. Temperatūros matavimas“; LST EN 12697-28:2002 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfaltbetonio mišinio bandymo metodai. 28 dalis. Ėminių paruošimas rišiklio kiekiui, vandens kiekiui ir granulimetriniai sudėčiai nustatyti“; LST EN 12697-29:2003 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfaltbetonio mišinio bandymo metodai. 29 dalis. Bandinių matmenų nustatymas.“ ; LST EN 12697- 30:2012 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfaltbetonio mišinio bandymo metodai 30 dalis. Bandinio paruošimas smūginio tankintuvu“, LST EN 12697-34:2012 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfaltbetonio mišinio bandymo metodai. 34 dalis. Maršalo bandymas“.

Bandymų atlikimo aprašymai pateikti skyrelyje „2.2 Pagrindiniai laboratoriniai bandymai vertinant asfaltbetonio mišinio kokybę“, o šiame skyrelyje pateikiami tik gauti rezultatai.

Atlikus bitumo kiekio nustatymo tyrimus pagal LST EN 12697-1:2012, nustatyta, kad viename iš bandinių yra minusinis nuokrypis, o kituose dviejuose didesnis kiekis bitumo nei projektiniame. Nustatyta, kad leistinojo nuokrypio neviršijo. Rezultatai pateikti 3 lentelėje.

Bandymo pagal LST EN 12697-1:2012 rezultatai

	Bandinys - 1	Bandinys - 2	Bandinys - 3
Nustatytas bitumo kiekis %	3,65	4,42	4,24
Projektinis bitumo kiekis %	4,00		
Nuokrypis %	-0,35	0,42	0,24
Leistinas nuokrypis %	±0,6		

Atlikus granulimetrinės sudėties nustatymo tyrimus pagal LST EN 12697-2:2015, nustatyta, kad visų 3 bandinių granulimetrinė sudėtis tenkina TRA ASFALTAS 08 keliamus reikalavimus, nes neviršijo leistinių normų. Rezultatai pateikti 4-6 lentelėse. Lyginant TRA ASFALTAS 08 reikalaujamas reikšmes su gautomis laboratorijoje, iš 16-18 pav. matome, kad laboratorijoje gautos reikšmės neviršija leistinių ribų.

4 lentelė

Mineralinių medžiagų mišinio frakcinė sudėtis Bandinys – 1

	Faktinė	Projektinė	Nuokrypis	Leistinas nuokrypis
Frakcija	Kiekis %	Kiekis %	%	%
> 22,4 mm	20,86	13,40	7,46	±8,0
> 2 mm	71,27	67,30	3,97	±9,0
(0,063-2) mm	22,59	28,30	-5,71	±8,0
< 0,125 mm	7,28	6,90	0,38	+7-3
< 0,063 mm	5,14	4,40	0,74	+7-3

5 lentelė

Mineralinių medžiagų mišinio frakcinė sudėtis Bandinys – 2

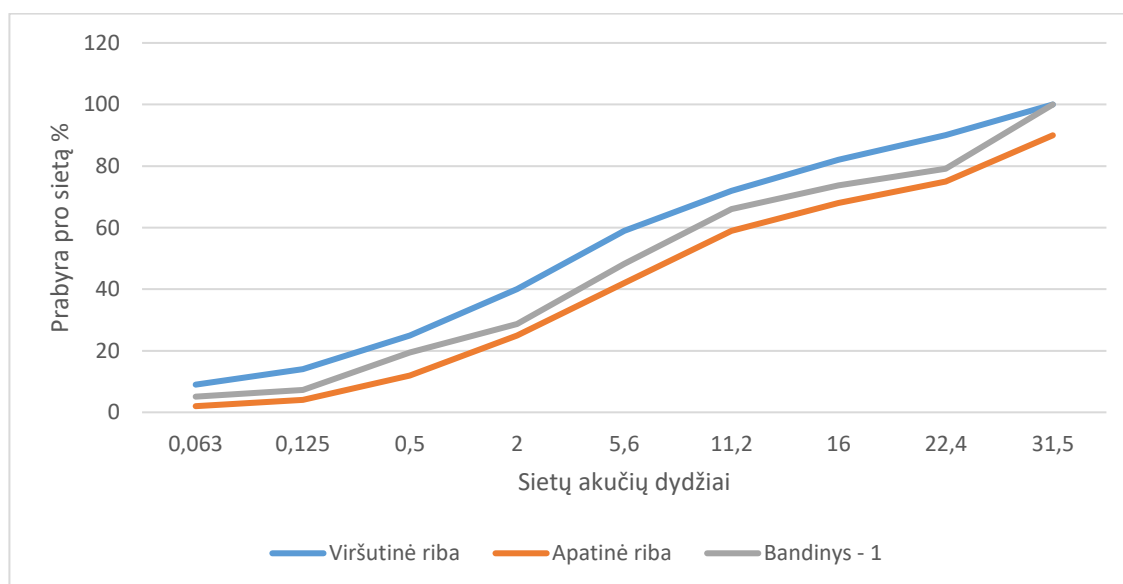
	Faktinė	Projektinė	Nuokrypis	Leistinas nuokrypis
Frakcija	Kiekis %	Kiekis %	%	%
> 22,4 mm	17,24	13,40	3,84	±8,0
> 2 mm	65,11	67,30	-2,19	±9,0
(0,063-2) mm	30,63	28,30	2,33	±8,0
< 0,125 mm	6,36	6,90	-0,54	+7-3
< 0,063 mm	4,26	4,40	-0,14	+7-3

Mineralinių medžiagų mišinio frakcinė sudėtis Bandinys – 3

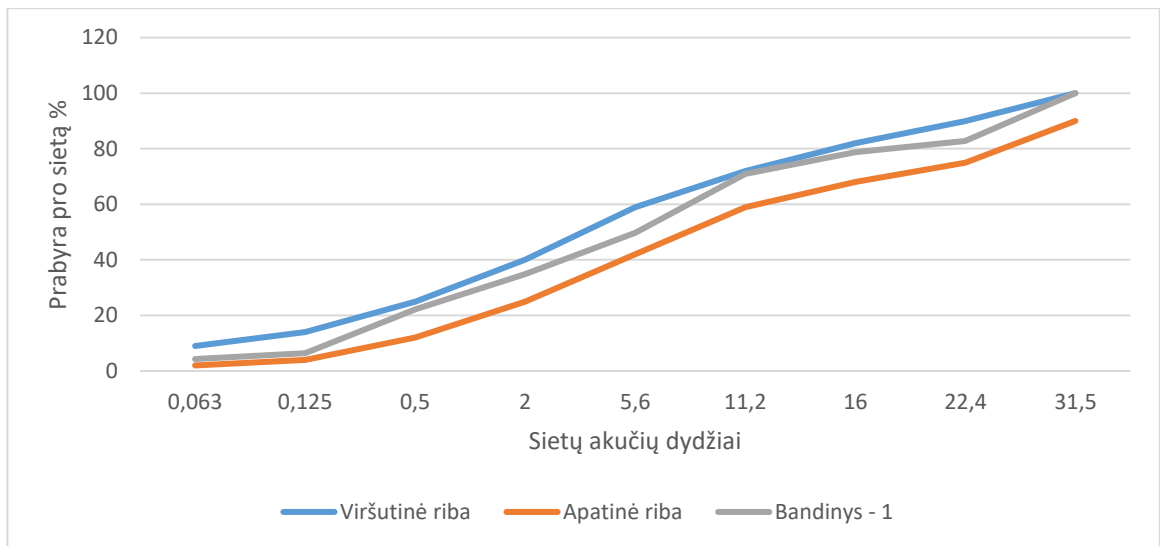
	Faktinė	Projektinė	Nuokrypis	Leistinas nuokrypis
Frakcija	Kiekis %	Kiekis %	%	%
> 22,4 mm	21,75	13,40	8,35	±8,0
> 2 mm	66,97	67,30	-0,33	±9,0
(0,063-2) mm	29,80	28,30	1,50	±8,0
< 0,125 mm	7,28	6,90	0,38	+7-3
< 0,063 mm	5,23	4,40	0,83	+7-3

Mineralinių medžiagų granulimetrinė sudėtis

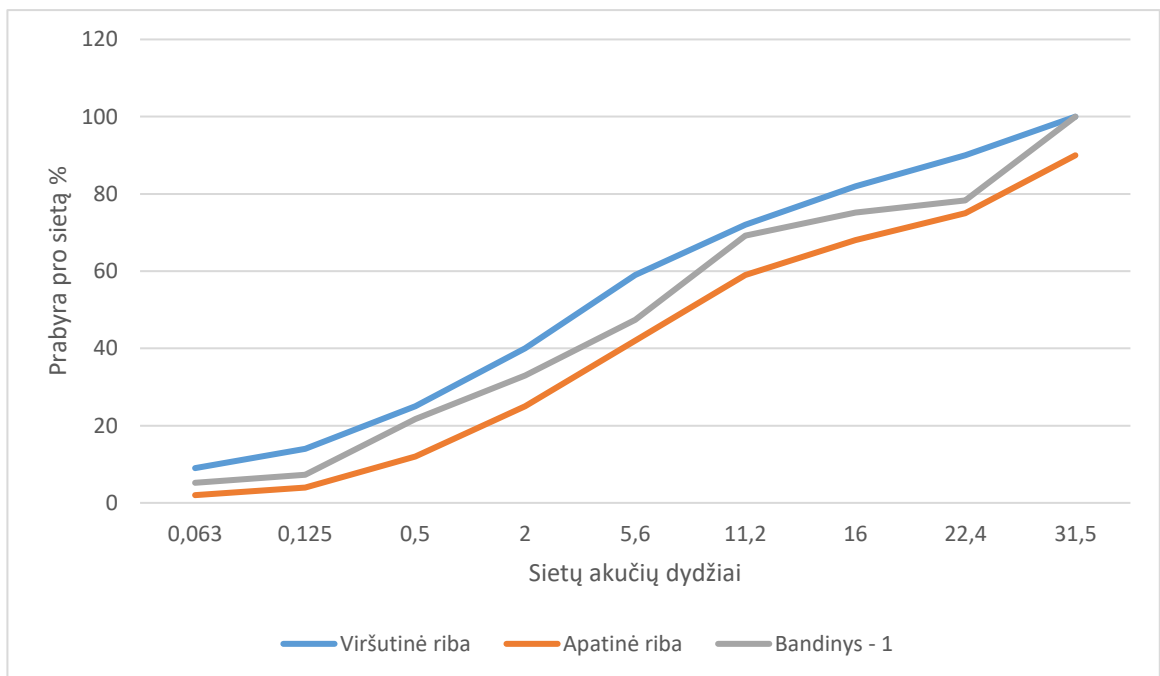
Sietų akių matmenys mm	0,063	0,125	0,5	2	5,6	11,2	16	22,4	31,5
Projektinė	4,4	6,9	19,5	32,7	45,8	65,1	75,0	86,6	99
Bandinys – 1	5,1	7,3	19,4	28,7	48,2	66,0	73,7	79,1	100
Bandinys – 2	4,3	6,4	22,2	34,9	49,7	70,9	78,8	82,8	100
Bandinys – 3	5,2	7,3	21,7	33,0	47,4	69,2	75,2	78,3	100
Viršutinė riba	9,00	14,00	25,00	40,00	59,00	72,00	82,00	90,00	100
Apatinė riba	2,00	4,00	12,00	25,00	42,00	59,00	68,00	75,00	90,00



16 pav. Mineralinių medžiagų granulimetrinė sudėtis Bandinys - 1



17 pav. Mineralinių medžiagų granulimetrinė sudėtis Bandinys - 2



18 pav. Mineralinių medžiagų granulimetrinė sudėtis Bandinys - 3

3. ASFALTBETONIO DANGA, PAGRINDINIAI PARAMETRAI IR TYRIMAI

Asfaltbetonio dangos kelio konstrukcijai keliami aukšti reikalavimai. Jos kokybę nusako normatyviniai parametrai išdėstyti ĮT ASFALTAS 08 taisyklėse. Asfalto dangos privalo atlaikyti tiek statines, tiek dinamines apkrovas. Šios apkrovos gali, būti ir ilgalaikės ir trumpalaikės. Nagrinėjant Lietuvos situaciją, reikia papildomai vertinti, kad šias apkrovas turės atlaikyti prie vasaros karščių ir žiemos šalčių. Tam kad atlaikyti visas šias apkrovas asfalto dangos privalo išlaikyti savo gerąsias savybes kaip sukibimas su danga, lygumas, kietumas ir tvirtumas. Reikia taipogi užtikrinti, kad visos šios savybės nekistų arba beveik nekistų laikui bėgant. Taip pat labai

svarbu, kad asfaltbetonio dangos išlaikytų šių savybių visumą tiek prie teigiamos, tiek prie neigiamos temperatūros ar esant drėgnai ir apledėjusiai dangai. [20].

Kaip jau buvo užsiminta antrajame skyrelyje, asfaltbetonio dangos pagal savo paskirtį gali būti pagrindo, apatinės, viršutinės ir viensluoksnės.

Asfaltbetonio pagrindo sluoksniams naudojamos medžiagos yra skalda, smėlis ir bitumas. Į šiuos mišinius nededama mineralinių miltelių ir bitumo kiekis yra mažesnis. Dėl šios priežasties jie yra mažiau atsparūs vandens įgeriamumui. Automatiškai žiemą vykstant ledo užšalimo ir atšilimo ciklams jie nukentėtų labiausiai. Iš kitos pusės jų kaina yra pigiausia, dėl to jie klojami pirmoje eilėje, o ant jų jau klojami kiti sluoksniai su geresnėmis eksploatacinėmis savybėmis. Šis sluoksnis puikiai atlieka savo paskirtį – priima apkrovas iš viršutinių sluoksnių ir perduoda jas žemės sankasai.

Nors šiems sluoksniams ir taikomi mažesni reikalavimai, tačiau jie irgi privalo išlaikyti savo granulimetrines savybes, tūrinį tankį ir nekisti laikui bėgant. Šių asfaltbetonio dangų granulimetrinės savybės parodo, kad didžiausios leistinos dalelės dydis yra 32 milimetrai, o pati sudėtis yra tolydi. Būtent tai ir lemia, kad mažiausias šių dangų leistinas storis 8 centimetrai, o didžiausias gali siekti 16 centimetrų. Pagal svorį mažiausia leistina riba 185 kilogramai viename kvadratiniam metre. Mažiausias leistinas sutankinimo laipsnis šiam sluoksniui būtų 97 %.

Sekantis sluoksnis šiame dangų sumuštinyje būtų apatinis sluoksnis. Tai būtų tarpinis tarp pagrindo ir viršutinio sluoksnių. Kaip ir vieta tarp sluoksnių, taip ir reikalavimai bei kaina jo yra vidutiniška lyginant su kitais dviem. Šio sluoksniu granulimetrinė sudėtis yra tolygi kaip ir pagrindo sluoksniu. Kartais šiam sluoksniui naudojamas polimerinis bitumas siekiant pagerinti asfaltbetonio dangos tvirtumą ir atsparumą vandens įgerčiai. Šių mišinių didžiausia leistina frakcijos dalelė 22 milimetrai. Šio sluoksniu rekomenduojamas įrengimo sluoksnis 5-10 centimetrų. Šis dydis priklauso nuo įrenginėjamos asfaltbetonio markės bei projektinių sprendinių, kurie dažniausiai priimami atsižvelgiant į eismo intensyvumą. Šio sluoksniu rekomenduojamas svoris gali svyruoti nuo 125 iki 250 kilogramo kvadratiniam metre. Šis rodiklis svyruoja priklausomai nuo klojamos asfaltbetonio rūšies. Šiam sluoksniui būtina pasiekti 97 % sutankinimo laipsnį.

Galiausiai šį sumuštinį užbaigia viršutinis sluoksnis. Jam yra taikomi didžiausi reikalavimai ir jis turi turėti daug daugiau naudingųjų savybių. Pagal granulimetrinę sudėtį šio sluoksniu sudėtis jau nebe tolydi kaip prieš tai aprašytą pagrindo ir apatinio sluoksnių. Tai lemia tas, kad šio sluoksniu didžiausia leistina frakcijos dalelė 11 milimetrų. Naujos kartų mišinių, kurių paskirtis mažinti gyvenvietėse keliamą triukšmą, gaminami su 8 milimetrų maksimalia frakcijos dalele. Šiems mišiniam gaminti naudojamas bitumas modifikuotas mikroužpildais. Šių asfaltbetonio dangų klojimo temperatūra turi būti aukščiausia, nes jų klojamas sluoksnis ploniausias ir greičiausiai atvėsta. Viršutiniam sluoksniui yra svarbiausios tokios savybės kaip dangos slydimas,

lygumas, atsparumas įdrėkimui, skersiniai ir išilginiai nuolydžiai. Labai svarbu, kad šio sluoksnio kokybė būtų gera, nes jis atlieka ir apsauginę kitų sluoksnių funkciją. Priklausomai nuo šio asfaltbetonio markės, sluoksnio storis gali svyruoti nuo 3 iki 6 cm. Rekomenduojamas svoris svyruoja nuo 50 iki 150 kilogramų kvadratiniam metre. Sutankinimo laipsnis gali svyruoti nuo 97 % iki 99 % priklausomai nuo parengtų techninių specifikacijų. Priešingai nei kitiems sluoksniams atsiranda tokie parametrai kaip oro tuštymių kiekis, pagrindo aukštis lyginant su projektiniu ir skersiniai nuolydžiai. Šiuos rodiklius svarbu išlaikyti ir klojant kitus sluoksnius, nes viršutinis sluoksni plonas ir sunku būtų ištaisyti padarytą broką.

- Oro tuštymių kiekis – nuo 5,5 iki 6,0 % (priklausomai nuo asfaltbetonio rūšies).
- Asfaltbetonio pagrindo sluoksnio viršaus aukščių nuokrypiai nuo projektinių aukščių negali būti didesni kaip $\pm 3,0$ cm.
- Asfaltbetonio dangos skersinio nuolydžio nuokrypis nuo reikalaujamo (projektinio) neturi būti: didesnis negu $\pm 0,5\%$.

Asfaltbetonio sluoksnius stengiamasi pakloti taip, kad visuose sluoksniuose ir plotuose būtų įvykdyti visi reikalavimai ir išlaikytos kuo tolygesnės sąlygos. Visi darbai, kurie yra tarpusavyje susiję, turi būti derinami, o darbų eiliškumas išlaikomas visų darbų metu. Taip pat visų darbų metu privaloma naudoti technines specifikacijas atitinkančias medžiagas, techniką, ir technologijas.

Pagrindiniai parametrai kurie geriausiai apibūdina asfaltbetonio dangos kokybę: lygumas, storis, kelio padėtis lyginant su projektine, sutankinimas. Taip pat būtų galima išskirti triukšmo lygų kurį skleidžia padangos ir kelio sąlytis. Šis parametras paskutiniu metu susilaukia daug dėmesio projektuojant naujus ar rekonstruojant senus kelius.

3.1 Paviršiaus atsparumas slydimui ir lygumas

Autotransporto keliai privalo užtikrinti automobilių patogų ir saugų eismą maksimaliu leistinu greičiu. Nuo eksploatuojamos kelio dangos būklės priklauso tokie automobilių parametrai, kaip greitis, sauga, komfortas ar degalų sąnaudos. Pagrindiniai rodikliai, nusakantys asfaltbetonio dangos kokybę ar kaip nors kitaip užtikrinantys kelio gebėjimą atlikti savo pagrindines funkcijas yra kelio dangos atsparumas slydimui ir išilginis asfaltbetonio dangos lygumas. Asfaltbetonio dangos atsparumą slydimui labiausiai įtakoja rato sankiba su danga ir paviršiaus makrotekstūros gylis. Šių abiejų dydžių vertės nurodomos TRA ASFALTAS 08 taisyklėse. Rato sukibimo su danga rodiklis magistraliniuose keliuose privalo būti ne mažesnis kaip 0,4, o krašto ir rajoninių kelių 0,35. Dangos paviršiaus makrotekstūros gylio magistraliniuose keliuose privalo būti ne mažesnis kaip 0,35, o krašto ir rajoninių kelių 0,3. Šis rodiklis nustatinėjamas pagal standarto LST EN 13036-1 tūrinį dėmės metodą.

Kitas iš parametrų buvo lygumas. Atliekant savikontrolės matavimus šis dydis nustatinėjamas matuojant tarpus tarp liniuotės ir kelio dangos. Matavimams atlikti naudojamos 3 m

liniuotės. Asfalto pagrindo ir apatinio sluoksnio tarpai negali būti didesni kaip 10 milimetrų. Viršutiniui sluoksniui taikomi griežtesni reikalavimai. Šio sluoksnio tarpai negali būti didesni kaip 6 milimetrai.

Šiam dydžiui matuoti yra įvestas tarptautinis dydis IRI (International Roughness Index). Šie tyrimai atliekami specialiais prie transporto priemonių montuojamais prietaisais. Lygumo matavimai atliekami kiekvienoje kelio pusėje parenkant du taškus, kurie dažniausiai būna parenkami provėžų susidarymo vietose. Rezultatai dažniausiai pateikiami IRI skalėje, kurios gradacijos skalės žingsnis 20 metrų. Matavimai dažniausiai atliekami prieš priduodant kelią ir nesvarbu ar tai buvo visiškai naujo kelio tiesimas ar rekonstrukcija. Taip pat šie matavimai atliekami profilaktiškai kas dvejus metus. Pagal TRA ASFALTAS 08 taisyklės nustatyta, kad IRI rodiklis magistraliniuose keliuose negali viršyti 1,5 m į kilometrą, krašto 2,5 metro, o rajoninių 3,5 metro.

Vienas kaip iš variantų atlikti matavimus yra lazerinis profilografas. 19 paveikslėlyje pavaizduotas vienas iš tokių prietaisų – Dynatest 5051 RSP. Šiuo metu yra ir paprastesnių bei naujesnių IRI matavimo prietaisų. Jie gali būti lengvai sumontuojami objekte ant lengvojo automobilio, o baigus matavimus išmontuoti. Plačiau pasirinktas aprašyti Dynatest 5051 RSP, nes jis yra gan universalus matavimo prietaisas ir gali matuoti net išilginius, bet ir skersinius profilius. Nepaisant savo amžiaus šis prietaisas puikiai sukalibruotas ir atitinka pirmą tikslumo klasę. Jo matavimo prietaisų sudėtis tokia:

- Giroskopas, kuris matuoja išilginius ir skersinius kelio dangos profilius;
- devyni lazeriniai matuokliai, kurie matuoja išilginius ir skersinius kelio mikroprofilus;
- du akselerometrai, kurių paskirtis eliminuoti matavimo įrangos savuosius virpesius;
- procesorius, kuris apdoroja giroskopo, lazerinių matuoklių, akselerometrų ir atstumo daviklio signalus;
- personalinis kompiuteris, kuris valdo procesoriaus darbą ir kaupia matuojamus duomenis.



19 pav. DYNATEST 5051 RSP

Dar vienas iš Lietuvoje naudojamų lygumo matavimo įrenginių būtų mobili kelių tyrimo laboratorija RST-28. Ji pavaizduota 20 paveikslėlyje. Jos komplektacija būtų:

- 20 lazerinių jutiklių;
- 2 akcelerometrai;
- 2 inklinometrai;
- 2 dviejų ašių giroskopai;
- atstumo jutiklis;
- priekinio vaizdo kamera;
- GPS imtuvas;
- 4 dangos defektų filmavimo kameros;
- blykstė, apšviečianti kelią.



20 pav. Mobili kelių tyrimo laboratorija RST - 28

Kaip ir galima spręsti iš pavadinimo, tai tikra laboratorija ant ratų. Ji ne tik matuoja kelio nelygumus, bet ir pilnai įvertina kelio kokybę. Jos viduje sumontuoti galingi kompiuteriai kurie analizuoja ir pateikia rezultatų ataskaitas gautas iš matavimo prietaisų ir stebėjimo kamerų. Laboratorijos kompiuteriai duomenis apdoroja pagal dvi programas AIES ir RST2. Pirmoji skirta defektams nustatyti, o antroji lygumui ir provėžų gyliui.

Kartais pasitaiko, kad išmatuotame kelio ruože kelio lygumo rodikliai neviršija leistinų normų, tačiau visame kelyje jaučiami pastovūs periodiškai besikartojantys kelio nelygumai. Tokie nelygumai taipogi priskiriami prie kelio defektų [3].

3.2 Sutankinimas ir asfaltbetonio dangos storis

Asfaltbetonio dangos kokybei ne ką mažiau svarbu ir sutankinimas ar asfaltbetonio dangos storis. Pakloto sluoksnio mažesnio storio arba svorio nuokrypis negali viršyti 10 %. Nustatant sluoksnio storio ar svorio vidurkio vertę paprastai remiamasi viso ploto duomenimis. Tačiau užsakovas (statytojas) ar techninis prižiūrėtojas, vykdydamas kontrolę, turi teisę vertinti ir atskiras ploto dalis. Tuo atveju atskira ploto dalis turi atitikti mažiausiai 1 dienos darbą ir jai yra taikomi tie patys reikalavimai kaip ir visam plotui. Sluoksnio storis yra viso ploto atskirųjų sluoksnio storio verčių vidurkis.

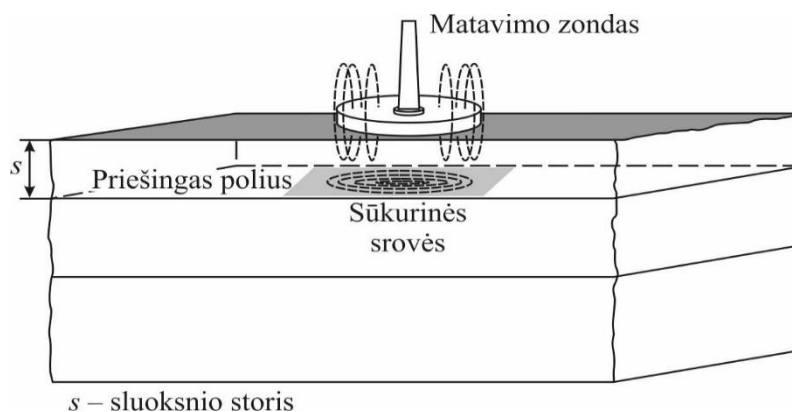
Nepriklausomai nuo sluoksnio storio vidurkio vertės, asfaltbetonio pagrindo sluoksnio atskiroji vertė negali būti 2,5 cm mažesnė už storį, numatytą statybos sutartyje, o visų asfaltbetonio

sluoksnių storių sumos atskiroji vertė negali būti 3,0 cm mažesnė už storį, numatytą statybos sutartyje.

Paklotų (įrengtų) asfaltbetonio sluoksnių mažiausias leistinas sutankinimo laipsnis būti ne mažesnis kaip 98,0 %. Užsakovas (statytojas) gali nustatyti reikalaujamą sutankinimo laipsnį ne mažesnę kaip 99,0 %, šį rodiklį nurodydamas papildomose techninėse specifikacijose ir darbų aprašuose. Paklotų (įrengtų) asfaltbetonio sluoksnių didžiausias leistinas oro tuštymių kiekis yra nurodytas IT ASFALTAS 08 taisyklėse.

Sluoksnio storio nustatymas elektromagnetiniu sūkurinės srovės metodu. Šis metodas naudojamas sluoksnių iš asfaltbetonio, pagrindo sluoksnių, surištų hidrauliniiais rišikliais, sluoksnių iš nearmuoto betono ir sluoksnių be rišiklių storiui nustatyti. Matavimams, atliekamiems sūkurinės srovės metodu, įtaką daro elektromagnetinės medžiagų savybės (ypatingai mikroužpildo). Todėl matavimo prietaisai šiais atvejais turi būti atitinkamai sureguliuoti. Didžiausias matavimo storis turi būti nurodytas kalibravimo protokole. Naudojant šiuos matavimo prietaisus būtina laikytis gamintojo nurodytų apribojimų, susijusių su oro sąlygomis.

Matuojant šiuo metodu sluoksnio arba kelių sluoksnių storis matuojamas virš elektrai laidaus nemagnetinio priešingo poliaus, panaudojant sūkurines sroves. Matavimo schema pavaizduota 21 paveikslėlyje. Matavimo zondas sužadina aukšto dažnio kintamą elektrinį lauką, kuris priešingame poliuje sukuria sūkurines sroves. Šios sūkurinės srovės susilpnina matavimo zondo lauką. Susilpnėjimo laipsnis priklauso nuo matavimo zondo atstumo iki priešingo poliaus ir nuo priešingo poliaus rūšies ir dydžio.



21 pav. Sluoksnio storio matavimas elektromagnetiniu sūkurinės srovės metodu

Renkantis priešingus polius, reikia atsižvelgti į tai, ar iki kontrolinių bandymų neatsiras pakitimų ir ar jie nebus pažeisti dėl ant jų klojamų sluoksnių atsiradusių apkrovų. Privaloma atkreipti dėmesį į galimas chemines reakcijas esant šarminiai terpei. Asfaltbetonio dangoms skirti priešingi poliai, kurių mažiausi matmenys yra 30×70 centimetro, pagaminti iš prisiklijuojančios aliuminio folijos. Mažiausias folijos storis privalo būti 100 μm , o esant grubiam asfaltbetonio paviršiui – mažiausias storis 150 μm . Jeigu naudojamas aliuminio skardos lakštas, tai mažiausias storis 300 μm [59].

Sluoksnių storio nustatymas, matuojant gręžtinį kerną. Šis metodas naudojamas sluoksnių iš asfaltbetonio, pagrindo sluoksnių, surištų hidrauliniiais rišikliais ir sluoksnių iš betono storiui nustatyti. Matuojant šiuo metodu, išgręžiami ir išimami cilindro formos kernai ir pamatuojami jų sluoksnių arba sluoksnių storiai. Kernų gręžimas pavaizduotas 22 paveiksliuke. Gręžtinių kernų sluoksnių ribos yra nustatomos ir pažymimos. Pradedant nuo viršutinio sluoksnių, naudojant suminį matavimą, nustatomi atskirų sluoksnių storiai.

Pagrindiniai prietaisai reikalingi šiam bandymui:

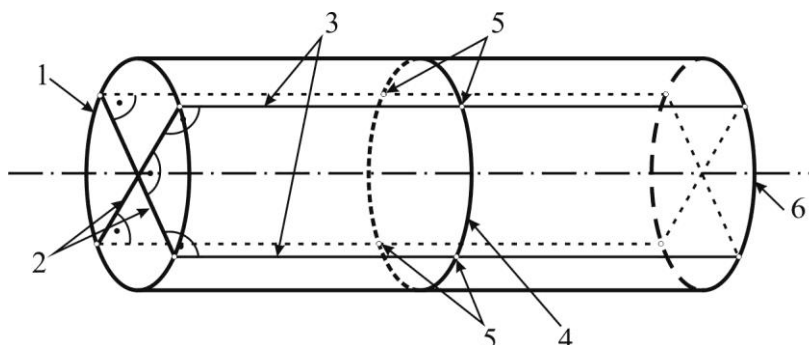
- Plieninė liniuotė arba slankmatis, kuriais galima nustatyti storį 0,5 milimetro tikslumu;
- Gražtas;
- Vandens pompa gražto aušinimui;
- Smailus žymeklis.



22 pav. Kerno gręžimas

Tam kad nustatyti storį, imama cilindro formos gręžtiniai kernai, kurių skersmuo ne mažesni nei 100 mm. Išimant gręžtinį kerną reikia atkreipti dėmesį, kad matuotini sluoksniai būtų paimti tiksliai ir visiškai, o apatinis gręžtinio kerno paviršius būtų taisyklingas, kad būtų galima tiksliai nustatyti storį. Gręžtinio kerno ašis neturėtų nukrypti daugiau kaip 5° nuo statmens, nuleisto į važiuojamosios dalies paviršių. Be to, viršutinė ir apatinė šių gręžtinių kernų pusė neturi būti padengta jokiais tikrinamai dangai nebūdingomis medžiagomis. Gręžtiniai kernai, kurie yra pažeisti tiek, kad tai turi įtakos matavimams, arba tie, kurie išimant buvo akivaizdžiai pažeisti negali būti naudojami. Ar gręžtiniai kernai pažeisti nustatome vizualiai, apžiūrėdami ar neatsirado nuolaužų, skeveldrų ar kitokių deformacijų. Gręžtiniai kernai imami remiantis įrengimo taisyklių IT ASFALTAS 08 ir standarto LST EN 12697-27 reikalavimais.

Gręžtinio kerno viršaus plotas padalijamas į keturias lygias dalis ir ant šoninio paviršiaus nubrėžiamos matavimo linijos, ant kurių pažymimi atskiri sluoksniai ir jų ribos. Kernų žymėjimo pavyzdys pavaizduotas 23 paveikslėlyje. Siekiant tiksliai nustatyti sluoksnių ribas, gali prireikti papildomai apžiūrėti kerną, sukant jį prieš šviesą arba sudrėkinant.



23 pav. Matavimo linijų ir sluoksnių ribų žymėjimas ant gręžtinio kerno: 1 – gręžtinio kerno viršus; 2 – gręžtinio kerno viršaus žymėjimas; 3 – statmenos matavimo linijos ant šoninio paviršiaus; 4 – sluoksnių riba; 5 – linijų sankirta; 6 – gręžtinio kerno apačia [59]

3.3 Nuolydžiai, padėtis ir plotis

Pakloto asfaltbetonio dangos sluoksnio nuokrypiai nuo projektinių plokčių negali būti mažesni kaip 5 cm ir didesni už 10 cm. Kelio kraštas privalo būti lygus ir tiesus, o viražuose išlaikyti taisyklingą formą.

Asfaltbetonio pagrindo sluoksnio viršaus aukščių nuokrypiai nuo projektinių aukščių negali skirtis daugiau kaip 3 centimetrais. Asfaltbetonio sluoksniams po betono danga taikomi griežtesni reikalavimai, kurie nurodomi papildomose techninėse specifikacijose.

Asfaltbetonio dangos skersinio nuolydžio nuokrypis nuo reikalaujamo darbo projekte negali skirtis daugiau kaip 0,5 %. Greitam eismui skirtų važiuojamųjų dalių pereinamuosiuose ruožuose, kurių išilginis nuolydis yra mažesnis negu 0,5 %, o skersinis nuolydis mažesnis negu 1,5 %, asfaltbetonio dangos skersinio nuolydžio nuokrypis nuo reikalaujamo darbo projekte mažėjimo linkme negali skirtis daugiau kaip 0,3 %.

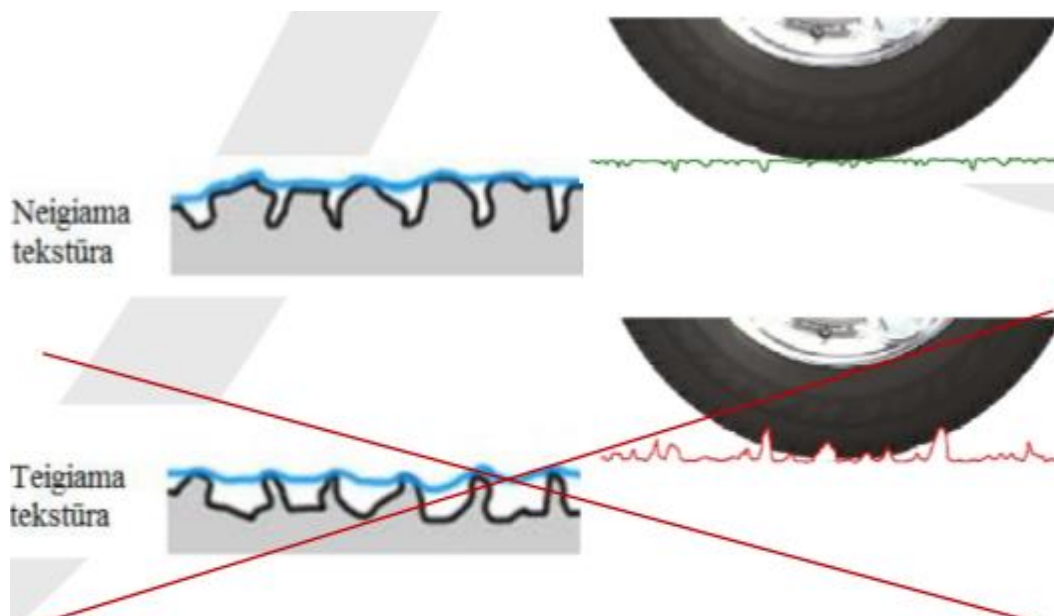
3.4 Triukšmas

Mažinant transporto eismo keliamą triukšmą, Kelių direkcija siūlo taikyti inovatyvias triukšmą mažinančias priemones, pavyzdžiui, tylesnes kelio dangas. Tylesnės kelio dangos dažniausiai įrengiamos ties gyvenamaisiais namais, esančiais arti kelio, patenkančiais į viršnorminio triukšmo zoną, ir kai nėra galimybių įgyvendinti kitų transporto triukšmą mažinančių priemonių.

Kelio dangos parametrai nuo kurių priklauso sklindančio garso dydis:

- Dangos tekstūra

- Užpildo savybės
- Tekstūros orientavimas (24 pav.)
- Tuštymėtumas
- Trintis ir mikrotekstūra
- Standumas
- Siūlės ant tiltų ir betono dangų
- Nelygumas
- Dangos spalva
- Dangos amžius ir nusidėvėjimas



24 pav. Tekstūros orientavimas

Kelių direkcija rekomenduoja, taikant esamas priemones – rengiant asfaltbetonio (AC) ir skaldos mastikos asfaltbetonio (SMA) dangas, triukšmą mažinti šiais būdais:

- Mažinti asfaltbetonio mišinio didžiausios dalelės dydį D. Pavyzdžiui vietoje populiariojo SMA 11 S mastikinio mišinio panaudoti SMA 8 S.
- Mažinti dalelių plokštumo rodiklį;
- Mažinant šiurkštinimo medžiagos didžiausios dalelės dydį D. Tarkime vietoje frakcijos 2/5 panaudoti 1/3.

Pritaikius šitas priemones triukšmas gali sumažėti iki 2 decibelų.

Triukšmui mažinti galima naudoti ir inovatyvias priemones – asfaltbetonio gamintojų remiantis moksliniais tyrimais išvystytus produktus – specialiuosius asfaltbetonio mišinius ir jų sluoksnius. Jų tinkamumas ir efektyvumas privalo būti įrodytas pateikiant atitiktus dokumentus ir techninių duomenų lapus. Remiantis kitų Europos sąjungos patirtimi triukšmą galima sumažinti 3-5 decibelais.

Šiuo metu Lietuvos automobilių kelių direkcijos tikslas – siekiant spręsti aplinkosaugos ir žmonių sveikatos problemas sukurti triukšmą mažinančius asfaltbetonio mišinius, tinkamus Lietuvos klimatui ir pasiekti 4 decibelų triukšmo sumažinimą.

Šiai dienai yra sukurtos triukšmą mažinančių asfaltbetonio mišinių koncepcijos, išbandytos triukšmo absorbcija ir tvarumas. Sukurtos rekomendacijos bandomiesiems ruožams.

Kol nėra sukurtų specialiųjų asfaltbetonio mišinių, gyvenvietėse pradėta kloti asfaltbetonio mišiniai su mažesne didžiausios dalelės dydžiu. Tarkime šiame darbe paminėtame kelyje A8 Aristava – Sitkūnai rekonstruojamame ruože nuo 8,32 km iki 23,36 km buvo įrengti 3 tokie ruožai kur vietoje SMA 11 buvo įrengtas SMA 8 viršutinis sluoksnis.

3.5 Tiriamoji dalis

Tiriamuoju objektu buvo pasirinktas rekonstruojamas kelias A8 Aristava – Sitkūnai 8,32 – 20,36 km. Šis kelias buvo rekonstruojamas 2015 metų sezoną.

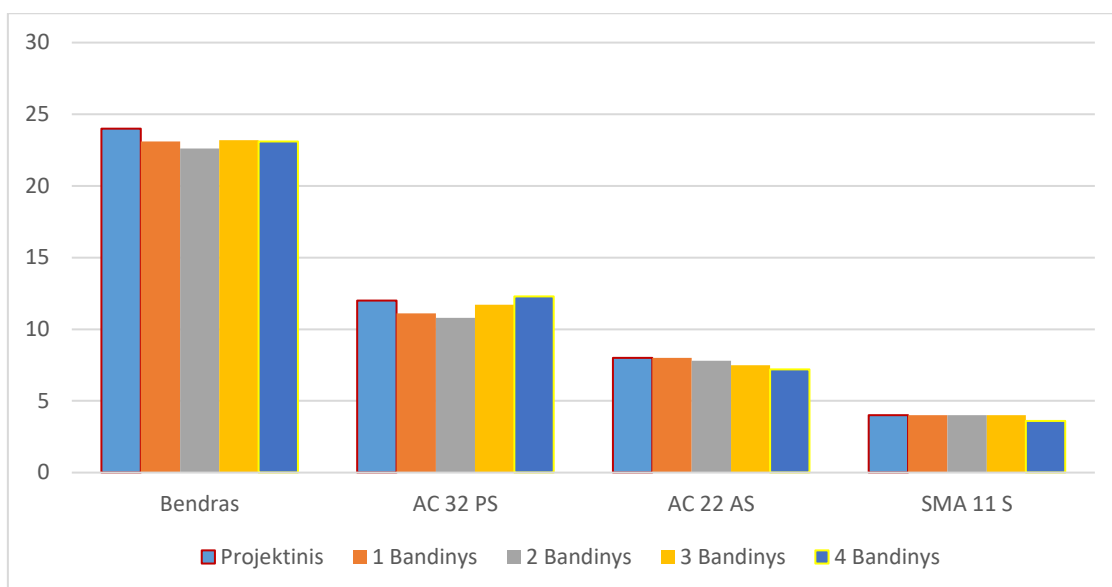
Keturiuose šio kelio vietose buvo imami bandiniai. Norint nustatyti ar asfaltbetonio danga atitinka tokius parametrus kaip asfaltbetonio storis ir sutankinimo rodiklis, buvo gręžiami kernai. Kernų ėmimo technologija aprašyta šio darbo 3.2 skyrelyje.

Viso buvo parinktos keturios kelio A8 Aristava – Sitkūnai vietos. Išgręžtuose kernuose ribos tarp sluoksnių buvo puikiai matomos. Visų keturių kernų matmenys buvo išmatuoti ir surašyti į 8 lentelę.

8 lentelė

		1 bandinys	2 bandinys	3 bandinys	4 bandinys
AC 32 PS	Projektinis storis cm	12			
	Išmatuotas storis cm	11,1	10,8	11,7	12,3
AC 22 AS	Projektinis storis cm	8			
	Išmatuotas storis cm	8	7,8	7,5	7,2
SMA 11 S	Projektinis storis cm	4			
	Išmatuotas storis cm	4	4	4	3,6
Bendras	Projektinis storis cm	24			
	Išmatuotas storis cm	23,1	22,6	23,2	23,1

Pagal TRA ASFALTAS 08 ir IT ASFALTAS 08 nurodytas normas asfaltbetonio storis negali skirtis per 2,5 cm nuo numatytojo, o bendras 3 cm. Pagrindo sluoksnis gali būti kompensuojamas apatiniu, bet ne daugiau nei 10 %. Gauti rezultatai pateikiami diagramomis (22 pav.).



25 pav. Asphaltbetonio dangos storio diagrama

Iš pateiktos diagramos ir rezultatų lentelės galime matyti, kad pakloto asfaltbetonio dangos storis plonesnis, bet leistinų normų neviršija.

Visi išgręžti kernai buvo perduoti laboratorijai, kurioje buvo nustatinėjamas asfaltbetonio dangos sutankinimo rodiklis. Bandymai buvo atliekami pagal LST EN 12697-8:2006, kuris aprašytas 2 skyriuje. Gauti rezultatai pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė

		1 bandinys	2 bandinys	3 bandinys	4 bandinys
AC 32 PS	Projektinis	> 97 %			
	Išmatuotas	102,6	102,8	102,9	102,8
AC 22 AS	Projektinis	> 97 %			
	Išmatuotas	101,4	102,8	102,9	102,8
SMA 11 S	Projektinis	> 97 %			
	Išmatuotas	99,6	100,3	100,4	99,5

Kaip matoma iš gautų rezultatų jie atitinka IT ASFALTAS 08 taisyklėse nurodytas normas. Prasčiausiai sutankintas viršutinis sluoksnis, kai tuo tarpu pagrindo ir apatinio sluoksnių sutankinimas su didele atsarga.

Galiausiai norint įsitikint klojamo asfaltbetonio dangos kokybe, buvo pasirinktas skersinių kelio nuolydžių matavimo bandymas. Nuolydziai buvo matuojami 500 m tiesioje atkarpoje, kurios projektinis nuolydis 2,5 %. Matavimai buvo vykdomi kas 20 m abiejuose kelio pusėse ir surašyti į 10 lentelę.

Piketas	Kairė pusė	Dešinė pusė
0+00	2,3	2,6
0+20	2,4	2,7
0+40	2,2	2,6
0+60	2,3	2,6
0+80	2,4	2,5
1+00	2,5	2,4
1+20	2,4	2,6
1+40	2,4	2,5
1+60	2,4	2,4
1+80	2,4	2,5
2+00	2,3	2,6
2+20	2,2	2,6
2+40	2,3	2,7
2+60	2,4	2,5
2+80	2,4	2,4
3+00	2,5	2,6
3+20	2,3	2,6
3+40	2,4	2,5
3+60	2,4	2,4
3+80	2,3	2,3
4+00	2,3	2,4
4+20	2,5	2,6
4+40	2,4	2,6
4+60	2,5	2,5
4+80	2,6	2,7
5+00	2,4	2,6

Pagal IT ASFALTAS 08 įrengimo taisyklės skersinis negali skirtis daugiau kaip $\pm 0,5$ nuo projektinio. Iš rezultatų lentelės matome, kad nei vienas iš gautų rezultatų neviršija leistinos normos. Gauti rezultatai artimi projektiniui arba jam lygūs.

IŠVADOS

Atlikus mokslinę literatūros ir statistikos analizę, galima teigti, kad didžiausią įtaką asfaltbetonio dangos blogėjimui daro du pagrindiniai veiksniai. Pirmasis būtų didelis sunkiojo transporto pagausėjimas per pastarąjį dešimtmetį. Antras Lietuvos klimatas, arba kitaip tariant temperatūros kaita vasaros ir žiemos sezonų metu.

Iš atliktų bandymų su asfaltbetonio mišiniais ir asfaltbetonio dangomis, galima teigti, kad jie atitinka nustatytas normas. Jiems keliami aukšti reikalavimai ir vykdoma griežta kontrolė kurią kontroliuoja nepriklausomi užsakovo paskirti rangovai. Radus neatitikimus normoms yra taikomos piniginės baudos ar taikomi apribojimai dalyvaujant kituose viešuosiuose kelio darbų pirkimuose.

Susidariusi Lietuvoje tendencija rodo, kad esant svertiniui garantinio termino koeficientui, visos kelio tiesimo įmonės drąsiai duoda papildomą dviejų metų garantinį laikotarpį, kas parodo jų darbų atlikimo kokybę.

Apibendrinus galima būtų teigti, kad visuomenėje vyrauja klaidinga nuomonė, dėl kelininkų atliekamų darbų kokybės, pagrindinės Lietuvos automobilių kelių prastos kokybės priežastys yra menkas kelio darbų finansavimas ir aukštas vienam gyventojui tenkantis kelio išlaikymo rodiklis.

LITERATŪRA

1. Lietuvos automobilių kelių direkcijos interneto svetainė. 2016 10 15. Interneto prieiga www.lakd.lt
2. Lietuvos statistikos departamento interneto svetainė. 2016 11 10. Interneto prieiga www.stat.gov.lt
3. 2016 10 11. Interneto prieiga <https://www.wikipedia.org/>
4. Automobilių kelių dangos konstrukcijos asfalto sluoksnių įrengimo taisyklės ĮT ASFALTAS 08
5. Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008
6. Lietuvos automobilių kelių direkcija, Automobilių kelių asfalto mišinių techninių reikalavimų aprašas TRA ASFALTAS 08. Vilnius, 2008
7. LST EN 13043+AC „Keliams, skridimo aikštėms ir kitoms eismo zonoms naudojamų bituminių mišinių ir paviršiaus apdorojimo sluoksnio mineralinės medžiagos“.
8. LST 1419 „Automobilių kelių asfaltbetonis ir jo mišiniai. Reikalavimai aktyvintiems mineraliniams milteliams“.
9. Lietuvos automobilių kelių direkcija, Automobilių kelių asfalto dangų priežiūrai skirtų medžiagų ir medžiagų mišinių panaudojimo ir jų sluoksnių įrengimo taisyklės ĮT APM 10. Vilnius, 2010
10. Lietuvos automobilių kelių direkcija, Automobilių kelių bitumų ir polimerais modifikuotų bitumų techninių reikalavimų aprašas TRA BITUMAS 08. Vilnius, 2008.
11. Aivaras Braga „Dangų degradacijos modeliai ir jų taikymas Lietuvos automobilių keliams“ 154 psl.
12. Andrius Baltrušaitis „Dangos asfaltbetonio fizinių – mechaninių ir kitų rodiklių įtakos svarbiausių Lietuvos magistralinių kelių eksploatacinėms savybėms tyrimai“ 99 psl.
13. Diana Stankevičiūtė „Lietuvos svarbiausių magistralinių kelių eksploatacinių savybių kitimo analizė“ 92 psl.
14. Wim Holleman „Efficiency in the road public procurement“ 58 psl.
15. Gediminas Gulbinas „Šiuolaikiniais maišytuvais gaminamo asfaltbetonio mišinių kokybės gerinimo galimybių analizė“ 141 psl.
16. Evelina Šernienė „Asfaltbetonio mišinio gamybos technologinio proceso tyrimai“ 78 psl.
17. Faustina Tuminienė „Asfalto mišinių gatvių dangoms normatyvinių parametrų tyrimai Lietuvos sąlygomis“ 164 psl.
18. Lina Bertulienė „Automobilių kelių konstrukcijos pagrindo sluoksnių stiprumo nustatymo metodų vertinimas, tyrimai ir taikymas“ 166 psl.

19. Darjušas Mučinis „Karštai regeneruoto asfalto mišinio komponentų sąveikos modeliavimas ir jo naudojimo kelių dangos konstrukcijoje tyrimas“ 122 psl.
20. Stankevičiūtė Diana "Lietuvos svarbiausių magistralinių kelių eksploatacinių savybių kitimo analizė", 2010
21. Bor-Wen Tsai, Jiangmiao Yu and Carl L. Monismith „Application of Sampling Strategies for Hot-Mix Asphalt Infrastructure: Quality Control-Quality Assurance Sampling; Specification for Performance Test Requirements 26 psl.
22. Alberto Garcia-Diaz and Dong-Ju Lee „Models for Highway Cost Allocation“ 22 psl.
23. Elisabete Freitas, João Lamas, Carlos Silva, Francisco Soares, Sandra Mouta and Jorge Santos „Tyre/Road noise Annoyance Assessment Through Virtual sounds “ 18 psl.
24. Henrikas Savilevičius „Kelių dangos tiesimo ir jų priežiūros technologijos“ 104 psl.
25. Automobilių kelių asfalto dangų priežiūrai skirtų medžiagų ir medžiagų mišinių panaudojimo ir jų sluoksnių įrengimo taisyklės IT APM 10
26. С.Ю. Рокас, К.А.Сакалаускас, Е.А.Станкус. Отчет о научно – исследовательской работе, следования точности и стабильности технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей Вильнюс: 1983, 263с
27. К. Петкевичюс, Контроль и регулирование технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей. Диссертация. Вильнюс: 1986, 326с
28. LST 1419.1 „Automobilių kelių asfaltbetonis ir jo mišiniai. Aktyvintųjų mineralinių miltelių bandymo metodai“.
29. LST EN 933-10 „Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai. 10 dalis. Smulkelių įvertinimas. Mikroužpildų granulimetrinė sudėtis (frakcionavimas oro srautu)“.
30. LST EN 933-9 „Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai. 9 dalis. Smulkiausiųjų dalelių įvertinimas. Metylenmėlynojo metodas“.
31. LST EN 1097-5 „Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai. 5 dalis. Vandens kiekio nustatymas džiovinant ventiliuojamoje krosnyje“.
32. LST EN 1097-4 „Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai. 4 dalis. Sausų sutankintų mikroužpildų tuštymėtumo nustatymas“.
33. LST EN 13179-1 „Mikroužpildo, naudojamo bituminiuose mišiniuose, bandymai. 1 dalis. Žiedo ir rutulio metodas“.
34. LST EN 1744-1 „Užpildų cheminių savybių nustatymo metodai. 1 dalis. Cheminė analizė“.
35. LST EN 1744-4 „Užpildų cheminių savybių nustatymo metodai. 4 dalis. Bituminių mišinių užpildų jautrumo vandeniui nustatymas“.
36. LST EN 13179-2 „Mikroužpildo, naudojamo bituminiuose mišiniuose, bandymai. 2 dalis. Bituminis skaičius“.

37. LST EN 1097-7 „Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai. 7 dalis. Mikroužpildo dalelių tankio nustatymas. Piknometrinis metodas“.
38. LST EN 1097-3 „Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai. 3 dalis. Piltinio tankio ir tuštymėtumo nustatymas“.
39. LST EN 196-6 „Cementas. Bandymo metodai. 6 dalis. Smulkumo nustatymas“.
40. LST EN 933-1:2002 „Užpildų geometrinių savybių nustatymo metodai. 1 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas. Sijojimo metodas“.
41. LST 1361.4 “Mineralinės automobilių kelių medžiagos. Bandymo metodai. Užterštumo nustatymas”.
42. Lietuvos automobilių kelių direkcija, Automobilių kelių mineralinių medžiagų techninių reikalavimų aprašas TRA MIN 07. Vilnius, 2010
43. LST EN 13286-47:2004 „Nesurištieji ir hidrauliškai surišti mišiniai. 47 dalis. Laikomosios gebos Kalifornijos rodiklio, tiesioginės laikomosios gebos rodiklio ir linijinio išbrinkimo nustatymo metodas”
44. LST EN 13286-2:2010 „Nesurištieji ir hidrauliškai surišti mišiniai. 2 dalis. Laboratoriniai bandymo metodai nustatyti kontrolinį tankį ir vandens kiekį. Proktoro tankinimas”
45. LST EN 1097-5 „Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai. 5 dalis. Vandens kiekio nustatymas džiovinant ventiliuojamoje krosnyje”.
46. LST 1360.1:1995 „Automobilių kelių gruntai. Bandymo metodai. Granulimetrinės sudėties nustatymas”.
47. John Ryan, George Estefan and Abdul Rashid. „Soil and Plant Analysis Laboratory Manual 4.2 punktą”, 2001 m.
48. LST EN 12697-35+A1:2007 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfalto mišinio bandymo metodai. 35 dalis. Maišymas laboratorijoje”.
49. LST EN 12697-5:2010 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfalto mišinio bandymo metodai. 5 dalis. Didžiausio tankio nustatymas”.
50. LST EN 12697-6+A1:2007 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfalto mišinio bandymo metodai. 6 dalis. Bituminių bandinių tariamojo tankio nustatymas”.
51. LST EN 12697-8:2006 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfalto mišinio bandymo metodai. 8 dalis. Bituminių bandinių tuštymėtumo rodiklių nustatymas”.
52. LST EN 12697-34+A1:2007 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfalto mišinio bandymo metodai. 34 dalis. Maršalo bandymas”.
53. LST EN 12697-1:2006 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfalto mišinio bandymo metodai. 1 dalis. Tirpiojo rišiklio kiekis”.

54. LST EN 12697-2+A1:2007 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfalto mišinio bandymo metodai. 2 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas”.
55. LST EN 12697-23 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfalto mišinio bandymo metodai. 23 dalis. Bituminių bandinių skeliamojo stiprio nustatymas”.
56. LST EN 12697-33+A1:2007/P:2008 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfalto mišinio bandymo metodai. 33 dalis. Bandinio paruošimas voliniu tankintuvu”.
57. LST EN 12697-22+A1:2007/P:2008 „Bituminiai mišiniai. Karštojo asfalto mišinio bandymo metodai. 22 dalis. Rato riedėjimo vėžė”.
58. Automobilių kelių dangos konstrukcijos sluoksnių storio nustatymo metodiniai nurodymai
MN SSN 15