


**VILNIUS
TECH**

 Vilniaus Gedimino
technikos universitetas

Dalinės statinio ekspertizės aktas Nr. E24-15
Dalis: konstrukcijos
 2024 m. liepos mėn. 5 d.

KVALIFIKACIJOS ATESTATAS
NR. 8301

1. Ekspertizės objektas Tiltas per Tenenio upę, pikete 46+60, Tenenių km., Tenenių sen., kelyje Jomantai, Teneniai–Teneniai, Pajūralis
(pavadinimas ir adresas)
2. Užsakovas Šilalės rajono savivaldybės administracija, J. Basanavičiaus g. 2-1, 75138 Šilalė
(pavadinimas ir adresas)
3. Ekspertizės vadovas Darius Bačinskas (KA Nr. 12925)
(vardas, pavardė, kval. atestato Nr.)
4. Ekspertai Darius Bačinskas (KA Nr. 12925)
(vardas, pavardė, kval. atestato Nr.)
5. Ekspertizės pagrindas 2023-11-15 d. sutarties Reg. Nr. 10.13-2023-1541 (Užsakovo registracijos Nr. B6(B)-299 (7.64 E), 2023-11-13 d.)
6. Ekspertizės pradžia 2023-11-15 7. Ekspertizės pabaiga 2024 04 16
8. Prie akto pridedama 1 priedas. Techninė užduotis (2 psl.), 2 priedas. Tiltų brėžiniai (1 psl.), Tiltų laikančiųjų konstrukcijų defektų vaizdinė medžiaga (skaitmeninės nuotraukos laikmenoje).
(nurodomi priedų numeriai ir pavadinimai)
9. Trumpas statinio aprašymas, pagrindinės pažaidos ir defektai

Darbe atlikta gelžbetoninio tilto per Tenenio upę Vidgirės g. Tenenių kaime, Tenenių seniūnijoje, Šilalės rajone laikančiųjų konstrukcijų ekspertizė. Akte pateikiamas tilto laikančiųjų konstrukcijų ir elementų techninės būklės vertinimas bei laikomosios galios atitikimo Lietuvoje galiojančių normatyvinių dokumentų reikalavimams tikrinimas. Pagrindiniai duomenys apie tiltą pateikti tilto techniniame pase [10.18] ir turimoje statybinės dalies darbo projekto byloje [10.19]. Pagal tilto techniniame pase [10.18] pateiktus duomenis tiltas pastatytas ir pradėtas naudoti 1989 m. pagal Respublikinio vandens ūkio projektavimo instituto (privatizuotas 1993 – 1995 m. dabar UAB „Sweco Lietuva“, UAB „Šiaulių hidroprojekta“, UAB „Vilniaus hidroprojekta“) parengtą projektą. Tiltos statybos rangovas – Šilutės kaimo mechanizuota kolona KMK-3 (dabar UAB „Šilutės polderiai“). Tiltų turimoje projektinėje dokumentacijoje nurodyta [10.19], kad tiltui panaudoti tipinio projekto sprendiniai, pateikti 1973 m. Minske (Baltarusijoje) parengtoje serijoje 3.503-29, pritaikant melioraciniams objektams. Projektinėje dokumentacijoje nurodyta, kad tilto gelžbetoninės konstrukcijos suprojektuotos N-30 ir NK-80 apkrovoms pagal tipinio projekto parengimo metu galiojusias projektavimo normas SNiP II-D.7-62 [10.15], SN 200-62 [10.16] ir SN 365-67 [10.17]. Kiti konstrukciniai sprendiniai parinkti pagal tuo laikotarpiu Lietuvoje galiojusias normas SNiP 2.05.03-84 [10.14]. Tiltų vieta Tenenių miestelio plane pateikta 1 pav., o bendri vaizdai 2 pav.



1 pav. Tilto vieta Tenenų miestelio plane



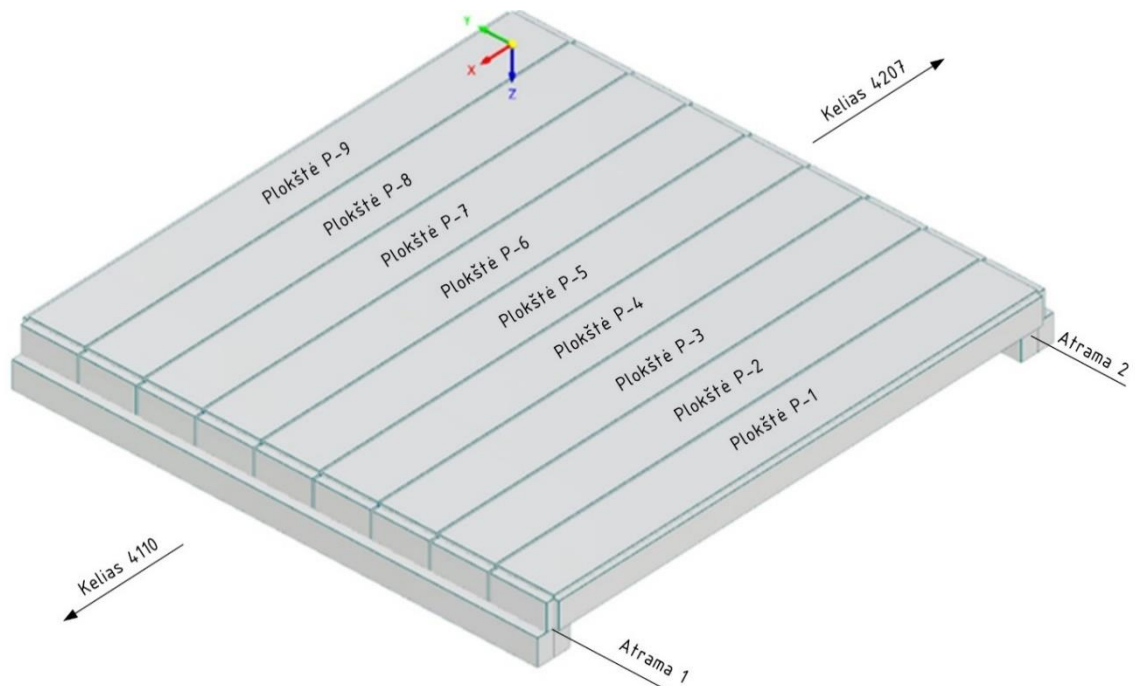
2 pav. Tilto bendri vaizdai

Tiltas yra Tenenių miestelio teritorijoje Vidgirės g., tiltu vyksta automobilių transporto priemonių eismas. Saugus pėsčiųjų ir dviratininkų eismas tiltu nenumatytas, tačiau tilto tyrimu metu juo praeidavo atsitiktiniai pėstieji arba pravažiuodavo dviratininkai. Automobilių eismui ant tilto įrengtos 2 eismo juostos, eismas vyksta dvejomis kryptimis. Leidžiamas automobilių priemonių greitis tiltu – 50 km/h. Prieš įvažiuojant į Vidgirės g. (abejose gatvės pusėse) pastatyti įspėjamieji ženklai (314 – Ribota masė) ribojantys transporto priemonių masę iki 3,5 t. Papildomai įrengtas įspėjimas apie avarinės būklės tiltą. Tyrimų metu dėl įrengtų apribojimų eismas tiltu nėra intensyvus. Tiltu pravažiuoja pavienės transporto priemonės.

2021 m. UAB „Proplanas“ ekspertai atliko tilto laikančiųjų konstrukcijų ekspertizę [10.20]. Statinio ekspertizės akte konstatuota, kad dėl atsiradusių defektų ir pažaidų nedelsiant sustabdyti tilto eksploataciją. Nurodyta parengti tilto kapitalinio remonto/stiprinimo projektą bei juo vadovaujantis atlikti tilto stiprinimo ir remonto darbus. Akte taip pat nurodyta, kad esamų pamatų laikomoji galia vertinant šių dienų projektavimo normų nuostatas bei horizontalius pamatų elementų poslinkius yra nepakankama tilto remontui ir tolimesnei eksploatacijai. Pamatus būtina atstatyti į projektinę padėtį, nuvalyti gelžbetoninių pamatų korozijos pažeistą armatūrą, ją padengti apsauginiu glaistu bei atstatyti apsauginį betono sluoksnį. Akte konstatuojama, kad tilto plokštės yra stipriai pažeistos korozijos ir turi neleistinių įlinkių galinčių privesti prie statinio griūties. Atlikus tilto perdangos laikomosios galios skaičiavimus, nustatyta, kad perdangos laikomoji galia tyrimų metu galiojusių tiltų apkrovų poveikiams nėra pakankama. Konstrukcijas nurodyta stiprinti, sumažinant plokščių įlinkius. Taip pat, nurodyta nuvalyti korozijos pažeistą armatūros strypus, juos padengti apsauginėmis dangomis bei atstatyti apsauginį betono sluoksnį. Nurodyta pakeisti konstrukcijų hidroizoliaciją. Būtina pabrėžti, kad visos akte nurodytos išvados nėra pagrįstos pateikiamais skaičiavimais ar jų apibendrintais rezultatais. Po šio akto gavimo atliktas tilto konstrukcijų paprastas remontas atstatant pažeistas perdangos apsauginio sluoksnio zonas. Remonto metu taip pat išvalyta Tenenio upės vaga.

Prieš atliekant detaliąją techninę apžiūrą atlikti pagrindinių tilto perdangos konstrukcijų ir jų elementų geometrinių matavimų bei sudaryti laikančiųjų konstrukcijų brėžiniai ir schemas. Dalis geometrinių duomenų paimta iš tilto paso [10.18] ir turimos tilto projektinės dokumentacijos [10.19]. Kita dalis (trūkstami arba patikslinti duomenys) nustatyti šių tyrimų metu. Sudaryti tilto perdangos brėžiniai (fasadas, planas ir pjūviai) pateikti 2 priede.

Tilto elementų detalus žymėjimas pateiktas brėžiniuose 2 priede ir 3 pav. Atramos žymimos pradedant nuo rajoninio kelio Nr. 4110 Teneniai–Jomantai pusės. Ši atrama žymima atrama 1. Atitinkamai, rajoninio kelio Nr. 4207 Žemaičių Naumiestis–Pajūrėlis pusėje esantis ramentas žymimas atrama 2. Perdangos plokščių numeracija pradedama nuo Tenenio upės aukštupio pusės. Aukštupio pusėje esanti kraštinė plokštė žymima P-1, o žemupio pusėje – plokštė P-9. Tarpinės plokštės žymimos, atitinkamai, nuo P-2 iki P-8.



3 pav. Tilto atramų ir perdangos elementų sutartinis žymėjimas

Pagrindiniai tilto techniniai rodikliai:

Statybos metai:	pastatytas 1989 m.
Projektavimo normos:	SNiP 2.05.03-84 [10.14], SNiP II-D.7-62 [10.15], SN 200-62 [10.16], SN 365-67 [10.17]
Projektinė apkrova:	N-30, NK-80
Priklausomybė kultūros paveldui:	nepriklauso
Tipas:	gelžbetoninis plokštinis karpytas ant polinių atramų
Perdangos plokščių skaičius tilto skersiniame pjūvyje	9
Perdangos plokščių ilgis	9,00 m
Perdangos plokščių skaičiuotinis ilgis	8,68 m
Perdangos bendras plotis su šalitilčiais:	9,00 m
Perdangos plokštės plotis viršutinėje dalyje/apatinėje dalyje:	0,94 m/0,98 m
Atstumas tarp gretimų plokščių viršutinėje dalyje/apatinėje dalyje:	60 mm/20 mm
Plokščių aukštis:	0,45 m
Ramtai:	gelžbetoniniai vienaeiliai poliniai su atraminėmis sienomis iš surenkamųjų gelžbetoninių plokščių
Taurai:	nėra
Važiuojamoji dalis:	cementbetonio danga (80 mm), hidroizoliacija (10 mm), cementinio skiedinio sluoksnis (20 mm) bendras storis ~110 mm

Šalitulčiai:	nėra
Turėklai:	plieniniai $h = 1,03$ m
Atitvarai	gelžbetoniniai blokai $h = 0,23$ m
Deformaciniai pjūviai:	nėra
Atraminiai guoliai:	guminiai intarpai
Kūgiai:	ties upės vaga sutvirtinti gelžbetoninėmis plokštėmis ties kelio pylimu nesutvirtinti, natūraliai apaugę žole, medžiais ir krūmais
Šlaitiniai laiptai:	nėra

Titu nutiestas dviejų eismo juostų automobilių kelias, kurio bendras plotis 8,2 m. Pėsčiųjų ir dviratininkų eismui skirti šalitulčiai nenumatyti. Perdangos kraštuose įrengti parapetiniai gelžbetoniniai apsauginiai atitvarai, kurių aukštis nuo kelio dangos 230 mm. Ties perdangų kraštais įrengti 1,03 m aukščio plieniniai turėklai. Pagal turimus projektinius duomenis tilto važiuojamosios dalies paklotą sudaro: cementbetonio danga – 80 mm, hidroizoliacija – 10 mm, cementinio skiedinio sluoksnis – 20 mm, bendras visų sluoksnių storis – 110 mm. Viršutinė cementinė danga tyrimų metu padengta vidutiniu 100 mm žvyro sluoksniu. Tilto apšvietimas tamsiu paros metu nenumatytas. Lietaus nuvedimo sistema taip pat neįrengta. Tilto ribos abejose Tenenio upės pusėse pažymėtos gelžbetoniniais stulpais išdėstytais 2 m atstumu nuo kraštinių atramų į kelio pylimo pusę. Pakloto elementų bendras vaizdas pateiktas 2 pav.

Tilto paklote deformaciniai pjūviai neidentifikuoti. Pagal panašių projektų duomenis, ties kraštinėmis atramomis turėtų būti įrengti polimerinėmis medžiagomis užpildytos deformacinės siūlės. Tyrimų metu deformacinių siūlių pakloto važiuojamosios dangos lygmenyje nesimatė. Jų tipą galima identifikuoti tik nuėmus pakloto sluoksnius.

Tilto perdangos konstrukcinę schemą sudaro vienas tarpatramis, perdengtas įprasto gelžbetonio briaunuotomis laisvai atremtomis plokštėmis. Gretimos perdangos plokštės ties kraštais tarpusavyje apjungtos monolitiniu betono sluoksniu su armuojančiomis $\varnothing 3$ mm plieninėmis spiralėmis. Pastaroji sandūra užtikrina bendrą visų perdangos plokščių sąveiką veikiant išorinei eksploatacinei transporto priemonių apkrovai. Plokščių atraminėse zonose tarp briaunų įrengtos diafragmos. Pagal panašių projektų duomenis, plokščių inkaravimas atraminėse zonose ties viena iš atramų (neardančiuoju būdu nustatyti kurioje konkrečiai nėra techninių galimybių) užtikrinamas įrengus $\varnothing 22$ mm skersmens armatūros strypus, kurie sumontuoti plokštės atraminėje zonoje įrengtoje $\varnothing 100$ mm skersmens kiaurymėje. Strypas įrengtas diafragmoje plokštės viduryje tarp briaunų.

Tilto perdangos formulė – $1 \times 8,68$ m, bendras perdangos ilgis – 9,00 m. Tilto perdangos bendras plotis su šalitilčiais – 9,00 m. Perdangos skerspjūvyje išdėstytos 9 briaunuotos plokštės, tarp kurių briaunų atstumas apatinėje dalyje vidutiniškai svyruoja $\sim 25\text{--}30$ mm intervale. Plokščių skerspjūvio aukštis – 450 mm, plotis apatinėje dalyje – 980 mm, viršutinėje dalyje – 940 mm. Briaunų plotis kintamas ir apatinėje plokštės dalyje sudaro 170 mm. Atstumas tarp briaunų vidinių paviršių apatinėje plokštės dalyje – 640 mm. Plokštės storis ruože tarp briaunų vidinių paviršių – 110 mm. Plokštės atraminėje zonoje 270 mm atstumu nuo plokštės krašto įrengtos tokio paties pločio (270 mm) diafragmos. 350 mm atstumu nuo diafragmos krašto įrengti pereinamieji plokštės skerspjūvio pasikeitimo ruožai. Pagal panašių projektų duomenis perdangos plokštėms panaudotas M300 markės (atitinka B22,5 klasę pagal SNiP dokumentų sistemą) betonas, kurio $f_{ck}=16,8$ MPa, o $E_{cm}=28,9$ GPa. Viduriniuose pjūviuose plokštės armuotos $8 \times \varnothing 25$ mm (vienoje briaunoje $4 \times \varnothing 25$ mm) skersmens A-III klasės armatūros strypais, kurių suminis skerspjūvio plotas $A_s=39,27$ cm². Plokštės išilginės armatūros apsauginio sluoksnio storis – $c=30$ mm, o atstumas tarp gretimų armatūros strypų centrų vertikalia skerspjūvio kryptimi – 30 mm. Išilginės armatūros charakteristinė takumo riba $f_{yk}=390$ MPa, o tamprumo modulis $E_s=1,96$ GPa (pagal SNiP normatyvinių dokumentų sistemą). Įstrižajame pjūvyje ruožuose ties atramomis plokštės armuotos $4 \varnothing 8$ mm (viena briauna $2 \varnothing 8$ mm) A-I klasės skersinės armatūros strypais ($A_s=2,01$ cm², $f_{yk}=235$ MPa, $E_s=2,06$ GPa), kurių žingsnis $s=150$ mm. Tilto gelžbetoninės perdangos bendri vaizdai pateikti 4 pav., o skerspjūvio forma viduriniajame pjūvyje – 2 priede.



4 pav. Tilto gelžbetoninės perdangos bendri vaizdai

Ramtų (kraštinių atramų) konstrukcijos sukomponuotos iš vienos eilės kaltinių polinių atramų, rygelio perdangos atrėmimui bei gelžbetoninių plokščių sulaikančių pylimo bei prietilčių gruntą (5 pav.). Kiekvienoje kraštinėje atramoje išdėstyta po 5 surenkamus gelžbetoninius polius, kurių skerspjūvio matmenys 350×350 mm, o atstumas tarp polių ašių skersine tilto linkme svyruoja intervale nuo 1,86 m iki 1,95 m. Pagal išlikusią tilto projekcinę dokumentaciją [10.19], atramoje 1

(žr. priedą 2) įrengti 12 m ilgio poliai, tuo tarpu atramoje 2 – polių ilgis sudaro 8 metrus. Toje pačioje dokumentacijoje taip pat pateikti pagrindų gruntų geologiniai duomenys. Poliai atramų zonose virš žemės paviršiaus iškilę ~1,2–1,7 m. Pagal panašių projektų duomenis poliams, kaip ir perdangos plokštėms panaudotas M300 markės betonas. Poliai armuoti $4 \times \varnothing 25$ mm skersmens A-III klasės armatūros strypais, kurių suminis skerspjuvio plotas $A_s = 19,63 \text{ cm}^2$.

Ant sukaltų surenkamų polių perdangos plokščių atrėmimui įrengtas gelžbetoninis rygelis sukomponuoti iš atskirų surenkamųjų elementų ties viduriniu poliumi tarpusavyje apjungtų monolitiniu ruožu. Polių ir rygelių sandūrai paliktos ertmės (apatinėje dalyje 300×300 mm, apatinėje dalyje 200×200 mm), kurios tilto statybos metu užpildytos monolitinio betono sluoksniu. Atramoje 1 rygelio suminis ilgis ~8,6 m, atramoje 2 – 8,8 m. Rygelio skerspjuvio aukštis kintamas nuo 400 mm tilto perdangos kraštuose iki 480 mm perdangos vidurinėje dalyje. Dėl kintamos rygelio viršutinės plokštumos suformuojamas ~2% skersinis nuolydis tilto pakloto lygmenyje. Rygelio plotis 750 mm. Pagal panašių projektų duomenis atramų rygeliams panaudotas M300 markės betonas, viršutinėse ir apatinėse zonose armuoti išilginiais $\varnothing 12$ mm ir $\varnothing 16$ mm skersmens A-II klasės armatūros strypais, kurių charakteristinė takumo riba $f_{yk} = 295 \text{ MPa}$, o tamprumo modulis $E_s = 2,06 \text{ GPa}$ (pagal SNIp normatyvinių dokumentų sistemą). Rygelių tikrosios armavimo schemos tyrimų metu nenustatytos.

Už ramtų rygelių ir polių kelio pylimų pusėje įrengtos atraminės sienos iš skirtingų matmenų 100 mm storio surenkamųjų gelžbetoninių plokščių, armuotų $\varnothing 8$ mm ir $\varnothing 10$ mm skersmens A-I klasės armatūros strypais. Tilto prieigose, kuriose neįrengti rygeliai perdangoms atremti, atraminių plokščių stabilumui užtikrinti įrengti 6 m ilgio 350×350 mm matmenų gelžbetoniniai surenkami kaltiniai poliai. Atramų bendri vaizdai pateikti 5 pav., o pagrindiniai geometriniai matmenys 2 priede.



5 pav. Ramtų bendri vaizdai

Pagal tipinius tilto sprendinius ant kraštinių atramų gali būti įrengti guminiai atraminiai guoliai. Šiame tilte guoliai neįrengti. Perdangos ant atramų atremtos per ~10 mm storio guminius intarpus (6 pav.). Kaip jau minėta, tikėtina, kad perdangos poslinkiai suvaržyti ir padėties pastovumas užtikrintas perdangos atraminėje zonoje įrengus plieninius strypus su guminėmis tarpinėmis.



6 pav. Guminiai intarpai perdangų atraminėse zonose

Tilto ir prietilčio sandūroje už atraminės sienos turėjo būti įrengtas sutankinto grunto sluoksnis su filtracijos koeficientu nemažesniu kaip 4 m/para bei sutinkinimo koeficientu iki 0,98. Šie rodikliai tyrimų metu nenustatyti.

Tilto sujungimui su kelio pylimu tilto prieigose po kelio dangą įrengtos 3 m ilgio, 980 mm pločio bei 450 mm aukščio pereinamosios gelžbetoninės plokštės. Plokštės vienas galas atremtas ant ramto rygelio, o kitas ant gelžbetoninio gulekšnio. Gulekšnis sukomponuotas iš dviejų surenkamųjų elementų tarpusavyje sujungtų monolitiniu sluoksniu. Gulekšnis atremtas ant sutankinto skaldos pagrindo. Pereinamosios plokštės įrengtos važiuojamosios dalies ribose. Šalitilčiuose įrengtų gelžbetoninių atitvarų sklandžiam sujungimui su prietilčiais įrengti 2 m ilgio, kintamos skerspjūvio aukščio gelžbetoniniai bordiūrai.

Tilto kūgiai abiejuose statinio pusėse natūraliai apaugę augmenija: žole, krūmais ir medžiais. Šlaitiniai laiptai taip pat neįrengti. Upės vaga zonose po tiltu sustiprinta gelžbetoninėmis plokštėmis. Kūgių bei zonų po tiltu bendri vaizdai pateikti 7 pav.



7 pav. Pylimo kūgių bei zonų po tiltu bendri vaizdai

Tyrimų metu atlikti instrumentiniai tilto konstrukcijų ir jų elementų matavimai, detalioji apžiūra, statiniai ir dinaminiai bandymai bei teoriniai laikomosios galios skaičiavimai.

Geometriniai tilto matmenys nustatyti naudojant ruletę ir lazerinį matuoklį. Statinio perdangų, atramų bei kitų elementų (pakloto, atraminių guolių ir kt.) būklė buvo vertinta vizualiai bei atliekant pažaidų lygio matavimus. Kai kurie tilto geometriniai matmenys priimti pagal turimą projektinę dokumentaciją [10.18, 10.19].

Tilto gelžbetoninių elementų (perdangos ir atramų) betono gniuždomasis stipris nustatytas neardančiuoju metodu, taikant Schmidt plaktuką (8 pav. kairėje). Pasirinktose gelžbetoniniuose elementuose buvo atliekama ne mažiau kaip po 10 matavimų. Atšokimo duomenų imtis iš viso sudarė: gelžbetoninių polių – 39 reikšmės, perdangos plokščių – 49 reikšmės. Šios imtys vėliau apdorotos statistiškai, įvertinus rezultatų sklaidą, prietaiso paklaidą bei rezultatų patikimumą. Prieš kiekvieną matavimą, prietaisas buvo kalibruotas panaudojant etaloninį kalibravimo priekalą. Reikia pažymėti, kad neardantys betono stiprio nustatymo metodai yra labai apytiksliai, kadangi atšokimo rezultatus gali lemti daug veiksnių. Kadangi tilto konstrukcijoms panaudoti tipiniai elementai, betono klasė gali būti priimta ir pagal panašių projektų duomenis. Būtina pabrėžti, kad skirtinguose ruožuose išmatuotos atšokimo reikšmės apytikriai sutapo. Tai rodo, kad betono mechaninių sklaidą skirtingose perdangos plokštėse ir atramose yra panaši. Betono gniuždomojo stiprio tyrimų rezultatai detaliau aprašyti šio akto 11.18–11.20 punktuose.



8 pav. Tilto laikančiųjų konstrukcijų betono gniuždomojo stiprio tyrimai neardančiuoju būdu (kairėje) ir plyšių pločių matavimas (dešinėje)

Gelžbetoninės perdangos plokščių plyšių pločiai matuoti dviem etapais. Pirmajame etape plyšių pločiai matuoti elektroniniu matuokliu (8 pav. dešinėje). Nustatytos didžiausius pločius turinčios laikančiųjų konstrukcijų zonos. Antrajame etape tikslus plyšių pločių matavimas identifikuotose zonose atliktas 50 kartų didinančiu optiniu mikroskopu МПБ-3, kurio matavimų paklaida $0,02 \pm 0,0025$ mm. Pleišėjimo charakteris leido įvertinti jų kilmę bei galimą įtaką konstrukcijų saugai ir ilgaamžiškumui.

Perdangos profilio identifikavimui atlikti geodeziniai matavimai. Niveliavimas atliktas gelžbetoninių plokščių briaunų apatinių lentynų lygyje siekiant nustatyti plokščių įlinkius/išlinkius neveikiant laikinos apkrovos poveikiui. Matavimai atlikti sąlyginėje koordinatinių ir aukščių sistemose Sokkia nivelyru ir ištraukiama geodezine matuokle, matavimų paklaida ± 2 mm. Niveliavimo rezultatai pateikti šio akto 11.21 punkte.

Gauti techninės apžiūros rezultatai panaudoti sudarant tilto brėžinius bei kuriant tilto skaitinius modelius, kurie vėliau panaudoti vertinant pagrindinių konstrukcijų laikomosios galios parametrų atitikimą Lietuvoje galiojančių normatyvinių dokumentų reikalavimams.

Detaliųjų apžiūrų metu nustatyti šie tilto elementų defektai ir pažaidos:

pakloto elementų

a) automobilių kelio važiuojamosios dalies dangos, šalitilčių gelžbetoninių blokų ir plieninių turėklų; b) kiti defektai ir pažaidos;

perdangų, atramų ir atraminių guolių

a) hidroizoliacijos būklė (pratakos ir t. t.); b) lokalūs plyšiai; c) apsauginio sluoksnio defektai, nuoskėlos; d) betono paviršių defektai (drėgmės pažeisti paviršiai ir t. t.); e) elementų mechaninės pažaidos; kiti defektai ir pažaidos.

Po tilto techninės apžiūros atliktas patikrinamas bandymas statine ir dinamine apkrova. Tilto statiniai ir dinaminiai bandymai atlikti 2024 m. balandžio mėn. 4 d. esant 6–8 C aplinkos temperatūrai. Tilto bandymai atlikti pagal techninę užduotį (žr. priedas Nr. 1) bei remiantis nurodymais TN Tiltai 23 [10.13]. Tilto natūriniai statiniai ir dinaminiai patikrinamieji bandymai atlikti siekiant patikrinti 35 metus eksploatuojamo tilto elgseną, gauti duomenų tilto perdangos plokščių bendrai sąveikai įvertinti. Šie aspektai būtini perdangos plokščių laikomąją galios ir atitikties esminiams statinio reikalavimams vertinimui, o taip pat rekomendacijų dėl galimų intervencinių priemonių poreikio statinio saugios eksploatacijos užtikrinimui pateikimui.

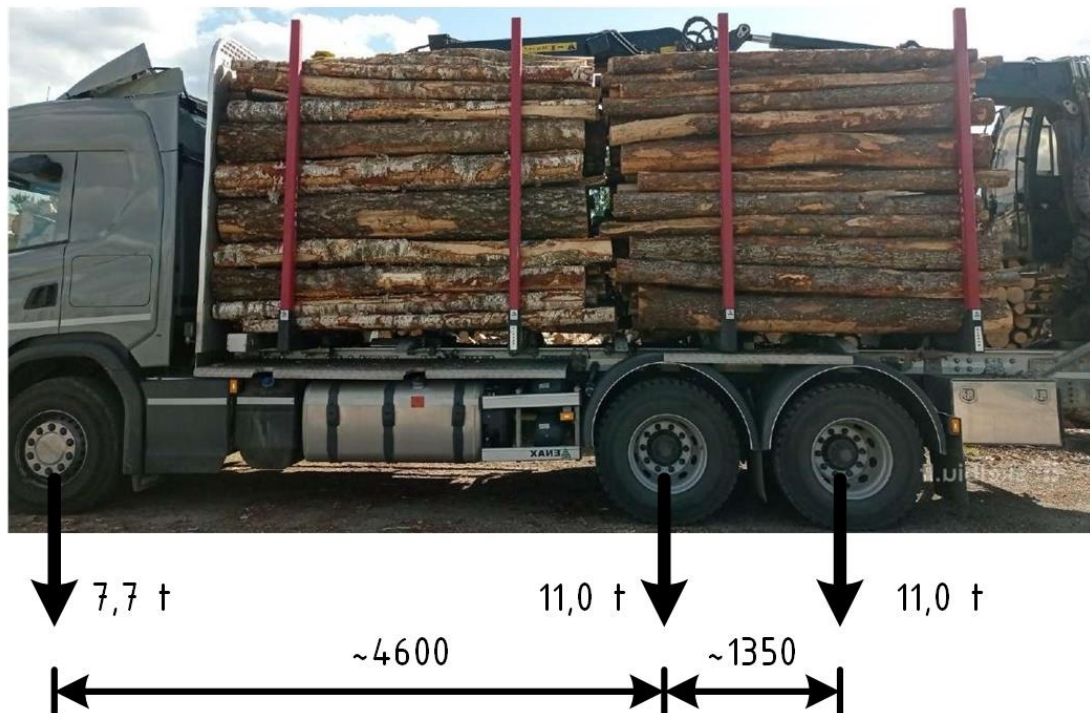
Tilto perdangos statiniam ir dinaminiam apkrovimui panaudotas mediena pakrautas miškovežis, kurio bendras svoris sudarė 29,7 t. Miškovežio bendras ir atskirų ašių svoriai bandymų dieną nustatyti Tenenių gyvenvietėje įsikūrusios žemės ūkio bendrovės platforminėmis svarstyklėmis (9 pav.). Miškovežio bendras vaizdas, ašių apkrovos ir atstumas tarp ašių pateiktas 10 pav.

Statinio bandymo metu miškovežis ant tilto išdėstytas labiausiai apkrautų plokščių maksimaliems lenkimo momentams tarpatramio viduriniame pjūvyje, o taip pat, įlinkiams šiame pjūvyje gauti. Miškovežis skersiniame perdangos pjūvyje išdėstytas taip, kad jo ašių ratai išsidėstytų ant plokščių P-3 ir P-5. Būtina pabrėžti, kad prieš bandymą nebuvo aiškus bandomosios apkrovos pasiskirstymo tarp plokščių skersine tilto linkme charakteris. Nuo šių

aspektų labai priklauso kiekvienai plokštei tenkanti apkrovos dalis bei kartu jos laikomoji galia eksploatacinių apkrovų poveikiams. Būtent statiniai ir dinaminiai bandymai padėjo atskleisti šiuos aspektus.



9 pav. Mediena pakrauto miškovežio svėrimas prieš bandymą



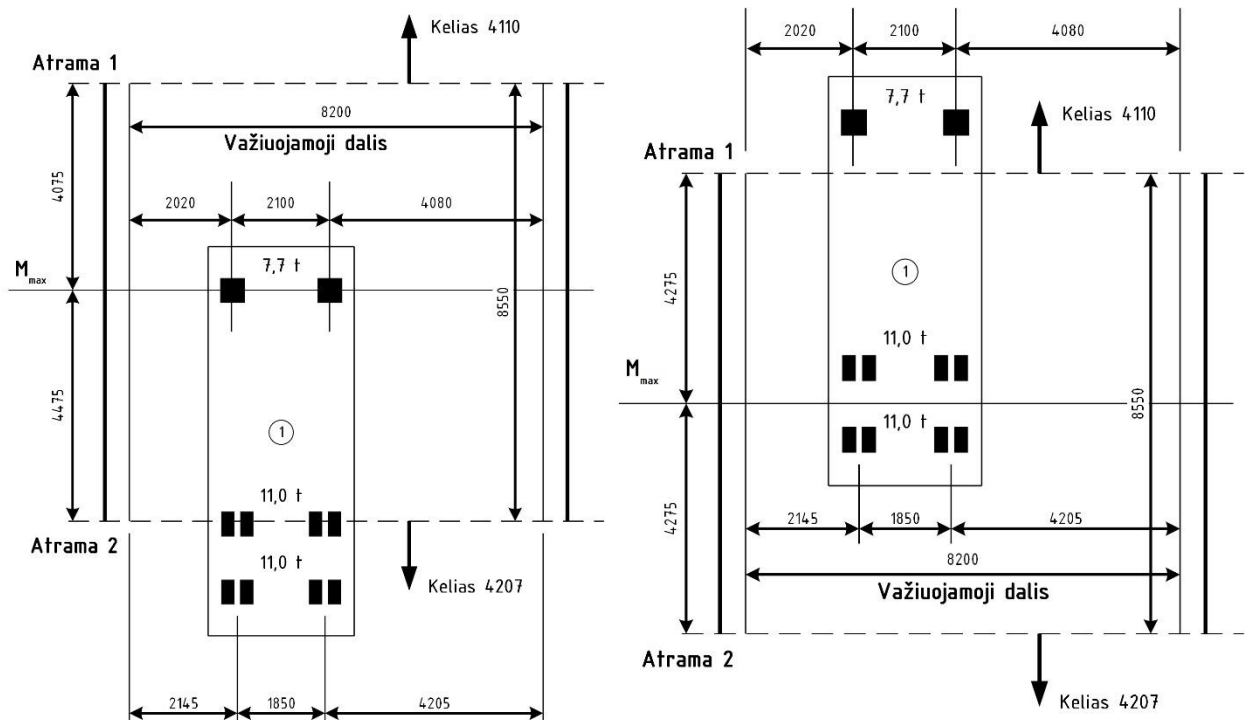
10 pav. Bandymams naudoto 3 ašių miškovežio bendras vaizdas ir pagrindinės charakteristikos
Perdanga savivarčiais apkrauta tokia seka (11 pav.):

- 1 padėtis – miškovežis ant perdangos užvažiuoja priekine ašimi (11 pav., viršuje kairėje);
- 2 padėtis – miškovežis ant perdangos užvažiuoja galinėmis ašimis (11 pav., viršuje dešinėje).

Tilto apkrovimas miškovežio apkrova statinio bandymo metu pateikta 11 pav. apačioje.

Apkrovas perdangą, kiekvienoje padėtyje išmatuotas tikslus miškovežio ašių išdėstymas ant perdangos, matavimai atlikti nuo aukštupio pusėje esančios važiuojamosios dalis krašto

(atitvarinio bloko ir važiuojamosios dalies sankirta). Kiekvienoje padėtyje apkrova išlaikyta ~5min, o paskutinėje apkrovimo pakopoje ~30 min arba iki prietaisų parodymų stabilizavimosi. Po kiekvieno apkrovimo perdanga buvo pilnai nukraunama.



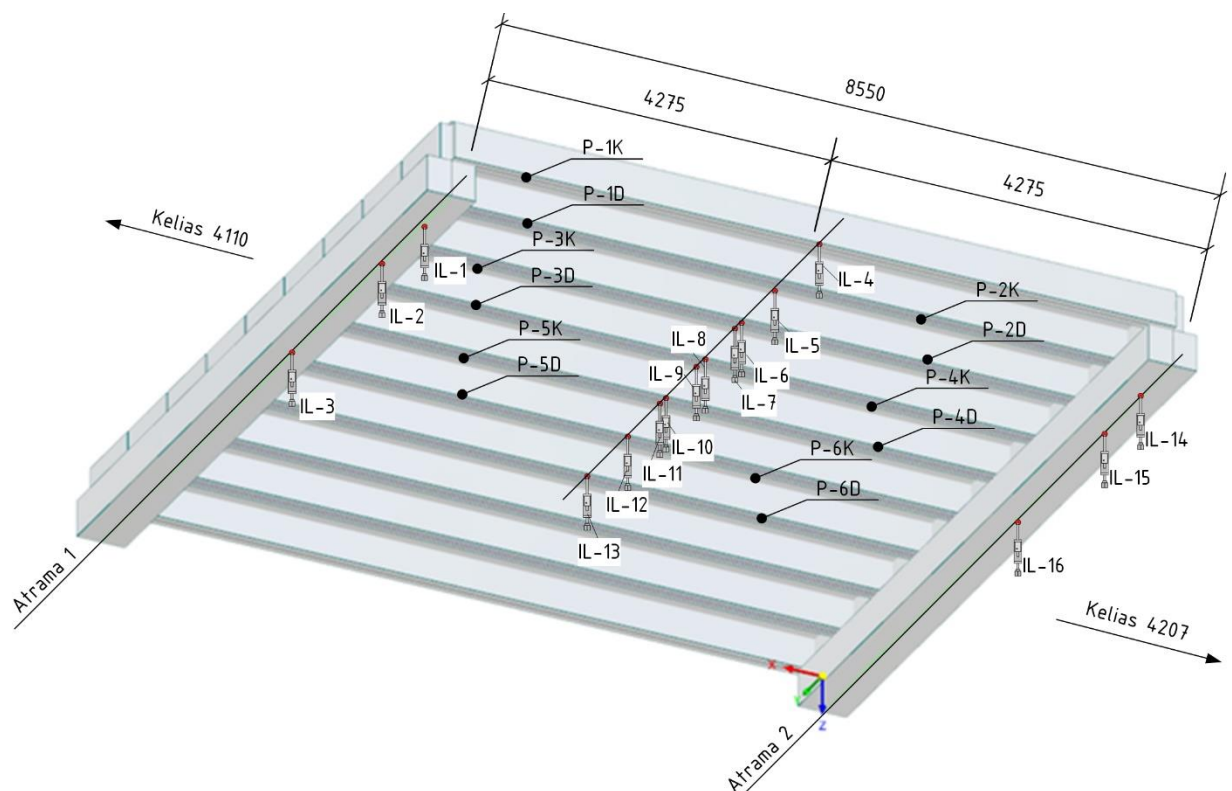
11 pav. Tilto statinio apkrovimo schemos perdangos plokščių maksimaliems lenkimo momentams ir įlinkiams gauti (viršuje) ir tilto statinio apkrovimo miškovėžio bandomąja apkrova bendri vaizdai (apačioje)

Statinio bandymo metu perdangos charakteringuose pjūviuose matuoti įlinkiai (poslinkiai). Prietaisų išdėstymo schema statinio bandymo metu pateikta 12 pav. Bandant perdangą matuoti skirtingų plokščių poslinkiai atramose bei tarpatramių viduriniuose pjūviuose. Matuoti perdangos plokščių P-1÷P-6 poslinkiai 16-je charakteringųjų pjūvių: atraminiuose pjūviuose (atramose 1 ir 2) ties plokščių P-1, P-2 ir P-5 simetrijos ašimis, viso 6 matavimo taškai, tarpatramio viduriniuose pjūviuose ties plokščių P-2÷P-5 briaunomis aukštupio ir žemupio pusėse, viso 8 matavimo taškai,

bei plokščių P-1 ir P-6 briaunose, atitinkamai, aukščiau ir žemiau pusėse, viso 2 matavimo taškai. Poslinkiai atraminiuose pjūviuose matuoti siekiant nustatyti atraminių dalių deformacijas. Skirtingų plokščių įlinkiai viduriniuose pjūviuose matuoti siekiant nustatyti ne tik poslinkių reikšmes esant skirtingiems apkrovimams, bet ir bandomosios apkrovos pasiskirstymą tarp perdangos plokščių skersine tilto linkme.

Poslinkiams matuoti panaudoti 0,001 mm tikslumo, 25 mm eigos skaitmeniniai įlinkiomačiai. Skaitmeninių įlinkiomačių signalas perduodamas į imtuvą, kuris jį apdoroja. Apdoroti duomenys perduodami kompiuteriui, kuriame vaizduojami matuojamos konstrukcijos poslinkiai. Statinių poslinkių matavimo įrangos bendras vaizdas pateiktas 13 pav.

Poslinkiai matuoti visuose perdangos apkrovimo etapuose nuo miškovežio užvažiavimo ant tilto iki pilno nuvažiavimo. Kiekvienoje apkrovimo padėtyje matuotos trys perdangos įlinkių reikšmės: a) įlinkiai iš karto po perdangos apkrovimo; b) įlinkiai, išlaikius apkrovą ant perdangos; c) įlinkiai, nukrovus perdangą. Tokie matavimai leido nustatyti ne tik tampriuosius trumpalaikius, bet ir plastinius įlinkius. Nukrovus perdangą nustatyti liekamieji įlinkiai. Statinio bandymo metu stebėta bendra tilto laikančiųjų konstrukcijų laikysena bei galimas gelžbetoninių konstrukcijų pleišėjimas ir esamų plyšių vystimasis.



12 pav. Statinių poslinkių matavimo prietaisų išdėstymo schema



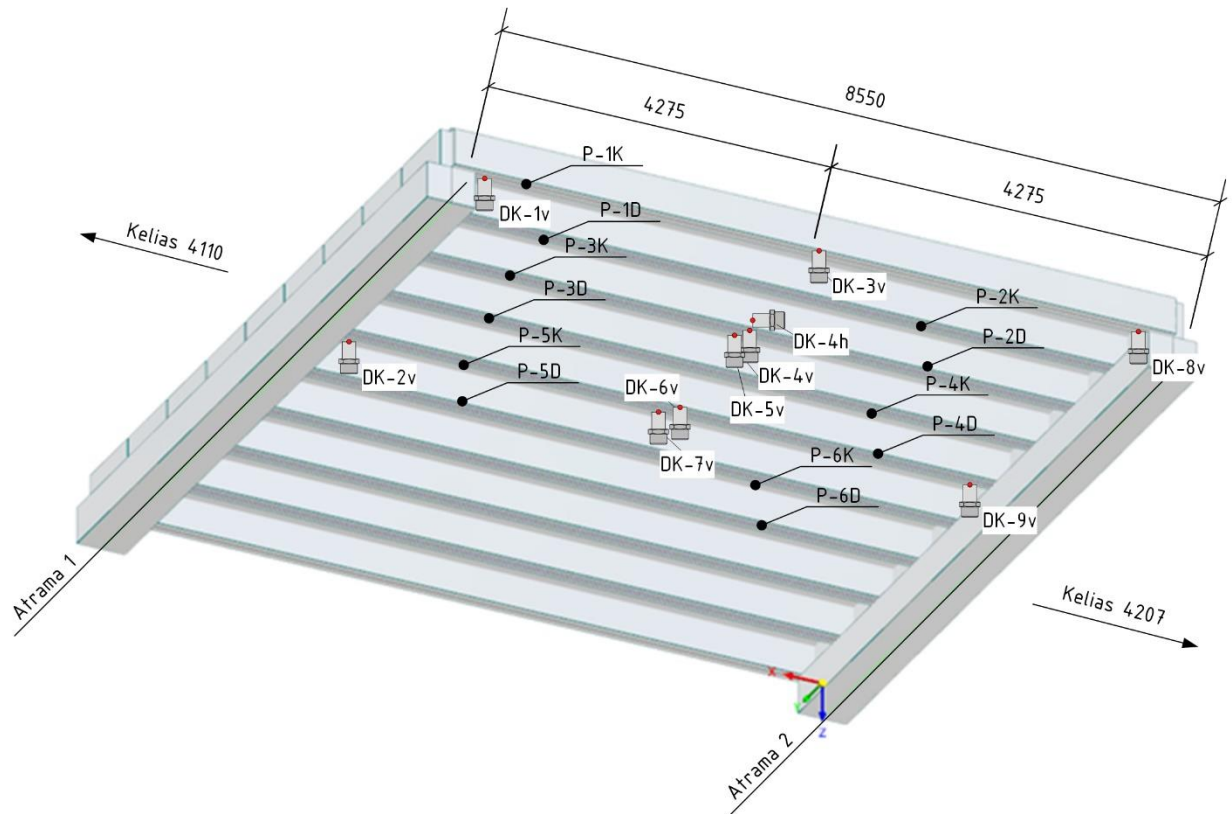
13 pav. Statiniams įlinkiams matuoti naudoti skaitmeniniai įlinkiomačiai (kairėje) ir jų sąsaja su imtuvu bei personaliniu kompiuteriu (dešinėje)

Dinaminio bandymo metu matuoti tilto perdangos plokščių svyravimai esant skirtingam žadinimui. Perdangos svyravimai sužadinti dviem būdais: 1) krintančio krūvio ($m \approx 100$ kg) apkrova, 2) pakrautam miškovežiui važiuojant per tiltą. Miškovežis per tiltą paeiliui važiavo skirtingomis kryptimis skirtingais greičiais: 10 km/h; 30 km/h; 40 km/h; 50 km/h; 60 km/h; 68 km/h (tai didžiausias saugus greitis, kurį pavyko pasiekti bandymo metu). Papildomi matavimai atlikti pravažiavus tam pačiam miškovežiui su prikabinta bei mediena pakrauta 2 ašių priekaba. Važiavimo greitis 40 km/h.

Prietaisų išdėstymo schema tilto dinaminio bandymo metu pateikta 14 pav. Dinaminio bandymo metu perdangoje matuoti poslinkiai ir svyravimų pagreičiai. Dinaminiai parametrai matuoti 9 charakteringųjų perdangos pjūvių: atraminėse zonose 4 pjūviuose vertikale kryptimi, tarpatramio vidurinėse zonose 5 pjūviuose vertikale kryptimi ir 1 pjūvyje horizontale skersine kryptimi. Matavimų imti iš viso sudarė 10 matavimo taškų.

Matavimams panaudota Brüel & Kjær LAN XI dinaminio tyrimų sistema. Matavimo signalai vėliau apdoroti kompiuterine įranga, panaudojant programinius paketus Origin 6 ir Pulse. Pagreičiams ir dinaminiam poslinkiams matuoti naudoti jautrūs pjekzokeraminiai žemo dažnio seisminiai keitikliai. Triukšmų pašalinimui naudotas signalų filtravimas laikantis šaltinyje [10.10] pateiktų rekomendacijų geležinkelio tiltams (automobilių tiltams specialių nurodymų nėra), pagal kuriuos būtina atsižvelgti į dažnius iki didesniojo iš: a) 30 Hz, b) nagrinėjamojo elemento pagrindinės virpesių formos dažnis, padaugintas iš 1,5; c) elemento trečiosios virpesių formos dažnis. Bandymų metu gauti rezultatai panaudoti nustatant pagrindinius dinامينius rodiklius:

svyravimų dažnį, dinaminį koeficientą, svyravimų pagreitį ir slopimo koeficientą. Bandymo metu taip pat stebėta perdangos laikysena. Detalūs statinių ir dinaminių bandymų rezultatai ir jų sugretinimas su teoriniais skaičiavimais pateikti šio akto 11.22–11.39 punktuose.



14 pav. Dinaminių parametrų matavimo prietaisų išdėstymo schema

Atlikus tilto laikančiųjų konstrukcijų detaliąją techninės būklės apžiūrą bei statinius ir dinامينius patikrinamuosius bandymus, įvertinta tilto perdangos laikomoji galia LST EN 1991-2 [10.10] normose reglamentuojamų apkrovų modelių poveikiui. Žemiau pateikiama trumpa informacija apie skaičiavimuose taikytas apkrovas.

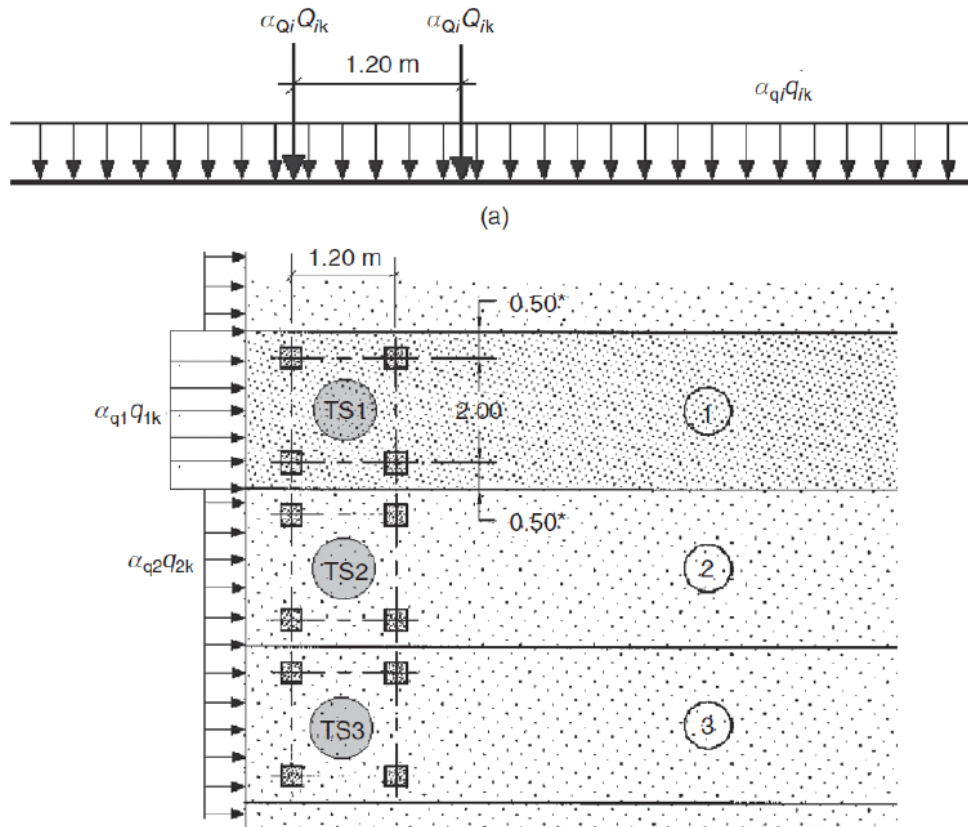
Nuolatinė apkrova

Perdangos konstrukcijų nuosavojo svorio, kelio pakloto ir šalitilčių apkrova priimta pagal detaliosios apžiūros duomenis bei skaitmeninį modelį. Skaičiavimuose priimtas nuolatinės apkrovos patikimumo koeficientas $\gamma=1,35$.

Kintamoji apkrova

Skaičiavimuose, taikant LST-EN 1991-2 apkrovų modelius, įvertintas LMI pagrindinis vertikalios apkrovos modelis, kurio išdėstymo ant tilto principinė schema bei charakteristinės reikšmės pateiktos 15 pav. Šios reikšmės papildomai padaugintos iš apkrovas koreguojančių koeficientų. Nagrinėti du atvejai: 1) $\alpha_{Q1}=0,8$ bei $\alpha_{Q2}=\alpha_{Q3}=\alpha_{q1}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$; 2) $\alpha_{Q1}=\alpha_{Q2}=\alpha_{q1}=0,65$ bei $\alpha_{Q3}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$. Pastarieji koeficientai nusako eismo

intensyvumo nukrypimą nuo normalaus bei nurodyti nacionalinio taikymo dokumentuose Lietuvoje projektuojamiems naujiems bei eksploatuojamiems tiltams.



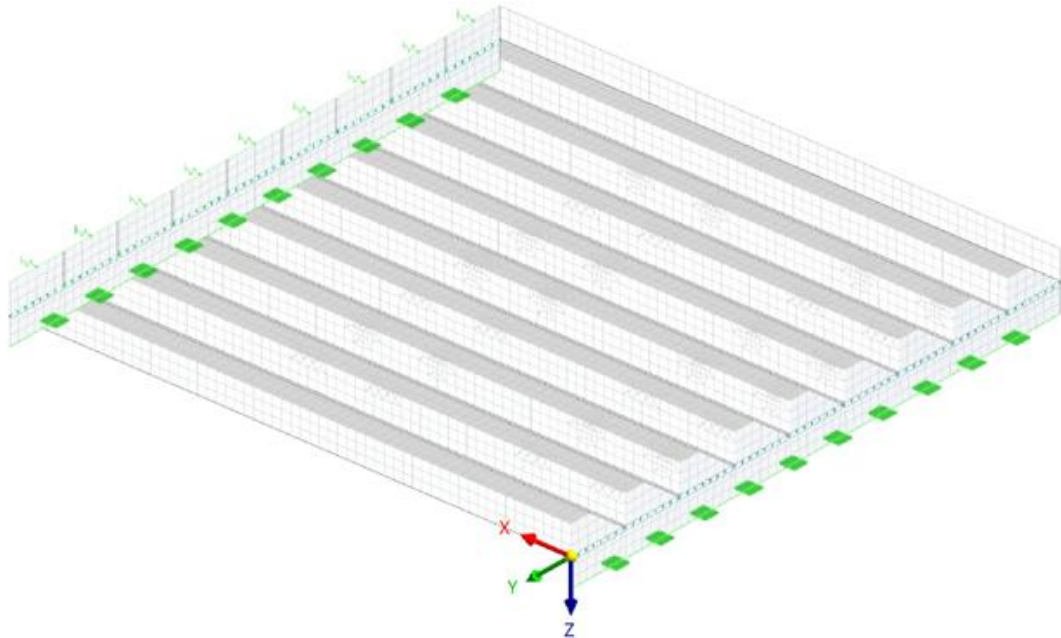
Vieta	Tandeminė apkrova TS	UDL apkrova
	Ašies apkrovos Q_{ik} (kN)	q_{ik} (arba q_{lk})
1-oji juosta	300	9
2-oji juosta	200	2,5
3-oji juosta	100	2,5
Kitos juostos	0	2,5
Liekamasis plotas (q_{lk})	0	2,5

15 pav. LM1 apkrovų modelio schema (viršuje) ir charakteristinės reikšmės (apačioje)

Teoriniuose tyrimuose papildomai įvertinti galimų eksploatacinių transporto priemonių apkrovų poveikių įtaka perdangos plokščių laikomajai galiai normaliniame ir įstrižajame pjūviuose. Skaičiavimuose panaudota dvi keturių ašių sunkiasvorė transporto priemonė, kurios parametrai: bendras svoris – 50 t, priekinių (I ir II) ašių svoris – po 11 t, galinių (trečiosios ir ketvirtosios) ašių – po 14 t. Savivarčio ašių formulė išilgine kryptimi pradedant nuo pirmosios ašies – 1,8+3,0+1,4 m. Būtina pabrėžti, kad panašių parametru transporto priemonių eismas automobilių keliais Lietuvoje be specialių leidimų yra draudžiamas. Skaičiavimuose papildomai įvertintas dinaminis apkrovos koeficientas $1+\phi=1,30$ bei apkrovos patikimumo koeficientas $\gamma=1,35$. Pastarasis priimtas pagal standarto LST EN 1990 [10.8] nuostatas automobilių tiltų apkrovų modeliui LM1. Dinaminis koeficientas priimtas atsižvelgiant į šių tyrimų metu gautų

dinaminių bandymų rezultatų tendencijas. Teoriniuose tyrimuose nagrinėtas apkrovimo atvejis, kai tilto perdanga apkrauta dviem identišku geometrinį parametrų savivarčiais.

Laikančiųjų konstrukcijų (perdangos ir polių) įrąžos, veikiant nuolatinei bei skirtingoms kintamoms apkrovoms apskaičiuotos sudarius tilto baigtinių elementų modelį, taikant strypinius baigtinius elementus (16 pav.).



16 pav. Tilto perdangos baigtinių elementų modelis

Laikomosios galios (saugos ribinio būvio) tikrinimas atliktas apskaičiuojant plokščių skirtingų skerspjūvių išnaudojimo koeficientus M_{Ed}/M_{Rd} bei V_{Ed}/V_{Rd} , kur M_{Ed} ir V_{Ed} – suminių nuolatinių ir kintamųjų poveikių sukelti, atitinkamai, lenkimo momentai ir skersinės jėgos; M_{Rd} ir V_{Rd} – nagrinėjamos skerspjūvio, atitinkamai, atlaikomasis momentas ir atlaikoma skersinė jėga. Laikomos galios skaičiavimai atlikti įvertinus tilto eksploatacijos metu atsiradusias pažaidas.

Tilto perdangos plokščių laikomosios galios patikra atlikta pagal reglamente STR 2.05.05:2005 [10.7]. Lenkiamųjų tėjinio skerspjūvio elementų, gniuždomojoje zonoje turintys lentyną, kai $\xi_{eff} = \frac{x_{eff}}{d} \leq \xi_{lim}$, atlaikomasis lenkimo momentas M_{Rd} apskaičiuotas pagal STR 2.05.05:2005 [10.7] atsižvelgiant į neutraliosios ašies padėtį. Jeigu neutralioji ašis yra lentynoje, t. y. galioja nelygybė

$$f_{yd}A_{s1} \leq f_{cd}b_{eff}h_f + f_{scd}A_{s2} \quad (1)$$

Tuomet elementą apskaičiuojame kaip b_{eff} pločio stačiakampio skerspjūvio elementai:

$$M_{Ed} \leq f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot x_{eff} (d - 0,5x_{eff}) + f_{scd} \cdot A_{s2} (d - a_2), \quad (2)$$

Gniuždomosios zonos aukštis x_{eff} apskaičiuojamas taip:

$$f_{yd}A_{s1} - f_{scd}A_{s2} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}. \quad (3)$$

Jeigu neutralioji ašis yra sienelėje, t. y. negalioja (1) nelygybė, elementas apskaičiuojamas nagrinėjant sąlygą:

$$M_{Ed} \leq f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff}(d - 0,5x_{eff}) + f_{cd}(b_{eff} - b_w)h_f(d - 0,5h_f) + f_{scd}A_{s2}(d - a_2). \quad (4)$$

Gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas nagrinėjant lygtį

$$f_{yd} \cdot A_{s1} - f_{scd}A_{s2} = f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} + f_{cd}(b_{eff} - b_w)h_f. \quad (5)$$

Aukščiau pateiktose išraiškose gniuždomojo betono skaičiuotinis stipris apskaičiuojamas taip:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c, \quad (6)$$

kur koeficientai $\alpha = 0,9$ ir $\alpha_{cc}=1$, f_{ck} – charakteristinis betono gniuždomasis stipris; γ_c – medžiagos patikimumo koeficientas gelžbetoninėms konstrukcijoms priimamas – 1,5.

Elementų su skersine armatūra skaičiuotinis atsparumas skersinėms jėgoms skersinės armatūros, kertančios įstrižąjį pjūvį, atžvilgiu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{Rd,sy} = V_{Rd,c} + V_{Rd,sw} \quad (7)$$

Skersinė jėga $V_{Rd,c}$, kurią atlaiko betonas, apskaičiuojamas pagal formulę

$$V_{Rd,c} = \frac{\varphi_{c2}(1 + \varphi_n)f_{ctd}bd^2}{c} \geq \varphi_{c3}(1 + \varphi_n)f_{ctd}bd \quad (8)$$

Skersinės jėgos $V_{Rd,sw}$ ir $V_{Rd,s,inc}$ nustatomos pagal jėgą, veikiančią sankabose, kertančiose įstrižąjį pjūvį, kurio projekcija į elemento išilginę ašį yra c_0 . Projektijos c_0 į elemento išilginę ašį ilgis nustatomas iš $V_{Rd,sw}$ išraiškos pagal (7) formulę minimumo, (8) formulėje vietoje c įrašius c_0 . Gautoji c_0 reikšmė imama ne didesnė kaip $2d$ ir ne didesnė kaip c , taip pat ne mažesnė kaip d , jeigu $c > d$, kur d – naudingasis skerspjuvio aukštis perdangos plokštės atraminiame pjūvyje.

Polinių koloninių atramų įrąžos apskaičiuotos skaičiuojama kaip kas 2 m išdėstyta polių grupė, įtvirtinta į gruntą apačioje ir su paslankia horizontalia lanksčia atrama poliaus viršutiniame taške. Iškasos gylis ir kiti geometriniai parametrai bei pagrindų geotechninės charakteristikos priimtos pagal turimos projektinės dokumentacijos duomenis. Ramtų polių įrąžos apskaičiuotos priėmus LST-EN 1991-2 standarte tiltų ramtų analizei reglamentuojamą apkrovų modelį LM1 su apkrovą koreguojančiais koeficientais $\alpha_{Q1}=0,8$ bei $\alpha_{Q1}=0,8$ bei $\alpha_{Q2}=\alpha_{Q3}=\alpha_{q1}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$.

Tilto detaliosios apžiūros, eksperimentinių ir teorinių tyrimų rezultatai pateikti 11 punkte, privalomos ir neprivalomos pastabos, atitinkamai 12 ir 13 punktuose, o statinio techninės būklės įvertinimas 14 punkte.

10. Vertinimo kriterijai ir nuorodiniai dokumentai

10.1. LR Statybos įstatymas.

10.2. STR 1.03.01:2016. Statybiniai tyrimai. Statinio avarija. 2016.

10.3. STR 1.04.04:2017. Statinio projektavimas, projekto ekspertizė. 2017.

10.4. TR 2.01:2019. Automobilių kelių ir geležinkelio tiltų ir tunelių projektavimas. 2019.

10.5. STR 2.05.03:2003. Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai. 2003.

10.6. STR 2.01.01(1):2005. Esminis statinio reikalavimas Mechaninis atsparumas ir pastovumas. 2005.

10.7. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 2005.

10.8. LST EN 1990:2004/A1/NA:2010. Eurokodas. Konstrukcijų projektavimo pagrindai. 2010.

10.9. LST EN 1991-1-1:2004/NA:2011. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-1 dalis. Bendrieji poveikiai. Tankiai, savasis svoris, pastatų naudojimo apkrovos. 2011.

10.10. LST EN 1991-2:2004/NA:2012. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 2 dalis. Tiltų eismo apkrovos. 2012.

10.11. LST EN 1992-1-1:2005/NA:2011/P:2019. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1–1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės. 2019.

10.12. LST EN 1992-2:2006/NA:2011. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 2 dalis. Gelžbetoniniai tiltai. Projektavimo ir konstravimo taisyklės. 2011.

10.13. TN Tiltai 23. Automobilių kelių tiltų statinio ir dinaminio tyrimo nurodymai. 2023.

10.14. СНuП 2.05.03-84. Мосты и трубы. 1988.

10.15. СНuП II-Д.7-62. Мосты и трубы. Нормы проектирования. 1963.

10.16. СН 200-62. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. 1962.

10.17. СН 365-67. Указания по проектированию железобетонных и бетонных конструкций железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. 1967.

10.18. Automobilių kelių tilto techninis pasas. Tenenių sen. Kelias Jomantai, Teneniai-Teneniai, Pajūralis. Tiltu vieta: Tenenio upė, pk.46+60.

10.19. Respublikinis vandens ūkio projektavimo institutas. Tiltas per Tenenio upę, pk. 46+65. Darbo projektas. Statybinė dalis. Tomas II, aiškinamasis raštas, brėžiniai. 1987.

10.20. UAB "Proplanas". Tenenių k., kelias Nr. TE-06, tilto per Tenenio upę konstrukcinės dalies ekspertizė. Statinio ekspertizės aktas Nr. PRO/DSSE-2021-12-07. 2021.



11. Tilto techninės apžiūros, eksperimentinių ir teorinių tyrimų rezultatai

Šiame akto punkte apibendrinti tiriamo tilto detalios apžiūros, statinių ir dinaminių natūrinių bandymų bei perdangos plokščių laikomosios galios rezultatai, pateikiamos išvados dėl užfiksuotų defektų galimo poveikio statinio konstrukcijų saugai ir ilgaamžiškumui. Techninės apžiūros rezultatai pateikiami atskirai kiekvienai statinio konstrukcijai ir elementams: paklotui, perdangos gelžbetoninėms plokštėms, atramoms, atraminiams guoliams, kitiems tilto elementams. Charakteringų defektų fotofiksacija pateikta pridėtose nuotraukose.

Pakloto elementai

11.1. Nors paklotas nėra konstrukcinis elementas ir nekelia pavojaus konstrukcijų saugos požičiūriu, tačiau jis svarbus elementas saugios eksploatacijos ir ilgaamžiškumo prasme. Tiltu nuolat važiuoja automobilių transportas, vaikšto pėstieji ir važinėja dviratininkai, todėl pakloto elementų būklė turi būti nuolat stebima ir kontroliuojama.

11.2. Važiuojamosios dalies paklotas tyrimų metu buvo patenkinamos būklės. Pakloto viršutinė dalis padengta žvyro sluoksniu (vidutiniškai apie 100 mm), nors pagal turimą projektinę dokumentaciją turi būti įrengta cementbetonio danga. Pastaroji danga įrengta po žvyro sluoksniu. Jos būklės patikrinti nėra galimybės. Esama žvyro danga nelygi ir duobėta, todėl ženkliai padidina pravažiuojančių transporto priemonių sukeltus dinامينius poveikius tilto laikančiosioms konstrukcijoms. Eksploataciniu požičiūriu išlaikyti lygią žvyro dangą yra sudėtinga, todėl ateityje būtina numatyti važiuojamosios dangos atnaujinimą, priimant inžinerinius sprendimus, kurie nepadidintų nuolatinės apkrovos tiltui.



17 pav. Nelygi važiuojamosios dalies žvyro danga

11.3. Pakloto hidroizoliacijos būklės patikrinti nėra galimybės, tačiau pagal žemiau esančių gelžbetoninių plokščių būklę, ji nėra gera. Tyrimų metu perdangos lokaliuose zonose nustatytos vandens pratakos bei jų sukelta gelžbetoninių konstrukcijų betono ir plieno korozija (18 pav.). Bloga hidroizoliacijos būklė yra kertinis defektas ženkliai mažinantis nuolat drėkinamų gelžbetoninių elementų ilgaamžiškumą. Tiltas eksploatuojamas jau 35 metus. Tuo tarpu, kai kurių

šaltinių duomenimis, hidroizoliacinio sluoksnio skaičiuotinė gyvavimo trukmė yra apie 15 metų. Tikėtina, kad per minėtą eksploatacijos laiką tilto pakloto hidroizoliacinis sluoksnis keistas nebuvo. Ateityje keičiant tilto paklotą būtina pakeisti ir tilto hidroizoliacinius sluoksnius.



18 pav. Dėl blogos hidroizoliacijos perdangos lokaliuose zonose matomos vandens pratakos bei jų sukelta gelžbetoninių plokščių betono ir armatūros korozija

11.4. Perdangų ir krantinių atramų sandūros zonoje pakloto lygmenyje turėjo būti įrengti užpildyti deformaciniai pjūviai. Tyrimų metu jų nustatyti nepavyko. Tikėtina, kad deformaciniai pjūviai užpildyti cementinės pakloto dangos sluoksniais. Pjūvių įrengimas tiltuose reglamentuojamas TR 2.01:2019 [10.4] reglamento 92 p. Šie elementai turi užtikrinti laisvas nevaržomas pakloto elementų deformacijas, šioje zonoje žemiau esančių konstrukcijų apsaugą nuo atmosferos poveikių bei kitus aspektus reglamentuojamus TR 2.01:2019 94 p. [10.4] ir užtikrinančius tilto konstrukcijų bei elementų ilgaamžiškumą ir tinkamas eksploatacines savybes. Dėl deformacinių pjūvių nebuvimo šiose zonose drėkinami žemiau esantys tilto atramų bei perdangų elementai (19 pav.)



19 pav. Dėl neįrengtų deformacinių pjūvių drėkinami perdangos ir atramų elementai

11.5. Gelžbetoniniai barjeriniai atitvarai vietomis suirę ir supleišėję. Defektai užfiksuoti ~40% atitvarinių blokų. Tilto aukštupio pusėje ties atrama 2 nusėdęs kraštinis barjerinis blokas. Pastarąjį defektą lėmė pagrindo ties kraštine atrama deformacijos ir išplovimas. Charakteringi barjerinių blokų defektai pateikti 20 pav.



20 pav. Supleišėję, pažeisti ir deformuoti gelžbetoniniai barjeriniai atitvarai

11.6. Barjerinių atitvarų aukštis virš kelio dangos – 230 mm ir netenkina TR 2.01:2019 [10.4] 96 p. reikalavimų, pagal kuriuos barjerinių atitvarų aukštis nuo kelio dangos turi būti ne mažesnis kaip 750 mm. Kita vertus, atitvarai yra tiek fiziškai, tiek ir morališkai nusidėvėję ir tilto kapitalinio remonto/rekonstrukcijos metu turi būti pakeisti naujais, šiuolaikinius reikalavimus atitinkančiais atitvarais.

11.7. Plieninių turėklų būklė apžiūros metu buvo gera. Turėklai nudažyti. Lokaliuose zonose turėklų elementai deformuoti (21 pav.). Be to, jų aukštis 1,03 m netenkina TR 2.01:2019 [10.4] 96 p. reikalavimų, pagal kuriuos turėklų aukštis turi būti ne mažesnis kaip 1,1 m, o jeigu šalitilčiais organizuojamas dviračių eismas – ne mažesnis kaip 1,2 m. Kita vertus, pagal LST EN 1991-2

standartą [10.10] šaltilčių turėklai turi atlaikyti šiame dokumente reglamentuojamus mechaninius poveikius. Ateityje rengiant tilto remonto/rekonstrukcijos projektinius sprendinius į šiame akto punkte nurodytus reikalavimus būtina atsižvelgti.



21 pav. Deformuoti plieninių turėklų elementai

11.8. Tiltu neįrengta vandens nuvedimo sistema ir lietaus vanduo filtruojasi bei dėl nusidėvėjusios hidroizoliacijos drėkina žemiau esančius gelžbetoninius elementus (18–19 pav.). Vandens nuvedimo nuo tilto reikalavimai numatyti TR 2.01:2019 [10.4] reglamento IX skyriuje. Būtina atkreipti dėmesį, kada pagal šio skyriaus 157 p. reikalavimus tiltams, kurių perdangos tarpatramio ilgis mažesnis nei 12 m, vandens surinkimo šulinėliai numatomi tilto galuose (prietilčiuose). Be to, vandens nuvedimo sistema turi būti įrengta papildomai atsižvelgiant į STR 2.01.01(3):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga“ nustatytus aplinkosauginius reikalavimus statiniams.

11.9. Nenumatytas tilto apšvietimas tamsiu paros metu. Tilto kapitalinio remonto/rekonstrukcijos metu būtina numatyti tilto apšvietimą, kuris numatytas pagal TR 2.01:2019 [10.4] reglamento 88 p. reikalavimus.

Gelžbetoninės perdangos plokštės

11.10. Gelžbetoninės perdangos plokščių būklė yra bloga. Dėl nusidėvėjusios hidroizoliacijos ir ciklinių temperatūrinių poveikių perdangos plokščių betono paviršiai sudūlėję, ant betono paviršių nusėdę cementinio akmenų elementai (stalaktitai), visose plokštėse pažeisti armatūros apsauginiai sluoksniai, lokaliuose zonose prasidėjusi išilginės armatūros korozija, pasitaiko eksploatacijos metu atsiradusių nuoskėlių, visos siūlės tarp gretimų plokščių nepilnai užpildytos monolitinio betono sluoksniais. Visose plokštėse gausu išilginių plyšių, kurių pagrindinė priežastis armatūros ir betono apsauginio sluoksnio korozija. Plokštėse nustatyti ir normaliniai plyšiai, tačiau jų plotis neviršija STR 2.05.05:2005 [10.7] nustatytų reikalavimų. Kai kuriose plokštėse yra ir įstrižųjų plyšių atraminėse plokščių zonose. Plokščių paviršiai padengti remontiniais mišiniais. Tačiau kai kuriose zonose remontinės dangos supleišėjusios arba suirusios. Visi šiame punkte išvardinti defektai turi esminės įtakos perdangos plokščių ilgaamžiškumo ir laikomosios galios sumažėjimui. Charakteringi perdangos plokščių defektai pateikti 22 pav.



21 pav. Gelžbetoninių perdangos plokščių defektai: betono korozija, išilginiai ir įstrižieji plyšiai, remontinių mišinių pažaidos



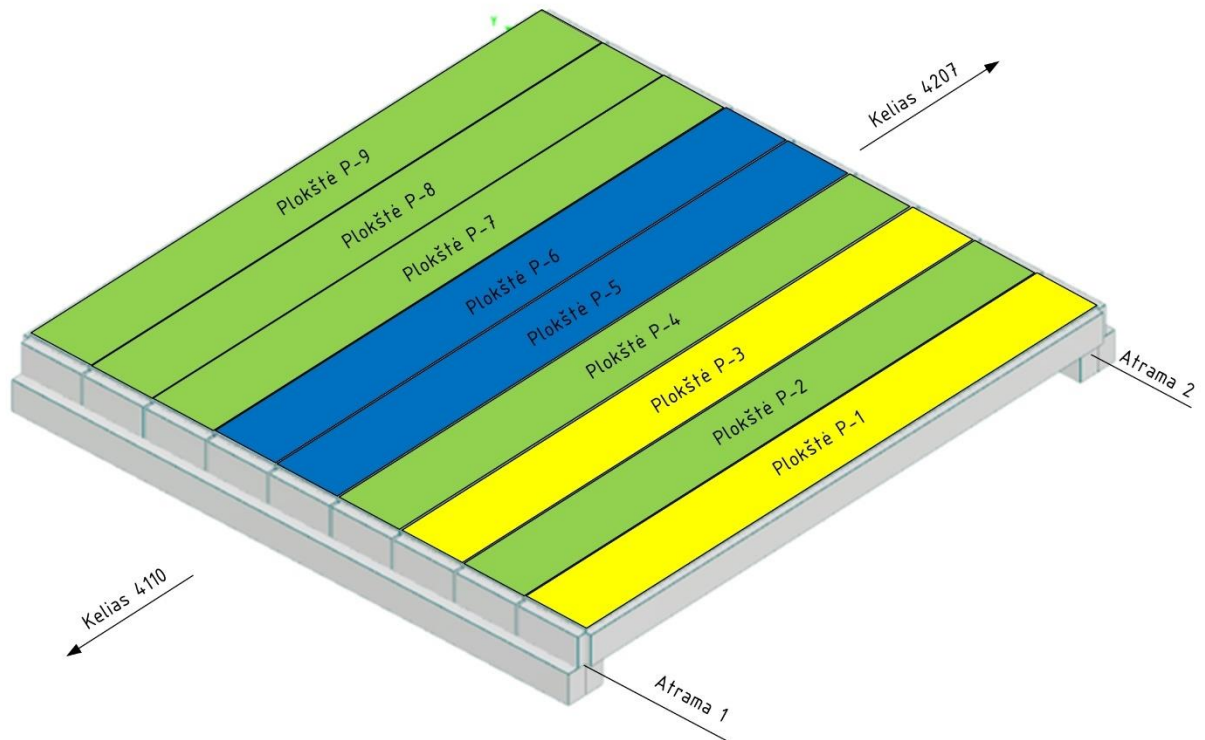
21 pav. tęsinys. Gelžbetoninių perdangos plokščių defektai: betono korozija, armatūros korozijos sukelti išilginiai, apsauginio sluoksnio defektai ir nuoskėlos lokaliuose zonose, porėto betono sluoksniai, prasidėjusi išilginės armatūros korozija

11.11. Perdangos plokščių defektų ir pažeidų paplitimas apibendrintas 1 lentelėje. Joje pateiktos nuorodos į užsakovui pateiktas nuotraukas skaitmeniniame formate. Atsižvelgiant į šioje lentelėje pateiktus duomenis perdangos plokštės pagal techninės būklės pokyčius ir įvertčius sąlyginai suskirstytos į 3 grupes. Perdangos plokščių būklės įvertčiai apibendrinti 22 pav. Iš paveikslo matyti, kad labiausiai pažeistos ir nusidėvėjusios yra P-1 ir P-3 plokštės. Jų būklė labai bloga, jose yra pažengusių defektų ir pažeidų ženkliai mažinančių ilgaamžiškumą ir laikomąją galią. Šias plokštes būtina kapitaliai remontuoti, nuvalant pažeistą armatūrą, atstatant pažeistus betono sluoksnius ir pagal pažeidų ir defektų dydį spręsti dėl stiprinimo poreikio. Perdangos plokščių P-5 ir P-6 būklė bloga. Kapitaliai remontuojant šias plokštes būtina nuvalyti betono paviršius bei atstatyti betono apsauginį sluoksnį, užtikrinti armatūros korozijos tolimesnę prevenciją. Likusių plokščių (P-2, P-4, P-7–P-9) techninė būklė patenkinama. Kapitaliai remontuojant šias plokštes būtina nuvalyti korozijos betono paviršius bei atstatyti betono apsauginį sluoksnį.

1 lentelė. Perdangos plokščių defektų ir pažeidų suvestinė.

Plokštės žymėjimas	Defektas/pažeida		
	Paviršių drėkinimas, betono korozija	Išilginiai plyšiai	Per mažas arba atšokęs armatūros apsauginis sluoksnis, nuoskėlos ir porėto betono zonos
<i>P-1</i>	<i>IMG_9437–9439, 9515, 9536</i>	<i>IMG_9433–9436, 9443, 9516, 9517</i>	<i>IMG_9518</i>
<i>P-2</i>	-	<i>IMG_9446</i>	<i>IMG_9518</i>
<i>P-3</i>	<i>IMG_9447–9448, 9520</i>	<i>IMG_9449, 9450, 9521, 9554, 9555</i>	-
<i>P-4</i>	<i>IMG_9463, 9522</i>	<i>IMG_9458–9460</i>	<i>IMG_9456, 9523</i>
<i>P-5</i>	<i>IMG_9465, 9524</i>	<i>IMG_9462</i>	-
<i>P-6</i>	-	<i>IMG_9467–9468</i>	<i>IMG_9469, 9525</i>
<i>P-7</i>	<i>IMG_9473, 9526, 9530</i>	<i>IMG_9470–9472, 9526</i>	<i>IMG_9474</i>
<i>P-8</i>	<i>IMG_9530</i>	<i>IMG_9476–9478, 9527</i>	-
<i>P-9</i>	<i>IMG_9536</i>	<i>IMG_9480</i>	<i>IMG_9481, 9531, 9532, 9536, 9537</i>





- žymūs lokalūs armatūros ir betono korozijos židiniai, ženklūs betono apsauginio sluoksnio defektai, normaliniai, įstrižieji ir išilginiai plyšiai. Plokščių būklė labai bloga. Plokštės būtina kapitaliai remontuoti, nuvalant pažeistą armatūrą ir pagal pažeidos dydį spresti dėl stiprinimo poreikio.
- lokali armatūros korozija. Plokščių būklė bloga. Nuvalyti betono paviršius, atstatyti apsauginį sluoksnį.
- lokalios pažeidos. Plokščių būklė patenkinama. Nuvalyti korozijos pažeistus sluoksnius ir atstatyti apsauginį sluoksnį.

22 pav. Gelžbetoninių perdangos plokščių techninės būklės įverčiai

Atraminiai guoliai

11.12. Atraminių guolių tilte iš esmės nėra. Juos atstoja tarp perdangos ir atramų įrengti guminiai intarpai. Jų būklė patenkinama, esminių pažeidimų juose nėra (23 pav.). Naujų atraminių guolių įrengimas nėra paprastas, kadangi tektų pakelti perdangos plokštes. Kita vertus, perdangos atraminiuose ruožuose galima įrengti perdangos padėties pastovumą užtikrinantys plieniniai strypai. Atraminių guolių nebuvimas lemia lokalių defektų ir plyšių atsiradimą perdangos plokščių atraminėse zonose. Toliau eksploatuojant tiltą būtina nuolatos stebėti perdangos atramines zonas sandūrose su ramtų rygeliais.

Kraštinės atramos

11.13. Abiejų kraštinių atramų būklė panaši ir yra gera. Ramtuose yra nemažai tokio tipo konstrukcijoms būdingų defektų. Apžiūrėjus tilto polių–kolonas ir virš jų esančius rygelius nustatyta, kad kraštinėse atramose reikšmingų pažeidimų lemiančių jų laikomosios galios ir saugos

sumažėjimą nėra. Atramų kai kuriose elementuose yra nedidelio pločio išilginiai plyšiai, kurie byloja apie galimai prasidėjusią kolonos išilginių armatūros strypų koroziją. Atskirose kolonose ir rygeliuose yra nuoskėlių, kai kuriuose elementuose per mažas betono apsauginis sluoksnis, prasidėjusi armatūros korozija, kai kuriuose elementuose pasitaiko sudūlėjusio ir porėto betono. Dėl pakloto deformacinių pjūvių nebuvimo ramtų elementų (atraminių plokščių, rygelių ir polių–kolonų) paviršiai drėkinami vandeniu, lokaliuose atramų paviršių zonose nusėdę išplauti cementinio akmenų elementai, prasidėjusi betono ir armatūros korozija. Atramoje 2 nekokybiškai įrengta surenkamųjų elementų sandūra. Kai kurie atramų elementai suremontuoti, tačiau remontiniai skiediniai kai kuriose zonose pažeisti. Charakteringi ramtų defektai pateikti 24 pav.

11.14. Už polių–kolonų pylimo pusėje įrengtų atraminėse plokštėse taip pat nemažai tokiems elementams būdingų defektų. Daugelyje plokščių pasitaiko plyšių, kai kurie sienų elementai deformuoti, pažeistos jų tarpusavio sandūros bei sandūros su kūgiais zonose po tiltu. Ne po tilto perdanga esančių plokščių ir juos laikančių polių–kolonų paviršiai dėl nuolatinio drėgmės poveikio sudūlėję ir apsamoję, vietomis išporėję, pažeisti apsauginiai armatūros sluoksniai, matoma pradėjusi koroduoti armatūra. Charakteringi ramtų atraminių sienų defektai pateikti 25 pav.



23 pav. Guminiai intarpai tarp perdangų atraminėse zonose



24 pav. Charakteringi ramtų defektai: suremontuoti paviršiai, pratekėjimai, nuoskėlos



24 pav. tęsinys. Charakteringi ramtų defektai: pratekėjimai, nuoskėlos, nekokybiškai įrengtos rygelio sandūros, sudūlėję ir porėti betono paviršiai



25 pav. Charakteringi ramtų atraminių sienų defektai: plyšiai sandūrose



25 pav. tęsinys. Charakteringi ramtų atraminių sienų defektai: plyšiai sandūrose, sudūlėję ir apsamanoję paviršiai

11.15. Ramtų defektų ir pažeidų paplitimas apibendrintas 2 lentelėje. Joje pateiktos nuorodos į užsakovui pateiktas nuotraukas skaitmeniniame formate. Kapitaliai remontuojant tiltą šiuose defektus būtina pašalinti.

2 lentelė. Kraštinių atramų defektų ir pažeidų suvestinė.

Atramos Nr.	Elemento žymėjimas	Defektas/pažeida		
		Paviršių drėkinimas, betono korozija	Išilginiai plyšiai	Per mažas arba atšokęs armatūros apsauginis sluoksnis, nuoskėlos ir porėto betono zonos
Atrama 1	Polius 1	-	-	IMG_9541, 9543, 9544
	Polius 2	IMG_9547	IMG_9547	IMG_9545, IMG_9546
	Polius 3	IMG_9551	IMG_9552, 9553	IMG_9550
	Polius 4	-	IMG_9554-9556	-
	Polius 5	-	IMG_9556	IMG_9558
	Rygelis	IMG_9543, 9539, 9540, 9542, 9559, 9562	-	IMG_9560
	Atraminė siena	IMG_9513, 9514, 9563	IMG_9561	IMG_9513, 9514, 9563



2 lentelės tęsinys. Kraštinių atramų defektų ir pažeidimų suvestinė.

Atramos Nr.	Elemento žymėjimas	Defektas/pažeidimas		
		Paviršių drėkinimas, betono korozija	Išilginiai plyšiai	Per mažas arba atšokęs armatūros apsauginis sluoksnis, nuoskėlos ir porėto betono zonos
Atrama 2	Polius 1	-	IMG_9491	-
	Polius 2	-	IMG_9490, 9491,	IMG_9489, 9492
	Polius 3	-	-	-
	Polius 4	-	-	-
	Polius 5	-	-	IMG_9499
	Rygelis	IMG_9488, 9503	-	IMG_9487, 9494, 9496, 9500–9502
	Atraminė siena	IMG_9485, 9486, 9505–9509	IMG_9493, 9497	IMG_9485, 9486, 9505–9509

11.16. Ties atrama 2 sujungimui su prietilčiu įrengtos pereinamosios plokštės pagrindas galimai išplautas (26 pav.). Ji remiasi tik į kraštinę atramą ir ilginį. Tai eksploatacijos metu plokštėse galėjo sukelti defektus ir pažeidimus. Atliekant tilto kapitalinį remontą/rekonstrukciją būtina papildomai įvertinti pereinamųjų plokščių techninę būklę bei priimt sprendimus dėl galimų intervencinių priemonių: plokščių keitimo arba kapitalinio remonto. Būtina iš naujo įrengti sutankintą pagrindą po plokštėmis.



26 pav. Išplautas pagrindas po pereinamomis plokštėmis ties atrama 2

Kūgiai

11.17. Kūgių būklė patenkinama. Apžiūros metu tilto prieigos buvo apaugusios žolėmis, ramtų prieigos natūraliai apaugusios medžiais ir krūmais. Prieiga prie potiltės zonose esančių konstrukcijų yra apsunkinta. Šlaituose neįrengti techniniai laiptai. Dėl stačių kūgių kampų po tiltų sudėtinga apžiūrėti (ypač ties atrama 1) perdangos atramines zonas ir atramas. Kai kuriose zonose ties atraminėmis sienomis išplauti pagrindo sluoksniai, deformuoti kūgius ir Tenenio upės

vagą stiprinančios gelžbetoninės plokštės, kai kurios plokštės ties ramtais apneštos dumblu. Charakteringi defektai pateikti 27 pav. Remontuojant/rekonstruojant tiltą, kūgius bei zonas po tiltu rekomenduojama sutvarkyti, tilto techniniai priežiūrai palengvinti rekomenduojama įrengti šlaitinius laiptus bei horizontalias aikšteles potiltės zonose ties ramtais.



27 pav. Kūgių prietilčiuose ir po tiltu defektai: išplautos kūgių zonose ties atramomis, apaugę kūgių šlaitai, deformuoti ir dumblu apnešti kūgių šlaitus stiprinančios gelžbetoninės plokštės

11.18. Apdorojus neardančiuoju būdu identifikuoto polių-kolonų betono atšokimo duomenų imtį, kurią sudarė 39 eksperimentinės reikšmės, gauta, kad šios reikšmės kinta ribose $r=35\div50$, vidurkis – $\bar{x}=43$ MPa, standartinis nuokrypis – $\sigma=3,81$ MPa, mediana – $med=43$, variacijos koeficientas – $v=0,089$. Remiantis gautais bandymų duomenimis bei LST EN 13791:2019 standarto B priedo

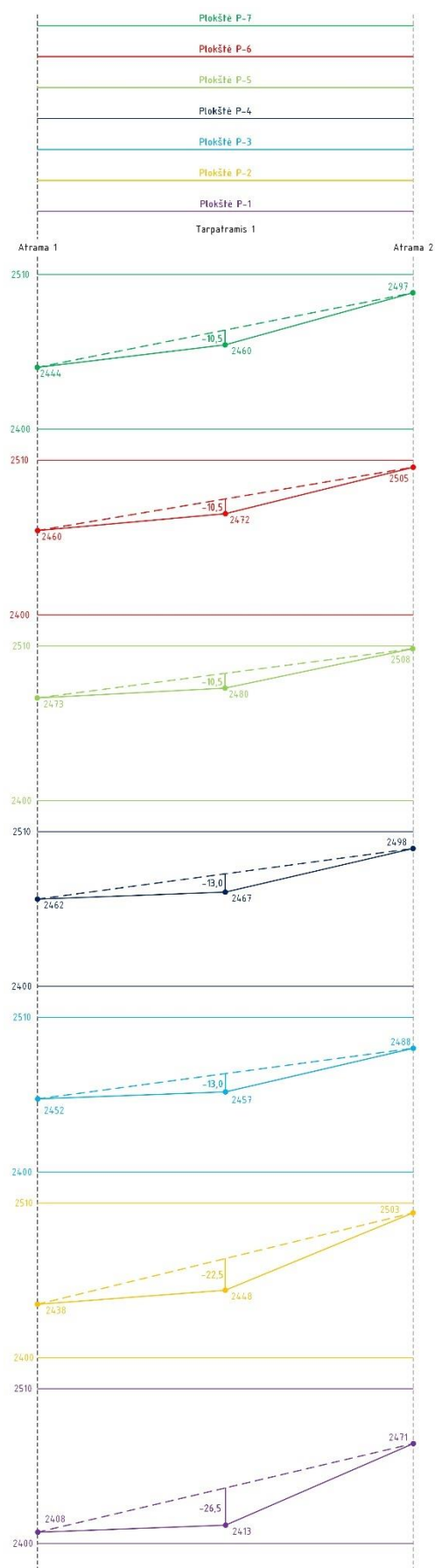
B1 lentelė nustatyta, kad tilto pakloto plokštės betonas atitinka C20/25 klasės pagal LST EN 206:2013+A2:2021 mechanines charakteristikas.

11.19. Apdorojus neardančiuoju būdu identifikuoto perdangos plokščių betono atšokimo duomenų imtį, kurią sudarė 49 eksperimentinės reikšmės, gauta, kad šios reikšmės kinta ribose $r=34\div 47$, vidurkis – $\bar{x}=40$ MPa, standartinis nuokrypis – $\sigma=3,62$ MPa, mediana – $med=39$, variacijos koeficientas – $v=0,092$. Remiantis gautais bandymų duomenimis bei LST EN 13791:2019 standarto B priedo B1 lentelė nustatyta, kad tilto pakloto plokštės betonas atitinka C16/20 klasės pagal LST EN 206:2013+A2:2021 mechanines charakteristikas.

11.20. Polių–kolonų ir perdangos plokščių betono tyrimų neardančiuoju būdu rezultatai atskleidė, kad gautas betono gniuždomasis stipris apytikriai atitinka panašių tiltų projektuose nurodytoms gniuždomojo stiprio reikšmėms. Laikančiųjų konstrukcijų laikomosios galios skaičiavimuose priimtos šio akto 9 punkte nurodytos tipiniuose panašių tiltų projektuose pateiktos medžiagų charakteristikų reikšmės.

11.21. Tiltų perdangos išilginiai profiliai niveliuojant pasirinktų perdangos plokščių apatinius paviršius pateikti 28 pav. Iš pateiktų niveliavimo grafikų matyti, kad perdangos plokštės nuo nuolatinės apkrovos yra įlinkusios. Maksimalūs įlinkiai svyruoja nuo 10,5 iki 26,5 mm. Nežymūs skirtumai galėjo susiformuoti dėl skirtingos nuolatinės apkrovos. Maksimaliai įlinkusios perdangos plokštės P-7 santykinis įlinkis sudaro $L_0/327$, kur L_0 – skaičiuojamasis perdangos ilgis. Automobilių kelių tiltų perdangoms ribinės santykinio įlinkio reikšmės projektavimo normatyviniuose dokumentuose neregamentuotos. Darbe priimta konservatyvi ribinio įlinkio reikšmė $\Delta_{lim} = L_0/250 = 34,7$ mm. Geodeziniais matavimais gauta įlinkio reikšmė yra mažesnė.

11.22. Statinėms bandomosios miškovežio apkrovos išdėstymo schemoms (žr. 11 pav.) apskaičiuotos tilto perdangos plokščių charakteringųjų pjūvių lenkimo momentai nuo nuolatinės ir bandomosios apkrovų. Priėmus pateiktas projektinių apkrovų modelių sukeltas įrąžų reikšmės nustatyti bandomosios ir projektinių apkrovų sukeltų įrąžų santykiai. Skaičiavimo rezultatai pateikti 3 lentelėje. Pateiktoje lentelėje M_g – nuolatinės apkrovos sukeltas lenkimo momentas; M_{band} – bandomosios apkrovos sukeltas lenkimo momentas; M_{LST-EN} – LST-EN 1991-2 [10.10] pagrindinio apkrovų modelio LM1 su apkrovas koreguojančiais koeficientais $\alpha_{Q1}=\alpha_{Q2}=\alpha_{q1}=0,65$ bei $\alpha_{Q3}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$ sukeltas lenkimo momentas; M_{Rk} – charakteristinis teorinis atlaikomas momentas, apskaičiuotas pagal STR 2.05.05:2005 [10.7], priėmus techninės apžiūros metu nustatytus bei tilto projektinėje dokumentacijoje [10.18, 10.19] pateiktus duomenis. Lenkimo momentų M_{band} ir M_{LST-EN} apskaičiavimui panaudotas sukalibruotas tilto perdangos skaitinis kompiuterinis modelis, kuriame integraliai įvertinta tilto laikančiųjų elementų tarpusavio sąveika ir kt. aspektai. Apskaičiuojant lenkimo momentus nevertintos tilto laikančiųjų konstrukcijų defektai ir pažaidos. Būtina pabrėžti, kad plokščių įrąžos apskaičiuotos pasirinktoms bandomosios ir kintamos projektinės apkrovos padėtimis, kurios nebūtinai yra pavojingiausios kai kurioms iš plokščių.



28 pav. Perdangos plokščių įlinkiai, gauti niveliuojant plokščių apatinių lentynų plokštumose



3 lentelė. Nuolatinės ir bandomosios apkrovų bei LST-EN 1991-2 apkrovų modelio LM1 sukeltų lenkimo momentų ir lenkimo momentų santykių reikšmės perdangos plokštėse

Plokštės	Lenkimo momentai, MNm						$M_{band}/M_{LST\ EN}$	$M_g + M_{band}/M_{Rk}$	$M_g + M_{LST\ EN}/M_{Rk}$
	M_g	M_{band}	$M_{LST\ EN}$	$M_g + M_{band}$	$M_g + M_{LST\ EN}$	M_{Rk}			
Bandomosios apkrovos padėtis 1									
1	47,4	9,8	158	57,2	205	492	0,062	0,116	0,416
2	59,1	22,4	175	81,5	234	492	0,128	0,166	0,475
3	72,3	30,8	233	103,1	305	492	0,132	0,209	0,619
4	79,2	25,7	245	104,9	324	492	0,105	0,213	0,658
5	81,3	32,2	228	113,5	310	492	0,141	0,231	0,629
6	79,3	13,0	169	92,3	249	492	0,077	0,187	0,505
7	72,5	6,2	150	78,7	222	492	0,041	0,160	0,451
8	62,3	2,8	90,1	65,1	152	492	0,031	0,132	0,310
9	44,4	1,0	44,4	45,4	88,8	492	0,023	0,092	0,180
Bandomosios apkrovos padėtis 2									
1	47,4	18,9	204	66,3	205	492	0,120	0,096	0,416
2	59,1	39,7	224	98,8	234	492	0,227	0,120	0,475
3	72,3	79,7	308	152,0	305	492	0,343	0,147	0,619
4	79,2	76,6	324	155,8	324	492	0,313	0,161	0,658
5	81,3	85,1	315	166,4	310	492	0,373	0,165	0,629
6	79,3	48,9	236	128,2	249	492	0,289	0,161	0,505
7	72,5	24,7	213	97,2	222	492	0,165	0,147	0,451
8	62,3	11,4	126	73,7	152	492	0,127	0,127	0,310
9	44,4	4,3	60	48,7	88,8	492	0,097	0,090	0,180

11.23. Kaip matyti iš 3 lentelės, bandomoji apkrova skirtingoms plokštėms sukėlė skirtingas įrąžų reikšmes. Nuo maksimalaus apkrovimo (apkrovimo padėtis 2) bandomoji apkrova sukėlė 10–37 % įrąžų charakteristinių reikšmių apskaičiuotų pagal LST-EN 1991-2 apkrovų modelius. Nurodymuose TN Tiltai 23 [10.13] bandomosios ir charakteristinių projektinių apkrovų sukeltų efektų (pvz., lenkimo momentų) santykis turėtų būti 0,7–1,0 ribose. Dėl neapibrėžtumų susijusių su nagrinėjamo tilto technine būkle bei sąveikos tarp plokščių pasirinktas mažesnio intensyvumo apkrovimas. Kita vertus, miškovežio apkrovimas didesne apkrova nebuvo galimas dėl ašies apkrovos leidžiamos apkrovos viršijimo (galinių ašių apkrova sudarė po 11 t). Reikia pabrėžti, kad atlikti natūriniai bandymai bei pasirinktas apkrovimo intensyvumas leido patikimai



sukalibruoti tilto teorinį skaitinį modelį bei gauti naudingos informacijos būtinos patikimam ir adekvačiam tilto laikančiųjų konstrukcijų vertinimui.

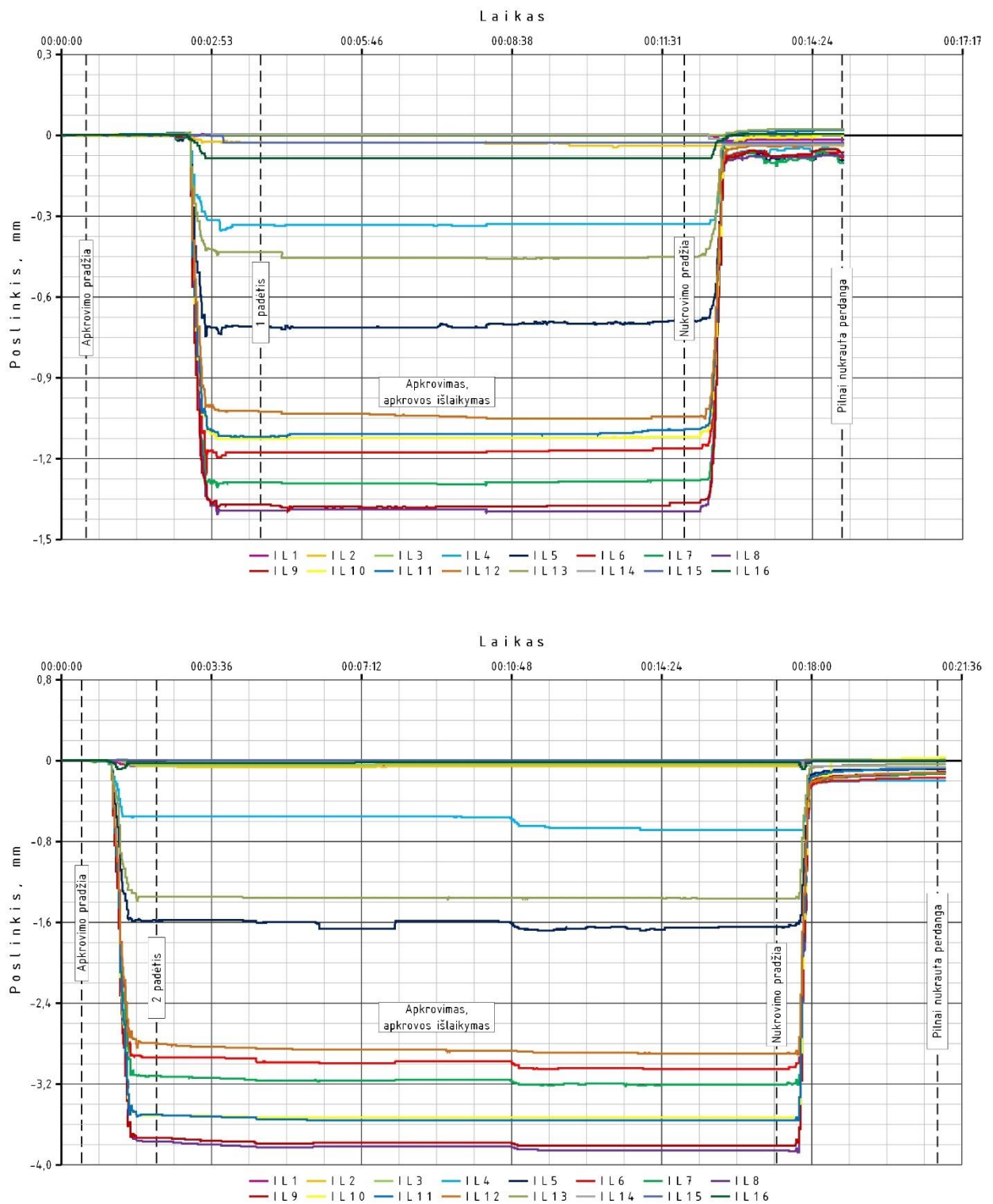
11.24. Nuolatinės ir bandomosios apkrovos sukeltas lenkimo momentas perdangos plokštėse nuo padėtyje 2 esančios bandomosios apkrovos sudarė ~9–17 % plokščių teorinės laikomosios galios charakteristinės reikšmės. Palyginimui, nuolatinės ir LST-EN 1991-2 LM1 apkrovos modelio sukeltas lenkimo momentas plokštėse sudarė ~18–66 % teorinės laikomosios galios charakteristinės reikšmės.

11.25. Statine apkrova išbandytų tilto perdangos plokščių eksperimentiškai išmatuotų statinių įlinkių kitimas išilgine tilto linkme esant skirtingiems apkrovimo ir nukrovimo etapams pateiktas 29–31 pav., o skaitinės reikšmės – 4 lentelėje. Maksimalūs įlinkiai gauti apkrovus perdangą miškovežio apkrova padėtyje 2. Maksimalus įlinkis gautas plokštės P-3 žemupio pusės briaunoje ir sudarė 3,75 mm. Šios plokštės aukštupio pusės briauna įlinko 3,11 mm. Gretimos P-4 plokštės aukštupio pusės briauna įlinko 3,72 mm, o žemupio pusės – 3,50 mm. Gauti eksperimentiniai rezultatai rodo, kad gretimų plokščių gretimos briaunos deformuojasi apytikriai vienodai, t. y. perdangos plokštės įsijungia į bendrą darbą veikiant eksploatacinėms apkrovoms. Gauti statinių bandymų rezultatai panaudoti kalibruojant tilto perdangos skaitmeninį modelį.

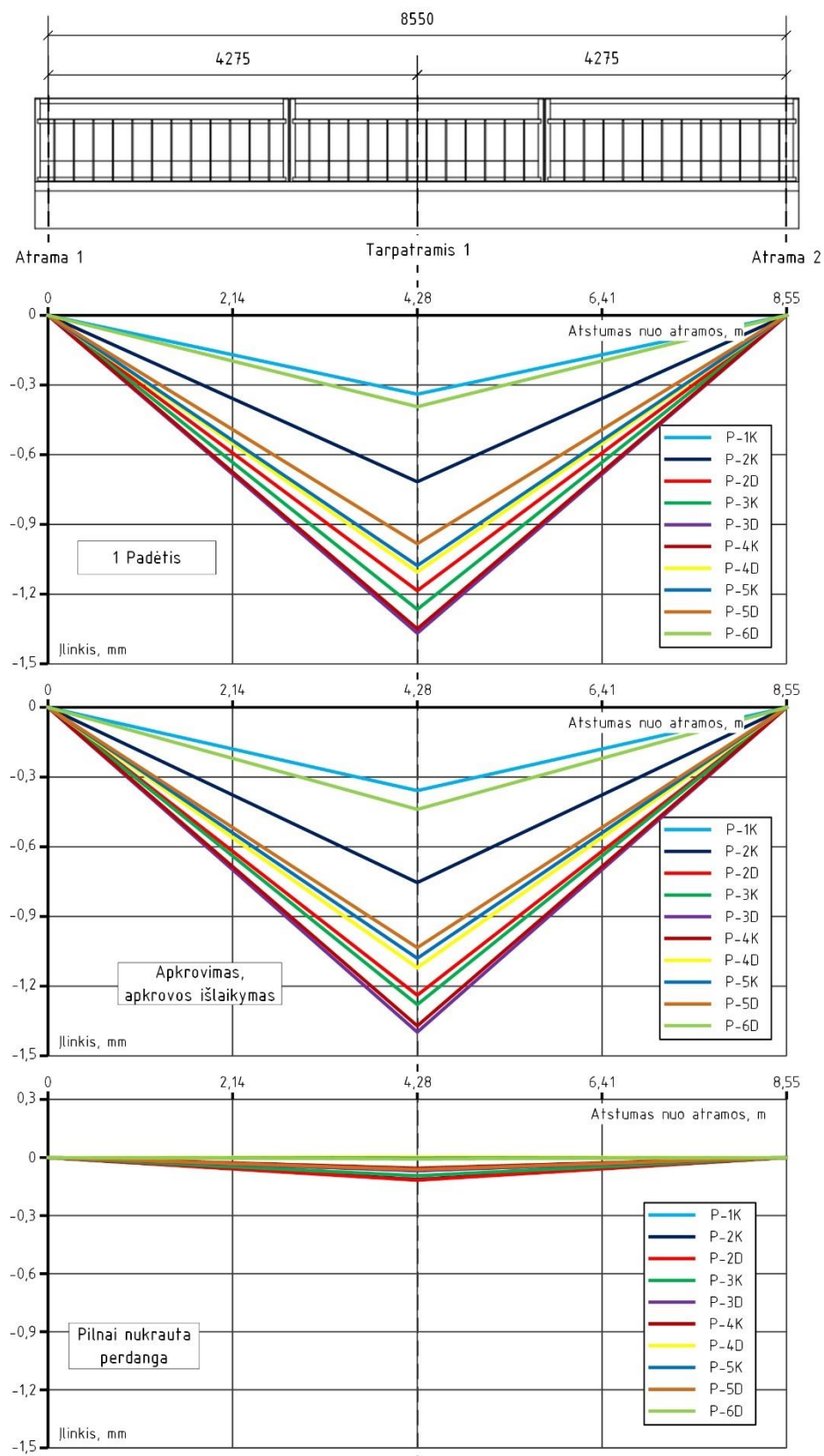
11.26. Išlaikius apkrovą ant perdangos labiausiai apkrautoje P-3 plokštės žemupio pusės briaunoje užfiksuotas 0,127 mm plastinis įlinkis. Labiausiai apkrautai perdangos plokštei P-3 liekamųjų (Δ_{pl}) ir suminių (Δ_{tot}) poslinkių (deformacijų) santykis $\Delta_{pl}/\Delta_{tot}=0,127/3,876=0,0328 \leq \beta=0,25$, kur β – plastinių deformacijų koeficientas reglamentuojamas nurodymuose TN Tiltai 23 [10.13]. Plastiniai perdangos įlinkiai išlaikius apkrovą ant tilto neviršija minėtuose nurodymuose pateiktų ribinių reikšmių.

11.27. Nukrovus perdangą labiausiai apkrautoje P-3 plokštės žemupio pusės briaunoje užfiksuotas 0,160 mm liekamas įlinkis. Nusistovėjusių liekamųjų (y_{pl}) ir suminių ($y_{tot.}$) poslinkių santykis gelžbetoninėms perdangoms turi tenkinti sąlygą $y_{pl}/y_{tot} \leq \beta=0,25$. Šis santykis P-3 plokštei sudarė $y_{pl}/y_{tot}=0,160/3,876=0,041 \leq \beta=0,25$ ir tenkina TN Tiltai 23 [10.13] pateiktą ribinę reikšmę.

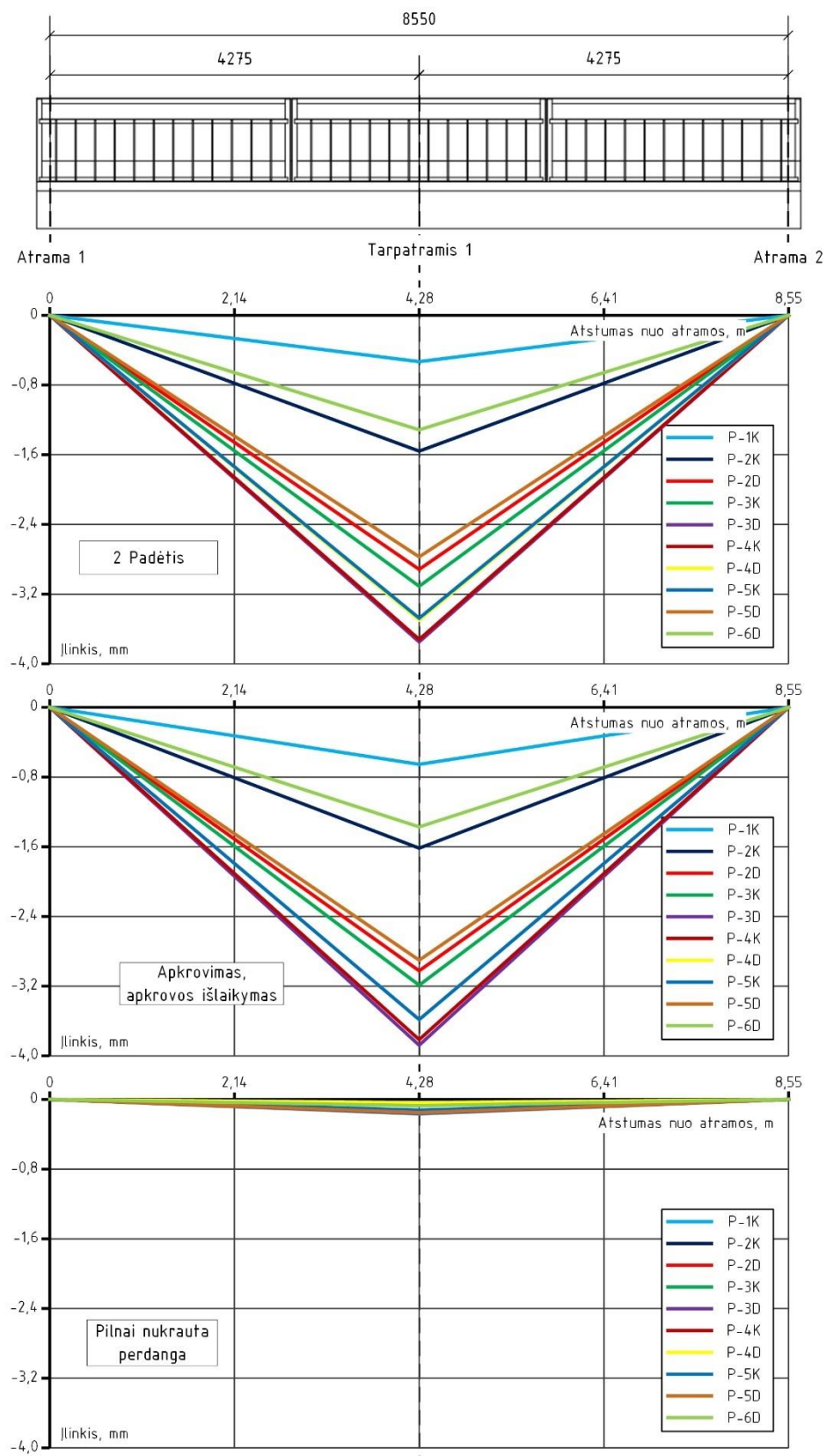
11.28. Bandymo metu tiek vizualiai, tiek per prietaisų parodymus buvo stebima tilto laikysena bei galimas esamų plyšių vystimasis bei naujų plyšių formavimasis. Stebint tilto konstrukcijas apkrovimo metu perdangos nenumatytų plastinių deformacijų požymių neužfiksuota. Tiltų perdangos plokščių pleišėjimo charakteris po apkrovimo bandomąja apkrova išliko nepakitęs.



29 pav. Skaitmeninių įlinkiomačių parodymai esant skirtingiems apkrovimo etapams: viršuje – miškovežio padėtis 1, apačioje – miškovežio padėtis 2



30 pav. Eksperimentiniai statiniai įlinkiai išilgine tilto linkme esant miškovežio padėčiai 1: viršuje – pradiniai įlinkiai, viduryje – įlinkiai išlaikius apkrovą, apačioje – liekamieji įlinkiai nukrovus perdangą



31 pav. Eksperimentiniai statiniai įlinkiai išilgine tilto linkme esant miškovežio padėčiai 2: viršuje – pradiniai įlinkiai, viduryje – įlinkiai išlaikius apkrovą, apačioje – liekamieji įlinkiai nukrovus perdangą

4 lentelė. Perdangos plokščių statinių poslinkių matavimo rezultatai

Eil. Nr.	Apkrovimo stadija	Įlinkiomačio parodymas, mm			Įlinkis, mm
		IL*	IL*	IL*	
APKROVIMO PADĖTIS 1					
P-1K (IL1, IL4, IL14)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	0,003	-0,335	0,005	-0,339
3	Apkrovos išlaikymas	0,001	-0,356	0,004	-0,359
4	Plastinis įlinkis	-0,002	-0,021	-0,001	-0,020
5	Nuvažiavimas (liekamasis įlinkis)	-0,016	-0,089	-0,036	-0,063
P-2K (IL1, IL5, IL14)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	0,003	-0,713	0,005	-0,717
3	Apkrovos išlaikymas	0,001	-0,750	0,004	-0,753
4	Plastinis įlinkis	-0,002	-0,037	-0,001	-0,036
5	Nuvažiavimas (liekamasis įlinkis)	-0,016	-0,140	-0,036	-0,114
P-2D (IL1, IL6, IL14)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	0,003	-1,179	0,005	-1,183
3	Apkrovos išlaikymas	0,001	-1,236	0,004	-1,239
4	Plastinis įlinkis	-0,002	-0,057	-0,001	-0,056
5	Nuvažiavimas (liekamasis įlinkis)	-0,016	-0,142	-0,036	-0,116
P-3K (IL2, IL7, IL15)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	-0,025	-1,291	-0,028	-1,265
3	Apkrovos išlaikymas	-0,046	-1,316	-0,028	-1,279
4	Plastinis įlinkis	-0,021	-0,025	0,000	-0,015
5	Nuvažiavimas (liekamasis įlinkis)	-0,048	-0,131	-0,029	-0,093
P-3D (IL2, IL8, IL15)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	-0,025	-1,395	-0,028	-1,369
3	Apkrovos išlaikymas	-0,046	-1,434	-0,028	-1,397
4	Plastinis įlinkis	-0,021	-0,039	0,000	-0,028
5	Nuvažiavimas (liekamasis įlinkis)	-0,048	-0,107	-0,029	-0,069
P-4K (IL2, IL9, IL15)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	-0,025	-1,376	-0,028	-1,350
3	Apkrovos išlaikymas	-0,046	-1,406	-0,028	-1,369
4	Plastinis įlinkis	-0,021	-0,030	0,000	-0,019
5	Nuvažiavimas (liekamasis įlinkis)	-0,048	-0,092	-0,029	-0,054
P-4D (IL2, IL10, IL15)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	-0,025	-1,131	-0,028	-1,105
3	Apkrovos išlaikymas	-0,046	-1,156	-0,028	-1,119
4	Plastinis įlinkis	-0,021	-0,025	0,000	-0,014
5	Nuvažiavimas (liekamasis įlinkis)	-0,048	-0,034	-0,029	0,005
P-5K (IL3, IL11, IL16)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000



Eil. Nr.	Apkrovimo stadija	Ilinkiomačio parodymas, mm			Ilinkis, mm
		IL*	IL*	IL*	
2	Apkrovimas I	0,000	-1,121	-0,087	-1,078
3	Apkrovos išlaikymas	0,000	-1,129	-0,097	-1,081
4	Plastinis įlinkis	0,000	-0,008	-0,010	-0,003
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	0,000	-0,007	-0,006	-0,004
P-5D (IL3, IL12, IL16)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas I	0,000	-1,027	-0,087	-0,984
3	Apkrovos išlaikymas	0,000	-1,082	-0,097	-1,034
4	Plastinis įlinkis	0,000	-0,055	-0,010	-0,050
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	0,000	-0,063	-0,006	-0,060
P-6D (IL3, IL13, IL16)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas I	0,000	-0,435	-0,087	-0,392
3	Apkrovos išlaikymas	0,000	-0,486	-0,097	-0,438
4	Plastinis įlinkis	0,000	-0,051	-0,010	-0,046
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	0,000	-0,009	-0,006	-0,006
APKROVIMO PADĖTIS 2					
P-1K (IL1, IL4, IL14)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas I	-0,052	-0,557	0,000	-0,531
3	Apkrovos išlaikymas	-0,056	-0,688	-0,020	-0,650
4	Plastinis įlinkis	-0,004	-0,131	-0,020	-0,119
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	-0,004	-0,200	-0,062	-0,167
P-2K (IL1, IL5, IL14)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas I	-0,052	-1,586	0,000	-1,560
3	Apkrovos išlaikymas	-0,056	-1,650	-0,020	-1,612
4	Plastinis įlinkis	-0,004	-0,064	-0,020	-0,052
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	-0,004	-0,083	-0,062	-0,050
P-2D (IL1, IL6, IL14)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas I	-0,052	-2,943	0,000	-2,917
3	Apkrovos išlaikymas	-0,056	-3,061	-0,020	-3,023
4	Plastinis įlinkis	-0,004	-0,118	-0,020	-0,106
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	-0,004	-0,169	-0,062	-0,136
P-3K (IL2, IL7, IL15)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas I	-0,051	-3,131	0,000	-3,106
3	Apkrovos išlaikymas	-0,048	-3,214	0,000	-3,190
4	Plastinis įlinkis	0,003	-0,083	0,000	-0,085
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	0,016	-0,138	-0,001	-0,146
P-3D (IL2, IL8, IL15)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas I	-0,051	-3,775	0,000	-3,750
3	Apkrovos išlaikymas	-0,048	-3,900	0,000	-3,876
4	Plastinis įlinkis	0,003	-0,125	0,000	-0,127

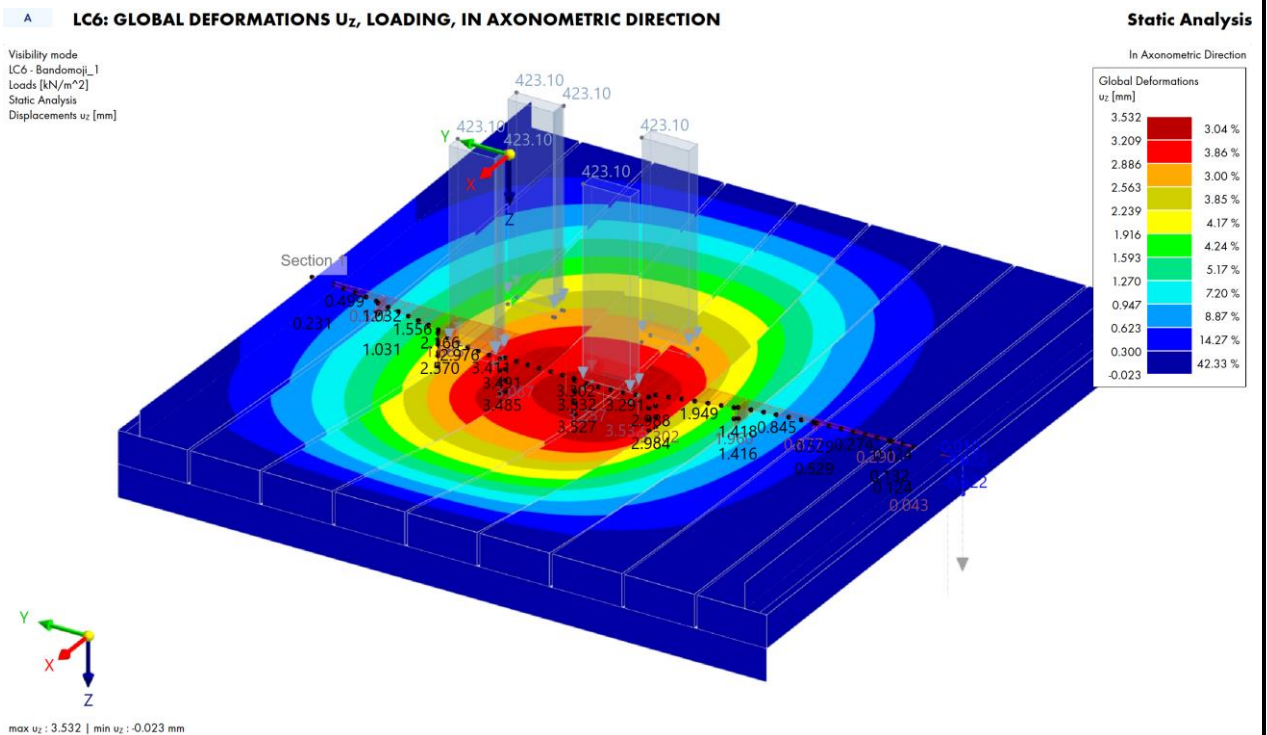


Eil. Nr.	Apkrovimo stadija	Įlinkiomačio parodymas, mm			Įlinkis, mm
		IL*	IL*	IL*	
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	0,016	-0,152	-0,001	-0,160
P-4K (IL2, IL9, IL15)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	-0,051	-3,743	0,000	-3,718
3	Apkrovos išlaikymas	-0,048	-3,834	0,000	-3,810
4	Plastinis įlinkis	0,003	-0,091	0,000	-0,093
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	0,016	-0,131	-0,001	-0,139
P-4D (IL2, IL10, IL15)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	-0,051	-3,522	0,000	-3,497
3	Apkrovos išlaikymas	-0,048	-3,605	0,000	-3,581
4	Plastinis įlinkis	0,003	-0,083	0,000	-0,085
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	0,016	-0,031	-0,001	-0,039
P-5K (IL3, IL11, IL16)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	-0,043	-3,511	-0,025	-3,477
3	Apkrovos išlaikymas	-0,033	-3,610	-0,020	-3,584
4	Plastinis įlinkis	0,010	-0,099	0,005	-0,107
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	0,009	-0,119	-0,003	-0,122
P-5D (IL3, IL12, IL16)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	-0,043	-2,805	-0,025	-2,771
3	Apkrovos išlaikymas	-0,033	-2,928	-0,020	-2,902
4	Plastinis įlinkis	0,010	-0,123	0,005	-0,131
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	0,009	-0,147	-0,003	-0,150
P-6D (IL3, IL13, IL16)					
1	Apkrovimas 0	0,000	0,000	0,000	0,000
2	Apkrovimas 1	-0,043	-1,348	-0,025	-1,314
3	Apkrovos išlaikymas	-0,033	-1,399	-0,020	-1,373
4	Plastinis įlinkis	0,010	-0,051	0,005	-0,058
5	Nuvažiavimas (liekamas įlinkis)	0,009	-0,066	-0,003	-0,069

11.29. Tilto perdanga yra pakankamai standi. Maksimalus išmatuotas statinis perdangos įlinkis sudarė $\Delta=3,75 \text{ mm}=L/2315$, kur $L=8,68 \text{ m}$ – tilto skaičiuojamasis ilgis. Gautos santykinio įlinkio reikšmės yra ženkliai mažesnės už konservatyvią ribinio įlinkio reikšmę $L/400$, naudotą panašių tiltų projektavime tilto statybos metu bei nurodytos TN Tiltai 23 [10.13]. Ribinės įlinkio reikšmės automobilių tiltams nenurodytos nei viename Lietuvoje galiojančiame tiltų projektavimo reglamentuojančiame norminiame dokumente.

11.30. Eksperimentinių matavimo rezultatų adekvatumo patikrinimui atlikti skaičiavimai baigtinių elementų metodu. Gavus eksperimentinius tyrimų duomenis kompiuterinis modelis patikslintas įvertinant gelžbetoninių plokščių bendrą sąveiką. Modelio kalibravimas ir standumo parametrų parinkimas leido kokybine prasme surasti realią konstrukcijos elgseną atitinkantį modelį. Tilto perdangos baigtinių elementų modelio bendras vaizdas pateiktas 16 pav., o deformuota perdangos schema nuo maksimalios bandomosios apkrovos – 32 pav.



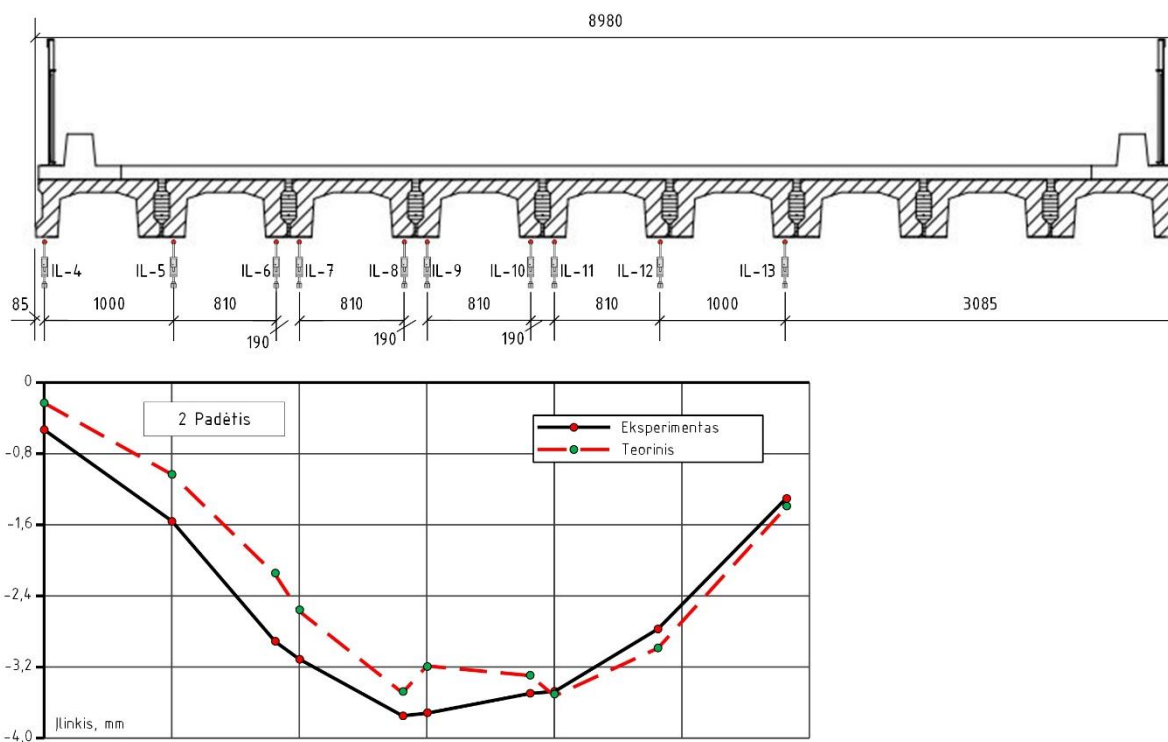


32 pav. Tilto perdangos skaitinio modelio deformuota schema veikiant maksimaliai bandomajai apkrovai (padėtis 2)

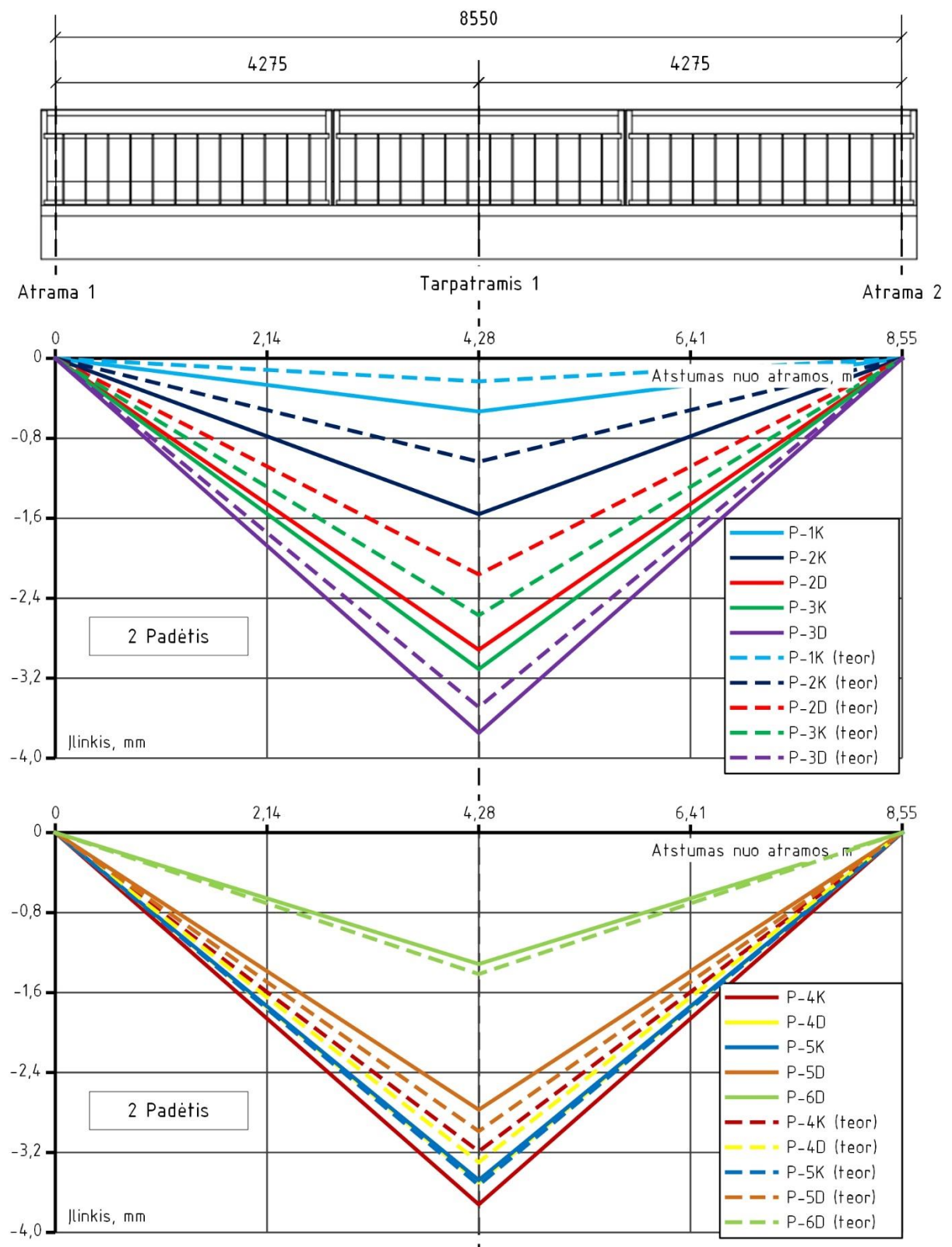
11.31. Teorinių ir eksperimentinių įlinkių sugretinimas, esant maksimaliam apkrovimui bandomąja apkrova (padėtis 2) pateiktas 5 lentelėje bei 33–34 pav. Iš pateiktų duomenų matyti, kad esant pavojingiausia bandomosios apkrovos išdėstymui ant perdangos, gautas geras teorinių ir eksperimentinių rezultatų sutapimas. Esant maksimaliai apkrovimo padėčiai perdangos labiausiai apkrautose zonose (plokštėms P-3 – P-5) teorinių ir eksperimentinių rezultatų nesutapimas kinta 1–21% ribose. Mažiau apkrautoms plokštėms gauti didesnės paklaidos. Pastarieji aspektai yra tendencingi, nes mažesnio lygmens poslinkiams gaunamos ir didesnės matavimų paklaidos susijusios su matavimų reikšmės lemiančiais faktoriais (pvz., matavimų pagrindo deformacijos ir pan.). Vaizdumo dėlei, 33 pav. pateiktas teorinių ir eksperimentinių įlinkių pasiskirstymo skersine perdangos linkme sugretinimas. Paveikslai (33–34 pav.) atspindi pakankamai kokybišką kompiuterinio modelio kalibravimą. Realios perdangos deformavimosi tendencijos gerai atitinka sukalibruoto teorinio modelio rezultatus. Pastarajame paveiksle pateikti rezultatai dar kartą patvirtina perdangos plokščių bendrą sąveiką pasiskirstant apkrovai tarp gretimų plokščių skersine perdangos linkme.

5 lentelė. Perdangos eksperimentinių ir teorinių įlinkių sugretinimas, bandomajai apkrovai esant padėtyje 2

Plokščių žymėjimas	Ilinkis, mm		
	Eksperimentinis	Teorinis	Eksperimentinis/Teorinis
Apkrovimo padėtis 2			
P-1K	-0,531	-0,231	2,30
P-2K	-1,560	-1,031	1,51
P-2D	-2,917	-2,163	1,35
P-3K	-3,106	-2,567	1,21
P-3D	-3,750	-3,485	1,08
P-4K	-3,718	-3,186	1,17
P-4D	-3,497	-3,298	1,06
P-5K	-3,477	-3,527	0,99
P-5D	-2,771	-2,984	0,93
P-6D	-1,314	-1,416	0,93



33 pav. Perdangos plokščių teorinių (raudona linija) ir eksperimentinių (juoda linija) poslinkių skersine tilto linkme sugretinimas, esant maksimaliam perdangos apkrovimui bandomąja apkrova



34 pav. Perdangos plokščių teorinių (brūkšninė linija) ir eksperimentinių (ištisinė linija) poslinkių išilgine tilto linkme sugretinimas, esant maksimaliam perdangos apkrovimui bandomąja apkrova

11.32. Kadangi visos perdangos plokštės deformuojasi skirtingai teorinių ir eksperimentinių rezultatų sugretinimas kiekybine išraiška pateikiamas pavojingiausiai apkrovimo padėčiai labiausiai apkrautai perdangos plokštei P-3. Baigtinių elementų metodu maksimali įlinkio reikšmė plokštės P-3 žemupio pusės briaunoje nuo pavojingiausio apkrovimo sudarė 3,485 mm. Eksperimentiškai nustatyta įlinkių reikšmė šioje plokštės briaunoje – 3,75 mm. Eksperimentinio ir teorinio įlinkių santykis $y_{eks}/y_{teor}=1,08$. Vadovaujantis TN Tiltai 23 [10.13] gelžbetoninėms tiltų perdangoms santykis y_{eks}/y_{teor} turi būti ribose $0,6 < y_{eks}/y_{teor} \leq 1,10$. Eksperimentinių ir teorinių įlinkių sutapimas yra leistinose ribose.

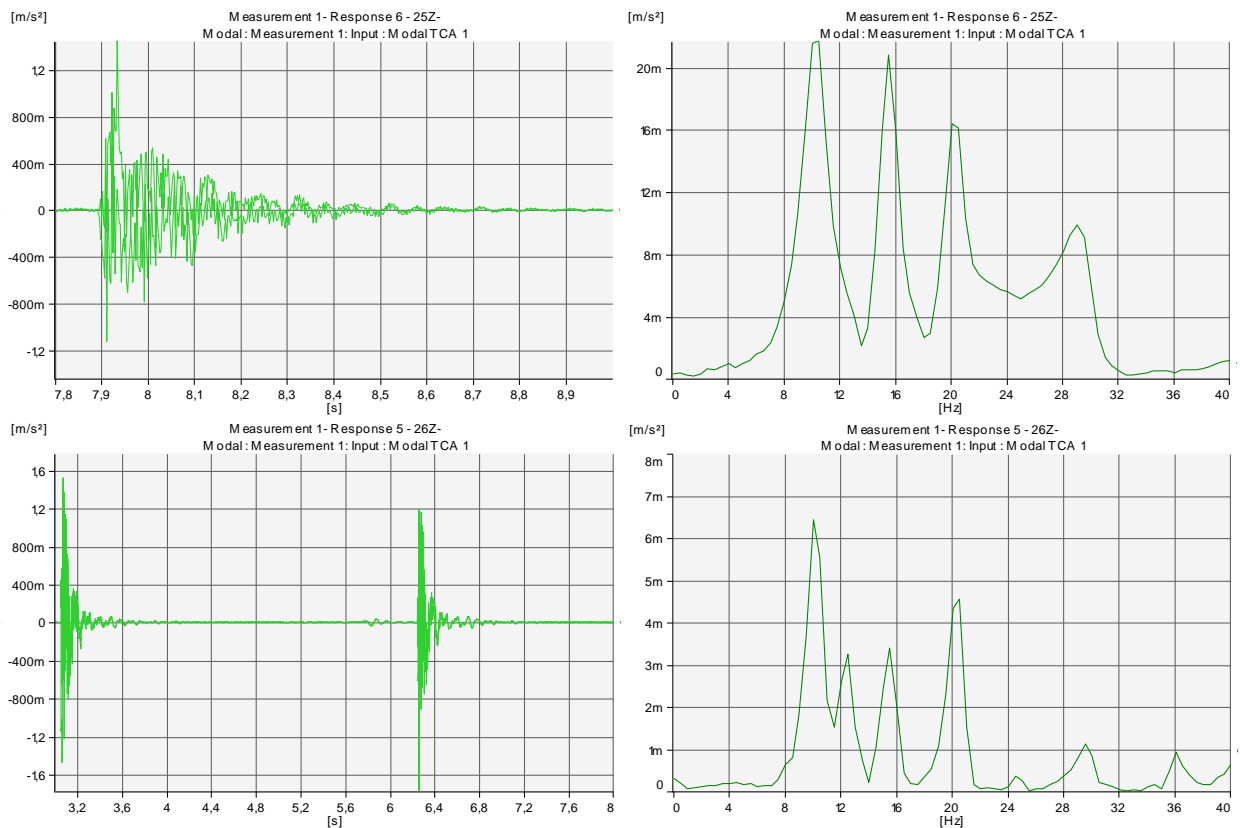
11.33. Lietuvos standartai [10.8, 10.10] nereglamentuoja automobilių kelių tiltų dinaminių charakteristikų, išskyrus tiltus (miestų), kuriais kartu su automobilių transportu vyksta intensyvus pėsčiųjų eismas. Šiems tiltams taikomi pėsčiųjų komforto kriterijai. Tiriamas tiltas skirtas automobilių transporto eismui, o intensyvus pėsčiųjų eismas tiltu nevyksta. Tilto perdangų dinaminių bandymų tikslai buvo: a) nustatyti tilto perdangos savųjų virpesių rezonansines modas bei jų dažnius baigtinių elementų modelio patikslinimui, taikant tilto statinius ir dinامينius bandymus; b) apibūdinti tilto bendrą dinaminę elgseną, nustatant perdangos laisvųjų ir priverstinių virpesių charakteristikas, dinamiškumo koeficientus, norint patikrinti projektuojant tiltus naudojamas charakteristikas.

11.34. Tilto gelžbetoninės perdangos laisvųjų vertikalųjų ir horizontaliųjų virpesių parametrai, esant impulsiniam žadinimui (krįtančiam krūviui), apibrėžiami didžiausiomis virpesių dažnių amplitudėmis ir virpesių gesimu. Po smūginio sužadinimo perdanga paprastai virpa keletu virpesių modų vienu metu. Eksperimentais nustatytose perdangos vertikalųjų ir sukamųjų virpesių spektrogramose galima išskirti 4 virpesių modas (6 lentelė). Vyrauja sukamieji virpesiai. Būdingi perdangos virpesių spektrų pavyzdžiai pateikti 35 pav., o svyravimų modų charakteris 36 pav. Vertikalųjų virpesių dažnių spektre labai aiški ir svarbiausia pirmoji moda, kurios dažnis 10,2 Hz. Sukamųjų dažnių spektre išsiskiria 3 modos, kurių dažnis – atitinkamai, 12,5 Hz, 15,5 Hz ir 19,8 Hz.

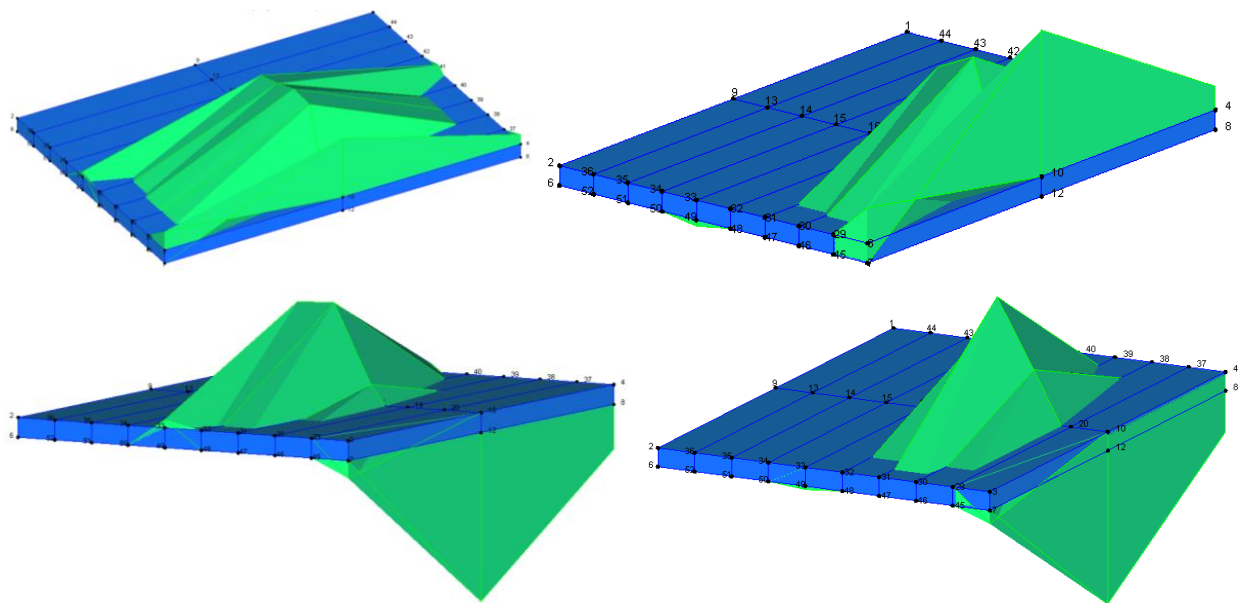
6 lentelė. Perdangos laisvųjų virpesių formos ir jų dažniai

Virpesių forma	Dažnis, Hz	Slopimo koeficientas, %	Virpesių formos pavidalas
I	10,2	5,71	vertikali I
II	12,5	-	sukamoji I
III	15,5	4,27	sukamoji II
IV	19,8	-	sukamoji III





35 pav. Krintančio krūvio skirtinguose pjūviuose sužadintos perdangos laisvieji vertikalieji virpesiai (kairėje) ir jų dažninis spektras (dešinėje)

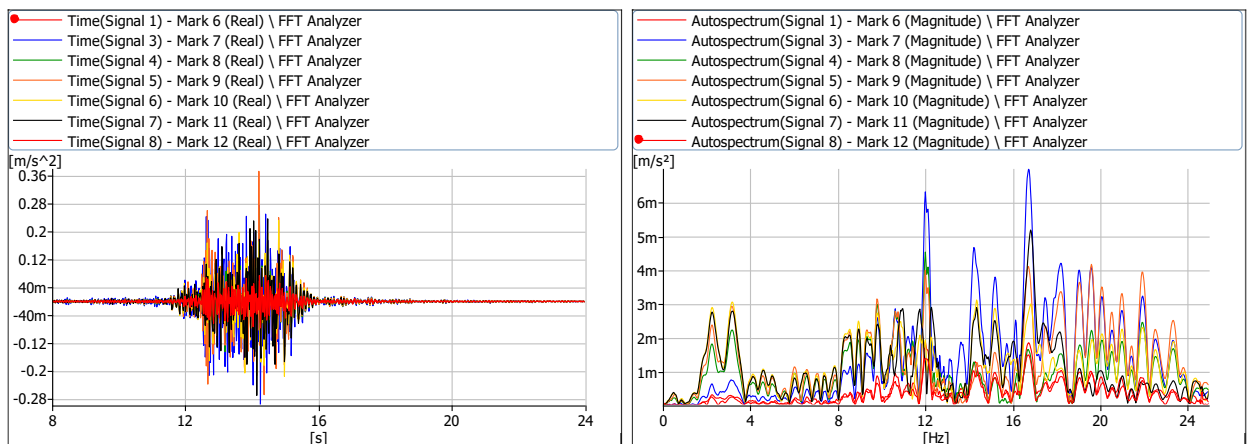


36 pav. Eksperimentinės modalinės analizės metu gautos perdangos savųjų svyravimų formos: I vertikali (viršuje kairėje); I sukamoji (viršuje dešinėje); II sukamoji (apačioje kairėje); III sukamoji (apačioje dešinėje)

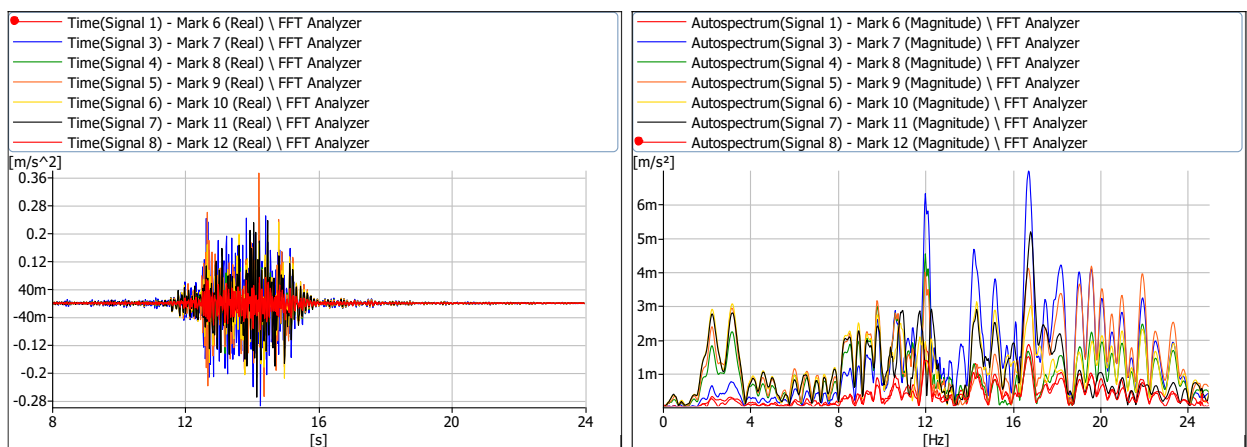
11.35. Tyrimų metu nustatyti virpesių slopimo koeficientai pateikti 6 lentelėje. Slopinimo koeficientai gaunami iš kiekvienos modos slopimo grafikų. Nevisų formų koeficientus pavyko nustatyti. Tiksliai sužadinti norimą svyravimų formą yra sudėtinga. Nustatyta, kad tilto perdangos virpesių formų slopimo koeficientas kinta ribose $\zeta = 4,27\% - 5,71\%$. Automobilių tiltams LST EN standartai nereglamentuoja kritinių slopimo koeficiento reikšmių. Remiantis inžinerine patirtimi bei tiltų dinamikos tendencijomis gautos reikšmės gerokai viršija galimas kritines reikšmes. Gautos reikšmės taip pat byloja apie greitą sužadintų svyravimų slopinimą.

11.36. Važiuojant pakrautam miškovežiui per tiltą įvairiu greičiu, atsiranda priverstiniai virpesiai, kurių dažnių spektro grafikuose (37 pav.) pastebimas virpesių pagreičių amplitudžių aiškus padidėjimas savųjų virpesių, kurie nustatyti impulsiniuose bandymuose, rezonansiniuose bandymuose. Iš pateiktų grafikų matyti, kad skirtingais greičiais priverstine apkrova sužadintos perdangos pagreičių reikšmės svyruoja $0,4-5,0 \text{ m/s}^2$ ribose. Pagreičių reikšmės priklauso nuo važiavimo greičio bei trajektorijos.

a) miškovežio greitis 10 km/h

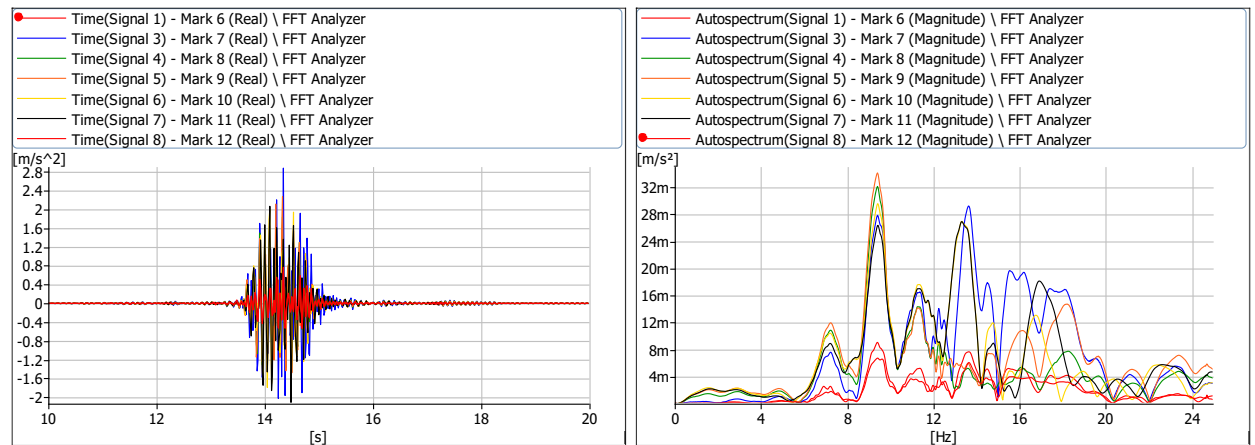


b) miškovežio greitis 30 km/h

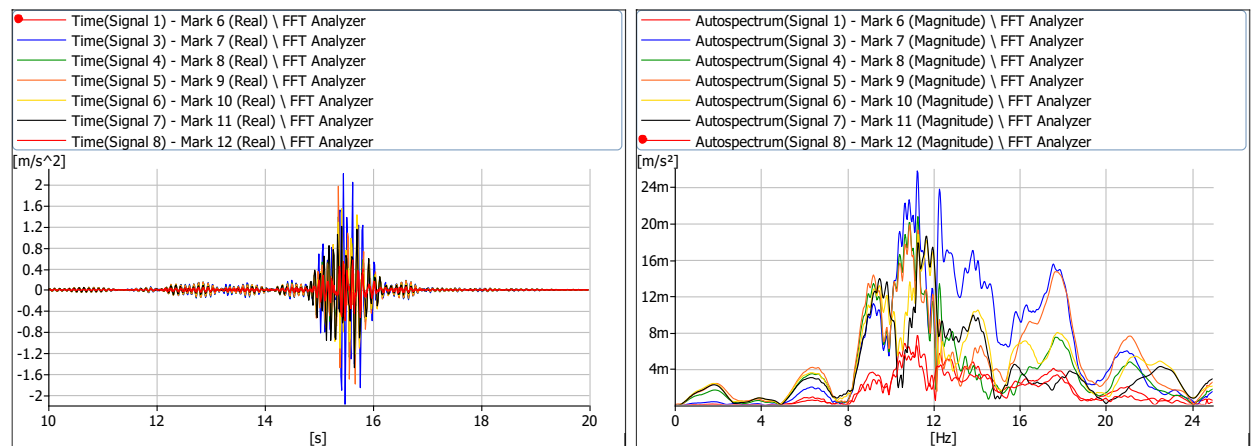


37 pav. Tiltų perdangos vertikalieji ir horizontalieji pagreičių laikinio signalo (kairėje) ir spektrinio tankio (dešinėje) grafikai pakrautam miškovežiui važiuojant skirtingais greičiais

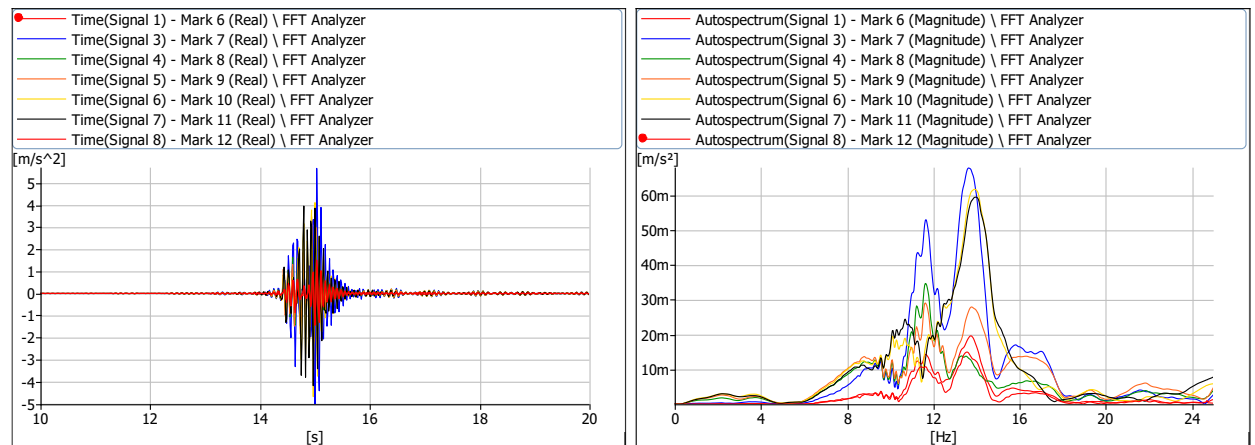
c) miškovežio greitis 40 km/h



d) miškovežio greitis 50 km/h

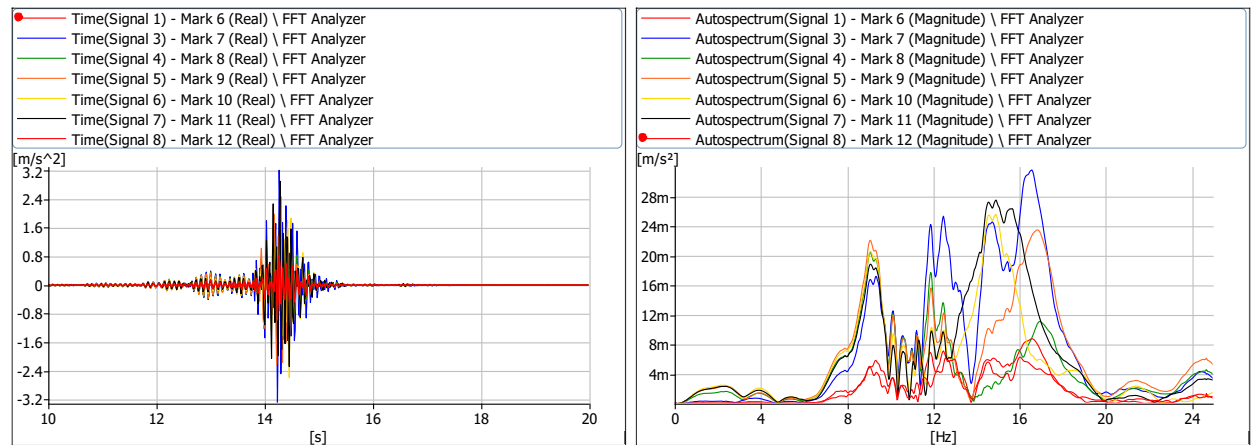


e) miškovežio greitis 60 km/h

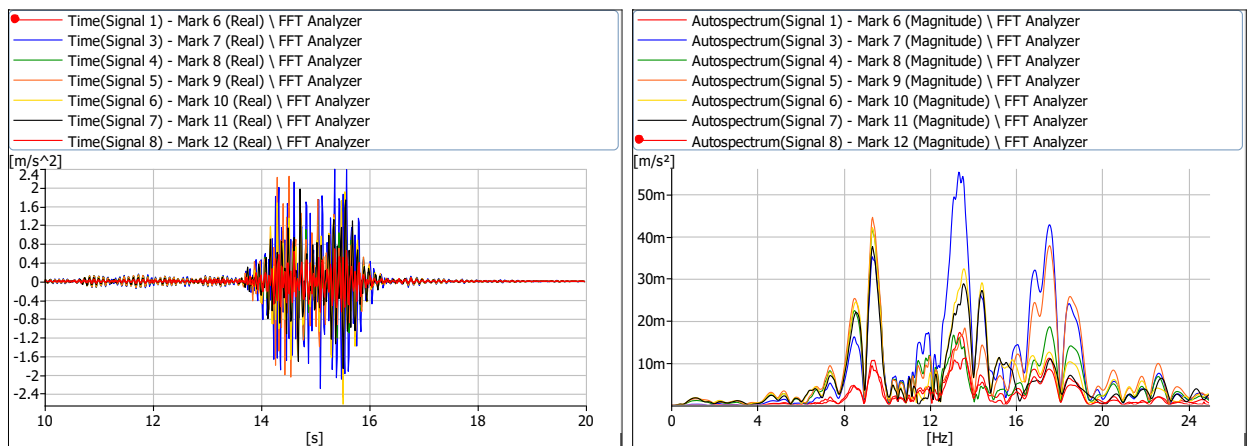


37 pav. *tęsinys*. Tilto perdangos vertikalieji ir horizontalieji pagreičių laikinio signalo (kairėje) ir spektrinio tankio (dešinėje) grafikai pakrautam miškovežiui važiuojant skirtingais greičiais

f) miškovežio greitis 68 km/h



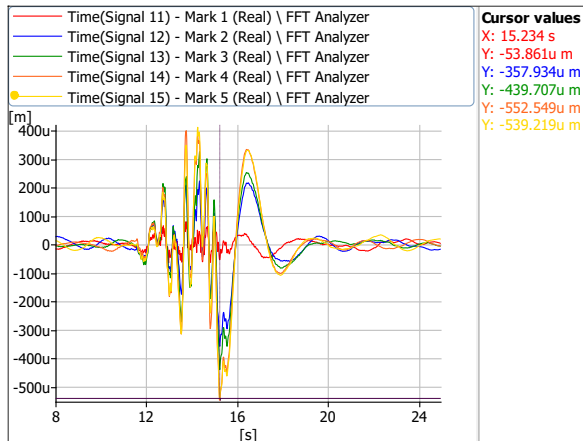
g) miškovežio su priekaba greitis 40 km/h



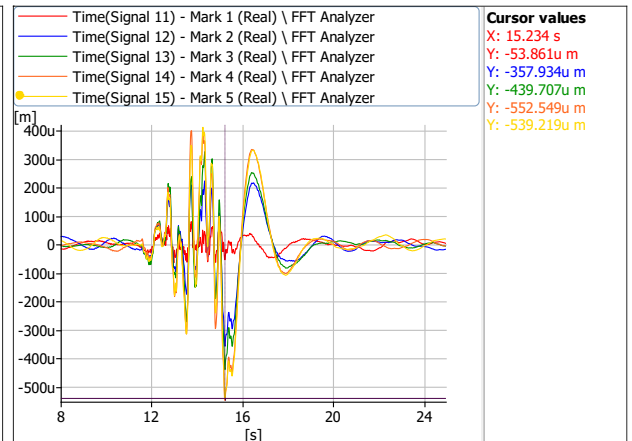
37 pav. tęsinys. Tilto perdangos vertikalieji ir horizontalieji pagreičių laikinio signalo (kairėje) ir spektrinio tankio (dešinėje) grafikai pakrautam miškovežiui važiuojant skirtingais greičiais

11.37. Automobiliams važiuojant per tiltą, atsiranda perdangos vertikalūs ir horizontalūs (skersiniai ir išilginiai) dinaminiai poslinkiai, kurių reikšmės labai priklauso nuo automobilio masės, jo greičio ir važiavimo krypties. Vertikaliųjų (y) ir horizontalių (skersine tilto kryptimi, x) dinaminių poslinkių charakteringos vibrogramos pateiktos 38 pav., o poslinkių reikšmės – 7 lentelėje. Iš pateiktų rezultatų matyti, kad didžiausi dinaminiai poslinkiai gaunami miškovežiui be priekabos arba su ja važiuojant 40 km/h greičiu. Esant didesniajam važiavimo greičiui, dinaminių poslinkių reikšmės mažėja. Gauti rezultatai tendencingi, kadangi dėl nelygios ir duobėtos žvyro dangos, lėčiau pravažiuojantis sunkiasvoris automobilis dėl tilto ir transporto priemonės sąveikos sužadina didesnio lygmens priverstinius svyravimus. Esant didesniems greičiams, žvyro kelio dangos nelygumai turi mažesnę įtaką tilto ir transporto priemonės tarpusavio sąveikai. Šie dinaminiai aspektai parodo, kad tilto kelio žvyro dangą rekomenduojama pašalinti ir ant tilto ir tilto prieigose įrengti asfaltbetoninę arba cementbetoninę dangą dinaminiais poveikiams tilto perdangoms sumažinti.

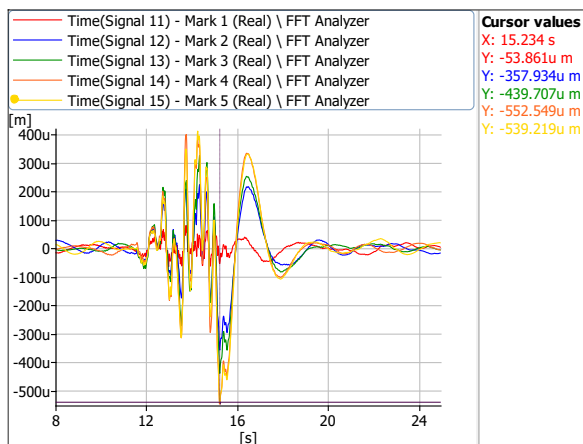
a) miškovežio greitis 10 km/h



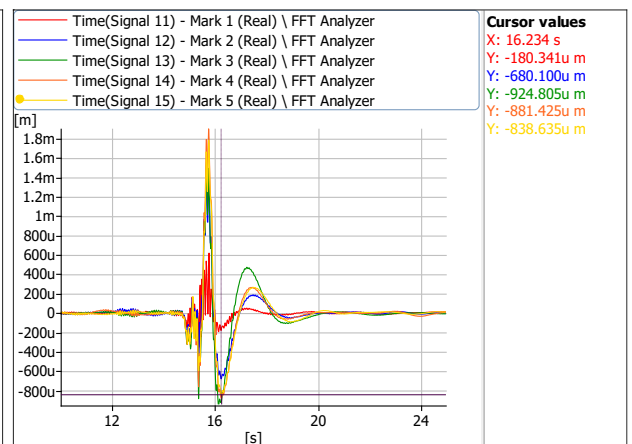
b) miškovežio greitis 30 km/h



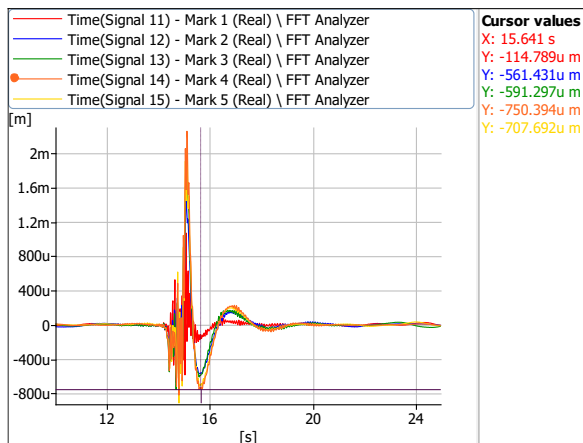
c) miškovežio greitis 40 km/h



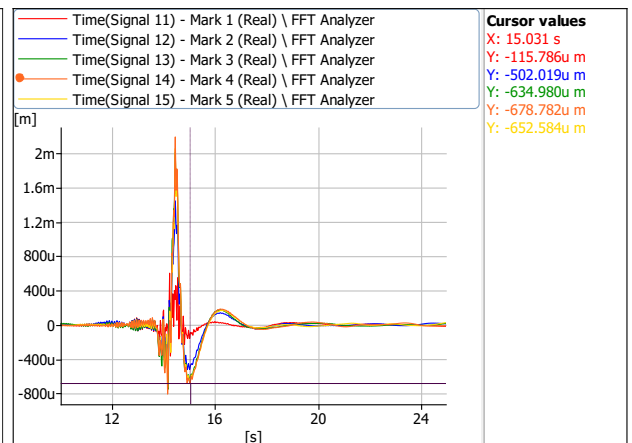
d) miškovežio greitis 50 km/h



e) miškovežio greitis 60 km/h

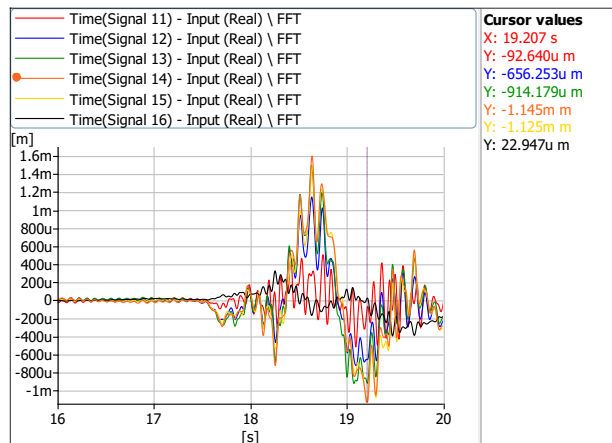


f) miškovežio greitis 68 km/h



38 pav. Tilto perdangos vertikalieji ir horizontalieji poslinkiai pakrautam miškovežiui važiuojant skirtingais greičiais

g) miškovežio su priekaba greitis 40 km/h



38 pav. *tęsinys*. Tilto perdangos vertikalieji ir horizontalieji poslinkiai pakrautam miškovežiui važiuojant skirtingais greičiais

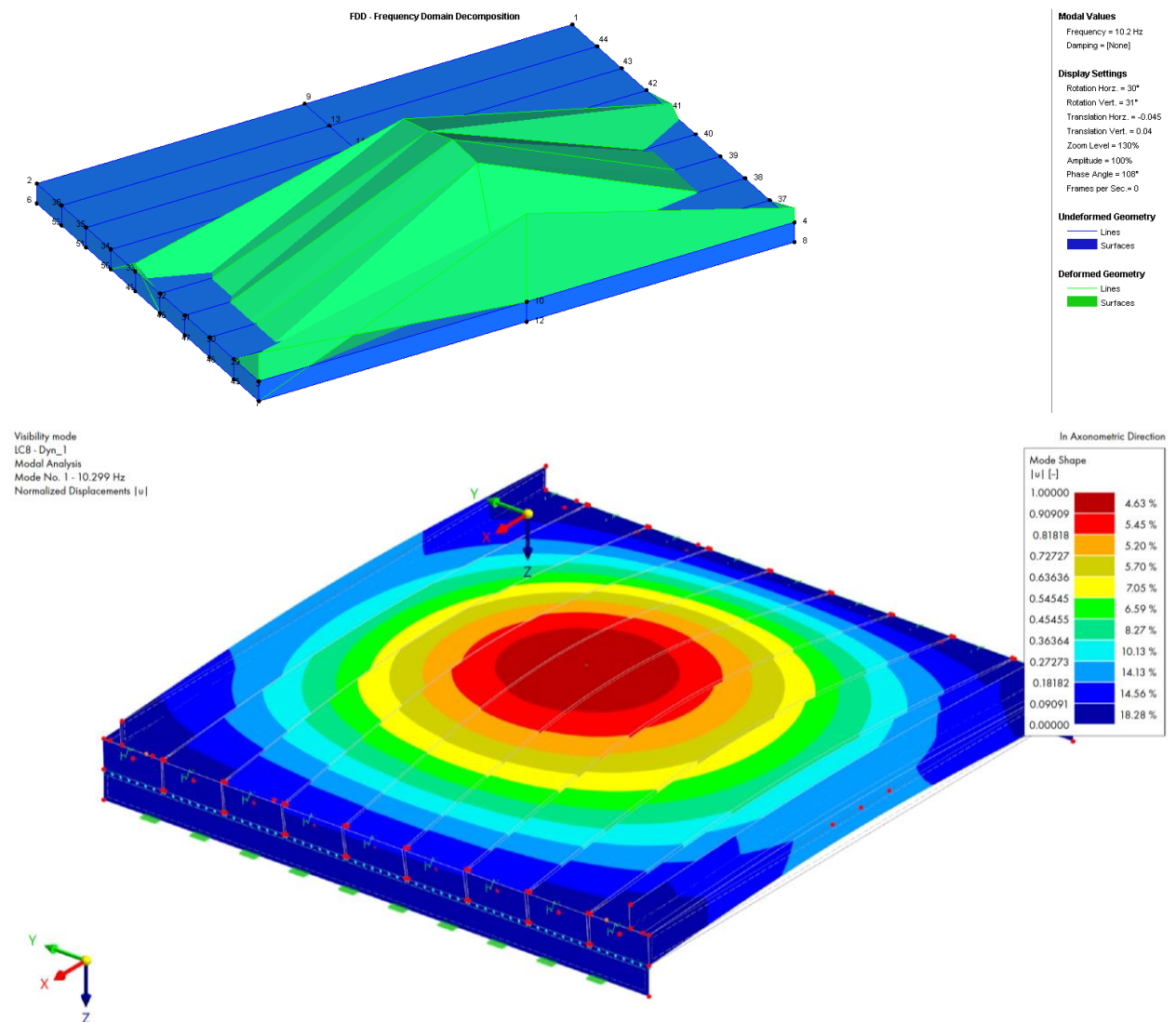
7 lentelė. Perdangos eksperimentinių maksimalių dinaminių vertikalųjų poslinkių (mm) ir dinaminių koeficientų reikšmės

Eil. Nr.	Greitis, v km/h	Dinaminis vertikalus poslinkis, $\Delta_{dyn.v}$	Dinamiškumo koeficientas, $1+\phi$
1	10	0,553	1,147
2	30	1,031	1,275
3	40	1,064	1,284
4	50	0,925	1,247
5	60	0,750	1,200
6	68	0,679	1,181
7	40 (miškovežis su priekaba)	1,145	1,305

11.38. Tyrimų metu gauti dinaminiai poslinkiai panaudoti apskaičiuojant dinamiškumo koeficientus. Skaičiavimuose priimta statinių bandymų metu gauta maksimali poslinkio reikšmė (3,75 mm). Gautos dinaminių koeficientų reikšmės pateiktos 7 lentelėje, iš kurioje pateiktų duomenų matyti, kad gelžbetoninės perdangos dinamiškumo koeficientas priklausomai nuo važiavimo greičio svyruoja nuo 1,147 iki 1,305. LST EN 1991-2 [10.10] standarte dinamiškumo koeficiento reikšmė nėra reglamentuota. Projektuojant tiltus pagal LST EN 1991-2 apkrovos modelyje LMI įvertintas ir dinamiškumo koeficientas, kuris, kai $L=9$ m, vienos juostos apkrovai yra $\sim 1,6$. Tilto perdangai gauta maksimali eksperimentinė dinamiškumo koeficiento reikšmė yra mažesnė.

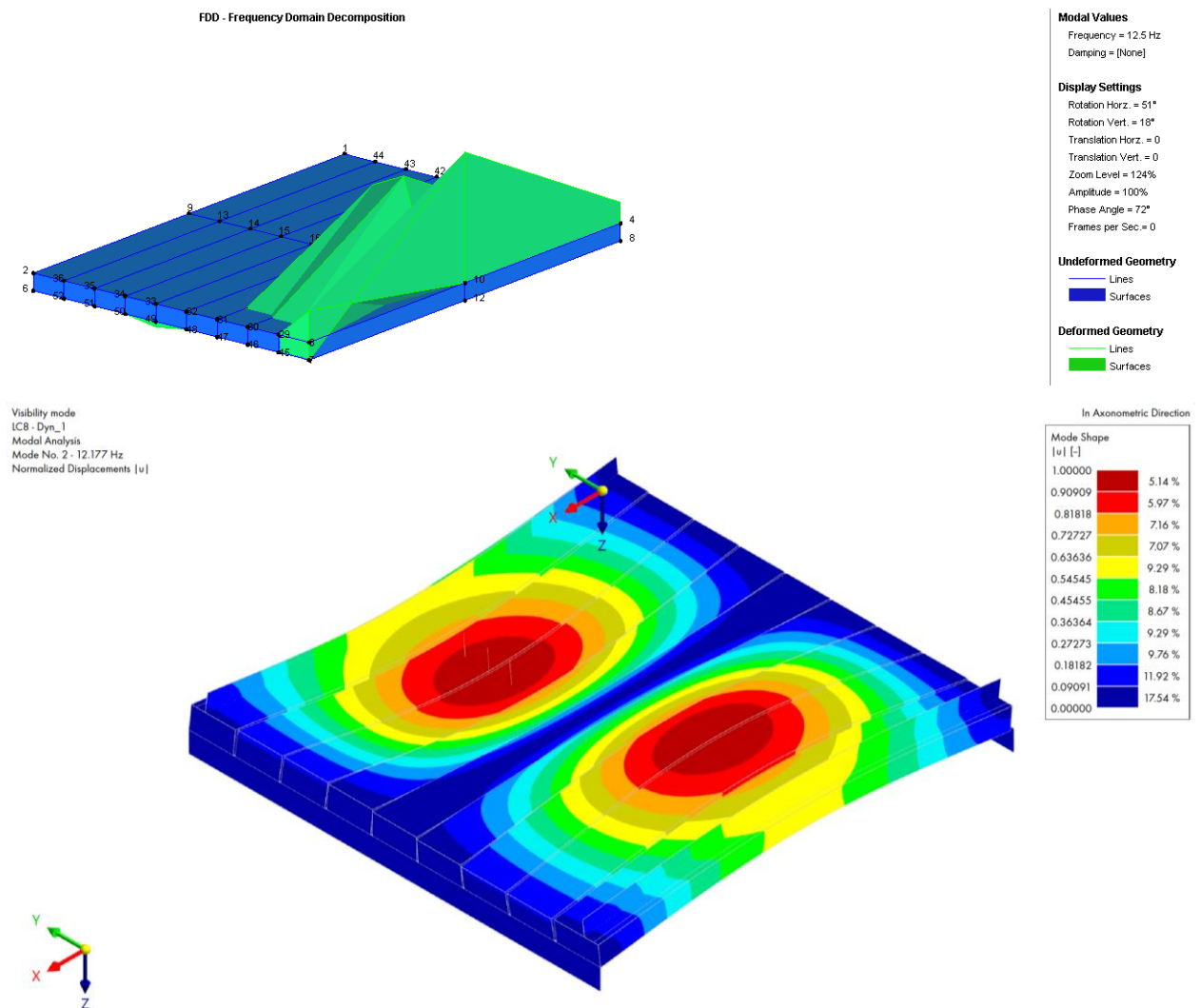
11.39. Darbe atliktas teorinių ir eksperimentinių savųjų svyravimų formų ir jų dažnių sugretinimas. Baigtinių elementų modeliu nustatytos svyravimų formos ir jų dažniai bei teorinių ir eksperimentinių rezultatų sugretinimas pateiktas 39 pav. ir 8 lentelėje. Baigtinių elementų modeliu patvirtintos visos eksperimentiškai nustatytos modos. Lyginant teorinius dažnius su išmatuotais, gaunamas geras sutapimas. Teorinių ir eksperimentinių dažnių santykis kinta ribose nuo 0,94 iki 1,01. Gautos santykių reikšmės rodo tilto sukalibruoto skaitmeninio modelio adekvatumą.

a) Vertikali I forma: $f_{exp}=10,2\text{ Hz}$; $f_{th}=10,3\text{ Hz}$



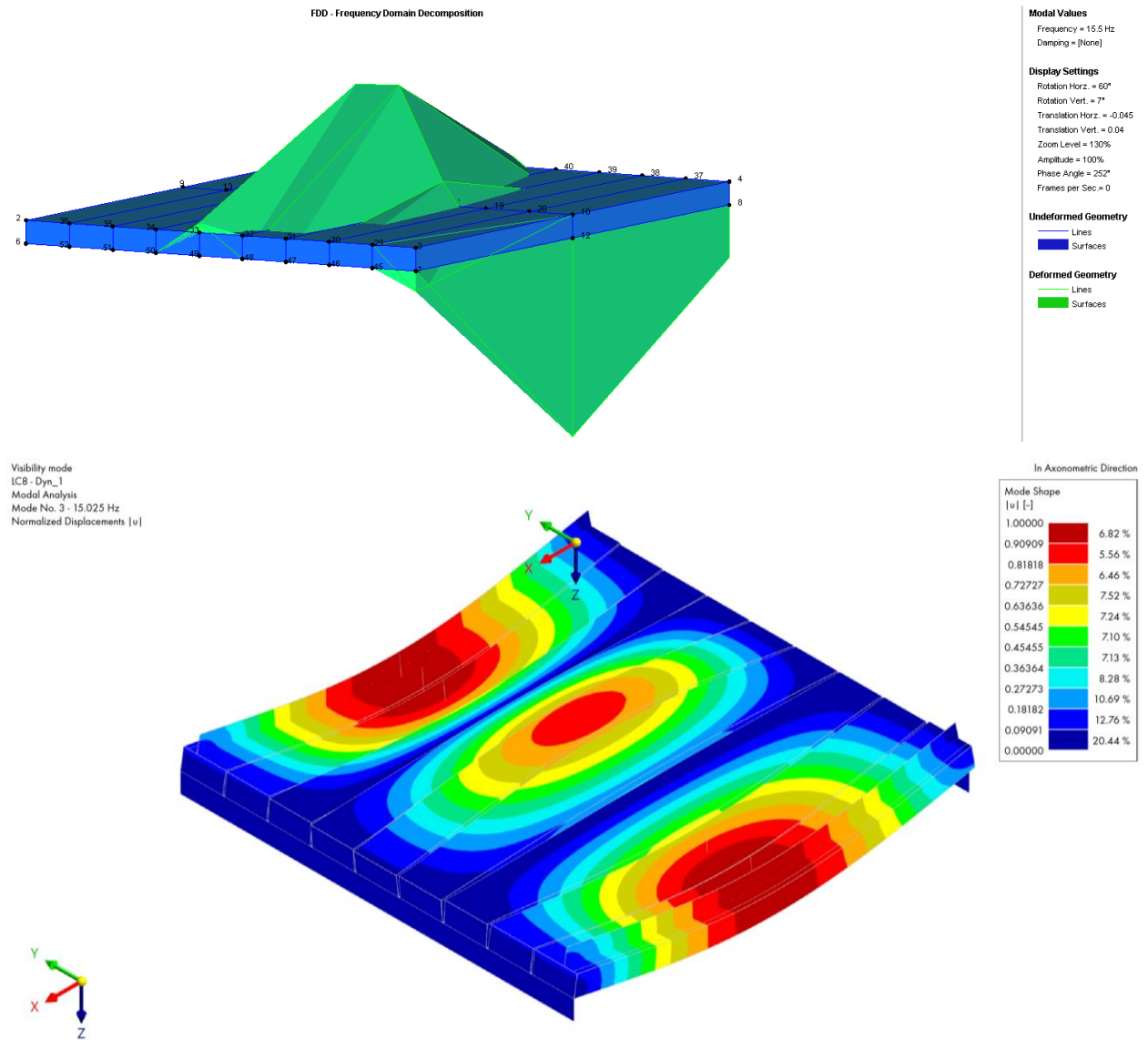
39 pav. Tilto perdangos eksperimentinių (viršuje) ir teorinių (apačioje) savųjų svyravimų virpesių modų ir jų dažnių sugretinimas

b) Sukamoji I forma: $f_{exp}=12,5\text{ Hz}$; $f_{th}=12,2\text{ Hz}$



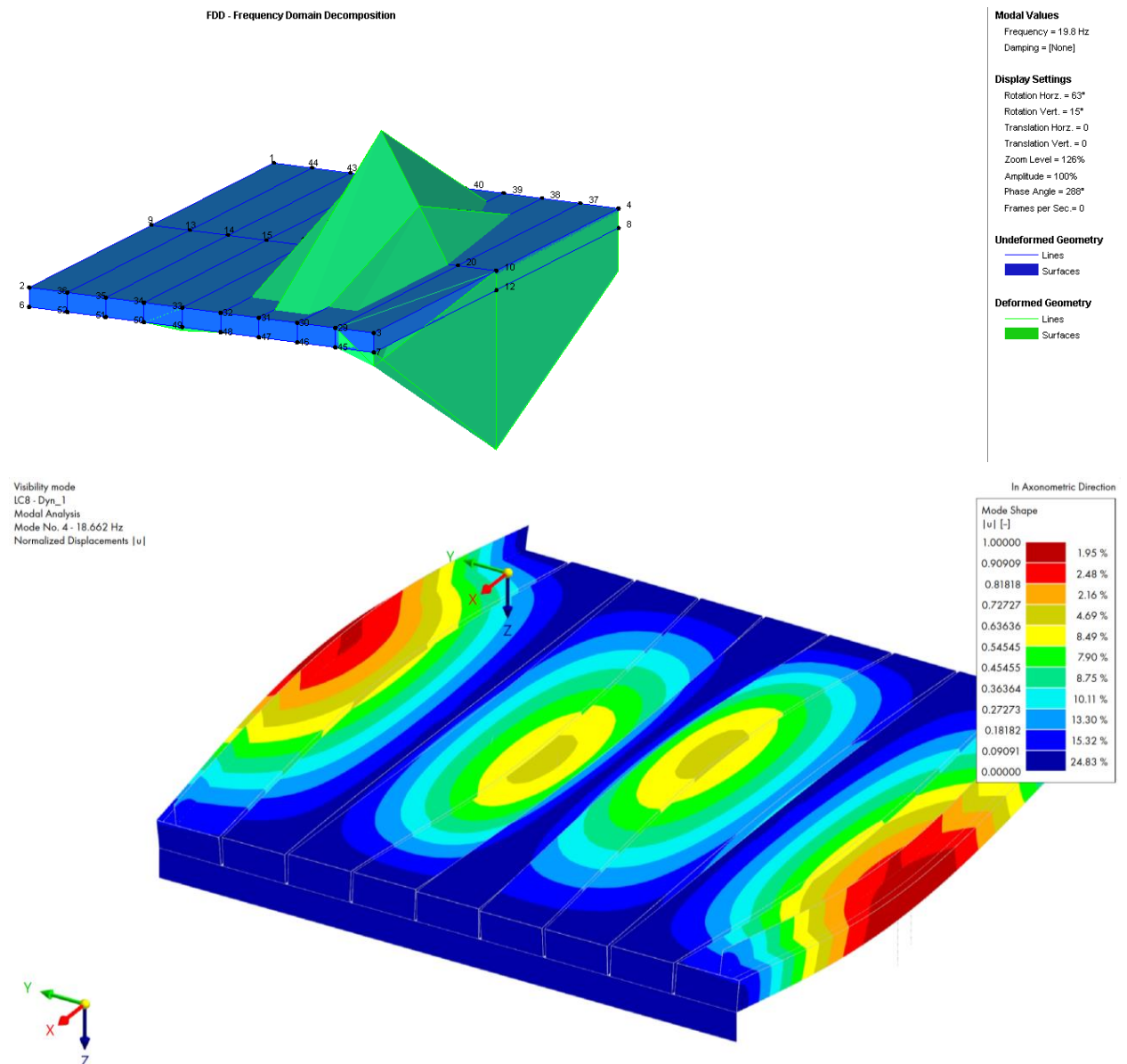
39 pav. *tęsinys*. Tilto perdangos eksperimentinių (viršuje) ir teorinių (apačioje) savyjų svyravimų virpesių modų ir jų dažnių sugretinimas

c) Sukamoji II forma: $f_{exp}=15,5 \text{ Hz}$; $f_{th}=15,0 \text{ Hz}$



39 pav. *tęsinys.* Tilto perdangos eksperimentinių (viršuje) ir teorinių (apačioje) savųjų svyravimų virpesių modų ir jų dažnių sugretinimas

d) Sukamoji III forma: $f_{exp}=19,8 \text{ Hz}$; $f_{th}=18,7 \text{ Hz}$



39 pav. tęsinys. Tilto perdangos eksperimentinių (viršuje) ir teorinių (apačioje) savųjų svyravimų virpesių modų ir jų dažnių sugretinimas

8 lentelė. Perdangos laisvųjų virpesių eksperimentinių ir teorinių dažnių palyginimas

Virpesių forma	Eksperimentinis dažnis, Hz	Teorinis dažnis, Hz	Teorinis dažnis / Eksperimentinis dažnis
I	10,2	10,3	1,01
II	12,5	12,2	0,98
III	15,5	15,0	0,97
IV	19,8	18,7	0,94



11.40. Tyrimuose atliktas gelžbetoninės perdangos ir polių-kolonų laikomosios galios normaliniame ir įstrižajame pjūviuose (tik perdangos plokštėms) įvertinimas. Atsparumo patikrinimas normaliniame pjūvyje atliktas pagal maksimalų lenkimo momentą, tuo tarpu įstrižajame pjūvyje pagal skersinę jėgą. Perdangų betono gniuždomasis bei armatūros tempiamasis stipriai priimti pagal tipinių projektų duomenis. Priimtos gniuždomojo stiprio reikšmės yra konservatyvios, kadangi neardančiais metodais nustatytos eksperimentinės stiprio reikšmės kai kuriems konstrukciniams elementams buvo šiek tiek aukštesnės.

11.41. Plokščių laikomosios galios lenkimui priėmus LST EN 1991-2 LM1 modelio apkrovas su apkrovas koreguojančiais koeficientais $\alpha_{Q1}=0,8$ bei $\alpha_{Q2}=\alpha_{Q3}=\alpha_{q1}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$ bei nevertinant atsiradusių pažaidų įtakos. Gauti rezultatai apibendrinti 9 lentelėje, kurioje M_{Ed} atitinka suminių eksploatacinių apkrovų sukeltus lenkimo momentus, M_{Rd} – atlaikomąjį perdangos plokštės momentą, nevertinant atsiradusių pažaidų įtakos. Plokščių laikomoji galia nėra pakankama, jeigu $M_{Ed} / M_{Rd} < 1$. Būtina pabrėžti, kad atliekant skaičiavimus mažiau apkrautoms plokštėms M_{Ed} nėra maksimalios. Jos gautos apkrovas kintamąją apkrovą išdėsčius kitų plokščių atžvilgiu pavojingiausiose padėtyse.

9 lentelė. Perdangos plokščių laikomosios galios normaliniame pjūvyje įvertinimas LST EN 1991-2 LM1 modelio poveikiui su apkrovas koreguojančiais koeficientais $\alpha_{Q1}=0,8$ bei $\alpha_{Q2}=\alpha_{Q3}=\alpha_{q1}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$

Plokštės žymėjimas	Lenkimo momentai, kNm		M_{Ed}/M_{Rd}
	M_{Ed}	M_{Rd}	
P-1	339	402	0,843
P-2	383	402	0,952
P-3	514	402	1,278
P-4	544	402	1,353
P-5	535	402	1,332
P-6	426	402	1,059
P-7	386	402	0,960
P-8	254	402	0,633
P-9	141	402	0,352



11.42. Iš 9 lentelės matyt, kad labiausiai apkrautų plokščių (lentelėje pažymėta raudona spalva) laikomoji galia LST EN 1991-2 LM1 modelio poveikiui su apkrovas koreguojančiais koeficientais $\alpha_{Q1}=0,8$ bei $\alpha_{Q2}=\alpha_{Q3}=\alpha_{q1}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$ nėra pakankama. Išnaudojimo koeficiento M_{Ed}/M_{Rd} reikšmės svyruoja nuo 1,059 iki 1,353.

11.43. Papildomai atliktas laikomosios galios įvertinimas priėmus sumažinto intensyvumo LST EN 1991-2 LM1 modelio apkrovas su apkrovas koreguojančiais koeficientais $\alpha_{Q1}=\alpha_{Q2}=\alpha_{q1}=0,65$ bei $\alpha_{Q3}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$. Šis modelis gali būti naudojamas miestų ir miestelių tiltams, kurių tarpatramio ilgis mažesnis už 25 m. Gauti rezultatai apibendrinti 10 lentelėje. Iš lentelės matyti, kad labiausiai apkrautų plokščių laikomoji gali normaliniame pjūvyje išlieka nepakankama. Išnaudojimo koeficiento M_{Ed}/M_{Rd} reikšmės svyruoja nuo 1,024 iki 1,08. Tyrimų rezultatai rodo, kad tilto perdangos laikomoji galia normaliniame pjūvyje nėra pakankama LST EN 1991-2 normose reglamentuojamų apkrovų poveikiui bei tolimesnė jo eksploatacija turi būti ribojama. Tiltas galėtų būti eksploatuojamas be apribojimų tik jį sustiprinus arba pakeitus nauju.

10 lentelė. Perdangos plokščių laikomosios galios normaliniame pjūvyje įvertinimas LST EN 1991-2 LM1 modelio poveikiui su apkrovas koreguojančiais koeficientais $\alpha_{Q1}=\alpha_{Q2}=\alpha_{q1}=0,65$ bei $\alpha_{Q3}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$

Plokštės žymėjimas	Lenkimo momentai, kNm		M_{Ed}/M_{Rd}
	M_{Ed}	M_{Rd}	
P-1	277	402	0,688
P-2	315	402	0,785
P-3	412	402	1,024
P-4	437	402	1,087
P-5	418	402	1,040
P-6	336	402	0,835
P-7	300	402	0,747
P-8	206	402	0,512
P-9	120	402	0,298

11.44. Teoriniuose tyrimuose papildomai įvertinta galimų eksploatacinių transporto priemonių apkrovų poveikių įtaka perdangos labiausiai apkrautų plokščių lenkimo laikomajai galiai. Skaičiavimuose panaudota keturių ašių sunkiasvorė transporto priemonė, kurios parametrai:



bendras svoris – 50 t, priekinių ašies svoris – 2×11 t, galinių ašių – 2×14 t. Savivarčio ašių formulė išilgine kryptimi pradedant nuo pirmosios ašies – 1,8+3,0+1,4 m. Būtina pabrėžti, kad panašių parametrų transporto priemonių eismas be atskiro suderinimo yra draudžiamas. Skaičiavimuose papildomai įvertintas dinaminis apkrovos koeficientas $1+\phi=1,30$ bei apkrovos patikimumo koeficientas $\eta=1,35$. Pastarasis priimtas pagal LST EN 1990 automobilių tiltų apkrovų modeliui LM1. Dinaminis koeficientas priimtas atsižvelgiant į tilto dinaminių bandymų rezultatus. Teoriniuose tyrimuose nagrinėti du apkrovimo atvejai: I) tilto perdanga apkrauta dviem greta pravažiuojančiais identišku geometrinį parametrų savivarčiais; II) t tilto perdanga apkrauta vienu 50 t svorio savivarčiu. Skaičiavimai atlikti nevertinant ir įvertinus tilto eksploatacijos metu atsiradusias pažaidas. Vertinant defektų ir pažaidų įtaką priimta konservatyvi prielaida, kad labiausiai apkrautos perdangos plokštės laikomoji galia normaliniame pjūvyje yra sumažėjusi 20%. Šia prielaida integraliai įvertina ne tik defektų ir pažaidų įtaka plokščių laikomajai galiai, bet ir pastarųjų įtaka vidinių jėgų persiskirstymui tarp perdangos plokščių.

11.45. Tilto perdangos plokščių laikomosios galios įvertinimo priėmus 2×50 t savivarčių apkrovą bei nevertinant atsiradusių defektų ir pažaidų bei jas įvertinus rezultatai pateikti 11 lentelėje. Gauti rezultatai rodo, kad kapitaliai suremontavus/rekonstravus tiltą ir tinkamai pašalinus tilto eksploatacijos metu atsiradusius defektus ir pažaidas tiltas eksploatacinėms apkrovoms, kurioms nėra reikalingi specialūs leidimai važiuoti automobilių keliais gali būti eksploatuojami be svorių apribojimo. Šiuo atveju perdangos plokščių maksimali gauta išnaudojimo koeficiento M_{Ed}/M_{Rd} reikšmė sudarė 0,916. Tačiau įvertinus dabartinę tilto būklę priimtos eksploatacinės apkrovos poveikiui labiausiai apkrautų perdangos plokščių laikomoji galia tampa nebepakankama. Labiausiai apkrautų plokščių išnaudojimo koeficiento M_{Ed}/M_{Rd} reikšmės svyruoja nuo 1,085 iki 1,145.

11.46. Tilto perdangos su defektais ir pažaidomis laikomoji galia patikrinta sumažintai eksploataciniai vieno 50 t savivarčio apkrovai. Laikomosios galios vertinimo rezultatai pateikti 12 lentelėje. Gauti rezultatai rodo, kad dabartinės būklės tilto perdangos laikomoji galia normaliniame pjūvyje priimtai vieno 50 t svorio savivarčio apkrovai yra pakankama. Gauta išnaudojimo koeficiento M_{Ed}/M_{Rd} maksimali reikšmė sudaro 0,952. Galima teigti, kad esamos būklės tiltas gali būti eksploatuojamas vienos transporto priemonės eismui nevirsinat LR Susisiekimo ministerijos nustatytų transporto priemonių parametrų (bendro svorio ir ašies apkrovos), kuriems esant transporto priemonės eismas gali vykti be specialaus suderinimo ir leidimo važiuoti automobilių keliais. Toliau eksploatuojant tiltą iki intervencinių priemonių įgyvendinimo būtina imtis transporto priemonių srautus tiltu apribojančių veiksmų

(važiuojamosios dalies siaurinimas, kelio ženklų ar informacinių skydų įrengimas ir pan.). Didesnio svorio transporto priemonių eismas tiltu galėtų būti vykdomas tik įgyvendinus tilto laikomosios galios atstatymo intervencines priemones.

11 lentelė. Perdangos plokščių laikomosios galios normaliniame pjūvyje įvertinimas eksploatacinės 2×50 t savivarčio apkrovos poveikiui nevertinant perdangos plokštėse atsiradusių pažeidimų ir defektų įtakos bei juos įvertinus

Plokštės žymėjimas	Lenkimo momentai, kNm		M_{Ed}/M_{Rd}
	M_{Ed}	M_{Rd}	
P-1	176	402	0,437
P-2	277	402	0,689
P-3	315	402	0,783
P-4	368	402	0,915
P-5	349	402	0,868
P-6	368	402	0,916
P-7	316	402	0,785
P-8	289	402	0,719
P-9	164	402	0,408
Defektų ir pažeidimų įtaka įvertinta			
P-1	176	322	0,546
P-2	277	322	0,861
P-3	315	322	0,979
P-4	368	322	1,144
P-5	349	322	1,085
P-6	368	322	1,145
P-7	316	322	0,981
P-8	289	322	0,899
P-9	164	322	0,510



12 lentelė. Perdangos plokščių laikomosios galios normaliniame pjūvyje įvertinimas eksploatacinės vieno 50 t savivarčio apkrovos poveikiui įvertinus perdangos plokštėse atsiradusių pažaidų ir defektų įtaką

Plokštės žymėjimas	Lenkimo momentai, kNm		M_{Ed}/M_{Rd}
	M_{Ed}	M_{Rd}	
P-1	171	322	0,532
P-2	264	322	0,822
P-3	285	322	0,885
P-4	306	322	0,952
P-5	229	322	0,713
P-6	172	322	0,535
P-7	129	322	0,400
P-8	98	322	0,304
P-9	65	322	0,203

11.47. Eksploatuojant tiltą be važiuojamosios dalies pločio apribojimų leidžiama eksploatacinė apkrova taip pat turėtų būti sumažinta. Priėmus, kad tiltu vienu metu gali pravažiuoti 2 sunkiasvorės transporto priemonės, leidžiama transporto priemonės su kroviniu bendroji masė turi būti apribota iki 30 t, o maksimali ašies apkrova ne didesnė kaip 11 t.

11.48. Atlikus laikomosios galios skaičiavimus įstrižajame pjūvyje skersinės jėgos poveikiui gautos tos pačios tendencijos kaip ir normaliniame pjūvyje. Perdangos laikomoji galia LST EN 1991-2 apkrovos modelio LM1 poveikiui nėra pakankama tiek priėmus apkrovas koreguojančius koeficientus $\alpha_{Q1}=0,8$ bei $\alpha_{Q2}=\alpha_{Q3}=\alpha_{q1}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$, tiek ir sumažintas jų reikšmes $\alpha_{Q1}=\alpha_{Q2}=\alpha_{q1}=0,65$ bei $\alpha_{Q3}=\alpha_{q2}=\alpha_{q3}=\alpha_{qr}=1,0$. Gautos laikomosios galios išnaudojimo koeficientų V_{Ed}/V_{Rd} reikšmės, kito, atitinkamai, 1,04–1,57 ir 1,10–1,29 ribose. Tai taip pat patvirtina, kad tilto tolimesnė eksploatacija be eismo apkrovų apribojimų iki nėra galima.

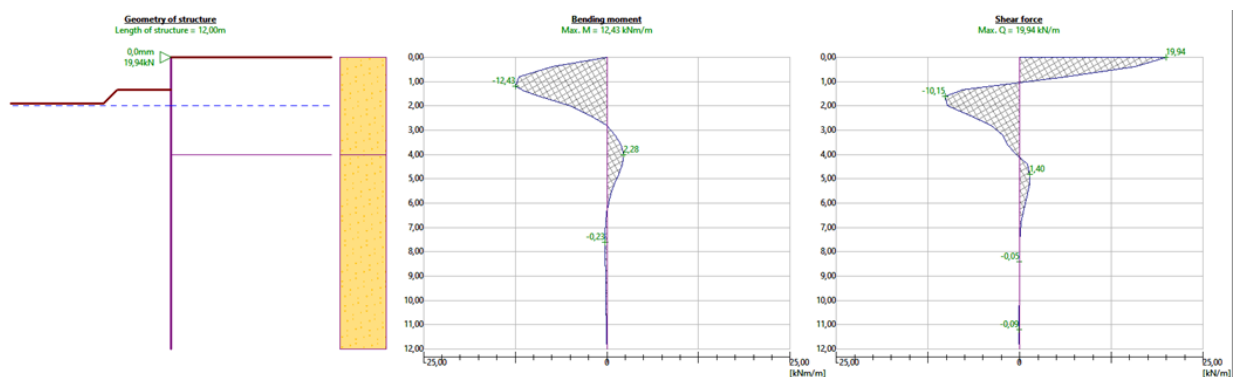
11.49. Sąlyginei eksploatacinei 2×50 t savivarčių apkrovai gauti tokie rezultatai: neįvertinus eksploatacijos metu atsiradusių defektų ir pažaidų įtakos, labiausiai apkrautų perdangos plokščių laikomoji galia įstrižajame pjūvyje yra pakankama. Maksimali išnaudojimo koeficientų V_{Ed}/V_{Rd} reikšmė sudarė 0,91. Įvertinus pažaidas perdangos plokščių laikomoji galia skersinių jėgų poveikiui tampa nebepakankama, o maksimali išnaudojimo koeficientų V_{Ed}/V_{Rd} reikšmė padidėja



iki 1,14. Gauti rezultatai rodo, kad kapitaliai suremontavus/rekonstravus tiltą ir tinkamai pašalinus tilto eksploatacijos metu atsiradusius defektus ir pažaidas tiltas eksploatacinėms apkrovoms, kurioms nėra reikalingi specialūs leidimai važiuoti automobilių keliais gali būti eksploatuojami be svorių apribojimo.

11.50. Tilto perdangos su defektais ir pažaidomis laikomoji galia įstrižajame pjūvyje patikrinta sumažintai eksploataciniai vieno 50 t savivarčio apkrovai. Gauti rezultatai rodo, kad dabartinės būklės tilto perdangos laikomoji galia skersinių jėgų, kurias sukelia priimta vieno 50 t svorio savivarčio apkrova, yra pakankama. Gauta išnaudojimo koeficiento V_{Ed}/V_{Rd} reikšmė sudaro 0,93. Įstrižojo pjūvio stiprumo skaičiavimai dar kartą patvirtina, kad esamos būklės tiltas gali būti eksploatuojamas vienos transporto priemonės eismui neviršinat LR Susisiekimo ministerijos nustatytų transporto priemonių parametrų (bendro svorio ir ašies apkrovos), kuriems esant transporto priemonės eismas gali vykti be specialaus suderinimo ir leidimo važiuoti automobilių keliais. Eksploatuojant tiltą be važiuojamosios dalies pločio apribojimų leidžiama eksploatacinė apkrova turi būti apribota iki 30 t, o maksimali ašies apkrova ne didesnė kaip 11 t.

11.51. Pagal turimus preliminarinius duomenis išlikusioje projektinėje dokumentacijoje atliktas polių–kolonų laikomosios galios vertinimas. Analizės metu gautos poliuose–kolonose veikiančios lenkimo momentų ir skersinės jėgos nuo išorinių grunto bei transporto apkrovų poveikio (40 pav.). Pagal gautas įrašas atlikus polių–kolonų laikomosios galios patikrą normaliniame pjūvyje nustatyta, kad ji yra pakankama. Būtina pabrėžti, kad polių–kolonų laikomoji galia turi būti patikslinta rengiant tilto kapitalinio remonto/rekonstrukcijos projektinius sprendinius bei atliekant papildomus geologinius tyrinėjimus. Priklausomai nuo priimtų sprendinių bei gautų inžinerinių geologinių tyrinėjimų rezultatų, įrašų reikšmės poliuose–kolonose bei jų laikomoji galia gali pasikeisti.



40 pav. Tilto polių–kolonų skaičiuotinė schema (kairėje) ir lenkimo momentų (viduryje) bei skersinių jėgų (dešinėje) pasiskirstymas

12. Privalomosios pastabos

Atlikus tilto per Tenenio upę, pikete 46+60, Tenenių km., Tenenių sen., kelyje Jomantai, Teneniai–Teneniai, Pajūralis laikančiųjų konstrukcijų ir elementų techninės būklės vertinimą, tilto statinius ir dinامينius bandymus, tilto perdangos ir ramtų polių–kolonų laikomosios galios vertinimą, galima suformuluoti tokias privalomas pastabas statinio būklei pagerinti bei saugai užtikrinti:

12.1. Pakloto elementus būtina demontuoti bei įrengti naują važiuojamosios dalies paklotą (išlyginamasis sluoksnis, hidroizoliacija, važiuojamosios dalies danga).

12.2. Būtina pašalinti žvyro dangos sluoksnius nuo tilto važiuojamosios dalies ir tilto prieigose taip sumažinant pravažiuojančių transporto priemonių dinaminį poveikį tilto konstrukcijoms.

12.3. Esamus turėklus ir turėklinius blokus bei gelžbetoninius atitvarus rekomenduojama pašalinti ir vietoje jų įrengti plieninius atitvarus automobilių transporto priemonių eismo saugai užtikrinti.

12.4. Priėmus sprendimą įrengti šalitilčius ar techninius praėjimus, turėklus būti pakeisti naujais arba kapitaliai suremontuoti. Šiuo atveju turėklų aukštis privalo būti parinktas atsižvelgiant į TR 2.01:2019 reglamento 96 p. reikalavimus. Papildomai būtina įrengti plieninius atitvarus transporto priemonių ir pėsčiųjų arba techninio personalo srautų atskyrimui.

12.5. Būtina įrengti lietaus vandens nuvedimo sistemą užtikrinant atitikimą STR 2.01.01(3):1999 reglamento bei TR 2.01:2019 reglamento IX skyriaus reikalavimams.

12.6. Tilto pradžioje ir pabaigoje ties ramtų ir perdangos plokščių sandūra pakloto lygmenyje turi būti įrengti nauji pakloto deformaciniai pjūviai, kurie turi tenkinti TR 2.01:2019 reglamento 92–94 p. reikalavimus.

12.7. Būtina įrengti tilto apšvietimo sistemą laikantis TR 2.01:2019 reglamente nurodytų reikalavimų.

12.8. Rekomenduojama papildomai įrengti elastomerinius atraminius guolius perdangos plokščių atraminėse zonose. Galimybės tai įgyvendinti turėtų būti nustatytos demontavus esamą tilto paklotą.

12.9. Intervencinių priemonių pobūdis tilto perdangoms ir atramoms priklauso nuo sprendimo susijusio su tilto laikomosios galios atstatymu bei atitikimu STR ir/ar LST EN standartų sistemose reglamentuojamų ribinių būvių reikalavimų. Nusprendus priimti laikinas intervencines priemones tilto saugai užtikrinti ir tolimesnėje tilto eksploatacijoje ribojant transporto priemonių svorį būtina imtis šių priemonių:

- reikšmingai pažeistų plokščių keitimas naujomis arba stiprinimas;*
- zonose, kuriose perdangos plokščių ir atramų betonas pažeistas betono paviršių valymas ir apsauginių dangų atstatymas: nuvalomi betono paviršiai, pašalinamas atšokęs*

apsauginis sluoksnis ir atkerę betono gabalai, užtaisomos kavernos, paviršinės pažaidos ir plyšiai, atstatomas pažeistas apsauginis sluoksnis, sudūlėję paviršiai;

- *atidengus pažeisto betono sluoksnius ir nustačius armatūros koroziją, rūdijančių ir atsidengusių armatūros strypų nuvalymas bei atsidengusios armatūros padengimas antikorozine danga; naudojama vietose, kur dėl armatūros korozijos atkerės ar pilnai nukritęs apsauginis betono sluoksnis. Šiose zonose betoniniai paviršiai atstatomi ir remontuojami pagal ankstesnio punkto rekomendacijas;*
- *arti betono paviršiaus esančios armatūros antikorozinė apsauga korozijos vystymosi prevencijai;*
- *supleišėjusius gelžbetoninių elementų paviršius padengti tampria danga; nustačius didesnio nei 0,5 mm pločio plyšius juos injektuoti polimerinėmis medžiagomis;*
- *plokščių ir atramų betoninių paviršių padengimas atmosferos poveikiams atsparia danga. Rekomenduotina naudoti hidrofobizuojančius impregnantus.*

12.10. Atliekant teorinius skaičiavimus perdangos plokščių ir atramų polių–kolonų įrąžos apskaičiuotos priėmus konservatyvias prielaidas. Įvertinant tiltų projektavimo praktikoje taikomas tendencijas tilto kapitalinio remonto/ rekonstrukcijos projekto rengimo metu įvertinant tolimesnės tilto eksploatacijos ekonominius aspektus siūloma apsvarstyt galimus inžinerinius sprendimus dėl visų perdangos plokščių stiprinimo arba pakeitimo naujomis, užtikrinant jų pakankamą laikomąją galią standarte LST EN 1991-2 [10.10] reglamentuojamiems tiltų poveikiams bei atitikimą STR 2.01.01(1):2005 [10.6] nustatytiems esminiams statinio reikalavimams.

12.11. Atramų konstrukcijų kapitalinio remonto/rekonstrukcijos priemonės priklauso nuo tiltų perdangoms priimtų inžinerinių sprendinių. Ženkliai nesikeičiant nuolatinės apkrovos intensyvumui bei tilto konstrukciniai schemai esamų polių–kolonų laikomoji galia yra pakankama. Tačiau jų laikomąją galią būtina papildomai patikrinti atlikus inžinerinius geologinius tyrinėjimus.

12.12. Pereinamųjų plokščių ties kraštinėmis atramomis būklės patikrinti nėra galimybės. Rekomenduojamas pakeitimas įrengiant naujas pereinamąsias plokštes ant grunto pagrindo. Šis sprendimas turi būti priimtas pašalinus važiuojamosios dalies paklotą ties kraštinėmis atramomis bei įvertinus pereinamųjų plokščių techninę būklę. Esant priimtinaai būklei, būti įrengti patikimą pagrindą po esamomis pereinamomis plokštėmis. Inžineriniai sprendimai gali būti patikslinti kapitalinio remonto/rekonstrukcijos darbų vykdymo metu.

12.13. Atnaujinti atraminių sienų gelžbetoninių plokščių sandūras. Rekomenduojama apsvarstyti galimybę atramines plokštes pakeisti naujomis.

12.14. Būtina sutvarkyti gerbūvį tilto prieigose ir po tiltu, atstatant arba pakeičiant naujomis pylimus stiprinančias gelžbetonines plokštes upės vagoje ir zonose ties ramtais. Kapitalinio remonto/rekonstrukcijos metu būtina imtis priemonių kelio pylimams tilto prieigose bei zonose už atraminių sienų sustiprinti, užtikrinant jų stabilumą bei išplovimo galimybes.

12.15. Būtina sutvarkyti ir įrengti technines aikšteles po tiltu ties perdangų atraminėmis zonomis. Jūs būtinos saugiai prieigai prie atraminių dalių techninių apžiūrų bei einamųjų remontų metu.

12.16. Šiame skirsnyje išvardintos intervencinės priemonės turi būti priimtose ne vėliau kaip per 3 metus po šio akto pateikimo. Šiame laikotarpyje nesiėmus nurodytų priemonių techninė būklė gali ženkliai pablogėti ir kelti laikančiųjų konstrukcijų, o kartu ir pačio tilto avarijos pavojų. Per šį laikotarpį nesiėmus nurodytų priemonių būtina atlikti pakartotiną statinio techninės būklės kaitos vertinimą.

12.17. Iki aukščiau išvardintų intervencinių priemonių įgyvendinimo esamos techninės būklės tiltas gali būti eksploatuojamas vienos transporto priemonės eismui neviršinat LR Susisiekimo ministerijos nustatytų transporto priemonių parametrų (bendro svorio ir ašies apkrovos), kuriems esant transporto priemonės eismas gali vykti be specialaus suderinimo ir leidimo važiuoti automobilių keliais. Šiuo atveju būtina apriboti galimą dviejų sunkiasvorių automobilių pateikimą ant tilto. Eksploatuojant tiltą be važiuojamosios dalies pločio apribojimų leidžiama eksploatacinė apkrova turi būti apribota iki 30 t, o maksimali ašies apkrova ne didesnė kaip 11 t. tilto. Apribojimams įgyvendinti būtina imtis atitinkamų priemonių, pvz.: sumažinti važiuojamosios dalies plotį, įrengti atitinkamus draudžiamuosius ir įspėjamuosius kelio ženklus, informacinius standus ir pan.

12.18. Eksploatuojant tiltą iki intervencinių priemonių įgyvendinimo būtina nuolatinė jo būklės stebėseną. Pastebėjus esamų defektų ir pažaidų vystimosi pokyčius bei naujai atsiradusius defektus ir pažaidas būtina nedelsiant įvertinti jų galimą poveikį tilto laikomajai galiai ir saugai bei esant poreikiui laikinai apriboti tilto tolimesnę eksploataciją.

12.19. Eksploatuojant tiltą jį būtina tinkamai prižiūrėti. Šioms veikloms atlikti galima vadovautis AB „Via Lietuva“ (ankščiau Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos) patvirtintomis tiltų techninės priežiūros taisyklėmis TTPT10. Būtina nuolatinė ir kasmetinė tilto būklės stebėseną bei pastebėtų defektų ir pažaidų savalaikę vystimosi prevenciją. Priklausomai nuo tilto būklės kitimo, ateityje būtina numatyti ne rečiau kaip kas 5 metus atlikti tilto detaliąsias apžiūras, o po stichinių nelaimių (didelių potvynių, liūčių ir pan.) specialiąsias neplanines apžiūras.



13. Neprivalomosios pastabos

13.1. Saugiai tilto techninės priežiūros užtikrinimui kelio šlaituose abėjuose Tenenio upės pusėse rekomenduojama įrengti šlaitinius laiptus.

13.2. Iki intervencinių priemonių įgyvendinimo pravažiuojančių transporto priemonių kontrolei realiaame laike siūloma įrengti stacionarias video stebėjimo sistemas.

14. Statinio techninės būklės įvertinimas

Tiltas per Tenenio upę yra neatsiejama Tenenių miestelio infrastruktūros dalis. Nepaisant to, kad intensyvus sunkiasvorių transporto priemonių eismas tiltu nevyksta būtina užtikrinti pakankamą jo laikančiųjų konstrukcijų laikomąją galią ir saugą bei geras eksploatacines ir estetines savybes.

Atlikus tilto techninės būklės vertinimą bei atitikimo Lietuvoje galiojančių statybos norminių dokumentų reikalavimams galima teigti, kad per beveik 35 metų eksploataciją tilto laikančiosios konstrukcijos ir elementai nusidėvėjo, juose atsirado pažeidimų ir defektų. Tai lėmė, kad dabartinė statinio techninė būklė yra tik patenkinama, o kai kuriuose konstrukciniuose elementuose tyrimų metu identifikuoti defektai, lemiantys tilto laikančiųjų elementų laikomosios galios ir saugos sumažėjimą. Artimiausiu metu būtina atlikti tilto kapitalinio remonto/rekonstrukcijos darbus, siekiant pagerinti jo konstrukcijų ilgaamžiškumą ir saugą.

Dabartinė tilto būklė leidžia teigti, kad įvertinus eksploatacijos metu atsiradusius defektus ir pažeidas tilto gelžbetoninės perdangos plokštės netenkina STR 2.01.01(1):2005. Esminis statinio reikalavimas „Mechaninis atsparumas ir pastovumas“ reikalavimų ir neatlaiko Lietuvoje tiltų projektavimui taikomo LST EN 1991-2 standarte reglamentuojamo kintamosios automobilių pagrindinio modelio LM1 apkrovos su apkrovą koreguojančiais koeficientais $\alpha_{Q1}=\alpha_{Q2}=\alpha_{Q1}=0,65$ ir $\alpha_{Q3}=\alpha_{Q2}=\alpha_{Q3}=\alpha_{qr}=1,0$. Šie aspektai atitinka sovietmečiu statytų ar po II-ojo pasaulinio karo rekonstruotų tiltų laikomosios galios vertinimo tendencijas. Atlikti teoriniai laikomosios galios skaičiavimai parodė, kad esamo automobilių laikančiųjų konstrukcijų atitikimas STR 2.01.01(1):2005. Esminis statinio reikalavimas „Mechaninis atsparumas ir pastovumas“ reikalavimams gali būti įgyvendintas tik kapitaliai suremontavus ar rekonstravus tilto laikančiąsias konstrukcijas.

Tolimesnių būtinų intervencinių priemonių pobūdis priklauso nuo tilto savininko sprendimo. Siūloma priimti šias priemones tilto saugai ir patikimumui užtikrinti:

- esamo automobilių tilto kapitalinis remontas ir stiprinimas, siekiant užtikrinti laikančiųjų konstrukcijų atitikimą STR 2.01.01(1):2005. Esminis statinio reikalavimas „Mechaninis

atsparumas ir pastovumas“ reikalavimams. Atliekant darbus būtina vadovautis TR 2.01:2019 bei kitų normatyvinių dokumentų reikalavimais. Kapitalinio remonto metu būtina įgyvendinti 12 ir 13 skyriuose išvardintas intervencines priemones. Būtina pabrėžti, kad kai kurios tilto konstrukcijos yra pakankamai nusidėvėjusios, elementuose vyksta negrįžtami struktūriniai pokyčiai (betono ir armatūros korozija ir kt.). Tilto konstrukcijų atstatymas iki saugai užtikrinti reikalingo lygmens yra įmanomas, tačiau tilto savininkai turėtų įvertinti ar ši priemonė yra ekonomiškai priimtina. Būtina pabrėžti, kad tyrimuose nustatytas laikomosios galios rezervas po sustiprinimo ir kapitalinio gali būti nedidelis. Reikia pažymėti, kad laikomoji galia vertinta priėmus sumažintą LST EN 1991-2 reglamentuojamą apkrovą automobilių tiltams. Ateityje numatant kelių infrastruktūros plėtrą bei galimą automobilių transporto srautų ir svorių augimą, tilto laikomoji galia gali tapti nepakankama.

- naujo automobilių tilto įrengimas. Pastarasis sprendimas būtų racionalus ir ilgalaikis, kadangi būtų suprojektuotas taikant šiuolaikinėje tiltų inžinerijoje taikomus inžinerinius metodus ir konstrukcijų ilgaamžiškumą užtikrinančius sprendimus.

Iki galutinio sprendimo įgyvendinimo tiltui turi būti taikomos šio akto 12.16–12.19 punktuose nurodytos priemonės. Rekomenduotos intervencinės priemonės turi būti priimtose per artimiausius 3 metus. Šiame laikotarpyje nesiėmus priemonių būtina atlikti pakartotiną statinio techninės būklės kaitos vertinimą. Po tilto kapitalinio remonto, tilto konstrukcijas ir elementus būtina nuolat prižiūrėti, atliekant kasmetines apžiūras, o kas 5 metus detaliąsias apžiūras. Neprižiūrėto tilto ilgaamžiškumas, o kartu sauga ir patikimumas ilgainiui gali vėl sumažėti.

Laboratorijos vedėjas

(parašas)

A. Šneideris

(v. pavardė)

Ekspertizės vadovas ir ekspertas

(parašas)

D. Bačinskas

(v. pavardė)



**VALSTYBĖS NUOSAVYBĖS TEISE PRIKLAUSANČIŲ TILTŲ EKSPERTIZĖS
PASLAUGOS**



**TILTŲ EKSPERTIZĖS (SPECIALIOSIOS APŽIŪROS) ATLIKIMO TECHNINĖS
SĄLYGOS**

1. Užsakovas: Šilalės rajono savivaldybės administracija

2. Paslaugos rūšis: 2 vnt. tiltų detalios (specialiosios) apžiūros atlikimas, pagal pridedamą tiltų sąrašą:

2.1. Tilto per Ežerupio up., pikete 6+30, pastatyto 1976 metais, esančio Gineikių k., Kaltinėnų

2.2. Tilto per Tenenio up., pikete 46+60, pastatyto 1989 metais, esančio Tenenių k., Tenenių sen.,
kelias Jomantai, Teneniai–Teneniai, Pajūralis (koordinatės x 368219,29 y 6149501,16);

3. Reikalavimai Paslaugos tiekėjui:

3.1. Paslaugos tiekėjas, turintis bent vieną kvalifikuotą specialistą turintį (galiojantį) teisę eiti
statinio (jo dalies) ekspertizės vadovo pareigas ir turintį ne mažiau kaip 2 metų statinio (jo dalies)
ekspertizės vadovo darbo patirtį.

3.2. Detalias (specialiąsias) tiltų apžiūras atlieka akredituotos laboratorijos, mokslo tyrimo
įstaigos ar juridiniai asmenys, turintys teisę atlikti statinio ekspertizę (Statybos įstatymas, reglamentas
STR 1.02.06).

4. Reikalavimai detalios (specialiosios) apžiūros atlikimui:

4.1. Paslauga atliekama:

4.1.1. Tilto per Ežerupio up., pikete 6+30, pastatyto 1976 metais, esančio Gineikių k., Kaltinėnų
sen., kelias Žemaičių plentas–Pagrybis (koordinatės x 403801,02; y 6156472,06);

4.1.2. Tilto per Tenenio up., pikete 46+60, pastatyto 1989 metais, esančio Tenenių k., Tenenių
sen., kelias Jomantai, Teneniai–Teneniai, Pajūralis (koordinatės x 368219,29 y 6149501,16);

4.2. Detalios specialios apžiūros vykdytojas parengia ataskaitą, kurioje pateikiami apžiūros
rezultatai.

4.3. Detalios (specialiosios) apžiūros ataskaitoje turi būti:

4.3.1. pateikti patikrinti tilto geometrinių parametrų (tilto ilgis, tarp atramų ilgiai, tilto skersiniai
matmenys, aukštis nuo vandens lygio ir pan.);

4.3.2. aprašytas aptiktų defektų pobūdis, vieta ir priežastys;

4.3.3. pateiktos tilto ir žymių defektų fotografijos;

4.3.4. aprašyti atlikti tilto tyrimai, atliktos apžiūros ir konstrukcijų bandymai, laboratoriniai
tyrimai ir skaičiavimai; pateikiama techninė tyrimų ataskaita (bandymai derinami su užsakovu);

4.3.5. įvertinta statinio techninė būklė, pagal statybos techninį reglamentą STR 2.01.01(1)
Esminis statinio reikalavimas „Mechaninis atsparumas ir pastovumas“;

4.3.6. nustatyta tilto konstrukcijų laikomoji galia ir nustatyta leistina apkrova (**nustatant
laikomąsias galias ir leistinas apkrovas kviesti Kaimo reikalų ir aplinkosaugos skyriaus
specialistus**), pagal STR2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“;

4.3.7. aptartos eismo tiltu sąlygos ir nurodytas transporto priemonių eismo intensyvumas;

4.3.8. surašytas tilto defektų žiniaraštis;

4.3.9. specialiosios apžiūros metu atliktų stebėjimų, skaičiavimų, tyrimų ir bandymų rezultatai bei išvados pateikiamos parengtoje ataskaitoje.

4.3.10. nurodyti, jei reikalinga riboti transporto priemonių judėjimo apkrova per tiltus;

4.3.11. tiltų atstatymui reikalingas remontas, rekonstrukcija ar nauja statyba.

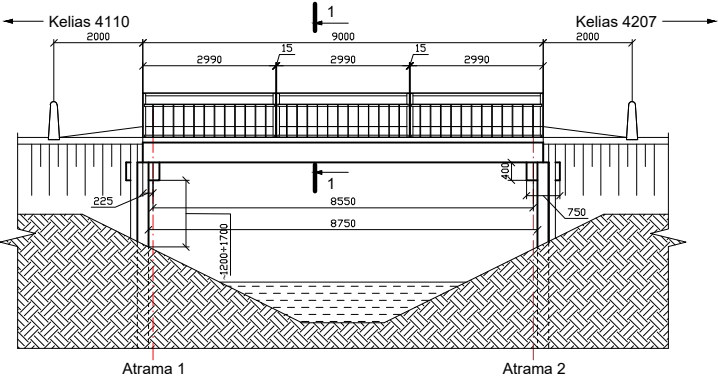
4.4. Detali (specialioji) apžiūra turi būti atlikta pagal tiltų techninės priežiūros Taisyklių VII skyriaus III skirsnio nurodymus, patvirtintus Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos direktoriaus 2010 m. gruodžio 7 d. įsakymu Nr. V-402, vadovaujantis STR 1.04.01 „Esamų statinių tyrimai“.

Kaimo reikalų ir aplinkosaugos skyriaus vyr. spec.

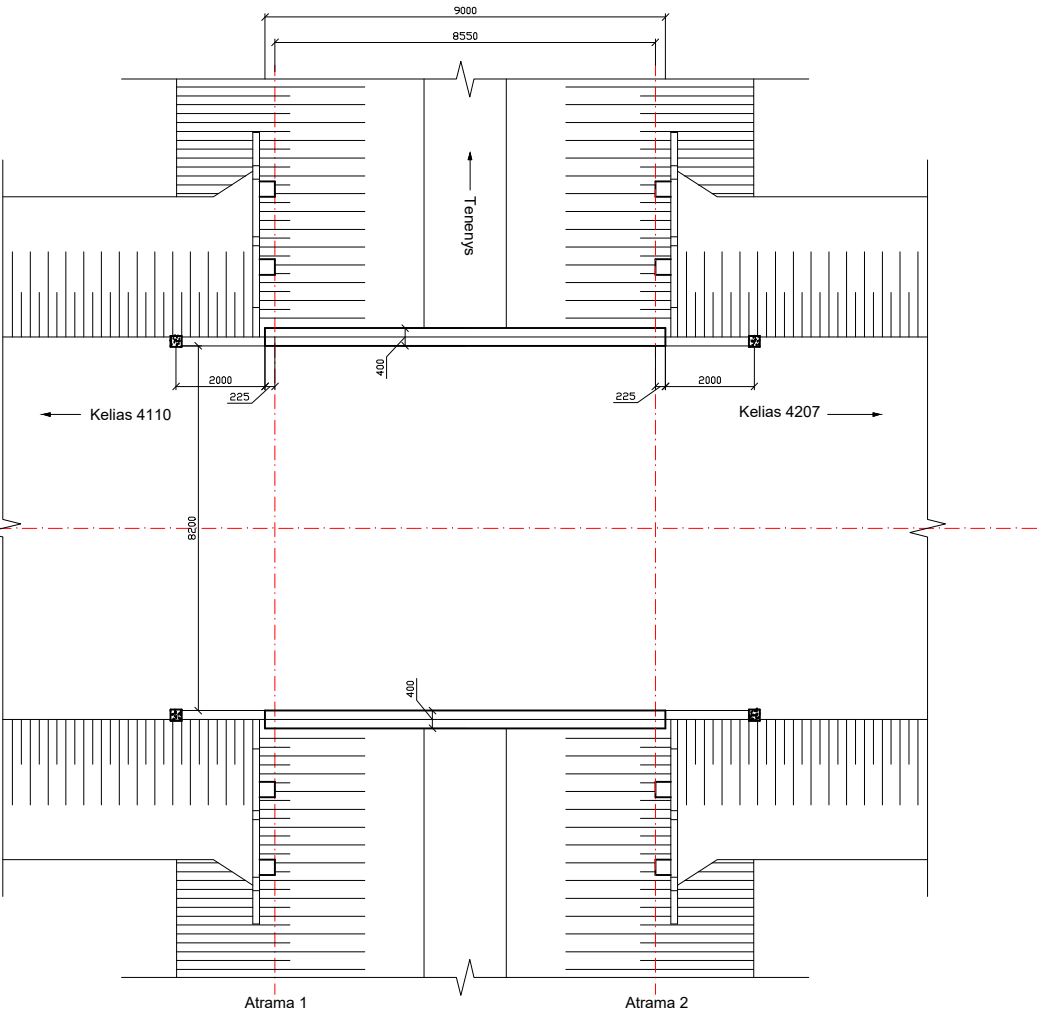
Stasys Tubutis

2 priedas. Tilto brėžiniai

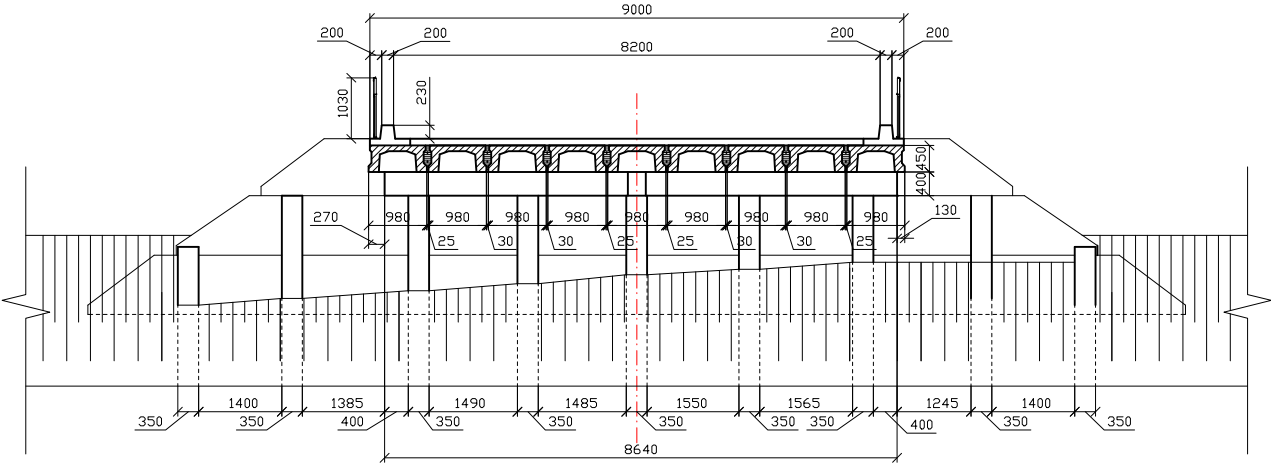
Fasadas




Planas



Skersinis pjūvis 1-1



KVAL. PATV. DOK. NR.	 <div>VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS STATYBOS FAKULTETAS <i>Taikomoji statinių, konstrukcijų ir medžiagų laboratorija, Atestato Nr. 830</i></div>			STATINIO PROJEKTO PAVADINIMAS			
				Tiltų ekspertizė			
	12925	DV	D. Bačinskas	STATINIO NUMERIS IR PAVADINIMAS, DOKUMENTO PAVADINIMAS			
		Vykd.	A. Sokolov	Tiltas per Tenenio upę, pikete 46+60, Tenenių km., fasadas, planas ir skersinis pjūvis 1-1			
It	STATYTOJAS IR (ARBA) UŽSAKOVAS			DOKUMENTO ŽYMUO Sutartis: Užsakovo registracijos Nr. B6(B)-299 (7.64 E), 2023-11-13 d. VILNIUS TECH Reg. Nr. 10.13-2023-1541, 2023-11-15 d.		Lapas	Lapų
	Šilalės rajono savivaldybės administracija					1	1