ATASKAITA

Užsakovas: Rokiškio rajono savivaldybės administracija

Temos pavadinimas: **BIRŽUPIO G., LAŠŲ K., ROKIŠKIO R. SAV. ESAMOS DANGOS KONSTRUKCIJOS TYRIMAI IR PASIŪLYMAI DANGOS KONSTRUKCIJOS ATNAUJINIMUI**

Mokslo sritis: Technologijos mokslai, Statybos inžinerija

2025 m. birželio 10 d. Sutartis Nr. 10.13-2025-1275

Padalinio vadovas Ovidijus Šernas

(vardas, pavardė, parašas)

Darbo vadovas Rafal Mickevič

(vardas, pavardė, parašas)

TURINYS

Lentelių sąrašas 3

Paveikslų sąrašas 4

Įvadas 5

1. Tyrimo objektas 6

2. Vizualus dangos būklės vertinimas 7

3. Eismo intensyvumo analizė ir projektinė apkrova 7

4. Esamos dangos konstrukcijos sudėtis 9

5. Esamos dangos konstrukcijos laikomosios gebos vertinimas 12

6. Dangos konstrukcijos atnaujinimo sprendiniai 14

7. Ekonominis vertinimas 18

8. Techninės specifikacijos 19

Literatūros sąrašas 24

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Informacija apie tiriamą objektą 6
3.1 lentelė. Susisteminta eismo intensyvumo ir sudėties tyrimų informacija bei apskaičiuoti eismo intensyvumo koeficientai 7
3.2 lentelė. Apskaičiuotas VMPEI 8
3.3 lentelė. Transporto priemonių ašių pasiskirstymas pagal svorį 8
3.4 lentelė. Ekvivalentinės ašies apkrovų skaičius per parą 8
3.5 lentelė. Biržupio g. projektinės apkrovos A skaičiavimas 9
4.1 lentelė. Nustatyta dangos konstrukcijos sudėtis ir sluoksnių storiai 10
5.1 lentelė. Matavimo įrangos specifikacijos ir matavimo metodikos rodikliai 13
6.1 lentelė. I dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas 16
6.2 lentelė. II dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas 17
6.3 lentelė. III dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas 18
7.1 lentelė. Dangos konstrukcijų variantų įrengimo kainų santykinis palyginimas 19
8.1 lentelė. Jonų mainus gerinančių priedų savybės 20
8.2 lentelė. Reikalavimai CTB mišiniui ar gruntui (tinkamumo bandymai) 20
8.3 lentelė. CTB mišiniui ar gruntui bei įrengtam sluoksniui keliami reikalavimai darbų atlikimo metu 21
8.4 lentelė. Reikalavimai CTB sluoksnio įrengimo kontrolei 22

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Biržupio g. situacijos schema (pateikta Užsakovo) 6
2.1 pav. Biržupio g. esamos dangos būklė 7
4.1 pav. Dangos konstrukcijos tyrimų vietų schema 10
5.1 pav. Krintančio svorio deflektometras „PRIMAX 2500“ 12
5.2 pav. Normalizuotas ekvivalentinis standumo modulis E_0 14

ĮVADAS

Vilniaus Gedimino technikos universiteto (toliau – VILNIUS TECH) Aplinkos inžinerijos fakulteto (toliau – AIF) Kelių tyrimo institutas (toliau – KTI) Rokiškio rajono savivaldybės administracijos (toliau – Užsakovas) užsakymu atliko Biržupio g., Lašų k., Rokiškio r. sav. dangos konstrukcijos tyrimus.

Darbo tikslas – įvertinus gatvės eismo intensyvumą, esamos konstrukcijos būklę, sudėtį bei laikomąją gebą parengti gatvės dangos konstrukcijos atnaujinimo sprendinius. Sprendiniai apima 3 dangos konstrukcijos atnaujinimo alternatyvas:

1. Atnaujinimas visiškai pakeičiant esamą dangos konstrukciją.
2. Atnaujinimas ant esamos dangos konstrukcijos.
3. Atnaujinimas pakeičiant dalį esamos dangos konstrukcijos, kai panaudojant esamos konstrukcijos medžiagas įrengiamas hidrauliniais rišikliais bei jonų mainus gerinančiu priedu surištas pagrindo sluoksnis, asfalto danga.

Tikslui pasiekti atlikti darbai:

1. Eismo intensyvumo matavimai ir bendro bei sunkiojo transporto vidutinio metinio paros eismo intensyvumo nustatymas.
2. Projektinės apkrovos A apskaičiavimas.
3. Esamos dangos konstrukcijos laikomosios gebos matavimai ir vertinimas.
4. Esamos dangos konstrukcijos sluoksnių storio ir sudėties nustatymas ir laboratoriniai medžiagų tyrimai. Gruntinio vandens lygio nustatymas atliekant pavienius gręžinius iki 1,5 m gylio.

Darbo vadovas: dr. Rafal Mickevič

Ekspertas: prof. dr. Audrius Vaitkus

1. TYRIMO OBJEKTAS

Tyrimo objektas – Biržupio g. Lašų k., Rokiškio r. sav. a viršutinio dangos sluoksnio be rišiklių dangos konstrukcija. Informacija apie tiriamą objektą pateikta 1.1 lentelėje. Situacijos schema pateikta 1.1 paveiksle.

1.1 lentelė. Informacija apie tiriamą objektą

Objekto pavadinimas	Dangos tipas	Eismo juostų skaičius	Ruožo pradžia	Ruožo pabaiga	Ruožo ilgis, km	Koordinatės LKS–94			
						Ruožo pradžia		Ruožo pabaiga	
						X	Y	X	Y
Biržupio g.	Sluoksnis be rišiklių	1	Norkūnų g.	Biržupio g. 7	0,215	608277	6191769	608277	6191769

1.1 pav. Biržupio g. situacijos schema (pateikta Užsakovo)

2. VIZUALUS DANGOS BŪKLĖS VERTINIMAS

Tiriamos gatvės dangos būklės vertinimas atliktas pagal VILNIUS TECH AIF KTI specialistų vizualinę apžiūrą, atliktą 2025 m. liepos 29 d. Apžiūros metu nustatytos pavienės išdaužos (2.1 pav. a). Dalyje ruožo, tarpvėžėje, nustatyta augalinė juosta (plotas) (2.1 pav. b).

a) pavienės išdaužos

b) Augalinė juosta tarpvėžėje

2.1 pav. Biržupio g. esamos dangos būklė

3. EISMO INTENSYVUMO ANALIZĖ IR PROJEKTINĖ APKROVA

Natūriniai eismo intensyvumo ir sudėties tyrimai atlikti VILNIUS TECH AIF KTI specialistų 2025 m. liepos 29-30 ir rugpjūčio 6-7 dienomis. Atsižvelgiant į atliktus eismo intensyvumo ir sudėties tyrimus (matavimo trukmę, savaitės dieną ir kt) vadovaujantis „Vidutinio metinio paros eismo intensyvumo apskaičiavimo iš trumpalaikio matavimo duomenų rekomendacijos“ R VMPEI TM 20 apskaičiuoti savaitės dienos eismo intensyvumo (K_S) bei metų savaitės eismo intensyvumo (K_M) koeficientai bei jų pasikliautinieji intervalai (detaliau žr. 3.1 lentelėje).

3.1 lentelė. Susisteminta eismo intensyvumo ir sudėties tyrimų informacija bei apskaičiuoti eismo intensyvumo koeficientai

Matavimo vietos koordinatės		Matavimo laikotarpis				K_P	$\delta(K_P)$ +-	K_S	$\delta(K_S)$ +-	K_M	$\delta(K_M)$ +-
		Pradžia		Pabaiga							
X	Y	Data	Laikas, val.	Data	Laikas, val.						
608306	6191986	2025-07-29	12	2025-07-30	12	–	–	1,03	5,10	0,81	9,16
		2025-08-06	10	2025-08-07	10	–	–	1,02	5,30	0,81	9,32

Atsižvelgiant į apskaičiuotus eismo intensyvumo koeficientus pateiktus 3.1 lentelėje apskaičiuotas vidutinis metinis paros eismo intensyvumas VMPEI (detaliau žr. 3.2 lentelėje).

3.2 lentelė. Apskaičiuotas VMPEI

Rodiklis	Lengvieji automobiliai, vnt.	Lengvieji sunkvežimiai/ mikroautobusai, vnt.	Krovininiai 3 ašių, vnt.	Krovininiai 4 ašių, vnt.	Krovininiai 5 ašių, vnt.	Autobusai, vnt.
2025-07-29/30, 24 val. matavimų duomenys	28	1	0	0	0	0
VMPEI	23	1	0	0	0	0
2025-08-06/07, 24 val. matavimų duomenys	26	8	3	0	0	0
VMPEI	22	7	2	0	0	0

Projektinė apkrova A apskaičiuota atsižvelgiant į Užsakovo nurodytą 20 m. projektinį laikotarpį bei 3 skyriuje apskaičiuotą VMPEI. Projektinės apkrovos skaičiavimuose buvo naudoti VMPEI duomenis dienos, kurios metu buvo užfiksuotas didžiausias transporto priemonių eismo intensyvumas bei didžiausias poveikis dangos konstrukcijai.

Projektinė apkrova išskaidoma pagal sudarytą ašių apkrovų skirstinį, pateiktą 3.3 lentelėje. Ašių apkrovų skirstinys sudarytas atsižvelgiant į transporto priemones, jų ašių konfigūraciją ir ratų slėgį į dangą.

3.3 lentelė. Transporto priemonių ašių pasiskirstymas pagal svorį

Ašių pasiskirstymas pagal svorį, %										
(0:2] t	**(2:4] t**	**(4:6] t**	**(6:8] t**	**(8:10] t**	**(10:12] t**	**(12:14] t**	**(14:16] t**	**(16:18] t**	**(18:20] t**	**(20:n) t**
70,00	0,00	0,00	20,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ekvivalentinės ašies apkrovų skaičius per parą pateiktas 3.4 lentelėse.

3.4 lentelė. Ekvivalentinės ašies apkrovų skaičius per parą

Tipas	Ašių skaičius	EI/parą	L_k	L_0	L_k/L_0	$(L_k/L_0)^4$	$(L_k/L_0)^4 * VPA^{(ST)}$	$EVPA^{(ST)}$
Lengvieji sunkvežimiai/ mikroautobusai, 3,5 t	2	7	1,75	10	0,175	0,0009	0,01	0,01
			1,75	10	0,175	0,0009	0,01	
Krovininiai 3 ašių, 21,9 t	3	2	6,57	10	0,657	0,1863	0,37	2,01
			9,02	10	0,902	0,6628	1,33	
			6,31	10	0,631	0,1583	0,32	
			1,75	10	0,175	0,0009	0,01	
							$EVPA^{(ST)}_{1-20}$	**2,02**

Priimti projektinės apkrovos skaičiavimo parametrai:

- vienpusis eismas (f_1=1);
- eismo juostos pločio koeficientas (eismo juostos plotis nuo 2,75 m iki 3,25 m) f_2=1,4;
- išilginio nuolydžio koeficientas (išilginis nuolydis nuo 4 % iki 5 %) f_3=1,05;
- 2 % metinis transporto priemonių padidėjimas (P_i).

Projektinė apkrova pateikta 3.5 lentelėse.

3.5 lentelė. Biržupio g. projektinės apkrovos A skaičiavimas

Metai i	**P_i**	**$EVPA^{(ST)}_{i-1}$**	**f_1**	**f_2**	**f_3**	**Dienos**	**$1+p_i$**	**A_i**
1	0,02	2,02	1	1,4	1,05	365	1,02	1088,03
2	0,02	2,07	1	1,4	1,05	365	1,02	1109,79
3	0,02	2,11	1	1,4	1,05	365	1,02	1131,98
4	0,02	2,15	1	1,4	1,05	365	1,02	1154,62
5	0,02	2,19	1	1,4	1,05	365	1,02	1177,72
6	0,02	2,24	1	1,4	1,05	365	1,02	1201,27
7	0,02	2,28	1	1,4	1,05	365	1,02	1225,30
8	0,02	2,33	1	1,4	1,05	365	1,02	1249,80
9	0,02	2,38	1	1,4	1,05	365	1,02	1274,80
10	0,02	2,42	1	1,4	1,05	365	1,02	1300,29
11	0,02	2,47	1	1,4	1,05	365	1,02	1326,30
12	0,02	2,52	1	1,4	1,05	365	1,02	1352,83
13	0,02	2,57	1	1,4	1,05	365	1,02	1379,88
14	0,02	2,62	1	1,4	1,05	365	1,02	1407,48
15	0,02	2,68	1	1,4	1,05	365	1,02	1435,63
16	0,02	2,73	1	1,4	1,05	365	1,02	1464,34
17	0,02	2,78	1	1,4	1,05	365	1,02	1493,63
18	0,02	2,84	1	1,4	1,05	365	1,02	1523,50
19	0,02	2,90	1	1,4	1,05	365	1,02	1553,97
20	0,02	2,95	1	1,4	1,05	365	1,02	1585,05
				Projektinė apkrova A_{1-20}, ESAs				**26436,21**
				Projektinė apkrova A_{1-20}, mln. ESAs				**0,03**

Apskaičiavus projektinę apkrovą nustatyta, kad Biržupio g. dangos konstrukcijos klasė yra DK 0,03.

4. ESAMOS DANGOS KONSTRUKCIJOS SUDĖTIS

Esamos dangos konstrukcijos sudėčiai nustatyti VILNIUS TECH AIF KTI Automobilių kelių mokslo laboratorija (toliau – AKML) atliko dangos konstrukcijos tyrimus. Iš viso dangos konstrukcijos tyrimai atlikti 3 vietose (detaliau žr. 4.1 pav.). Dangos konstrukcijų sluoksniai ir jų

storiai, nustatyti šurfais pateikti 4.1 lentelėje. Tyrimo vietoje Nr. 2 taip pat atliktas mažo skersmens gręžinio gręžimas iki 1,5 m gylio gruntinio vandens lygiui nustatyti.

4.1 pav. Dangos konstrukcijos tyrimų vietų schema

4.1 lentelė. Nustatyta dangos konstrukcijos sudėtis ir sluoksnių storiai

Tyrimo vietos Nr.	Sluoksnis	Storis, cm	Smulkiųjų dalelių < 0,063 mm kiekis, %	Pralaidumo vandeniui koeficientas k_{10}, 10^{-5} m/s	Grunto jautrumo šalčiui klasė	Dangos konstrukcijos storis, cm
1 X: 608300 Y: 6191960	Žvyro mišinys fr. 0/22	4,7	8,8	0,2	–	21,7
	Asfalto sluoksnis	5,9	–	–	–	
	Dulkingas smėlis fr. 0/16	11,1	10,3	0,2	–	
	Dulkingas smėlis SD_0	> 39,6	22,8-35,2	–	F3	
2 X: 608294 Y: 6191890	Žvyro mišinys fr. 0/22	35,2	8,8	0,2	–	64,7
	Dulkingas smėlis fr. 0/16	29,5	10,3-13,9	0,2	–	
	Dulkingas smėlis SD_0	> 6,9	22,8	–	F3	
3 X: 608291 Y: 6191793	Žvyro mišinys fr. 0/22	15,2	8,8	0,2	–	> 45,2
	Dulkingas smėlis fr. 0/16	30,0	10,3-13,9	0,2	–	

Tyrimų vieta Nr. 1

Tyrimų vietoje Nr. 1 nustatyta, kad esamą konstrukciją sudaro 4,7 cm žvyro mišinys fr. 0/22, 5,9 cm asfalto sluoksnis ir 11,1 cm dulkingo smėlio fr. 0/16 sluoksnis. Žemiau slūgso dulkingo smėlio SD_0 sluoksnis.

Pagal faktinę granuliometrinę sudėtį žvyro mišinys fr. 0/22 atitinka „Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės“ (toliau – Taisyklės) 178.1 p. reikalavimą mineralinių dulkių <0,063 mm kiekiui, faktinė išbira pro 0,063 mm sietą – 8,8 %, kai reikalaujama ≤ 10,0 %. Nustatytas sluoksnio pralaidumo vandeniui koeficientas $k_{10} = 0{,}2 \times 10^{-5}$ m/s neatitinka Taisyklių 178.1 p. reikalavimo ($k_{10} \geq 0{,}5 \times 10^{-5}$ m/s).

Pagal faktinę granuliometrinę sudėtį dulkingas smėlis fr. 0/16 neatitinka „Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės“ (toliau – Taisyklės) 178.1 p. reikalavimą mineralinių dulkių <0,063 mm kiekiui, faktinė išbira pro 0,063 mm sietą – 10,3 %, kai reikalaujama ≤ 10,0 %. Nustatytas sluoksnio pralaidumo vandeniui koeficientas $k_{10} = 0{,}2 \times 10^{-5}$ m/s neatitinka Taisyklių 178.1 p. reikalavimo ($k_{10} \geq 0{,}5 \times 10^{-5}$ m/s).

Dulkingas smėlis SD_0 pagal LST 1331:2022 atitinka F3 jautrumo šalčiui klasę.

Tyrimų vieta Nr. 2

Tyrimų vietoje Nr. 2 nustatyta, kad esamą konstrukciją sudaro 35,2 cm žvyro mišinys fr. 0/22 ir 29,5 cm dulkingo smėlio fr. 0/16 sluoksnis. Žemiau slūgso dulkingo smėlio SD_0 sluoksnis.

Pagal faktinę granuliometrinę sudėtį žvyro mišinys fr. 0/22 atitinka „Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės“ (toliau – Taisyklės) 178.1 p. reikalavimą mineralinių dulkių <0,063 mm kiekiui, faktinė išbira pro 0,063 mm sietą – 8,8 %, kai reikalaujama ≤ 10,0 %. Nustatytas sluoksnio pralaidumo vandeniui koeficientas $k_{10} = 0{,}2 \times 10^{-5}$ m/s neatitinka Taisyklių 178.1 p. reikalavimo ($k_{10} \geq 0{,}5 \times 10^{-5}$ m/s).

Pagal faktinę granuliometrinę sudėtį dulkingas smėlis fr. 0/16 neatitinka „Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės“ (toliau – Taisyklės) 178.1 p. reikalavimą mineralinių dulkių <0,063 mm kiekiui, faktinė išbira pro 0,063 mm sietą – 10,3-13,9 %, kai reikalaujama ≤ 10,0 %. Nustatytas sluoksnio pralaidumo vandeniui koeficientas $k_{10} = 0{,}2 \times 10^{-5}$ m/s neatitinka Taisyklių 178.1 p. reikalavimo ($k_{10} \geq 0{,}5 \times 10^{-5}$ m/s).

Dulkingas smėlis SD_0 pagal LST 1331:2022 atitinka F3 jautrumo šalčiui klasę.

Tyrimų metų gruntinis vanduo tyrimo vietoje Nr. 2 aptiktas 1,55 m gylyje.

Tyrimų vieta Nr. 3

Tyrimų vietoje Nr. 3 nustatyta, kad esamą konstrukciją sudaro 15,2 cm žvyro mišinys fr. 0/22 ir > 30,0 cm dulkingo smėlio fr. 0/16 sluoksnis.

Pagal faktinę granuliometrinę sudėtį žvyro mišinys fr. 0/22 atitinka „Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės“ (toliau – Taisyklės) 178.1 p. reikalavimą mineralinių dulkių <0,063 mm kiekiui, faktinė išbira pro 0,063 mm sietą – 8,8 %, kai reikalaujama ≤ 10,0 %. Nustatytas sluoksnio pralaidumo vandeniui koeficientas k_{10} = 0,2 × 10^{-5} m/s neatitinka Taisyklių 178.1 p. reikalavimo (k_{10} ≥ 0,5 × 10^{-5} m/s).

Pagal faktinę granuliometrinę sudėtį dulkingas smėlis fr. 0/16 neatitinka „Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės“ (toliau – Taisyklės) 178.1 p. reikalavimą mineralinių dulkių <0,063 mm kiekiui, faktinė išbira pro 0,063 mm sietą – 10,3-13,9 %, kai reikalaujama ≤ 10,0 %. Nustatytas sluoksnio pralaidumo vandeniui koeficientas k_{10} = 0,2 × 10^{-5} m/s neatitinka Taisyklių 178.1 p. reikalavimo (k_{10} ≥ 0,5 × 10^{-5} m/s).

5. ESAMOS DANGOS KONSTRUKCIJOS LAIKOMOSIOS GEBOS VERTINIMAS

Dangos konstrukcijos laikomosios gebos tyrimas neardančiaisiais metodais pagrįstas dinaminės apkrovos suteikimu į dangos konstrukciją ir dangos įlinkio (reakcijos) matavimu davikliais, pridėtais ant dangos paviršiaus. Šiems matavimams dažniausiai taikomi deflektometrai, sukuriantys pulsinę apkrovą.

Dangos konstrukcijos laikomosios gebos tyrimas neardančiuoju metodu atliktas 2025 m. rugpjūčio 5 d. specializuota įranga krintančio svorio deflektometru „PRIMAX 2500“ (žr. 5.1 pav.). Matavimas atliekamas suteikiant smūginę apkrovą dangos konstrukcijai ir matuojant dangos paviršiaus įlinkį davikliais.

5.1 pav. Krintančio svorio deflektometras „PRIMAX 2500“

Dangos paviršiaus įlinkis matuotas -60, -45, -30, 0, 20, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150, 180, 210 cm atstumais nuo apkrovos plokštės centro. Apkrova dangos konstrukcijai perduota 30 cm skersmens apkrovos plokšte. Matavimai atlikti dviejose eismo juostose. Matavimo taškai išdėstyti kas 15 m.

Viso pamatuotas 26 taškas. Matavimai atlikti dešinėje transporto priemonių ratų riedėjimo vėžėje, dangos konstrukcijai suteikiant 50 kN apkrovą, atitinkančią 707 kPa slėgį į dangą. Matavimo įrangos ir matavimo metodikos rodikliai pateikti 5.1 lentelėje.

5.1 lentelė. Matavimo įrangos specifikacijos ir matavimo metodikos rodikliai

Apkrova		Apkrovos perdavimo plokštės skersmuo, cm	Įlinkio daviklių atstumas nuo apkrovos perdavimo plokštės centro, cm														Matavimo taškų skaičius, vnt.
kN	kPa																
50	707	30	-60	-45	-30	0	20	30	45	60	75	90	120	150	180	210	26

Dangos konstrukcijos laikomosios gebos rodikliai analizuoti po apkrovos normalizavimo.

Matavimų metu apkrova į paviršių kito ±5 kN diapazone, todėl taikytas dangos įlinkio normalizavimas konvertuojant išmatuotą įlinkį prie pastovios 50 kN apkrovos. Centriniame deformacijos jutiklyje (geofone) faktiniam apkrovos impulsui išmatuotas įlinkis normalizuotas prie standartinės apkrovos pagal formulę (1).

$$w_0 = w_{0,m} \cdot \frac{F_d}{F_m}; \quad (1)$$

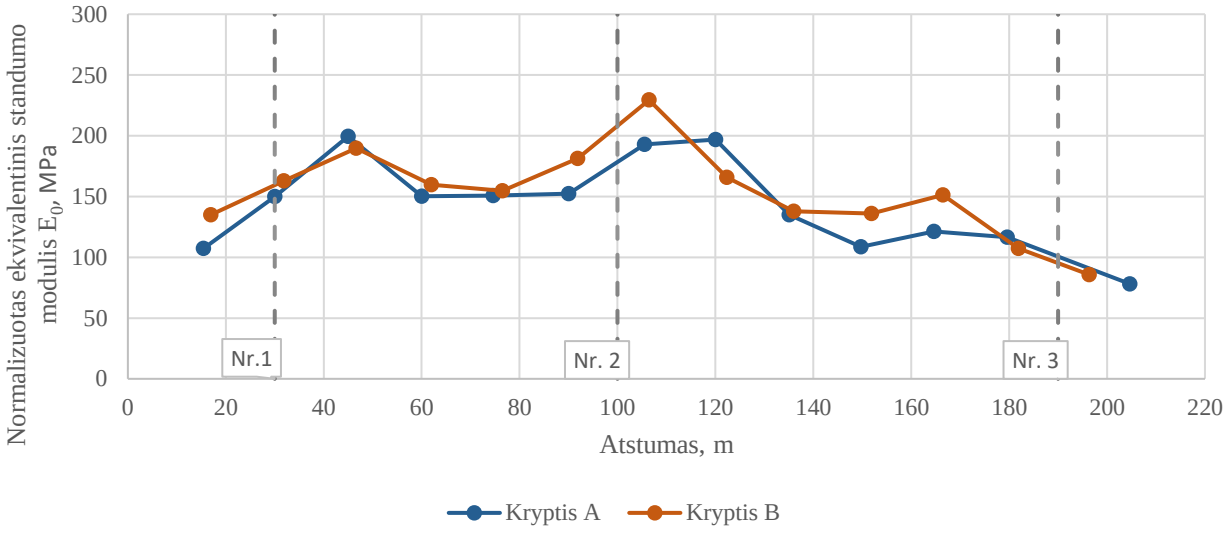
čia: w_0 – normalizuotas įlinkis apkrovos centre, mm; $w_{0,m}$ – matavimais nustatytas įlinkis apkrovos centre, mm; F_m – apkrovos impulsas matavimo metu, kN; F_d – apkrovos impulso standartas 50 kN.

Normalizuotas ekvivalentinis standumo modulis apskaičiuojamas pagal lygtį (2):

$$E_0 = \frac{2(1-\nu^2)\sigma_0 a}{w_0}; \quad (2)$$

čia: ν – Puasono koeficientas; σ_0 – normalizuota apkrova, MPa; a – apkrovos plokštės skersmuo, mm; w_0 – normalizuota deformacija, išmatuota apkrovos plokštės centre, mm.

Analizuojant normalizuotą ekvivalentinį standumo modulį E_0 (žr. 5.2 pav.) nustatyta, kad E_0 kinta nuo 78 MPa iki 229 MPa, vidurkis yra 148 MPa, standartinis nuokrypis – 36 MPa. Atsižvelgiant į išmatuotų kelio konstrukcijos laikomosios gebos rodiklių sklaidą tiriamas ruožas laikytinas vidutinio homogeniškumo. Variacijos koeficientas (santykis tarp rodiklio standartinio nuokrypio ir vidurkio) siekia 25 %, kai orientacinė ribinė vertė yra 20 % (European Commission Directorate-General for Mobility and Transport 2005).



5.2 pav. Normalizuotas ekvivalentinis standumo modulis E_0

6. DANGOS KONSTRUKCIJOS ATNAUJINIMO SPRENDINIAI

Įvertinus apskaičiuotą projektinę apkrovą, esamos konstrukcijos sudėties tyrimų ir laikomosios gebos matavimų rezultatus teikiamos trys dangos konstrukcijos atnaujinimo alternatyvos.

Dangos konstrukcijų atnaujinimo sprendiniai, apimantis visišką esamos dangos konstrukcijos pakeitimą arba atnaujinimą pakeičiant dalį esamos dangos konstrukcijos ir įrengiant hidrauliniais rišikliais ir jonų mainų reakcijas greitinančiais priedais suištą pagrindo sluoksnį, užtikrina ilgalaikį dangos konstrukcijų patvarumą ir ilgesnį su tuo susijusių funkcinių dangos savybių, tokių kaip lygumas, išlaikymą. Dangos konstrukcijos atnaujinimo sprendiniai, apimantys atnaujinimą ant esamos dangos konstrukcijos, padidina esamos dangos konstrukcijos laikomąją gebą bei įgyvendina ekonomiškai pagrįstą siekiamybę išsaugoti kiek įmanoma daugiau esamos dangos konstrukcijos sluoksnių arba pakartotinai panaudoti antrines medžiagas. Tačiau priklausomai nuo esamos dangos konstrukcijos sudėties tolygumo ir medžiagų savybių bei su tuo susijusio galimo mažesnio atsparumo šalčio poveikiui, atnaujintos dangos konstrukcijos funkcinių savybių ir važiavimo komforto lygio kitimu ilguoju laikotarpiu nėra visiškai lygiavertės esamų dangos konstrukcijų atnaujinimui pakeičiant visą arba dalį dangos konstrukcijos.

Įgyvendinant dangos konstrukcijos atnaujinimo sprendinius turi būti užtikrinamas paviršinio vandens nuvedimas nuo dangos suformuojant tinkamą dangos konstrukcijos sluoksnių profilį. Augalinis sluoksnis, esantis važiuojamosios dalies ribose, turi būti pašalintas.

Dangos konstrukcijos atnaujinimo sprendiniai grindžiami techninėse specifikacijose numatyta tyrimų apimtimi. Atsižvelgiant į tai, kad esamos dangos konstrukcijos plotis gali būti

siauresnis nei projektuojamas asfalto dangos plotis, rengiant projektą parenkant gatvės pločio gabaritą būtina atsižvelgti į galimus esamos dangos konstrukcijos sudėties nuokrypius ties esamos dangos konstrukcijos briaunomis nuo šioje ataskaitoje pateiktų tyrimų duomenų. Atsižvelgiant į tai, būtina įvertinti siūlomų dangos konstrukcijos atnaujinimo sprendinių tinkamumą numatomo dangos pločio kraštuose. CTB po pagrindo-dangos sluoksniu (asfalto) numatomas ne mažiau kaip 35 cm platesnis už ant CTB projektuojamą/įrengiamą sluoksnį į abi kelio puses, analogiškai kaip nurodyta ĮT SBR 19 7 paveiksle skaldos pagrindo sluoksnio išplatinimas asfalto sluoksnių atžvilgiu. Apspaustose teritorijose, kai sklypo plotas yra nepakankamas bei tais atvejais kai numatomas sluoksnio(-ių) ant CTB įrėminimas bordiūrais CTB numatomas ne mažiau kaip 20 cm platesnis už ant CTB projektuojamą/įrengiamą sluoksnį į abi kelio puses.

Biržupio g. siūlomi trys dangos konstrukcijos variantai:

- I variantas – atnaujinimas pakeičiant visą dangos konstrukciją;
- II variantas – atnaujinimas ant esamos dangos konstrukcijos;
- III variantas – atnaujinimas pakeičiant dalį dangos konstrukcijos.

I dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas

I dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas apima esamų dangos konstrukcijos sluoksnių išardymą pilna apimtimi bei tipinės dangos konstrukcijos pagal Taisykles įrengimą. I dangos konstrukcijos atnaujinimo varianto sluoksniai, jų storiai, medžiagos ir mechaninės savybės pateiktos 6.1 lentelėje.

6.1 lentelė. I dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas

Sluoksnis	Medžiaga	Storis, cm	Savybės
Asfalto pagrindo-dangos	AC 16 PD (70/100)	8	Pagal ĮT ASFALTAS 25
Skaldos pagrindo[4)]	Pagal TRA SBR 19 ir ĮT SBR 19	20	$E_{v2} \geq 120$ MPa $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$
Apsauginis šalčiui atsparus	Pagal TRA SBR 19 ir ĮT SBR 19	17[1)]	$E_{v2} \geq 80$ MPa $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$
Kvalifikuotai pagerinta žemės sankasa	Gruntas, surištas hidrauliniu rišikliu[2)]	30	$E_{v2} \geq 70$ MPa $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$

Pastabos:

1) Apsauginio šalčiui atsparaus sluoksnio storis apskaičiuotas nuo šalčiui atsparios dangos konstrukcijos storio (nustatytą pagal Taisyklių VI skyriaus nuostatas) atimant kvalifikuotai pagerintos žemės sankasos, skaldos pagrindo bei asfalto sluoksnių storius.
2) Gruntas, surištas hidrauliniu rišikliu, atitinkantis ĮT ŽS 17 ir MN GPSR 12 reikalavimus.
3) Asfalto mišinys ir bitumas, atitinkantys TRA ASFALTAS 25 ir TRA BITUMAS 23 reikalavimus. Gali būti taikomas alternatyvus bitumas pagal ĮT ASFALTAS 25 1 lentelę.
4) Vietoje skaldos pagrindo sluoksnio (SPS), kaip alternatyva, gali būti naudojamas žvyro pagrindo sluoksnis (ŽPS). Taikant ŽPS, sluoksnio stori turi būti 25 cm.

II dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas

II dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas apima skaldos pagrindo sluoksnio ir asfalto pagrindo-dangos sluoksnio įrengimą. II dangos konstrukcijos atnaujinimo varianto sluoksniai, jų storiai, medžiagos ir mechaninės savybės pateikto 6.2 lentelėje.

6.2 lentelė. II dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas

Sluoksnis	Medžiaga	Storis, cm	Savybės
Asfalto pagrindo-dangos	AC 16 PD (70/100)[2)]	8	Pagal ĮT ASFALTAS 25
SPS[5)]	Pagal TRA SBR 19 ir ĮT SBR 19	20	$E_{v2} \geq 120$ MPa[4)]
			$E_{v2}/E_{v1} \leq 2{,}2$ arba $D_{pr} \geq 103\%$
Esami gruntai/sluoksniai be rišiklių		–	E_{v2}/E_{v1}[3)] arba D_{pr}[1)]

Pastabos:
1) Sutankinimo rodiklis turi tenkinti ĮT ŽS 17 196 punkto reikalavimus.
2) Asfalto mišinys ir bitumas, atitinkantys TRA ASFALTAS 25 ir TRA BITUMAS 23 reikalavimus.
3) E_{v2}/E_{v1} santykis turi tenkinti ĮT ŽS 17 9 lentelės reikalavimus.
4) Deformacijos modulis nustatytas antruoju apkrovimo ciklu spaudžiant sluoksnį štampu pagal LST 1360-5. Projektavimo metu priimtas skaldos pagrindo sluoksnio deformacijos modulis E_{V2} nepriklausomai nuo hidrologinių sąlygų svyravimų turi būti užtikrintas ne tik statybos, bet ir visu dangos konstrukcijos eksploatacijos laikotarpiu. Turi būti įvertinti geologinių tyrinėjimų duomenys dėl grunto tinkamumo šiai sąlygai užtikrinti.
5) Vietoje skaldos pagrindo sluoksnio (SPS), kaip alternatyva, gali būti naudojamas žvyro pagrindo sluoksnis (ŽPS). Taikant ŽPS, sluoksnio stori turi būti 30 cm.

III dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas

III dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas apima esamų, nesurištųjų sluoksnių panaudojimą įrengiant viršutinį pagrindo sluoksnį iš gruntų, surištų rišikliu ir priedu, asfalto pagrindo-dangos sluoksnio įrengimą. III dangos konstrukcijos atnaujinimo varianto sluoksniai, jų storiai, medžiagos ir mechaninės savybės pateiktos 6.3 lentelėje.

6.3 lentelė. III dangos konstrukcijos atnaujinimo variantas

Sluoksnis	Medžiaga	Storis, cm	Savybės
Asfalto pagrindo-dangos	AC 16 PD (70/100)[6)]	7	Pagal ĮT ASFALTAS 25
CTB	Viršutinis pagrindo sluoksnis iš gruntų, surištų rišikliu ir priedu	40	$f_c \geq 2{,}5$ MPa[1)] $E_{v2} \geq 400$ MPa[4)]
			$E_{v2}/E_{v1} \leq 2{,}3$[2)] arba $D_{pr} \geq 100$ %[2)]
Esami gruntai/sluoksniai be rišiklių		–	E_{v2}/E_{v1}[3)] arba D_{pr}[5)]

Pastabos:
1) Viršutinio pagrindo sluoksnio (CTB) iš gruntų, surištų rišikliu ir priedu gniuždomasis stipris po 28 parų, nustatytas iš bandinių suformuotų stabilizavimo metu.
2) Matavimai atliekami iškart po sluoksnio įrengimo.
3) E_{v2}/E_{v1} santykis turi tenkinti ĮT ŽS 17 9 lentelės reikalavimus.
4) Deformacijos modulis nustatytas antruoju apkrovimo ciklu spaudžiant sluoksnį štampu pagal LST 1360-5. Projektavimo metu priimtas viršutinio pagrindo sluoksnio iš gruntų, surištų rišikliu ir priedu deformacijos modulis E_{V2} nepriklausomai nuo hidrologinių sąlygų svyravimų turi būti užtikrintas ne tik statybos, bet ir visu dangos konstrukcijos eksploatacijos laikotarpiu. Turi būti įvertinti geologinių tyrinėjimų duomenys dėl grunto tinkamumo šiai sąlygai užtikrinti.
5) Sutankinimo rodiklis turi tenkinti ĮT ŽS 17 196 punkto reikalavimus.
6) Asfalto mišinys ir bitumas, atitinkantys TRA ASFALTAS 25 ir TRA BITUMAS 23 reikalavimus.

7. Ekonominis vertinimas

Ekonominė analizė atliekama įvertinant pateiktų dangos konstrukcijos variantų santykinę įrengimo kainą, priimant, jog tipinės dangos konstrukcijos įrengimas (I atnaujinimo variantas) yra lygus 1 (detaliau žr. 7.1 lentelėje) Analizė atlikta standartinėmis rinkos sąlygomis, neatsižvelgiant į rinkos kainų svyravimus.

Dangos konstrukcijos atnaujinimo II variantas padidina esamos dangos konstrukcijos laikomąją gebą bei įgyvendina ekonomiškai pagrįstą siekiamybę išsaugoti kiek įmanoma daugiau esamos dangos konstrukcijos sluoksnių arba pakartotinai panaudoti antrines medžiagas, tačiau atsižvelgiant į netolygų bendrą šalčiui atsparios esamos dangos konstrukcijos storį, taikant II dangos konstrukcijos atnaujinimo variantą galimas lokalus dangos pažaidų (iškylos, pavieniai plyšiai), susijusių su neigiamu šalčio poveikiu, susidarymas. Šių pažaidų susidarymas neturėtų turėti esminės įtakos atnaujintos dangos konstrukcijos patvarumui.

Dangos konstrukcijos atnaujinimo III variantas padidina dangos konstrukcijos laikomąją gebą ir atsparumą šalčio poveikiui bei įgyvendina ekonomiškai pagrįstą siekiamybę išsaugoti kiek įmanoma daugiau esamos dangos konstrukcijos sluoksnių bei pakartotinai panaudoti antrines medžiagas.

7.1 lentelė. Dangos konstrukcijų variantų įrengimo kainų santykinis palyginimas

Dangos konstrukcijos variantas	Įrengimo kainos santykis lyginant su tipinės dagos konstrukcijos įrengimu
I	1
II	0,65
III	0,5

8. TECHNINĖS SPECIFIKACIJOS

Techninių specifikacijų skyriuje pateikiami reikalavimai viršutiniam (CTB) pagrindo sluoksniui iš gruntų, surištų rišikliu ir priedu įrengti ir reikalavimai sluoksnio mechaninėms savybėms. Žemės sankasa turi būti įrengiama vadovaujantis „Automobilių kelių žemės darbų atlikimo ir žemės sankasos įrengimo taisyklės“ ĮT ŽS 17 reikalavimais, asfalto sluoksniai – „Automobilių kelių dangos konstrukcijos asfalto sluoksnių įrengimo taisyklės“ ĮT ASFALTAS 25, nesurištieji pagrindo sluoksniai – „Automobilių kelių dangos konstrukcijos sluoksnių be rišiklių įrengimo taisyklės“ ĮT SBR 19.

Įrengiant viršutinį pagrindo sluoksnį iš gruntų, surištų rišikliu ir jonų mainus gerinančiu priedu turi būti vadovaujamasi įrengimo taisyklėse ĮT ŽS 17 ir metodiniuose nurodymuose MN GPSR 12 pateiktomis darbų atlikimo nuostatomis.

Pagrindo sluoksniui apdoroti turi būti naudojamas 42,5 arba 52,5 stiprumo klasės cementas, tenkinantis standarto LST EN 197-1 reikalavimus. Pagrindo sluoksniui apdoroti taip pat turi būti naudojamas jonų mainus gerinantis priedas. Skystas koncentruotas preparatas originaliose gamyklinėse pakuotėse, kurį prieš naudojant reikia praskiesti vandeniu pagal pateiktą instrukciją. Minimalus grynojo priedo kiekis apdorotame grunte turi būti ne mažesnis kaip 0,15 l/m^3 grunto. Įprastai gruntams apdoroti yra taikomi 8.1 lentelėje nurodytų savybių jonų mainus gerinantys priedai.

8.1 lentelė. Jonų mainus gerinančių priedų savybės

Savybė	Taikymo sritis	
	Molingi gruntai	**Žvyringi gruntai**
Sieros rūgštis	≥ 65 masės % nuo bendros rišiklio masės	≥ 60 masės % nuo bendros rišiklio masės
pH vertė	≤ 1	≤ 1
Tankis	≥ 1,80 g/cm^3	≥ 1,30 g/cm^3
Fosforo rūgštis	–	≥ 5 masės % nuo bendros rišiklio masės
Citrinos rūgštis	–	≥ 5 masės % nuo bendros rišiklio masės
Ne mažiau kaip vienas rišiklio komponentų turi būti rūgštinė paviršinio aktyvumo medžiaga		
Rišiklio agregatinė būsena – skystis, turi būti nedegus, neužsiliepsnojantis ir neturėti sprogstamųjų savybių		

Jeigu statybinių medžiagų mišinių gamybai naudojamas ne geriamasis vanduo, tai statybos darbams atlikti numatomo naudoti vandens tinkamumas turi būti įrodomas. Vanduo neturintis organinių priemaišų ir kurio pH yra 6,5–8, įprastai yra tinkamas naudoti. Bandymai atliekami pagal standartą LST EN 1008.

Nustatytu laiku prieš darbų pradžią rangovas turi įrodyti numatytų naudoti statybinių medžiagų ir jų mišinių bei gruntų tinkamumą, pateikdamas tinkamumo bandymų ataskaitą pagal 8.2 lentelėje pateiktus reikalavimus. Tinkamumo (reikalingo cemento kiekio) bandymai turi būti atliekami akredituotoje laboratorijoje. Rangovas pateikia tinkamumo bandymais nustatytą rišiklio kiekį, tuo prisiimdamas atsakomybę už tiesimo darbų kokybę.

Hidrauliniais rišikliais ir jonų mainus gerinančiu priedu surišto pagrindo sluoksnio storis, nepriklausomai nuo dangos konstrukcijos sudėties, turi būti ne mažesnis kaip 40 cm.

Darbų atlikimo metu CTB mišinys ar gruntas bei įrengtas sluoksnis turi tenkinti 8.3 lentelėje pateiktus reikalavimus.

Kadangi pavieniai skersiniai ir išilginiai plyšiai yra būdingi dangos konstrukcijoms su CTB sluoksniu, rekomenduojame garantinio laikotarpio metu asfalto dangoje susidariusius plyšius užtaisyti statytojo (užsakovo) atsakomybe.

8.2 lentelė. Reikalavimai CTB mišiniui ar gruntui (tinkamumo bandymai)

Savybė	Reikalavimas
	CTB
Gniuždomasis stipris[1) 2)]	≥ 2,5 MPa
Atsparumas šalčiui[3)]	≥ 0,7[4)]
[1)] Rangovui turint patirtį, suformuoti bandiniai gali būti bandomi po 7 parų. Pasiekus 90 % projektinės gniuždomojo stiprio vertės yra laikoma, kad po 28 parų bus pasiektas projektinis gniuždomasis stipris. [2)] Gniuždomasis stipris, nustatytas po 28 parų pagal standartą LST EN 13286-41 – bandiniai 14 parų laikomi drėgnoje aplinkoje ir 14 parų vandenyje. Po mirkymo atliekamas gniuždomojo stiprio bandymas. Gniuždomasis stipris, nustatytas po 7 parų pagal standartą LST EN 13286-41 – bandiniai 6 paras laikomi drėgnoje aplinkoje ir 1 parą vandenyje. Po mirkymo atliekamas gniuždomojo stiprio bandymas. [3)] Atliekant atsparumo šalčiui bandymus, bandiniai laikomi 13 dienų drėgnoje aplinkoje, po to 1 parą laikomi panardinti kambario temperatūros vandenyje, po to jiems taikoma 14 užšaldymo ir atšildymo ciklų. Vienu užšaldymo ir atšildymo ciklu bandiniai (ištraukti iš vandens) -23°C temperatūroje 8 valandas šaldomi ir 16 valandų atšildomi kambario	

Savybė	Reikalavimas
	CTB
temperatūros vandenyje. Po šaldymo atšildymo ciklų atliekamas gniuždomojo stiprio bandymas pagal standartą LST EN 13286-41. 4) Bandinių po šaldymo ir atšildymo ciklų bei referencinių bandinių (po 28 parų) gniuždomojo stiprio santykis.	

8.3 lentelė. CTB mišiniui ar gruntui bei įrengtam sluoksniui keliami reikalavimai darbų atlikimo metu

Savybė	Reikalavimas	Pastabos
Rišikliais ir jonų mainus gerinančiu priedu surištas mišinys ar gruntas		
Gniuždomasis stipris[1)]	≥ 2,5 MPa[2)]	Gniuždomasis stipris, nustatytas po 28 parų pagal standartą LST EN 13286-41 – bandiniai 14 parų laikomi drėgnoje aplinkoje ir 14 parų vandenyje. Po mirkymo atliekamas gniuždomojo stiprio bandymas. Gniuždomasis stipris, nustatytas po 7 parų pagal standartą LST EN 13286-41 – bandiniai 6 paras laikomi drėgnoje aplinkoje ir 1 parą vandenyje. Po mirkymo atliekamas gniuždomojo stiprio bandymas.
Atsparumas šalčiui	Bandinių po šaldymo ir atšildymo ciklų bei referencinių bandinių (po 28 parų) gniuždomojo stiprio santykis ne mažiau kaip 0,7.	Atliekant atsparumo šalčiui bandymus, bandiniai laikomi 13 dienų drėgnoje aplinkoje, po to 1 parą laikomi panardinti kambario temperatūros vandenyje, po to jiems taikoma 14 užšaldymo ir atšildymo ciklų. Vienu užšaldymo ir atšildymo ciklu bandiniai (ištraukti iš vandens) -23°C temperatūroje 8 valandas šaldomi ir 16 valandų atšildomi kambario temperatūros vandenyje. Po šaldymo atšildymo ciklų atliekamas gniuždomojo stiprio bandymas pagal standartą LST EN 13286-41.
Įrengtas pagrindo sluoksnis		
Deformacijos modulis E_{v2} arba Ekvivalentinis standumo modulis E_0	≥ 400 MPa ≥ 500 MPa	Deformacijos modulis nustatytas antruoju apkrovimo ciklu spaudžiant sluoksnį štampu pagal LST 1360-5. Ekvivalentinis standumo modulis išmatuotas su FWD arba lygiaverčiu įrenginiu.
Deformacijos modulio E_{v2}/E_{v1} santykis [3)] arba Sutankinimo laipsnis D_{Pr}[3)]	≤ 2,3 ≥ 100 %	–
[1)] Rangovui turint patirtį, suformuoti bandiniai gali būti bandomi po 7 parų. Pasiekus 90 % projektinės gniuždomojo stiprio vertės yra laikoma, kad po 28 parų bus pasiektas projektinis gniuždomasis stipris. [2)] Gniuždomajam stipriui, nustatytam iš darbų atlikimo metu suformuotų bandinių, taikomas -10 % leistinasis nuokrypis.		

Savybė	Reikalavimas	Pastabos
[3)] Matavimai atliekami iki medžiagų rišimosi pradžios, iškarto užbaigus tankinimą.		

Reikalavimai CTB sluoksnio įrengimo kontrolei pateikti 8.4 lentelėje.

8.4 lentelė. Reikalavimai CTB sluoksnio įrengimo kontrolei

Sluoksnis	Bandymo metodas	Bandymo pavadinimas	Bandymo data	Ėmimių ėmimo laikas	Ėminių ėmimo dažnis
CTB	LST EN 13286-41	Bandinių stipris gniuždant (≥2,5 MPa)	Po 28 parų[2]	Bandiniai suformuojami darbų atlikimo metu ir bandomi po 28 parų brandinimo	Kas 4500 m^2
	LST EN 13286-41	Atsparumas šalčiui	Po 28 parų[2]	Bandiniai suformuojami darbų atlikimo metu ir bandomi po 28 parų brandinimo	Kas 4500 m^2
	–	Panaudotų priedų specialių sluoksnio elastingumą didinančių priedų (pvz. jonų mainų reakcijų greitintojai) kiekis	Darbų atlikimo metu	Darbų atlikimo metu	Nemažiau kaip vieną kartą per pamainą
	–	Panaudoto cemento kiekis	Darbų atlikimo metu	Darbų atlikimo metu	Kas 2500 m^2
	–	Gruntų drėgnis	Darbų atlikimo metu	Darbų atlikimo metu	Kas 2500 m^2
	LST 1360-5	Dangos sutankinimo laipsnis išreikštas Ev_2/ Ev_1 santykiu (t.b. nedidesnis kaip 2,3) arba sutankinimo rodiklis (D_{pr}≥100 %)	Iškart po įrengimo	Iškart po įrengimo	Kas 3000 m^2
	LST 1360-5 –	Statinis deformacijos modulis Ev_2 (t.b. ≥400 MPa) arba Ekvivalentinis standumo modulis (t.b. ≥500 MPa, išmatuotas su FWD arba lygiaverčiu įrenginiu)			Kas 3000 m^2 Kas 50-100 m^2

ŽS (nesustiprinta)/ esami nesurištieji pagrindo sluoksniai [1]	LST 1360-5	Sutankinimo rodiklis D_{pr}[3]	Iškart po įrengimo	Iškart po įrengimo	Kas 3000 m^2
Pastabos: 1. Kuomet CTB rengiama sustiprinant esamą gruntą (nenaudojant atvežtinio sluoksniais pilamo), po CTB esančių gruntų arba nesurištojo sluoksnio sutankinimas turi būti pasiektas ir patikrinamas prieš paskleidžiant rišiklį (CTB sluoksnio sutankinimas matuojamas ant CTB sluoksnio viršaus, o žemiau esančio sluoksnio sutankinimas turi būti matuojamas atsikasant iki po CTB sluoksniu esančio sluoksnio altitudės). 2. Turint patirtį suformuoti bandiniai gali būti bandomi po 7 parų, pasiekus 90 % projektinės gniuždomojo stiprio vertės yra laikoma, jog po 28 parų bus pasiektas projektinis gniuždomasis stipris. 3. Žemės sankasos sutankinimo rodiklis turi tenkinti ĮT ŽS 17 196 punkto reikalavimus.					

LITERATŪROS SĄRAŠAS

European Commission Directorate-General for Mobility and Transport. 2005. "COST 336. Use of Falling Weight Deflectometers in Pavement Evaluation."

FGSV. 2009. *RDO Asphalt 09. Richtlinien Fur Die Rechnerische Dimensionierung Des Oberbaus von Verkehrsflachen Mit Asphaltdeckschicht*. Germany.

FSV. 2018. "RVS 03.08.68. 'Rechnerische Dimensionierung von Asphaltstraßen.'" Austria.

Khazanovich, Lev, and Qiang Chuck Wang. 2008. "MnLayer: High-Performance Layered Elastic Analysis Program." *Transportation Research Record* 2037 (1): 63–75. https://doi.org/10.3141/2037-06.

Motiejūnas, a., M. Paliukaitė, A. Vaitkus, D. Čygas, and A. Laurinavičius. 2010. "Research on the Dependence of Asphalt Pavement Stiffness Upon the Temperature of Pavement Layers." *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 5 (1): 50–54. https://doi.org/10.3846/bjrbe.2010.07.

Pasirašymas
Rafal Mickevič
projekto vadovas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, VšĮ
2025-09-22 12:58:36

Pasirašymas
Ovidijus Šernas
direktorius, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, VšĮ
2025-09-22 13:07:30