



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Giedrius ŠIAUDINIS

**LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ NESTANDŽIŲ DANGŲ
KONSTRUKCIJŲ STIPRUMO NUSTATYMO METODAI**

Daktaro disertacija
Technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T)

Vilnius, 2007

Disertacija rengta 2003–2007 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Mokslinis vadovas

prof. dr. Donatas Čygas (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

TURINYS

SANTRUMPOS IR SĄVOKOS	5
IVADAS	7
1. ATLIKTŲ TIRIAMŲJŲ DARBŲ APŽVALGA	13
1.1. Automobilių kelių ir gatvių dangų konstrukcijų stiprio nustatymo metodai	13
1.2. Kelio dangos konstrukcijos įlinkių matavimo reikšmių koregavimas	22
1.3. Įlinkių normalizavimas į standartinę apkrovos trukmę	22
1.4. Kelio dangų konstrukcijų įlinkių matavimo duomenų pirminis patikrinimas	23
1.5. Kelio dangos konstrukcijos būklės prognozavimas pagal įlinkių dubenis	25
1.6. Kompiuterinė programa kelio dangos sluoksnio būklei nustatyti	26
1.7. Praktikoje taikomų kelio dangų projektavimo metodų apžvalga	27
1.8. Pirmo skyriaus išvados	29
2. ĮVAIRIŲ FAKTORIŲ ĮTAKOS KELIO DANGOS STIPRUMUI ANALIZĖ	31
2.1. Aplinkos ir automobilių eismo apkrovų poveikis kelio dangos konstrukcijai	31
2.2. Įlinkių reikšmių koregavimas standartinei asfaltbetonio dangos temperatūrai	34
2.3. Temperatūros nustatymas asfaltbetonio sluoksnių vidutiniame gylyje	41
2.4. Antro skyriaus išvados	42
3. EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI	44
3.1. Eksperimento planavimas	44
3.2. Kelio dangos tyrimo metodo ir matavimo vietų parinkimas eksperimentiniuose kelių ruožuose	46
3.2.1. Automobilių kelių ruožų parinkimo eksperimentiniams tyrimams principai ir pagrindimas	49
3.2.2. Automobilių kelių ruožų parinkimo eksperimentiniams tyrimams kriterijai	50
3.3. Temperatūros įtakos eksperimentinių tyrimų rezultatams įvertinimas	52
3.4. Kelio dangos nuosėdžių matavimas	55
3.5. Kelio dangos konstrukcinių sluoksnių storių įvertinimas	56
3.6. Pradinis eksperimentinių tyrimų rezultatų sutvarkymas	60
3.7. Tyrimų rezultatai	63
3.7.1. Kelio dangos konstrukcijos įtempiai nuo išorinės apkrovos	63
3.7.2. Kelio dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulio nustatymas, remiantis deflektometro įlinkių matavimų duomenimis	64
3.8. Trečio skyriaus išvados	65

4. TYRIMŲ REZULTATŲ APDOROJIMAS, ANALIZĖ IR VERTINIMAS	67
4.1. Dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulių apskaičiavimas	67
4.2. Dangos stiprio sumažėjimo dėl sezono veiksnių koeficientų apskaičiavimas	70
4.3. Tyrimo rezultatų statistinė analizė	75
4.4. Ketvirtą skyriaus išvados	87
5. KELIO DANGOS STIPRUMO NUSTATYMO METODAI LIETUVOS SĄLYGOMIS	88
5.1. Kompiuterine programa ELMOD 5 dangos stiprumo nustatymo metodas	88
5.2. Ekvivalentinio kelio dangos tamprumo modulio apskaičiavimo metodas, naudojant deflektometru išmatuotų dangos įlinkių rezultatus	89
5.3. Kelio dangos konstrukcijos ekvivalentinio tamprumo modulio apskaičiavimo kompiuterinės programos EKVMODAS algoritmas	94
5.4. Penkto skyriaus išvados	94
BENDROSIOS IŠVADOS	96
LITERATŪROS SĄRAŠAS	97
AUTORIAUS PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS	104
PRIEDAI	105
1 priedas. Kelių eksperimentinių ruožų dangos konstrukcijos storių matavimo georadaru rezultatai	106
2 priedas. Kelių eksperimentinių ruožų žemės sankasos grunto deformacijos ir dangos konstrukcijos medžiagų tamprumo modulio ribinės reikšmės	111
3 priedas. Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių diagramos	129
4 priedas. Eksperimentinių kelių ruožų dangos konstrukcijos ekvivalentiniai tamprumo moduliai	138

SANTRUMPOS IR SĄVOKOS

FWD – deflektometras, kuriuo matuojami automobilių kelių dangų konstrukcijų įlinkiai, veikiant trumpalaikiai dinaminei apkrovai (angl. *Falling Weight Deflectometer*).

AASHTO – Amerikos valstybinių kelių ir transporto įstaigų asociacija (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

FI – šalčio indeksas žiemos sezono trukmei vertinti, kai temperatūra žemiau nulio (angl. *Freezing Index*).

GPR – georadaras, kuriuo matuojama dangos konstrukcijos sluoksnių storiai, sklindant į kelio dangos konstrukciją didelio dažnio elektromagnetinėms bangoms, kurios atsispindi nuo skirtingų konstrukcijos paviršių nevienodais laiko intervalais (angl. *Ground Penetrating Radar*).

DYNATEST FWD 8000 – firmos „Dynatest“ A/S gamybos deflektometras.

ELMOD – firmos „Dynatest“ grafinėje kompiuterinėje programoje realizuota daugia - sluoksnės dangos tiesinė tamprumo plastiškumo teorija ir Odemarko – Businessko metodologija (angl. *Evaluation of Layer Module and Overlay Design*).

FEM – baigtinių elementų modulis (angl. *Finite Element Module*).

LET – tiesinė tamprumo teorija pagrįstas metodas (angl. *Linear Elastic Theory*).

MET – ekvivalentinis dangos konstrukcijos sluoksnių storių metodas (angl. *Method of Equivalent Thicknesses*).

Tamprusis įlinkis – vertikalusis kelio dangos poslinkis tam tikrame taške, matuojamas sudarius atitinkamas bandymo sąlygas.

TKTI – VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas.

COST – Europos bendradarbiavimo mokslinių ir techninių tyrimų srityje programa (angl. *European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research*), kuri koordinuoja europinio lygio nacionalinius tyrimus. Įsteigta tarpvyriausybiniu susitarimu 1971 m. vykusioje Europos valstybių ministrų konferencijoje.

ESA – ekvivalentinių standartinių ašių skaičius (angl. *Equivalent Standard Axle*).

FHWA – Amerikos federalinė greitkelių valdyba (angl. *Federal Highway Administration*).

APLCAP – kelio dangos asfaltbetonio sluoksnio būklės nustatymo kompiuterinė programa (angl. *Asphalt Pavement Layer Condition Assessment Program*).

LTPP – temperatūros numatymo ir įlinkių korekcijos procedūros, naudojant temperatūros duomenis eksploatuojamoms kelio dangoms ilgai tirti (angl. *The long – term pavement*

performance).

FEHRL – Europos nacionalinių kelių tyrimo laboratorijų forumas (angl. Forum of European Highway Research Laboratories).

BELLS 3 lygtis – Baltzer, Ertman – Larsen, Lukanen ir Stubstad asfaltbetonio dangos sluoksnio temperatūros nustatymo modelis.

NCDOT – Šiaurės Karolinos transporto departamentas (angl. *The North Carolina Department of Transportation*).

CBR – Kalifornijos santykinio atsparumo rodiklis (angl. *California Bearing Ratio*).

DCP – dinaminiai kūgio prasiskverbimo tyrimai (Dynamic Cone Penetration).

SLIC – Stubstad, Lukanen, Irwin ir Clevenson įlinkių dubens transformacijos metodas.

VMPEI – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas, automobilių skaičius per parą.

IVADAS

Mokslo problemos aktualumas

Sparčiai didėjantis transporto priemonių eismo intensyvumas Lietuvos automobilių keliuose pakeitė kelių tinklo plėtros prioritetus. Lietuvos automobilių kelių tinklas išsidėstęs gana tolygiai ir yra gana tankus, tačiau ankstesniais metais nutiesti keliai negali atlaikyti padidėjusių apkrovų ir didėjančio eismo intensyvumo. Dabartinės automobilių kelių plėtros problemos dažniausiai susijusios su mažu kelių pralaidumu, kelio dangos stipriu ir ilgaamžiškumu.

Lietuvos magistraliniuose keliuose ekvivalentinės ašinės apkrovos (ESA) nuo 2000 m. padidėjo daugiau kaip du kartus, o bendras eismo intensyvumas – apie 55 % [27]. Lengvųjų automobilių skaičius Lietuvoje per šį laikotarpį padidėjo dvigubai. Iki 1995 m. įrengtos kelio dangų konstrukcijos nebegali atlaikyti padidėjusių eismo apkrovų, kadangi dangų konstrukcijos buvo projektuotos 80 arba 100 kN apkrovai.

Didėjant eismo intensyvumui ir dar sparčiau didėjant krovininio transporto eismui, mažėja kelio dangų ilgaamžiškumas.

Dangų irimo procesus spartina šie pagrindiniai veiksniai:

- labai padidėjęs krovininių transporto priemonių eismo intensyvumas;
- padidėjusios transporto priemonių ašinės apkrovos, kurios neretai gerokai viršija normines ašies apkrovas, anksčiau taikytas projektuojant dangas;
- autotransporto priemonės, kurios viršija leistiną bendrąją automobilio masę.

Pagal Lietuvoje galiojusias normas leidžiamoji automobilio ašies apkrova buvo 100 ir 80 kN, o šiuo metu magistraliniuose keliuose leidžiamoji automobilio ašies apkrova yra 115 kN, kituose keliuose – 100 kN, todėl būtina stiprinti kelio dangas.

Kelio danga yra vienas svarbiausių kelio elementų, kuriame dinaminių ir statinių apkrovų bei aplinkos poveikis sukelia sankasos gruntų bei kelio dangos konstrukcijos sluoksnių stiprumo pakitimus.

Esamų dangų konstrukcijų laikomoji galia ir jų stiprinimo poreikis dažniausiai nustatomi vadovaujantis dangos paviršiaus būklės ir konstrukcijos stiprumo tyrimais, tačiau Lietuvoje nėra eksperimentiniais tyrimais pagrįstos ir aprobuotos metodikos, kuria vadovaujantis būtų galima nustatyti esamų kelio dangų konstrukcijų laikomąją galią. Todėl atsirado poreikis atlikti tyrimus, kurie įvertintų dangų konstrukcijų būklę, jų stiprumą. Dangos konstrukcijos stiprumas yra vienas iš pagrindinių rodiklių, lemiančių gebėjimą atlaikyti transporto priemonių eismo apkrovas.

Rengiant kelio dangos stiprinimo projektą, reikia įvertinti esamos dangos konstrukcijos ekvivalentinio tamprumo modulio reikšmės, atitinkančias silpniausią kelio dangos būklę, ir palyginti jas su Statybos techniniame reglamente STR 2.06.03:2001 „Automobilių keliai“ rekomenduojamu kelio dangos ekvivalentiniu tamprumo modulių dangos konstrukcijos sluoksnių paviršiuje. Tuo tikslu Lietuvoje buvo pradėtas naudoti deflektometras „Dynatest FWD 8000“ [25], kuriuo galima greitai nustatyti ir apskaičiuoti esamos kelio dangos konstrukcijos sluoksnių stiprio rodiklius. Pagal STR 2.06.03:2001 „Automobilių keliai“ rekomendacijas reikalingo ekvivalentinio tamprumo modulio apskaičiavimui, naudojant deflektometru išmatuotus įlinkius, Lietuvos specialistai neturėjo pakankamai žinių ir patyrimo. Dėl to atsirado didelis skirtumas tarp dangos konstrukcijos ekvivalentinio tamprumo modulio reikšmių, apskaičiuotų remiantis įlinkių duomenimis, ir projektuojamų dangų konstrukcijų pagal STR 2.06.03:2001 [86] tamprumo modulio reikšmių.

Įlinkiai, sukelti apkrovų dėl važiuojančių automobilių ašių svorio, yra viena iš pagrindinių dangų degradacijos priežasčių, todėl tampraus įlinkio matavimai yra geriausias šio poveikio įvertinimas. Pastaruoju metu daugelyje pasaulio šalių kelio dangos stiprumui įvertinti įlinkiai dažnai matuojami deflektometru. Šiuo prietaisu atlikti matavimai yra vienas iš būdų, padedantis kelių specialistams apibūdinti ir paaiškinti dangų konstrukcijos elgseną.

Be to, taikant deflektometrą naudojami skirtingi pradiniai duomenys apie klimatą ir asfaltbetonio temperatūrą. Visi europietiškieji projektavimo metodai yra sudaryti taikant juos klimatiniais šalių faktoriams ir naudojamoms medžiagoms [80]. Tapo aktualu nustatyti Lietuvos klimatinį faktorių įtakos priklausomybes, kad, remiantis įlinkių matavimų deflektometru duomenimis, galima būtų apskaičiuoti kelio dangos konstrukcijos ekvivalentinio tamprumo modulio reikšmės, atitinkančias silpniausią kelio dangos būklę.

Mokslo darbo tikslas ir uždaviniai

Tikslas – eksperimentiškai ištirti Lietuvos automobilių kelio dangos konstrukcijų stiprumo kaitą, įvertinant Lietuvos klimatinės sąlygas ir sukurti teoriškai pagrįstus automobilių kelio dangos konstrukcijų tamprumo modulio nustatymo metodus.

Darbe sprendžiami šie uždaviniai:

1. Eksperimentinių tyrimų automobilių kelių ruožų pradinių duomenų paruošimas; kelio dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulių nustatymo metodo taikymas, įvertinant Lietuvos klimatinės sąlygas.
2. Redukcijos koeficientų nustatymas kelio dangos kiekvieno konstrukcijos sluoksnio kalendorinių metų mažiausiam tamprumo moduliui apskaičiuoti.

3. Kelio dangos konstrukcijos ekvivalentinių tamprumo modulių nustatymo metodo sukūrimas.
4. Regresijos lygčių sudarymas kelio dangos konstrukcijos ekvivalentinių tamprumo modulių minimalioms reikšmėms apskaičiuoti.
5. Ekvivalentinių tamprumo modulių skaičiavimo algoritmo parengimas ir kompiuterinės programos sukūrimas.

Darbo mokslinis naujumas

Pagal kelio dangos įlinkių matavimus deflektometru apskaičiuoti kelio dangos konstrukcijos atskirų sluoksnių ir ekvivalentiniai tamprumo moduliai.

Nustatyti redukcijos koeficientai, leidžiantys apskaičiuoti kelio dangos konstrukcijos sluoksnių mažiausias tamprumo modulių reikšmes Lietuvos klimatinėmis sąlygomis.

Sudaryta lygtis ekvivalentiniam kelio dangos konstrukcijos tamprumo moduliui apskaičiuoti, kuri bus naudojama esamų dangų būklei nustatyti ir dangų stiprinimui projektuoti.

Sudarytos ekvivalentinio tamprumo modulio regresijos lygtys Lietuvos klimato sąlygomis minimalioms tamprumo modulio reikšmėms apskaičiuoti atskirais kalendorinių metų laikotarpiais.

Sukurtas algoritmas ir kompiuterinė programa kelio dangos konstrukcijos ekvivalentiniam tamprumo moduliui apskaičiuoti.

Atlikta kelio dangos konstrukcijos stiprumo analizė.

Įvertinti minimalūs stiprio rodikliai pagal klimatinių veiksnių kitimą.

Pasiūlyti metodai automobilių kelių dangų konstrukcijų stiprumui nustatyti.

Pirmą kartą Lietuvos sąlygomis, įvertinant sezoniškumo įtaką, nustatytos regresijos lygtys ekvivalentiniam kelio dangos konstrukcijos tamprumo moduliui apskaičiuoti. Šios regresijos lygtys panaudotos sukurtame dangų stiprumo nustatymo metode. Tai sudaro šio mokslinio tiriamojo darbo naujumą.

Tyrimų metodika apima:

1. Kelių dangos konstrukcijų eksperimentinius stiprumo tyrimus.
2. Eksperimentinių tyrimo rezultatų analizę ir vertinimą.
3. Kelių dangos konstrukcijų stiprumo nustatymo metodų sukūrimą.
4. Kelių dangos konstrukcijų stiprumo skaičiavimo kompiuterinės programos algoritmo sudarymą.

Praktinė vertė

Atlikus tyrimus pasiūlytieji kelių dangos konstrukcijų stiprumo nustatymo metodai taikytini praktikoje, vertinant Lietuvos automobilių kelių būklę. Būtina nustatyti automobilių kelių dangos konstrukcijų stiprio rodiklius, projektuojant papildomus stiprinamų kelių dangos konstrukcijų sluoksnius, kad danga atlaikytų projektines apkrovas (projektinis analizės uždavinys). Didėjant važiuojančių transporto priemonių apkrovoms svarbu žinoti faktiškus Lietuvos automobilių kelių dangos stiprio rodiklius ir juos taikyti projektavimo metu.

Ginamieji teiginiai

1. Automobilių kelių dangos stiprio rodikliams įtaką daro metiniai sezoniniai klimato veiksniai.
2. Kelių dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulio apskaičiavimo metodas leidžia įvertinti dangos konstrukcijos sluoksnio stiprumą.
3. Kelių dangos konstrukcijos ekvivalentinio tamprumo modulio nustatymo metodas įvertina dangos konstrukcijos stiprumą kiekvieno konstruktyvinio sluoksnio paviršiuje ir leidžia palyginti su statybos techniniame reglamente STR 2.06.03:2001 rekomenduojamaisiais dangų konstrukcijų klasės stiprio rodikliais.

Darbo aprobavimas

Disertacijos rezultatai paskelbti 3 moksliniuose straipsniuose recenzuojamuose periodiniuose mokslo leidiniuose.

Disertacijos rezultatai aptarti dviejose konferencijose

1. Skaitytas mokslinis pranešimas tema „Kelių priežiūros valdymo sistemos modelis“ Tarptautinės modeliavimo ir dalykinių žaidimų asociacijos konferencijoje 2004 m. rugsėjo 6–10 d. Miunchene, Vokietija (Liudwig Maximilian Universitet).
2. Skaitytas mokslinis pranešimas tema „Automobilių kelių dangų stiprio sezoniškumo tyrimai ir vertinimas“ 6-ojoje tarptautinėje konferencijoje „Aplinkos inžinerija“ 2005 m. gegužės 26–27 d. Vilnius.

Darbo apimtis ir struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, 5 skyriai, bendrosios išvados, literatūros sąrašas, autoriaus publikacijų disertacijos tema sąrašas ir priedai. Bendra disertacijos apimtis – 150 puslapių, 38 paveikslai, 10 lentelių ir 4 priedai.

Pirmame disertacijos skyriuje analizuojami mokslininkų nagrinėti kelio dangos stiprumo

nustatymo metodai ir jų priklausomybė nuo sezoniškumo. Išanalizuoti kelių dangos konstrukcijos stiprumui nustatyti naudojami prietaisai ir mokslininkų atlikti kelio dangos įlinkių matavimo deflektometrais eksperimentiniai bandymai. Apžvelgti mokslinių tyrimų rezultatai, naudojant FWD prietaisus ir rengiant Europos bendradarbiavimo mokslinių ir techninių tyrimų koordinuojančią programą.

Antrame disertacijos skyriuje atlikta įvairių faktorių įtakos kelio dangos stiprumui analizė. Išnagrinėtas žalingas važiuojančių automobilių ašinių apkrovų poveikis kelio dangai. Apžvelgtas klimatinės veiksnys ardomas poveikis: oro temperatūros svyravimų, kritulių ir drėgmės sukiamas poveikis. Kelio dangos stiprumo ir būklės priklausomybė nuo aplinkos temperatūros ir kritulių sezoninių pokyčių. Įvertintas pavasario polaidžio laikotarpis kaip kritiškiausias momentas kelio dangos konstrukcijai kasmetiniame aplinkos pokyčių cikle.

Trečiame skyriuje analizuojami kelio dangos konstrukcijos eksperimentiniai tyrimai įlinkių matavimo deflektometru „Dynatest FWD 8000“ metodu. Eksperimentiniams tyrimams Lietuvos Respublikos keliuose su asfaltbetonio danga pasirinkta 20 automobilių kelių ruožų, kurių bendras ilgis sudaro 6,08 km. Nustatyti tiriamųjų kelių dangos konstrukcijos sluoksnių storiai georadaru ir asfaltbetonio dangos sluoksnio temperatūra įlinkių matavimo metu.

Pasirinkti tiriamieji ruožai yra skirtingose Lietuvos vietose: Vilniaus, Kauno, Panevėžio, Telšių, Alytaus regionuose.

Ketverių metų tyrimų cikle nuo pavasario iki rudens buvo atliekami įlinkių matavimai FWD įrenginiu (išskyrus išalo periodą) 3–4 kartus per mėnesį pavasarį ir rudenį bei 1–2 kartus per mėnesį vasarą. Matavimų tikslas: apskaičiuoti dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulius ir rasti ryšį tarp modulių, apskaičiuotų iš įlinkių, matuotų stabilu vasaros metų laiku ir silpniausiu dangos laikotarpiu.

Eksperimentiniams tyrimams parinktų automobilių kelių ruožų dangų konstrukcijų sluoksnių tamprumo moduliams apskaičiuoti buvo:

- išmatuoti kiekvieno eksperimentinio kelio ruožo dangų konstrukcijų sluoksnių storiai;
- naudotos išmatuotų deflektometru „Dynatest FWD 8000“ dangos konstrukcijos įlinkių reikšmės;
- nustatyti įlinkiai apkrovos plokštės centre, redukuoti pagal standartinę +20 °C asfaltbetonio dangos temperatūrą.

Ketvirtame skyriuje nustatyti kiekvieno kelio dangos konstrukcijos sluoksnio eksperimentiniuose kelių ruožuose tamprumo moduliai. Atliekant rezultatų analizę apskaičiuoti dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo moduliai. Jų metinių reikšmių kitimas leidžia prognozuoti kelio dangos stiprį kritiniais metų (pavasario ar rudens) periodais, kai

kelio danga susilpnėja. Remiantis skaičiavimo ir analizės rezultatais nustatyti stiprio rodiklių sumažėjimo dėl sezono veiksnų koeficientai.

Penktasis skyrius skirtas ekvivalentinio eksploatuojamų kelių dangos konstrukcijos tamprumo modulio nustatymo metodui sukurti, tampriuosius įlinkius matuojant deflektometru. Ekvivalentiniai tamprumo moduliai kelio dangos konstrukcijos nagrinėjamuose gyliuose apskaičiuoti pagal Businesko tampriosios puserdvės teoriją ir Odemarko transformaciją. Rasti ekvivalentiniai tamprumo moduliai kiekvieno dangos konstrukcijos sluoksnio paviršiuje, pradedant viršutiniu – asfaltbetonio dangos paviršiumi iki baigiant apatiniu – šalčiui atsparaus sluoksnio paviršiumi. Sudarytos ekvivalentinio tamprumo modulio regresijos lygtys dėl kasmetinių sezoninių klimatinių pokyčių. Sukurtas ekvivalentinio tamprumo modulio nustatymo metodo kompiuterinės programos algoritmas.

1. ATLIKTŲ TIRIAMŲJŲ DARBŲ APŽVALGA

1.1. Automobilių kelių ir gatvių dangų konstrukcijų stiprio nustatymo metodai

Kelio dangos konstrukcijos stipris, jo nustatymo metodai ir priklausomybė nuo sezoniškumo yra nagrinėjami daugelio šalių mokslininkų. Kelio dangos stipris priskiriamas prie aukščiausios reikšmingumo klasės rodiklių, nagrinėjant dangos irimo modelius ir jų pritaikymo galimybes Lietuvos sąlygomis [13]. Šis rodiklis daro įtaką kelio dangos nelygumo ir defektų prognozavimo rezultatams, taip pat ekonominio vertinimo kriterijams.

Projektavimo metodai reikalauja, kad eismas būtų išreikštas automobilio apkrova į ašį arba krovinių automobilių skaičiumi per parą. Ketvirto laipsnio priklausomybė ašies apkrovimo duomenų išraiškai ESA [63] naudojama daugelyje Europos ir pasaulio šalių.

Visos šalys, taip pat ir Lietuva, vis daugiau dėmesio skiria kelių dangų būklės vertinimui.

Dangos įlinkių matavimas deflektometru yra viena iš priemonių dangų būklei vertinti. Įtempiai ir nuosėdžiai dangos sluoksniuose yra esminiai dangų projektavimo elementai. Kelio dangos laikomoji galia vertinama įvairiais būdais: naudojant nomogramas arba kompiuterines programas, kurios leidžia klasifikuoti dangas pagal jų konstrukcijos būklę. Kai kuriose šalyse ši klasifikacija naudojama visų kelių būklei vertinti, kitose šalyse – papildomiems sluoksniams projektuoti ir naujiems kelių ruožams priimti.

Labiausiai paplitęs būdas kelio dangos liekamajam amžiui nustatyti – apskaičiuoti įtempius ir nuosėdžius kritiškose kelio vietose. Kelio dangos liekamasis amžius nustatomas įvertinant eismo apkrovas kelio dangai per praėjusį laikotarpį ir perspektyvias eismo apkrovas. Kiti metodai tiesiogiai įvertina likutinę keliamąją galią, neatsižvelgiant į buvusias ir būsimas eismo apkrovas.

Apskaičiuojant dangos sluoksnių tamprumo modulius pagal įlinkių matavimo duomenis, beveik visuomet reikia sukurti kelio dangos konstrukcijos modelį, kuris padėtų prognozuoti kelio dangos įlinkius veikiant tam tikrai apkrovai.

Taikant dangų irimo modelius Lietuvoje, dangos stiprumas nustatomas dangos būklės metodu, įlinkių (AASHTO) metodu bei Džeimsono metodu [14].

Svarbios yra dvi pastabos, susijusios su visais kelio dangos būklės įvertinimo metodais:

- prieš pradėdant bet kokius tyrimus būtina turėti kuo daugiau duomenų apie vietovę. Šie duomenys dažnai smarkiai veikia projektavimo kriterijus, sprendimus, susijusius su medžiagų savybėmis, bei kitas prielaidas ar pataisymus;
- bet koks liekamojo amžiaus skaičiavimo metodas turi apribojimus ir rezultatai negali būti automatiškai pripažinti. Labai svarbu palyginti šiuos rezultatus su kitais, dangos

būklės vertinimo kriterijais, tokiais kaip vizualinis patikrinimas ir išgręžto iš kelio dangos kerno duomenys. Reikėtų patikrinti, ar šie skirtingi liekamojo kelio dangos amžiaus įvertinimo duomenys patvirtina vienas kitą.

Prižiūrint automobilių kelių dangas labai svarbu žinoti esamos kelio dangos laikomąją gebą. Dangos laikomoji geba nustatoma matuojant dangos įlinkius vietoje arba dangos laikomąją gebą skaičiuojant kompiuterinėmis programomis. Taisant ir rekonstruojant kelio dangas svarbu žinoti esamos kelio dangos konstrukcijos stiprį, kuris gali būti nustatytas tik konkrečioje vietoje pagal kelio dangos įlinkių matavimo rezultatus.

Kelių dangos konstrukcijos stiprumui nustatyti Lietuvoje šiuo metu naudojama apkrovos plokštė, statinė sija „Strassentest“, Benkelmano sija, dinaminiai prietaisai „ZORN 2 SGO 2“, „Mini FWD Prima 100“ [59] ir „Dynatest FWD 8000“ [25].

Apkrovimo plokštė yra seniausias ir plačiausiai naudojamas prietaisas laikomajai gebai įvertinti geotechnikoje. Naudojant apkrovimo plokštę matuojamas kelio dangos įlinkis, atsirandantis kaip tam tikros statinės apkrovos (60 kN), uždėtos ant apvalios 300 mm skersmens plokštės, rezultatas. Bandymui su apkrovimo plokšte atlikti užtenka dviejų žmonių, tačiau reikia nemažai laiko. Per darbo pamainą gali būti atlikta iki 50 bandymų.

Matuojant statine sija „Strassentest“ (1.1 pav.), dangos konstrukcijos sluoksnis spaudimo plokšte tolydžio apkraunamas ir nukraunamas.



1.1 pav. Matavimas statine sija „Strassentest“

Paskui bandymas vėl kartojamas. Grunto įtempiai σ_0 po spaudimo plokšte ir jo nuosėdis vaizduojami nusėdimo kreive [54]. Gruntų deformacijos modulis yra grunto gebėjimo deformuotis parametrinis dydis. Jo reikšmės, turint pirmojo ir kartotinio apkrovimo nusėdimo kreivę, apskaičiuojamos pagal kirstinės nuolydį tarp taškų $0,3 \sigma_{lmax}$

$$E_v = 1,5r \frac{\Delta_\sigma}{\Delta_s}, \quad (1.1)$$

čia E_v – grunto deformacijos modulis, MPa; r – apkrovos spaudimo plokštės spindulys, mm; Δ_σ – gruntų įtempių pokytis spaudimo plokštės centre, mm.

Grunto standumo rodiklis yra įtempių santykis su nuosėdžiu:

$$k_s = \frac{1000\sigma_0}{s}, \quad (1.2)$$

čia k_s – grunto standumo rodiklis, MN/m; σ_0 – vidutiniai įtempiai po spaudimo plokšte, MN/m²; s – grunto nuosėdis spaudimo plokštės centre, mm. Jis nustatomas pagal pirmojo apkrovimo s kreivę.

Didžiausia apkrova, kurią numatoma taikyti, arba didžiausias grunto nuosėdis, kurį reikia pasiekti atliekant bandymą, priklauso nuo bandymo tikslo, grunto savybių ir spaudimo plokštės skersmens.

Tiesiant kelius, grunto deformacijos modulis E_v nustatomas naudojant 300 mm skersmens spaudimo plokštę. Apkrova didinama tol, kol pasiekiamas 5 mm nuosėdis arba grunto įtempiai po spaudimo plokšte yra 0,5 MN/m². Bandymą reikia nutraukti, kai įlinkiai arba įtempiai yra mažesni negu nurodyti, tiriant silpnus gruntus arba kai apkrovos didinimas rodo staigų nuosėdžių padidėjimą, artimą grunto išstūmimo būsenai.

Spaudimo plokštė nukraunama didžiausią apkrovą mažinant 50 %, 25 % ir visiškai nukrovus. Visiškai nukrovus štapą, atliekamas antrasis apkrovimo ciklas iki priešpaskutinės pirmojo ciklo apkrovos.

A. C. Benkelmanas po 1950 metų Amerikoje panaudojo matavimo siją [51]. Matavimo Benkelmano sija metodika pagrįsta kelio dangos konstrukcijos įlinkių nustatymu nuo statinės apkrovos. Matuojant Benkelmano sija kelio dangos konstrukcija apkraunama statine apkrova (dviašė transporto priemonė, kurios užpakalinė ašis turi dvigubus ratus), nuo kurios danga įlinksta. Pašalinus statinę apkrovą, Benkelmano sija išmatuojamas įlinkis ir apskaičiuojamas kelio dangos paviršiaus ekvivalentinis tamprumo modulis.

Bandymui reikia mažiau laiko, palyginti su apkrovos plokšte, todėl per pamainą gali būti atlikta 100–150 matavimų.

Kelio dangos įtempiai dažniausiai priklauso nuo apkrovos dydžio ir apkrovimo greičio, todėl kelių specialistai bandė nustatyti dangos laikomąją gebą matuodami įlinkius po važiuojančiu sunkvežimiu. Kadangi, sunkvežimiui važiuojant dideliu greičiu, tiksliai išmatuoti įlinkius buvo neįmanoma, todėl penktajame dešimtmetyje buvo sukurta judanti Benkelmano sija. Judančia Benkelmano sija įlinkiai buvo matuojami po riedančiu ratu, važiuojant nedideliu greičiu. Toks matavimo metodas turėjo trūkumų: nedidelis greitis ir sudėtingas „nulinės“ apkrovos nustatymas. Todėl specialistai bandė ieškoti kitų būdų įlinkiams išmatuoti, veikiant trumpalaikiai apkrovai ir imituojant eismą dideliu greičiu.

Automobilių kelių ir gatvių dangų konstrukcijoms modeliuoti buvo sukurtas deflektometras (FWD), kuris matuoja įlinkius veikiant trumpalaikiai apkrovai. Šio metodo pranašumai: negadinama matuojamoji kelio danga, prietaisas valdomas vieno žmogaus, tikslūs ir greitai atliekami matavimai (iki 60 matavimo taškų per valandą), didelis apkrovų diapazonas (7–120 kN); pritaikytas daugelio automobilių kelių dangų matavimams ir oro uostų dangų bandymams [36, 37, 68, 77].

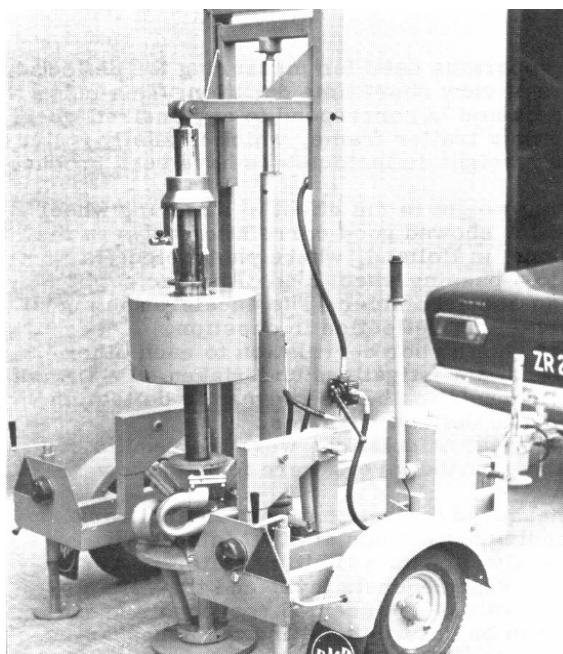
Deflektometro sukūrimo idėja kilo Prancūzijos mokslininkams [15]. Po tam tikro laiko jie nusprendė atsisakyti tokios idėjos ir vietoje to bandė sukurti judančią Benkelmano siją – Lacroix deflektografą. Pagal prancūzų mokslininkų eksperimentus pirmieji bandymai pagaminti FWD įrenginį atlikti Danijoje 1964 m. Eksperimentiniai laikomosios gebos nustatymo bandymai su naujai pagamintu įrenginiu buvo atlikti Danijos nacionalinėje kelių tyrimo laboratorijoje (dabar – Danijos kelių tyrimo institutas). Pirmieji bandymai parodė, kad jėgos perdavimo požiūriu Nacionalinės kelių tyrimo laboratorijos įrenginys nebuvo toks efektyvus, kaip prancūzų. Remiantis iš Prancūzijos gauta informacija, įrenginys buvo keletą kartų modifikuotas. Danijos technikos universiteto mokslininkai sukūrė naują prietaisą [31]. Danų mokslininkų sukurtas dinaminis stiprio nustatymo prietaisas pavaizduotas 1.2 paveiksle.

Pirmąjį FWD įrenginį buvo ypač sunku naudoti. Vėliau kompanija „A/S Phonix“ sugebėjo patobulinti įrenginio konstrukciją. Apkrovą sukeliantis masyvus cilindras buvo sumontuotas ant priekabos ir pakeliamas hidrauliniu būdu. Įlinkiai buvo matuojami elektroniniais prietaisais (1.3–1.4 pav.).

Anglijos ir Prancūzijos specialistų nuomonė apie deflektometrą buvo skeptiška: jie manė, kad, veikiant dinaminei apkrovai, apkrovos trukmė apatiniuose dangos sluoksniuose yra nerealiai trumpa. Be to, buvo ginčijamasi, ar naudojamų medžiagų inercija, paveikta dinaminės apkrovos, neturės tam tikro poveikio.



1.2 pav. Dinaminis dangos stiprio nustatymo prietaisas FWD, pagamintas kompanijos „TU – Delft“
1978 m.



1.3 pav. „Phonix“ kompanijos pagamintas FWD su S formos spyruoklėmis



1.4 pav. „Phonix“ kompanijos pagamintas FWD su „Dynatest“ kompanijos elektronine sistema

Įvertinę Prancūzijos ir Didžiosios Britanijos specialistų nepritarimą, Danijos mokslininkai atliko lyginamuosius matavimus su FWD ir dideliu greičiu judančiu ratu. Rezultatai buvo teigiami. Abiem atvejais įlinkių reikšmės buvo vienodos [31].

Aštuntajame dešimtmetyje FWD prietaisai buvo naudojami vis daugiau, pradžioje moksliniams tyrimams, vėliau kasdienėje praktikoje. Tuo metu daugelio šalių specialistai kaupė patirtį šioje srityje. Devintojo dešimtmečio pradžioje atsirado poreikis pasidalinti turima patirtimi.

1991 m. Europos nacionalinių kelių tyrimo laboratorijų forumas (FEHRL) surengė FWD seminarą Olandijos Delft mieste. Po dvejų metų antrasis seminaras vyko Prancūzijoje. Tai buvo FEHRL – FWD darbo grupės veiklos pradžia. Ši darbo grupė parengė pirmą darbo ataskaitą „FWD matavimų derinimas ir duomenų sutvarkymas kelio dangoms įvertinti projektiniuose tyrimuose“ (angl. *Harmonisation of FWD Measurements and Data Processing for Flexible Road Pavement Evaluation at Project Level*). Kito seminaro Danijoje metu buvo aptarta ir patvirtinta galutinė šio darbo ataskaita. Trijų seminarų metu 14 šalių atstovai prisidėjo prie šios ataskaitos rengimo. FEHRL – FWD darbo grupė inicijavo COST rekomendacijų rengimą. 1995 m. FEHRL iniciatyva buvo oficialiai patvirtinta ir 1996 m. buvo pradėtos rengti COST 336 rekomendacijos.

COST darbo modelis buvo pasirinktas kaip tinkamiausias bendradarbiavimo ir finansavimo mechanizmas dėl šių priežasčių:

- kad atliktas darbas būtų naudingas kuo daugiau COST rengimo veikloje dalyvavusių šalių (ne tik Europos Sąjungos šalims);
- kad kuriant efektyvų geros praktikos vadovą, jis būtų pripažintas projekte dalyvavusių šalių vyriausybių atstovų.

Kompanija „Dynatest A/S“ buvo įkurta 1976 m., bendradarbiaujant Danijos kelių tyrimo institutui ir Danijos technikos universitetui. Dynatest FWD 8000 deflektometras parodytas 1.5 paveiksle.



1.5 pav. Deflektometras „Dynatest FWD 8000“

Tuo pat metu panašūs eksperimentai buvo atlikti Švedijoje kompanijos KUAB, kuri 1976 m. pradėjo matuoti kelių dangų įlinkius.

Aštuntajame dešimtmetyje keletas Olandijos kompanijų pasigamino deflektometrus savo tikslams. Dėl to aštuntojo dešimtmečio pabaigoje Olandija turėjo daug skirtingų tipų deflektometrų ir daugybę įlinkių duomenų apdorojimo metodų. 1988 m. kompanija CROW, norėdama suvienodinti FWD įrenginius ir matavimų metodus, įskaitant duomenų sutvarkymą, sudarė mokslinį komitetą „FWD matavimai“ šiems klausimams spręsti. 1995 m. šis komitetas parengė Olandijos standartą deflektometro matavimams. Siekiant nustatyti FWD įrenginiais išmatuotų rezultatų skirtumus, 1998 m. rugsėjo mėn. Olandijoje buvo atlikti lyginamieji matavimai įvairiais įrenginiais. Vėliau remiantis šiuo darbu buvo paruošti nurodymai FWD įrenginiams testuoti ir patikrinti [31].

Jungtinėse Amerikos Valstijose 1987 m. kompanija „Foundation mechanics Inc.“ pradėjo gaminti JILS – FWD įrenginius. Kompanija „Foundation mechanics Inc.“ yra ir kelio būklės vertinimo įrangos (angl. *Road Rater*) gamintoja.

Japonijoje FWD įrangą gamina kompanija „Komatsu“ [31].

Dinaminis dangos stiprio nustatymo prietaisas „Dynatest FWD 8000“ (1.5 pav.) sukuria pusės sinusoidės formos vieno „smūgio“ apkrovą. Jos trukmė – 25–30 ms, ji labai panaši į judančio rato apkrovą. Apkrovos reguliavimo intervalas – nuo 7 iki 120 kN. Apkrovą fiksuoja centre įmontuotas dinamometro daviklis, prijungtas prie ant šarnyrų pakabintos apkrovos plokštės. Kelio dangos įlinkiai fiksuojami 7–9 įlinkių davikliais. Matavimo įrenginys aprūpintas automatine mechanikos sistema (taip pat ir apkrovos kritimo aukščio pasirinkimas). Matavimo įrenginio sistemos procesorius „Dynatest 8000“ susideda iš mikroprocesoriaus kontrolės ir signalų apdorojimo įrenginio. Jis prijungtas prie deflektometro priekabos ir kompiuterio. Procesorius turi sistemos būklės stebėsenos sistemą, todėl puikiai užtikrina matavimų tikslumą. Įlinkiai matuojami absoliučiu $2 \% \pm 2$ mikrometrų tikslumu ir standartiniu santykinio $1 \% \pm 1$ mikrometro tikslumu. Įrenginio skiriamoji geba įlinkių matavimams yra 1 mikronas. Apkrova matuojama ne mažesniu nei $2 \% \pm 0,3$ kN tikslumu. Įrenginio skiriamoji geba apkrovai yra nuo 0,03 iki 0,2 kN. Matuojant kelių dangos konstrukcijos įlinkius dinaminio prietaisu, apkrova sukelia masyvaus cilindro smūgiu, kuris per labai trumpą laiko dalį sukelia konstrukcijos sluoksnio poslinkį. Deflektometras plačiai naudojamas kelio dangos konstrukcijos detaliems techniniams tyrimams, vertinant kelių dangos ruožų stiprį.

Tyrimų metu išmatuojami kelio dangos įlinkiai, apskaičiuojami kelio dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo moduliai, įtempių pasiskirstymas apkrovos zonoje, nustatomas kelio dangos liekamasis amžius ir kritinis kelio dangos konstrukcijos sluoksnis [25].

Norint sužinoti įlinkį dangos konstrukcijos sluoksnių paviršiuje, rekomenduojama nubraižyti paviršiaus tampros modulio grafiką. Jis nurodo dangos sluoksnių įlinkius skirtinguose ekvivalentiniuose gyliuose.

Paviršiaus tamprumo modulis ekvivalentiniame gylyje r yra apytiksliai lygus moduliui dangos sluoksnio, ekvivalentiško dangos sluoksniams, esantiems žemiau ekvivalentinio gylio $h_e = r$.

Tamprumo modulis apkrovos centre (ekvivalentinis gylis = 0 mm) apskaičiuojamas pagal formulę

$$E_0 = \left[\frac{f(1-v^2)\sigma_0 a}{d_r} \right]. \quad (1.3)$$

Šis modulis nurodo visos dangos konstrukcijos ekvivalentinį tamprumo modulį (imama, kad danga yra vienas sluoksnis).

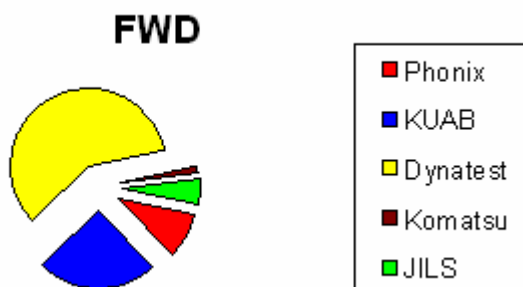
Paviršiaus tamprumo modulis atstumu r nuo apkrovos centro ($r > 2a$) apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$E_{0(r)} = \left[\frac{(1 - \nu^2) \sigma_0 a^2}{r d_r} \right], \quad (1.4)$$

čia E_0 – paviršiaus tamprumo modulis apkrovos plokštės centre; $E_{0(r)}$ – paviršiaus tamprumo modulis atstumu r , MPa; f – įtempių pasiskirstymo koeficientas ($f = 2$ – tolygus, skelta apkrovos plokštė; $f = \pi/2$ – standi plokštė; $f = 8/3$ – birūs gruntai, standi plokštė; $f = 4/3$ – rišlūs gruntai, standi plokštė); ν – Puasono koeficientas; σ_0 – kontaktinis slėgis po apkrovos plokštės, kPa; a – apkrovos plokštės spindulys, mm; r – atstumas nuo jutiklio iki apkrovos centro, mm; d_r – įlinkis atstumu r , mm.

Šis tamprumo modulis nurodo ekvivalentinę deformaciją sluoksnių, esančių žemiau ekvivalentinio gylio $h_e = r$.

Daugelyje Europos šalių deflektometras tampa dažniausiai naudojamu įtaisu įvairių kelių konstrukcijų dangos būklei vertinti, pvz., automobilių kelių ir gatvių, oro uostų kilimo ir tūpimo takų, pramoninių ir stovėjimo aikštelių. Šiuo metu pasaulyje naudojama daugiau kaip 300 FWD. Naudojamų dangų stiprio dinaminių matavimo prietaisų pasiskirstymas pagal atskirus gamintojus pateiktas 1.6 paveiksle.



1.6 pav. Šiuo metu naudojamų FWD įrenginių diagrama pagal jų gamintojus

Daugelį metų deflektometras buvo naudojamas vieno ar kito kelio dangos ruožo stiprinimo ar rekonstrukcijos poreikiui įvertinti [31, 56, 92]. Pirmiausia, jis buvo naudojamas patvirtinti ar prižiūrėti dangų konstrukcijų taisymo ir rekonstrukcijos reikmes, prognozuojamas atlikus vizualines ir instrumentines kelių apžiūras, antra, FWD gali būti

naudojamas bet kurių konstrukcinių trūkumams diagnozuoti kelio dangoje.

Iki šiol šis prietaisas daugiausia naudojamas kelio dangai įvertinti projektiniu kelio dangų valdymo sistemos lygiu. FWD gali būti naudojamas dangų konstrukcinio stiprio duomenų bankui sudaryti, biudžetui sudaryti, finansavimui regione paskirstyti, taisymo ir rekonstrukcijos ruožams ir prioritetams parinkti (stiprinimo ar rekonstrukcijos ruožų eilei sudaryti). Europos šalys vis daugiau atsižvelgia į struktūrinę kelio dangų būklę, gautą remiantis reguliariais įlinkio matavimais, kaip parametą savo kelio dangų valdymo sistemose.

1.2. Kelio dangos konstrukcijos įlinkių matavimo reikšmių koregavimas

Matuojant kelio dangos įlinkius skirtingu metų laiku, skirtingomis dienomis ir įvairiu paros metu, dėl klimatinių ir techninių veiksnių sunku užtikrinti analogiškas matavimo sąlygas (t. y. apkrovą, oro ir asfaltbetonio dangos sluoksnio vidutinę temperatūras ir pan.). Tyrimo rezultatams palyginti visos išmatuotos realių įlinkių reikšmės apskaičiuojamos įlinkių reikšmėmis, atitinkančiomis standartinę kelio dangos apkrovą ir standartinę asfaltbetonio dangos vidutinę temperatūrą:

$$D_s = \frac{D_r F_s k_T}{F_r}, \quad (1.5)$$

čia D_s – perskaičiuotas įlinkis; D_r – išmatuotas įlinkis, μm ; F_s – standartinė apkrova į kelio dangą, kN; k_T – temperatūros pataisos koeficientas; F_r – kelio dangos apkrova įlinkių matavimo metu, kN.

Įlinkių normalizavimas į standartines sąlygas leidžia lengviau palyginti įlinkių duomenis. Normalizuoti įlinkiai taip pat gali būti naudojami įlinkių reikšmių vidurkiui apskaičiuoti vienoje atkarpoje ir nustatyti jos standartinį įlinkių nuokrypį. Įlinkiai normalizuojami į nustatytą apkrovą pagal tiesinę priklausomybę [1, 1A]. 50 kN nustatytą apkrovą, kai apkrovos plokštės skersmuo lygus 300 mm, atitinka 707 kPa kontaktinis slėgis. Išmatuoti įlinkiai yra dauginami iš santykio ($P_{\text{nustatyta}}/P_{\text{išmatuota}}$).

1.3. Įlinkių normalizavimas į standartinę apkrovos trukmę

Skirtingų tipų deflektometrai dangos apkrovos metu taiko skirtingą apkrovos trukmę.

Asfaltbetonio sluoksnių, taip pat daugelio pagrindo grunto medžiagų fizinės savybės priklauso nuo apkrovos laiko, todėl įlinkiai bus skirtingi. Šie skirtumai gali būti labai dideli plastiškiems, vandens prisotintiems sankasos gruntams. Kadangi šiuo metu nėra tokių kelio dangos analizės metodų, kurie padėtų nustatyti apkrovos trukmės įtaką įlinkiams, todėl normalizavimas į standartinę apkrovos trukmę turėtų būti pagrįstas empirinėmis priklausomybėmis.

C. Van Gurp ir kiti [92], remdamiesi regresine analize, sukūrė redukavimo formulę (1.6), kuria įlinkiai, išmatuoti KUAB prietaisu, esant 60 ms apkrovos trukmei, yra apskaičiuojami įlinkiais, esant 25 ms apkrovos trukmei. Kadangi KUAB ir FWD prietaiso įlinkių matavimo jutikliai išdėstyti 0, 200, 300, 450, 600, 900 ir 1200 mm atstumu nuo apkrovos centro, buvo naudoti įlinkiai, išmatuoti 0, 300, 600, 900 ir 1200 mm atstumu. Redukavimo formulė yra tokia:

$$d_{25,i} = a_i + b_i d_{60,0} + c_i d_{60,300} + d_i d_{60,600} + e_i d_{60,900} + f_i d_{60,1200}, \quad (1.6)$$

čia $d_{25,i}$ – įlinkis, išmatuotas atstumu i (mm), kai apkrovos trukmė 25 ms (μm); $d_{60,i}$ – įlinkis, išmatuotas atstumu i (mm), kai apkrovos trukmė 60 ms (μm); $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i$ – regresijos koeficientai.

Reikia pažymėti, kad esant kitoms apkrovos trukmėms taikomi kiti regresijos koeficientai.

Lietuvoje KUAB prietaisas nenaudojamas.

Įlinkių matavimai asfaltbetonio dangose turi būti koreguojami pagal tam tikrą apkrovimo sistemos būdą ir numatomas aplinkos sąlygas. Tai priklauso nuo kelio dangos neardomojo tyrimo prietaiso, apkrovų dažnumo ir krūvio lygio. Taip pat gerai žinoma, kad svarbiausias aplinkos veiksnys, veikiantis automobilių kelių dangų konstrukcijų įlinkius, yra asfaltbetonio sluoksnio temperatūra, kuri veikia asfaltbetonio temperatūrinius įtempius.

1.4. Kelio dangų konstrukcijų įlinkių matavimo duomenų pirminis patikrinimas

Netaisyklingi nuosėdžių dubenys gali atsirasti dėl šių priežasčių: neteisingas įrašančių daviklių išdėstymas (atstumas tarp daviklių) ir asfaltbetonio sluoksnio nevientisumas, dangos įskilimai ar įtempimai. Netaisyklingi įlinkiai gali apsunkinti kelio dangos konstrukcijos sluoksnių būklės įvertinimą. R. N. Stubstad ir kt. [55] padarė išvadą, kad neteisingas įlinkių matavimo jutiklių išdėstymas (atstumai tarp jų) gali labai smarkiai paveikti tampros modulio

reikšmes, kurios vertinamos naudojant kompiuterines skaičiavimo programas. Prieš matuojant įlinkius labai svarbu patikrinti, ar įlinkio dubuo yra netaisyklingas. Šiame darbe yra siūlomi du kriterijai, norint nustatyti tokius neįprastus atvejus.

Pirmas kriterijus aprašomas šia lygtimi:

$$d_i < d_{i+1}, \quad (1.7)$$

čia d_i – įlinkis ties i davikliu; $i = 1, 2, \dots, 6$.

Antras kriterijus aprašomas šia lygtimi:

$$E_i > E_{i+1}, E_i > E_{i-1}, \quad (1.8)$$

čia E_i – tamprumo modulis dangos paviršiuje ties i davikliu; $i = 2, 3, \dots, 6$.

E_i yra apskaičiuojamas naudojant šias lygtis:

$$E_t = \frac{2(1 - \mu^2)pa}{d_t}, \quad (1.9)$$

čia $i = 1$; μ – Puasono koeficientas; p – kontaktinis slėgis po apkrovos plokšte; a – apkrovos plokštės spindulys; d_i – įlinkis atstumu i ,

$$\text{ir } E_t = \frac{(1 - \mu^2)pa^2}{R_i d_t}, \quad (1.10)$$

čia $i = 2, 3, \dots, 7$; R_i – pakoreguotas atstumas nuo apkrovos centro.

Deflektometro įlinkių matavimo jutikliai yra pakeisti skaičiais vietoj intervalų, dėl to šios lygtys yra taikomos įvairiems jutiklių intervalams. Pakoreguoti atstumai nuo apkrovos centro, buvo pasiūlyti A. M. Johnson ir R. L. Baus [44] t. y. 180, 290, 445, 595, 900 ir 1200 mm, bei 200, 300, 450, 600, 900 ir 1200 mm jutiklių intervalams. Šie atstumo nuo apkrovos centro taisymai koreguoja paklaidą, atsiradusią dėl deflektometro apkrovos taškinio krūvio priartėjimo.

Pirmas kriterijus naudojamas patikrinti, ar išorinio daviklio įlinkis yra didesnis nei vidinio, o tai gali nutikti, kai viršutiniame kelio dangos sluoksnyje yra didelių plyšių. Antras kriterijus yra naudojamas aptikti vietinius paviršiaus modulių pikus tarp centrinio ir išorės daviklių. Geroje kelio dangose piko paviršiaus modulis atsiranda arba ties centriniu jutikliu dėl didelio asfalto betono sluoksnio standumo, arba toliau nuo centro nutolusiuose jutikliuose

dėl standaus sluoksnio, arba netiesinių pasluoksnio savybių. Kai bet kuris iš šių kriterijų pasitaiko, nuosėdžių dubuo vadinamas netaisyklingu.

Šalia šitų dviejų kriterijų, SLIC metodas, kuris buvo sukurtas R. N. Stubstad ir kt. [55], taip pat gali būti taikomas neįprastiems įlinkio dubenims surasti. SLIC metode S_i , spindulio atstumas nuo i daviklio, yra nubrėžtas šalia d_1/d_i , įlinkio spindulys nuo įlinkio centro iki įlinkio ties davikliu i , yra dvejetainio logaritmo logaritminėje skalėje. Antrosios eilės daugianarė funkcija yra taikoma, kad atitiktų santykius tarp S_1 ir d_1/d_i , tai yra išreikšta taip:

$$\ln(S_i) = a + b \ln\left[\ln\left(\frac{d_1}{d_i}\right)\right] + c \left\{\ln\left[\ln\left(\frac{d_1}{d_i}\right)\right]\right\}^2, \quad (1.11)$$

čia $i = 2, 3, \dots, 7$; a , b ir c – regresijos konstantos.

Didelė R^2 vertė yra gaunama, jeigu įlinkio dubuo yra normalus. Menkas kreivės atitikimas dažniausiai nurodo didelį asfaltbetonio sluoksnio nevientisumą arba neteisingai įrašytą daviklių išdėstymą.

1.5. Kelio dangos konstrukcijos būklės prognozavimas pagal įlinkių dubenis

Y. R. Kim ir kt. [46] nurodo, kaip nustatyti dangos sluoksnio būklės rodiklius pagal paviršiaus įlinkius. Šie metodai buvo sukurti pagal generuotas duomenų bazines, taikant dinامينius, tiesinius ir netiesinius baigtinių elementų metodus. Gautose duomenų bazėse yra kelio dangos struktūros ir medžiagos charakteristikos (sluoksnio storiai, tamprumo moduliai ir medžiagos netiesinės konstantos) ir kelio dangos plyšiai, įtempiai ir įlinkiai. Kelio dangos sluoksnio būklės nustatymo metodai yra kitokie nei tradicinės įlinkių analizės programos, todėl kai kurie būdai, taikytini skirtingų sluoksnių būklei įvertinti, šiose procedūrose yra tarpusavyje nepriklausomi. Pavyzdžiui, įmanoma įvertinti pasluoksnio būklę nežinant viršutinio sluoksnio būklės. Taip pat šie būdai skiriasi nuo tradicinių įlinkių analizės programų, kadangi keli iš šių metodų nereikalauja visų septynių įlinkių jutiklių rezultatų. Ši savybė leidžia tirti netaisyklingus įlinkių baseinus, kurie dažnai gaunami nuvargintose kelio dangose, nustatant kelio dangos būklę.

Kelio dangos būklės rodikliams, susijusiems su įlinkių, įtempių ar plyšių atsiradimu, įtaką daro ne vien sluoksnio medžiagos savybių derinimas, bet taip pat kelio dangos struktūrinės ir aplinkos sąlygos, tokios kaip temperatūra ir drėgmė. Pavyzdžiui, didelis pasluoksnio plyšys gali atsirasti dėl silpnos konstrukcijos. Taip pat jis gali atsirasti dėl mažo asfaltbetonio sluoksnio storio arba tampros modulio. Mažas tamprumo modulis gali būti dėl aukštos

temperatūros. Kadangi kelio dangos sluoksnio būklės rodiklius veikia struktūra, prognozė turi būti normalizuojama į nurodytą kelio dangos konstrukciją. Dangos būklės rodiklių korekcijos leidžia sukurti unikalų sluoksnio būklės nustatymo kriterijų, kuris gali būti taikomas nemažai grupei kelio dangų struktūrų.

Norint eliminuoti temperatūros poveikį šiems rodikliams, reikia temperatūrą koreguoti. Temperatūros korekcijos yra taikomos asfaltbetonio tamprumo moduliui, taip pat struktūrinė korekcija yra taikoma ir kitiems kelio dangos struktūriniais rodikliams, tokiems kaip asfaltbetonio storis.

Temperatūros korekcijos procedūra buvo sukurta ir pagrįsta faktu, kad E_{ac} yra temperatūros funkcija. Ši funkcija buvo išreikšta M. R. Thompson ir N. Garg [87]:

$$\log(E_{ac}) = a - bT, \quad (1.12)$$

čia E_{ac} – asfaltbetonio tamprumo modulis, kuriam pritaikyta temperatūros korekcija; T – temperatūra °C; a ir b – konstantos, susijusios su fizinėmis asfaltbetonio savybėmis.

Dinaminių kūgio skverbties (DCP) tyrimų dydžiai buvo koreliuoti iki Kalifornijos tankio koeficiento (CBR), taikant NCDOT sukurta lygtį [10]:

$$\log(CBR) = 2,6 - 1,07 \log(DCP). \quad (1.13)$$

Aplinkai stebėti naudojama informacija apie deflektometro FWD tyrimus ir dinامينius kūgio skverbties tyrimus.

1.6. Kompiuterinė programa kelio dangos sluoksnio būklei nustatyti

Kompiuterinė programa, įgyvendinanti dangų būklės įvertinimo procedūras, buvo sukurta naudojant *Visual Basic* kalbą. Prototipo versija APLCAP įtraukia ir būklės įvertinimo procedūras pagrindo ir visos asfaltbetonio dangos konstrukcijos keliams. Detalų APLCAP funkcijų aprašymą galima rasti Y. R. Kim publikacijose [46].

Pagrindinės APLCAP funkcijos apima deflektometro nesutvarkytų duomenų atranką, pagrįstą sukurtais būklės rodiklių kriterijais. Duomenų rinkmena konvertuojama iš deflektometro rinkmenos, gautos naudojant DYNATEST arba KUAB prietaisą, ir analizuojama APLCAP. Tyrimų rezultatai pateikiami įvairiais formatais, įskaitant ir lenteles, brėžinius ar tekstines rinkmenas, su detaliais paaiškinimais. APLCAP kompiuterinis realizavimas, patogus duomenų įvedimas ir gavimas bei visų svarbiausia greita analizė ir

apskaičiavimas leidžia neardant nustatyti kelio būklę.

1.7. Praktikoje taikomų kelių dangos projektavimo metodų apžvalga

Toliau apžvelgsime patirtį, surinktą Europos Komisijos COST 333 jos akcijos metu [30]. Iš Baltijos šalių, Estijos tyrimų deflektometru duomenys buvo pridėti prie COST 333 pranešimo galimiems palyginimams, nors Estija dar nedalyvavo COST 333 vykdyme.

Daugelyje Europos šalių (apie 60 %) taikomos ištobulintos analitinės procedūros, kurių pagrindas – analitinė daugiasluoksnės dangos konstrukcijos tiesinė tamprumo teorija [5, 12, 16, 17, 75, 76, 80, 81, 83, 94], leidžianti apskaičiuoti leistinuosius įtempius ar poslinkius kritiniuose kelio dangos struktūros taškuose. Tam reikia bitumu surištų inertinių medžiagų tamprumo modulio reikšmės, kuri priklauso nuo dangos temperatūros. Ši reikšmė taikoma pradinėms sąlygoms. Estijoje standartinė asfaltbetonio dangos temperatūra tampriajam įlinkiui apskaičiuoti yra 10 °C [4], o Lietuvoje – 20 °C. Estijoje buvo parengtas metodinis pagrindas ekvivalentinio tamprumo moduliui nustatyti, pagrįstam deflektometro įlinkių matavimo duomenimis, naudotinam Estijos kelių dangų valdymo sistemoje dangų konstrukcinei būklei įvertinti, taip pat nustatyti tinkamiems pataisos koeficientams, reikalingiems modulio reikšmei transformuoti į reikšmę, atitinkančią silpniausią dangos būklę Estijos klimatinėmis sąlygomis [4].

Deflektometru išmatuoti įlinkiai gali būti taikomi įvairių kelio dangos sluoksnių tamprumo moduliui nustatyti. Skaičiuojama turi būti labai atidžiai. Jeigu dangos sluoksnių yra daug arba jie labai ploni, sunku tiksliai apskaičiuoti tamprumo modulius. Skaičiavimai taip pat netiksūs, kai dangos konstrukcijoje yra standžių sluoksnių [28, 31].

Apskaičiuotas tamprumo modulis, įlinkius išmatavus deflektometru, gali padėti [28, 30, 34]:

- įvertinti santykinį rišliųjų ir nerišliųjų medžiagų indėlį į kelio dangos stiprumą;
- parodyti silpnas konstrukcijos vietas, kurias reikia analizuoti ir prireikus stiprinti;
- atpažinti konstrukcinę kritinio sluoksnio kokybę;
- apskaičiuoti sukeltus apkrovos įtempius ir nuosėdžius atskiruose kelio dangos sluoksniuose;
- apskaičiuoti laukiamą kelio dangos išteklį, naudojant apskaičiuotus įtempius ir nuosėdžius kartu su nuovargio kreive ir ašinių apkrovų rodikliais;
- nustatyti kelio dangos liekamąjį amžių, remiantis apskaičiuotu visu dangos naudojimo

ištekliumi ir prognozuojamu eismo intensyvumu artimoje ateityje;

- apskaičiuoti stiprinamojo sluoksnio storį, jeigu kelio dangos liekamasis amžius yra mažesnis, negu reikalaujamas kelio dangos išteklius.

Deflektometru gautų rezultatų analizei pasaulyje esama daugybė kelio dangų stiprumo skaičiavimo programinių paketų. COST 336 susirinkime FWD duomenų analizei buvo viešai pristatyta 17 programinių paketų (1.1 lentelė) [31].

1.1 lentelė. Kompiuterinių programų FWD analizei sąrašas

Programa	Programą sukūrusi firma
UEC–SLAB, PAVERS	KOAC Pavement Consultants
BAP (LEAD)	New University of Lisbon, Portugal
EVERCALC 5.0	Washington State DOT, USA
CARE	DWW, The Netherlands
CANUV	University of Zilina, Slovak Republic
BACKLAY	CVUT, Prague, Czech Republic
BOUSDEF	LAW PCS Reno NV, USA
MODCOMP 4	Cornell University
UMPED, PEDD	University of Mississippi, USA
MICHBACK, MFPDS	Michigan State University, USA
DAPS	Abatech Computer Services
EFROMD2	Australian Road Research Board
ELMOD	Dynatest, Denmark
MODULUS 5.1	Texas Transport Institute, USA
SIDMOD	China
WESDEF	Waterways Experimental Station, USA
CLEVERCALC	Sweden

Iš 17 programų aštuonios yra skirtos nestandžioms kelio dangoms analizuoti. Viena programa analizuoja standžias kelio dangas ir aštuonios kompiuterinės programos yra universalios. Taikomi įvairūs konvergavimo metodai, tokie kaip vidutinis kvadratinis nuokrypis ir minimalus absoliutus skirtumas. Programose naudojamas procentinis tikslumas. Daugumoje jų taikoma tiesinė tamprumo teorijos skaičiavimo metodika. Dalyje programų sankasos gruntas yra prilygintas begaliniam sluoksniui, o 13 programų vertina sankasos gilumoje esant standųjį sluoksnį.

Daugumoje programų tamprumo moduliai bituminiams rišliesiems dangos sluoksniams turi standartinės temperatūros pataisas. Standartinė 20 °C temperatūra yra priimta trijose programose, o kitose trijose programose taikoma 11 °C skaičiuojamoji temperatūra. Kitais atvejais standartinę temperatūrą pasirenka vartotojas. Temperatūros pataisos pobūdis keičiasi einant nuo vienos programos prie kitos. Įtempiai ir nuosėdžiai yra matuojami fiksuotuose taškuose penkiose programose, vartotojo pasirinktuose taškuose matuojami septyniose programose. Dangos liekamajam amžiui skaičiuoti taikomi įvairūs būdai, įskaitant nuovargio ir kitus dėsnius. Aštuonios programos apibrėžia projektinį stiprinimo storį, įprastiniu atveju apibrėžiamą vartotojo nustatytais parametrais, ir aštuonios programos leidžia apdoroti rinkmenas grupėmis.

Užtikrinant įvairių pasiūlytų metodų nuoseklumą, rekomenduojama, kad jie būtų taikomi naudojant paprastą tiesioginę daugelio sluoksnių tiesinės tampriosios analizės programą, naudojant minimalų sluoksnių skaičių. Gali būti taikomos ir kitos sudėtingesnės teorijos, bet jos turi būti visuomet pagrįstos ir palyginamos su paprasto metodo analize [31].

Iš visų pateiktų skaičiavimo programų Lietuvoje taikomos ELMOD 4 ir ELMOD 5 programos, kurios naudoja „Dynatest FWD 8000“ įlinkių matavimo rinkmeną esamų kelio dangos sluoksnių (skaičiaus ir storio) tamprumo moduliui apskaičiuoti pagal Odemark – Businesso lygtis [60, 89]. Papildomai panaudojant stiprinimo medžiagų rodiklius tamprumo moduliui, programa gali apskaičiuoti reikiamą dangos stiprinimo storį.

1.8. Pirmo skyriaus išvados

1. Taikant FWD naudojami skirtingi pradiniai duomenys apie klimatą, ekvivalentines temperatūros vertes, skaičiuojamųjų apkrovų dažnį. Visi Europoje naudojami projektavimo metodai yra pritaikyti atskirų šalių klimatiniams faktoriams ir naudojamoms kelių statybinėms medžiagoms.

2. FWD duomenų analizei pasaulyje esami kelių dangos stiprio rodiklių skaičiavimo

programiniai paketai nustato kritinį dangos konstrukcijos sluoksnį, apskaičiuoja dangos liekamąjį amžių ir projektinį kelio dangos konstrukcijos stiprinimo storį.

3. Lietuvoje naudojama ELMOD kompiuterinė programa apytiksliai apskaičiuoja kritinį kelio dangos konstrukcijos sluoksnį, liekamąjį amžių ir reikiamą dangos stiprinimo storį panaudojant deflektometru „Dynatest FWD 8000“ išmatuotus kelio dangos įlinkius, nes neįvertinama klimato, temperatūros pokyčių įtaka, naudojamų medžiagų savybės. Kompiuterine programa negalima nustatyti ekvivalentinių tamprumo modulių kiekvieno dangos konstrukcijos sluoksnio paviršiuje, kuriuos reglamentuoja statybos techninis reglamentas STR 2.06.03:2001.

4. Lietuvoje nėra nustatytų klimatinių faktorių įtakos priklausomybių, kad, remiantis įlinkių matavimo bet kuriuo metų laiku deflektometru duomenimis, galima būtų apskaičiuoti dangos konstrukcijos tamprumo modulio reikšmę, atitinkančią silpniausią kelio dangos būklę.

5. Reikia nustatyti ekvivalentinio tamprumo modulio apskaičiavimo metodą, naudojant įlinkių matavimo deflektometru rezultatus, įvertinant aplinkos ir kitus specifinius Lietuvos sąlygų faktorius.

2. ĮVAIRIŲ FAKTORIŲ ĮTAKOS KELIO DANGOS STIPRUMUI ANALIZĖ

2.1. Aplinkos ir automobilių eismo apkrovų poveikis kelio dangos konstrukcijai

Kelio konstrukcija veikiama automobilių eismo ir įvairialypės aplinkos.

Kelio irimą dėl šios sistemos sąveikoje lemia:

- geometriniai kelio parametrai, eksploatacinės kelio dangos savybės, kelio dangos konstrukcija;
- automobilių eismas, apkrovos;
- aplinka: klimatas, hidrologija.

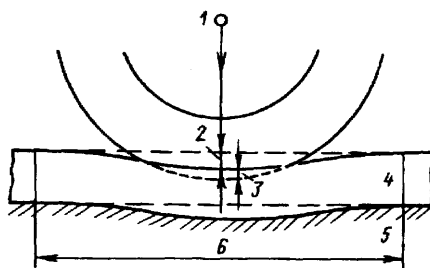
Kai automobilis važiuoja keliu, jo dangą veikia vertikaliosios ir horizontaliosios jėgos. Vertikaliosios jėgos poveikis priklauso nuo automobilio svorio, o horizontaliosios, arba tangentinės, veikiančios išilgai arba skersai važiavimo kryptimi, – nuo važiavimo greičio, pagreičio, padangų sankibos su kelio danga bei stabdymo būdo. Eksploatuojamos dangos paviršiuje susidaro nelygumų ir vertikaliųjų bei horizontaliųjų jėgų poveikis keičiasi. Kai danga nelygi, pašokus ratui, slėgis į dangą labai sumažėja ar net išnyksta, ratui krintant (dinamiškai smogiant), slėgis gali padidėti iki kelių kartų [93].

Kelio dangos ir apkrovų nuo automobilių ratų sąveiką galima apibrėžti keliais rodikliais:

- apkrovos dydžiu;
- vidutiniu slėgiu, atsirandančiu rato pėdsako zonoje;
- apkrovos veikimo dažniu;
- pasipriešinimu virpesiams;
- rato ir kelio dangos sankiba.

Kai yra lygus paviršius, automobilių ratų poveikį kelio dangai galima apibūdinti kaip trumpalaikę statinę apkrovą. Jos poveikio į kelio dangą trukmė yra 0,01–0,5 s, priklausomai nuo automobilio važiavimo greičio.

Veikiant apkrovai, kelio danga išlinksta (2.1 pav.), bet apkrovą nuėmus, danga grįžta į pradinę padėtį. Važiuojant sunkiasvoriams automobiliams, įlinkiai padidėja ir išsiplečia į visas puses. Įlinkis pasireiškia automobilio judėjimo kryptimi. Vykstant intensyviu automobilių eismui, įlinkiai gali apimti visą važiuojamąją kelio dangos dalį. Jei danga po apkrovų nespėja sugrįžti į pradinę padėtį, atsiranda įvairaus pobūdžio plastinių deformacijų [5].



2.1 pav. Įlinkio kelio dangoje susidarymas nuo automobilio apkrovos,

čia 1 – automobilio ratas; 2 – kelio dangos įlinkis; 3 – padangos suspaudimas; 4 – kelio danga; 5 – žemės sankasa.

Transporto priemonių, o ypač sunkiasvorių, eismas, daro žalingą poveikį kelių dangoms. Nuo važiuojančių keliu transporto priemonių skaičiaus ir jų ašinių apkrovų dydžio bei bendrosios transporto priemonių masės priklauso dangos būklė ir ilgaamžiškumas. Didesnės ašinės apkrovos sparčiau blogina dangos būklę – atsiranda plyšių, duobių, vėžių, spartesnė asfaltbetonio dangos erozija. Ypač pavojingos ašinės apkrovos, viršijančios leistinąsias projektines ašines apkrovas.

Transporto poveikis dangoms įvertinamas santykiniais dydžiais – automobilio ašiai tenkančią apkrovą dalinant iš standartinės ašinės apkrovos.

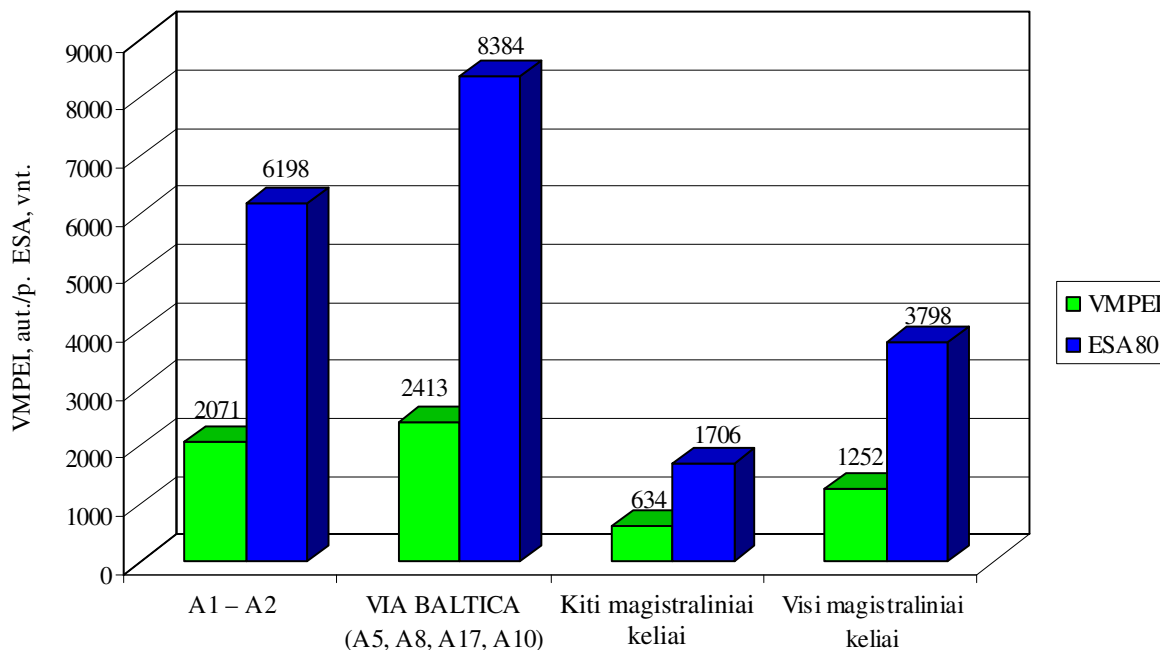
Ašinės apkrovos kelio dangai daromai žalai įvertinti naudojamas rodiklis ESA – ekvivalentinis standartinių ašių skaičius. Pagal šį rodiklį standartinės 80 kN ašies poveikis dangai yra lygus 1. Didėjant apkrautos ašies masei, poveikis kelio dangai didėja – tarp ESA reikšmės ir apkrautos ašies masės yra ketvirtojo laipsnio priklausomybė [51].

Esant ašių skaičiui N_p , kurių apkrova P , standartinių ašių skaičius $ESA(NE)$ apskaičiuojamas pagal šią formulę [63]:

$$NE_n = N_p \left(\frac{P}{80} \right)^4, \quad (2.1)$$

čia N_p – ašių su vienoda apkrova skaičius; P – ašies apkrova kN; 80 – standartinė ašies apkrova, kN.

Krovininiai automobiliai daro didžiausią neigiamą poveikį dangai, nes jų ašių apkrovų poveikis yra daug didesnis nei bendro eismo intensyvumo poveikis (2.2 pav.) [27].



2.2 pav. Krovinių automobilių VMPEI ir ESA 80 magistraliniuose keliuose 2006 m.

Kelio konstrukcijos irimą lemia ir aplinka. Svarbiausius aplinkos faktorius galima priskirti vienam iš šių dviejų: klimatui ir laikui. Ardomas klimato veiksnių poveikis kartais būna kur kas didesnis, nei eismo [71]. Duomenys apie klimatą apibūdina oro temperatūrą ir jos kitimą per metus, kritulių kiekį, oro sąlygas žiemą.

Temperatūros svyravimai turi trejopą poveikį medžiagoms ir visai dangos konstrukcijai:

- dangos asfaltbetonio sluoksnio tamprumo modulis, kylant jos temperatūrai, mažėja, o temperatūrai krintant – didėja. Šis faktorius yra svarbus vėžių atsiradimui;
- asfaltbetonio danga, kylant jos temperatūrai, plečiasi, o temperatūrai krintant – traukiasi. Dangoje gali atsirasti struktūrinių ir normalinių (dažniausiai orientuotų skersine kryptimi) plyšių;
- temperatūrai nukritus žemiau 0 °C, dangos konstrukcijoje esantis vanduo užšąla. Kelio konstrukcijos sluoksniuose iš biriųjų medžiagų užšalęs vanduo gali sudaryti iškylas. Rišikliais apdorotuose sluoksniuose vanduo susikaupia tam tikrose ertmėse – plyšiuose, išdaužose ir pan., todėl jis užšalęs skatina šių pažaidų plėtotę.

Dangų ilgaamžiškumas labai priklauso nuo kelio konstrukcijos stiprumo. Konstrukcijai didelę įtaką turi ne tik važiuojančių transporto priemonių poveikis, bet ir aplinkos veiksniai – klimatiniai, hidrologiniai, hidrogeologiniai. Didžiulę įtaką žemės sankasos hidroterminiam režimui turi klimatas, lemiantis kritulių kiekį ir oro temperatūrą.

Didelę įtaką kelio dangoms turi teigiamų ir neigiamų temperatūrų kaita. Tokių kaitų per metus pasitaiko nuo 70 iki 80. Lietuvos teritorija yra plačiai besivystančių kriogeninių procesų zonoje (procesai susiję su sezoniniais ir ilgamečiais gruntų iššalimais ir atitirpimais, taip pat su požeminių ir paviršinių vandenų užšalimu) [84].

Kelių klimato zonoje gali būti skirtingų mikroklimato rajonų, kuriuose vietovės hidroterminis režimas priklauso nuo vietovės.

Asfaltbetonio dangos tamprumo modulis, kylant jos temperatūrai, mažėja, o krintant temperatūrai – didėja. Šis efektas yra svarbus vėžėms atsirasti [14].

Pagrindiniai klimato veiksniai, nuo kurių priklauso dangos darbas ir jos struktūros projektavimas, yra temperatūra ir krituliai.

Kelio dangos konstrukcijos naudojimo laikotarpis skirtingomis klimato sąlygomis (kai kitos sąlygos identiškos) gali skirtis iki trijų kartų [26, 29].

Temperatūros svyravimų sukeltas neigiamas poveikis taip pat gali būti priskirtas ir prie vandens arba drėgmės sukeltamų neigiamų poveikių. Kitas vandens, esančio dangos konstrukcijoje, sukeltas neigiamas poveikis yra tas, kad jis sumažina pagrindo sluoksnių iš biriųjų medžiagų tamprumo modulį, o kartu ir jų stiprumo savybes – atsparumą šlyčiai ir normaliniams įtempiams [14].

Temperatūra veikia: a) plastines asfaltbetonio savybes; b) temperatūrinius asfaltbetonio įtempius; c) žemės sankasos grunto iššalimą ir atšilimą.

Pagrindiniu asfaltbetonio kaip kelių statybinės medžiagos trūkumu yra didelis jo savybių priklausymas nuo temperatūros. Didėjant temperatūrai, mažėja bitumo, esančio asfaltbetonio mišinyje, klampa, o tai susilpnina ir ryšius tarp mineralinių medžiagų ir sumažina asfaltbetonio stiprumą.

2.2. Įlinkių reikšmių koregavimas standartinei asfaltbetonio dangos temperatūrai

Kai atliekamas tiesioginis tamprumo modulio apskaičiavimas iš išmatuotų įlinkių duomenų, tada išmatuotas įlinkių dubuo turi būti normalizuojamas į standartinę asfaltbetonio temperatūrą. Temperatūros normalizavimo faktorius priklauso nuo asfaltbetonio sluoksnio storio, temperatūros ir atstumo nuo apkrovos centro. Vidutinė dangos temperatūra yra naudojama temperatūros pataisos koeficientui nustatyti, kuris reikalingas dangos įlinkių reikšmėms apskaičiuoti nustatytoje standartinėje 20 °C temperatūroje [8]:

$$TNF = 1 + \left(a_1 + \frac{a_2}{h_1} \right) (T_A - 20) + \left(a_3 + \frac{a_4}{h_1} \right) (T_A - 20)^2, \quad (2.2)$$

čia TNF – temperatūros normalizavimo faktorius; T_A – asfaltbetonio temperatūra °C; h_1 – asfaltbetonio sluoksnio storis, mm; a_1, a_2, a_3, a_4 – koeficientai, pateikti 2.1 lentelėje.

Nustatyti centrinio įlinkio ir keleto įlinkių reikšmių skirtumų koeficientai a_1, a_2, a_3 ir a_4 . Pasirinkta standartinė temperatūra +20 °C.

Išmatuoti įlinkiai yra dalijami iš temperatūros normalizavimo faktoriaus ir taip gaunamos įlinkių reikšmės standartinėje temperatūroje [8].

2.1 lentelė. Dangos temperatūros normalizavimo koeficientai

Kintamasis	a_1 (°C ⁻¹)	a_2 (mm/ °C)	a_3 (0,001 °C ⁻¹)	a_4 (mm/ °C)
d_0	0,01661	-0,67095	0,28612	-0,01408
d_0-d_{225}	0,05955	-2,73223	1,48011	-0,08171
d_0-d_{300}	0,05398	-2,61130	1,28439	-0,07493
d_0-d_{450}	0,04720	-2,39175	1,05022	-0,06371
d_0-d_{600}	0,04190	-2,15168	0,87228	-0,05301

Šiaurės Karolinoje buvo sukurta nauja temperatūros korekcijos procedūra deflektometru išmatuotiems įlinkiams nestandžiose kelio dangose. Šioje procedūroje temperatūros korekcijos koeficientai priklauso nuo atstumo iki apkrovos plokštės centro [18]. Teksase neseniai sukurta universali temperatūros korekcijos lygtis asfaltbetonio kelio dangų įlinkiams ir tamprumo moduliams. Šis tyrinėjimas rodo, kad tik įlinkiai 0–203 mm spindulio atstumu nuo apkrovos centro yra reikšmingai veikiami temperatūros.

Deflektometras yra gera priemonė, įvertinanti naudojamos kelio dangos ilgaamžiškumą ir rekonstrukcijos projektavimo galimybes. Įlinkių matavimai nestandžiose kelio dangose turi būti koreguojami tam tikram apkrovimo sistemos būdai ir numatomoms aplinkos sąlygoms. Pagrindinė procedūra FWD įlinkių matavimo ir asfaltbetonio tamprumo modulio skaičiavimo korekcijoms nuo temperatūros yra pristatyta *AASHTO Guide for Design of Pavement structure* [1].

Eksplatuojamo kelio dangos būklės ir likutiniam naudojimui laikotarpiui numatyti bei įvertinti buvo naudojami įlinkiai, esantys įvairiu atstumu nuo apkrovos centro bei įlinkio dubens parametrai [44, 45]. Daug temperatūros korekcijos procedūrų įlinkiams gali būti

taikomos tik įlinkio centrui [48, 49]. Straipsnyje [62] pristatoma nauja temperatūros korekcijos procedūra nestandžioms kelio dangoms Šiaurės Karolinoje. Procedūra pateikia įlinkių korekcijos koeficientus, esant įvairiam spindulio atstumui nuo FWD krūvio centro ir esant skirtingiems krūviams.

E. O. Lukanen ir kiti [55] sukūrė naujas temperatūros nustatymo ir įlinkių korekcijos procedūras (LTPP), naudojant temperatūros duomenis, surinktus tiriant ilgai eksploatuojamas kelio dangas. Pagrindinis šios korekcijos trūkumas tas, kad LTPP procedūra buvo sukurta naudojant nacionalinę duomenų bazę ir negali būti panaudota kitų regionų. Ardomasis būklės įvertinimo kriterijus buvo sukurtas naudoti jį kartu su dangų būklės rodikliais, kurie yra apskaičiuoti pagal deflektometro įlinkius. Norint įvertinti kelio dangos struktūros ir temperatūros įtaką deflektometro įlinkių tyrimams, buvo panaudotos struktūros ir temperatūros korekcijos procedūros, pagrįstos duomenų bazėmis. Buvo sukurta įlinkių pirminio patikrinimo procedūra. Visos testuotos struktūros, temperatūros korekcijos procedūros ir pirminio patikrinimo algoritmai buvo įtraukti į įlinkių tyrimų programą su grafine sąsaja, asfaltbetonio kelio dangos sluoksnio būklės nustatymo programa, arba APLCAP [10].

Asfaltbetonio dangos sluoksnių standumas, taip pat šių sluoksnių tampros modulių reikšmės priklauso nuo dangos temperatūros, matuojant dangos įlinkius skirtingu metų laiku, skirtingomis dienomis ir įvairiu paros metu. Pagal šių matavimų duomenis apskaičiuotų tampros modulių reikšmės redukuojamos standartinei temperatūrai. Lietuvoje priimta standartinė temperatūra yra +20 °C.

Apskaičiuojant asfaltbetonio sluoksnio tampros modulį ELMOD 5 programa, gautos tampros modulių reikšmės gali būti redukuojamos standartinei temperatūrai, taikant:

- BELLS modelį;
- Danijos kelių instituto modelį;
- AASHTO metodiką.

Kai nėra galimybių nustatyti temperatūrą dangos gylyje, naudojamas vadinamasis BELLS modelis [88]. Šiame modelyje įvertinama 5 parų prieš įlinkių matavimą vidutinė ir išmatuota dangos paviršiaus temperatūra.

Autorių tyrimais nustatyta, kad tiksliausiai bendro asfaltbetonio dangos sluoksnio temperatūrą nusako 1/3 gylyje nuo šio sluoksnio paviršiaus išmatuota temperatūra [88]:

$$T_{1/3} = 8,77 + 0,649IR + \{\log d - 1,5\} \{-0,503IR + 0,768 T_{vid.} + 4,79 \sin(hr - 18)\} + \{\sin(hr - 14)\} \{2,20 + 0,044IR\}, \quad (2.3)$$

čia $T_{1/3}$ – bendro asfaltbetonio dangos sluoksnio temperatūra 1/3 gylyje nuo šio sluoksnio paviršiaus °C; IR – dangos paviršiaus temperatūra, išmatuota infraraudonųjų spindulių principu veikiančiu termometru matuojant įlinkius deflektometru FWD; $d = h/3$, (h – bendras asfaltbetonio dangos sluoksnio storis, cm); $T_{vid.}$ – penkių parų prieš įlinkių matavimą asfaltbetonio dangos paviršiaus vidutinė temperatūra, °C.

Danijos kelių instituto specialistai įvairiais bandymų testais įvertino asfaltbetonio dangos sluoksnio temperatūros įtaką ir pasiūlė apskaičiuotiems asfaltbetonio sluoksnio tampros moduliams redukuoti +20 °C temperatūroje taikyti tokią formulę:

$$\frac{E_{ref}}{E_{ac}} = 10^{-0,018(T_{ref} - T_{ac})}, \quad (2.4)$$

čia E_{ref} – asfaltbetonio dangos sluoksnio tamprumo modulis standartinėje +20 °C temperatūroje, MPa; E_{ac} – perskaičiuotas (angl. *backcalculation*) asfaltbetonio dangos sluoksnio tamprumo modulis, išmatavus dangos temperatūrą 1/3 dangos gylyje, MPa; T_{ref} – standartinė +20 °C temperatūra; T_{ac} – 1/3 gylyje išmatuota dangos temperatūra, °C.

Ši formulė galioja matuojant asfaltbetonio sluoksnio temperatūrą nuo +5 °C iki +30 °C.

Lyginamos, analizuojamos, pritaikomos dangų projektavimo modeliuose skirtingu metų ir paros laiku išmatuotos dangos centrinių įlinkių reikšmės, kurios redukuojamos standartinei +20 °C temperatūrai.

Matavimų duomenų (centrinio dangos įlinkio d_o) apskaičiavimas standartinei (+20 °C) temperatūrai atliekamas nustačius asfaltbetonio dangos temperatūros pataisos koeficientą. Jis apskaičiuojamas pagal šią formulę [6]:

$$k_T = 10^{-0,000169 \frac{h_a^{1,4635}}{h_b} (T-20)}, \quad (2.5)$$

čia k_T – temperatūrinės pataisos koeficientas; T – bendro asfaltbetonio dangos sluoksnio vidurio temperatūra, matuojama tyrimų metu, °C; $h_{a/b}$ – bendras asfaltbetonio dangos sluoksnių storis, cm.

Eksperimentiniams tyrimams pasirinktuose automobilių kelių ruožuose asfaltbetonio dangos sluoksnio tamprumo moduliams apskaičiuoti standartinėje +20 °C temperatūroje naudojame (2.5) formulę.

Temperatūros pataisos koeficientas gali būti aprašomas empirine priklausomybe:

$$k_T = (-0,0027 h_{a/b} + 1,0628) e^{(0,0002 h_{a/b} - 0,0065) (T_d - 20)}, \quad (2.6)$$

čia k_T – temperatūrinės pataisos koeficientas; T_d – vidutinė dangos temperatūra, °C; $h_{a/b}$ – asfaltbetonio sluoksnio storis, mm.

Estijos kelių duomenų banke ir dangų valdymo sistemoje ekvivalentinio tamprumo modulio temperatūrinės pataisos koeficientui skaičiuoti naudojama lygtis, išvesta Suomijos valstybiniame technikos tyrimo centre [66]:

$$k_t = (0,998357 + 0,000097L)^{(T-20)}, \quad (2.7)$$

čia k_T – temperatūrinės pataisos koeficientas; L – kelio asfaltbetonio dangos sluoksnio storis, mm; T – vidutinė asfaltbetonio dangos sluoksnio temperatūra, °C; 20 – standartinė temperatūra, °C.

Lygtis (2.7) yra sudaryta ekvivalentinio tamprumo modulio pataisos koeficiento standartinei temperatūrai 20 °C. Pagal Estijos nestandžių kelio dangų projektavimo procedūrą 2001–52 nestandi kelio danga turi būti skaičiuojama 10 °C temperatūroje [4].

Temperatūrai mažėjant, vyksta atvirkštinis procesas: didėja bitumo klampa, o kartu didėja ir asfaltbetonio stiprumas. Stiprumo kaita nuo temperatūros pokyčio yra gana didelė, tai labai pablogina asfaltbetonio dangų darbo sąlygas. Keičiantis stiprumui, keičiasi ir deformacinės asfaltbetonio dangos savybės. Asfaltbetonio dangų darbo sąlygos reikalauja, kas aukštesse aplinkos temperatūrose danga būtų gana atspari plastinių deformacijų susidarymui, o žemose temperatūrose – išliktų pakankamai plastiška [22]

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Kelių katedros Automobilių kelių mokslo laboratorijos atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad plastinio pobūdžio liekamosios deformacijos (vėžės ir bangos) miestų gatvių ir automobilių kelių asfaltbetonio dangose dažniausiai susidaro viršutiniame asfaltbetonio sluoksnyje, kai dangos temperatūra siekia nuo 30 °C iki 60 °C [21].

Kelių oro sąlygų informacinėje sistemoje kaupiamų duomenų analizė rodo, kad kai žiemos mėnesiais oro temperatūra yra apie –30 °C, kelio dangos paviršius atšąla iki –22 °C. Kai vasaros sezono metu oro temperatūra siekia 25–30 °C, kelio dangos paviršius įkaista iki 40–45 °C [22]. Lietuvos teritorijoje slūgsantys gruntai nėra vienalyčiai, gruntų įvairovė lemia ir skirtingas inžinerines sąlygas. Pagrindiniais veiksniais, kurie lemia gruntų deformacinių savybių ypatumus, dažniausiai laikomi ne tik jų granulimetrinė sudėtis, bet ir poringumas bei drėgnio ir plastiškumo rodikliai. Teoriškai didėjant grunto drėgnumui ir atitinkamai keičiantis jo konsistencijai nuo kietosios iki tokiosios, gruntų deformatyvumas didėja, o stiprumas mažėja. Pagrindiniai žemės sankasos drėkinimo šaltiniai yra: atmosferiniai krituliai, paviršinis

vanduo ir gruntinis vanduo.

Pagal drėkinimo sąlygas išskiriami trys vietovės tipai: sausos, drėgnos ir įmirkusios vietos. Šie vietovės tipai skiriasi drėkinimo požymiu. Sausos vietos pasižymi tuo, kad paviršinio vandens nuleidimo sistema sutvarkyta, gruntinis vanduo nedrėkina viršutinio žemės sankasos sluoksnio. Drėgnose vietose dažniausiai paviršinio vandens nuleidimo sistema nesutvarkyta, bet gruntinis vanduo, kaip ir pirmuoju atveju, nedrėkina viršutinio žemės sankasos sluoksnio. Dėl nesutvarkyto vandens nuleidimo šiose vietose pavasarį atsiranda balų. Įmirkusiose vietose gruntiniai vandenys arba nuleistas paviršinis vanduo ilgą laiką (daugiau kaip 20 parų) drėkina viršutinius žemės sankasos sluoksnius. Taigi žemės sankasos drėkinimo laipsnis, charakterizuojamas santykinio drėgnumu, priklauso nuo vietovės drėkinimo sąlygų.

Gruntų iškylos dangos viduje ar jos apačioje susidaro dėl susikaupusio ledo didesnėse gruntų tuštumose. Jos, plisdamos toliau, suformuoja ištisines ledo linzes, sluoksnius ir kitokio pavidalo ledo mases. Tyrimai rodo, kad ledas išsiskiria tik gruntuose, turinčiuose smulkių dalelių. Tokie gruntai laikomi jautriais šalčiui. Priešingai šiems gruntams, smėlis ir žvyras laikomi šalčiui atspariais. Atsparumo šalčiui laipsnis daugiausia priklauso nuo smulkių dalelių kiekio, taip pat nuo jų formos, jų pasiskirstymo ir mineralinės sudėties.

Atšilimo laikotarpis yra kritiškiausias momentas kasmetiniame aplinkos pokyčių cikle, veikiančiame dangas sezoninio šalčio poveikio zonose. Atšilimo periodu labai sumažėja žemės sankasos gruntų atsparumas. Atsparumo sumažėjimas priklauso nuo temperatūros pasiskirstymo gruntuose atšilimo metu. Gilaus įšalo zonose visiškas pavasario atšilimas yra žalingiausias atšilimo tipas, nes tai paveikia ne tik sankasos gruntus, bet ir apatinį pasluoksnį bei pagrindo sluoksnius.

Oro temperatūra, saulės radiacija, vėjas ir krituliai yra svarbiausi rodikliai, lemiantys šalčio poveikį duotoje geografinėje zonoje. Pirmi trys faktoriai veikia dangos struktūros temperatūrinį režimą, įskaitant įšalo gylį, įšalimo ir atšilimo ciklų skaičių, jų trukmę. Krituliai dažniausiai veikia drėgmės režimą, bet turi įtakos temperatūriniam grunto savybių pokyčiams ir sąveikauja su kitais klimatiniais faktoriais.

Kompleksiniam žiemos sezono neigiamų temperatūrų intensyvumo ir trukmės poveikiui išreikšti naudojamas šalčio indeksas (angl. *Freezing Index*) [95, 97]:

$$FI = \sum_{i=1}^n (0 - T_i), \quad (2.8)$$

čia FI – šalčio indeksas, $^{\circ}\text{C}$ dienos; T_i – vidutinė i -tosios paros temperatūra, $^{\circ}\text{C}$; n – dienų skaičius per metus, kai vidutinė paros temperatūra būna neigiama, dienos.

Šalčio indekso vertės Lietuvoje yra tokios: Vilniuje – 592, Klaipėdoje – 442 $^{\circ}\text{C}$ dienos [84]. Palyginimui – vidutinio ir šalto klimato juostoje vid. $FI = 1090$ $^{\circ}\text{C}$ dienos.

Kritulių pasiskirstymui atskirais mėnesiais turi įtakos atstumas nuo jūros ir drėgmę nešantys vėjai. Vasarą daugiau kritulių iškrinta Lietuvos rytuose, o žiemą – vakaruose. Vidutinis kritulių kiekis Lietuvoje – 620 mm [84].

HDM skirstymas į klimato juostas pagal temperatūros svyravimus ir kritulių kiekį aptartas C. R. Bennet [9].

Dėl šalčio poveikio susidaro iškylų ir dangos struktūra susilpnėja atšilimo periodu. Šis susilpnėjimas nustatomas, matuojant įlinkius.

Temperatūra turi įtakos ir asfaltbetonio charakteristikoms. Dangos darbui įtaką daro trys veiksniai:

- plyšių nuo žemos temperatūros atsiradimas;
- nuovargio plyšių susidarymas;
- vėžių susiformavimas.

Drėgmės pertekliaus ir augančių eisimo apkrovų derinys dažnai sukelia priešlaikinį dangos struktūros irimą. Drėgmė į dangos struktūrą patenka įvairiais būdais: per plyšius, dėl aukšto gruntinio vandens horizonto ir kt.

Drėgmės, patekusios į dangos struktūrą, poveikis kelio dangai:

- sumažina nesurištųjų granuliuotų medžiagų atsparumą;
- sumažina žemės sankasos gruntų stiprumą;
- sukelia smulkių medžiagos dalelių išsiurbimą, dėl ko sumažėja dangos stabilumas.

Drėgnais laikotarpiais sumažėjus žemės sankasos grunto ir dangos pagrindo stipriui, sumažėja ir visos dangos konstrukcijos stipris [99].

Teigiama, kad Lietuvoje kritiškiausias yra pavasario periodas, kai žemės sankasa ir kelio konstrukcija atšyla (apie kovo mėnesį) ir konstrukcijos sluoksniai yra labiausiai prisotinti vandens. Vanduo dangos konstrukcijoje, ypač sluoksniuose iš biriųjų medžiagų, veikia jų tamprumo modulį, o kartu ir atsparumą apkrovoms. Tačiau, drenavimo sąlygas lemia ir kai kurie techniniai kelio rodikliai – skersinis profilis (sankasos aukštis, griovių gylis), dangos konstrukcija (šalčiui atsparaus drenuojamojo sluoksnio storis), darbų ir medžiagų kokybė.

Sezoniniai aplinkos pokyčiai įvertinami taikant įvairius koeficientus, kurie priklauso nuo geografinės klimato juostos. Klimato juostą nusako du pagrindiniai rodikliai: metinis

temperatūros svyravimas ir vidutinis metinis kritulių kiekis.

2.3. Temperatūros nustatymas asfaltbetonio sluoksnių vidutiniame gylyje

Norint deflektometru pakoreguoti išmatuotą įlinkį faktiškoje temperatūroje tyrimo metu, kai iki įlinkio yra rekomenduojama standartinė temperatūra, turi būti nustatyta asfaltbetonio sluoksnio temperatūra. Temperatūra vidutiniame asfaltbetonio sluoksnio gylyje buvo pasirinkta kaip efektyvi tyrimo temperatūra. Vidutinio asfaltbetonio sluoksnio gylio numatytai temperatūrai buvo naudojama BELLS 3 lygtis, sukurta FHWA [55].

Deflektometro įlinkių temperatūros korekcijos koeficientai gali būti sukurti skaičiuojant įlinkių proporcijas (koeficientus) tarp išmatuotų įlinkių specifinėje temperatūroje (T) iš įlinkių, nurodytoje standartinėje temperatūroje (T_0 , 20 °C). Tai yra:

$$\lambda_w = \frac{w_{T0}}{w_T}, \quad (2.9)$$

čia w_{T0} – įlinkis koreguotas temperatūroje T_0 ; w_T – įlinkis temperatūroje T ; λ_w – temperatūros korekcijos koeficientas.

Y. R. Kim ir kt. [49] pasiūlė įlinkio korekcijos modulį, pagrįstą išmatuotų įlinkių ir temperatūrų statistinėmis analizėmis Šiaurės Karolinoje. Jie teigia, kad įlinkio ir temperatūros santykis yra geriau išreikštas kaip tiesinė funkcija tarp logaritmų w ir T . Tiesinė forma logaritmo w palyginti su T santykiu yra duota:

$$\log w = b + nT, \quad (2.10)$$

čia b – yra logaritmo w atidėta ašis; n – nuolydis logaritme.

Perrašant lygtį (2.10), gaunama:

$$w = 10^{b+nT}, \quad (2.11)$$

Pakeičiant (2.11) lygtį (2.9) lygtimi, korekcijos koeficientas gali būti gaunamas toks:

$$\lambda_w = 10^{-n(T-T_0)}, \quad (2.12)$$

Taip pat buvo rasta, kad n vertė yra asfaltbetonio sluoksnio storio funkcija. Galiausiai įlinkio korekcijos koeficientas (λ_w) įlinkio centrui, išmatuotas esant 40 kN FWD apkrovai,

gali būti išreikštas taip:

$$\lambda_w = 10^{C(H_{ac})(T-T_0)}, \quad (2.13)$$

čia H_{ac} - asfaltbetonio sluoksnio storis milimetrais; C – regresijos konstanta.

Darbe [48], norint pateikti temperatūros korekcijas įvairiems atstumams nuo apkrovos centro, buvo sukurtas empirinis modelis, pagrįstas temperatūros ir įlinkio duomenų statistinėmis analizėmis. Kadangi temperatūros priklausymo laipsnis nuo įlinkių tiesiškai mažėja, kai spindulinis atstumas didėja, C dydis duotam atstumui nuo apkrovos centro gali būti nustatytas naudojant toliau pateiktą lygtį:

$$C = -Ar + C_0, \quad (2.14)$$

čia r – spindulinis atstumas nuo krūvio plokštės centro.

FWD įlinkiams tirti buvo kuriami įvairūs būdai ir procedūros, pateikti įvairiuose darbuose [10, 18, 46–49]. Daugelis šių procedūrų pagrįstos daugi sluoksne tampriųjų sluoksnių teorija ir todėl neatsižvelgia į dinaminis apkrovų efektus arba netiesinės medžiagos funkcionavimą. Šias kelias procedūras, neatsižvelgiančias į minėtus efektus [47, 48], įdiegti yra gana sudėtinga. Y. R. Kim ir kt. [46] aprašo santykius tarp nestandžių kelio dangų sluoksnio sąlygų rodiklių ir FWD įlinkių, kurie sukurti naudojant dinaminę netiesinę baigtinių elementų analizę.

Eksperimentinių tyrimų duomenys naudojami būklės nustatymo kriterijams kurti, taikant santykius, pristatytus B. Xu [10] ir Y. R. Kim ir kt.[46]. Norint atsižvelgti į įvairias kelio dangos konstrukcijas ir temperatūrą, sukurtos konstrukcijos ir temperatūros korekcijos procedūros. Taip pat sukurta įlinkio pirminio patikrinimo procedūra kaip priemonė, nustatanti ir koreguojanti problemiškus įlinkių dubenis. Visi šie santykiai ir procedūros yra įtraukti į *Visual Basic* kompiuterinę programą APLCAP – asfaltbetonio kelio dangos sluoksnio būklės nustatymo programą – kaip sluoksnį įvertinančią procedūrą nestandžioms kelio dangoms.

2.4. Antro skyriaus išvados

1. Kelio dangos stiprumo savybės blogėja dėl nuosėdžių, kurie kaupiasi konstrukcijoje dėl daugiartinių apkrovų, o taip pat kintant aplinkos sąlygoms.

2. Pagrindiniai klimato veiksniai, nuo kurių priklauso dangos stiprumas ir būklė, yra aplinkos temperatūros ir kritulių sezoniniai pokyčiai. Sezoniniai pokyčiai lemia kritulių kiekio

svyravimus ir veikia dangos konstrukcijos drenavimo sąlygas.

3. Ypač sunkiasvorių transporto priemonių eismas daro žalingą poveikį kelių dangoms. Nuo važiuojančių kelių transporto priemonių skaičiaus ir jų ašinių apkrovų dydžio bei transporto priemonių bendrosios masės priklauso dangos būklė ir ilgaamžiškumas.

6. Norint įvertinti sezoniškumo įtaką, reikia nustatyti kritines sezoninių koeficientų reikšmes arba sudaryti atskirą dangos konstrukcijų stiprio rodiklių regresijos lygtis, atsižvelgiant į klimato sąlygas ir jo įtaką bei hidrologiją.

3. EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI

3.1. Eksperimento planavimas

Eksperimentinių tyrimų objektas – parinkti magistralinių ir krašto kelių ruožai, kuriuose buvo atliekami kelio dangos tamprųjų įlinkių matavimai deflektometru „Dynatest FWD 8000“.

Tyrimo metodika sudaryta pagal užsienio šalių patirtį apibendrinančias COST 336 rekomendacijas [31].

Numatytose kelio dangos įlinkių matavimo vietose atliekamas ženklavimas, kad daugiamečius tyrimus galima būtų atlikti tuose pačiuose matavimo taškuose. Įlinkių matavimo vietose nustatomi dangos konstrukcijos storių. Kelio dangos konstrukcijos storių nustatymui naudojamas georadaras. Kontrolinius dangos storių matavimai atliekami kasant šurfus ir paimant kermus.

Tyrimų metu:

1. Turi būti užrašomi aplinkos ir asfaltbetonio dangos temperatūros rezultatai.
2. Aplinkos temperatūra matuojama elektroniniu termometru.
3. Asfaltbetonio dangos paviršiaus temperatūra nustatoma infraraudonųjų spindulių termometru.
4. Asfaltbetonio sluoksnio temperatūra numatyta gylyje matuojama elektroniniu termometru, prieš tai padarius atitinkamo gylio gręžinį ir užpildžius jį glicerinu.

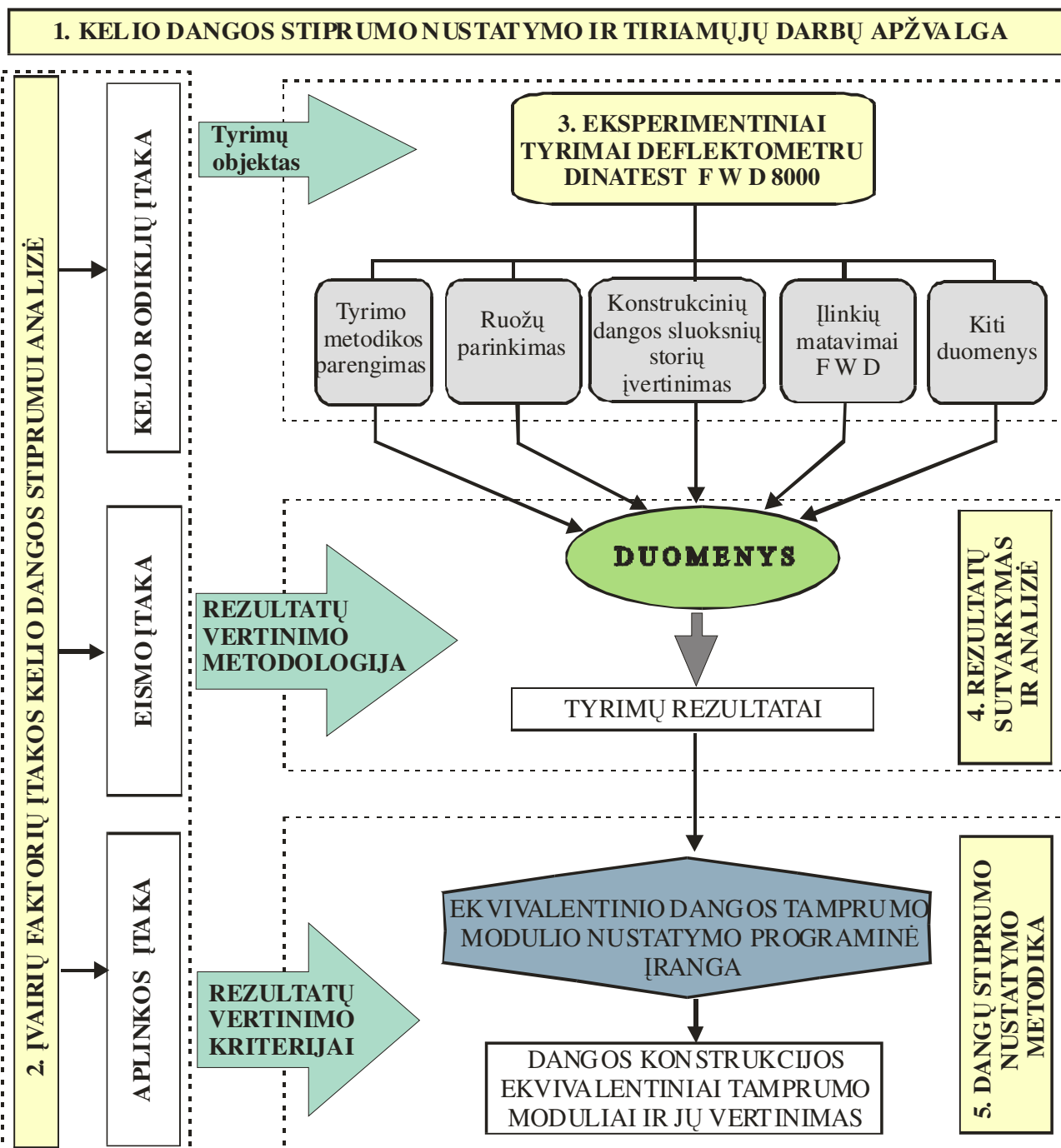
Įlinkių matavimui naudojama nustatyta 50 kN apkrova. Išmatuoti įlinkiai redukuojami 700 kPa apkrovai ir standartinei 20 °C temperatūrai.

Kaupiami numatyti tyrimų duomenys ir rezultatai, kad atliekant daugiamečių tyrimų rezultatų analizę galima būtų nustatyti sezoniškumo įtaką dangos konstrukcijos stiprio rodikliams.

Pagal kelių eksperimentinių tyrimo ruožų rezultatus numatyta apskaičiuoti dangos konstrukcijos tamprumo modulius ir įvertinti gautus rezultatus.

Vadovaujantis tyrimų rezultatais parengti kelio dangų stiprumo vertinimo metodai.

Sudarytas mokslinio darbo eksperimentinių tyrimų planas pateiktas 3.1 paveiksle.



3.1 pav. Mokslinio darbo eksperimentinių tyrimų planas

3.2. Kelio dangos tyrimo metodo ir matavimo vietų parinkimas eksperimentiniuose kelių ruožuose

Kelio dangos būklės įvertinimas dažniausiai pagrįstas įtempių ir nuosėdžių skaičiavimu kritiškose dangos vietose.

Kelio dangos tyrimo metodas pasirinktas panaudojant deflektometrą „Dynatest FWD 8000“ (3.2 pav.).



3.2 pav. Lietuvoje naudojamas deflektometras „Dynatest FWD 8000“

Matavimo deflektometru duomenys naudojami santykinei dangų sluoksnių būklei palyginti pagal išmatuotus įlinkius ir (arba) pagal nuosėdžių dubens formą. Šį lyginimą galima naudoti tyrimo tikslams, tačiau kelių inžinerijoje įlinkių matavimas nėra pagrindinis tikslas. Įtempiai dangos sluoksniuose yra esminiai dangų būklės vertinimo kriterijai. Nagrinėjant vien tik įlinkių dydžius, toks lyginimas gali būti klaidingas, ypač nagrinėjant skirtingo tipo dangas su skirtingais storiais, nes įvairių konstrukcijų dangų įlinkių ir įtempių santykiai yra skirtingi. Pagrindinis deflektometro naudojimo tikslas – nustatyti struktūrinį

kelio dangos konstrukcijos atsparumą.

Kelio dangos struktūriniam atsparumui įvertinti reikalinga papildoma informacija:

- kelio dangos konstrukciniai sluoksniai ir jų storis;
- kelio dangos temperatūra tyrimų metu;
- sezoninių faktorių įtaka kelio dangos stipriui;
- kelio dangos paviršiaus vizualinių apžiūrų duomenys;
- eismo intensyvumas.

Pradiniai eksperimentinių tyrimų duomenys:

- dangos ruožo vieta (kelio nr., km, t. t.) ir ilgis.
- duomenys apie išilginį ir skersinį kelio nuolydį. Norint užtikrinti įlinkių matavimo tikslumą, išilginis ir skersinis kelio nuolydis neturėtų viršyti 10 %.

Techniniai kelio duomenys:

- eismo juostos plotis ir eismo juostų skaičius viena kryptimi;
- dangos konstrukcinių sluoksnių medžiagos ir storiai.

Kita reikalinga informacija:

- plyšių tinklo plotas;
- plyšių išplitimo pobūdis (apžiūrint kernus galima nustatyti, ar dangos paviršiuje matomas plyšių tinklas susiformavo apatiniame dangos konstrukcijos sluoksnyje, ar tai tik paviršinis plyšių tinklas);
- sezoniniai gruntinio vandens lygio (drėgmės) pokyčiai;
- oro ir dangos temperatūra įšalo metu.

Deflektometro operatoriui parengiama darbo instrukcija, kurioje aprašoma:

- temperatūros ribos matavimo metu;
- eismo juostos parinkimas;
- matavimo vietos eismo juostoje parinkimas:
 - rato pėdsake prie dešiniojo kelkraščio;
 - tarp rato pėdsakų;
 - abiejuose rato pėdsakuose;
 - pasirinktinai.
- atstumai tarp matavimo taškų;
- apkrovos dydis (paprastai 50 kN) ir rekomendacijos, kaip elgtis tuo atveju, kai apkrovos dydis sukelia didesnius įlinkius nei matavimo prietaisas gali išmatuoti;
- atstumai tarp matavimo jutiklių;

- matavimų (metimų) skaičius viename matavimo taške;
- kiti reikalavimai (pasirinktinai).

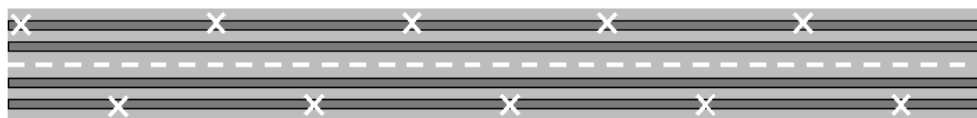
Matavimai atliekami mažiausiai kas 4 valandas, tačiau rekomenduojama dažniau pasikeitus sąlygoms matavimo vietoje (pvz., pasikeitus oro sąlygoms, atsiradus šešėliui ar pašvietus saulei ir t. t.).

Kompiuterizuota FWD darbo vieta pavaizduota 3.3 paveiksle.



3.3 pav. Kompiuterizuota darbo vieta deflektometrui „Dynatest FWD 8000“ valdyti

Dviejų eismo juostų keliuose įlinkiai matuojami vienoje arba abiejose eismo juostose abiem eismo kryptimis šachmatine tvarka (3.4 pav.)



3.4 pav. Šachmatinės matavimo taškų išdėstymo tvarkos pavyzdys

Keliuose su skiriamąja juosta matavimai atliekami kraštinėse eismo juostose, kur eismo apkrovos yra didžiausios.

Matavimai atliekami kraštinių eismo juostų rato pėdsake prie dešiniojo kelkraščio.

Matavimų prie dešiniojo kelkraščio pranašumai:

- apskaičiuojant tamprumo modulį nereikia įvertinti dangos briaunos įtakos, jei

dešiniojo krašto rato pėdsakas yra labai arti dangos briaunos. Matuojant įlinkius šiose vietose, įlinkių reikšmės bus didesnės, nei matuojant tarp rato pėdsakų, dėl dangos briaunos įtakos. Jei sluoksnių stiprumui skaičiuoti naudojama daugiasluoksnių kelio dangos konstrukcijų skaičiavimo kompiuterinė programa, joje briaunos įtaka neįvertinama ir apskaičiuotas stiprumas skirsis nuo esamo stiprumo;

- matavimai atliekami didžiausio eismo apkrovimo dangos vietoje.

Matavimų prie dešiniojo kelkraščio trūkumai:

- jei prie dešiniojo kelkraščio esantis rato pėdsakas yra arti arba labai arti prie dangos briaunos, gali kilti problemų atliekant patį bandymą. Vienas deflektometro priekabos ratas gali patekti ant kelkraščio ar nuslysti nuo dangos, o tai sukels įrangos nestabilumą;
- jei liekamasis dangos amžius buvo skaičiuojamas pagal pradinį dangos sluoksnio stiprumą ir jei matuojant danga rato pėdsake prie dešiniojo kelkraščio turėjo plyšių, gali kilti neaiškumų.

Norint įvertinti išmatuotų įlinkių variaciją projektiniame kelio ruože, reikia matematinės statistikos metodais iš anksto numatyti apytikslį tyrimų skaičių, reikalingą patikimiems duomenims gauti [91].

Atkarpa arba kelio ruožas yra kelio dalis, turinti vieno tipo dangos konstrukciją. Atkarpoje taip pat reikia atlikti tiek tyrimų, kad būtų galima statistiškai pagrįsti priimamus sprendimus.

3.2.1. Automobilių kelių ruožų parinkimo eksperimentiniams tyrimams principai ir pagrindimas

Tiriamieji ruožai Lietuvos Respublikos keliuose su asfaltbetonio danga parinkti norint nustatyti kelių dangų bei jų konstrukcijų stiprį ir sezoniškumo įtaką stiprio rodikliams.

Tiriant kelių dangos ir jos konstrukcijos stiprio rodiklių kitimo, laikui bėgant, priežastis, būtina:

- nustatyti tyrimams parinktų kelių dangų konstrukcijų įlinkių matavimo deflektometru metodą;
- įvertinti atskirų dangos konstrukcijos sluoksnių stiprumą pagal gautus įlinkių matavimo rezultatus;
- įvertinti skirtingais matavimo prietaisais gautus matavimo rezultatus;

- nustatyti kelių dangos konstrukcinių sluoksnių storį. Tai daroma georadaru pagal imamus kasinius, tiriamuosius gręžinius;
- nustatyti temperatūrinį kelių dangos režimą.

Tiriamieji ruožai parinkti taip, kad ruožo viduje eksploataciniai dangos konstrukcijos rodikliai būtų vienodi arba skirtusi nedaug, todėl ruožai turi būti parenkami įvertinus tiriamųjų rodiklių vienodumą, naudojantis anksčiau atliktų tyrimų patirtimi.

3.2.2. Automobilių kelių ruožų parinkimo eksperimentiniams tyrimams kriterijai

Šiuo metu, rengiant naujų arba rekonstruojamų Lietuvos automobilių kelių techninius projektus, dangos konstrukcijos yra parenkamos pagal „Techninių reikalavimų STR 2.06.03:2001“ [86] nurodymus. Dažnai parinktos kelio dangos konstrukcijos neatitinka realių eksploataavimo sąlygų (transporto priemonių apkrovų, atskirų sluoksnių paviršiaus E_{ekv} modulių, klimatinų faktorių ir kt.), todėl tipinių, jokiais skaičiavimais nepatikrintų dangos konstrukcijų naudojimas automobilių keliams tiesti, rekonstruoti ir remontuoti neretai yra nepagrįstas.

Atliekant dangų stiprumo analizę, reikalingi šie pradiniai matavimų duomenys:

- tikslūs automobilių kelių konstrukcijų sluoksnių storiai;
- išmatuoti dangų konstrukcijų įlinkiai.

Eksperimentiniams tyrimams svarbu pasirinkti pakankamą ir tinkamą naudojamų magistralinių ir krašto kelių eksperimentinių ruožų skaičių. Buvo pasirinkta 20 eksperimentinių tyrimams tinkamų automobilių kelių ruožų.

Jie pasirinkti pagal šiuos rodiklius:

- skirtingas atskirų ruožų eismo intensyvumas ir transporto apkrovos;
- skirtingos kelio dangos konstrukcijos;
- skirtingas kelio dangos konstrukcijos amžius;
- skirtingu laiku atlikti kelių remontai ir rekonstrukcijos;
- skirtingi sankasų gruntai (smėlis, priemolis, molis);
- skirtingas hidrologinis režimas;
- galimybė naudoti ir apibendrinti 1998–2001 ir 2006 metų tyrimų rezultatus.

3.1 lentelėje pateiktas eksperimentiniams tyrimams pasirinktų magistralinių ir krašto kelių ruožų sąrašas.

3.1 lentelė. 2006 metais eksperimentiniams tyrimams parinkti kelių ruožai

Kelias	Kelio pavadinimas	Nuo, km	Iki, km	Kelio ruožo ilgis, km	Atlikti tyrimai, metai
A1	Vilnius – Kaunas – Klaipėda	111,15	111,45	0,30	-
A1	Vilnius – Kaunas – Klaipėda	111,25	111,55	0,30	-
A1	Vilnius – Kaunas – Klaipėda	111,60	111,90	0,30	-
A1	Vilnius – Kaunas – Klaipėda	110,80	111,10	0,30	-
A4	Vilnius – Varėna – Gardinas	101,10	101,40	0,30	1998–2001
A4	Vilnius – Varėna – Gardinas	101,40	101,70	0,30	1998–2001
A5	Kaunas – Marijampolė – Suvalkai	6,86	7,24	0,38	-
A5	Kaunas – Marijampolė – Suvalkai	20,00	20,30	0,30	1998–2001
A6	Kaunas – Zarasai – Daugpilis	15,30	15,60	0,30	1998–2001
A6	Kaunas – Zarasai – Daugpilis	32,70	33,00	0,30	1998–2001
A8	Panevėžys – Kėdainiai – Cinkiškis	28,70	29,00	0,30	1998–2001
A8	Panevėžys – Kėdainiai – Cinkiškis	32,20	32,50	0,30	1998–2001
A17	Panevėžio aplinkkelis	7,20	7,50	0,30	1998–2001
A17	Panevėžio aplinkkelis	7,90	8,20	0,30	1998–2001
A17	Panevėžio aplinkkelis	9,90	10,20	0,30	1998–2001
160	Telšiai – Varniai – Laukuva	1,00	1,30	0,30	1998–2001
160	Telšiai – Varniai – Laukuva	1,70	2,00	0,30	1998–2001
A16	Vilnius – Prienai – Marijampolė	36,00	36,30	0,30	-
A16	Vilnius – Prienai – Marijampolė	39,00	39,30	0,30	-
A16	Vilnius – Prienai – Marijampolė	43,00	43,30	0,30	-

Eksperimentiniai kelių ruožai parinkti atsižvelgiant į šiuos kriterijus:

1. A1 kelio ruožuose 111,15–111,45 km; 111,25–111,55 km; 110,80–111,10 km; 111,60–111,90 km atliktas remontas ir rekonstrukcija, todėl tikėtina, kad kelio dangos konstrukcija nesikeis visą vykdomų tyrimų laiką. 111,35 kilometre yra įrenginys, sveriantis transporto priemonės, todėl bus gauti detalūs transporto apkrovų rezultatai.

2. A4, A5 ir A6 A8, A17, 160 kelio ruožuose nebuvo jokių kelio dangos konstrukcinių pakeitimų. Šiuose kelio ruožuose įlinkiai buvo pradėti matuoti 1998–2001 m. Daugiamečiai tyrimai leis palyginti ir analizuoti to periodo išmatuotus kelio dangos įlinkius ir stiprio rodiklius.

3. A16 kelio ruožuose atliktas remontas ir rekonstrukcija, todėl tikėtina, kad kelio dangos

konstrukcija nesikeis visą vykdomų tyrimų laiką.

4. Pasirinkti tiriamieji ruožai yra skirtingose Lietuvos vietose – Vilniaus, Kauno, Panevėžio, Telšių, Alytaus regionuose. Šių regionų hidrologinės sąlygos skiriasi, skirtingi temperatūrų ir iškrintančių kritulių režimai. Telšių, Vilniaus ir Panevėžio rajonuose vyraujantys gruntai yra moreninis priemolis ir priesmėlis, Kauno regione – molis, Varėnos – smėlio gruntai.

Visų pasirinktų tirti ruožų konstrukciniai sluoksnių storai nustatyti imant kermius, kasant šūrfus, naudojant georadarą.

Eksperimentiniams tyrimams pasirinktų kelių ruožų ilgis – 6,08 kilometro.

3.3. Temperatūros įtakos eksperimentinių tyrimų rezultatams vertinimas

Kiekvieno nuosėdžių dubenio, naudojamo tolesniems tyrimams, asfaltbetonio temperatūra apskaičiuojama pagal paviršiaus temperatūros ir gilesnių sluoksnių temperatūros matavimus. Paskui ši temperatūra naudojama asfaltbetonio sluoksnio tamprumo modulio temperatūrinei pataisai. Jei iš išmatuoto įlinkių dubens apskaičiuojami įlinkių dubens rodikliai, pirmiausia išmatuotų nuosėdžių dubuo yra normalizuojamas į pasirinktą standartinę temperatūrą. Asfaltbetonio temperatūra bet kuriame gylyje apskaičiuojama iš turimų tiesioginių matavimo duomenų kaip aritmetinis vidurkis. Jei asfaltbetonio sluoksniai per ploni sluoksnių temperatūrai išmatuoti, naudojami vien tik dangos paviršiaus temperatūros matavimų duomenys. Asfaltbetonio dangos temperatūrai perskaičiuoti rekomenduojama naudoti BELLS 3 lygtį [55] kartu su išoriniais oro temperatūros duomenimis.

Lietuva yra pačiame Rytų Europos lygumos pakraštyje, žemutinėje ir vidurinėje Nemuno baseino dalyje. Lietuvos klimatui būdingi perėjimai nuo jūrinio vakaruose prie žemyninio rytuose. Didelę įtaką klimatui turi dažni jūrinių ir žemyninių orų pasikeitimai, kurie dar veikiami arktinių, o kartais ir tropinių oro masių įsiveržimų. Oro masių pasikeitimai, susiję su ciklonų ir anticiklonų judėjimais, daro įtaką orų kaitai visais metų laikais.

Vidutinė metinė Lietuvos temperatūra artima 6 °C, vidutinis kritulių kiekis – 620 mm/metus. Lietuvos teritorijai tenka saikingas saulės radiacijos kiekis. Suminė (tiesioginė išsklaidyta) saulės radiacija į horizontalų paviršių yra 446–615 MJ/m², o žiemos metu tik 41–135 MJ/m².

Vietinį klimatą veikia žemyno ir vandenyno įtaka. Tolstant nuo Baltijos jūros metinė vidutinių mėnesio temperatūrų amplitudė didėja nuo 18 °C iki 24 °C. Vidutiniai parų

temperatūrų skirtumai šalyje svyruoja nuo 1,5 °C (rugpjūčio mėn.) iki 2,5 °C (sausio – vasario mėn.), kai maksimalūs paros temperatūrų svyravimai 10 °C, o žiemą – net iki 20 °C.

Didžiausią įtaką kelio dangoms turi teigiamų ir neigiamų temperatūrų kaita. Tokių kaitų per metus pasitaiko nuo 70 iki 80. Lietuvos teritorija plintančių kriogeninių procesų zonoje (procesai susiję su sezoniniais ir ilgamečiais gruntų išalimais ir atitirpimais, taip pat su požeminių ir paviršinių vandenų užšalimu).

Didelis kelio dangos prisotinimas vandeniu rudens ir žiemos periodais, nuolatiniai išalimai ir atlydžiai, dažni atlydžiai žiemą, aukštas gruntinių vandenų lygis turi didelę įtaką asfaltbetonio dangų korozinėms irtims. Todėl, naudoti asfaltbetonį, kurio atsparumas korozinėms irtims padidintas, yra vienas svarbiausių faktorių, prailginančių dangos naudojimo trukmę. Tiriant asfaltbetonio dangų būklę, būtina įvertinti aplinkos poveikį.

Asfaltbetonio sluoksnio tamprumo moduliui didelę įtaką turi temperatūra, kai matuojami įlinkiai. Norint palyginti rodiklius, jie pirmiausia turi būti perskaičiuojami į ekvivalentines jų reikšmes standartinėje temperatūroje. Taigi matuojant įlinkius, reikia žinoti asfaltbetonio sluoksnio temperatūrą. Idealiausia žinoti tikslų viso asfaltbetonio sluoksnio (nuo viršaus iki apačios) temperatūrinį pokytį, tačiau praktika rodo, kad ir ne tokių tikslų temperatūros matavimų pakanka.

Dangos temperatūrą reikia žinoti ne tik norint redukuoti matavimų rezultatus standartinėmis sąlygomis, bet ir prieš pradedant matavimus.

Jei asfaltbetonio sluoksnio temperatūra yra per aukšta:

- gali padidėti asfaltbetonio sluoksnio plastiškumas, ir sluoksnio medžiaga gali tapti tokia medžiaga, dėl to redukavimas į nustatytą standartinę temperatūrą gali būti sudėtingesnis.

Jei asfaltbetonio sluoksnio temperatūra yra ekstremali (per aukšta arba per žema):

- sluoksnio tamprumo modulio redukavimas į nustatytą standartinę temperatūrą bus netikslus.

Jei asfaltbetonio sluoksnio temperatūra yra per žema:

- asfaltbetonio sluoksniai turintys labai skirtingus tamprumo modulius nustatytoje standartinėje temperatūroje, esant žemai temperatūrai gali turėti panašius tamprumo modulius, ir tai neišvengiamai iškreipia matavimo rezultatus;
- užšalęs vanduo granuluotųjų medžiagų konstrukciniuose sluoksniuose iškreipia matavimo rezultatus (gaunamos netipinės įlinkių reikšmės).

Rekomenduojamoji temperatūra matuoti deflektometru yra nuo 0 °C iki +30 °C, kai

asfaltbetonio temperatūra matuojama ≥ 40 mm gylyje. Šalyse, kuriose vyrauja jūrinis klimatas, dažniausiai temperatūros riba nustatoma 30°C . Šalyse, kuriose klimatas kintamas, gali naudoti šią sąlygą maksimaliai temperatūrai nustatyti: $2/3$ numatomo minkštėjimo taško temperatūros (žiedas ir rutulys) viršutiniame asfaltbetonio sluoksnyje, $^{\circ}\text{C}$.

Kitos galimos temperatūrų ribos yra šios:

- kai nėra šalčio: oro ir dangos temperatūra $> 0^{\circ}\text{C}$;
- asfaltbetonio temperatūra negali viršyti vidutinės metinės asfaltbetonio temperatūros (lygios standartinei temperatūrai) daugiau nei 10°C .

Viršutinis ir apatinis kelio dangos pagrindo sluoksnis ir pagrindo gruntas negali būti išalę, išskyrus atvejus, kai atliekami specialūs laikomosios galios matavimai išalo ir pavasarinio polaidžio metu.

Vienas iš paprasčiausių metodų išmatuoti asfaltbetonio sluoksnio temperatūrą – matuoti temperatūrą kelio dangos paviršiuje. Pažymėtina, kad paviršinė asfaltbetonio temperatūra neturi tiesioginio ryšio su temperatūra, esančią gilesniuose asfaltbetonio sluoksniuose, ypač tuose, kurie turi nemažus temperatūrinius gradientus. Todėl asfaltbetonio paviršiaus temperatūra gali būti matuojama tik turint papildomos informacijos, pvz., praėjusių dienų oro temperatūros pokyčiai, reikalingi asfaltbetonio sluoksnių temperatūrai įvairiame gylyje apskaičiuoti.

Dangos paviršiaus temperatūra matuojama naudojant paprastą termometrą (šiuo atveju paviršiaus temperatūra gali būti matuojama tuo pat laiku, kaip ir gilesnių sluoksnių temperatūra, arba naudojant bekontaktį infraraudonųjų spindulių jutiklį, sumontuotą ant deflektometro priekabos). Šiuo atveju rekomenduojama matuoti taip, kad temperatūros matavimo vieta neatsidurtų priekabos šešėlyje, nes tai gali paveikti matavimo tikslumą.

Norint tiksliau nustatyti asfaltbetonio sluoksnio temperatūrą, ji matuojama skirtinguose gyliuose.

Labai svarbu, kad temperatūra, matuojama įvairiame gylyje, būtų išmatuota ir užrašyta kartu su paviršiaus temperatūros rodmenimis tuo pačiu metu ir toje pačioje vietoje. Labai naudinga sukaupti informaciją apie oro sąlygas, pvz., saulėta, debesuota, lietinga.

Buvo taikomos rekomendacijos, kad temperatūros matavimo gylis būtų tarp $1/3$ ir $1/2$ asfaltbetonio dangos sluoksnio storio, kai dangos sluoksniai – 120 mm storio. Jei asfaltbetonio sluoksnio storis yra nežinomas, galima pasirinkti 40 – 100 mm gylį (pagal tikėtiną tos kategorijos kelio dangos konstrukciją).

Kai asfaltbetonio sluoksnis yra mažesnis nei 50 mm užtenka išmatuoti temperatūrą pusės dangos sluoksnio gylyje. Jei sluoksnis yra per plonas, skylei gręžti, užtenka išmatuoti tik

dangos paviršiaus temperatūrą.

Įvairiame gylyje išmatuota temperatūra labai padidina duomenų patikimumą.

Kiekvienam nuosėdžių dubeniui, naudojamam toliau skaičiuoti, buvo naudojama asfaltbetonio temperatūra pagal paviršiaus temperatūros ir gilesnių sluoksnių temperatūros matavimus. Ši temperatūra taip pat naudojama asfaltbetonio sluoksnio tamprumo modulio temperatūrinei pataisai. Pagal išmatuotą įlinkių dubenį apskaičiuojami įlinkių dubens rodikliai, pirmiausia išmatuotų įlinkių dubuo yra normalizuojamas į pasirinktą standartinę temperatūrą (20 °C).

Asfaltbetonio temperatūra bet kuriame gylyje apskaičiuojama remiantis turimais tiesioginiais matavimo duomenimis kaip aritmetinis vidurkis. Jei būtų naudojami vien tik dangos paviršiaus temperatūros matavimų duomenys, BELLS lygtis kartu su išoriniais oro temperatūros duomenimis būtų naudojama, asfaltbetonio dangos temperatūrai redukuoti. Šiuose eksperimentiniuose tyrimuose BELLS 3 lygtis nebuvo taikoma.

3.4. Kelio dangos nuosėdžių matavimai

Norint gauti tikslius bandymo duomenis, svarbu iš anksto sukaupti visą reikiamą informaciją, kad vėliau (pvz., gręžiant, vizualiai apžiūrint dangą ir duomenis apdorojant) būtų galima nustatyti tikslią deflektometro matavimo vietą. Todėl:

- matuojant kelio dangos paviršiuje po apkrovos plokšte negali būti susikaupusio vandens;
- būtina užtikrinti, kad visas matavimo plokštės paviršius liestųsi su kelio dangos paviršiumi (matavimams atlikti rato pėdsake gali būti reikalinga padalinta plokštė). Naudojant vientisą plokštę, būtina pasižymėti tas vietas, kur yra vėžės, jei matome, kad vėžės turi neigiamą įtaką apkrovos plokštės ir dangos paviršiaus sąlyčio vietoje. Naudojant vientisą plokštę ant kelio dangos su vėžėmis galima taikyti deformacijos duomenų pataisos koeficientą, įvertinantį klaidas dėl neužtikrinto kontakto;
- kiekviename matavimo taške atliekami mažiausiai trys apkrovos ciklai, neskaitant matavimo plokštės pastatymo.

Apkrovos ciklų skaičių galima nustatyti priklausomai nuo išmatuotų įlinkių reikšmių stabilumo. Kai kuriose šalyse ciklų kartojimas sustabdomas, kai skirtumai tarp dviejų, vienas po kito atliktų apkrovos ciklų gautų įlinkių reikšmių apkrovos centre yra mažesni nei 5 % ar 2 mikronai. Kai kuriose šalyse atliekami mažiausiai trys apkrovos ciklai. Vidutinis įlinkio dubuo apskaičiuojamas pagal mažiausiai trijų metimų duomenis. Tai sumažina atsitiktines

įlinkių matavimo paklaidas. Kartais atliekant matavimų ciklus vieną po kito, skirtumai tarp įlinkių reikšmių gali būti labai dideli, ir jie gali didėti per 10 ir daugiau metimų. Tai rodo, kad kinta dangos konstrukcijos medžiagų būklė. Pirmasis apkrovos ciklas skaičiavimuose nenaudojamas.

Kiekviename matavimo taške būtina užrašyti šiuos duomenis:

- atskaitos taškas (kilometražas);
- eismo juosta ir skersinė padėtis eismo juostoje;
- siauriems keliams – atstumas nuo dangos krašto;
- metimų skaičius;
- vietos laikas (valanda ir minutės)
- dangos paviršiaus temperatūra (jei matuojama);
- didžiausia apkrova ir didžiausi įlinkiai;
- rekomenduojama kiekvieno kelio ruožo viename matavimo taške sukaupti duomenis apie visą apkrovos trukmės ir įlinkių istoriją.

Visai duomenų rinkmenai turėtų būti užrašyti šie duomenys:

- matavimo jutiklių išdėstymo atstumai iki apkrovos centro;
- apkrovos plokštės skersmuo;
- jutiklių skaičius ir jų testavimo rezultatai;
- matavimo programa (kurių metimų duomenys registruojami);
- kelio numeris ir vieta;
- operatoriaus pavardė;
- matavimo data.

3.5. Kelio dangos konstrukcinių sluoksnių storių vertinimas

Informacija apie kelio dangos konstrukcinių sluoksnių storius yra svarbi ne tik skaičiuojant, bet ir ruošiantis matuoti deflektometru. Matuojamas kelio dangos ruožas gali būti skirtingos konstrukcijos išilgine kryptimi, taip pat skersine kryptimi. Paprastai informacija apie kelio dangos konstrukciją ir dangos sluoksnių storius gali būti gaunama iš istorinių duomenų, kernų, iškasų ar matavimų georadaru (3.5 pav.).



3.5 pav. Georadaras

Rengiantis matuoti įlinkius deflektometru, galima atlikti tyrimus georadaru ir gauti tikslius duomenis apie kelio dangos konstrukcijos sluoksnių storius išilgine ar skersine kryptimi (3.6 pav.). Georadaro pranašumas, palyginti su kernų ėmimu, yra tas, kad matavimai georadaru atliekami dideliu greičiu ir sluoksnių storiai nustatomi trumpais intervalais, pavyzdžiui 1 metro intervalu.



3.6 pav. Kompiuterio monitoriuje – pirminis tyrimų rezultatų georadaru vaizdas

Atlikus matavimus georadaru, rekomenduojama paimti keletą kernų (3.7 pav.). Šie kernai naudojami GPR rezultatų patikrai ir atskiriems asfaltbetonio sluoksnių storiams nustatyti.



3.7 pav. Kernų ėmimas

Atlikus matavimus georadaru, lengviau parinkti matavimo vietas deflektometru. Iš matavus deflektometru, pagal gautus duomenis galima nustatyti kernų paėmimo vietas (arba įvertinus FWD ir GPR matavimo rezultatus kartu). Deflektometro matavimo rezultatų analizei ir ypač tamprumo moduliams apskaičiuoti būtini tikslūs dangos sluoksnių storiai. Tam reikia paimti pakankamą skaičių kernų. Be bendro kelio dangos konstrukcijos storio, labai svarbu žinoti ir atskirų dangos sluoksnių storį ir medžiagas. Tokia informacija gali suteikti duomenų apie atskirus kelio tiesimo etapus praeityje. Šią informaciją galima gauti tik paėmus kernus arba išanalizavus istorinius duomenis. GPR matavimai suteikia informacijos apie konstrukcinių sluoksnių storių pokyčius išilgine kryptimi, bet ne apie medžiagas, panaudotas sluoksniams įrengti.

Informacija apie kelio dangos konstrukcinių sluoksnių storius yra svarbi ne tik skaičiuojant (projektuojant dangas), bet ir ruošiantis įlinkius matuoti deflektometru FWD, Benkelmano sija. Anksčiau tiestų kelių dangų konstrukcija gali būti nežinoma ar netiksliai aprašyta. Naujesnių kelių dangų konstrukcijos ir jų sluoksnių storiai gali būti gaunami iš projektinių dokumentacijų ar kitų duomenų šaltinių.

Galimi trys pasirinkimo variantai:

- naujai nutiestiems keliams naudoti istorinius duomenų šaltinius (kai duomenų teisingumas ir tikslumas patvirtinti);
- tyrimai georadaru (GPR) ir kernų ėmimas gali būti atliktas prieš matuojant įlinkius deflektometru;
- kernai gali būti imami po dangos įlinkių matavimų ir (arba) iš tyrimų georadaru, norint nustatyti:
 - konstrukcinių sluoksnių storius;
 - plyšių išplitimą;
 - atskirų kelio dangos konstrukcinių sluoksnių storius ir medžiagas.

Nustatant eksperimentinių tiriamųjų ruožų kelių konstrukcijų sluoksnių storius, buvo pasirinktas trečiasis variantas, kada kernai buvo imami po pirmųjų įlinkių matavimų.

Kernų ir šurfų vietų nustatymas priklauso nuo to, kaip kelio ruožas bus suskirstytas į atkarpas.

Taikome šiuos bendruosius principus:

- kernų paėmimo vieta turėtų būti prie matavimo taško, kurio nuosėdžių dubuo labiausiai atitinka ruožo atkarpos dubenų vidurkį, arba toje vietoje, kurios išmatuota santykinė laikomoji galia atitinka tos atkarpos vidutinę santykinę laikomąją galią;
- jei matavimai deflektometru atlikti rato pėdsake prie dešiniojo kelkraščio, tame pėdsake turi būti paimtas bent vienas kernas. Jei matuota tarp ratų pėdsakų, turi būti paimti bent du kernai – vienas tarp ratų pėdsakų, kitas – rato pėdsake prie dešiniojo kelkraščio;
- bituminių rišiklių turinčių sluoksnių ir cementinių rišiklių turinčių sluoksnių storiai matuojami paimant kernus ir (arba) georadaru.

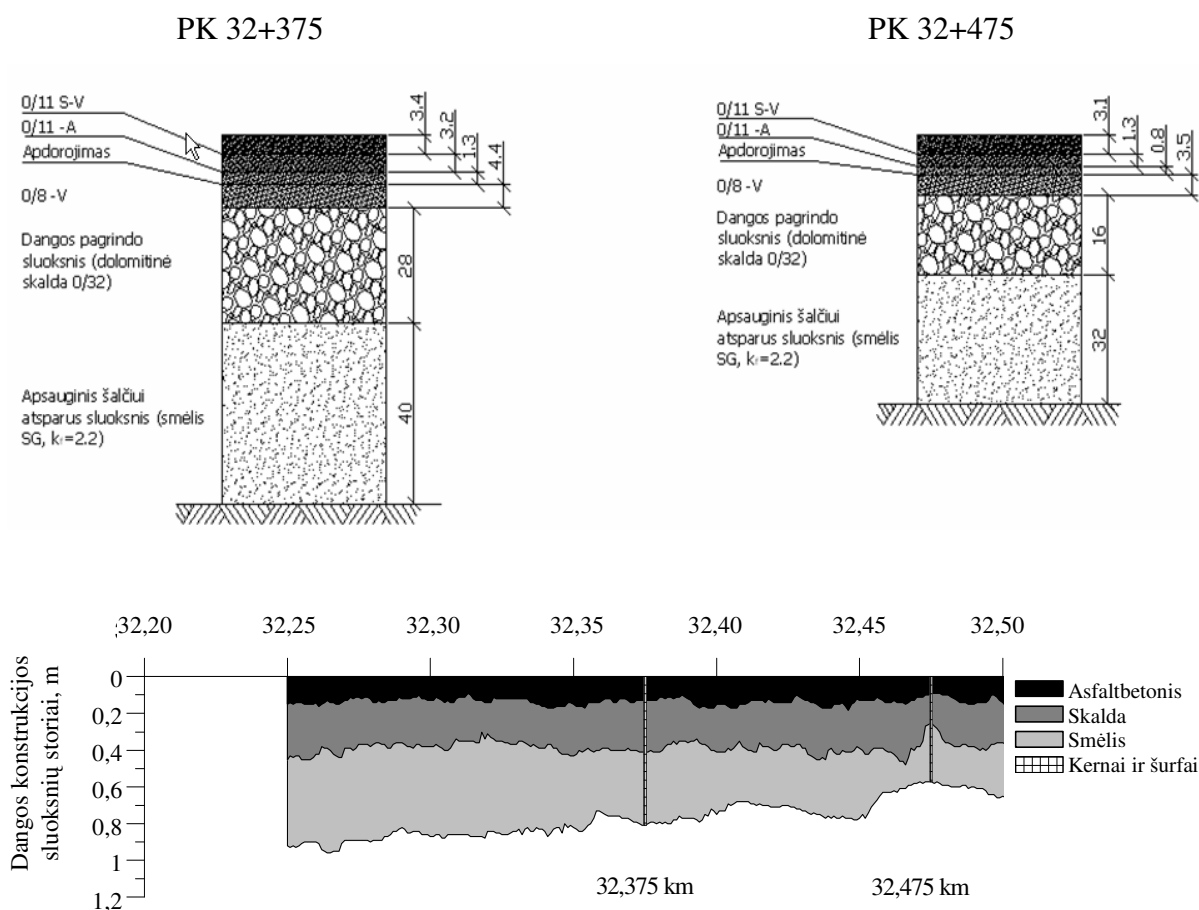
Deflektometro matavimo duomenims sutvarkyti reikalingi tikslūs dangos sluoksnių storiai:

- asfaltbetonio sluoksniams $\pm 5\%$ bendro šių sluoksnių storio;
- nesurištiems (biriesiems) kelio pagrindo ir apatiniams medžiagų sluoksniams $\pm 10\%$ nuo bendro šių sluoksnių (sluoksnių) storio.

Eksperimentinių tyrimų ruožuose georadaru matuota kraštinėje dešinėje kelio vėžėje, t. y. ten pat, kur matuoti dangos įlinkiai deflektometru. Radarogramose 2, 3 ar 4 eismo juostų pradžios taškas atitinka tyrimo ruožo pabaigos tašką, o radarogramos pabaigos taškas atitinka tiriamojo ruožo pradžios tašką. Kelio dangos konstrukcijos sluoksnių storių duomenys

pateikti kilometražo didėjimo kryptimi. Kelio dangos konstrukcijos sluoksnių storiai nustatyti vieno metro intervalu.

Atlikus eksperimentinių ruožų konstrukcinių sluoksnių analizę matyti, kad tiriamuose 300 m atkarpų ruožuose sluoksnių storiai vieno metro intervalu gali būti labai skirtingi (3.8 pav.).



3.8 pav. A8 eksperimentinio ruožo Panevėžys – Kėdainiai – Cinkiškis 32,20–32,50 km dangos konstrukcijos sluoksnių storiai

Asfaltbetonio dangos storiai kinta nuo 9 iki 19 cm, skaldos pagrindo storiai kinta nuo 16 iki 40 cm ir šalčiui atsparaus sluoksnio – nuo 13 iki 50 cm. Dėl šių priežasčių įlinkių matavimo rezultatai net vieno metro atstumu ženkliai skiriasi (1 priedas).

3.6. Pradinis eksperimentinių tyrimų rezultatų sutvarkymas

Patikrinamas išmatuotų įlinkių duomenų logiškumas, atliekama metimų atranka tolesniems skaičiavimams ir išmatuotos įlinkių reikšmės normalizuojamos į pasirinktą

apkrovą. Jei deformacijos skaičiuojamos tiesiogiai iš įlinkių reikšmių, tai įlinkiams taikoma temperatūros pataisa. Iš išmatuotų įlinkių apskaičiuojami įvairūs įlinkių dubens parametrai (pvz., paviršiaus kreivio indeksas SCI). Čia pateiktas užrašomų duomenų sąrašas.

Aprašyti pagrindiniai metodai, kaip padalinti projekcinio kelio ruožą į vienarūšes atkarpas pagal vizualią apžiūrą ir pagal suvestinės sumos metodą. Taip pat nurodyti kiekvienos atkarpos įlinkių duomenų pradinio apdorojimo metodai.

Paprastai išmatuoti įlinkiai yra tikrinami naudojant deflektometro duomenų surinkimo programą. Tikrinama, ar įlinkiai mažėja didėjant atstumui nuo apkrovos plokštės. Prieš pradėdamas skaičiuoti sluoksnių tamprumo ar deformacijų modulius, vartotojas turėtų patikrinti, ar įlinkių duomenys tinkami. Nerealios reikšmės ar akivaizdžias klaidas privalu panaikinti.

Kiekviename matavimo taške rekomenduojama atlikti ir užrašyti mažiausiai tris metimus, išskyrus pirmąjį metimą. Tolesnei duomenų analizei kiekviename matavimo taške galima naudoti:

- paskutinį metimą (kurio metu aprašoma galutinė dangos būseną);
- visų užrašytų metimų vidurkius (ši procedūra sumažina atsitiktinių klaidų tikimybę).

Eksperimentams parinktų automobilių kelių ruožų asfaltbetonio dangų konstrukcijų tamprumo moduliai apskaičiuojami normalizavus įlinkių reikšmes į standartines asfaltbetonio dangos temperatūros, nustatytos apkrovos ir apkrovos trukmės sąlygas.

Įlinkių normalizavimas į standartines sąlygas leido lengviau palyginti įlinkių duomenis. Normalizuoti įlinkiai naudojami įlinkių reikšmių vidurkiui apskaičiuoti vienoje atkarpoje ir nustatyti tos atkarpos standartinį įlinkių nuokrypį. Skaičiuojant tamprumo modulius, nebūtina naudoti normalizuotus įlinkius: galima naudoti matavimų metu gautus duomenis, jei žinoma, kokiai apkrovai esant gauti šie įlinkiai. Naudojant kompiuterinę programą ELMOD 5, kuri neįvertina netiesinių medžiagų savybių, apskaičiuoti tamprumo moduliai bus tokie patys. Jei kompiuterinė programa įvertina netiesiškumą, įlinkių reikšmių normalizavimas lemia klaidingus rezultatus.

Įlinkiai normalizuojami į nustatytą apkrovą pagal tiesinę priklausomybę. Tai reiškia kad išmatuoti įlinkiai yra dauginami iš santykio ($P_{\text{nustatyta}}/P_{\text{išmatuota}}$). Nustatyta apkrova lygi 50 kN. 50 kN apkrovą, kai apkrovos plokštės skersmuo lygus 300 mm, atitinka 707 kPa kontaktinis slėgis.

A. Vaimelis, remdamasis vokiečių standartais, daro išvadą, kad apkrovos trukmė daro įtaką bituminių kelio dangų tamprumo modulio reikšmei [65]. Ta pačia samprata, vertinant apkrovos trukmę, remiamasi ir VSN 46-83 [3]. Pagal abu šiuos šaltinius įlinkių duomenimis

pagrįsta tamprumo modulio reikšmė turi būti sumažinta naudojant pataisos koeficientą K_{lt} , norint gauti tamprumo modulio reikšmę, lyginamą su reikšme, gauta 0,1 sekundės apkrovos trukmės atveju.

Šiuo atveju pataisos koeficientas dėl skirtingos apkrovos trukmės išreiškiamas taip:

$$K_{lt} = (0,1/t)^{0,33}, \quad (3.1)$$

čia t – FWD apkrovos trukmė, s.

„Dynatest FWD 8000“ prietaiso gamintojų nuomone, jokio apibrėžto apkrovos trukmės nustatymo metodo nėra [68]. Jie taiko metodą, kuriame pasirinktas tas periodas, per kurį FWD apkrovos registruojamas signalas pakinta 5 % nuo savo maksimalios reikšmės. FWD registruoja apkrovos kitimo duomenis kas 0,2 milisekundės, apkrovos trukmė apskaičiuojama apie 25 ms.

Estijos kelių techninis centras Ltd [4], naudodamas deflektometrą „Dynatest FWD 8000“ įlinkiams matuoti, nustatė apkrovos trukmę. Visais atvejais apkrovos trukmė yra 0,025–0,027 sekundės.

ELMOD programa gali būti naudojama kelio dangoms skaičiuoti, sprendžiant atvirkštinį kelių projektavimo uždavinį. ELMOD programos gali tiesiogiai naudoti deflektometro matavimų rinkmeną, iš anksto nesutvarkytą tamprumo modulio reikšmėms skaičiuoti. Vieninteliai reikiami pradiniai duomenys yra sluoksnių storiai. Naudojant šias ELMOD apskaičiuotas tamprumo modulio reikšmes sluoksniams, galima nustatyti kiekvienų tyrimo metų sezoninius koeficientus $k_{sez.} = E_{min}/E_{max}$.

Deflektometro matavimo duomenys naudojami kelio dangos būklei vertinti. Jie skirti kelių dangų laikomajai galiai vertinti, todėl tuomet, kai dangos defektai yra iš esmės nesusiję su laikomąja galia, matavimo duomenys mažai kada taikomi.

Matavimo deflektometru duomenys naudojami santykiniam dangų sluoksnių būklės lyginimui pagal išmatuotus įlinkius ir (arba) pagal nuosėdžių dubens formą.

Jeigu lyginimo duomenis galima naudoti tyrimo tikslams (kelio būklės duomenų bankui ar ruožui padalinti į atkarpas), reikia pažymėti, kad kelių inžinerijoje įlinkių matavimas nėra pagrindinis tikslas. Įtempiai dangos konstrukcijos sluoksniuose yra esminiai dangų projektavimo elementai. Tačiau, nagrinėjant vien tik įlinkių dydžius, reikia turėti galvoje, kad toks lyginimas gali būti klaidingas, ypač nagrinėjant skirtingo tipo dangas su skirtingais sluoksnių storiais, kadangi įlinkių ir įtempių santykiai yra skirtingi įvairių konstrukcijų dangose. Tokiam pačiam nuosėdžių dubeniui galima gauti skirtingo dydžio įtempius, esant

skirtingos konstrukcijos dangai.

Matavimo deflektometru duomenys gali būti naudojami tiesioginiam asfaltbetonio ir cementbetonio dangų laikomosios galios nustatymui.

Laikomoji galia vertinama įvairiais būdais: naudojant nomogramas arba supaprastintas kompiuterines programas (pavyzdžiui, pagal centrinę įlinkį ir (arba) skirtumą tam tikrų įlinkių reikšmių), kurios leidžia klasifikuoti dangas pagal jų konstrukcijos būklę. Kai kuriose šalyse ši klasifikacija naudojama visam keliui vertinti, kitose šalyse ji naudojama papildomiems sluoksniams projektuoti ir kartais naujiems kelių ruožams priimti.

Deflektometru išmatuotų įlinkių duomenys gali būti naudojami atskirų dangos sluoksnių tamprumo moduliams nustatyti.

Apskaičiuoti tamprumo moduliai gali būti naudojami:

- vertinant rišikliais surištų ir nesurištų medžiagų santykinį poveikį dangos stiprumui;
- nustatant kritines dangos konstrukcijos vietas, kurias reikia pakeisti ar papildomai ištirti;
- nustatant kritinio sluoksnio konstrukcijos kokybę;
- apskaičiuojant dangos sluoksnių įtempius, veikiant apkrovai;
- apskaičiuojant dangos amžių, naudojant apskaičiuotus įtempius kartu su nuovargio kreive ar taikant deformacijos kriterijų ir eismo istoriją;
- nustatant liekamąjį kelio dangos amžių, naudojant apskaičiuotą bendrą dangos amžių ir prognozuojamą eismą ateityje;
- apskaičiuojant papildomų sluoksnių storius, jeigu liekamasis kelio dangos amžius yra trumpesnis, nei reikalingas projektinis dangos amžius.

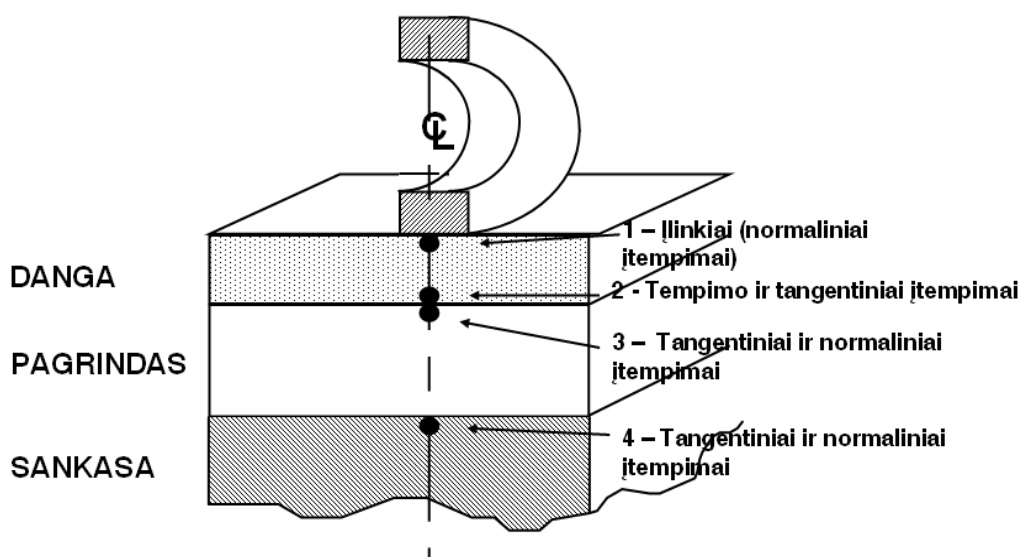
3.7. Tyrimų rezultatai

3.7.1. Kelio dangos konstrukcijos įtempiai nuo išorinės apkrovos

Norint apskaičiuoti dangos konstrukcijos reakciją į apkrovą (3.9 pav.), turi būti žinomi dangos sluoksnių, įskaitant ir sankasą, medžiagų pagrindiniai dėsniai. Šie pagrindiniai dėsniai jungia įtempius su poslinkiais. Paprasčiausiu atveju, kai medžiagų modelis tiesiškai tamprus, gali būti taikomas Huko dėsnis.

Pagal Huko dėsnį naudojami du parametrai: tamprumo (Jungo) modulis – E ir Puasono koeficientas ν . Padarius prielaidą, kad Huko dėsnis galioja, 1885 m. Businessko išsprendė erdvinį uždavinį. Nagrinėjamą įtempių ir deformacijų būvį čia lemia sutelktoji jėga, statmena

plokštumai, ribojančiai tamprią izotropinę puserdvę.



3.9 pav. Dangos konstrukcijos reakcija į apkrovą

Kelio dangos išorinės apkrovos taške (3.8 pav.) pasireiškia normaliniai ir tangentiniai įtempiai. Businessko uždavinio sprendinys naudojamas kelio dangos konstrukcijos įtempiams ir nuosėdžiams nuo eismo apkrovų skaičiuoti. Šiuo metu visame pasaulyje kelio dangų tamprumo moduliams apskaičiuoti naudojamos Businessko lygtys tampriai puserdvei [64].

3.7.2. Kelio dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulio nustatymas, remiantis deflektometro įlinkių matavimų duomenimis

1998–2001 m. įlinkiai buvo matuoti 23 eksperimentiniuose kelių ruožuose, o 2006 m. iš jų pasirinkta 12 ruožų tolesniems matavimams ir papildomai 8 nauji bandymų ruožai. Kiekvienais metais nuo ankstyvo pavasario iki vėlyvo rudens buvo atliekami FWD matavimai (išskyrus įšalo periodą) 3–4 kartus per mėnesį pavasario ir rudens laikotarpiais bei 1–2 kartus per mėnesį vasarą. Matavimų tikslas – apskaičiuoti dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulius ir rasti ryšį tarp modulių, apskaičiuotų iš įlinkių, matuotų bet kuriuo metų laiku ir silpniausio periodo laiku; sudaryti tamprumo modulio reikšmių metinių pokyčių tendencijų kreives, remiantis deflektometru matuojamais įlinkiais, naudoti gautas priklausomybes, norint paversti bet kuriuo metų laiku išmatuotą įlinkį ir apskaičiuotą ekvivalentinio tamprumo modulio reikšmę dydžiu, atitinkančiu silpniausią kelio dangos ruožą, taip pat laikotarpį, kai danga yra mažiausio stiprumo.

Naudojant deflektometru išmatuotus įlinkių duomenis, galima apskaičiuoti kelio dangos

konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulius. Apytiksliai dangos konstrukcijos sluoksnio E moduliai nustatomi pagal tamprumo modulio lygtis, tačiau tiksliau skaičiuoti reikalingas duomenų redukavimas. Daugelyje skaičiavimo metodų daroma prielaida, kad teoriškai prognozuojamas nuosėdžių dubuo yra ekvivalentiškas išmatuotam nuosėdžių dubeniui. Duotos dangos konstrukcijos, teorinį nuosėdžių dubenį galima prognozuoti naudojant tamprumo modulių reikšmes. Paskui sluoksnio modulių reikšmės yra koreguojamos ir šis procesas kartojamas tol, kol prognozuojamas nuosėdžių dubuo tampa artimas dubeniui, išmatuotam deflektometru.

Eksperimentiniams tyrimams parinktų automobilių kelių ruožų dangų konstrukcijų sluoksnių tamprumo moduliams apskaičiuoti buvo panaudoti:

- išmatuoti kiekvieno eksperimentinio kelio ruožo dangų konstrukcijų sluoksnių storiai (1 priedas, 1–20 pav.);
- išmatuotų deflektometru „Dynatest FWD 8000“ dangos konstrukcijos įlinkių reikšmės;
- kelio dangos konstrukcijos sluoksnių įlinkių matavimo metu užrašyta oro, kelio dangos paviršiaus ir asfaltbetonio dangos sluoksnio temperatūra;
- išmatuoti įlinkiai apkrovos plokštės centre, redukuoti standartine $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ asfaltbetonio dangos temperatūra.

3.8. Trečio skyriaus išvados

1. Eksperimentiniams tyrimams parinktuose kelių ruožuose per ketverius metus atlikus apie 3000 įlinkių matavimų, priklausomai nuo klimato sąlygų galima vertinti kelių stiprio kitimo tendencijas skirtingais metais ir metų sezonais, ir nustatyti įtakos koeficientus bei lygtis dangų konstrukcijos stipriui.

2. Asfaltbetonio dangos sluoksnio tamprumo modulis priklauso nuo dangos temperatūros įlinkių matavimo metu, todėl matavimų rezultatai redukuojami nustatytai standartinei temperatūrai.

3. Nustatyta, kad tiriamų kelio ruožų dangos konstrukcijos storiai net vieno metro intervalu labai skirtingi, todėl tokie tiriamieji 300 m atkarpų ilgio kelių ruožai neanalizuotini kaip vienuolios dangos konstrukcijos. Dėl nevienodų dangos konstrukcijos sluoksnių storių eksperimentiniuose 300 metrų ilgio kelių ruožuose apskaičiuoti tamprumo moduliai įlinkių matavimo taškuose neapibūdina kelio ruožo dangos stiprio.

4. Lietuvos keliuose atlikus eksperimentinius tyrimus deflektometru, kurie buvo vykdomi kiekvienais metais nuo ankstyvo pavasario iki vėlyvo rudens, galima nustatyti kiekvienų tyrimo metų sezoninius koeficientus, kurie įvertintų Lietuvoje vyraujančių dangų konstrukcijų mažiausią tamprumo modulį kritiniu dangos konstrukcijai metų sezonu.

4. TYRIMŲ REZULTATŲ APDOROJIMAS, ANALIZĖ IR VERTINIMAS

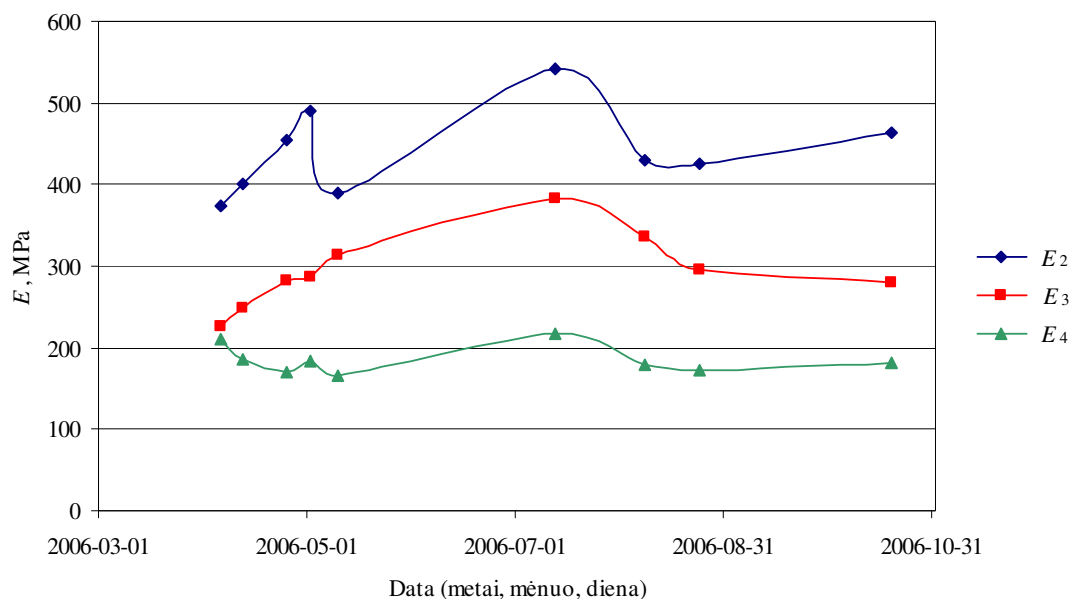
4.1. Dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulių apskaičiavimas

Kelio dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulio skaičiavimai buvo atliekami ELMOD 5 kompiuterine programa, kuri naudoja „Dynatest FWD 8000“ įlinkių matavimo reikšmes dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo moduliui skaičiuoti. Ši programa apskaičiuoja kiekvieno sluoksnio tamprumo ar deformacijos modulį dviejų, trijų arba keturių sluoksnių kelio dangos konstrukcijose, naudojant Odemarko – Businessko transformuotą metodą [89, 60]. Pagal deflektometro įlinkių matavimo duomenis programa apskaičiuoja dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulius kiekvienoje matavimo vietoje. Buvo apskaičiuoti skaldos pagrindo tamprumo moduliai E_2 , šalčiui atsparaus sluoksnio tamprumo moduliai E_3 ir sankasos grunto deformacijos moduliai E_4 (2 priedas, 1 lentelė).

4.1–4.4 paveiksluose grafiškai pateikti įlinkiais pagrįstos tamprumo modulio priklausomybės nuo datos bandymų vietose pavyzdžiai.

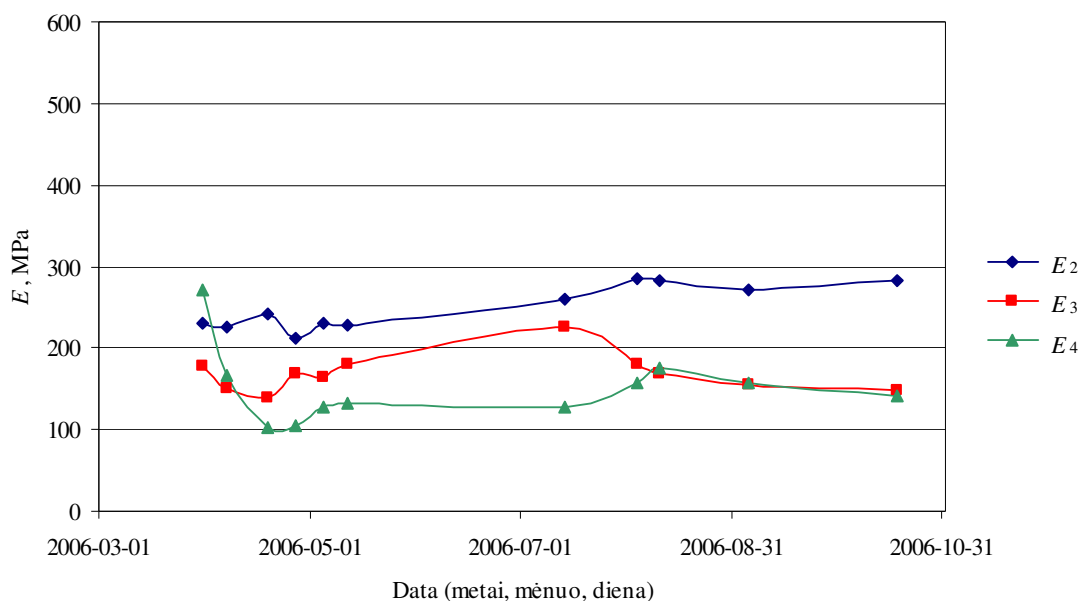
Metinis tamprumo modulio kitimas bandymo vietose (4.1–4.5 pav.) parodo didžiausią sezoninį tamprumo ir deformacijos modulių sumažėjimą pavasario sezonu. Stabiliausias stiprio požiūriu metų laikas – vasara, išskyrus labai lietingus laikotarpius.

Apskaičiuoti dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo moduliai ir nubraižytos jų metinės priklausomybės leidžia prognozuoti kelio dangos stiprį kritiniais metų (pavasario ir rudens) laikotarpiais, kai kelio danga susilpnėja [2A].

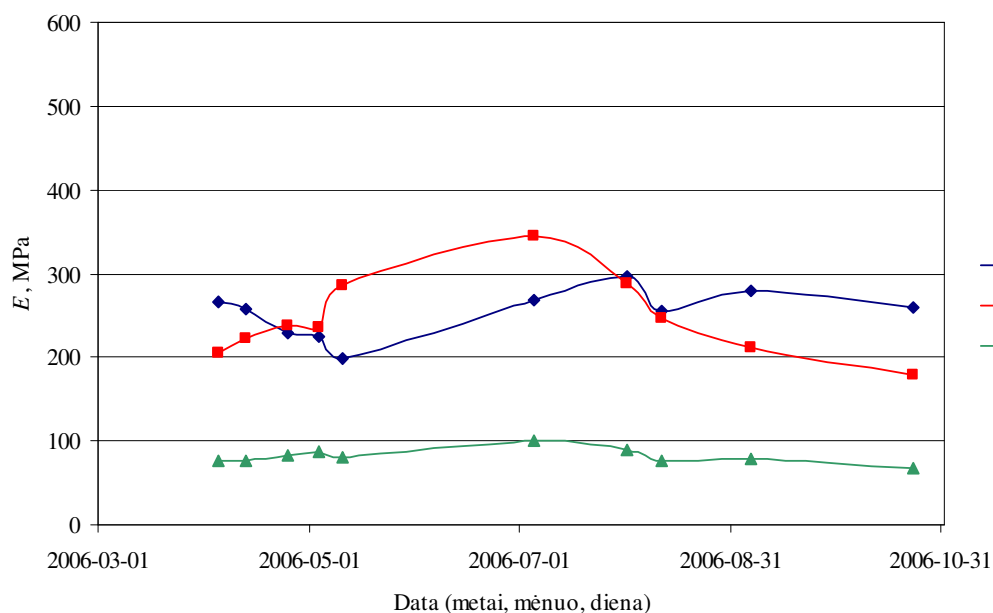


4.1 pav. Metinis dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulio kitimas
A1 kelio 111,15–111,45 km bandymo ruože

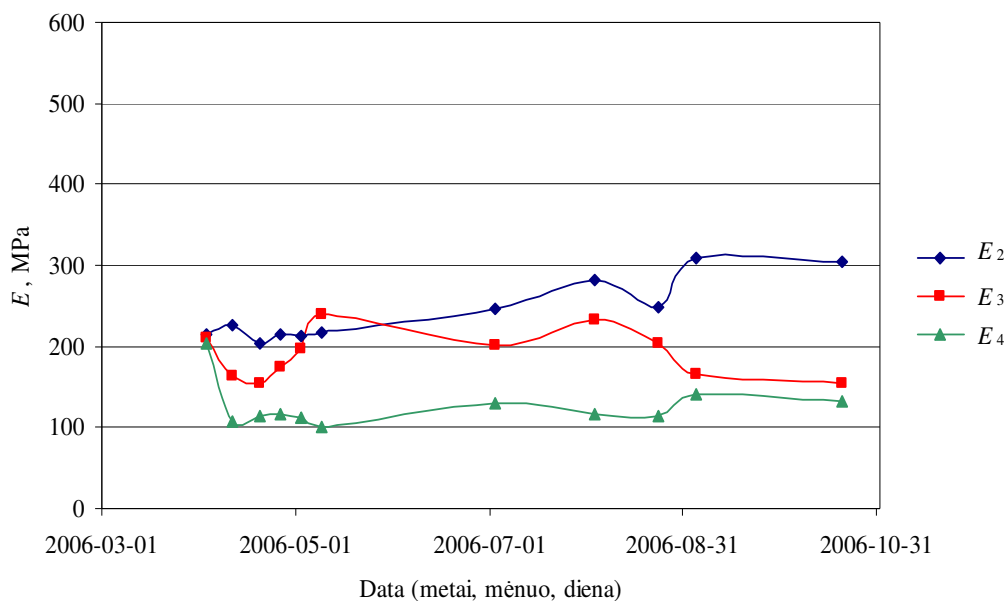
2006 metais A1 kelio eksperimentiniame ruože žymiai padidėjęs dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulis buvo liepos mėn., o minimalus – balandžio mėn. (4.1 pav.). Panašios tamprumo modulio kitimo tendencijos A4, A8, keliuose (4.3–4.5 pav.).



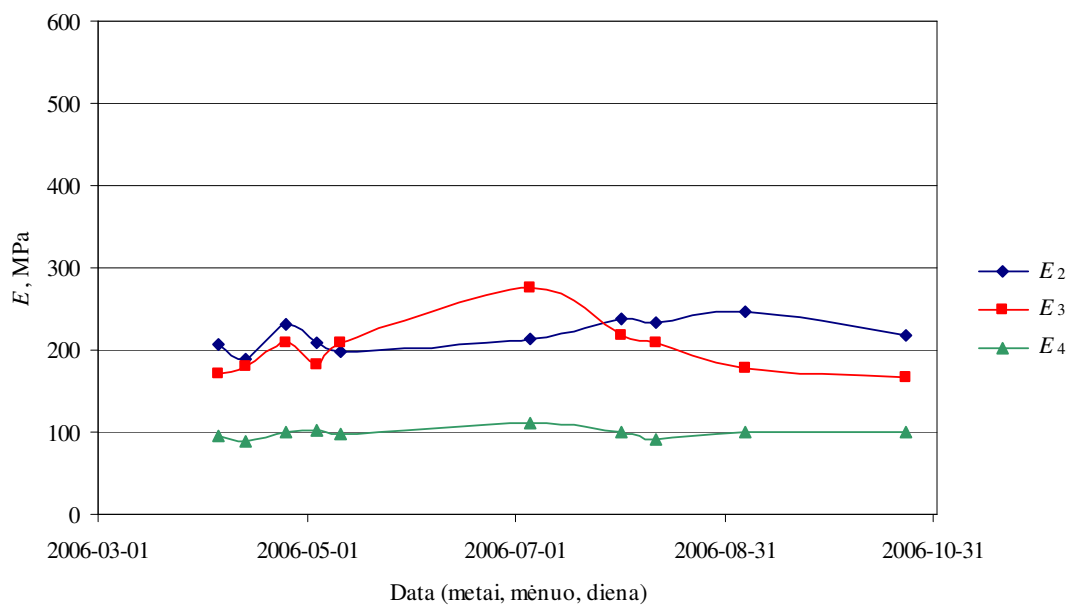
4.2 pav. Metinis dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulio kitimas 160 kelio 2,7–3,0 km bandymo ruože



4.3 pav. Metinis dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulio kitimas A8 kelio 32,20–32,50 km bandymo ruože



4.4 pav. Metinis dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulio kitimas A4 kelio 101,1–101,4 km bandymo ruože



4.5 pav. Metinis dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulio kitimas A8 kelio 28,70–29,00 km bandymo ruože

4.1–4.5 paveiksluose pateiktų eksperimentinių kelių maksimalios tamprumo modulių reikšmės vyrauja liepos–rugpjūčio mėnesiais, o minimalūs tamprumo moduliai – kovo ir balandžio mėnesiais. Tokias tendencijas sąlygoja klimatinės sąlygos. Kelio dangų konstrukcijos sluoksnių iš birių medžiagų tamprumo modulis sumažėja drėgnais klimato

laikotarpiais.

4.2. Dangos stiprio sumažėjimo dėl sezono veiksnių koeficientų skaičiavimas

Norint sumažinti įvairių metų duomenų įvairovę ir rasti tamprumo modulio reikšmės pataisos koeficientą silpniausiu laikotarpiu, nustatomas skaičiuotos tamprumo modulio reikšmės minimumas ir maksimumas kiekvieniems metams. Jis naudojamas dangų tamprumo modulio reikšmių sezoniniam pataisos koeficientui apskaičiuoti. Dangos tamprumo modulio reikšmės redukcijos koeficientai silpniausiu periodu gaunami dalijant minimalias tamprumo modulių reikšmes iš maksimalios metų reikšmės, kada vyko bandymai: $E_{\min} / E_{\max}$.

Kiekvieno bandomo kelio ruožo dangos konstrukcijos sluoksnių maksimalių ir minimalių tamprumo modulio reikšmių lyginimas rodo aplinkos sezoniškumo įtaką dangos stiprumui. Kiekvienų tyrimo metų tamprumo modulių analizė (3 priedas, 21–28 pav.) parodo kiekviename bandomame kelio ruože maksimalių ir minimalių E modulių reikšmių kitimą, tačiau negalima padaryti apibendrinamųjų išvadų.

Tokiu būdu visos deflektometro matavimo vietos buvo suskirstytos į 5 grupes pagal kelius, kuriuose yra eksperimentiniai tyrimų ruožai, norint nustatyti dangos tamprumo modulio reikšmės pataisos koeficientą metų periodui, kai danga yra silpniausia. Kiekvienas kelias yra tame pačiame klimato rajone su tokiu pačiu hidrologiniu vandens režimu.

Kelio dangos konstrukcinių sluoksnių stipriui įvertinti ir palyginti gali būti naudojami įvairūs rodikliai [69]. Išnagrinėjus Lietuvoje taikomus kelio dangos stiprio rodiklius, sezono koeficientams nustatyti pagal kiekvienų tyrimų metų duomenis buvo naudoti ELMOD 5 programa apskaičiuoti šie rodikliai:

- kelio pagrindo sluoksnio tamprumo modulis E_2 ;
- kelio šalčiui atsparaus sluoksnio tamprumo modulis E_3 ;
- kelio sankasos grunto deformacijos modulis E_4 .

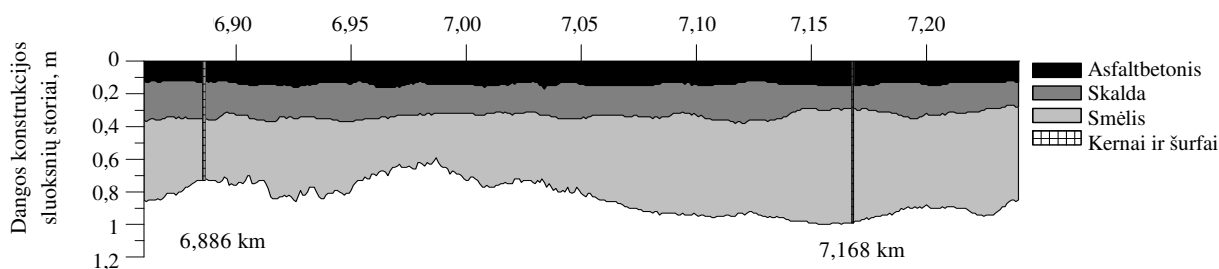
Apskaičiavus kiekvieno eksperimentinio kelio ruožo ketverių tyrimo metų maksimalių ir minimalių stiprio rodiklių reikšmių koreliacijos koeficientus, nustatyta silpna koreliacija (4.1 lentelė).

Šiuo atveju galima teigti, kad eksperimentinių kelio ruožų skirstymas pagal kelius, atsižvelgiant į vienodus Lietuvos klimatinius rajonus, hidrologines sąlygas ir gruntus, neužtikrino patikimų sezoninių koeficientų. Dažnai vienoje ruožo dalyje išmatuoti įlinkiai buvo gerokai didesni arba gerokai mažesni nei kitoje to paties kelio ruožo dalyje. Šiuo atveju nagrinėjamus kelių ruožus į atskiras atkarpas padalijus tokiu principu, kiekvieno kelio tyrimo ruože net 50 metrų atstumu buvo skirtinga laikomoji galia.

4.1 lentelė. Eksperimentinių kelių koreliacijos koeficientai kiekvienais tyrimo metais

Kelio Nr.	E_2					E_3					E_4				
	$k_{kor.}$	Min E	Data Min	Max E	Data Max	$k_{kor.}$	Min E	Data Min	Max E	Data Max	$k_{kor.}$	Min E	Data Min	Max E	Data Max
160	0,90	182	1998-03-23	265	1998-06-23	-0,51	112	1998-03-23	181	1998-05-14	-0,54	114	1998-04-14	166	1998-10-27
160	0,59	199	1999-03-31	277	1999-10-27	-0,56	112	1999-03-25	189	1999-07-01	0,67	103	1999-03-25	177	1999-07-29
160	0,74	226	2000-10-27	245	2000-09-20	0,75	135	2000-10-27	148	2000-09-20	-0,75	134	2000-03-28	163	2000-07-28
160	0,53	243	2006-04-07	303	2006-08-10	0,73	154	2006-04-19	229	2006-07-14	0,51	102	2006-04-19	144	2006-08-10
A17	0,80	472	1998-04-14	534	1998-10-27	0,55	256	1998-04-06	288	1998-06-23	0,62	129	1998-04-14	159	1998-06-23
A17	0,91	434	1999-03-31	524	1999-09-30	0,68	228	1999-04-20	333	1999-07-01	0,68	103	1999-03-09	210	1999-07-01
A17	0,85	401	2000-04-28	489	2000-10-27	0,74	224	2000-04-20	266	2000-10-27	0,64	117	2000-04-12	171	2000-07-28
A17	0,77	358	2006-05-11	447	2006-08-01	0,59	221	2006-05-04	258	2006-07-05	0,60	113	2006-04-13	167	2006-07-05
A4	0,67	150	1998-03-09	220	1998-06-12	0,75	179	1998-04-07	237	1998-06-12	0,51	91	1998-04-02	112	1998-09-18
A4	-0,63	148	1999-03-24	193	1999-06-28	0,80	73	1999-03-24	185	1999-06-28	-0,69	50	1999-03-24	130	1999-07-30
A4	0,66	150	2000-04-04	184	2000-09-19	0,86	135	2000-03-30	198	2000-08-21	0,88	96	2000-04-04	120	2000-09-19
A4	0,81	200	2006-05-03	281	2006-09-04	0,67	147	2006-04-20	216	2006-08-03	0,73	103	2006-05-03	129	2006-09-04
A6	0,87	438	1998-04-08	518	1998-06-13	0,94	271	1998-04-15	354	1998-06-13	0,93	104	1998-03-06	162	1998-06-13
A6	0,65	383	1999-04-09	524	1999-07-28	0,53	252	1999-04-09	378	1999-07-28	0,70	111	1999-03-26	201	1999-06-30
A6	0,73	412	2000-03-23	504	2000-07-26	0,55	286	2000-03-23	349	2000-06-28	0,94	118	2000-04-03	168	2000-06-28
A6	0,91	386	2006-04-24	519	2006-08-08	0,83	312	2006-03-30	493	2006-07-04	0,79	139	2006-04-10	206	2006-07-24
A8	0,83	229	1998-03-31	288	1998-07-30	0,64	183	1998-03-23	287	1998-06-23	0,50	125	1998-03-23	209	1998-07-30
A8	0,98	210	1999-03-31	253	1999-10-14	0,89	215	1999-04-22	300	1999-07-01	0,86	140	1999-04-07	229	1999-08-30
A8	0,88	208	2000-04-20	220	2000-06-29	0,94	186	2000-03-28	255	2000-07-28	0,82	119	2000-04-05	212	2000-07-28
A8	0,69	246	2006-04-13	291	2006-08-01	0,84	237	2006-04-13	350	2006-07-05	0,72	109	2006-04-13	166	2006-07-05
A1	0,65	353	2006-04-06	508	2006-07-13	0,55	186	2006-04-12	330	2006-07-13	–	–	–	–	–
A5	0,81	315	2006-05-10	354	2006-08-08	0,75	228	2006-04-20	284	2006-07-04	0,63	198	2006-04-26	254	2006-07-13
A16	0,94	6466	2006-04-20	8284	2006-09-04	0,69	283	2006-04-20	324	2006-07-03	0,80	152	2006-04-20	169	2006-07-03

Kelio ruožui skirstyti į atkarpas taikomi įvairūs rankiniai ir statistiniai būdai [22]. Vienarūšė atkarpa yra tokia kelio dalis, kurioje išmatuotų įlinkių reikšmės (ar kiti kintamieji) yra beveik vienodi ir kurios nebeįmanoma padalinti į dar mažesnes atkarpas, kurių savybės visiškai skirtingos. Turint pakankamai informacijos apie sluoksnių storius, šią informaciją ir ELMOD 5 programą taip pat galima naudoti ruožui padalinti į vienarūšes atkarpas. Informacijai apie sluoksnių storius buvo naudojami ir georadaru gauti duomenys, todėl reikia įvertinti nevienodus dangos konstrukcijos sluoksnių storius (4.6 pav.)



4.6 pav. A5 kelias Kaunas – Marijampolė – Suvalkai 6,86–7,24 km dangos konstrukcijos storiai

Dangos konstrukcijos sluoksnių tamprumo modulių pagal STR dangos konstrukcijos klases ekstremalios (min, max) reikšmės ir jų koreliacijos koeficientai pateikti 4.2 lentelėje.

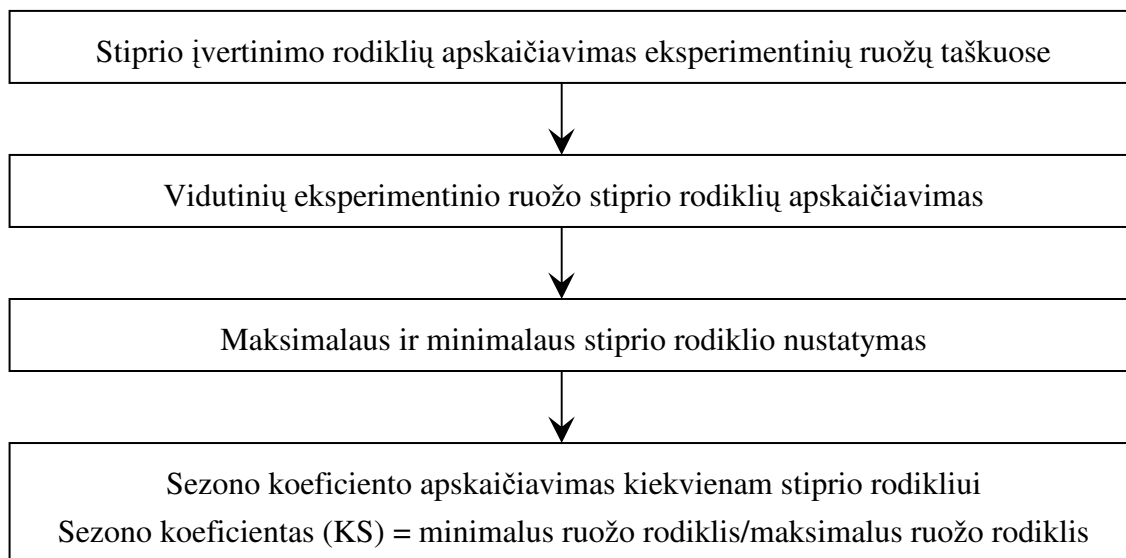
4.2 lentelė. Dangos konstrukcijos sluoksnių ekstremalių tamprumo modulių reikšmių koreliacija

Dangos konstrukcijos klasė pagal STR 2.06.03:2001	Metai	E_2 , MPa			E_3 , MPa		
		Koreliacijos koeficientas k	E_{2min}	E_{2max}	Koreliacijos koeficientas k	E_{3min}	E_{3max}
III	1998-2000	0,83	196	237	0,82	119	145
	2006	0,96	314	326	0,92	204	223
	1998-2006	0,91	255	281	0,88	161	184
IV	1998-2000	0,82	323	391	0,92	213	231
	2006	0,82	329	399	0,96	253	264
	1998-2006	0,82	326	395	0,94	233	248
V	1998-2000	0,84	321	381	0,92	230	249
	2006	0,79	288	366	0,98	235	239
	1998-2006	0,82	305	373	0,95	232	244

Šiuo atveju gauta teigiama reikšmių koreliacija (koreliacijos koeficientas 0,79–0,98), todėl galima atlikti duomenų analizę juos suskirsčius į standartizuotas dangos konstrukcijas.

Naudojant kelio ruožų dangų konstrukcijų sluoksnių storių matavimo georadaru rezultatus kiekvienoje įlinkių matavimo vietoje (1 priedas, 1–20 pav.), tyrimų rezultatai buvo suskirstyti pagal STR 2.06.03:2001 į standartizuotų dangos konstrukcijų klases.

Remiantis įlinkių matavimais kiekvienos dangos konstrukcijos klases sezono veiksnio koeficientas (toliau – sezono koeficientas) apskaičiuojamas pagal algoritmą, kurio schema pateikta 4.7 pav.



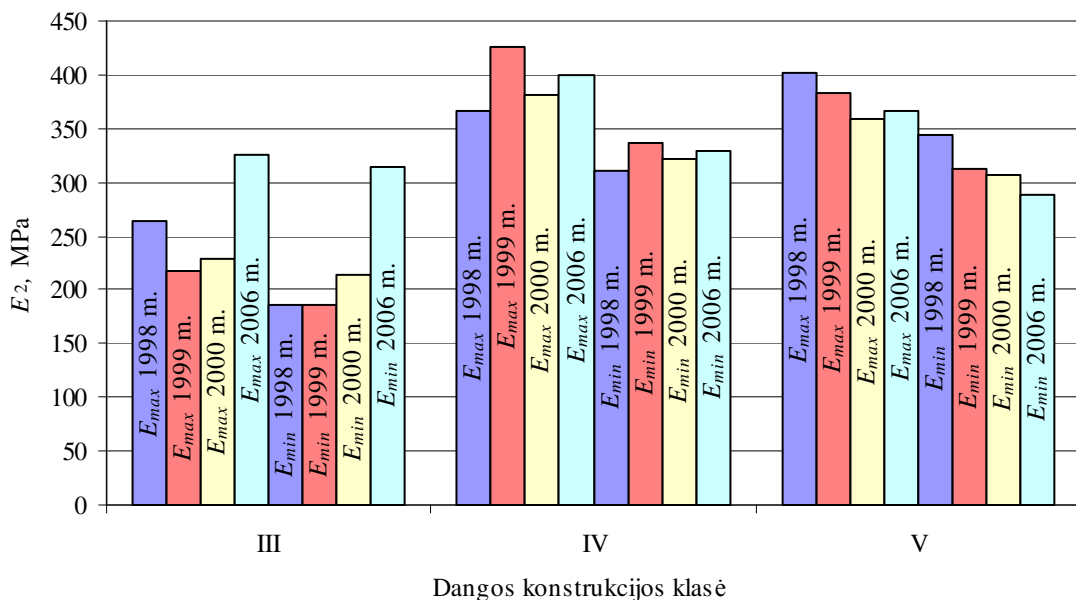
4.7 pav. Sezono koeficiento skaičiavimo schema

4.3 lentelė. Tamprumo modulio sumažėjimo dėl sezono veiksnio įtakos koeficientai

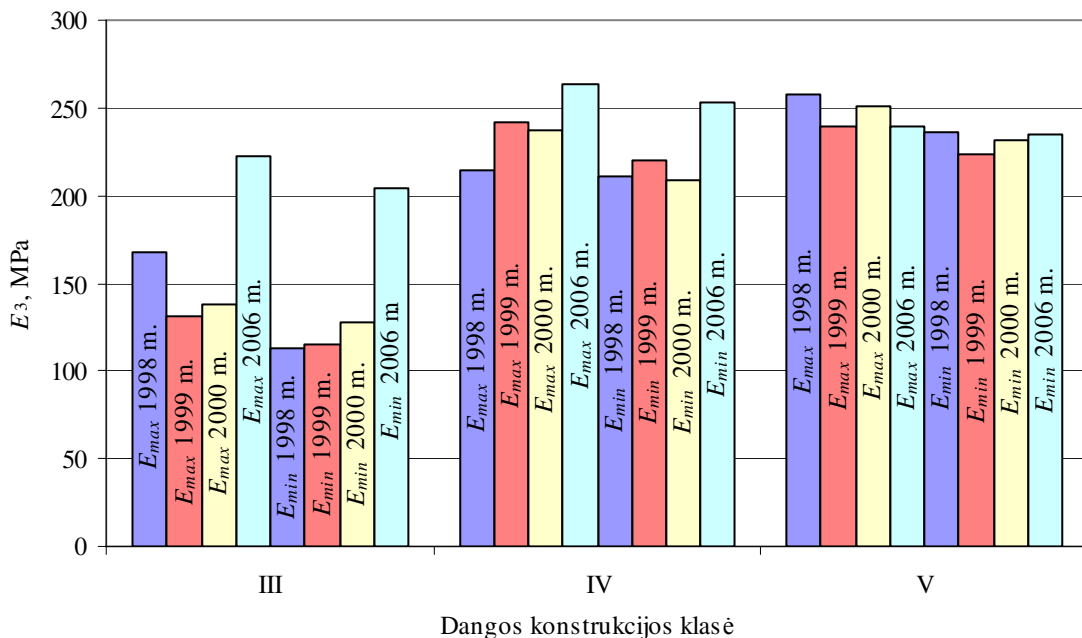
Dangos konstrukcijos klasė pagal STR 2.06.03:2001	Metai	E_2 , MPa			E_3 , MPa		
		k_{sez}	Min E_2	Max E_2	k_{sez}	Min E_3	Max E_3
III	1998	0,70	186	264	0,67	113	167
	1999	0,86	187	218	0,88	116	131
	2000	0,94	214	229	0,92	127	138
	2006	0,96	314	326	0,92	204	223
IV	1998	0,85	310	366	0,98	211	214
	1999	0,79	336	425	0,91	220	242
	2000	0,84	322	382	0,88	208	237
	2006	0,82	329	399	0,96	253	264
V	1998	0,85	343	402	0,92	236	258
	1999	0,82	313	383	0,93	223	239
	2000	0,85	306	359	0,92	232	251
	2006	0,79	288	366	0,98	235	239

Tamprumo modulių minimalių ir maksimalių reikšmių santykis parodė, kad nustatyti sezono veiksmų įtakos koeficientai tamprumo modulio sumažėjimui tyrimų laikotarpiu buvo 0,67–0,98 skirtingais tyrimų metais kiekvienos konstrukcijos klasės dangos sluoksniams.

4.8–4.9 paveiksluose ir 3 priede pateikti kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ekstremalių tamprumo modulių reikšmių stulpelinės diagramos.



4.8 pav. Kelio dangos konstrukcijos pagrindo sluoksnio ekstremalių sezoninių tamprumo modulio reikšmių stulpelinė diagrama



4.9 pav. Kelio dangos konstrukcijos šalčiui atsparaus sluoksnio ekstremalių sezoninių tamprumo modulio reikšmių stulpelinė diagrama

Kelių V dangos konstrukcijos klasės pagrindo ir šalčiui atsparaus sluoksnio tamprumo modulis metams bėgant mažėja (4.8–4.9 pav.). Tamprumo modulio mažėjimą lemia tolygus dangos nusidėvėjimas. III ir IV dangos konstrukcijų tamprumo modulis 1998–2000 metais mažėja, tačiau padidėja 2006 metais (4.8–4.9). Šios dangos konstrukcijos mažiau jautrios sezoniniams pokyčiams ir tamprumo modulio padidėjimą lemia asfaltbetonio senėjimas.

4.3. Tyrimo rezultatų statistinė analizė

Vykdam tyrimus eksperimentiniuose kelių ruožuose, gautiems stiprio rodikliams analizuoti ir vertinti buvo taikomi matematinės statistikos metodai: aprašomoji statistika, nagrinėjanti duomenų sisteminimo metodus, ir analizės bei interpretavimo metodai [19].

Išskiriami du svarbūs intervalinio vertinimo kriterijai: tikslumas ir patikimumas. Tikslumą išreiškia vertinimo intervalo ilgis, o patikimumą – tikimybė, kuria šis intervalas priimamas.

Tyrimų rezultatams taikant statistinę analizę buvo pasirinktas statistinis paketas – firmos „StatSoft“ produktas *STATISTICA for Windows*. *STATISTICA for Windows* programoje realizuota nagrinėjamų statistinių metodų gausa, makrokomandų naudojimo galimybės, vidinė komandinė programavimo kalba, leidžianti atlikti reikalingą duomenų analizę ir grafinę jų interpretaciją, bei tinklinio darbo režimo palaikymas [78]. „STATISTIKA – tai kompleksinė integruota sistema, skirta atlikti duomenų masių statistinę analizę, braižyti grafikus ir diagramas, valdyti informacijos masyvus bei turinti gausybę bazinių analitinių procedūrų, skirtų moksliniams ar inžineriniams skaičiavimams,, [37].

Kelio dangos konstrukcijos sluoksnių paviršiuje apskaičiuotų ekvivalentinių tamprumo modulių reikšmės kinta bėgant metams, keičiantis klimato sąlygoms, todėl reikia perskaičiuoti dangos stiprio reikšmes kritiniam metų periodui. Tam atliekama kritinio metų laikotarpio E_{ekv} (min.) reikšmių ir stabilaus metų laikotarpio E_{ekv} (max) reikšmių kiekvienos dangos konstrukcijos klasės statistinė analizė, kad sezoniškumo įtakos įvertinimas būtų patikimas.

Aprašomoji statistika – tai duomenų sisteminimo ir grafinio vaizdavimo metodai. Aprašomosios statistikos metodų taikymas yra labai svarbus statistinio uždavinio sprendimo etapas. Dažnai išsamus surinktos informacijos aprašymas leidžia daryti pagrįstas išvadas apie nagrinėjamus visos populiacijos požymius. Vienas iš aprašomosios statistikos pranašumų yra tai, kad ji leidžia koncentruotai užrašyti informaciją, esančią duomenų masyvuose [19].

Svarbiausios duomenų padėties charakteristikos yra vidurkis ir mediana, apibūdinantys

duomenų „centrą“.

Vidurkis – tai taškas, kuris vidutiniškai artimiausias visiems statistinės eilutės elementams, apibrėžiamas formule:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (4.1)$$

čia $\bar{x}$ – vidurkis; $x_1, x_2, \dots, x_n$ – tyrimų reikšmės.

Mediana (Md) – tai skaičius, perskiriantis variacinę eilutę į dvi maždaug lygias dalis, taigi

$$Md = \begin{cases} x_{((n+1)/2)}, & \text{kai } n - \text{nelyginis,} \\ \frac{x_{(n/2)} + x_{(n/2+1)}}{2}, & \text{kai } n - \text{lyginis.} \end{cases} \quad (4.2)$$

Pagrindinės sklaidos charakteristikos yra duomenų aibės plotis, dispersija, standartinis nuokrypis ir variacijos koeficientas.

Imties dispersija parodo duomenų sklaidą apie vidurkį ir apibrėžiama formule:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2 \quad (4.3)$$

čia n – duomenų skaičius; x_j – duomenų reikšmės; $\bar{x}$ – duomenų vidurkis.

Standartinis nuokrypis gaunamas ištraukus kvadratinę šaknį iš dispersijos:

$$s = \sqrt{s^2}. \quad (4.4)$$

Variacijos koeficientas naudojamas lyginant skirtingų duomenų aibių sklaidas ir apibrėžiamas formule:

$$cv = \frac{s}{\bar{x}}. \quad (4.5)$$

Atlikta kiekvienos dangos konstrukcijos klasės (III–V) apskaičiuotų konstrukcinių sluoksnių minimalių ir maksimalių tamprumo modulio reikšmių statistinė analizė.

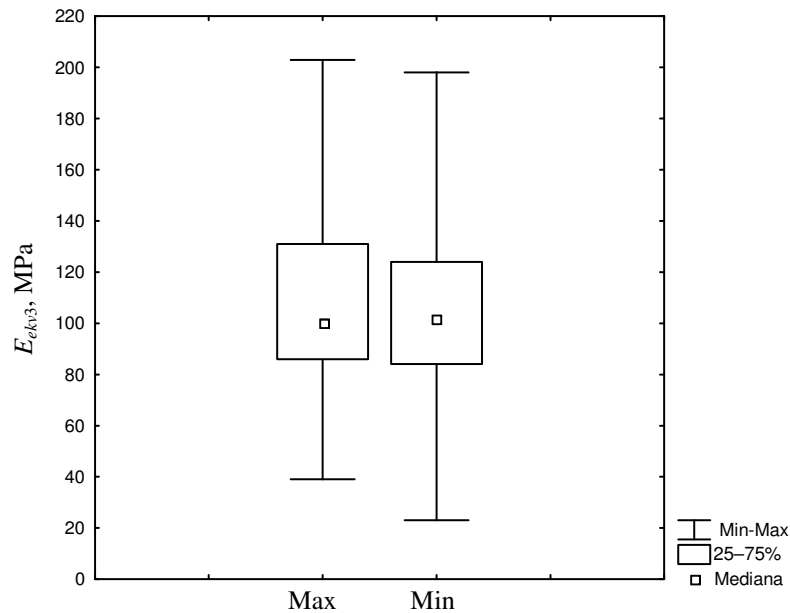
Statistinės duomenų charakteristikos pateiktos 4.4 lentelėje.

Duomenų aibės plotis apibrėžiamas kaip maksimalios ir minimalios statistinių duomenų reikšmių skirtumas.

4.4 lentelė. Aprašomosios statistikos duomenų charakteristikos

Dangos konstrukcijos klasė pagal STR 2.06.03:2001	III		III		III		IV		IV		IV		V		V		V	
Sluoksnis	E_{ekv1}		E_{ekv2}		E_{ekv3}		E_{ekv1}		E_{ekv2}		E_{ekv3}		E_{ekv1}		E_{ekv2}		E_{ekv3}	
Statistinis parametras	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Duomenų kiekis N	26	26	25	26	27	27	58	57	61	61	61	61	145	145	145	144	143	145
Aritmetinis vidurkis	396,92	371,81	105,12	93,31	87,78	78,81	570,43	560,89	143,26	129,89	120,61	120,92	441,23	418,67	128,58	111,02	106,54	102,48
Variacijos koeficientas	17,05	25,09	15,80	24,04	25,53	29,85	30,04	32,55	28,11	27,76	28,15	31,21	22,01	25,44	32,65	33,75	29,51	31,87
Standartinis nuokrypis	67,67	93,27	16,61	22,43	22,41	23,52	171,35	182,56	40,27	36,06	33,95	37,74	97,12	106,50	41,98	37,47	31,44	32,66
Minimumas	272	121	74	36	60	28	342	283	82	68	73	57	228	165	39	32	39	23
Maksimumas	537	586	139	137	150	142	960	926	264	212	207	195	738	708	234	213	203	198
Mediana	403,5	370,5	105	91,5	84	72	540,5	522	138	135	119	123	430	415	131	109,5	100	102
Plotis (Max–Min)	265	465	65	101	90	114	618	643	182	144	134	138	510	543	195	181	164	175
Dispersija	4579,83	8699,44	275,86	503,26	502,18	553,39	29360,74	33329,63	1621,36	1300,47	1152,84	1424,41	9431,77	11342,06	1762,55	1404,16	988,42	1066,50
Normalusis skirstinys, D	0,13	0,09	0,07	0,13	0,26	0,19	0,14	0,11	0,12	0,09	0,12	0,12	0,06	0,06	0,04	0,05	0,09	0,05
$P > 0,05$	0,74	0,98	1,00	0,76	0,06	0,28	0,23	0,53	0,39	0,69	0,33	0,39	0,73	0,75	0,97	0,91	0,17	0,91

Plotis informatyvus tik tada, kai nėra išsiskiriančių reikšmių. Dažniausiai naudojamas kvartilinis plotis. Jis apibūdina 50 % duomenų reikšmių sklaidą. Kvartilinį plotį statistikoje vaizduojame stačiakampėmis diagramomis (4.10 pav.). Stačiakampė diagrama parodo grafinį min. Q_1 , Md , Q_3 vaizdą.



4.10 pav. V dangos konstrukcijos klasės E_{kv3} penkiaskaitė stačiakampė diagrama

Išskirtis – tai duomuo, kurio z reikšmė absoliučiuoju didumu didesnė už 3.

Tikrinama ar nėra išskirčių pradiniuose duomenyse pagal formulę:

$$z_i = (x_i - x_{vid.i})/s, \quad (4.6)$$

čia z_i – standartizuotoji reikšmė; $x_{vid.i}$ – imties vidurkis; s – standartinis nuokrypis.

Sąlyginė išskirtis – tai duomuo, kurio z reikšmė absoliučiuoju didumu didesnė už 2, bet mažesnė už 3.

Kaip matome iš 4.5 lentelės, matavimo rezultatuose yra išskirčių ($z > 3$, $P < 0,05$), todėl šiuos duomenis pašaliname.

4.5 lentelė. Išskirtys

Dangos konstrukcijos klasė pagal STR 2.06.03:2001	Kintamasis E_{ekv}	Reikšmė, MPa	$z > 3$	$P < 0,05$
III	$E_{ekv1, Max}$	967	4,28	0,000
III	$E_{ekv1, Min}$	1146	4,26	0,000
III	$E_{ekv2, Max}$	195	3,60	0,004
III	$E_{ekv2, Min}$	185	3,12	0,023
III	$E_{ekv2, \cdot Max}$	182	3,33	0,011
IV	$E_{ekv1, Max}$	1471	3,51	0,014
IV	$E_{ekv1, Max}$	1425	3,32	0,027
IV	$E_{ekv1, Min}$	1758	4,10	0,001
IV	$E_{ekv1, Max}$	1270	3,57	0,011
IV	$E_{ekv1, Min}$	1346	3,15	0,048
IV	$E_{ekv1, Min}$	1331	3,65	0,008
V	$E_{ekv2, Min}$	248	3,48	0,035
V	$E_{ekv3, Max}$	229	3,54	0,029
V	$E_{ekv3, Max}$	220	3,44	0,041

Iš 4.6 lentelės matome, kad matavimo rezultatuose yra sąlyginių išskirčių ($2 < z < 3$), tačiau $P > 0,05$, todėl galima teigti, kad skirtumas nuo vidurkio yra nereikšmingas. Tokių duomenų pašalinti nereikia.

Tikrinama, ar imtys turi normalųjį skirstinį. Tiesinė regresinė analizė gali būti tinkama tik normaliesiems skirstiniams. Kolmogorovo ir Smirnovio testas taikomas tolydiesiems skirstiniams (4.6 lentelė).

D – maksimalus skirtumas tarp skirstinio kreivės reikšmių ir tinkamiausios normalaus skirstinio kreivės.

P – tikimybė, kad duotoji D reikšmė galėjo atsirasti dėl atsitiktinių svyravimų imtyje, gautoje iš normaliai pasiskirsčiusios populiacijos. Nereikšingos (aukštos) P reikšmės parodo, kad kintamieji pasiskirstę normaliai.

Nustatyta, kad visų imčių $P > 0,05$, todėl visos imtys turi normalųjį skirstinį (4.6 lentelė).

4.6 lentelė. Sąlyginės išskirtys

Dangos konstrukcijos klasė pagal STR 2.06.03:2001	Kintamasis E_{ekv}	Reikšmė, MPa	$3 > z > 2$	$P > 0,05$
III	$E_{ekv1, Max}$	537	2,07	0,396
III	$E_{ekv1, Min}$	121	2,69	0,089
III	$E_{ekv1, Min}$	586	2,30	0,246
III	$E_{ekv2, Max}$	139	2,04	0,407
III	$E_{ekv2, Min}$	36	2,55	0,129
IV	$E_{ekv1, Max}$	960	2,27	0,489
IV	$E_{ekv1, Max}$	920	2,04	0,702
IV	$E_{ekv1, Max}$	927	2,08	0,666
V	$E_{ekv1, Max}$	738	3,06	0,150
V	$E_{ekv2, Max}$	220	2,18	0,884
V	$E_{ekv2, Max}$	44	2,01	0,960
V	$E_{ekv2, Max}$	213	2,01	0,961
V	$E_{ekv2, Max}$	216	2,08	0,935
V	$E_{ekv2, Max}$	229	2,39	0,705
V	$E_{ekv2, Max}$	39	2,13	0,910
V	$E_{ekv2, Max}$	43	2,04	0,952
V	$E_{ekv2, Max}$	234	2,51	0,583
V	$E_{ekv2, Min}$	213	2,72	0,374
V	$E_{ekv2, Min}$	33	2,08	0,934
V	$E_{ekv2, Min}$	33	2,08	0,934
V	$E_{ekv2, Min}$	187	2,03	0,955
V	$E_{ekv2, Min}$	36	2,00	0,963
V	$E_{ekv2, Min}$	32	2,11	0,921
V	$E_{ekv2, Min}$	35	2,03	0,955
V	$E_{ekv2, Min}$	208	2,59	0,502
V	$E_{ekv3, Max}$	174	2,15	0,900
V	$E_{ekv3, Max}$	183	2,43	0,660
V	$E_{ekv3, Max}$	203	3,07	0,143
V	$E_{ekv3, Max}$	39	2,15	0,898
V	$E_{ekv3, Min}$	33	2,13	0,913
V	$E_{ekv3, Min}$	23	2,43	0,663
V	$E_{ekv3, Min}$	36	2,04	0,953
V	$E_{ekv3, Min}$	184	2,50	0,599
V	$E_{ekv3, Min}$	175	2,22	0,854
V	$E_{ekv3, Min}$	198	2,93	0,221
V	$E_{ekv3, Min}$	183	2,47	0,630

Siekiant nustatyti, ar kritinio sezono ir stabilaus sezono matavimų E_{ekv} vidurkiai reikšmingai skiriasi, priklausomoms imtims taikomas Stjudento kriterijus (4.7 lentelė).

4.7 lentelė. Statistinės duomenų charakteristikos

Dangos konstrukcijos klasė pagal STR 2.06.03:2001	III			IV			V		
Sluoksnis	E_{ekv1}	E_{ekv2}	E_{ekv3}	E_{ekv1}	E_{ekv2}	E_{ekv3}	E_{ekv1}	E_{ekv2}	E_{ekv3}
N	27	27	27	61	61	61	145	145	145
Vidurkių skirtumas	17,56	12,54	8,96	-4,89	13,38	-0,31	22,56	16,61	5,69
Standartinis nuokrypis	72,02	19,36	17,84	103,80	24,62	22,11	50,11	25,89	24,53
T	1,27	3,30	2,61	-0,37	4,24	-0,11	5,42	7,73	2,79
Laisvės laipsniai	26	26	26	60	60	60	144	144	144
P	0,2165	0,0029	0,0148	0,7145	0,0001	0,9128	0,00	0,00	0,0059
Koreliacijos koeficientas	0,93	0,74	0,70	0,93	0,80	0,81	0,88	0,80	0,73
Reikšmingumas	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000

Rezultatai rodo, kad vidurkių skirtumai tarp E_{min} ir E_{max} bandymų yra reikšmingi (maža P – reikšmė).

Koreliacinė visų matavimų analizė parodo, ar yra tiesinė priklausomybė ($p < \alpha$, kai $\alpha = 0,05$).

Koreliacijos koeficientas žymimas raide r ir apibrėžiamas kaip kvadratinė šaknis iš determinacijos koeficiento:

$$r = \sqrt{r^2}, \quad (4.7)$$

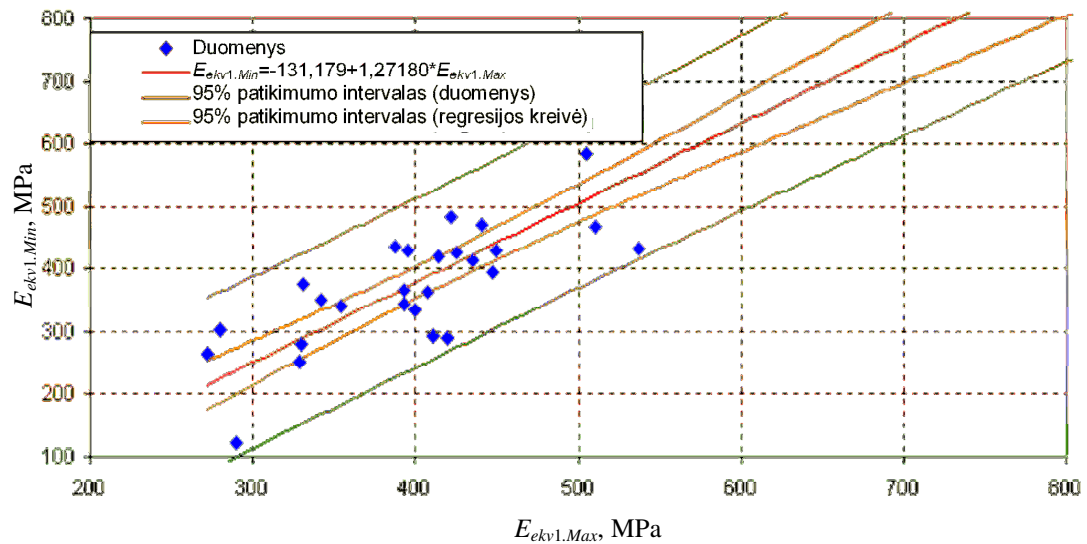
čia r^2 – determinacijos koeficientas, apibrėžiamas regresinio nuokrypio kvadratų sumos ir bendro nuokrypio kvadratų sumos santykiu:

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}. \quad (4.8)$$

Koreliacijos koeficientas nematuoja netiesinės priklausomybės.

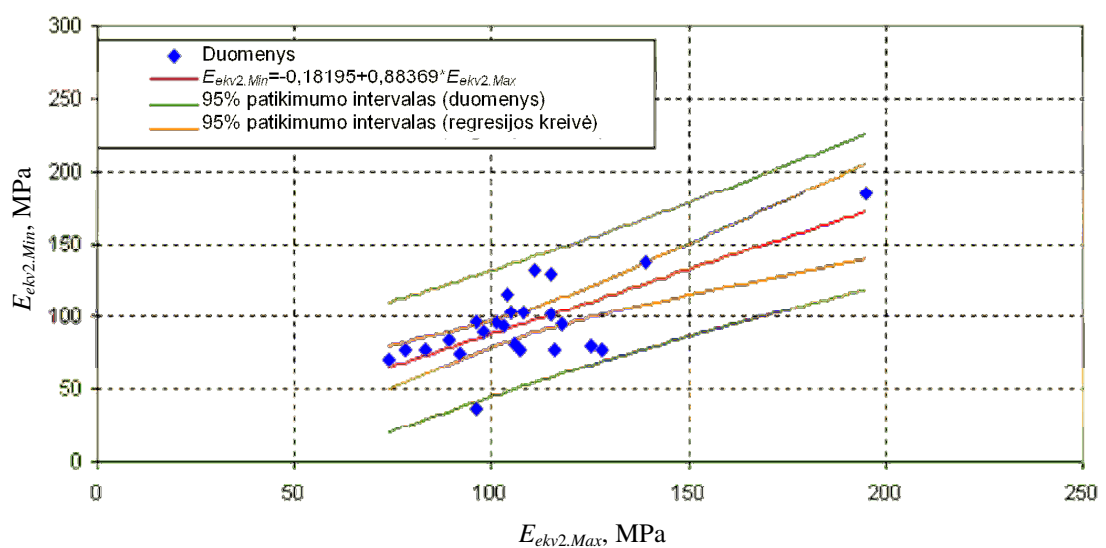
Teigiamoji (0,7–0,93) koreliacija gauta tarp minimalių ir maksimalių skirtingų sezonų tamprumo modulio reikšmių.

Regresinė analizė parodo minimalių ir maksimalių ekvivalentinių tamprumo modulių priklausomybę. Tiesinės regresijos grafikai nubraižyti nagrinėtų III–V dangos konstrukcijos klasių ekvivalentinio tamprumo modulio reikšmėms (4.11–4.19 pav.). Gautos regresijos lygtys bus naudojamos mažiausiam dangos konstrukcijos ekvivalentiniam tamprumo moduliui apskaičiuoti.

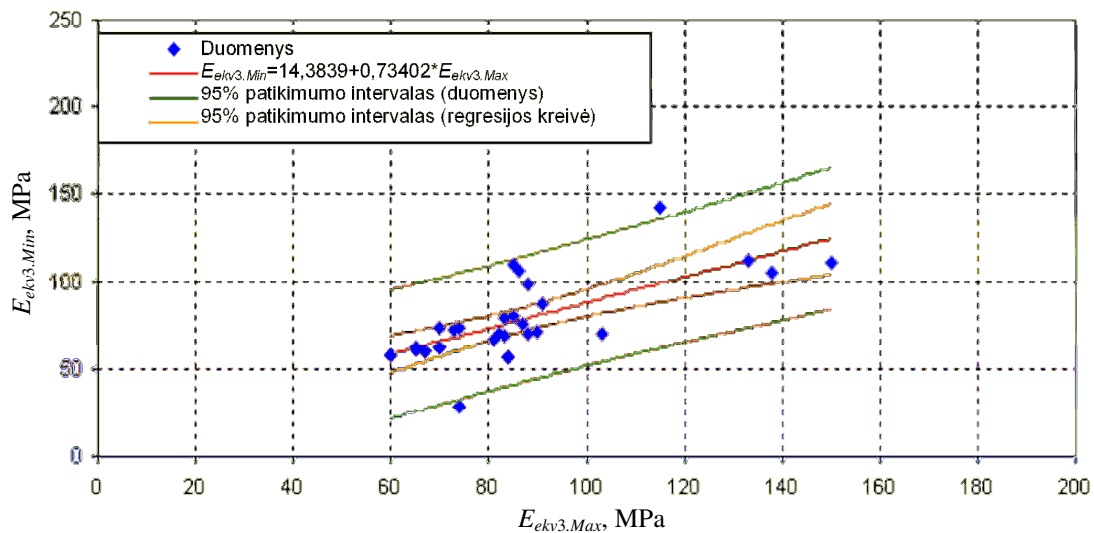


4.11 pav. III dangos konstrukcijos klasės E_{ekv1} tiesinės regresijos lygtis ir jos grafikas

Regresijos grafikas (4.11 pav.) parodo, kad III dangos konstrukcijos klasės ekvivalentinis tamprumo modulis asfaltbetonio dangos paviršiuje mažiausiai įtakojamas sezoninių klimato veiksnių.

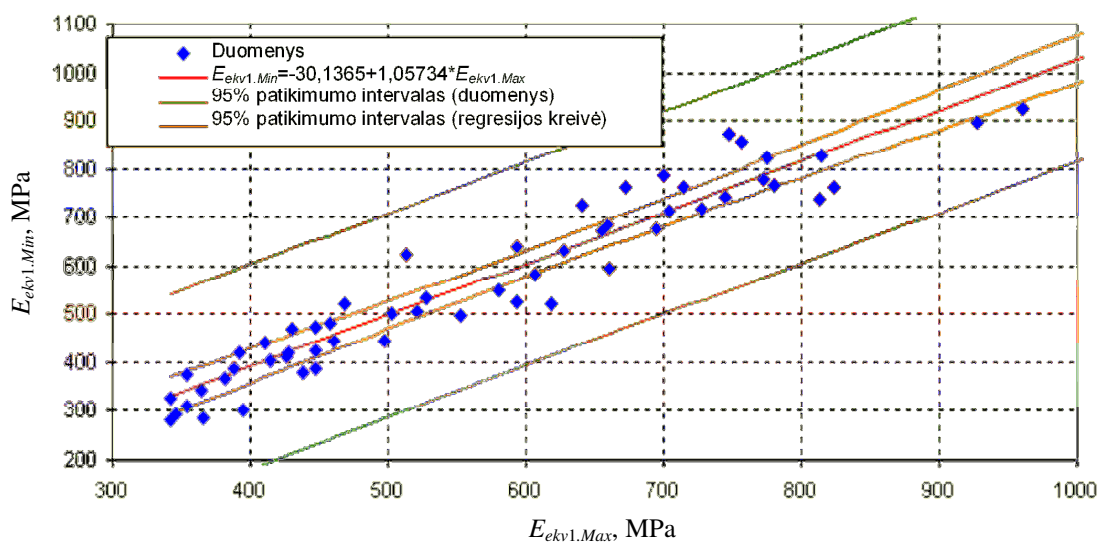


4.12 pav. . III dangos konstrukcijos klasės E_{ekv2} tiesinės regresijos lygtis ir jos grafikas

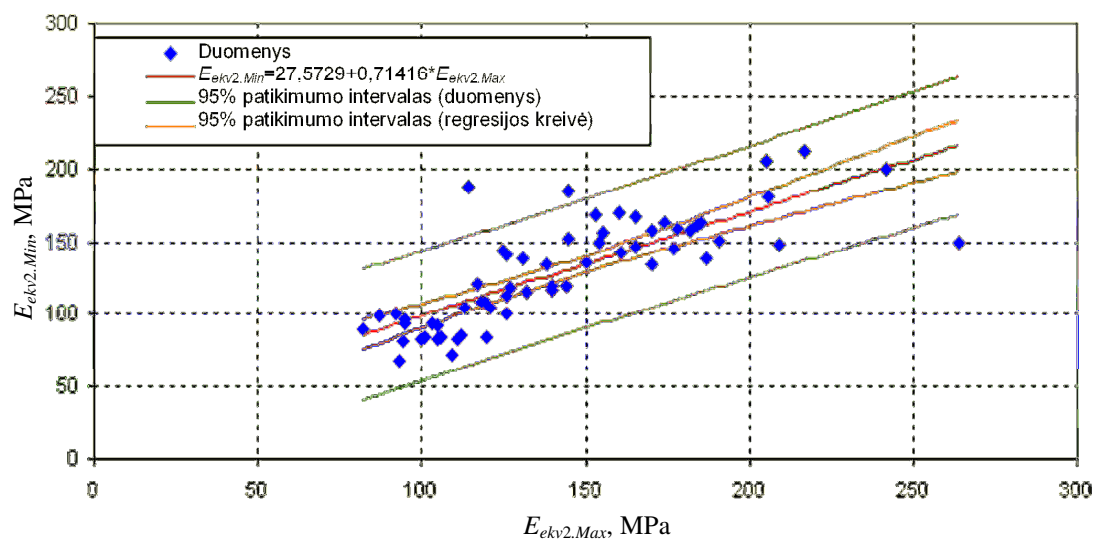


4.13 pav. III dangos konstrukcijos klasės E_{ekv3} tiesinės regresijos lygtis ir jos grafikas

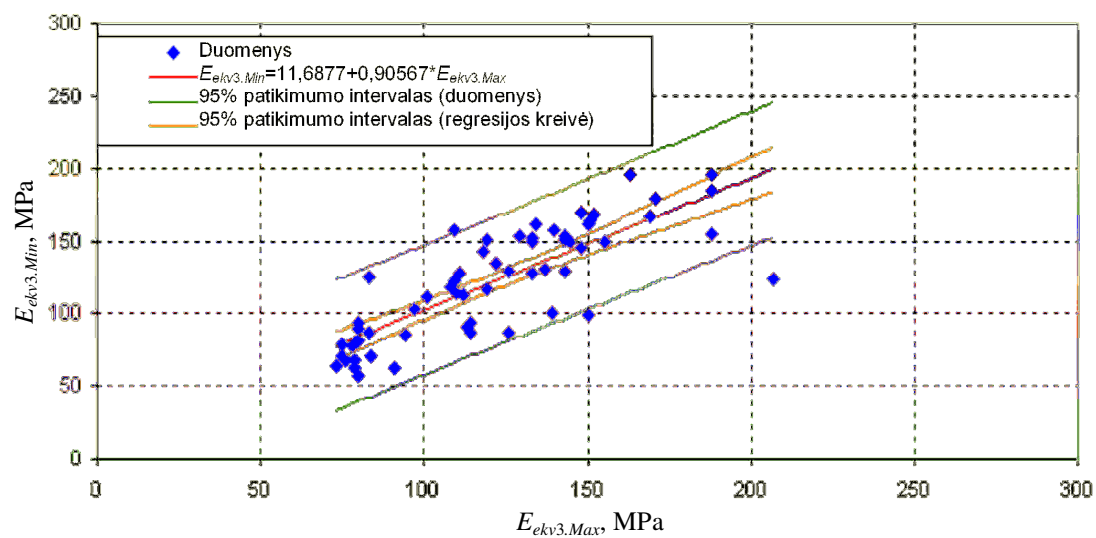
III dangos konstrukcijos klasės minimalių ir maksimalių ekvivalentinio tamprumo modulio pagrindo sluoksnio paviršiuje (4.12 pav.) ir šalčiui atsparaus sluoksnio paviršiuje (4.13 pav.) reikšmės yra panašios. Tai parodo mažą sezoninę įtaką konstrukcijos stiprumui.



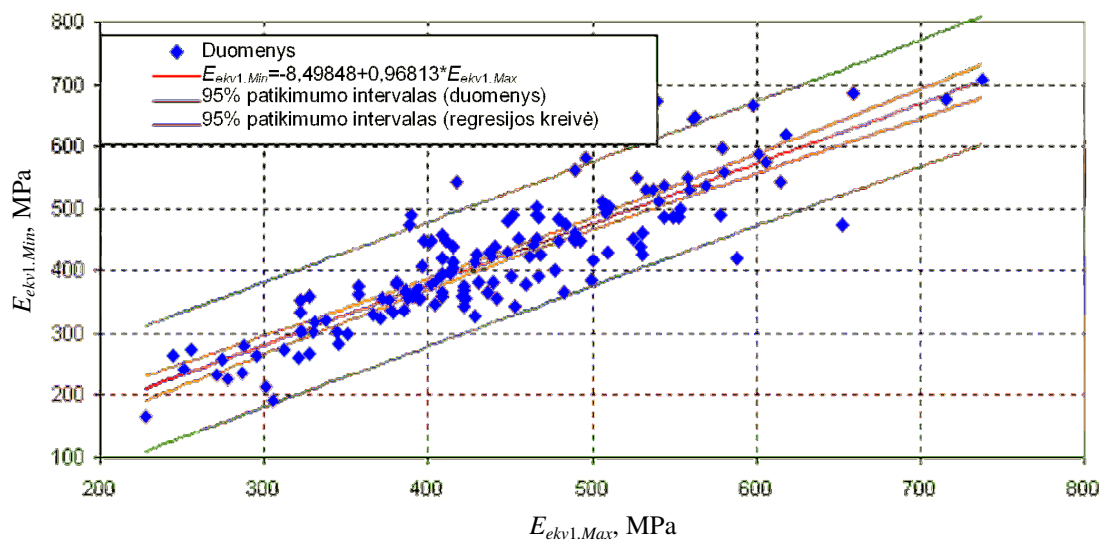
pav. IV dangos konstrukcijos klasės E_{ekv1} tiesinės regresijos lygtis ir jos grafikas



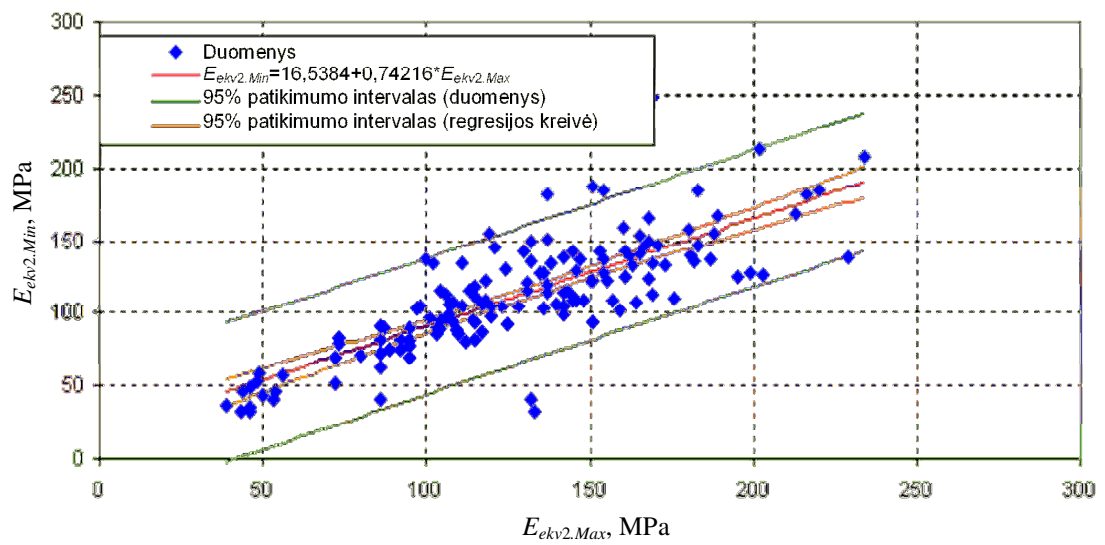
4.15 pav. IV dangos konstrukcijos klasės E_{ekv2} tiesinės regresijos lygtis ir jos grafikas



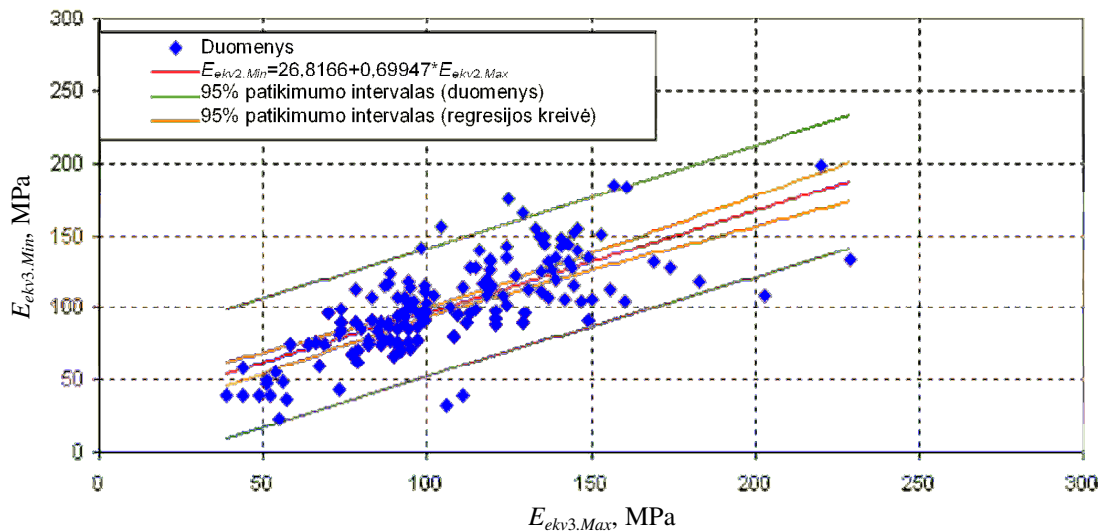
4.16 pav. IV dangos konstrukcijos klasės E_{ekv3} tiesinės regresijos lygtis ir jos grafikas



4.17 pav. V dangos konstrukcijos klasės E_{ekv1} tiesinės regresijos lygtis ir jos grafikas



4.18 pav. V dangos konstrukcijos klasės E_{ekv2} tiesinės regresijos lygtis ir jos grafikas



4.19 pav. V dangos konstrukcijos klasės E_{ekv3} tiesinės regresijos lygtis ir jos grafikas

V dangos konstrukcijos klasės minimalių ir maksimalių ekvivalentinio tamprumo modulio reikšmių priklausomybės yra ženklios (4.17–4.19 pav.). Dangos konstrukcija yra įtakojama sezoninių veiksnių.

Gautos priklausomybių tarp minimalių ir maksimalių ekvivalentinio tamprumo modulio reikšmių regresijos lygtys (4.8 lentelė), leis apskaičiuoti dangos konstrukcijos minimalų ekvivalentinį tamprumo modulį.

4.8 lentelė. Ekvivalentinių tamprumo modulių regresijos lygtys

Dangos konstrukcijos klasė pagal STR 2.06.03:2001	Dangos konstrukcijos ekvivalentiniai tamprumo moduliai	Regresijos lygtys
III	E_{ekv1}	$E_{ekv1.Min} = -131,2 + 1,272E_{ekv1.Max}$
	E_{ekv2}	$E_{ekv2.Min} = -0,1829 + 0,8837E_{ekv2.Max}$
	E_{ekv3}	$E_{ekv3.Min} = 14,38 + 0,734E_{ekv3.Max}$
IV	E_{ekv1}	$E_{ekv1.Min} = -30,14 + 1,057E_{ekv1.Max}$
	E_{ekv2}	$E_{ekv2.Min} = 27,57 + 0,7141E_{ekv2.Max}$
	E_{ekv3}	$E_{ekv3.Min} = 11,69 + 0,9057E_{ekv3.Max}$
V	E_{ekv1}	$E_{ekv1.Min} = -8,498 + 0,9681E_{ekv1.Max}$
	E_{ekv2}	$E_{ekv2.Min} = 16,54 + 0,7422E_{ekv2.Max}$
	E_{ekv3}	$E_{ekv3.Min} = 26,82 + 0,6995E_{ekv3.Max}$

Gautos III–V dangos konstrukcijų klasių minimalių ir maksimalių tamprumo modulių regresijos lygtys (4.8 lentelė). Taikant šias regresijos lygtis galima bus apskaičiuoti minimalius ekvivalentinius tamprumo modulius šalčiui atsparaus sluoksnio, pagrindo sluoksnio ir asfaltbetonio paviršiuje.

4.4 Ketvirtosios skyriaus išvados

1. Įvairiu metu laiku išmatuoti dangų įlinkiai ir apskaičiuoti dangų konstrukcijų sluoksnių tamprumo moduliai leido patikslinti klimato įtaką dangų stiprumui.
2. Apskaičiuoti atskirų dangos konstrukcijos sluoksnių E modulių sezoninės įtakos koeficientai leidžia nustatyti kritinį dangos sluoksnį nepalankiausio metų sezono sąlygomis.
3. Nustatytos dangos konstrukcijos klasių regresijos lygtys įvertina silpniausią kelio dangos konstrukcijos būklę kritiniu metų laikotarpiu.

5. KELIO DANGOS STIPRUMO NUSTATYMO METODAI LIETUVOS SĄLYGOMIS

5.1. Kompiuterine programa ELMOD 5 dangos stiprumo nustatymo metodas

Prieš rengiant senos asfaltbetonio kelio dangos stiprinimo projektus, reikia žinoti:

- esamos kelio dangos stiprio rodiklius;
- transporto priemonių eismo intensyvumą ir kelio dangos apkrovas;
- reikalingus kelio dangos konstrukcijos stiprio rodiklius, kurie atitiktų perspektyvinį eismo intensyvumą ir apkrovas;
- klimatinės aplinkos ir hidrologinės sąlygas.

Ši metodika reikalinga moksliskai pagrįsti deflektometro „Dynatest FWD 8000“ pritaikymą Lietuvos sąlygomis ir galiojantiems norminiams dokumentams, esamų kelio dangų stiprio rodikliams nustatyti.

Žinant asfaltbetonio dangų konstrukcijų stiprio rodiklius, galima apskaičiuoti dangos liekamąjį amžių, optimaliai parinkti ir projektuoti stiprinamų dangų konstrukcinius storius, kad kelio danga atlaikytų transporto priemonių sukeliamas apkrovas ir neigiamą klimato poveikį.

Darbe išnagrinėti pasaulyje taikomi metodai stiprio rodikliams nustatyti ir atliktų eksperimentinių tyrimų Lietuvos keliuose rezultatų analizė sudaro pagrindinius metodikos principus ir vykdymo schemą. Tyrimais pagrįsta metodika leidžia ją taikyti Lietuvos sąlygomis.

Dangos konstrukcijos sluoksnių ir ekvivalentinių tamprumo modulių nustatymo schema pavaizduota 5.1 paveiksle.

„Dynatest“ kompanijos sukurta tamprumo modulių skaičiavimo ir vertinimo kompiuterinė programa ELMOD apskaičiuoja dangos konstrukcijos atskirų sluoksnių E modulius. ELMOD 5 programos naujoji versija sudaro pagrindinį „Dynatest“ analitinių programų rinkinio modulį. Programą ELMOD 5 galima derinti su baigtinių elementų moduliu.

Skaičiavimui su programa ELMOD, naudojant programinę įlinkių rinkmeną, reikia įvesti skaičiuojamųjų sluoksnių storius, dangos ir oro temperatūrą įlinkių matavimo metu. Apskaičiuoti tamprumo moduliai parodo kritinį dangos konstrukcijos sluoksnį.

Norint įvertinti dangos būklę pagal galiojančių Lietuvoje norminių dokumentų reikalavimus, reikia apskaičiuoti ekvivalentinius tamprumo modulius dangos konstrukcinių sluoksnių paviršiuje.

5.2. Ekvivalentinio kelio dangos tamprumo modulio apskaičiavimo metodas, naudojant deflektometru išmatuotų dangos įlinkių rezultatus

Tirti pasirinktose bandymo vietose įlinkiai buvo matuoti realiose kelio dangų konstrukcijose, norint panaudoti deflektometru išmatuotus įlinkius lyginti su reglamentuojamais [86] stiprio rodikliais. Tam nepakanka programa ELMOD 5 apskaičiuotų dangos sluoksnių tamprumo modulių. Reikia apskaičiuoti ekvivalentinius kelio dangos tamprumo modulius. Pagrindinė lygtis kelio dangos ekvivalentinio tamprumo moduliui skaičiuoti [89, 69] remiasi Businessko tampriosios puserdvės teorija. Kelio dangos konstrukcijos paviršiaus E_{ekv1} modulis apkrovos centre apskaičiuojamas taip:

$$E_{ekv1} = \left[\frac{f(1 - \nu^2)\sigma_0 a}{d_r} \right]. \quad (5.1)$$

Dangos konstrukcinių sluoksnių paviršiaus E_{ekv} moduliai atstumu r nuo apkrovos centro ($r > 2a$) apskaičiuojami taip:

$$E_{ekv(r)} = \left[\frac{(1 - \nu^2)\sigma_0 a^2}{r d_r} \right], \quad (5.2)$$

čia E_{ekv1} – paviršiaus modulis apkrovos plokštės centre; $E_{ekv(r)}$ – paviršiaus modulis atstumu r (MPa); f – įtempių pasiskirstymo koeficientas: $f = 2$ – tolygus (skelta apkrovos plokštė), $f = \pi/2$ – standi plokštė, $f = 8/3$ – birieji gruntai, standi plokštė, $f = 4/3$ – rišlieji gruntai, standi plokštė; ν – Puasono koeficientas; σ_0 – kontaktinis slėgis po apkrovos plokštės, kPa; a – apkrovos plokštės spindulys, mm; r – atstumas nuo jutiklio iki apkrovos centro, mm; d_r – įlinkis atstumu r , mm.

Kontaktinis slėgis (kPa) po apkrovimo plokštės ir įlinkis apkrovos plokštės centre d_0 (μm) matuojami ir registruojami matuojant įlinkius deflektometru.

Pagal „Dynatest FWD 8000“ išmatuotą įlinkį apkrovos plokštės centre galima apskaičiuoti ekvivalentinį tamprumo modulį E_{ekv1} dangos paviršiuje, pritaikius temperatūrinės pataisos koeficientą k_t .

Vidutinė asfaltbetonio sluoksnių temperatūra kinta tarp deflektometro matavimų ir pagal Statybos techninį reglamentą [86] nestandžios dangos skaičiuojamos imant deformacijas tamprias 20 °C temperatūroje, todėl ekvivalentinio tamprumo modulio reikšmė turi būti patikslinta naudojant pataisos koeficientą k_t .

Lietuvoje įlinkiams matuoti deflektometru naudojama skelta apkrovos plokštė, Puasono koeficientas $\nu = 0,35$; $\sigma_0 = 707$ kP; $a = 150$ mm, todėl autoriaus gaunama tokia formulė:

$$E_{ekv1} = \left[\frac{f(1-\nu^2)\sigma_0 a}{d_r} \right]. \quad (5.3)$$

Įvertinus asfaltbetonio sluoksnio temperatūrinę pataisą standartinėmis 20 °C temperatūros sąlygomis, formulė (4.3) koreguojama ir gaunama ekvivalentinio tamprumo modulio apskaičiavimo, naudojant įlinkių matavimo deflektometru rezultatus, ši formulė:

$$E_{ekv1} = 2,63 \cdot 10^2 \frac{\sigma_0}{d_r k_t}, \quad (5.4)$$

čia k_t – asfaltbetonio dangos sluoksnio temperatūros matavimo momentu pataisos koeficientas.

Norint nustatyti dangos konstrukcijos sluoksnių paviršiaus E_{ekv} modulį, rekomenduojama nubraižyti paviršiaus modulio kitimo grafiką. Šis grafikas nurodo dangos sluoksnių E_{ekv} modulius skirtinguose ekvivalentiniuose gyliuose. Paviršiaus E_{ekv} modulis ekvivalentiniame gylyje r yra apytiksliai lygus moduliui dangos sluoksnio, ekvivalentiško dangos sluoksniams, esantiems žemiau ekvivalentinio gylio $h_e = r$. Ekvivalentinio sluoksnio n gylis (ekvivalentinio atstumo nuo paviršiaus iki sluoksnio viršaus) arba ekvivalentinis sluoksnių, esančių žemiau sluoksnio n , gylis apskaičiuojamas panaudojus Odemarko transformaciją [60, 64, 89]:

$$h_{e,n} = f_i \left[\left(\dots \left(\left(h_1 \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2}} + h_2 \right) \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_3}} + h_3 \right) \dots + h_{n-1} \right) \sqrt[3]{\frac{E_{n-1}}{E_n}} \right], \quad (5.5)$$

čia $h_{e,n}$ – ekvivalentinis gylis, mm; f_i – koeficientas, $f = 0,8-1,0$, priklausomai nuo modulių santykio, konstrukcinių sluoksnių storio ir jų skaičiaus; h_i – sluoksnio i storis, mm; E_i – sluoksnio i tamprumo modulis, MPa; E_n – sluoksnio n tamprumo modulis, MPa.

Apskaičiavus $h_{e,n}$, apskaičiuojami kiekvieno dangos konstrukcinio sluoksnio poslinkiai (nuosėdžiai) d_z pagal šią formulę [89]:

$$d_{z,n} = \frac{(1+\nu)\sigma_0 a}{E} \left[\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{h_{e,n}}{a}\right)^2}} + (1-2\nu) \left(\sqrt{1+\left(\frac{h_{e,n}}{a}\right)^2} - \frac{h_{e,n}}{a} \right) \right], \quad (5.6)$$

čia $d_{z,n}$ – poslinkis, mm; ν – Puasono koeficientas; σ_0 – slėgis, MPa; a – apkrovos plokštės spindulys, mm; E – dangos konstrukcijos sluoksnio tamprumo modulis, MPa; $h_{e,n}$ – ekvivalentinis gylis, mm.

Apskaičiuojami kelio dangos konstrukcinių sluoksnių ekvivalentiniai tamprumo moduliai gyliuose z_n pagal formulę

$$E_{ekv,n} = \left[\frac{(1-\nu^2)\sigma_0 a^2}{z_n d_z} \right], \quad (5.7)$$

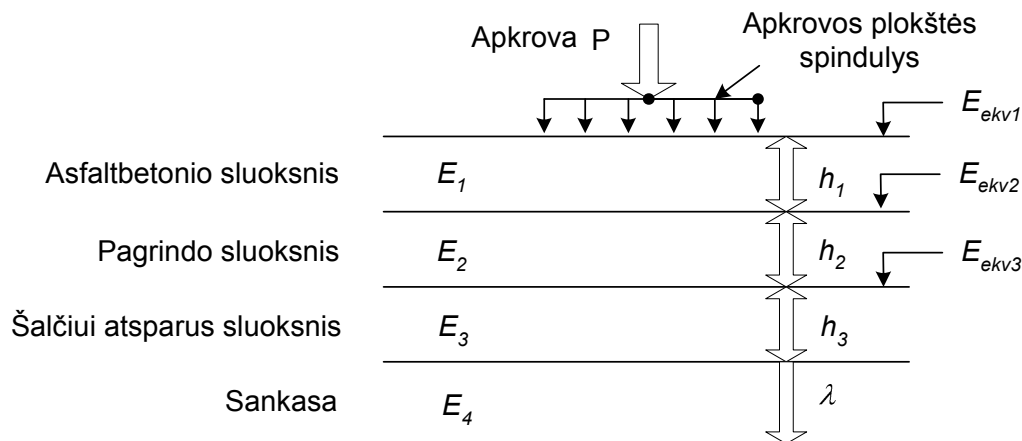
čia ν – Puasono koeficientas; σ_0 – kontaktinis slėgis po apkrovos plokštės, kPa; a – apkrovos plokštės spindulys, mm; z_n – atstumas nuo kelio dangos konstrukcijos paviršiaus iki sluoksnio viršaus, mm; d_z – poslinkis atstumu z_n , mm.

Taikydamas šią formulę ekvivalentiniam tamprumo moduliui apskaičiuoti Lietuvoje pagal įlinkių matavimo deflektometru „Dynatest FWD 8000“ rezultatus, iš formulės (5.7) gaunu tokią formulę:

$$E_{ekv,n} = 1,973 \cdot 10^4 \frac{\sigma_0}{z_n d_z}, \quad (5.8)$$

čia z_n – atstumas nuo kelio dangos konstrukcijos paviršiaus iki sluoksnio viršaus, mm;
 d_z – poslinkis atstumu z_n , mm.

Šiuo atveju sprendžiamas projektavimui atvirkštinis uždavinys – apskaičiuojami eksperimentinių kelių ruožų ekvivalentiniai tamprumo moduliai kiekvieno dangos konstrukcinio sluoksnio paviršiuje, pradedant nuo viršutinio E_{ekv1} asfaltbetonio dangos paviršiuje iki apatinio E_{ekv3} šalčiui atsparaus sluoksnio (5.1 pav.).



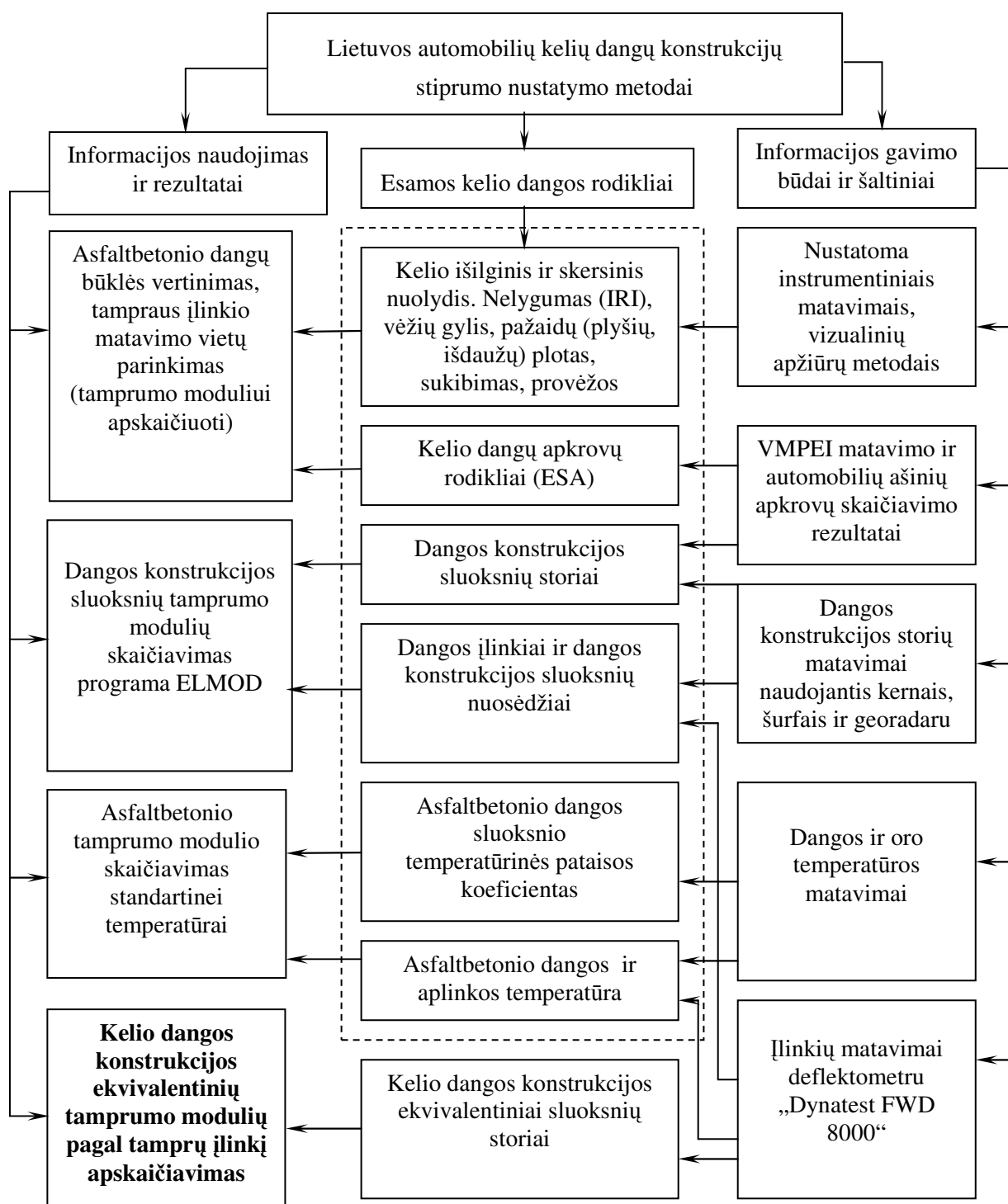
5.1 pav. Dangos konstrukcijos sluoksnių ekvivalentiniai tamprumo moduliai

Gauti rezultatai (4 priedas, 1 lentelė) suteikia galimybę įvertinti eksploatuojamų asfaltbetonio dangų būklę, palyginti su Statybos techniniame reglamente [86] pateiktais ekvivalentiniais tamprumo moduliais, taikomais naujoms kelių dangoms projektuoti.

Projektavimo metu dangos konstrukcijos storiui skaičiuoti reikia žinoti kiekvieno konstrukcijos sluoksnio medžiagų deformacijos modulius. Šiais atvejais visos dangos konstrukcijos ekvivalentinis tamprumo modulis apskaičiuojamas tolydžio pereinant nuo apatinių sluoksnių iki viršutinio dangos konstrukcijos sluoksnio. Apskaičiuotieji ekvivalentiniai tamprumo moduliai lyginami su projektiniais ir jei modulių reikšmės nepakankamos, didinamas atskirų konstrukcijos sluoksnių storis [11].

Kelio dangos konstrukcijos tamprumo modulių nustatymo, naudojant tampraus įlinkio matavimus deflektometru, darbe siūloma veiksmų seka pateikta 5.2 pav.

Kadangi ELMOD programa ekvivalentinių tamprumo modulių neskaičiuoja, metodikoje numatyti tamprumo moduliai apskaičiuojami naudojant formules. Norint atlikti skaičiavimus su programine įranga, buvo sukurta kelio dangos ekvivalentinio tamprumo modulio skaičiavimo programa EKVMODAS (5.3 pav.).

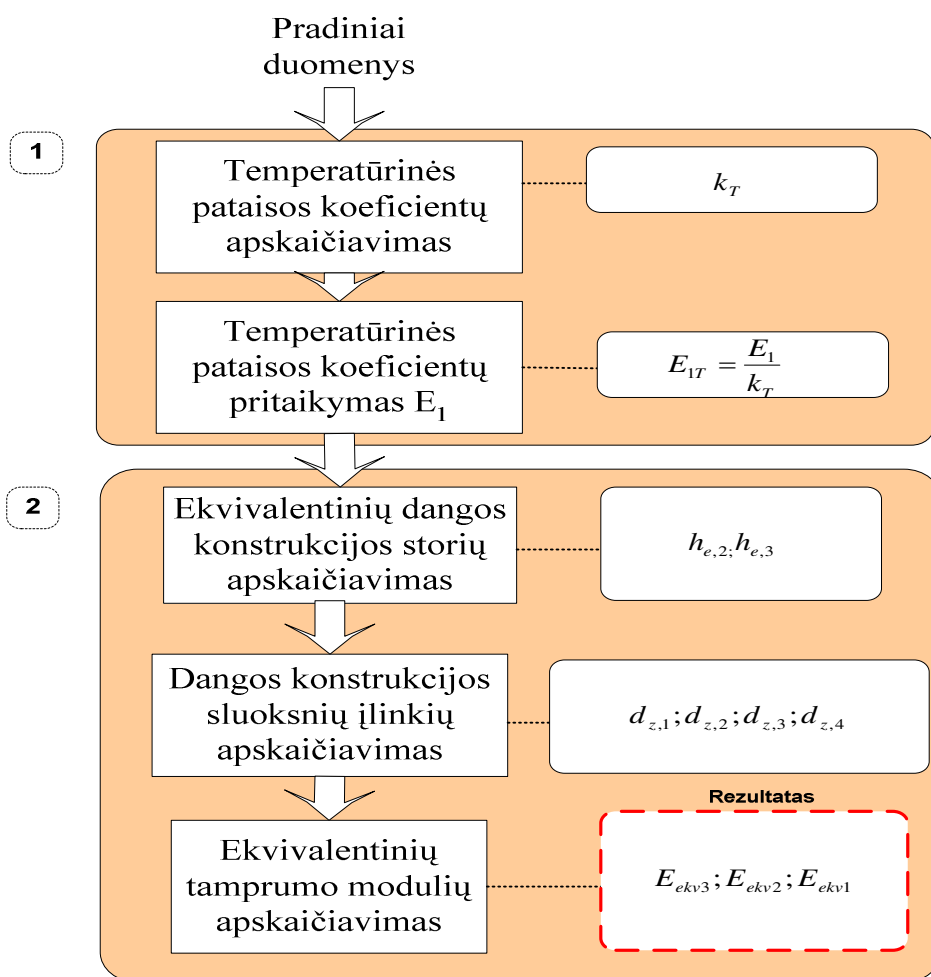


5.2 pav. Kelio dangos konstrukcijos tamprumo modulių nustatymo, naudojant tampraus įlinkio matavimus deflektometru, veiksmų seka

5.3. Kelio dangos konstrukcijos ekvivalentinio tamprumo modulio skaičiavimo kompiuterinės programos EKVMODAS algoritmas

Pradiniai įvesties duomenys:

1. Matavimo temperatūra.
2. Programa ELMOD apskaičiuoti tamprumo moduliai – E_1, E_2, E_3 .



5.3 pav. EKVMODAS algoritmas

5.4. Penkto skyriaus išvados

1. Lietuvos sąlygoms pritaikyta daugi sluoksnių dangos tiesinės tamprumo plastiškumo teorijos pagrindu sukurta kompiuterinė programa ELMOD 5 dangos konstrukcijos tamprumo moduliui apskaičiuoti. Kompiuterine programa galima apskaičiuoti kelio dangos konstrukcijos atskirų sluoksnių tamprumo modulius ir įvertinti konstrukcijos sluoksnių būklę.

2. Sukurtas kelių dangos konstrukcijos ekvivalentinio tamprumo modulio apskaičiavimo metodas. Šiuo metodu galima apskaičiuoti ekvivalentinį tamprumo modulį kiekvieno dangos konstrukcinio sluoksnio paviršiuje.

3. Apskaičiuoti ekvivalentiniai tamprumo moduliai naudotini įvertinant dangos konstrukcijos būklę pagal Lietuvoje galiojančio STR 2.06.03:2001 „Automobilių keliai“ reikalavimus.

BENDROSIOS IŠVADOS

1. Atlikta automobilių kelių dangos konstrukcijų stiprumo tiriamųjų darbų ir projektavimo metodų apžvalga leidžia teigti, kad Europos šalyse taikomi kelių dangos stiprio rodiklių skaičiavimo metodai turi savo specifiką ir dėl kiekvienos šalies ypatumų ir skirtingų aplinkos sąlygų negali būti taikomi Lietuvoje. Šiuo metu pasaulyje paplitęs kelio dangos įlinkių matavimo prietaisas yra deflektometras, kuris naudojamas ir Lietuvoje.

2. Eksperimentinių tyrimų metu nustatyta sezoninių klimato veiksnių įtaka automobilių kelių dangos konstrukcijų tamprumo moduliui. Disertaciniame darbe įrodyta, kad Lietuvoje kelių dangos konstrukcijoms kritinis yra pavasario laikotarpis, kai kelio dangos konstrukcijos sluoksniai labiausiai prisotinti vandeniu. Tyrimų metu nustatyta, kad skirtingų dangos konstrukcijos klasių ir skirtingų dangos konstrukcinių sluoksnių sezoniniai tamprumo modulio sumažėjimo koeficientai kinta nuo 0,67 iki 0,98.

3. Lietuvos klimato sąlygoms pritaikyta kelio dangos sluoksnių tamprumo modulio skaičiavimo kompiuterinė programa ELMOD 5. Atlikus tyrimus deflektometru buvo apskaičiuoti Lietuvos kelių dangos konstrukcijų atskirų sluoksnių tamprumo moduliai. Tai leidžia surasti kritinį(ius) konstrukcijos sluoksnį(ius).

4. Atliktų eksperimentinių tyrimų rezultatų išdavoje sukurtas Lietuvos automobilių kelių dangos konstrukcijų ekvivalentinio tamprumo modulio nustatymo metodas. Šis metodas leidžia apskaičiuoti ekvivalentinį tamprumo modulį kiekvieno dangos konstrukcijos sluoksnio paviršiuje. Pagal gautus rezultatus galima įvertinti dangos konstrukcijos stiprumą ir palyginti jį su statybos techniniame reglamente STR 2.06.03:2001 rekomenduojamais stiprio rodikliais.

5. Atlikus eksperimentinius tyrimus apskaičiuoti kelio dangos konstrukcijos ekvivalentiniai tamprumo moduliai. Atlikta minimalių ir maksimalių ekvivalentinio tamprumo modulio reikšmių regresinė analizė ir sudarytos regresijos lygtys, įvertinančios tamprumo modulio sumažėjimą dėl klimato veiksnių įtakos. Darbe pateiktas regresijos lygtis galima taikyti apskaičiuojant minimalų dangos konstrukcijos ekvivalentinį tamprumo modulį.

6. Taikant disertaciniame darbe sukurtą dangos konstrukcijos ekvivalentinio tamprumo modulio apskaičiavimo metodą ir aptartas regresijos lygtis, galima nustatyti Lietuvos automobilių kelių dangos stiprumą, įvertinti dangos būklę ir projektuoti dangos konstrukcijos stiprinimo papildomus sluoksnius, kad kelio dangos stiprio rodikliai atitiktų statybos techninio reglamento STR 2.06.03:2001 rekomendacijas.

7. Sudaryta kompiuterine programa EKVMODAS galima apskaičiuoti ekvivalentinius tamprumo modulius kiekvieno dangos konstrukcinio sluoksnio paviršiuje.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., USA. 1993. 720 p.
2. AAVIK, A.; PAABO, P.; KAAL, T. Assessment of pavement structural strength by the falling weight deflectometer. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 2006, Vol 1, No 4, p. 193–199.
3. AAVIK, A. Latest pavement related research implemented in Estonia. In *Proceedings of the 25th International Baltic Road Conference*. Vilnius, Lithuania, 25–27 August, 2003, p. 1–5.
4. AAVIK, A. *Methodical Basis for the Evaluation of Pavement Structural Strength in Estonian Pavement Management System (EPMS)*. Tieses of Tallinn Technical University. F. Civil Engineering. ISSN 1406–4766. Tallinn, 2003. 152 p.
5. *Asphalt Institute. Thickness Design. Asphalt Pavements for Highways and Streets*. Manual Series No 1, Lexington, KY, USA, 1991. 24 p.
6. *Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation*. Maryland: The Asphalt institute, College Park, 1983. 153 p.
7. Asfalttipäällysteiden tutkimusohjelma ASTO 1987–1992. Tien kantavuuden mittauslaitteet ja eri laitteilla määritetyt kantavuudet. PANK ry. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Tieja liikennelaboratorio n:o 784. Espoo, 1990, 87 p. (Fin.)
8. BALTZER, S.; JANSEN, J. M. Temperature Corection of Asphalt - Moduli for FWD Measurements. In *Proc. Of the 4th International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfields*. Minesota: University of Minesota, 1994, Vol 1, p. 754–767.
9. BENNETT, C. R.; PATERSON, W. D. O. *HDM-4* Vol 5. A Guide to Calibration and Adaptation. PIARC, 1999. 229 p.
10. Xu, B.; RANJITHAN, R.; KIM, R. New Condition Assessment Procedure for Asphalt Pavement Layers, Using Falling Weight Deflectometer Deflections. In *Transportation Research Record*. No 1806-007, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2002 Series, p. 48–56.
11. БИРУЛЯ, А. К. *Проектирование автомобильных дорог*. Автотрансиздат, Москва: 1961. 499 с.
12. BLAB, R.; LITZKA, J.; MOLZER, C. The new Austrian standard for pavement design. In *Proceedings of the Fifth Int. Conf. On the Bearing Capacity of Roads and Airfields*, Trondheim, 6–8 July 1998, Vol 1, p. 619–628.
13. BRAGA, A.; PUODŽIUKAS, V.; ČYGAS, D.; LAURINAVIČIUS, A. Investigation of automobile roads pavement deterioration trends in Lithuania. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2003, Vol 9, No 1, p. 3–9.
14. BRAGA, A. Dangu degradacijos modeliai ir jų taikymas Lietuvos automobilių keliams: daktaro disertacija. Technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T. Vilnius, 2005. 156 p.

15. BRETONNIERE, S. *Étude d'un Défectomètre à boulet*. Bulletin de Liaison des Laboratoires Routiers, No 2, 1963, p. 5–43.
16. BRUNTON, J. M. *Developments in the analytical design of asphalt pavements using computers*. Ph. D. Thesis, Nottingham University, 1983. 108 p.
17. BURMISTER, D. M. *The Theory of Stresses and Displacements in Layered Systems and Applications to the Design of Airport Runways. Proceedings*. Highway Research Board, Vol 23, 1943. 21 p.
18. CHEN, D. H.; BILY, J.; LIN, H. H.; MURPHY, M. Temperature Correction on Falling Weight Deflectometer Measurement In Transportations Research Record. *Journal of the Transportation on, D. C.*, Research Board. No 1716, TRB, National Research Council, Washington, 2000, p 42–51.
19. ČEKANAVIČIUS, V.; MURAUSKAS, G. *Statistika ir jos taikymas*. Vilnius: TEV, 2001. 238 p.
20. ČIŽAS, A.; VIRŠILAS, V.; ŽEKEVIČIUS, J. *Aiškinamasis medžiagų atsparumo uždavinynas*. Vilnius: TEV, 2000. 296 p.
21. ČYGAS, D.; LAURINAVIČIUS, A. *Asfaltbetonio mišinių naudojimo automobilių kelių ir miestų gatvių dangoms įrengti pagrindinės problemos*. Mokslo plėtra ir keliai. Mokslo žurnalo „Statyba“ priedas. Vilnius: Technika, 2000, p. 20–26.
22. ČYGAS, D.; LAURINAVIČIUS, A. *Lietuvos kelių oro sąlygų informacinės sistemos duomenų bazės tobulinimas, papildymas ir palaikymas, rezultatų analizė ir vertinimas*. Mokslo tyrimo darbo ataskaita. Vilnius: VGTU, 2004. 91 p.
23. *Dangų stiprinimo metodikos kūrimas ir rekomendacijų pateikimas. Lietuvos automobilių kelių dangų stiprumo ir degradacijos tyrimai, duomenų kaupimas ir atnaujinimas*. Tiriamojo darbo ataskaita. Kaunas: TKTI, 2003. 72 p.
24. *Dangų stiprinimo poreikio nustatymo ir stiprinimo projektavimo metodikos kūrimas*. Tiriamojo darbo ataskaita. Kaunas: TKTI, 2005. 103 p.
25. *Dynatest 8000 FWD Test System*. Dynatest Engineering A/S, 1995. 185 p.
26. Dro-konsult. *VI seria badani na dlugoterminowych odcinkach testowych i modele degradacji nawierzchni*. Warszawa: Dro-Konsult, 1998. 60 p.
27. *Eismo intensyvumo apskaita magistraliniuose ir krašto keliuose*. Tiriamojo darbo ataskaita Kaunas: TKTI, 2006. 65 p.
28. *ELMOD 5 – Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design*. Users Manual. Dynatest. .2005. 110 p.
29. EKDAHL, P. *Sensitivity Analysis of Two Deterioration Models for Flexible Pavements*. Lund University, Lund, 1999. 102 p.
30. *European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research. COST 333 Development of New Bituminous Pavement Design Method. Final Report of the Action*. ECSC-EEC-

EAEC, Brussels Luxembourg, 1999. 373 p.

31. *European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research. COST 336. Falling Weigh Deflectometer. Final Report of the Action. Final Draft.* Danish Road Directorate, January 2001. 65 p.

32. FONAD, M. B.; MOSTAFA, A. H. Effect of the Variability of seasonal moduli adjustment factors on the mechanistic–empirical overlay design. In *Proceedings of the 6 th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields*. Lisbon, Portugal, 24–26 June 2002, p. 295–302.

33. GABR, M. A.; HOPKINS, A. K.; COONSE, J.; HEARNE, T. Dynamic Cone Penetrometer Criteria for Evaluation of Agregate Base Courses. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, ASCE, Vol 14, No 4, 2000, p. 141–148.

34. GROENENDIJK, J.; VAN HAASTEREN, C. R.; VAN NIEKERK, A. A. Comparison of stiffness moduli of secondary road base materials under laboratory and in-situ condition. In *Proceedings 5th Nottingham*, 2000, p. 251–265.

35. *Guidelines for Flexible Pavement Desing*. Estonian Road Administration, Tallinn 2001, 50 p.

36. HOFFMAN, M. S.; THOMSON, M. P. Backcalculating Nonlinear Resilient Moduli from Deflection Data. In *Transportation Research Record 852*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1982, p. 42–51.

37. HUDSON, W. R.; ELKINS, G. E.; UDDIN W.; REILLEY, K. T. *Evaluation of Pavement Deflection Measuring Equipment*, FHWA - TS-87-208, Federal Highway Administration, 1987. 78 p.

38. <http://www.statsoft.com>.

39. *Įlinkių matavimai bandomuose kelio ruožuose sezoninės įlinkių kreivės sudarymui* (pirmieji tyrimo metai). Kaunas: TKTI, 1998. 56 p.

40. *Įlinkių matavimas krintančio svorio deflektometru eksperimentiniuose kelių ruožuose* (antrieji tyrimo metai). Kaunas: TKTI, 1999. 69 p.

41. *Įlinkių matavimai krintančio svorio deflektometru eksperimentiniuose kelių ruožuose* (tretieji tyrimo metai). Kaunas: TKTI, 2000. 72 p.

42. *Įlinkių matavimai krintančio svorio deflektometru eksperimentiniuose kelių ruožuose* (ketvirtieji tyrimo metai). Kaunas: TKTI, 2001. 55 p.

43. JANOO, V. C.; BERG, R. L. *Layer moduli determination during freeze–thaws periods*. Transportation research records No 1377. Non–destructive deflection testing and back calculation for pavements. National Academy press. Washington D. C., 1992, p. 26–35

44. JONSON, A. M.; BAUS, R. L. Simplified Direct Calculation of Subgrade Modulus from Nondestructive Pavement Deflection Testing. In *Transportation Research Record 1406*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1993, p. 133–141.

45. KAAL, T. Technical Center of Estonian Roads Ltd. 2002.23 p.

46. KIM, Y. R.; RANJITHAN, S. R.; TROXLER, J. D.; XU B. NCHRP Research Results Digest

254: Assessing Pavement Layer Condition Using Deflection Data. TRB. National Research Council. Washington, D.C., 2000. 14 p.

47. KIM, Y. R.; PARK H. M. *Use of Falling Weight Deflektometer Multi-Load Data for Pavement Strength Estimation*. NCDOT Report (Project HWY-00-4). North Carolina State University, Raleigh, 2002. 9 p.

48. KIM, Y. R.; HIBBS B. O.; LEE Y. C. Temperature Correction of Deflection and Backcalculated Asphalt Concrete Moduli. In *Transportation Research Record 1473*, TRB National Research Council, Washington, D.C., 1995, p. 55–62.

49. KIM, Y. R.; PARK, S.; SHAO, L. *Statewide Calibration of Asphalt Temperature Study from 1992 and 1993*. NCDOT Report (Projekt 23241-95-1), North Carolina State University, Raleigh, 1996. 28 p.

50. KOPPEL, M. *Mathematical Models of Condition of Tallinn Streets*. Final Report. Dept of Transportation, Tallinn University of Technology. Tallinn, 2004. 38 p.

51. LIDDLE, W. J. Application of AASHO Road Test Results to the Design of Flexible Pavement Structures. In *Proceedings International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements*, University of Michigan, Ann Arbor, 1962, p. 42–51.

52. *Lietuvos automobilių kelių asfaltbetonio dangų konstrukcijų stiprumas ir irimas*. Tiriamojo darbo ataskaita. Kaunas: TKTI, 2007. 243 p.

53. LEONOVICH, I.; ČYGAS, D. Road climatology: determination of calculated values of meteorological characteristics. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. Vilnius: Technika, Vol 1, No 4, 2006, p.167–175.

54. *LST 1360.5:1995 Automobilių kelių gruntai*. Bandymo metodai. Bandymas štapu. 1995. 14 p.

55. LUKANEN, E. O.; STUBSTAD, R. N.; BRIGGS, R. *Temperature Predictions and Adjustment Factors for Asphalt Pavement*. Report FHWA-RD-98-085. FHWA, U.S. Department of Transportation, 2000, p. 24–25.

56. Manual for FWD Testing in the Long-Term Pavement Performance Program. SHRP-P-661. PCS/Law Engineering and Braun Intertec Pavement, Inc.; Strategic Highway Research Program. National Research Council, Washington, DC, 1993, p. 54–56.

57. National Research Council. Catalogo delle pavimentazioni stradali, Bolletino Ufficiale – Parte IV Norme Technichi, n.178, 15.09.1995, p. 10–12.

58. MCCULLOUGH, B. F.; TAUTE, A. Use of Deflection Measurements for Determining Pavement Material Properties. In *Transportation Research Record*. 852, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1982, p. 8–14.

59. *Nestandžių dangų konstrukcijų bandomuosiuose ruožuose skaičiavimas, nustatant atskirų sluoksnių storius bei jų stiprumo rodiklius*, Tiriamojo darbo ataskaita. T 2, Kaunas: TKTI, 2004. 38 p.

60. ODEMARK, N. Undersökning av elasticitetegenskaperna hos olika jordarter samt teori för

beräkning av belägningar enligt elasticitetsteorin. Statens Väginstitut, meddelande 77, 1949. 142 p.

61. PAŠAITIS, E.; SAKALAUSKAS, K.; VIDUGIRIS, L. *Kelių eksploatacija*. Vilnius: Mokslas, 1990. 195 p.

62. PARK, H. M.; KIM, Y. R.; PARK, S. Temperature Correction of Multiload – Level Falling Weight Deflectometer Deflections. In *Transportation Research Record*. 1806, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2002, p. 1–6.

63. PATERSON W. D. O. *Road Deterioration and Maintenance Effects*. Published for The World Bank The Johns Hopkins University Press Baltimore and London 1987. 454 p.

64. *Pavement Deflection Analysis*. Structures. National Highway Institute, USA. February 1994, p. 1–26.

65. PETKEVIČIUS, K.; SIVILEVIČIUS, H.; RIMKEVIČIUS, A. Causes, development dynamics and repair technology of potholes and cracks in asphalt concrete pavement. In *Civil Engineering and Environment Proceedings*. Vilnius: Technika, 1998, p. 61-70.

66. PIHLAJAMÄKI, J. Kantavuuden määrittys. *Determination of the bearing capacity*. ASTO 1987 – 1992. VTT Tie- ja liikennelaboratorio. Espoo, 1988. 29 p.

67. *Межгосударственные отраслевые дорожные нормы. Проектирование нежестких дорожных одежд*. МСД Москва: ФГУП Союздорнии, 2002. 153 p.

68. Pudotuspainolaitteen soveltuvuus kantavuuden mittaamiseen. VTT, Tieja liikennelaboratorio, Tutkimusselostus 326. Espoo, 1983, p.29–30.

69. PUODŽIUKAS, V. *Asfaltbetonio dangų būklės tyrimai ir stiprinimo poreikis Lietuvos keliuose*: daktaro disertacija. Technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T). Vilnius, 1999, 124 p.

70. PUODŽIUKAS, V.; PAKALNIS, A. Determination of seasonal factors for structural condition values of bituminous pavements. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vilnius: Technika, Vol 8, No 2, 2002, p. 133–137.

71. ROBERT, D.; SROMBOM, R. *Maintenance of Aggregate and Earth Roads*. Manual U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Fujiki and Associates Inc. Washington, D.C., 1987. 71 p.

72. ROHDE, G. T.; SMITH, R. E. Determining Depth to Apparent Stiff Layer from FWD Data. Research Report 1159-1. Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station, 1991. 6 p.

73. *Statybos rekomendacijos R 34-01 „Automobilių kelių pagrindai“*. Vilnius: Lietuvos Respublikos Susisiekimo ministerija, 2001. 120 p.

74. *Statybos rekomendacijos R 35-01 „Automobilių kelių asfaltbetonio ir žvyro dangos“*. Vilnius: Lietuvos Respublikos Susisiekimo ministerija, 2001. 117 p.

75. *Road and Hydraulic Engineering Division. Road Construction Manual – Pavement Design*. 4th edition. Directorate General of Public Works and Water Management, Netherland, Delft, 1998. 27 p.

76. RVS3.63 OBERBAU. *Specifications and guidelines for road engineering*. Austria, 1986. 32 p.
77. RUOTOISTENMÄKI, A.; SPO, H. Tien rakenteellinen kunto. VTT Yhdyskuntatekniikka, Tutkimusraportti 480. Espoo, 1999. 31p.
78. SAKALAUSKAS, V. *Statistika su Statistica*. Vilnius: Margi raštai, 1998. 227 p.
79. SEBAALY, B. E.; MAMLOUK, M. S.; DAVIES, T. G. Dynamic Analysis of Falling Weight Deflectometer Data. In *Transportation Research Record 1070*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1986, p. 63–68.
80. Shell Pavement Design Manual – Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic. Shell International Petroleum Company Ltd., London,. 1978, p. 29–30.
81. SHOOK, J. F.; FINN, F. N.; WITCZAC, M.W.; MONISMITH, C. L. Thickness design of asphalt pavements – the Asphalt Institute Method. In *Proceedings of the 5th International Conference on the structural design of asphalt pavements*, Vol 1, Delft, 1982, p. 17–45
82. SORENSEN, A. *Dynatest Denmark A/S*.2002. 49 p.
83. *Standard JUS U.C4.012. New Flexible Pavement Thickness Design*. Dimenzioniranje novih asfaltnih vozisnih konstrukcij. Croatia, 1981. 49 p.
84. *Statybinė klimatologija RSN 156-94*. Vilnius: Aplinkos ministerija 1995. 136 p.
85. STUBSTAD, R. N.; IRWIN L. H.; LUKANEN E. O.; CLEVENSON, M. L. *It's 10 o'clock – Do You Know Where Your Sensors Are?* In *Transportation Research Record 1716*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2000, p. 10–19.
86. *Statybos techninis reglamentas STR 2.06.03: 2001 „Automobilių keliai“*. Vilnius: Aplinkos ministerija, Susisiekimo ministerija, 2002. 74 p.
87. THOMSON, M. R.; GARG, N. *Mechanistic – Empirical Evaluation of the Mn/ROAD Low Volume Road Test Sections*. Project IHR-535. University of Illinois, Urbana-Champaign, 1997. 67 p.
88. *The 4th International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfields*. Radison South Hotel, Mineapolis, Minesota, USA, Vol 1, 1994. 770 p.
89. ULLIDTZ, P. Technical University of Denmark. *Modelling Flexible Pavement Response and Performance*. Polyteknisk Forlag. Denmark, ISBN 87-502-0805-5, 1998. 205 p.
90. VAIMEL, A. *Terms of References for Tetermination of the Elastic Modulus of Pavement Layers*. Estonian Road Administration. Tallinn, 2001. 6 p.
91. VAIŠVILA, Č. *Matematinė sportinių tyrimų statistika*. Kaunas: „Šviesa“, 1974. 124 p.
92. VAN GURP, C.; GROENENDIJK, J.; BEUVING, E. Experience with various types of foundation tests. In *Proceedings 5th International Symposium Unbound Aggregates in Roads (UNBAR5)*, University of Nottingham, 2000, p. 147–152.
93. ВАСИЛЬЕВ, А. П.; СИДЕНКО, В. М. *Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения*, Москва: Транспорт, 1990. 301 с.
94. Vejdirektoratet. Verregler for dimensignering a befæstelser. J.10.03 Befæstelser,

Vejdirektoratet 1987. 58 p.

95. VIŠNIAKAS, I.; SLIVINSKAS, K. *Patikimumo teorija. Objektų kokybės vertinimo ir patikimumo skaičiavimų metodikos nurodymai*. Vilnius: Technika, 2005. 91 p.

96. WISTUBA, M.; LITZKA, J. Consideration of Climatic conditions in pavement design. In *Proceedings of the 6 th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields*. Lisbon, Portugal, 24–26 June 2002, p. 373–380.

97. [www. tfhr. gov/pavement/ltpfp/reports/03088/index.htm](http://www.tfhr.gov/pavement/ltpfp/reports/03088/index.htm).

98. XU, B.; RANJITHAN, S. R.; KIM, Y. R. New Condition Assessment Procedure for Asphalt Pavement Layers, Using Falling Weight Deflectometer Deflections. In *Transportation Research Record 1806*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2002, p. 1–13.

99. ZOLLARS, J.; DAI, S. Resilient Modulus of Minnesota Road Research Projekt. In *Transportation Research Record*, No 1786, Washington, D.C., 2002, p. 20–28.

100. ŽILIONIENĖ, D. *Žvyrkelių renovacija tvariosios kelių tinklo plėtros aspektu*: daktaro disertacija. Technologijos mokslai, statybos inžinerija. Vilnius, 2003. 138 p.

AUTORIAUS PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS

Straipsniai recenzuojamuose, mokslinės informacijos instituto (ISI Web of Science) duomenų bazės sąraše esančiuose leidiniuose

1A. ŠIAUDINIS, G. Relationship of Road Pavement Deformation Moduli, Determined by Different Methods. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 2006, Vol 1, No 2, p. 77–81. ISSN 1822-427X.

2A. ŠIAUDINIS, G.; ČYGAS, D. Determination of Seasonal Effects for the Structural Strength of Asphalt Pavements. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 2007, Vol 2, No 2, p. 67–72. ISSN 1822-427X.

Mokslinės informacijos instituto (ISI Proceedings) duomenų bazės sąraše esančiuose leidiniuose

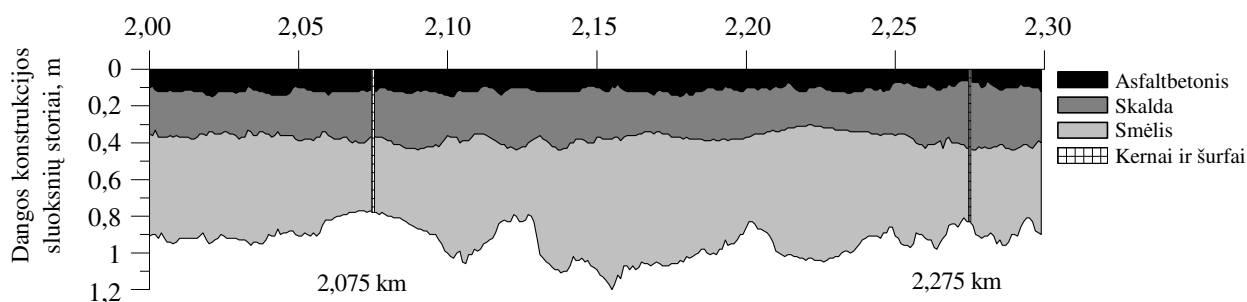
3A. ŠIAUDINIS, G.; ČYGAS, D.; LAURINAVIČIUS, A.; AAVIK, A. Investigations and Determination of Seasonal Effect on Road Pavement strength. In *6th International Conference of Environmental Engineering*. Vol 2. Edited by D. Čygis and K. D. Froehner. May 26–27, 2005 Vilnius, Lithuania. Technika, 2005, p. 783–786. ISBN 9-986-05850-3.

Tarptautinių konferencijų recenzuotų darbų leidiniuose anglų kalba

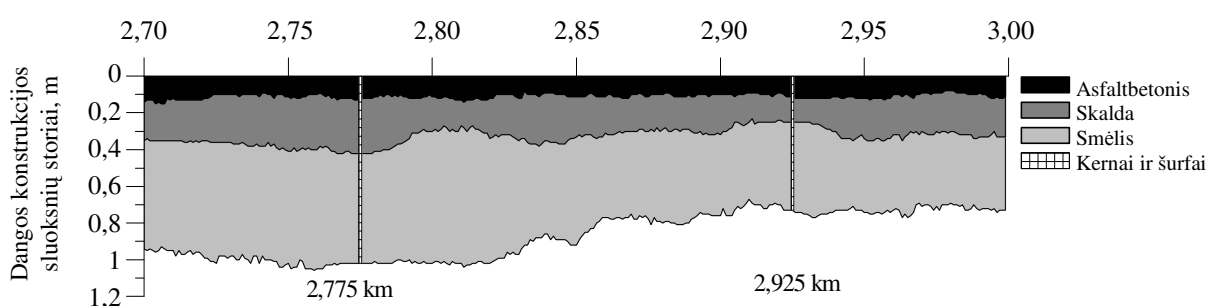
4A. PATAŠIUS, J.; ŠIAUDINIS, G.; PATAŠIUS, M. Tool for Simulation Road Maintenance Managment. In *ISAGA–SAGSAGA Conference Munich 2004, Bridging the gap: Transforming Knowledge into Action through Gaming and Simulation*. Oster Druck, Passau, Germany, 2004, p. 405–411. ISBN 3-00-013988-5.

PRIEDAI

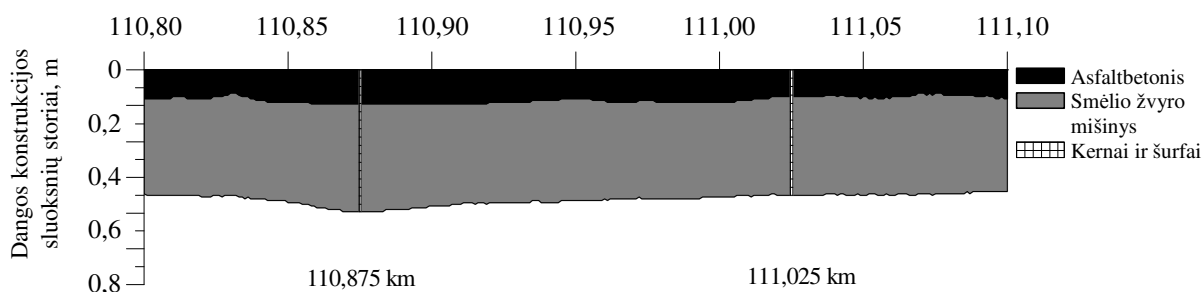
Kelių eksperimentinių ruožų dangos konstrukcijos storių matavimo georadaru rezultatai



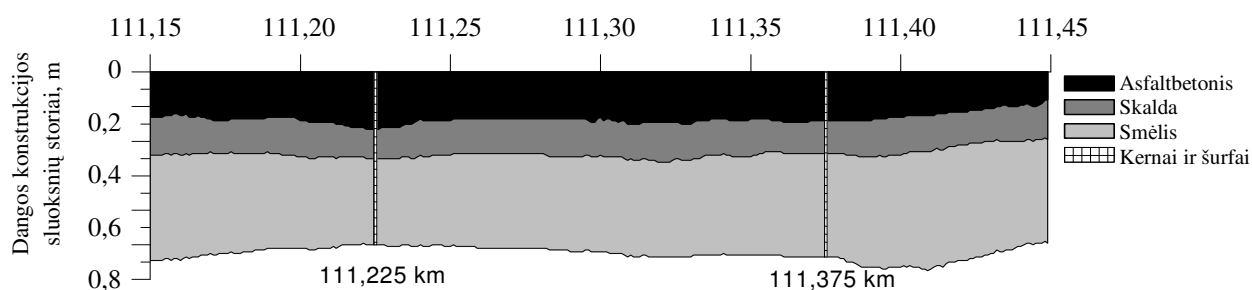
1 pav. Kelias 160 Telšiai–Varniai–Laukuva (2,00–2,30 km). Dangos konstrukcijos storai



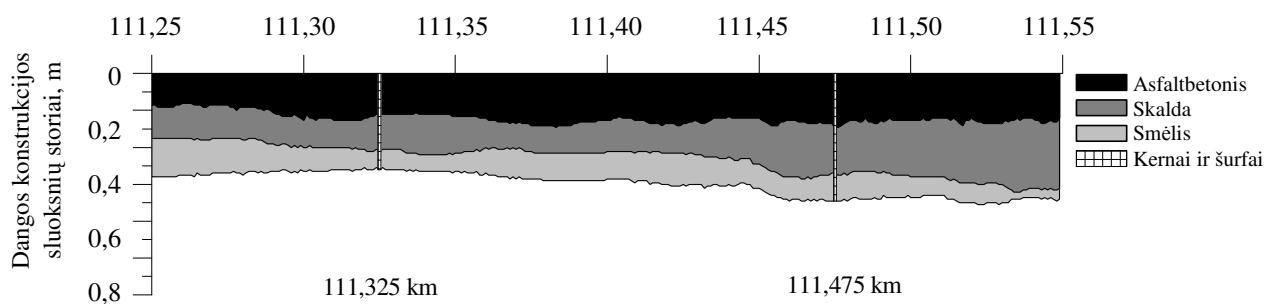
2 pav. Kelias 160 Telšiai–Varniai–Laukuva (2,70–3,00 km). Dangos konstrukcijos storai



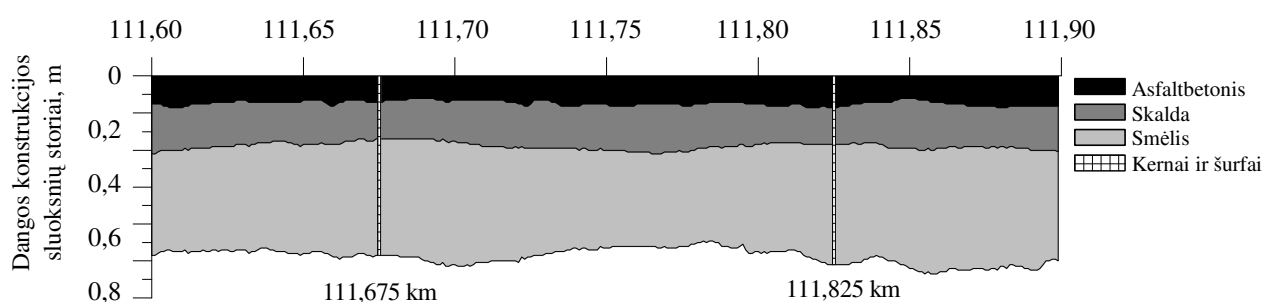
3 pav. Kelias A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda (kairė) (110,80–111,10 km). Dangos konstrukcijos storai



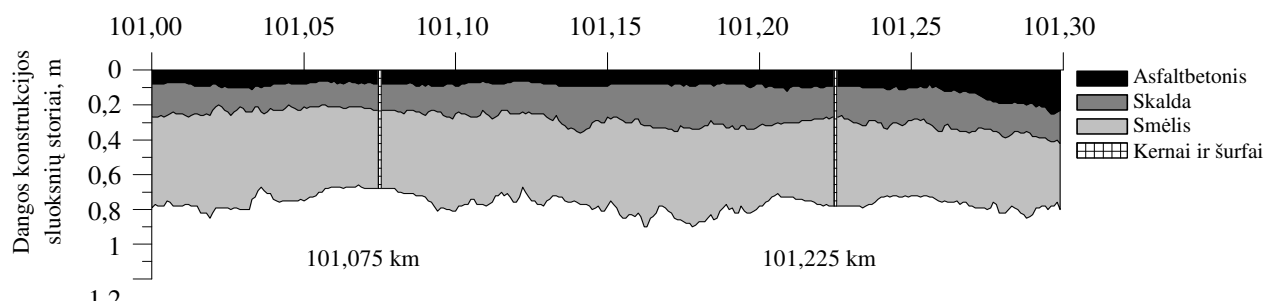
4 pav. Kelias A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda (dešinė) (111,15–111,45 km). Dangos konstrukcijos storai



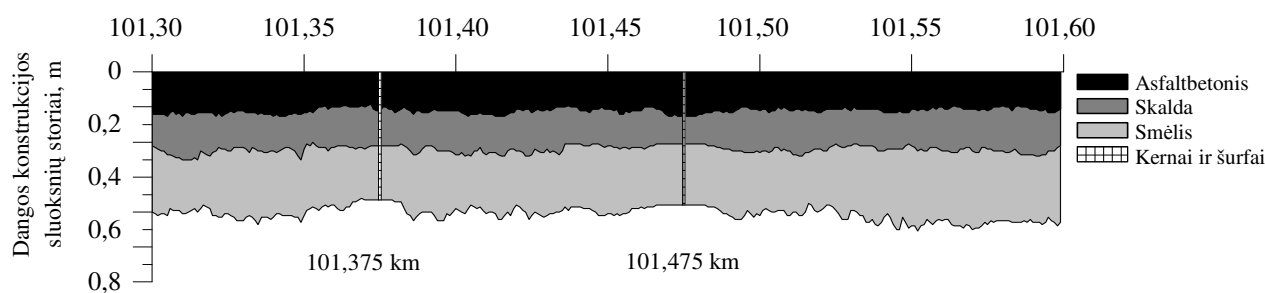
5 pav. Kelias A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda (kairė) (111,25–111,55 km). Dangos konstrukcijos storiai



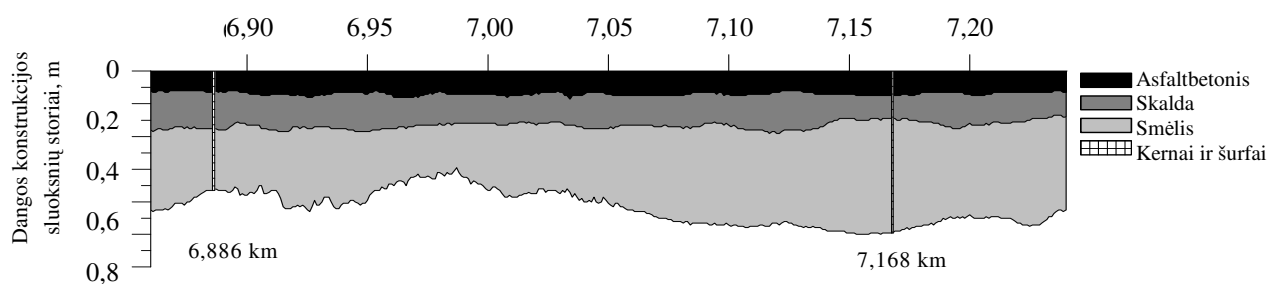
6 pav. Kelias A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda (dešinė) (111,60–111,90 km). Dangos konstrukcijos storiai



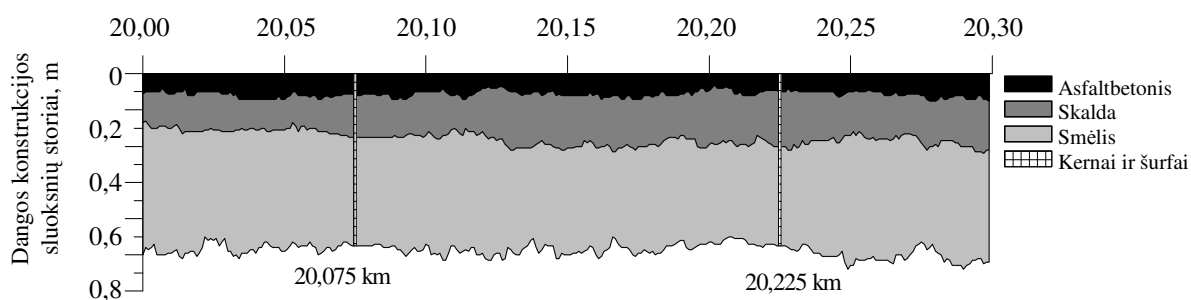
7 pav. Kelias A4 Vilnius–Varėna–Gardinas (101,00–101,30 km). Dangos konstrukcijos storiai



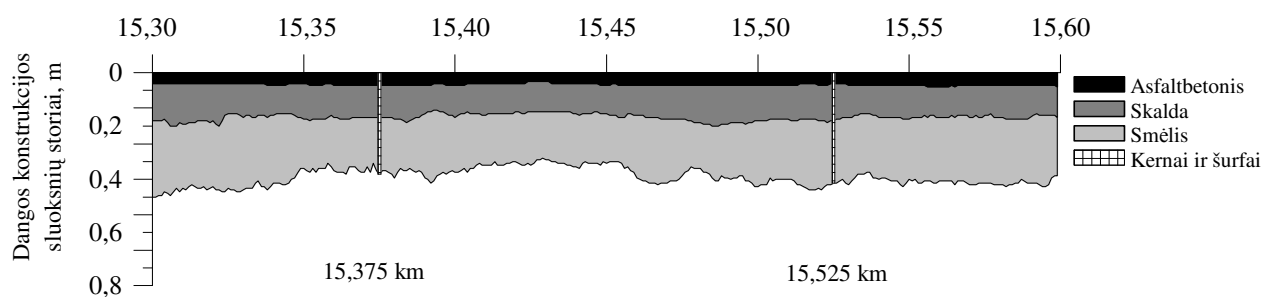
8 pav. Kelias A4 Vilnius–Varėna–Gardinas (101,30–101,60 km). Dangos konstrukcijos storiai



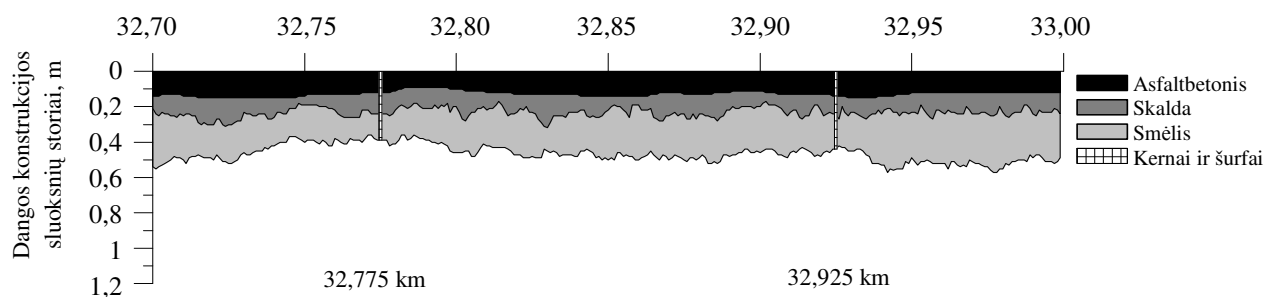
9 pav. Kelias A5 Kaunas–Marijampolė–Suvalkai (dešinė) (6,86–7,24 km). Dangos konstrukcijos storiai



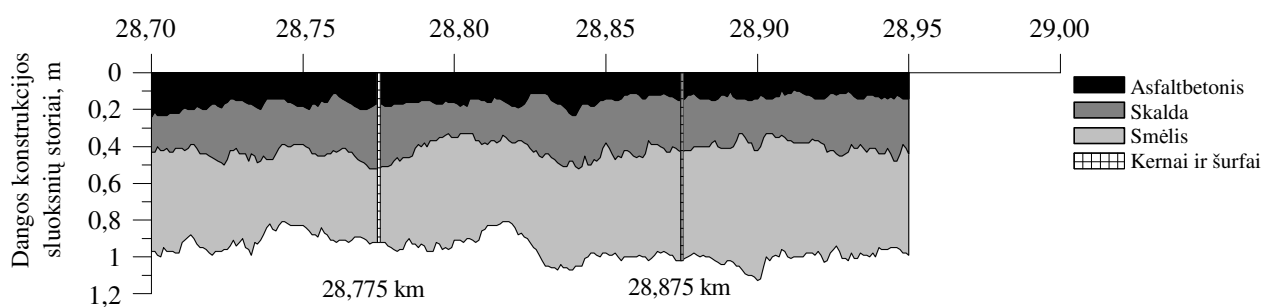
10 pav. Kelias A5 Kaunas–Marijampolė–Suvalkai (kairė) (20,00–20,30 km). Dangos konstrukcijos storiai



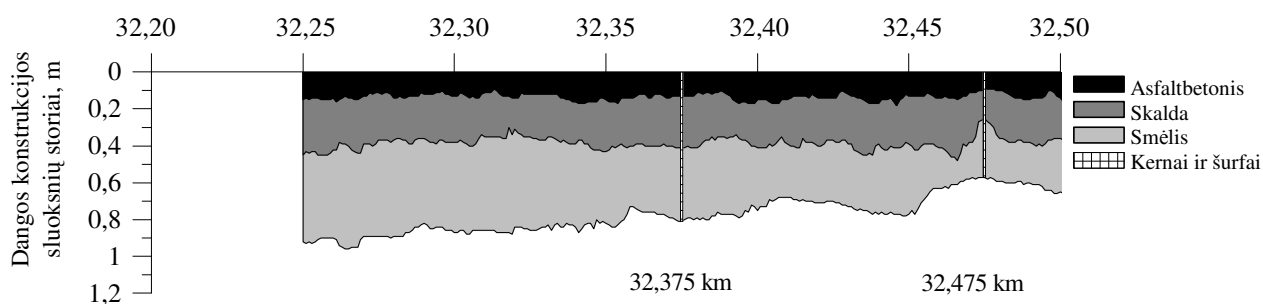
11 pav. Kelias A6 Kaunas–Zarasai–Daugpilis (dešinė) (15,30–15,60 km). Dangos konstrukcijos storiai



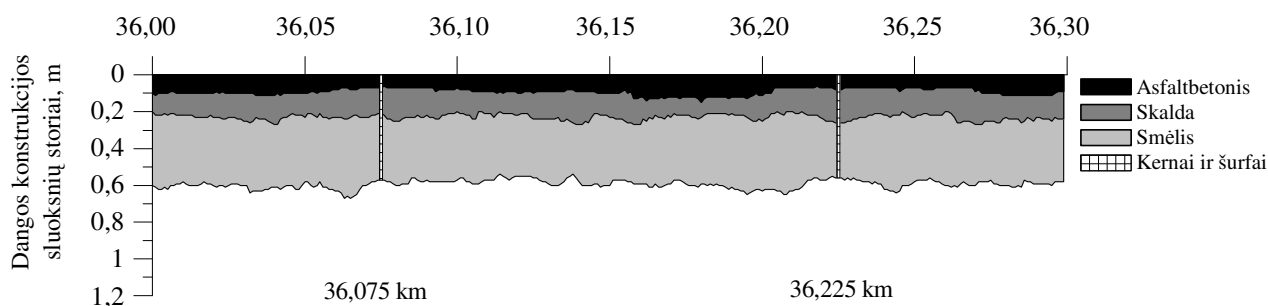
12 pav. Kelias A6 Kaunas–Zarasai–Daugpilis (dešinė) (32,70–33,00 km). Dangos konstrukcijos storiai



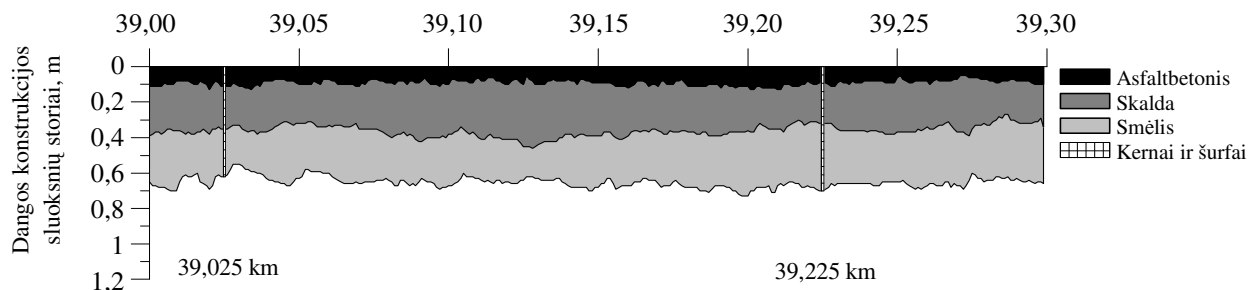
13 pav. Kelias A8 Panevėžys–Kėdainiai–Cinkiškis (28,70–29,00 km). Dangos konstrukcijos storiai



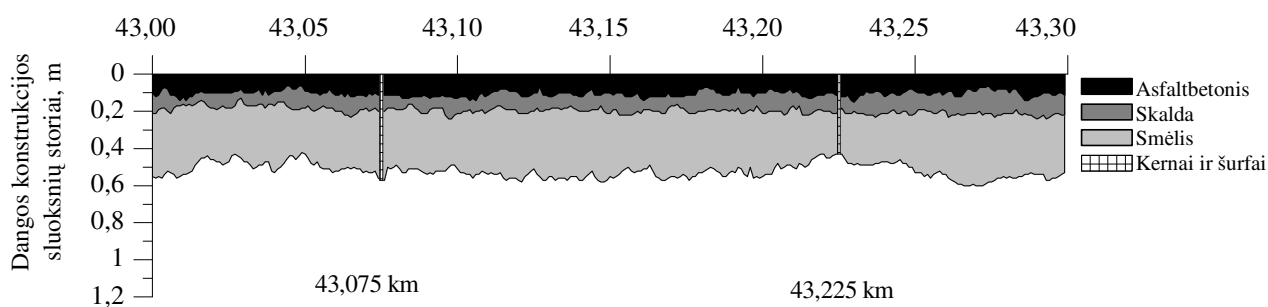
14 pav. Kelias A8 Panevėžys–Kėdainiai–Cinkiškis (32,20–32,50 km). Dangos konstrukcijos storiai



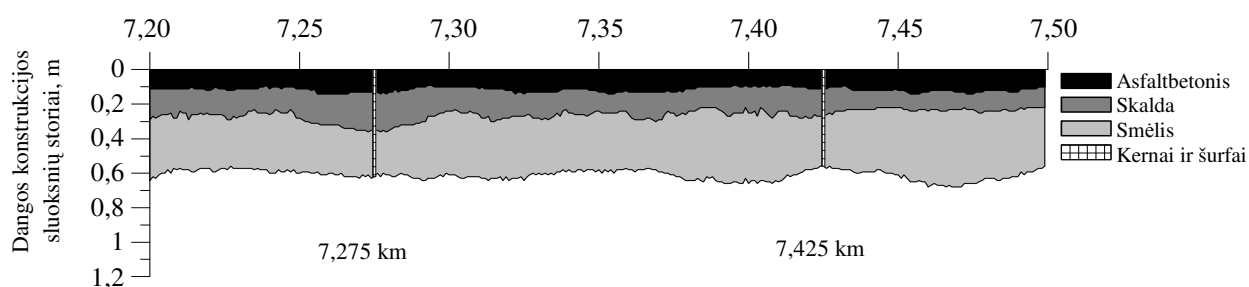
15 pav. Kelias A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė (36,00–36,30 km). Dangos konstrukcijos storiai



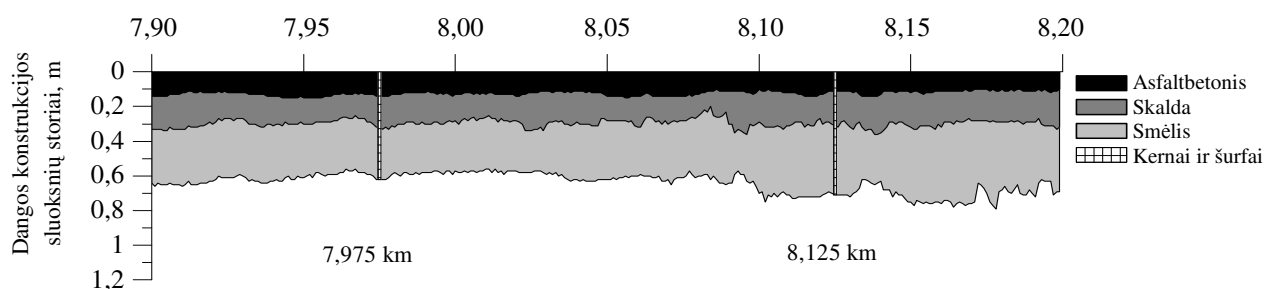
16 pav. Kelias A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė (39,00–39,30 km). Dangos konstrukcijos storiai



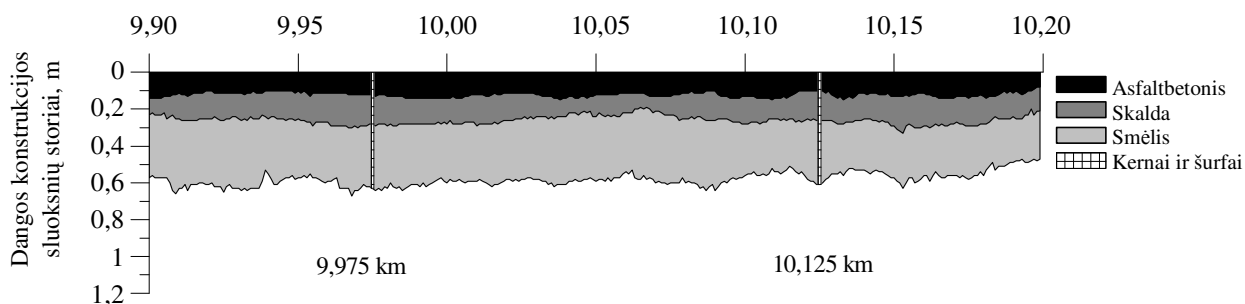
17 pav. Kelias A16 Vilnius–Prienai–Marijampolė (43,00–43,30 km). Dangos konstrukcijos storiai



18 pav. Kelias A17 Panevėžio aplinkkelis (7,20–7,50 km). Dangos konstrukcijos storiai



19 pav. Kelias A17 Panevėžio aplinkkelis (7,90–8,20 km). Dangos konstrukcijos storiai



20 pav. Kelias A17 Panevėžio aplinkkelis (9,90–10,20 km). Dangos konstrukcijos storiai

Kelių eksperimentinių ruožų žemės sankasos grunto deformacijos ir dangos konstrukcijos medžiagų tamprumo modulio ribinės reikšmės

1 lentelė. Žemės sankasos grunto deformacijos ir dangos konstrukcijos medžiagų sluoksnių tamprumo modulio ribinės reikšmės

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
160	1998-03-23	1,0-1,3	700	100	230	400	1	III	5	1,18	3020	196	109	87
160	1998-03-23	1,0-1,3	700	110	220	400	1,001	III	5	1,22	1102	84	51	49
160	1998-03-23	1,0-1,3	700	110	220	590	1,15	IV	5	1,22	4540	193	123	137
160	1998-03-23	1,0-1,3	700	110	230	580	1,151	IV	5	1,22	3075	151	93	168
160	1998-03-23	1,7-2,0	700	100	270	490	1,8	III	5	1,18	6667	263	125	135
160	1998-03-23	1,7-2,0	700	120	260	520	1,801	III	5	1,25	5330	248	155	114
160	1998-03-23	1,7-2,0	700	100	290	520	1,95	III	5	1,18	3657	153	116	144
160	1998-03-23	1,7-2,0	700	90	290	520	1,951	III	5	1,16	8041	170	120	140
160	1998-06-23	1,0-1,3	700	110	220	400	1,001	III	18	1,30	2781	251	181	107
160	1998-06-23	1,0-1,3	700	120	210	400	1,002	III	16	1,34	1885	224	146	107
160	1998-06-23	1,0-1,3	700	110	230	580	1,151	IV	17	1,30	3645	274	178	106
160	1998-06-23	1,0-1,3	700	110	230	580	1,152	IV	16	1,30	3039	262	157	114
160	1998-06-23	1,7-2,0	700	120	260	520	1,801	III	16	1,34	4842	287	188	125
160	1998-06-23	1,7-2,0	700	120	260	520	1,802	III	16	1,34	4342	302	178	125
160	1998-06-23	1,7-2,0	700	90	290	520	1,951	III	16	1,21	5232	249	171	214
160	1998-06-23	1,7-2,0	700	100	260	520	1,952	III	16	1,25	3996	268	140	203
160	1999-03-31	1,0-1,3	700	110	220	400	1,001	III	14,9	1,07	3503	246	109	140
160	1999-03-31	1,0-1,3	700	120	210	400	1,002	III	14	1,09	2668	184	148	92
160	1999-03-31	1,0-1,3	700	110	230	580	1,151	IV	14,9	1,07	6760	268	141	99
160	1999-03-31	1,0-1,3	700	110	230	580	1,152	IV	14	1,08	6429	206	133	122
160	1999-03-31	1,7-2,0	700	120	260	520	1,801	III	14,9	1,08	3607	165	127	141
160	1999-03-31	1,7-2,0	700	120	260	520	1,802	III	14	1,09	3888	180	103	189
160	1999-03-31	1,7-2,0	700	90	290	520	1,951	III	14,9	1,05	3746	163	87	151
160	1999-03-31	1,7-2,0	700	100	260	520	1,952	III	14	1,07	4281	183	121	88
160	1999-10-27	1,0-1,3	700	110	220	400	1,001	III	9,7	1,14	5337	216	126	181

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
160	1999-10-27	1,0-1,3	700	120	210	400	1,002	III	9,7	1,16	3456	270	107	266
160	1999-10-27	1,0-1,3	700	110	230	580	1,151	IV	9,7	1,14	8024	309	150	118
160	1999-10-27	1,7-2,0	700	120	260	520	1,801	III	9,7	1,16	4028	196	129	121
160	1999-10-27	1,7-2,0	700	120	260	520	1,802	III	9,7	1,16	5164	205	159	129
160	1999-10-27	1,7-2,0	700	90	290	520	1,951	III	9,7	1,11	4577	180	123	87
160	1999-10-27	1,7-2,0	700	100	260	520	1,952	III	9,7	1,12	4980	239	143	92
160	2000-09-20	1,0-1,3	700	110	220	400	1,001	III	15	1,07	5667	227	134	175
160	2000-09-20	1,0-1,3	700	120	210	400	1,002	III	15	1,08	3958	224	133	232
160	2000-09-20	1,0-1,3	700	110	230	580	1,151	IV	15	1,07	9277	250	152	130
160	2000-09-20	1,0-1,3	700	110	230	580	1,152	IV	15	1,07	8062	334	203	80
160	2000-09-20	1,7-2,0	700	120	260	520	1,801	III	15	1,08	6459	167	101	157
160	2000-09-20	1,7-2,0	700	120	260	520	1,802	III	15	1,08	5230	276	168	134
160	2000-09-20	1,7-2,0	700	90	290	520	1,951	III	15	1,05	2635	228	138	106
160	2000-09-20	1,7-2,0	700	100	260	520	1,952	III	15	1,06	3796	252	153	104
160	2000-10-27	1,0-1,3	700	110	220	400	1,001	III	9	1,15	6900	200	118	189
160	2000-10-27	1,0-1,3	700	120	210	400	1,002	III	9	1,18	4503	241	143	180
160	2000-10-27	1,0-1,3	700	110	230	580	1,151	IV	9	1,15	10837	267	162	121
160	2000-10-27	1,0-1,3	700	110	230	580	1,152	IV	9	1,15	10794	255	155	121
160	2000-10-27	1,7-2,0	700	120	260	520	1,801	III	9	1,18	5754	163	97	143
160	2000-10-27	1,7-2,0	700	120	260	520	1,802	III	9	1,18	5114	271	162	121
160	2000-10-27	1,7-2,0	700	90	290	520	1,951	III	9	1,11	5707	183	108	121
160	2000-10-27	1,7-2,0	700	100	260	520	1,952	III	9	1,13	6639	228	136	124
160	2006-04-07	2,00-2,30	707	100	250	560	2	III	7,8	1,15	6912	318	187	157
160	2006-04-07	2,00-2,30	705	100	290	520	2,05	III	7,8	1,15	5698	241	207	161
160	2006-04-07	2,00-2,30	708	140	220	640	2,1	IV	7,8	1,25	3538	215	252	146
160	2006-04-07	2,00-2,30	707	100	270	720	2,15	III	7,8	1,15	9086	261	248	271
160	2006-04-07	2,00-2,30	706	100	270	490	2,2	III	7,8	1,15	10527	284	160	98
160	2006-04-07	2,00-2,30	709	90	320	520	2,262	IV	7,8	1,13	4161	198	115	115

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
160	2006-04-07	2,00–2,30	710	100	380	430	2,31	III	7,8	1,15	7223	204	140	84
160	2006-04-07	2,70–3,00	707	140	210	590	2,7	III	9,7	1,21	2740	274	271	109
160	2006-04-07	2,70–3,00	704	110	300	610	2,75	III	9,7	1,14	4452	266	175	262
160	2006-04-07	2,70–3,00	709	110	190	720	2,8	IV	9,7	1,14	3780	152	110	118
160	2006-04-07	2,70–3,00	704	110	220	590	2,85	IV	9,7	1,14	5181	168	113	276
160	2006-04-07	2,70–3,00	710	100	220	440	2,9	IV	9,7	1,12	4755	236	143	196
160	2006-04-07	2,70–3,00	710	120	220	390	2,947	IV	9,7	1,16	2960	233	103	104
160	2006-04-07	2,70–3,00	707	100	230	400	3	IV	9,7	1,12	4632	246	139	101
160	2006-08-10	2,00–2,30	707	100	250	560	2	III	19	1,01	7093	285	164	149
160	2006-08-10	2,00–2,30	705	100	290	520	2,05	III	19	1,01	5636	246	196	106
160	2006-08-10	2,00–2,30	708	140	220	640	2,1	IV	19	1,02	2910	258	231	134
160	2006-08-10	2,00–2,30	707	100	270	720	2,15	III	19	1,01	6519	305	213	190
160	2006-08-10	2,00–2,30	706	100	270	490	2,2	III	19	1,01	7810	299	185	83
160	2006-08-10	2,00–2,30	709	90	320	520	2,262	IV	19	1,01	8138	182	152	105
160	2006-08-10	2,00–2,30	710	100	380	430	2,31	III	19	1,01	5810	218	163	79
160	2006-08-10	2,70–3,00	707	140	210	590	2,7	III	19,1	1,02	2158	422	314	188
160	2006-08-10	2,70–3,00	704	110	300	610	2,75	III	19,1	1,01	4832	262	161	141
160	2006-08-10	2,70–3,00	709	110	190	720	2,8	IV	19,1	1,01	3791	185	141	236
160	2006-08-10	2,70–3,00	704	110	220	590	2,85	IV	19,1	1,01	3770	263	119	226
160	2006-08-10	2,70–3,00	710	100	220	440	2,9	IV	19,1	1,01	4567	284	120	197
160	2006-08-10	2,70–3,00	710	120	220	390	2,947	IV	19,1	1,01	3152	324	140	147
160	2006-08-10	2,70–3,00	707	100	230	400	3	IV	19,1	1,01	5124	244	190	92
A1	2006-04-06	111,15–111,45	710	260	220	610	111,15	IV	5,5	1,94	6562	315	209	159
A1	2006-04-06	111,15–111,45	706	280	200	530	111,25	IV	5,5	2,10	6789	342	232	379
A1	2006-04-06	111,15–111,45	704	270	220	570	111,35	IV	5,5	2,02	7090	507	261	189
A1	2006-04-06	111,15–111,45	710	190	210	600	111,441	IV	5,5	1,52	5955	333	203	112
A1	2006-04-06	111,25–111,55	700	170	180	210	111,25	IV	6,4	1,40	3089	397	396	78
A1	2006-04-06	111,25–111,55	708	230	200	100	111,35	IV	6,4	1,68	17074	499	299	194

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A1	2006-04-06	111,25–111,55	703	240	250	130	111,45	IV	6,4	1,74	18358	898	523	233
A1	2006-04-06	111,25–111,55	711	240	380	60	111,55	III	6,4	1,74	6671	695	226	185
A1	2006-04-06	111,60–111,90	699	130	240	590	111,65	IV	10,4	1,17	5491	345	180	125
A1	2006-04-06	111,60–111,90	711	150	250	530	111,75	IV	10,4	1,22	3726	315	205	144
A1	2006-04-06	111,60–111,90	711	120	270	650	111,85	III	10,4	1,15	4376	281	224	135
A1	2006-07-13	111,15–111,45	710	260	220	610	111,15	IV	24,8	0,80	5132	304	327	177
A1	2006-07-13	111,15–111,45	706	280	200	530	111,25	IV	24,8	0,78	5764	1069	379	301
A1	2006-07-13	111,15–111,45	704	270	220	570	111,35	IV	24,8	0,79	7013	435	476	276
A1	2006-07-13	111,15–111,45	710	190	210	600	111,441	IV	24,8	0,87	3526	359	347	116
A1	2006-07-13	111,25–111,55	700	170	180	210	111,25	IV	23,9	0,91	3487	299	575	80
A1	2006-07-13	111,25–111,55	708	230	200	100	111,35	IV	23,9	0,86	6034	1137	669	136
A1	2006-07-13	111,25–111,55	703	240	250	130	111,45	IV	23,9	0,85	7700	957	563	202
A1	2006-07-13	111,25–111,55	711	240	380	60	111,55	III	23,9	0,85	3634	619	295	205
A1	2006-07-13	111,60–111,90	699	130	240	590	111,65	IV	23,1	0,95	4374	325	192	234
A1	2006-07-13	111,60–111,90	711	150	250	530	111,75	IV	23,1	0,94	3604	273	268	270
A1	2006-07-13	111,60–111,90	711	120	270	650	111,85	III	23,1	0,96	4107	277	315	151
A16	2006-04-20	39,00–39,30	707	110	280	260	39	IV	19,4	1,01	4493	255	312	215
A16	2006-04-20	39,00–39,30	708	100	220	310	39,05	IV	19,4	1,01	4786	172	528	175
A16	2006-04-20	39,00–39,30	708	100	280	290	39,1	IV	19,4	1,01	3580	196	335	193
A16	2006-04-20	39,00–39,30	708	90	300	290	39,15	IV	19,4	1,01	4641	153	199	132
A16	2006-04-20	39,00–39,30	703	110	250	370	39,2	IV	19,4	1,01	4793	270	145	197
A16	2006-04-20	39,00–39,30	708	60	310	280	39,25	IV	19,4	1,00	17409	196	235	223
A16	2006-04-20	39,00–39,30	708	100	240	310	39,3	IV	19,4	1,01	5388	208	218	181
A16	2006-09-04	39,00–39,30	707	110	280	260	39	IV	24	0,95	4208	284	208	277
A16	2006-09-04	39,00–39,30	708	100	220	310	39,05	IV	24	0,96	4918	224	390	180
A16	2006-09-04	39,00–39,30	708	100	280	290	39,1	IV	24	0,96	3629	231	197	229
A16	2006-09-04	39,00–39,30	708	90	300	290	39,15	IV	24	0,96	4548	202	101	232

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A16	2006-09-04	39,00-39,30	703	110	250	370	39,2	IV	24	0,95	4410	312	180	240
A16	2006-09-04	39,00-39,30	708	60	310	280	39,25	IV	24	0,98	15064	226	260	220
A16	2006-09-04	39,00-39,30	708	100	240	310	39,3	IV	24	0,96	4948	240	195	193
A17	1998-04-14	7,2-7,5	700	130	210	280	7,281	V	5	1,28	6326	568	162	245
A17	1998-04-14	7,2-7,5	700	110	220	290	7,282	V	5	1,22	12081	699	185	123
A17	1998-04-14	7,2-7,5	700	100	130	340	7,501	V	5	1,18	14995	705	465	140
A17	1998-04-14	7,2-7,5	700	100	130	340	7,502	V	5	1,18	15119	662	351	106
A17	1998-04-14	7,9-8,2	700	140	190	330	7,901	IV	5	1,32	4545	497	345	135
A17	1998-04-14	7,9-8,2	700	140	190	310	7,902	IV	5	1,32	5899	401	281	114
A17	1998-04-14	7,9-8,2	700	110	220	440	8,151	V	5	1,22	6505	392	183	144
A17	1998-04-14	7,9-8,2	700	110	220	410	8,152	V	5	1,22	6561	463	224	103
A17	1998-04-14	9,9-10,2	700	110	150	310	9,951	V	5	1,22	10078	311	161	147
A17	1998-04-14	9,9-10,2	700	100	160	300	9,952	V	5	1,18	10978	318	244	86
A17	1998-04-14	9,9-10,2	700	130	150	270	10,101	V	5	1,28	4265	308	251	91
A17	1998-04-14	9,9-10,2	700	130	140	280	10,102	V	5	1,28	5594	337	238	110
A17	1998-10-27	7,2-7,5	700	130	210	280	7,281	V	9,4	1,19	6500	652	178	189
A17	1998-10-27	7,2-7,5	700	110	220	290	7,282	V	9,4	1,15	10773	684	195	120
A17	1998-10-27	7,2-7,5	700	100	130	340	7,501	V	9,4	1,13	15907	1060	424	142
A17	1998-10-27	7,2-7,5	700	100	130	340	7,502	V	9,4	1,13	20152	553	239	125
A17	1998-10-27	7,9-8,2	700	140	190	330	7,901	IV	9,4	1,22	5280	506	233	163
A17	1998-10-27	7,9-8,2	700	140	190	310	7,902	IV	9,4	1,22	6567	425	290	101
A17	1998-10-27	7,9-8,2	700	110	220	440	8,151	V	9,4	1,15	7310	440	205	126
A17	1998-10-27	7,9-8,2	700	110	220	410	8,152	V	9,4	1,15	7646	471	136	132
A17	1998-10-27	9,9-10,2	700	110	150	310	9,951	V	6,7	1,19	9849	468	242	103
A17	1998-10-27	9,9-10,2	700	100	160	300	9,952	V	9,4	1,13	10468	422	175	97
A17	1998-10-27	9,9-10,2	700	130	150	270	10,101	V	9,4	1,19	7125	417	233	114
A17	1998-10-27	9,9-10,2	700	130	140	280	10,102	V	9,4	1,19	4500	309	247	98

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A17	1999-03-31	7,2-7,5	700	130	210	280	7,281	V	22,5	0,96	4530	433	407	128
A17	1999-03-31	7,2-7,5	700	110	220	290	7,282	V	22,5	0,97	9119	505	250	144
A17	1999-03-31	7,2-7,5	700	100	130	340	7,501	V	22,5	0,97	8262	747	314	186
A17	1999-03-31	7,2-7,5	700	100	130	340	7,502	V	22,5	0,97	9014	627	355	121
A17	1999-03-31	7,9-8,2	700	140	190	330	7,901	IV	22,5	0,95	3852	404	317	188
A17	1999-03-31	7,9-8,2	700	140	190	310	7,902	IV	22,5	0,95	4081	465	291	126
A17	1999-03-31	7,9-8,2	700	110	220	440	8,151	V	22,5	0,97	4097	355	195	189
A17	1999-03-31	7,9-8,2	700	110	220	410	8,152	V	22,5	0,97	5121	335	189	184
A17	1999-03-31	9,9-10,2	700	110	150	310	9,951	V	22,5	0,97	5029	404	235	91
A17	1999-03-31	9,9-10,2	700	100	160	300	9,952	V	22,5	0,97	6684	300	233	100
A17	1999-03-31	9,9-10,2	700	130	150	270	10,101	V	22,5	0,96	3261	302	179	131
A17	1999-03-31	9,9-10,2	700	130	140	280	10,102	V	22,5	0,96	3871	327	196	146
A17	1999-09-30	7,2-7,5	700	130	210	280	7,281	V	11,5	1,15	5486	524	261	168
A17	1999-09-30	7,2-7,5	700	110	220	290	7,282	V	11,5	1,12	7586	683	163	172
A17	1999-09-30	7,2-7,5	700	100	130	340	7,501	V	11,5	1,10	10100	795	381	145
A17	1999-09-30	7,2-7,5	700	100	130	340	7,502	V	11,5	1,10	10847	679	259	143
A17	1999-09-30	7,9-8,2	700	140	190	310	7,281	IV	11,5	1,17	4709	516	182	256
A17	1999-09-30	7,9-8,2	700	140	190	310	7,282	IV	11,5	1,17	4949	565	192	168
A17	1999-09-30	7,9-8,2	700	140	190	310	7,501	V	11,5	1,17	5135	494	230	207
A17	1999-09-30	7,9-8,2	700	140	190	310	7,502	V	11,5	1,17	4619	514	194	149
A17	1999-09-30	9,9-10,2	700	110	150	310	9,951	V	11,5	1,12	6276	551	186	127
A17	1999-09-30	9,9-10,2	700	100	160	300	9,952	V	11,5	1,10	9114	299	195	105
A17	1999-09-30	9,9-10,2	700	130	150	270	10,101	V	11,5	1,15	3736	320	248	112
A17	1999-09-30	9,9-10,2	700	130	140	280	10,102	V	11,5	1,15	3678	351	202	125
A17	2000-04-28	7,2-7,5	700	130	210	280	7,281	V	33	0,81	3978	408	266	288
A17	2000-04-28	7,2-7,5	700	110	220	290	7,282	V	33	0,84	4302	515	272	169
A17	2000-04-28	7,2-7,5	700	100	130	340	7,501	V	33	0,86	5841	725	299	267

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A17	2000-04-28	7,2-7,5	700	100	130	340	7,502	V	33	0,86	5762	579	358	140
A17	2000-04-28	7,9-8,2	700	140	190	330	7,901	IV	33	0,79	2843	405	241	346
A17	2000-04-28	7,9-8,2	700	140	190	310	7,902	IV	33	0,79	3308	362	276	167
A17	2000-04-28	7,9-8,2	700	110	220	440	8,151	V	33	0,84	3339	314	157	375
A17	2000-04-28	7,9-8,2	700	110	220	410	8,152	V	33	0,84	3718	281	184	231
A17	2000-04-28	9,9-10,2	700	110	150	310	9,951	V	33	0,84	3833	343	247	150
A17	2000-04-28	9,9-10,2	700	100	160	300	9,952	V	33	0,86	4455	291	195	145
A17	2000-04-28	9,9-10,2	700	130	150	270	10,101	V	33	0,81	3135	249	219	189
A17	2000-04-28	9,9-10,2	700	130	140	280	10,102	V	33	0,81	2707	342	165	226
A17	2000-10-27	7,2-7,5	700	130	210	280	7,281	V	8	1,22	5971	577	284	119
A17	2000-10-27	7,2-7,5	700	110	220	290	7,282	V	8	1,17	10310	672	259	98
A17	2000-10-27	7,2-7,5	700	100	130	340	7,501	V	8	1,15	12757	808	475	95
A17	2000-10-27	7,2-7,5	700	100	130	340	7,502	V	8	1,15	14788	676	304	91
A17	2000-10-27	7,9-8,2	700	140	190	330	7,901	IV	9	1,23	5322	344	320	109
A17	2000-10-27	7,9-8,2	700	140	190	310	7,902	IV	9	1,23	5215	600	274	79
A17	2000-10-27	7,9-8,2	700	110	220	440	8,151	V	9	1,15	6427	354	201	111
A17	2000-10-27	7,9-8,2	700	110	220	410	8,152	V	9	1,15	8903	334	141	140
A17	2000-10-27	9,9-10,2	700	110	150	310	9,951	V	9	1,15	11010	345	213	108
A17	2000-10-27	9,9-10,2	700	100	160	300	9,952	V	9	1,13	7898	493	198	82
A17	2000-10-27	9,9-10,2	700	130	150	270	10,101	V	9	1,20	4006	334	265	98
A17	2000-10-27	9,9-10,2	700	130	140	280	10,102	V	9	1,20	4296	330	252	95
A17	2006-05-11	7,90-8,20	704	140	190	310	7,9	IV	23,2	0,94	4439	369	257	160
A17	2006-05-11	7,90-8,20	709	150	150	310	7,95	V	23,2	0,94	4169	368	234	166
A17	2006-05-11	7,90-8,20	711	130	150	290	8	V	23,2	0,95	4106	366	250	166
A17	2006-05-11	7,90-8,20	709	140	140	340	8,05	V	23,2	0,94	4185	390	328	154
A17	2006-05-11	7,90-8,20	712	100	190	410	8,1	IV	23,2	0,96	6083	408	204	194
A17	2006-05-11	7,90-8,20	710	120	200	430	8,15	V	23,2	0,95	5242	280	405	141

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A17	2006-05-11	7,90-8,20	708	110	220	290	8,2	V	23,2	0,96	5778	315	282	105
A17	2006-05-11	7,20-7,50	708	110	180	350	7,2	V	21	0,99	6138	460	263	193
A17	2006-05-11	7,20-7,50	710	110	170	320	7,25	V	21	0,99	5553	361	239	161
A17	2006-05-11	7,20-7,50	710	100	140	370	7,3	V	21	0,99	4707	437	261	150
A17	2006-05-11	7,20-7,50	708	130	110	340	7,35	V	21	0,98	4624	441	358	141
A17	2006-05-11	7,20-7,50	709	100	150	410	7,4	V	21	0,99	5760	374	252	196
A17	2006-05-11	7,20-7,50	701	120	100	390	7,45	V	21	0,99	5424	486	411	102
A17	2006-05-11	7,20-7,50	712	100	130	340	7,5	V	21	0,99	6449	655	310	137
A17	2006-05-11	9,90-10,20	708	140	90	340	9,9	V	24,8	0,91	3619	361	220	179
A17	2006-05-11	9,90-10,20	708	100	150	320	9,95	V	24,8	0,95	4945	288	181	148
A17	2006-05-11	9,90-10,20	708	140	140	320	10	V	24,8	0,91	3786	343	187	118
A17	2006-05-11	9,90-10,20	706	120	120	350	10,05	V	24,8	0,93	5998	282	184	132
A17	2006-05-11	9,90-10,20	703	130	150	280	10,1	V	24,8	0,92	4836	303	200	144
A17	2006-05-11	9,90-10,20	704	130	160	280	10,15	V	24,8	0,92	4064	230	202	147
A17	2006-05-11	9,90-10,20	708	90	130	290	10,2	V	24,8	0,95	7753	373	202	129
A17	2006-08-01	7,90-8,20	704	140	190	310	7,9	IV	20,5	0,99	3582	495	226	197
A17	2006-08-01	7,90-8,20	709	150	150	310	7,95	V	20,5	0,99	3608	409	284	144
A17	2006-08-01	7,90-8,20	711	130	150	290	8	V	20,5	0,99	3354	563	263	154
A17	2006-08-01	7,90-8,20	709	140	140	340	8,05	V	20,5	0,99	3546	481	321	165
A17	2006-08-01	7,90-8,20	712	100	190	410	8,1	IV	20,5	0,99	5607	481	220	169
A17	2006-08-01	7,90-8,20	710	120	200	430	8,15	V	20,5	0,99	4716	349	442	129
A17	2006-08-01	7,90-8,20	708	110	220	290	8,2	V	20,5	0,99	4452	468	202	176
A17	2006-08-01	7,20-7,50	708	110	180	350	7,2	V	20,2	1,00	4743	589	273	222
A17	2006-08-01	7,20-7,50	710	110	170	320	7,25	V	20,2	1,00	4728	555	222	199
A17	2006-08-01	7,20-7,50	710	100	140	370	7,3	V	20,2	1,00	4556	506	239	191
A17	2006-08-01	7,20-7,50	708	130	110	340	7,35	V	20,2	1,00	3507	637	375	144
A17	2006-08-01	7,20-7,50	709	100	150	410	7,4	V	20,2	1,00	5537	413	272	189

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A17	2006-08-01	7,20-7,50	701	120	100	390	7,45	V	20,2	1,00	5161	588	323	177
A17	2006-08-01	7,20-7,50	712	100	130	340	7,5	V	20,2	1,00	5315	752	352	151
A17	2006-08-01	9,90-10,20	708	140	90	340	9,9	V	21,6	0,97	3294	454	256	144
A17	2006-08-01	9,90-10,20	708	100	150	320	9,95	V	21,6	0,98	4622	395	188	147
A17	2006-08-01	9,90-10,20	708	140	140	320	10	V	21,6	0,97	3663	400	224	114
A17	2006-08-01	9,90-10,20	706	120	120	350	10,05	V	21,6	0,98	4035	516	210	132
A17	2006-08-01	9,90-10,20	703	130	150	280	10,1	V	21,6	0,97	4421	537	229	132
A17	2006-08-01	9,90-10,20	704	130	160	280	10,15	V	21,6	0,97	3405	339	210	139
A17	2006-08-01	9,90-10,20	708	90	130	290	10,2	V	21,6	0,98	6237	494	262	122
A4	1998-03-09	101,1-101,4	700	90	180	510	101,15	V	7	1,13	4012	190	176	123
A4	1998-03-09	101,1-101,4	700	80	200	470	101,151	V	7	1,11	4418	227	171	191
A4	1998-03-09	101,1-101,4	700	230	210	380	101,35	V	7	1,64	1343	112	87	71
A4	1998-03-09	101,1-101,4	700	230	180	380	101,351	V	7	1,64	424	70	196	129
A4	1998-06-12	101,1-101,4	700	80	200	470	101,151	V	12	1,18	3222	340	307	86
A4	1998-06-12	101,1-101,4	700	80	190	500	101,152	V	12	1,18	3031	256	283	113
A4	1998-06-12	101,1-101,4	700	230	180	380	101,351	V	12	2,15	816	95	191	73
A4	1998-06-12	101,1-101,4	700	220	200	360	101,352	V	12	2,05	985	187	168	83
A4	1999-03-24	101,1-101,4	700	220	250	310	101,451	V	6	1,65	980	94	82	42
A4	1999-03-24	101,1-101,4	700	220	250	310	101,452	V	6	1,65	1558	116	99	54
A4	1999-03-24	101,1-101,4	700	220	250	310	101,601	V	6	1,65	3116	128	38	44
A4	1999-03-24	101,1-101,4	700	220	250	310	101,602	V	6	1,65	2423	256	73	59
A4	1999-06-28	101,1-101,4	700	80	200	470	101,151	V	37,3	0,87	2821	272	244	105
A4	1999-06-28	101,1-101,4	700	80	190	500	101,152	V	37,3	0,87	3289	264	234	123
A4	1999-06-28	101,1-101,4	700	230	180	380	101,351	V	37,3	0,52	1825	110	126	74
A4	1999-06-28	101,1-101,4	700	220	200	360	101,352	V	37,3	0,54	2762	127	136	75
A4	2000-04-04	101,1-101,4	700	80	200	470	101,151	V	14	1,05	4528	155	254	97
A4	2000-04-04	101,1-101,4	700	80	190	500	101,152	V	14	1,05	4909	166	240	71

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A4	2000-04-04	101,1-101,4	700	230	180	380	101,351	V	14	1,26	872	79	78	151
A4	2000-04-04	101,1-101,4	700	220	200	360	101,352	V	14	1,24	2365	202	124	65
A4	2000-09-19	101,1-101,4	700	80	200	470	101,151	V	11,5	1,07	2926	227	164	151
A4	2000-09-19	101,1-101,4	700	80	190	500	101,152	V	11,5	1,07	3861	269	200	92
A4	2000-09-19	101,1-101,4	700	230	180	380	101,351	V	11,5	1,38	751	72	72	163
A4	2000-09-19	101,1-101,4	700	220	200	360	101,352	V	11,5	1,36	1722	168	112	73
A4	2006-05-03	101,00-101,30	703	80	190	520	101	V	23,8	0,97	4741	352	250	89
A4	2006-05-03	101,00-101,30	704	80	130	540	101,05	V	23,8	0,97	5512	264	269	205
A4	2006-05-03	101,00-101,30	708	90	160	560	101,1	V	23,8	0,96	3441	89	131	39
A4	2006-05-03	101,00-101,30	707	90	180	510	101,15	V	23,8	0,96	2829	183	171	120
A4	2006-05-03	101,00-101,30	707	80	240	460	101,2	V	23,8	0,97	5217	219	156	146
A4	2006-05-03	101,00-101,30	710	100	190	430	101,25	V	23,8	0,96	3405	165	206	68
A4	2006-05-03	101,30-101,60	709	240	180	380	101,3	V	23,8	0,86	1147	127	133	81
A4	2006-05-03	101,30-101,60	708	230	210	380	101,35	V	23,8	0,86	1058	66	169	59
A4	2006-05-03	101,30-101,60	709	220	250	310	101,4	V	23,8	0,87	1923	159	86	61
A4	2006-05-03	101,30-101,60	708	210	210	390	101,45	V	23,8	0,88	1646	119	102	69
A4	2006-05-03	101,30-101,60	707	220	240	360	101,5	V	23,8	0,87	1280	67	91	56
A4	2006-05-03	101,30-101,60	710	210	210	460	101,55	V	23,8	0,88	1559	93	104	45
A4	2006-05-03	101,30-101,60	707	210	210	460	101,6	V	23,8	0,88	1241	112	83	57
A4	2006-09-04	101,00-101,30	703	80	190	520	101	V	18,9	1,01	3857	571	197	213
A4	2006-09-04	101,00-101,30	704	80	130	540	101,05	V	18,9	1,01	5840	291	222	236
A4	2006-09-04	101,00-101,30	708	90	160	560	101,1	V	18,9	1,01	2997	265	121	64
A4	2006-09-04	101,00-101,30	707	90	180	510	101,15	V	18,9	1,01	3696	250	167	120
A4	2006-09-04	101,00-101,30	707	80	240	460	101,2	V	18,9	1,01	6678	252	157	121
A4	2006-09-04	101,00-101,30	710	100	190	430	101,25	V	18,9	1,01	3167	219	130	96
A4	2006-09-04	101,30-101,60	709	240	180	380	101,3	V	18,9	1,05	1345	96	164	83
A4	2006-09-04	101,30-101,60	708	230	210	380	101,35	V	18,9	1,04	1179	92	93	66

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A4	2006-09-04	101,30–101,60	709	220	250	310	101,4	V	18,9	1,04	2807	168	104	49
A4	2006-09-04	101,30–101,60	708	210	210	390	101,45	V	18,9	1,04	2232	148	103	82
A4	2006-09-04	101,30–101,60	707	220	240	360	101,5	V	18,9	1,04	1450	97	127	65
A4	2006-09-04	101,30–101,60	710	210	210	460	101,55	V	18,9	1,04	1732	121	119	61
A4	2006-09-04	101,30–101,60	707	210	210	460	101,6	V	18,9	1,04	1459	177	105	55
A5	2006-05-10	20,00–20,30	708	110	160	730	20	IV	15,7	1,06	5056	171	145	170
A5	2006-05-10	20,00–20,30	710	100	240	600	20,1	IV	15,7	1,05	10642	189	162	125
A5	2006-05-10	20,00–20,30	708	100	280	610	20,14	V	15,7	1,05	3874	177	138	107
A5	2006-05-10	20,00–20,30	708	100	300	570	20,232	IV	15,7	1,05	12374	199	168	111
A5	2006-05-10	20,00–20,30	704	100	270	640	20,242	IV	15,7	1,05	5275	215	172	130
A5	2006-05-10	20,00–20,30	711	160	260	640	20,3	V	15,7	1,10	1947	154	123	207
A5	2006-05-10	6,86–7,24	708	120	240	490	6,86	IV	12,2	1,12	6948	332	327	232
A5	2006-05-10	6,86–7,24	704	120	230	410	6,88	IV	12,2	1,12	8956	378	220	346
A5	2006-05-10	6,86–7,24	713	130	200	430	6,9	IV	12,2	1,14	7338	314	167	482
A5	2006-05-10	6,86–7,24	708	150	190	490	6,92	IV	12,2	1,17	7184	377	259	191
A5	2006-05-10	6,86–7,24	710	130	220	460	6,94	IV	12,2	1,14	7044	380	249	182
A5	2006-05-10	6,86–7,24	708	140	210	340	6,96	IV	12,2	1,16	7823	459	227	334
A5	2006-05-10	6,86–7,24	705	120	200	300	6,98	IV	12,2	1,12	9377	625	366	191
A5	2006-05-10	6,86–7,24	704	140	180	410	7	IV	12,2	1,16	6650	456	324	392
A5	2006-05-10	6,86–7,24	706	130	200	420	7,02	IV	12,2	1,14	9517	430	367	186
A5	2006-05-10	6,86–7,24	706	140	210	450	7,04	IV	12,2	1,16	7994	395	322	222
A5	2006-05-10	6,86–7,24	710	150	180	520	7,06	IV	12,2	1,17	3768	368	335	246
A5	2006-05-10	6,86–7,24	710	150	190	580	7,08	IV	12,2	1,17	4972	257	275	292
A5	2006-05-10	6,86–7,24	707	140	190	610	7,1	IV	12,2	1,16	7400	347	298	220
A5	2006-05-10	6,86–7,24	707	130	250	550	7,12	IV	12,2	1,14	8688	441	255	204
A5	2006-05-10	6,86–7,24	708	140	190	640	7,14	IV	12,2	1,16	7724	457	319	200
A5	2006-05-10	6,86–7,24	707	150	140	700	7,16	IV	12,2	1,17	5271	344	328	229

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A5	2006-05-10	6,86-7,24	703	130	180	640	7,18	IV	12,2	1,14	11212	329	312	260
A5	2006-05-10	6,86-7,24	706	140	180	560	7,2	IV	12,2	1,16	6316	371	297	407
A5	2006-05-10	6,86-7,24	703	130	180	620	7,22	IV	12,2	1,14	10633	334	258	439
A5	2006-05-10	6,86-7,24	705	130	150	570	7,24	IV	12,2	1,14	9831	350	346	206
A5	2006-08-08	20,00-20,30	708	110	160	730	20	IV	20,4	0,99	4369	193	149	222
A5	2006-08-08	20,00-20,30	710	100	240	600	20,1	IV	20,4	1,00	7077	269	180	96
A5	2006-08-08	20,00-20,30	708	100	280	610	20,14	V	20,4	1,00	4183	186	111	256
A5	2006-08-08	20,00-20,30	708	100	300	570	20,232	IV	20,4	1,00	7330	247	137	134
A5	2006-08-08	20,00-20,30	704	100	270	640	20,242	IV	20,4	1,00	5353	182	161	127
A5	2006-08-08	20,00-20,30	711	160	260	640	20,3	V	20,4	0,99	1969	131	139	198
A5	2006-08-08	6,86-7,24	708	120	240	490	6,86	IV	18,3	1,03	5359	425	210	314
A5	2006-08-08	6,86-7,24	704	120	230	410	6,88	IV	18,3	1,03	7326	379	310	210
A5	2006-08-08	6,86-7,24	713	130	200	430	6,9	IV	18,3	1,03	4669	566	211	233
A5	2006-08-08	6,86-7,24	708	150	190	490	6,92	IV	18,3	1,04	7010	328	282	187
A5	2006-08-08	6,86-7,24	710	130	220	460	6,94	IV	18,3	1,03	7508	337	236	152
A5	2006-08-08	6,86-7,24	708	140	210	340	6,96	IV	18,3	1,03	8349	348	294	222
A5	2006-08-08	6,86-7,24	705	120	200	300	6,98	IV	18,3	1,03	7211	802	219	264
A5	2006-08-08	6,86-7,24	704	140	180	410	7	IV	18,3	1,03	7168	441	266	510
A5	2006-08-08	6,86-7,24	706	130	200	420	7,02	IV	18,3	1,03	8960	472	218	337
A5	2006-08-08	6,86-7,24	706	140	210	450	7,04	IV	18,3	1,03	6391	611	325	147
A5	2006-08-08	6,86-7,24	710	150	180	520	7,06	IV	18,3	1,04	4563	418	282	236
A5	2006-08-08	6,86-7,24	710	150	190	580	7,08	IV	18,3	1,04	4655	294	234	289
A5	2006-08-08	6,86-7,24	707	140	190	610	7,1	IV	18,3	1,03	7929	389	264	311
A5	2006-08-08	6,86-7,24	707	130	250	550	7,12	IV	18,3	1,03	8178	500	248	202
A5	2006-08-08	6,86-7,24	708	140	190	640	7,14	IV	18,3	1,03	8784	401	294	201
A5	2006-08-08	6,86-7,24	707	150	140	700	7,16	IV	18,3	1,04	5526	303	323	247
A5	2006-08-08	6,86-7,24	703	130	180	640	7,18	IV	18,3	1,03	9490	362	274	267

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A5	2006-08-08	6,86-7,24	706	140	180	560	7,2	IV	18,3	1,03	5284	474	327	349
A5	2006-08-08	6,86-7,24	703	130	180	620	7,22	IV	18,3	1,03	7279	520	308	211
A5	2006-08-08	6,86-7,24	705	130	150	570	7,24	IV	18,3	1,03	6078	711	320	188
A6	1998-04-08	15,3-15,6	700	70	180	310	15,4	V	5	1,11	7289	383	328	95
A6	1998-04-08	15,3-15,6	700	70	160	320	15,402	V	5	1,11	18443	307	281	88
A6	1998-04-08	15,3-15,6	700	80	170	360	15,561	V	5	1,13	4900	350	285	108
A6	1998-04-08	15,3-15,6	700	80	170	360	15,562	V	5	1,13	5812	297	193	191
A6	1998-04-08	32,7-33,0	700	140	60	290	32,851	V	5	1,32	6381	563	363	83
A6	1998-04-08	32,7-33,0	700	140	50	310	32,852	V	5	1,32	12508	520	347	136
A6	1998-06-13	15,3-15,6	700	70	180	310	15,4	V	24	1,14	13227	233	301	159
A6	1998-06-13	15,3-15,6	700	70	160	320	15,402	V	24	1,14	10029	283	234	146
A6	1998-06-13	15,3-15,6	700	80	170	360	15,561	V	24	1,18	8372	269	292	148
A6	1998-06-13	15,3-15,6	700	80	170	360	15,562	V	23	1,18	6688	291	211	277
A6	1998-06-13	32,7-33,0	700	140	60	290	32,851	V	19	1,45	3085	657	440	130
A6	1998-06-13	32,7-33,0	700	140	50	310	32,852	V	18	1,45	4542	875	457	153
A6	1999-04-09	15,3-15,6	700	70	170	320	15,401	V	10,5	1,07	9565	281	238	128
A6	1999-04-09	15,3-15,6	700	70	160	320	15,402	V	10,5	1,07	12308	382	238	124
A6	1999-04-09	15,3-15,6	700	80	170	360	15,561	V	10,5	1,08	7301	267	224	157
A6	1999-04-09	15,3-15,6	700	80	170	360	15,562	V	10,5	1,08	4802	328	209	266
A6	1999-04-09	32,7-33,0	700	140	60	290	32,851	V	12,5	1,15	4117	555	353	99
A6	1999-04-09	32,7-33,0	700	140	50	310	32,852	V	12,5	1,15	13955	346	200	176
A6	1999-07-28	15,3-15,6	700	70	170	320	15,401	V	29,9	0,94	11707	253	267	195
A6	1999-07-28	15,3-15,6	700	70	160	320	15,402	V	29,9	0,94	7973	350	215	334
A6	1999-07-28	15,3-15,6	700	80	170	360	15,561	V	29,9	0,92	6095	332	302	215
A6	1999-07-28	15,3-15,6	700	80	170	360	15,562	V	29,9	0,92	5555	291	410	328
A6	1999-07-28	32,7-33,0	700	140	60	290	32,851	V	32	0,80	2695	716	475	103
A6	1999-07-28	32,7-33,0	700	140	50	310	32,852	V	32	0,80	4665	765	441	124

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A6	2000-03-23	15,3-15,6	700	70	170	320	15,401	V	8	1,08	10995	272	204	109
A6	2000-03-23	15,3-15,6	700	70	160	320	15,402	V	8	1,08	10405	390	196	120
A6	2000-03-23	15,3-15,6	700	80	170	360	15,561	V	8	1,10	6856	235	227	132
A6	2000-03-23	15,3-15,6	700	80	170	360	15,562	V	8	1,10	5843	322	250	121
A6	2000-03-23	32,7-33,0	700	140	60	290	32,851	V	9	1,23	6014	418	247	105
A6	2000-03-23	32,7-33,0	700	140	50	310	32,852	V	9	1,23	10833	621	458	97
A6	2000-07-26	15,3-15,6	700	70	170	320	15,401	V	30,5	0,93	8058	308	318	130
A6	2000-07-26	15,3-15,6	700	70	160	320	15,402	V	30,5	0,93	6073	328	265	228
A6	2000-07-26	15,3-15,6	700	80	170	360	15,561	V	30,5	0,92	6118	319	275	198
A6	2000-07-26	15,3-15,6	700	80	170	360	15,562	V	30,5	0,92	5729	254	376	278
A6	2000-07-26	32,7-33,0	700	140	60	290	32,851	V	30,2	0,83	2360	748	379	105
A6	2000-07-26	32,7-33,0	700	140	50	310	32,852	V	30,2	0,83	4057	662	381	123
A6	2006-04-24	32,70-33,00	711	140	70	330	32,7	V	20	1,00	5463	788	557	171
A6	2006-04-24	32,70-33,00	706	140	50	210	32,75	V	20	1,00	2730	609	302	97
A6	2006-04-24	32,70-33,00	710	100	100	260	32,8	V	20	1,00	5770	470	286	94
A6	2006-04-24	32,70-33,00	704	140	80	280	32,85	V	20	1,00	3419	235	285	152
A6	2006-04-24	32,70-33,00	707	110	90	260	32,9	V	20	1,00	4016	447	439	74
A6	2006-04-24	32,70-33,00	715	120	110	260	32,95	V	20	1,00	8809	619	441	104
A6	2006-04-24	32,70-33,00	706	120	120	220	33	V	20	1,00	4090	392	262	96
A6	2006-04-24	15,30-15,60	708	60	210	430	15,3	V	25,2	0,97	16884	245	248	255
A6	2006-04-24	15,30-15,60	709	60	200	280	15,35	V	25,2	0,97	15470	179	278	370
A6	2006-04-24	15,30-15,60	707	70	180	310	15,4	V	25,2	0,97	11396	298	280	199
A6	2006-04-24	15,30-15,60	708	70	160	280	15,45	V	25,2	0,97	11309	283	338	179
A6	2006-04-24	15,30-15,60	708	70	200	370	15,5	V	25,2	0,97	12895	208	343	145
A6	2006-04-24	15,30-15,60	711	80	170	360	15,56	V	25,2	0,96	9638	201	353	122
A6	2006-04-24	15,30-15,60	714	80	170	310	15,6	V	25,2	0,96	8162	203	268	203
A6	2006-08-08	32,70-33,00	711	140	70	330	32,7	V	20,1	1,00	4378	768	528	222

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A6	2006-08-08	32,70-33,00	706	140	50	210	32,75	V	20,1	1,00	3344	536	247	115
A6	2006-08-08	32,70-33,00	710	100	100	260	32,8	V	20,1	1,00	4926	712	234	107
A6	2006-08-08	32,70-33,00	704	140	80	280	32,85	V	20,1	1,00	4513	335	193	211
A6	2006-08-08	32,70-33,00	707	110	90	260	32,9	V	20,1	1,00	4506	585	307	106
A6	2006-08-08	32,70-33,00	715	120	110	260	32,95	V	20,1	1,00	8693	816	516	105
A6	2006-08-08	32,70-33,00	706	120	120	220	33	V	20,1	1,00	4263	412	276	103
A6	2006-08-08	15,30-15,60	708	60	210	430	15,3	V	19,7	1,00	17937	274	254	210
A6	2006-08-08	15,30-15,60	709	60	200	280	15,35	V	19,7	1,00	13798	250	241	342
A6	2006-08-08	15,30-15,60	707	70	180	310	15,4	V	19,7	1,00	13561	363	230	275
A6	2006-08-08	15,30-15,60	708	70	160	280	15,45	V	19,7	1,00	12985	313	260	233
A6	2006-08-08	15,30-15,60	708	70	200	370	15,5	V	19,7	1,00	10363	313	261	162
A6	2006-08-08	15,30-15,60	711	80	170	360	15,56	V	19,7	1,00	7831	327	308	125
A6	2006-08-08	15,30-15,60	714	80	170	310	15,6	V	19,7	1,00	7174	281	211	187
A8	1998-03-31	28,7-29,0	700	210	220	540	28,701	V	5	1,65	1257	132	198	119
A8	1998-03-31	28,7-29,0	700	230	170	590	28,702	V	5	1,78	944	152	240	157
A8	1998-03-31	28,7-29,0	700	120	280	720	28,901	V	5	1,25	2726	280	145	105
A8	1998-03-31	28,7-29,0	700	130	220	700	28,902	V	5	1,28	3357	272	226	188
A8	1998-03-31	32,2-32,5	700	140	290	500	32,251	V	5	1,32	3462	270	210	108
A8	1998-03-31	32,2-32,5	700	150	290	480	32,252	V	5	1,36	1645	262	371	116
A8	1998-03-31	32,2-32,5	700	130	270	350	32,451	V	5	1,28	2866	257	184	75
A8	1998-03-31	32,2-32,5	700	130	290	350	32,452	V	5	1,28	2682	205	144	240
A8	1998-07-30	28,7-29,0	700	210	220	540	28,701	V	20	1,95	1148	176	281	125
A8	1998-07-30	28,7-29,0	700	230	170	590	28,702	V	20	2,15	880	134	311	305
A8	1998-07-30	28,7-29,0	700	120	280	720	28,901	V	19	1,34	1860	315	169	170
A8	1998-07-30	28,7-29,0	700	130	220	700	28,902	V	20	1,39	2499	432	229	298
A8	1998-07-30	32,2-32,5	700	140	290	500	32,251	V	27	1,45	3446	315	271	149

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A8	1998-07-30	32,2-32,5	700	150	290	480	32,252	V	27	1,51	2353	413	461	154
A8	1998-07-30	32,2-32,5	700	130	270	350	32,451	V	28	1,39	2888	257	177	101
A8	1998-07-30	32,2-32,5	700	130	290	350	32,452	V	27	1,39	2682	260	156	373
A8	1999-03-31	28,7-29,0	700	210	220	540	28,701	V	24,1	0,87	1634	116	267	120
A8	1999-03-31	28,7-29,0	700	230	170	590	28,702	V	24,1	0,85	1369	125	263	304
A8	1999-03-31	28,7-29,0	700	120	280	720	28,901	V	24,1	0,94	3166	243	159	93
A8	1999-03-31	28,7-29,0	700	130	220	700	28,902	V	24,1	0,93	2971	313	259	178
A8	1999-03-31	32,2-32,5	700	140	290	500	32,251	V	24,1	0,93	3711	229	216	104
A8	1999-03-31	32,2-32,5	700	150	290	480	32,252	V	24,1	0,92	2935	224	490	110
A8	1999-03-31	32,2-32,5	700	130	270	350	32,451	V	24,1	0,93	2765	218	230	70
A8	1999-03-31	32,2-32,5	700	130	290	350	32,452	V	24,1	0,93	3209	213	236	168
A8	1999-10-14	28,7-29,0	700	210	220	540	28,701	V	11	1,35	1432	123	180	175
A8	1999-10-14	28,7-29,0	700	230	170	590	28,702	V	11	1,41	1271	124	203	339
A8	1999-10-14	28,7-29,0	700	120	280	720	28,901	V	11	1,14	3620	305	119	111
A8	1999-10-14	28,7-29,0	700	130	220	700	28,902	V	11	1,16	3651	405	211	219
A8	1999-10-14	32,2-32,5	700	140	290	500	32,251	V	11	1,18	3264	308	146	136
A8	1999-10-14	32,2-32,5	700	150	290	480	32,252	V	11	1,20	2442	240	393	119
A8	1999-10-14	32,2-32,5	700	130	270	350	32,451	V	11	1,16	3263	269	137	76
A8	1999-10-14	32,2-32,5	700	130	290	350	32,452	V	11	1,16	3344	252	144	218
A8	2000-04-20	28,7-29,0	700	210	220	540	28,701	V	29	0,74	1755	139	165	277
A8	2000-04-20	28,7-29,0	700	230	170	590	28,702	V	29	0,71	1442	120	326	316
A8	2000-04-20	28,7-29,0	700	120	280	720	28,901	V	29	0,88	3356	260	146	116
A8	2000-04-20	28,7-29,0	700	130	220	700	28,902	V	29	0,86	3405	291	235	351
A8	2000-04-20	32,2-32,5	700	140	290	500	32,251	V	29	0,85	4445	194	295	105
A8	2000-04-20	32,2-32,5	700	150	290	480	32,252	V	29	0,83	2706	208	625	112
A8	2000-04-20	32,2-32,5	700	130	270	350	32,451	V	29	0,86	2971	216	194	101

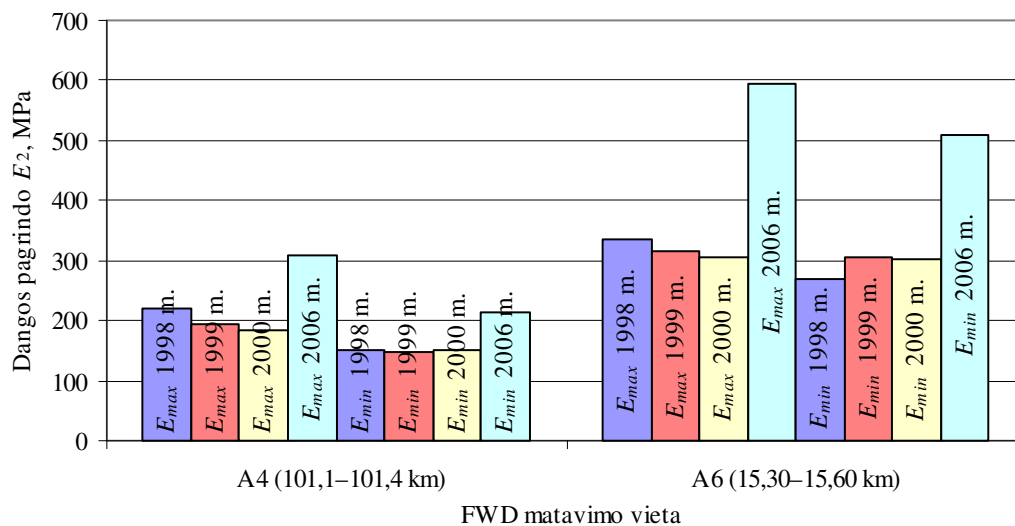
1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A8	2000-04-20	32,2-32,5	700	130	290	350	32,452	V	29	0,86	2864	234	181	318
A8	2000-06-29	28,7-29,0	700	210	220	540	28,701	V	14,7	1,19	1252	112	223	185
A8	2000-06-29	28,7-29,0	700	230	170	590	28,702	V	14,7	1,22	848	146	251	344
A8	2000-06-29	28,7-29,0	700	120	280	720	28,901	V	14,7	1,08	2851	310	148	90
A8	2000-06-29	28,7-29,0	700	130	220	700	28,902	V	14,7	1,09	2752	262	255	230
A8	2000-06-29	32,2-32,5	700	140	290	500	32,251	V	14,7	1,10	3232	232	183	111
A8	2000-06-29	32,2-32,5	700	150	290	480	32,252	V	14,7	1,11	1808	228	433	86
A8	2000-06-29	32,2-32,5	700	130	270	350	32,451	V	14,7	1,09	2784	242	220	71
A8	2000-06-29	32,2-32,5	700	130	290	350	32,452	V	14,7	1,09	2531	229	188	257
A8	2006-04-13	28,70-29,00	706	240	190	540	28,7	V	7,4	1,67	1057	193	171	79
A8	2006-04-13	28,70-29,00	706	180	210	440	28,75	V	7,4	1,40	2051	217	227	70
A8	2006-04-13	28,70-29,00	709	160	190	560	28,8	V	7,4	1,33	3369	123	155	116
A8	2006-04-13	28,70-29,00	705	140	240	600	28,85	V	7,4	1,26	3005	235	175	86
A8	2006-04-13	28,70-29,00	707	140	280	710	28,9	V	7,4	1,26	3063	173	162	97
A8	2006-04-13	28,70-29,00	707	140	300	550	28,95	V	7,4	1,26	2135	197	190	87
A8	2006-04-13	32,20-32,50	704	150	300	470	32,25	V	5,8	1,34	2757	239	193	116
A8	2006-04-13	32,20-32,50	700	130	250	490	32,3	V	5,8	1,27	3020	265	221	68
A8	2006-04-13	32,20-32,50	705	150	280	390	32,35	V	5,8	1,34	3061	221	243	71
A8	2006-04-13	32,20-32,50	703	170	230	300	32,405	V	5,8	1,42	2581	216	293	68
A8	2006-04-13	32,20-32,50	707	130	260	380	32,45	V	5,8	1,27	2699	246	186	63
A8	2006-04-13	32,20-32,50	705	140	220	290	32,5	V	5,8	1,30	3959	380	212	69
A8	2006-04-13	32,20-32,50	706	120	250	420	32,55	V	5,8	1,23	3169	242	203	75
A8	2006-08-01	28,70-29,00	706	240	190	540	28,7	V	21,3	0,95	1473	194	222	106
A8	2006-08-01	28,70-29,00	706	180	210	440	28,75	V	21,3	0,97	1863	248	247	92
A8	2006-08-01	28,70-29,00	709	160	190	560	28,8	V	21,3	0,97	3211	201	222	112
A8	2006-08-01	28,70-29,00	705	140	240	600	28,85	V	21,3	0,98	2351	295	204	94

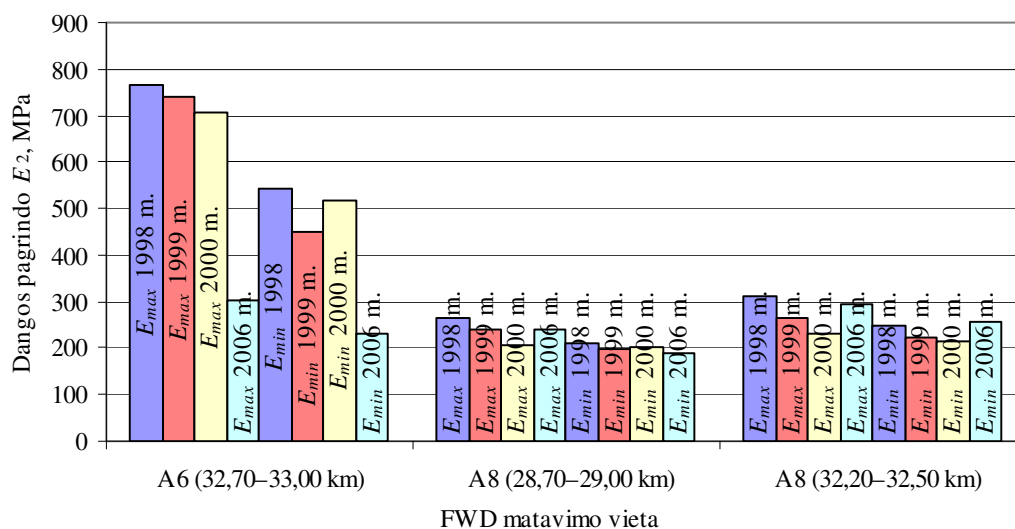
1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Ruožas, km	Slėgis (kPa)	H_1 , mm	H_2 , mm	H_3 , mm	Piketas, km	Konstrukcijos grupė	Temperatūra	K_T	E_{1T} , MPa	E_2 , MPa	E_3 , MPa	E_4 , MPa
A8	2006-08-01	28,70–29,00	707	140	280	710	28,9	V	21,3	0,98	2486	230	191	92
A8	2006-08-01	28,70–29,00	707	140	300	550	28,95	V	21,3	0,98	1996	264	213	102
A8	2006-08-01	32,20–32,50	704	150	300	470	32,25	V	21,9	0,96	2987	246	210	136
A8	2006-08-01	32,20–32,50	700	130	250	490	32,3	V	21,9	0,97	2943	348	241	99
A8	2006-08-01	32,20–32,50	705	150	280	390	32,35	V	21,9	0,96	2573	357	252	79
A8	2006-08-01	32,20–32,50	703	170	230	300	32,405	V	21,9	0,95	2620	255	505	71
A8	2006-08-01	32,20–32,50	707	130	260	380	32,45	V	21,9	0,97	2878	257	243	73
A8	2006-08-01	32,20–32,50	705	140	220	290	32,5	V	21,9	0,97	3903	343	308	82
A8	2006-08-01	32,20–32,50	706	120	250	420	32,55	V	21,9	0,97	3376	270	264	84

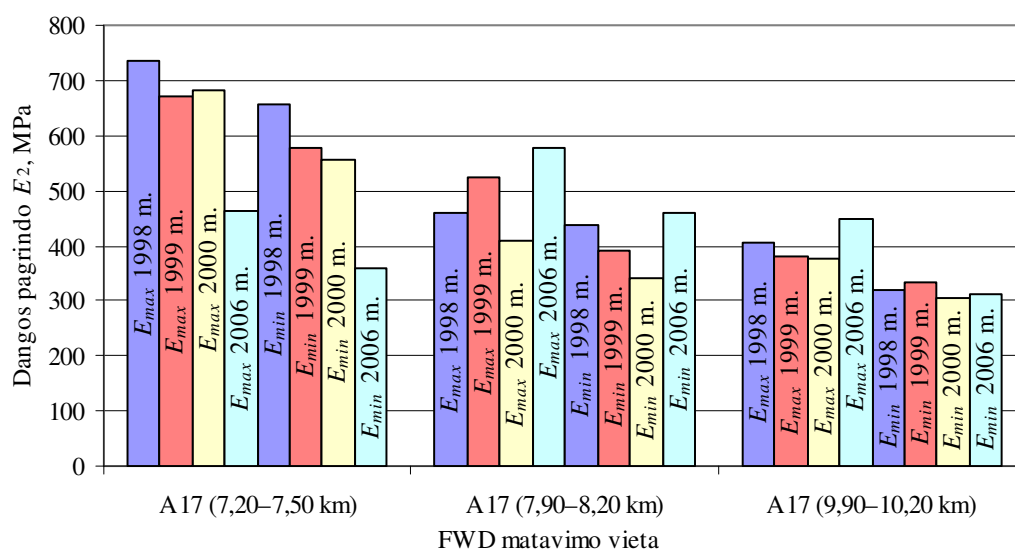
Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių stulpelinės diagramos



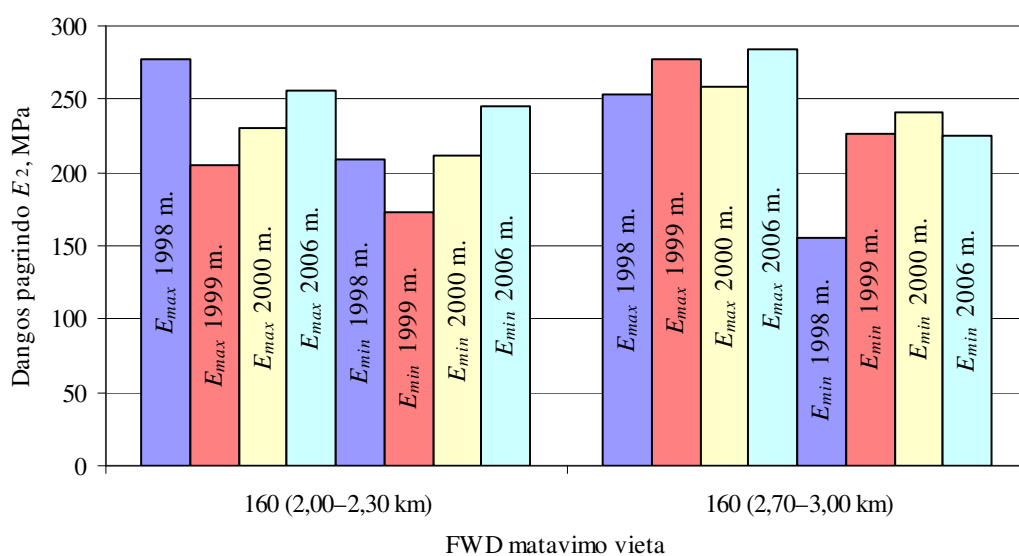
1 pav. Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių stulpelinės diagramos



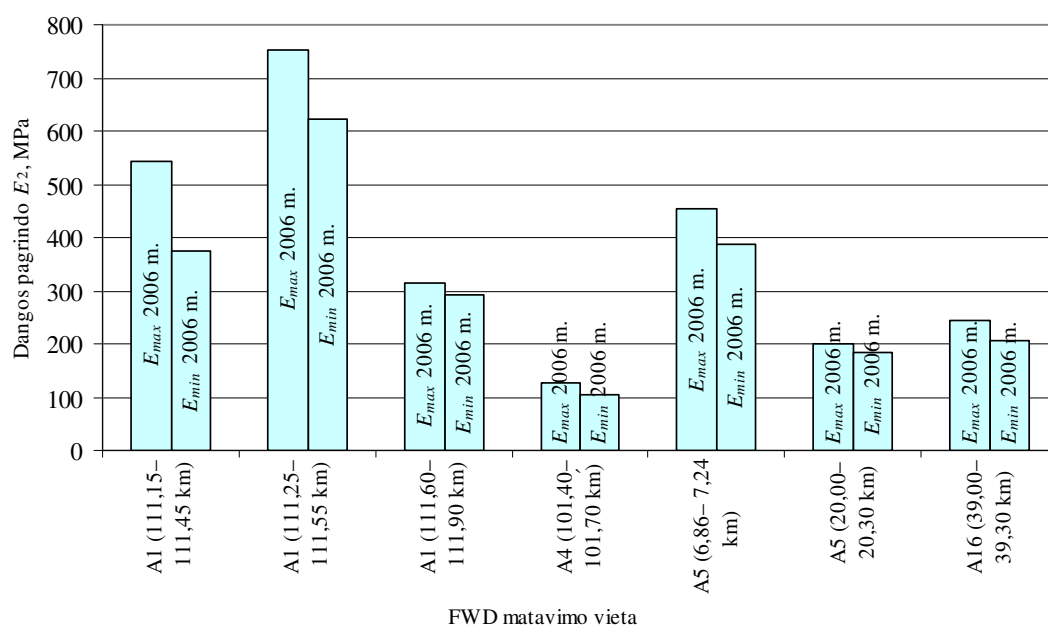
2 pav. Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių stulpelinės diagramos



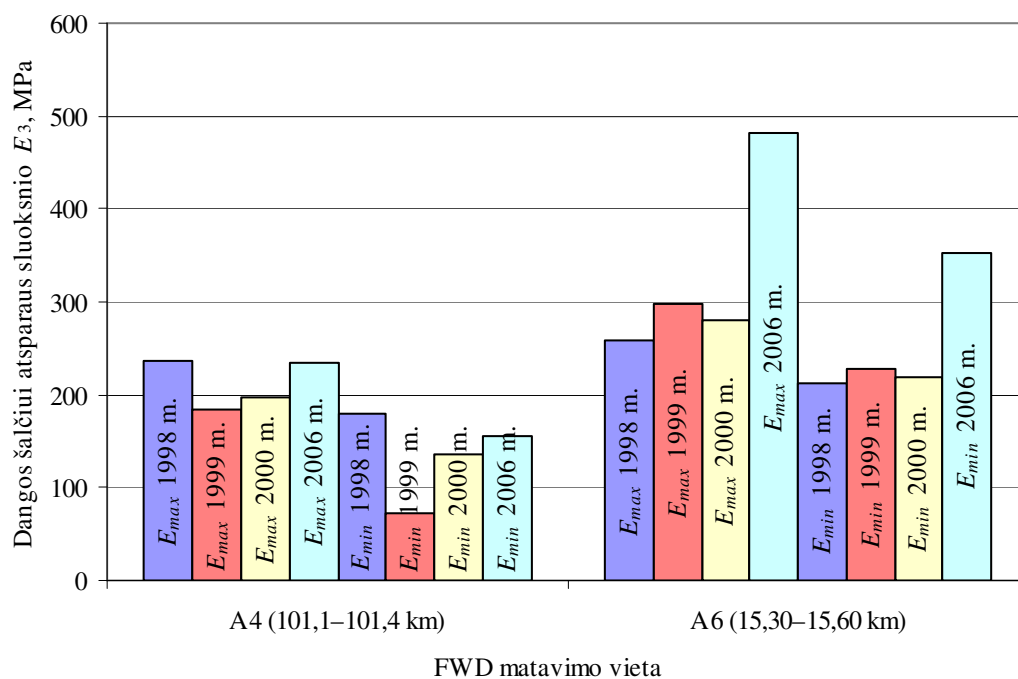
3 pav. Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių stulpelinės diagramos



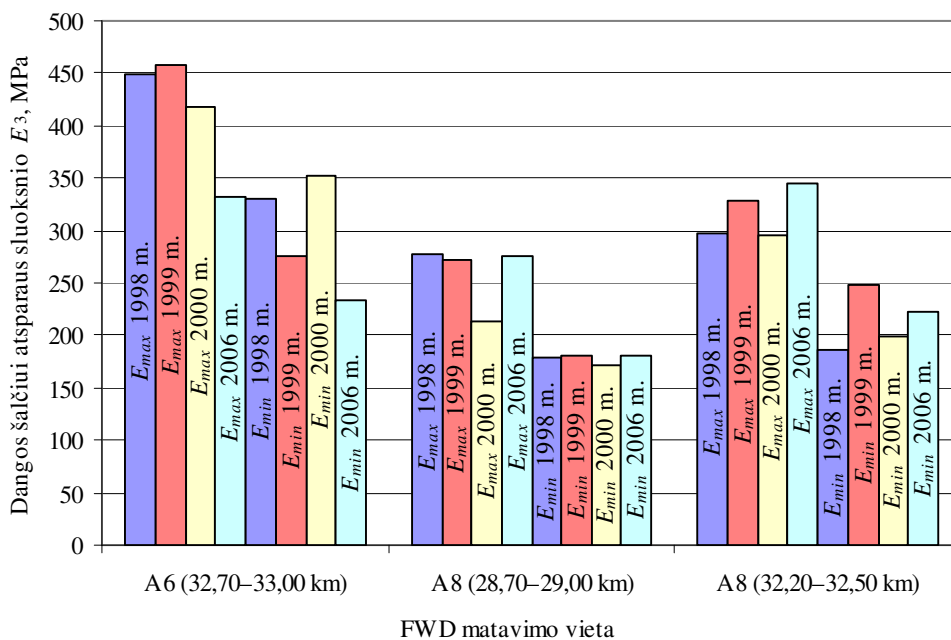
4 pav. Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių stulpelinės diagramos



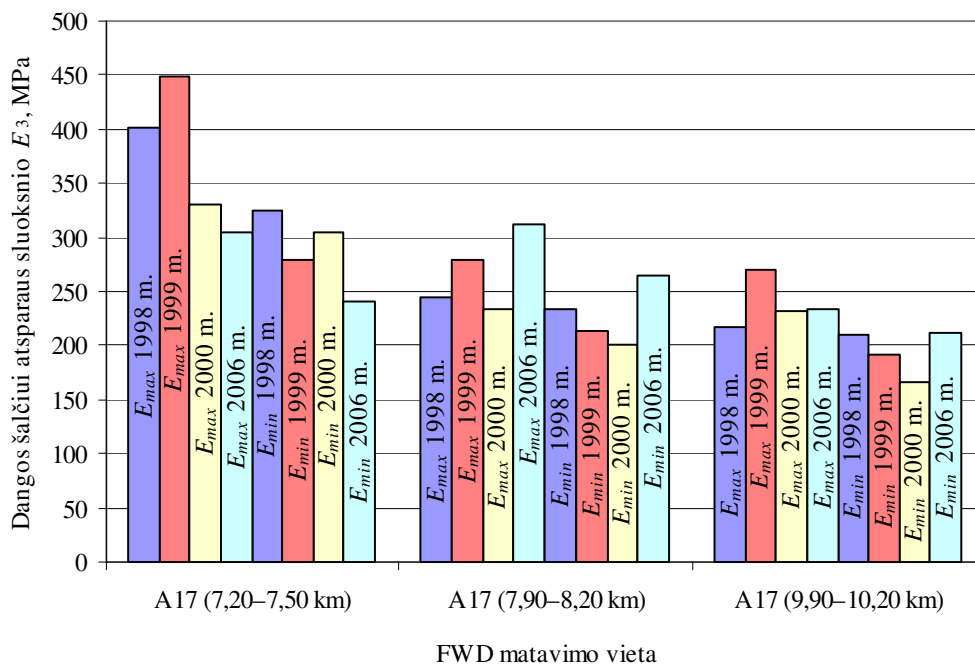
5 pav. Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių stulpelinės diagramos



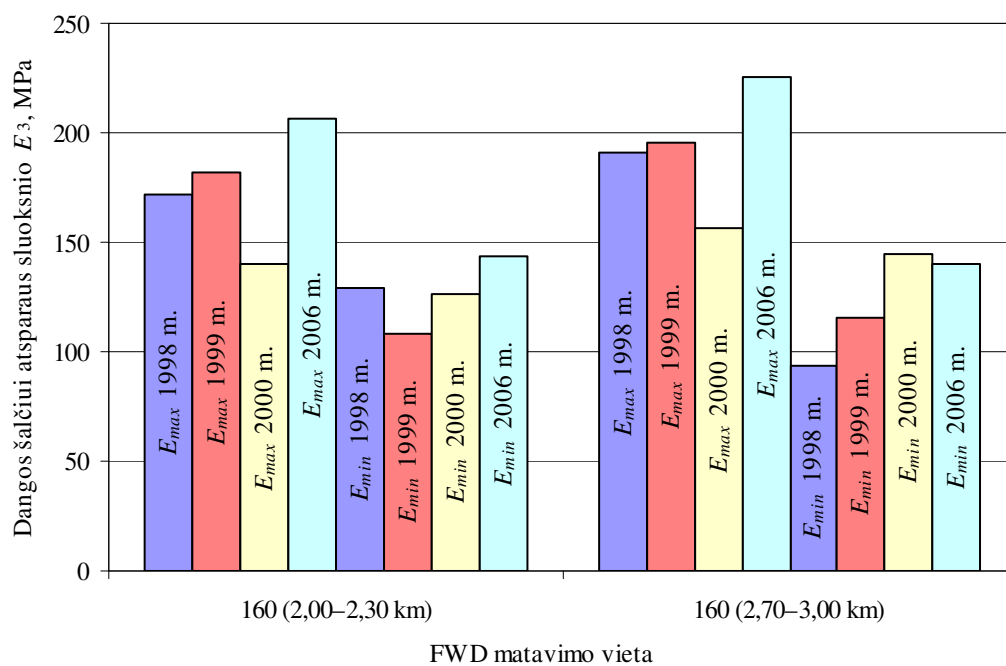
6 pav. Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių stulpelinės diagramos



7 pav. Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių stulpelinės diagramos



8 pav. Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių stulpelinės diagramos



9 pav. Kiekvienų tyrimo metų dangos konstrukcijos sluoksnių ribinių tamprumo modulio reikšmių stulpelinės diagramos

Kelių eksperimentinių ruožų dangos konstrukcijos ekvivalentiniai tamprumo moduliai

1 lentelė. Kelių eksperimentinių ruožų dangos ekvivalentinio tamprumo modulio apskaičiavimas

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
160	1998-03-23	1	249	466	0,0144	0,1841	0,2038	0,3262	253	78	56
160	1998-03-23	1,001	260	454	0,0439	0,3995	0,4550	0,6279	121	36	28
160	1998-03-23	1,15	315	497	0,0107	0,1372	0,2024	0,1886	342	83	71
160	1998-03-23	1,151	301	498	0,0157	0,1912	0,2641	0,1812	283	72	62
160	1998-03-23	1,8	294	578	0,0065	0,1242	0,1472	0,1891	395	102	71
160	1998-03-23	1,801	334	555	0,0100	0,1096	0,1295	0,1972	413	95	76
160	1998-03-23	1,95	288	507	0,0119	0,2272	0,1961	0,1947	293	78	70
160	1998-03-23	1,951	325	554	0,0048	0,1767	0,1683	0,1872	343	80	70
160	1998-06-23	1,001	245	415	0,0174	0,1424	0,1439	0,2568	329	104	83
160	1998-06-23	1,002	244	419	0,0282	0,1560	0,1759	0,2751	290	93	73
160	1998-06-23	1,151	261	453	0,0133	0,1251	0,1570	0,2094	365	108	83
160	1998-06-23	1,152	249	455	0,0159	0,1380	0,1775	0,2080	342	106	79
160	1998-06-23	1,801	308	523	0,0110	0,1050	0,1159	0,1803	447	112	89
160	1998-06-23	1,802	292	527	0,0122	0,1067	0,1216	0,1827	435	115	86
160	1998-06-23	1,951	248	488	0,0074	0,1661	0,1407	0,1341	411	126	103
160	1998-06-23	1,952	246	503	0,0109	0,1464	0,1651	0,1462	393	123	88
160	1999-03-31	1,001	267	511	0,0138	0,1321	0,1800	0,2244	335	96	67
160	1999-03-31	1,002	293	432	0,0199	0,1529	0,1666	0,2977	289	76	69
160	1999-03-31	1,151	322	548	0,0072	0,0985	0,1537	0,2156	388	92	68
160	1999-03-31	1,152	346	534	0,0075	0,1168	0,1693	0,1930	379	83	71
160	1999-03-31	1,801	336	519	0,0147	0,1638	0,1735	0,1892	340	78	73
160	1999-03-31	1,802	334	573	0,0137	0,1507	0,1865	0,1575	363	84	70
160	1999-03-31	1,951	256	539	0,0103	0,2456	0,2414	0,2011	264	78	58
160	1999-03-31	1,952	286	502	0,0102	0,1807	0,1917	0,2703	282	75	60
160	1999-10-27	1,001	321	518	0,0091	0,1197	0,1522	0,1789	401	96	81
160	1999-10-27	1,002	281	534	0,0154	0,1098	0,1712	0,1421	420	116	83

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
160	1999-10-27	1,151	326	565	0,0060	0,0841	0,1378	0,1840	447	104	76
160	1999-10-27	1,152	319	564	0,0063	0,0858	0,1410	0,1873	438	105	75
160	1999-10-27	1,801	329	542	0,0132	0,1413	0,1613	0,2039	355	83	70
160	1999-10-27	1,802	352	532	0,0103	0,1240	0,1340	0,1842	407	89	82
160	1999-10-27	1,951	265	503	0,0084	0,2133	0,1868	0,2705	271	78	60
160	1999-10-27	1,952	275	509	0,0087	0,1446	0,1590	0,2453	330	92	67
160	2000-09-20	1,001	321	516	0,0085	0,1136	0,1437	0,1794	414	99	83
160	2000-09-20	1,002	313	497	0,0134	0,1155	0,1528	0,1518	425	105	91
160	2000-09-20	1,151	367	564	0,0052	0,0887	0,1368	0,1722	457	95	79
160	2000-09-20	1,152	318	517	0,0060	0,0804	0,1155	0,2270	430	103	78
160	2000-09-20	1,801	406	630	0,0082	0,1249	0,1656	0,1703	393	74	65
160	2000-09-20	1,802	320	547	0,0102	0,1041	0,1220	0,1740	449	108	85
160	2000-09-20	1,951	203	467	0,0147	0,2222	0,1848	0,2367	280	106	70
160	2000-09-20	1,952	247	479	0,0115	0,1552	0,1611	0,2287	331	103	74
160	2000-10-27	1,001	358	551	0,0070	0,1115	0,1483	0,1705	421	90	79
160	2000-10-27	1,002	318	503	0,0118	0,1051	0,1397	0,1751	427	104	87
160	2000-10-27	1,151	378	575	0,0045	0,0797	0,1249	0,1751	480	96	80
160	2000-10-27	1,152	383	579	0,0045	0,0820	0,1293	0,1769	469	93	78
160	2000-10-27	1,801	394	622	0,0092	0,1335	0,1757	0,1852	366	71	62
160	2000-10-27	1,802	319	550	0,0104	0,1065	0,1256	0,1880	428	103	80
160	2000-10-27	1,951	283	547	0,0068	0,1945	0,1899	0,2154	304	81	62
160	2000-10-27	1,952	308	539	0,0066	0,1323	0,1539	0,1980	375	93	73
160	2006-04-07	2	279	506	0,0064	0,1057	0,1285	0,1540	472	129	98
160	2006-04-07	2,05	287	485	0,0077	0,1463	0,1178	0,1540	436	116	106
160	2006-04-07	2,1	356	437	0,0178	0,1057	0,1230	0,1477	473	104	118
160	2006-04-07	2,15	327	485	0,0048	0,1108	0,1145	0,0876	586	136	142

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
60	2006-04-07	2,2	334	584	0,0042	0,0989	0,1137	0,2176	428	97	72
160	2006-04-07	2,262	248	544	0,0094	0,2225	0,1813	0,2220	294	90	64
160	2006-04-07	2,31	328	643	0,0061	0,1711	0,1054	0,2515	350	81	61
160	2006-04-07	2,7	302	411	0,0229	0,0998	0,1188	0,1879	433	114	111
160	2006-04-07	2,75	281	535	0,0109	0,1381	0,1319	0,1037	482	132	110
160	2006-04-07	2,8	321	456	0,0130	0,1562	0,2819	0,2066	284	68	63
160	2006-04-07	2,85	345	516	0,0094	0,1403	0,2106	0,1191	387	86	82
160	2006-04-07	2,9	272	466	0,0093	0,1362	0,1666	0,1688	389	109	90
160	2006-04-07	2,947	280	526	0,0182	0,1333	0,1825	0,2824	303	84	57
160	2006-04-07	3	266	481	0,0095	0,1373	0,1552	0,2705	325	93	68
160	2006-08-10	2	292	521	0,0062	0,1116	0,1406	0,1636	441	115	88
160	2006-08-10	2,05	284	495	0,0078	0,1452	0,1212	0,2057	387	104	86
160	2006-08-10	2,1	314	444	0,0216	0,1039	0,1315	0,1602	447	113	108
160	2006-08-10	2,15	277	493	0,0068	0,1160	0,1305	0,1159	504	139	115
160	2006-08-10	2,2	297	532	0,0056	0,1087	0,1127	0,2438	395	101	74
160	2006-08-10	2,262	319	544	0,0048	0,1804	0,1381	0,2160	346	82	73
160	2006-08-10	2,31	299	598	0,0076	0,1790	0,1006	0,2594	342	87	65
160	2006-08-10	2,7	241	398	0,0291	0,0848	0,1069	0,1262	537	182	150
160	2006-08-10	2,75	291	556	0,0101	0,1346	0,1361	0,1582	422	111	85
160	2006-08-10	2,8	301	430	0,0129	0,1397	0,2355	0,1220	366	94	91
160	2006-08-10	2,85	267	508	0,0129	0,1242	0,2054	0,1354	388	112	80
160	2006-08-10	2,9	252	504	0,0097	0,1239	0,1779	0,1700	388	118	80
160	2006-08-10	2,947	256	504	0,0171	0,1065	0,1420	0,2072	395	120	80
160	2006-08-10	3	276	440	0,0086	0,1328	0,1281	0,2741	342	95	79
A1	2006-04-06	111,15	715	858	0,0158	0,0247	0,0560	0,1053	926	105	101
A1	2006-04-06	111,25	758	872	0,0158	0,0190	0,0448	0,0586	1345	150	155
A1	2006-04-06	111,35	651	869	0,0148	0,0178	0,0418	0,0878	1143	145	123
A1	2006-04-06	111,441	497	667	0,0139	0,0407	0,0834	0,1573	633	100	87

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A1	2006-04-06	111,25	337	414	0,0241	0,0533	0,0444	0,3107	426	100	94
A1	2006-04-06	111,35	747	899	0,0056	0,0134	0,0089	0,1120	1332	139	129
A1	2006-04-06	111,45	656	868	0,0053	0,0109	0,0068	0,0823	1758	212	180
A1	2006-04-06	111,55	510	1035	0,0148	0,0278	0,0057	0,1151	1146	185	112
A1	2006-04-06	111,65	327	564	0,0105	0,0771	0,1165	0,1663	497	117	87
A1	2006-04-06	111,75	342	547	0,0181	0,0830	0,1028	0,1564	520	120	99
A1	2006-04-06	111,85	300	492	0,0123	0,1151	0,1199	0,1522	469	121	105
A1	2006-07-13	111,15	667	693	0,0202	0,0288	0,0493	0,0962	961	121	139
A1	2006-07-13	111,25	491	781	0,0187	0,0124	0,0326	0,0626	1473	264	188
A1	2006-07-13	111,35	682	700	0,0150	0,0192	0,0319	0,0639	1426	177	207
A1	2006-07-13	111,441	407	499	0,0235	0,0509	0,0730	0,1506	627	125	126
A1	2006-07-13	111,25	386	364	0,0213	0,0584	0,0367	0,2958	447	92	114
A1	2006-07-13	111,35	401	574	0,0158	0,0158	0,0088	0,1620	921	187	143
A1	2006-07-13	111,45	481	698	0,0126	0,0167	0,0093	0,1070	1271	217	171
A1	2006-07-13	111,55	433	833	0,0271	0,0393	0,0065	0,1205	968	195	133
A1	2006-07-13	111,65	309	523	0,0132	0,0880	0,1209	0,1107	553	140	114
A1	2006-07-13	111,75	355	486	0,0187	0,0911	0,0923	0,1001	619	139	150
A1	2006-07-13	111,85	295	433	0,0131	0,1194	0,1006	0,1341	510	134	138
A16	2006-04-20	39	286	423	0,0109	0,1367	0,0636	0,1574	505	136	149
A16	2006-04-20	39,05	303	288	0,0092	0,1631	0,0693	0,1793	443	112	195
A16	2006-04-20	39,1	264	363	0,0123	0,1957	0,0785	0,1757	403	118	151
A16	2006-04-20	39,15	281	426	0,0084	0,2423	0,1062	0,2447	310	84	94
A16	2006-04-20	39,2	287	528	0,0101	0,1196	0,1229	0,1645	444	119	91
A16	2006-04-20	39,25	268	435	0,0014	0,2028	0,0854	0,1617	413	116	130
A16	2006-04-20	39,3	296	422	0,0082	0,1470	0,1024	0,1880	418	108	114
A16	2006-09-04	39	270	488	0,0116	0,1309	0,0774	0,1372	521	150	133
A16	2006-09-04	39,05	280	332	0,0090	0,1385	0,0787	0,1798	459	126	163
A16	2006-09-04	39,1	250	447	0,0121	0,1760	0,0999	0,1632	413	127	119

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A16	2006-09-04	39,15	254	558	0,0086	0,2054	0,1400	0,1727	354	106	80
A16	2006-09-04	39,2	266	496	0,0110	0,1133	0,1089	0,1394	497	144	113
A16	2006-09-04	39,25	243	423	0,0016	0,1954	0,0802	0,1608	425	132	137
A16	2006-09-04	39,3	274	441	0,0089	0,1395	0,1075	0,1814	426	119	110
A17	1998-04-14	7,281	290	609	0,0091	0,0502	0,0738	0,1349	688	184	109
A17	1998-04-14	7,282	284	628	0,0040	0,0431	0,0629	0,1992	596	159	84
A17	1998-04-14	7,501	277	374	0,0029	0,0307	0,0590	0,1794	677	185	155
A17	1998-04-14	7,502	284	409	0,0029	0,0317	0,0692	0,2250	561	149	115
A17	1998-04-14	7,901	293	436	0,0137	0,0530	0,0633	0,1871	581	156	127
A17	1998-04-14	7,902	343	480	0,0105	0,0534	0,0652	0,2156	535	121	103
A17	1998-04-14	8,151	280	516	0,0074	0,0781	0,1111	0,1783	492	134	93
A17	1998-04-14	8,152	266	495	0,0074	0,0704	0,0926	0,2199	472	136	89
A17	1998-04-14	9,951	351	499	0,0048	0,0563	0,1077	0,2128	483	104	86
A17	1998-04-14	9,952	326	425	0,0040	0,0640	0,0878	0,2983	406	94	84
A17	1998-04-14	10,101	312	396	0,0135	0,0669	0,0883	0,3088	386	95	88
A17	1998-04-14	10,102	332	423	0,0103	0,0535	0,0865	0,2609	448	104	94
A17	1998-10-27	7,281	280	604	0,0089	0,0456	0,0677	0,1570	660	183	102
A17	1998-10-27	7,282	276	602	0,0045	0,0456	0,0636	0,2050	578	159	85
A17	1998-10-27	7,501	247	409	0,0027	0,0235	0,0573	0,1738	716	220	146
A17	1998-10-27	7,502	331	488	0,0022	0,0309	0,0793	0,2054	580	132	99
A17	1998-10-27	7,901	306	514	0,0118	0,0493	0,0739	0,1686	607	155	111
A17	1998-10-27	7,902	349	490	0,0095	0,0493	0,0614	0,2292	528	117	97
A17	1998-10-27	8,151	281	516	0,0066	0,0693	0,0990	0,1878	508	138	93
A17	1998-10-27	8,152	279	604	0,0063	0,0654	0,1140	0,1948	484	132	74
A17	1998-10-27	9,951	304	452	0,0049	0,0456	0,0826	0,2517	479	120	91
A17	1998-10-27	9,952	292	484	0,0042	0,0558	0,1012	0,2830	415	108	74
A17	1998-10-27	10,101	335	471	0,0081	0,0449	0,0740	0,2423	499	114	93
A17	1998-10-27	10,102	317	394	0,0128	0,0620	0,0921	0,2918	402	98	91

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A17	1999-03-31	7,281	284	404	0,0127	0,0675	0,0540	0,2040	545	149	133
A17	1999-03-31	7,282	289	514	0,0053	0,0583	0,0635	0,1865	587	155	108
A17	1999-03-31	7,501	223	377	0,0053	0,0375	0,0864	0,1674	621	213	144
A17	1999-03-31	7,502	243	361	0,0048	0,0405	0,0809	0,2202	532	166	127
A17	1999-03-31	7,901	297	422	0,0161	0,0641	0,0721	0,1568	596	159	143
A17	1999-03-31	7,902	289	448	0,0152	0,0577	0,0696	0,2079	526	143	111
A17	1999-03-31	8,151	249	458	0,0118	0,0991	0,1232	0,1556	473	147	108
A17	1999-03-31	8,152	273	478	0,0095	0,0942	0,1154	0,1608	485	137	105
A17	1999-03-31	9,951	255	388	0,0096	0,0659	0,1052	0,3038	380	114	87
A17	1999-03-31	9,952	281	384	0,0065	0,0824	0,1056	0,2901	380	103	91
A17	1999-03-31	10,101	287	416	0,0177	0,0762	0,1152	0,2599	393	107	89
A17	1999-03-31	10,102	296	414	0,0149	0,0642	0,1088	0,2327	438	115	98
A17	1999-09-30	7,281	284	499	0,0105	0,0558	0,0620	0,1712	615	168	119
A17	1999-09-30	7,282	245	600	0,0064	0,0524	0,0767	0,1711	601	188	93
A17	1999-09-30	7,501	233	372	0,0043	0,0336	0,0726	0,1878	618	202	143
A17	1999-09-30	7,502	252	421	0,0040	0,0359	0,0901	0,1999	559	168	113
A17	1999-09-30	7,281	292	547	0,0132	0,0513	0,0830	0,1319	660	178	118
A17	1999-09-30	7,282	289	549	0,0126	0,0475	0,0781	0,1722	594	161	101
A17	1999-09-30	7,501	305	511	0,0121	0,0507	0,0726	0,1475	651	167	123
A17	1999-09-30	7,502	291	533	0,0135	0,0517	0,0809	0,1897	549	147	96
A17	1999-09-30	9,951	248	457	0,0077	0,0499	0,1061	0,2370	460	142	88
A17	1999-09-30	9,952	313	436	0,0048	0,0720	0,1060	0,2755	402	97	83
A17	1999-09-30	10,101	295	388	0,0155	0,0694	0,0919	0,2735	409	108	97
A17	1999-09-30	10,102	284	408	0,0157	0,0632	0,1072	0,2582	415	114	93
A17	2000-04-28	7,281	278	450	0,0145	0,0736	0,0709	0,1263	646	184	156
A17	2000-04-28	7,282	223	439	0,0113	0,0770	0,0736	0,1810	537	187	124
A17	2000-04-28	7,501	200	355	0,0075	0,0433	0,0982	0,1372	644	248	165
A17	2000-04-28	7,502	215	324	0,0076	0,0503	0,0921	0,2106	511	182	141

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A17	2000-04-28	7,901	268	435	0,0219	0,0727	0,0909	0,1110	622	188	157
A17	2000-04-28	7,902	293	423	0,0188	0,0728	0,0797	0,1820	522	141	125
A17	2000-04-28	8,151	242	465	0,0145	0,1155	0,1496	0,1038	481	155	117
A17	2000-04-28	8,152	260	442	0,0130	0,1189	0,1318	0,1451	451	134	113
A17	2000-04-28	9,951	246	353	0,0126	0,0809	0,1134	0,2249	427	134	116
A17	2000-04-28	9,952	248	373	0,0098	0,0989	0,1311	0,2437	381	118	99
A17	2000-04-28	10,101	302	378	0,0184	0,0865	0,1078	0,2020	444	115	118
A17	2000-04-28	10,102	259	407	0,0213	0,0727	0,1319	0,1844	449	137	107
A17	2000-10-27	7,281	283	500	0,0097	0,0509	0,0569	0,2101	563	154	104
A17	2000-10-27	7,282	273	542	0,0047	0,0470	0,0565	0,2310	543	151	89
A17	2000-10-27	7,501	251	364	0,0034	0,0303	0,0598	0,2347	562	170	129
A17	2000-10-27	7,502	280	428	0,0029	0,0316	0,0751	0,2544	506	137	98
A17	2000-10-27	7,901	349	442	0,0117	0,0608	0,0670	0,2198	513	114	109
A17	2000-10-27	7,902	288	496	0,0119	0,0449	0,0637	0,2724	469	126	83
A17	2000-10-27	8,151	289	492	0,0075	0,0833	0,1082	0,2121	448	119	88
A17	2000-10-27	8,152	329	585	0,0054	0,0748	0,1153	0,1885	480	111	78
A17	2000-10-27	9,951	349	469	0,0044	0,0512	0,0890	0,2487	469	102	87
A17	2000-10-27	9,952	252	447	0,0055	0,0572	0,1005	0,3197	382	115	74
A17	2000-10-27	10,101	298	387	0,0144	0,0656	0,0862	0,2928	402	104	94
A17	2000-10-27	10,102	306	390	0,0134	0,0609	0,0917	0,2984	397	100	91
A17	2006-05-11	7,9	321	461	0,0141	0,0638	0,0760	0,1820	552	135	117
A17	2006-05-11	7,95	337	453	0,0161	0,0510	0,0862	0,1868	549	128	113
A17	2006-05-11	8	291	401	0,0143	0,0627	0,0924	0,2025	503	135	119
A17	2006-05-11	8,05	309	381	0,0150	0,0515	0,0827	0,1892	551	140	135
A17	2006-05-11	8,1	246	440	0,0073	0,0810	0,1219	0,1618	504	157	113
A17	2006-05-11	8,15	319	367	0,0103	0,0886	0,0796	0,1727	532	129	151
A17	2006-05-11	8,2	290	423	0,0085	0,0944	0,0756	0,2548	430	113	100
A17	2006-05-11	7,2	261	425	0,0080	0,0644	0,0903	0,1615	575	169	131

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A17	2006-05-11	7,25	274	407	0,0088	0,0748	0,1003	0,1999	487	136	115
A17	2006-05-11	7,3	221	343	0,0094	0,0692	0,1248	0,2112	451	157	122
A17	2006-05-11	7,35	285	338	0,0126	0,0422	0,0881	0,2070	532	145	140
A17	2006-05-11	7,4	249	364	0,0077	0,0740	0,1263	0,1649	500	154	132
A17	2006-05-11	7,45	268	311	0,0098	0,0381	0,0904	0,2398	488	140	135
A17	2006-05-11	7,5	214	354	0,0069	0,0454	0,0967	0,2173	512	183	126
A17	2006-05-11	9,9	302	370	0,0174	0,0407	0,1277	0,1966	487	127	116
A17	2006-05-11	9,95	258	381	0,0089	0,0922	0,1441	0,2399	384	114	96
A17	2006-05-11	10	312	442	0,0166	0,0577	0,1138	0,2534	422	105	86
A17	2006-05-11	10,05	333	418	0,0089	0,0570	0,1317	0,2365	428	98	91
A17	2006-05-11	10,1	327	439	0,0120	0,0641	0,0984	0,2262	462	109	97
A17	2006-05-11	10,15	339	417	0,0143	0,0843	0,1049	0,2304	427	98	99
A17	2006-05-11	10,2	247	371	0,0050	0,0675	0,1265	0,2688	398	122	95
A17	2006-08-01	7,9	271	479	0,0175	0,0589	0,0819	0,1611	580	170	119
A17	2006-08-01	7,95	310	416	0,0186	0,0515	0,0802	0,2034	528	135	119
A17	2006-08-01	8	236	398	0,0175	0,0525	0,0887	0,2102	507	169	118
A17	2006-08-01	8,05	273	377	0,0178	0,0491	0,0855	0,1823	558	162	139
A17	2006-08-01	8,1	227	433	0,0079	0,0751	0,1153	0,1742	503	170	112
A17	2006-08-01	8,15	286	359	0,0114	0,0816	0,0750	0,1796	538	146	153
A17	2006-08-01	8,2	233	479	0,0110	0,0817	0,0880	0,1851	509	169	107
A17	2006-08-01	7,2	221	414	0,0103	0,0607	0,0899	0,1468	606	213	143
A17	2006-08-01	7,25	225	429	0,0104	0,0610	0,1004	0,1718	544	187	120
A17	2006-08-01	7,3	208	358	0,0097	0,0637	0,1291	0,1804	488	181	127
A17	2006-08-01	7,35	229	324	0,0167	0,0381	0,0889	0,2063	533	183	146
A17	2006-08-01	7,4	237	356	0,0080	0,0709	0,1202	0,1667	510	165	137
A17	2006-08-01	7,45	248	339	0,0103	0,0347	0,1037	0,1709	577	180	149
A17	2006-08-01	7,5	192	332	0,0083	0,0441	0,0924	0,2024	540	216	144
A17	2006-08-01	9,9	271	350	0,0191	0,0374	0,1183	0,2244	467	136	117

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A17	2006-08-01	9,95	227	386	0,0095	0,0778	0,1365	0,2366	405	137	97
A17	2006-08-01	10	293	420	0,0172	0,0538	0,1023	0,2518	439	117	94
A17	2006-08-01	10,05	238	387	0,0133	0,0479	0,1280	0,2363	437	142	99
A17	2006-08-01	10,1	263	438	0,0131	0,0480	0,0860	0,2305	490	145	100
A17	2006-08-01	10,15	281	413	0,0171	0,0734	0,1023	0,2378	430	120	99
A17	2006-08-01	10,2	210	335	0,0063	0,0611	0,1115	0,2717	414	150	109
A4	1998-03-09	101,15	249	352	0,0096	0,1632	0,2061	0,2295	303	93	90
A4	1998-03-09	101,151	215	365	0,0076	0,1709	0,1952	0,1754	336	119	102
A4	1998-03-09	101,35	527	640	0,0701	0,1089	0,1548	0,3383	274	44	44
A4	1998-03-09	101,351	420	340	0,2222	0,2219	0,1675	0,2513	214	51	97
A4	1998-06-12	101,151	169	306	0,0105	0,1429	0,1347	0,2712	330	149	111
A4	1998-06-12	101,152	182	288	0,0111	0,1724	0,1604	0,2284	322	135	123
A4	1998-06-12	101,351	470	413	0,1154	0,1363	0,1335	0,3361	255	49	71
A4	1998-06-12	101,352	383	483	0,0927	0,1017	0,1182	0,2995	301	69	69
A4	1999-03-24	101,451	480	612	0,0932	0,1687	0,1549	0,5396	193	33	33
A4	1999-03-24	101,452	523	651	0,0586	0,1208	0,1159	0,4084	262	41	40
A4	1999-03-24	101,601	638	1065	0,0293	0,0800	0,1335	0,4419	269	33	23
A4	1999-03-24	101,602	465	869	0,0377	0,0651	0,0982	0,3421	339	59	36
A4	1999-06-28	101,151	175	311	0,0119	0,1735	0,1663	0,2530	305	133	106
A4	1999-06-28	101,152	186	313	0,0102	0,1643	0,1768	0,2228	321	132	110
A4	1999-06-28	101,351	587	586	0,0516	0,0832	0,1229	0,3081	326	46	55
A4	1999-06-28	101,352	614	637	0,0331	0,0722	0,0971	0,2864	377	49	57
A4	2000-04-04	101,151	246	303	0,0074	0,2162	0,1646	0,2668	281	87	106
A4	2000-04-04	101,152	247	310	0,0069	0,1951	0,1744	0,3207	264	81	90
A4	2000-04-04	101,351	513	556	0,1080	0,1440	0,2148	0,2300	264	46	56
A4	2000-04-04	101,352	500	658	0,0386	0,0632	0,1008	0,3174	354	57	50
A4	2000-09-19	101,151	188	346	0,0115	0,1949	0,2177	0,2143	289	117	92
A4	2000-09-19	101,152	194	339	0,0087	0,1548	0,1881	0,2743	294	115	88

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A4	2000-09-19	101,351	503	546	0,1254	0,1624	0,2389	0,2261	245	44	54
A4	2000-09-19	101,352	478	621	0,0530	0,0815	0,1222	0,3166	321	56	51
A4	2006-05-03	101	190	341	0,0071	0,1210	0,1529	0,2561	344	138	100
A4	2006-05-03	101,05	220	278	0,0061	0,1083	0,1816	0,1517	414	143	150
A4	2006-05-03	101,1	305	327	0,0114	0,2533	0,3187	0,5474	165	41	49
A4	2006-05-03	101,15	224	331	0,0138	0,1918	0,2304	0,2443	274	94	89
A4	2006-05-03	101,2	230	421	0,0065	0,1860	0,1779	0,2067	322	106	86
A4	2006-05-03	101,25	274	345	0,0130	0,1761	0,1693	0,3628	259	72	76
A4	2006-05-03	101,3	500	535	0,0856	0,0942	0,1345	0,3043	302	53	60
A4	2006-05-03	101,35	580	462	0,0901	0,1605	0,1313	0,3823	244	36	59
A4	2006-05-03	101,4	505	742	0,0481	0,0941	0,1099	0,3629	303	49	40
A4	2006-05-03	101,45	503	602	0,0542	0,1110	0,1498	0,3405	284	46	47
A4	2006-05-03	101,5	587	599	0,0720	0,1698	0,1606	0,4166	227	32	40
A4	2006-05-03	101,55	538	576	0,0574	0,1288	0,1738	0,4368	235	35	40
A4	2006-05-03	101,6	468	600	0,0718	0,1316	0,2047	0,3940	232	41	39
A4	2006-09-04	101	151	390	0,0088	0,0905	0,1648	0,1448	453	230	115
A4	2006-09-04	101,05	217	304	0,0058	0,0995	0,1996	0,1416	415	145	134
A4	2006-09-04	101,1	202	376	0,0130	0,1369	0,2904	0,3754	228	86	56
A4	2006-09-04	101,15	221	367	0,0106	0,1429	0,2086	0,2340	312	108	86
A4	2006-09-04	101,2	239	448	0,0051	0,1554	0,1631	0,2263	339	107	80
A4	2006-09-04	101,25	244	412	0,0140	0,1518	0,2128	0,3041	274	86	66
A4	2006-09-04	101,3	578	508	0,0730	0,0983	0,1182	0,2900	322	48	68
A4	2006-09-04	101,35	538	597	0,0808	0,1295	0,1639	0,3672	251	39	44
A4	2006-09-04	101,4	563	764	0,0329	0,0751	0,0869	0,3845	322	45	39
A4	2006-09-04	101,45	519	657	0,0400	0,0854	0,1294	0,2859	345	54	51
A4	2006-09-04	101,5	541	572	0,0636	0,1334	0,1233	0,3489	278	43	52
A4	2006-09-04	101,55	510	579	0,0517	0,1079	0,1504	0,3427	286	46	49
A4	2006-09-04	101,6	424	604	0,0611	0,0969	0,1598	0,3693	271	53	44

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A5	2006-05-10	20	340	423	0,0097	0,1137	0,2344	0,1509	366	82	86
A5	2006-05-10	20,1	384	525	0,0042	0,1152	0,1465	0,1799	419	83	82
A5	2006-05-10	20,14	280	486	0,0114	0,2016	0,1908	0,2164	301	82	71
A5	2006-05-10	20,232	396	590	0,0036	0,1199	0,1166	0,1848	439	84	79
A5	2006-05-10	20,242	291	483	0,0083	0,1546	0,1572	0,1718	377	99	87
A5	2006-05-10	20,3	373	546	0,0368	0,1545	0,1890	0,1332	365	79	80
A5	2006-05-10	6,86	331	459	0,0077	0,0798	0,0782	0,1105	675	157	161
A5	2006-05-10	6,88	345	551	0,0060	0,0642	0,0813	0,0923	760	169	145
A5	2006-05-10	6,9	372	564	0,0080	0,0642	0,1073	0,0790	726	151	134
A5	2006-05-10	6,92	401	536	0,0094	0,0461	0,0800	0,1249	716	139	127
A5	2006-05-10	6,94	344	519	0,0083	0,0629	0,0842	0,1368	640	144	122
A5	2006-05-10	6,96	360	577	0,0080	0,0473	0,0656	0,0973	854	185	149
A5	2006-05-10	6,98	296	474	0,0057	0,0434	0,0503	0,1432	765	198	152
A5	2006-05-10	7	342	468	0,0094	0,0457	0,0695	0,0825	895	206	195
A5	2006-05-10	7,02	365	476	0,0061	0,0478	0,0609	0,1286	763	161	155
A5	2006-05-10	7,04	382	507	0,0078	0,0504	0,0662	0,1122	785	159	154
A5	2006-05-10	7,06	326	417	0,0179	0,0609	0,0896	0,1079	677	166	170
A5	2006-05-10	7,08	403	463	0,0136	0,0672	0,1001	0,0923	684	134	157
A5	2006-05-10	7,1	388	487	0,0085	0,0525	0,0882	0,1030	738	148	150
A5	2006-05-10	7,12	351	578	0,0067	0,0569	0,0775	0,1094	743	163	129
A5	2006-05-10	7,14	359	495	0,0081	0,0445	0,0826	0,1044	778	168	151
A5	2006-05-10	7,16	373	416	0,0127	0,0448	0,1039	0,0971	720	152	167
A5	2006-05-10	7,18	422	490	0,0052	0,0468	0,0850	0,0880	822	150	164
A5	2006-05-10	7,2	360	465	0,0099	0,0524	0,0901	0,0726	826	180	184
A5	2006-05-10	7,22	412	516	0,0055	0,0477	0,0945	0,0650	870	163	169
A5	2006-05-10	7,24	395	438	0,0059	0,0424	0,0843	0,1114	761	148	162
A5	2006-08-08	20	311	411	0,0112	0,1137	0,2368	0,1263	382	94	94
A5	2006-08-08	20,1	297	491	0,0062	0,1132	0,1436	0,2145	391	100	80

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A5	2006-08-08	20,14	282	534	0,0105	0,1903	0,2089	0,1226	350	95	79
A5	2006-08-08	20,232	310	593	0,0060	0,1331	0,1415	0,1733	411	101	75
A5	2006-08-08	20,242	309	482	0,0082	0,1697	0,1682	0,1786	353	87	83
A5	2006-08-08	20,3	395	514	0,0364	0,1682	0,1815	0,1360	359	73	86
A5	2006-08-08	6,86	279	526	0,0100	0,0772	0,1013	0,0966	654	182	134
A5	2006-08-08	6,88	322	472	0,0073	0,0701	0,0719	0,1270	671	160	148
A5	2006-08-08	6,9	263	515	0,0126	0,0559	0,0973	0,1267	642	191	122
A5	2006-08-08	6,92	416	510	0,0096	0,0501	0,0786	0,1268	703	131	133
A5	2006-08-08	6,94	366	528	0,0078	0,0650	0,0869	0,1558	592	124	109
A5	2006-08-08	6,96	404	519	0,0075	0,0530	0,0596	0,1264	756	145	145
A5	2006-08-08	6,98	250	554	0,0074	0,0414	0,0665	0,1226	780	241	133
A5	2006-08-08	7	355	506	0,0087	0,0449	0,0761	0,0702	927	205	188
A5	2006-08-08	7,02	347	566	0,0065	0,0466	0,0803	0,0922	824	183	143
A5	2006-08-08	7,04	306	510	0,0098	0,0440	0,0649	0,1467	700	178	129
A5	2006-08-08	7,06	333	468	0,0148	0,0522	0,0916	0,1108	694	165	148
A5	2006-08-08	7,08	377	489	0,0145	0,0647	0,1094	0,0952	659	138	140
A5	2006-08-08	7,1	382	521	0,0079	0,0478	0,0909	0,0822	814	165	155
A5	2006-08-08	7,12	330	586	0,0071	0,0545	0,0782	0,1103	744	174	126
A5	2006-08-08	7,14	392	516	0,0072	0,0448	0,0847	0,1045	773	152	143
A5	2006-08-08	7,16	395	419	0,0121	0,0466	0,1046	0,0925	727	145	169
A5	2006-08-08	7,18	386	497	0,0061	0,0484	0,0949	0,0895	774	154	151
A5	2006-08-08	7,2	313	446	0,0119	0,0497	0,0867	0,0796	816	206	188
A5	2006-08-08	7,22	313	470	0,0080	0,0450	0,0896	0,1053	747	185	152
A5	2006-08-08	7,24	266	434	0,0096	0,0358	0,0923	0,1222	714	209	150
A6	1998-04-08	15,4	187	309	0,0039	0,1088	0,1013	0,3009	358	145	111
A6	1998-04-08	15,402	274	358	0,0016	0,0830	0,0997	0,3029	378	104	96
A6	1998-04-08	15,561	193	311	0,0069	0,1114	0,1253	0,2697	359	141	112
A6	1998-04-08	15,562	216	356	0,0058	0,1175	0,1565	0,1932	390	137	111

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A6	1998-04-08	32,851	314	347	0,0097	0,0173	0,0760	0,3076	449	110	104
A6	1998-04-08	32,852	404	416	0,0050	0,0109	0,0649	0,1956	667	126	128
A6	1998-06-13	15,4	269	330	0,0022	0,1211	0,1018	0,2106	423	119	134
A6	1998-06-13	15,402	230	333	0,0029	0,1107	0,1319	0,2380	381	125	112
A6	1998-06-13	15,561	252	328	0,0040	0,1091	0,1143	0,2099	421	127	130
A6	1998-06-13	15,562	227	354	0,0050	0,1135	0,1441	0,1460	451	151	135
A6	1998-06-13	32,851	234	269	0,0202	0,0218	0,0857	0,2459	493	167	155
A6	1998-06-13	32,852	242	290	0,0137	0,0134	0,0784	0,2026	598	194	170
A6	1999-04-09	15,401	227	336	0,0030	0,1176	0,1279	0,2569	365	121	107
A6	1999-04-09	15,402	223	358	0,0023	0,0847	0,1178	0,2535	402	136	104
A6	1999-04-09	15,561	241	349	0,0046	0,1157	0,1380	0,2129	391	123	113
A6	1999-04-09	15,562	196	340	0,0070	0,1172	0,1529	0,1537	428	166	133
A6	1999-04-09	32,851	273	310	0,0151	0,0213	0,0904	0,2942	438	125	116
A6	1999-04-09	32,852	480	509	0,0045	0,0123	0,0841	0,1727	674	107	106
A6	1999-07-28	15,401	251	331	0,0025	0,1168	0,1162	0,1876	436	131	137
A6	1999-07-28	15,402	198	338	0,0036	0,1045	0,1408	0,1375	477	182	147
A6	1999-07-28	15,561	211	315	0,0055	0,1075	0,1165	0,1648	467	168	156
A6	1999-07-28	15,562	214	274	0,0061	0,1208	0,1009	0,1197	530	189	229
A6	1999-07-28	32,851	218	255	0,0231	0,0217	0,0845	0,2885	441	161	145
A6	1999-07-28	32,852	256	294	0,0133	0,0143	0,0800	0,2344	539	164	150
A6	2000-03-23	15,401	240	361	0,0026	0,1145	0,1363	0,2900	339	106	90
A6	2000-03-23	15,402	209	372	0,0028	0,0888	0,1363	0,2712	369	133	91
A6	2000-03-23	15,561	246	337	0,0049	0,1286	0,1427	0,2430	355	109	106
A6	2000-03-23	15,562	210	331	0,0058	0,1113	0,1325	0,2519	368	133	109
A6	2000-03-23	32,851	341	382	0,0103	0,0207	0,0983	0,2805	450	101	96
A6	2000-03-23	32,852	363	366	0,0057	0,0108	0,0584	0,2420	581	122	126
A6	2000-07-26	15,401	208	299	0,0036	0,1176	0,1106	0,2469	385	140	129
A6	2000-07-26	15,402	185	296	0,0047	0,1189	0,1343	0,1791	422	173	149

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A6	2000-07-26	15,561	214	323	0,0055	0,1103	0,1239	0,1772	442	157	142
A6	2000-07-26	15,562	226	278	0,0059	0,1308	0,1082	0,1369	483	163	203
A6	2000-07-26	32,851	205	266	0,0263	0,0222	0,1009	0,2993	411	160	130
A6	2000-07-26	32,852	256	294	0,0153	0,0165	0,0926	0,2473	496	151	138
A6	2006-04-24	32,7	267	303	0,0116	0,0179	0,0642	0,1705	709	208	197
A6	2006-04-24	32,75	231	284	0,0230	0,0205	0,0977	0,3770	359	122	103
A6	2006-04-24	32,8	231	312	0,0077	0,0476	0,1052	0,3448	370	122	100
A6	2006-04-24	32,85	342	316	0,0183	0,0472	0,1077	0,2369	452	104	128
A6	2006-04-24	32,9	229	256	0,0122	0,0464	0,0864	0,3917	347	116	114
A6	2006-04-24	32,95	291	359	0,0062	0,0295	0,0573	0,2578	537	141	125
A6	2006-04-24	33	262	350	0,0131	0,0564	0,0886	0,3422	371	109	92
A6	2006-04-24	15,3	246	363	0,0014	0,1427	0,1314	0,1354	454	139	144
A6	2006-04-24	15,35	265	322	0,0016	0,1741	0,1085	0,1296	451	128	183
A6	2006-04-24	15,4	236	340	0,0025	0,1114	0,1062	0,1838	461	147	142
A6	2006-04-24	15,45	239	301	0,0026	0,1073	0,0970	0,2078	449	142	152
A6	2006-04-24	15,5	277	323	0,0023	0,1419	0,1018	0,2037	415	113	142
A6	2006-04-24	15,56	291	305	0,0036	0,1248	0,1050	0,2377	397	103	134
A6	2006-04-24	15,6	274	324	0,0042	0,1335	0,1190	0,1910	420	116	140
A6	2006-08-08	32,7	250	290	0,0144	0,0199	0,0713	0,1483	737	234	220
A6	2006-08-08	32,75	258	319	0,0188	0,0204	0,1031	0,3335	391	118	100
A6	2006-08-08	32,8	191	337	0,0090	0,0384	0,1167	0,3202	386	154	95
A6	2006-08-08	32,85	333	397	0,0139	0,0344	0,1175	0,1877	524	123	115
A6	2006-08-08	32,9	217	305	0,0109	0,0376	0,1005	0,3122	403	143	111
A6	2006-08-08	32,95	264	349	0,0062	0,0254	0,0508	0,2486	569	165	135
A6	2006-08-08	33	262	349	0,0126	0,0536	0,0844	0,3212	394	116	98
A6	2006-08-08	15,3	242	371	0,0013	0,1303	0,1251	0,1522	456	142	136
A6	2006-08-08	15,35	228	347	0,0018	0,1479	0,1137	0,1371	466	154	161

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A6	2006-08-08	15,4	234	386	0,0021	0,0923	0,1097	0,1464	531	171	141
A6	2006-08-08	15,45	242	342	0,0022	0,0954	0,1071	0,1755	490	153	145
A6	2006-08-08	15,5	225	361	0,0028	0,1198	0,1164	0,1950	429	144	124
A6	2006-08-08	15,56	231	327	0,0044	0,1008	0,1107	0,2358	414	136	124
A6	2006-08-08	15,6	236	357	0,0048	0,1149	0,1338	0,2068	408	131	116
A8	1998-03-31	28,701	445	465	0,0702	0,1235	0,1321	0,1917	356	69	92
A8	1998-03-31	28,702	423	407	0,0998	0,0961	0,1348	0,1524	381	85	118
A8	1998-03-31	28,901	256	534	0,0195	0,1401	0,1714	0,1869	356	108	72
A8	1998-03-31	28,902	301	443	0,0172	0,1032	0,1384	0,1209	485	127	120
A8	1998-03-31	32,251	328	538	0,0180	0,1100	0,0981	0,1924	440	105	88
A8	1998-03-31	32,252	277	404	0,0404	0,1392	0,0801	0,1799	419	125	132
A8	1998-03-31	32,451	290	501	0,0201	0,1291	0,1009	0,3057	331	89	68
A8	1998-03-31	32,452	306	537	0,0215	0,1582	0,1166	0,1448	418	108	98
A8	1998-07-30	28,701	392	419	0,0769	0,1114	0,1065	0,1735	394	90	118
A8	1998-07-30	28,702	430	363	0,1070	0,1064	0,1196	0,0940	431	100	178
A8	1998-07-30	28,901	217	489	0,0286	0,1481	0,1650	0,1343	387	142	94
A8	1998-07-30	28,902	233	448	0,0231	0,0875	0,1345	0,0878	553	191	139
A8	1998-07-30	32,251	311	505	0,0180	0,1007	0,0828	0,1470	529	134	119
A8	1998-07-30	32,252	268	430	0,0282	0,0919	0,0594	0,1341	588	181	166
A8	1998-07-30	32,451	291	508	0,0200	0,1288	0,1027	0,2526	366	98	77
A8	1998-07-30	32,452	283	543	0,0215	0,1370	0,1056	0,1037	501	141	122
A8	1999-03-31	28,701	507	441	0,0540	0,1150	0,1051	0,1776	408	69	111
A8	1999-03-31	28,702	511	425	0,0688	0,0877	0,1166	0,0929	503	91	155
A8	1999-03-31	28,901	282	518	0,0168	0,1442	0,1625	0,1992	353	97	74
A8	1999-03-31	28,902	275	422	0,0194	0,1000	0,1283	0,1222	498	143	131
A8	1999-03-31	32,251	354	526	0,0168	0,1177	0,0983	0,1982	428	94	89
A8	1999-03-31	32,252	353	397	0,0226	0,1203	0,0620	0,1715	490	111	149

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A8	1999-03-31	32,451	303	450	0,0209	0,1444	0,0941	0,3175	319	82	75
A8	1999-03-31	32,452	321	473	0,0180	0,1431	0,0855	0,1701	442	108	114
A8	1999-10-14	28,701	476	491	0,0616	0,1198	0,1353	0,1483	396	72	99
A8	1999-10-14	28,702	500	455	0,0741	0,0915	0,1384	0,0908	467	86	132
A8	1999-10-14	28,901	274	606	0,0147	0,1190	0,1760	0,1808	376	106	64
A8	1999-10-14	28,902	271	488	0,0158	0,0786	0,1308	0,1069	555	161	119
A8	1999-10-14	32,251	307	613	0,0190	0,1047	0,1166	0,1714	448	115	78
A8	1999-10-14	32,252	325	417	0,0272	0,1251	0,0724	0,1709	466	115	136
A8	1999-10-14	32,451	299	570	0,0177	0,1190	0,1118	0,3077	331	86	58
A8	1999-10-14	32,452	308	576	0,0173	0,1275	0,1046	0,1478	464	118	95
A8	2000-04-20	28,701	489	535	0,0503	0,1022	0,1306	0,1067	473	83	109
A8	2000-04-20	28,702	526	400	0,0653	0,0865	0,1014	0,0868	542	96	184
A8	2000-04-20	28,901	281	544	0,0158	0,1352	0,1656	0,1734	376	104	75
A8	2000-04-20	28,902	295	442	0,0170	0,0986	0,1331	0,0784	563	151	148
A8	2000-04-20	32,251	398	478	0,0140	0,1186	0,0822	0,1870	459	90	107
A8	2000-04-20	32,252	353	356	0,0245	0,1297	0,0557	0,1656	491	112	175
A8	2000-04-20	32,451	312	482	0,0194	0,1406	0,1010	0,2522	359	90	81
A8	2000-04-20	32,452	300	513	0,0202	0,1419	0,0988	0,1142	491	130	126
A8	2000-06-29	28,701	470	438	0,0705	0,1343	0,1268	0,1410	390	73	118
A8	2000-06-29	28,702	413	390	0,1111	0,1039	0,1359	0,0901	418	101	157
A8	2000-06-29	28,901	251	544	0,0186	0,1291	0,1636	0,2043	357	111	69
A8	2000-06-29	28,902	285	407	0,0210	0,1144	0,1361	0,1051	489	136	141
A8	2000-06-29	32,251	337	543	0,0192	0,1236	0,1109	0,1961	410	95	83
A8	2000-06-29	32,252	299	381	0,0367	0,1461	0,0739	0,2157	390	106	125
A8	2000-06-29	32,451	293	465	0,0207	0,1355	0,0939	0,3142	327	87	73
A8	2000-06-29	32,452	290	495	0,0228	0,1510	0,1005	0,1334	452	124	119
A8	2006-04-13	28,7	423	510	0,0925	0,0830	0,1358	0,2547	328	70	70

1 lentelės tęsinys

Kelio Nr.	Matavimo data	Piketas, km	$h_{e,2}$	$h_{e,3}$	$d_{z,1}$	$d_{z,2}$	$d_{z,3}$	$d_{z,4}$	E_{ekv1} , MPa	E_{ekv2} , MPa	E_{ekv3} , MPa
A8	2006-04-13	28,75	380	465	0,0384	0,0923	0,1046	0,2890	354	75	76
A8	2006-04-13	28,8	483	498	0,0212	0,1072	0,1584	0,2026	381	62	78
A8	2006-04-13	28,85	327	501	0,0208	0,1139	0,1431	0,2289	366	88	75
A8	2006-04-13	28,9	365	528	0,0205	0,1472	0,1563	0,1949	359	77	75
A8	2006-04-13	28,95	310	494	0,0294	0,1665	0,1293	0,2328	334	85	78
A8	2006-04-13	32,25	339	549	0,0242	0,1221	0,1004	0,1922	422	99	87
A8	2006-04-13	32,3	293	461	0,0191	0,1183	0,1138	0,2827	345	92	76
A8	2006-04-13	32,35	360	496	0,0219	0,1174	0,0832	0,2836	367	80	77
A8	2006-04-13	32,405	389	447	0,0290	0,0952	0,0682	0,3200	361	74	80
A8	2006-04-13	32,45	289	482	0,0216	0,1340	0,1120	0,3453	304	82	63
A8	2006-04-13	32,5	306	511	0,0158	0,0728	0,0760	0,3282	377	95	67
A8	2006-04-13	32,55	283	452	0,0169	0,1363	0,1188	0,2972	327	89	74
A8	2006-08-01	28,7	471	506	0,0664	0,0700	0,1058	0,1922	428	80	92
A8	2006-08-01	28,75	353	451	0,0423	0,0896	0,1002	0,2386	395	92	91
A8	2006-08-01	28,8	403	459	0,0222	0,0860	0,1232	0,1928	440	86	97
A8	2006-08-01	28,85	280	470	0,0266	0,1103	0,1334	0,2108	386	109	86
A8	2006-08-01	28,9	310	502	0,0253	0,1372	0,1416	0,1959	372	95	82
A8	2006-08-01	28,95	275	494	0,0315	0,1433	0,1151	0,2013	379	110	89
A8	2006-08-01	32,25	345	544	0,0224	0,1158	0,0936	0,1685	463	107	97
A8	2006-08-01	32,3	265	466	0,0196	0,1016	0,1032	0,2128	422	125	94
A8	2006-08-01	32,35	290	512	0,0260	0,0957	0,0768	0,2555	409	112	82
A8	2006-08-01	32,405	370	382	0,0285	0,0865	0,0493	0,2870	410	89	108
A8	2006-08-01	32,45	291	449	0,0203	0,1273	0,0947	0,2986	344	92	79
A8	2006-08-01	32,5	315	444	0,0160	0,0776	0,0643	0,2826	421	104	90
A8	2006-08-01	32,55	279	426	0,0159	0,1243	0,0987	0,2610	372	103	91