VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO KATEDRA

Paulius Paškevičius

AUTOMOBILVEŽIO PLATFORMOS PATIKIMUMO TYRIMAS
RESEARCH OF TRANSPORTER PLATFORM RELIABILITY

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621E20003
Automobilių transporto inžinerijos specializacija
Sausumos transporto inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
_____
(Parašas)
Saugirdas Pukalskas
(Vardas, pavardė)
2013-05-28
(Data)

Paulius Paškevičius

AUTOMOBILVEŽIO PLATFORMOS PATIKIMUMO TYRIMAS
RESEARCH OF TRANSPORTER PLATFORM RELIABILITY

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621E20003
Automobilių transporto inžinerijos specializacija
Sausumos transporto inžinerijos studijų kryptis

Vadovas	dr. doc. Saulius Nagurnas		2013-05-22
	(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)	(Parašas)	(Data)
Konsultantas			
	(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)	(Parašas)	(Data)
Konsultantas			
	(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)	(Parašas)	(Data)
Lietuvių kalbos konsultantas	lekt. A. Petrutienė		2013-05-14
	(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)	(Parašas)	(Data)

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO KATEDRA

Transporto inžinerijos studijų kryptis

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621E20003

Automobilių transporto inžinerijos specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėjas
(Parašas)
Saugirdas Pukalskas
(Vardas, pavardė)
2012-01-28
(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO UŽDUOTIS

2012-01-28 Nr. 11
Vilnius

Studentui (ei) Pauliui Paškevičiui

Baigiamojo darbo tema: „Automobilvežio platformos patikimumo tyrimas“, patvirtinta 2012 m. sausio 27 d. dekano potvarkiu Nr. 517ti.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2013 m. 05 - 23 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Išanalizuoti mokslinę literatūrą, kurioje nagrinėjamos krovininių automobilių konstrukcinių elementų optimizavimo modeliai, naudojant įvairius programinius paketus. Nustatyti automobilvežių konstrukcijų silpnąsias vietas, verbiant pagrindinius konstrukcinius elementus (automobilio furgoninio priekabos automobilvežio šaltelis, automobilvežio statramsčiai). Remiantis sudarytu modeliu, („Solid Works“ programinio paketo aplinkoje), atlikti automobilvežio šaltelio ir statramsčių stiprumo charakteristikų įvertinimą, pateikti įtempimų koncentracijos atsiradimuose automobilvežio konstrukciniuose elementuose. Pateikti patobulintų automobilvežio konstrukcinių elementų stiprumo charakteristikų pakeitimo modelius.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:
doc. dr. V. Vadluga
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas ..... dr. doc. Saulius Nagurnas
(Parašas) (Moksl. laipsnis/pedag.vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau
.....
(Parašas)
Paulius Paškevičius
(Vardas, pavardė)
2012-01-28
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Transporto inžinerijos fakultetas
Automobilių transporto katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. .....
Data .....-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Transporto inžinerijos** programos baigiamasis darbas

Pavadinimas	**Automobilvežio platformos patikimumo tyrimas**
Autorius	**Paulius Paškevičius**
Vadovas	**doc. dr. Saulius Nagurnas**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe išanalizuoti skirtingi automobilvežių tipai ir jų konstrukcijos. Išanalizuota mokslinė literatūra straipsniai, kurioje kompiuterinio modeliavimo programomis tiriamos sunkvežimių konstrukcijos bei jos tobulinamos. Šiame darbe tyrimui pasirinktas Lietuvoje pagamintas automobilvežis „Rimo". Nustatytos dvi pavojingos konstrukcinės vietos (automobilio tvirtinimo tiltelis ir automobilvežio priekabos priekinis statramstis), kuriose yra atsiradę įtrūkių. Preliminariai nustatytos pavojingose konstrukcinėse zonose veikiančios jėgos. Naudojantis „SolidWorks" programiniu paketu sumodeliuoti pasirinkti elementai. Konstrukcijos statinio stabilumo tyrimas atliktas naudojant „Ansys" programinį paketą. Tyrimu patvirtinamos pavojingos konstrukcinės zonos , modeliuojamas siūlomas patobulinimas bei jis patikrinimas. Pateikiamos išvados ir pasiūlymai.

Darbo apimtis - 59 psl. teksto be priedų, 67 iliustracijos, 20 bibliografiniai šaltiniai. Atskirai pridedami darbo priedai

Prasminiai žodžiai

automobilvežis, rėminė konstrukcija, „Solidworks", „Ansys", baigtinių elementų metodas.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Transport Engineering
Department of Automobile Transport

ISBN ISSN
Copies No. .....
Date .....-.....-.....

Master Degree Studies **Transport Engineering** study programme Final work

Title	**Research of transporter platform reliability**
Author	**Paulius Paškevičius**
Academic supervisor	**Assoc Prof Dr Saulius Nagurnas**

Thesis language: Lithuanian

Annotation

Various designs and different types of car carriers are analyzed in the final Master thesis. The research papers were analyzed to understand the computer aided design softwares, who help to analyze and improve the structure of car carriers. The Lithuanian made car carrier, called "RIMO", was chosen for this Master thesis. Two most critical zones were identified, where cracks can be found: car fastening bridge and strut for car's front suspension. Internal forces were obtained in those critical zones. Selected elements were modelled by "SolidWorks" software. The stability analysis of the structure was made by "Ansys" software. Most critical zones in structure verified by test, suggested improvement was modelled and tested. Conclusions and suggestions are proposed.

Thesis consists of 59 p. of text without appendixes, 67 pictures, 20 bibliographical entries. Appendixes included

Keywords

carcarrier, frame, „Solidworks", „Ansys", the finite element method.

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Paulius Paškevičius, 20074069

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Transporto inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Transporto inžinerija, ATfm-11

(Studijų programa, akademinė grupė)

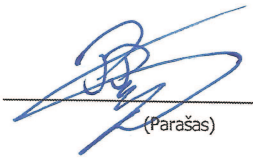
BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO) SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2013 m. gegužės 13 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Automobilvežio platformos patikimumo tyrimas" patvirtintas 2011 m. gruodžio 27 d. dekano potvarkiu Nr. 517ti, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Parenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą, mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: dr. Vaidas Vadluga. Mano darbo vadovas doc. dr. Saulius Nagurnas.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).



(Parašas)

Paulius Paškevičius

(Vardas ir pavardė)

Turinys

ĮVADAS 10
1. KROVININIŲ AUTOMOBILIŲ KONSTRUKCINIŲ ELEMENTŲ OPTIMIZAVIMO MODELIŲ APŽVALGA 12
1.1. Sunkvežimio rėmo analizė baigtinių elementų metodu ir optimizavimas 12
1.2. Sunkvežimio važiuoklės kniedijamų sujungimų tyrimas 14
1.3. Sunkvežimio puspriekabės tyrimas baigtinių elementų metodu 16
1.4. Krovininio automobilio išilginio rėmo tyrimas 17
1.5. Modalinė sunkvežimio puspriekabės analizė naudojant „Ansys Workbench“ 19
1.6. Sunkvežimio modeliavimas ir tyrimas avarijos metu 20
2. AUTOMOBILVEŽIŲ KONSTRUKCIJŲ APŽVALGA IR SILPNŲJŲ VIETŲ IDENTIFIKAVIMAS 21
2.1. Automobilvežio platformos konstrukcijos 21
2.2. Automobilvežių platformų konstrukcijos palyginimas 24
2.3. Automobilvežių platformų konstrukcijos tobulinimas 25
2.4. Dažniausi automobilvežių platformos gedimai 30
3. AUTOMOBILVEŽIO TILTELĮ VEIKIANČIŲ JĖGŲ ANALIZĖ, MODELIAVIMAS BEI TYRIMAS 34
3.1. Statmenai veikiančių jėgų analizė 34
3.2. Modeliavimas „SolidWorks“ aplinkoje 35
3.3. Tyrimas „Ansys“ programiniu paketu 36
3.4. Tiltelio konstrukcijos tobulinimas 42
3.5. Patobulintos konstrukcijos tyrimas „Ansys“ programiniu paketu 43
4. AUTOMOBILVEŽIO PRIEKABOS STATRAMSTĮ VEIKIANČIŲ JĖGŲ ANALIZĖ, MODELIAVIMAS BEI TYRIMAS 46
4.1. Automobilvežio priekabos šoninio statramsčio silpnų zonų identifikavimas. 46
4.2. Statramstį veikiančių jėgų tyrimas 48
4.3. Statramsčio tyrimas „Ansys“ programiniu paketu 51
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI 56
LITERATŪRA 57
PRIEDAI 59

Iliustracijų sąrašas

1 pav. Sunkvežimio rėmo įtrūkiai 12
2 pav. Sunkvežimio rėmo įtempių pasiskirstymas 13
3 pav. Patobulinto rėmo schema ir įtempių pasiskirstymas..... 13
4 pav. Suprojektuotas ir apkrautas jėgomis rėmas 14
5 pav. Įtempių pasiskirstymas šoniniuose rėmuose..... 15
6 pav. Pirminis rėmo deformacijos ir įtempių pasiskirstymo modelis 16
7 pav. Puspriekabės rėmo dinaminių apkrovų pasiskirstymo modelis..... 16
8 pav. Bandymui pasirinktas automobilio prototipas 17
9 pav. Išilginio rėmo lūžis 17
10 pav. Modeliuojamo objekto prototipai 18
11 pav. Įtempių pasiskirstymas rėme 19
12 pav. Sunkvežimio modelis po avarijos..... 20
13 pav. Dviejų vietų „Tauriga“ priekaba – automobilvežis 21
14 pav. Persilenkiantis vienvietis automobilvežis „Algema“..... 22
15 pav. Keturvietis automobilvežis 22
16 pav. Dešimties vietų automobilvežio „Rimo“ platforma 23
17 pav. Automobilvežis uždara platforma..... 23
18 pav. Dešimties vietų automobilvežis su priekaba..... 24
19 pav. Dešimties vietų automobilvežio platforma montuojama ant vilkiko..... 24
20 pav. Pirmieji „Kaessbohrer“ automobilvežiai 25
21 pav. „Kaessbohrer Variotrans“ pirmosios kartos platforma..... 26
22 pav. Galinė „Kaessbohrer Variotrans“ automobilvežio dalis..... 27
23 pav. Priekinė „Kaessbohrer Variotrans“ automobilvežio dalis 27
24 pav. Atnaujintas „Kaessbohrer Variotrans“ automobilvežis..... 28
25 pav. Senos konstrukcijos priekaba 28
26 pav. Atnaujinta priekaba..... 29
27 pav. Automobilvežis su „Kaessbohrer Metago“ platforma..... 29
28 pav. Automobilvežis su pakrauta „Kaessbohrer Metago“ platforma 30
29 pav. Šoninio rėmo lūžis 30
30 pav. Pakėlimo mechanizmo laikiklis..... 31
31 pav. Rifliuota tvirtinimo plokštė..... 31
32 pav. Rifliuotos tvirtinimo plokštės šoninis vaizdas..... 32
33 pav. Automobilvežio priekabos šoninis rėmas: 1–34 pav. padidintas vaizdas..... 32

34 pav. Priekabos šoninio rėmo tvirtinimas 33
35 pav. Jėgos, veikiančios automobilvežio platformą 34
36 pav. Automobilvežio tiltelis, sukurtas „SolidWorks“ programiniu paketu 35
37 pav. Baigtiniais elementais suskirstytas modelis 36
38 pav. Pirmojo bandymo modelis su tvirtinimo taškais ir jėga 37
39 pav. Antrojo bandymo modelis su tvirtinimo taškais ir jėga 38
40 pav. Trečiojo bandymo modelis su tvirtinimo taškais ir jėga 38
41 pav. Pirmojo bandymo konstrukcinių klaidų vaizdavimas 39
42 pav. Pirmojo bandymo maksimalių įtempių tyrimas 39
43 pav. Antrojo bandymo konstrukcinių klaidų vaizdavimas 40
44 pav. Antrojo bandymo maksimalių įtempių tyrimas 40
45 pav. Trečiojo bandymo konstrukcinių klaidų vaizdavimas 41
46 pav. Trečiojo bandymo konstrukcinių klaidų vaizdavimas 41
47 pav. Patobulintas automobilvežio tiltelis 42
48 pav. „Ansys“ programinio paketo modeliavimo langas 43
49 pav. Automobilvežio tiltelio padalijimas baigtiniais elementais 43
50 pav. Tiltelio tvirtinimo vietos 44
51 pav. Tiltelio apkrovos vieta 44
52 pav. Patobulintos konstrukcijos įtempių pasiskirstymo vaizdavimas 45
53 pav. Įtempių pasiskirstymo vaizdavimas pavojingoje zonoje 45
54 pav. Automobilvežio priekaba 46
55 pav. Sunkvežimio priekabos rėmo įtrūkiai 46
56 pav. Priekabos rėmo dalies modelis 47
57 pav. Priekabos šoninio rėmo įtvirtinimo ir apkrovimo jėgų žymėjimas 48
58 pav. Automobilvežį, virtimo metu, veikiančių jėgų ir momentų schema 49
59 pav. Priekabos šoninio rėmo suskaidymas baigtiniais elementais 51
60 pav. Priekabos šoninio rėmo įtvirtinimo vietos 51
61 pav. Priekabos šoninio statramsčio apkrovų kryptys 52
62 pav. Įtempių išsidėstymas priekabos statramstyje 52
63 pav. Priekabos šoninio statramsčio apkrovų kryptys 53
64 pav. Įtempių išsidėstymas priekabos statramstyje 53
65 pav. Priekabos šoninio statramsčio apkrovų kryptys 54
66 pav. Įtempių išsidėstymas priekabos statramstyje 54
67 pav. Įtempių išsidėstymas priekabos statramsčio apatinėje dalyje 55

ĮVADAS

Šiuolaikiniam pasauliui vis labiau jungiantis į vieną globalią erdvę, vis labiau plėtojant ryšius, visos planetos žmonės gali bendrauti ir bendradarbiauti nevaržomai. Būdami Lietuvoje nesunkiai galime apkeliauti visą pasaulį naudodamiesi „Google Map“ programa, apsipirkti internetiniu ryšiu beveik visose pasaulio parduotuvėse ar naudotų daiktų turguje „Ebay“, net nusipirkti naudotą ar naują automobilį, tiesiog patogiai sėdėdami minkštoje kėdėje prie kompiuterio. Tačiau nusipirkus kyla klausimas, kaip šie daiktai pasieks klientą. Taigi transportas, logistika yra viena svarbiausių sėkmingos globalizacijos dalių. Transportas ir logistika yra du neatskiriami dalykai, be kurių šiuolaikinė ekonomika nebūtų išsivysčiusi.

Logistikos raida, prasidėjusi dar Romos imperijos laikais, tęsiasi iki šiol įgaudama vis didesnį pagreitį ir pritaikomumą. Šiandieninis verslas sunkiai įsivaizduojamas be logistikos funkcinių veiklų, kurios apima materialiųjų srautų planavimo, organizavimo ir kontrolės procesus, šių srautų sandėliavimo ir saugojimo, informacijos perdavimo apie judėjimą logistine sistema, siekiant maksimaliai patenkinti kliento poreikius. Logistika yra ne tik kaip tam tikra veikla, ji yra kaip sistema, kuri apima medžiagų judėjimą nuo pradinio iki galutinio taško, (Melnikas 2011).

Pagrindiniai transportavimo keliai yra trys: oro transportas, vandens transportas bei sausumos transportas. Sausumos transportas skirstomas į dvi šakas: geležinkelių transportas bei kelių transportas. Pasaulyje kylant naftos kainai, didėjant degalų bei eksploatacinių skysčių kainoms, didėjant atmosferos užterštumui, vis daugiau dėmesio skiriama ekologijai. Taigi norint įsitvirtinti milžiniškoje globalizacijos rinkoje reikia optimizuoti transportavimo procesus. Gerėjant ekonominei situacijai bei didėjant automobilių paklausai Lietuvoje ir kaimyninėse valstybėse, vis daugiau šių transporto priemonių yra gabenama iš Vakarų. Žinant, jog Lietuva yra tranzito šalis bei tikintis, jog vėl atsivers keliai į kaimyninę Rusiją, turi būti užtikrintas saugus automobilių gabenimas. Automobilių transportavimas gali būti kelių rūšių: vežant kelių, geležinkelių bei jūrų transportu. Geležinkelių ir jūrų transportavimo paslaugos yra pigesnės, tačiau automobilis būna pristatomas tik į tam tikrą vietą (stotį), iš kurios iki galutinio taško turi būti transportuojama automobilvežiais arba priekabomis. Lietuvoje automobilvežių parkas nėra naujas. Dauguma transporto įmonių siekia sutaupyti pirkdamos naudotus ar Lietuvoje gamintus automobilvežius, kurie nėra patikimi, nes senos platformos dažniau lūžta bei genda.

Pagrindinė automobilių kelių ypatybė – kelių tinklo universalumas. Keliais galima pasiekti įvairius punktus, keliai sąveikauja su visomis kitomis transporto rūšimis. Kito

transporto keliai prasideda ir baigiasi tam tikruose terminaluose, o automobilių keliai naudojami ryšiui tarp terminalų, kitam vežimų etapui arba kroviniams ir keleiviams pristatyti į paskirties vietą.

Aišku, automobilių transportui yra ir neprieinamų vietų, todėl tenka naudotis sraigtasparniais, lėktuvais, transportu ant oro pagalvės, tačiau tai reti atvejai krovinių ir keleivių vežimo praktikoje.

Automobilių kelių tinklo universalumas yra didžiausias šios susisiekimo kelių rūšies privalumas ir garantuoja galimybę pristatyti „nuo durų iki durų“ daugumą krovinių.

Automobilių keliai pasižymi manevringumu, t. y. kiekvienas automobilis važiuoja sąlygiškai nepriklausydamas nuo kitų automobilių. Vieno automobilio sustojimas neturi įtakos kitiems, kurie greitai apvažiuoja sustojusį automobilį arba nukreipiami lygiagrečiu maršrutu.

Tarptautiniais reisais gabenti automobilius dažniausiai naudojami devynių arba dešimties vietų automobilvežių junginiai. Devynių ir dešimties vietų automobilvežių platformas ir priekabas Lietuvoje gamina UAB „RIMO“. Užsienyje automobilvežių gamintojų yra gan daug. Vienos iš garsesnių yra ROLFO, KAESSBOHRER, LOHR. Norint vežti kuo daugiau automobilių vienu metu automobilvežio platforma turi būti kuo lengvesnė bei turėti kuo daugiau elementų, ant kurių būtų galima tvirtinti automobilius. Dėl šių dviejų priežasčių dažniausiai atsiranda automobilvežio platformos trūkiai. Automobilvežio platformai tirti pasirinktas Lietuvoje pagamintas „Rimo“ automobilvežis. Tokį pasirinkimą nulėmė automobilvežių vairuotojų nusiskundimai dėl platformos gedimų.

Užsienio literatūroje yra mokslinių darbų, kurie susiję su sunkvežimio rėmo konstrukcijos tyrimu, sunkvežimio platformos tvirtinimo tyrimu, tam tikrų elementų tyrimu, tačiau nėra darbų, kuriuose būtų tiriama automobilvežio rėmo konstrukcija ir būdai jai optimizuoti. Todėl šiame darbe yra tiriama sunkvežimio rėmo konstrukcija ir jos optimizavimas.

1. KROVININIŲ AUTOMOBILIŲ KONSTRUKCINIŲ ELEMENTŲ OPTIMIZAVIMO MODELIŲ APŽVALGA

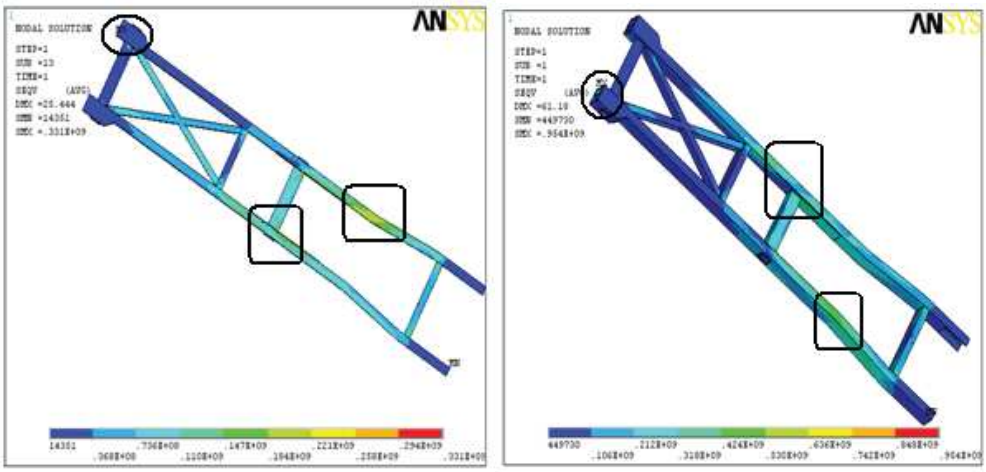
1.1. Sunkvežimio rėmo analizė baigtinių elementų metodu ir optimizavimas

Eksploatuojant sunkvežimius, atsiradus per didelei apkrovai arba ciklinėms apkrovoms sunkvežimio rėmas, veikiamas didelių įtempių, tiesiog trūksta. Jungtinėse Amerikos Valstijose daug didelių sunkvežimių yra eksploatuojami kalnakasybos infrastruktūroje. Kaip žinome, kalnakasyboje yra ypač sudėtingos sąlygos sunkvežimiams dirbti, nes kelio paviršius yra nelygus ir transportuojamas krovinys gan sunkus. Nenuostabu, jog neatlaiko sunkvežimio rėmo konstrukcija. Baigtinių elementų metodu yra analizuojamas sunkvežimio YJ3128 porėmis, kuris gaminamas „Inner Mongolia First Machinery Group Co“ ir „China North Mercedes–Benz Co“ bendrovių. Sunkvežimis susideda iš pagrindinio rėmo, porėmio, vairuotojo kabinos, transportavimo dėžės, hidraulinio pakėlimo mechanizmo, variklio ir pavaros. Eksploatuojant sunkvežimį per tris–penkis mėnesius porėmio vidurinėje atsiranda įtrūkių (1 pav.).



1 pav. Sunkvežimio rėmo įtrūkiai

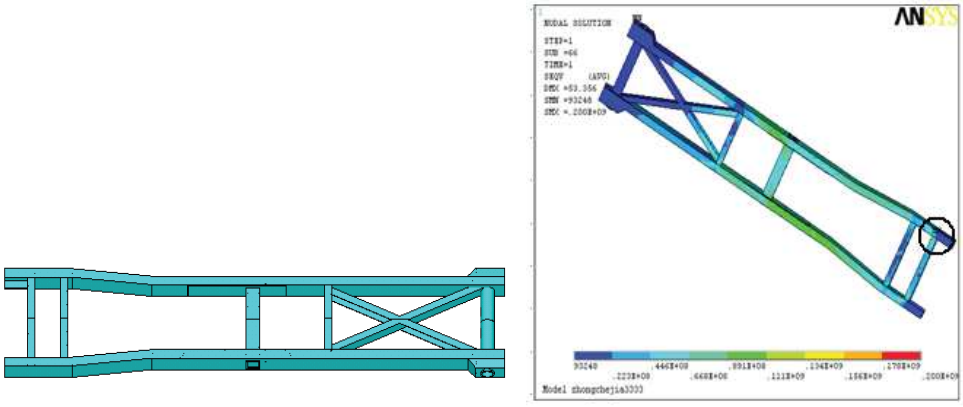
Pervežant kalnakasybos krovinius pasitaiko didelių ir mažų akmenų, per kuriuos tenka važiuoti sunkvežimiui. Esant tokiai situacijai tiriant sunkvežimio porėmį yra atsižvelgiama į du aspektus, kai sunkvežimio padanga yra pakilusi 20 mm bei 50 mm. Įvertinus visus svorius, kurie yra sunkvežimyje, rėmas projektuojamas bei tiriamas naudojant ANSYS programinį paketą. 2 pav., kairėje pusėje, matomas įtempių pasiskirstymas, kai rėmo važiuoklė yra pakilusi 20 mm; dešinėje pusėje – kai 50 mm. Taigi kai rėmas pakilęs 20 mm, maksimalūs įtempiai yra galinėje rėmo dalyje ir jie siekia 331 MPa. Taigi rėmas gali trūkti tik per suvirinimo siūles. Kituose pavojinguose skerspjūviuose įtempiai siekia 184 MPa. Šiose dviejose vietose įtempiai yra mažesni nei leistinos normos 345 MPa.



2 pav. Sunkvežimio rėmo įtempių pasiskirstymas

Dešinėje (2 pav.) pusėje pavaizduota, kaip įtempiai pasiskirsto, kai padanga yra pakilusi 50 mm. Taigi matyti, jog rėmo pavojingi skerspjūviai yra tose pačiose vietose. Galinėje rėmo dalyje įtempiai siekia 954 MPa. Keturkampio skerspjūvio vamzdžio dešinėje pusėje įtempiai siekia 424 MPa, o kairiojo išilginio balkio lenkimo vietoje įtempiai siekia apie 530 MPa. Tokiomis sąlygomis sunkvežimio negalima eksploatuoti.

Išnagrinėjus pavojingas vietas, rėmo priekyje įdedamas papildomas skersinis elementas, kuris sumažina lenkimo jėgą. Be to, pavojinguose skerspjūviuose įtaisomos papildomos plokštės, kurios padidina rėmo skerspjūvio plotą, kartu ir stiprumą (3 pav.).



3 pav. Patobulinto rėmo schema ir įtempių pasiskirstymas.

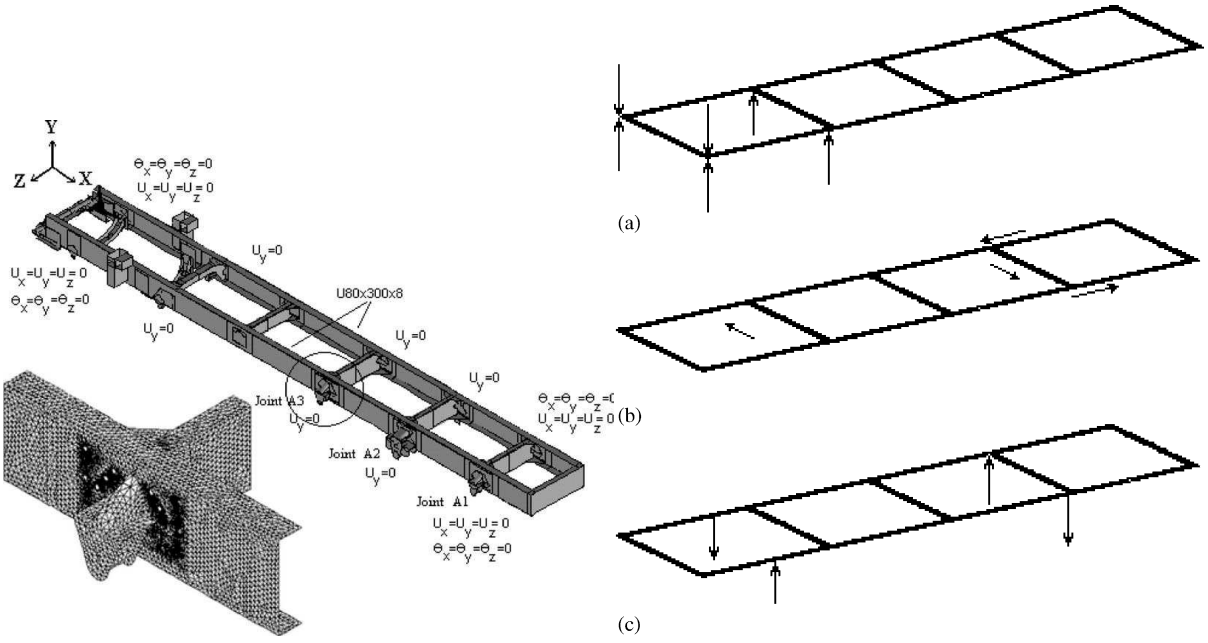
Atlikus patobulinto rėmo tyrimą ANSYS programa, matoma, jog pavojingų skerspjūvio vietų beveik neliko pakėlus sunkvežimio ratą 50 mm. O didžiausi įtempiai atsirado naujai įdėto elemento vietoje ir jie siekia 200 MPa, (Yanhong et al. 2011).

Taigi galima teigti, jog atlikus kompiuterinį modeliavimą galima patobulinti sunkvežimius, kad jie būtų eksploatuojami ilgiau ir būtų patikimi.

1.2. Sunkvežimio važiuoklės kniedijamų sujungimų tyrimas

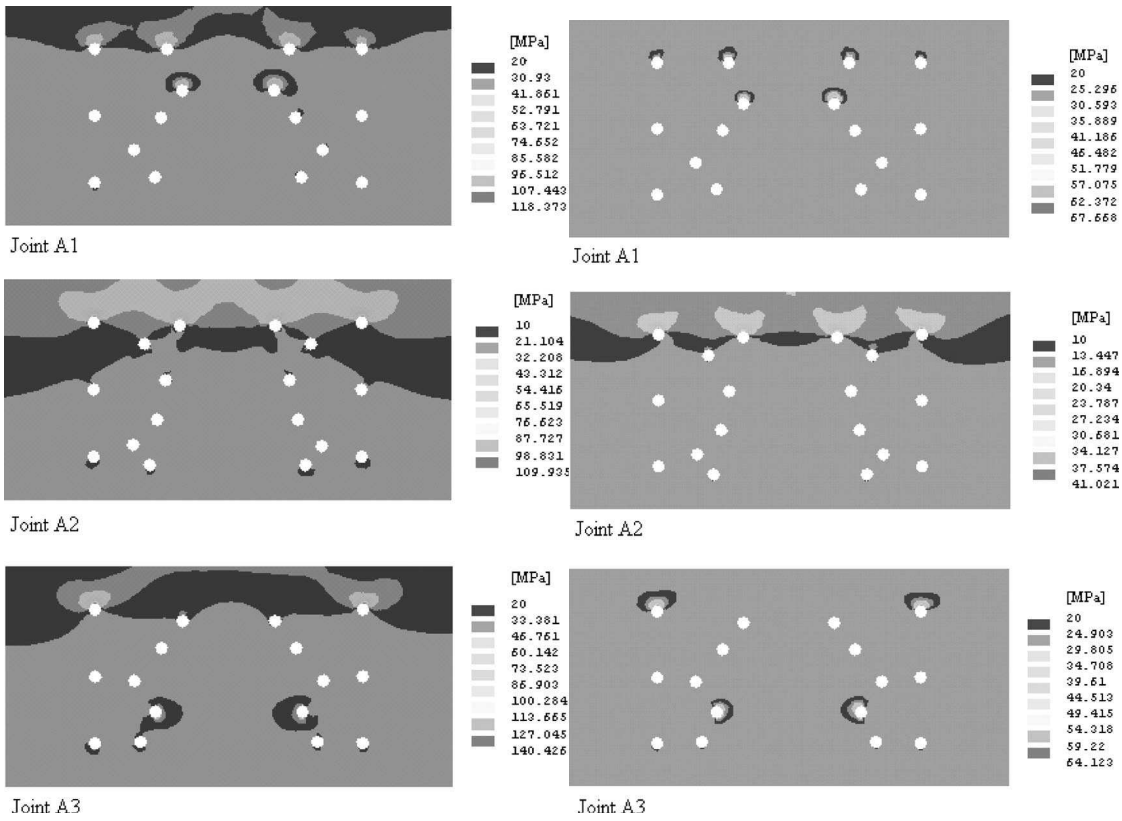
Kiekvienas sunkvežimis turi rėmą bei važiuoklę. Rėmas su važiuokle yra sujungiamas jungtimis, kurios dažniausiai kniedijamos kniedėmis arba prisukamos specialiais varžtais. Taigi visas svoris, kuriuo apkraunamas rėmas, tenka jungtims, kurios jungia rėmą ir važiuoklę. Dėl šios priežasties jos yra tiriamos dviejų mokslininkų Cicek Karaoglu, N. Sefa Kuralay, kurie teigia jog: „Įtempiai šoninėse jungčių plokštėse gali būti sumažinti keičiant šoninės plokštės storį, jei tai neįmanoma padaryti, gali būti keičiamas ir šoninės plokštės ilgis“ (Karaoglu et al. 2002). Šie mokslininkai rėmo jungtis tyrė naudodamiesi ANSYS programiniu paketu.

Tiriant rėmo jungtis visų pirma turi būti sumodeliuojamas rėmo modelis bei išsiaiškinta, kuriose vietose rėmas yra apkraunamas jėgomis ir kaip jos veikia (4 pav.)



4 pav. Suprojektuotas ir apkrautas jėgomis rėmas

Kairėje paveikslo pusėje yra pavaizduotas suprojektuotas sunkvežimio rėmas ANSYS programa. Norint gauti tikslesnius duomenis reikia kuo detaliau atkurti tiriamą objektą. Taip pat yra svarbu nustatyti visas jėgas, kurios tiesiogiai veikia pasirinktą modelį. Tiriant šoninius rėmus pasirinkta, jog bus keičiamas tik vienas parametras – plokštės storis. Jis bus keičiamas nuo 8 iki 12 mm..



5 pav. Įtempių pasiskirstymas šoniniuose rėmuose

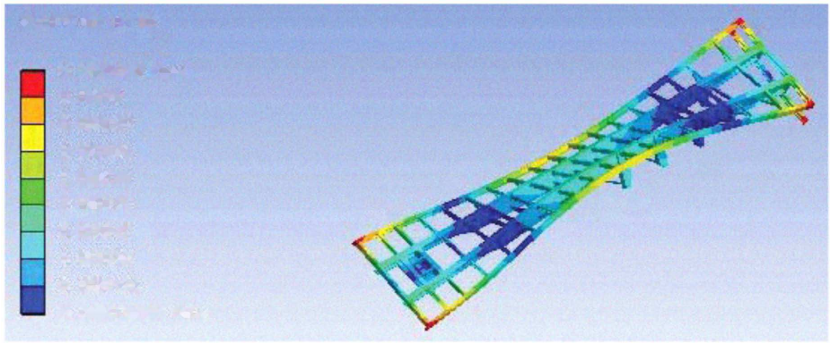
Penktame paveiksle kairėje pusėje pateiktas įtempių pasiskirstymas, kai plokštės storis yra 8 mm. Dešinėje paveikslo pusėje pateiktas įtempių pasiskirstymas, kai plokštės storis yra 12 mm. Taigi iš 5 pav. matyti, jog esant plokštės storiui 12 mm įtempiai pasiskirsto tolygiai viso tvirtinimo plokštumoje.

Atlikus šį tyrimą nustatyta, jog didinat šoninių plokščių storį galima sumažinti įtempius jungčių tvirtinimo vietose, tačiau reikia atsižvelgti, kad nebūtų viršytas leistinas rėmo svoris. Jei neįmanoma pakeisti šoninio rėmo storio, reikia didinti jungties tvirtinimo plokštumos lietimosi plotą, taip siekiant išdėstyti kniedes didesnėje plokštumoje ir suvienodinti įtempių pasiskirstymą.

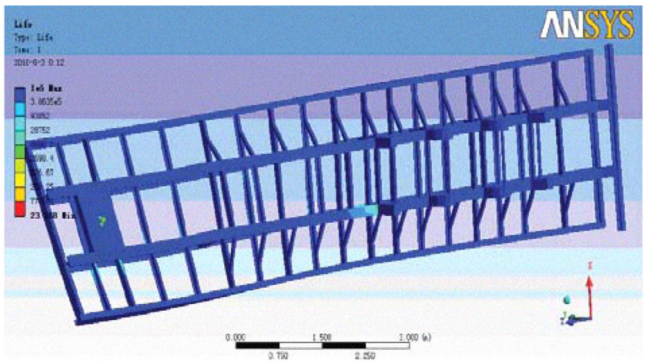
1.3. Sunkvežimio puspriekabės tyrimas baigtinių elementų metodu

Kadangi dauguma transportuojamų krovinių yra gabenama vilkikais su puspriekabėmis, norint užtikrinti puspriekabės ilgaamžiškumą ir patikimumą atliekamas jos tyrimas baigtinių elementų metodu. Puspriekabės būna pakraunamos netolygiai, didesnis krovinio svoris gali būti sunkvežimio priekyje arba gale. Dėl netolygaus jėgų išsidėstymo ir dinaminių apkrovų dažniausiai atsiranda rėmo įtrūkiai. Taigi mokslininkai Wang Pen, Wu Yong–hai teigia jog: „Naudojant tradicinę statinio modeliavimo teoriją bei naujas kompiuterines baigtinių elementų programas, su kuriomis vis daugiau ir daugiau yra modeliuojami įvairūs modeliai, galima sukurti naujas konstrukcijas mažiausiomis išlaidomis“ (Pen et al. 2010).

Tiriant rėmą visų pirma reikia išsiaiškinti jėgų išsidėstymą tiriamame modelyje. Vėliau CAD programomis sumodeliuoti tikslų tiriamo objekto modelį. Sukūrus modelį jis yra supaprastinamas ir naudojamas tirti baigtinių elementų metodu. Po to atliekama modalinė analizė ir įvairų apkrovų pasiskirstymo skaičiavimas (6 pav.). Apskaičiavus pasiskirstymą, atliekama kintamų vibracijų reakcijų analizė (7 pav.). Pasirenkama nuovarginių pakitimų teorija bei medžiaga. Galų gale skaičiuojama nuovargio trukmė.



6 pav. Pirminis rėmo deformacijos ir įtempių pasiskirstymo modelis



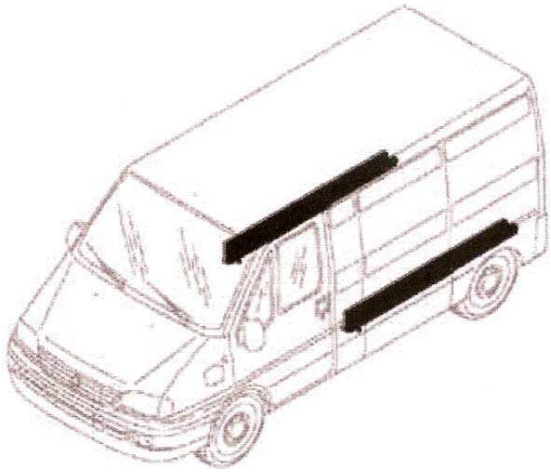
7 pav. Puspriekabės rėmo dinaminių apkrovų pasiskirstymo modelis

Kompiuterinis modeliavimas ir tyrimas yra svarbiausias būdas mažinti gamybos sąnaudas, panaudojant alternatyvius sprendimus, taip sutaupant laiko ir medžiagų bandymams.

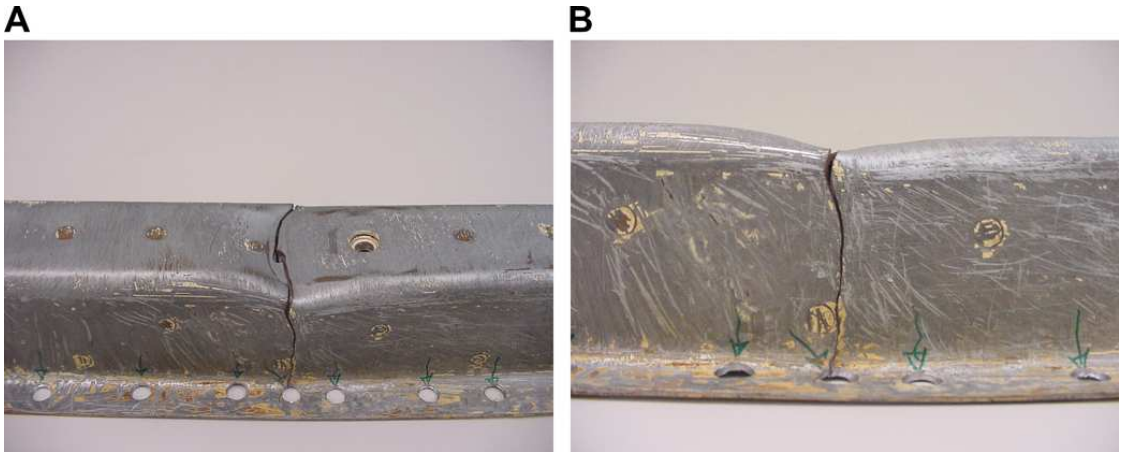
1.4. Krovininio automobilio išilginio rėmo tyrimas

Svarbiausi krovininių automobilių gamintojų tikslai yra kuo mažesnis automobilio svoris, kad būtų galima gabenti kuo sunkesnius krovinius, bei rėmo atsparumo didinimas. Taigi projektuojant transporto priemonę svarbiausias dalykas surasti kompromisą tarp našumo ir patikimumo. Projektuojant turi būti įvertintos visos automobilio eksploatavimo sąlygos. Norint įvertinti visas apkrovas, kurios veikia eksploatuojant automobilį, atliekami bandymai tam tikruose bandymų poligonuose bei laboratorijose simuliuojant galimus variantus. Pagal krovininių automobilių gedimų pasiskirstymo tikimybę dažniausi automobilio gedimai, kurie pasitaiko eksploatuojant automobilį, yra variklio (41%), rėmo lūžio tikimybė yra tik 7% . Tačiau lūžūs rėmui avarijos pasekmės būna kur kas skaudesnės (Veloso et al. 2009).

Šiuo metu automobilių pramonėje ryškėja tendencija naudoti virtualų modeliavimą, siekiant sumažinti gamybos išlaidas (Veloso et al. 2009). Atliekamas bandymas pasirinkus automobilio prototipą, kuris pavaizduotas (8 pav.). Eksploatuojant transporto priemonę pastebėti išilginio rėmo lūžiai (9 pav.).

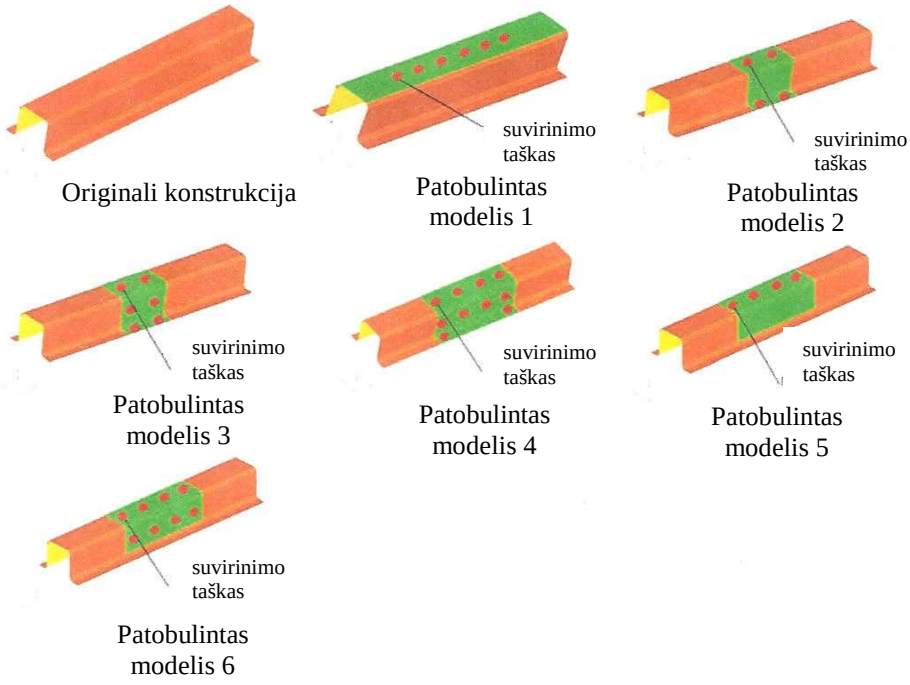


8 pav. Bandymui pasirinktas automobilio prototipas



9 pav. Išilginio rėmo lūžis

Išilginis rėmas modeliuojamas „Nastran“ programiniu paketu. Sukuriami šeši skirtingi modeliai su viduje pritvirtinama 2 mm skarda, visuose modeliuose skarda yra skirtingų matmenų bei suvirinta skirtingose vietose (10 pav.). Parenkamas geriausias technines savybes turintis modelis. Nors modelis 4 ir modelis 6 turėjo didžiausią atsparumą, dėl lengvesnio gaminimo proceso tolesniam naudojimui parenkamas modelis 6. Jis pagaminamas bei tiriamas bandymų poligone su hidrauliniu presu.



10 pav. Modeliuojamo objekto prototipai

Atlikus bandymus hidrauliniu presu, nepastebėta pokyčių patobulintame išilginiame rėme. Taigi patobulintas išilginis rėmas buvo naudojamas transporto priemonės gamyboje. Po ketverių metų automobilio eksploatavimo jis buvo patikrintas ir neaptikta jokių pakitimų atnaujintame rėme (Veloso et al. 2009).

Dar kartą įrodyta, jog naudojant baigtinių elementų metodą su kompiuteriniu modeliavimu, galima užtikrinti greitą ir kokybišką išeitį projektuojant automobilius ar juos tobulinant. Kaip teigia V. Veloso ir H.S. Magalhães (2009): „Naudojant kompiuterį vietoj bandymo poligono sutaupyti įmanoma labai daug pinigų ir bandymo rezultatai yra pakankamai patikimi“.

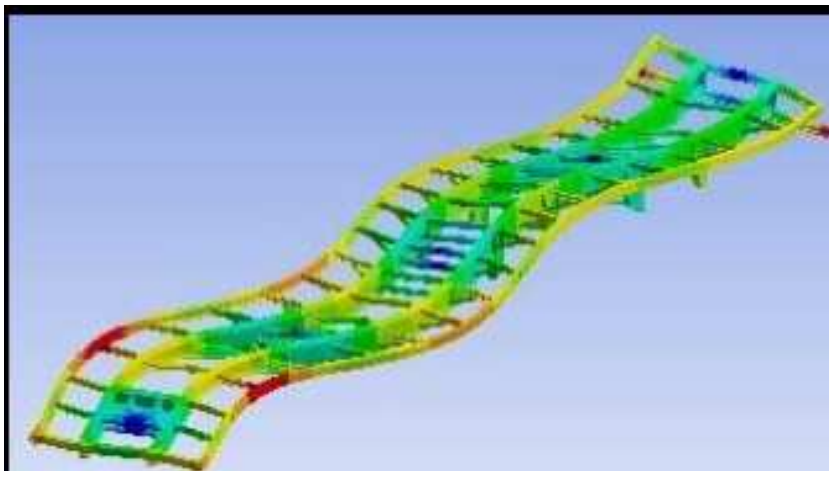
1.5. Modalinė sunkvežimio puspriekabės analizė naudojant „Ansys Workbench“

Puspriekabės rėmą tiriantis Wu Yong–hai teigia, jog: “Projektuojant puspriekabės rėmą daugiausiai dėmesio reikia skirti šioms charakteristikoms: standumui, stiprumui, nuovargio atsparumui ir vibracijų poveikiui konstrukcijai“. Autorius darbe projektuoja puspriekabės modelį naudodamas „Solidworks“ programinį paketą bei tiria naudodamas „Ansys Workbench“ programinę įrangą.

Modalinė analizė yra pats paprasčiausias dinaminės analizės atvejis, kuriame slopinimas neįvertinamas. Atliekant modalinę analizę naudojant „Ansys Workbench“ programinį paketą, visų pirma reikia:

1. Pasirinkti analizes tipą ir suvesti skaičiavimo parametrus.
2. Apibrėžti analizės galimybes, bei tiriamo bloko parametrus.
3. Pasirinkti tinkamą matricą.
4. Apskaičiuoti laisvųjų įtempių poveikį.
5. Apskaičiuoti apkrovos poveikį.
6. Apdoroti gautus rezultatus. (Young–hai et al. 2011)

Vienas iš svarbiausių aspektų, kuris sukelia virpesius sunkvežimyje, yra kelio nelygumai ir ratų disbalansas. Jo dažnis yra apie 20 Hz . Kitas virpesių šaltinis yra vidaus degimo variklis. Kai vilkikas su puspriekabe juda apie 50 km/h – 80 km/h, variklio sukeliamas dažnis, kuris tenka puspriekabei, yra apie 48 Hz – 52 Hz (Young–hai et al. 2011). Naudojant „Ansys Workbench“ tiriamas rėmas ir gautas įtempių pasiskirstymas puspriekabės rėminėje konstrukcijoje (11 pav.)



11 pav. Įtempių pasiskirstymas rėme

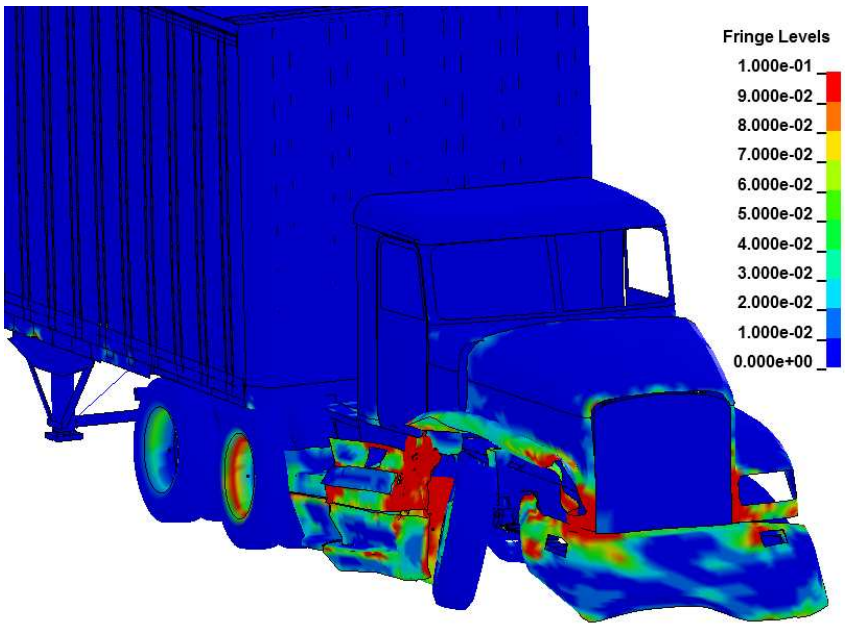
Naudojant modalinės analizės principus su programiniu paketu „Ansys Workbench“ buvo ištirtas rėmas. Naudojantis gautasi rezultatais galima rasti rėmo problemines vietas ir jas patobulinti.

1.6. Sunkvežimio modeliavimas ir tyrimas eismo įvykio metu

Sunkvežimiai yra didžiausios transporto priemonės, važinėjančios keliais. Jei sunkvežimis patenka į avariją, pasekmės dažniausiai būna labai skaudžios. Todėl šiuo metu daug dėmesio skiriama sunkvežimio saugumo užtikrinimui, parašytas ne vienas straipsnis kuriame tiriamas šios transporto priemonės poveikis avarijos metu.

Sunkvežimio po avarijos rėmui tirti yra naudojamas supaprastintas važiuoklės rėmo modelis, kuris tiriamas baigtinių elementų metodu. Tokį metodą tiria Yucheng Liu, kuris savo straipsnyje teigia, jog: „ tokie supaprastinti modeliai yra palankūs atliekant skirtingų scenarijų incidentus, nes sumažinamos tyrimų išlaidos ir pasiekiamas geresnis modifikavimo rezultatas“ (Liu 2007). Tyrimo rezultatai leido išsamiai išnagrinėti sunkvežimio važiuoklės rėmo trūkumus bei pateikti gautą informaciją sunkvežimių kūrėjams.

Jungtinių Amerikos valstijų instituto NTRCI mokslininkai norėdami ištirti kelio atitvarų poveikį autoįvykiams bei siekdami juos patobulinti, atliko didelio masto tyrimą. Tyrimo metu buvo visiškai sumodeliuotas sunkvežimis. Modeliavimo programos pagalba sukurta situacija, kurios metu sunkvežimis trenkėsi į atitvarus. Gauti rezultatai buvo lyginami su analogišku bandymu, kurio metu buvo sudaužomas tikras sunkvežimis. NTRCI teigimu: „Pažangiomis kompiuterinėmis modeliavimo technologijomis gauti rezultatai buvo daug išsamesni bei su daug mažesnėmis sąnaudomis nei atlikto realaus testo“ (NTRCI 2010). Sunkvežimio modelio po avarijos vaizdas pateiktas (12 pav.)



12 pav. Sunkvežimio modelis po avarijos

2. AUTOMOBILVEŽIŲ KONSTRUKCIJŲ APŽVALGA IR SILPNŲJŲ VIETŲ IDENTIFIKAVIMAS

2.1. Automobilvežio platformos konstrukcijos

Įvairiose automobilių transportavimo įmonėse dominuoja skirtingų tipų automobilvežiai. Tai priklauso nuo įmonės dydžio, kokiai transportavimo sričiai ji priklauso, pervežamų automobilių kiekio. Jei įmonė ar privatus asmuo vežimus vykdo vidaus rinkoje, tai renkasi nedidelius automobilvežius: iki dviejų vietų arba automobiliams vežti skirtas priekabas. Tarptautinius vežimus atliekančios įmonės dažniausiai renkasi devynių vietų automobilvežius arba dviejų vietų automobilvežius su priekaba. Didžioji dalis automobilvežių platformų yra pagamintos Vakarų Europoje (Vokietijoje, Austrijoje, Italijoje).

Vidaus rinkoje pigiausia pervežti transporto priemonę naudojant automobiliams vežti skirtas priekabas. Priekabos nuoma (lyginant su automobilvežio) kainuoja nedaug, nereikia mokėti kelių mokesčio. Mūsų šalyje labiausiai paplitusios yra UAB „Tauriga“ pagamintos priekabos (13 pav.), kurios yra gana aukštos kokybės ir už prieinamą kainą. Kitą dalį sudaro naudotos priekabos iš Vakarų Europos. Priekabos pagal užkraunamų automobilių kiekį yra skirstomos į vienam arba dviem automobiliams vežti pagal svorio centro aukštį – normalaus arba žeminto svorio centro, pagal užkrovimo tipą – nusileidžiančios platformos arba su ištraukiamomis užvažiavimo plokštėmis, pagal ratų padėtį – ratai po platforma arba platforma tarp ratų. Priekabomis geriausiai tinka transportuoti automobilius tarp miestų mokamais keliais, nes jos neapmokestinamos kelių mokesčiais.



13 pav. Dviejų vietų „Tauriga“ priekaba – automobilvežis

Transportuoti automobilius miesto ribose Lietuvoje labiausiai paplitę vienviečiai automobilvežiai. Esant reikalui prie jų galima prikabinti vienos arba dviejų vietų priekabas, skirtas automobiliams vežti. Vienviečiais automobilvežiais automobilius dažniausiai transportuoja techninę pagalbą teikiančios įmonės arba privatūs asmenys. Pagal automobilio užkrovimą automobilvežiai būna su ištraukiamomis užvažiavimo plokštėmis, hidrauliniu būdu nuleidžiama arba automobilio persilenkimu nuleidžiama platforma (14pav.). Pagal bendrą masę – iki trijų su puse arba iki septynių su puse tonos. Iki trijų su puse tonos automobilvežiams vairuoti užtenka B kategorijos vairuotojo pažymėjimo.



14 pav. Persilenkiantis vienvietis automobilvežis „Algema“

Automobilius gabenti tarptautiniais reisais dažniausiai naudojamas keturių vietų automobilvežio junginys. (15pav.), kurio masė neviršija 13t arba dešimties vietų automobilvežių junginiai.



15 pav. Keturvietis automobilvežis

Dešimties vietų automobilvežių platformas ir priekabas (16 pav.) Lietuvoje gamina UAB „Patikima linija“. Viena iš garsiausių užsienio automobilvežių gamintojų yra ROLFO. Šio tipo automobilvežiai yra paklausūs tarp didelių automobilių transportavimo įmonių.



16 pav. Dešimties vietų automobilvežio „Rimo“ platforma

Automobiliai taip pat yra transportuojami ir tam skirtose puspriekabėse, kuriose telpa iki aštuonių automobilių. Puspriekabės privalumas yra tas, jog nesant automobilių gabenimo paklausai, vilkiku galima gabenti kitus krovinius.

Automobilvežiai būna ir su uždaromis platformomis (17 pav.), kuriose gabenami prabangūs automobiliai. Uždaros platformos būna skirtos gabenti lenktyniniams automobiliams, juose įrengiamos ir mechanikų dirbtuvės.

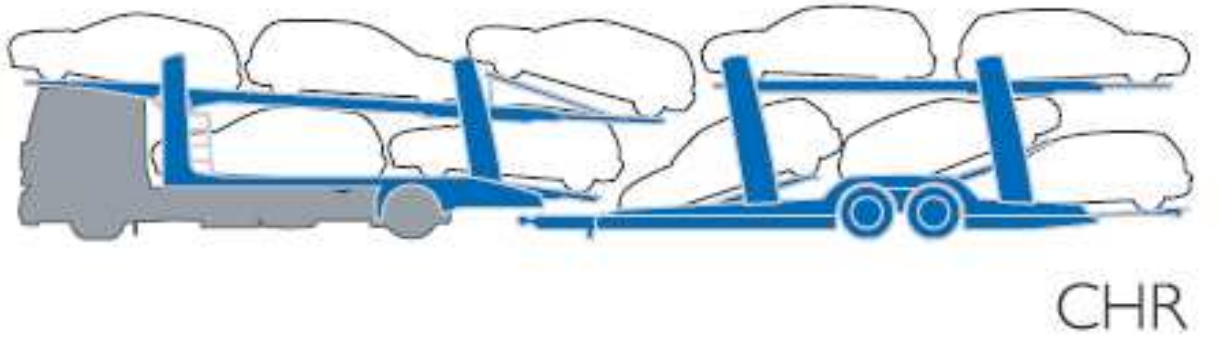


17 pav. Automobilvežis uždara platforma

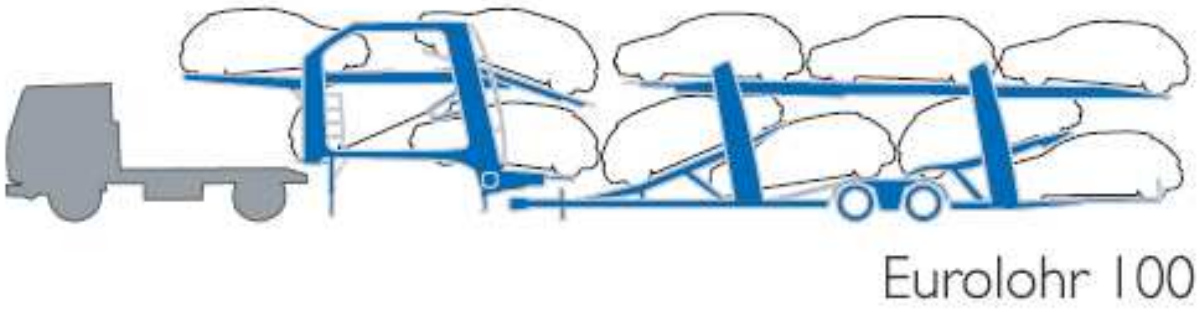
2.2. Automobilvežių platformų konstrukcijos palyginimas

Šiuo metu yra dvi populiariausios automobilvežių rūšys:

1) Automobilvežio platforma, sumontuota ant sunkvežimio, kuria gali būti transportuojami penki bei priekaba, kuria gali būti transportuojami taip pat penki automobiliai (18 pav.);
2) Ant vilkiko tvirtinama automobilvežio platforma, kurioje gali būti transportuojami trys automobiliai, bei priekaba, kuria transportuojami septyni automobiliai (19 pav.)



18 pav. Dešimties vietų automobilvežis su priekaba



19 pav. Dešimties vietų automobilvežio platforma montuojama ant vilkiko

Svarbiausi automobilvežio platformos, sumontuotos ant sunkvežimio, privalumai:

- platforma rečiau lūžta;
- tokį junginį lengviau vairuoti, nes lengvesnė priekaba;
- patogiau pakrauti automobilius;

Svarbiausi automobilvežio platformos, sumontuotos ant sunkvežimio, trūkumai:

- sugedus sunkvežimiui ar platformai visas junginys turi būti paliktas remonto dirbtuvėje.

Svarbiausi platformos, montuojamos ant vilkiko, trūkumai yra:

- priekabai tenka labai didelis svoris;
- genda sukabinimo mechanizmas;
- greičiau dyla priekabos padangos;
- genda priekabos stabilizavimo įrenginys.

Platformos, montuojamos ant sunkvežimio, privalumai yra:

- sulūžus platformai vilkikas gali gabenti kitus krovinius;
- sugedus vilkikui lengviau remontuoti arba pakeisti vilkiką;
- nesant automobilių gabenimo paklausai, vilkiku galima gabenti kitus krovinius.

2.3. Automobilvežių platformų konstrukcijos tobulinimas

Šiuolaikinėje rinkoje yra įvairių automobilvežių platformų, tačiau vienos iš labiausiai vertinamų yra austrų gamybos KAESSBOHRER platformos.

„Kaessbohrer“ automobilvežius pradėjo gaminti 1950 m. (20 pav.), tačiau platesnei rinkai tobulesni automobilvežiai buvo pradėti gaminti nuo 1995 metų įsteigus „Kässbohrer Transport Technik“ filialą Austrijoje.



20 pav. Pirmieji „Kaessbohrer“ automobilvežiai

Darbe analizuojamos trijų rūšių „Kaessbohrer“ automobilvežio platformos bei dviejų rūšių priekabos. Visų pirma apžvelgiamas pirmosios kartos „Kaessbohrer Variotrans“ (21 pav.) automobilvežis, kuris buvo pradėtas gaminti 1998 metais.



21 pav. „Kaessbohrer Variotrans“ pirmosios kartos platforma

Iš žemiau pateiktų 22, 23 paveikslų matyti, jog automobilvežio platforma yra gana aukšta. Hidraulikos pagalba yra vartoma antrojo aukšto vidurinė bei pirmojo aukšto galinė platformos dalys, nėra padarytų ratų įleidimo vietų. Automobilvežio priekaboje nėra vartomų tiltelių automobiliams, taip pat nėra vietų ratams įleisti.

Taigi platformos trūkumai:

- Platforma gan aukšta.
- Nėra vietų ratams įleisti.
- Nėra vartomų tiltelių.

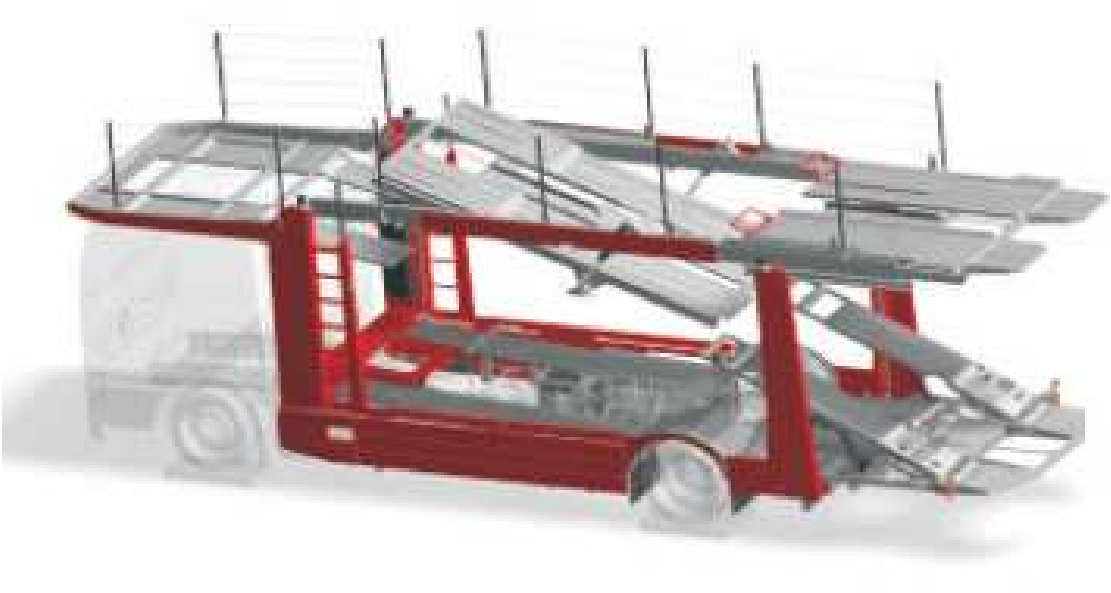


22 pav. Galinė „Kaessbohrer Variotrans“ automobilvežio dalis



23 pav. Priekinė „Kaessbohrer Variotrans“ automobilvežio dalis

Toliau (24 pav.) pateikta patobulinta „Kaessbohrer Variotrans“ platforma, kuri buvo pradėta gaminti 2003 metais. Iš 24 pav. matyti, jog automobilvežio platformoje liko dvi vartomos dalys: tai antrojo aukšto vidurinė dalis bei pirmojo aukšto galas. Atnaujintoje platformoje atsirado daugiau vietų automobilių ratų įleidimams, pati platforma palengvėjo 100 kg bei pažemėjo 10 cm.



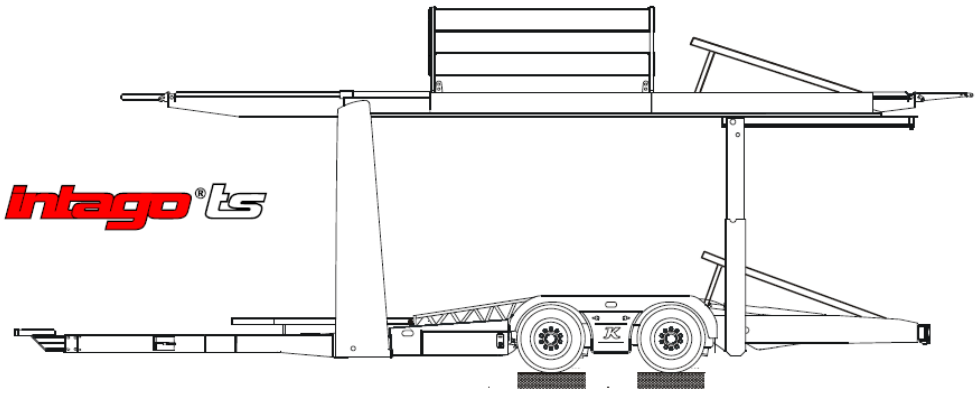
24 pav. Atnaujintas „Kaessbohrer Variotrans“ automobilvežis

Taigi „Kaessbohrer Variotrans“ patobulinta:

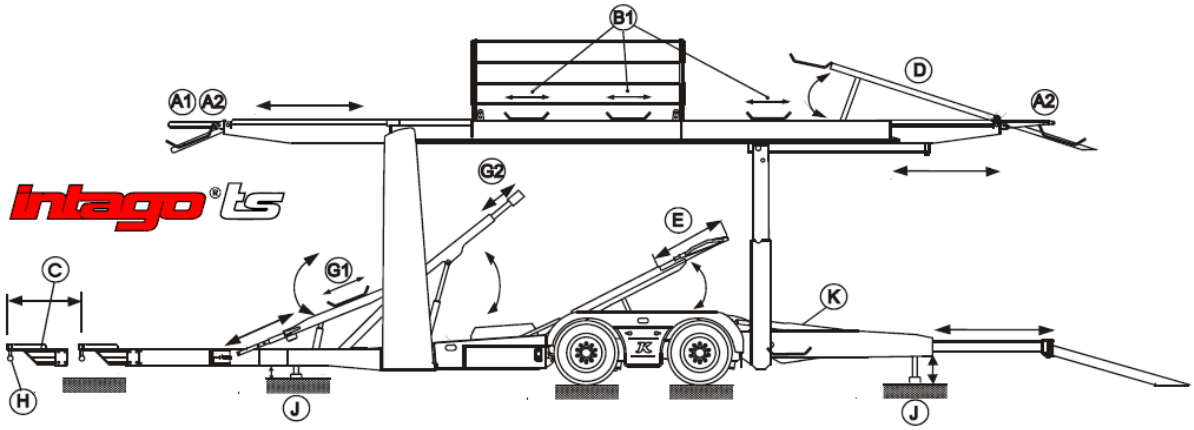
- Įrengtos vietos automobilių ratų įleidimui.
- Platforma palengvinta 100 kg.
- Aukštis sumažintas 10 cm.

Automobilvežio priekaboje (senos konstrukcijos priekaba (25 pav.), atnaujinta (26 pav.)) buvo atlikta daugiau patobulinimų:

- Įrengtos vietos automobilių ratų įleidimui.
- Prailginti tilteliai.
- Pirmame aukšte atsirado du papildomi tilteliai.



25 pav. Senos konstrukcijos priekaba



26 pav. Atnaujinta priekaba

Vienas iš populiariausių rinkoje yra „Kaessbohrer Metago“ (27 pav.) automobilvežis, kuris pradėtas gaminti 2006 metais. Svarbiausi jo privalumai lyginat su „Kaessbohrer variotarns“ yra:

- viršutinėje platformoje vartomi priekinis ir galinis tilteliai;
- daugiau vietų ratų įleidimams;
- platforma žemesnė 10 cm;
- platforma lengvesnė 200 kg.



27 pav. Automobilvežis su „Kaessbohrer Metago“ platforma

Dėl šių išvardintų privalumų su „Kaessbohrer Metago“ automobilvežiu galima transportuoti įvairių markių automobilius. Kaip matoma (28 pav.), šiuo automobilvežiu galima transportuoti net 8 „VW Caddy“ automobilius.



28 pav. Automobilvežis su pakrauta „Kaessbohrer Metago“ platforma

2.4. Dažniausi automobilvežių platformos gedimai

Žemiau pateiktuose paveiksluose parodyti dažniausiai pasitaikantys automobilvežio platformos lūžiai. automobilvežio platformos rėmas dažniausiai lūžta dėl per didelių apkrovų bei nuovargio. Šoninio rėmo lūžis „LOHR“ automobilvežyje, pateiktas (29 pav.), atsirado vidurinėje priekabos dalyje ties varžto skylės vieta. Pakėlimo mechanizmo laikiklis, pateiktas (30 pav.), turi būti tvirtinamas varžtais, tačiau dėl per didelių įtempių bei dinaminės apkrovos varžtai neatlaiko, taigi jis buvo privirintas.



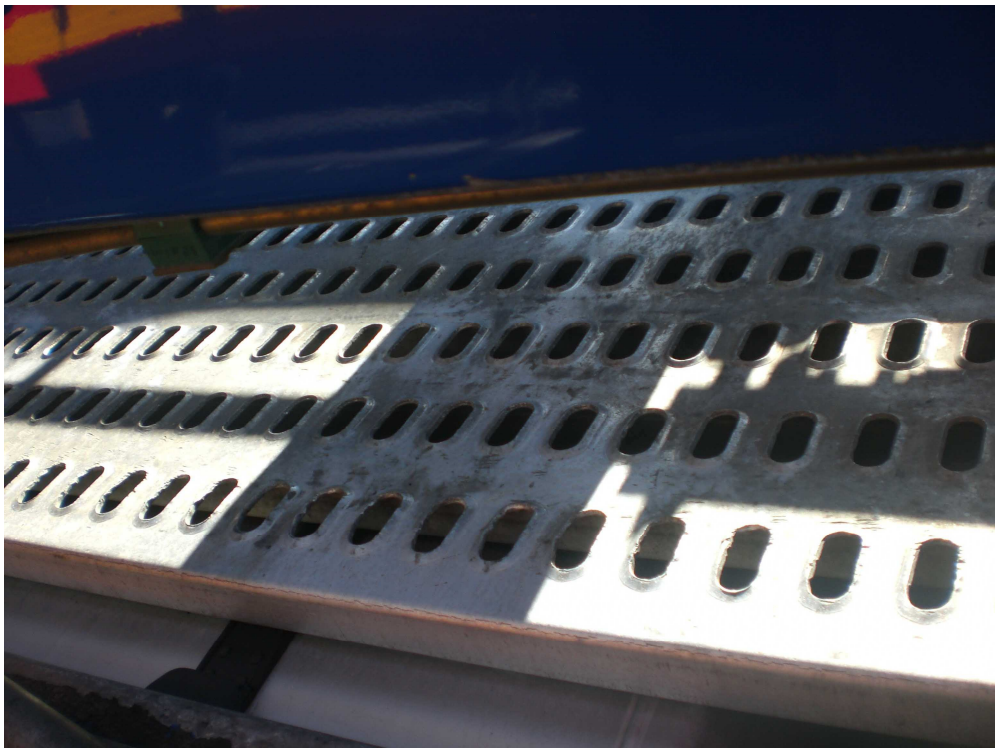
29 pav. Šoninio rėmo lūžis



30 pav. Pakėlimo mechanizmo laikiklis



31 pav. Rifliuota tvirtinimo plokštė



32 pav. Rifliuotos tvirtinimo plokštės šoninis vaizdas

Dešinėje (31 pav.) pusėje matomas automobilio tvirtinimo prie automobilvežio platformos „Rimo“ plokštės trūkis. Apatinėje (32 pav.) pusėje matomas plokštės trūkis, kuris atsiranda dėl per didelių apkrovų ar neteisingai pasirinktos medžiagos rėmo gamybai.



33 pav. Automobilvežio priekabos šoninis rėmas: 1–34 pav. padidintas vaizdas



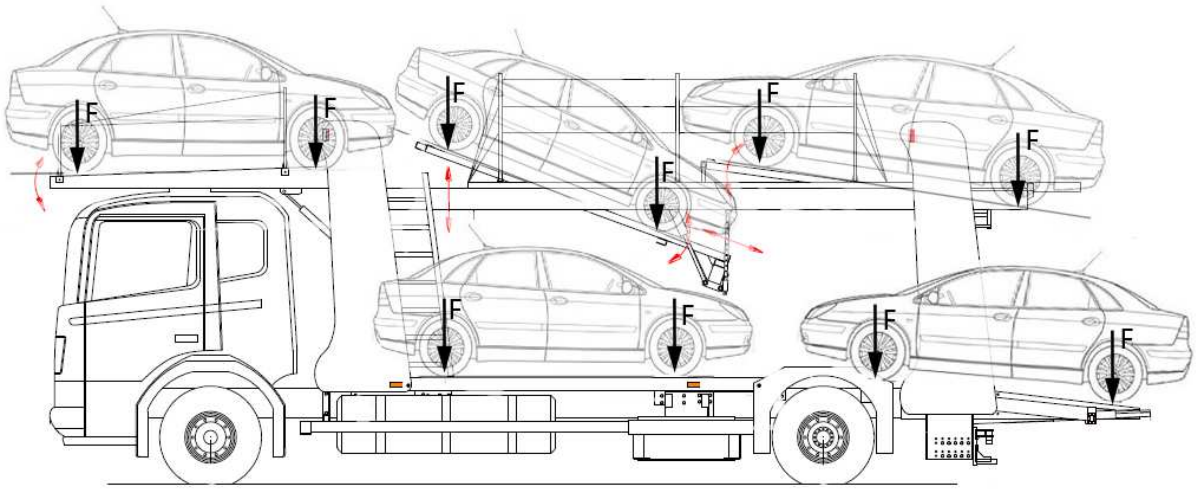
34 pav. Priekabos šoninio rėmo tvirtinimas

Automobilvežio priekabos „Rimo“ svarbiausia konstrukcijos problema pateikta 33 bei 34 paveiksluose. Šoninio automobilvežio priekabos rėmo apačioje (33 pav.) dėl atsiradusių per didelių įtempių konstrukcijos yra trūkusios. Sprendžiant problemą, konstrukcija patobulinama storesnėmis suvirinimo siūlėmis (34 pav.)

3. AUTOMOBILVEŽIO TILTELĮ VEIKIANČIŲ JĖGŲ ANALIZĖ, MODELIAVIMAS BEI TYRIMAS

3.1. Statmenai veikiančių jėgų analizė

Nagrinėjant automobilvežio konstrukciją pastebėta, jog probleminiai taškai atsiranda dėl transportuojamų automobilių (krovinio) masės. Jėgos, veikiančios automobilvežio platformą, pavaizduotos 35 pav.. Jos susidaro transportuojamo automobilio ir automobilvežio kontakto zonoje.



35 pav. Jėgos, veikiančios automobilvežio platformą

Rato kontakto zonoje automobilvežio platformą veikia 9,8 kN jėga, kurią sukuria transportuojamo automobilio masė.

Analizuojant automobilvežio platformos problemines vietas pastebėti įtrūkiai (31,32 pav.): rifluota skarda padengtoje rėminėje konstrukcijoje (toliau vadinamas – tiltelis), prie kurios tvirtinami automobiliai. Pirmiausia tiltelis modeliuojamas naudojant „SolidWorks“ programinį paketą, po to medelis perkeliamas į ANSYS kompiuterinio modeliavimo tyrimo programą.

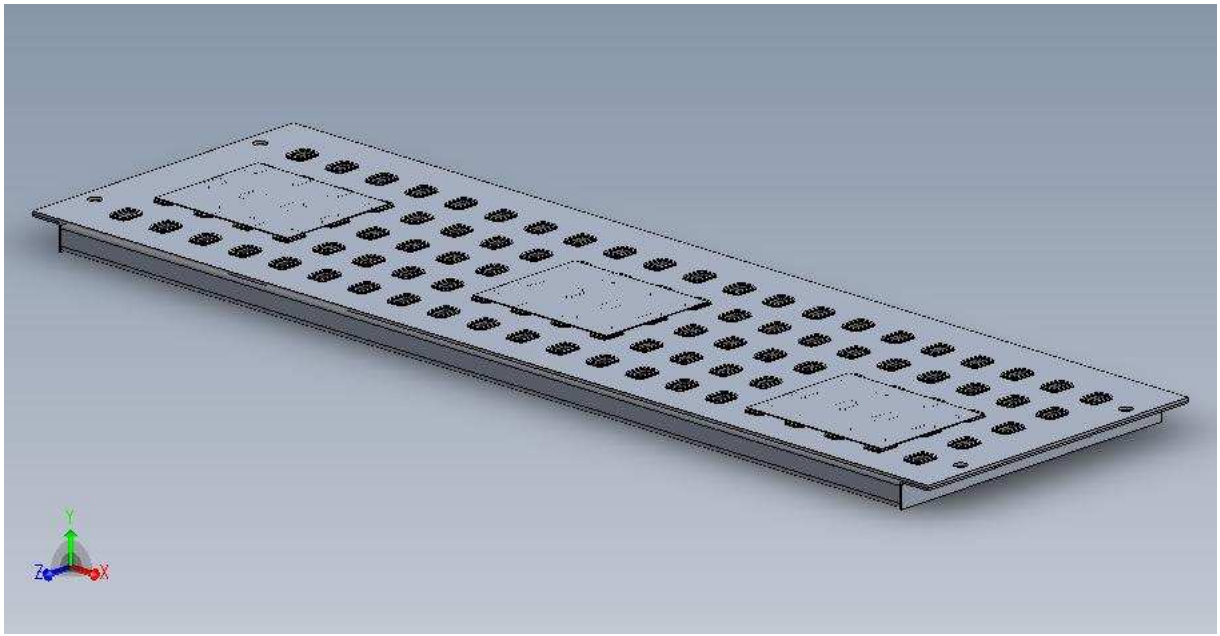
Atliekant tyrimą pasirinktas tiltelis yra apkraunamas viena 9,8 kN jėga, kuri atliekant tris skirtingus bandymus yra perkeliama į tris skirtingas vietas. Taip parenkami trys skirtingi taškai, kuriuose bus tvirtinamas automobilis.

3.2. Modeliavimas „SolidWorks“ aplinkoje

Kompiuterinis modeliavimas vis dažniau naudojamas automobilių pramonėje. Projektuodami naujus įrenginius, konstrukcijas, inžinieriai naudoja šių agregatų kompiuterinius modelius, taip juos tobulina, kol pasiekia norimą rezultatą. Taip sutaupoma daug laiko bei išlaidų, nes nereikia kurti realių prototipų, visą veikimą galima išbandyti kompiuteriu bei programine įranga.

Šiame darbe kompiuteriniam modeliavimui yra pasirinktas „SolidWorks 2012“ programinis paketas. Šis paketas yra skirtas erdviniams kūnams modeliuoti bei analizuoti. „SolidWorks“ leidžia inžinieriui įgyvendinti sprendimus virtualioje erdvėje, atlikti detalizavimą, tyrimą ir parengti techninę dokumentaciją.

Norint sudaryti kompiuterinį modelį visų pirma reikia turėti tikslius modelio duomenis bei parinkti konstrukcijos medžiagą. Reikia išsiaiškinti, kiek ir kokios dalys sudaro tiriamą elementą ir kaip jos sujungtos. Konstrukcijos matmenys buvo gauti išmatavus objektą naudojant ruletę. „Solidworks“ programiniu paketu suprojektuota konstrukcija pateikta 36 pav. Konstrukciją sudaro rėmas, rifliuota plokštė bei du sutvirtinimo elementai, kurie yra tvirtinimo vietų apatinėse plokštumose.



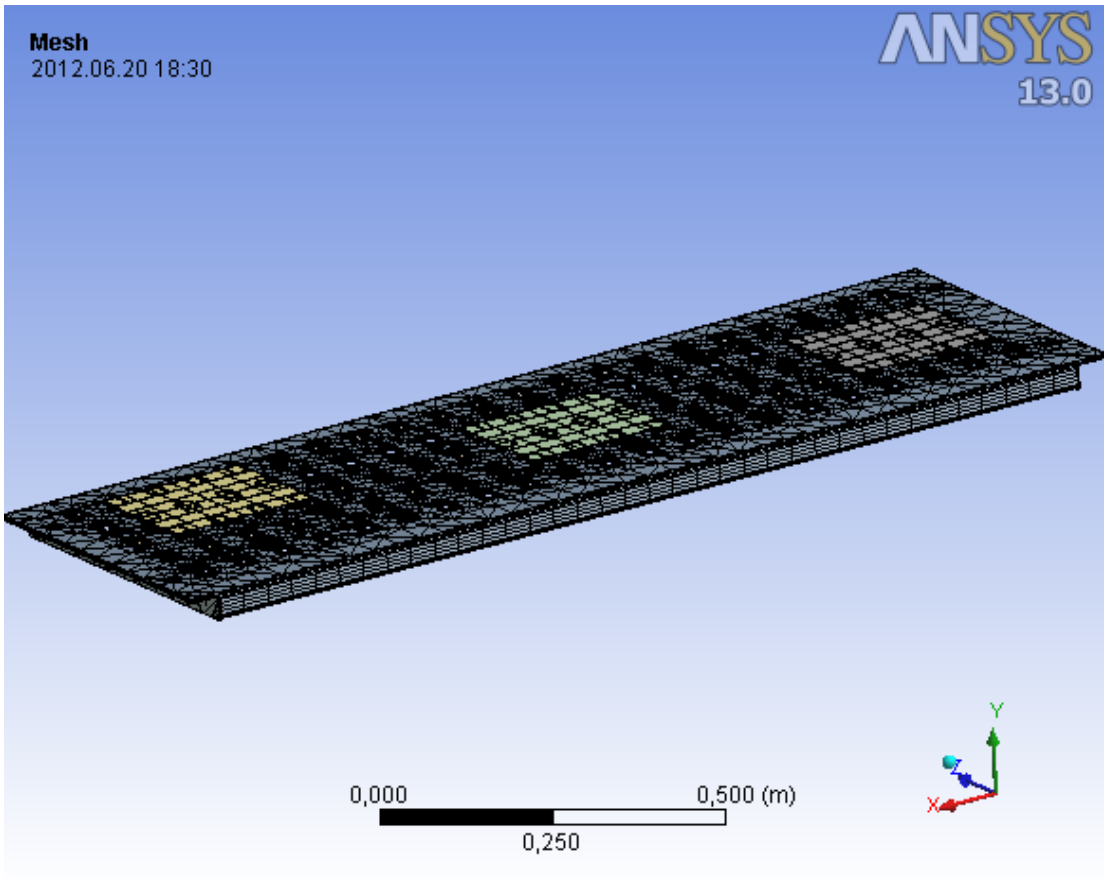
36 pav. Automobilvežio tiltelis, sumodeliuotas „SolidWorks“ programiniu paketu

3.3. Tyrimas „Ansys“ programiniu paketu

ANSYS kompiuterinio modeliavimo tyrimo programa atliekamas konstrukcijos tyrimas. ANSYS – tai daugiafunkcis baigtinių elementų programinis paketas, skirtas mechanikos, elektrotechnikos, skysčių dinamikos bei kitų inžinerinių – fizikinių uždavinių sprendimui ir analizei. Paketu galima spręsti tiek mokslinės, tiek ir inžinerinės pakraipos problemas. „Ansys“ programa turi keletą priedų, kurie pritaikyti konkrečios srities uždaviniams spręsti, pvz., „Ansys Workbench“ priedas skirtas mechanikos uždavinių patogesniam sprendimui (Dundulis et al. 2008).

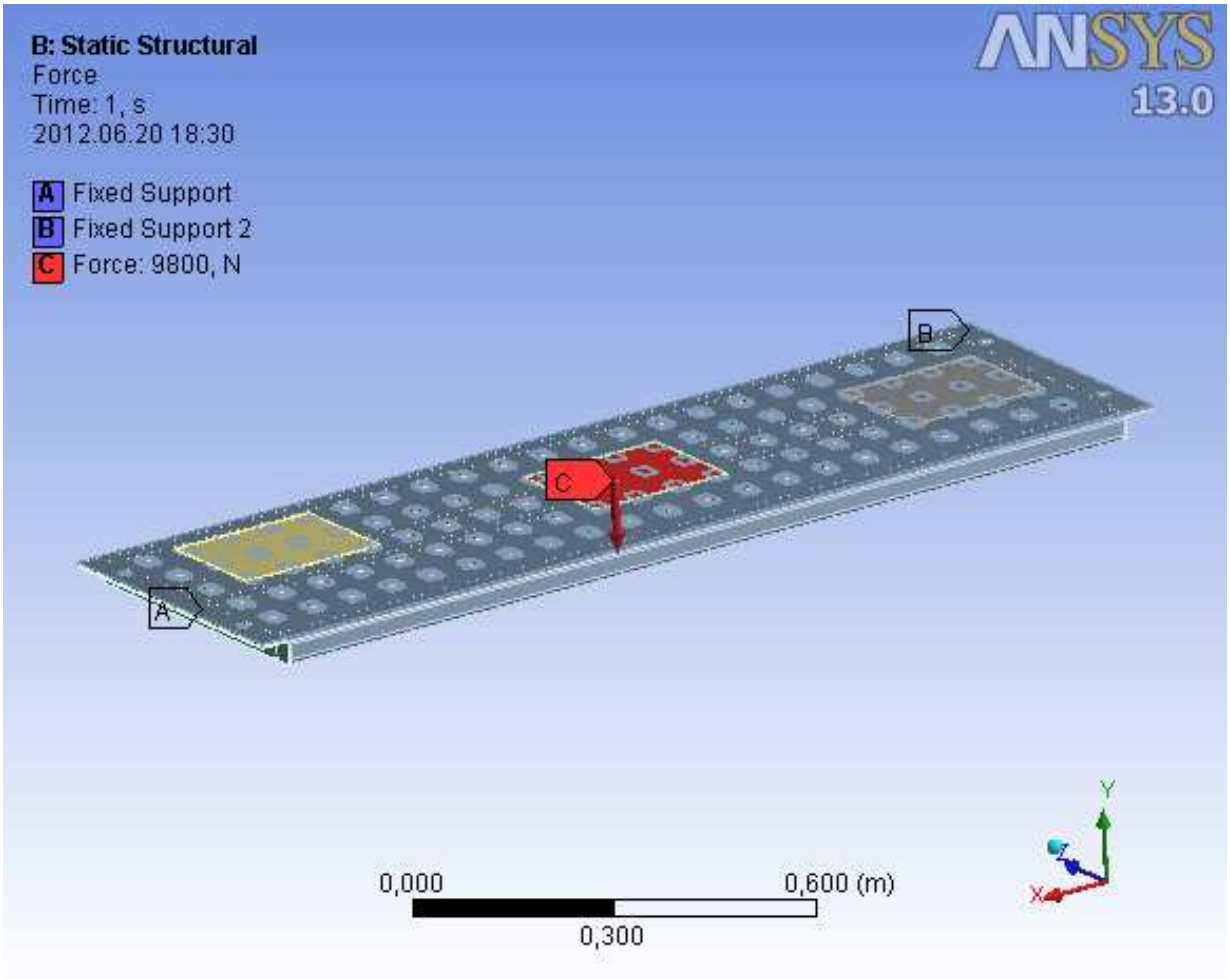
ANSYS programa galima dirbti grafiniu ir komandiniu režimu. Dirbant grafiniu režimu visi vykdomi veiksmai įrašomi į rinkmeną, todėl norint pereiti prie komandinio režimo tereikia išsirinkti reikiamas komandas iš minėtos rinkmenos (Dundulis et al. 2008).

Visi modeliai yra suskirstomi baigtiniais elementais prieš atliekant tyrimą (37 pav.). Parenkama konstrukcijos medžiaga, šiuo atveju parenkamas aliuminio lydinys AlSi5, ISO 4043–H16, kurio takumo riba yra 180 MPa bei stiprumo riba yra 200 MPa. Pažymimos įtvirtinimo vietos bei apkraunama jėga pasirinktoje vietoje. Atlikus kompiuterinio modeliavimo skaičiavimus, gauti rezultatai pateikti toliau esančiuose paveiksluose.



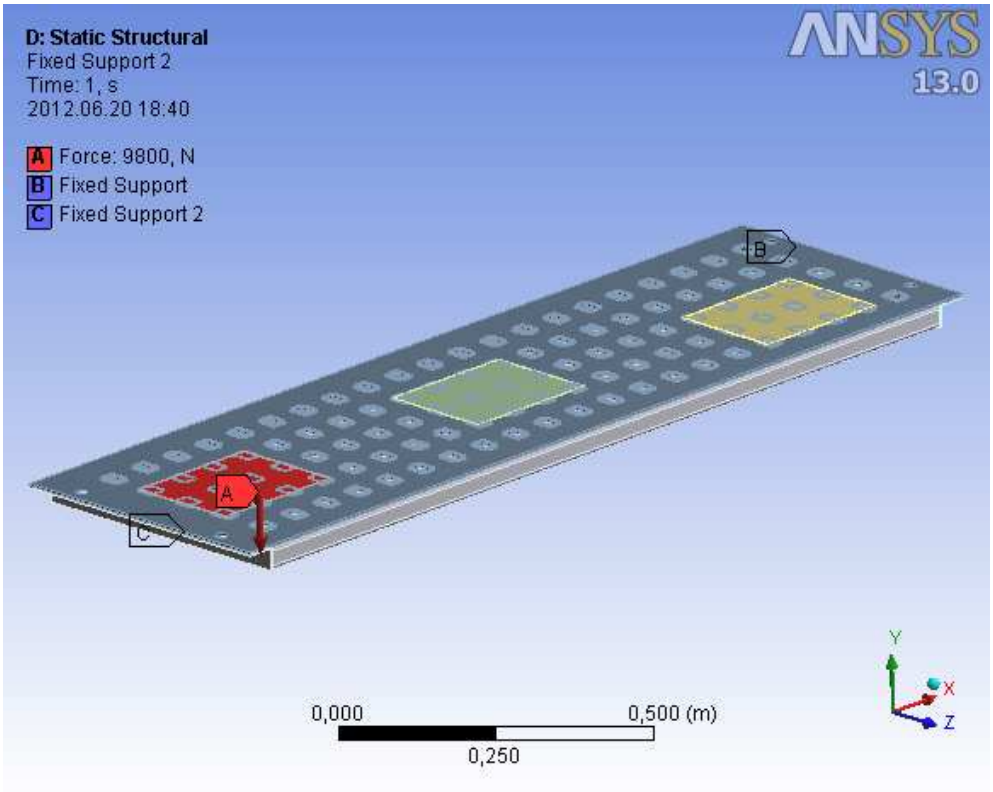
37 pav. Baigtiniais elementais suskirstytas modelis

Tyrimo metu yra analizuojami trys skirtingi tiltelio apkrovimo modeliai: pirmuoju atveju, kuris yra pavaizduotas (38 pav.), modeliuojamas tiltelis yra tvirtinamas plokštės galuose, tvirtinimas pažymėtas A ir B raidėmis ir prisukamas prie pagrindinio platformos rėmo. Jėga, kuria yra apkraunamas tiltelis, yra 9,8 kN. Ji yra pridedama tiltelio viduryje ir pažymėta raide C.



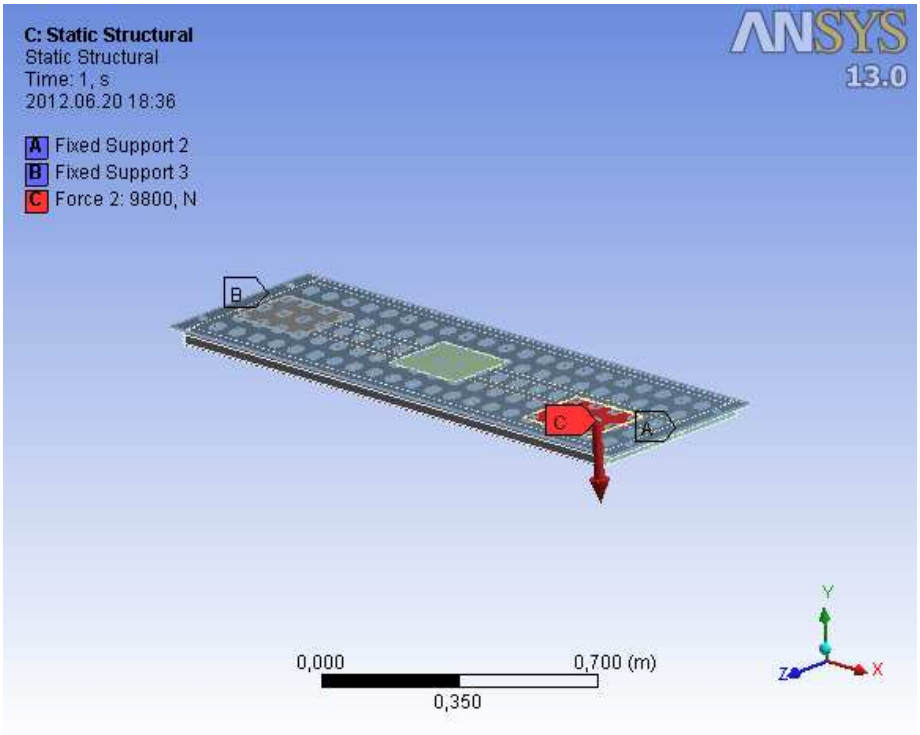
38 pav. Pirmojo bandymo modelis su tvirtinimo taškais ir jėga

Antruoju atveju tiltelis yra tvirtinamas plokštės galuose, tvirtinimas (39 pav.) pažymėtas A ir B raidėmis, 9,8 kN jėga yra pridedama tiltelio priekinėje dalyje, viduryje, 39 pav. pažymėta raide C.



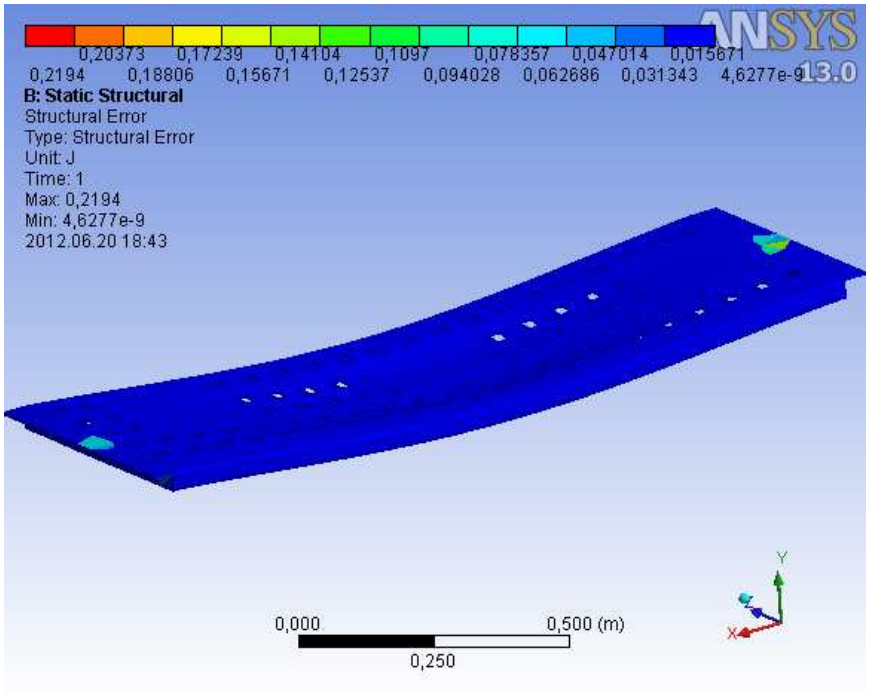
39 pav. Antrojo bandymo modelis su tvirtinimo taškais ir jėga

Trečiuoju atveju tiltelis yra tvirtinamas plokštės galuose, tvirtinimas (40 pav.) pažymėtas A ir B raidėmis, 9,8 kN jėga yra pridedama tiltelio priekinėje dalyje, kairėje pusėje, 40 pav. pažymėtas raide C.

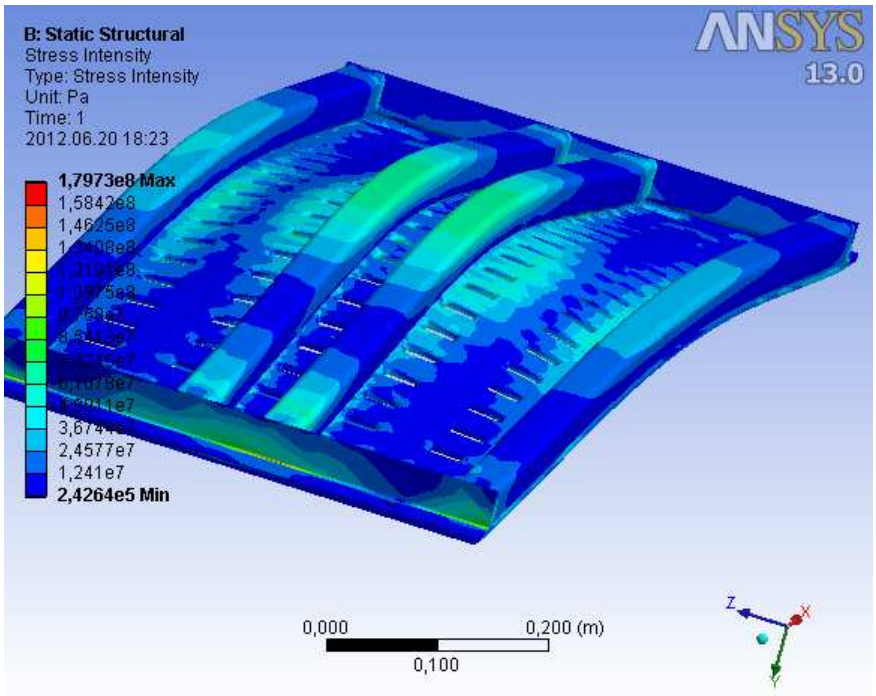


40 pav. Trečiojo bandymo modelis su tvirtinimo taškais ir jėga

Primojo bandymo metu gauti rezultatai pateikti 41 pav. Konstrukcijos probleminiai taškai yra tiltelio tvirtinimo plokštumų galuose. Maksimalių įtempių tyrimas pateiktas 42 pav., probleminiuose taškuose maksimalūs įtempiai siekia 179,7 MPa, kurie yra artimi takumo ribai 180 MPa. Atliekant konstrukcijos vizualinį tyrimą, tose pačiose vietose buvo pastebėti įtrūkiai.

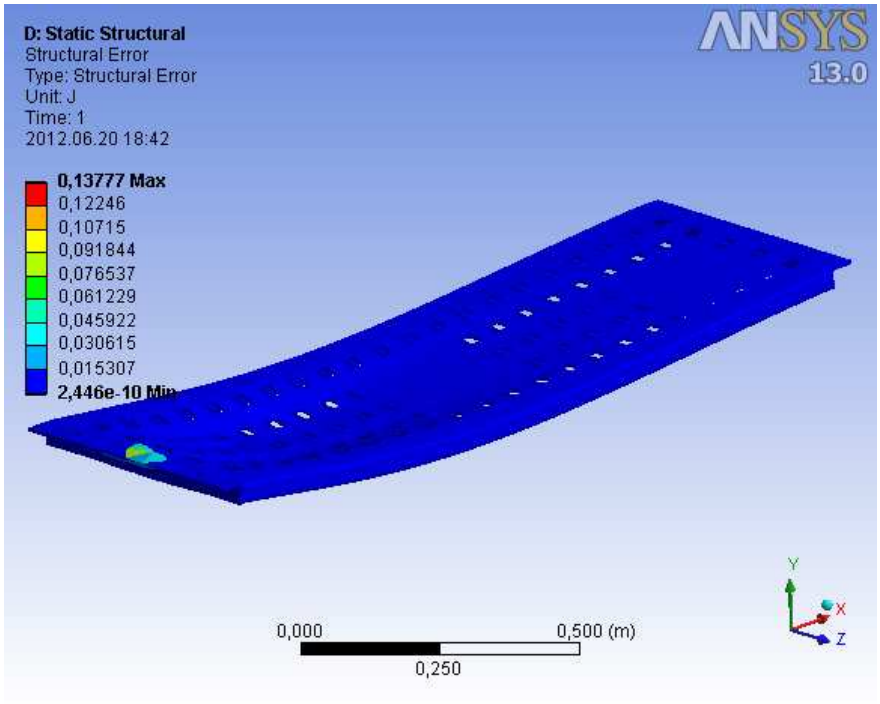


41 pav. Pirmojo bandymo konstrukcinių klaidų vaizdavimas

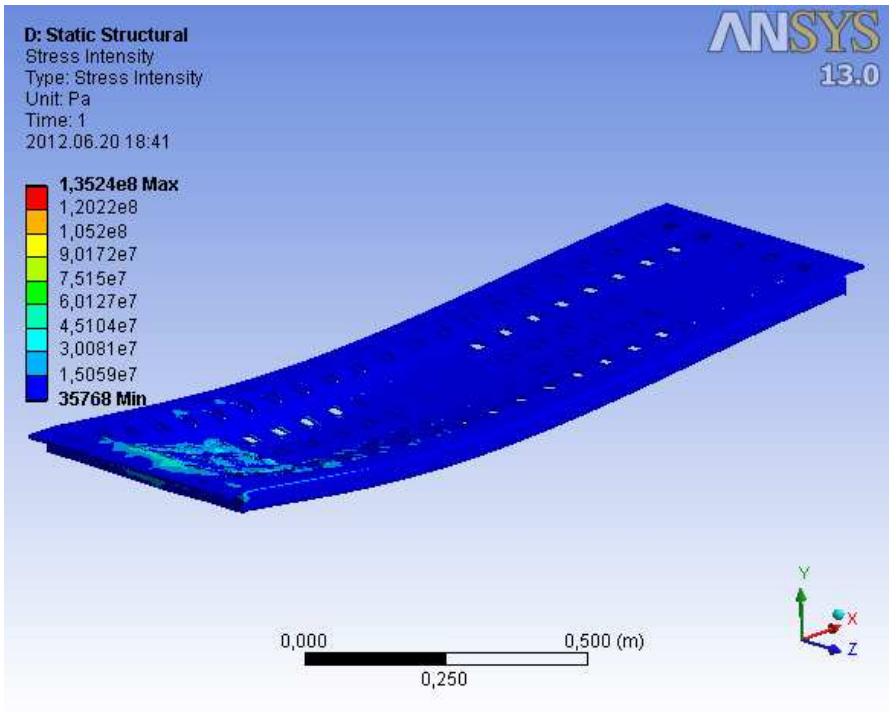


42 pav. Pirmojo bandymo maksimalių įtempių tyrimas

Antrojo bandymo metu gauti rezultatai pateikti 43 pav. Konstrukcijos probleminiai taškai yra tiltelio priekinėje dalyje. Maksimalių įtempių tyrimas pateiktas 44 pav. probleminiuose taškuose maksimalūs įtempiai siekia 135,2 MPa.

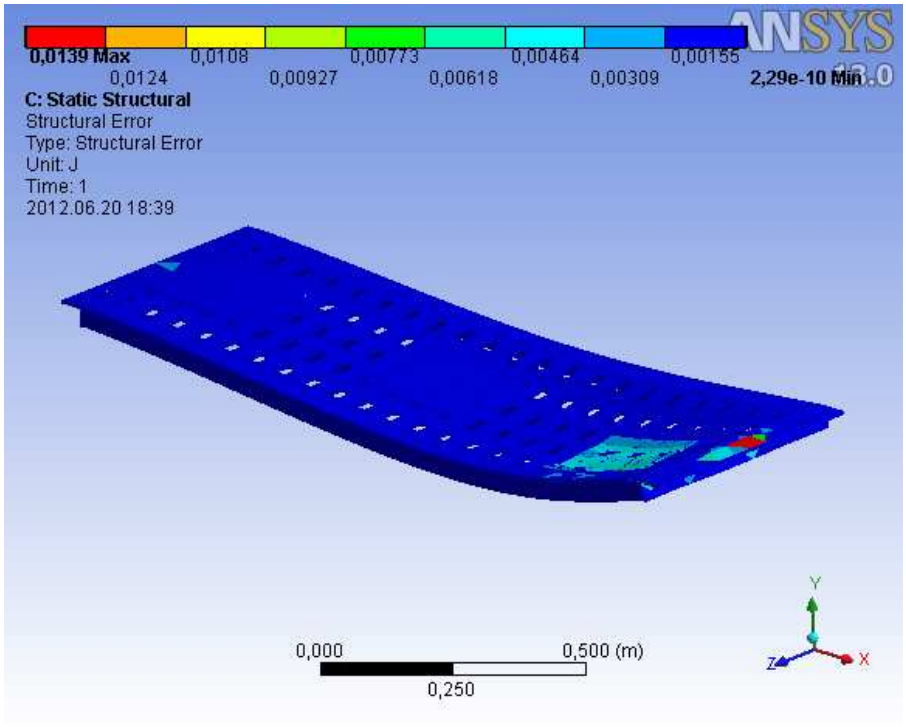


43 pav. Antrojo bandymo konstrukcinių klaidų vaizdavimas

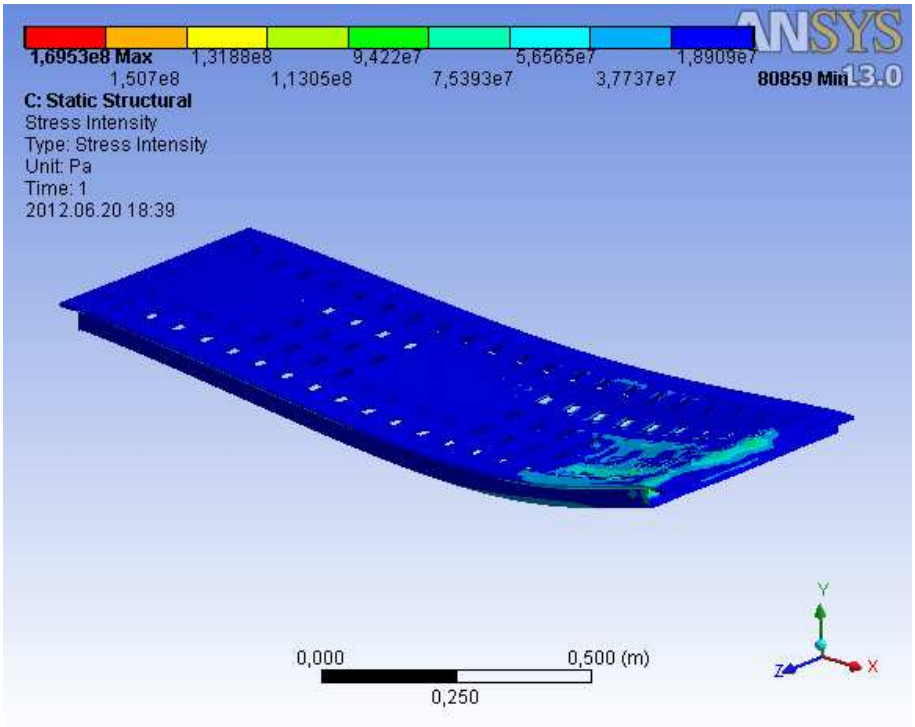


44 pav. Antrojo bandymo maksimalių įtempių tyrimas

Trečiojo bandymo metu gauti rezultatai pateikti 45 pav. Konstrukcijos probleminiai taškai yra tiltelio galinėje dalyje. Maksimalių įtempių tyrimas pateiktas 46 pav., probleminiuose taškuose maksimalūs įtempiai siekia 135,2 MPa.



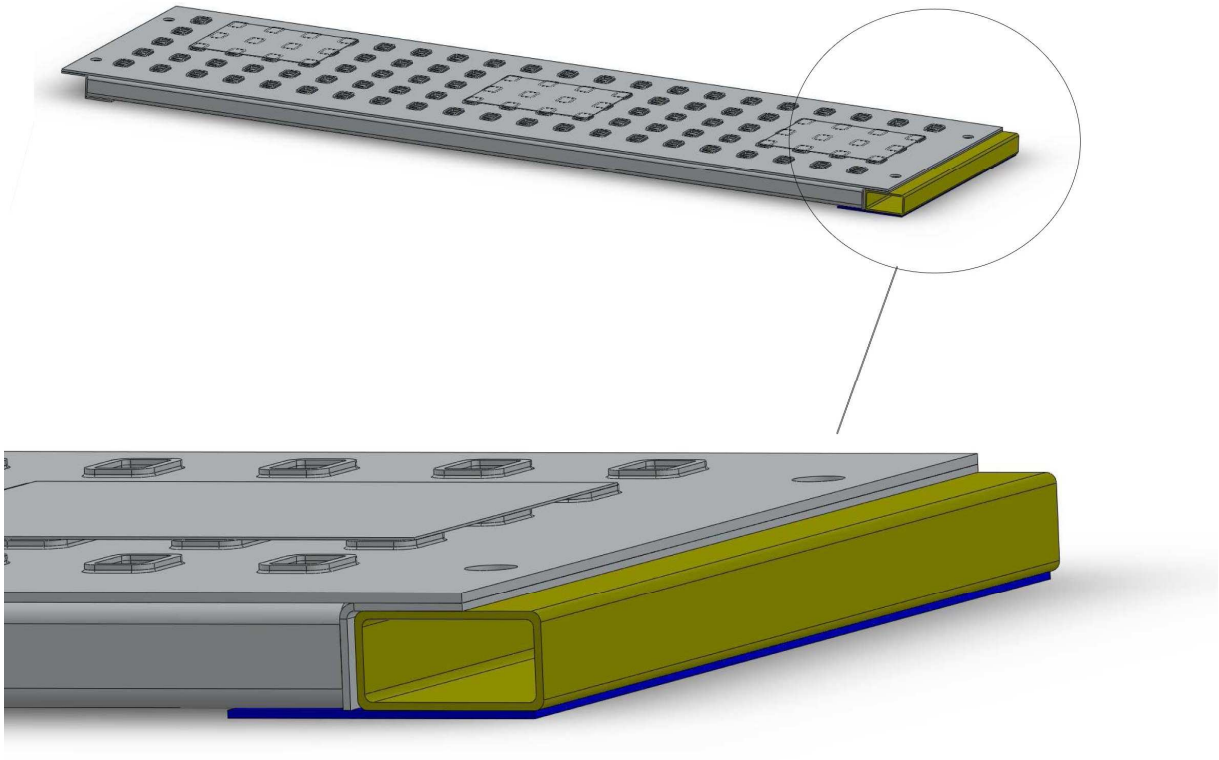
45 pav. Trečiojo bandymo konstrukcinių klaidų vaizdavimas



46 pav. Trečiojo bandymo konstrukcinių klaidų vaizdavimas

3.4. Tiltelio konstrukcijos tobulinimas

Norint išvengti tiltelio konstrukcijos trūkio bei nestabilumo reikia tobulinti tiltelio tvirtinimą prie rėmo. Tiltelio tvirtinimo prie rėmo tobulinimas atliekamas naudojant „Solidworks“ programinį paketą. Tobulinama tvirtinimo vieta, kurioje buvo didžiausi įtempiai. „Solidworks“ programoje pasirenkamas tiltelio modelis ir tvirtinimo vietoje sumodeliuojamas patobulinimas (47 pav.).

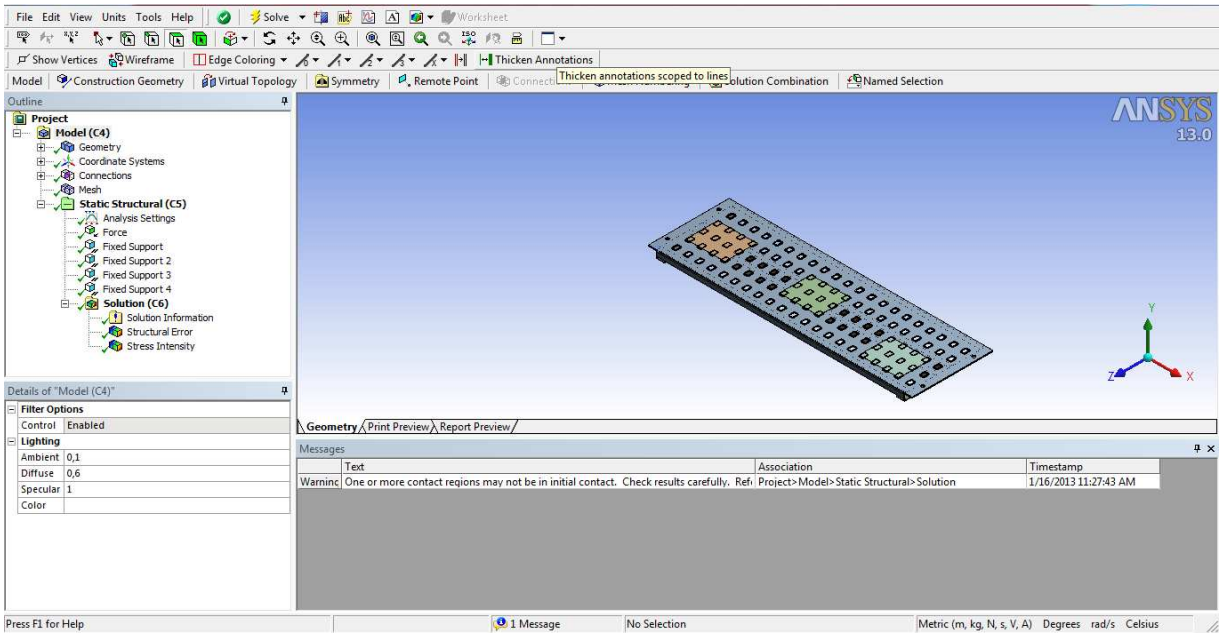


47 pav. Patobulintas automobilvežio tiltelis

47 pav. geltona spalva pavaizduota automobilvežio rėmo dalis, prie kurios yra tvirtinamas tiltelis, paveikslo apačioje mėlynai pavaizduotas patobulinimas – tai yra plokštė, kuri privirinama rėmo apačioje ir ant jos padedama tiltelio apačia. Tokiu būdu automobilvežio tiltelio priekinė dalis prie rėmo yra tvirtinama ne viena plokštuma viršuje, bet plokštuma apačioje, kuri atsiranda patobulinus konstrukciją. Norint įsitikinti, ar nauja konstrukcija yra stabilesnė, suprojektuotas modelis perkeliamas į „Ansys“ programos aplinką bei tiriamas apkraunant tokiomis pat jėgomis.

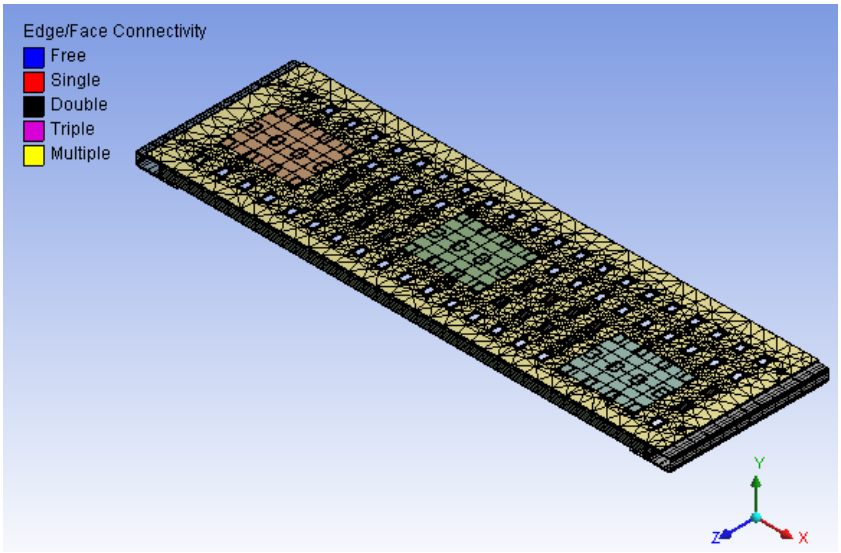
3.5. Patobulintos konstrukcijos tyrimas „Ansys“ programiniu paketu

Automobilvežio tiltelio modelis atidaromas naudojant „Ansys“ programinį paketą, parenkamas tyrimo modelis „Static Structural“ bei atidaromas modelio koregavimo langas „Mechanical“, kuris pavaizduotas 48 pav.

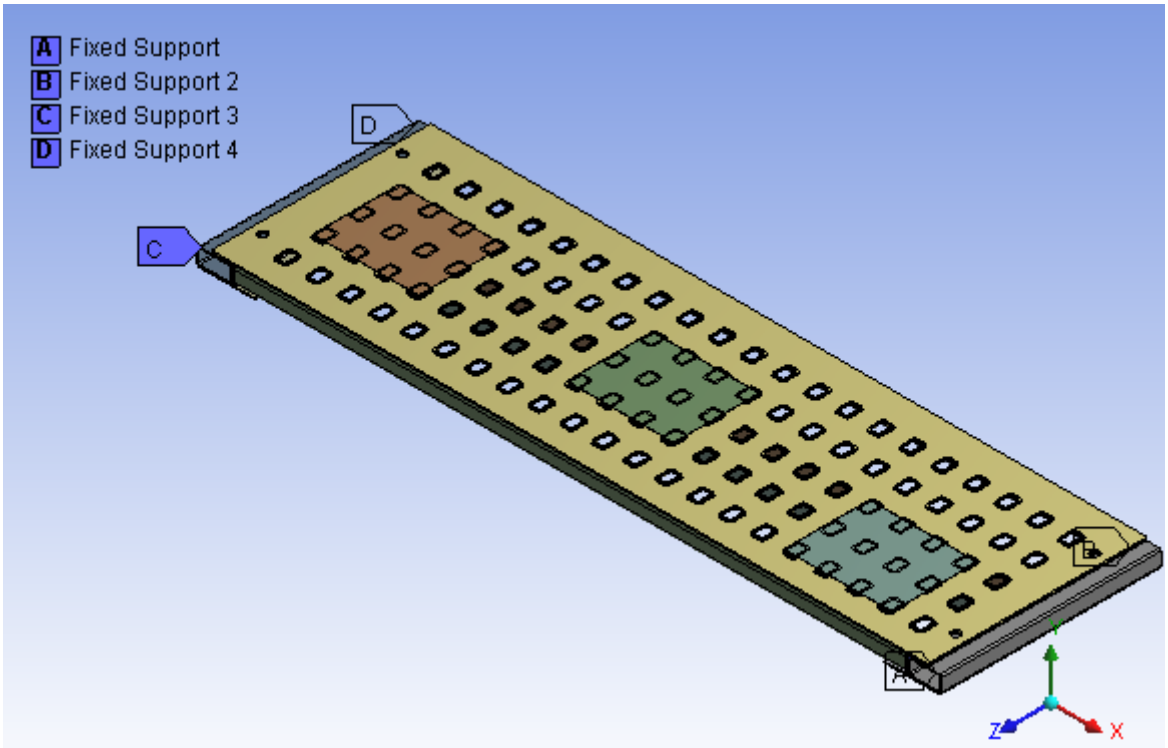


48 pav. „Ansys“ programinio paketo modeliavimo langas

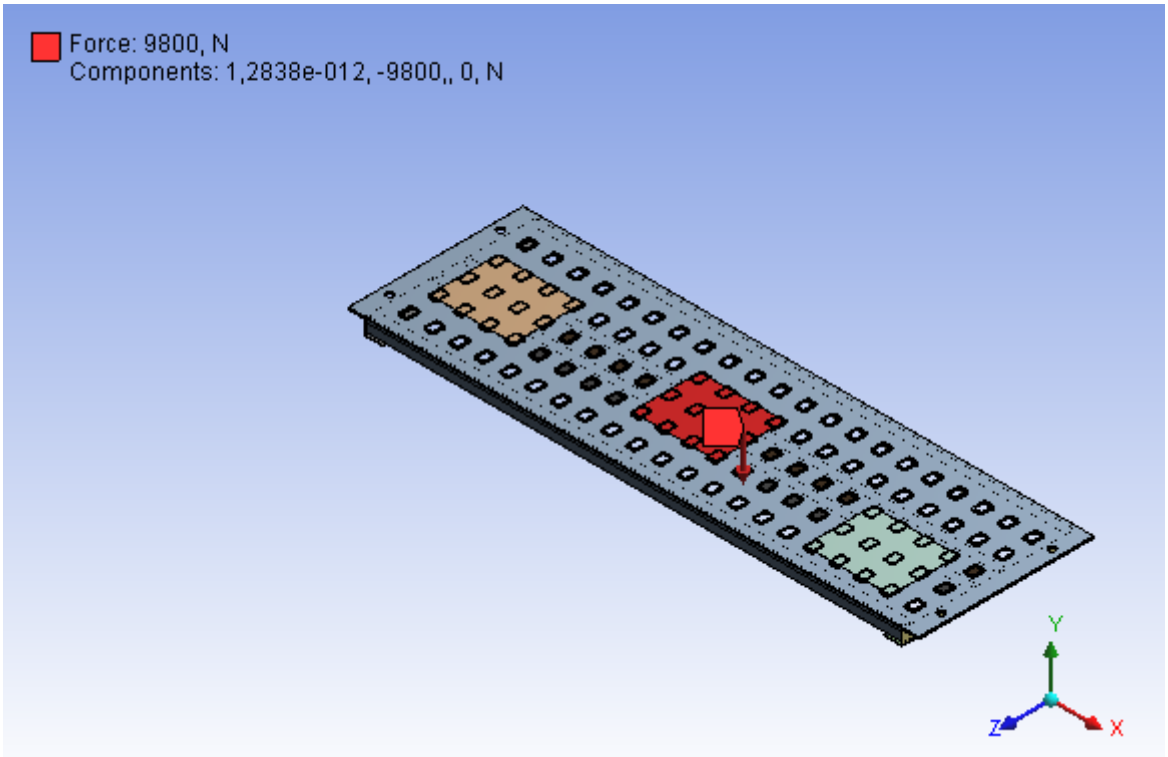
Pasirinktas modelis suskaidomas baigtiniais elementais (49 pav.), parenkami įtvirtinimo taškai (50 pav.) ir apkraunamas 9,8 kN jėga vidurinėje tiltelio dalyje (51 pav.).



49 pav. Automobilvežio tiltelio padalijimas baigtiniais elementais

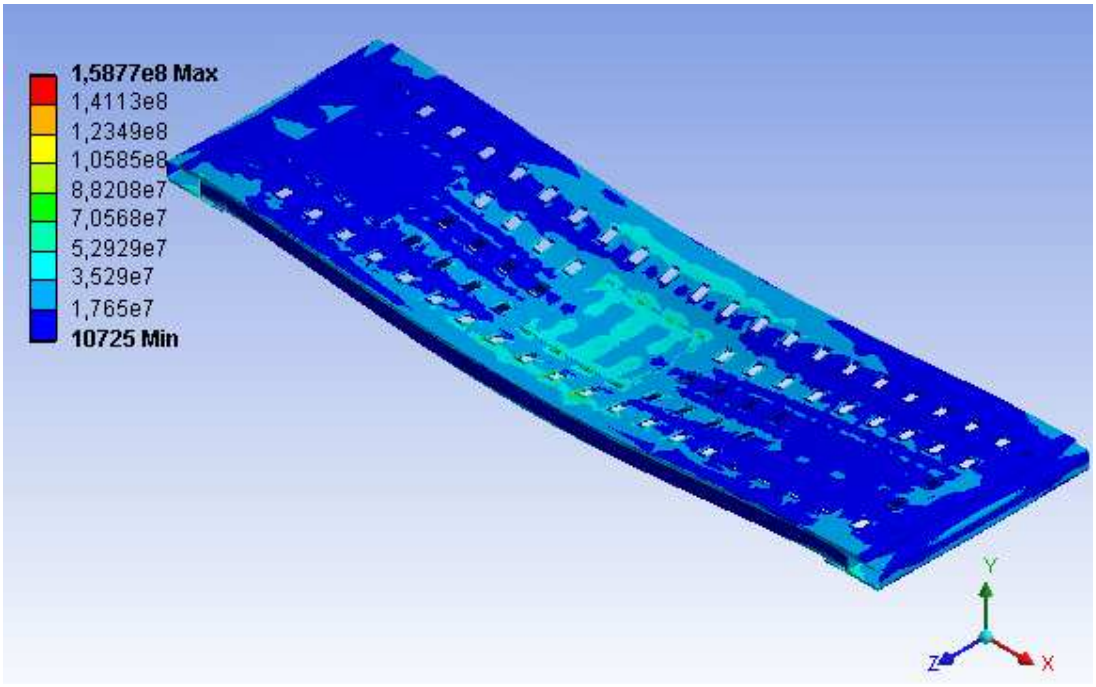


50 pav. Tiltelio tvirtinimo vietos

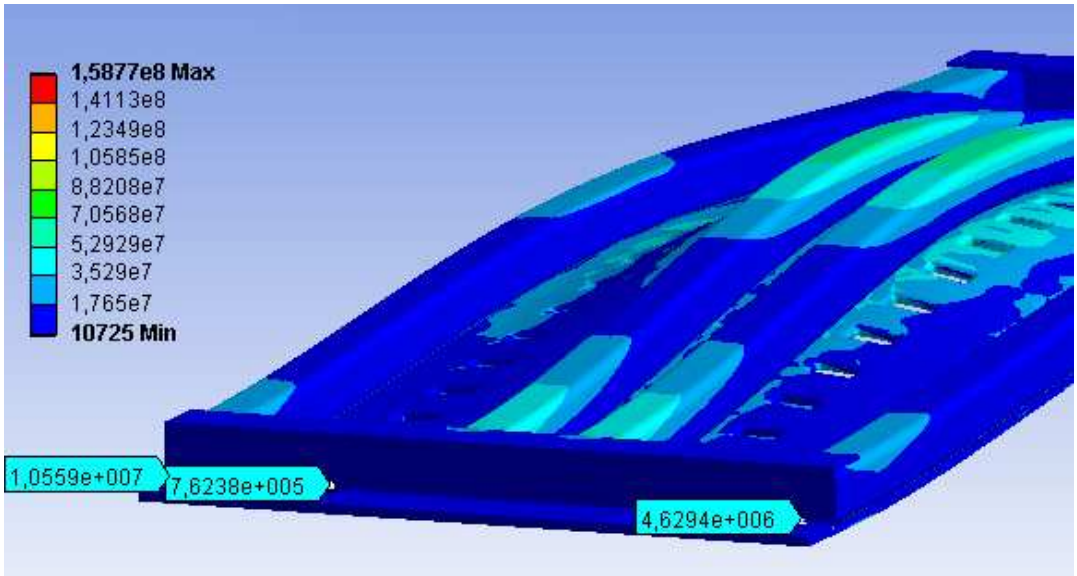


51 pav. Tiltelio apkrovos vieta

Automobilvežio tiltelį įtvirtinus ir apkrovus 9,8 kN jėga vidurinėje dalyje, nes originalioje konstrukcijoje didžiausi įtempiai buvo tiltelio kraštuose, kai apkraunama tiltelio vidurinė dalis. Programa atlikus skaičiavimus gauti rezultatai pateikti 52 pav., kaip matyti iš paveikslo, įtempiai konstrukcijoje pasiskirsto beveik tolygiai.



52 pav. Patobulintos konstrukcijos įtempių pasiskirstymo vaizdavimas



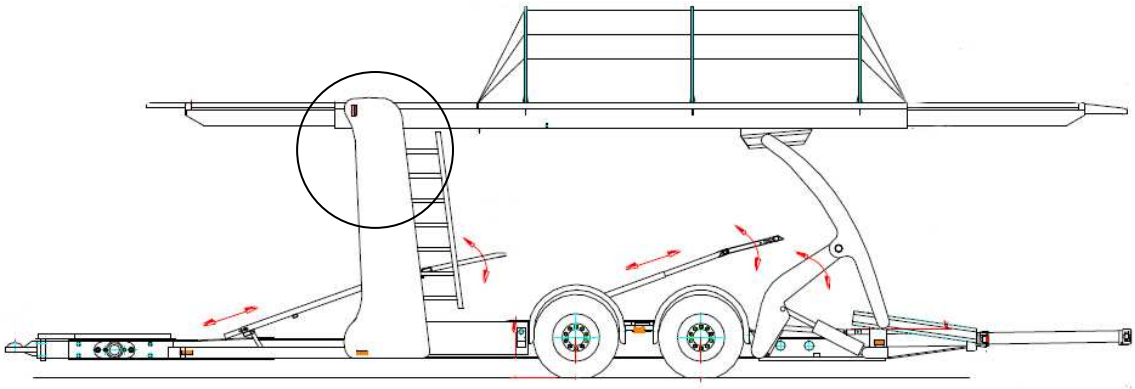
53 pav. Įtempių pasiskirstymo vaizdavimas pavojingoje zonoje

Kaip matoma iš 52 ir 53 pav., probleminėje vietoje įtempiai sumažėjo nuo 179,7 MPa iki 10,5 MPa. Taigi galima teigti jog konstrukcijos patobulinimas pasitvirtino.

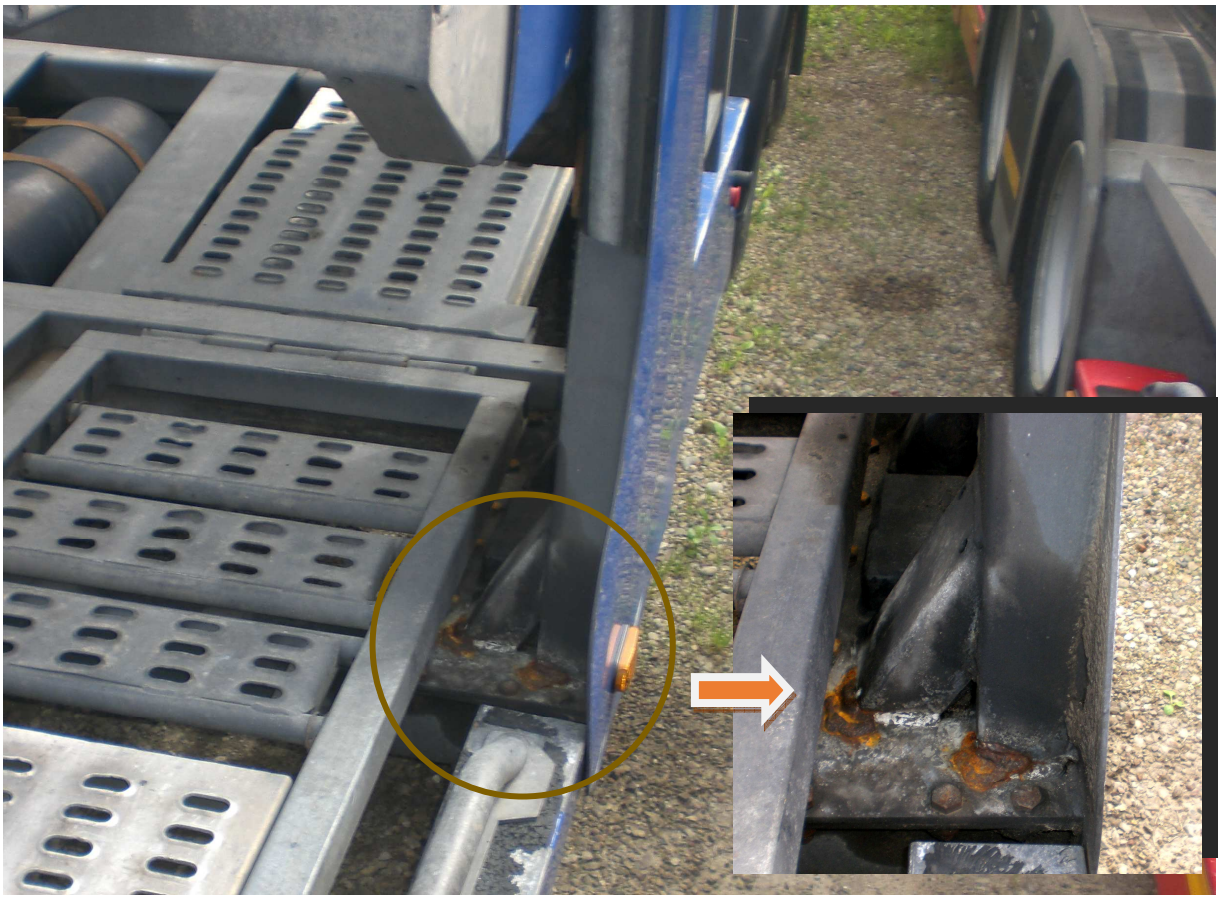
4. AUTOMOBILVEŽIO PRIEKABOS STATRAMSTĮ VEIKIANČIŲ JĖGŲ ANALIZĖ, MODELIAVIMAS BEI TYRIMAS

4.1. Automobilvežio priekabos šoninio statramsčio silpnų zonų identifikavimas.

Automobilvežio priekabos konstrukcijos pavojinga zona pavaizduota 54 pav., ji žymima padidintame vaizde apskritimu. Suvirinimo trūkis apatinėje konstrukcijos dalyje matomas 55 pav.. Norint patikrinti konstrukcijos stabilumą ji modeliuojama „SolidWorks“ programiniu paketu bei patikrinama naudojant „Ansys“ programą.

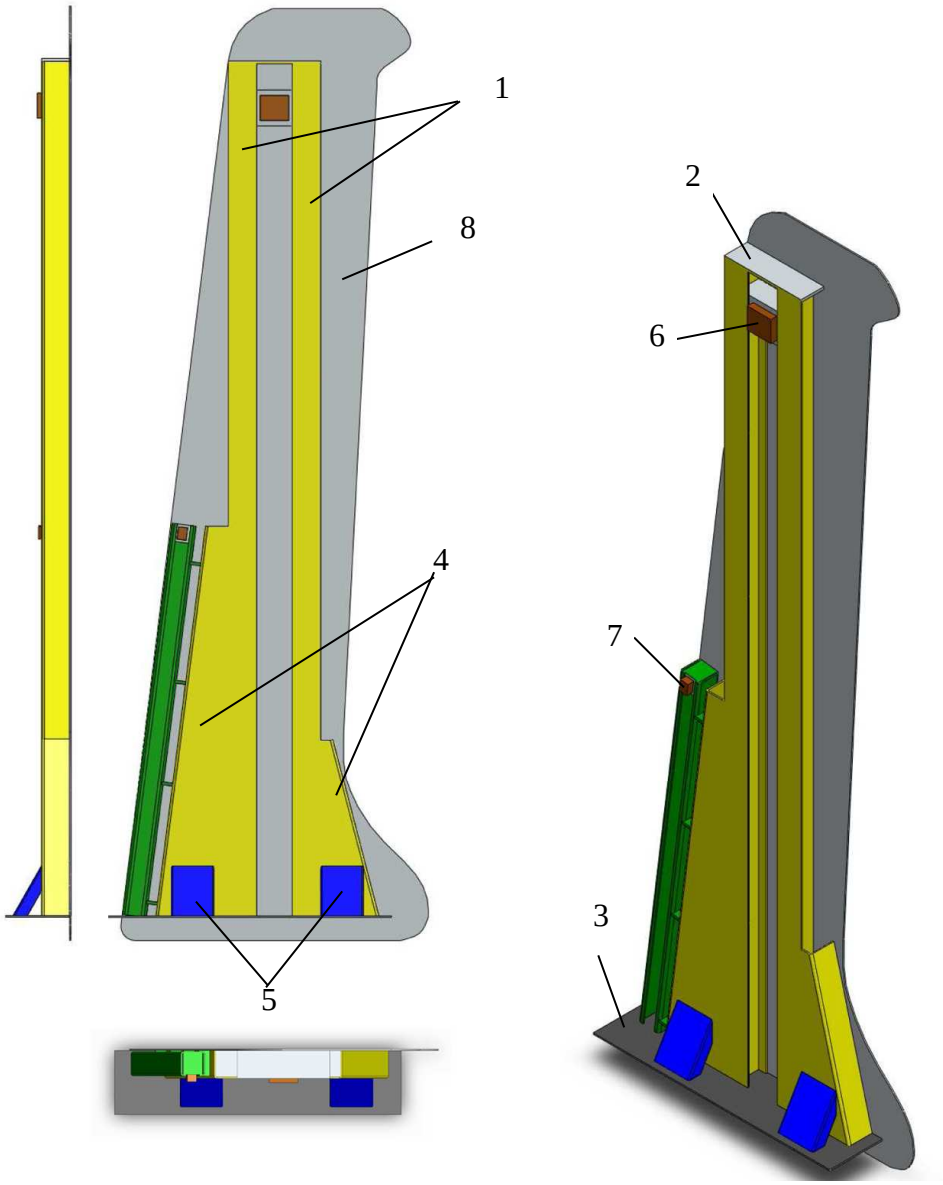


54 pav. Automobilvežio priekaba



55 pav. Sunkvežimio priekabos rėmo įtrūkiai

Norint tinkamai sumodeliuoti sunkvežimio rėmą, pirmiausia reikia turėti tikslius jo matmenis. Pirminis rėmo brėžinys, padarytas ant popieriaus lapo pieštuku, pateiktas prieduose (žr. 1 priedą). Pagal pirminio brėžinio duomenis sukuriamas kompiuterinis modelis (56 pav.) naudojant „SolidWorks“ programinį paketą. Šoninį statramstį sudaro du T formos profilio sijos (1). Viršutinėje strypų dalyje yra sutvirtinimas (2). Apatinėje konstrukcijos dalyje jie tvirtinami plokšte (3), kuri varžtais yra tvirtinama prie automobilvežio priekabos apatinio rėmo. T formos sijos apatinėje statramsčio dalyje išilgine kryptimi yra sutvirtinami atramomis (4), skersine kryptimi – sutvirtinama atramomis (5). Statramsčio vidurinėje dalyje yra srieginis strypas, ant kurio kronšteinu (6) yra tvirtinamas automobilvežio platformos antrasis aukštas. Statramsčio kairiojoje dalyje yra tvirtinamas pirmame aukšte transportuojamo automobilio tiltelis, kurio aukštis reguliuojamas mechanizmo (7) pagalba.



56 pav. Priekabos rėmo dalies modelis

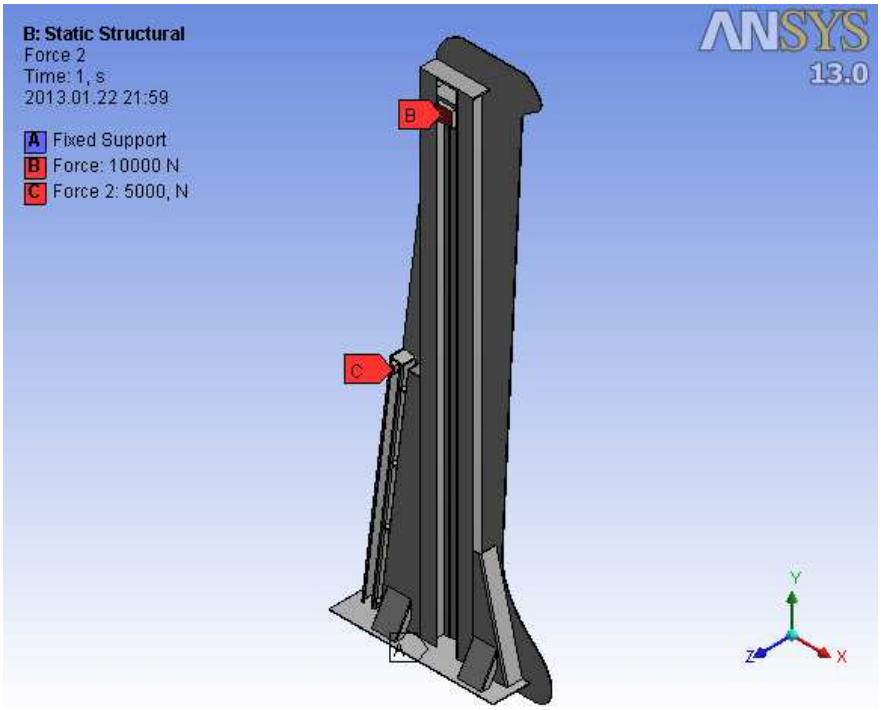
Visą išorinę statramsčio dalį dengia 5 mm skarda (8), kuri ne tik sustiprina statramsčio konstrukciją, bet ir yra dizaino elementas.

Geltona spalva pažymėta pagrindinė rėmo konstrukcija, laikanti viršutinę priekabos dalį (56 pav.), mėlyna spalva – sustiprintos rėmo vietos, žalia spalva pažymėta apatinį tiltelį laikanti konstrukcija. Ruda spalva pažymėtos tvirtinimo vietos, kuriose yra pritvirtinama viršutinė platforma bei apatinis pakeliamas tiltelis.

4.2. Statramstį veikiančių jėgų tyrimas

Atliekant tyrimą priimama jog statramstį veikia dvi jėgos:

- Pirmoji atidedama statramsčio viršutinėje dalyje, kur yra tvirtinamas automobilvežio platformos antrasis aukštas, 57 pav. pažymėtas raide B.
- Antroji jėga atidedama kairiojoje statramsčio dalyje, kur yra tvirtinamas apatinėje dalyje transportuojamo automobilio tiltelis, 57 pav. pažymėtas raide C.



57 pav. Priekabos šoninio rėmo įtvirtinimo ir apkrovimo jėgų žymėjimas

Viršutinis statramsčio kronšteinas yra apkraunamas antrojo aukšto platformos mase, m_{plat} = 1500 kg, bei dviejų transportuojamų automobilių masių suma, $m_{aut1,2}$ = 3500 kg. Įvertinant, jog viršutinė automobilvežio priekabos platforma tvirtinama prie keturių statramsčių, vienam tvirtinimo kronšteinui tenkanti masės dalis apskaičiuojama pagal formulę (4.1).

$$m_B = \frac{m_{aut1,2} + m_{plat}}{4}, \tag{4.1}$$

$$m_B = \frac{3500 + 1500}{4} = 1250\ \text{kg}.$$

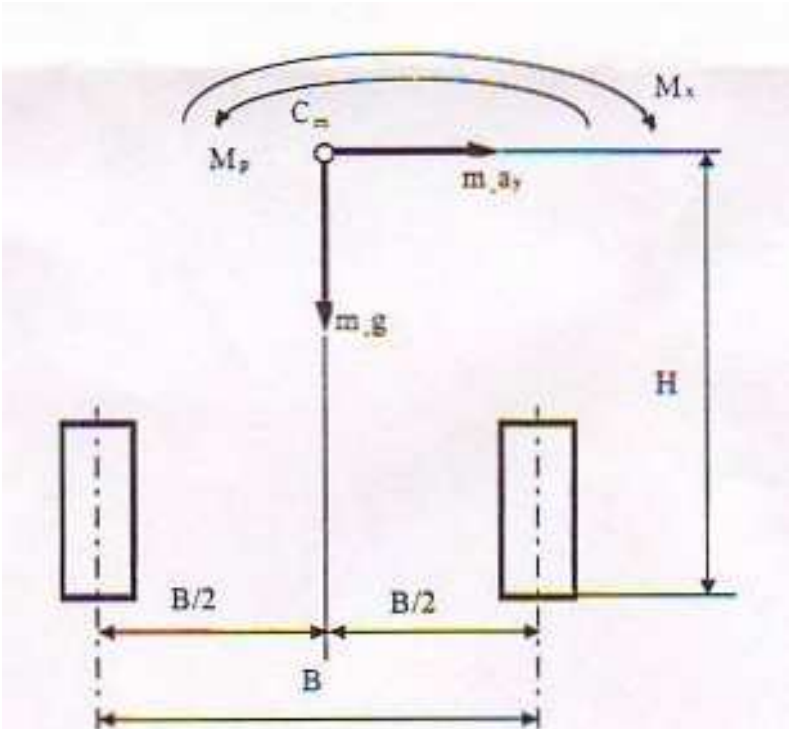
Apatinis statramsčio kronšteinas yra apkraunamas pirmame aukšte transportuojamo automobilio mase $m_{aut3} = 1600$ kg. Tiltelio masė neskaičiuojama, nes įtakos itempiams neturi. Įvertinus, jog apatinėje priekabos dalyje transportuojamas automobilis yra tvirtinamas keturiuose taškuose (tvirtinant automobilio ratus), kronšteinui tenkanti masės dalis apskaičiuojama pagal formulę (4.2).

$$m_C = \frac{m_{aut3}}{4}, \tag{4.2}$$

$$m_C = \frac{1600}{4} = 400\ \text{kg}.$$

Atliekant tris skirtingus bandymus, jėgų apkrovimo vieta išlieka ta pati (57 pav. B, C), tik keičiasi jėgų kryptys bei intensyvumas.

Skaičiuojant jėgas veikiančias kronšteinus, pirmiausia randamas šonine kryptimi veikiantis pagreitis. Skaičiavimai atliekamai naudojantis Ragelio 2007 metais pateikta metodika.



58 pav. Automobilvežį, virtimo metu, veikiančių jėgų ir momentų schema

Automobilvežio vertimo momentas

$$M_x = m \cdot a_y \cdot H; \quad (4.3)$$

čia: m – automobilvežio masė, kg;

a_y – išcentrinis pagreitis posūkyje, m/s^2;

H – pakrauto automobilvežio masės centro aukštis, m.

Automobilvežio vertimui priešinantysis svorio jėgos momentas:

$$M_p = m \cdot g \cdot \frac{B}{2}; \quad (4.4)$$

čia: B – automobilvežio tarp vėžės plotis, m.

Automobilvežio stovumo virtimui sąlyga – $M_x \le M_p$,

$$m \cdot a_y \cdot H \le m \cdot g \cdot \frac{B}{2}; \quad (4.5)$$

$$\text{arba } a_y \le g \cdot \frac{B}{2H}. \quad (4.6)$$

Įsistatome skaičius ir apskaičiuojame pagreitį:

$$a_y = 9{,}8 \cdot \frac{2200}{2 \cdot 1600}' = 6{,}7 \text{ m/s}^2.$$

Jėgos veikiančios automobilvežio statramstį posūkyje apskaičiuojamos pagal formulę:

$$F_1 = m_B \cdot a_{šon}; \; F_2 = m_C \cdot a_{šon}.$$

.

Įsistatę skaičius gauname:

$$F_1 = 1250 \cdot 6{,}7 = 8375 \text{ N}; \quad (4.7)$$

$$F_2 = 400 \cdot 6{,}7 = 2680 \text{ N}.$$

Jėgos veikiančios statramstį automobilvežiui ekstremaliai stabdant a_{max}= 8,6 m/s^2, apskaičiuojamos pagal formulė:

$$F_3 = m_B \cdot a_{\max}; \; F_4 = m_C \cdot a_{\max}.$$

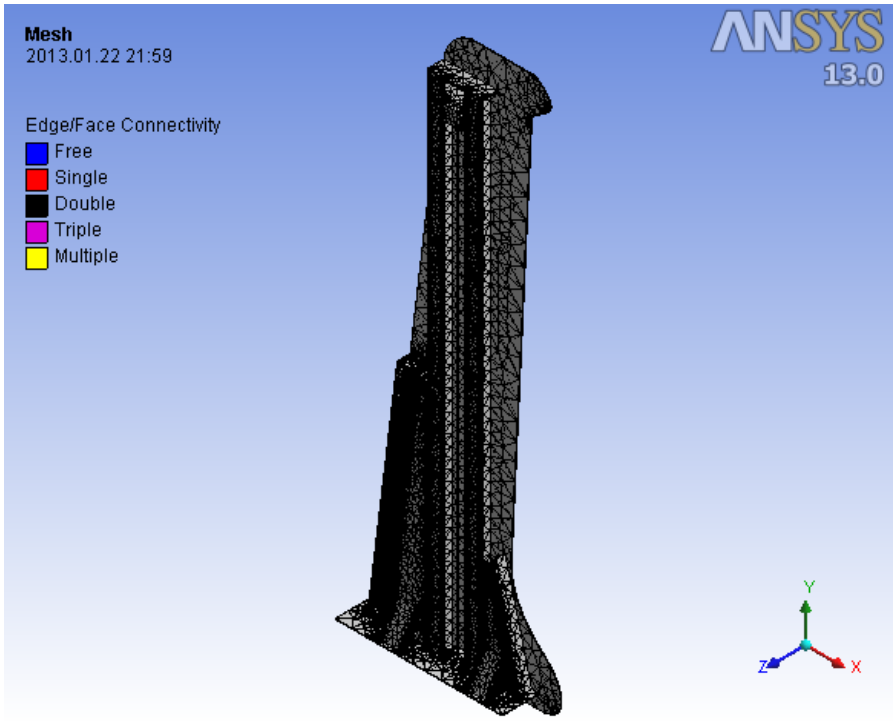
Įsistatę skaičius gauname:

$$F_3 = 1250 \cdot 8{,}6 = 10750 \text{ N};$$

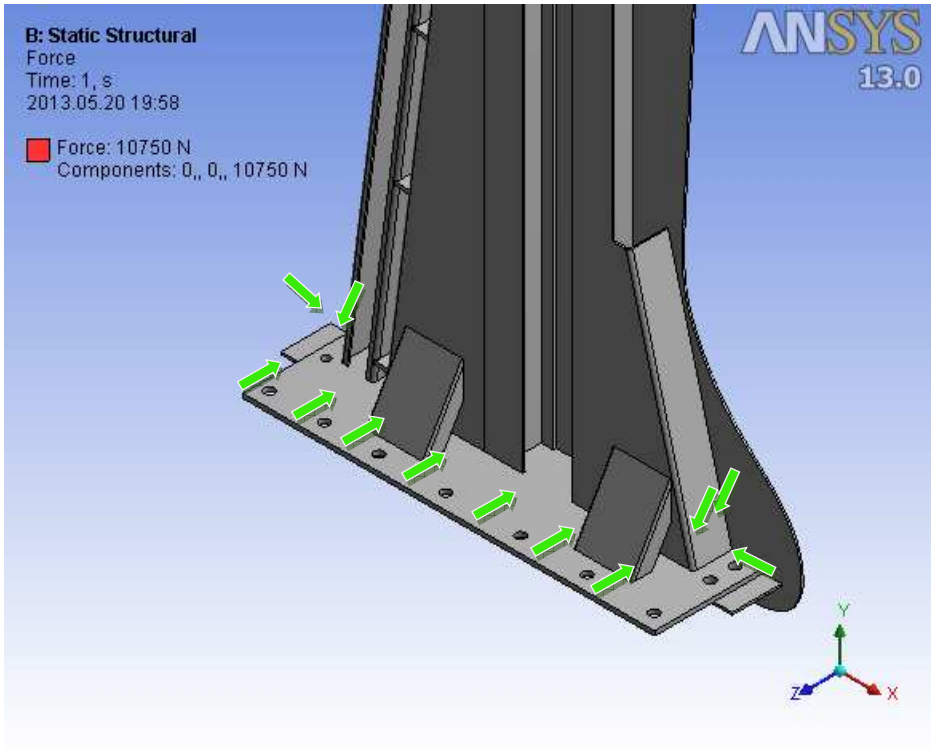
$$F_4 = 400 \cdot 8{,}6 = 3440 \text{ N} \quad (4.7)$$

4.3. Statramsčio tyrimas „Ansys“ programiniu paketu

Rėmas sumodeliuotas „Solidworks“ programiniu paketu perkeliamas į „Ansys“ programos aplinką bei padalinamas baigtiniais elementais (59 pav.). Parenkami konstrukcijos įtvirtinimo taškai (59 pav.).

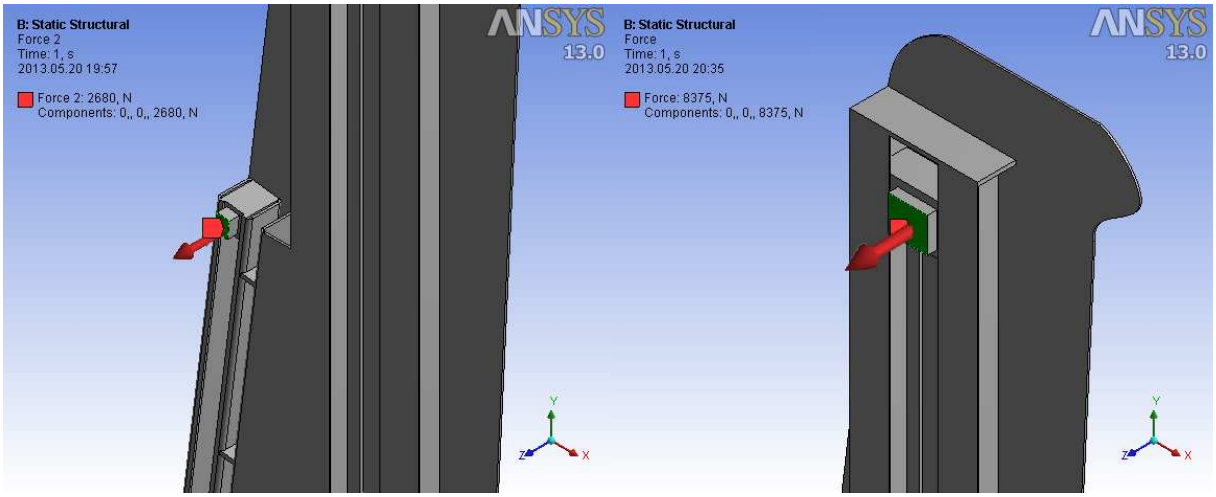


59 pav. Priekabos šoninio rėmo suskaidymas baigtiniais elementais



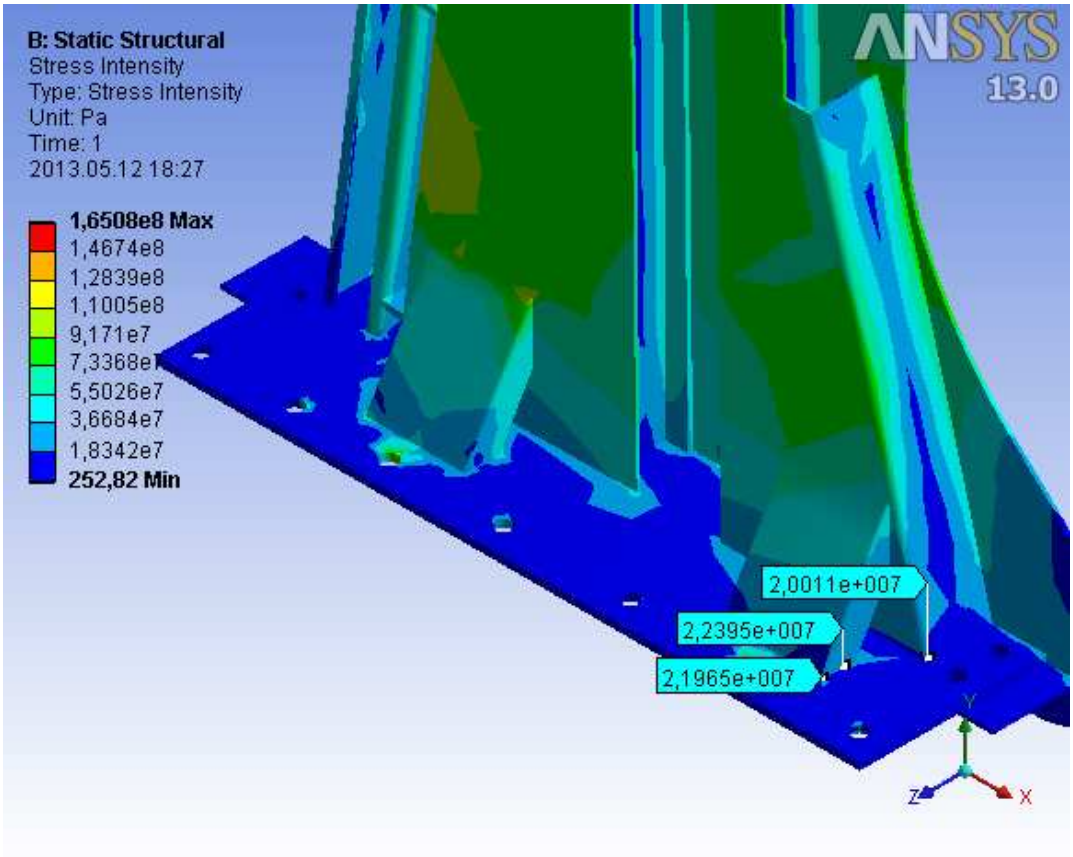
60 pav. Priekabos šoninio rėmo įtvirtinimo vietos

Pirmuoju atveju jėgos F_1 ir F_2 atidedamos teigiama z kryptimi (60 pav.). Taip modeliuojama situacija kai automobilvežis atlieka kairįjį posūkį.



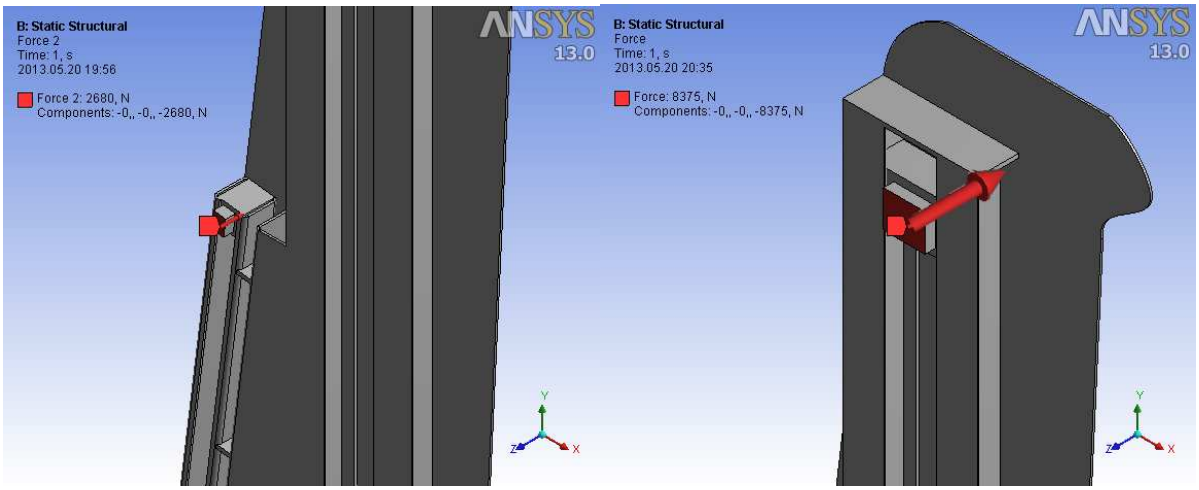
61 pav. Priekabos šoninio statramsčio apkrovų kryptys

Atlikus skaičiavimus gauti rezultatai pateikiami 61 pav.. Kaip matoma konstrukcijos apatinėje dalyje atsiranda didžiausios įtempių reikšmės trūkusiame skerspjūvyje 22.4 MPa.



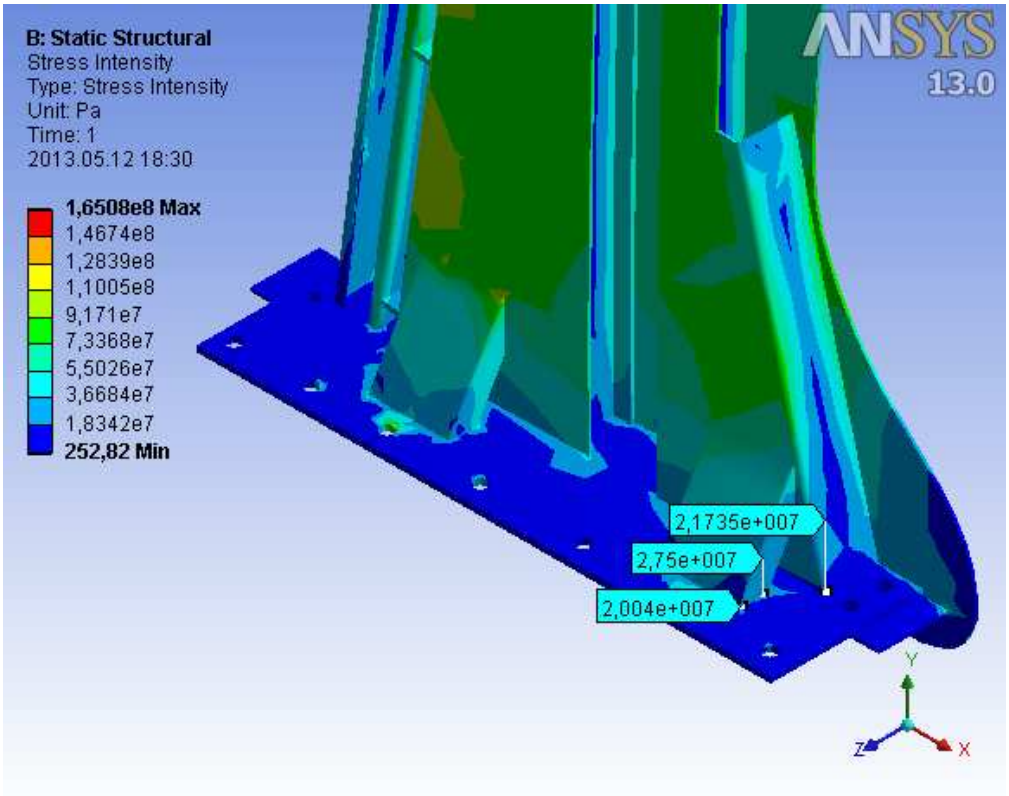
62 pav. Įtempių išsidėstymas priekabos statramstyje

Antruoju atveju jėgos F_1 ir F_2 atidedamos neigiama z kryptimi (62 pav.) Taip modeliuojama situacija kai automobilvežis įveikia posūkį į dešinę pusę.



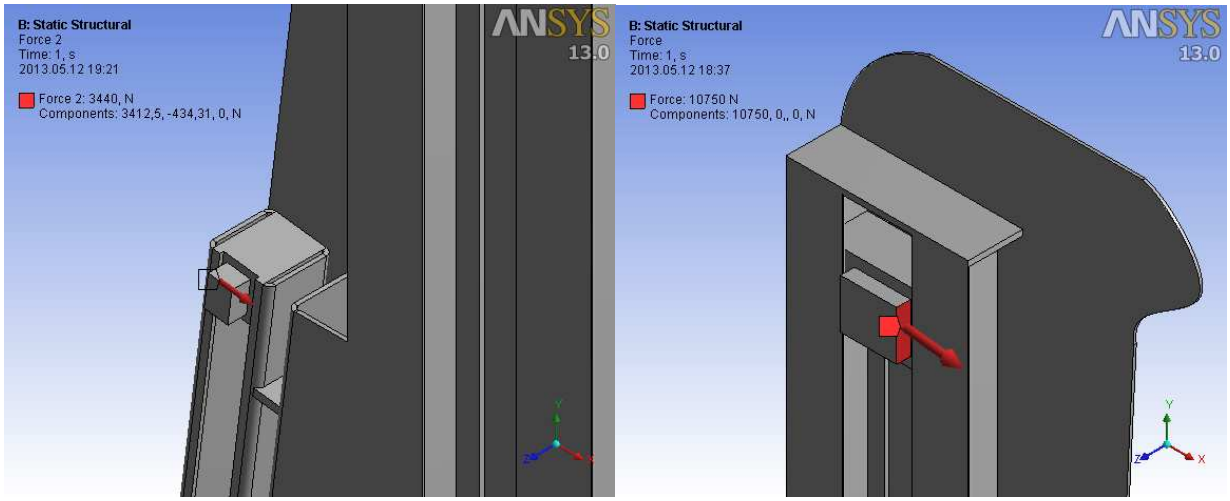
63 pav. Priekabos šoninio statramsčio apkrovų kryptys

Atlikus skaičiavimus gauti rezultatai pateikiami 63 pav. Kaip matoma konstrukcijos apatinėje dalyje atsiranda didžiausios įtempių reikšmės – 165 MPa. Probleminėje vietoje, kurioje pastebėti įtrūkiai, įtempiai yra 27,5 MPa.



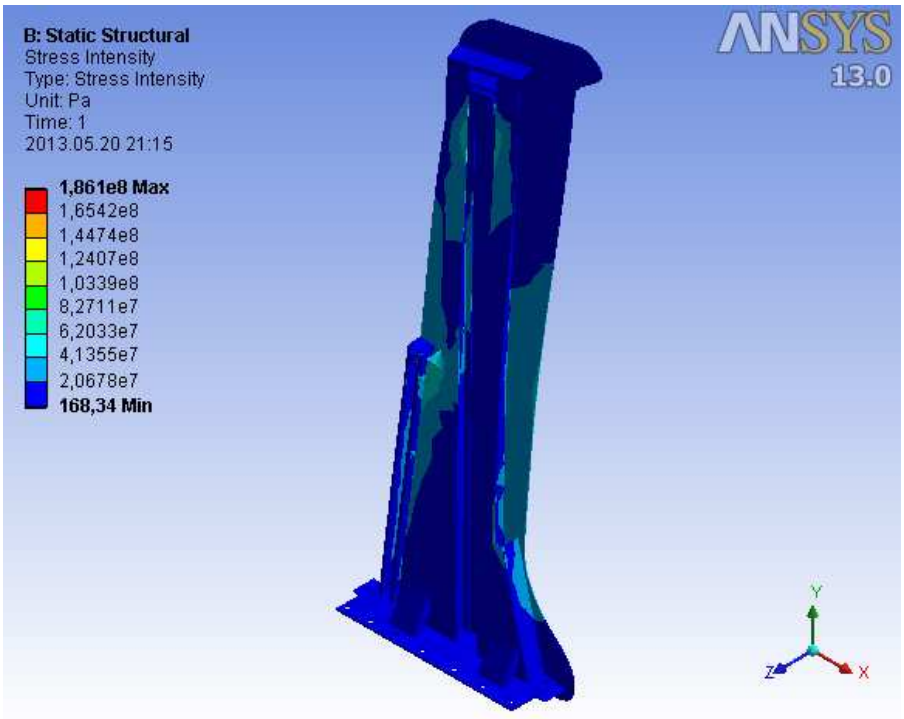
64 pav. Įtempių išsidėstymas priekabos statramstyje

Trečiuoju atveju jėgos F_3 ir F_4 atidedamos teigiama x kryptimi (64 pav.), taip modeliuojama situacija kai automobilvežis ekstremaliai stabdo.

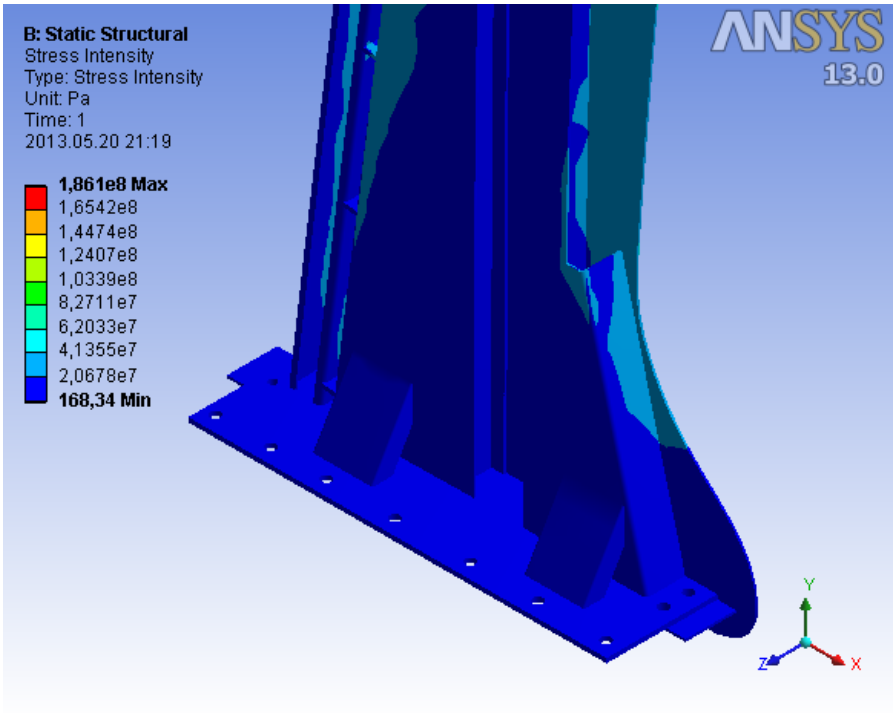


65 pav. Priekabos šoninio statramsčio apkrovų kryptys

Atlikus skaičiavimus gauti rezultatai pateikiami 65 pav. Kaip matoma šiuo atveju didžiausi įtempiai atsiranda apatinio tiltelio pakėlimo mechanizmo tvirtinimo vietoje. Apatinėje statramsčio dalyje įtempiai pasiskirsto tolygiai (66 pav.).



66 pav. Įtempių išsidėstymas priekabos statramstyje



67 pav. Įtempių išsidėstymas priekabos statramsčio apatinėje dalyje

Atlikus tris skirtingus jėgų apkrovimo bandymus matoma, jog apatinėje statramsčio dalyje, kur buvo vizualiai nustatyti įtrūkiai, suvirinimo siūlių vietose įtempiai neviršija leistinos konstrukcinio plieno takumo ribos 235 MPa. Galima daryti išvadą, jog konstrukcija yra stabili, tačiau reikia atkreipti dėmesį į suvirinimo technologiją ar procesą.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Išanalizavus automobilvežių rėmo konstrukcijas bei problemines vietas, naudojant „SolidWorks“ bei „Ansys“ programinius paketus, tiriamas automobilvežio rėmo elementas (tiltelis), prie kurio yra tvirtinamas transportuojamas automobilis bei šoninio automobilvežio priekabos statramsčio apatinė dalis). Formuluojamos šios išvados:

1. Apkraunant tris skirtingas tiltelio vietas vienoda jėga nustatyta, jog tiltelio vidurinę dalį apkraunant 9,8 kN jėga, konstrukcijoje atsirandantys įtempimai 179,7 MPa yra artimi parinktos medžiagos (aliuminio) takumo ribai 180 MPa Dėl šios priežasties tiltelio konstrukcijoje galėjo atsirasti įtrūkiai.
2. Atliktas automobilio tvirtinimo tiltelio patobulinimas, kurio metu tiltelio tvirtinimo vietoje, apatinėje dalyje, įrengiama atrama, kuria tiltelis prie rėmo būtų tvirtinamas dvejose vietose. Sumodeliavus patobulintą tiltelio tvirtinimo konstrukciją, bei atlikus tyrimą „Ansys“ modeliavimo paketu, nustatyta, jog probleminėje vietoje įtempimai sumažėjo nuo 179,7 MPa iki 10,5 MPa, todėl patobulinta konstrukcija tapo stabilesnė.
3. Sumodeliuotas priekabos rėmo statramstis „Solidworks“ programiniu paketu, apskaičiuota statramsčio viršutinę dalį veikianti 8375 N jėga bei apatinę rėmo konstrukciją veikianti 2680 N jėga. Atlikus tris skirtingus apkrovų bandymus naudojant „Ansys“ programą, pastebėta, jog automobilvežio statramsčio apatinėje dalyje, kur buvo nustatyti įtrūkiai, 27,5 MPa įtempiai neviršija leistinos konstrukcinio plieno takumo ribos (235 MPa).
4. Atlikus nagrinėto automobilvežio priekabos statramsčio stiprumo tyrimą, galima teigti, jog statramsčio konstrukcijos apatinėje dalyje įtrūkiai atsirado dėl nekokybiško suvirinimo ar netinkamos suvirinimo technologijos pasirinkimo. Todėl šiuo tyrimu siūloma nagrinėto automobilvežio konstrukcijoje diegti aukščiau aprašytus technologinius sprendimus.

LITERATŪRA

Ansys programos nurodymai. [žiūrėta 2012-06-10]. Prieiga per internetą: <http://lsl.vgtu.lt/vilkas/lt/Programine_iranga_52#ansys>

Automobilvežio „Kaessbohrer“ duomenys. [žiūrėta 2012-05-06]. Prieiga per internetą: <http://www.kaessbohrer.at/images/Prod/DBlatt/Englisch/8-769-307-112%20c%20Datenblatt%20Metago%20MP%20EN.pdf >

Automobilvežio „Lohr“ duomenys. [žiūrėta 2012-05-06]. Prieiga per internetą: <http://www.lohr.fr/transport_automobile/modules/wfdownloads/viewcat.php?cid=20 /transport-automobiles.htm>

Automobilvežio „Rimo“ duomenys. [žiūrėta 2012-02-01]. Prieiga per internetą: <http://www.rimo.lt/images/autoveziai/PL4/techniniai-duomenys.pdf>

Baggerly R.G. 2003. *Failure of steel castings welded to heavy truck axle.* USA

Choi, Y.; Yeo, H.T.; Park, J.H.; Ohd, G.H.; Park, S.W. 2007. *A study on press forming of automotive sub-frameparts using extruded aluminum profile*. Korea

Dundulis, R.; Povilionis, A. B. 2008. *Erdvinis modeliavimas.* Kaunas

Yanhong, C.; Feng, Z. 2011. *The Finite Element Analysis and The Optimization Design of The Yj3128-type Dump Truck's Sub-Frames Based on ANSYS*. China

Yong-hai, W.; Feng, W. 2011. *Modal Analysis of a Semi-Trailer Frame based on Ansys Workbench.* China

Johansson, I.; Gustavsson, M. 2011. *FE-based Vehicle Analysis of Heavy Trucks Part I: Methods and Model*. Sweden

Karaoglu, C.; Kuralay, S. 2002. *Stress analysis of a truck chassis with riveted joints.* Izmir, Turkey

Liang, L.; Jian, S.; Lin, H.; Mengjun, Z.; Hongzhi L. 2011. *Life Prediction Based on Transient Dynamics Analysis of Van Semitrailer with Air Suspension System.* China

Liu, Y. 2007. *Development of simplified truck chassis model for crash analysis in different impact scenarios*. USA

Melnikas, B. 2011. *Transformacijų visuomenė: ekonomika, kultūra, inovacijos, internacionalizavimo procesai.* Vilnius: Technika.

Melnikas, B.; Chlivickas, E.; Razauskas, T.; Pipirienė V. 2011. *Europos Sąjunga: plėtros procesai.* Vilnius: Technika.

NTRCI. 2010. *Enhanced Finite Element Analysis Crash Model of Tractor-Trailers.* Australia

Pen, W.; Yong-hai, W. 2010. *Fatigue Life Analysis of a New Semi-Trailer Frame Based*

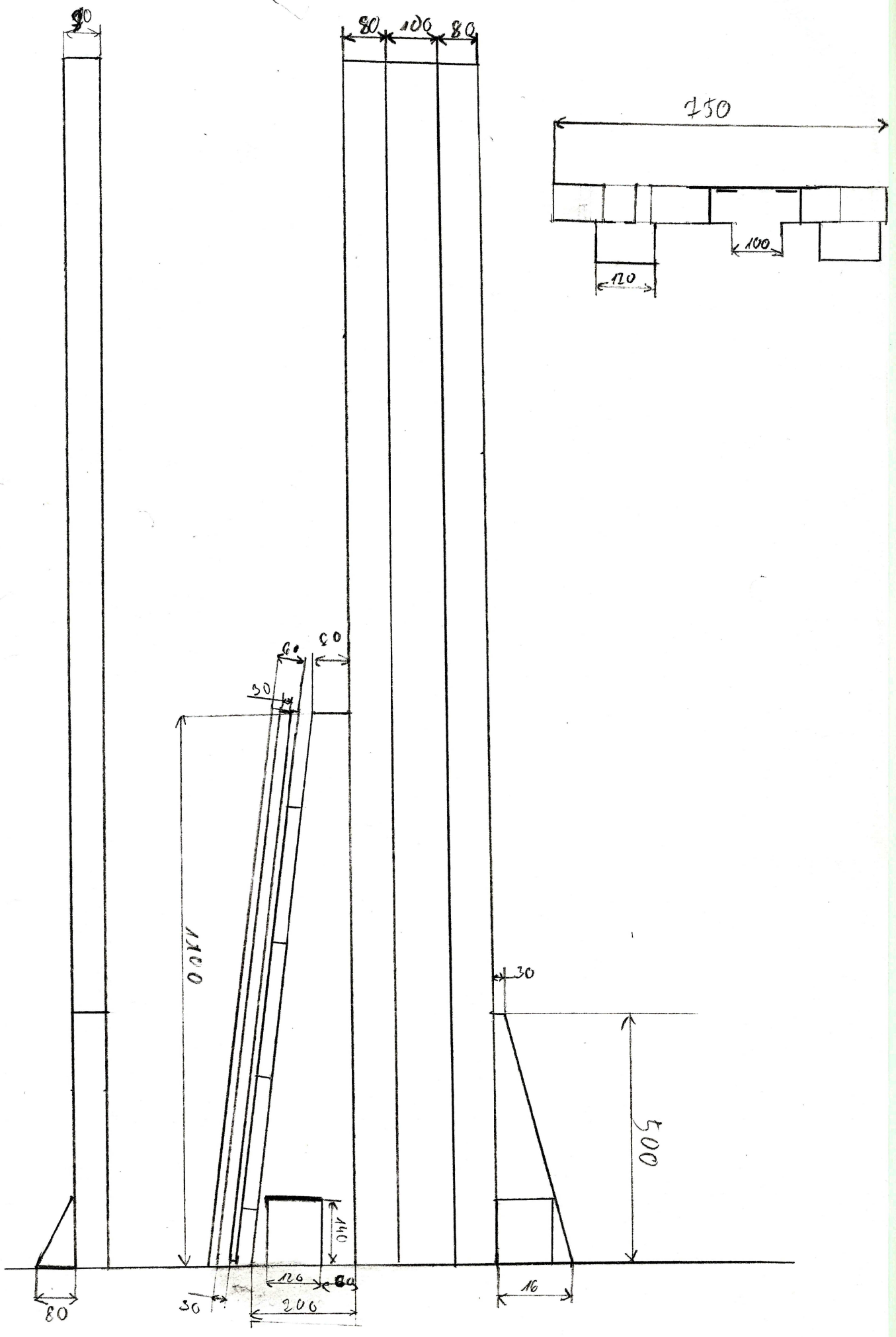
on FEA Method. China

Ragelis, D. 2007. *Devynviečio autovežio stovumo tyrimas*. Vilnius

Rutkauskas, A.V.; Plakys, V.; Sudzius, V. 2011. *Magistro mokslinis darbas: forma, struktora ir procesas.* Vilnius: Technika.

Veloso, V.; Magalhães, H.S.; Bicalho, G.I.; Palma, E.S. 2009. *Failure investigation and stress analysis of a longitudinal stringer of an automobile chassi*. Brazil

PRIEDAI


80
80
100
80
750
100
120
80
80
30
1100
30
500
140
120
80
30
200
16

AUTOMOBILVEŽIO PLATFORMOS PATIKIMUMO TYRIMAS
RELIABILITY STUDY OF CARCARRIER'S PLATFORM

Paulius, Paškevičius[1], Saulius, Nagurnas[2]
[1,2]Automobilių transporto katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, J. Basanavičiaus g. 28, Vilnius,
[1]ppaskevicius@gmail.com; [2]saulius.nagurnas@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjama lengvuosius automobilius vežančių sunkvežimių platformų problemine vieta - tai lengvojo automobilio tvirtinimo tiltelis. Nustatoma tiltelį veikianti apkrova, apkrovos vietos bei tvirtinimo taškai. Išsiaiškinamos konstrukcijos sudedamosios dalys, po to konstrukcija braižoma naudojant „Solidworks“ programinį paketą, o konstrukciją veikiančios apkrovos tiriamos naudojant „Ansys“ programinį paketą. Tyrimo pagalba patvirtinamos pavojingos konstrukcinės zonos, modeliuojamas siūlomas patobulinimas bei jis patikrinamas. Pateikiamos išvados ir pasiūlymai.

Abstract. The article deals with cars carrying truck platforms problematic place - a passenger car mounting bridge. Determine load on the bridge, the load location and mounting points. Clarified design components, and then draw a design using SolidWorks software package and design operating load tested using Ansys software package. The research confirmed hazardous construction zone, modeled proposed improvement and it is screened. The conclusions and recommendations.

Raktiniai žodžiai: automobilvežis, rėminė konstrukcija, „Solidworks“, „Ansys“, baigtinių elementų metodas.

Įvadas

Tarptautiniais reisais gabenti automobilius dažniausiai naudojami devynių arba dešimties vietų automobilvežių junginiai. Devynių ir dešimties vietų automobilvežių platformas ir priekabas Lietuvoje gamina UAB „Rimo“. Užsienyje automobilvežių gamintojų yra gan daug, vienos iš garsesnių yra „Rolfo“, „Kaessbohrer“, „Lohr“. Norint pervežti kuo daugiau automobilių vienu metu, automobilvežio platforma turi būti kuo lengvesnė bei turėti kuo daugiau elementų, ant kurių būtų galima tvirtinti automobilius. Dėl šių dviejų priežasčių dažniausiai atsiranda automobilvežio platformos trūkiai. Automobilvežio platformos tyrimui pasirinktas Lietuvoje pagamintas „Rimo“ automobilvežis. Toks pasirinkimas buvo vykdomas atsižvelgiant į esamas problemines vietas šiuose automobilvežiuose.

Užsienio literatūroje yra mokslinių darbų kuriuose baigtinių elementų metodu tiriami tam tikri sunkvežimių elementai. Pavyzdžiui krovininio sunkvežimio porėmio tyrimą atliko (C. Yanhong, *et al.* 2011), kurio metu buvo nustatyta porėmio probleminė vieta, išsiaiškintos sunkvežimio eksploatavimo sąlygos, porėmis sumodeliuotas bei ištirtas naudojant „Ansys“ programinį paketą, nustatytos didžiausių įtempimų vietos. Išnagrinėjus pavojingas vietas, rėmo priekyje įdedamas papildomas skersinis elementas, kuris sumažina lenkimo jėgą. Taip pat pavojingose skerspjūviuose įtaisomos papildomos plokštės, kurios padidina rėmo skerspjūvio plotą, tuo pačiu ir stiprumą. Atlikus patobulinto rėmo tyrimą „Ansys“ programa, pastebėta, kad pavojingose skerspjūvio vietose įtempimai neviršijo leistinų normų.

Sunkvežimio važiuoklės tvirtinimo prie rėmo elementų tyrimą atliko (C. Karaoglu, *et al.* 2002). Kadangi rėmas su važiuokle yra sujungiamas jungtimis, kurios dažniausiai kniedijamos kniedėmis arba prisukamos specialiais varžtais, visas svoris kuriuo apkraunamas rėmas tenka jungtims, kurios jungia rėmą ir važiuoklę. Tyrimo metu „Ansys“ programiniu paketu buvo modeliuojamas sunkvežimio rėmas su jungtims skirtomis važiuoklei tvirtinti, modelis apkrautas apskaičiuotomis jėgomis. Paliekant pastovias jėgas buvo keičiamas jungčių storis, ilgis bei kniedžių išsidėstymas. Atlikus šį tyrimą nustatyta, jog didinat šoninių plokščių storį galima sumažinti įtempimus jungčių tvirtinimo vietose, tačiau reikia atsižvelgti, kad nebūtų viršytas leistinas rėmo svoris. Jei neįmanoma pakeisti šoninio rėmo storio, reikia didinti jungties tvirtinimo plokštumos lietimosi plotą, taip siekiant išdėstyti kniedes didesnėje plokštumoje ir suvienodinti įtempimų pasiskirstymą

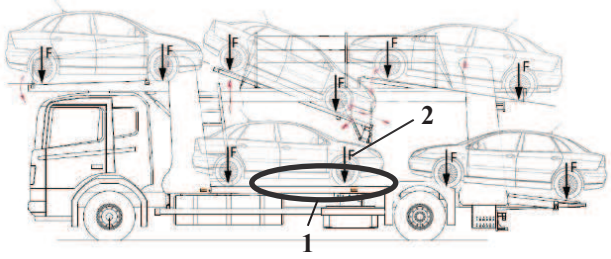
Sunkvežimio puspriekabės tyrimą baigtinių elementų metodu atliko (W. Pen, *et al.* 2010). Tyrimo metu išsiaiškinamas jėgų išsidėstymas tiriamajame modelyje. CAD programomis sumodeliuotas tikslus tiriamo objekto modelis. Sukūrus modelį, jis supaprastinamas ir naudojamas tyrimui, baigtinių elementų metodu, po to atliekama modelinė analizė ir įvairų apkrovų pasiskirstymo skaičiavimas. Apskaičiavus pasiskirstymą, atliekama kintamų vibracijų reakcijų analizė. Pasirenkama nuovarginių pakitimų teorija bei medžiaga, galiausiai skaičiuojama nuovargio trukmė. Atlikus tyrimą mokslininkai teigia: „Naudojant tradicinę statinio modeliavimo teoriją, bei naujas kompiuterines baigtinių elementų programas, su kuriomis vis daugiau ir daugiau yra modeliuojami įvairūs modeliai, galime sukurti naujas konstrukcijas mažiausiomis išlaidomis“ (W. Pen, *et al.* 2010)

Atsižvelgiant į tyrimų metodiką bei naudojamas programas, buvo pasirinkti „Solidworks“ ir „Ansys“ programiniai paketai. Naudojant šias programas, atliekamas automobilio tvirtinimo prie automobilvežio rėmo elemento (tiltelio) tyrimas.

Jėgų, veikiančių automobilvežio platformą analizė

Nagrinėjant automobilvežio konstrukciją, nustatyta jog probleminiai taškai atsiranda dėl transportuojamų automobilių (krovinio) masės. Jėgos veikiančios automobilvežio platformą pavaizduotos (1 pav.). Jos yra transportuo-

jamo automobilio ir automobilvežio kontakto zonoje. Tiriamas tiltelis 1 yra automobilvežio platformos apatinėje dalyje, kairėje bei dešinėje platformos pusėse, (tilteliai yra identiški, todėl tyrimas atliekamas vienam elementui). Tiltelį apkrauna automobilio priekinis ratas 2, priimama jog rato kontakto zonoje, automobilvežio platformą veikia 9,8 kN jėga, kurią sukuria transportuojamo automobilio masė.

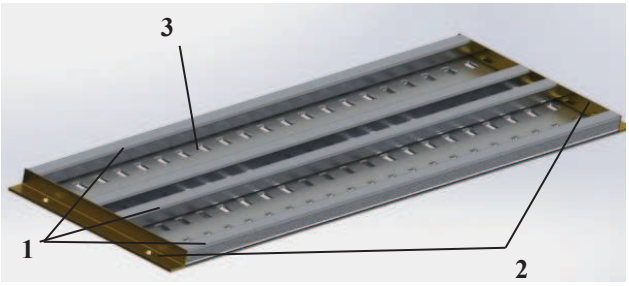


1 pav. Jėgos veikiančios automobilvežio platformą

Atliekat tyrimą parenkami trys skirtingi taškai, kuriuose tvirtinamas automobilis. To pasėkoje pasirinktas tiltelis apkraunamas 9,8 kN jėga, perkeliant ją į tris skirtingas vietas bei atliekant tris skirtingus bandymus.

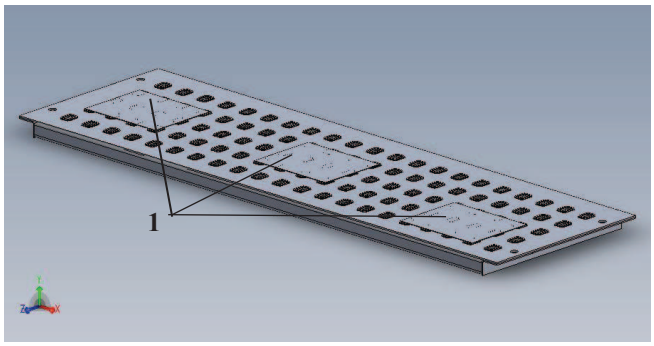
Tiltelio skaičiavimo modelių sudarymas „Solidworks“ programiniu paketu

Sudarant kompiuterinį modelį, visų pirma gaunami tikslūs modelio duomenys, bei parenkama konstrukcijos medžiaga.



2 pav. Tiltelio apatinės dalies vaizdas

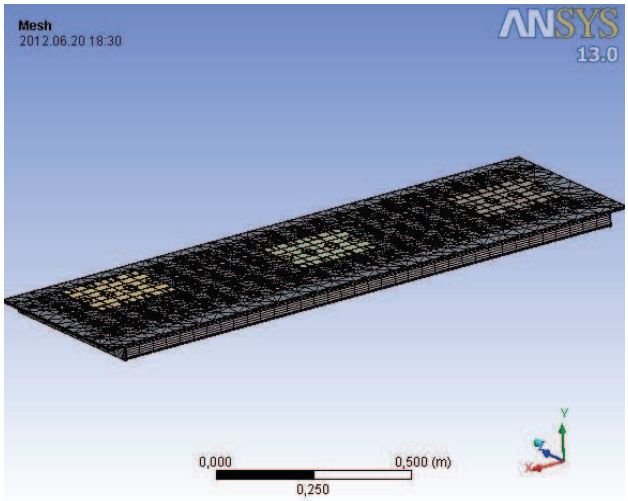
Išsiaiškinta jog tiltelio (2 pav.) konstrukciją sudaro rėmas, kuris padarytas iš keturių stačiakampio profilio vamzdžių 1, kurie vamzdžių galuose yra sujungti L formos profiliu 2, bei ant rėmo uždėta rifliuota plokštė 3. „Solidworks“ programiniu paketu suprojektuota konstrukcija pateikta (3 pav.). Trečiame paveiksle pavaizduotos plokštės 1, kurios atitinka tris skirtingas automobilio rato padėtis ant tiltelio.



3 pav. Automobilvežio tiltelis sukurtas „SolidWorks“ programiniu paketu

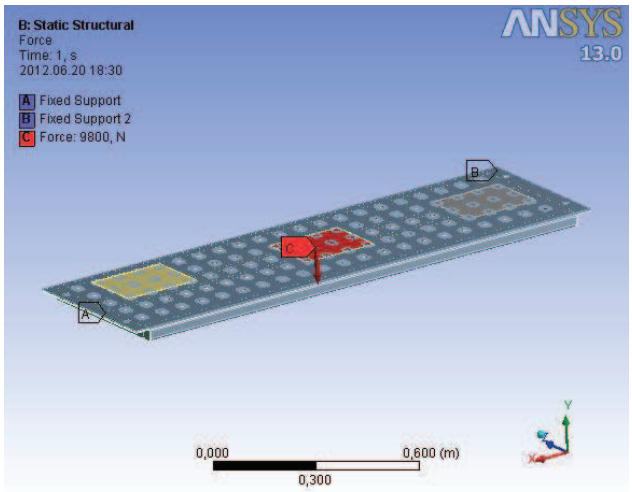
Konstrukcijos apkrovų modeliavimas naudojant „Ansys“ programinį paketą

„Ansys“ kompiuterinio modeliavimo tyrimo programa atliekamas konstrukcijos tyrimas. Modelis iš „Solidworks“ aplinkos perkeliamas į „Ansys“ programos aplinką, kurioje šiuo atveju pasirenkamas statinis tyrimo metodas „Static Structural“, bei atidaromas modelio koregavimo langas „Mechanical“. Visi modeliai yra suskirstomi baigtiniais elementais prieš atliekant tyrimą (4 pav.). Parenkama konstrukcijos medžiaga, šiuo atveju parenkamas aliuminio lydinys AlSi5, ISO 4043-H16, kurio takumo riba yra 180 MPa bei stiprumo riba yra 200 MPa. Pažymimos įtvirtinimo vietos bei apkraunama jėga pasirinktoje vietoje.



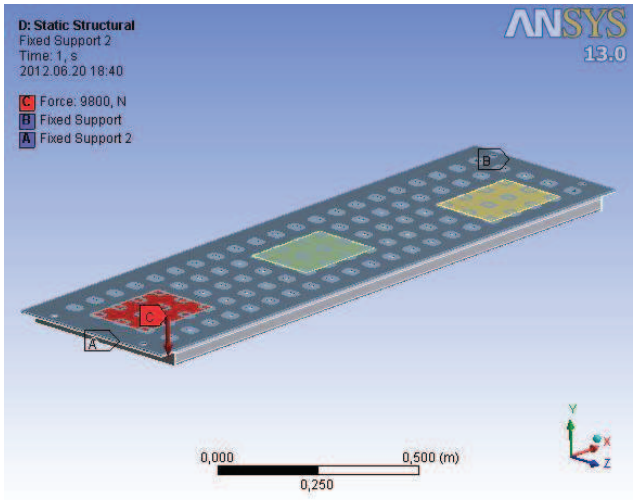
4 pav. Baigtiniais elementais suskirstytas modelis

Tyrimo metu yra analizuojami trys skirtingi tiltelio apkrovimo modeliai: Pirmuoju atveju, kuris yra pavaizduotas (5 pav.), modeliuojamas tiltelis yra tvirtinamas plokštės galuose A ir B (5 pav.), padedant tiltelio rėmo galus 2 (2 pav.) ant sunkvežimio rėmo. Tiltelis yra apkraunamas vidurinėje dalyje, veikiant plokštę, pažymėta raide C (5 pav.) 9,8 kN jėga.



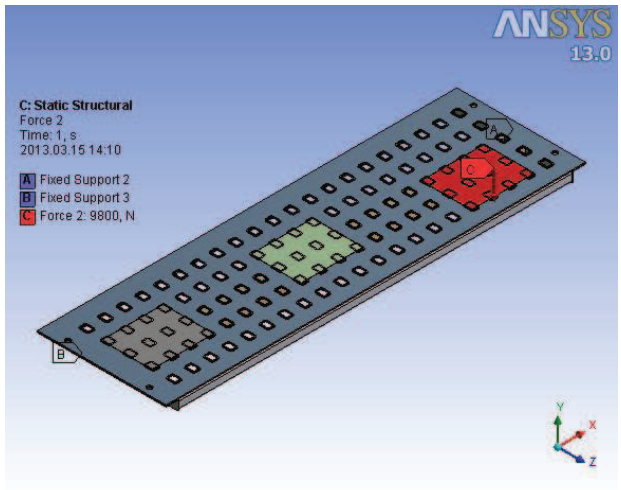
5 pav. Pirmojo bandymo modelis su tvirtinimo taškais ir jėga

Antruoju atveju tiltelis yra tvirtinamas plokštės galuose, (6 pav.) pažymėtuose A ir B raidėmis, 9,8 kN jėga yra pridedama tiltelio priekinėje dalyje, viduryje (6 pav.) pažymėtoje raide C.



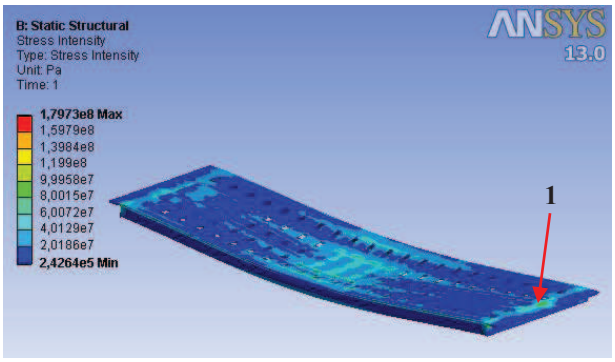
6 pav. Pirmojo bandymo modelis su tvirtinimo taškais ir jėga

Trečiuoju atveju tiltelis taip pat yra tvirtinamas plokštės galuose, tvirtinimas pažymėtas A ir B raidėmis (7 pav.), 9,8 kN jėga yra pridedama tiltelio galinėje dalyje, kairėje pusėje, (7 pav.) pažymėtoje raide C.

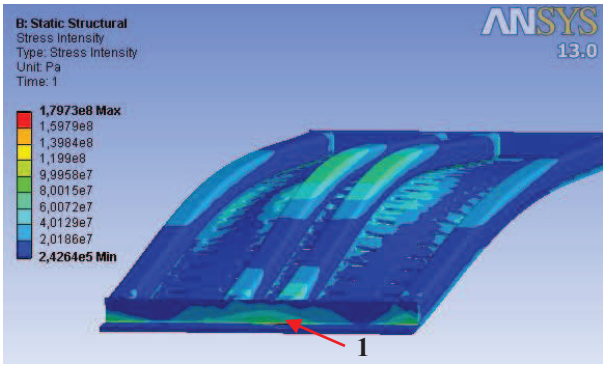


7 pav. Pirmojo bandymo modelis su tvirtinimo taškais ir jėga

Atlikus tris bandymus, apkrovus tiltelį trijose skirtingose vietose, išsiaiškinta jog didžiausi įtempimai 179,7 MPa, atsiranda, vidurinę tiltelio dalį apkraunat 9,8 kN jėga. Įtempimų pasiskirstymas pavaizduotas aštuntame paveiksle. Bandymo metu konstrukcijos probleminiai taškai yra tiltelio tvirtinimo plokštumų galuose 1 (8 pav.). Probleminiuose taškuose 1 (9 pav.) maksimalūs įtempimai siekia 179,7 MPa, kurie yra labai artimi takumo ribai 180 MPa.



8 pav. Įtempimų pasiskirstymas konstrukcijoje

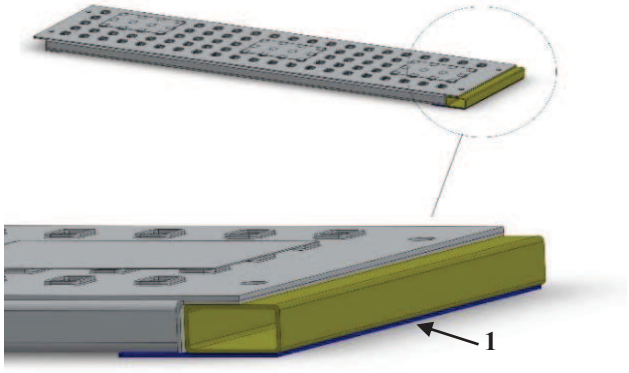


9 pav. Įtempimų pasiskirstymas apatinėje tiltelio dalyje

Atliekant konstrukcijos vizualinį tyrimą, tose pačiose vietose buvo pastebėti įtrūkimai.

Tiltelio konstrukcijos tobulinimas

Norint išvengti tiltelio konstrukcijos trūkimo, bei nestabilumo reikia tobulinti tiltelio tvirtinimą prie rėmo. Pagrindiniai naujos konstrukcijos uždaviniai yra sumažinti įtempimus iki leistinų normų, nedaug keičiant konstrukciją bei kuo mažiau didinant bendrą automobilvežio svorį. Tiltelio tvirtinimo prie rėmo tobulinimas atliekamas naudojant „Solidworks“ programinį paketą. Tobulinama tvirtinimo vieta, kurioje buvo didžiausi įtempimai. „Solidworks“ programoje pasirenkamas anksčiau naudotas tiltelio modelis ir tvirtinimo vietoje sumodeliuojamas patobulinimas (10 pav.)

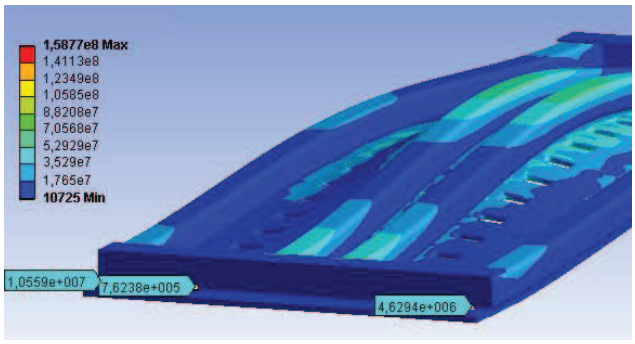


10 pav. Patobulintas automobilvežio tiltelis

Pateiktame (10 pav.) geltona spalva pavaizduota automobilvežio rėmo dalis prie kurios yra tvirtinamas tiltelis, paveikslo apačioje mėlynai 1 (10 pav.) pavaizduotas patobulinimas, tai yra plokštė kuri privirinama rėmo apačioje ir ant jos padedama tiltelio apačia. Tokiu būdu automobilvežio tiltelio priekinė dalis prie rėmo yra tvirtinama ne viena plokštuma viršuje, bet plokštuma apačioje, kuri atsiranda patobulinus konstrukciją. Norint įsitikinti ar nauja konstrukcija yra stabilesnė, suprojektuotas modelis perkeliamas į „Ansys“ programos aplinką, bei tiriamas apkraunant tokiomis pat jėgomis

Patobulintos konstrukcijos apkrovų modeliavimas

Sumodeliavus patobulintą konstrukciją „Solidworks“ programa ir ją perkėlus į „Ansys“ programinį paketą, automobilvežio tiltelį įtvirtinus ir apkrovus 9,8 kN jėga vidurinėje dalyje, nes originalioje konstrukcijoje didžiausi įtempimai buvo tiltelio kraštuose, kai apkraunama tiltelio vidurinė dalis. Programa atlikus skaičiavimus gauti rezultatai pateikti (11 pav.).



11 pav. Patobulintos konstrukcijos įtempimų pasiskirstymo vaizdavimas

Kaip matome iš paveikslo, įtempimai konstrukcijoje pasiskirsto beveik tolygiai. Buvusiose pavojingose zonose pavojingų įtempimų nebėra, taip pat visoje konstrukcijoje įtempimai pasiskirstę beveik tolygiai. Probleminėje vietoje įtempimai sumažėjo nuo 179,7 MPa iki 10,5 MPa. Taigi galime teigti jog konstrukcijos patobulinimas pasitvirtino.

Išvados

1. „SolidWorks“ programiniu paketu suprojektuotas automobilio tvirtinimo elementas (tiltelis). „Ansys“ programine įranga ištirtas automobilio tvirtinimo elementas (tiltelis), bei nustatyta pavojinga vieta.

2. Apkraunant tris skirtingas tiltelio vietas vienoda jėga išsiaiškinta jog tiltelio vidurinę dalį apkraunat 9,8 kN jėga, konstrukcijoje atsirandantys įtempimai 179,7 MPa yra artimi parinktos medžiagos takumo ribai 180 MPa.

4. Atliktas probleminės vietos patobulinimas, kurio metu tiltelio tvirtinimo vietoje, apatinėje dalyje, įrengiama atrama, ant kurios pasidėtų tiltelis.

5. Sumodeliavus patobulintą tiltelio tvirtinimo konstrukciją, bei atlikus tyrimą „Ansys“ programa, įrodyta jog probleminėje vietoje įtempimai sumažėjo nuo 179,7 MPa iki 10,5 MPa. Taigi galime teigti jog patobulinta konstrukcija yra stabilesnė.

Literatūra

Chen Yanhong, Zhu Feng, „The Finite Element Analysis and The Optimization Design of The Yj3128-type Dump Truck’s Sub-Frames Based on ANSYS“, China 2011.

Cicek Karaoglu , N. Sefa Kuralay „Stress analysis of a truck chassis with riveted joints“, Izmir, Turkey 2002.

Wang Pen, Wu Yong-hai, “Fatigue Life Analysis of a New Semi-Trailer Frame Based on FEA Method”, China 2010.

Dundulis R ., A. B. Povilionis „Erdvinis modeliavimas“ Kaunas 2008.

http://lsl.vgtu.lt/vilkas/lt/Programine_iranga_52#ansys

http://www.rimo.lt/autovezia