UŽSAKOVAS: AB „LTG Infra“

RANGOVAS: UAB „EKSPERTIKA“

SUTARTIS: 2023 M KOVO 17 D NR. SE23-10/06

OBJEKTAS: VILNIUS-KLAIPĖDA 127+100 KM VIADUKO TECHNINĖS BŪKLĖS ĮVERTINIMAS

DALIS SK



DIREKTORIUS

VADOVAS

2023
KAUNAS

TURINYS

ĮVADAS 3
1.VIADUKO ARCHYVINĖ DOKUMENTACIJA 5
1.1. VIADUKO BENDRIEJI DUOMENYS 5
1.2. VIADUKO TECHNINĖS CHARAKTERISTIKOS 6
1.3. VIADUKO VIETA 10
2. VIADUKO BŪKLĖ 11
2.1. BŪKLĖS IR DEFEKTŲ APŽVALGA 11
2.1.2. IŠVADOS PAGAL APŽIŪROS REZULTATUS 20
2.2. BĖGIŲ GALVUČIŲ NIVELIACIJOS DUOMENYS 23
2.3. PERDANGOS IR ATRAMŲ MEDŽIAGŲ TYRIMŲ DUOMENYS 24
2.3.1. Atramų medžiagų tyrimo duomenys 24
2.4. PERDANGOS IR ATRAMŲ BETONO KOKYBINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAS 26
2.4.1. Karbonizacijos ir chloridų tyrimas betone 26
2.5. PERDANGOS DEFORMACIJŲ TYRIMŲ DUOMENYS 27
2.6. PERDANGOS IR ATRAMŲ TYRIMŲ DUOMENYS 29
3.VIADUKO ĮRĄŽŲ TEORINIAI SKAIČIAVIMAI 31
3.1. PROJEKTINĖS VIADUKO APKROVOS 31
3.2. ĮRĄŽŲ SKAIČIAVIMAS NUO LST EN 1991-2 APKROVŲ 34
3.2.1 Viaduko perdangos ir atramų įrąžų ir deformacijų skaičiavimas nuo 71 apkrovos modelio apkrovos 35
3.2.2 Viaduko perdangos ir atramų įrąžų ir deformacijų skaičiavimas nuo SW/2 apkrovos modelio apkrovos 40
4. VIADUKO STATINIS BANDYMAS 45
4.1. BANDYMO TIKSLAS, APKROVOS IR TEORINIAI SKAIČIAVIMAI 45
4.2. MATAVIMO PRIETAISŲ IŠDĖSTYMAS 52
4.2.1. Prietaisų paskirties apibūdinimas 52
4.3. STATINIO BANDYMO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ 54
4.3.1. Perdangos įlinkių analizė 54
4.3.2. Deformacijų matavimai ir įtempiai santvarų elementuose 60
5. VIADUKO DINAMINIS BANDYMAS 61
5.1. BANDYMO TIKSLAS IR PROGRAMA 61
5.2. MATAVIMO PRIETAISAI IR JŲ IŠDĖSTYMAS 62
5.3. DINAMINIŲ BANDYMŲ REZULTATAI IR ANALIZĖ 62

5.4. VIADUKO PERDANGOS DINAMINIO BANDYMO GRAFIKAI 66
6. VIADUKO PERDANGOS ATITIKIMAS PIRMAM IR ANTRAM RIBINIAMS BŪVIAMS 67
7. STATINIO KATEGORIJOS PAGAL KĖLĄ SKAIČIAVIMAS 69
7.1. Tilto perdangos elementų laikomosios galios skaičiavimas 69
8. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS 79
LITERATŪRA 88
1 PRIEDAS. BETONO STIPRIO TYRIMO REZULTATAI 90
2 PRIEDAS. TYRIMAMS NAUDOTOS SPECIALIOS PASKIRTIES TECHNIKOS, ĮRENGINIŲ IR/AR LICENCIJUOTOS PROGRAMINĖS ĮRANGOS SĄRAŠAS 91
3 PRIEDAS. VIADUKO PERDANGOS ĮRĄŽŲ IR DEFORMACIJŲ SKAIČIAVIMAS NUO SKIRTINGŲ VAGONŲ APKROVŲ 113

ĮVADAS

2023 m. kovo mėn. 17 d. UAB „Ekspertika“ ir AB „LTG Infra“ pasirašė sutartį Nr. SE23-10_06/SI-83/2023 „Vilnius – Klaipėda 127+100 km viaduko techninės būklės įvertinimo paslaugos“. Vykdydami sutarties sąlygas, UAB „Ekspertika“ specialistai 2023 m. liepos – rugsėjo mėn. atliko gelžbetoninio viaduko linijoje Vilnius – Klaipėda 127+100 km statinį ir dinaminį bandymus bei kitus tyrimus, nurodytus kelio statinių techninės būklės vertinimo ir kategorijos pagal kėlą nustatymo techninėje specifikacijoje.

Išbandant gelžbetoninį viaduką vadovautasi tiltų bandymų taisyklėmis ST 188710638.10:2005 ir SNiP 3.06.07-86 normomis. Viaduko tyrimų metu buvo atlikta ir šioje ataskaitoje pateikta:

- detali viaduko konstrukcijų apžiūra;
- perdangos būklės vertinimas;
- perdangos tyrimai pagal I ir II ribinius būvius (Saugos ir tinkamumo ribinių būvių nuostatos įtvirtintos STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“);
- atramų ir atraminių guolių vertinimas;
- teoriniai viaduko perdangos įrąžų ir deformacijų skaičiavimai;
- viaduko perdangos statinio ir dinaminio bandymų rezultatai;
- statinio kategorijos pagal kėlą ir statinio laikomosios galios nustatymas;
- statinyje panaudotų medžiagų tyrimų duomenys;
- perdangos įrąžų teoriniai skaičiavimai 71-pirmam ir SW/2 apkrovų modeliams pagal LST EN 1991-2 Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 2 dalis reikalavimus;
- teoriniai viaduko perdangos įrąžų ir deformacijų skaičiavimai pagal techninėje užduotyje pateiktas lokomotyvų ir vagonų apkrovas;
- išvados dėl viaduko atitikimo I ir II ribiniams būviams (Saugos ir tinkamumo ribinių būvių nuostatos įtvirtintos STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“);
- išvados ir rekomendacijos dėl viaduko ir jo elementų tolimesnės eksploatacijos.

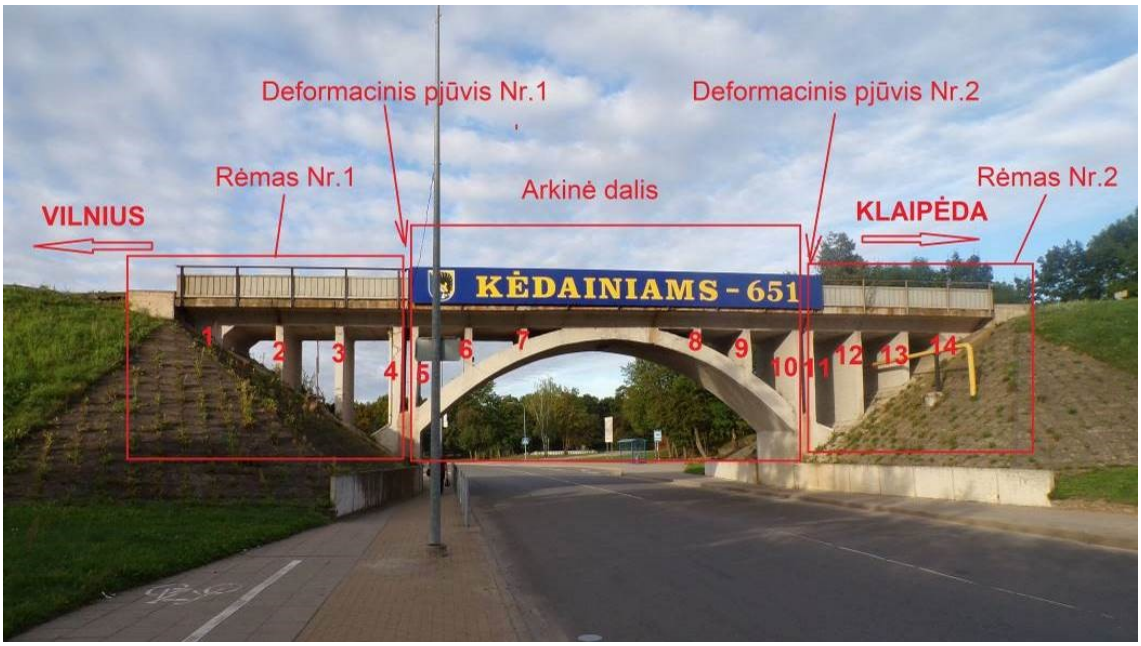
Viaduko tyrimai ir techninės būklės vertinimas atliktas vadovaujantis Lietuvos Respublikos teisės aktais ir LG normatyviniais dokumentais:

- Lietuvos Respublikos statybos įstatymas;
- STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“;
- STR 1.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“;
- TR 2.01:2019 „Automobilių kelių ir geležinkelio tiltų ir tunelių projektavimas“;
- STR 1.03.01:2017 „Statybiniai tyrimai“;
- STR 2.01.01(1):2005 „Esminis statinio reikalavimas. Mechaninis atsparumas ir pastovumas“;

- LST EN 1991-1 Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms;
- LST EN 12504. Betono bandymas konstrukcijose;
- LST EN 12390. Betono bandymas;
- „Techninio geležinkelių naudojimo nuostatai“ ADV/001;
- „Geležinkelių kelio priežiūros taisyklės“ K/111;
- „Kelio statinių priežiūros instrukcija“ 147/K.

Šioje ataskaitoje priimti tokie viaduko elementų žymėjimai (žr. 0.1 pav.):

- pirma atrama ir pirmas rėmas – Vilniaus pusėje;
- keturiolikta atrama ir antras rėmas – Klaipėdos pusėje.



0.1 pav. Viaduko elementų žymėjimas, žiūrint link Kėdainių miesto centro

Geležinkelio viaduko tyrimų ataskaitoje priimama, kad žiūrint link Klaipėdos pusės viaduko elementai, esantys miesto centro pusėje, yra „kairėje“, o priešingoje pusėje – „dešinėje“. Viaduko pradžia yra nuo Vilniaus pusės, pabaiga – nuo Klaipėdos pusės.

1. VIADUKO ARCHYVINĖ DOKUMENTACIJA

Prieš viaduko tyrimus surinkome ir išanalizavome visą archyvinę dokumentaciją, kurią pavyko surasti apie šį objektą. Surinkta dokumentacija pateikta 1.1 lentelėje.

1.1 lentelė. Geležinkelio gelžbetoninio viaduko linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km archyvinė dokumentacija

Dokumento pavadinimas	**Dokumento duomenys, rengėjas, data, pastabos**
Viaduko techninis pasas	AB „Lietuvos geležinkeliai“. Statinio kortelė, 1995 m.
Viaduko projektai	Archyvinės medžiagos apie viaduko projektą nėra išlikusios.
Esminių apžiūrų, statinių ir dinaminių bandymų ataskaitos	Archyvinės medžiagos apie viadukui atliktas esmines apžiūras, stebėsenas ar bandymus nėra.
Kultūros paveldas	Geležinkelio viadukas, esantis linijoje Vilnius–Klaipėda 127 + 100 km, nepriklauso kultūros paveldui.

1.1. VIADUKO BENDRIEJI DUOMENYS

Geležinkelio viaduko linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km bendrieji duomenys pateikti 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė. Geležinkelio viaduko bendrieji duomenys

Kelių ruožo pavadinimas	IF–2
Linija (elektrifikuota)	Vilnius–Klaipėda
Kilometras, piketas	127+100 km
Kertama kliūtis	J. Basanavičiaus gatvė Kėdainių mieste
Kelias	pagrindinis
Paklotas	viršuje
Viaduko perdangos ilgis	perdanga karpyta, iš trijų dalių: arkos ilgis – 15,03 m, 2 rėmai po 7,35 m. Bendras perdangos ilgis – 28,80 m
Viaduko ilgis	29,85 m
Bendras plotis	5,42 m, arkos plotis – 3,52 m
Gabaritas (vienos vėžės geležinkelis)	arkos aukštis nuo kelio ašies apačios iki arkos apačios – 5,72 m. Prieš viaduko stovi aukščio gabarito ženklai – ribotas aukštis 3,20 m
Viaduko tarpatramių skaičius ir ilgis	Vilniaus pusėje – 4 tarpatramių standus gelžbetoninis rėmas (ilgis – 7,35 m), viaduko viduryje – 1 tarpatramio gelžbetoninė bešarnyrinė arka standžiai sujungta su atramomis (ilgis – 15,03 m), Klaipėdos pusėje 4 tarpatramių standus gelžbetoninis rėmas (ilgis – 7,35 m)

1.2 lentelės pabaiga

Nuolydis	8,2 %
Kreivės spindulys	1014 m
Protarpio įtaisų skaičius ir tipas	nėra
Bėgių pado aukštis	virš pamato viršaus – 7,87 m
	virš santvaros apačios – 1,98
Dangos (viršutinės kelio konstrukcijos) tipas	ant balasto
Projektavimo normos ir apkrovos	Pagal viaduko statybos metus, konstrukcijas ir techniniame pase pateiktą informaciją, manome, kad projektinė viaduko apkrova – H8.
Viaduko statybos metai	geležinkelio viadukas linijoje Vilnius – Klaipėda 127+100 km pastatytas 1952 m.

1.2. VIADUKO TECHNINĖS CHARAKTERISTIKOS

Geležinkelio viaduko linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km techninės charakteristikos pateiktos 1.3 lentelėje.

1.3 lentelė. Geležinkelio viaduko techninės charakteristikos

Statinio tipas	Gelžbetoninis, kombinuotas, devynių tarpatramių statinys. Išilgine kryptimi viaduką sudaro 2 standūs 4 tarpatramių rėmai įrengti iš kairės ir iš dešinės statinio pusės, o viduryje yra įrengta dviejų atramų standi arka
Perdanga	Standžių rėmų perdangą skersine kryptimi sudaro vientisa „U“ formos gelžbetoninė monolitinė plokštė standžiai sujungta su kolonomis. Plokštės plotis apačioje – 3,50 m, plokštės plotis viršuje – 5,42 m Monolitinės gelžbetoninės arkos plotis – 3,50 m, arkos storis 0,64 m. Virš arkos, per jos ilgį, įrengtos 6 gelžbetoninės monolitinės stačiakampio skerspjūvio kolonos kurių viršuje įrengta vientisa „U“ formos gelžbetoninė monolitinė plokštė standžiai sujungta su arkos kolonomis ir su pačia arka jos viduryje. Virš arkos įrengtų gelžbetoninių monolitinių kolonų plotis – 3,50 m, storis – 0,27 m. Kolonų žingsnis – 2,01 m
Šalitilčiai	Elementų nėra. Kairėje pusėje (Kėdainių miesto pusė) yra paliktas 0,90 m pločio praėjimas, dešinėje pusėje paliktas plotis – 0,60 m praėjimas. Saugos aikštelių nėra
Turėklai	Kairėje ir dešinėje pusėse įrengti metaliniai 1,10 m aukščio turėklai. Statramsčius ir porankius sudaro metaliniai lygiašoniai kampuočiai. Tarpai tarp turėklų statramsčių užpildyti metaline lakštine tvorele

1.3 lentelės tęsinys

Deformaciniai pjūviai	2 vnt., konstrukciją sudaro metalinis skardos lakštas. Deformaciniai pjūviai įrengti tarp 4 ir 5, bei 10 ir 11 kolonų. Abu pjūviai atskiria arkos perdangą nuo standžių rėmų perdangų
Kelias	Vienas geležinkelio kelias nutiestas ant gelžbetoninių pabėgių. Virš viaduko perdangos bėgių sandūrų nėra
Pabėgių tipas ir matmenys	Gelžbetoniniai pabėgiai
Vandens nuleidimo įrenginiai	4 vandens surinkimo ir nuvedimo šulinėliai. 2 šulinėliai išvesti į kairę ir į dešinę puses tarp 4 ir 5 kolonų ir 2 šulinėliai taip pat išvesti tarp 10 ir 11 kolonų
Taurai	Per viaduko ilgį įrengti 6 taurai. 2, 3 ir 4, bei 11, 12 ir 13 taurus sudaro gelžbetoninės monolitinės stačiakampio skerspjūvio kolonos, kurių plotis – 3,50 m, o storis 0,27 m. 5 ir 6 taurai – masyvios, monolitinės gelžbetoninė arkos atramos virš kurių poromis (iš kiekvienos pusės po 2) įrengtos monolitinės gelžbetoninės stačiakampio skerspjūvio kolonos. Kiekvienos kolonos plotis – 3,50 m, o storis – 0,27 m
Ramtai	Masyvūs, atviro tipo, „V“ formos gelžbetoniais ramtai įrengti ties 1 ir 14 atramomis. Ramtą sudaro gelžbetoninė monolitinė stačiakampio skerspjūvio kolona (kolonos plotis apačioje – 3,50 m, storis – 0,27 m), viršuje ramto kolona išplatėja į „V“ formos atramą, kurios plotis skersai – 3,50 m. Abu ramtai viršuje standžiai sujungti su monolitine gelžbetonine „U“ formos perdangos plokšte
Atraminiai guoliai	Elementų nėra
Kūgių šlaitai	Ties atramomis kūgių šlaitai sutvirtinti g/b plytelėmis. Šlaitų apačioje, ties arkos atramomis, įrengtos gelžbetoninės surenkamos atraminės sienutės, kurių aukštis apie 1 m. Skersine viaduko kryptimi ties viaduko pradžia ir pabaiga (kairėje ir dešinėje pusėse) įrengtos atraminės sieninės plokštės skirtos stabilizuoti šlaitų grunto poslinkį
Šlaitiniai laiptai	Geležinkelio viaduko kairėje pusėje, ties viaduko galais, įrengti dveji surenkami gelžbetoniniai šlaitiniai laiptai. Laiptų plotis – 1,06 m, einamosios dalies plotis – 0,80 m, turėklų aukštis – 1,0 m
Patiltė	Po viaduko arka yra J. Basanavičiaus gatvė, kurios važiuojamosios dalies plotis – 10,95 m, danga – asfaltas. Iš abiejų gatvės važiuojamosios dalies pusių įrengti 1,57 m pločio pėsčiųjų takai, kurie nuo kelio atskirti 0,15 m aukščio gelžbetoniniais bordiūrais. Gatvė sutampa su Valstybinės reikšmės krašto keliu Nr. 229 Aristava–Kėdainiai–Cinkiškis
Inžinerinės sistemos	Po viaduko arka, ties jos viduriu, įrengtas kelio apšvietimas. Tarp antro rėmo dvylikto ir trylikto statramsčių praeina dujotiekio vamzdis

Geležinkelio viaduko linijoje Vilnius – Klaipėda 127+100 km bendri vaizdai pateikti 1.1 ir 1.2 pav.

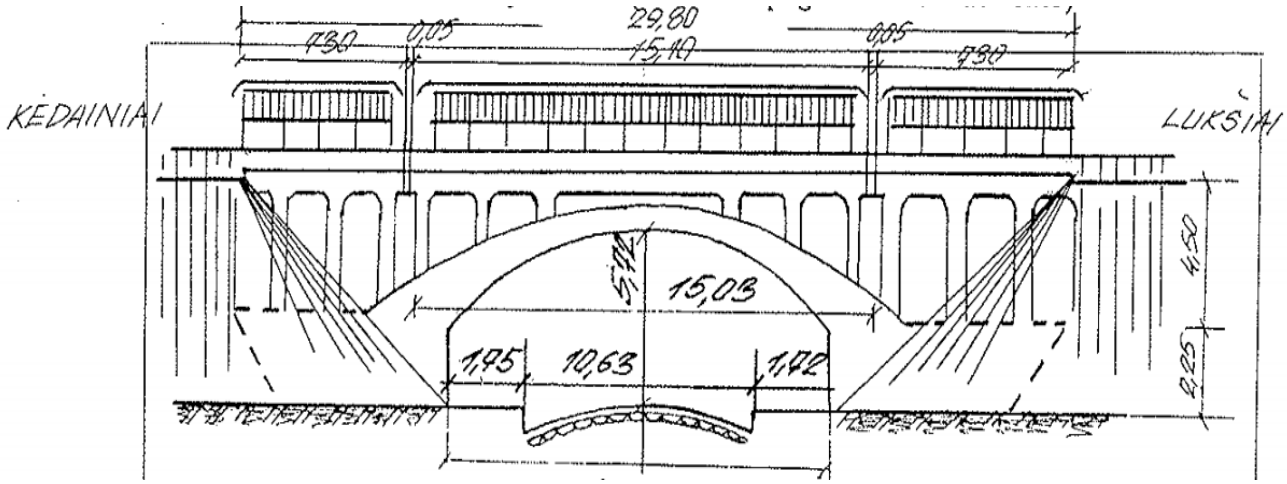


1.1 pav. Viaduko bendras vaizdas žiūrint nuo Kėdainių miesto pusės

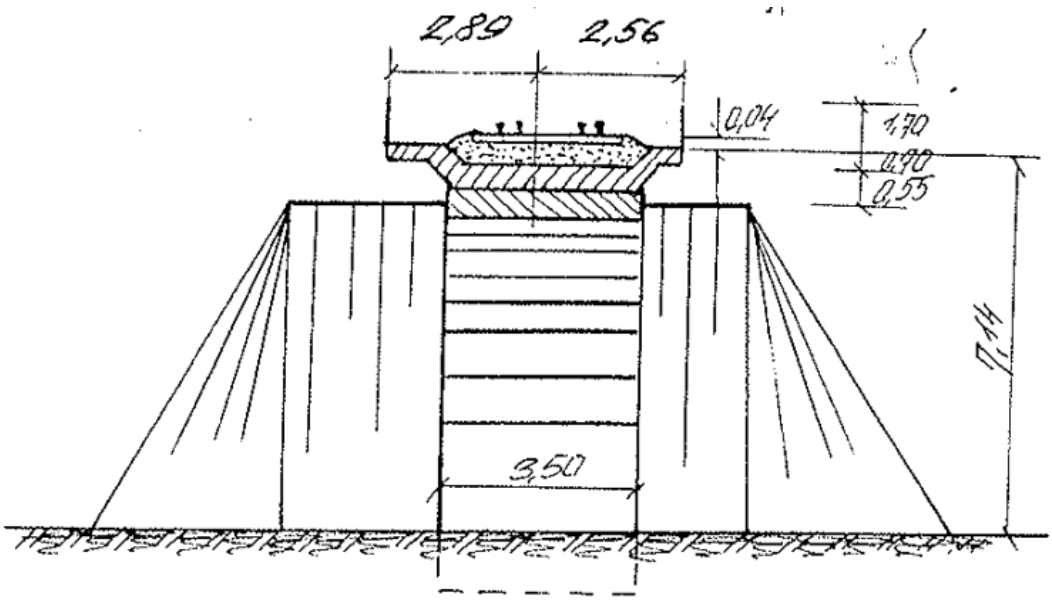


1.2 pav. Viaduko perdangos bendras vaizdas žiūrint nuo trečios atramos

Viaduko išilginis pjūvis pateiktas 1.3 pav., skersinis pjūvis pateiktas – 1.4 pav.



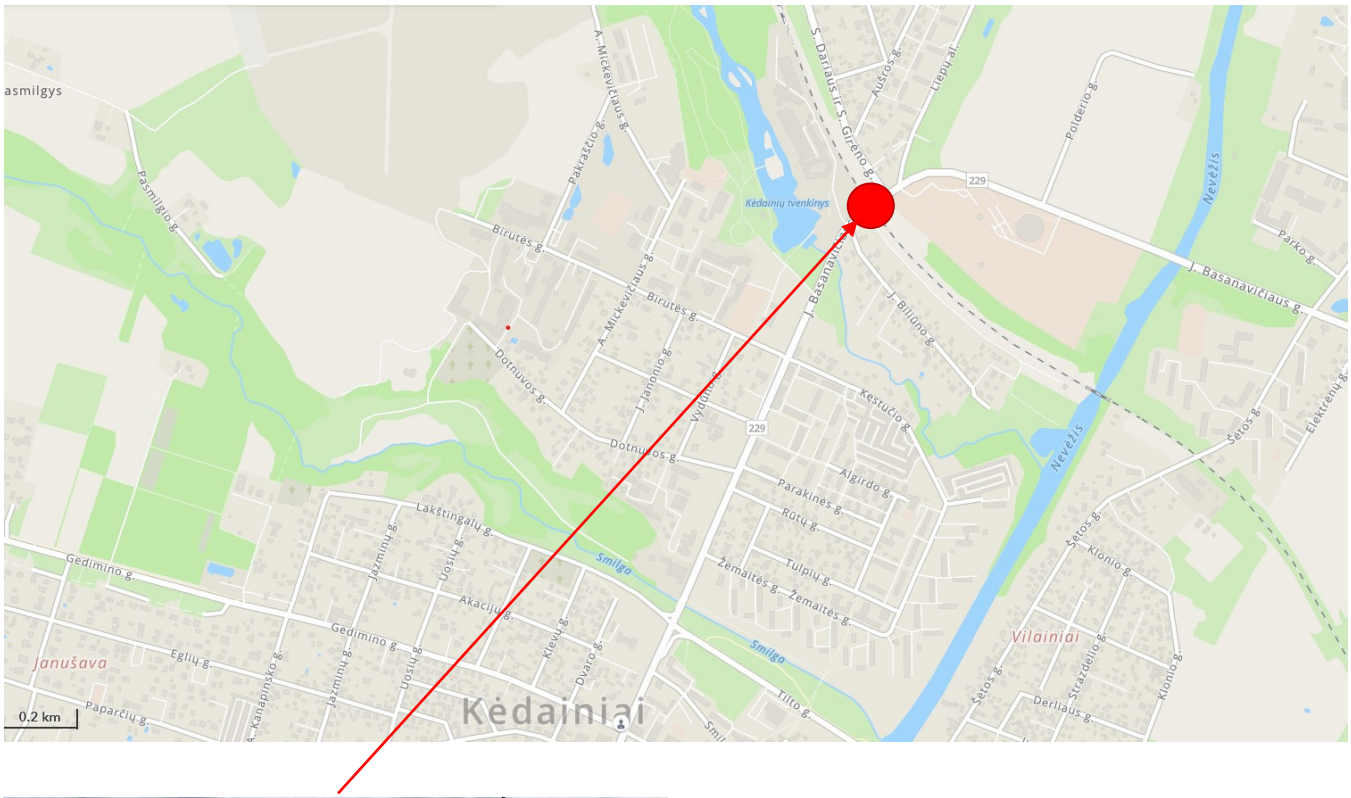
1.3 pav. Geležinkelio viaduko išilginis pjūvis



1.4 pav. Geležinkelio viaduko skersinis pjūvis

1.3. VIADUKO VIETA

Geležinkelio viaduko vieta pateikta 1.5 pav.





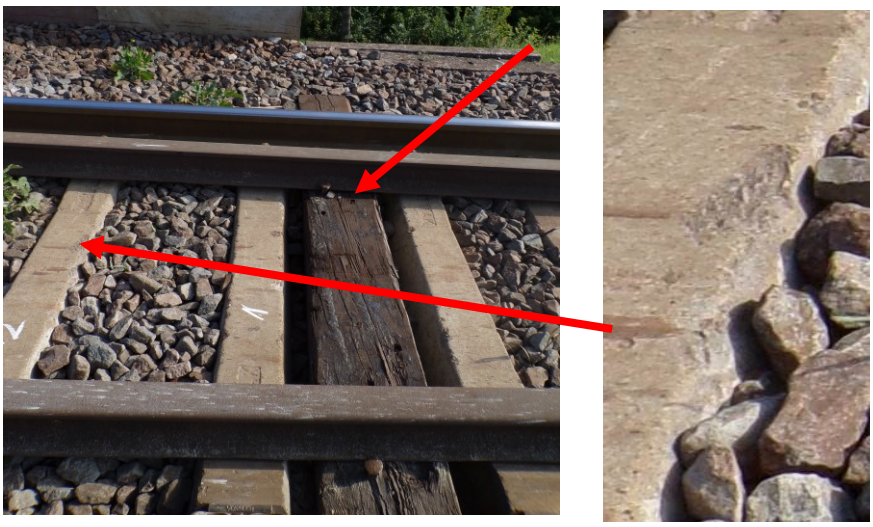
– geležinkelio viadukas linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km

1.5 pav. Geležinkelio viadukas linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km

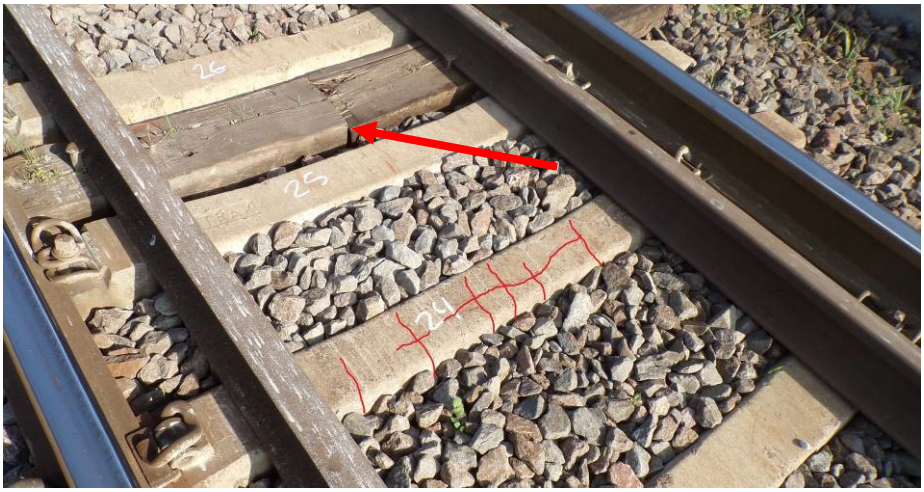
2. VIADUKO BŪKLĖ
2.1. BŪKLĖS IR DEFEKTŲ APŽVALGA

Geležinkelio viaduko (linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km) apžiūrą atlikome 2023 m. liepos – rugsėjo mėn. Apžiūros metu aptiktų defektų apžvalga pateikta 2.1 lentelėje. Joje ties kiekvienu defektu ir pažaida nurodyta ar jie įtakoja ar neįtakoja statinio laikomąją galią.

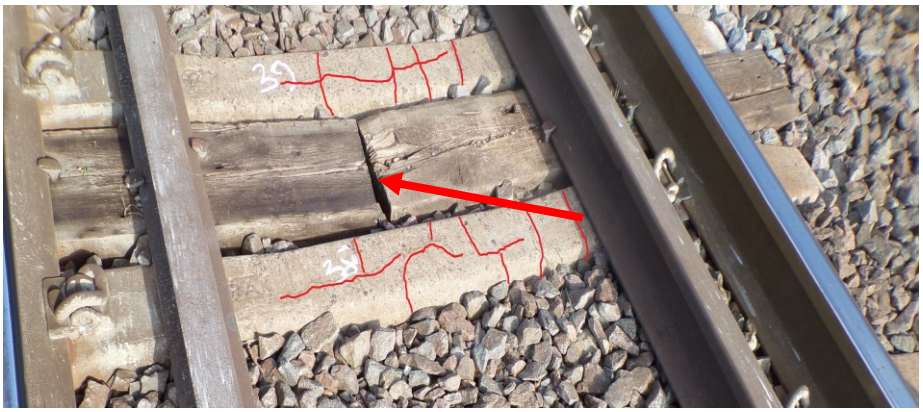
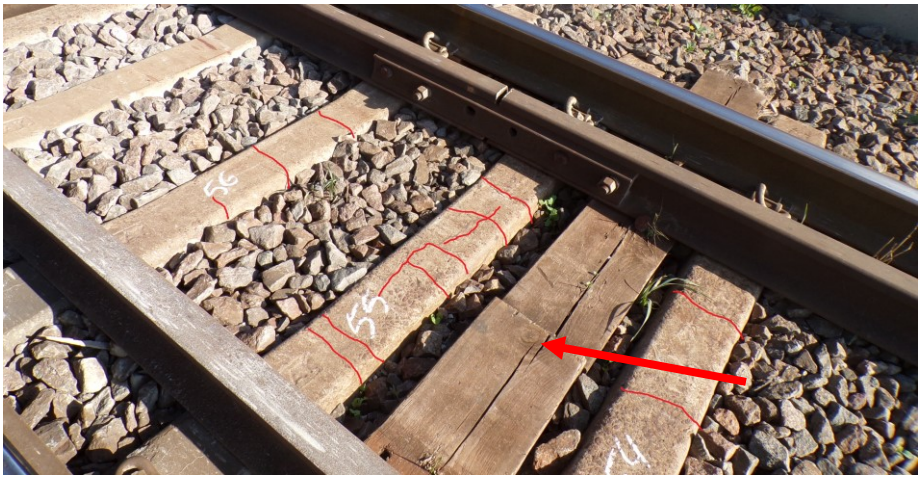
2.1 lentelė. Geležinkelio viaduko Vilnius–Klaipėda 127+100 km apžiūros duomenys

PAKLOTO ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
Elementai	**Defektai, pastabos**	**Defekto įtaka statinio laikomajai galiai**
1	**2**	**3**
Bėgių vėžė	Vėžės būklė ant perdangos yra gera, apžiūros metu defektų neužfiksuota	Neįtakoja
Pabėgiai	 Nuo viaduko pradžios iki pabaigos yra 56 pabėgiai. Ties viaduko pradžia pabėgiai apdaužyti, medinis tiltinis gretbėgio tašas papuvęs	Įtakoja, pavojus eismo saugumui
Pabėgiai	 Supleišėję ir skersai perlūžę 8, 9 ir 10 pabėgiai, lūžęs gretbėgio tašas	Įtakoja, pavojus eismo saugumui

2.1 lentelės tęsinys

1	2	3
PAKLOTO ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
Pabėgiai	 Supleišėję ir skersai perlūžę 11 ir 12 pabėgiai	Įtakoja, pavojus eismo saugumui
Pabėgiai	 Skersai ir išilgai supleišėjęs 24 pabėgis, gretbėgių tašas iš 2 dalių.	Įtakoja, pavojus eismo saugumui
Pabėgiai	 Supleišėję 36 ir 37 pabėgiai	Įtakoja, pavojus eismo saugumui

2.1 lentelės tęsinys

1	2	3
PAKLOTO ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
Pabėgiai	 Supleišėję 38 ir 39 pabėgiai. Gretbėgių tašas iš 2 dalių.	Įtakoja, pavojus eismo saugumui
Pabėgiai	 Supleišėję 40 ir 41 pabėgiai	Įtakoja, pavojus eismo saugumui
Pabėgiai	 Supleišėję 54, 55 ir 56 pabėgiai. Gretbėgių tašas iš 2 dalių.	Įtakoja, pavojus eismo saugumui
Šalitilčiai, Saugos aikštelės	Elementų nėra	–

2.1 lentelės tęsinys

1	2	3
PAKLOTO ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
Turėklai	Elementų būklė gera, esminių defektų nėra.	Neįtakoja
Deformaciniai pjūviai	    Kiauras deformacinis pjūvis. Nuoraukose deformacinis pjūvis tarp 1 rėmo ir arkos, viršuje vaizdas iš kairės, nuo miesto pusės. Apačioje matyti ilgalaikio vandens tekėjimo žymės iš viaduko dešinės, nuotraukoje dešinėje – šlapias deformacinio pjūvio tarpas	Įtakoja. Mažėja laikančiųjų konstrukcijų ilgaamžiškumas
Deformaciniai pjūviai	   Nesandarus deformacinis pjūvis tarp arkos ir antro rėmo. Viršuje ilgalaikio vandens tekėjimo žymės, vaizdas iš viaduko dešinės, apačioje iš viaduko kairės pusės	Įtakoja. Mažėja laikančiųjų konstrukcijų ilgaamžiškumas

2.1 lentelės tęsinys

1	2	3
PAKLOTO ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
Hidroizoliacija	   Perdangos lovio turėkliniai blokai buvo sumontuoti iš atskirų elementų, juos sumonolitinant. Šių elementų sandūrose hidroizoliacija yra nesandari. Nuotraukose vaizdas, žiūrint iš dešinės, link miesto centro: viršuje – išsisunkusi drėgmė ties 2 statramsčiu, apačioje – vandens tekėjimo žymės ties arkos viduriu.	Įtakoja. Mažėja laikančiųjų konstrukcijų ilgaamžiškumas
Hidroizoliacija	  Vandens tekėjimo žymės viaduko kairėje (nuo miesto pusės) 12 statramstis, dešinėje ties 2 ir 3 statramsčiais, kairėje ties 12 statramsčiu	Įtakoja. Mažėja laikančiųjų konstrukcijų ilgaamžiškumas

2.1 lentelės tęsinys

1	2	3
PAKLOTO ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
Vandens nuleidimas	 Ties 4 statramsčiu kairėje prakiurėsvandens nuleidimo vamzdis. Kitur vandens nuleidimo elementų būklė gera	Neįtakoja
PERDANGOS ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
1	**2**	**3**
Perdanga	 Perdangos pradžia, dešinėje pusėje. Karbonatiniai patakai, betonas nušarminamas. Kiauros hidroizoliacijos pasekmė	Įtakoja, blogėja laikančiųjų konstrukcijų betono savybės
Perdanga	  Perdangos plokštėje vietomis dėl pagalbinės armatūros korozijos nutrupėjęs ir atšokęs apsauginis betono sluoksnis. Kairėje viršuje vaizdas tarp 2 ir 3 statramsčių, dešinėje – tarp 3 ir 4 statramsčių	Įtakoja, pažaidoms vystantis, mažėja perdangos keliamoji galia

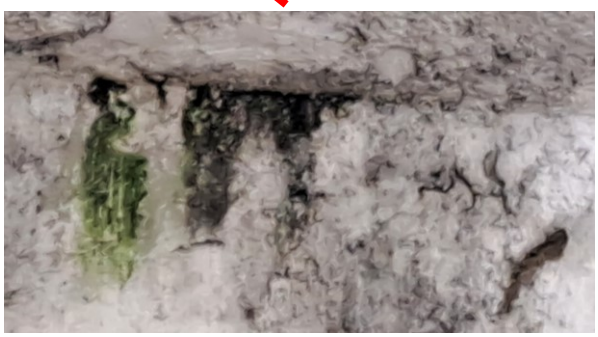
2.1 lentelės tęsinys

PERDANGOS ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
1	**2**	**3**
Perdanga	 	Įtakoja perdangos stiprumą ir eismo po viaduku saugumą
	  Per visą viaduko ilgį abiejose jo pusėse turėkliniai blokai (jie yra perdangos dalis) apirę, patakuoti. Viršutiniame paveiksle vaizdas iš kairės ties 12 statramsčiu, apatiniame paveiksle vaizdas iš dešinės, ties viršutine arkos dalimi. Blogiausia, kad čia turėklinis blokas yra stipriai suskilinėjęs o ši vieta yra virš apačioje esančios gatvės vidurio	Įtakoja perdangos stiprumą ir eismo po viaduku saugumą

2.1 lentelės tęsinys

ATRAMŲ ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
1	**2**	**3**
Pirmo rėmo statramsčiai	  Viaduko atraminiai statramsčiai turi nedidelių pažaidų ir nuoskilų dėl pagalbinės armatūros korozijos. Nuotraukoje ketvirtas statramstis kairėje pusėje	Įtakoja laikančiųjų konstrukcijų stiprumą, kai pažaidos yra pažengusios. Kol kas pažaidos yra nedidelės
Pirmo rėmo statramsčiai	 Antras statramstis kairėje pusėje supleišėjęs dėl armatūros korozijos.	Įtakoja, nes šios pažaidos atsirado dėl pagrindinės išilginės armatūros korozijos

2.1 lentelės tęsinys

1	2	3
ATRAMŲ ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
Antro rėmo ir arkos statramsčiai	 Arkos statramstis ir antro rėmo statramstis supleišėję dėl kiauro deformacinio pjūvio	Įtakoja, jei pažaidos vystysis ir nebus sutvarkyti deformaciniai pjūviai
Arkos pirma atrama	  Dėl kiauro deformacinio pjūvio ir skylėto vandens nuleidimo vamzdžio, arkos sienutėje išsisunkusi drėgmė	Įtakoja, jei pažaidos vystysis ir nebus sutvarkyti deformaciniai pjūviai

2.1 lentelės pabaiga

1	2	3
PRIETILČIŲ ELEMENTŲ APŽIŪROS DUOMENYS		
Šlaitiniai laiptai	Laiptų būklė pakankamai gera, apžiūros metu defektų neužfiksuota	Neįtakoja
Kūgių šlaitai	Būklė gera, apžiūros metu defektų neužfiksuota	Neįtakoja

2.1.2. IŠVADOS PAGAL APŽIŪROS REZULTATUS

Pagal viaduko apžiūros rezultatus nustatyta, kad:

- bendra pakloto elementų būklė yra bloga:
  - pagrindiniai pakloto elementai (deformaciniai pjūviai ir hidroizoliacija) yra fiziškai nusidėvėję ir neatlieka savo funkcijų. Deformacinis pjūvis tarp 1 rėmo ir arkos yra kiauras per visą plotį. Deformacinis pjūvis tarp 2 rėmo ir arkos yra daugelyje vietų nesandarus ir praleidžia vandenį. Lokalios karbonatinių produktų išsisunkimo iš perdangos plokštės pažaidos ir lovinių turėklinių blokų sandūrose į paviršių ištekėję karbonatiniai produktai rodo, kad hidroizoliacija yra nesandari. Dėl šių pažaidų vanduo skverbiasi į laikančiųjų konstrukcijų betoną, vyksta karbonizacijos procesas ir trumpėja viso statinio ilgaamžiškumas;
  - vėžės būklė ant perdangos yra gera, esminių defektų apžiūros metu neužfiksuota;
  - 16-kos (iš 56) gelžbetoninių pabėgių būklė yra bloga. Pabėgiai yra supleišėję, dalis blogų pabėgių yra lūžusių pusiau. 5 medinių gretbėgių tašų būklė yra bloga: 1 yra supuvęs, 1 – sulūžęs ir 3 – įrengti iš atskirų dalių;
  - turėklų ir apsauginių sienučių būklė yra gera, esminių defektų šiuose elementuose neužfiksuota;
  - vandens surinkimo ir nuvedimo sistema (nuo pakloto elementų) tvarkinga. Apžiūros metu užfiksuotas 1 defektas vertikaliame vamzdyje ties 4 statramsčių kairėje pusėje. Minėtoje vietoje vamzdis yra prakiuręs, todėl dalis vandens išteka ne vamzdžio gale, bet defekto zonoje.
- bendra perdangos elementų būklė yra patenkinama:
  - apžiūros metu perdangos plokštėje ir arkos viduryje buvo užfiksuotos tik lokalios pažaidos, kurių vietose yra atšokęs ir nukritęs apsauginis betono sluoksnis ir koroduoja į paviršių išlindę pagalbinės armatūros strypai;
  - abejose viaduko pusėse turėklinių blokų, kurie yra neatsiejama perdangos dalis, nes sudaro vientisą monolitinį gaminį, būklė yra bloga. Blokai yra supleišėję, daugelyje vietų matyti supleišėjęs ir atšokęs apsauginis betono sluoksnis, koroduoja į paviršių

išlindę pagalbinės ir pagrindinės armatūrų strypai. Ekspertų manymu minėtų pažaidų atsiradimą sąlygojo nesandari arba netinkamai įrengta hidroizoliacija ties perdangos plokštės kraštais. Viaduko statybos metu buvo taikytos senos technologijos ir seni laikančiųjų konstrukcijų apsaugojimo nuo vandens sprendiniai, kur daugeliu atveju hidroizoliaciją buvo būtina įrengti tik virš perdangos plokštės neišsprendžiant mazgo ties turėkliniu bloku ir perdangos sandūra.

- bendra atramų elementų būklė yra patenkinama:
  - arkos ir rėmų statramsčiai yra papleišėję išilginiais plyšiais dėl pagalbinės ir pagrindinės armatūrų korozijos. Labiau papleišėję yra tie statramsčiai, kurie yra tarp deformacinių pjūvių ir tie kur pamatavus apsauginio betono sluoksnio storį buvo nustatyta, kad jis yra iki 20 mm. Viaduko laikančiosios kosntrukcijos buvo gamintos vietoje, mediniuose klojiniuose, todėl skirtingose vietose pamatavus apsauginio betono sluoksnio storį buvo užfiksuota, kad jis yra nuo 15 iki 35 mm. Per plonas apsauginio betono sluoksnio storis (mažiau kaip 30 mm) negali užtikrinti pagrindinės ir pagalbinės armatūrų apsaugos nuo karbonizacijos, todėl jai prasidėjus pleišėja betonas;
  - arkos monolitinės gelžbetoninės atramos yra nuolat drėkinamos vandens ištekančio iš kiauro ir nesandaraus deformacinių pjūvių. Vanduo skverbiasi į arkų atramas, todėl jų vertikaliuose paviršiuose matyti išsisunkę karbonatiniai produktai. Tyrimų metu arkos vertikaliose atramose (gatvės pusėje) pamatavus betono apsauginio sluoksnio storį buvo nustatyta, kad jis svyruoja nuo 24 iki 46 mm. Tose zonose, kur apsauginio sluoksnio storis yra nepakankamas (mažiau kaip 30 mm), užfiksuoti didžiausi karbonizacijos procesai ir į paviršių ištekėję karbonatiniai produktai.
- bendra prietilčių elementų būklė yra pakankamai gera, apžiūros metu prietilčių elementuose esminių defektų neužfiksuota.

Apibendrintos išvados ir rekomendacijos. Apibendrinat viaduko apžiūros rezultatus nustatyta, kad bendra viso statinio būklė yra patenkinama. Išanalizavus apžiūros rezultatus nustatyta, kad pagrindinės tiriamo statinio problemos yra šios:

- nusidėvėję ir neatliekantys savos funkcijos pagrindiniai pakloto elementai (deformaciniai pjūviai ir hidroizoliacija). Šiuos elementus būtina pakeisti;
- nusidėvėję, supleišėję ir sulūžę apie 29% gelžbetoninių pabėgių ir 5 mediniai gretbėgiai. Pažeistus elementus būtina demontuoti ir vietoje jų įrengti naujus;
- abejose viaduko pusėse supleišėję ir apirę gelžbetoniniai turėkliniai blokai. Būtinas šių elementų kapitalinis remontas;

- lokaliose vietose nutrupėjęs perdangos plokštės ir arkos apsauginis betono sluoksnis. Būtinas pažeistų vietų remontas;
- lokaliose zonose (labiau ties deformaciniais pjūviais) išilginiais plyšiais supleišėję vertikalūs statramsčiai, vietomis atšokęs ir nukritęs apsauginis betono sluoksnis, koroduoja į paviršių išlindę pagalbinės armatūros strypai. Būtinas pažeistų vietų remontas.

<u>Rekomenduojame 3 metų laikotarpyje parengti ir įgyvendinti viaduko kapitalinio remonto projektą kuriame būtų numatyta</u> atlikti šiuos remonto darbus:

- demontuoti esamus pakloto elementus (vėžę, gelžbetoninius pabėgius ir balastą, metalinius turėklus, hidroizoliaciją ir deformacinius pjūvius);
- demontavus senus pakloto elementus remontiniais betono mišiniais suremontuoti pažeistas perdangos plokštės vietas virš kurių bus klojama nauja hidroizoliacija ir pažeistus perdangos plokštės galus deformacinių pjūvių įrengimo vietose. Iš abiejų viaduko pusių nukapoti supleišėjusį ir atšokusį turėklinių blokų apsauginį betono sluoksnį, iki blizgesio nušveisti korozijos pažeistą pagrindinę ir pagalbinę armatūras, remontiniais betono mišiniais atstatyti apsauginį betono sluoksnį ir jį padengti vandeniui atspariomis apsauginėmis dangomis;
- iškapoti monolitinius tarpus tarp turėklinių blokų, nušveisti korozijos pažeistą armatūrą ir remontiniais elastingais betono mišiniais užsandarinti tarpus;
- suremontavus pažeistus laikančiųjų konstrukcijų paviršius įrengti naują hidroizoliaciją, kuri būtinai turi būti privesta prie turėklinio bloko krašto viršaus, įrengti naujus deformacinius pjūvius, suformuoti naują balastą, nepažeistus gelžbetoninius pabėgius galima naudoti antrą kartą, o vietoje supleišėjusių ir sulūžusių būtina įrenti naujus. Siūloma panaudoti esamus geros būklės metalinius turėklus. Būtina pakeisti ir įrengti naują vandens nuvedimo vamzdį ties 4 atrama;
- su smėliasrove nušveisti viaduko visas laikančiąsias konstrukcijas, nukapoti lokaliose vietose atšokusį apsauginį betono sluoksnį ir remontiniais betono mišiniais suremontuoti pažeistus konstrukcijų paviršius. Kadangi daugelyje vietų laikančiosiose konstrukcijose užfiksuotas per plonas apsauginis betono sluoksnis, todėl visas laikančiąsias konstrukcijas būtina nuglaistyti vandeniui ir druskos tirpalams atspariomis apsauginėmis dangomis, po to nugruntuoti ir perdažyti visą statinį.

2.2. BĖGIŲ GALVUČIŲ NIVELIACIJOS DUOMENYS

Viaduko apžiūros metu buvo atlikta bėgių galvučių niveliacija. Bėgių galvutės buvo niveliuojamos kas 1 m niveliaciją pradedant nuo 14 atramos. Niveliacijos metu buvo priimtas toks bėgių žymėjimas: 1 bėgis – kairėje pusėje žiūrint nuo Klaipėdos pusės, 2 bėgis – dešinėje pusėje žiūrint nuo Klaipėdos pusės.

Niveliacijos metu atskaitos tašku priimtas reperis esantis virš 14 atramos viršaus. Bėgių galvučių niveliacijos rezultatai pateikti 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Geležinkelio viaduko bėgių galvučių niveliacijos duomenys

Eil. Nr.	Atstumas nuo 1 atramos, m	Bėgio galvutės aukštis žemupio pusėje	Bėgio galvutės aukštis aukštupio pusėje	Aukščių skirtumas, mm
1	8 atrama	13	13	**0**
2		23	22	**1**
3		23	27	**4**
4		37	38	**1**
5		45	47	**2**
6		53	55	**2**
7		62	64	**2**
8		72	69	**3**
9		77	77	**0**
10		87	88	**1**
11		98	100	**2**
12		110	113	**3**
13		119	125	**4**
14		129	133	**4**
15		141	143	**2**
16		150	152	**2**
17		158	160	**2**
18		168	169	**1**
19		177	177	**0**
20		187	186	**1**
21		194	196	**2**
22		201	203	**2**
23		211	211	**0**
24		223	221	**2**
25		234	230	**4**
26		247	243	**4**
27		257	253	**4**
28	1 atrama	269	272	**3**

Išvada: pagal 2.2 lentelėje pateiktus bėgių galvučių aukščių skirtumų niveliacijos rezultatus

nustatyta, kad per visą vėžės ilgį aukščių skirtumai yra iki 4 mm, todėl bėgių galvučių aukščių skirtumas tenkina kelio statinių priežiūros instrukcijos (147/K) 8.7 punkto reikalavimus. Pagal 147/K 8.7 punktą tiesiame kelyje, kai kelio danga ant balasto, visuose tiltuose leidžiamas ne didesnis kaip 6 mm bėgių aukščių skirtumas“.

2.3. PERDANGOS IR ATRAMŲ MEDŽIAGŲ TYRIMŲ DUOMENYS

2.3.1. Atramų medžiagų tyrimo duomenys

Geležinkelio viaduko tyrimo metu neardomaisiais metodais (panaudojant Šmidto plaktuką) skirtingose vietose (4 atramos viduryje (žr. 2.2 pav.), 5 atramos viduryje (žr. 2.1 pav.) ir arkos viduryje ties 4 atrama buvo pamatuotas cilindrinis betono stipris gniuždant, kuris pagal matavimo rezultatus buvo perskaičiuotas į kūbinį betono stiprį gniuždant.



2.1 pav. Viaduko atramų bendras vaizdas



2.2 pav. Viaduko 1 rėmo ir arkos atramos

Betono stiprio gniuždant matavimo rezultatai pateikti 1 priede ir lentelėse žemiau. Ketvirtos atramos betono stiprio gniuždant tyrimo rezultatai pateikti 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. Viaduko ketvirtos atramos betono stiprio gniuždant matavimo rezultatai. 1 matavimas

Eil. Nr.	Tarpatramio Nr.	Atramos Nr.	Bandymo Nr.	Stipris gniuždant, MPa
1	I	1	1	60,0
2			2	56,5
3			3	48,5
4			4	54,5
5			5	57,5
6			6	57,5
7			7	49,5
8			8	55,0
9			9	68,0
Vidurkis				**56,3**
Iš matavimo rezultatų apskaičiuotas kūbinis betono stipris gniuždant				**41,5**

Viaduko arkos viduryje, ties 4 atrama, betono stiprio gniuždant tyrimo rezultatai pateikti 2.4 lentelėje.

2.4 lentelė. Viaduko arkos viduryje, ties 4 atrama, betono stiprio gniuždant tyrimo rezultatai. 2 matavimas

Eil. Nr.	Tarpatramio Nr.	Atramos Nr.	Bandymo Nr.	Stipris gniuždant, MPa
1	I	1	1	52,0
2			2	43,5
3			3	55,5
4			4	50,5
5			5	53,0
6			6	56,0
7			7	57,0
8			8	48,0
9			9	63,0
Vidurkis				**53,2**
Iš matavimo rezultatų apskaičiuotas kūbinis betono stipris gniuždant				**35,5**

Penktos atramos betono stiprio gniuždant tyrimo rezultatai pateikti 2.5 lentelėje.

2.5 lentelė. Penktos atramos betono stiprio gniuždant matavimo rezultatai. 3 matavimas

Eil. Nr.	Tarpatramio Nr.	Atramos Nr.	Bandymo Nr.	Stipris gniuždant, MPa
1	I	1	1	53,0
2			2	56,0
3			3	68,5
4			4	65,5
5			5	58,5
6			6	50,0
7			7	57,5
8			8	54,5
9			9	66,5
Vidurkis				58,9
Iš matavimo rezultatų apskaičiuotas kūbinis betono stipris gniuždant				**47,0**

Pagal 2.3, 2.4 ir 2.5 lentelėse pateiktus rezultatus nustatyta, kad:

- ketvirtos atramos betono vidutinis kūbinis stipris gniuždant yra 42 MPa, o tai pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ atitinka C30/37 betono klasę pagal kurią betono charakteristinis kūbinis stipris gniuždant ($f_{ck\ cube}$ = 37 MPa);
- viaduko arkos betono vidutinis kūbinis stipris gniuždant yra 36 MPa, o tai pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ atitinka C30/37 betono klasę pagal kurią betono charakteristinis kūbinis stipris gniuždant ($f_{ck\ cube}$ = 37 MPa);

- viaduko penktos atramos betono vidutinis kūbinis stipris gniuždant yra 47 MPa, o tai pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ atitinka C35/45 betono klasę pagal kurią betono charakteristinis kūbinis stipris gniuždant ($f_{ck\ cube} = 45$ MPa);
- skirtingose vietose neardomuoju metodu pamatavus viaduko laikančiųjų konstrukcijų betono stiprį gniuždant nustatyta, kad jis atitinka C30/37 betono klasę pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“.

2.4. PERDANGOS IR ATRAMŲ BETONO KOKYBINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAS

2.4.1. Karbonizacijos ir chloridų tyrimas betone

Viaduko apžiūros metu trečioje ir ketvirtoje atramose, bei arkos vidurinėje dalyje, ties ketvirta atrama, buvo pamatuotas karbonizacijos gylis betone ir ištirtas chloridų kiekis jame.

Pagrindinės betono karbonizacijos priežastys yra šios: oras, kuriame yra anglies dioksido (CO_2), cementas, kuriame yra kalkių $Ca(OH)_2$ ir vanduo betone.

Kai betone yra nuo 0,5% iki 1% laisvo vandens, o santykinė drėgmė – nuo 50% iki 60%, vyksta karbonizacijos reakcija: $Ca(OH)_2+CO_2 \rightarrow CaCO_3+H_2O$. Reakcijos metu betone vandenilio jonų aktyvumo rodiklis pH sumažėja nuo 12,6 iki 10,0, jeigu susiformavęs tik kalcio karbonatas ($CaCO_3$), tačiau pH gali būti mažesnis, kaip 10,0, jeigu susiformuoja $CaCO_3+Ca(CO_3H)_2$. Kai betono karbonizacijos frontas pasiekia armatūrą, jos plona oksidų plėvelė, sauganti armatūrą nuo korozijos, suardoma (pH rodiklis gali būti mažesnis kaip 9). Armatūra pradeda rūdyti.

Karbonizacijos gylio ir chloridų kiekio betone matavimo rezultatai pateikti 2.6 lentelėje.

2.6 lentelė. Karbonizacijos gylio ir chloridų kiekio betone tyrimo rezultatai

Bandinio ėmimo vieta	Karbonizacijos gylis, mm	Natrio chloridų kiekio betone nustatymas	
		Bandinio paėmimo gylis, mm	Natrio chloridų kiekis, %
Trečios atramos kolonos vidurys	iki 16	0 – 25 25 – 50	0,056 0,044
Ketvirtos atramos kolona, prie arkos apačios, iš šono	iki 19	0 – 25 25 – 50	0,072 0,068
Penkta atrama, arkos skliauto apačia	iki 25	0 – 25 25 – 50	0,078 0,070
Penkta atrama, arkos skliauto šonas	iki 40	0 – 25 25 – 50	0,105 0,088

Išvada: viaduko per geležinkelį atramų, kurios yra prie važiuojamosios kelio dalies (5 ir 10 atramos) ir ant kurių patenka druskų mišinių, betonas yra paveiktas karbonizacijos procesų ir šiose

zonose tyrimų metu užfiksuotas didelis chloridų kiekis. Kitose tirtose laikančiųjų konstrukcijų zonose, ant kurių nepatenka vandens ir druskų tirpalai, karbonizacija į betoną nėra giliai įsiskverbusi ir chloridų kiekis betone nėra didelis. Didelis karbonizacijos gylis ir chloridų kiekis rodo, kad yra pavojus pagrindinės armatūros korozijai.

2.5. PERDANGOS DEFORMACIJŲ TYRIMŲ DUOMENYS

Geležinkelio viaduko apžiūros metu buvo atlikta 1 ir 2 rėmų perdangų deformacijų tyrimai ir arkos I ir IV tarpatramių perdangų deformacijų tyrimai (žr. 2.3 pav.).



2.3 pav. Viaduko perdangos niveliavimo taškai

Geležinkelio viaduko perdangos niveliacijos duomenys pateikti 2.7 lentelėje.

2.7 lentelė. Viaduko perdangos niveliacijos duomenys

Pozicija	Atramos Nr.	Tarpatramio Nr.	Niveliacijos taško Nr.	Niveliacijo reikšmė
1	1	1	(1) ties 1 atrama	1385
2			(2) perdangos vidurys	1390
3			(3) ties 2 atrama	1385
3	2	2	(3) ties 2 atrama	1394
4			(4) perdangos vidurys	1398
5			(5) ties 3 atrama	1408
5	3	3	(5) ties 3 atrama	1413
6			(6) perdangos vidurys	1422
7			(7) ties 4 atrama	1428
8	4	4 dešiniau	(8) ties 4 atrama	1426
9			(9) perdangos vidurys	1429
10			(10) ties tarpine kolona	1433
11	5	4 kairiau	(11) ties tarpine kolona	1865
12			(12) perdangos vidurys	1872
13			(13) ties 5 atrama	1884
14	5	5	(14) ties 5 atrama	1882
15			(15) perdangos vidurys	1887
16			(16) ties 6 atrama	1882
16	6	6	(16) ties 6 atrama	1900
17			(17) perdangos vidurys	1902
18			(18) ties 7 atrama	1905
18	7	7	(18) ties 7 atrama	1937
19			(19) perdangos vidurys	1929
20			(20) ties 8 atrama	1922

Apskaičiuoti geležinkelio viaduko perdangos niveliacijos rezultatai pateikti 2.8 lentelėje.

2.8 lentelė. Apskaičiuoti geležinkelio viaduko perdangos niveliacijos rezultatai

Eil. Nr.	Atramos Nr.	Tarpatramio Nr.	Įlinkis (-) / išlinkis (+), mm
1	1	1	+5,0
2	2	2	-3,0
3	3	3	+1,5
4	4 dešiniau	4 dešiniau	-0,5
5	4 kairiau	4 kairiau	-2,5
6	5	5	+5,0
7	6	6	-0,5
8	7	7	-0,5
Pastabos: (-) ženklas rodo, kad plokštė yra įlinkusi.			

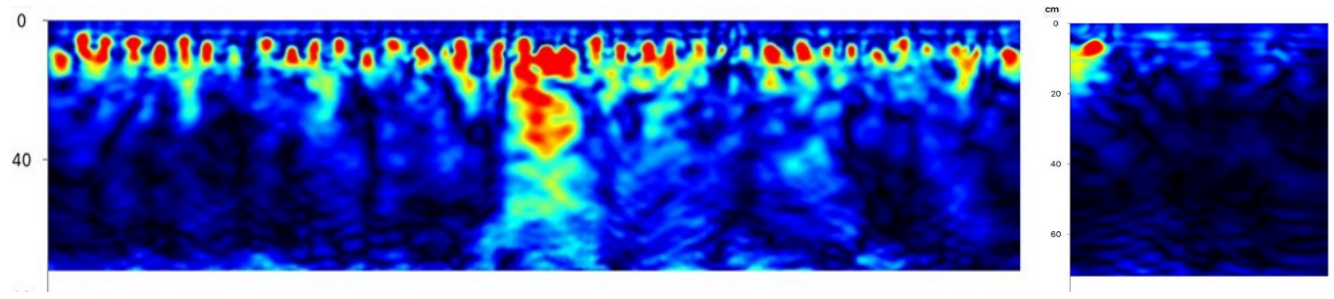
Pagal LST EN 1990:2002 A1:2005 ribinis perdangos įlinkis (f_u = 1/(600*l). Pagal CH 200-62 19 psl. 5 lentelę ribinis perdangos įlinkis (f_u = 1/(800*l).

Išvados: pagal 2.8 lentelėje pateiktus viaduko 1 – 7 tarpatramių perdangų niveliacijos rezultatus nustatyta, kad:

- pirmo rėmo 1 – 3 tarpatramių perdanga yra išlinkusi į viršų nuo 1,5 iki 5,0 mm;
- viaduko arkos ketvirto tarpatramio perdanga dešiniau yra įlinkusi 0,5 mm žemyn, o ketvirtoj tarpatramio perdanga kairiau yra įlinkus 2,5 mm žemyn;
- trečio rėmo 6 ir 7 tarpatramių perdangos yra įlinkę 0,5 mm žemyn, o penkto tarpatramio perdanga yra išlinkusi 5,0 mm į viršų;
- visų tirtų tarpatramių perdangų skaičiuojamasis ilgis yra 2,01 m, todėl ribinis perdangos įlinkis pagal LST EN 1990:2002 A1:2005 yra 2,51 mm, o pagal CH 200-62 19 psl. 5 lentelę 3,35 mm.
- viaduko perdangos deformacijų tyrimų metu gauti 2 ir 4 tarpatramių perdangų įlinkiai yra artimi ribiniams leistiniems įlinkiams pagal LST EN 1990:2002 A1:2005 ir CH 200-62 19 normų reikalavimus, tačiau juos tenkina, nes nėra žinomi pradiniai perdangų įlinkiai pastačius viaduką. Be to tiriamas statinys yra monolitinis ir laikančios konstrukcijos statybos metu buvo betonuojamos mediniuose klojiniuose, todėl užfiksuoti skirtingų tarpatramių perdangų įlinkiai ir išlinkiai galėjo atsirasti dėl nežymių klojinių deformacijų betonavimo metu.

2.6. PERDANGOS IR ATRAMŲ TYRIMŲ DUOMENYS

Viaduko laikančiųjų konstrukcijų apžiūros metu buvo atliktas penktos atramos skenavimas, arkos ties penkta atrama skenavimas iš apačios ir iš šono ir trečios atramos skenavimas skersine ir išilgine viaduko perdangos kryptimis. Arkos skenavimas iš apačios ir iš šono pateiktas 2.4 pav.

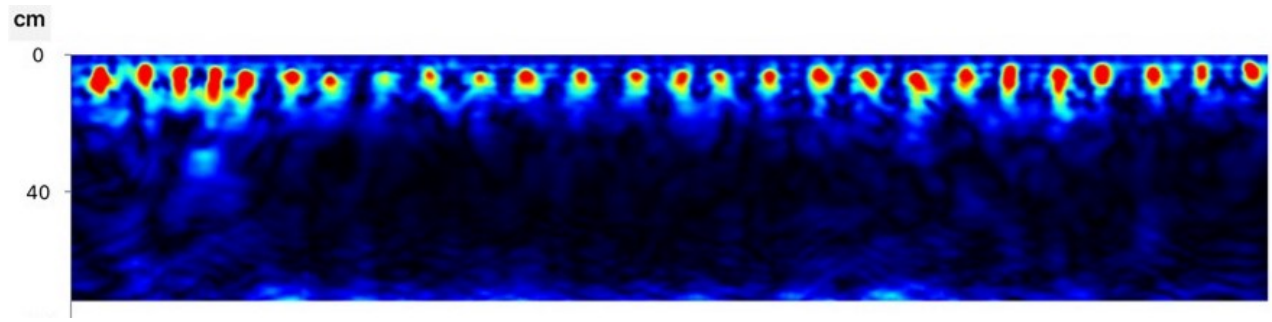


2.4 pav. Kairėje pusėje pateiktas arkos skenuotas vaizdas iš apačios, dešinėje pusėje pateiktas arkos skenuotas vaizdas iš šono

Išvada: išanalizavus arkos skenavimo iš apačios ir iš šono tyrimų rezultatus nustatyta, kad:

- arkos apačioje yra 36 išilginės armatūros strypai išdėstyti dviem eilėmis;
- arka yra vienpusiai armuotas gelžbetoninis stačiakampio skerspjūvio elementas, visa pagrindinė išilginė armatūra išdėstyta arkos apačioje.

Arkos atramos Nr. 5 skenavimas iš apačios pateiktas 2.5 pav.

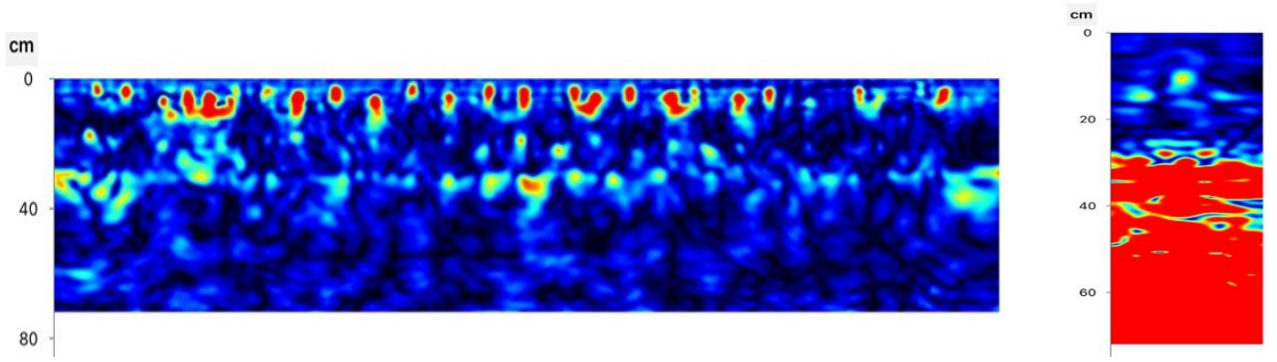


2.5 pav. Arkos atramos Nr. 5 skenavimo vaizdas iš apačios skersine kryptimi

Išvada: išanalizavus arkos atramos Nr. 5 skenavimo iš apačios tyrimų rezultatus nustatyta, kad:

- arkos atramoje Nr. 5 yra 26 išilginės armatūros strypai išdėstyti 2 eilėmis;
- pagal skenavimo rezultatus pagrindinė išilginė armatūra yra išdėstyta tik vienoje arkos pusėje.

Viaduko 1 rėmo trečios atramos skenavimas iš apačios ir iš šono pateiktas 2.6 pav.



2.5 pav. Kairėje pusėje pateiktas viaduko 1 rėmo trečios atramos skenavimas skersine kryptimi, dešinėje pusėje pateiktas 1 rėmo trečios atramos skenavimas iš šono

Išvada: išanalizavus viaduko 1 rėmo trečios atramos skenavimo rezultatus nustatyta, kad:

- trečioje atramoje, per jos plotį skersine perdangos kryptimi, yra 26 išilginės armatūros strypai išdėstyti dviem eilėmis;
- trečioje atramoje, per jos plotį išilgine viaduko kryptimi, yra dvi pagrindinės išilginės armatūros strypų eilės vienoje atramos pusėje ir dvi eilės kitoje pusėje t. y. atrama dirba kaip abipusiai armuotas gelžbetoninis elementas.

3. VIADUKO ĮRĄŽŲ TEORINIAI SKAIČIAVIMAI
3.1. PROJEKTINĖS VIADUKO APKROVOS

Geležinkelio viadukas linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km pastatytas 1952 m. Viadukas suprojektuotas pagal rusiškas tiltų projektavimo normas galiojusias nuo 1931 m. iki 1962 m. Pagal viaduko statybos metus, konstrukcijas ir techniniame pase pateiktą informaciją, ekspertai mano, kad projektinė viaduko apkrova – H8.

Arkinių perdangų įrąžos yra nepriklausomos nuo greta esančių perdangų apkrovų, kai K=1:

- kai arkinės perdangos skaičiuojamasis ilgis λ = 15,03 m, α = 0,50, ν = 18,14 kN/m;
- kai perdangos skaičiuojamasis ilgis λ = 15,03 m, α = 0, ν = 20,50 kN/m;

Dinaminio koeficiento apskaičiavimo formulės pagal 1931 m. projektavimo normas pateikiamos tiltams, kai jų tarpatramio ilgis daugiau arba lygu 40 m. Trumpesnėms angoms dinaminio koeficiento apskaičiavimo formulės nėra pateikiamos, todėl teoriniuose skaičiavimuose ekspertai priima, kad dinaminis viaduko koeficientas yra lygus: 1+ μ = 1,0.

Apkrovos patikimumo koeficientas – γ_f = 1,0.

Charakteristinė apkrova prie H8:

- kai λ = 15,03 m ir α = 0,50, tai p^n = 18,14 x 8 = 145,12 kN/m;
- kai λ = 15,03 m ir α = 0, tai p^n = 20,50 x 8 = 164,00 kN/m.

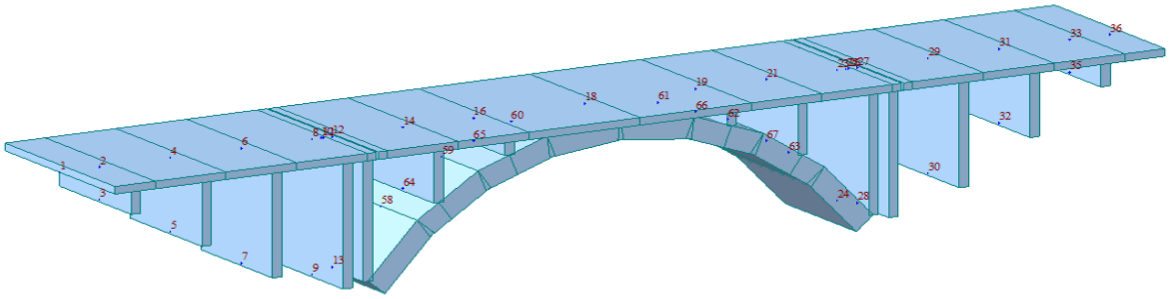
Charakteristinė apkrova prie H8 su dinaminiu koeficientu:

- kai λ = 15,03 m ir α = 0,50, tai p^n = 18,14 x 8 x 1,0 = 145,12 kN/m;
- kai λ = 15,03 m ir α = 0, tai p^n = 20,50 x 8 x 1,0 = 164,00 kN/m.

Skaičiuojamoji apkrova prie H8 su dinaminiu ir patikimumo koeficientais:

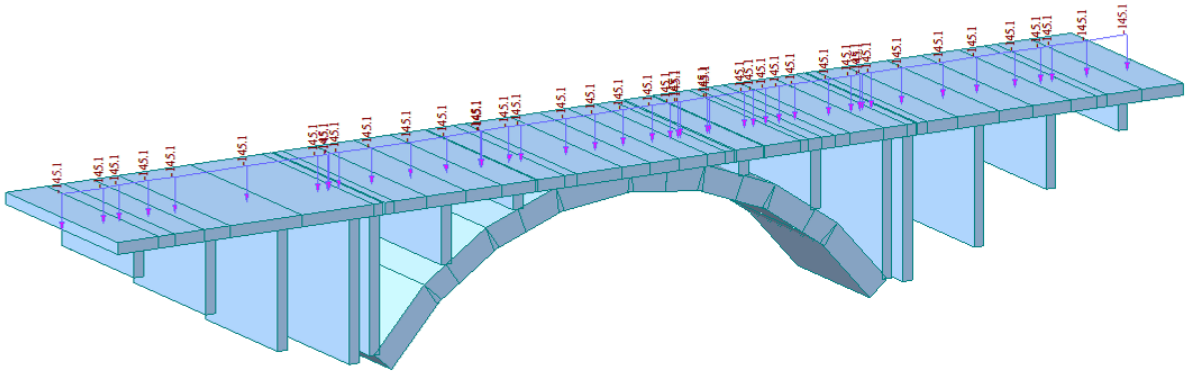
- kai λ = 15,03 m ir α = 0,5, tai p = 18,14 x 8 x 1,0 x 1,0 = 145,12 kN/m;
- kai λ = 15,03 m ir α = 0, tai p = 20,50 x 8 x 1,0 x 1,0 = 164,00 kN/m.

Geležinkelio viaduko perdangos įrąžų ir deformacijų skaičiavimui buvo sudarytas skaičiuojamasis viaduko modelis. Viaduko modelis sudarytas su kompiuterine programa Scia Engineering (žr. 3.1 pav.).

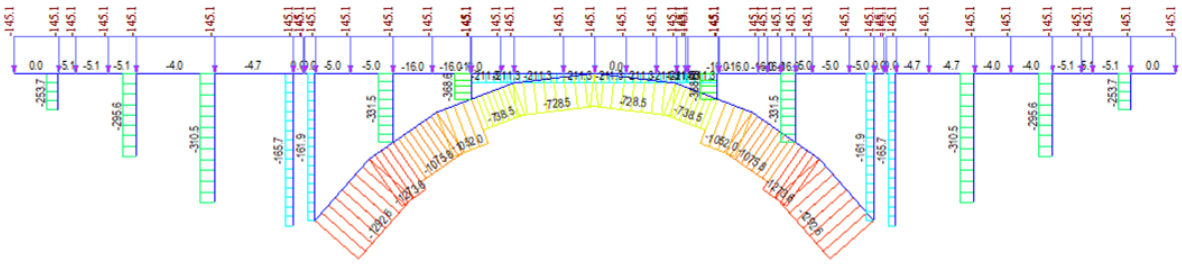


3.1 pav. Geležinkelio viaduko Kėdainiuose skaičiuojamasis modelis

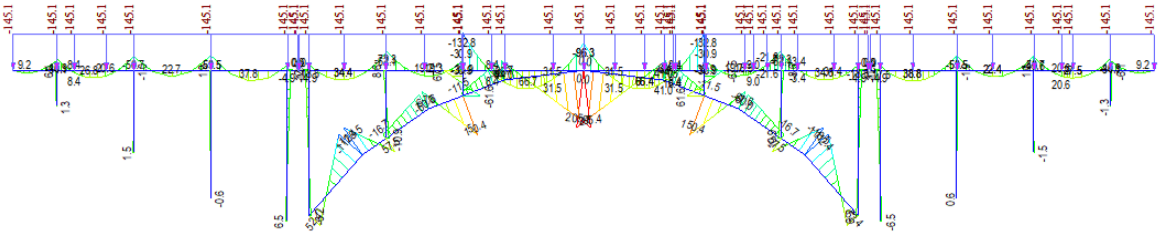
Geležinkelio viaduko perdangos įrąžų ir deformacijų skaičiavimas nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos, kai α = 0,50, pateiktas 3.2, 3.3, 3.4 ir 3.5 paveiksluose.



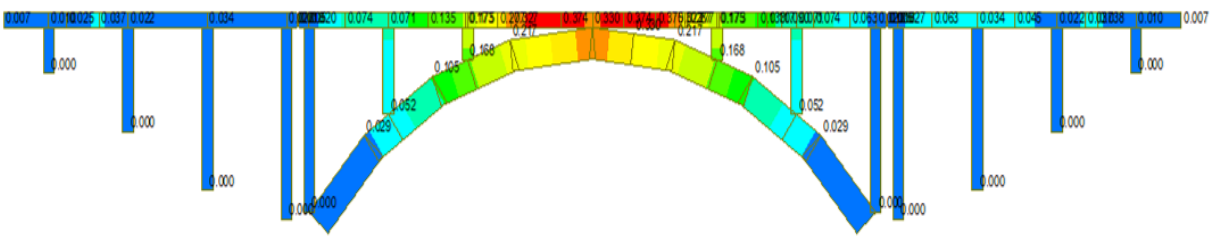
3.2 pav. Geležinkelio viaduko perdanga apkrauta projektine charakteristine H-8 apkrova, kai α = 0,50



3.3 pav. Ašinės jėgos perdangos elementuose nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos, kai α = 0,50

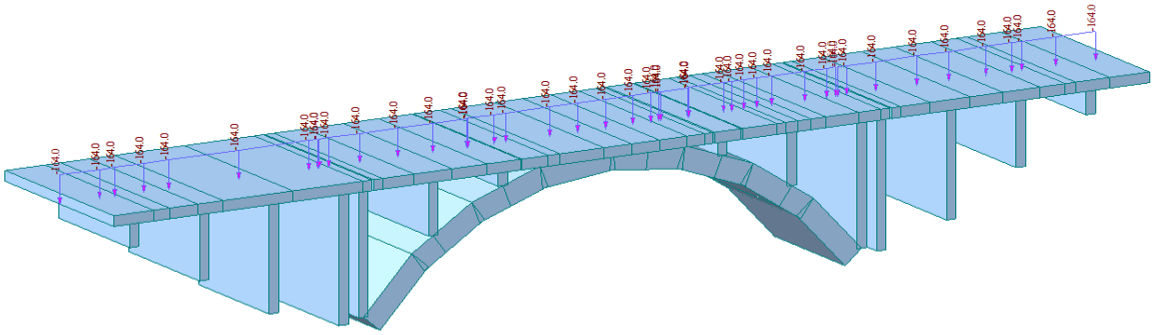


3.4 pav. Lenkimo momentai viaduko perdangoje nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos, kai α = 0,50

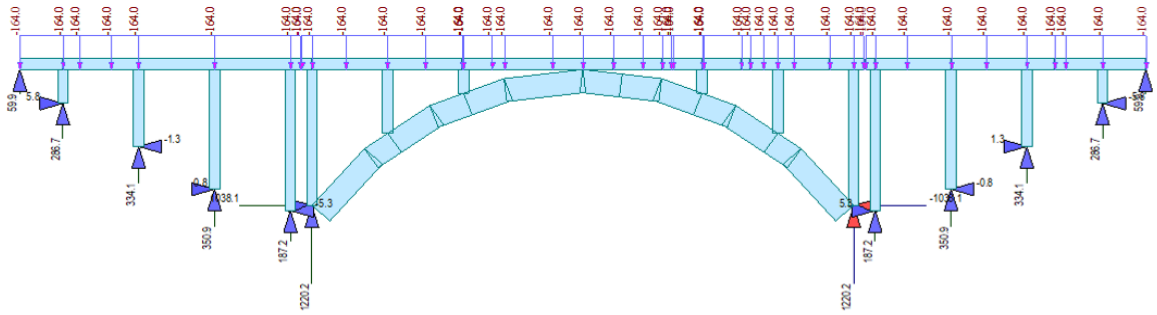


3.5 pav. Tilto perdangos deformacijos nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos, kai α = 0,50

Geležinkelio viaduko atraminių reakcijų skaičiavimas nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos, kai α = 1,0, pateiktas 3.6 ir 3.7 paveiksluose.



3.6 pav. Geležinkelio viaduko perdanga apkrauta projektine charakteristine H8 apkrova, kai α = 0



3.7 pav. Atraminės reakcijos nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos, kai α = 0

Geležinkelio viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų skaičiavimo rezultatai nuo projektinės charakteristinės ir skaičiuojamosios H8 apkrovos pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų skaičiavimai nuo projektinės H8 apkrovos

Įrąžos tipas	**Projektinė apkrova**	**Pjūvis**	**Apkrovos tipas**	
			Įrąžos / deformacijos atsirandančios nuo projektinės charakteristinės (įvertinus $1+\mu$**) apkrovos**	**Įrąžos atsirandančios nuo projektinės skaičiuojamosios (įvertinus** $1+\mu$ **ir** γ_f**) apkrovos**
Ašinė jėga, kN	H8	Ties 6 atrama	1292,60	1292,60
		Arkos vidury, kairėje p.	728,50	728,50
Lenkimo momentas, kNm	H8	6 atrama	52,40	52,40
		Arkos vidurys	205,40	205,40
		I tarpatramio perdangos vidurys	27,50	27,50

3.1 lentelės pabaiga

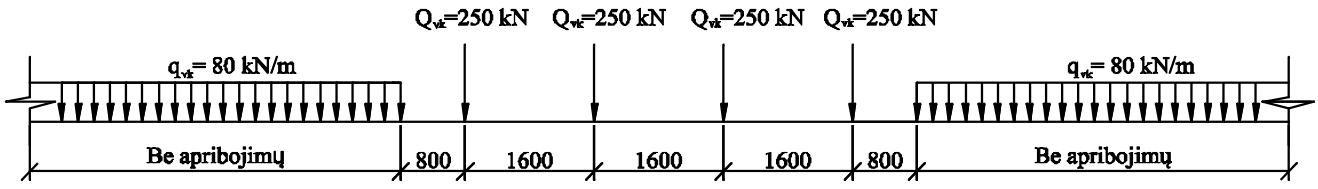
Lenkimo momentas, kNm	H8	6 atrama	52,40	52,40
		Arkos vidurys	205,40	205,40
		I tarpatramio perdangos vidurys	27,50	27,50
		II tarpatramio perdangos vidurys	22,40	22,40
		III tarpatramio perdangos vidurys	38,80	38,80
Atraminė reakcija, kN	H8	6 atrama vertikali	1220,20	1220,20
		6 atrama horizontali	1038,10	1038,10
Įlinkis, mm	H8	Arkos vidurys	0,374	–
		I tarpatramio perdangos vidurys	0,038	–
		II tarpatramio perdangos vidurys	0,045	–
		III tarpatramio perdangos vidurys	0,063	–

Pastaba: didžiausias įlinkis antrojo tarpatarmio perdangos viduryje nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos – 0,045 mm. Didžiausias įlinkis arkos viduryje nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos – 0,374 mm. Didžiausia ašinė jėga arkos viduryje nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos – 728,50 kN, o didžiausia ašinė jėga arkos atramoje (6 atrama) nuo tos pačios projektinės apkrovos – 1292,60 kN. Didžiausias lenkimo momentas I, II ir III tarpatramių perdangų viduryje nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos:

- I tarpatramio perdangos vidurys – 27,50 kNm;
- II tarpatramio perdangos vidurys – 22,40 kNm;
- III tarpatramio perdangos vidurys – 38,80 kNm.

3.2. ĮRĄŽŲ SKAIČIAVIMAS NUO LST EN 1991-2 APKROVŲ

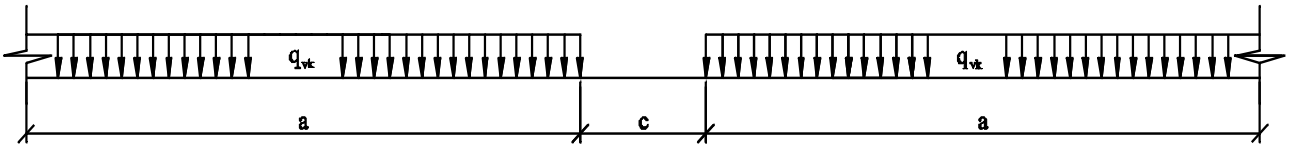
Geležinkelio viaduko perdangos teoriniai įrąžų ir deformacijų skaičiavimai atlikti nuo 71 ir SW/2 apkrovų modelių apkrovų pagal LST EN 1991-2. 71-as apkrovos modelis detaliai pavaizduotas 3.8 paveiksle.



3.8 pav. 71-as apkrovos modelis pagal LST EN 1991-2 reikalavimus

Viaduko perdangos dinamiškumo koeficientas 71-mam apkrovos modeliui – $\Phi_3 = 1{,}32$. Pagal LST EN 1991-2 dinamiškumo koeficientas apskaičiuotas kaip standartinės priežiūros bėgių keliui. Apkrovos patikimumo koeficientas – $\gamma_f = 1{,}45$.

SW/2 apkrovos modelis pagal LST EN 1991-2 detaliai pavaizduotas 3.9 paveiksle, o charakteristikos pateiktos 3.2 lentelėje.



3.9 pav. SW/2 apkrovos modelis pagal LST EN 1991-2 reikalavimus

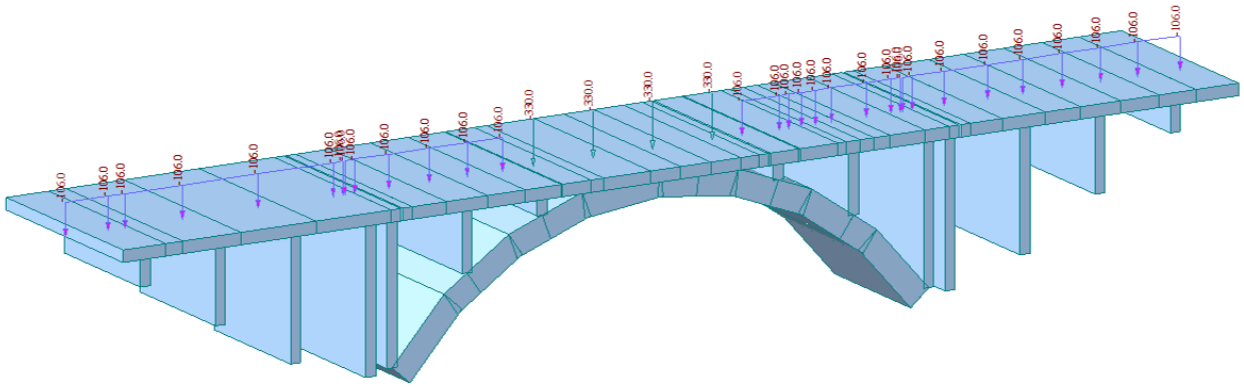
3.2 lentelė. SW/2 apkrovos modelio charakteristikos

Apkrovų modelis	q_{wk}, **kN/m**	**a, m**	**c, m**
SW/2	150	25,0	7,0

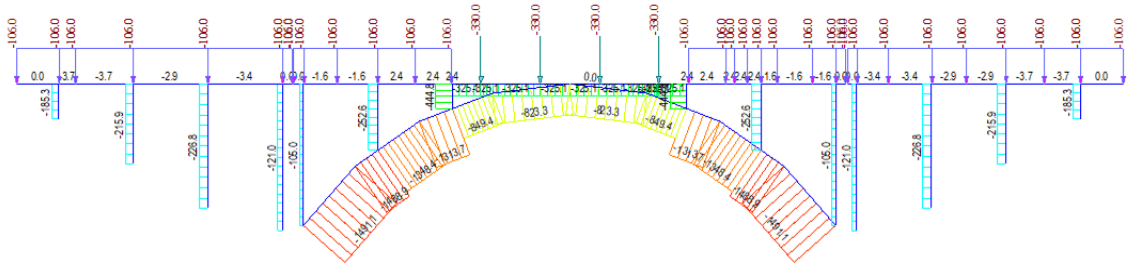
Viaduko perdangos dinamiškumo koeficientas SW/2 apkrovos modeliui sutampa su 71 apkrovos modelio dinamiškumo koeficientu, o SW/2 apkrovos patikimumo koeficientas – $\gamma_f = 1{,}20$.

3.2.1 Viaduko perdangos ir atramų įrąžų ir deformacijų skaičiavimas nuo 71 apkrovos modelio apkrovos

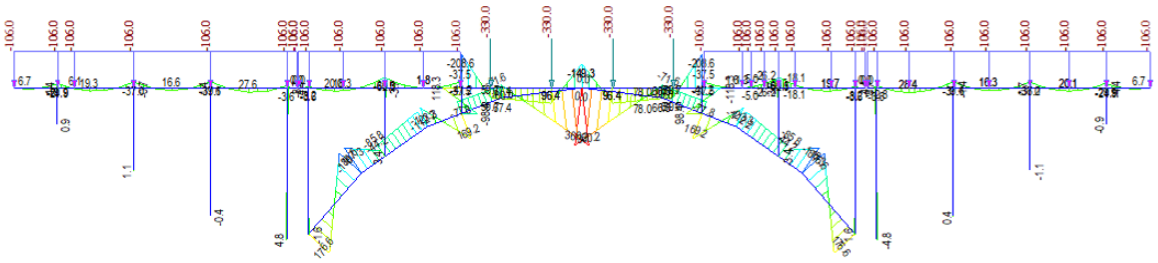
Geležinkelio viaduko perdangos įrąžų ir deformacijų skaičiavimas nuo simetriškai virš arkinės perdangos uždėtos 71-as apkrovos modelio (pagal LST EN 1991-2 reikalavimus) charakteristinės apkrovos pateiktas 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 ir 3.14 paveiksluose.



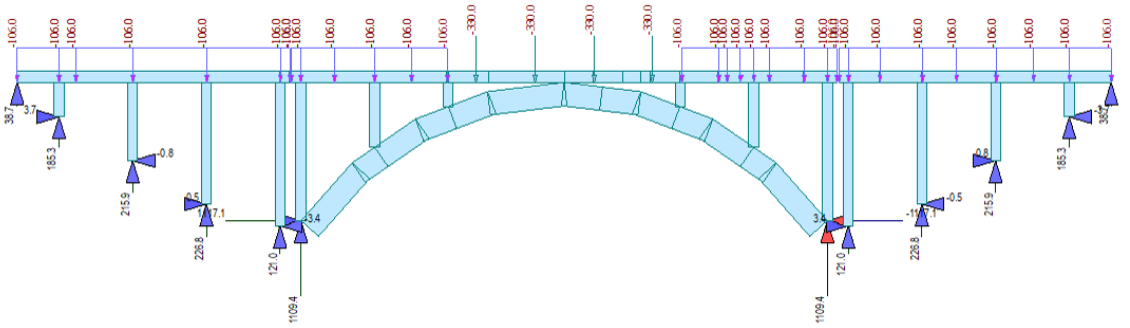
3.10 pav. Geležinkelio viaduko arkinė perdanga apkrauta simetriškai charakteristine 71-mo apkrovos modelio apkrova



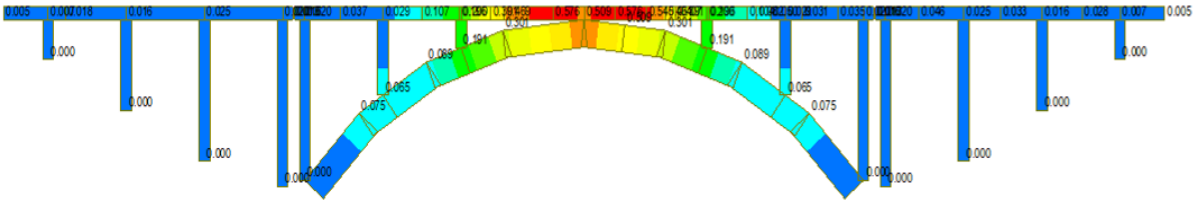
3.11pav. Ašinės jėgos viaduko perdangoje simetriškai ją apkrovus charakteristine 71-mo apkrovos modelio apkrova



3.12 pav. Lenkimo momentai perdangoje simetriškai ją apkrovus charakteristine 71-mo apkrovos modelio apkrovos



3.13 pav. Atraminės reakcijos atramose simetriškai perdangą apkrovus charakteristine 71-mo apkrovos modelio apkrova



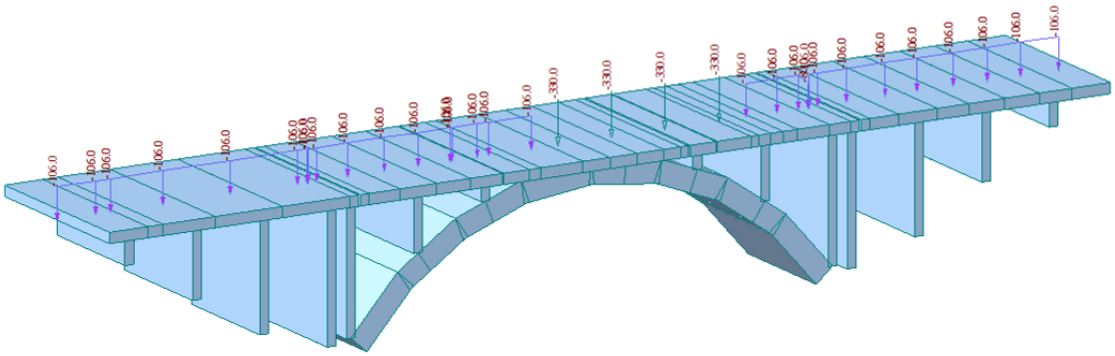
3.14 pav. Viaduko perdangos deformacijos simetriškai ją apkrovus charakteristine 71-mo apkrovos modelio apkrova

Geležinkelio viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų skaičiavimo rezultatai nuo charakteristinės ir skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio simetrinės apkrovos pateikti 3.3 lentelėje.

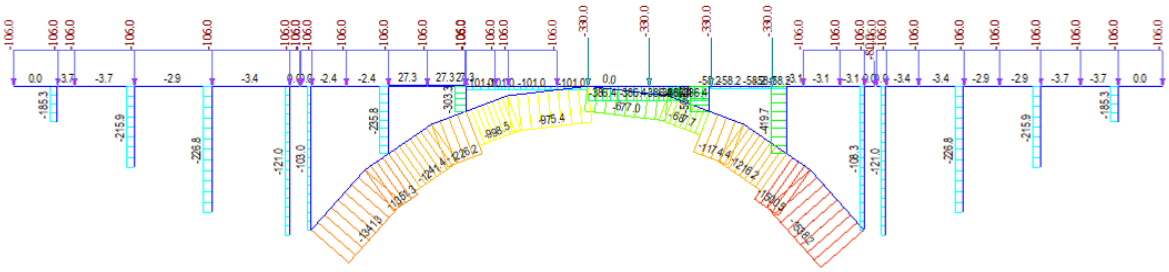
3.3 lentelė. Viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų skaičiavimai nuo 71-mo apkrovos modelio (pagal LST EN 1991-2) simetrinės apkrovos

Įrąžos tipas	**LST EN 1991-2 apkrovos**	**Pjūvis**	**Apkrovos tipas**	
			Įrąžos / deformacijos atsirandančios nuo projektinės charakteristinės (įvertinus $1+\mu$**) apkrovos**	**Įrąžos atsirandančios nuo projektinės skaičiuojamosios (įvertinus** $1+\mu$ **ir** γ_f**) apkrovos**
Ašinė jėga, kN	71-as apkrovos modelis	Ties 6 atrama	1491,10	2162,10
		Arkos vidury, kairėje p.	823,30	1193,79
Lenkimo momentas, kNm	71-as apkrovos modelis	6 atrama	176,60	256,07
		Arkos vidurys	**360,20**	**522,29**
		I tarpatramio perdangos vidurys	**20,10**	**29,15**
		II tarpatramio perdangos vidurys	**16,30**	**23,64**
		III tarpatramio perdangos vidurys	**28,40**	**41,18**
Atraminė reakcija, kN	71-as apkrovos modelis	6 atrama vertikali	1109,40	1608,63
		6 atrama horizontali	**1117,10**	**1619,80**
Įlinkis, mm	71-as apkrovos modelis	Arkos vidurys	**0,576**	–
		I tarpatramio perdangos vidurys	0,028	–
		II tarpatramio perdangos vidurys	0,033	–
		III tarpatramio perdangos vidurys	0,046	–

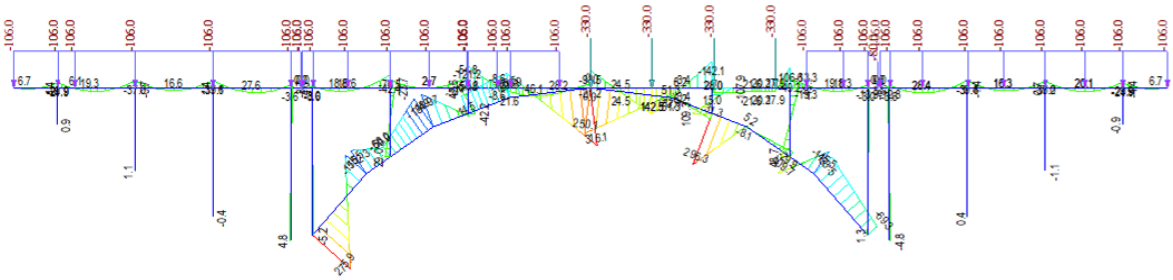
Geležinkelio viaduko perdangos įrąžų ir deformacijų skaičiavimas nuo asimetriškai virš arkinės perdangos uždėtos 71-as apkrovos modelio (pagal LST EN 1991-2 reikalavimus) charakteristinės apkrovos pateiktas 3.15, 3.16, 3.17, 3.18 ir 3.19 paveiksluose.



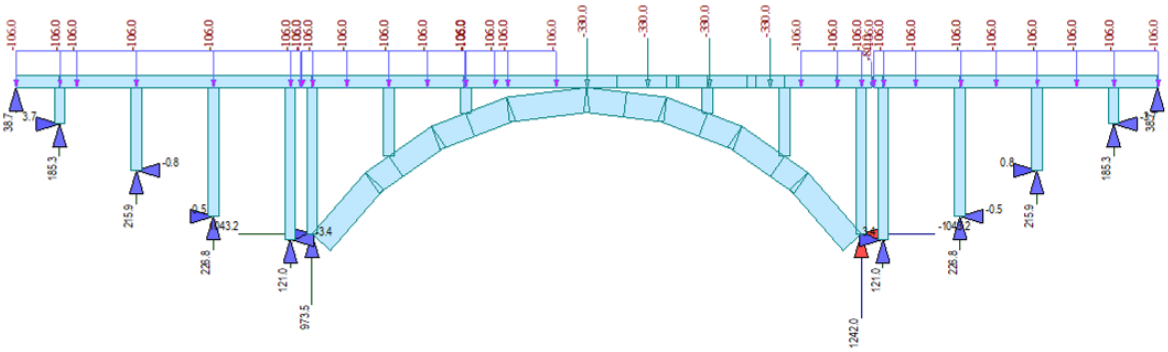
3.15 pav. Geležinkelio viaduko arkinė perdanga apkrauta asimetriškai charakteristine 71-mo apkrovos modelio apkrova



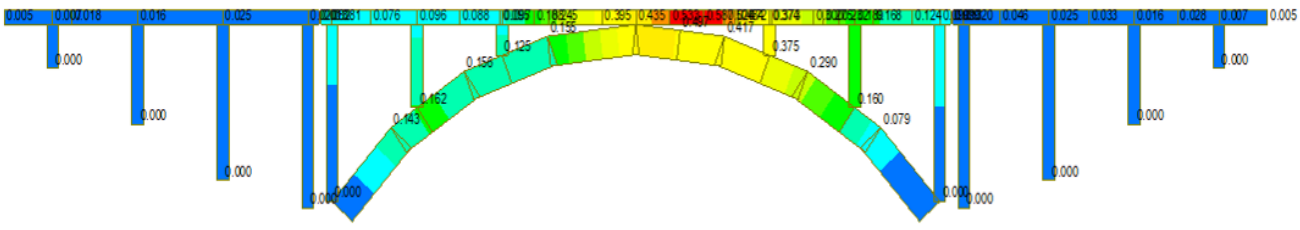
3.16 pav. Ašinės jėgos viaduko perdangoje asimetriškai ją apkrovus charakteristine 71-mo apkrovos modelio apkrova



3.17 pav. Lenkimo momentai perdangoje asimetriškai ją apkrovus charakteristine 71-mo apkrovos modelio apkrovos



3.18 pav. Atraminės reakcijos atramose simetriškai perdangą apkrovus charakteristine 71-mo apkrovos modelio apkrova



3.19 pav. Viaduko perdangos deformacijos asimetriškai ją apkrovus charakteristine 71-mo apkrovos modelio apkrova

Geležinkelio viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų skaičiavimo rezultatai nuo charakteristinės ir skaičiuojamosios 71-mo

apkrovos modelio asimetrinės apkrovos pateikti 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų skaičiavimai nuo 71-mo apkrovos modelio apkrovų pagal LST EN 1991-2

Įrąžos tipas	**LST EN 1991-2 apkrovos**	**Pjūvis**	**Apkrovos tipas**	
			Įrąžos / deformacijos atsirandančios nuo projektinės charakteristinės (įvertinus $1+\mu$**) apkrovos**	**Įrąžos atsirandančios nuo projektinės skaičiuojamosios (įvertinus** $1+\mu$ ir γ_f**) apkrovos**
Ašinė jėga, kN	71-as apkrovos modelis	Ties 5 atrama	**1538,20**	**2230,39**
		Arkos vidury, kairėje p.	**975,40**	**1414,33**
Lenkimo momentas, kNm	71-as apkrovos modelis	6 atrama	**275,90**	**400,08**
		Arkos vidurys	316,10	458,35
		I tarpatramio perdangos vidurys	20,10	29,15
		II tarpatramio perdangos vidurys	16,30	23,64
		III tarpatramio perdangos vidurys	28,40	41,18
Atraminė reakcija, kN	71-as apkrovos modelis	5 atrama vertikali	**1242,00**	**1800,90**
		5 atrama horizontali	1043,20	1512,64
Įlinkis, mm	71-as apkrovos modelis	Arkos vidurys	0,435	–
		I tarpatramio perdangos vidurys	0,028	–
		II tarpatramio perdangos vidurys	0,033	–
		III tarpatramio perdangos vidurys	0,046	–

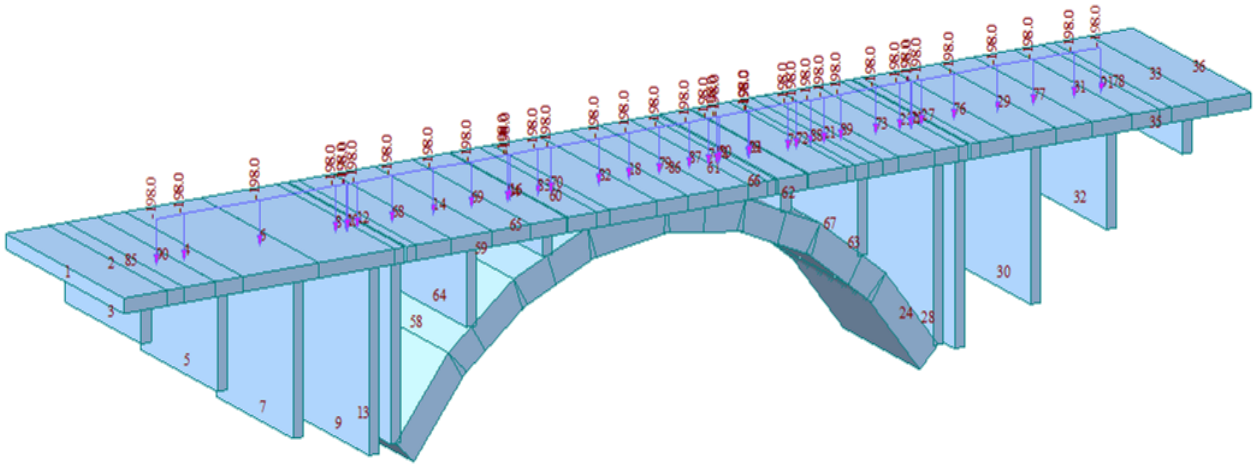
Pastaba: išanalizavus 3.3 ir 3.4 lentelėse pateiktus viaduko perdangos įrąžų ir deformacijų teorinius skaičiavimo rezultatus nuo 71-mo apkrovos modelio simetrinių ir asimetrinių apkrovų, pridėtų išilgai perdangos, nustatyta, kad:

- didžiausias įlinkis trečiojo tarpatarmio perdangos viduryje – 0,033 mm;
- didžiausias įlinkis arkos viduryje – 0,576 mm;
- didžiausia ašinė jėga arkos viduryje – 975,40 kN;
- didžiausia ašinė jėga arkos atramoje (5 atrama) – 1538,20 kN;
- didžiausias lenkimo momentas arkos atramoje (6 atrama) – 275,60 kNm;
- didžiausias lenkimo momentas arkos viduryje – 360,20 kNm;
- didžiausia vertikali atraminė reakcija 5 atramoje – 1242,0 kN;

- didžiausias lenkimo momentas I tarpatramio perdangos viduryje – 20,10 kNm;
- didžiausias lenkimo momentas II tarpatramio perdangos viduryje – 16,30 kNm;
- didžiausias lenkimo momentas III tarpatramio perdangos viduryje – 28,40 kNm.

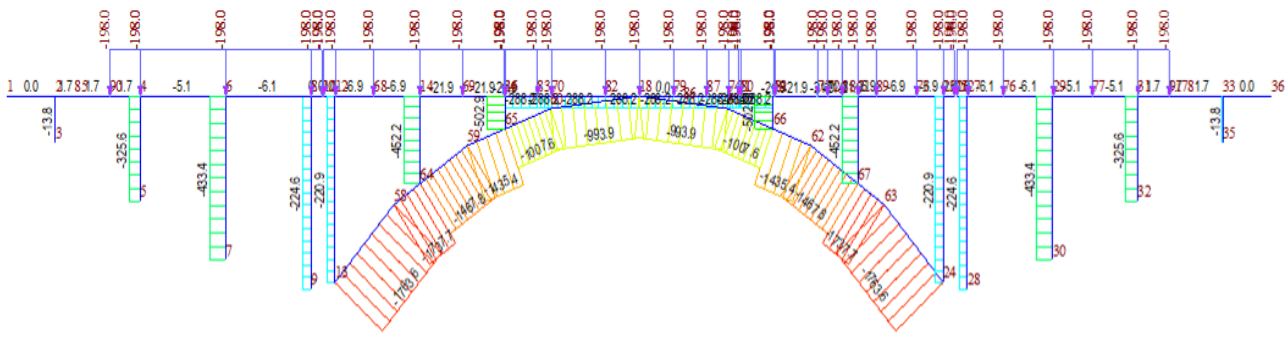
3.2.2 Viaduko perdangos ir atramų įrąžų ir deformacijų skaičiavimas nuo SW/2 apkrovos modelio apkrovos

Geležinkelio viaduko perdangos skaičiuojamasis modelis apkrautas SW/2 apkrovos modelio apkrova pagal LST EN 1991-2 reikalavimus pateiktas 3.20 paveiksle.

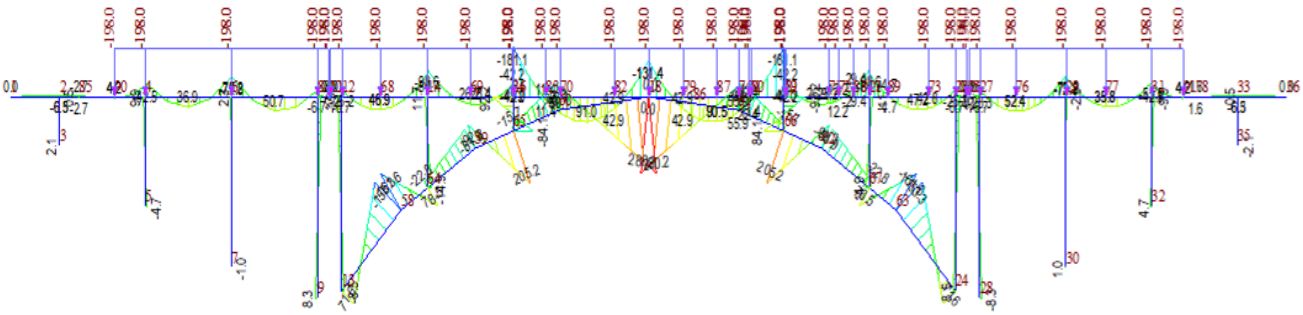


3.20 pav. Geležinkelio viaduko perdanga apkrauta charakteristine SW/2 apkrovos modelio apkrova

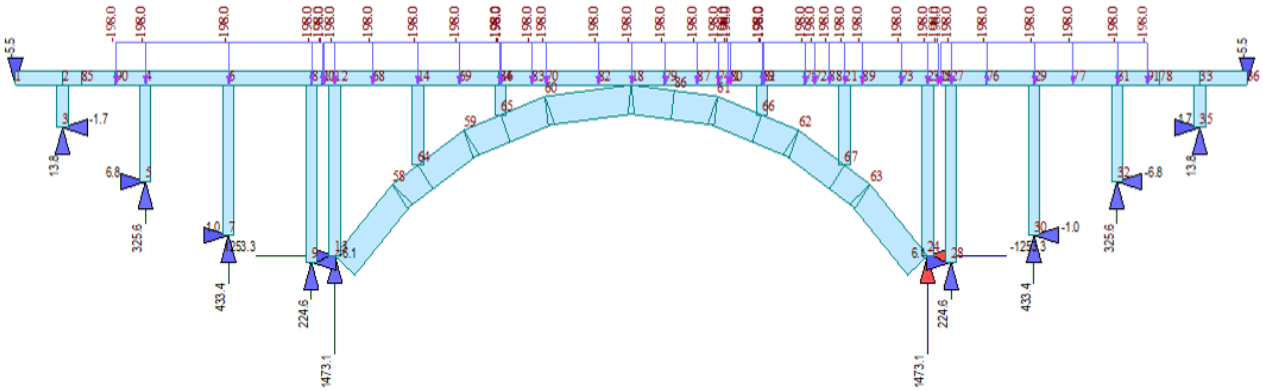
Geležinkelio viaduko perdangos ir atramų įrąžų ir deformacijų skaičiavimas nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio (pagal LST EN 1991-2 reikalavimus) apkrovos pateiktas 3.21, 3.22, 3.23 ir 3.24 paveiksluose.



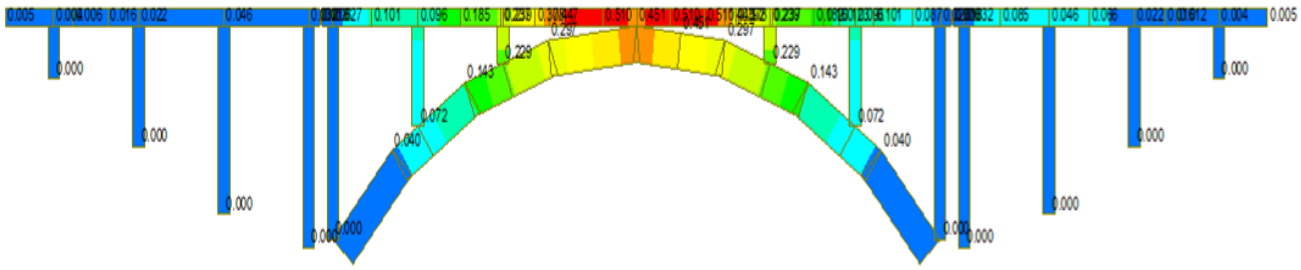
3.21 pav. Ašinės jėgos viaduko perdangoje ją apkrovus charakteristine SW/2 apkrovos modelio apkrova



3.22 pav. Lenkimo momentai viaduko perdangoje ją apkrovus charakteristine SW/2 apkrovos modelio apkrovos



3.23 pav. Atraminės reakcijos atramose perdangą apkrovus charakteristine SW/2 apkrovos modelio apkrova



3.24 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos

Geležinkelio viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų skaičiavimo rezultatai nuo charakteristinės ir skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos pateikti 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų skaičiavimai nuo SW/2 apkrovos modelio apkrovų pagal LST EN 1991-2

Įrąžos tipas	**LST EN 1991-2 apkrovos**	**Pjūvis**	**Apkrovos tipas**	
			Įrąžos / deformacijos atsirandančios nuo projektinės charakteristinės (įvertinus $1+\mu$**) apkrovos**	**Įrąžos atsirandančios nuo projektinės skaičiuojamosios (įvertinus** $1+\mu$ ir γ_f**) apkrovos**
Ašinė jėga, kN	SW/2 apkrovos modelis	Ties 6 atrama	1763,60	2557,22
		Arkos vidury, kairėje p.	993,90	1441,16
Lenkimo momentas, kNm	SW/2 apkrovos modelis	6 atrama	71,60	103,82
		Arkos vidurys	280,20	406,29
		I tarpatramio perdangos vidurys	1,60	2,32
		II tarpatramio perdangos vidurys	35,80	51,91
		III tarpatramio perdangos vidurys	52,40	75,98
Atraminė reakcija, kN	SW/2 apkrovos modelis	6 atrama vertikali	1473,10	2136,00
		6 atrama horizontali	1253,30	1817,29
Įlinkis, mm	SW/2 apkrovos modelis	Arkos vidurys	0,510	–
		I tarpatramio perdangos vidurys	0,022	–
		II tarpatramio perdangos vidurys	0,066	–
		III tarpatramio perdangos vidurys	0,085	–

Pastaba: didžiausias įlinkis trečiojo tarpatarmio perdangos viduryje nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos – 0,066 mm. Didžiausias įlinkis arkos viduryje nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos – 0,510 mm. Didžiausia ašinė jėga arkos viduryje nuo charaktersitinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos – 993,90 kN, o didžiausia ašinė jėga arkos atramoje (6 atrama) nuo tos pačios charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos – 1763,60 kN. Didžiausias lenkimo momentas arkos viduryje nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos – 280,20 kNm, o didžiausias lenkimo momentas II tarpatramio perdangos viduryje nuo tos pačios apkrovos – 35,80 kNm.

Išvados:

1. Palyginus viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautuose ruožuose atsirandančias įrąžas ir deformacijas nuo 71-mo apkrovos modelio (pagal LST EN 1991-2)

apkrovos (žr. 3.3 ir 3.4 lenteles) su įrąžomis ir deformacijomis atsirandančiomis tuose pačiuose pjūviuose ir ruožuose nuo projektinės H8 apkrovos (žr. 3.1 lentelę) nustatyta, kad:

- ašinė jėga ties 6 atrama nuo charakteristinės 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 115%** ašinės jėgos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- ašinė jėga ties 6 atrama nuo skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 167%** ašinės jėgos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- ašinė jėga arkos viduryje (kairė pusė) nuo charakteristinės 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 113%** ašinės jėgos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- ašinė jėga arkos viduryje (kairė pusė) nuo skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 164%** ašinės jėgos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- lenkimo momentas arkos viduryje nuo charakteristinės 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 175%** lenkimo momento nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- lenkimo momentas arkos viduryje nuo skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 254%** lenkimo momento nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- lenkimo momentas II tarpatramio perdangos viduryje nuo skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 106%** lenkimo momento nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- horizontali atraminė reakcija 6 atramoje (arkos atrama) nuo charakteristinės 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 108%** atraminės reakcijos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- atraminė reakcija 6 atramoje (arkos atrama) nuo skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 156%** atraminės reakcijos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- įlinkis arkos viduryje nuo charakteristinės 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 154%** įlinkio nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;

2. Palyginus viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautuose ruožuose atsirandančias įrąžas ir deformacijas nuo SW/2 apkrovos modelio (pagal LST EN 1991-2) apkrovos (žr. 3.5 lentelę) su įrąžomis ir deformacijomis atsirandančiomis tuose pačiuose pjūviuose ir ruožuose nuo projektinės H8 apkrovos (žr. 3.1 lentelę) nustatyta, kad:

- ašinė jėga ties 6 atrama nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 136%** ašinės jėgos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- ašinė jėga ties 6 atrama nuo skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 198%** ašinės jėgos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;

- ašinė jėga arkos viduryje (kairė pusė) nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 136%** ašinės jėgos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- ašinė jėga arkos viduryje (kairė pusė) nuo skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 198%** ašinės jėgos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- lenkimo momentas arkos viduryje nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 136%** lenkimo momento nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- lenkimo momentas arkos viduryje nuo skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 198%** lenkimo momento nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- lenkimo momentas II tarpatramio perdangos viduryje nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 160%** lenkimo momento nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- lenkimo momentas II tarpatramio perdangos viduryje nuo skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 232%** lenkimo momento nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- vertikali atraminė reakcija 6 atramoje (arkos atrama) nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 121%** atraminės reakcijos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;

  vertikali atraminė reakcija 6 atramoje (arkos atrama) nuo skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 175%** atraminės reakcijos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- įlinkis arkos viduryje nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 136%** įlinkio nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;

3. Apskaičiuotų įrąžų ir deformacijų santykiai:

- nuo charakteristinių 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovų (pagal LST EN 1991-2) sudaro nuo **108% iki 160%** projektinės charakteristinės H8 apkrovos;
- nuo skaičiuojamųjų 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovų (pagal LST EN 1991-2) sudaro nuo **156% iki 254%** projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos. Kadangi apskaičiuotų įrąžų ir deformacijų santykiai nuo charakteristinių ir skaičiuojamųjų 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovų ir H8 apkrovos yra didesni kaip 100%, todėl geležinkelio viaduko linijoje **Vilnius–Klaipėda 127+100 km negalima saugiai eksploatuoti 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovoms pagal LST EN 1991-2.**

4. VIADUKO STATINIS BANDYMAS

4.1. BANDYMO TIKSLAS, APKROVOS IR TEORINIAI SKAIČIAVIMAI

Statinio bandymo tikslas – įvertinti geležinkelio viaduko linijoje 127+100 km techninę būklę ir nustatyti kategoriją pagal keliamąją galią.

Viaduko statinio bandymo metu buvo naudojamas vienas šilumvežis TEMTMH. Šilumvežio ašies apkrova – 194 kN, šilumvežio bendroji masė – 1164 kN (119 t).

Kadangi LR nėra specifinių reikalavimų geležinkelio tiltų ir viadukų statiniams bandymams atlikti, todėl viaduko statinis bandymas buvo atliekamas pagal ST 188710638.10:2005 ir SNiP 3.06.07-86 normų reikalavimus. Geležinkelio viaduko statinio bandymo metu atlikti ir stebėti du skirtingi apkrovimo variantai:

- pirmuoju apkrovimo variantu vieno šilumvežio apkrova viaduko arka buvo apkrauta simetriškai statant šilumvežį jos viduryje (žr. 4.1 ir 4.2 pav.).
- antruoju apkrovimo variantu vieno šilumvežio apkrova viaduko arka buvo apkrauta asimetriškai statant šilumvežį ant pusės arkos ir papildomai bandymo apkrova apkraunant kitų tarpatramių perdangas (žr. 4.3 ir 4.4 pav.).

Viaduko perdangos bandymo metu (pagal 1 – ąjį apkrovimo variantą) arkinė perdanga simetriškai buvo apkrauta vieno šilumvežio apkrova jos viduryje (žr. 4.1 pav.). Bandymo apkrova buvo išlaikoma ant viaduko perdangos, kol deformacijų prieaugis per 5 min. tampa mažesnis kaip 5%. Simetriškai apkrovus arkinę perdangą vieno šilumvežio apkrova, pagal 1 – ąjį apkrovimo variantą, nustatyta, kad:

- ašinės jėgos ties 6 atrama dalis nuo bandymo apkrovos ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 49 proc. (žr. 4.1 lentelę);
- ašinės jėgos arkos viduryje dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 45 proc. (žr. 4.1 lentelę);
- lenkimo momento ties 6 atrama dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 87 proc. (žr. 4.1 lentelę);
- lenkimo momento arkos viduryje dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 28 proc. (žr. 4.1 lentelę);
- vertikalios atraminės reakcijos 6 atramoje dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 49 proc. (žr. 4.1 lentelę);
- įlinkio arkos viduryje dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 17 proc. (žr. 4.1 lentelę).

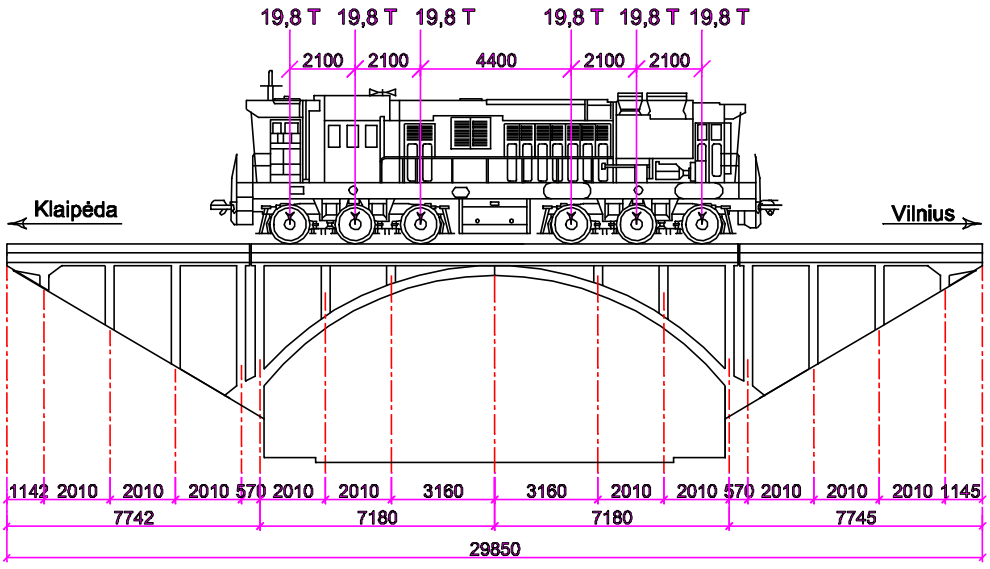
Viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių

įrąžų ir deformacijų teoriniai skaičiavimo rezultatai nuo bandymo apkrovos (pagal 1 apkrovimo variantą) ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos, pateikti 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų skaičiavimo rezultatai nuo bandymo apkrovos (pagal 1 apkrovimo variantą) ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos

Apkrova	**Įrąžos / deformacijos tipas**	**Įrąžos / deformacijos nuo bandymo apkrovos**	**Įrąžos / deformacijos nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos**	**Įrąžų / deformacijų santykiai nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovų, %**
1 šilumvežis TEMTMH	Ašinė jėga ties 6 atrama, kN	633,90	1292,60	49
	Ašinė jėga arkos viduryje dešinėje pusėje, kN	330,60	728,50	45
	Lenkimo momentas ties 6 atrama, kNm	45,80	52,40	87
	Lenkimo momentas arkos viduryje, kNm	56,80	205,40	28
	Vertikali atraminė reakcija 6 atramoje, kN	592,50	1220,20	49
	Horizontali atraminė reakcija 6 atramoje, kN	420,30	1038,10	41
	Įlinkis arkos viduryje, mm	0,064	0,374	17

Geležinkelio viaduko perdangos pirmas apkrovimo variantas pavaizduotas 4.1 pav., perdangos apkrovimo foto fiksacija pateikta 4.2 pav.

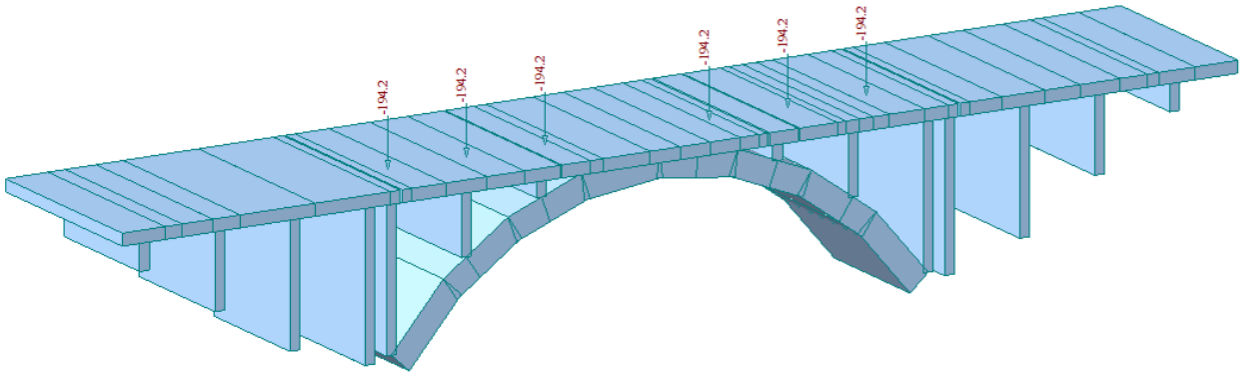


4.1 pav. Viaduko perdanga apkrauta pagal 1 apkrovimo variantą



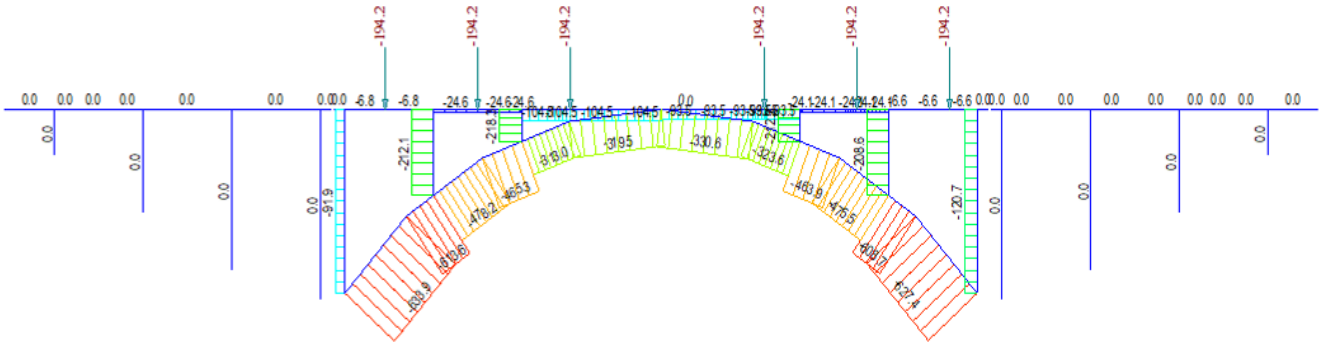
4.2 pav. Pirmas apkrovimo variantas. Viaduko perdanga apkrauta vieno šilumvežių apkrova

Skaičiuojamasis geležinkelio viaduko modelis apkrautas bandymo apkrova pagal 1 apkrovimo variantą pateiktas 4.3 pav.

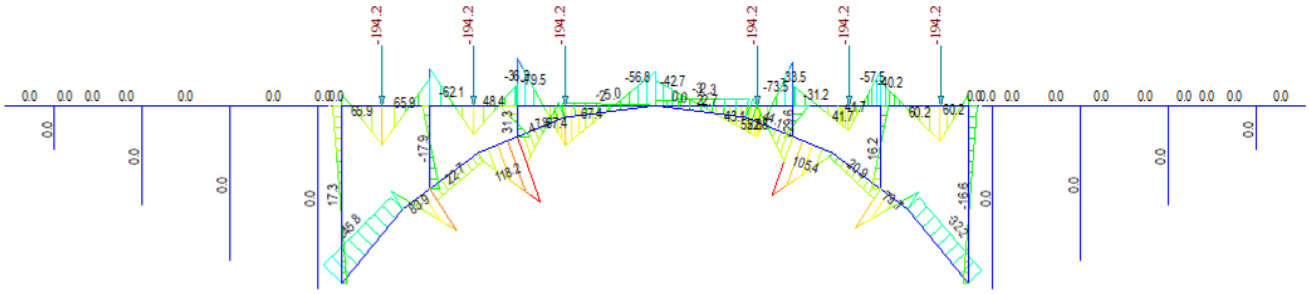


4.3 pav. Skaičiuojamasis tilto modelis apkrautas bandymo apkrova pagal 1 apkrovimo variantą

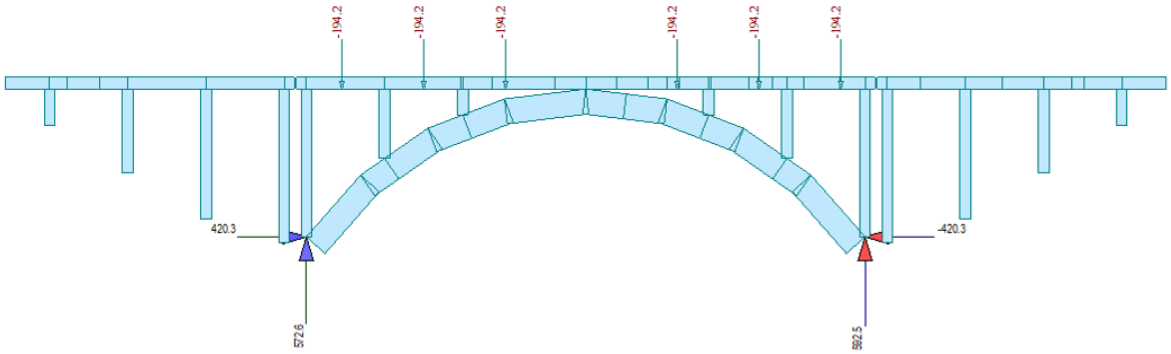
Geležinkelio viaduko perdangos ir atramų įrąžų ir deformacijų skaičiavimas nuo bandymo apkrovos pateiktas 4.4, 4.5, 4.6 ir 4.7 paveiksluose.



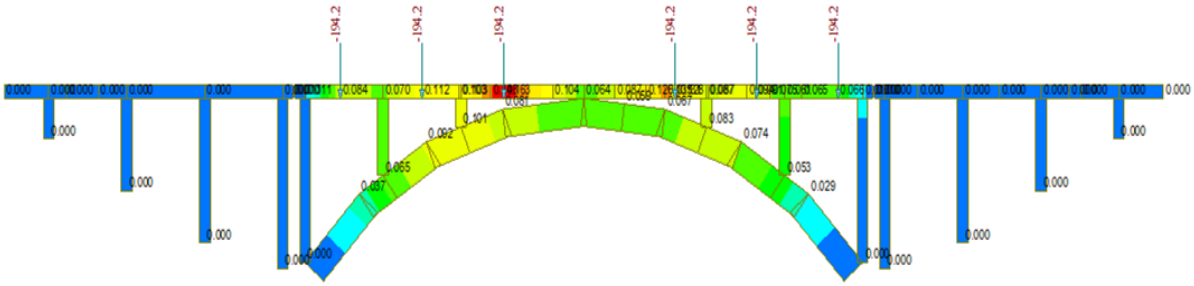
4.4 pav. Ašinės jėgos viaduko perdangoje ją apkrovus bandymo apkrova pagal 1 apkrovimo variantą



4.5 pav. Lenkimo momentai viaduko perdangoje ją apkrovus bandymo apkrova pagal 1 apkrovimo variantą



4.6 pav. Atraminės reakcijos atramose perdangą apkrovus bandymo apkrova pagal 1 apkrovimo variantą



4.7 pav. Viaduko perdangos deformacijos ją apkrovus bandymo apkrova pagal 1 apkrovimo variantą

Geležinkelio viaduko perdangos bandymo metu (pagal 2 – ąjį apkrovimo variantą) perdanga buvo apkrauta vieno šilumvežio apkrova ant pusės arkinės perdangos (žr. 4.8 pav.). Bandymo apkrova buvo išlaikoma ant viaduko perdangos, kol deformacijų prieaugis per 5 min. tampa mažesnis kaip 5%. Apkrovus viaduko perdangą vieno šilumvežio apkrova pagal 2 – ąjį apkrovimo variantą nustatyta, kad:

- ašinės jėgos ties 6 atrama dalis nuo bandymo apkrovos ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 66 proc. (žr. 4.2 lentelę);
- ašinės jėgos arkos viduryje dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 68 proc. (žr. 4.2 lentelę);

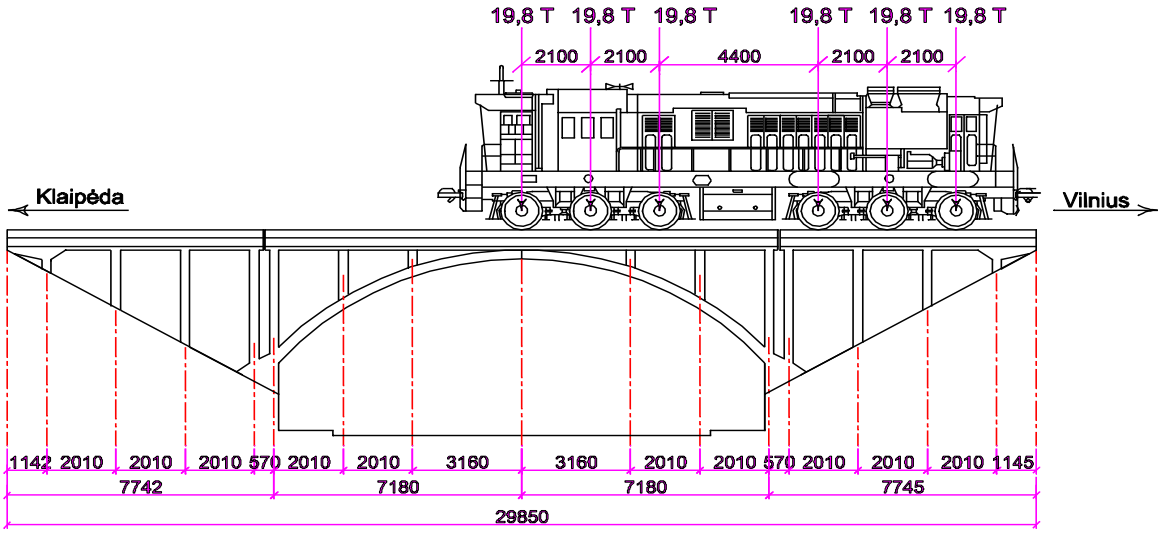
- lenkimo momento ties 6 atrama dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 67 proc. (žr. 4.2 lentelę);
- lenkimo momento arkos ketvirtyje dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 59 proc. (žr. 4.2 lentelę);
- vertikalios atraminės reakcijos 5 atramoje dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 46 proc. (žr. 4.2 lentelę);
- įlinkio arkos viduryje dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 90 proc. (žr. 4.2 lentelę);
- lenkimo momento virš III atramos dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 98 proc. (žr. 4.2 lentelę);
- įlinkio antrojo tarpatramio perdangos viduryje dalis nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos buvo 96 proc. (žr. 4.2 lentelę).

Viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų teoriniai skaičiavimo rezultatai nuo bandymo apkrovos (pagal 2 apkrovimo variantą) ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos, pateikti 4.2 lentelėje.

4.2 lentelė. Viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautose zonose atsirandančių įrąžų ir deformacijų skaičiavimo rezultatai nuo bandymo apkrovos (pagal 1 apkrovimo variantą) ir projektinės charakteristinės H8 apkrovos

Apkrova	**Įrąžos / deformacijos tipas**	**Įrąžos / deformacijos nuo bandymo apkrovos**	**Įrąžos / deformacijos nuo projektinės charakteristinės H8 apkrovos**	**Įrąžų / deformacijų santykiai nuo bandymo ir projektinės charakteristinės H8 apkrovų, %**
1 šilumvežis TEMTMH	Ašinė jėga ties 5 atrama, kN	541,90	816,50	66
	Ašinė jėga arkos viduryje kairėje pusėje, kN	404,40	591,70	68
	Lenkimo momentas ties 6 atrama, kNm	216,00	323,10	67
	Lenkimo momentas arkos ketvirtyje, kNm	166,30	281,40	59
	Vertikali atraminė reakcija 5 atramoje, kN	399,90	868,40	46
	Horizontali atraminė reakcija 5 atramoje, kN	354,70	459,30	77
	Lenkimo momentas virš III atramos, kNm	52,60	53,50	98
	Įlinkis II tarpatramio perdangos viduryje, mm	0,043	0,045	96
	Įlinkis arkos viduryje, mm	0,204	0,226	90

Geležinkelio viaduko perdangos antras apkrovimo variantas pavaizduotas 4.8 pav., perdangos apkrovimo foto fiksacija pateikta 4.9 pav.

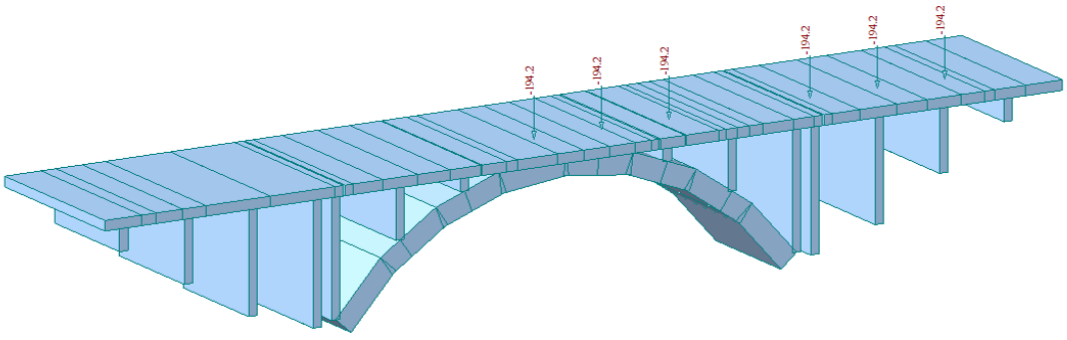


4.8 pav. Geležinkelio viaduko perdanga apkrauta pagal 2 apkrovimo variantą



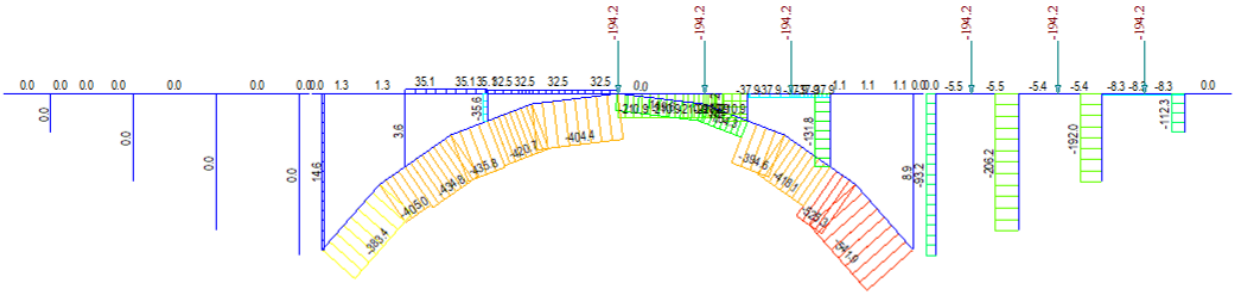
4.9 pav. Antras apkrovimo variantas. 1 šilumvežio apkrova apkrauta pusė arkos perdangos

Skaičiuojamasis geležinkelio viaduko modelis apkrautas bandymo apkrova pagal 2 apkrovimo variantą pateiktas 4.10 pav.

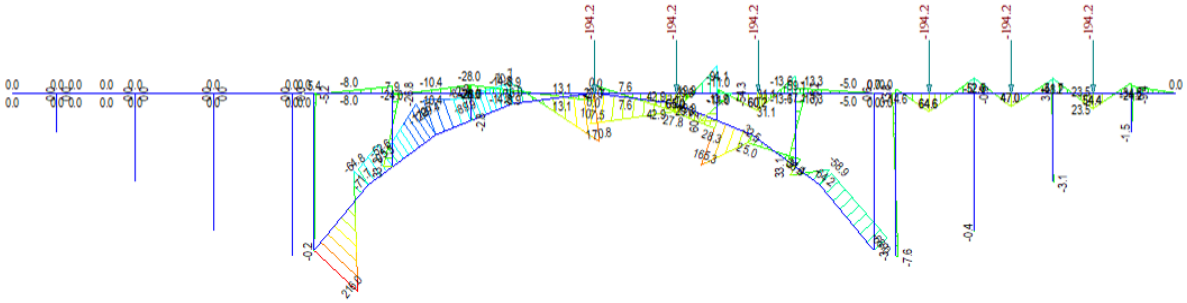


4.10 pav. Skaičiuojamasis viaduko modelis apkrautas bandymo apkrova pagal 2 apkrovimo variantą

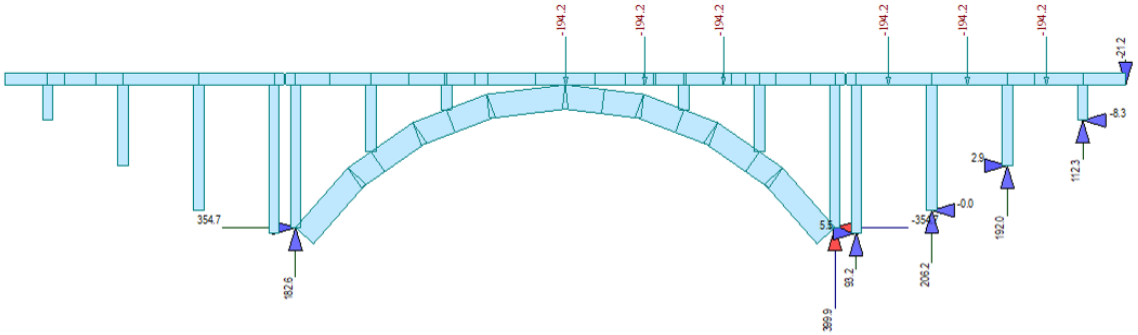
Geležinkelio viaduko perdangos ir atramų įrąžų ir deformacijų skaičiavimas nuo bandymo apkrovos (2 apkrovimo variantas) pateiktas 4.11, 4.12, 4.13 ir 4.14 paveiksluose.



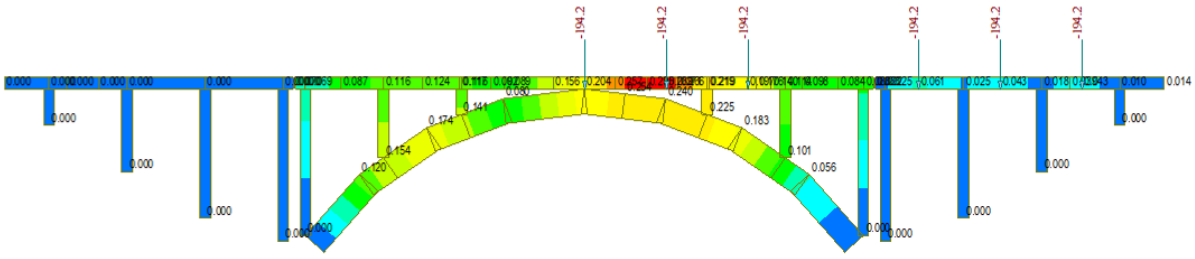
4.11 pav. Ašinės jėgos viaduko perdangoje ją apkrovus bandymo apkrova pagal 2 apkrovimo variantą



4.12 pav. Lenkimo momentai viaduko perdangoje ją apkrovus bandymo apkrova pagal 2 apkrovimo variantą



4.13 pav. Atraminės reakcijos atramose perdangą apkrovus bandymo apkrova pagal 2 apkrovimo variantą



4.14 pav. Viaduko perdangos deformacijos ją apkrovus bandymo apkrova pagal 2 apkrovimo variantą

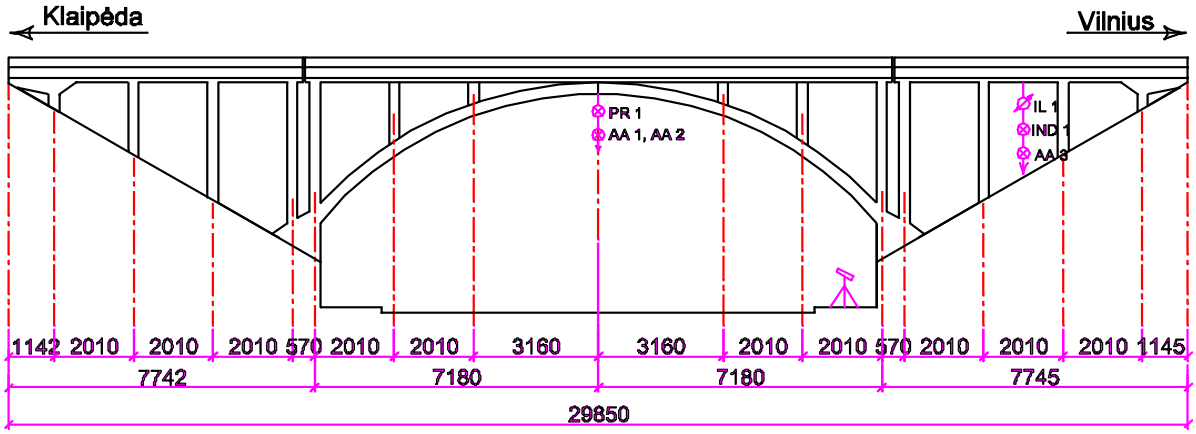
4.2. MATAVIMO PRIETAISŲ IŠDĖSTYMAS
4.2.1. Prietaisų paskirties apibūdinimas

Geležinkelio viaduko linijoje Vilnius–Klaipėda statinio bandymo metu arkinės perdangos įlinkiams matuoti buvo naudojama 1 prizmė arkos viduryje, 1 robotizuotas lazerinis tacheometras ir 1 3D robotizuotas lazerinis skeneris. Rėminės trečiojo tarpatramio perdangos įlinkiams matuoti buvo naudojamas 1 elektroninis poslinkių jutiklis (0,01 mm tikslumo). Trečiojo tarpatramio perdangos plokštės deformacijoms matuoti buvo naudojamas 1 elektroninis deformacijų jutiklis (0,01 mm tikslumo).

Viaduko arkinės perdangos dinaminio bandymo metu dinaminiams įlinkiams matuoti buvo naudojama 1 prizmė arkos viduryje ir 1 robotizuotas lazerinis tacheometras, kuris kas sekundę fiksavo perdangos poslinkius vertikalia kryptimi. Viaduko perdangos virpesiams fiksuoti buvo naudojami 3 elektroniniai pagreičių jutikliai (2 arkinės perdangos viduryje, dešinėje ir kairėje arkos pusėje) ir 1 trečiojo tarpatramio perdangos viduryje. Elektroniniai pagreičių jutikliai virpesius fiksavo x, y ir z kryptimis. Geležinkelio viaduko statinio ir dinaminio bandymų metu naudotų prietaisų suvestinė pateikta 4.3 lentelėje. Matavimo prietaisų išdėstymas pateiktas 4.15 pav.

4.3 lentelė. Viaduko statinio ir dinaminio bandymų metu naudotų prietaisų suvestinė

Nr.	Prietaisas	Vienetų skaičius	Matavimo diapazonas	Prietaiso tikslumas
1	Elektroninis robotizuotas lazeriniai tacheometras	1	–	0,01 mm
2	Prizmės	1	–	–
3	Elektroniniai poslinkių jutikliai	1	±12 mm	0,01 mm
3	Elektroniniai pagreičių jutikliai	3	±2g	0,04 g
4	Elektroniniai deformacijų jutikliai	1	–	0,001 mm
5	Elektroninis robotizuotas skeneris	1	–	±4 mm
Viso prietaisų		8		



4.15 pav. Matavimo prietaisų išdėstymas

Viaduko statinio ir dinaminio bandymų metu naudotų prietaisų fotofiksacija pateikta 4.16 – 4.20 paveiksluose.





4.16 pav. Matavimo prietaisų išdėstymas antrojo tarpatramio perdangos viduryje (elektroninis deformacijų jutiklis, elektroninis poslinkių jutiklis ir elektroninis pagreičių jutiklis)



4.17 pav. Miniprizmė arkos viduryje poslinkių fiksavimui



4.18 pav. Robotizuotas lazerinis tacheometras ir skeneris arkos deformacijų fiksacijai



4.19 pav. Elektroninis pagreičių jutiklis arkos viduryje Kėdainių miesto pusėje



4.20 pav. Elektroninė įranga bandymo metu

4.3. STATINIO BANDYMO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ
4.3.1. Perdangos įlinkių analizė

Šiuo metu Lietuvoje nėra išleistų ir patvirtintų geležinkelio tiltų bandymų taisyklių, todėl viaduko perdangos darbą bandymo metu vertinome pagal ST 188710638.10:2005 reikalavimus ir SNiP 3.06.07-86 metodiką. Pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką tiltų ir viadukų būklės vertinimui yra keliami griežtesni reikalavimai tiltams projektuotiems pagal rusiškas projektavimo normas.

Viaduko statinio bandymo metu matavome arkos įlinkius (poslinkius) bei liekamuosius įlinkius jos viduryje ir II tarpatramio perdangos įlinkius bei liekamuosius įlinkius jos viduryje. Pagal šių dydžių santykinę reikšmę nustatoma ar konstrukcija dirba tamprioje stadijoje.

Bandymo metu buvo išbandyta viaduko perdanga ją apkraunant ir nukraunant vieno šilumvežio apkrova. Teoriniai viaduko perdangos įlinkiai buvo apskaičiuoti su kompiuterine programa Scia Engineering sudarius erdvinį skaičiuojamąjį viaduko modelį (žr. 4.1 skyrių).

Pagal ST 188710638.10:2005 reikalavimus konstrukcijų tamprųjį darbą apibūdina koeficientas β, kuris yra išreiškiamas tokia išraiška:

$$\beta = \frac{y_{pl}}{y_{tot}} \qquad (1)$$

čia: y_{pl} – liekamieji įlinkiai (poslinkiai) po deformacijų stabilizavimosi;

y_{tot} – suminiai įlinkiai (poslinkiai) po deformacijų stabilizacijos.

Gelžbetoninėms konstrukcijoms pagal ST 188710638.10:2005 koeficientas $\beta \leq 0,25$.

Išmatuoto (s_{eks}) ir teoriškai apskaičiuoto (s_{teor}) nuo statinės bandomosios apkrovos efektų santykis gelžbetoninėms konstrukcijoms pagal ST 188710638.10:2005 turi būti šiose ribose:

$$\alpha_1 = 0,60 < s_{eks} / s_{teor} \leq \alpha_2 = 1,10 \qquad (2)$$

čia: s_{eks} – išmatuotas įlinkis nuo statinės apkrovos;

s_{teor} – teoriškai apskaičiuotas įlinkis nuo statinės apkrovos.

Pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką konstrukcijų tamprųjį darbą apibūdina koeficientas α, kuris yra išreiškiamas tokia išraiška:

$$\alpha = f_r / f_l \qquad (3)$$

čia: f_r – liekamasis įlinkis po deformacijų stabilizavimosi;

f_l – tamprusis įlinkis po deformacijų stabilizavimosi.

Koeficientas α eksploatuojamiems tiltams turi būti $\alpha \leq 0,05$.

Faktinių ir teorinių įlinkių palyginimui nuo bandymo apkrovos apskaičiuojamas koeficientas K:

$$K = S_e / S_{cal.} \quad (4)$$

čia: S_e – išmatuotas įlinkis nuo statinės apkrovos;

$S_{cal.}$ – teoriškai apskaičiuotas įlinkis nuo statinės apkrovos.

Perdangos elementams, kuriuos skaičiuojant nepriimtas bendras perdangos ir pakloto darbas koeficientas K yra 0,5 – 0,7 ribose. Koeficiento reikšmė didesnė už 0,7 rodo, kad yra sumažėjusi konstrukcijų laikomoji galia, o kai $K > 1,0$ – blogai.

Geležinkelio viaduko arkos perdangos įlinkių vertinimas jos viduryje pagal ST 188710638.10:2005, ją simetriškai apkraunat 1 šilumvežio apkrova pateiktas 4.4 lentelėje, o apkraunant asimetriškai pateiktas 4.5 lentelėje.

4.4 lentelė. Viaduko arkinės perdangos įlinkiai jos viduryje apkraunant ją simetriškai vieno šilumvežio apkrova pagal pirmą apkrovimo variantą ir vertinant perdangos darbą pagal ST 188710638.10:2005 reikalavimus

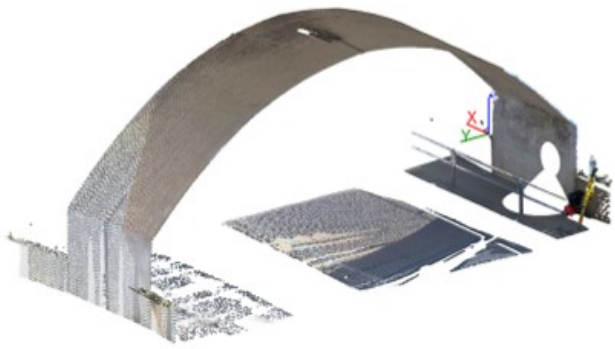
Apkrovos Nr.	Tarpatramis	Matavimo vieta	Didžiausias įlinkis nuo bandymo apkrovos, mm	Teorinis įlinkis arkos apačioje nuo bandymo apkrovos, mm	Eksperimentinio ir teorinio įlinkių santykis, $S_{eksp.}/S_{teor.}$	Liekamasis įlinkis, mm	Stabilizavusiojo liekamojo įlinkio santykis su visu įlinkiu
1	IV	Arkos vidurys kairė pusė	0,010	0,064	0,16	0,00	0,00
		Arkos vidurys	0,020		0,31	0,00	0,00
		Arkos vidurys dešinė pusė	0,010		0,16	0,00	0,00
				Vidurkis	**0,21**	**0,00**	**0,00**

4.5 lentelė. Viaduko arkinės perdangos įlinkiai jos viduryje apkraunant ją asimetriškai vieno šilumvežio apkrova pagal antrą apkrovimo variantą ir vertinant perdangos darbą pagal ST 188710638.10:2005 reikalavimus

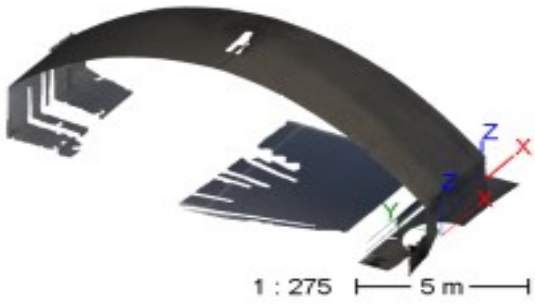
Apkrovos Nr.	Tarpatramis	Matavimo vieta	Didžiausias įlinkis nuo bandymo apkrovos, mm	Teorinis įlinkis arkos apačioje nuo bandymo apkrovos, mm	Eksperimentinio ir teorinio įlinkių santykis, $S_{eksp.}/S_{teor.}$	Liekamasis įlinkis, mm	Stabilizavusiojo liekamojo įlinkio santykis su visu įlinkiu
2	IV	Arkos vidurys kairė pusė	0,027	0,204	0,13	0,00	0,00
		Arkos vidurys	0,054		0,27	0,00	0,00
		Arkos vidurys dešinė pusė	0,021		0,10	0,00	0,00
				Vidurkis	**0,17**	**0,00**	**0,00**

Viaduko arkinės perdangos bandymo metu, jos vidurio įlinkiai buvo matuojami su elektroniniu robotizuotu tacheometru, kurio tikslumas 0,01 mm ir lazeriniu skeneriu Leica BLK360, kurio tikslumas ±4 mm. Nuo simetriškai ir asimetriškai bandymo apkrova apkrautos arkos, maksimalūs įlinkiai jos viduryje buvo 0,001 mm.

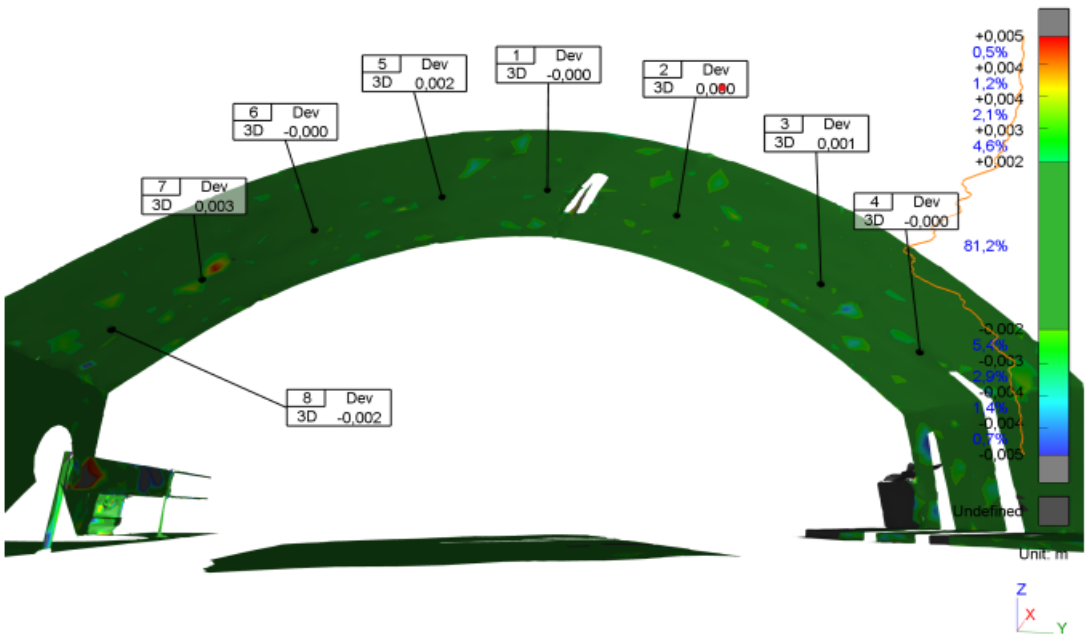
Papildomai atlikus viaduko perdangos skenavimą iš apačios be bandymo apkrovos (žr. 4.21 pav.) ir su bandymo apkrova (žr. 4.22 pav.) buvo sukurti du 3D paviršiai, kurie vėliau buvo palyginti tarpusavy (žr. 4.23 pav).



4.21 pav. Viadukas skenuotas be bandymo apkrovos ir sukurtas 3D paviršius



4.22 pav. Viadukas skenuotas su simetriškai pridėta bandymo apkrova ir sukurtas 3D paviršius



4.23 pav. 3D sukurtų paviršių be bandymo apkrovos ir su bandymo apkrova palyginimas tarpusavyje uždėjus juos vieną ant kito

Tarpusavyje palyginus sukurtus 3D paviršius pokyčių juose neužfiksuota, gautuose rezultatuose pokyčių nematyti, skirtumas siekia tik 2 – 3 mm kas patenka į 3D skenerio galimą matavimo paklaidos

diapazoną. Pagal skenavimo rezultatus nustatyta, kad viadukas yra stabilus.

Geležinkelio viaduko antrojo tarpatramio perdangos įlinkių vertinimas jos viduryje pagal ST 188710638.10:2005, ją simetriškai apkraunat 1 šilumvežio apkrova pateiktas 4.6 lentelėje.

4.6 lentelė. Viaduko antrojo tarpatramio perdangos įlinkiai jos viduryje apkraunant ją asimetriškai vieno šilumvežio apkrova pagal 2 apkrovimo variantą ir vertinant perdangos darbą pagal ST 188710638.10:2005 reikalavimus

Apkrovos Nr.	Tarpatramis	Matavimo vieta	Didžiausias įlinkis nuo bandymo apkrovos, mm	Teorinis įlinkis arkos apačioje nuo bandymo apkrovos, mm	Eksperimentinio ir teorinio įlinkių santykis, $S_{eksp.}/S_{teor.}$	Liekamasis įlinkis, mm	Stabilizavusiojo liekamojo įlinkio santykis su visu įlinkiu
1	II	Perdangos vidurys	0,020	0,043	0,47	0,0	0,0
				Vidurkis	**0,47**	**0,0**	**0,0**

Viaduko arkinės perdangos įlinkių vertinimas pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką, ją apkraunant vieno šilumvežio apkrova pagal pirmą apkrovimo variantą, pateiktas 4.7 lentelėje, o apkraunant pagal antrą apkrovimo variantą, pateiktas 4.8 lentelėje.

4.7 lentelė. Viaduko arkinės perdangos įlinkiai jos viduryje apkraunant ją simetriškai vieno šilumvežio apkrova pagal pirmą apkrovimo variantą ir vertinant perdangos darbą pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką

Apkrovos Nr.	Matavimo vieta	Viso įlinkio dydis, mm	Liekamojo įlinkio dydis, mm	Tampraus įlinkio dydis, mm	Koeficientas α	Koeficiento α vidutinis dydis
1	Arkos vidurys kairė pusė	0,010	0,00	0,010	0,0	**0,0**
	Arkos vidurio vidurys	0,020	0,00	0,020	0,0	
	Arkos vidurys dešinė pusė	0,010	0,00	0,010	0,0	

4.8 lentelė. Viaduko arkinės perdangos įlinkiai jos viduryje apkraunant ją simetriškai vieno šilumvežio apkrova pagal antrą apkrovimo variantą ir vertinant perdangos darbą pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką

Apkrovos Nr.	Matavimo vieta	Viso įlinkio dydis, mm	Liekamojo įlinkio dydis, mm	Tampraus įlinkio dydis, mm	Koeficientas α	Koeficiento α vidutinis dydis
2	Arkos vidurys kairė pusė	0,027	0,00	0,027	0,0	**0,0**
	Arkos vidurio vidurys	0,054	0,00	0,054	0,0	
	Arkos vidurys dešinė pusė	0,021	0,00	0,021	0,0	

Geležinkelio viaduko antrojo tarpatramio perdangos įlinkių vertinimas jos viduryje pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką, ją simetriškai apkraunat 1 šilumvežio apkrova pateiktas 4.9 lentelėje.

4.9 lentelė. Viaduko antrojo tarpatramio perdangos įlinkiai jos viduryje apkraunant ją asimetriškai vieno šilumvežio apkrova pagal 2 apkrovimo variantą ir vertinant perdangos darbą pagal ST 188710638.10:2005 reikalavimus

Apkrovos Nr.	Matavimo vieta	Viso įlinkio dydis, mm	Liekamojo įlinkio dydis, mm	Tampraus įlinkio dydis, mm	Koeficientas α	Koeficiento α vidutinis dydis
2	II tarpatramio perdangos vidurys	0,020	0,00	0,020	0,0	**0,0**

Viaduko arkinės perdangos faktinio ir teorinio įlinkių santykio skaičiavimas pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką simetriškai ją apkraunant pagal 1 apkrovos variantą pateiktas 4.10 lentelėje, o apkraunant pagal 2 apkrovimo variantą pateiktas 4.11 lentelėje.

4.10 lentelė. Viaduko arkinės perdangos faktinio ir teorinio įlinkių santykio skaičiavimas pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką apkraunat ją simetriškai 1 šilumvežio apkrova pagal 1 apkrovimo variantą

Apkrovos Nr.	Matavimo vieta	Faktinis didžiausias arkos vidurio įlinkis nuo bandymo apkrovos S_e, mm	Teorinis arkos vidurio įlinkis nuo bandymo apkrovos S_{cal}, mm	Faktinio ir teorinio įlinkių santykis S_e/S_{cal}
1	Arkos vidurys kairė pusė	0,010	0,064	0,16
	Arkos vidurio vidurys	0,020		0,31
	Arkos vidurys dešinė pusė	0,010		0,16
			Vidurkis	**0,21**

4.11 lentelė. Viaduko arkinės perdangos faktinio ir teorinio įlinkių santykio skaičiavimas pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką apkraunat ją asimetriškai 1 šilumvežio apkrova pagal 2 apkrovimo variantą

Apkrovos Nr.	Matavimo vieta	Faktinis didžiausias arkos vidurio įlinkis nuo bandymo apkrovos S_e, mm	Teorinis arkos vidurio įlinkis nuo bandymo apkrovos S_{cal}, mm	Faktinio ir teorinio įlinkių santykis S_e/S_{cal}
2	Arkos vidurys kairė pusė	0,027	0,204	0,13
	Arkos vidurio vidurys	0,054		0,27
	Arkos vidurys dešinė pusė	0,021		0,10
			Vidurkis	**0,17**

Viaduko antrojo tarpatramio perdangos faktinio ir teorinio įlinkių santykio skaičiavimas pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką ją apkraunant pagal 2 apkrovos variantą pateiktas 4.12 lentelėje.

4.12 lentelė. Viaduko antrojo tarpatramio perdangos faktinio ir teorinio įlinkių santykio skaičiavimas pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką apkraunat ją 1 šilumvežio apkrova pagal 2 apkrovimo variantą

Apkrovos Nr.	Matavimo vieta	Faktinis didžiausias II tarpatramio perdangos vidurio įlinkis nuo bandymo apkrovos S_e, mm	Teorinis II tarpatramio perdangos vidurio įlinkis nuo bandymo apkrovos S_{cal}, mm	Faktinio ir teorinio įlinkių santykis S_e/S_{cal}
2	Antrojo tarpatramio perdangos vidurys	0,020	0,043	0,47
			Vidurkis	**0,47**

Išvados:

- viaduko arkinės perdangos eksperimentinio ir teorinio įlinkių reikšmių santykiai ($S_{eksp.}/S_{teor}$ = 0,21 ir $S_{eksp.}/S_{teor}$ = 0,17) ir rėmo antrojo tarpatramio perdangos eksperimentinio ir teorinio įlinkių reikšmių santykis ($S_{eksp.}/S_{teor}$ = 0,47) apkrovimo metu buvo leistinose ribose ir tenkino ST 188710638.10:2005 reikalavimus ($S_{eksp.}/S_{teor.}$ < 1,05);
- skirtingais apkrovimo variantais apkrovus viaduko arkinę perdangą faktinio ir teorinio įlinkių santykiai buvo: K = 0,21 ir K = 0,17. Pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką perdangos elementams, kuriuos skaičiuojant nepriimtas bendras perdangos ir pakloto darbas koeficientas K yra 0,5 – 0,7 ribose. Teoriniame viaduko modelyje buvo vertintas erdvinis perdangos darbas neįvertinant tik gelžbetoninių pabėgių ir skaldos balasto įtakos. Akinės perdangos bandymo metu faktinio ir teorinio įlinkių reikšmių santykis K buvo mažesnis už 0,50, o tai rodo, kad perdanga turi stiprumo atsargą;
- viaduko rėmo antrojo tarpatramio perdangos bandymo metu faktinio ir teorinio įlinkių reikšmių santykis buvo K = 0,47. Pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką perdanga turi stiprumo atsargą;
- viaduko arkinės perdangos skirtingų aprovimų metu stabilizavusiųjų liekamųjų įlinkių santykiai su visu įlinkiu ($y_{pl.}/y_{tot.}$ = 0,0) abiem apkrovimo atvejai buvo žymiai mažesni, nei ribinis (0,25), pagal ST 188710638.10:2005;
- viaduko rėmo antrojo tarpatramio perdangos bandymo metu stabilizavusiųjų liekamųjų įlinkių santykis su visu įlinkiu ($y_{pl.}/y_{tot.}$ = 0,0) buvo žymiai mažesnis, nei ribinis (0,25), pagal ST 188710638.10:2005;
- geležinkelio viaduko arkinė perdanga ir rėminė perdanga bandymo metu dirbo tamprioje stadijoje, liekamųjų ir tamprių įlinkių santykis (f_r / f_l = 0,0) neviršijo leistino ($\alpha \leq 0,05$) ir tenkino SNiP 3.06.07-86 normų reikalavimus;
- apibendrinant geležinkelio viaduko statinio bandymo rezultatus nustatyta, kad viaduko perdanga tenkina ST 188710638.10:2005 reikalavimus ir SNiP 3.06.07-86 metodikos reikalavimus.

4.3.2. Deformacijų matavimai ir įtempiai santvarų elementuose

Geležinkelio viaduko rėminės antrojo tarpatramio perdangos bandymo metu matavome monolitinės perdangos plokštės deformacijas jos viduryje.

Elektroninis deformacijų poslinkių jutiklis deformacijoms matuoti buvo įrengtas taip:

- elektroninis poslinkių jutiklis IND-1 buvo įrengtas perdangos plokštės viduryje (žr. 4.15 pav.).

Geležinkelio rėminės II tarpatramio perdangos deformacijos, apkraunat perdangą 1 šilumvežio bandymo apkrova pagal 1 aprovimo variantą pateiktos 4.13 lentelėje.

4.13 lentelė. Viaduko rėminės II tarpatramio perdangos monolitinės perdangos plokštės deformacijos apkraunat perdangą bandymo apkrova

Ap-kro-vos Nr.	**Matavimo vieta**	**Didžiausios santykinės deformacijos nuo bandymo apkrovos, ε *10^{-6}**	**Liekamosios santykinės deformacijos nuo bandymo apkrovos, ε *10^{-6}**	**Stabilizavusiųjų liekamųjų ($y_{pl.}$) ir suminių ($y_{tot.}$) deformacijų santykis**
2	II tarpatramio perdangos vidurys	33	0	0

Įtempiai nuo didžiausios bandymo apkrovos apskaičiuojami pagal Huko dėsnį:

$$\sigma = \varepsilon^f \cdot \lambda \cdot E, \tag{5}$$

čia: $\varepsilon^f = (\varepsilon - \varepsilon_{\Delta t})$ – faktinė santykinė plieno deformacija;

ε – deformacijų jutikliu užfiksuota santykinė plieno deformacija;

$\varepsilon_{\Delta t}$ – plieno santykinė deformacija dėl temperatūros pokyčio bandymo pradžioje ir pabaigoje, $\varepsilon_{\Delta t} = \Delta t \cdot \alpha_{\Delta t}$;

$\alpha_{\Delta t} = 1{,}2 \cdot 10^{-5}\ 1/K$ – betono temperatūrinis plėtimosi koeficientas;

E_c – betono tamprumo modulis, E_c = 32000 MPa.

λ = 0,50.

Elektroniniu deformacijų jutikliu Ind. 1 užfiksuota santykinė gelžbetoninės perdangos plokštės betono deformacija plokštės viduryje:

ε = 33*10^{-6}

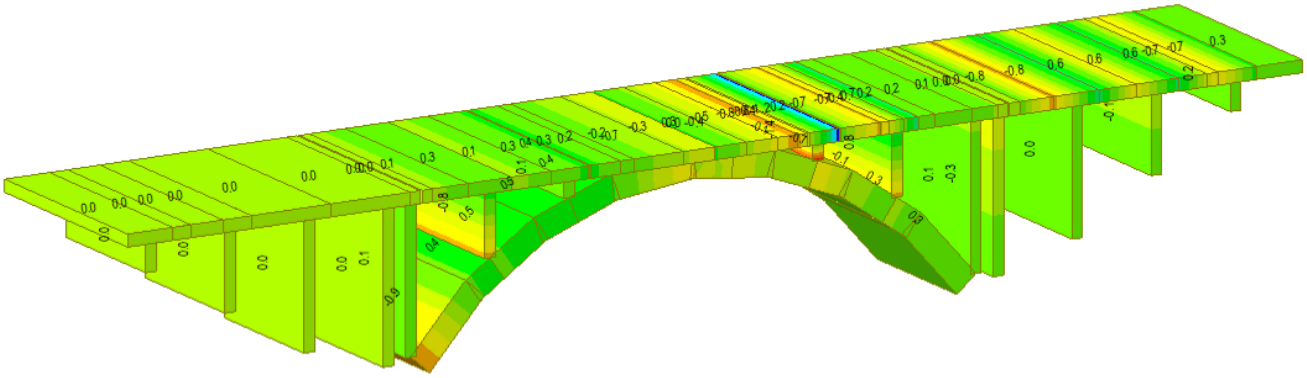
Temperatūros pokytis:

$\Delta t = 0{,}0^0$ C.

Tempimo įtempiai:

$\sigma = \lambda * \varepsilon^f * E_c = 0{,}5*(33*10^{-6} - 0{,}0*10^{-5})*32000 = +0{,}53$ MPa

Geležinkelio viaduko perdangos įtempių skaičiavimo rezultatai pateikti 4.24 pav. II tarpatramio perdangos plokštės teorinių įtempių skaičiavimo rezultatai pateikti 4.14 lentelėje.



4.24 pav. Viaduko perdangos įtempiai nuo bandymo apkrovos

4.14 lentelė. Teorinių ir faktinių įtempių palyginimas viaduko rėminės II tarpatramio perdangos viduryje

Apkrovos Nr.	**Tarpatramis**	**Deformacijų jutiklis**	**Įtempiai nuo bandymo apkrovos, MPa**	
2	II	IND 1	Teoriniai	Faktiniai
			0,60	0,53
Pastaba: (-) gniuždomas elementas, (+) tempiamas elementas				

Išvada: pagal 4.14 lentelėje pateiktus rezultatus nustatyta, kad nuo bandymo apkrovos viaduko rėminės II tarpatramio perdangos betono tempimo įtempiai neviršijo teoriškai apskaičiuotų įtempių.

5. VIADUKO DINAMINIS BANDYMAS

5.1. BANDYMO TIKSLAS IR PROGRAMA

Dinaminio bandymo tikslas – išmatuoti viaduko perdangos dinaminius rodiklius. Viaduko dinaminis bandymas buvo atliekamas pagal ST 188710638.10:2005 „Automobilių kelių tiltų bandymas“ reikalavimus.

Išbandant viaduko perdangą, dinaminė apkrova buvo sukelta 1 šilumvežiu TEMTMH kuris per viaduką važiavo 5 km/h, 10 km/h, 20 km/h ir 40 km/h. Taip pat buvo pamatuoti viaduko dinaminiai rodikliai nuo natūraliu greičiu važiuojančio krovininio traukinio.

Viaduko dinaminio bandymo metu naudotų prietaisų aprašas ir suvestinė pateikta 4 skyriuje. Dinaminio bandymo metu buvo užfiksuoti ir iš bandymo duomenų apskaičiuoti šie rodikliai:

- tilto perdangos pirmosios formos vertikalių savųjų svyravimų dažnis;
- perdangos vertikalių virpesių pagreičiai;
- perdangos dinaminiai įlinkiai;
- perdangos logaritminiai slopinimo dekrementai;
- perdangos dinamiškumo koeficientai.

5.2. MATAVIMO PRIETAISAI IR JŲ IŠDĖSTYMAS

Viaduko perdangos virpesiai nuo dinaminės apkrovos buvo užfiksuoti 3 elektroniniais trijų ašių pagreičių jutikliais (±2g), kurie buvo įrengti arkinės perdangos viduryje kairėje ir dešinėje pusėse ir rėminės II tarpatramio perdangos viduryje (žr. 4.2 skyrių).

Viaduko perdangoje sukeltus virpesius programinė įranga registravo 250 Hz dažniu. Signalų trikdžiai filtruoti „Chebechev“, „Betterwoth“ ir „Bessell“ būdais. Bandymo duomenų blokuose virpesių dažnio turinio analizei naudotos greitosios Furje transformacijos ir laipsniškas spektrinio tankio tyrimas.

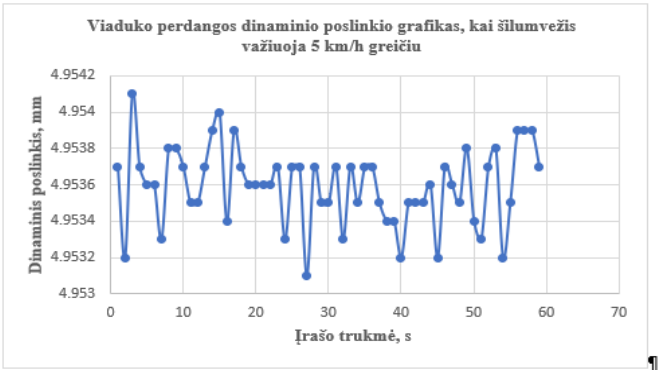
5.3. DINAMINIŲ BANDYMŲ REZULTATAI IR ANALIZĖ

Geležinkelio viaduko dinaminio bandymo rezultatai (vertikalių virpesių dažniai, vertikalių virpesių pagreičiai, vertikalūs dinaminiai įlinkiai ir dinamiškumo koeficientai arkinei perdangai pateikti 5.1 lentelėje.

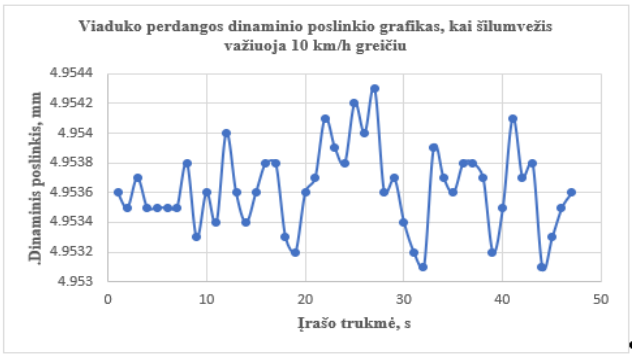
5.1 lentelė. Viaduko arkinės perdangos dinaminiai rodikliai užfiksuoti dinaminio bandymo metu

Bandymo Nr.	**Judėjimo greitis, km/h**	**Savasis pirmos vertikalių svyravimų formos dažnis f, Hz**	**Savasis pirmos formos periodas T, s**	**Dinaminis įlinkis, mm**	**Vertikalių virpesių pagreitis, m/s²**	**Logaritminis slopinimo dekrementas**	**Dinamiškumo koeficientas Φ**
1	5	6,80	0,147	0,005	0,7063	–	1,0
2	10	6,80	0,147	0,007	0,8240	–	1,0
3	20	6,80	0,147	0,008	0,8829	–	1,0
4	**40**	**6,80**	**0,147**	**0,012**	**2,551**	**–**	**1,17**
5	Keleivinis traukinys	6,80	0,147	0,008	1,079	–	**1,0**
6	**Krovininis traukinys**	**6,80**	**0,147**	**0,012**	**1,177**		**1,17**
	Vidurkis	**6,80**	**0,147**				

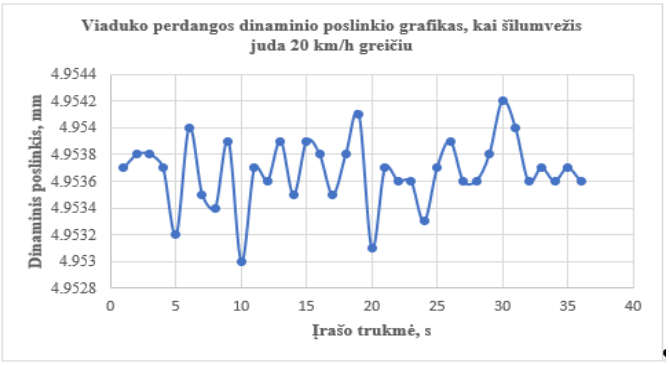
Viaduko arkinės perdangos dinaminio įlinkio priklausomybės grafikai nuo skirtingo šilumvežio ir kitų traukinių judėjimo greičio pateikti 5.1 – 5.6 pav.



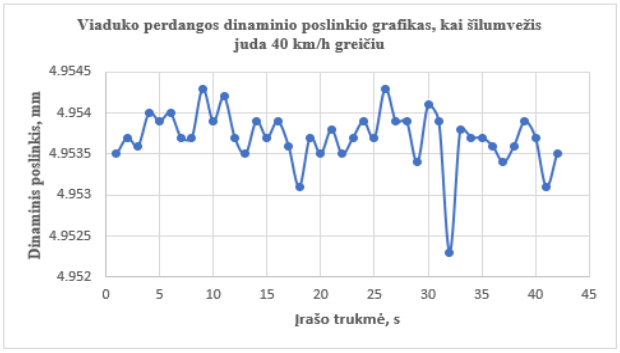
5.1 pav. Viaduko arkinės perdangos dinaminio poslinkio grafikas, kai šilumvežis juda per viaduką (5 km/h) greičiu



5.2 pav. Viaduko arkinės perdangos dinaminio poslinkio grafikas, kai šilumvežis juda per viaduką (10 km/h) greičiu



5.3 pav. Viaduko arkinės perdangos dinaminio įlinkio grafikas, kai šilumvežis juda per viaduką (20 km/h) greičiu



5.4 pav. Viaduko arkinės perdangos dinaminio įlinkio grafikas, kai šilumvežis juda per viaduką (40 km/h) greičiu



5.5 pav. Viaduko arkinės perdangos dinaminio įlinkio grafikas, kai per viaduką važiuoja keleivinis traukinys



5.6 pav. Viaduko arkinės perdangos dinaminio įlinkio grafikas, kai per viaduką važiuoja krovininis traukinys

Geležinkelio viaduko linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km dinaminio bandymo metu didžiausias leistinas greitis linijoje buvo 80 km/h. Pagal LST EN 1991-2 6.4.6.5 punktą ir C priedą buvo atlikti teoriniai realių traukinių dinaminio koeficiento skaičiavimai standartinės priežiūros bėgių keliui įvertinant dinaminio bandymo metu gautus rezultatus. Skaičiavimai atlikti priėmus, kad didžiausias šilumvežių judėjimo greitis linijoje yra 80 km/h.

Pagal LST EN 1991-2 6.4.6.5 punktą ir C priedą realių traukinių dinaminis koeficientas (1 + φ) standartinės priežiūros bėgių keliui apskaičiuojamas pagal formulę:

$$(1+\varphi) = 1 + \varphi'_{dyn} + \varphi''/2 \qquad (6)$$

čia: $\varphi'_{dyn} = \max\left|y_{dyn} / y_{stat}\right| - 1$;

$$\varphi'' = \alpha / 100 \cdot \left[56e^{-(L_\Phi/10)^2} + 50\left(L_\Phi n_0 / 80 - 1\right)e^{-(L_\Phi/20)^2}\right];$$

α – koeficientas, $\alpha = 1{,}0$, kai $v > 22\ m/s$ ir $\alpha = v/22$, kai $v < 22\ m/s$;

L_Φ – perdangos skaičiuojamasis ilgis, m;

n_0 – perdangos pirmos formos vertikalių svyravimų dažnis;

Realių traukinių dinaminio koeficiento (1 + φ) skaičiavimas viaduko arkinei perdangai įvertinant standartinės priežiūros bėgių kelią ir šilumvežio judėjimo greitį 80 km/h:

$$\varphi'_{dyn} = \max\left|y_{dyn} / y_{stat}\right| - 1 = \max\left|0{,}019 / 0{,}017\right| - 1 = 0{,}17;$$

$$\varphi'' = \alpha / 100 \cdot \left[56e^{-(L_\Phi/10)^2} + 50\left(L_\Phi n_0 / 80 - 1\right)e^{-(L_\Phi/20)^2}\right] = 1{,}0 / 100\left[56e^{-(15{,}03/10)^2} + 50\left(15{,}03 \cdot 6{,}80 / 80 - 1\right)e^{-(15{,}03/20)^2}\right] = 0{,}0586;$$

$\alpha = 1{,}0$, nes $v > 22\ m/s$;

$(1+\varphi) = 1 + \varphi'_{dyn} + \varphi''/2 = 1 + 0{,}17 + 0{,}0586/2 = 1{,}20$.

Pastaba: pagal aukščiau pateiktus skaičiavimus nustatyta, kad nuo realių traukinių eismo didžiausias viaduko perdangos dinamiškumo koeficientas yra **1,20**, kai šilumvežių judėjimo greitis yra 80 km/h.

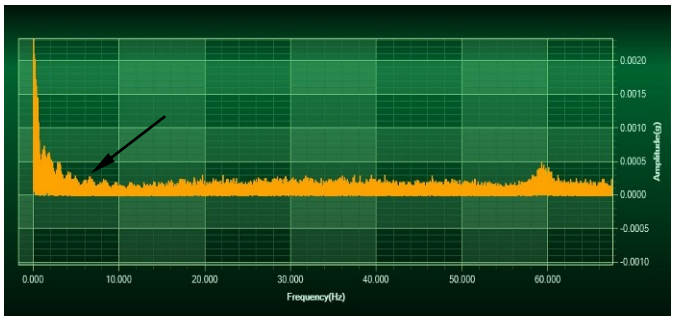
Išvados:

- viaduko perdangos vertikalių savųjų svyravimų vidutinis dažnis užfiksuotas dinaminio bandymo metu – 6,80 Hz. Pagal LST EN 1991-2, kai viaduko arkinės perdangos skaičiuojamasis ilgis 15,03 m, apatinė dažnio riba – 5,32 Hz, o viršutinė dažnio riba – 12,48 Hz. Viaduko dinaminio bandymo metu užfiksuotas perdangos vidutinis dažnis tenkina LST EN 1991-2 reikalavimus;

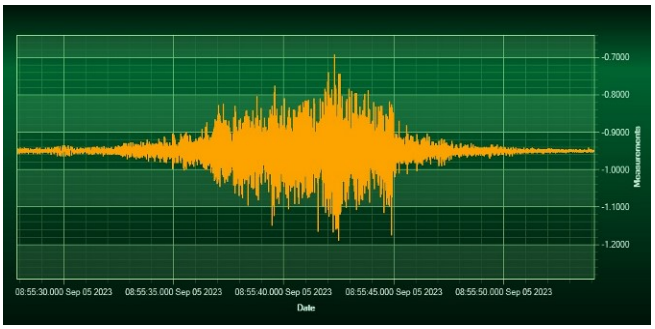
- dinaminio bandymo metu nustatyta, kad didžiausi perdangos dinamiškumo koeficientai užfiksuoti, kai šilumvežis per viaduką važiavo 40 km/h greičiu;
- bandymo metu nustatyta, kad didžiausias perdangos dinamiškumo koeficientas yra $\Phi_{MTMH} = 1,17$. Palyginus perdangoje bandymo metu užfiksuotą didžiausią dinamiškumo koeficientą ($\Phi_{MTMH} = 1,17$) su projektiniu perdangos dinamiškumo koeficientu ($\Phi_{H-8} = 1,0$) nustatyta, kad faktinis dinamiškumo koeficientas yra apie 17 proc. didesnis už projektinį perdangos dinamiškumo koeficientą. Kadangi dinaminio bandymo metu arkinėje perdangoje užfiksuoti labai maži dinaminiai įlinkiai, todėl viadukas nėra jautrus dinaminių apkrovų poveikiui.
- pagal LST EN 1991-2 6.4.6.5 punktą ir C priede pateiktas išraiškas realių traukinių dinaminis koeficientas standartinės priežiūros bėgių keliui įvertinant tilto dinaminio bandymo rezultatus – $(1+\varphi) = 1+\varphi'_{dyn}+\varphi''/2 = 1,20$. Realių traukinių sukeliamas dinaminis koeficientas yra 20 proc. didesnis už projektinį perdangos dinamiškumo koeficientą ($\Phi_{H-8} = 1,0$);
- dinaminio bandymo metu nustatyta, kad didžiausi perdangos vertikalių virpesių pagreičiai ($a = 2,551$ m/s^2 ir $a = 1,177$ m/s^2) užfiksuoti, kai bandymo apkrova per viaduką važiavo 40 km/h greičiu ir kai per viaduką važiavo krovininis traukinys. Abu pagreičiai yra mažesni už 3,50 m/s^2 ir tenkina LST EN 1991-2:2004/AC:2010 reikalavimus. Šis reikalavimas yra labiau susijęs su pėsčiųjų tiltų perdangų komfortiškumu, tačiau tyrimo rezultatai rodo, kad viaduko perdanga yra komfortiška;
- išanalizavus dinaminio bandymo rezultatus nustatyta, kad šilumvežiai, keleiviniai ir krovininiai traukiniai gali saugiai važiuoti per viaduką didžiausiu leistinų greičiu linijoje.

5.4. VIADUKO PERDANGOS DINAMINIO BANDYMO GRAFIKAI

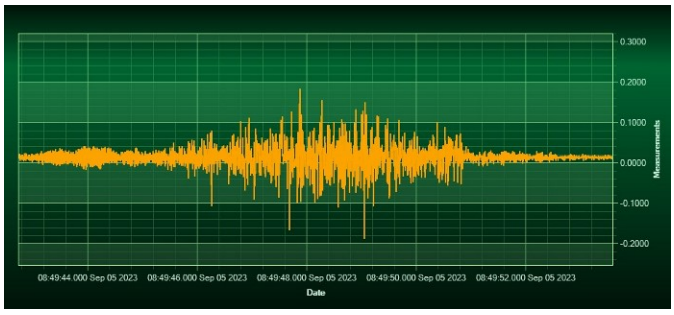
Pagreičių jutikliu perdangos viduryje užregistruoti pirmos formos dažnių grafikas pateiktas 5.7 pav. Pagreičių jutikliu perdangos viduryje užregistruoti vertikalių virpesių pagreičių grafikai pateikti 5.8 – 5.10 pav.



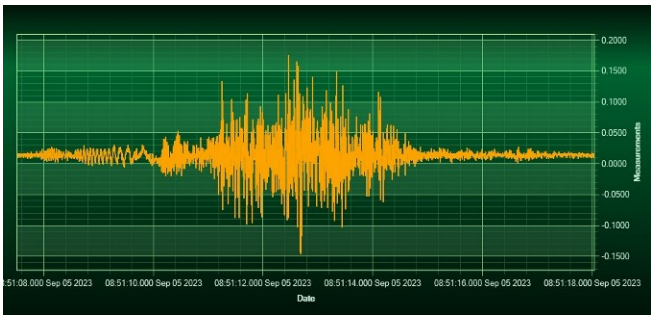
5.7 pav. Pagreičių jutikliu perdangos viduryje užregistruotas pirmos formos vertikalių virpesių dažnio grafikas, kai šilumvežiai per tiltą važiavo 60 km/h greičiu. **Dažnis – 3,00 Hz**



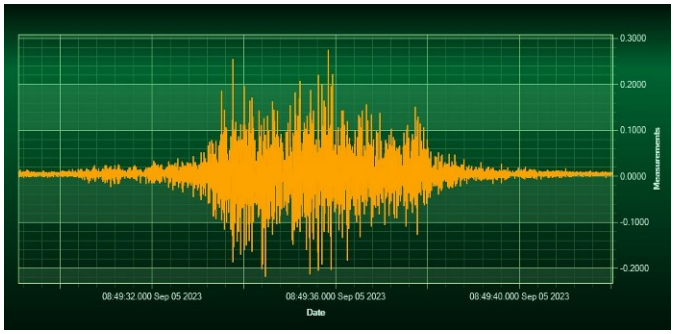
5.8 pav. Pagreičių jutikliu perdangos viduryje užregistruotas pirmos formos vertikalių virpesių pagreičio grafikas, kai šilumvežis per viaduką važiavo 5 km/h. **Pagreitis – 0,7063 m/s^2**



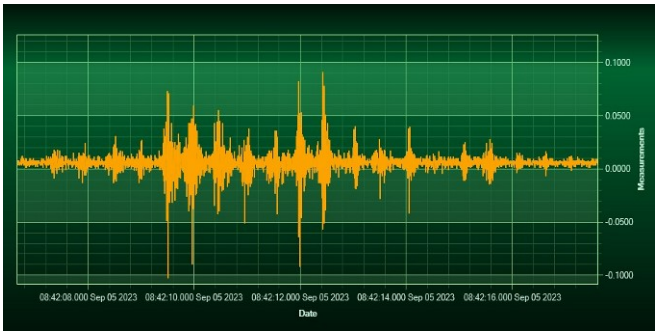
5.9 pav. Pagreičių jutikliu perdangos viduryje užregistruotas pirmos formos vertikalių virpesių pagreičio grafikas, kai šilumvežis per viaduką važiavo 10 km/h. **Pagreitis – 0,8240 m/s^2**



5.10 pav. Pagreičių jutikliu perdangos viduryje užregistruotas pirmos formos vertikalių virpesių pagreičio grafikas, kai šilumvežis per viaduką važiavo 20 km/h. **Pagreitis – 0,8829 m/s^2**



5.9 pav. Pagreičių jutikliu perdangos viduryje užregistruotas pirmos formos vertikalių virpesių pagreičio grafikas, kai šilumvežis per viaduką važiavo 40 km/h. **Pagreitis – 2,551 m/s^2**



5.10 pav. Pagreičių jutikliu perdangos viduryje užregistruotas pirmos formos vertikalių virpesių pagreičio grafikas, kai per viaduką važiavo krovininis traukinys. **Pagreitis – 1,177 m/s^2**

6. VIADUKO PERDANGOS ATITIKIMAS PIRMAM IR ANTRAM RIBINIAMS BŪVIAMS

Analizuojant viaduko perdangos konstrukcijų atitikimą saugos (I-ojo) ribinio būvio reikalavimams tikrinama tokia sąlyga:

$$N_{k,MTMH}*1+\varphi < N_{k,H-8}*\Phi_{H-8}*\gamma_{f,H-8}; \quad (6)$$

čia: $N_{k,MTMH}$ – charakteristinė ašinė jėga labiausiai apkrautame arkos ruože nuo bandymo apkrovos;

$1+\varphi$ – realių traukinių sukeliamas dinaminis koeficientas įvertinant dinaminio bandymo rezultatus;

$N_{k,\ H-8}$ – charakteristinė ašinė jėga labiausiai apkrautame arkos ruože nuo projektinės H-8 apkrovos;

Φ_{H-8} – perdangos projektinis dinamiškumo koeficientas, $\Phi_{H-8} = 1,0$;

$\gamma_{f,\ H-8}$ – projektinės apkrovos patikimumo koeficientas, $\gamma_{f,\ H-8} = 1,0$.

Tikrinama saugos (I-ojo) ribinio būvio sąlyga viaduko arkinės perdangos labiausiai apkrautame ruože (ties atrama):

- $N_{k,MTMH,\ ties_atrama}*1+\varphi = -633,90*1,20 = -760,68$ kN;
- $N_{k,H-8}*\Phi_{H-8}*\gamma_{f,H-8} = -1292,60*1,0*1,0 = -1292,60$ kN;
- $N_{k,MTMH,\ ties_atrama}*1+\varphi < N_{k,H-8}*\Phi_{H-8}*\gamma_{f,H-8}$, t. y. -760,68 < -1292,60 kN. Sąlyga tenkinama.

Tikrinama saugos (I-ojo) ribinio būvio sąlyga viaduko arkinės perdangos viduryje:

- $N_{k,MTMH,\ ties_viduriu}*1+\varphi = -330,60*1,20 = -396,0$ kN;
- $N_{k,H-8}*\Phi_{H-8}*\gamma_{f,H-8} = -728,50*1,0*1,0 = -728,50$ kN;
- $N_{k,MTMH,\ ties_viduriu}*1+\varphi < N_{k,H-8}*\Phi_{H-8}*\gamma_{f,H-8}$, t. y. -396,0 < -728,50 kN. Sąlyga tenkinama.

Analizuojant viaduko perdangos konstrukcijų atitikimą tinkamumo (II-ojo) ribinio būvio reikalavimams tikrinamos tokios sąlygos:

$$N_{k,MTMH}*1+\varphi < N_{k,H-8}*\Phi_{H-8}; \quad (7)$$

$$f_0 + f_{MTMH} < f_u; \quad (8)$$

čia: f_{MTMH} – didžiausias viaduko arkinės perdangos vidurio įlinkis nuo bandymo apkrovos;

f_0 – esamas arkinės perdangos vidurio įlinkis nuo nuolatinių apkrovų poveikio;

f_u – ribinis arkinės perdangos įlinkis pagal LST EN 1990:2002 A1:2005 (f_u=1/(600*l).

Tikrinama tinkamumo (II-ojo) ribinio būvio sąlygos arkos perdangos labiausiai apkrautame ruože (ties atrama):

- $N_{k,MTMH}*1+\varphi$ = -633,90*1,20 = -760,68 kN;
- $N_{k,H-8}*\Phi_{H-8}$ = -1292,60*1,0 = -1292,60 kN;
- $N_{k,MTMH}*1+\varphi < N_{k,H-8}*\Phi_{H-8}$, t. y. -760,68 < -1292,60 kN. Sąlyga tenkinama.

Tikrinama tinkamumo (II-ojo) ribinio būvio sąlygos arkos perdangos viduryje

- $N_{k,MTMH}*1+\varphi$ = -330,60*1,20 = -396,0 kN;
- $N_{k,H-8}*\Phi_{H-8}$ = -728,50*1,0 = -728,50 kN;
- $N_{k,MTMH}*1+\varphi < N_{k,H-8}*\Phi_{H-8}$, t. y. -396,0 < -728,50 kN. Sąlyga tenkinama.

Viaduko arkinės perdangos viduryje įlinkio nėra. Didžiausias arkos vidurio įlinkis nuo statinės bandymo apkrovos, pagal 1 apkrovimo variantą, buvo – $f_{MTMH,\ stat.}$ = 0,013 mm. Didžiausias arkos vidurio įlinkis nuo statinės bandymo apkrovos, pagal 2 apkrovimo variantą, buvo – $f_{MTMH,\ stat.}$ = 0,034 mm.

Didžiausias arkos perdangos dinaminis įlinkis nuo bandymo apkrovos – $f_{MTMH,\ din}$ = 0,019 mm. Ribinis arkinės perdangos įlinkis – f_u = 15,03 / 600 = 0,025 m = 25 mm.

Arkinės perdangos suminis įlinkis jos viduryje apkrovus perdangą pagal 1 apkrovimo variantą:

- $f_0 + f_{MTMH,\ stat.} = 0 + 0,013 = 0,013$ mm < f_u = 25,0 mm;

Arkinės perdangos suminis įlinkis jos viduryje apkrovus perdangą pagal 2 apkrovimo variantą:

- $f_0 + f_{MTMH,\ stat.} = 0 + 0,034 = 0,034$ mm < f_u = 25,0 mm;

Išvada: geležinkelio viaduko perdanga tenkina saugos (I-ojo) ir tinkamumo (II-ojo) ribinių būvių reikalavimus pagal STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“.

7. STATINIO KATEGORIJOS PAGAL KĖLĄ SKAIČIAVIMAS

7.1. Tilto perdangos elementų laikomosios galios skaičiavimas

Geležinkelio viaduko kategorijai pagal kėlą nustatyti apskaičiuota arkinės perdangos labiausiai apkrauto ruožo (ties arkos atrama) laikomoji galia įvertinant arkos geometrines charakteristikas, betono savybes ir jos armavimą. Geležinkelio viaduko arkos laikomosios galios skaičiavimui pagrindiniai parametrai pateikti 7.1 lentelėje.

7.1 lentelė. Geležinkelio viaduko arkos pagrindiniai parametrai

Eil Nr.	Pavadinimas	Skaitinė vertė
Gelžbetoninių elementų medžiagų charakteristikos		
1	Viaduko arkinės perdangos betono klasė pagal tyrimų rezultatus – C30/37	–
2	Charakteristinis išilginės armatūros stipris tempiant	285 MPa
3	Skaičiuojamasis išilginės armatūros stipris tempiant	245 MPa
4	Tamprumo modulis	32000 MPa
5	Charakteristinis betono stipris gniuždant	37 MPa
6	Skaičiuojamasis betono stipris gniuždant	20 MPa
Arkinės perdangos charakteristikos ir jos armavimas		
7	Arkos skerspjūvis	stačiakampis
8	Arkos skerspjūvio aukštis, h	640 mm
9	Arkos skerspjūvio plotis, b	3520 mm
10	Išilginės armatūros kiekis per arkos skerspjūvio aukštį	26 strypai
11	Išilginės armatūros kiekis per arkos skerspjūvio plotį	2 eilės
12	Arkoje esančios išilginės armatūros bendras skerspjūvio plotas, A	$152{,}70*10^{-4} m^2$

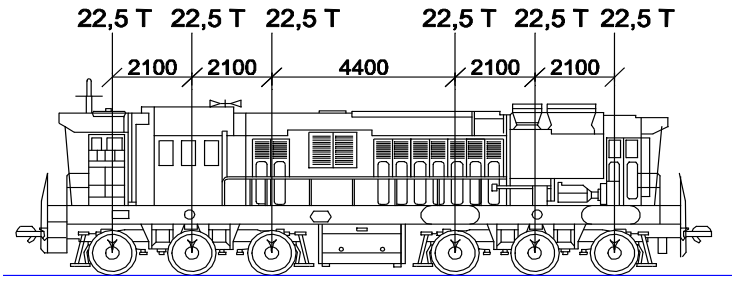
<u>Geležinkelio viaduko arkos laikomoji galia apskaičiuojama pagal formules:</u>

1. Naudingas arkos skerspjūvio darbo aukštis apskaičiuojamas: d = 0,60 m;
2. Santykinis gniuždomos zonos aukštis apskaičiuojamas: $w = 0{,}85 – 0{,}008*f_{cdvid} = 0{,}69$ MPa;
3. Gniuždomos zonos sąlyginės armatūros ribiniai įtempiai priimami: $\sigma_{scu} = 400$ MPa;
4. Ribinis santykinis gniuždomos zonos aukštis išreiškiamas: $\xi_{lim} = w / (1 + f_{yd} / \sigma_{scu}*(1 – w /1{,}1) = 0{,}56$;
5. Gniuždomos zonos aukštis apskaičiuojamas:
   $x = N_{H\text{-}8_apkrova}/(f_{cd}*h)= 0{,}299$ m, čia $N_{H\text{-}8_apkrova} = 1292{,}60$ kN, h = 0,64 m;
   $x = 1293 / (20*0{,}64) = 0{,}101$ m
6. Santykinis gniuždomos zonos aukštis apskaičiuojamas:
   $\xi = x / d = 0{,}101 / 0{,}60 = 0{,}168$;
7. Skerspjūvis nėra perarmuotas, nes $\xi < \xi_{lim}$;
8. Arkos laikomoji galia apskaičiuojama:
   $Ne = f_{cd}*h*x'*(d – x*0{,}5) + f_{yd}*A_{s'}*(d – a_{s2}) = 20*0{,}64*0{,}101*(0{,}60 – 0{,}5*0{,}101) + 245*152{,}70*10^{-4}*0{,}56 = 2{,}763$ MNm

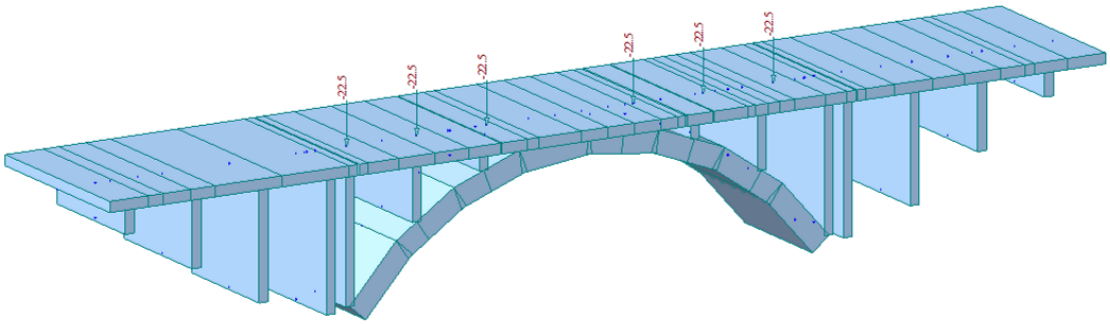
Išvada: arkos laikomoji galia – Ne = 2,763 MNm.

Pagal 244/K „Geležinkelio riedmenų greičio leistinųjų normų aprašas“ dokumentacijoje pateiktas Lietuvoje eksploatuojamų šilumvežių tipus ir jų apkrovas atliktas geležinkelio viaduko perdangoje atsirandančių įrąžų skaičiavimas nuo sunkiausių lokomotyvų, kurių ašinė apkrova 22,5 t ir 25,0 t

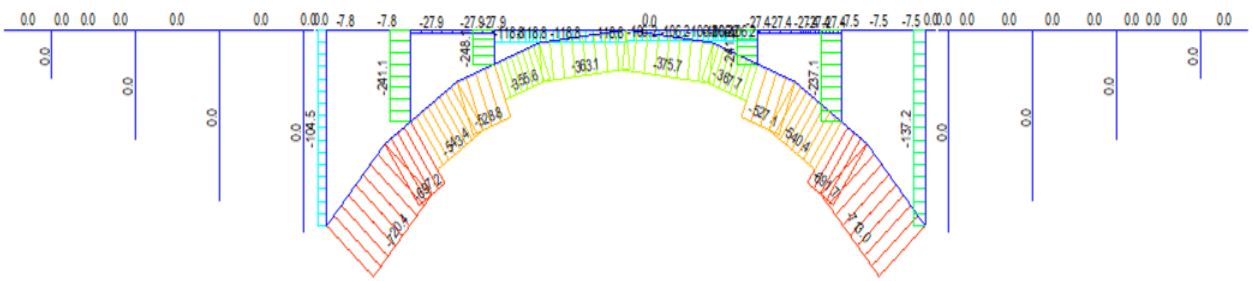
Sunkiausio lokomotyvo su ašine apkrova 22,50 t schema pateikta 7.1 pav. Geležinkelio viaduko skaičiuojamasis modelis apkrautas vieno šilumvežio su ašine apkrova 22,50 t pateiktas 7.2 pav., įrąžų ir deformacijų skaičiavimo rezultatai pateikti 7.3 ir 7.4 pav.



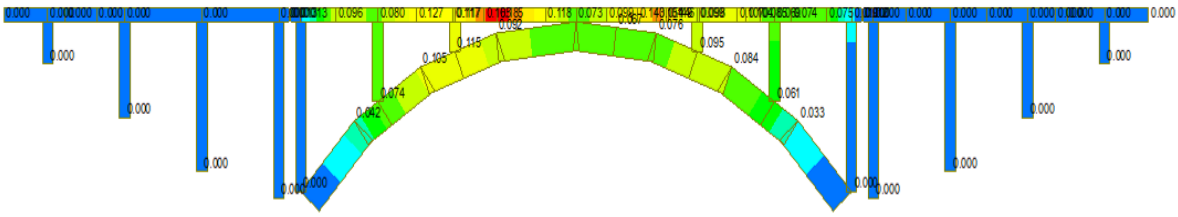
7.2. pav. Lokomotyvo schema, kai ašinė apkrova 22,5 t



7.3 pav. Viaduko skaičiuojamasis modelis apkrautas 1 šilumvežio akrova. Ašinė apkrova – 22,5 t

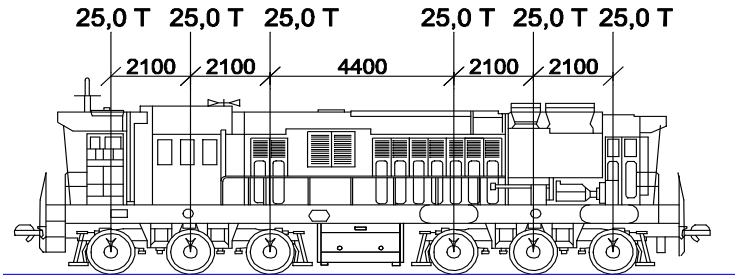


7.4 pav. Ašinės jėgos viaduko perdangoje nuo vieno šilumvežio (su ašine apkrova 22,5 t)apkrovos

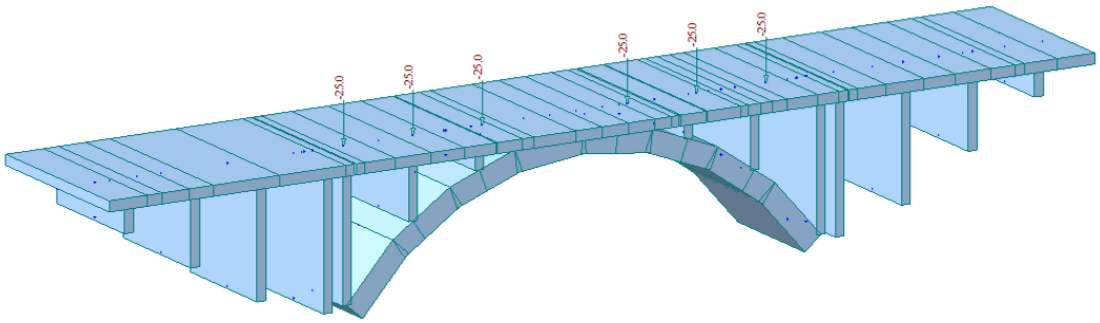


7.4 pav. Deformacijos viaduko perdangoje nuo vieno šilumvežio (su ašine apkrova 22,5 t) apkrovos

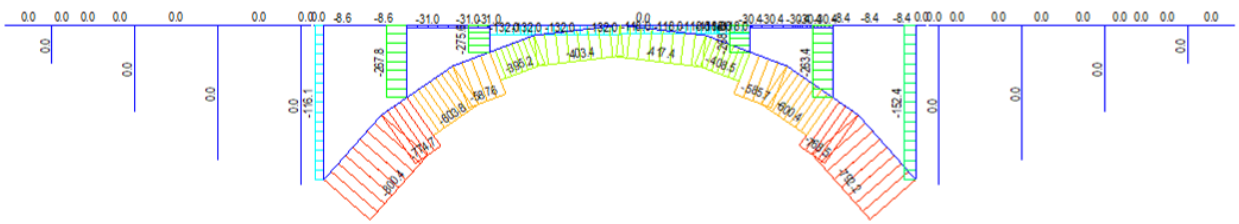
Sunkiausio lokomotyvo su ašine apkrova 25,0 t schema pateikta 7.5 pav. Geležinkelio viaduko skaičiuojamasis modelis apkrautas vienu šilumvežiu su ašine apkrova 22,50 t pateiktas 7.6 pav., įrąžų ir deformacijų skaičiavimo rezultatai pateikti 7.7 ir 7.8 pav.



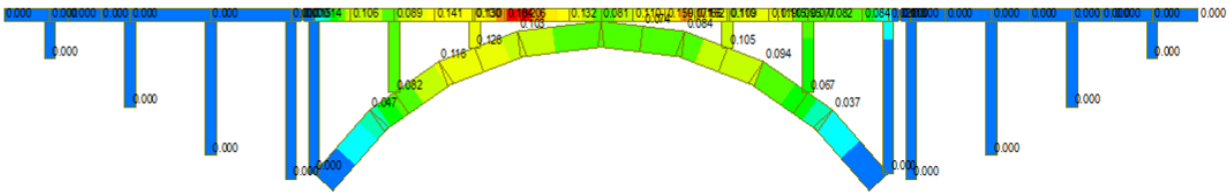
7.5 pav. Lokomotyvo schema, kai ašinė apkrova 25,0 t



7.6 pav. Viaduko skaičiuojamasis modelis apkrautas 1 šilumvežio akrova. Ašinė apkrova – 25,0 t

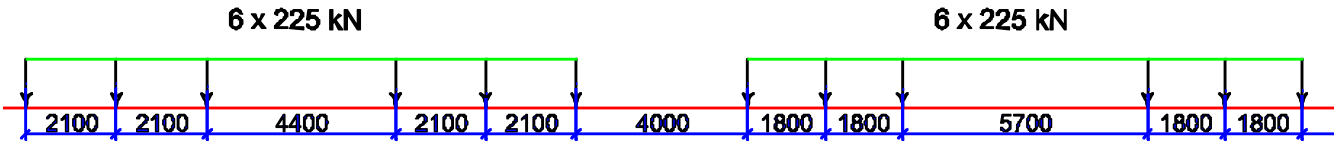


7.7 pav. Ašinės jėgos viaduko perdangoje nuo vieno šilumvežio (su ašine apkrova 25,0 t)apkrovos



7.8 pav. Deformacijos viaduko perdangoje nuo vieno šilumvežio (su ašine apkrova 25,0 t) apkrovos

Taip pat atlikti viaduko arkinėje perdangoje atsirandančių įrąžų skaičiavimai nuo prekinio traukinio apkrovų (žr. 7.9 pav.) pagal LST EN 1991-2:2003, kai didžiausia vagono ašinė apkrova yra 15,26 t.



7.9 pav. Prekinio traukinio schema pagal LST EN 1991-2:2003

Kadangi virš arkinės perdangos telpa tik vienas prekinis traukinis, todėl įrąžų ir deformacijų skaičiavimo rezultatai nuo šios apkrovos sutampa su skaičiavimo rezultatais nuo 5 apkrovos.

Geležinkelio viaduko arkinės perdangos labiausiai apkrautuose ruožuose atsirandančių įrąžų skaičiavimo rezultatai nuo skirtingų apkrovų poveikio pateikti 7.2 lentelėje.

7.2 lentelė. Tilto perdangos labiausiai apkrautuose elementuose atsirandančių įrąžų skaičiavimo rezultatai nuo skirtingų apkrovų poveikio

Įrąžos tipas	**Apkrova**	**Pjūvis**	**Apkrovos tipas**	
			Įrąžos / deformacijos atsirandančios nuo projektinės charakteristinės (įvertinus $1+\mu$**) apkrovos**	**Įrąžos atsirandančios nuo projektinės skaičiuojamosios (įvertinus** $1+\mu$ ir γ_f**) apkrovos**
1 Apkrova				
Ašinė jėga, kN	**Projektinė H-8 apkrova**	Ties 6 atrama	**-1292,60**	**-1292,60**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-728,50**	**-728,50**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**1220,20**	**1220,20**
		6 atrama horizontali	**1038,10**	**1038,10**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,374**	–
2 Apkrova				
Ašinė jėga, kN	**71-as apkrovos**	Ties 6 atrama	**-1491,10**	**-2162,10**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-823,30**	**-1193,79**

Atraminė reakcija, kN	**modelis**	6 atrama vertikali	**1109,40**	**1608,63**
		6 atrama horizontali	**1117,10**	**1619,80**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,576**	**–**
3 Apkrova				
Ašinė jėga, kN	**SW/2 apkrovos modelis**	Ties 6 atrama	**-1763,60**	**-2557,22**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-993,90**	**-1441,16**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**1473,10**	**2136,00**
		6 atrama horizontali	**1253,30**	**1817,29**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,510**	**–**
4 Apkrova				
Ašinė jėga, kN	**Bandymo apkrova 1 šilumvežis TEMTMH**	Ties 6 atrama	**-633,90**	**-633,90**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-330,60**	**-330,60**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**592,50**	**592,50**
		6 atrama horizontali	**420,30**	**420,30**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,064**	**–**
5 Apkrova				
Ašinė jėga, kN	**Šilumvežis su ašine apkrova 22,50 t**	Ties 6 atrama	**-720,40**	**-720,40**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-363,10**	**-363,10**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**650,60**	**650,60**
		6 atrama horizontali	**477,60**	**477,60**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,118**	**–**
6 Apkrova				
Ašinė jėga, kN	**Šilumvežis su ašine apkrova 25,0 t**	Ties 6 atrama	**-800,40**	**-800,40**
		Arkos vidury, kairėje p.	**403,40**	**403,40**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**722,90**	**722,90**
		6 atrama horizontali	**530,70**	**530,70**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,132**	**–**
7 Apkrova				
Ašinė jėga, kN	**Prekinis traukinys pagal LST EN 1991-2:2003**	Ties 6 atrama	**-720,40**	**-720,40**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-363,10**	**-363,10**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**650,60**	**650,60**
		6 atrama horizontali	**477,60**	**477,60**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,118**	**–**
8 Apkrova. 6 ašių pusvagoniai cisternos, kurių bendroji masė svyruoja nuo 80 T iki 92 T				
Ašinė jėga, kN	**6 ašių pusvagoniai masė nuo 80 t iki 92 t**	Ties 6 atrama	**-456,80**	**-456,80**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-257,50**	**257,50**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**381,60**	**381,60**
		6 atrama horizontali	**324,60**	**324,60**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,132**	**-**
9 Apkrova. 8 ašių pusvagoniai cisternos, kurių bendroji masė svyruoja nuo 90 T iki 120 T				
Ašinė jėga, kN	**8 ašių pusvagoniai masė nuo 90 t iki 120 t**	Ties 6 atrama	**-594,40**	**-594,40**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-391,30**	**-391,30**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**580,00**	**580,00**
		6 atrama horizontali	**493,50**	**493,50**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,201**	**-**
10 Apkrova. 12 ašių transporteriniai vagonai, kurių bendroji masė 130 T				
Ašinė jėga, kN	**12 ašių transporte-riniai vagonai,**	Ties 6 atrama	**-809,70**	**-809,70**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-456,30**	**-456,30**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**676,40**	**676,40**
		6 atrama horizontali	**575,40**	**575,40**

Įlinkis, mm	**masė 130 t**	Arkos vidurys	**0,234**	**-**
11 Apkrova. 12 ašių transporteriniai vagonai, kurių bendroji masė 150 T				
Ašinė jėga, kN	**12 ašių transporte-riniai vagonai, masė 150 t**	Ties 6 atrama	**-844,70**	**-844,70**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-476,00**	**-476,00**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**705,50**	**705,50**
		6 atrama horizontali	**600,20**	**600,20**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,244**	**-**
12 Apkrova. 16 ašių transporteriniai vagonai, kurių bendroji masė 180 T				
Ašinė jėga, kN	**16 ašių transporte-riniai vagonai, masė 180 t**	Ties 6 atrama	**-840,30**	**-840,30**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-473,60**	**-473,60**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**701,90**	**701,90**
		6 atrama horizontali	**597,10**	**597,10**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,248**	**-**
13 Apkrova. 16 ašių transporteriniai vagonai, kurių bendroji masė 220 T				
Ašinė jėga, kN	**16 ašių transporte-riniai vagonai, masė 220 t**	Ties 6 atrama	**-941,60**	**-941,60**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-530,70**	**-530,70**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**788,50**	**788,50**
		6 atrama horizontali	**669,20**	**669,20**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,278**	**-**
14 Apkrova. 20 ašių transporteriniai vagonai, kurių bendroji masė neviršija 300 T				
Ašinė jėga, kN	**20 ašių transporte-riniai vagonai, masė neviršija 300 t**	Ties 6 atrama	**-871,70**	**-871,70**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-491,30**	**-491,30**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**728,20**	**728,20**
		6 atrama horizontali	**619,50**	**619,50**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,252**	**-**
15 Apkrova. 16 ašių transporteriniai vagonai, kurių bendroji masė neviršija 240 T				
Ašinė jėga, kN	**16 ašių transporte-riniai vagonai, masė neviršija 240 t**	Ties 6 atrama	**-906,70**	**-906,70**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-511,00**	**-511,00**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**757,30**	**757,30**
		6 atrama horizontali	**644,30**	**644,30**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,262**	**-**
16 Apkrova. 28 ašių transporteriniai vagonai, kurių bendroji masė neviršija 400 T				
Ašinė jėga, kN	**28 ašių transporte-riniai vagonai, masė neviršija 400 t**	Ties 6 atrama	**-987,00**	**-987,00**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-556,30**	**-556,30**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**824,50**	**824,50**
		6 atrama horizontali	**701,40**	**701,40**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,286**	**-**
17 Apkrova. 32 ašių transporteriniai vagonai, kurių bendroji masė neviršija 500 T				
Ašinė jėga, kN	**32 ašių transporte-riniai vagonai, masė neviršija 500 t**	Ties 6 atrama	**-1044,70**	**-1044,70**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-588,70**	**-588,70**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**872,60**	**872,60**
		6 atrama horizontali	**742,40**	**742,40**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,302**	**-**

18 Apkrova. 32 ašių transporteriniai vagonai, kurių bendroji masė neviršija 500 T				
Ašinė jėga, kN	**32 ašių transporte-riniai vagonai, masė neviršija 500 t**	Ties 6 atrama	**-1050,80**	**-1050,80**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-592,20**	**-592,20**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**877,70**	**877,70**
		6 atrama horizontali	**746,70**	**746,70**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,304**	**-**
19 Apkrova. 32 ašių transporteriniai vagonai, kurių bendroji masė neviršija 480 T				
Ašinė jėga, kN	**32 ašių transporte-riniai vagonai, masė neviršija 480 t**	Ties 6 atrama	**-961,70**	**-961,70**
		Arkos vidury, kairėje p.	**-542,00**	**-542,00**
Atraminė reakcija, kN		6 atrama vertikali	**803,30**	**803,30**
		6 atrama horizontali	**683,40**	**683,40**
Įlinkis, mm		Arkos vidurys	**0,278**	**-**

Geležinkelio viaduko arkinės perdangos įlinkių skaičiavimo rezultatai nuo skirtingų apkrovų poveikio pateikti 7.3 lentelėje.

7.3 lentelė. Geležinkelio viaduko perdangos deformacijos nuo skirtingų apkrovų poveikio

Eil. Nr.	**Tilto perdangą veikianti apkrova**	**Pjūvis**	**Įlinkis arkinės perdangos viduryje (įvertinus 1+μ), mm**
1	**Projektinė H-8 apkrova**	Arkos vidurys	**0,374 mm**
2	71 – as apkrovos modelis		0,576 mm
3	SW/2 apkrovos modelis		0,510 mm
4	Bandymo apkrova		0,064 mm
5	1 šilumvežis su ašine apkrova 22,5 t		0,118 mm
6	1 šilumvežis su ašine apkrova 25,0 t		0,132 mm
7	Prekinis traukinys pagal LST EN 1991-2:2003		0,118 mm
8	6 ašių pusvagoniai masė nuo 80 t iki 92 t		0,132 mm
9	8 ašių pusvagoniai masė nuo 90 t iki 120 t		0,201 mm
10	12 ašių transporteriniai vagonai, masė 130 t		0,234 mm
11	12 ašių transporteriniai vagonai, masė 150 t		0,244 mm
12	16 ašių transporteriniai vagonai, masė 180 t		0,248 mm
13	16 ašių transporteriniai vagonai, masė 220 t		0,278 mm
14	20 ašių transporteriniai vagonai, masė neviršija 300 t		0,252 mm
15	16 ašių transporteriniai vagonai, masė neviršija 240 t		0,262 mm
16	**28 ašių transporteriniai vagonai, masė neviršija 400 t**		**0,286 mm**

17	**32 ašių transporteriniai vagonai, masė neviršija 500 t**		**0,302 mm**
18	**32 ašių transporteriniai vagonai, masė neviršija 500 t**		**0,304 mm**
19	**32 ašių transporteriniai vagonai, masė neviršija 480 t**		**0,278 mm**

Viaduko kategorija pagal kėlą apskaičiuojama pagal formulę:

$$K = \psi k / k_H (1+\mu) \quad (9)$$

čia: ψ – koeficientas apskaičiuojamas pagal išraišką: ψ = 1 + (21 / 30+l) / 1 + (27/ 30+l);

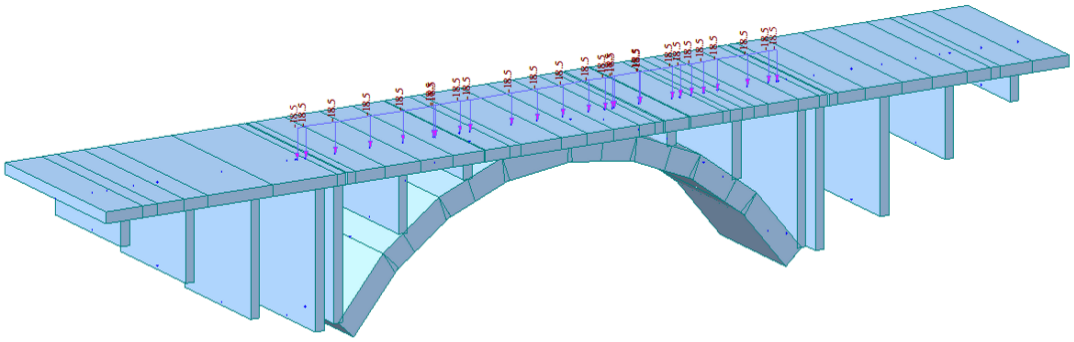
k – apkrovos intensyvumas, kurį laiko perdanga arba konkretaus elemento laikomoji galia;

k_H – intensyvumas nuo vienetinės etaloninės apkrovos apskaičiuojamas pagal perdangos ilgį ir infliuentės viršūnės padėtį;

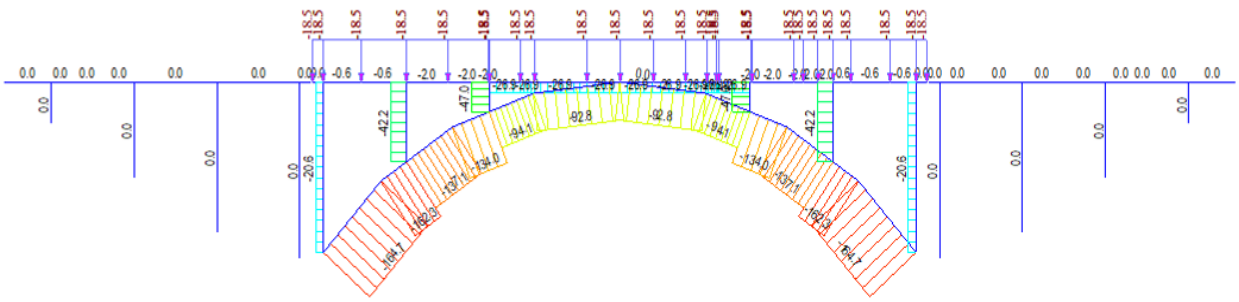
(1+μ) – dinamiškumo koeficientas. Jis apskaičiuojamas pagal išraišką: (1+μ) = 1+15/(20+l).

Geležinkelio viaduko kategorijos pagal kėlą skaičiavimas.

Viaduko skaičiuojamasis modelis apkrautas etalonine apkrova pateiktas 7.10 pav. Arkinės perdangos įrąžų skaičiavimo rezultatai pateikti 7.11 pav.



7.10 pav. Geležinkelio viaduko skaičiuojamasis modelis apkrautas etalonine apkrova



7.11 pav. Arkinės perdangos įrąžų skaičiavimo rezultatai nuo etaloninės apkrovos

Viaduko arkos kategorijos pagal kėlą skaičiavimas:

1. Koeficientas apskaičiuojamas: $\psi = (1 + 21/(30+15,03)) / (1 + 27/ (30+15,03)) = 0,92$;
2. Arkos laikomoji galia ties atrama– $Ne = 2,763$ MNm;
3. Viaduko arkoje, ties atrama veikianti įrąža nuo etaloninės apkrovos – $k_H = 165$ kN;
4. Viaduko perdangos dinamiškumo koeficientas, kai skaičiuojamasis ilgis l = 15,03 m $(1+\mu) = 1+15/(20+l) = 1 + 15/(20+15,03) = 1+0,43 = 1,43$;
5. Viaduko arkinės perdangos kategorija pagal kėlą apskaičiuojama:
   $K^{13-14} = \psi k / k_H (1+\mu) = 0,92*2,763 / 0,165*1,43 =$ **$= 10,76 = 10.$**

Geležinkelio viaduko kategorijos pagal kėlą apibendrinti skaičiavimo rezultatai pateikti 7.4 lentelėje.

7.4 lentelė. Tilto per Nevėžio upę perdangos labiausiai apkrautų elementų kategorijos pagal kėlą apibendrinti skaičiavimo rezultatai

Eil. Nr.	Elemento pavadinimas	Elemento žymėjimas	Kategorija pagal kėlą
1	Arkos atrama	Nr. 5	10

Išvados:

- pagal 7.2 lentelėje pateiktus rezultatus galima pastebėti, kad:
  - įrąžos perdangos elementuose nuo bandymo apkrovos, vieno šilumvežio apkrovos su ašinėmis apkrovomis 22,5 t į ašį ir 25,0 t į ašį, bei prekinio traukinio apkrovų neviršija įrąžų nuo projektinės charakteristinės ir skaičiuojamosios H-8 apkrovos;
  - įrąžos perdangos elementuose nuo 71-mo ir SW/2 modelių apkrovų pagal LST EN 1991-2:2003 viršija įrąžas tuose pačiuose perdangos pjūviuose nuo projektinės charakteristinės ir skaičiuojamosios H-8 apkrovos;
- pagal 7.2 ir 7.3 lentelėse pateiktus rezultatus nustatyta, kad
  - 6 ašių pusvagoniai (kurių bendroji masė svyruoja nuo 80 t iki 92 t), 8 ašių pusvagoniai (kurių bendroji masė svyruoja nuo 90 t iki 120 t), 12 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė svyruoja nuo 130 t iki 150 t), 16 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė svyruoja nuo 180 t iki 220 t), 20 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė neviršija 300 t) ir 16 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė neviršija 240 t) gali saugiai važiuoti didžiausiu leistinu greičiu linijoje (90 km/h greičiu), nes įrąžos perdangos elementuose ir deformacijos arkos viduryje nuo minėtų vagonų apkrovų neviršija įrąžų ir deformacijų nuo projektinės charakteristinės ir skaičiuojamosios H-8 apkrovos;

- 28 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė neviršija 400 t) ir 28 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė neviršija 400 t) ir 32 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė neviršija 500 t ir 480 t) gali saugiai važiuoti per viaduką ne didesniu kaip 20 km/h greičiu. Važiuojant didesniu greičiu (dėl dinaminių apkrovų poveikio) padidėja įrąžos perdangos elementuose ir deformacijos arkos viduryje ir sutampa su įrąžomis ir deformacijomis nuo viaduko projektinės H-8 apkrovos.

- pagal 7.3 lentelėje pateiktus rezultatus nustatyta, kad viaduko arkos viduryje atsirandančios deformacijos (įlinkiai) nuo bandymo apkrovos, vieno šilumvežio apkrovos su ašinėmis apkrovomis 22,5 t į ašį ir 25,0 t į ašį, bei prekinio traukinio apkrovos neviršija viaduko arkos vidurio įlinkio nuo projektinės charakteristinės H-8 apkrovos;
- pagal 7.3 lentelėje pateiktus rezultatus nustatyta, kad viaduko arkos viduryje atsirandančios deformacijos (įlinkiai) nuo charakteristinės 71 – mo apkrovos modelio apkrovos ir charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos viršija viaduko arkos vidurio įlinkį nuo projektinės charakteristinės H-8 apkrovos;
- geležinkelio viadukas linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km atitinka I kategoriją pagal kėlą. Apskaičiuota viaduko kategorija pagal kėlą K = 10.

8. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

PAGAL APŽIŪROS REZULTATUS

Geležinkelio viaduko linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km detali apžiūra atlikta pagal kelio statinių priežiūros instrukciją 147/K. Pagal viaduko apžiūros rezultatus nustatyta, kad:

- bendra pakloto elementų būklė yra bloga:
  - pagrindiniai pakloto elementai (deformaciniai pjūviai ir hidroizoliacija) yra fiziškai nusidėvėję ir neatlieka savo funkcijų. Deformacinis pjūvis tarp 1 rėmo ir arkos yra kiauras per visą plotį. Deformacinis pjūvis tarp 2 rėmo ir arkos yra daugelyje vietų nesandarus ir praleidžia vandenį. Lokalios karbonatinių produktų išsisunkimo iš perdangos plokštės pažaidos ir lovinių turėklinių blokų sandūrose į paviršių ištekėję karbonatiniai produktai rodo, kad hidroizoliacija yra nesandari. Dėl šių pažaidų vanduo skverbiasi į laikančiųjų konstrukcijų betoną, vyksta karbonizacijos procesas ir trumpėja viso statinio ilgaamžiškumas;
  - vėžės būklė ant perdangos yra gera, esminių defektų apžiūros metu neužfiksuota;
  - 16-kos (iš 56) gelžbetoninių pabėgių būklė yra bloga. Pabėgiai yra supleišėję, dalis blogų pabėgių yra lūžusių pusiau. 5 medinių gretbėgių tašų būklė yra bloga: 1 yra supuvęs, 1 – sulūžęs ir 3 – įrengti iš atskirų dalių;
  - turėklų ir apsauginių sienučių būklė yra gera, esminių defektų šiuose elementuose neužfiksuota;
  - vandens surinkimo ir nuvedimo sistema (nuo pakloto elementų) tvarkinga. Apžiūros metu užfiksuotas 1 defektas vertikaliame vamzdyje ties 4 statramsčių kairėje pusėje. Minėtoje vietoje vamzdis yra prakiuręs, todėl dalis vandens išteka ne vamzdžio gale, bet defekto zonoje.
- bendra perdangos elementų būklė yra patenkinama:
  - apžiūros metu perdangos plokštėje ir arkos viduryje buvo užfiksuotos tik lokalios pažaidos, kurių vietose yra atšokęs ir nukritęs apsauginis betono sluoksnis ir koroduoja į paviršių išlindę pagalbinės armatūros strypai;
  - abejose viaduko pusėse turėklinių blokų, kurie yra neatsiejama perdangos dalis, nes sudaro vientisą monolitinį gaminį, būklė yra bloga. Blokai yra supleišėję, daugelyje vietų matyti supleišėjęs ir atšokęs apsauginis betono sluoksnis, koroduoja į paviršių išlindę pagalbinės ir pagrindinės armatūrų strypai. Ekspertų manymu minėtų pažaidų atsiradimą sąlygojo nesandari arba netinkamai įrengta hidroizoliacija ties perdangos plokštės kraštais. Viaduko statybos metu buvo taikytos senos technologijos ir seni

laikančiųjų konstrukcijų apsaugojimo nuo vandens sprendiniai, kur daugeliu atveju hidroizoliaciją buvo būtina įrengti tik virš perdangos plokštės neišsprendžiant mazgo ties turėkliniu bloku ir perdangos sandūra.

- bendra atramų elementų būklė yra patenkinama:
  - arkos ir rėmų statramsčiai yra papleišėję išilginiais plyšiais dėl pagalbinės ir pagrindinės armatūrų korozijos. Labiau papleišėję yra tie statramsčiai, kurie yra tarp deformacinių pjūvių ir tie kur pamatavus apsauginio betono sluoksnio storį buvo nustatyta, kad jis yra iki 20 mm. Viaduko laikančiosios kosntrukcijos buvo gamintos vietoje, mediniuose klojiniuose, todėl skirtingose vietose pamatavus apsauginio betono sluoksnio storį buvo užfiksuota, kad jis yra nuo 15 iki 35 mm. Per plonas apsauginio betono sluoksnio storis (mažiau kaip 30 mm) negali užtikrinti pagrindinės ir pagalbinės armatūrų apsaugos nuo karbonizacijos, todėl jai prasidėjus pleišėja betonas;
  - arkos monolitinės gelžbetoninės atramos yra nuolat drėkinamos vandens ištekančio iš kiauro ir nesandaraus deformacinių pjūvių. Vanduo skverbiasi į arkų atramas, todėl jų vertikaliuose paviršiuose matyti išsisunkę karbonatiniai produktai. Tyrimų metu arkos vertikaliose atramose (gatvės pusėje) pamatavus betono apsauginio sluoksnio storį buvo nustatyta, kad jis svyruoja nuo 24 iki 46 mm. Tose zonose, kur apsauginio sluoksnio storis yra nepakankamas (mažiau kaip 30 mm), užfiksuoti didžiausi karbonizacijos procesai ir į paviršių ištekėję karbonatiniai produktai.
- bendra prietilčių elementų būklė yra pakankamai gera, apžiūros metu prietilčių elementuose esminių defektų neužfiksuota.

Apibendrinat viaduko apžiūros rezultatus nustatyta, kad bendra viso statinio būklė yra patenkinama

PAGAL BĖGIŲ GALVUČIŲ NIVELIACIJOS REZULTATUS

Pagal viaduko bėgių galvučių aukščių skirtumų niveliacijos rezultatus nustatyta, kad per visą vėžės ilgį aukščių skirtumai yra iki 4 mm, todėl bėgių galvučių aukščių skirtumas tenkina kelio statinių priežiūros instrukcijos (147/K) 8.7 punkto reikalavimus. Pagal 147/K 8.7 punktą tiesiame kelyje, kai kelio danga ant balasto, visuose tiltuose leidžiamas ne didesnis kaip 6 mm bėgių aukščių skirtumas“.

PAGAL PERDANGOS IR ATRAMŲ MEDŽAIAGŲ TYRIMŲ REZULTATUS

Neardomaisiais metodais ištyrus ketvirtos atramos betoną nustatyta, kad jo vidutinis kūbinis stipris gniuždant yra 42 MPa, o tai pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų

projektavimas“ atitinka C30/37 betono klasę pagal kurią betono charakteristinis kūbinis stipris gniuždant ($f_{ck\ cube}$ = 37 MPa);

Neardomaisiais metodais ištyrus viaduko arkos betono vidutinį kūbinį stiprį gniuždant nustatyta, kad jis yra 36 MPa, o tai pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ atitinka C30/37 betono klasę pagal kurią betono charakteristinis kūbinis stipris gniuždant ($f_{ck\ cube}$ = 37 MPa);

Neardomaisiais metodai ištyrus viaduko penktos atramos betono vidutinį kūbinį stiprį gniuždant nustatyta, kad jis yra 47 MPa, o tai pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ atitinka C35/45 betono klasę pagal kurią betono charakteristinis kūbinis stipris gniuždant ($f_{ck\ cube}$ = 45 MPa);

Skirtingose vietose neardomuoju metodu pamatavus viaduko laikančiųjų konstrukcijų betono stiprį gniuždant nustatyta, kad jis atitinka C30/37 betono klasę pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“.

PAGAL PERDANGOS IR ATRAMŲ BETONO KOKYBINIŲ RODIKLIŲ TYRIMŲ REZULTATUS

Viaduko per geležinkelį atramų, kurios yra prie važiuojamosios kelio dalies (5 ir 10 atramos) ir ant kurių patenka druskų mišinių, betonas yra paveiktas karbonizacijos procesų ir šiose zonose tyrimų metu užfiksuotas didelis chloridų kiekis. Kitose tirtose laikančiųjų konstrukcijų zonose, ant kurių nepatenka vandens ir druskų tirpalai, karbonizacija į betoną nėra giliai įsiskverbusi ir chloridų kiekis betone nėra didelis. Didelis karbonizacijos gylis ir chloridų kiekis rodo, kad yra pavojus pagrindinės armatūros korozijai.

PAGAL PERDANGOS DEFORMACIJŲ TYRIMŲ REZULTATUS

Atlikus viaduko per geležinkelį 1 – 7 tarpatramių perdangų niveliaciją ir išanalizavus tyrimų metu gautus rezultatus nustatyta, kad:

- pirmo rėmo 1 – 3 tarpatramių perdanga yra išlinkusi į viršų nuo 1,5 iki 5,0 mm;
- viaduko arkos ketvirto tarpatramio perdanga dešiniau yra įlinkusi 0,5 mm žemyn, o ketvirtoj tarpatramio perdanga kairiau yra įlinkus 2,5 mm žemyn;
- trečio rėmo 6 ir 7 tarpatramių perdangos yra įlinkę 0,5 mm žemyn, o penkto tarpatramio perdanga yra išlinkusi 5,0 mm į viršų;
- visų tirtų tarpatramių perdangų skaičiuojamasis ilgis yra 2,01 m, todėl ribinis perdangos įlinkis pagal LST EN 1990:2002 A1:2005 yra 2,51 mm, o pagal CH 200-62 19 psl. 5 lentelę 3,35 mm.

- viaduko perdangos deformacijų tyrimų metu gauti 2 ir 4 tarpatramių perdangų įlinkiai yra artimi ribiniams leistiniems įlinkiams pagal LST EN 1990:2002 A1:2005 ir CH 200-62 19 normų reikalavimus, tačiau juos tenkina, nes nėra žinomi pradiniai perdangų įlinkiai pastačius viaduką. Be to tiriamas statinys yra monolitinis ir laikančios konstrukcijos statybos metu buvo betonuojamos mediniuose klojiniuose, todėl užfiksuoti skirtingų tarpatramių perdangų įlinkiai ir išlinkiai galėjo atsirasti dėl nežymių klojinių deformacijų betonavimo metu.

PAGAL PERDANGOS ĮRAŽŲ PALYGINAMUOSIUS SKAIČIAVIMUS NUO LST EN 1991-2 APKROVŲ IR PROJEKTINĖS H-8 APKROVŲ

Palyginus viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautuose ruožuose atsirandančias įrąžas ir deformacijas nuo 71-mo apkrovos modelio (pagal LST EN 1991-2) apkrovos (žr. 3.3 ir 3.4 lenteles) su įrąžomis ir deformacijomis atsirandančiomis tuose pačiuose pjūviuose ir ruožuose nuo projektinės H8 apkrovos (žr. 3.1 lentelę) nustatyta, kad:

- ašinė jėga ties 6 atrama nuo charakteristinės 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 115%** ašinės jėgos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- ašinė jėga ties 6 atrama nuo skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 167%** ašinės jėgos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- ašinė jėga arkos viduryje (kairė pusė) nuo charakteristinės 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 113%** ašinės jėgos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- ašinė jėga arkos viduryje (kairė pusė) nuo skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 164%** ašinės jėgos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- lenkimo momentas arkos viduryje nuo charakteristinės 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 175%** lenkimo momento nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- lenkimo momentas arkos viduryje nuo skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 254%** lenkimo momento nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- lenkimo momentas II tarpatramio perdangos viduryje nuo skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 106%** lenkimo momento nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- horizontali atraminė reakcija 6 atramoje (arkos atrama) nuo charakteristinės 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 108%** atraminės reakcijos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;c
- atraminė reakcija 6 atramoje (arkos atrama) nuo skaičiuojamosios 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 156%** atraminės reakcijos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- įlinkis arkos viduryje nuo charakteristinės 71-mo apkrovos modelio apkrovos **sudaro 154%**

įlinkio nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;

Palyginus viaduko perdangos pavojingiausiuose pjūviuose ir labiausiai apkrautuose ruožuose atsirandančias įrąžas ir deformacijas nuo SW/2 apkrovos modelio (pagal LST EN 1991-2) apkrovos (žr. 3.5 lentelę) su įrąžomis ir deformacijomis atsirandančiomis tuose pačiuose pjūviuose ir ruožuose nuo projektinės H8 apkrovos (žr. 3.1 lentelę) nustatyta, kad:

- ašinė jėga ties 6 atrama nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 136%** ašinės jėgos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- ašinė jėga ties 6 atrama nuo skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 198%** ašinės jėgos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- ašinė jėga arkos viduryje (kairė pusė) nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 136%** ašinės jėgos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- ašinė jėga arkos viduryje (kairė pusė) nuo skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 198%** ašinės jėgos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- lenkimo momentas arkos viduryje nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 136%** lenkimo momento nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- lenkimo momentas arkos viduryje nuo skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 198%** lenkimo momento nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- lenkimo momentas II tarpatramio perdangos viduryje nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 160%** lenkimo momento nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- lenkimo momentas II tarpatramio perdangos viduryje nuo skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 232%** lenkimo momento nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- vertikali atraminė reakcija 6 atramoje (arkos atrama) nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 121%** atraminės reakcijos nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;
- vertikali atraminė reakcija 6 atramoje (arkos atrama) nuo skaičiuojamosios SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 175%** atraminės reakcijos nuo projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos;
- įlinkis arkos viduryje nuo charakteristinės SW/2 apkrovos modelio apkrovos **sudaro 136%** įlinkio nuo projektinės charaktersitinės H8 apkrovos;

Apskaičiuotų įrąžų ir deformacijų santykiai nuo charakteristinių 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovų (pagal LST EN 1991-2) sudaro nuo **108% iki 160%** projektinės charakteristinės H8 apkrovos.

Apskaičiuotų įrąžų ir deformacijų santykiai Nuo skaičiuojamųjų 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių

apkrovų (pagal LST EN 1991-2) sudaro nuo **156% iki 254%** projektinės skaičiuojamosios H8 apkrovos. Kadangi apskaičiuotų įrąžų ir deformacijų santykiai nuo charakteristinių ir skaičiuojamųjų 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovų ir H8 apkrovos yra didesni kaip 100%, todėl geležinkelio viaduko linijoje **Vilnius–Klaipėda 127+100 km negalima saugiai eksploatuoti 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovoms pagal LST EN 1991-2.**

PAGAL TILTO STATINIO BANDYMO REZULTATUS

Pagal viaduko perdangos statinio bandymo rezultatus nustatyta, kad:

- viaduko arkinės perdangos eksperimentinio ir teorinio įlinkių reikšmių santykiai ($S_{eksp.}/S_{teor}$ = 0,21 ir $S_{eksp.}/S_{teor}$ = 0,17) ir rėmo antrojo tarpatramio perdangos eksperimentinio ir teorinio įlinkių reikšmių santykis ($S_{eksp.}/S_{teor}$ = 0,47) apkrovimo metu buvo leistinose ribose ir tenkino ST 188710638.10:2005 reikalavimus ($S_{eksp.}/S_{teor.} < 1,05$);
- skirtingais apkrovimo variantais apkrovus viaduko arkinę perdangą faktinio ir teorinio įlinkių santykiai buvo: K = 0,21 ir K = 0,17. Pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką perdangos elementams, kuriuos skaičiuojant nepriimtas bendras perdangos ir pakloto darbas koeficientas K yra 0,5 – 0,7 ribose. Teoriniame viaduko modelyje buvo vertintas erdvinis perdangos darbas neįvertinant tik gelžbetoninių pabėgių ir skaldos balasto įtakos. Akinės perdangos bandymo metu faktinio ir teorinio įlinkių reikšmių santykis K buvo mažesnis už 0,50, o tai rodo, kad perdanga turi stiprumo atsargą;
- viaduko rėmo antrojo tarpatramio perdangos bandymo metu faktinio ir teorinio įlinkių reikšmių santykis buvo K = 0,47. Pagal SNiP 3.06.07-86 metodiką perdanga turi stiprumo atsargą;
- viaduko arkinės perdangos skirtingų aprovimų metu stabilizavusiųjų liekamųjų įlinkių santykiai su visu įlinkiu ($y_{pl.}/y_{tot.}$ = 0,0) abiem apkrovimo atvejai buvo žymiai mažesni, nei ribinis (0,25), pagal ST 188710638.10:2005;
- viaduko rėmo antrojo tarpatramio perdangos bandymo metu stabilizavusiųjų liekamųjų įlinkių santykis su visu įlinkiu ($y_{pl.}/y_{tot.}$ = 0,0) buvo žymiai mažesnis, nei ribinis (0,25), pagal ST 188710638.10:2005;
- geležinkelio viaduko arkinė perdanga ir rėminė perdanga bandymo metu dirbo tamprioje stadijoje, liekamųjų ir tamprių įlinkių santykis (f_r / f_l = 0,0) neviršijo leistino ($\alpha \leq 0,05$) ir tenkino SNiP 3.06.07-86 normų reikalavimus;
- apibendrinant geležinkelio viaduko statinio bandymo rezultatus nustatyta, kad viaduko perdanga tenkina ST 188710638.10:2005 reikalavimus ir SNiP 3.06.07-86 metodikos reikalavimus.

PAGAL TILTO DINAMINIO BANDYMO REZULTATUS

Pagal dinaminio bandymo rezultatus nustatyta, kad:

- viaduko perdangos vertikalių savųjų svyravimų vidutinis dažnis užfiksuotas dinaminio bandymo metu – 6,80 Hz. Pagal LST EN 1991-2, kai viaduko arkinės perdangos skaičiuojamasis ilgis 15,03 m, apatinė dažnio riba – 5,32 Hz, o viršutinė dažnio riba – 12,48 Hz. Viaduko dinaminio bandymo metu užfiksuotas perdangos vidutinis dažnis tenkina LST EN 1991-2 reikalavimus;
- dinaminio bandymo metu nustatyta, kad didžiausi perdangos dinamiškumo koeficientai užfiksuoti, kai šilumvežis per viaduką važiavo 40 km/h greičiu;
- bandymo metu nustatyta, kad didžiausias perdangos dinamiškumo koeficientas yra $\Phi_{MTMH} = 1,17$. Palyginus perdangoje bandymo metu užfiksuotą didžiausią dinamiškumo koeficientą ($\Phi_{MTMH} = 1,17$) su projektiniu perdangos dinamiškumo koeficientu ($\Phi_{H-8} = 1,0$) nustatyta, kad faktinis dinamiškumo koeficientas yra apie 17 proc. didesnis už projektinį perdangos dinamiškumo koeficientą. Kadangi dinaminio bandymo metu arkinėje perdangoje užfiksuoti labai maži dinaminiai įlinkiai, todėl viadukas nėra jautrus dinaminių apkrovų poveikiui;
- pagal LST EN 1991-2 6.4.6.5 punktą ir C priede pateiktas išraiškas realių traukinių dinaminis koeficientas standartinės priežiūros bėgių keliui įvertinant tilto dinaminio bandymo rezultatus – $(1+\varphi) = 1+\varphi'_{dyn}+\varphi''/2 = 1,20$. Realių traukinių sukeliamas dinaminis koeficientas yra 20 proc. didesnis už projektinį perdangos dinamiškumo koeficientą ($\Phi_{H-8} = 1,0$);
- dinaminio bandymo metu nustatyta, kad didžiausi perdangos vertikalių virpesių pagreičiai ($a = 2,551$ m/s^2 ir $a = 1,177$ m/s^2) užfiksuoti, kai bandymo apkrova per viaduką važiavo 40 km/h greičiu ir kai per viaduką važiavo krovininis traukinys. Abu pagreičiai yra mažesni už 3,50 m/s^2 ir tenkina LST EN 1991-2:2004/AC:2010 reikalavimus. Šis reikalavimas yra labiau susijęs su pėsčiųjų tiltų perdangų komfortiškumu, tačiau tyrimo rezultatai rodo, kad viaduko perdanga yra komfortiška;
- išanalizavus dinaminio bandymo rezultatus nustatyta, kad šilumvežiai, keleiviniai ir krovininiai traukiniai gali saugiai važiuoti per viaduką didžiausiu leistinų greičiu linijoje.

PAGAL VIADUKO PERDANGOS ATITIKIMĄ PIRMAM IR ANTRAM RIBINIAMS BŪVIAMS

Geležinkelio viaduko perdanga tenkina saugos (I-ojo) ir tinkamumo (II-ojo) ribinių būvių reikalavimus pagal STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“.

PAGAL STATINIO KATEGORIJOS KĖLOS SKAIČIAVIMO REZULTATUS

Atlikus viaduko kėlos teorinius skaičiavimus nustatyta, kad geležinkelio viadukas linijoje Vilnius–Klaipėda 127+100 km atitinka I kategoriją pagal kėlą. Apskaičiuota viaduko kategorija pagal kėlą atitinka projektinę, K = 10.

APIBENDRINTOS VIADUKO TYRIMO IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Viaduko apžiūros metu nustatyta, kad pakloto elementų būklė yra bloga, perdangos elementų būklė yra patenkinama, atramų elementų būklė yra patenkinama, o prietilčių elementų būklė yra pakankamai gera. Bendra viaduko būklė yra patenkinama.
2. Geležinkelio bėgių galvučių aukščių skirtumai per viaduko ilgį tenkina kelio statinių priežiūros instrukcijos (147/K) 8.7 punkto reikalavimus.
3. Viaduko laikančiųjų konstrukcijų betono stipris gniuždant atitinka C30/37 betono klasę pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“.
4. Viaduko perdangos deformacijos tenkina LST EN 1990:2002 A1:2005 ir CH 200-62 19 normų reikalavimus.
5. Apskaičiuotų įrąžų ir deformacijų santykiai nuo charakteristinių 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovų (pagal LST EN 1991-2) sudaro nuo **108% iki 160%** projektinės charakteristinės H-8 apkrovos. Apskaičiuotų įrąžų ir deformacijų santykiai Nuo skaičiuojamųjų 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovų (pagal LST EN 1991-2) sudaro nuo **156% iki 254%** projektinės skaičiuojamosios H-8 apkrovos. Kadangi apskaičiuotų įrąžų ir deformacijų santykiai nuo charakteristinių ir skaičiuojamųjų 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovų ir H8 apkrovos yra didesni kaip 100%, todėl geležinkelio viaduko linijoje **Vilnius–Klaipėda 127+100 km negalima saugiai eksploatuoti 71-mo ir SW/2 apkrovų modelių apkrovoms pagal LST EN 1991-2.**
6. Pagal statinio bandymo rezultatus nustatyta, kad nuo maksimalios bandymo apkrovos viaduko perdanga dirbo tamprioje stadijoje ir tenkino ST 188710638.10:2005 ir SNiP 3.06.07-86 normų reikalavimus.
7. Pagal dinaminio bandymo rezultatus nustatyta, kad viaduko perdanga nėra jautri dinaminių apkrovų poveikiui. Šilumvežiai, keleiviniai ir krovininiai traukiniai gali saugiai važiuoti per viaduką didžiausiu leistinų greičiu linijoje.
8. Pagal tilto perdangos atitikimą pirmam ir antram ribiniams būviams nustatyta, kad geležinkelio viaduko perdanga tenkina saugos (I-ojo) ir tinkamumo (II-ojo) ribinių būvių reikalavimus pagal STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“.
9. Pagal statinio kategorijos kėlos skaičiavimo rezultatus nustatyta, kad viadukas atitinka I kategoriją pagal kėlą, viaduko kategorija – K = 10.

10. Viaduko tyrimo metu pagal techninės užduoties 3.1.8.2 punktą atlikus viaduko perdangos labiausiai apkrautuose ruožuose atsirandančių įrąžų skaičiavimus nuo sunkiausių šilumvežių (ašinės apkrovos 22,5 t į ašį ir 25,0 t į ašį) ir nuo skirtingų vagonų apkrovų nustatyta, kad:
    - 6 ašių pusvagoniai (kurių bendroji masė svyruoja nuo 80 t iki 92 t), 8 ašių pusvagoniai (kurių bendroji masė svyruoja nuo 90 t iki 120 t), 12 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė svyruoja nuo 130 t iki 150 t), 16 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė svyruoja nuo 180 t iki 220 t), 20 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė neviršija 300 t) ir 16 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė neviršija 240 t) gali saugiai važiuoti didžiausiu leistinu greičiu linijoje (90 km/h greičiu), nes įrąžos perdangos elementuose ir deformacijos arkos viduryje nuo minėtų vagonų apkrovų neviršija įrąžų ir deformacijų nuo projektinės charakteristinės ir skaičiuojamosios H-8 apkrovos;
    - 28 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė neviršija 400 t) ir 32 ašių transporteriniai vagonai (kurių bendroji masė neviršija 500 t ir 480 t) gali saugiai važiuoti per viaduką ne didesniu kaip 20 km/h greičiu. Važiuojant didesniu greičiu (dėl dinaminių apkrovų poveikio) padidėja įrąžos perdangos elementuose ir deformacijos arkos viduryje ir jos sutampa su įrąžomis ir deformacijomis nuo viaduko projektinės H-8 apkrovos.

REKOMENDACIJOS

Įvertinę esamą viaduko būklę **rekomenduojame 3 metų laikotarpyje parengti ir įgyvendinti viaduko kapitalinio remonto projektą** kuriame būtų numatyta atlikti šiuos remonto darbus:

- demontuoti esamus pakloto elementus (vėžę, gelžbetoninius pabėgius ir balastą, metalinius turėklus, hidroizoliaciją ir deformacinius pjūvius);
- demontavus senus pakloto elementus remontiniais betono mišiniais suremontuoti pažeistas perdangos plokštės vietas virš kurių bus klojama nauja hidroizoliacija ir pažeistus perdangos plokštės galus deformacinių pjūvių įrengimo vietose. Iš abiejų viaduko pusių nukapoti supleišėjusį ir atšokusį turėklinių blokų apsauginį betono sluoksnį, iki blizgesio nušveisti korozijos pažeistą pagrindinę ir pagalbinę armatūras, remontiniais betono mišiniais atstatyti apsauginį betono sluoksnį ir jį padengti vandeniui atspariomis apsauginėmis dangomis;
- iškapoti monolitinius tarpus tarp turėklinių blokų, nušveisti korozijos pažeistą armatūrą ir remontiniais elastingais betono mišiniais užsandarinti tarpus;
- suremontavus pažeistus laikančiųjų konstrukcijų paviršius įrengti naują hidroizoliaciją, kuri būtinai turi būti privesta prie turėklinio bloko krašto viršaus, įrengti naujus deformacinius pjūvius, suformuoti naują balastą, nepažeistus gelžbetoninius pabėgius

galima naudoti antrą kartą, o vietoje supleišėjusių ir sulūžusių būtina įrenti naujus. Siūloma panaudoti esamus geros būklės metalinius turėklus. Būtina pakeisti ir įrengti naują vandens nuvedimo vamzdį ties 4 atrama;

- su smėliasrove nušveisti viaduko visas laikančiąsias konstrukcijas, nukapoti lokaliose vietose atšokusį apsauginį betono sluoksnį ir remontiniais betono mišiniais suremontuoti pažeistus konstrukcijų paviršius. Kadangi daugelyje vietų laikančiosiose konstrukcijose užfiksuotas per plonas apsauginis betono sluoksnis, todėl visas laikančiąsias konstrukcijas būtina nuglaistyti vandeniui ir druskos tirpalams atspariomis apsauginėmis dangomis, po to nugruntuoti ir perdažyti visą statinį.

LITERATŪRA

1. Kelio statinių priežiūros instrukcija 147/K, Vilnius, 2001 m., 94 p.
2. STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“.
3. STR 1.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“.
4. STR 1.03.01:2017 „Statybiniai tyrimai“.
5. LST EN 12390. „Betono bandymas“.
6. Mechaninių konstrukcijų dinamika ir modeliavimas. V. Ostaševičius, Kaunas, Technologija, 1998.
7. Строительные нормы и правила. Мосты и трубы. СНиП 2.05.03□84*. Москва, 1996.
8. Строительные нормы и правила. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. СНиП 3.06.07□86. Москва, 1987.
9. STR 2.01.01(1):2005 „Esminis statinio reikalavimas. Mechaninis atsparumas ir pastovumas“. LR Aplinkos ministerija, Vilnius, 2005 m.
10. Eurokodas1. Poveikiai konstrukcijoms. 2 dalis. Tiltų eismo apkrovos LST EN 1991–2:2004.
11. Eurokodas1. Projektavimo pagrindai ir poveikiai konstrukcijoms. 3 dalis. Tiltų eismo apkrovos LST L ENV 1991–3:2000.
12. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. СН 200-62. Москва, 1962 г.
13. LST EN 1990:2004/A1:2007. Eurokodas. Konstrukcijų projektavimo pagrindai. Lietuvos standartizacijos departamentas.
14. LST EN 1992-1-1:2005/AC:2010. Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės. Lietuvos standartizacijos departamentas, 2008 m.
15. Miesto transporto statiniai. J. Kivilša, Z. Kamaitis, A. Steponavičius, Vilnius 1981 m.

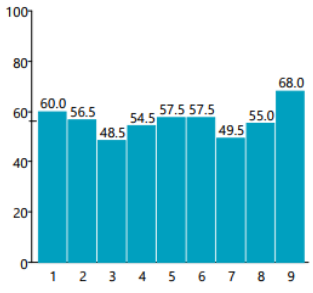
16. STR 2.05.05:2005 Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. Gelžbetoninės konstrukcijos. Moksl. Redact. Dr. prof. A. Kudzys, Vilnius 1978 m.
17. TR 2.01:2019 „Automobilių kelių ir geležinkelio tiltų ir tunelių projektavimas“.
18. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. LR Aplinkos ministerija, Vilnius, 2005 m.
19. ST 188710638.10:2005. Automobilių kelių tiltų bandymas. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos, 2005 m.
20. GOST 28450-90. Mediniai tiltiniai tašai. Techninės sąlygos. (rus. „Брусья мостовые деревянные. Технические условия“).

1 PRIEDAS. BETONO STIPRIO TYRIMO REZULTATAI

Proceq **SilverSchmidt measurement series**

Impact counter	Name	Date & Time	Mean value
4758		09/05/2023 12:30 PM	41.5 N/mm²

Q-Values diagram [measurement order]



Q-Values
60.0
56.5
48.5
54.5
57.5
57.5
49.5
55.0
68.0

Statistics

Measurements	N = 9
Invalid measurements	Ni = 0 (0%)
Mean value	f = 41.5 N/mm² (56.3 Q)
Standard deviation	s = 11.5 N/mm² (5.8 Q)

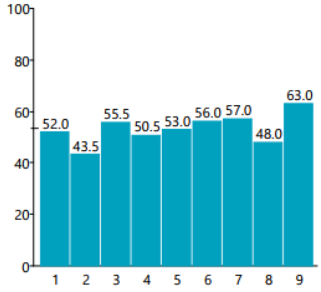
Settings

Averaging mode	Mean
Conversion curve	10-percentile curve
Form factor	Cube 150mm (100%)
Carbonation factor	1.00
Unit	N/mm²
Serial number	SH01-002-0912
Spring type	SilverSchmidt N

Comment
[Add]

4749		09/05/2023 12:29 PM	35.5 N/mm²

Q-Values diagram [measurement order]



Q-Values
52.0
43.5
55.5
50.5
53.0
56.0
57.0
48.0
63.0

Statistics

Measurements	N = 9
Invalid measurements	Ni = 0 (0%)
Mean value	f = 35.5 N/mm² (53.2 Q)
Standard deviation	s = 9.8 N/mm² (5.6 Q)

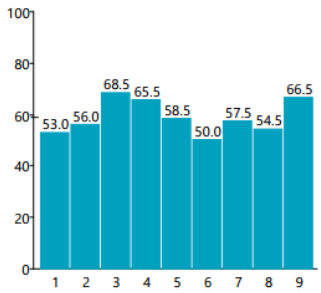
Settings

Averaging mode	Mean
Conversion curve	10-percentile curve
Form factor	Cube 150mm (100%)
Carbonation factor	1.00
Unit	N/mm²
Serial number	SH01-002-0912
Spring type	SilverSchmidt N

Comment
[Add]

4740		09/05/2023 12:22 PM	47.0 N/mm²

Q-Values diagram [measurement order]



Q-Values
53.0
56.0
68.5
65.5
58.5
50.0
57.5
54.5
66.5

Statistics

Measurements	N = 9
Invalid measurements	Ni = 0 (0%)
Mean value	f = 47.0 N/mm² (58.9 Q)
Standard deviation	s = 14.8 N/mm² (6.5 Q)

Settings

Averaging mode	Mean
Conversion curve	10-percentile curve
Form factor	Cube 150mm (100%)
Carbonation factor	1.00
Unit	N/mm²
Serial number	SH01-002-0912
Spring type	SilverSchmidt N

Comment
[Add]

2 PRIEDAS. TYRIMAMS NAUDOTOS SPECIALIOS PASKIRTIES TECHNIKOS, ĮRENGINIŲ IR/AR LICENCIJUOTOS PROGRAMINĖS ĮRANGOS SĄRAŠAS

Deklaruojame, jog tyrimams naudota technika, įrenginiai ir/ar licencijuotos programinės įrangos atitinka techninės specifikacijos reikalavimus.

Geležinkelio viaduko tyrimo metu naudotos specialios paskirties technikos, įrenginių ir/ar licencijuotos programinės įrangos sąrašas. Įrangos sąrašas pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė. Geležinkelio viaduko tyrimo metu naudotos specialios paskirties technikos, įrenginių ir/ar licencijuotos programinės įrangos sąrašas

Eil. Nr.	Pavadinimas	Vnt.	Licencijos Nr., kalibravimo liudijimo Nr.	Pav.
1	Kompiuterinė konstrukcijų skaičiavimo programa Scia Engineering	1	licencijos Nr. 660246	–
2	Elektroninis Šmidto plaktukas	1	070201	3.1 ir 3.2
3	Elektroninis slankmatis	1	032336	3.3 ir 3.4
4	Robotizuotas elektroninis tacheometras Leica TS 13	1	3267480-23072021	3.5
5	Robotizuotas elektroninis tacheometras Leica TS 16	1	3014322-28.06.2022	3.6 ir 3.7
6	Mechaninis indikatorius Nr. 2826	1	067902	3.8 ir 3.9
7	Mechaninis indikatorius Nr. 22068	1	067901	3.10 ir 3.11
8	Mechaninis indikatorius 22155	1	067900	3.12 ir 3.13
9	Mechaninis indikatorius 655894	1	067904	3.14 ir 3.15
10	Trijų ašių pagreičio jutiklis (akcelerometras)	1	VMC-V-K-003891	3.16 ir 3.17
11	Trijų ašių pagreičio jutiklis (akcelerometras)	1	VMC-V-K-003905	3.18 ir 3.19
12	Trijų ašių akcelerometras	1	VMC-V-K-003906	3.20 ir 3.21

Pastaba: geležinkelio viaduko tyrimui naudotos įrangos kalibravimo liudijimai pateikti toliau esančiuose puslapiuose.

METROLOGIJOS CENTRAS

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS
Nr. 070201

Lapų skaičius	2
Lapas	1
Savininkas	Įm. k. 135840360 UAB EKSPERTIKA A. Baranausko g.19, Kaunas, Lietuva Užsakymas Nr. UZ-46296
Kalibruojamas objektas	PROCEQ CL090 betono stiprumo matuoklis SILVER SCHMIDT, tipas N Nr.SH01-002-0912
Kalibravimo metodas	Kalibravimas atliekamas pagal kalibravimo procedūrą J24.3 (2014-04-06)
Kalibravimą atliko	Vilniaus regiono laboratorija, Dariaus ir Girėno g. 23, 02189 Vilnius, +37052333393, vilnius@vmc.lt Geometrinių, mechaninių ir judesio parametrų matavimų skyrius
Aplinkos sąlygos	Temperatūra (22 ± 0,5) °C
Kalibravimo periodas	2021-02-04
Rezultatai	Žiūrėti 2 puslapį. Kalibravimo protokolo Nr. 46296-1
Sietis	Matavimai buvo atlikti su šiais etalonais, susietais su tarptautiniais etalonais: SCHMIDT Priekalas Nr. E06-198 kalibruotas PROCEQ (Šveicarija)
Kalibravimo liudijimo išdavimo data	2021-02-04

Vyresnysis inžinierius metrologas [redacted]

[redacted]

Kalibravimo rezultatai susiję tik su kalibruojamuoju objektu.

Neapibrėžtis. Išplėstinė neapibrėžtis apskaičiuota suminę standartinę neapibrėžtį padauginus iš koeficiento k=2, kuri, esant normaliniam skirstiniui, atitinka 95% pasikliautinumo lygmenį. Standartinė neapibrėžtis paskaičiuota pagal EA-4/02M.

AB „Vilniaus metrologijos centras"
Dariaus ir Girėno g. 23
LT-02189 Vilnius, LIETUVA
Tel. (8 5) 2333393
El. paštas vmc@vmc.lt
Internetas www.vmc.lt

Kalibravimo liudijimas gali būti dauginamas tik pilnai. Atskiras kalibravimo liudijimo dalis galima dauginti tik gavus rašytiną kalibravimo laboratorijos leidimą.

2.1 pav. Šmidto plaktuko kalibravimo liudijimas

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS

Nr. 070201

Lapų skaičius 2

Lapas 2

Kalibravimo rezultatai

PROCEQ CL090 betono stiprumo matuokilis SILVER SCHMIDT, tipas N Nr.SH01-002-0912

Kalibruojama SCHMIDT betono stiprumo matuoklio vertė 91 R

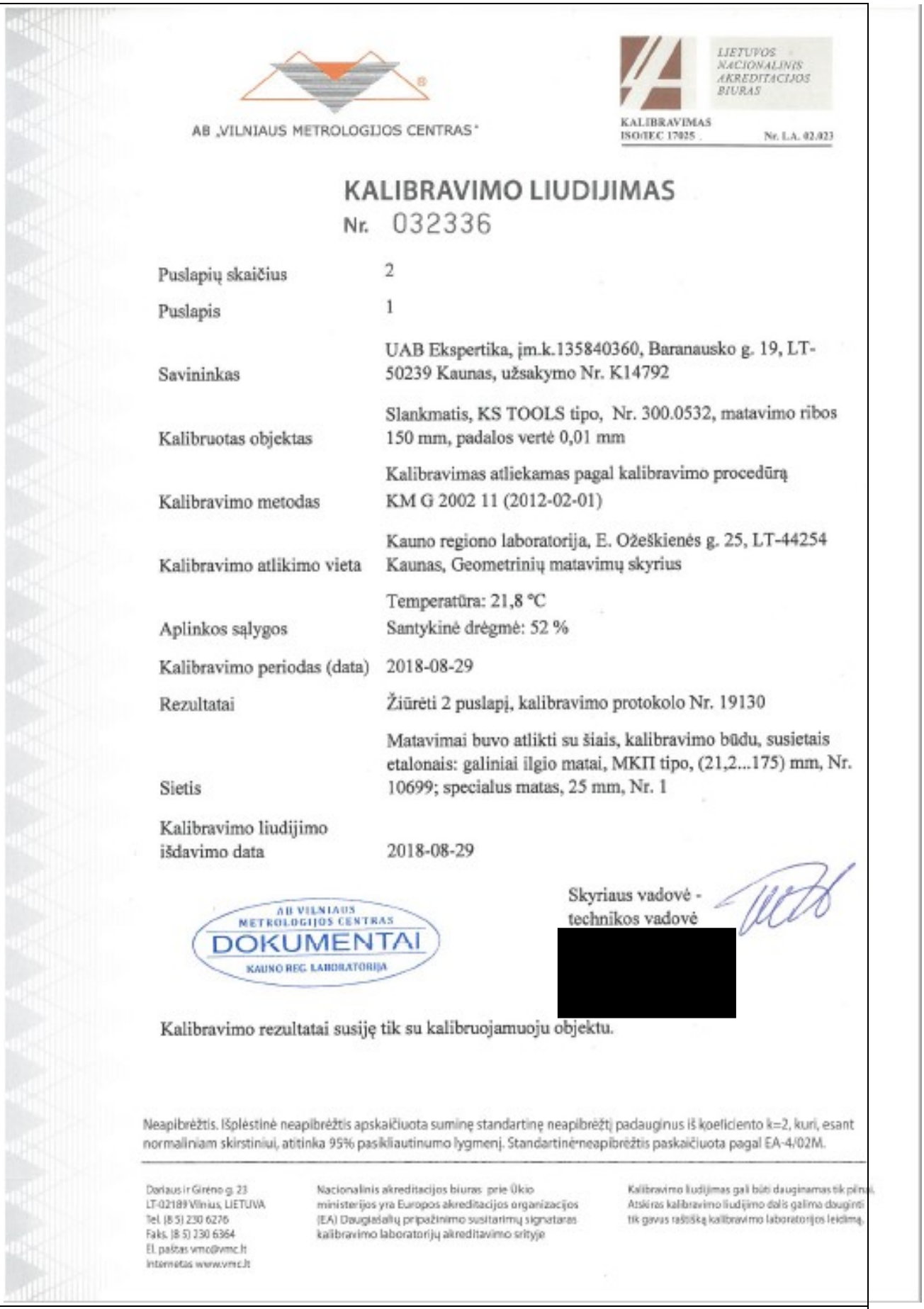
Etalonine SCHMIDT vertė	Išmatuota SCHMIDT matuoklio vertė									
91	91,0	90,0	91,0	91,5	90,5	91,0	92,0	89,0	90,5	91,0

MP rodmenų vidurkis v_{vid}	Paklaida	Išplėstinė neapibrėžtis, (±U)
90,75	-0,3	± 3,9

Vyresnysis inžinierius metrologas

[redacted]

2.2 pav. Šmidto plaktuko kalibravimo liudijimas



AB „VILNIAUS METROLOGIJOS CENTRAS"

LIETUVOS NACIONALINIS AKREDITACIJOS BIURAS
KALIBRAVIMAS
ISO/IEC 17025 Nr. L.A. 02.023

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS
Nr. 032336

Puslapių skaičius	2
Puslapis	1
Savininkas	UAB Ekspertika, įm.k.135840360, Baranausko g. 19, LT-50239 Kaunas, užsakymo Nr. K14792
Kalibruotas objektas	Slankmatis, KS TOOLS tipo, Nr. 300.0532, matavimo ribos 150 mm, padalos vertė 0,01 mm
Kalibravimo metodas	Kalibravimas atliekamas pagal kalibravimo procedūrą KM G 2002 11 (2012-02-01)
Kalibravimo atlikimo vieta	Kauno regiono laboratorija, E. Ožeškienės g. 25, LT-44254 Kaunas, Geometrinių matavimų skyrius
Aplinkos sąlygos	Temperatūra: 21,8 °C Santykinė drėgmė: 52 %
Kalibravimo periodas (data)	2018-08-29
Rezultatai	Žiūrėti 2 puslapį, kalibravimo protokolo Nr. 19130
Sietis	Matavimai buvo atlikti su šiais, kalibravimo būdu, susietais etalonais: galiniai ilgio matai, MKII tipo, (21,2...175) mm, Nr. 10699; specialus matas, 25 mm, Nr. 1
Kalibravimo liudijimo išdavimo data	2018-08-29

AB VILNIAUS METROLOGIJOS CENTRAS DOKUMENTAI KAUNO REG. LABORATORIJA

Skyriaus vadovė - technikos vadovė [redacted]

Kalibravimo rezultatai susiję tik su kalibruojamuoju objektu.

Neapibrėžtis. Išplėstinė neapibrėžtis apskaičiuota sumine standartine neapibrėžtį padauginus iš koeficiento k=2, kuri, esant normaliniam skirstiniui, atitinka 95% pasikliautinumo lygmenį. Standartinė neapibrėžtis paskaičiuota pagal EA-4/02M.

Dariaus ir Girėno g. 23
LT-02189 Vilnius, LIETUVA
Tel. (8 5) 230 6276
Faks. (8 5) 230 6364
El. paštas vmc@vmc.lt
Internetas www.vmc.lt

Nacionalinis akreditacijos biuras prie Ūkio ministerijos yra Europos akreditacijos organizacijos (EA) Daugiašalių pripažinimo susitarimų signataras kalibravimo laboratorijų akreditavimo srityje

Kalibravimo liudijimas gali būti dauginamas tik pilnai. Atskiras kalibravimo liudijimo dalis galima dauginti tik gavus rašytiską kalibravimo laboratorijos leidimą.

2.3 pav. Elektroninio slankmačio kalibravimo liudijimas

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS
Nr. 032336

Puslapių skaičius 2
Puslapis 2

KALIBRAVIMO REZULTATAI

Kalibruojamo taško vardinė vertė, mm	Paklaida, mm	Išplėstinė neapibrėžtis, ±mm
pagrindinei skalei		
51,4	-0,050	0,037
101,6	-0,043	
150	-0,041	
gylmačiui		
25	-0,030	0,024

Technikos vadovė [redacted]

2.4 pav. Elektroninio slankmačio kalibravimo liudijimas

- when it has to be right

Leica Geosystems

Leica Geosystems
Calibration Certificate Blue

Calibration Certificate Blue without measurement values issued by Manufacturer

Product	TS13 3" R500, total stat. w. ATR & displ	**Certificate No.**	3267480-23072021
Article No.	917485	**Inspection Date**	23.07.2021
Serial No.	3267480	**Order No.**	3326923
Equipment No.	9692197	**PO No.**	SmartOffice demo
Issued by	Manufacturer Leica Geosystems AG Koeln Germany	**Ordered by**	UAB SMARTOFFICE Kaunas Lithuania
		Customer	UAB SMARTOFFICE Kaunas Lithuania

Compliance

The Calibration Certificate Blue without measurement values issued by Manufacturer corresponds to a declaration of conformity according to ISO/IEC 17050-1.

Certificate

We hereby certify that the product described has been tested and complies with the specifications of the product. The test equipment used is traceable to national standards or to recognized procedures. This is established by our Quality Management System, audited and certified to ISO 9001.

Leica Geosystems AG

23.07.2021

[redacted]

[redacted]

Certificate No. 3267480-23072021
Article No. 5003967
This Certificate may not be reproduced other than in full except with prior written approval of the issuing authority.

Leica Geosystems AG
Heinrich-Wild-Strasse
9435 Heerbrugg
Switzerland
Telephone +41 71 / 727 31 31
www.leica-geosystems.com

2.5 pav. Robotizuoto elektroninio tacheometro Leica TS 13 kalibravimo liudijimas



- when it has to be right

Leica Geosystems

GPS Partners

Company: GPS Partners, SIA, serviss
Office address: Aldažu iela 4 – 31, Riga, LV-1005, Latvija
Phone: +371 67365878, +371 29205564
Fax: +371 67365877
E-mail: serviss@gpspartners.lv
Reg. num.: LV40003444848
Bank: Swedbank, HABALV22
Account number: LV75HABA0001408046121

Leica Geosystems

Calibration Certificate

Calibration Certificate without measurement values issued by Authorised Service Centre.

Product	Tahimetrs/Leica/TS16 P 1" R500	**Certificate No.**	3014322 - 28.06.2022
Article No.		**Inspection Date**	28.06.2022
Serial No.	3014322	**Order No.**	8080
Equipment No.		**PO No.**	
Issued by	Authorised Service Center GPS Partners, SIA, serviss	**Ordered by**	SURV LT, MB Ringės g. 9-2, Barskūnų k., LT-19155 Širvintų r. 305237023
		Customer	SURV LT, MB Ringės g. 9-2, Barskūnų k., LT-19155 Širvintų r.

Compliance

The Calibration Certificate without measurement values issued by Authorized Service Centre corresponds to the Producer Inspection Certificate O in accordance with DIN 55 350 Part 18-4.2.1.

Certificate

We hereby certify that the product described has been tested and complies with the specifications of the product. The test equipment used is traceable to national standards or to recognized procedures. This is established by our Quality Management System, audited and certified to ISO 9001.

GPS Partners, SIA, serviss
[redacted]
28.06.2022
[Date of Inspection]
Service Departament
[Title]

Certificate No. 3014322 - 28.06.2022
This Certificate may not be reproduced other than in full except with prior written approval of the issuing authority.

Leica Geosystems AG
Heinrich-Wild-Strasse
CH-9435 Heerbrugg
+41 71 727 31 31
Switzerland
www.leica-geosystems.com

2.6 pav. Robotizuoto elektroninio tacheometro Leica TS 16 kalibravimo liudijimas

Company: GPS Partners, SIA, serviss
Office address: Allažu iela 4 – 31, Rīga, LV-1035, Latvija
Phone: +371 67365878, +371 29205564
Fax: +371 67365877
E-mail: serviss@gpspartners.lv
Reg. num.: LV40003444948
Bank: Swedbank, HABALV22
Account number: LV75HABA0001408046121

Service Report

Product:	Tahimetrs/Leica/TS16 P 1" R500
Service Report No.	3014322 - 28.06.2022
Model:	TS16 P 1" R500
Serial Nr.:	3014322
Inspection date:	28.06.2022
Ordered by:	SURV LT, MB Ringės g. 9-2, Barskūnų k., LT-19155 Širvintų r.
Your order number.	8080

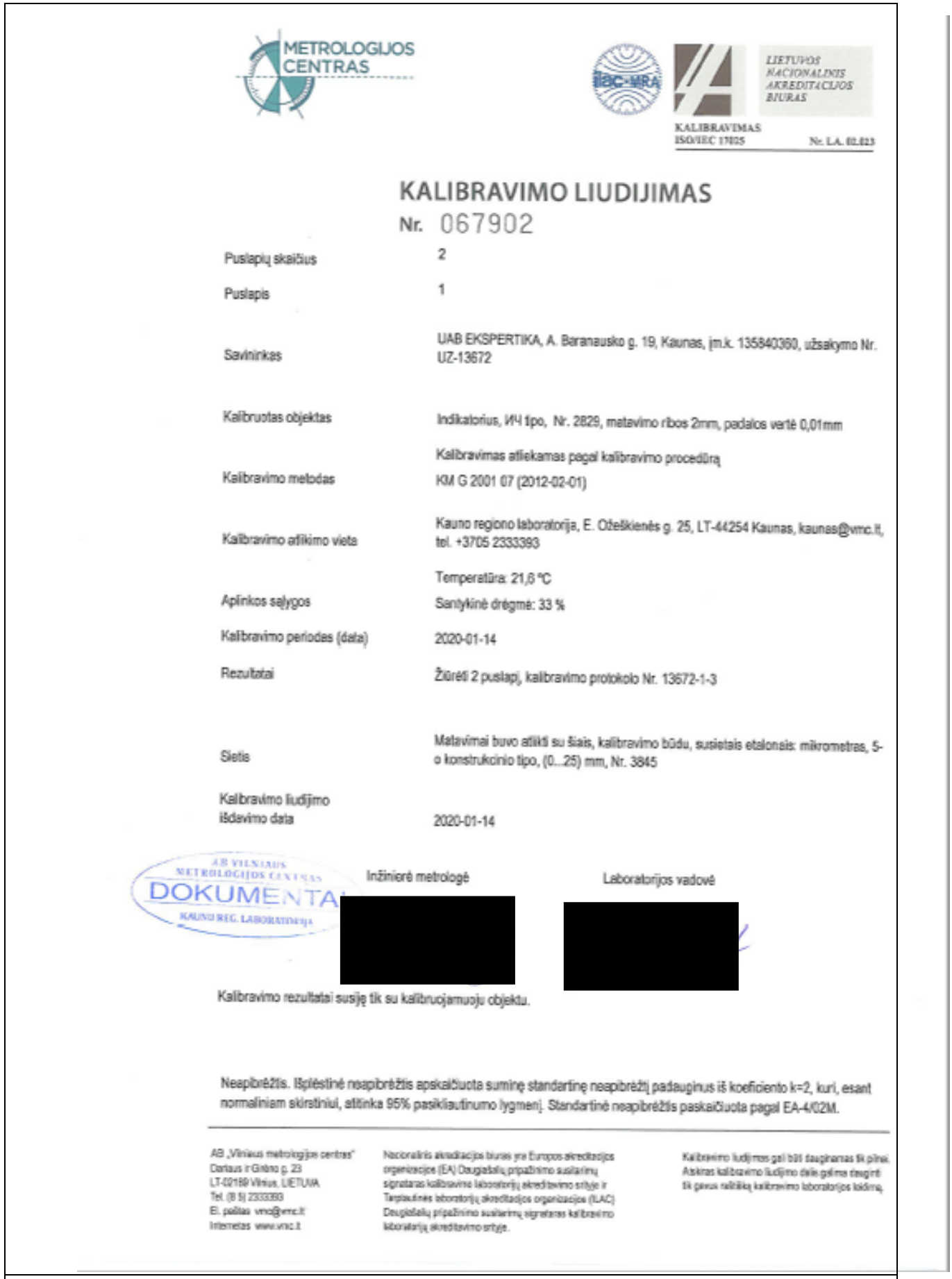
Inspection cause: **Check the product for compliance with the manufacturer's specifications. Take full instrument maintenance.**

Service work list: **Incoming check of instrument. Instrument maintenance. Testing, adjusting to the collimation bench. EDM adjusting on baseline. Container cleaning.**

Inspection results: **GPS Partners declares that the product described above has been tested and complies with the manufacturer's specification.**

GPS Partners, SIA, serviss
[redacted]
28.06.2022
[Date of Inspection]
Service Departament
[Title]

2.7pav. Robotizuoto elektroninio tacheometro Leica TS 16 kalibravimo liudijimas



METROLOGIJOS CENTRAS

LIETUVOS NACIONALINIS AKREDITACIJOS BIURAS

KALIBRAVIMAS
ISO/IEC 17025 Nr. LA. 01.023

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS

Nr. 067902

Puslapių skaičius	2
Puslapis	1
Savininkas	UAB EKSPERTIKA, A. Baranausko g. 19, Kaunas, įm.k. 135840360, užsakymo Nr. UZ-13672
Kalibruotas objektas	Indikatorius, ИЧ tipo, Nr. 2829, matavimo ribos 2mm, padalos vertė 0,01mm
Kalibravimo metodas	Kalibravimas atliekamas pagal kalibravimo procedūrą KM G 2001 07 (2012-02-01)
Kalibravimo atlikimo vieta	Kauno regiono laboratorija, E. Ožeškienės g. 25, LT-44254 Kaunas, kaunas@vmc.lt, tel. +3705 2333393
Aplinkos sąlygos	Temperatūra: 21,6 °C Santykinė drėgmė: 33 %
Kalibravimo periodas (data)	2020-01-14
Rezultatai	Žiūrėti 2 puslapį, kalibravimo protokolo Nr. 13672-1-3
Sietis	Matavimai buvo atlikti su šiais, kalibravimo būdu, susietais etalonais: mikrometras, 5-o konstrukcinio tipo, (0...25) mm, Nr. 3845
Kalibravimo liudijimo išdavimo data	2020-01-14

AB VILNIAUS METROLOGIJOS CENTRAS DOKUMENTAI KAUNO REG. LABORATORIJA

Inžinierė metrologė [redacted]

Laboratorijos vadovė [redacted]

Kalibravimo rezultatai susiję tik su kalibruojamuoju objektu.

Neapibrėžtis. Išplėstinė neapibrėžtis apskaičiuota sumine standartine neapibrėžtį padauginus iš koeficiento k=2, kuri, esant normaliniam skirstiniui, atitinka 95% pasikliautinumo lygmenį. Standartinė neapibrėžtis paskaičiuota pagal EA-4/02M.

AB „Vilniaus metrologijos centras"
Dariaus ir Girėno g. 23
LT-02189 Vilnius, LIETUVA
Tel. (8 5) 2333393
El. paštas vmc@vmc.lt
Internetas www.vmc.lt

Nacionalinis akreditacijos biuras yra Europos akreditacijos organizacijos (EA) Daugiašalių pripažinimo susitarimų signataras kalibravimo laboratorijų akreditavimo srityje ir Tarptautinės laboratorijų akreditacijos organizacijos (ILAC) Daugiašalių pripažinimo susitarimų signataras kalibravimo laboratorijų akreditavimo srityje.

Kalibravimo liudijimas gali būti dauginamas tik pilnai. Atskiras kalibravimo liudijimo dalis galima dauginti tik gavus raštišką kalibravimo laboratorijos leidimą.

2.8 pav. Mechaninio indikatoriaus 2826 kalibravimo liudijimas

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS

Nr. 067902

Puslapių skaičius 2
Puslapis 2

KALIBRAVIMO REZULTATAI

Kalibruojamo intervalo vardinė vertė, mm	Paklaidos sklaidos intervalas, µm	Išplėstinė neapibrėžtis, ±µm
2	-2,3...7,0	4,1

Inžinierė metrologė [redacted]

2.9 pav. Mechaninio indikatoriaus 2826 kalibravimo liudijimas

METROLOGIJOS CENTRAS

LIETUVOS NACIONALINIS AKREDITACIJOS BIURAS

KALIBRAVIMAS
ISO/IEC 17025 Nr. L.A. 02.023

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS

Nr. 067901

Puslapių skaičius	2
Puslapis	1
Savininkas	UAB EKSPERTIKA, A. Baranausko g. 19, Kaunas, įm.k. 135840360, užsakymo Nr. UZ-13672
Kalibruotas objektas	Indikatorius, VH tipo, Nr. 20698, matavimo ribos 2mm, padalos vertė 0,01mm
Kalibravimo metodas	Kalibravimas atliekamas pagal kalibravimo procedūrą KM G 2001 07 (2012-02-01)
Kalibravimo atlikimo vieta	Kauno regiono laboratorija, E. Ožeškienės g. 25, LT-44254 Kaunas, kaunas@vmc.lt, tel. +3706 2333393
Aplinkos sąlygos	Temperatūra: 21,6 °C Santykinė drėgmė: 33 %
Kalibravimo periodas (data)	2020-01-14
Rezultatai	Žiūrėti 2 puslapį, kalibravimo protokolo Nr. 13672-1-2
Sietis	Matavimai buvo atlikti su šiais, kalibravimo būdu, susietais etalonais: mikrometras, 5-o konstrukcinio tipo, (0...25) mm, Nr. 3845
Kalibravimo liudijimo išdavimo data	2020-01-14

Inžinierė metrologė [redacted]

Laboratorijos vadovė [redacted]

AB VILNIAUS METROLOGIJOS CENTRAS DOKUMENTAI KAUNO REG. LABORATORIJA

Kalibravimo rezultatai susiję tik su kalibruojamuoju objektu.

Neapibrėžtis. Išplėstinė neapibrėžtis apskaičiuota sumine standartine neapibrėžtį padauginus iš koeficiento k=2, kuri, esant normaliniam skirstiniui, atitinka 95% pasikliautinumo lygmenį. Standartinė neapibrėžtis paskaičiuota pagal EA-4/02M.

AB „Vilniaus metrologijos centras"
Dariaus ir Girėno g. 23
LT-02189 Vilnius, LIETUVA
Tel. (8 5) 2333393
El. paštas vmc@vmc.lt
Internetas www.vmc.lt

Nacionalinis akreditacijos biuras yra Europos akreditacijos organizacijos (EA) Daugiašalių pripažinimo susitarimų signataras kalibravimo laboratorijų akreditavimo srityje ir Tarptautinės laboratorijų akreditacijos organizacijos (ILAC) Daugiašalių pripažinimo susitarimų signataras kalibravimo laboratorijų akreditavimo srityje.

Kalibravimo liudijimas gali būti dauginamas tik pilnai. Atskiras kalibravimo liudijimo dalis galima dauginti tik gavus rašytiką kalibravimo laboratorijos leidimą.

2.10 pav. Mechaninio indikatoriaus 22068 kalibravimo liudijimas

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS

Nr. 067901

Puslapių skaičius 2

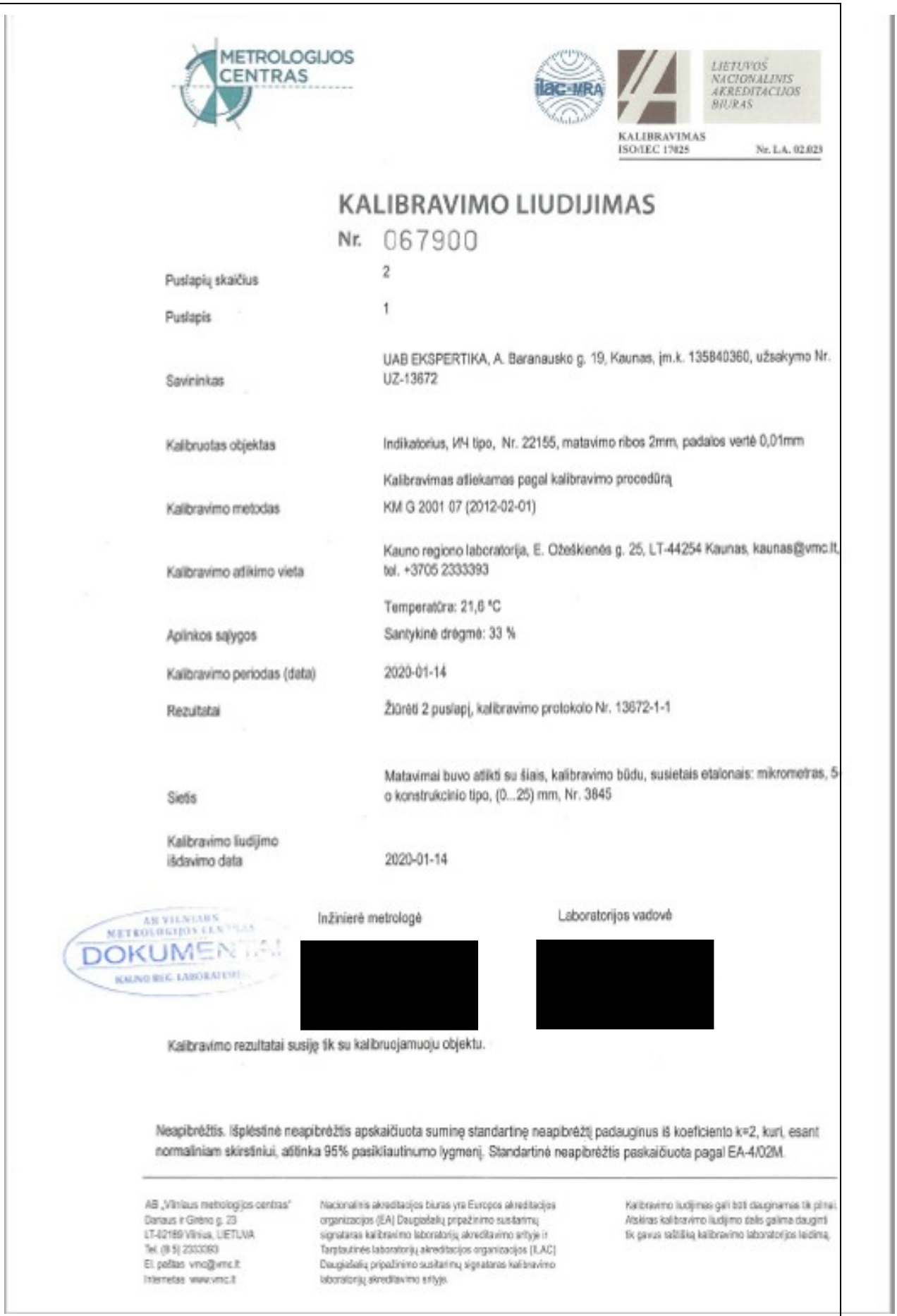
Puslapis 2

KALIBRAVIMO REZULTATAI

Kalibruojamo intervalo vardinė vertė, mm	Paklaidos sklaidos intervalas, µm	Išplėstinė neapibrėžtis, ±µm
2	-8,0...3,7	4,1

Inžinierė metrologė [redacted]

2.11 pav. Mechaninio indikatoriaus 22068 kalibravimo liudijimas



METROLOGIJOS CENTRAS

ilac-MRA

LIETUVOS NACIONALINIS AKREDITACIJOS BIURAS

KALIBRAVIMAS
ISO/IEC 17025 Nr. L.A. 02.023

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS

Nr. 067900

Puslapių skaičius	2
Puslapis	1
Savininkas	UAB EKSPERTIKA, A. Baranausko g. 19, Kaunas, įm.k. 135840360, užsakymo Nr. UZ-13672
Kalibruotas objektas	Indikatorius, I/H tipo, Nr. 22155, matavimo ribos 2mm, padalos vertė 0,01mm
Kalibravimo metodas	Kalibravimas atliekamas pagal kalibravimo procedūrą KM G 2001 07 (2012-02-01)
Kalibravimo atlikimo vieta	Kauno regiono laboratorija, E. Ožeškienės g. 25, LT-44254 Kaunas, kaunas@vmc.lt, tel. +3705 2333393
Aplinkos sąlygos	Temperatūra: 21,6 °C Santykinė drėgmė: 33 %
Kalibravimo periodas (data)	2020-01-14
Rezultatai	Žiūrėti 2 puslapį, kalibravimo protokolo Nr. 13672-1-1
Sietis	Matavimai buvo atlikti su šiais, kalibravimo būdu, susietais etalonais: mikrometras, 5-o konstrukcinio tipo, (0...25) mm, Nr. 3845
Kalibravimo liudijimo išdavimo data	2020-01-14

AB VILNIAUS METROLOGIJOS CENTRAS DOKUMENTAI KAUNO REG. LABORATORIJA

Inžinierė metrologė [redacted]

Laboratorijos vadovė [redacted]

Kalibravimo rezultatai susiję tik su kalibrucjamuoju objektu.

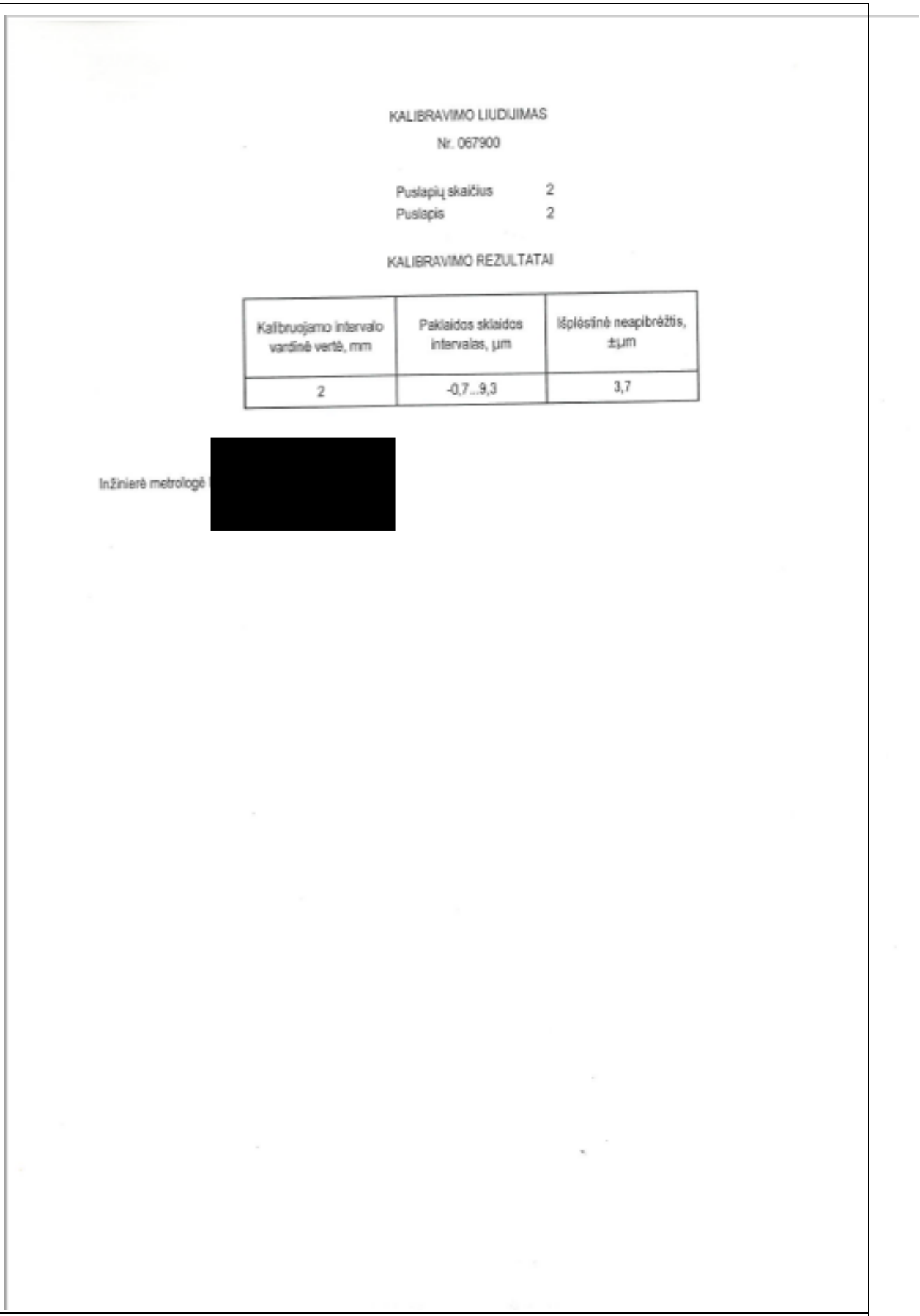
Neapibrėžtis. Išplėstinė neapibrėžtis apskaičiuota sumine standartine neapibrėžtį padauginus iš koeficiento k=2, kuri, esant normaliniam skirstiniui, atitinka 95% pasikliautinumo lygmenį. Standartinė neapibrėžtis paskaičiuota pagal EA-4/02M.

AB „Vilniaus metrologijos centras"
Daniaus ir Girėno g. 23
LT-02189 Vilnius, LIETUVA
Tel. (8 5) 2333093
El. paštas vmc@vmc.lt
Internetas www.vmc.lt

Nacionalinis akreditacijos biuras yra Europos akreditacijos organizacijos (EA) Daugiašalių pripažinimo sutarimų signatarais kalibravimo laboratorijų akreditavimo srityje ir Tarptautinės laboratorijų akreditacijos organizacijos (ILAC) Daugiašalių pripažinimo susitarimų signatarais kalibravimo laboratorijų akreditavimo srityje.

Kalibravimo liudijimas gali būti dauginamas tik pilnai. Atskiras kalibravimo liudijimo dalis galima dauginti tik gavus rašytinį kalibravimo laboratorijos leidimą.

2.12 pav. Mechaninio indikatoriaus 22155 kalibravimo liudijimas



KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS

Nr. 067900

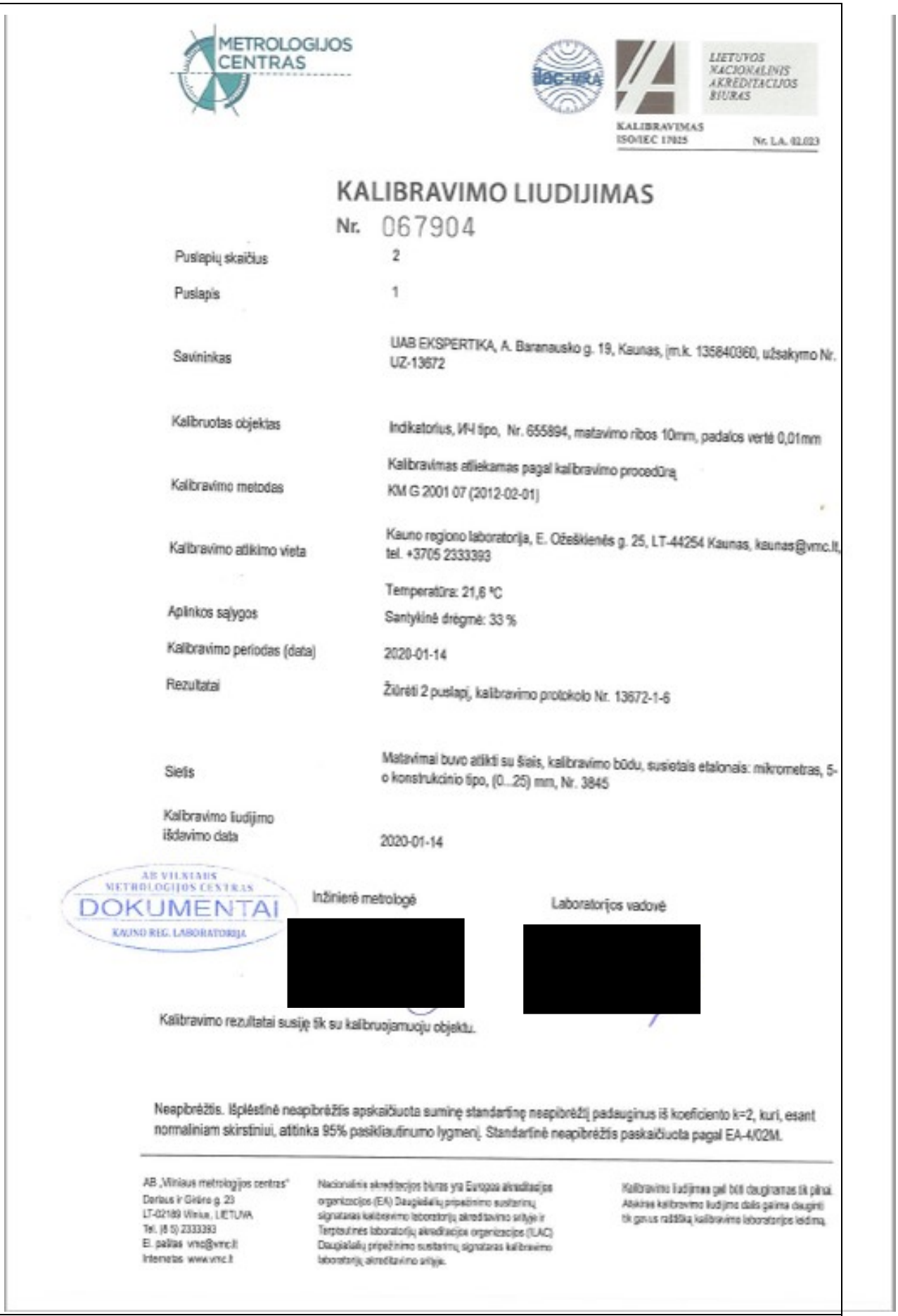
Puslapių skaičius 2
Puslapis 2

KALIBRAVIMO REZULTATAI

Kalibruojamo intervalo vardinė vertė, mm	Paklaidos sklaidos intervalas, µm	Išplėstinė neapibrėžtis, ±µm
2	-0,7...9,3	3,7

Inžinierė metrologė [redacted]

2.13 pav. Mechaninio indikatoriaus 22155 kalibravimo liudijimas



METROLOGIJOS CENTRAS

LIETUVOS NACIONALINIS AKREDITACIJOS BIURAS

KALIBRAVIMAS
ISO/IEC 17025 Nr. LA. 02.023

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS

Nr. 067904

Puslapių skaičius	2
Puslapis	1
Savininkas	UAB EKSPERTIKA, A. Baranausko g. 19, Kaunas, įm.k. 135640360, užsakymo Nr. UZ-13672
Kalibruotas objektas	Indikatorius, MH tipo, Nr. 655894, matavimo ribos 10mm, padalos vertė 0,01mm
Kalibravimo metodas	Kalibravimas atliekamas pagal kalibravimo procedūrą KM G 2001 07 (2012-02-01)
Kalibravimo atlikimo vieta	Kauno regiono laboratorija, E. Ožeškienės g. 25, LT-44254 Kaunas, kaunas@vmc.lt, tel. +3705 2333393
Aplinkos sąlygos	Temperatūra: 21,6 °C Santykinė drėgmė: 33 %
Kalibravimo periodas (data)	2020-01-14
Rezultatai	Žiūrėti 2 puslapį, kalibravimo protokolo Nr. 13672-1-6
Sietis	Matavimai buvo atlikti su šiais, kalibravimo būdu, susietais etalonais: mikrometras, 5-o konstrukcinio tipo, (0...25) mm, Nr. 3845
Kalibravimo liudijimo išdavimo data	2020-01-14

AB VILNIAUS METROLOGIJOS CENTRAS
DOKUMENTAI
KAUNO REG. LABORATORIJA

Inžinierė metrologė [redacted]

Laboratorijos vadovė [redacted]

Kalibravimo rezultatai susiję tik su kalibruojamuoju objektu.

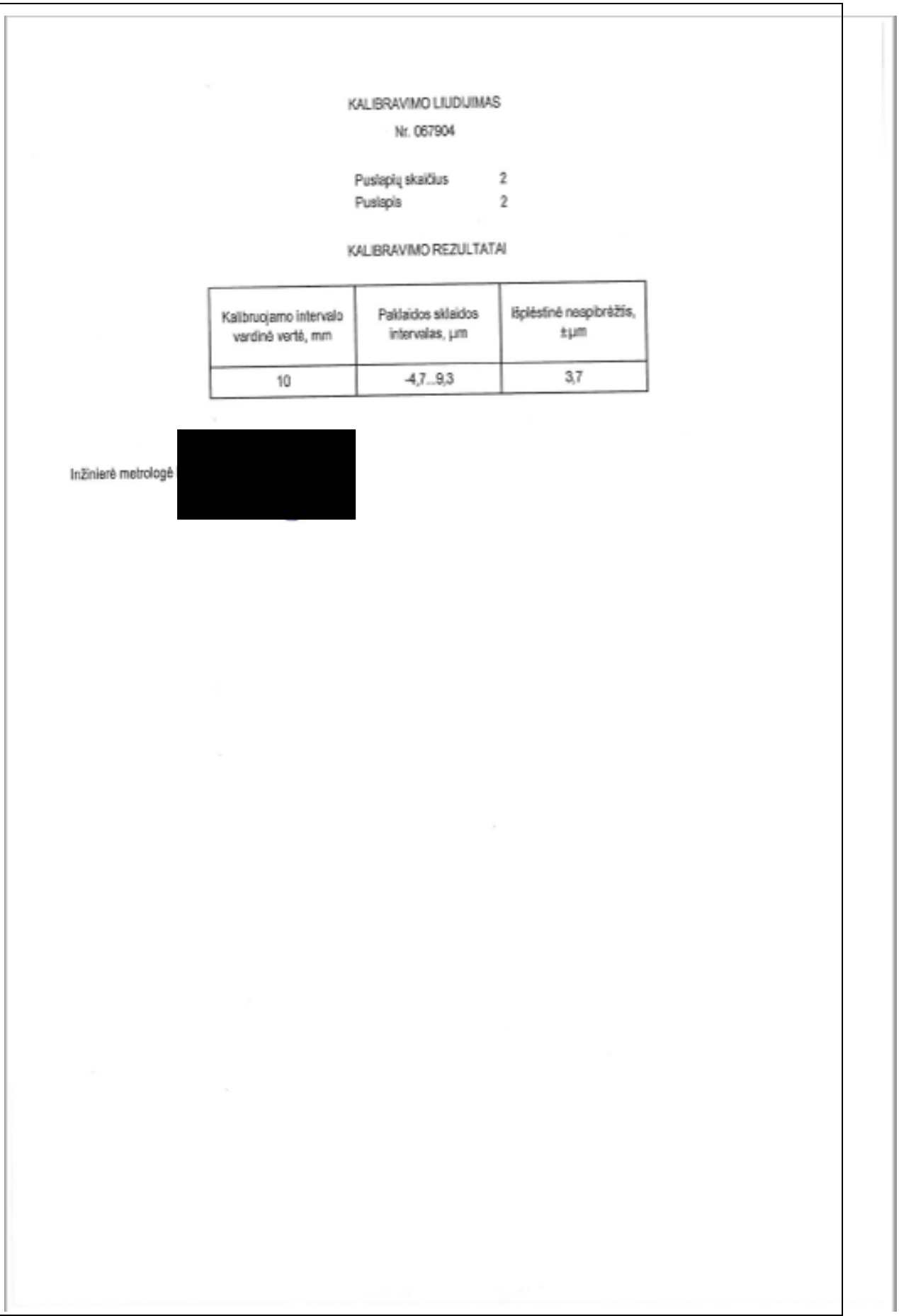
Neapibrėžtis. Išplėstinė neapibrėžtis apskaičiuota sumirę standartinę neapibrėžtį padauginus iš koeficiento k=2, kuri, esant normaliniam skirstiniui, atitinka 95% pasikliautinumo lygmenį. Standartinė neapibrėžtis paskaičiuota pagal EA-4/02M.

AB „Vilniaus metrologijos centras"
Dariaus ir Girėno g. 23
LT-02189 Vilnius, LIETUVA
Tel. (8 5) 2333393
El. paštas vmc@vmc.lt
Internetas www.vmc.lt

Nacionalinis akreditacijos biuras yra Europos akreditacijos organizacijos (EA) Daugiašalių pripažinimo susitarimų signatarais kalibravimo laboratorijų akreditavimo srityje ir Tarptautinės laboratorijų akreditacijos organizacijos (TLAC) Daugiašalių pripažinimo susitarimų signatarais kalibravimo laboratorijų akreditavimo srityje.

Kalibravimo liudijimas gali būti dauginamas tik pilnai. Atskirai kalibravimo liudijimo dalis gali būti dauginti tik gavus rašytinį kalibravimo laboratorijos leidimą.

2.14 pav. Mechaninio indikatoriaus 655894 kalibravimo liudijimas



KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS

Nr. 067904

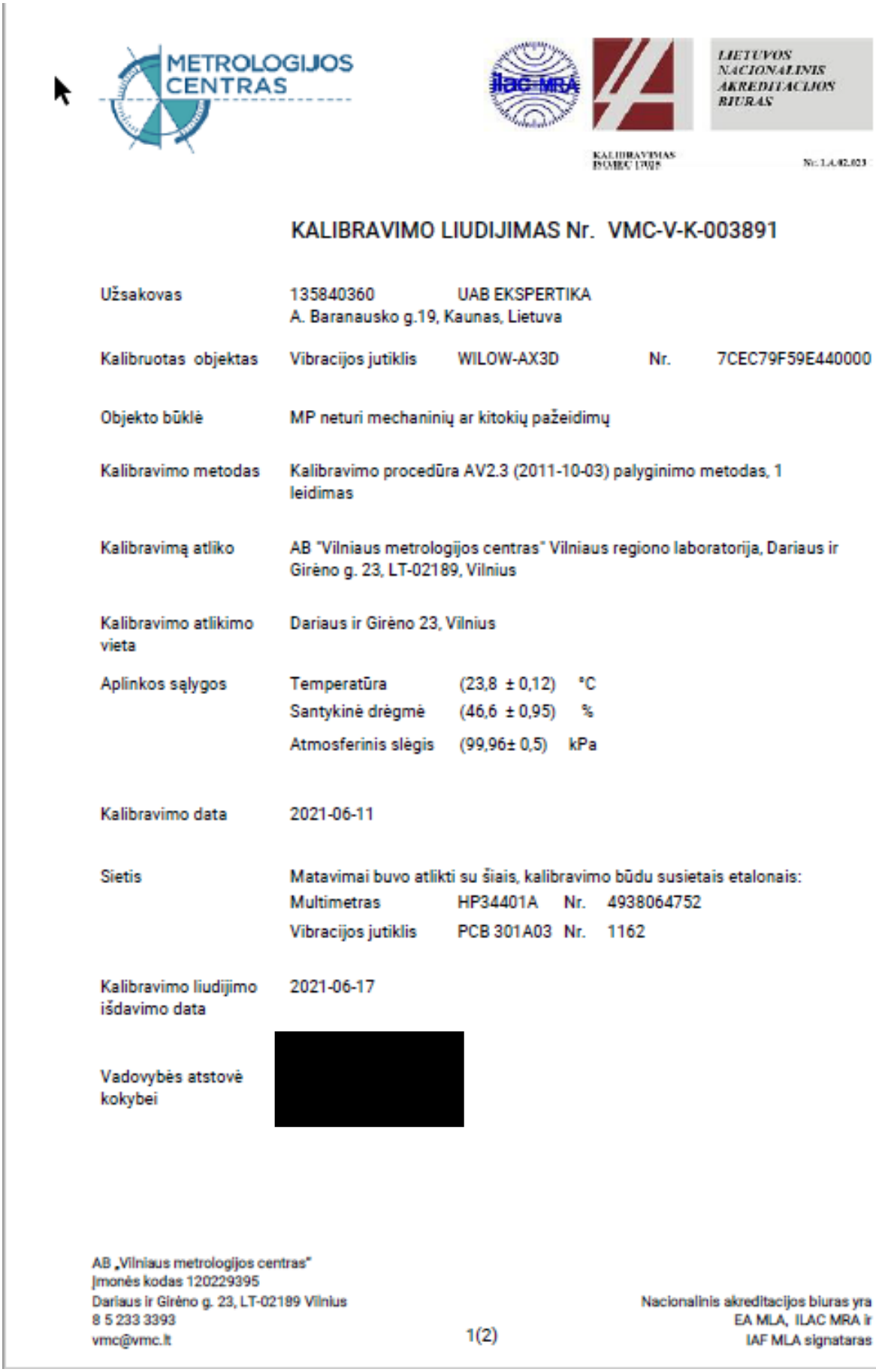
Puslapių skaičius 2
Puslapis 2

KALIBRAVIMO REZULTATAI

Kalibruojamo intervalo vardinė vertė, mm	Paklaidos sklaidos intervalas, µm	Išplėstinė nepibrėžtis, ±µm
10	-4,7...9,3	3,7

Inžinierė metrologė [redacted]

2.15 pav. Mechaninio indikatoriaus 22155 kalibravimo liudijimas



METROLOGIJOS CENTRAS

LIETUVOS NACIONALINIS AKREDITACIJOS BIURAS

KALIBRAVIMAS ISO/IEC 17025 Nr. LA.02.023

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS Nr. VMC-V-K-003891

Užsakovas	135840360 UAB EKSPERTIKA A. Baranausko g.19, Kaunas, Lietuva
Kalibruotas objektas	Vibracijos jutiklis WILOW-AX3D Nr. 7CEC79F59E440000
Objekto būklė	MP neturi mechaninių ar kitokių pažeidimų
Kalibravimo metodas	Kalibravimo procedūra AV2.3 (2011-10-03) palyginimo metodas, 1 leidimas
Kalibravimą atliko	AB "Vilniaus metrologijos centras" Vilniaus regiono laboratorija, Dariaus ir Girėno g. 23, LT-02189, Vilnius
Kalibravimo atlikimo vieta	Dariaus ir Girėno 23, Vilnius
Aplinkos sąlygos	Temperatūra (23,8 ± 0,12) °C Santykinė drėgmė (46,6 ± 0,95) % Atmosferinis slėgis (99,96± 0,5) kPa
Kalibravimo data	2021-06-11
Sietis	Matavimai buvo atlikti su šiais, kalibravimo būdu susietais etalonais: Multimetras HP34401A Nr. 4938064752 Vibracijos jutiklis PCB 301A03 Nr. 1162
Kalibravimo liudijimo išdavimo data	2021-06-17
Vadovybės atstovė kokybei	[redacted]

AB „Vilniaus metrologijos centras"
Įmonės kodas 120229395
Dariaus ir Girėno g. 23, LT-02189 Vilnius
8 5 233 3393
vmc@vmc.lt

1(2)

Nacionalinis akreditacijos biuras yra
EA MLA, ILAC MRA ir
IAF MLA signataras

2.16 pav. Trijų ašių pagreičio jutiklis (akcelerometras)

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS Nr. VMC-V-K-003891
KALIBRAVIMO REZULTATAI

Vibracijos jutiklis WILOW-AX3D Nr. 7CEC79F59E440000 X ašis

Dažnis	Matuojamas vibracijos pagreitis	Jutiklio jautrio koeficientas	Jutiklio sistemos išmatuotas vibracijos pagreitis	Išplėstinė neapibrėžtis
Hz	m/s^2	$mV/m/s^2$	m/s^2	%
159,2	10,0171	19,839	9,728	1,43

Matavimai atlikti esant 9,8144 m/s^2 laisvojo kritimo pagreičiui

Išplėstinė neapibrėžtis apskaičiuota sumine standartinę neapibrėžtį padauginus iš koeficiento k=2, kuris, esant normaliniam skirstiniui, atitinka 95% pasikliautinumo lygmenį

Standartinė neapibrėžtis paskaičiuota pagal EA-4/02M.

Kalibravimo rezultatai susiję tik su kalibruojamu objektu

Kalibravimo liudijimas gali būti dauginamas tik pilnai. Atskiras kalibravimo liudijimo dalis galima dauginti tik gavus raštišką laboratorijos leidimą

2(2)

2.17 pav. Mechaninio indikatoriaus 22155 kalibravimo liudijimas

METROLOGIJOS CENTRAS

LIETUVOS NACIONALINIS AKREDITACIJOS BIURAS

KALIBRAVIMAS ISO/IEC 17025 Nr. LA.02.023

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS Nr. VMC-V-K-003905

Užsakovas	135840360 UAB EKSPERTIKA A. Baranausko g.19, Kaunas, Lietuva
Kalibruotas objektas	Vibracijos jutiklis WILOW-AX3D Nr. 7CEC79F591FC0000
Objekto būklė	MP neturi mechaninių ar kitokių pažeidimų
Kalibravimo metodas	Kalibravimo procedūra AV2.3 (2011-10-03) palyginimo metodas, 1 leidimas
Kalibravimą atlikо	AB "Vilniaus metrologijos centras" Vilniaus regiono laboratorija, Dariaus ir Girėno g. 23, LT-02189, Vilnius
Kalibravimo atlikimo vieta	Dariaus ir Girėno 23, Vilnius
Aplinkos sąlygos	Temperatūra (23,5 ± 0,12) °C Santykinė drėgmė (46,2 ± 0,95) % Atmosferinis slėgis (99,6± 0,5) kPa
Kalibravimo data	2021-06-11
Sietis	Matavimai buvo atlikti su šiais, kalibravimo būdu susietais etalonais: Multimetras HP34401A Nr. 4938064752 Vibracijos jutiklis PCB 301A03 Nr. 1162
Kalibravimo liudijimo išdavimo data	2021-06-17
Vadovybės atstovė kokybei	[redacted]

2.18 pav. Trijų ašių pagreičio jutiklis (akcelerometras)

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS Nr. VMC-V-K-003905
KALIBRAVIMO REZULTATAI

Vibracijos jutiklis WILOW-AX3D Nr. 7CEC79F591FC0000 X ašis

Dažnis	Matuojamas vibracijos pagreitis	Jutiklio jautrio koeficientas	Jutiklio sistemos išmatuotas vibracijos pagreitis	Išplėstinė neapibrėžtis
Hz	m/s^2	$mV/m/s^2$	m/s^2	%
159,2	10,017	20,472	10,039	0,43

Matavimai atlikti esant 9,8144 m/s2 laisvojo kritimo pagreičiui

Išplėstinė neapibrėžtis apskaičiuota sumine standartinę neapibrėžtį padauginus iš koeficiento k=2, kuris, esant normaliniam skirstiniui, atitinka 95% pasikliautinumo lygmenį

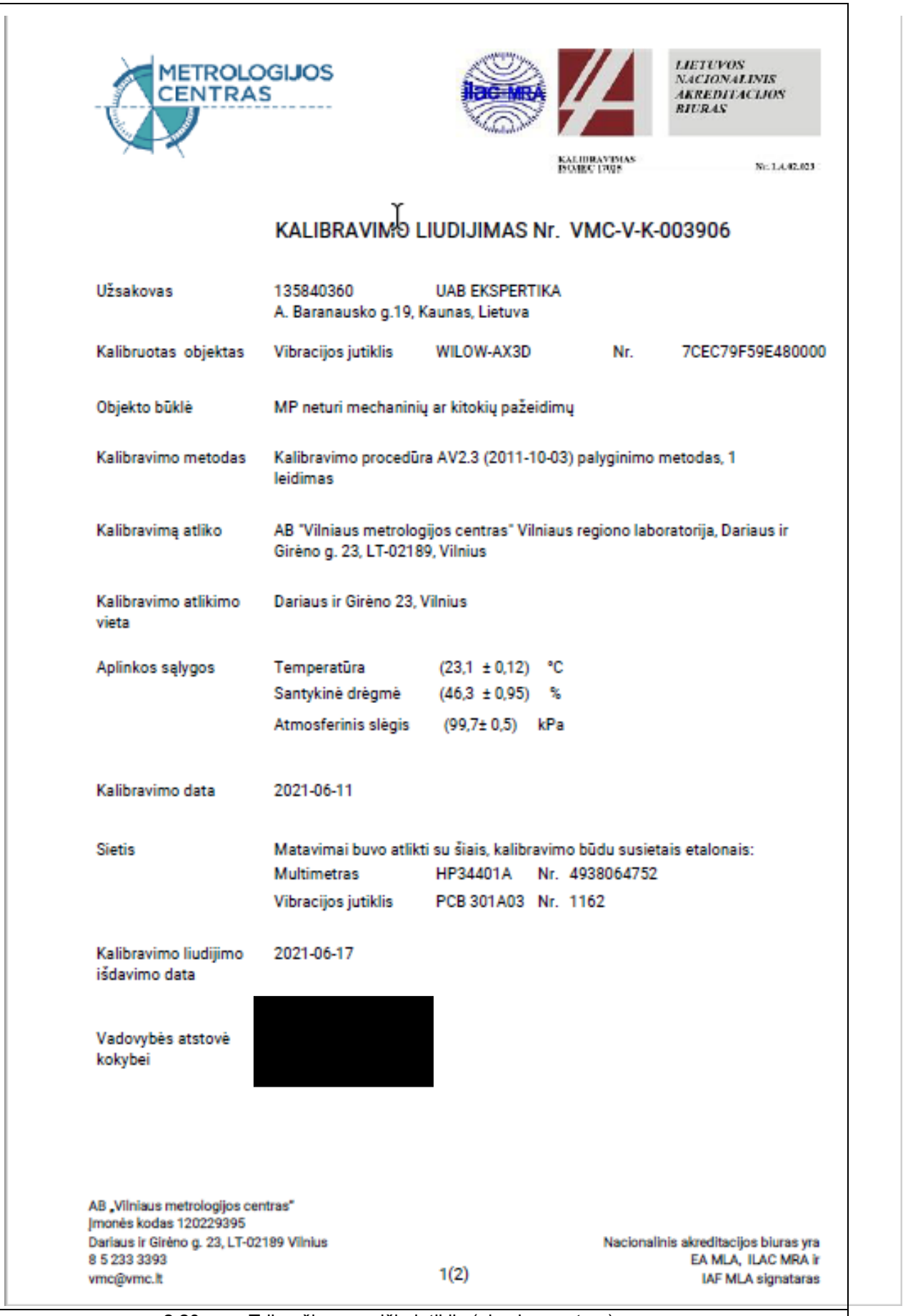
Standartinė neapibrėžtis paskaičiuota pagal EA-4/02M.

Kalibravimo rezultatai susiję tik su kalibruojamu objektu

Kalibravimo liudijimas gali būti dauginamas tik pilnai. Atskiras kalibravimo liudijimo dalis galima dauginti tik gavus raštišką laboratorijos leidimą

2(2)

2.19 pav. Trijų ašių pagreičio jutiklis (akcelerometras)



METROLOGIJOS CENTRAS

LIETUVOS NACIONALINIS AKREDITACIJOS BIURAS

KALIBRAVIMAS ISO/IEC 17025

Nr. LA.02.023

KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS Nr. VMC-V-K-003906

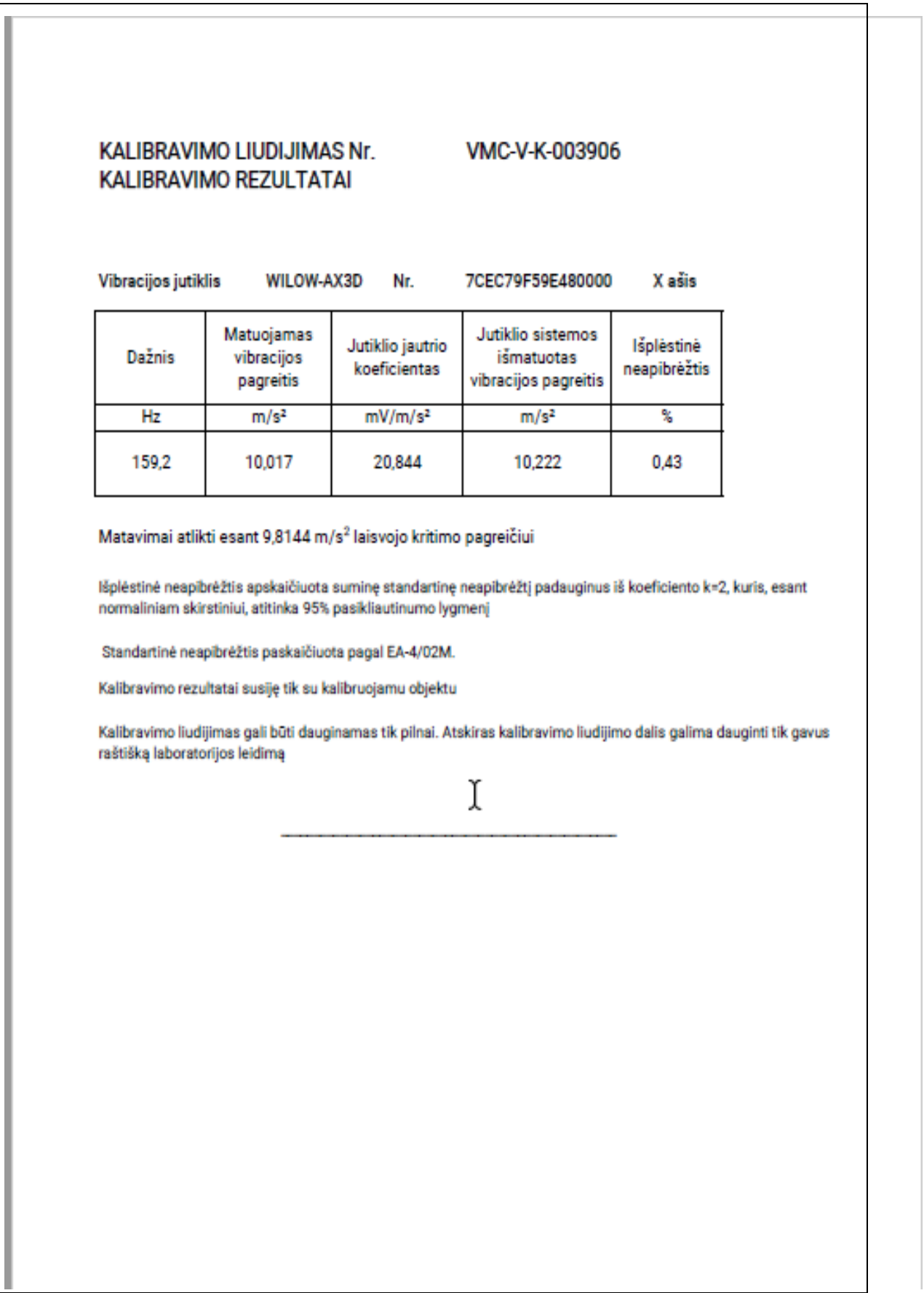
Užsakovas	135840360 UAB EKSPERTIKA A. Baranausko g.19, Kaunas, Lietuva
Kalibruotas objektas	Vibracijos jutiklis WILOW-AX3D Nr. 7CEC79F59E480000
Objekto būklė	MP neturi mechaninių ar kitokių pažeidimų
Kalibravimo metodas	Kalibravimo procedūra AV2.3 (2011-10-03) palyginimo metodas, 1 leidimas
Kalibravimą atliko	AB "Vilniaus metrologijos centras" Vilniaus regiono laboratorija, Dariaus ir Girėno g. 23, LT-02189, Vilnius
Kalibravimo atlikimo vieta	Dariaus ir Girėno 23, Vilnius
Aplinkos sąlygos	Temperatūra (23,1 ± 0,12) °C Santykinė drėgmė (46,3 ± 0,95) % Atmosferinis slėgis (99,7± 0,5) kPa
Kalibravimo data	2021-06-11
Sietis	Matavimai buvo atlikti su šiais, kalibravimo būdu susietais etalonais: Multimetras HP34401A Nr. 4938064752 Vibracijos jutiklis PCB 301A03 Nr. 1162
Kalibravimo liudijimo išdavimo data	2021-06-17
Vadovybės atstovė kokybei	[redacted]

AB „Vilniaus metrologijos centras"
Įmonės kodas 120229395
Dariaus ir Girėno g. 23, LT-02189 Vilnius
8 5 233 3393
vmc@vmc.lt

1(2)

Nacionalinis akreditacijos biuras yra EA MLA, ILAC MRA ir IAF MLA signataras

2.20 pav. Trijų ašių pagreičio jutiklis (akcelerometras)



KALIBRAVIMO LIUDIJIMAS Nr. VMC-V-K-003906
KALIBRAVIMO REZULTATAI

Vibracijos jutiklis WILOW-AX3D Nr. 7CEC79F59E480000 X ašis

Dažnis	Matuojamas vibracijos pagreitis	Jutiklio jautrio koeficientas	Jutiklio sistemos išmatuotas vibracijos pagreitis	Išplėstinė neapibrėžtis
Hz	m/s²	mV/m/s²	m/s²	%
159,2	10,017	20,844	10,222	0,43

Matavimai atlikti esant 9,8144 m/s² laisvojo kritimo pagreičiui

Išplėstinė neapibrėžtis apskaičiuota sumine standartinę neapibrėžtį padauginus iš koeficiento k=2, kuris, esant normaliniam skirstiniui, atitinka 95% pasikliautinumo lygmenį

Standartinė neapibrėžtis paskaičiuota pagal EA-4/02M.

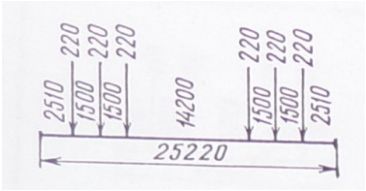
Kalibravimo rezultatai susiję tik su kalibruojamu objektu

Kalibravimo liudijimas gali būti dauginamas tik pilnai. Atskiras kalibravimo liudijimo dalis galima dauginti tik gavus raštišką laboratorijos leidimą

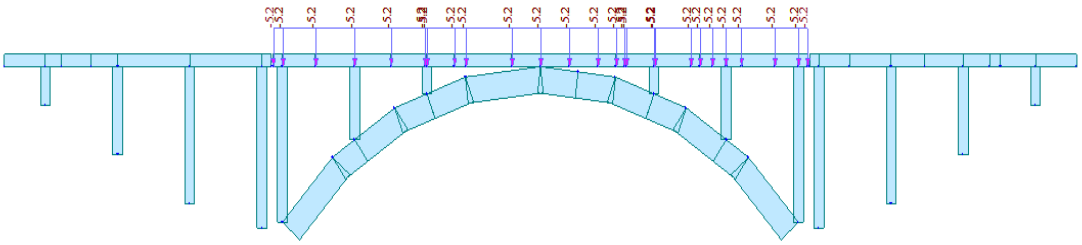
2.21 pav. Trijų ašių pagreičio jutiklis (akcelerometras)

3 PRIEDAS. VIADUKO PERDANGOS ĮRĄŽŲ IR DEFORMACIJŲ SKAIČIAVIMAS NUO SKIRTINGŲ VAGONŲ APKROVŲ

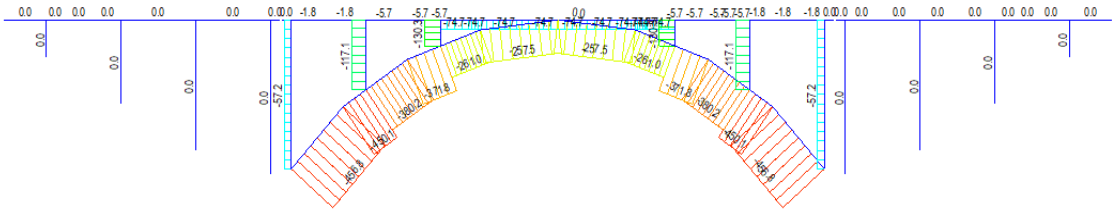
6 AŠIŲ PUSVAGONIAI CISTERNOS, KURIŲ BENDROJI MASĖ SVYRUOJA NUO 80 T IKI 92 T



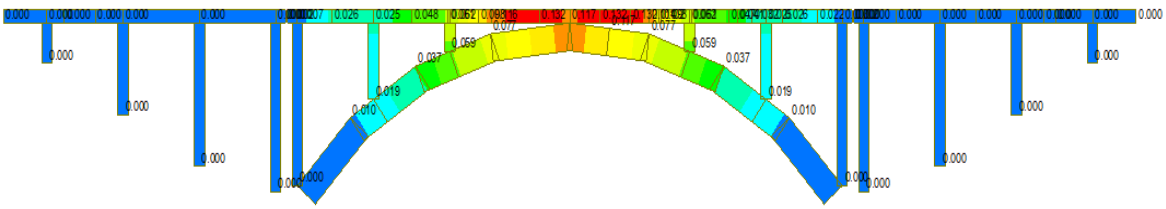
92 t 5,23 t/m



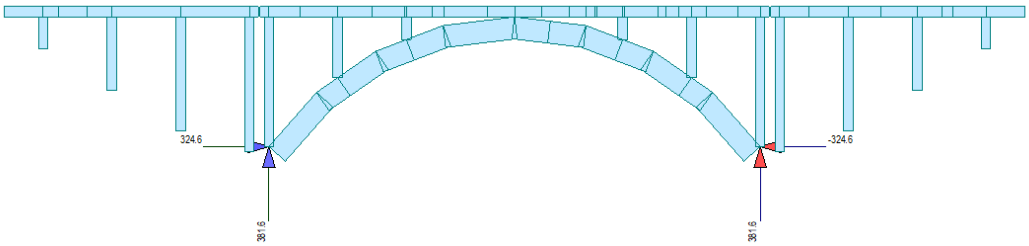
3.1 pav. Viadukas apkrautas 5,23 t/m apkrova



3.2 pav. Ašinės jėgos nuo 5,23 t/m apkrovos

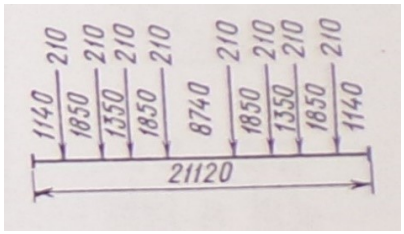


3.3 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 5,23 t/m apkrovos

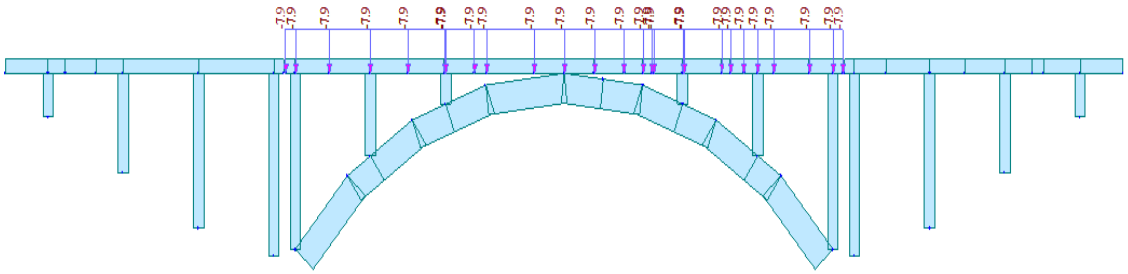


3.4 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 5,23 t/m apkrovos

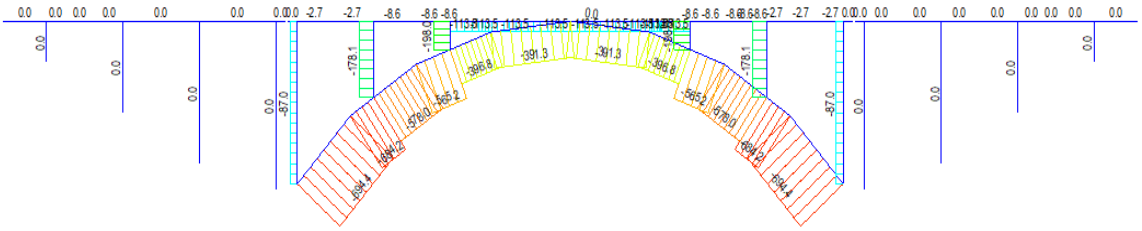
8 AŠIŲ PUSVAGONIAI CISTERNOS, KURIŲ BENDROJI MASĖ SVYRUOJA NUO 90 T IKI 120 T;



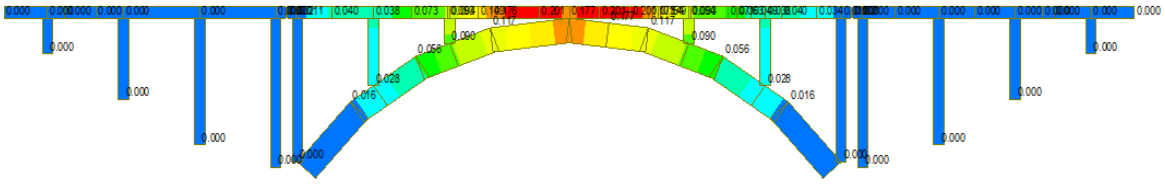
7,95 t/m



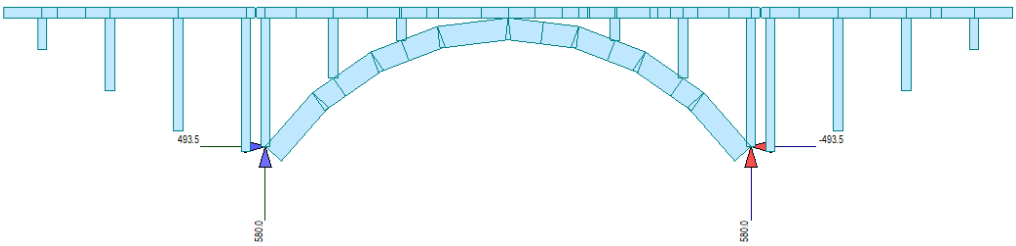
3.5 pav. Viadukas apkrautas 7,95 t/m apkrova



3.6 pav. Ašinės jėgos nuo 7,95 t/m apkrovos

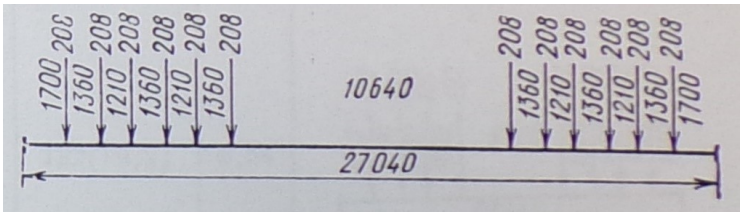


3.7 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 7,95 t/m apkrovos

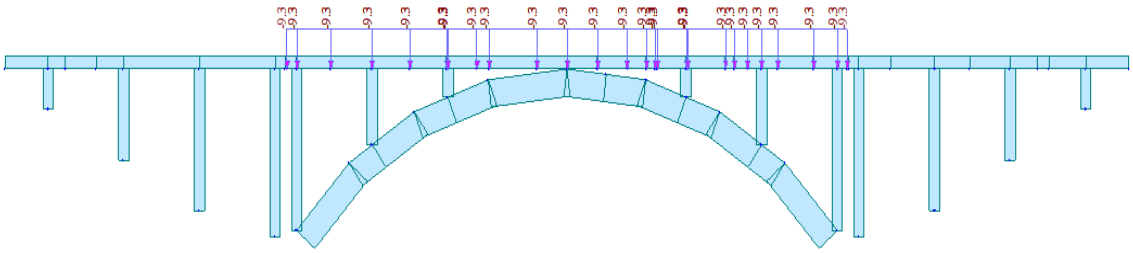


3.8 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 7,95 t/m apkrovos

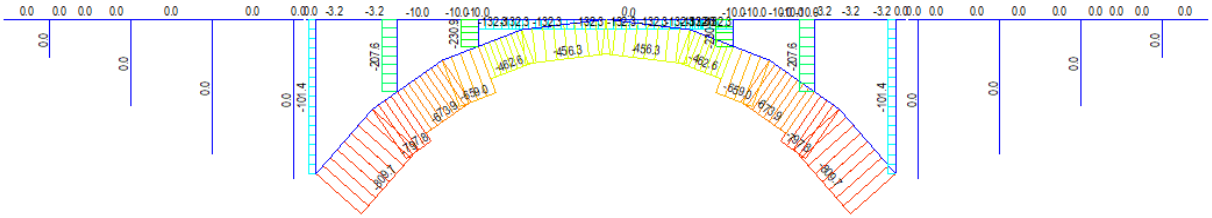
12 AŠIŲ TRANSPORTERINIAI VAGONAI, KURIŲ BENDROJI MASĖ SVYRUOJA NUO 130 T IKI 150 T



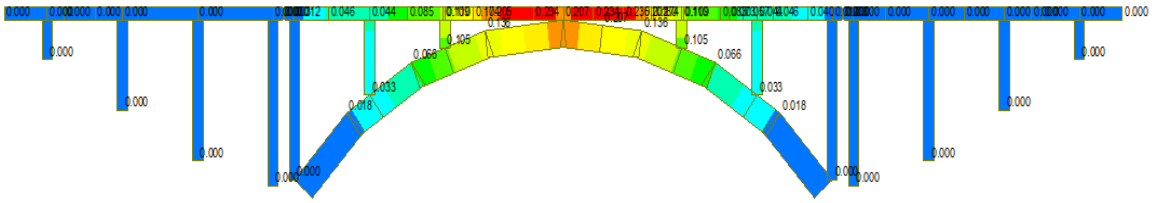
130 t 9,27 t/m



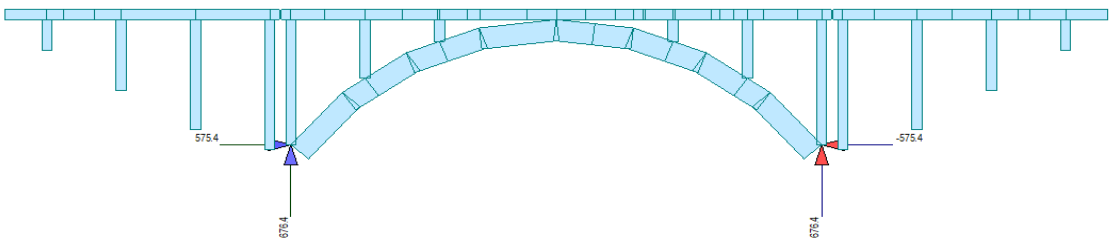
3.9 pav. Viadukas apkrautas 9,27 t/m apkrova



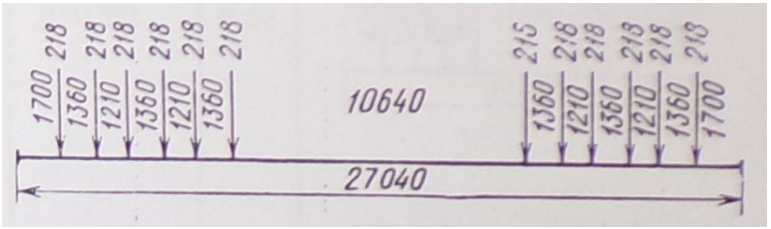
3.10 pav. Ašinės jėgos nuo 9,27 t/m apkrovos



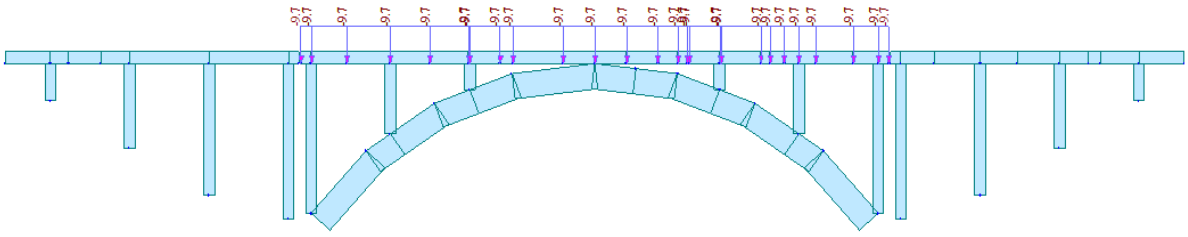
3.11 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 9,27 t/m apkrovos



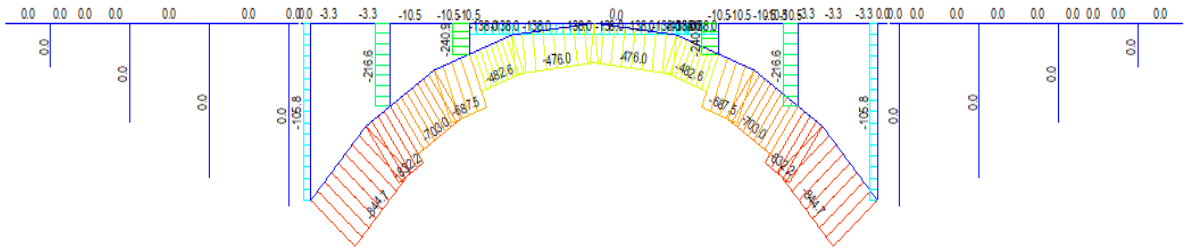
3.12 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 9,27 t/m apkrovos



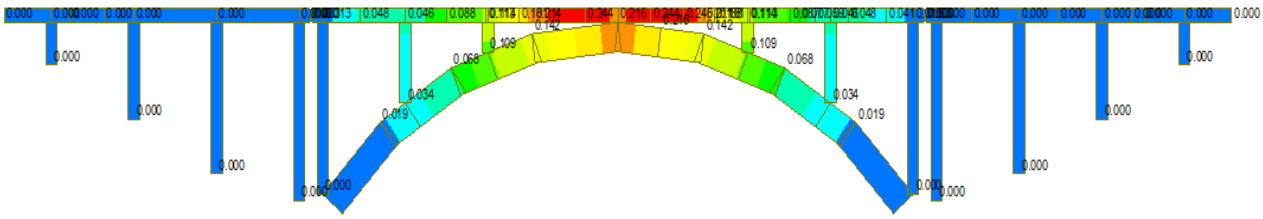
150 t 9,67 t/m



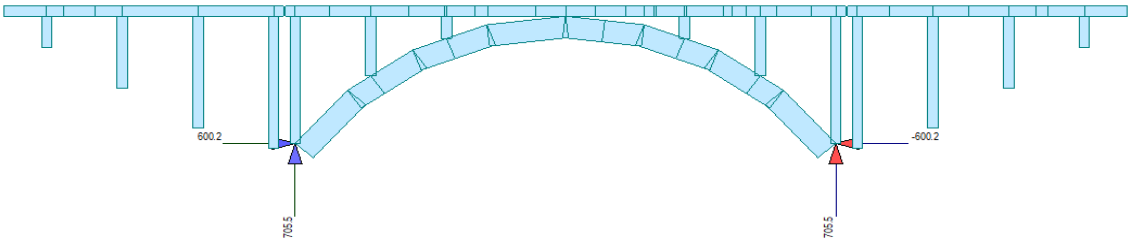
3.13 pav. Viadukas apkrautas 9,67 t/m apkrova



3.14 pav. Ašinės jėgos nuo 9,67 t/m apkrovos

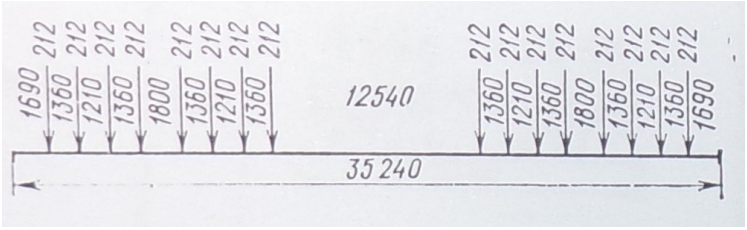


3.15 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 9,67 t/m apkrovos

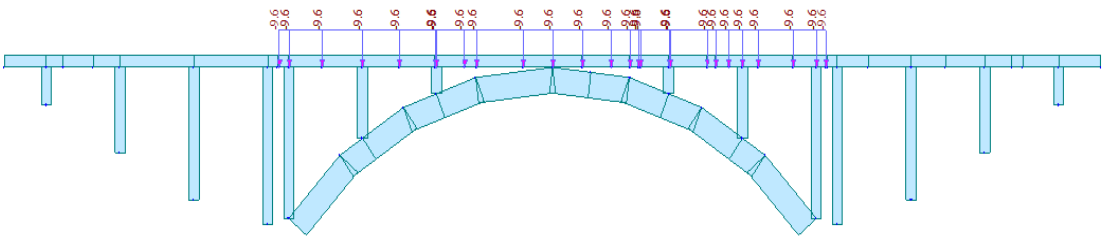


3.16 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 9,67 t/m apkrovos

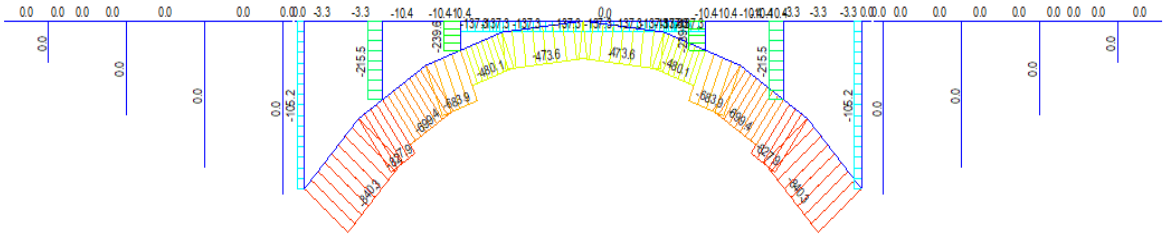
16 AŠIŲ TRANSPORTERINIAI VAGONAI, KURIŲ BENDROJI MASĖ SVYRUOJA NUO 180 T IKI 220 T



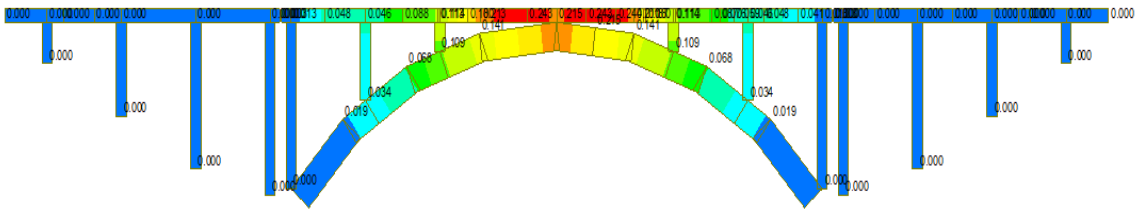
180 t 9,62 t/m



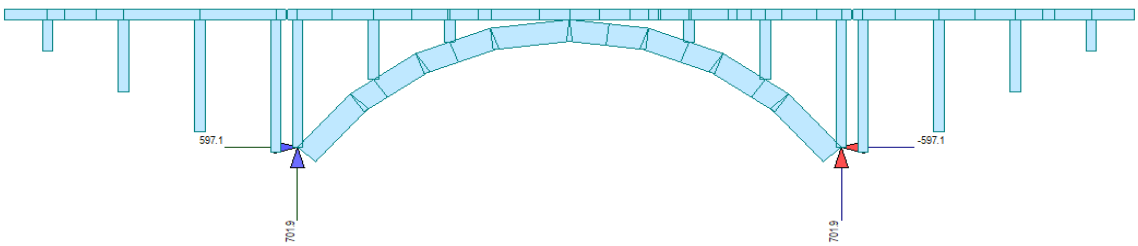
3.17 pav. Viadukas apkrautas 9,62 t/m apkrova



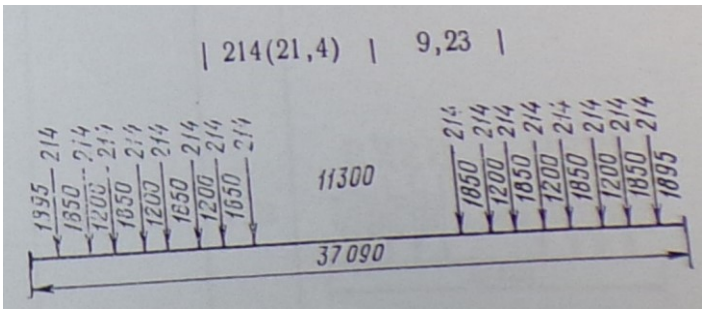
3.18 pav. Ašinės jėgos nuo 9,62 t/m apkrovos



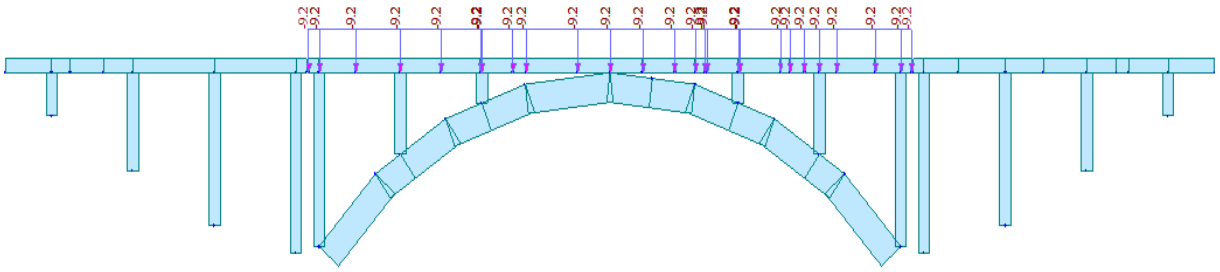
3.19 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 9,62 t/m apkrovos



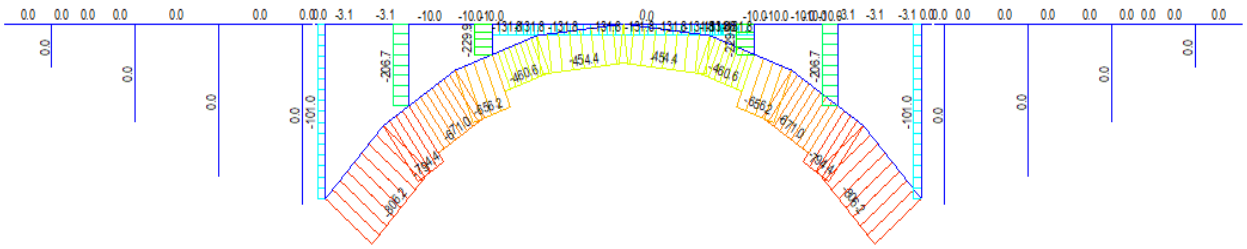
3.20 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 9,62 t/m apkrovos



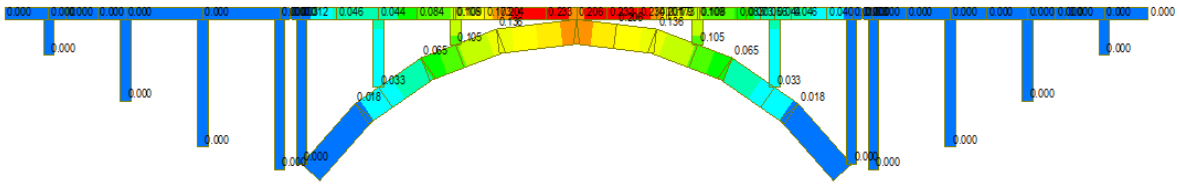
220 t 9,23 t



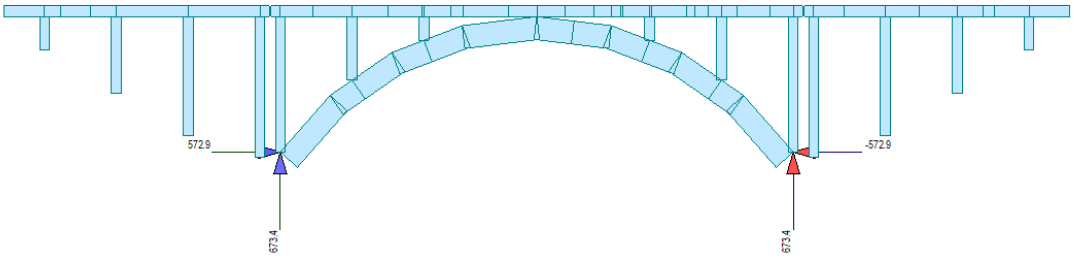
3.21 pav. Viadukas apkrautas 9,23 t/m apkrova



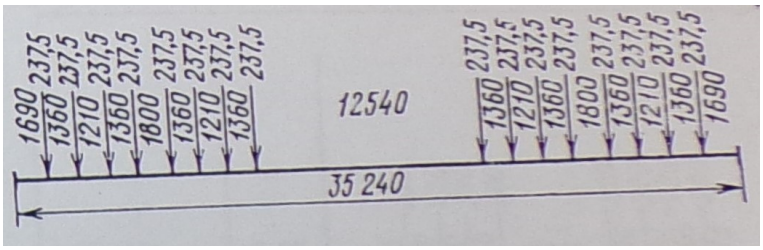
3.22 pav. Ašinės jėgos nuo 9,23 t/m apkrovos



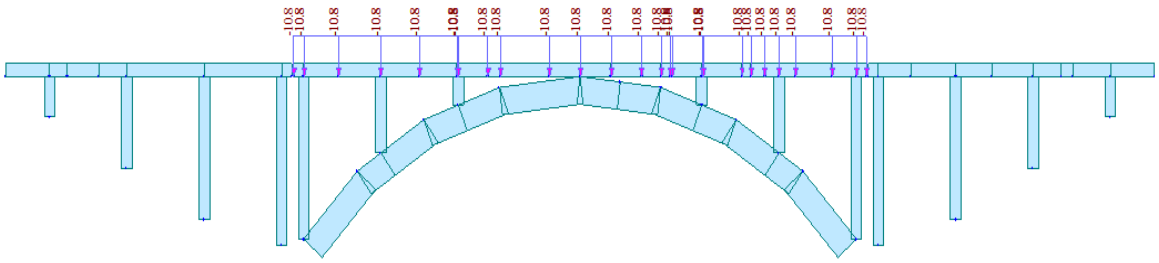
3.23 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 9,23 t/m apkrovos



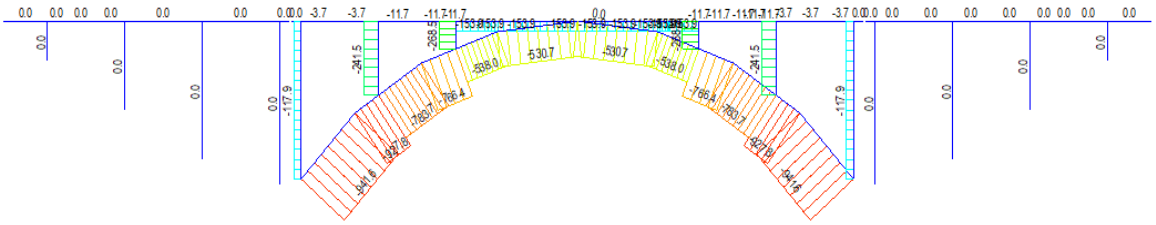
3.24 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 9,23 t/m apkrovos



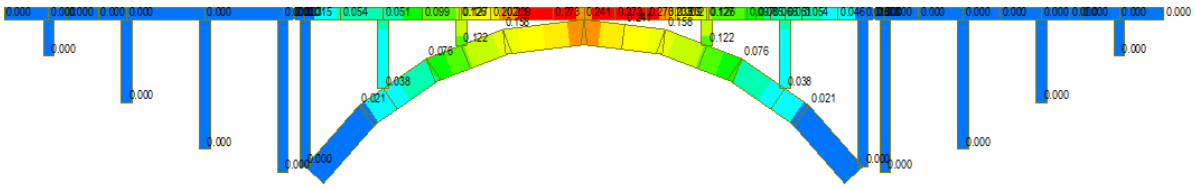
220 t 10,78 t/m



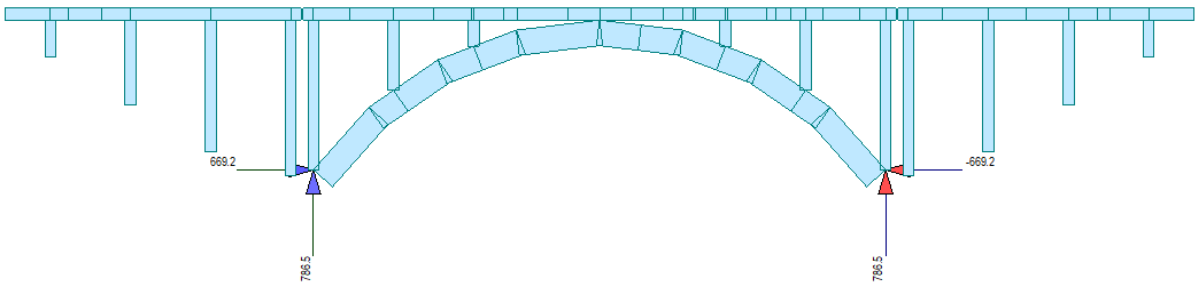
3.25 pav. Viadukas apkrautas 10,78 t/m apkrova



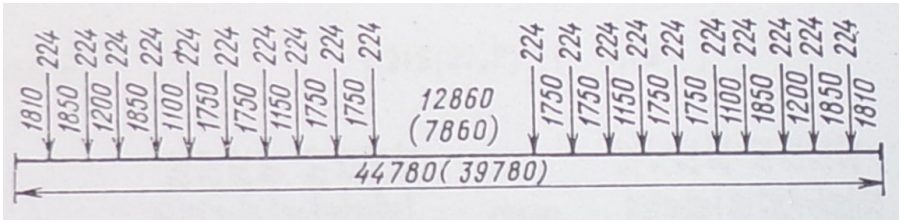
3.26 pav. Ašinės jėgos nuo 10,78 t/m apkrovos



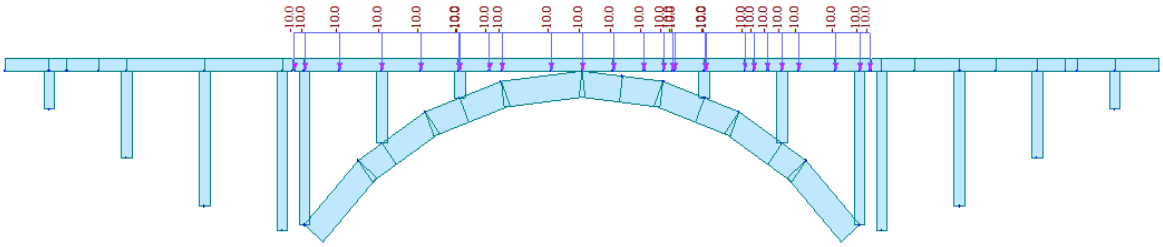
3.27 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 10,78 t/m apkrovos



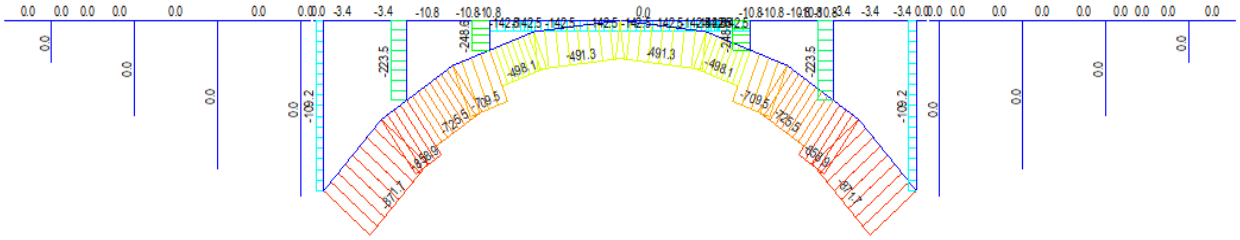
3.28 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 10,78 t/m apkrovos



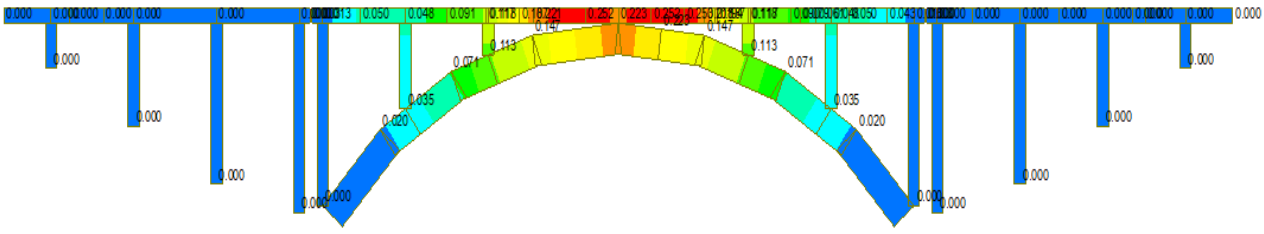
300 t 9,98 t/m



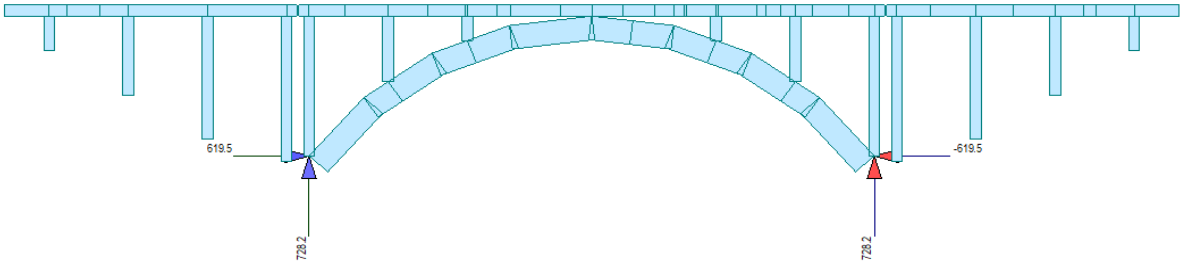
3.29 pav. Viadukas apkrautas 9,98 t/m apkrova



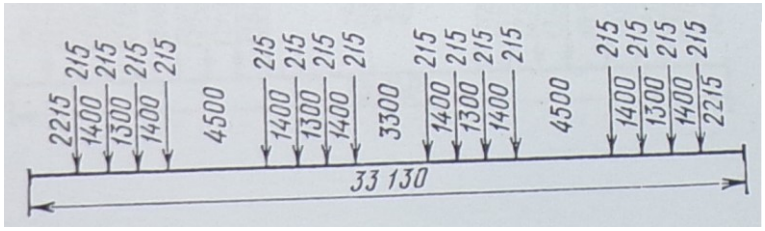
3.30 pav. Ašinės jėgos nuo 9,98 t/m apkrovos



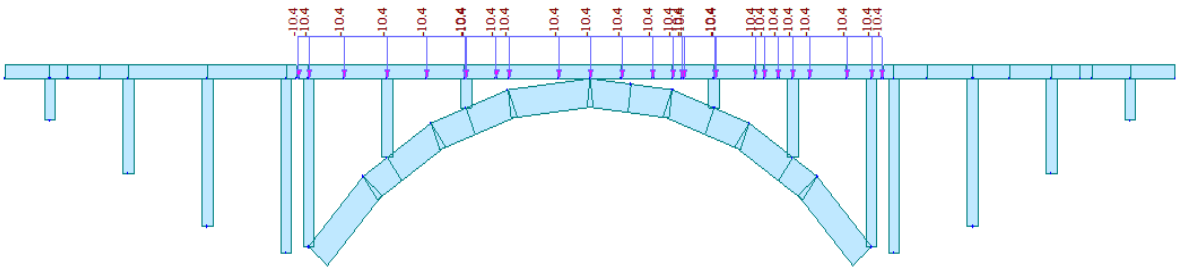
3.31 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 9,98 t/m apkrovos



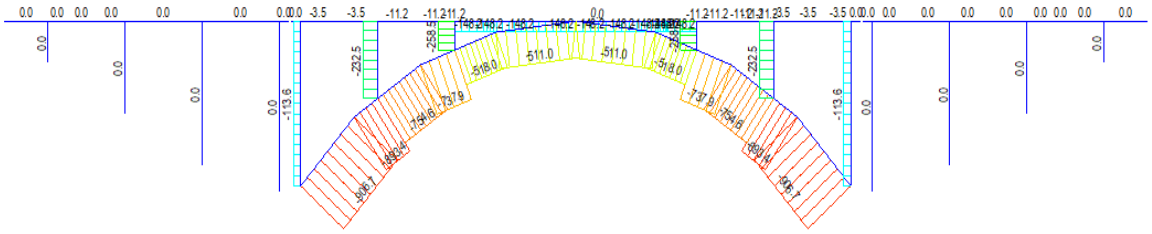
3.32 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 9,98 t/m apkrovos



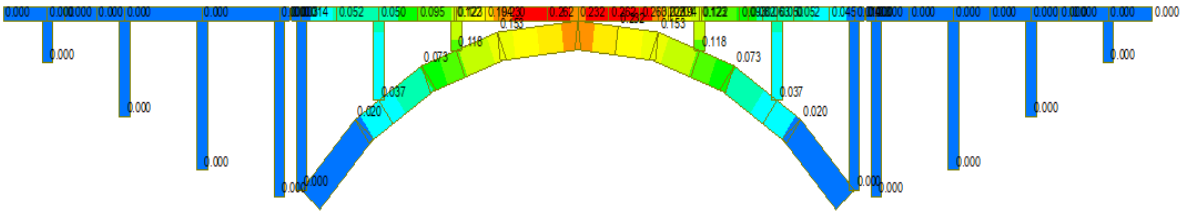
240 t 10,38 t/m



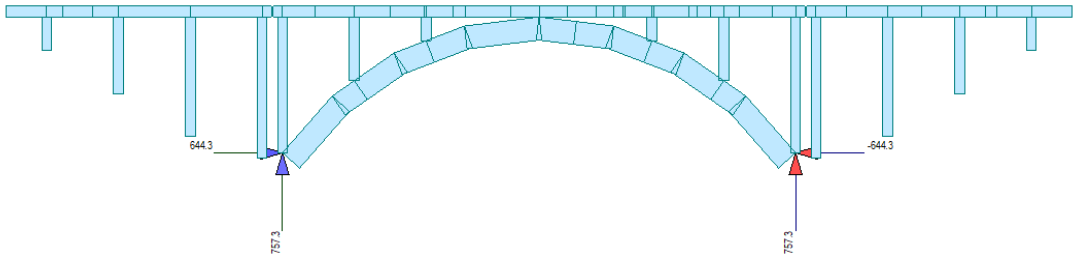
3.33 pav. Viadukas apkrautas 10,38 t/m apkrova



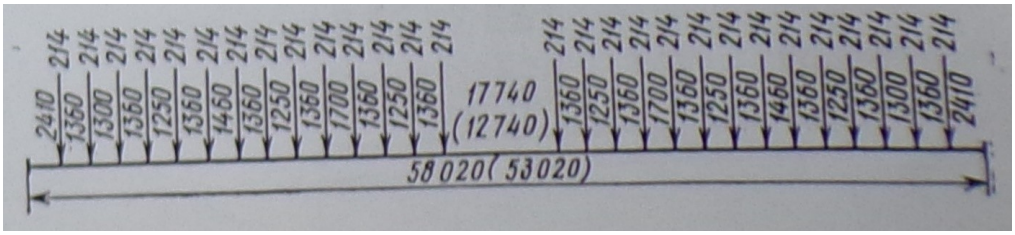
3.34 pav. Ašinės jėgos nuo 10,38 t/m apkrovos



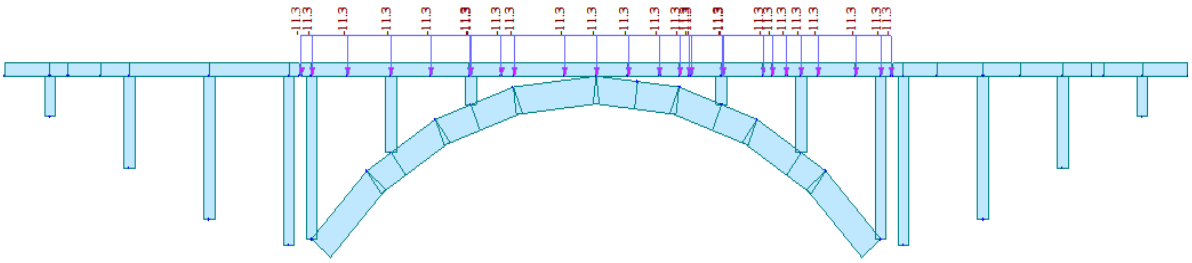
3.35 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 10,38 t/m apkrovos



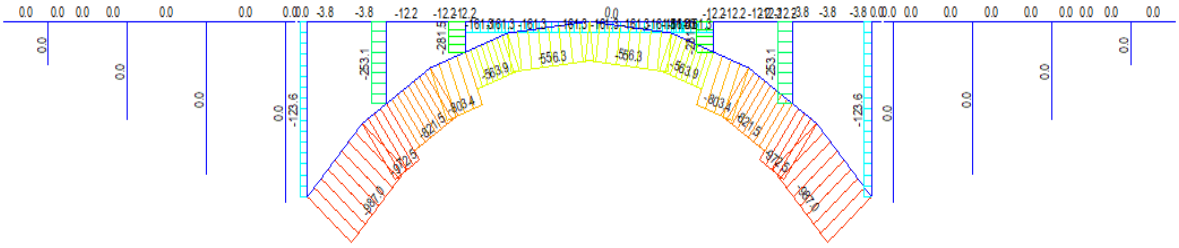
3.36 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 10,38 t/m apkrovos



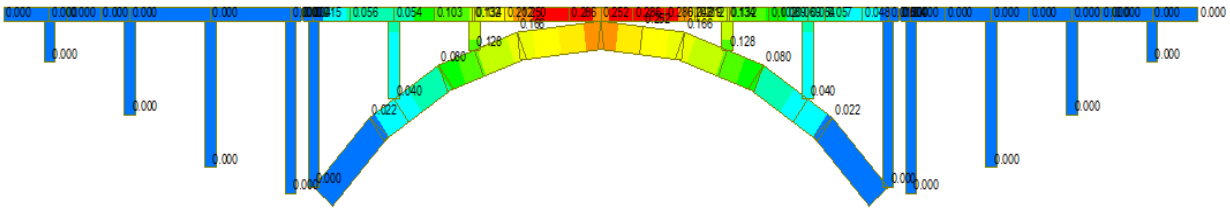
400t 11,30 t



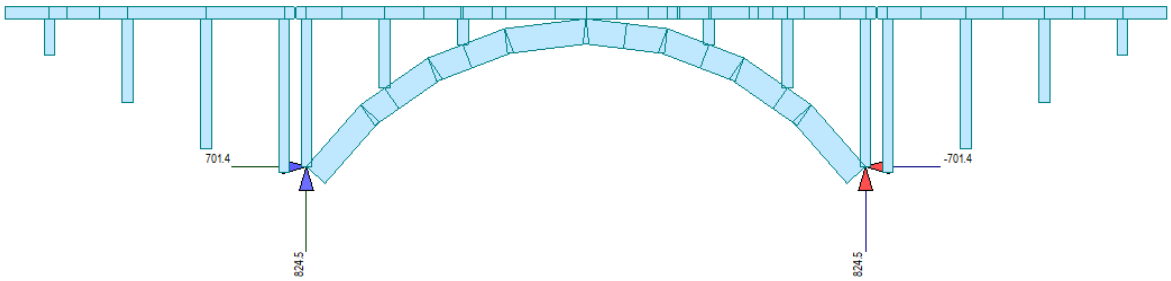
3.37 pav. Viadukas apkrautas 11,30 t/m apkrova



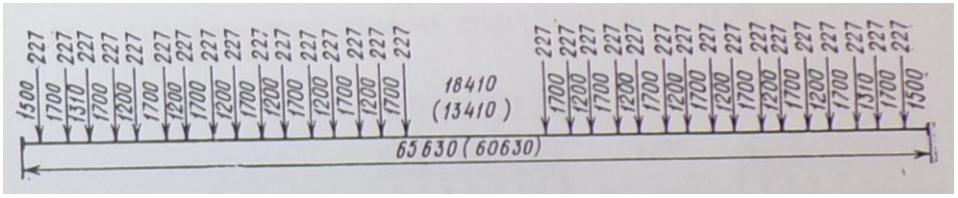
3.38 pav. Ašinės jėgos nuo 11,30 t/m apkrovos



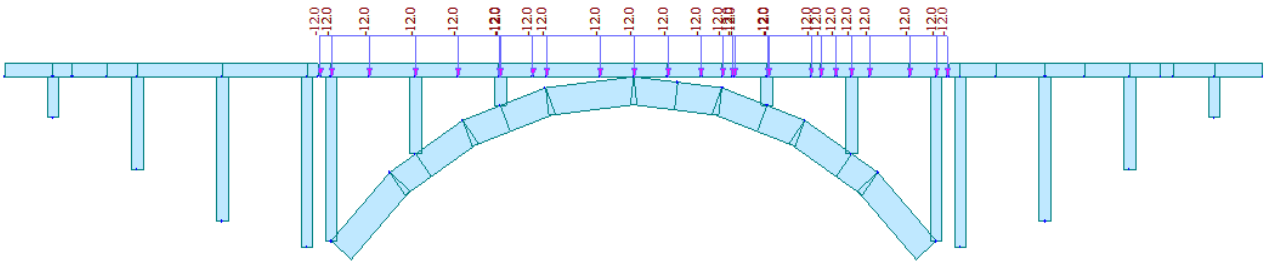
3.39 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 11,30 t/m apkrovos



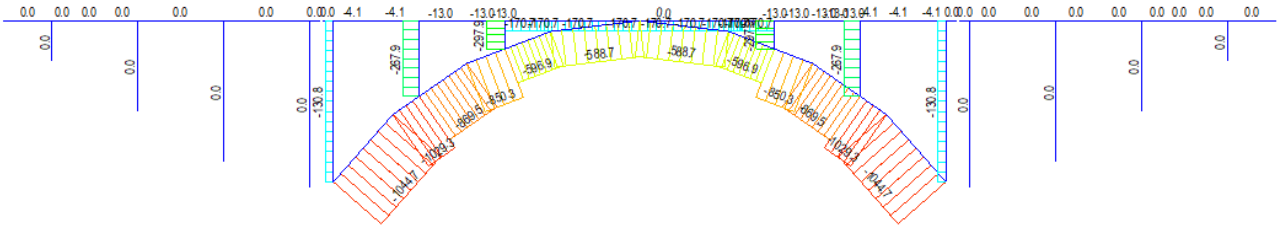
3.40 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 11,30 t/m apkrovos



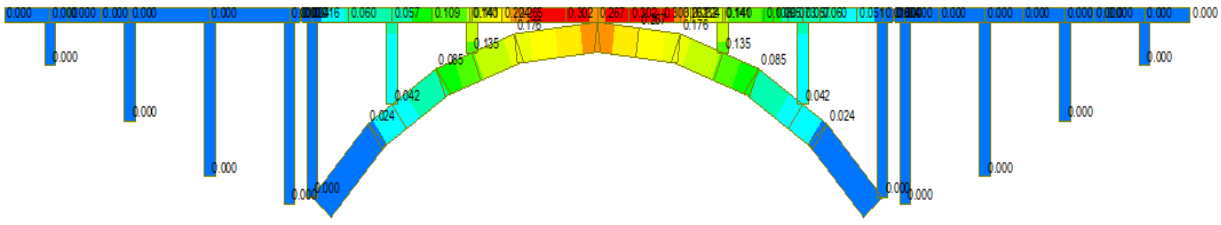
500t 11,96 m/t



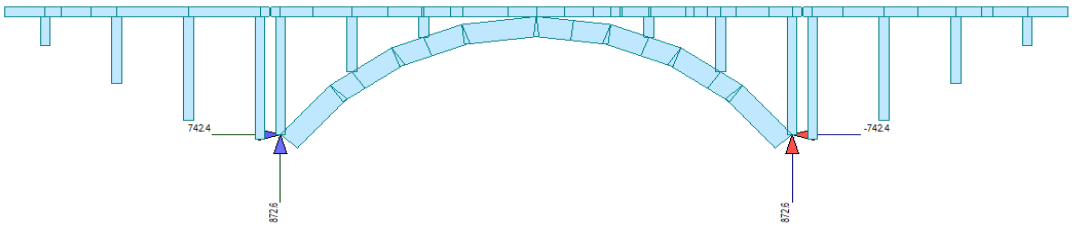
3.41 pav. Viadukas apkrautas 11,96 t/m apkrova



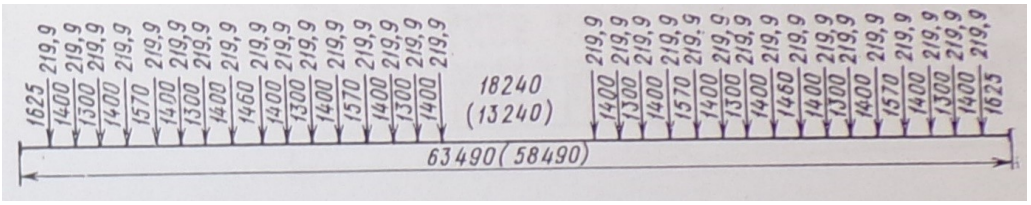
3.42 pav. Ašinės jėgos nuo 11,96 t/m apkrovos



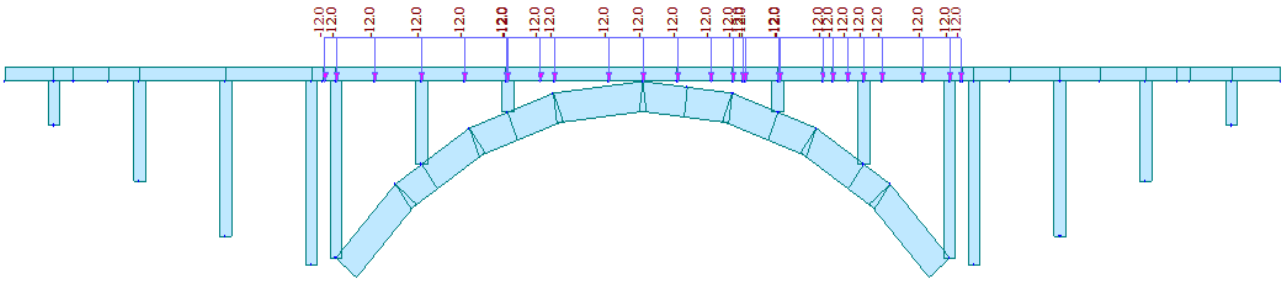
3.43 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 11,96 t/m apkrovos



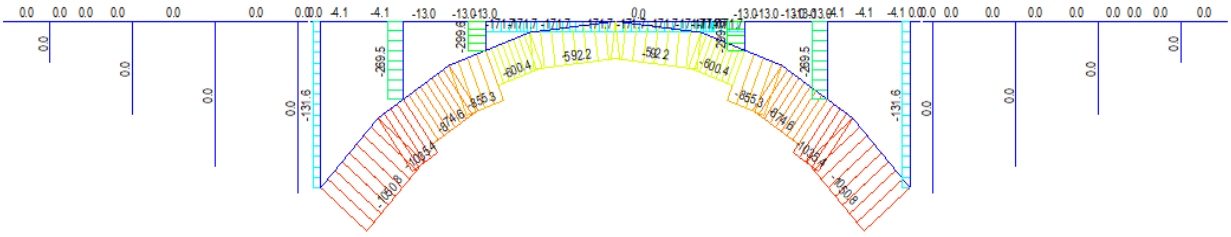
3.44 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 11,96 t/m apkrovos



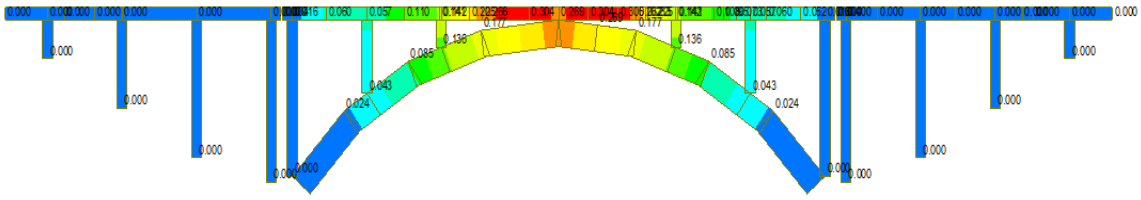
500 t 12,03 t/m



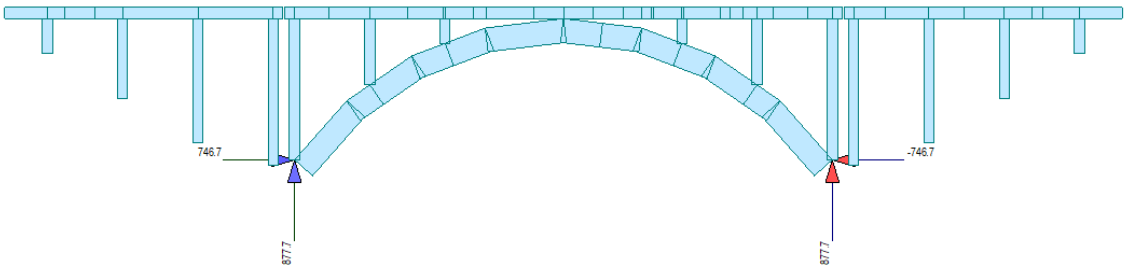
3.45 pav. Viadukas apkrautas 12,03 t/m apkrova



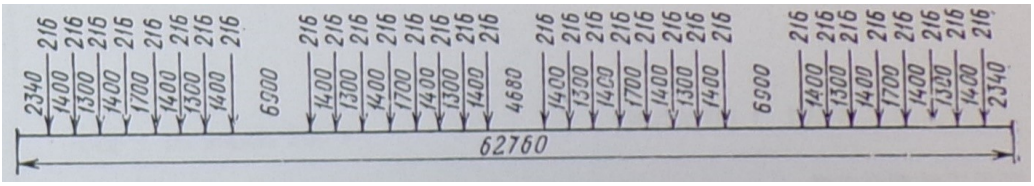
3.46 pav. Ašinės jėgos nuo 12,03 t/m apkrovos



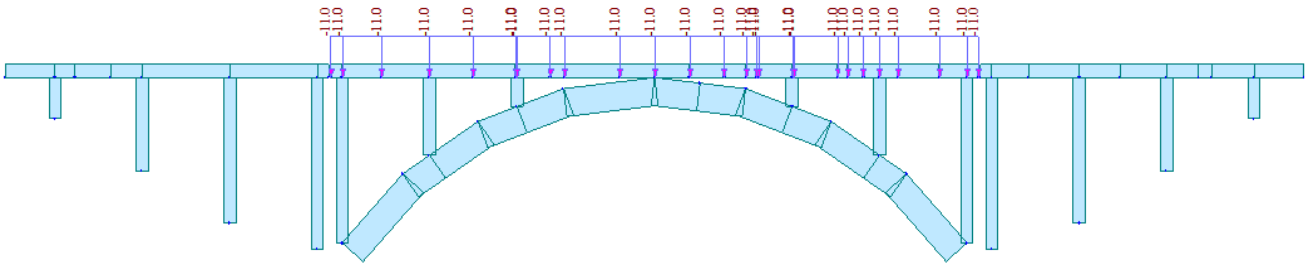
3.47 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 12,03 t/m apkrovos



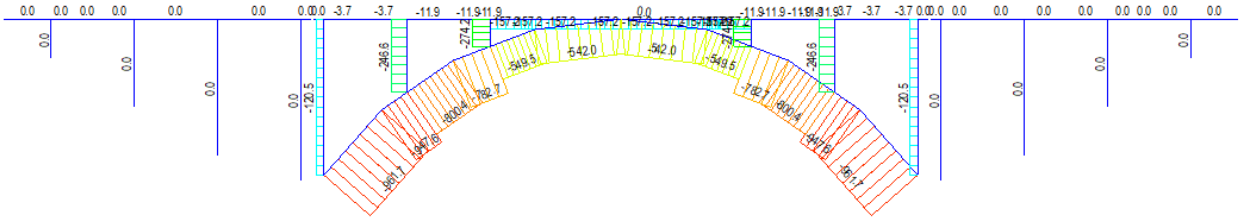
3.48 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 12,03 t/m apkrovos



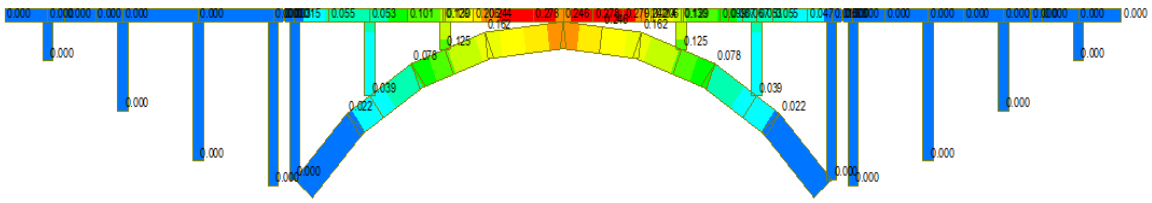
480 t 11,01 t/m



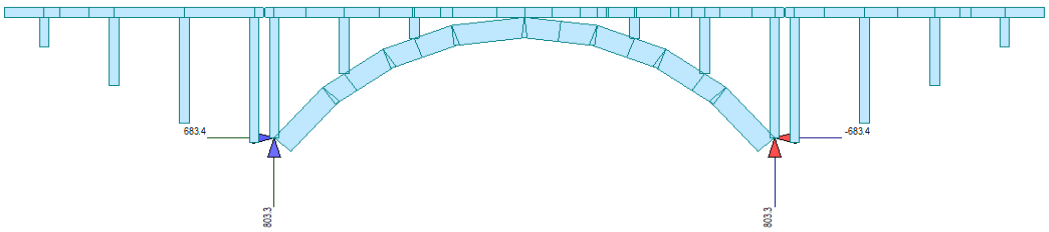
3.49 pav. Viadukas apkrautas 11,01 t/m apkrova



3.50 pav. Ašinės jėgos nuo 11,01 t/m apkrovos



3.51 pav. Viaduko perdangos deformacijos nuo 11,01 t/m apkrovos



3.52 pav. Atraminės reakcijos atramose nuo 11,01 t/m apkrovos