



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Lokomotyvo ir automobilio susidūrimų tyrimas

Baigiamasis magistro projektas

Audrius Baniulis
Projekto autorius

Doc. Dr. Robertas Keršys
Vadovas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Lokomotyvo ir automobilio susidūrimų tyrimas

Baigiamasis magistro projektas
Transporto priemonių inžinerija (6211EX021)

Audrius Baniulis

Projekto autorius

Doc. Dr. Robertas Keršys

Vadovas

Doc. Ramūnas Skvireckas

Recenzentas

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Audrius Baniulis

Lokomotyvo ir automobilio susidūrimų tyrimas

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Audriaus Baniulio, baigiamasis projektas tema „Lokomotyvo ir automobilio susidūrimų tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Studijų programa – Transporto priemonių inžinerija (6211EX021)

Magistro baigiamojo projekto užduotis

Studentui(-ei) *Audrius Baniulis*

1. Baigiamojo projekto tema:

Lokomotyvo ir automobilio susidūrimų tyrimas

Investigation of locomotive – car collisions

2. Projekto tikslas:

Ištirti lokomotyvo ir automobilio susidūrimų atvejus modernizuotoje geležinkelio pervažoje su pailginta danga

3. Projekto uždaviniai:

Išanalizuoti pervažų dangų konstrukcijas;

Naudojant specializuotą programinę įrangą, sudaryti lokomotyvo ir automobilio susidūrimų modelį geležinkelio pervažoje su pailginta danga;

Ištirti lokomotyvo ir automobilio susidūrimų atvejus, esant skirtingiems greičiams;

Pateikti pasiūlymus pervažos modernizavimui bei atlikti ekonominę įvertinimą.

4. Projekto aprašomosios dalies struktūra:

Literatūros apžvalga;

Tiriamoji dalis;

Nepalankiausias susidūrimo atvejis;

Pasiūlymai pailgintos pervažos dangos įrengimui.

5. Projekto konsultantai:

Baigiamojo projekto autorius

Audrius Baniulis

(pareigų sutrumpinimas, vardas, pavardė, parašas, data)

Baigiamojo projekto vadovas

Doc. Dr. Robertas Keršys

(pareigų sutrumpinimas, vardas, pavardė, parašas, data)

Krypties studijų programų vadovas

prof. Artūras Keršys

(pareigų sutrumpinimas, vardas, pavardė, parašas, data)

Baniulis, Audrius. Lokomotyvo ir automobilio susidūrimų tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Robertas Keršys; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Transporto inžinerija (E12), Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: geležinkelio pervaža, saugumas pervažose, lokomotyvas, automobilis, susidūrimai pervažose, PC – Crash 8.0“.

Kaunas, 2020. 81 p.

Santrauka

Šiame projekte tiriamos automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimo su lokomotyvu geležinkelio pervažoje, siekiant sužinoti koku atstumu reiktų pailginti geležinkelio pervažos dangą, kad automobilis po susidūrimo, kuo greičiau pasišalintų nuo geležinkelio kelio į šalikelę.

Pirmame skyriuje analizuojamos pervažų dangų konstrukcijos, nagrinėjami tiriamieji darbai, kuriuose nagrinėjami traukinio bei automobilių susidūrimai geležinkelio pervažoje, geležinkelio pervažų avaringumas Lietuvoje bei Europos Sąjungoje. Antrame skyriuje aprašoma susidūrimo tyrimo metodika, susidūrimų modelis bei atliekamas susidūrimų tyrimas naudojant specializuotą programinę įrangą „PC – Crash“ 8.0, išsamiai išanalizuojami susidūrimų atvejai. Tyrimui atlikti pasirenkami trys Lietuvoje populiariausių automobilių gamintojų markės – „Opel“, „BMW“ ir „Volkswagen“. Pasirinktas lokomotyvo modelis yra „TEP70 BS“. Tyrimas atliekamas esant skirtingiems lokomotyvo ir automobilių greičiams. Lokomotyvui parenkami trys skirtingi greičiai – 50 km/h, 60 km/h ir 70 km/h. Automobiliams parenkami keturi skirtingi greičiai – 30 km/h, 50 km/h, 70 km/h ir 90 km/h. Trečiame skyriuje atliekamas susidūrimų tyrimas, siekiant nustatyti nepalankiausią susidūrimo atvejį. Nepalankiausio susidūrimo atvejo tyrimas atliekamas esant lokomotyvo greičiui 70 km/h, o automobilio – 30 km/h. Ketvirtame skyriuje, pagal gautus rezultatus teikiami pasiūlymai pervažų rekonstrukcijai, atliekamas ekonominis įvertinimas.

Baniulis, Audrius. Investigation of locomotive – car collisions. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. dr. Robertas Keršys; The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Transport Engineering (E12), Engineering Science.

Keywords: level crossing, security at level crossings, locomotive, car, collisions at level crossings, „PC – Crash 8.0“.

Kaunas, 2020. 81 p.

Summary

In This project investigates the trajectories of cars after a collision with a locomotive at a level crossing in order to find out how far the level crossing coating should be extended so that the car can move off the coating to the sidewalk as soon as possible.

The first chapter analyzes the level crossing coating structures, examines the research works, which examines the collisions of trains and cars at the railway crossing, the accident level of railway crossings in Lithuania and the European Union. The second chapter describes the collision investigation methodology, collision model and collision investigation using specialized software „PC – Crash 8.0“ detailed analysis of collisions. Three brands of the most popular car manufacturers in Lithuania – „Opel“, „BMW“ and „Volkswagen“ – are selected for the research. The selected locomotive model is the „TEP70 BS“. The study is performed at different locomotive and car speeds. Three different speeds are selected for the locomotive – 50 km/h, 60 km/h and 70 km/h. Four different speeds are selected for the cars – 30 km/h, 50 km/h, 70 km/h and 90 km/h. In the third chapter, a collision study is performed to determine the worst case collision. The worst case study is performed at a speed of 70 km/h for the locomotive and 30 km/h for the vehicle. In the fourth chapter, according to the obtained results, proposals for the reconstruction of crossings are presented, and an economic evaluation is performed.

Turinys

Įvadas	8
1. Literatūros apžvalga	9
1.1. Geležinkelio pervažos konstrukcija Lietuvoje	17
1.2. Geležinkelio pervažos konstrukcija Australijoje.....	22
2. Tiriamaoji dalis	24
2.1. Tyrimo metodika	25
2.2. Geležinkelio pervažoje su pailginta pervažos danga lokomotyvo ir automobilio susidūrimo tyrimas	30
2.2.1. Lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties pirmu susidūrimo tašku	30
2.2.2. Lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties antru susidūrimo tašku	37
2.2.3. Lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties trečiu susidūrimo tašku.....	44
3. Nepalankiausias susidūrimo atvejis	52
4. Pasiūlymai pailgintos pervažos dangos įrengimui	54
Darbo apibendrinimas ir rezultatų palyginimas	56
Išvados	57
Literatūros sąrašas	58
Priedai	60
1 Priedas. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimų schemas ties pirmu susidūrimo tašku	60
2 Priedas. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų ties pirmu susidūrimo tašku	63
3 Priedas. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimų schemas ties antru susidūrimo tašku	66
4 Priedas. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų ties antru susidūrimo tašku.....	70
5 Priedas. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimų schemas ties trečiu susidūrimo tašku	73
6 Priedas. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų ties trečiu susidūrimo tašku.....	76
7 Priedas. Pailgintos pervažos su asfaltbetonio danga sąmata	79
8 Priedas. Pailgintos pervažos su gelžbetoninių plokščių danga sąmata.....	80
9 Priedas. Pailgintos pervažos su gumos kompozito danga sąmata	81

Įvadas

Dėl esamos geografinės padėties, Lietuva yra tranzitinė šalis tarp Rytų ir Vakarų. Lietuvos geležinkelių tinklas gana patogiai suplanuotas. Geležinkelių infrastruktūros modernizavimas ir plėtra yra esminė sėkmingo darbo Europos geležinkelių sistemoje sąlyga.

Geležinkelių infrastruktūros direkcijos prižiūrimas geležinkelių tinklas ribojasi su kitų šalių geležinkelių tinklais:

- Latvijos Respublikos (LDZ);
- Baltarusijos Respublikos (BČ);
- Lenkijos Respublikos (PLK);
- Rusijos Federacijos Kaliningrado srities (RŽD).

Lietuvos geležinkelių eksploatacinis kelių ilgis sudaro 1911,3 km, iš jų dvikelių – 450,6 km. DI valdomų geležinkelių išskleistas ilgis yra 3445,2 km, iš jų pagrindinių linijų kelių – 2335,7 km, (1816,2 km – valstybinės reikšmės magistralinės linijos ir 519,5 km – regioninės reikšmės geležinkelio linijos), stoties kelių – 881,7 km ir privažiuojamųjų kelių – 227,8 km. Eksploatuojamų pagrindinių kelių vėžės plotis Lietuvos Respublikos teritorijoje yra 1520 mm (2220,5 km) ir 1435 mm (115,2 km), elektrifikuotų kelių – 152 km, nenaudojamų linijų – 87,7 km [17].

Lietuvos teritoriją kerta du tarptautiniai geležinkelių transporto koridoriai, svarbūs visam Europos transporto tinklui:

- I koridorius (Helsinkis–Talinas–Ryga–Kaunas–Varšuva);
- IX koridorius: IXB (Kijevas–Minskas–Vilnius–Šiauliai–Klaipėda) su atšaka IXD (Kaišiadorys–Kaunas–Kaliningradas) [3].

Lietuvoje eksploatuojamų pervažų skaičius yra net 544 [3]. Geležinkelio kelio sankirtose su autokeliu yra įrengtos 389 pervažos su signalizacijos sistemomis [17]. Pervaža – tai pavojinga kelio dalis, kur reikia būti ypač atidiems ir griežtai laikytis „Kelių eismo taisyklių“. Kasmet Lietuvoje užregistruojama apie 15 eismo įvykių, kurių metu pervažose žūsta ar sužeidžiami žmonės [4]. Lietuvos geležinkeliuose nuolatos vykdomos saugos akcijos (Pervažų diena ir kt.), geležinkelio pervažose montuojamos naujos signalizacijos sistemos, atitvarai, ugdymo įstaigose vaikams ir jaunimui skaitomos paskaitos apie saugų elgesį geležinkelyje [3].

Šio projekto tikslas – ištirti lokomotyvo ir automobilio susidūrimų atvejus modernizuotoje geležinkelio pervažoje su pailginta danga.

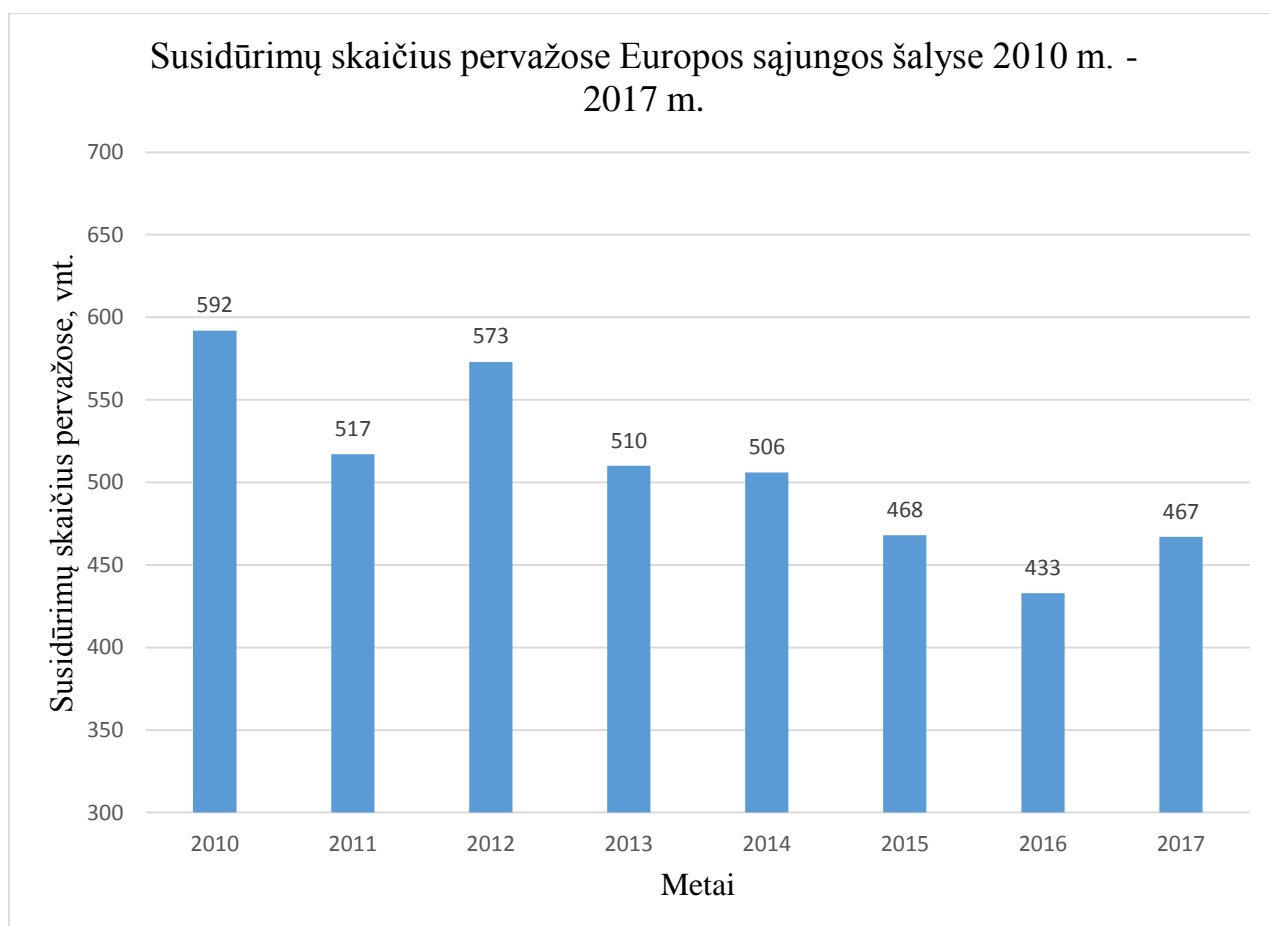
Uždaviniai:

- Išanalizuoti pervažų dangų konstrukcijas;
- Naudojant specializuotą programinę įrangą, sudaryti lokomotyvo ir automobilio susidūrimų modelį geležinkelio pervažoje su pailginta danga;
- Ištirti lokomotyvo ir automobilio susidūrimų atvejus, esant skirtingiems greičiams;
- Pateikti pasiūlymus pervažos modernizavimui bei atlikti ekonominį įvertinimą.

1. Literatūros apžvalga

Geležinkelio pervaža tai – geležinkelio vieno lygio susikirtimas (sankryža) su kitu geležinkeliu ar automobilių keliu. Visose šalyse, kuriose yra geležinkelio linijos, yra ir geležinkelio pervažos. Vieno lygio automobilių ir traukinių susikirtimo vietose yra tikimybė, kad transporto priemonės susidurs. Didinant saugumą susikirtimo vietose, viena iš geriausių, bet brangiausių priemonių yra vieno lygio sankirtų eliminavimas. Tai turėtų būti taikoma, kur tiek traukinių, tiek ir automobilių srautai yra dideli. Pagal 2014 – 2020 m. Europos Sąjungos struktūrinių fondų investicijų veiksmų programos projekto, 6 prioriteto „Darniojo transporto, pagrindinių tinklų infrastruktūros skatinimas“ Lietuvoje numatyta iš vieno lygio sankirtos rekonstruoti į dviejų lygių sankirtą, 4 pervažas [2]. Tai turėtų pagerinti avaringumo statistiką Lietuvoje.

Pagal Europos Sąjungos geležinkelių agentūros („ERAIL“) duomenis sudarytą 28 Europos Sąjungos šalyse įvykusių avarių skaičių geležinkelio pervažose, kuriose asmenys žuvo ar buvo rimtai sužeisti, galime matyti, 1.1 paveiksle esančiame grafike. Pagal turimus duomenis matome, kad avarių skaičius nuo 2010 m. iki 2016 m. mažėjo. ES lygmeniu nuo 2010 m. iki 2016 m. šis skaičius sumažėjo 27 % (nuo 592 iki 433 susidūrimų). 2017 m. matome, kad yra padidėjimas, palyginti su 2016 m., šis skaičius padidėjo 7 % (nuo 433 iki 467) [1]. Vertinat šį grafiką matome, kad susidūrimų pervažose mažėja, tai lemia vis daugiau diegiant saugumą didinančių priemonių pervažose.



1.1 pav. Susidūrimų skaičius Europos Sąjungos šalyse

Pagal Europos Sąjungos geležinkelių agentūros („ERAIL“) duomenis sudarytą 1.1. lentelę, matome visų šalių statistiką nuo 2010 m. iki 2017 m.

1.1. lentelė. Europos Sąjungos šalyse įvykusių avarių statistika [1]

Šalis/Metai	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
28 Europos sąjungos šalyse	592	517	573	510	506	468	433	467
Belgija	17	16	18	13	21	14	12	12
Bulgaria	10	7	15	11	11	6	5	11
Čekija	57	34	47	36	46	36	34	36
Danija	9	2	5	5	5	2	1	2
Vokietija	73	56	79	59	67	61	50	73
Estija	17	15	10	11	5	10	8	13
Airija	2	0	0	0	1	0	0	0
Graikija	16	8	6	5	10	11	1	6
Ispanija	11	8	8	11	10	8	10	12
Prancūzija	36	40	38	42	51	41	48	41
Kroatija	12	18	18	13	6	11	5	10
Italija	15	18	13	14	16	19	15	12
Latvija	10	8	6	2	3	5	3	7
Lietuva	6	6	4	4	5	3	6	2
Liuksemburgas	2	0	0	2	0	0	1	0
Vengrija	42	38	37	35	28	33	27	33
Olandija	9	14	19	21	13	12	7	11
Austrija	33	43	36	37	27	33	31	26
Lenkija	86	86	77	75	65	74	76	57
Portugalija	14	7	11	12	9	6	8	7
Rumunija	58	43	59	44	50	29	42	43
Slovėnija	16	6	8	11	9	10	8	6
Slovakija	11	21	27	18	20	22	12	14
Suomija	9	5	11	4	4	10	6	7
Švedija	14	7	11	13	13	9	7	16
Didžioji Britanija	7	11	10	12	11	3	10	10

Vertinant Europos Sąjungos šalyse įvykusių avarių statistiką, galime išskirti keletą šalių, kurios pirmauja pagal šią neigiamą statistiką, tai – Vokietija ir Lenkija. Vokietiją galime išskirti tuo, kad lyginant 2017 m. su 2016 m. statistikomis, susidurimų skaičius išaugo 31 % (nuo 50 iki 73 susidūrimų) ir pasiekė 2010 m. statistiką. Lenkiją galime išskirti tuo, kad lyginant 2017 m. su 2016 m. statistikomis, susidurimų skaičius sumažėjo 25 % (nuo 76 iki 57 susidūrimų), matome, kad tai yra ženklus pervažų avaringumo pagerėjimas. Lietuva pagal šią neigiamą statistiką yra viena iš saugiausių šalių Europos Sąjungoje. Lietuvoje lyginant 2017 m. su 2016 m. statistikas, susidūrimų skaičius sumažėjo 33 % (nuo 6 iki 2 susidūrimų).

Nelaimingi atsitikimai geležinkelio pervažose, dažnai sukelia rimtą materialinę, žmogišką žalą ir blogina geležinkelių saugos reputaciją, nors dauguma nelaimingų atsitikimų sukelia, lengvųjų

transporto priemonių naudotojai. Pervažų saugumas yra vienas iš svarbiausių geležinkelių srities klausimų, kuriuos reikia skubiai pagerinti.

Saugumas yra pagrindinė geležinkelių eksploatavimo problema. Visų pirma, geležinkelio pervažos saugumas yra vienas iš svarbiausių geležinkelio problemų suinteresuotosioms šalims, kurias reikia spręsti. Nelaimingi atsitikimai Europos pervažose sudaro apie trečdalį visų geležinkelių avarijų. Juose Europoje kasmet žūsta daugiau kaip 300 žmonių. Tačiau dėl ne deterministinių priežasčių, sudėtingų prielaidų ir išsamių statistinių duomenų, pagrįstų išsamiais avarijų ir incidentų duomenimis, trūkumo, geležinkelio pervažų rizikos vertinimas tebėra sudėtinga užduotis [5].

Inhi's Kim'as, Gregoire'as Laure'as, Luis'as Ferreira'as, Andry'as Rakatonirainy'as ir Khaled'as Shaaban'as atliko vairuotojų elgesio vieno lygmens pervažose iš fiksuoto ir judančio vairavimo modeliavimo įtaisų tyrimą [6]. Autorių tikslas nustatyti vairuotojo elgesį geležinkelio pervažoje.

Tyrimui atlikti autoriai naudojo dviejų tipų modeliavimo įtaisus, fiksuotą ir judantį vairavimo modeliavimo įtaisą. Fiksuotas modeliavimo įtaisas, kurio konstrukciją sudaro: darbo vieta, kurioje naudojama individuali programinė įranga, CRT projektorius, vairas su grįžtamojo ryšio jėga, vairuotojo sėdynė ir pedalai. Judantis simulatorius, tai realus „Holden Commodore“ automobilis. Šis modeliavimo įtaisas naudoja SCANeR™ studijos programinę įrangą su aštuoniais kompiuteriais, projektoriais ir šešių laisvės laipsnių judesio platforma. Tyrime dalyvavo savanoriai, kurių amžius svyravo nuo 17 iki 66 metų. Dalyviai buvo atrinkti remiantis maža arba visai neturinčia patirtimi kompiuterinių žaidimų veikloje, kad būtų išvengta žaidimų tyrimo metu [6].

Autoriai tyrė tris skirtingus scenarijus: pervaža, kurioje yra traukinys, kurioje nėra traukinio ir pervaža, kurioje yra „STOP“ ženklas. Tyrimo metu sukurtos virtualios aplinkos charakteristikos pateiktos 1.2 lentelėje.

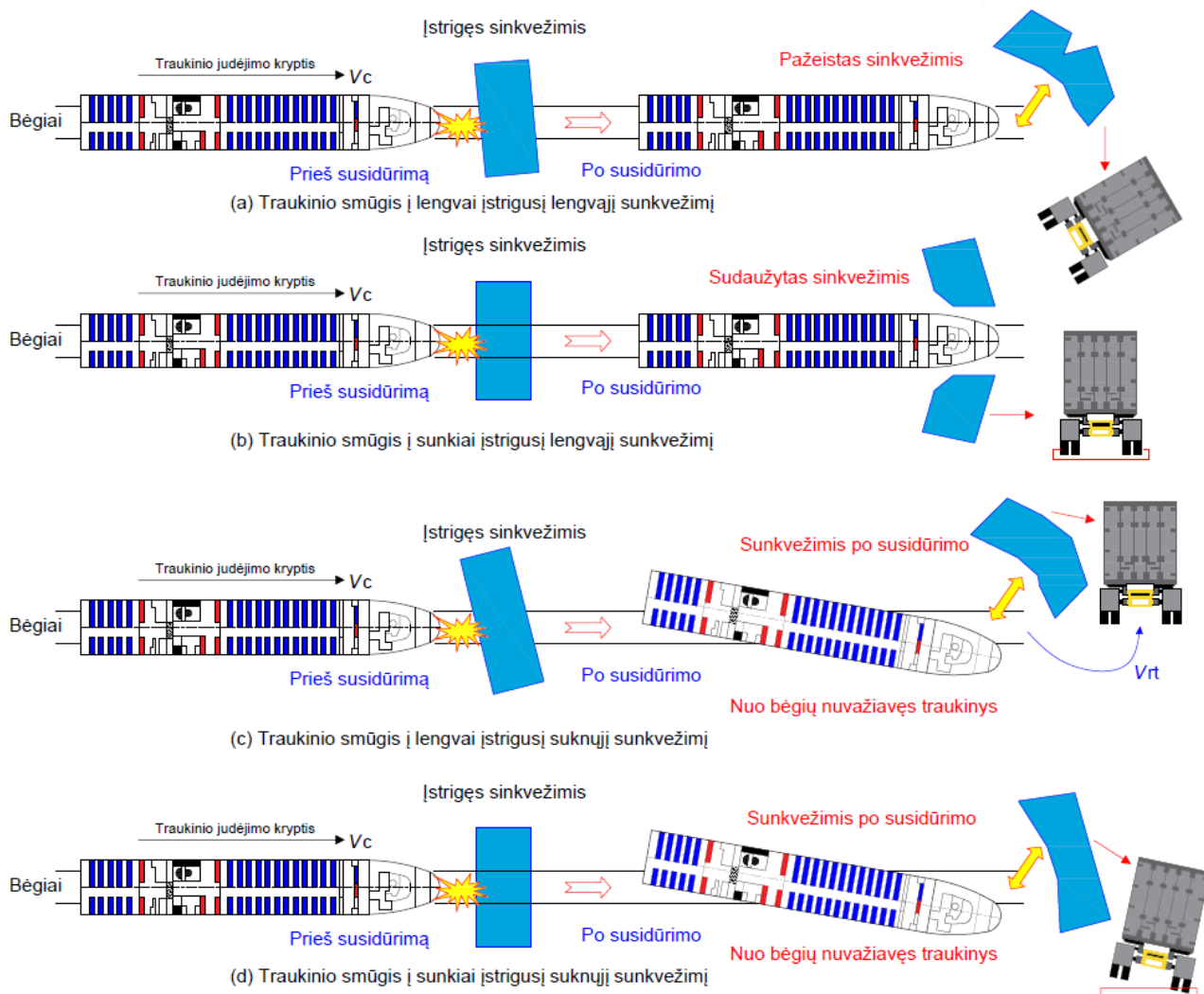
1.2. lentelė. Automobilių kelio ir geležinkelio pervažos charakteristikos [6]

Charakteristikos	Fiksuotas modeliavimo įtaisas	Judantis modeliavimo įtaisas
Kelio tipas	Dviejų juostų abejomis kryptimis kietos dangos kelias, kaimo vietovėje	Dviejų juostų abejomis kryptimis kietos dangos kelias, kaimo vietovėje
Geležinkelio kelių skaičius	Vienas	Vienas
Kelio planas	Tiesus kelias prie pervažos	Tiesus kelias prie pervažos
Kelio profilis	Lygus	Lygus
Kelio atkarpos ilgis	1,0 km	13,0 km
Eismo juostos plotis	3,5 m	3,5 m
Eismas kelyje	Nėra automobilių eismo	Yra automobilių eismas
Automobilio maksimalus leistinas greitis	Pastovus 60 km/h arba 80 km/h	Pastovus 60 km/h arba 80 km/h
Traukinio greitis	50 ~ 60 km/h	60 km/h
Traukinio ilgis	3 vagonai po 69,50 m	160 m
Automobilių kelio ir geležinkelio susikirtimo kampas	90°	90°

Tyrimo metu nustatyta, kad vairuotojai, artėdami prie geležinkelio pervažos su „STOP“ ženklais, reaguoja skirtingai, važiuodami per pervažą elgiasi trejopai: sustoja, tik sulėtina arba visiškai

nestabdo. Kadangi, vairuotojai tyrimo metu nesilaikė taisyklių reikalavimų, tai išlieka galimybė, kad taisyklių reikalavimų nesilaiko ir realybėje, ir tuo padidina avaringumą pervažose [6].

Liang‘as Ling‘as, Manicka‘as Dhanasekar‘as ir David‘as P.Thambiratnam‘as atliko keleivinio traukinio ir stovinčio sunkvežimio susidūrimo pervažoje modeliavimą [7]. Pagrindinis jų darbo tikslas buvo nustatyti keleivinio traukinio, sudaryto iš keturių vagonų, dinamiką, įvykus susidūrimui su sunkvežimiu. Susidūrimo scenarijai, kuriuos tyrė Liang‘as Ling‘as, Manicka‘as Dhanasekar‘as ir David‘as P.Thambiratnam‘as pateikti 1.2 pav.



1.2 pav. Keleivinio traukinio ir sunkvežimio susidūrimo scenarijai [7]

Tyrimui atlikti, remdamiesi kelių kūno dinamikos teorija, autoriai sukūrė netiesinį 3D traukinio ir vėžės modelį, kad būtų galima modeliuoti susidūrimą, kuris sukeltų nuvažiavimo nuo bėgių dinamiką. Šis tirtas dinaminis modelis susideda iš trijų posistemių [7]:

- Traukinio dinaminis modelis. Tyrimui atlikti naudojo keleivinį traukinį, kuris susideda iš keturių vagonų, 8 vežimėlių ir 16 aširačių.
- Bėgių dinaminis modelis, kuris susideda iš bėgių, padėklų, pabėgių ir balasto. Buvo atsižvelgta į šonines ir vertikalaus lenkimo deformacijas bei bėgių sukimą.

- Netiesinis ratų ir bėgio kontaktinis modelis. Buvo naudojamas erdvinis rato ir bėgio geometrinis kontaktinis modelis, kontakto geometrijai apibūdinti.

Šiam tyrimui atlikti Liang'as Ling'as, Manicka'as Dhanasekar'as ir David'as P.Thambiratnam'as pasinaudojo Kalker'so FASTSIM algoritmu rato ir bėgio kontaktinei jėgai apskaičiuoti. Autorių tiriamajame darbe susidūrimas pervažoje įvyksta sunkvežimiui stovint, o keleivinio traukinio greitis iki susidūrimo buvo išlaikytas pastoviu nuo 40 km/h iki 110 km/h. Sunkiasvorių sunkvežimių modelis, lyginant su EN 15227 standarto reikalavimais, tyrime buvo šiek tiek pakeistas. Pakrautos transporto priemonės masė buvo 15 000 kg, smūgio taškas – sunkvežimio priekabos sienos centre, stovint sunkvežimiui. Susidūrimo metu buvo analizuojamas poveikio kampas nuo 0° iki 45°, trinties koeficientas buvo nustatytas pastovus 0,2. Tyrimo metu traukinio ir sunkvežimio susidūrimo modeliavimo metu buvo priimtos šios prielaidos [7]:

- Poveikio kampas tarp traukinio priekio ir sunkvežimio korpuso, susidūrimo metu išlieka toks pat.
- Traukinio ir sunkvežimio, judesio ir deformacijos, poveikis smūgio kampui yra nereikšmingas.
- Trinties koeficientas, traukinio ir sunkvežimio susidūrimo metu, išlieka pastovus.
- Sunkvežimis, turi tik išilginį ir šoninį vertimosi laisvės laipsnį.
- Sunkvežimio vertikalūs ir riedėjimo judesiai, nevertinami.
- Trintis tarp sunkvežimio ir žemės paviršiaus yra nereikšmingas.

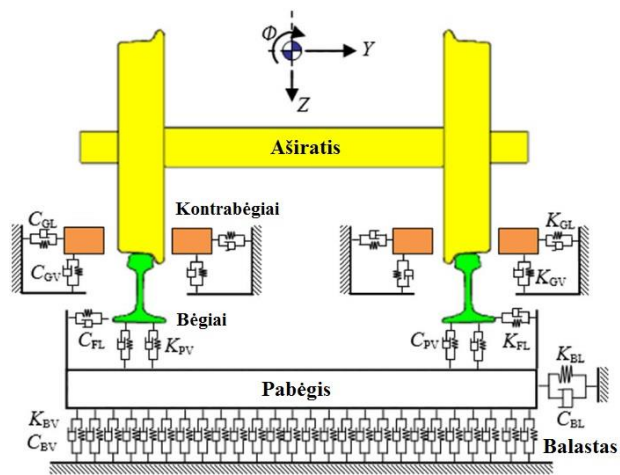
Atlikus susidūrimo modeliavimą buvo nustatyta, kad keleiviniai traukiniai, važiuojantys įprastu greičiu 90 – 160 km/h (40 – 110 km/h, jei neatsižvelgiama į stabdymą), susidūrimo metu nenuvažiuotų nuo bėgių, jei smūgio kampas būtų mažesnis kaip 10°. Esant didesniai greičiui, išlieka tikimybė nuvažiuoti nuo bėgių. Jei keleivinis traukinys, važiuojantis 90 km/h greičiu, susidurtų su sunkvežimiui esant 25° smūgio kampui, mažai tikėtina tikimybė išlikti ant bėgių, be jokių prevencinių apsaugos priemonių [7]. Liang'o Ling'o, Manicka'os Dhanasekar'o ir David'o P.Thambiratnam'o tiriamasis darbas, nukreiptas į prevencines apsaugos priemones keleiviniams traukiniams, susidūrimo metu.

Tie patys tyrėjai Liang'as Ling'as, Manicka'as Dhanasekar'as ir David'as P.Thambiratnam'as atliko dar vieną keleivinio traukinio ir stovinčio sunkvežimio, susidūrimo pervažoje modeliavimą [8]. Pagrindinis jų darbo tikslas, buvo nustatyti pasyviųjų apsaugos priemonių efektyvumą, geležinkelio pervažoje, įvykus keleivinio traukinio sudaryto iš keturių vagonų, sudūrimui su pervažoje sustojusiu sunkvežimiui.

Tyrimui atlikti autoriai sukūrė dinaminį modelį, kuris susideda iš penkių posistemių [8]:

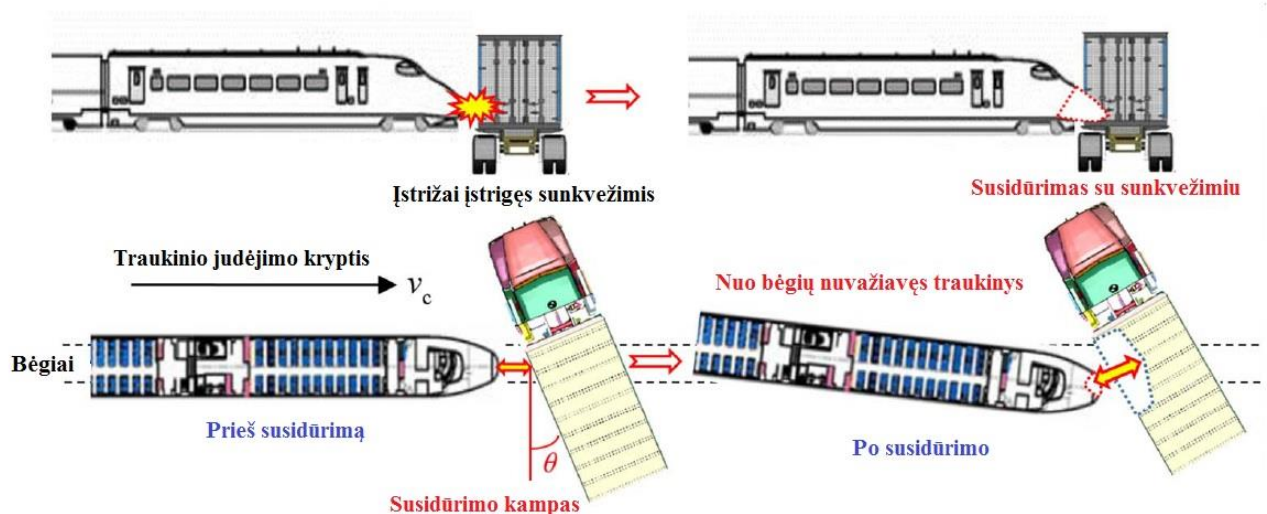
- Traukinio dinaminis modelis. Tyrime buvo sumodeliuotas keleivinis traukinys, sudarytas iš keturių vagonų. Kiekvienas vagonas turėjo 42 laisvės laipsnius, tai kelių kūnų sistema, kuri apima septynis standžius kūnus: kėbulas, du vežimėliai ir keturi aširačiai.

- Ratų ir bėgių kontaktinis modelis. Rato ir bėgio kontaktinei jėgai apskaičiuoti pasinaudojo Kalker'so FASTSIM algoritmu.
- Ratų ir kontrabėgių kontaktinis modelis. Susidūrimo metu, kai neužtenka atstumo tarp rato ir gretbėgio yra aktyvuojamas ratų ir gretbėgių kontaktinis modelis.
- Traukinio ir sunkvežimio susidūrimo modelis. Šiame modelyje traukinys yra supaprastintas kaip deformuojamasis kūbulas, sudarytas iš deformuojamos ir nedeformuojamos zonos. Nedeformuojama zona, modeliuojama kaip vientisa masė. Sunkvežimis modeliuojamas su išilginiu ir šoniniu laisvės laipsniais. Sunkvežimio vertikalūs ir riedėjimo judesiai nevertinami.
- Pasyvus trasos modelis, kuris susideda iš dviejų bėgių, keturių apsauginių gretbėgių, pabėgių ir balasto. Schematinis pasyvios trasos modelis pateiktas 1.3 pav.



1.3 pav. Schematinis pasyvios trasos modelis [8]

Susidūrimo scenarijai, kuriuos tyrė Liang'as Ling'as, Manicka'as Dhanasekar'as ir David'as P.Thambiratnam'as pateikti 1.4 pav.



1.4 pav. Keleivinio traukinio ir sunkvežimio susidūrimo scenarijai [8]

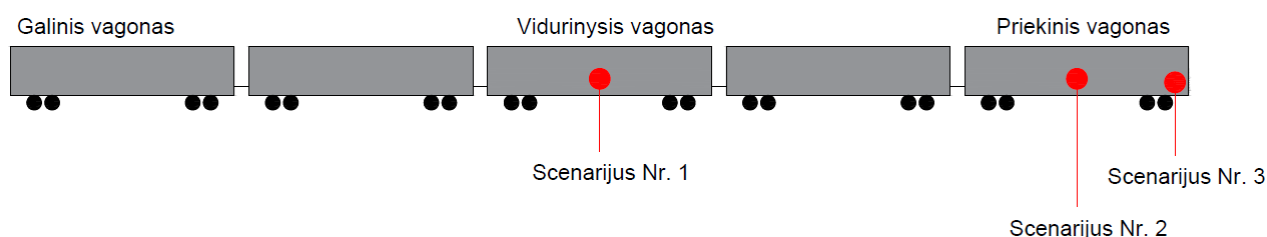
Keleivinio traukinio ir sunkvežimio, kurio svoris svyravo nuo 5 t iki 50 t, susidūrimo tyrimas buvo atliekamas geležinkelio pervažoje, kurioje maksimalus traukinių greitis yra 160 km/h. Susidūrimo kampas tarp traukinio ir sunkvežimio, svyravo nuo 15° iki 45°. Atlikus tyrimą buvo nustatyta, kad keleiviniai traukiniai važiuojantys pro pervažą su pasyviomis apsaugos priemonėmis, kurių greitis yra 160 km/h, nenuvažiuotų nuo bėgių susidūrus su sunkvežimiu, kurio masė iki 40 t, o susidūrimo kampas 15°. Tačiau pervažoje be pasyvių apsaugos priemonių, traukiniui susidūrus su sunkvežimiu, 15° kempu, kurio masė iki 5 t yra tikimybė, kad nuvažiuos nuo bėgių. Traukiniui važiuojant 160 km/h greičiu ir susidūrus su sunkvežimiu, kurio svoris nuo 5 t iki 50 t, esant didesniai nei 15° susidūrimo kampui, tikimybės išlikti ant bėgių nėra [8].

Liang'as Ling'as, Manicka'as Dhanasekar'as, David'as P.Thambiratnam'as ir Yan'as Q. Sun'as atliko keleivinio traukinio ir judančio sunkvežimio susidūrimo pervažoje modeliavimą [9]. Šio darbo tikslas buvo nustatyti keleivinio traukinio, sudaryto iš penkių vagonų, dinamiką, įvykus susidūrimui su sunkvežimiu ir numatyti mažinančias priemones nuvažiavimui nuo bėgių, esant šoniniam smūgiui.

Tyrimui atlikti autoriai sukūrė skaitmeninį 3D modelį, kuris susideda iš keturių posistemių [9]:

- Sunkvežimio ir keleivinio traukinio susidūrimo modelis. Susidūrimo metu sunkvežimio greitis nuo 10 km/h iki 40 km/h.
- Traukinio modelis. Tyrimui atlikti naudojo keleivinį traukinį, kuris sudarytas iš penkių vagonų. Kiekvienas vagonas buvo modeliuojamas su 42 laisvės laipsniais, tai kelių kūnų sistema, kuri apima septynis standžius kūnus: kėbulas, du vežimėliai ir keturi aširačiai.
- Geležinkelio modelis, kurį sudaro bėgiai, pabėgiai ir balastas. Buvo atsižvelgiama į bėgių šonines ir vertikalaus lenkimo deformacijas bei bėgių sukimą. Pabėgis, modeliuojamas kaip standus stačiakampis, turintis du laisvės laipsnius – šoninį ir vertikalus;
- Ratų ir bėgių kontaktinis modelis. Rato ir bėgio kontaktinei jėgai apskaičiuoti pasinaudojo Kalker'so FASTSIM algoritmu.

Liang'o Ling'o, Manicka'o Dhanasekar'o, David'o P. Thambiratnam'o ir Yan'o Q. Sun'o nagrinėjamame darbe, susidūrimas pervažoje įvyksta sunkvežimiui judant 10, 20, 30 ir 40 km/h greičiu, kurio svoris nuo 5 t iki 20 t, o keleivinio traukinio greitis yra 90 km/h. Trinties koeficientas tarp rato ir bėgio buvo nustatytas 0,5, o tarp padangų ir kelio dangos – 0,3. Susidūrimas įvyksta pervažoje, keleiviniui traukiniui patiriant smūgį į vidurinįjį vagoną ir į priekinį vagoną [9]. Susidūrimo scenarijai, pagal kuriuos autoriai atlieka susidūrimo modeliavimą pervažoje, pateikti 1.3 pav.



1.3 pav. Susidūrimo scenarijai [9].

Atlikus tyrimą buvo nustatyta, kad sunkvežimiui važiuojant nustatytu greičiu, kurio masė mažesnė kaip 10 t ir atsitrenkus į keleivinį traukinį, nepriverstų traukinio nuvažiuoti nuo bėgių. Jeigu sunkvežimio greitis būtų ne mažesnis kaip 5 km/h ir svertų 120 t, be jokių abejonių įvykus susidūrimui traukinys nuvažiuotų nuo bėgių. Jei sunkvežimis, kurio masė 40 t, o greitis 10 km/h ar mažesnis, susidurtų su keleiviniu traukiniu, traukinys nuo bėgių nenuvažiuotų. Autoriai nustatė, kad protingiau būtų sumažinti transporto priemonių greitį, nei keisti traukinių konstrukciją, kuri apsaugotų susidūrimo metu nuo nuvažiavimo nuo bėgių.

Tyrėjų grupė Ali's Z. Rezvani's, Matthew Peach'as, Andrew Thomas, Ricardo'as Cruz'as, Walter'is Kemmsies'as atliko naudos ir sąnaudų metodiką, greitkelių ir geležinkelių sankirtų saugos protokolus, kurie taikomi infrastruktūros projektų prioritetų nustatymo procesams [10]. Šio darbo tikslas buvo apskaičiuoti ir nustatyti saugos projektų išlaidas ir naudą.

Autoriai atliko analizę, kiek kainuoja avarija pervažoje. Tyrimas atliktas Šiaurės Karolinos valstijoje. Esimo įvykio išlaidas pervažoje suskirstė į dvi grupes, kurių pirminės ir dažniausiai gerokai didesnės antrinės išlaidos:

- Pirminės išlaidos yra tiesioginės, netiesioginės ir nematerialios išlaidos, susijusios su turtu, žala ir mirtimi avarijos metu.
- Antrinės išlaidos – tai išlaidos, vėluojantiems keliautojams ir kroviniams, ir šalims, kurios yra netiesioginiai kelių ir geležinkelių keliautojai ar paslaugų operatoriai.

Pirminės išlaidos, kaip minėta anksčiau, pirminės sąnaudos apima tiesiogines, netiesiogines ir nematerialias išlaidas yra suskirstytos į šias kategorijas:

- Mirtinas sužalojimas: bet kokia žala, dėl kurios, mirties priežastis per 12 mėnesių nuo avarijos.
- A tipo sužalojimas: trauma, akivaizdūs sužalojimai, kad sužeistas asmuo negalėtų atlikti savo įprastos veiklos bent vieną dieną po avarijos.
- B tipo sužalojimas: akivaizdus sužalojimas, išskyrus mirtį ar A tipo sužalojimą, kuris akivaizdus, bet asmuo gali vykdyti įprastą veiklą.
- C tipo sužalojimas: nėra matomų sužalojimų, bet asmuo skundžiasi dėl skausmo ar momentiška paranda sąmonę.

Antrinės išlaidos kaip jau minėta anksčiau, kurias sukelia vėluojantys keliautojai, kroviniai ir šalys, kurios yra netiesioginiai kelių ir geležinkelių keliautojai ar paslaugų operatoriai, yra suskirstyta į šias kategorijas:

- Vėlavimo ir nukreipimo išlaidos: papildomos transporto priemonės ir traukinio eksploatavimo išlaidos, pridėjus vairuotojo, keleivio pridėtinę vertę ir traukinio operatoriaus laiką, kurį sukelia vėlavimas ar maršruto keitimas.
- Transportavimo išlaidos: apima vežėjo išlaidas, susijusias su papildomu inventoriumi bei baudos už grafiko sutrikimą kompensavimas.

- Atsargų savikaina: papildoma atsargų, sudarančių nuostolių, sugadinimo ar sugadinimo kaina, kurią paveikė avarija.

Svarbiausias šių sąnaudų veiksnys yra pervažos uždarymas atliekant tyrimą ir avarijos padarinių sutvarkymas. Dėl uždarymo atsiranda vėlavimas ir keleivių bei krovinių nukreipimas, o tai padidina kelionės laiką ir krovinio tiekimo grandinės bei logistikos sąnaudas. Buvo apskaičiuotas avarijos uždarymo ir nukreipimo laikas, pagal turimus duomenis ir ekspertų nuomonę. Šie skaičiavimai vėliau buvo naudojami apskaičiuoti antrinio poveikio išlaidas.

Avarijos kaina buvo apskaičiuota pagal 2010 m. kovo 5 d. avariją, kuri įvyko Meklenburgo apskrityje. Avarijos atvejis nebuvo mirtinas ir nebuvo rimtų sužalojimų. Šis įvykis buvo pasirinktas, nes jis yra nesudėtingas pavyzdys. Nelaimingas atsitikimas įvyko nedideliame kaimo kelyje, kurio vidutinis metinis srautas yra 8,779 transporto priemonės per dieną. Iš šių transporto priemonių 1 % sudaro sunkvežimiai. Geležinkelio kelias yra vienkelis, kuriuo važiuoja 22 traukiniai per dieną.

Apskaičiuota, kad šios konkrečios avarijos kaina yra 51 564 JAV doleriai. Iš visų susidūrimo išlaidų 32 596 JAV doleriai (63 %) yra antrinės išlaidos, kurių neįmanoma numatyti, tik vertinant avarijos padarinius [10]. Avarijos išlaidų suvestinė pateikta 1.3 lentelėje.

1.3 lentelė. Avarijos kaina [10]

Išlaidų tipas	Išlaidų aprašymas	Kaina (JAV doleriai)
Pirminės išlaidos	Mirtingumo ir sužalojimo išlaidos	0
	Transporto priemonės žala	10000
	Geležinkelio įrangos pažeidimai	8,045
	Geležinkelių infrastruktūros pažeidimai	923
Antrinės išlaidos	Transporto priemonių nukreipimo išlaidos	4,768
	Keleivių laiko sąnaudos	3,536
	Transporto priemonių (sunkvežimių) vėlavimas	86
	Sunkvežimio vairuotojo laiko sąnaudos	45
	Traukinio prastovos	91
	Traukinio įgulos sąnaudos	39
	Sunkvežimių tiekimo grandinės sąnaudos	135
	Geležinkelių tiekimo grandinės sąnaudos	23,896
Viso:		51,564

1.1. Geležinkelio pervažos konstrukcija Lietuvoje

Pervažų įrengimo ir naudojimo taisyklės nustato pagrindinius geležinkelių pervažų įrengimo, panaikinimo, naudojimo, priežiūros, remonto bei transporto priemonių važiuojimo ir gyvūlių ar paukščių varymo per jas reikalavimus. Pervažos įrengiamos, rekonstruojamos, panaikinamos ir perkeliamos į kitą vietą vadovaujantis Lietuvos Respublikos statybos įstatymo, Geležinkelių transporto kodekso ir kitų teisės aktų reikalavimais. Atsižvelgiant į kelių plėtros perspektyvą, laikantis saugaus eismo reikalavimų, Lietuvos Respublikos statybos įstatymo, norminių statybos techninių dokumentų nustatytos tvarkos, pervažų įrengimo ir rekonstrukcijos projektus būtina derinti su automobilių kelio savininku.

Pagal automobilių kelių reikšmę, pervažos skirstomos į:

- viešojo naudojimo pervažas – geležinkelių sankirtas su valstybinės ir vietinės reikšmės automobilių keliais;
- neviešojo naudojimo pervažas – geležinkelių sankirtas su automobilių keliais, kurie priklauso įmonėms, gamykloms, fiziniams ar juridiniams asmenims.

Pagal transporto priemonių intensyvumą viešojo naudojimo geležinkelio pervažos skirstomos į keturias kategorijas. Traukinių ir kelių transporto priemonių eismo intensyvumą, pervažos darbo sąlygas tikrina geležinkelių infrastruktūros valdytojas pagal poreikį, bet ne rečiau kaip 1 kartą per metus. Traukinių eismo intensyvumas nustatomas pagal nagrinėjamo geležinkelių ruožo traukinių eismo grafiką, o automobilių transporto priemonių – pagal automobilių kelius prižiūrinčių įmonių arba geležinkelio infrastruktūros valdytojo chronometražinių stebėjimų duomenis. Pervažų kategorijos pateiktos 1.1.1 lentelėje.

1.1.1 lentelė. Geležinkelio pervažų kategorijos [11]

Traukinių eismo intensyvumas pagrindiniu keliu (iš viso abiem kryptimis traukinių per parą)	Kelių transporto priemonių eismo intensyvumas (iš viso abiem kryptimis automobilių per parą)				
	Iki 250 imtinais	251 – 700	701 – 3000	3001 – 7000	7000 ir daugiau
Iki 16 imtinai, taip pat per visus stoties arba privažiuojamuosius kelius	IV	IV	IV	III	II
17–50	IV	IV	III	II	I
51–100	IV	III	II	I	I
Daugiau kaip 100	III	II	II	I	I

Pagal Techninio geležinkelių naudojimo nuostatų 5.5.4 punktą pervažos skirstomos į reguliuojamąsias ir nereguliuojamąsias.

Reguliuojamosios pervažos turi signalizacijos įrenginius, įspėjančius kelių transporto priemonių vairuotojus apie artėjančius traukinius, arba yra be signalizacijos įrenginių, bet prižiūrimos pervažininkų. Budinčių pervažininkų prižiūrimos pervažos vadinamos sergimosiomis pervažomis, o neprižiūrimos – nesergimosiomis.

Pervažos, neturinčios signalizacijos įrenginių ir neprižiūrimos pervažininkų, priskiriamos prie nereguliuojamųjų. Saugaus eismo per šias pervažas galimybes nustato kelių transporto priemonės vairuotojas.

Budintys pervažininkai prižiūri šias pervažas:

- I kategorijos pervažas;
- II kategorijos pervažas, kurios yra intensyvaus traukinių eismo ruožuose (daugiau kaip 16 traukinių per parą), jose neįrengta automatinė šviesoforų signalizacija su mirksimuoju baltu žiburiu ir geležinkelio stoties budėtojo (traukinių eismo tvarkdario) valdymo aparate nėra pervažos signalizacijos įrenginių gedimo automatinės kontrolės.

Jei pervažoje neįrengta pervažos signalizacija, pervažininkas prižiūri pervažą šiais atvejais:

- kai automobilių kelias susikerta su trim ir daugiau pagrindinių geležinkelio kelių;
- kai II kategorijos pervažoje yra blogos matomumo sąlygos; jei ruože traukinių eismo intensyvumas didesnis kaip 16 traukinių per parą – neatsižvelgiant į matomumo sąlygas;
- kai III kategorijos pervažoje yra blogos matomumo sąlygos ir pervaža įrengta ruože, kuriame traukinių eismo intensyvumas didesnis kaip 16 traukinių per parą;
- kai traukinių eismo intensyvumas didesnis kaip 100 traukinių per parą – neatsižvelgiant į matomumo sąlygas.

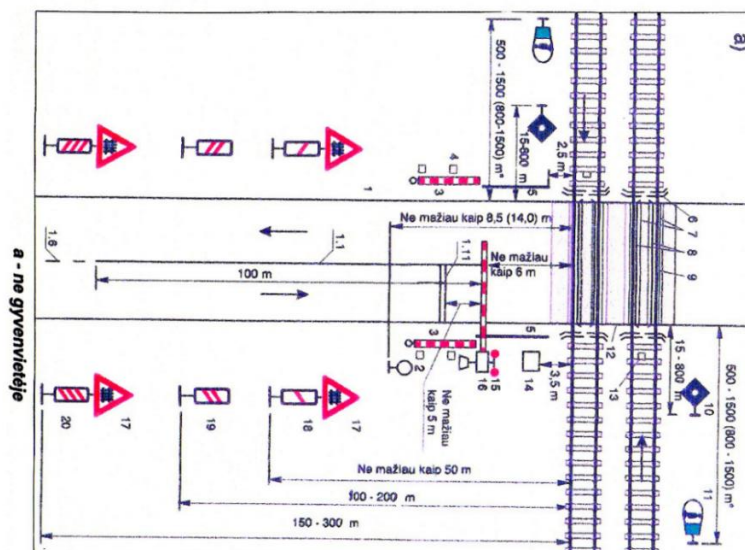
Eksplloatuojamose pervažose patenkinamu laikomas toks matomumas, kai iš kelių transporto priemonės, esančios ne arčiau kaip 50 m nuo kraštinio bėgio, artėjantis iš bet kurios pusės traukinys matomas ne arčiau kaip nurodyta 1.1.2 lentelėje. Artėjančio traukinio mašinistas turi matyti pervažos vidurį 1 000 m atstumu.

1.1.2 lentelė. Matomumo nustatymas eksploatuojamosiose pervažose [11]

Traukinių greitis, km/h	Atstumas, m
121–160	500
81–120	400
41–80	250
26–40	150
25 ir mažiau	100

Naujose tiesiamose ir rekonstruojamose geležinkelių linijose patenkinamu laikomas toks matomumas, kai kelių transporto priemonės vairuotojas, būdamas ne arčiau kaip 50 m nuo kraštinio bėgio, gali matyti artėjančią prie pervažos traukinį ne arčiau kaip 500 m atstumu nuo pervažos, o artėjančio traukinio mašinistas gali matyti pervažos vidurį 1 200 m atstumu.

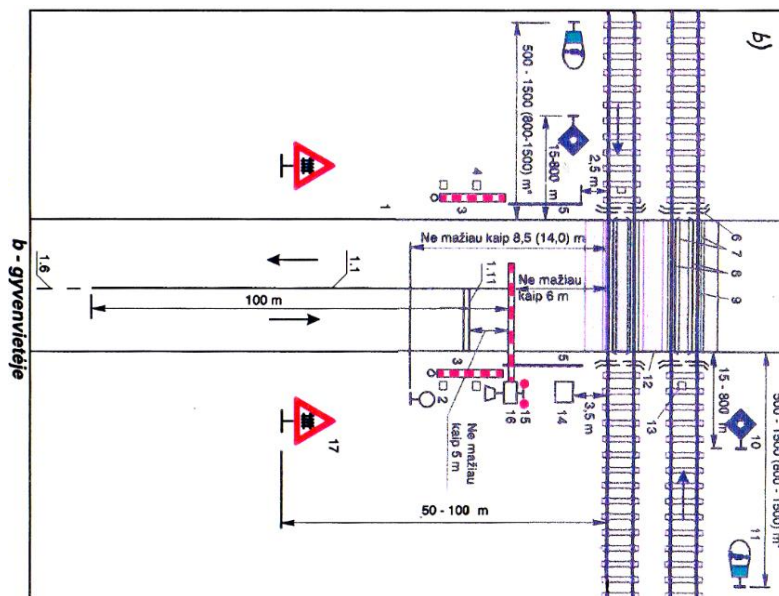
Sergimosiose pervažose turi būti įrengti užtvarai, pervažininkai jose budi visą parą. Pervažos su užtvaru įrangos išdėstymas ne gyvenvietėje pateiktas 1.1.1 pav.



1.1.1 pav. Pervažos su užtvaru įrangos išdėstymas ne gyvenvietėje [11].

1 – automobilių kelio važiuojamosios dalies briauna; 2 – kelio ženklas 316 „Ribotas aukštis“; 3 – atsarginiai rankiniai užtvarai; 4 – sargšuliai; 5 – turėklai (tvora); 6 – vandens nuleidimo lataakai; 7 – mediniai tašai; 8 – gretbėgiai; 9 – geležinkelio vėžės bėgiai; 10 – atitveriamasis šviesoforas; 11 – nuolatinis švilptelėjimo signalinis ženklas¹; 12 – pervažos klojinys;

Pervažos su užtvaru įrangos išdėstymas gyvenvietėje pateiktas 1.1.2 pav.



1.1.2 pav. Pervažos su užtvaru įrangos išdėstymas gyvenvietėje [11].

13 – vamzdelis arba stovas sustojimo signaliniam skydui arba signaliniam žibintui pastatyti; 14 – pervažos posto pastatas; 15 – pervažos signalizacijos šviesoforas; 16 – automatinis arba elektrinis užtvaras; 17 – kelio ženklas 101 „Pervaža su užtvaru“; 18, 19, 20 – kelio ženklai 140–145 „Artėjama prie pervažos“; 1.1, 1.6, 1.11 – automobilių kelio horizontaliojo ženklinimo linijos

¹ Skliausteliuose nurodyti atstumai nuo pervažos iki švilptelėjimo ženklo, kai traukinių greitis didesnis kaip 120 km/h.

Pervažos turi būti įrengiamos paprastai tiesiuose geležinkelių ir automobilių kelių ruožuose, už iškasų ir blogo matomumo vietų ribų. Šių kelių sankirtos įrengiamos dažniausiai stačiuoju kampu. Jei šios sąlygos įvykdyti neįmanoma, smailusis kampas tarp susikertančių kelių turi būti ne mažesnis kaip 60°. Veikiančiose pervažose, įrengtos smailesniu kampu, pertvarkomos rekonstruojant automobilių kelius. Veikiančiose pervažose ne mažiau kaip 10 m atstumu nuo artimiausio bėgio automobilių kelio išilginis profilis turi būti horizontalus arba didelio spindulio (600 m ir didesnio) vertikali kreivė, arba, jei pervaža yra kreivuose geležinkelio kelio ruožuose, išilginis automobilių kelio ruožas gali būti su nuolydžiu, atitinkančiu išorinio bėgio pakylą. Automobilių kelių prieigų prie pervažų išilginis nuolydis ne mažesniu kaip 20 m atstumu nuo horizontalaus ruožo turi būti ne didesnis kaip 5 %. Automobilių kelio prieigos prie pervažos ne mažesniu kaip 10 m atstumu nuo kraštinio bėgio turi būti su asfalto ar kita kieta danga.

Rekonstruojant ir tiesiant naujus automobilių kelius, prieigos turi būti tokios, kad ne mažesniu kaip 20 m atstumu nuo artimiausio bėgio automobilių kelio išilginis profilis būtų be nuolydžio (horizontalus), o kreivuose geležinkelio kelio ruožuose – su nuolydžiu, kurį lemia išorinio bėgio pakyla. Automobilių kelio prieigos prie pervažos ne mažesniu kaip 50 m atstumu turi būti projektuojamos su išilginiu ne didesniu kaip 3 % nuolydžiu. Esant sudėtingoms sąlygoms (kalnuotos vietovės, miestų gatvės ir pan.) išilginis automobilių kelių profilis prieigose prie pervažų gali būti individualus, suderintas su policija, kelius eksploatuojančiomis organizacijomis arba kitais kelių savininkais. Apsauginiai miško želdiniai turi būti sodinami taip, kad automobilio vairuotojas, esantis nuo pervažos 50 m atstumu ir arčiau, galėtų matyti už 500 m artėjantį prie pervažos traukinį.

Pervažos važiuojamosios dalies plotis turi būti lygus automobilių kelio važiuojamosios dalies pločiui ir po 0,5 m į abi puses, bet ne mažesnis kaip 6 m, o klojinio plotis gyvulių varymo vietose – ne mažesnis kaip 4 m.

Klojinys gali būti iš medienos, gelžbetonio ar kitokios medžiagos ir turi atitikti projektą. Geležinkelio kelias po klojiniu gali būti su mediniais arba gelžbetoniniais pabėgiais. Vėžės išorinėje pusėje klojinys klojamas vienu lygiu su bėgių galvučių viršumi; vėžės viduje jis turi būti 10 – 30 mm aukščiau bėgių galvučių, eksploatuojamosiose pervažose iki planinio remonto gali būti 30 – 40 mm. Naudojant gumos kompozito klojinį jo paviršius turi būti ne žemiau bėgių galvučių viršaus [11].

Lietuvoje geležinkelių pervažų dangos pagal jų tipus skirstomos į:

- asfaltbetonio danga;
- gelžbetoninių plokščių danga;
- gumos plokščių danga;
- bebalastę gelžbetoninę dangą su integruota bėgių sistema.

Geležinkelio pervažų danga turi užtikrinti saugų transporto priemonių važiavimą per ją. Geležinkelio kelio susikirtimo su automobilių keliu viename lygyje vieta turi atitikti abiejų susisiekimo kelių reikalavimus. Reikalavimai nustatomi kiekvienu konkrečiu atveju.

Kadangi susisiekimo kelių technologijos iš esmės skiriasi ir yra skirtingas abiejų kelių apkrovos tipas ir santykis, reikalavimai abiem susisiekimo keliams turi būti pritaikyti kiekvienam konkrečiam

atvejui. Geležinkelio pervažos dangos parinkimas kiekvienu konkrečiu atveju turi būti pagrįstas techninių rodiklių, savybių ir ekonominio naudingumo įvertinimu [12].

Kad geležinkelių riedmenų ratų antbriauniai nekliudytų pervažos pakloto, griovelio ribose dedami gretbėgiai ar kitokiomis priemonėmis užtikrinamas pakloto stabilumas projektuose numatytoje padėtyje. Griovelio plotis turi būti 75 – 110 mm, jo gylis – ne mažesnis kaip 45 mm.

Pervažos signalizacijos šviesoforų ir gabarito vartų atramos turi būti statomos už kelkraščio ne arčiau kaip 0,75 m nuo automobilių kelio briaunos. Turėklai, tvoros, atitvarai įrengiami vadovaujantis statybos rekomendacijomis R 37 – 01 „Automobilių kelių apsauginiai atitvarai“, o signaliniai stulpeliai – vadovaujantis Lietuvos standartu LST 1379 „Kelių ženklavimas“. Naujai įrengiamose ir rekonstruojamose pervažose sargšuliai keičiami į atitvarus. Sergimose pervažose 6 m, 8 m ar 10 m atstumu pagal užtvaro užkardo ilgį įrengiami apsauginiai turėklai arba tvora.

Sergimosiose pervažose įrengiama atitveriamoji signalizacija. Kaip atitveriamieji šviesoforai gali būti panaudoti įleidžiamieji, išleidžiamieji, įspėjamieji, saugos, manevrų, tarpstočio ir maršrutų šviesoforai, esantys ne toliau kaip 800 m ir ne arčiau kaip 15 m nuo pervažos, jei pervaža matoma iš tų šviesoforų pastatymo vietos. Jei minėtų šviesoforų panaudoti negalima, prieš pervažą statomi specialūs atitveriamieji šviesoforai ne arčiau kaip 15 m nuo pervažos pakloto. Atitveriamieji šviesoforai statomi vienkelėse geležinkelių linijose iš abiejų pervažos pusių, o dvikelėse linijose – taisyklingojo eismo geležinkelio kelyje. Netaisyklingojo eismo geležinkelio kelyje jie statomi tik šiais atvejais [11]:

- jei juose įrengta dvipusė automatinė blokuotė;
- priemiesčio zonose, kai eismo intensyvumas didesnis kaip 50 porų traukinių per parą.

1.2. Geležinkelio pervažos konstrukcija Australijoje

Pervažos kelia didelę riziką traukinių operatoriams, keleiviams, pėstiesiems bei kelių transporto priemonių keleiviams. Geležinkelio pervaža turi būti suprojektuota ne tik atsižvelgiant į saugos riziką, bet ir į visus kitus saugos veiksnius. Geležinkelio pervaža negali būti įrengiama:

- geležinkelio kelio atkarpoje, kuri būna užimta traukiniui sustojus prie signalo;
- kreivėje bei izoliuotosios sandūros vietoje;
- atkarpoje, kurioje esami įrenginiai riboja matomumą.

Pervaža turėtų būti suprojektuota nekintamoje padėtyje. Geležinkelio pervažos konstrukcijoje turėtų būti numatyta:

- tinkami bėgių tvirtinimo elementai;
- izoliuojančios sandūros, jei yra reikalingos;
- gretbėgių įrengimas;
- vandens nuvedimo sistema.

Geležinkelio pervažos danga turėtų būti parinkta atsižvelgiant į:

- kelių transporto priemonių tipą, svorį bei greitį;
- dviratininkų eismą;
- kelio paviršiaus sukibimą bet kokiomis sąlygomis;
- paviršinio bei gruntinio vandens drenavimą;
- suderinamumą su automobilių kelio dangą;
- patvarumą;
- atsparumą UV ir cheminėms medžiagoms;
- geležinkelio transporto intensyvumą, greitį bei ašių apkrovą;
- geležinkelio kelio priežiūros reikalavimus, įskaitant lengvą dangos nuėmimą geležinkelio kelio priežiūrai;
- pervažos dangos komponentų poveikį, geležinkelio kelio elementų nusidėvėjimui bei korozijai;
- gyvavimo ciklo kainą.

Geležinkelio pervažos dangos konstrukcija neturi būti aukštesnė už bėgių lygį, per visą geležinkelio pervažos eksploatavimo laiką [21].

2. Tiriamoji dalis

Geležinkelio ir automobilių vieno lygio sankirtoje įvykus eismo įvykiui, kada traukinys susiduria su automobiliu, dažniausiai automobiliai susidūrimo metu apgadinami nepataisomai. Tačiau taip pat apgadinamas geležinkelio kelias bei geležinkelio infrastruktūra. Dažniausiai apgadinami bėgiai, pabėgiai bei tvirtinimo elementai. Susidūrimo metu slystantis automobilis geležinkelio peržvaos danga, patenka ant geležinkelio, kuriame nėra jokios dangos ir slystantys ratai užstringa už bėgių. Ratams užstrigus už bėgių, traukinio stumiamam automobiliui neleidžia keisti slydimo trajektorijos, o yra stumiamas geležinkelio bėgiais tol, kol vienos ašies ratai neatsiskiria nuo automobilio. Atsiskyrus ratams, automobilis turi galimybę judėti aplink savo ašį ir taip nuslysti nuo geležinkelio kelio.

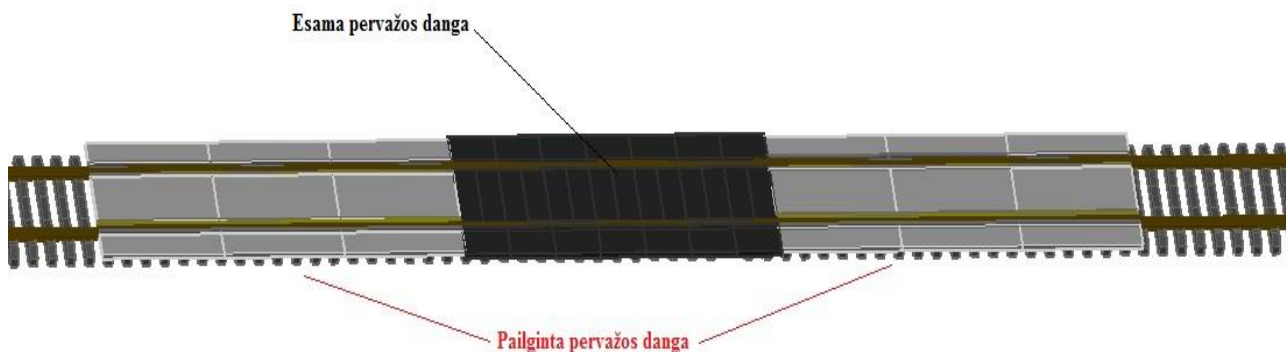
„Lietuvos geležinkeliai“ 2015 m. nereguliuojamoje pervažoje atliko eksperimentą, kuriuo siekė pademonstruoti kas įvyksta traukinio ir automobilio susidūrimo metu. Bandymas atliktas, Garliavos kaime, nereguliuojamoje pervažoje, lokomotyvas rėžėsi į automobilį SAAB 9 – 5. Per bandymą lokomotyvas važiavo vos apie 40 km/h greičiu, nors paprastai prekiniai traukiniai važiuoja 80 km/h, o keleiviniai – net 120 km/h greičiu [13]. Lokomotyvo stumiamas automobilis geležinkelio bėgiais pavaizduotas 2.1 pav.



2.1 pav. Lokomotyvo stumiamas automobilis geležinkelio bėgiais [13]

Norint išvengti geležinkelio kelio viršutinės konstrukcijos bei jos tvirtinimo elementų apgadinimų, reikėtų, kad automobilis po susidūrimo, kuo greičiau pasišalintų nuo geležinkelio bėgių ir atsidurtų šalikelėje. Siekiant tai padaryti, reikėtų geležinkelio pervažos dangą pratęsti. Pratęsus geležinkelio pervažos dangą, geležinkelio bėgių darbinis paviršius, būtų viename lygyje su pratęsta pervažos danga. Atlikus tokį geležinkelio pervažos dangos patobulinimą, automobilio ratai neužstrigtų tarp bėgių, po susidūrimo su lokomotyvu. Neužstrigę ratai, turėdami galimybę judėti lygiu paviršiumi, leistų automobiliui greičiau pradėti suktis ir tai padėtų greičiau pasišalinti nuo geležinkelio kelio link kelkraščio.

Siekiant sužinoti, koku atstumu reikia pailginti geležinkelio pervažos dangą, būtina atlikti lokomotyvo ir automobilio susidūrimo geležinkelio pervažoje tyrimą, naudojant specializuotą programinę įrangą. Atlikus tyrimą ir gavus automobilio judėjimo trajektoriją po susidūrimo, bus galima nustatyti, koku atstumu reikėtų pratęsti geležinkelio pervažos dangą, kad automobilis, neužkliuvęs už bėgių, galėtų pasišalinti nuo geležinkelio. Pailginta pervažos danga pavaizduota 2.2 pav.



2.2 pav. Pailginta pervažos danga

Tyrimui atlikti parinkta avaringa pervaža, geležinkelio ruože Klaipėda – Pagėgiai. Geležinkelio pervaža yra tarpstotyje Rimkai – Vilkyčiai 18+712 km, kertanti Turagus g., tai pagrindinė gatvė, vedanti į Dituvo sodus. Geležinkelio pervaža pavaizduota 2.3 pav.

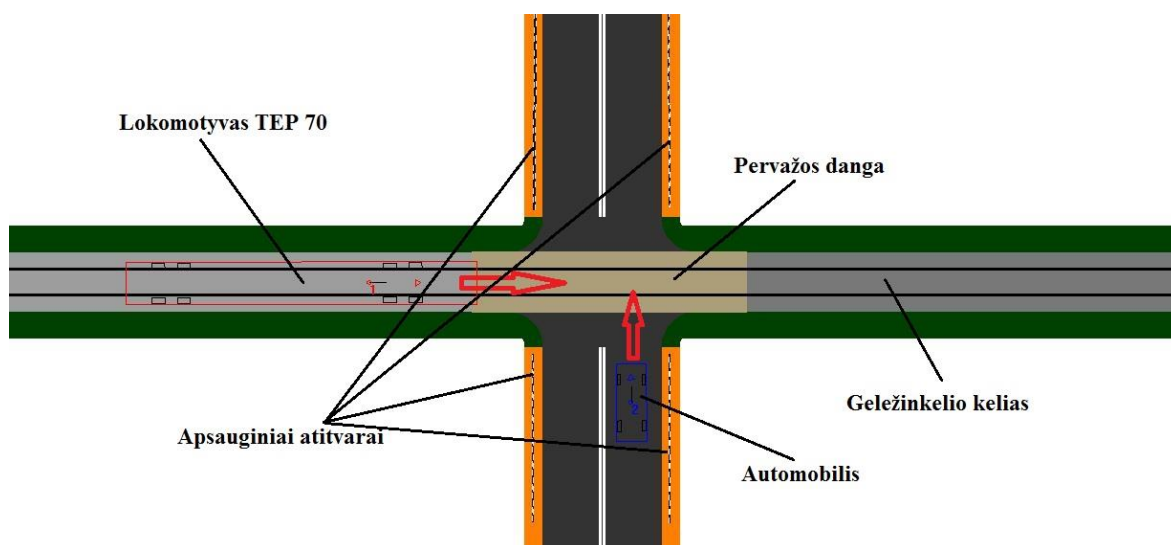


2.3 pav. Geležinkelio pervaža tarpstotyje Rimkai – Vilkyčiai

2.1. Tyrimo metodika

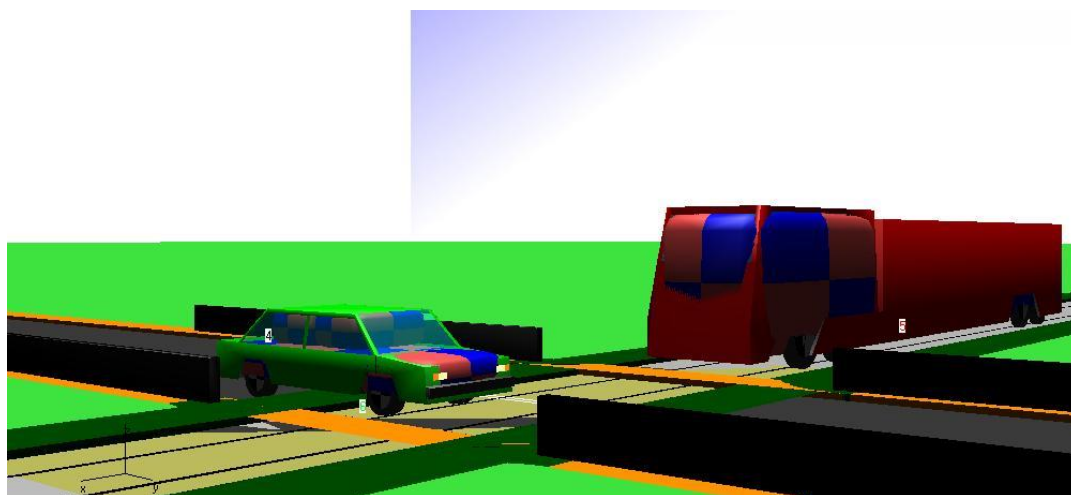
Tyrimui atlikti naudojama transporto priemonių avarių modeliavimo programa „PC – Crash 8.0“. „PC – Crash“ – tai motorinių transporto priemonių avarių modeliavimo programa, apimanti daugybę skirtingų avarių situacijų. Ši programa pritaikyta „Microsoft Windows“ programinei įrangai. Šia programa bus tiriamos automobilių slydimo trajektorijos po susidūrimų.

Geležinkelio pervažos modelis sudarytas „PC – Crash 8.0“ programine įranga. Sumodeliuotas pervažos vaizdas pateiktas 2.1.1 pav.



2.1.1 pav. Sumodeliuotas pervažos vaizdas

Automobilių kelias yra dviejų važiuojamųjų dalių, skirtas priešingų kryptių eismui po vieną važiuojamąją dalį. Važiuojamosios dalies plotis yra 3,50 m, kelkraštis – 1,0 m pločio, bendras kelio plotis – 9,0 m, kelio dangą – asfaltas. Geležinkelio kelias sumodeliuotas su pailginta geležinkelio pervažų dangą. Geležinkelio kelio ir automobilių kelio susikirtimo kampas yra 90°. Smėlio spalva pažymėta įprasta pervažos dangą, pilka spalva pažymėta pailginta pervažos dangą. Punktyrine juoda ir balta spalva pažymėti sijiniai metaliniai atitvarai. Atitvarai sumodeliuoti 2,5 m nuo kraštinio bėgio. Rodyklėmis pažymėtos lokomotyvo ir automobilio judėjimo kryptys prieš įvykstant susidūrimui. Programinėje įrangoje „PC – Crash 8.0“ sumodeliuotos pervažos trimatis vaizdas pateiktas 2.1.2 pav.

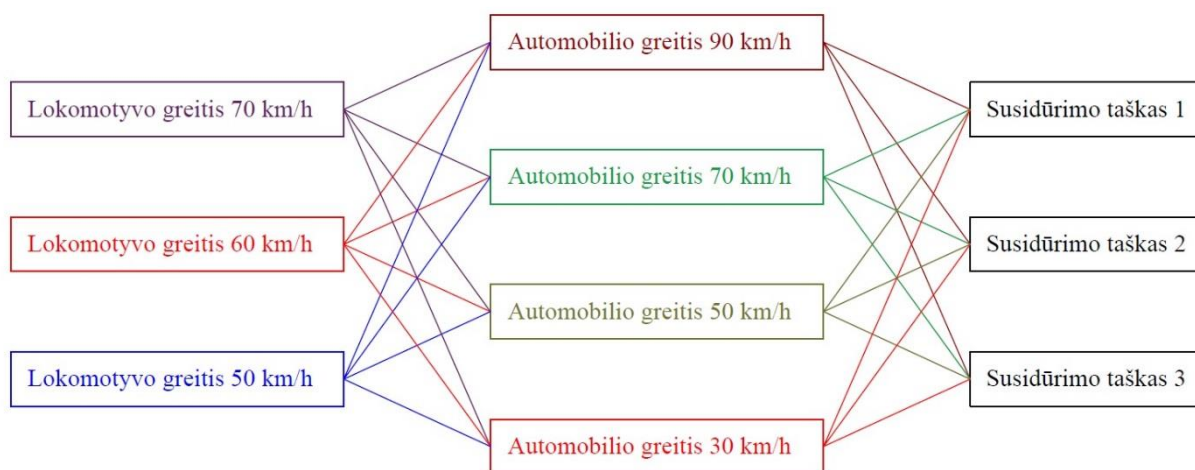


2.1.2 pav. Sumodeliuotos pervažos trimatis vaizdas

Siekiant, kad tyrimas kuo labiau atitiktų realias sąlygas, rato sukimimo su dangą koeficientas imamas remiantis A. Gudelio ir H. Sivilevičiaus atliktu naujos kelio asfalto dangos ir rato sukibimo parametru tyrimu. Rato sukibimo su dangą koeficiento reikšmės 2013 m. Lietuvos krašto ir rajoniniuose keliuose kito nuo 0,35 iki 0,59, o magistraliniuose keliuose sukibimo koeficientas kito nuo 0,35 iki 0,51. 2014 m. Lietuvos krašto ir rajoniniuose keliuose kito nuo 0,35 iki 0,51, o magistraliniuose keliuose

sukibimo koeficientas kito nuo 0,35 iki 0,49 [14]. Rato sukibimo su danga koeficientas nustatomas iš gautų 2014 m. rezultatų vidurkio, kuris lygus 0,43.

Susidūrimo tyrimui atlikti, parinkti trys skirtingi lokomotyvo greičiai. Greičiai parenkami atsižvelgiant į esamą maksimalų greitį geležinkelio ruože Klaipėda – Pagėgiai. Maksimalus leistinas greitis yra 70 km/h. Kadangi ne visi traukiniai važiuoja maksimaliu leistinu greičiu, tai susidūrimo tyrimui papildomai parenkami 60 km/h ir 50 km/h. Automobiliui parenkami keturi skirtingi važiavimo greičiai per geležinkelio pervažą. Greičiai parenkami atsižvelgiant į maksimalius leistinus greičius. Lietuvoje maksimalus leistinas važiavimo greitis gyvenvietėse visoms transporto priemonėms – 50 km/h, ne gyvenvietėse lengvaisiais automobiliais, krovininiais automobiliais, kurių didžiausioji leidžiamoji masė ne didesnė kaip 3,5 t, motociklais ir triračiais keliuose su asfalto ar betono danga – ne didesnis kaip 90 km/h [15]. Krašto ir rajoniniuose keliuose dažnu atveju greitis per geležinkelio pervažas ribojamas iki 70 km/h, papildomai parenkamas dar 30 km/h. Susidūrimo tyrimas modeliuojamas trijuose skirtinguose automobilio kėbulo taškuose. Tyrimas atliekamas modeliuojant susidūrimus kiekviename taške, esant visiems transporto priemonių judėjimo greičiams. Tyrimui atlikti naudojami trys skirtingi lengvieji automobiliai. Kiekvienam automobiliui sumodeliuojami 36 skirtingi susidūrimo scenarijai. Susidūrimų modeliavimo schema pateikta 2.1.3 pav.



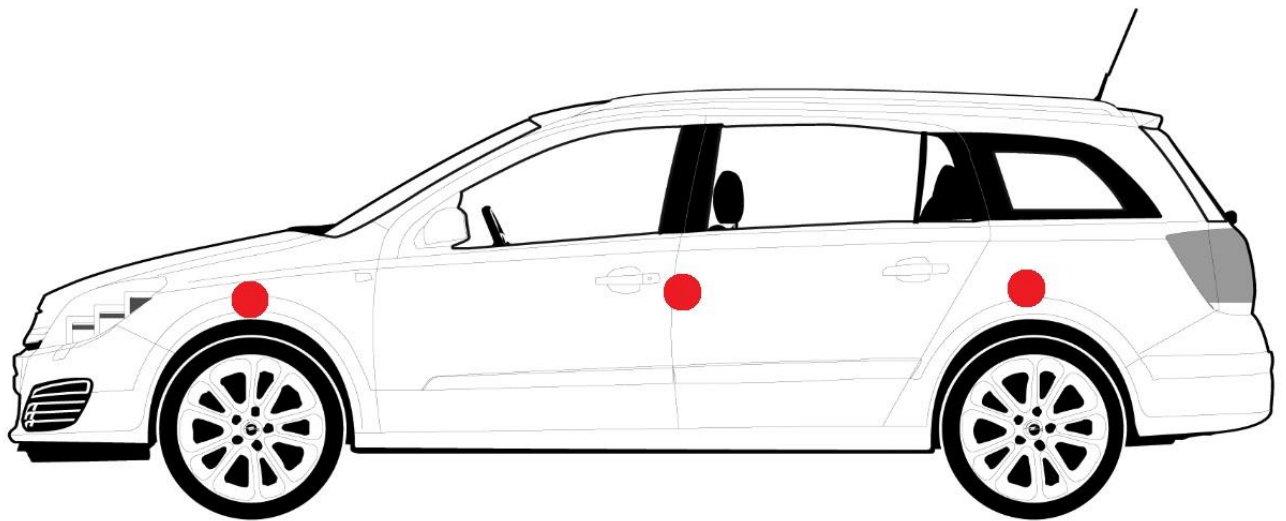
2.1.3 pav. Susidūrimų modeliavimo schema

Pasirinktas lokomotyvo modelis yra „TEP70 BS“. Keleivinis lokomotyvas „TEP70 BS“, pagamintas Kolomnos šilumvežių gamykloje, Rusijoje. Lokomotyvo masė 131 t, ašinė apkrova yra 21,8 t, ilgis – 20,470 m. Dyzelinio variklio tipas – 2A – 5D49, kurio galia yra 2940 kW, o konstrukcinis greitis 160 km/h. Ašinė formulė yra „Co“ „Co“, traukos pavaros tipas – elektrinė (AC / DC) [16]. Lokomotyvas yra dviejų vežimėlių ir šešių aširačių. Lokomotyvas pavaizduotas 2.1.4 pav.



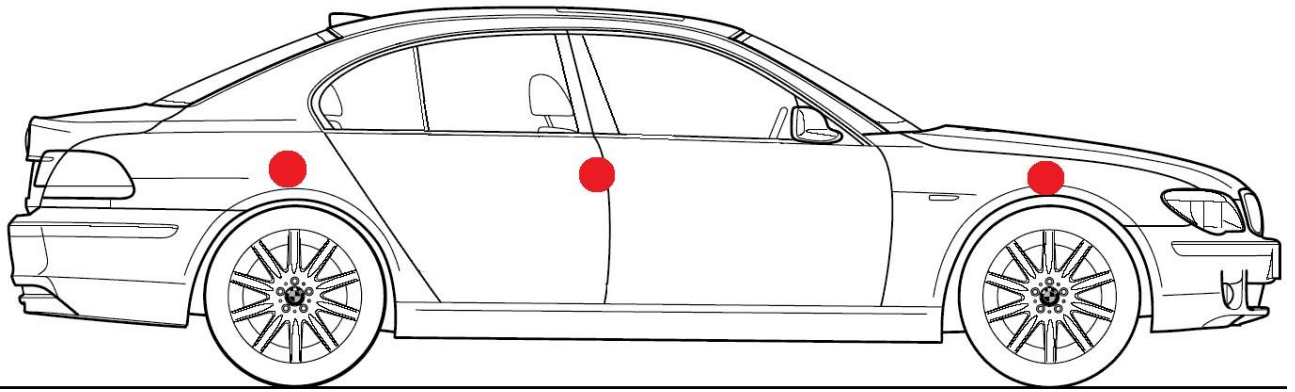
2.1.4 pav. Keleivinis lokomotyvas „TEP70 BS“ [15]

Tyrimui atlikti pasirenkami trys Lietuvoje populiariausių automobilių gamintojų markės. Pirmasis pasirinktas automobilis yra „Opel“ gamintojo. Susidūrimo modeliui naudojamas, „Opel Astra H“ universalas. Automobilio kėbulo kodas – L35, kuris buvo gaminamas nuo 2004 m. iki 2014 m. Automobilio bendroji masė – 1850 kg, ilgis – 4,515 m, plotis – 1,794 m, atstumas tarp ašių – 2,703 m, aukštis – 1,5 m, padangų dydis – 195/65 R15. Modeliuojant susidūrimą su lokomotyvu, geležinkelio pervažoje, parinkti 3 susidūrimo taškai. Automobilis „Opel Astra H“ su pažymėtais susidūrimo taškais pavaizduotas 2.1.5 pav.



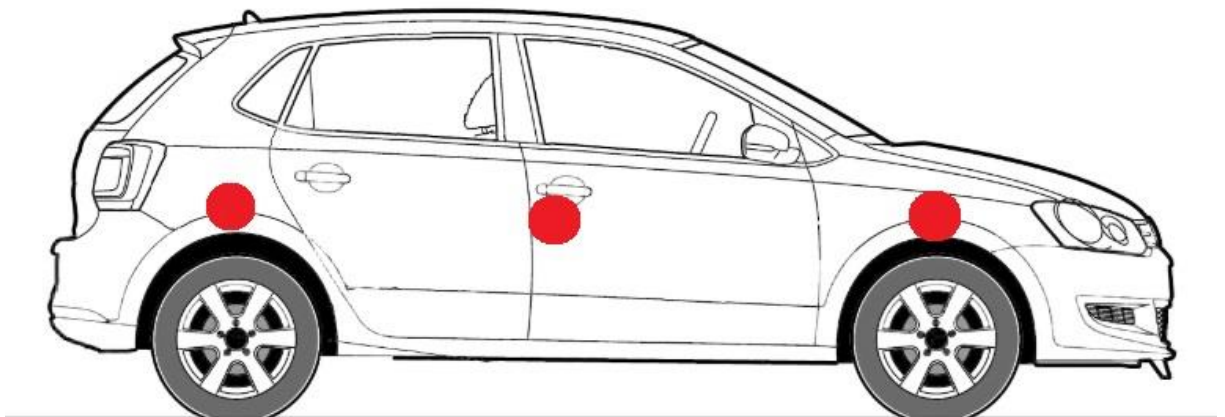
2.1.5 pav. Automobilis „Opel Astra H“ su pažymėtais susidūrimo taškais [19]

Antrasis pasirinktas automobilis yra „BMW“ gamintojo. Susidūrimo modeliui naudojamas 7 klasės sedan. Automobilio kėbulo kodas – E65, kuris buvo gaminamas nuo 2005 m. iki 2008 m. Automobilio bendroji masė – 2385 kg, ilgis – 5,039 m, plotis – 1,902 m, atstumas tarp ašių – 2,99 m, aukštis – 1,484 m, padangų dydis – 235/40 R17. Modeliuojant susidūrimą su lokomotyvu, geležinkelio pervažoje, parinkti 3 susidūrimo taškai. Automobilis „BMW“ 7 serijos su pažymėtais susidūrimo taškais pavaizduotas 2.1.6 pav.



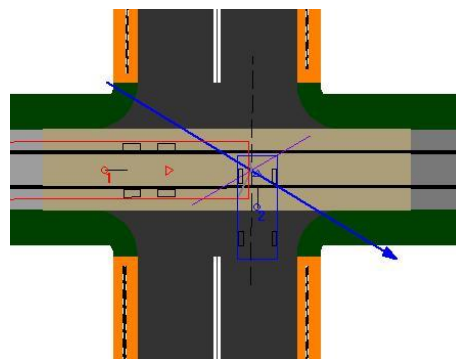
2.1.6 pav. Automobilis „BMW“ 7 serijos su pažymėtais susidūrimo taškais [18]

Trečiasis pasirinktas automobilis yra „Volkswagen“ gamintojo. Susidūrimo modeliui naudojamas „Volkswagen Polo“ hečbekas. Automobilio kėbulo kodas – 9N, kuris buvo gaminamas nuo 2001 m. iki 2005 m. Automobilio bendroji masė – 1420 kg, ilgis – 3,743 m, plotis – 1,632 m, atstumas tarp ašių – 2,407 m, aukštis – 1,418 m, padangų dydis – 185/65 R14. Modeliuojant susidūrimą su lokomotyvu geležinkelio pervažoje, parinkti 3 susidūrimo taškai. Automobilis „Wolkswagen Polo“ su pažymėtais susidūrimo taškais pavaizduotas 2.1.7 pav.



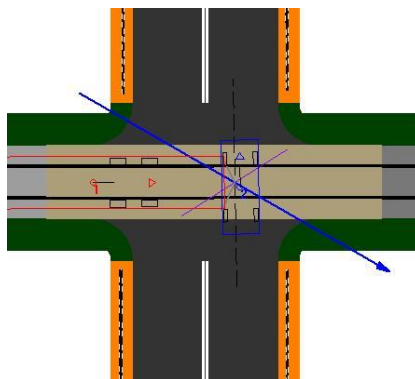
2.1.7 pav. Automobilis „Volkswagen Polo“ su pažymėtais susidūrimo taškais [20]

Susidūrimo tyrimui atlikti, pasirinkti trys skirtingi automobiliai su skirtingais kėbulo tipais. Visuose automobiliuose tiriama susidūrimo taškai yra tose pačiose vietose. Pirmasis susidūrimo taškas yra automobilio priekinėje dalyje, ties priekine ašimi. Programoje sumodeliuotas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties pirmu tašku, priekinėje automobilio dalyje, pavaizduotas 2.1.8 pav.



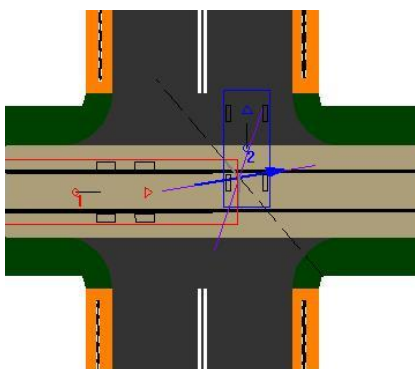
2.1.8 pav. Lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties pirmu susidūrimo tašku

Antrasis susidūrimo taškas yra automobilio centre, ties automobilio centre esančiu statramsčiu. Sumodeliuotas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties antru tašku, centrinėje automobilio dalyje, pavaizduotas 2.1.9 pav.



2.1.9 pav. Lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties antru susidūrimo tašku

Trečiasis susidūrimo taškas yra automobilio galinėje dalyje, ties galine ašimi. Sumodeliuotas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties trečiu tašku, galinėje automobilio dalyje, pavaizduotas 2.1.10 pav.



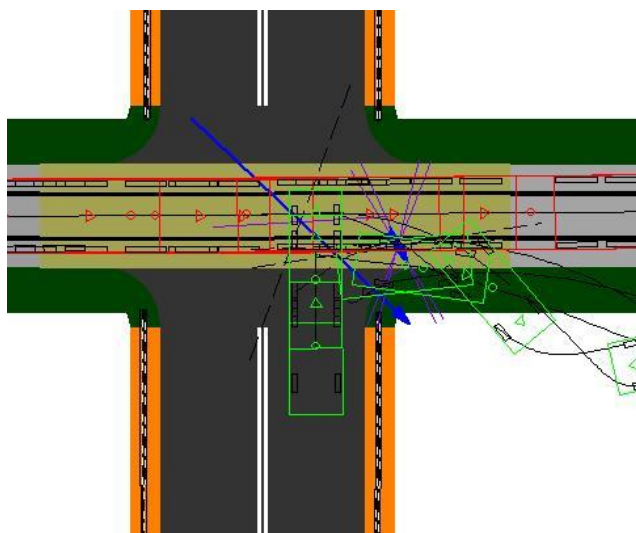
2.1.10 pav. Lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties trečiu susidūrimo tašku

2.2. Geležinkelio pervažoje su pailginta pervažos danga lokomotyvo ir automobilio susidūrimo tyrimas

2.2.1. Lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties pirmu susidūrimo tašku

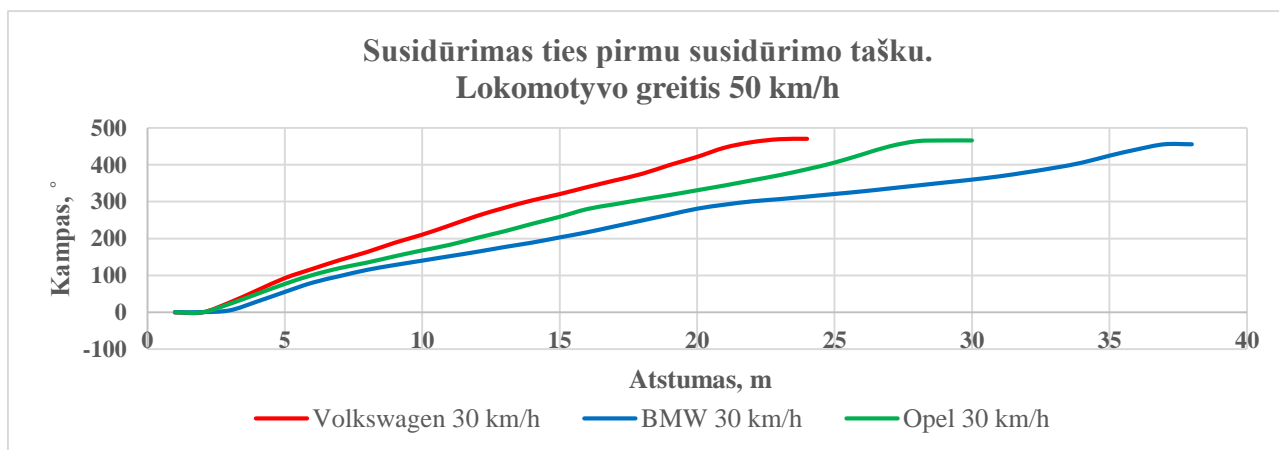
Pirmuoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties pirmu susidūrimo tašku priekinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90° . Lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 50 km/h, automobilių – 30 km/h.

Įvykus susidūrimui, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai pradeda sukis laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi. „Opel“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 6 m, kol nuslysta į šalikelę. „BMW“ markės automobilis slysta pervažos pailginta danga apie 7,5 m, o „Volkswagen“ markės automobilis slysta apie 7 m. „Opel“ automobilio susidūrimo schema ties pirmu susidūrimo tašku pateikta 2.2.1.1 pav. „BMW“ ir „Volkswagen“ automobilių susidūrimo schemas pateiktos 1 priede.



2.2.1.1 pav. Lokomotyvo ir automobilio „OPEL“ susidūrimo schema ties pirmu susidūrimo tašku.
Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilio – 30 km/h

Pagal gautus modeliavimo programos skaičiavimus, po susidūrimo „Opel“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti 30 m, „BMW“ automobilis – 38 m, „Volkswagen“ automobilis – 24 m. Slystančio automobilio judėjimo nuotolis ir trajektorija tiesiogiai priklauso nuo šalia pervažos esamos dangos ir reljefo. Tyrimo metu sumodeliuotoje pervažoje, šalia pervažos esamas laukas yra lygaus reljefo. Palyginus „BMW“ ir „Volkswagen“ automobilių judėjimo nuotolį po smūgio gauta, jog padidėjus automobilio masei 965 kg, atstumas, kurį juda automobilis po smūgio, pailgėja 14 m. Kaip keičiasi automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, pavaizduotos 2.2.1.2 pav. pateiktame grafike.



2.2.1.2 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų

Pateiktame grafike (2.2.1.2 pav.) matyti, kaip keičiasi automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimo. „Volkswagen“ automobilis iki visiško sustojimo, slysdamas apsisuko 471°, tai yra 1,3 karto apsisuko aplink savo ašį. „Opel“ automobilis iki visiško sustojimo, apsisuko 5° mažiau, o „BMW“ automobilis – 15° mažiau.

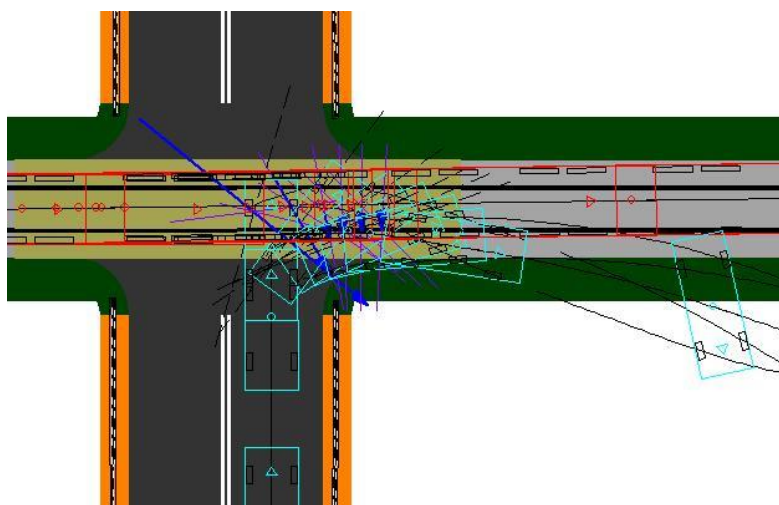
Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai taip pat pradeda suktis laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi. „Opel“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 4 m, kol nuslysta į šalikelę. „BMW“ markės automobilis slysta pervažos pailginta danga apie 3,5 m, o „Volkswagen“ markės automobilis slysta apie 4 m.

Automobilių susidūrimo schemas ties pirmu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 30 km/h, pateiktos 1 priede. Po susidūrimo „Volkswagen“ automobilis slysdamas apsisuko 648°, o nuo pervažos iki kol sustos po smūgio, gali judėti 33 m. Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 9 m (37,5 %), procentiškai lygiai taip pat (37,5 %) arba 177° daugiau slysdamas apsisuko. „BMW“ ir „Opel“ automobiliai po smūgio iki kol visiškai sustos gali judėti apie 31 m, „BMW“ slydimo trajektorijoje apsisuko 293°, „Opel“ – 320°. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 30 km/h, pateiktos 2 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai taip pat pradeda sukintis laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi. „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 5 m, kol nuslysta į šalikelę. „Opel“ markės automobilis slysta pervažos pailginta danga apie 3 m, o „Volkswagen“ markės automobilis slysta apie 4 m. Automobilių susidūrimo schemas ties pirmu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 70 km/h, o automobilių – 30 km/h, pateiktos 1 priede. Po susidūrimo „Opel“ automobilis slysdamas apsisuko 754°, o nuo pervažos iki kol sustos, po smūgio gali judėti 58 m. Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 28 m (73,5 %). Procentiškai (63 %) arba 288° daugiau slysdamas apsisuko, judėjimo trajektorijoje 2,1 kartą apsisuko aplink savo ašį. „BMW“ automobilis po smūgio iki kol visiškai sustos gali judėti apie 51 m, „Volkswagen“ – 40 m. „BMW“ slydimo trajektorijoje apsisuko 667°, „Volkswagen“ – 832° Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis 70 km/h, o automobilių – 30 km/h, pateiktos 2 priede.

Antruoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties pirmu susidūrimo tašku priekinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90°. Lokomotyvo ir automobilių greitis iki susidūrimo yra 50 km/h.

Įvykus susidūrimui, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai kaip ir pirmuoju atveju pradeda sukintis laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi. „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 13 m, kol nuslysta į šalikelę. „Volkswagen“ markės automobilis slysta pervažos pailginta danga apie 11 m, o „Opel“ markės automobilis slysta apie 9,5 m. „BMW“ automobilio susidūrimo schema ties pirmu susidūrimo tašku pateikta 2.2.1.3 pav. „BMW“ ir „Volkswagen“ automobilių susidūrimo schemas pateiktos 1 priede.

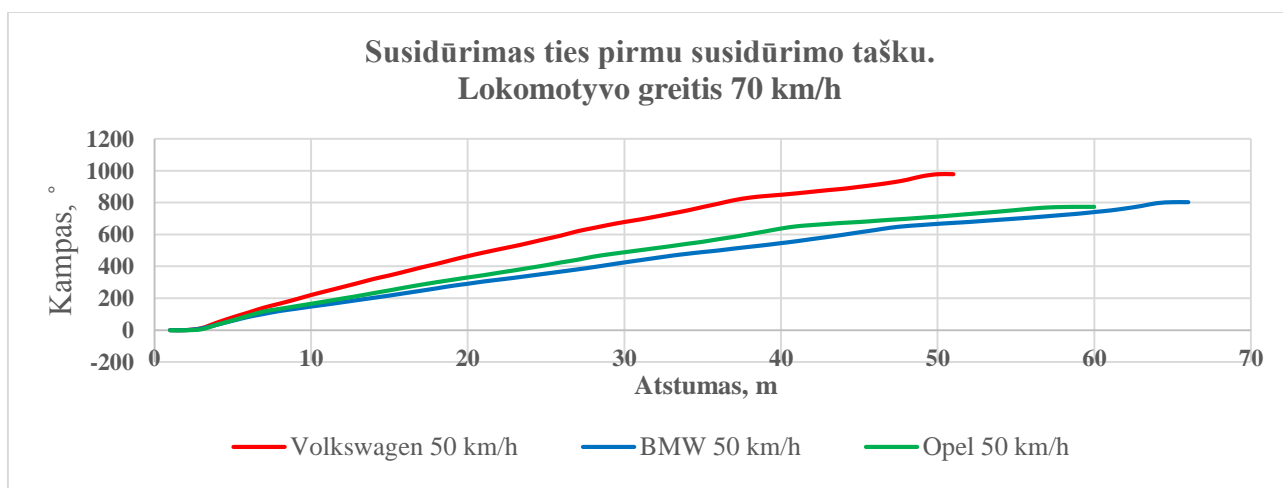


2.2.1.3 pav. Lokomotyvo ir automobilio „BMW“ susidūrimo schema ties pirmu susidūrimo tašku.
Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilio – 50 km/h

Po susidūrimo „BMW“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti 43 m, „Opel“ automobilis – 38 m, „Volkswagen“ automobilis – 41 m. „BMW“ automobilis iki visiško sustojimo, slysdamas apsisuko 307°, „Opel“ apsisuko 156° daugiau, o „Volkswagen“ automobilis – 309° daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo ir automobilių greitis 50 km/h, pateiktos 2 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, „Volkswagen“ ir „BMW“ markės automobiliai sukdamiesi slysta pailginta pervažos danga apie 10 m, kol nuslysta į šalikelę. „Opel“ automobilis slysta pervažos pailginta danga apie 8 m. Automobilių susidūrimo schemas ties pirmu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 50 km/h, pateiktos 1 priede. Po susidūrimo „Volkswagen“ automobilis slysdamas apsisuko 628°, o nuo pervažos iki kol sustos po smūgio gali judėti 37 m. „BMW“ automobilis slysdamas apsisuko 649°, o nuo pervažos iki kol sustos po smūgio gali judėti 48 m. Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 21 m (55 %), o slysdamas apsisuko (69 %) arba 322° daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 50 km/h, pateiktos 2 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 8,5 m, kol nuslysta į šalikelę. „Opel“ markės automobilis slysta pervažos pailginta danga apie 5 m, o „Volkswagen“ markės automobilis slysta apie 7 m. Automobilių susidūrimo schemas ties pirmu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 70 km/h, o automobilių – 50 km/h, pateiktos 1 priede. Po susidūrimo „Opel“ automobilis slysdamas apsisuko 774°, o nuo pervažos iki kol visiškai sustos po smūgio gali judėti 60 m. Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 22 m (58 %), o slysdamas apsisuko (62 %) arba 288° daugiau. „BMW“ automobilis po smūgio iki kol visiškai sustos gali judėti apie 66 m, „Volkswagen“ – 51 m. „BMW“ slydimo trajektorijoje apsisuko 803°, „Volkswagen“ – 978°. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis 70 km/h, o automobilių – 50 km/h, pavaizduotos 2.2.1.4 pav. pateiktame grafike.

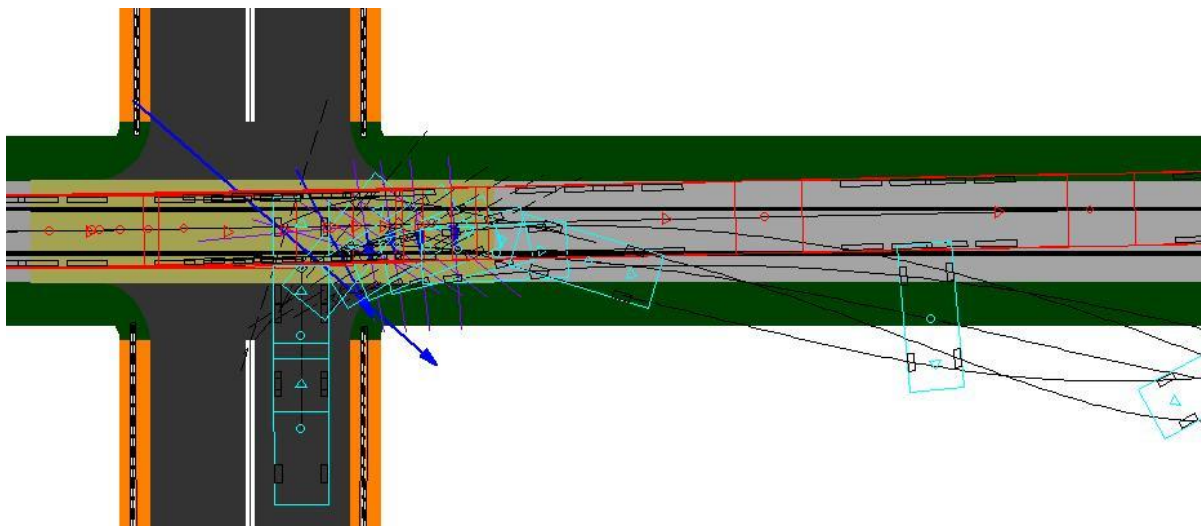


2.2.1.4 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų

Trečiuoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties pirmu susidūrimo tašku priekinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90°. Lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 50 km/h, automobilių – 70 km/h.

Įvykus susidūrimui, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai kaip ir ankstesniais atvejais pradeda sukintis laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi. „Opel“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 14 m, kol nuslysta į šalikelę. „BMW“ markės automobilis slysta pailginta pervažos danga apie 6 m, o „Volkswagen“ markės automobilis slysta apie 10 m. Automobilių susidūrimo schemas pateiktos 1 priede. Po susidūrimo „Opel“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti 47 m, „BMW“ automobilis – 82 m, „Volkswagen“ automobilis – 55 m. „Opel“ automobilis iki visiško sustojimo, slysdamas apsisuko 88°, „BMW“ apsisuko 244°, o „Volkswagen“ automobilis – 255°. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 50 km/h, o automobilių greitis 70 km/h, pateiktos 2 priede.

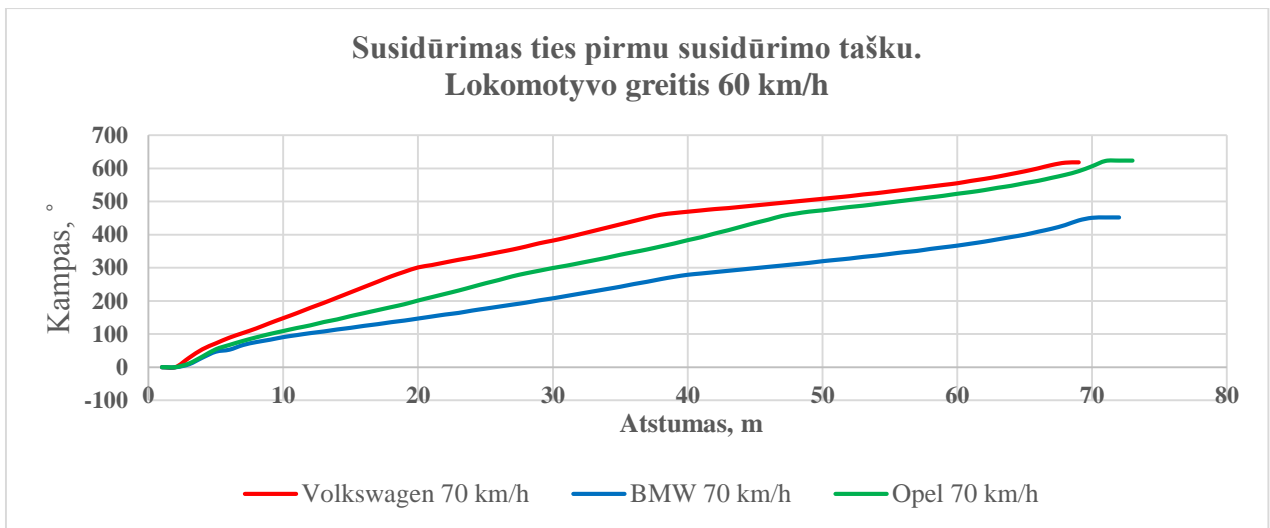
Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai taip pat pradeda sukintis laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi. „Opel“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 13,5 m, kol nuslysta į šalikelę. „BMW“ markės automobilis slysta pervažos pailginta danga apie 20 m, o „Volkswagen“ markės automobilis slysta apie 18 m. „BMW“ automobilio susidūrimo schema pateikta 2.2.1.5 pav. „Opel“ ir „Volkswagen“ automobilių susidūrimo schemas ties pirmu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 70 km/h, pateiktos 1 priede.



2.2.1.5 pav. Lokomotyvo ir automobilio „BMW“ susidūrimo schema ties pirmu susidūrimo tašku.

Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilio – 70 km/h

Po susidūrimo „BMW“ automobilis slysdamas apsisuko 452°, o nuo pervažos iki kol sustos po smūgio gali judėti 72 m. Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 26 m (55 %), o slysdamas apsisuko net 535° (607 %) daugiau. „Volkswagen“ automobilis po smūgio į priekinę dalį iki visiško sustojimo gali judėti 70 m, šiuo atveju 27 % daugiau, nei tada, kai lokomotyvo greitis buvo 50 km/h, o slysdamas apsisuko 363° (142 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 70 km/h, pavaizduotos 2.2.1.6 pav. pateiktame grafike.

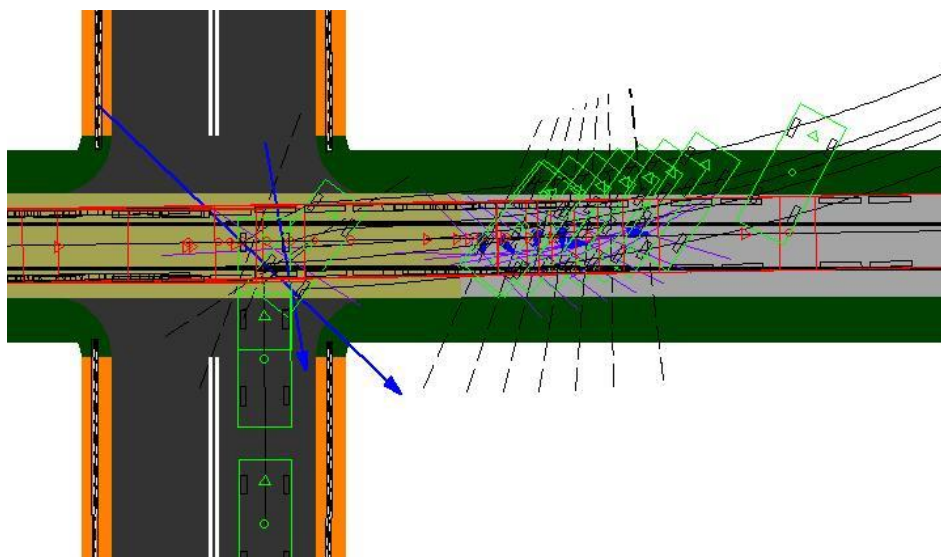


2.2.1.6 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimu

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, „Opel“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 9,5 m, kol nuslysta į šalikelę. „BMW“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai pailginta pervažos danga slysta apie 13 m. Automobilių susidūrimo schemas ties pirmu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo ir automobilių greitis 70 km/h, pateiktos 1 priede. Po susidūrimo „Opel“ automobilis slysdamas apsisuko 924° (412 %) daugiau, o nuo pervažos iki kol sustos po smūgio judėjimo trajektorija pailgėjo 14 m (32 %), tačiau šiuo atveju automobilis apsisuko aplink savo ašį net 2,8 karto. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 15 m (17 %), tačiau slysdamas apsisuko (308 %) arba 753° daugiau. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 6 m, (11 %), o slysdamas apsisuko 573° (224 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimu, kai lokomotyvo ir automobilių greitis 70 km/h, pateiktos 2 priede.

Ketvirtuoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties pirmu susidūrimo tašku priekinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90°. Lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 50 km/h, automobilių – 90 km/h.

Įvykus susidūrimui, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai kaip ir ankstesniais atvejais pradeda sukintis laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi. „Opel“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 17 m, kol nuslysta į šalikelę. „BMW“ markės automobilis slysta pailginta pervažos danga apie 6 m, o „Volkswagen“ markės automobilis slysta apie 4,5 m. „Opel“ automobilio susidūrimo schema ties pirmu susidūrimo tašku pateikta 2.2.1.7 pav. „BMW“ ir „Volkswagen“ automobilių susidūrimo schemas pateiktos 1 priede.



2.2.1.7 pav. Lokomotyvo ir automobilio „Opel“ susidūrimo schema ties pirmu susidūrimo tašku.
Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilio – 90 km/h

Po susidūrimo „Opel“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti apie 50 m, „BMW“ automobilis – 62 m, „Volkswagen“ automobilis – 61 m. „Opel“ automobilis iki visiško sustojimo, slysdamas apsisuko 26°, „BMW“ apsisuko 61°, o „Volkswagen“ automobilis – 256°. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 50 km/h, o automobilių greitis 90 km/h, pateiktos 2 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, „Opel“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 26,5 m, kol nuslysta į šalikelę. „Volkswagen“ markės automobilis slysta pailginta pervažos danga apie 20 m, o „BMW“ markės automobilis slysta apie 5 m. Automobilių susidūrimo schemas pateiktos 1 priede. Po susidūrimo „Opel“ automobilis slysdamas apsisuko 261° (1003 %) daugiau, o nuo pervažos iki kol sustos, judėjimo trajektorija pailgėjo 10 m (20 %), šiuo atveju automobilis apsisuko aplink savo ašį net 2,85 karto. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 25 m (40 %), o slysdamas apsisuko (475 %) arba 290° daugiau. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio nepakito ir yra lygi 6 m, tačiau slysdamas apsisuko 196° (76 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 60 km/h, o automobilių greitis 90 km/h, pateiktos 2 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, „Volkswagen“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 18 m, kol nuslysta į šalikelę. „BMW“ markės automobilis slysta pailginta pervažos danga apie 17 m, o „Opel“ markės automobilis slysta apie 12,5 m. Automobilių susidūrimo schemas ties pirmu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 70 km/h, o automobilių – 90 km/h, pateiktos 1 priede. Po susidūrimo „Opel“ automobilis slysdamas apsisuko net 973° (3740 %) daugiau, o nuo pervažos iki kol sustos po smūgio judėjimo trajektorija pailgėjo 26 m (52 %). „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 20 m (32 %), tačiau slysdamas apsisuko (1229 %) arba 750° daugiau. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 18 m, (29 %), o slysdamas apsisuko 738° (288 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis 70 km/h, o automobilių greitis 90 km/h, pateiktos 2 priede.

Visų keturių nagrinėjamų susidūrimo atvejų, ties pirmu susidūrimo tašku, priekinėje automobilių dalyje, automobilių slydimo atstumai pailginta pervažos danga pateikti 2.2.1.1 lentelėje.

2.2.1.1 lentelė. Automobilių slydimo atstumas pailginta pervažos danga

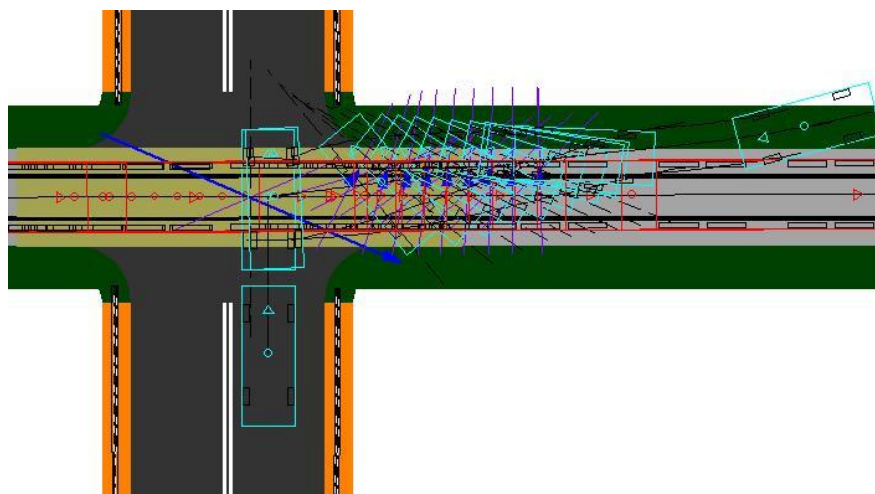
Lokomotyvo „TEP70 BS“ greitis iki susidūrimo, km/h	„BMW“	„Opel“	„Volkswagen“
Automobilių, kurių greitis 30 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	7,5 m	6 m	7 m
60 km/h	4 m	3,5 m	4 m
70 km/h	5 m	3 m	4 m
Automobilių, kurių greitis 50 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	13 m	9,5 m	11 m
60 km/h	10 m	8 m	10 m
70 km/h	8,5 m	5 m	7 m
Automobilių, kurių greitis 70 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	6 m	14 m	10 m
60 km/h	20 m	13,5 m	18 m
70 km/h	13 m	9,5 m	13 m
Automobilių, kurių greitis 90 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	6 m	17 m	4,5 m
60 km/h	5 m	26,5 m	20 m
70 km/h	17 m	12,5 m	18 m

Pagal 2.2.1.1 pateiktos lentelės duomenis matome, kad po susidūrimo su lokomotyvu ties pirmu susidūrimo tašku priekinėje automobilio dalyje, „Opel“ markės automobilis sukdamasis maksimaliai slysta pailginta pervažos danga apie 26,5 m. Tai yra didžiausias slydimo atstumas ties pirmu susidūrimo tašku.

2.2.2. Lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties antru susidūrimo tašku

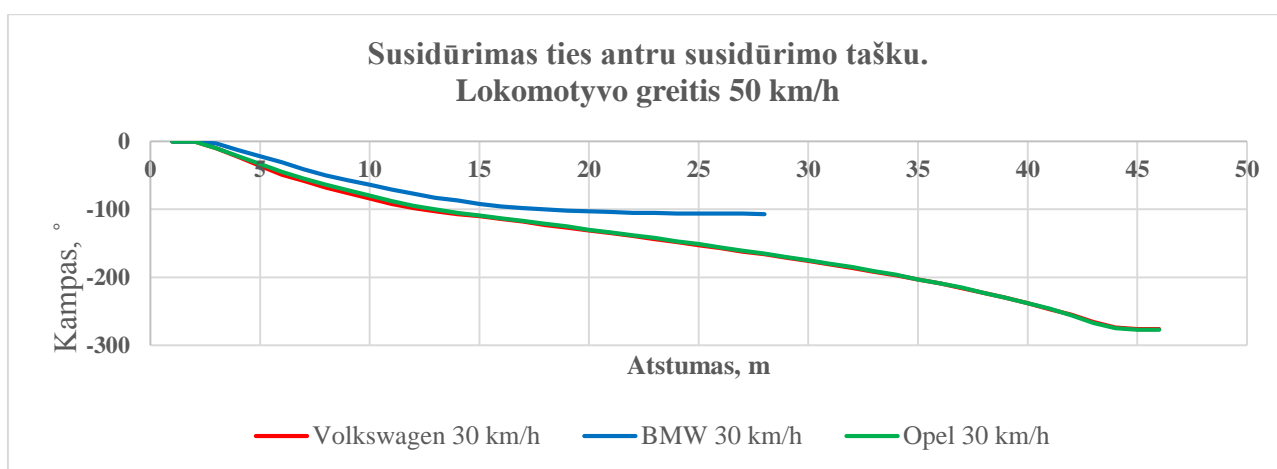
Pirmuoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties antru susidūrimo tašku vidurinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90°. Lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 50 km/h, automobilių – 30 km/h.

Įvykus susidūrimui, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai pradeda suktis prieš laikrodžio rodyklės sukimosi kryptį. „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 16,5 m, kol nuslysta į šalikelę. „Volkswagen“ ir „Opel“ markės automobiliai slysta pervažos pailginta danga apie 16 m. „BMW“ automobilio susidūrimo schema ties antru susidūrimo tašku pateikta 2.2.2.1 pav. „Opel“ ir „Volkswagen“ automobilių susidūrimo schemas pateiktos 3 priede.



2.2.2.1 pav. Lokomotyvo ir automobilio „BMW“ susidūrimo schema ties antru susidūrimo tašku.
Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilio – 30 km/h

Po susidūrimo „BMW“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti apie 28 m, „Opel“ ir „Volkswagen“ automobiliai apie – 46 m. „BMW“ automobilis iki visiško sustojimo, slysdamas apsisuko 107°, „Opel“ apsisuko 277°, o „Volkswagen“ automobilis – 276°. Šiuo atveju matome, jog kur kas sunkesnio automobilio (965 kg sunkesnis už „Volkswagen“ automobilį ir 535 kg sunkesnis už „Opel“ automobilį) po smūgio judėjimo trajektorija 64 % trumpesnė. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų kai lokomotyvo greitis – 50 km/h, o automobilių greitis 30 km/h, pateiktos 2.2.2.2 pav. pateiktame grafike.



2.2.2.2 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų

Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, „Volkswagen“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 24 m, kol nuslysta į šalikelę. „Opel“ markės automobilis slysta pailginta pervažos danga apie 22 m, o „BMW“ markės automobilis slysta apie 21 m. Automobilių susidūrimo schemas ties antru susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 30 km/h, pateiktos 3 priede. Po susidūrimo „Volkswagen“ automobilis slysdamas apsisuko tiek pat (276°) kaip ir prieš tai nagrinėtame atvejuje, kai lokomotyvo greitis buvo 50 km/h, o nuo pervažos iki kol sustos, judėjimo trajektorija sutrumpėjo 17 m (37 %). Šiuo atveju automobilis, nuo didesnės lokomotyvo smūgio jėgos, daugiau sukosi aplink savo ašį per trumpesnę atstumą. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 15 m (32 %), tačiau slysdamas apsisuko 1° daugiau. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 33 m, o slysdamas apsisuko 168° (157 %)

daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 60 km/h, o automobilių greitis 90 km/h, pateiktos 4 priede.

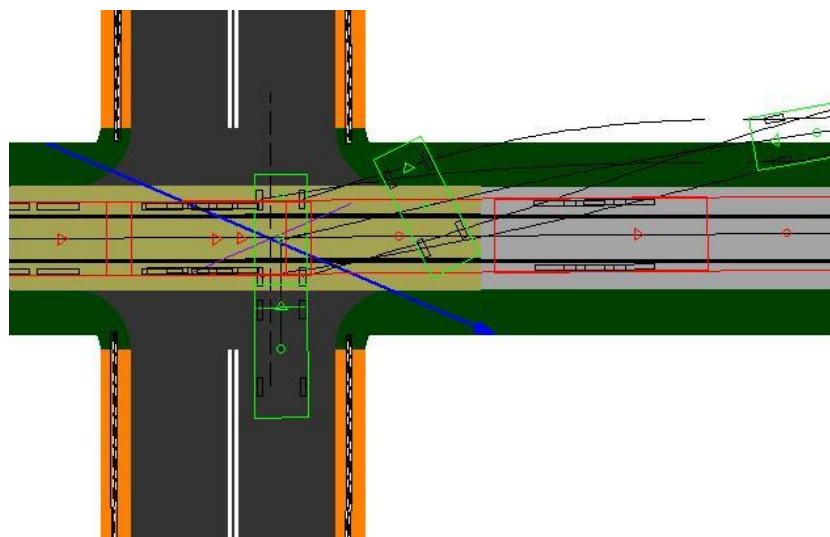
Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 32 m, kol nuslysta į šalikelę. „Opel“ automobilis slysta apie 23 m. Automobilių susidūrimo schemas ties antru susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 70 km/h, o automobilių – 30 km/h, pateiktos 3 priede. Po susidūrimo „BMW“ automobilis slysdamas apsisuko 164° (153 %) daugiau, o nuo pervažos iki kol sustos po smūgio, judėjimo trajektorija pailgėjo 63 m (225 %). „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 26 m (56 %), tačiau slysdamas apsisuko 5° (2 %) daugiau. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 10 m (21 %), o slysdamas apsisuko net 733° (265 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis 70 km/h, o automobilių greitis 30 km/h, pateiktos 4 priede.

Antruoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties antru susidūrimo tašku vidurinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90°. Lokomotyvo ir automobilių greitis iki susidūrimo yra 50 km/h.

Įvykus susidūrimui, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai pradeda suktis prieš laikrodžio rodyklės sukimosi kryptį. „BMW“ ir „Opel“ markės automobiliai sukdamiesi slysta pailginta pervažos danga apie 5 m, kol nuslysta į šalikelę. „Volkswagen“ markės automobilis slysta pervažos pailginta danga apie 4,5 m. Visi automobiliai prieš nuslystant į šalikelę, priekine automobilio dalimi atsitrenkia į aupsauginį kelio atitvarą, tai priverčia automobilius suktis aplink savo ašį. Automobilių susidūrimų schemas, kai lokomotyvo ir automobilių greitis – 50 km/h, pateiktos 3 priede. Po susidūrimo „BMW“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti apie 55 m, „Opel“ ir „Volkswagen“ automobiliai apie – 53 m. Visi tyrime dalyvavę automobiliai iki visiško sustojimo, slydami apsisuko 466°. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo ir automobilių greitis – 50 km/h, pateiktos 4 priede.

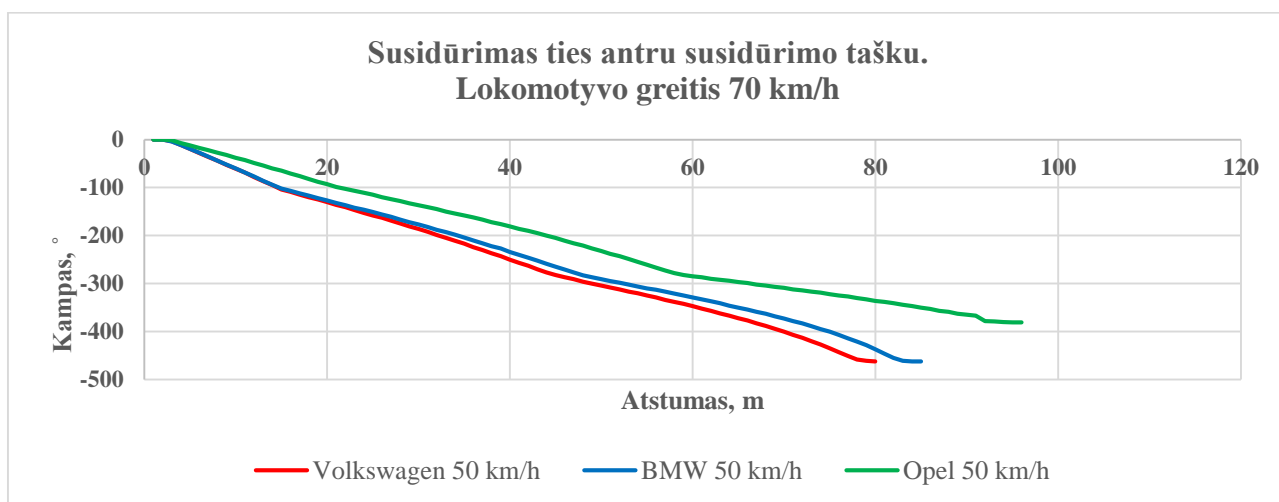
Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 7,5 m, kol nuslysta į šalikelę. „Opel“ markės automobilis slysta pailginta pervažos danga apie 7 m, o „Volkswagen“ markės automobilis slysta apie 6 m. Automobilių susidūrimo schemas ties antru susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 50 km/h, pateiktos 3 priede. Po susidūrimo „Opel“ ir „BMW“ automobilių judėjimo trajektorijos po smūgio pailgėjo 9 m (17 %), slysdamas „Opel“ automobilis apsisuko tik 4°, o „BMW“ – tik 2° daugiau. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 31 m (58 %), o slysdamas apsisuko 159° (34 %) daugiau. Šiuo atveju, po smūgio, tik „Volkswagen“ markės automobilis prieš nuslysdamas į šalikelę atsitrenkė į aupsauginį kelio atitvarą, dėl to ženkliai pasikeitė judėjimo trajektorija. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 60 km/h, o automobilių greitis 50 km/h, pateiktos 4 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, „Opel“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 11,5 m, kol nuslysta į šalikelę, o „BMW“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai slysta pailginta pervažos danga apie 10 m. „Opel“ automobilio susidūrimo schema ties antru susidūrimo tašku pateikta 2.2.2.3 pav. „BMW“ ir „Volkswagen“ automobilių susidūrimo schemas pateiktos 3 priede.



2.2.2.3 pav. Lokomotyvo ir automobilio „Opel“ susidūrimo schema ties antru susidūrimo tašku.
Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilio – 50 km/h

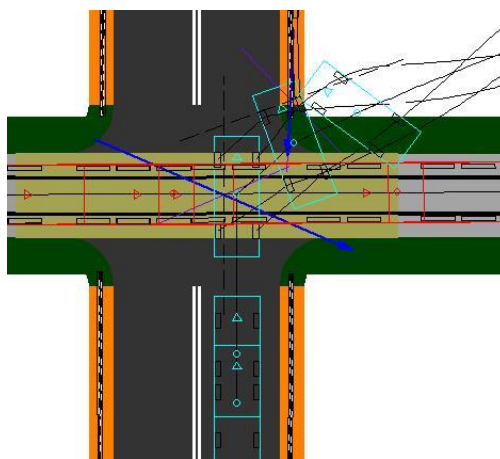
Po susidūrimo „Opel“ automobilis slysdamas apsisuko 85° (18 %) mažiau, tačiau nuo pervažos iki kol sustos po smūgio, judėjimo trajektorija pailgėjo 43 m (81 %). „BMW“ ir „Volkswagen“ automobiliai slysdami apsisuko 2° mažiau, „BMW“ judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 30 m (54 %), o „Volkswagen“ pailgėjo 27 m (51 %). Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 70 km/h, o automobilių greitis 50 km/h, pateiktos 2.2.2.4 pav. pateiktame grafike.



2.2.2.4 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų

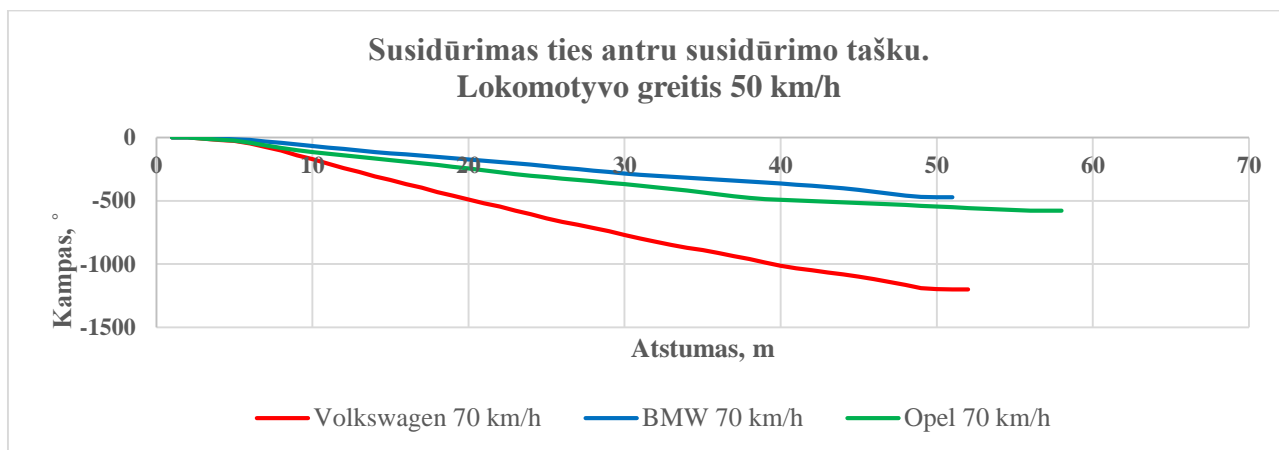
Trečiuoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties antru susidūrimo tašku vidurinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90° . Lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 50 km/h, automobilių – 70 km/h.

Įvykus susidūrimui, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai, kaip ir ankstesniais atvejais pradeda sukintis prieš laikrodžio rodyklės sukimosi kryptį. „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 3,5 m, kol nuslysta į šalikelę. „Volkswagen“ markės automobilis slysta pailginta pervažos danga apie 2,5 m, o „Opel“ markės automobilis slysta apie 2 m. „BMW“ automobilio susidūrimo schema ties pirmu susidūrimo tašku pateikta 2.2.2.5 pav. „Opel“ ir „Volkswagen“ automobilių susidūrimo schemas pateiktos 3 priede.



2.2.2.5 pav. Lokomotyvo ir automobilio „BMW“ susidūrimo schema ties antru susidūrimo tašku.
Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilio – 70 km/h

Po susidūrimo, visi automobiliai, prieš nuslystant į šalikelę, priekine automobilio dalimi atsitrnkia į aupsauginį kelio atitvarą, tai priverčia automobilius sukstis aplink savo ašį. „BMW“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti apie 51 m, „Opel“ automobilis apie – 58 m, o „Volkswagen“ apie – 52 m. „BMW“ automobilis iki visiško sustojimo, slysdamas apsisuko 471°, „Opel“ apsisuko 579°, o „Volkswagen“ automobilis – 1199°. Šiuo atveju matome, jog lengviausias „Volkswagen“ markės automobilis (965 kg lengvesnis už „BMW“ automobilį), po smūgio slysdamas apsisuko 154 % daugiau nei „BMW“ automobilis. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 50 km/h, o automobilių greitis 70 km/h, pateiktos 2.2.2.6 pav. pateiktame grafike.



2.2.2.6 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų

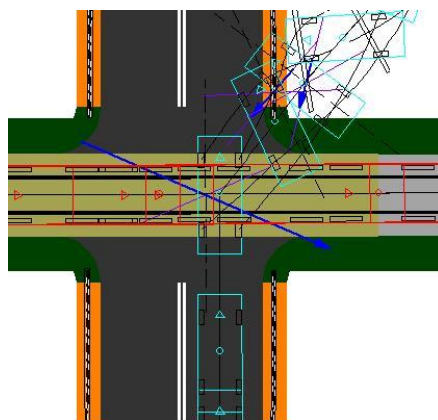
Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 4 m, kol nuslysta į šalikelę. „Opel“ markės automobilis slysta pailginta pervažos danga apie 3,5 m, o „Volkswagen“ markės automobilis slysta apie 3 m. Automobilių susidūrimo schemas ties antru susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 70 km/h, pateiktos 3 priede. Po susidūrimo, kaip ir ankstesniu atveju, visi automobiliai prieš nuslystant į šalikelę, priekine automobilio dalimi atsitrnkia į aupsauginį kelio atitvarą. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 20 m (39 %), slysdamas apsisuko 190° (40 %) daugiau. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 19 m (32 %), o slysdamas apsisuko 87° (15 %) daugiau. „Volkswagen“ judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 21 m (40 %), tačiau

slysdamas apsisuko 530° (44 %) mažiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 60 km/h, o automobilių greitis 70 km/h, pateiktos 4 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 6 m, kol nuslysta į šalikelę. „Opel“ markės automobilis slysta pailginta pervažos danga apie 4,5 m, o „Volkswagen“ markės automobilis slysta apie 3,5 m. Automobilių susidūrimo schemas ties antru susidūrimo tašku, kai lokomotyvo ir automobilių greitis 70 km/h, pateiktos 3 priede. Po susidūrimo „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 43 m (84 %), o slysdamas apsisuko 231° (49 %) daugiau. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 35 m (60 %), o slysdamas apsisuko 246° (42 %) daugiau. „Volkswagen“ judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 41 m (78 %), o slysdamas apsisuko 374° (31 %) mažiau. Šiuo atveju, po smūgio tik „Volkswagen“ markės automobilis, prieš nuslysdamas į šalikelę neatsitrenkė į apsauginį kelio atitvarą, dėl to ženkliai pasikeitė judėjimo trajektorija. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo ir automobilių greitis – 70 km/h, pateiktos 4 priede.

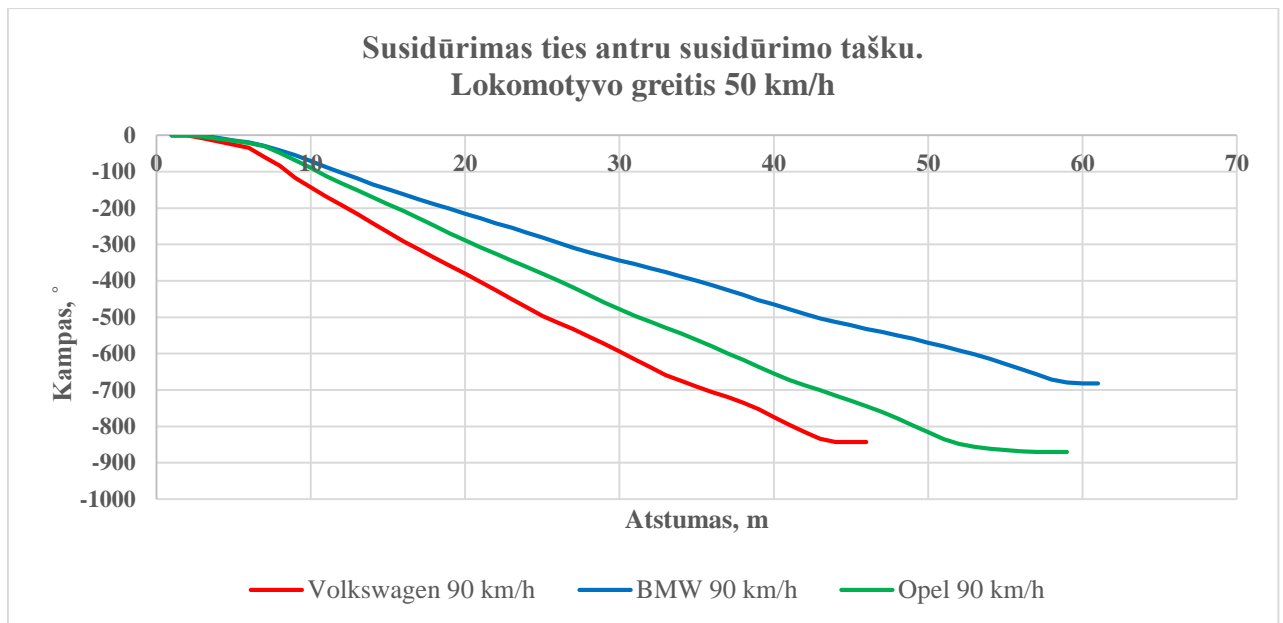
Ketvirtuoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties antru susidūrimo tašku vidurinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90° . Lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 50 km/h, automobilių – 90 km/h.

Įvykus susidūrimui, po smūgio, visi tyrimui naudojami automobiliai, kaip ir ankstesniais atvejais pradeda sukintis prieš laikrodžio rodyklės sukimosi kryptį. „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 1,5 m, kol nuslysta į šalikelę. „Volkswagen“ ir „Opel“ markės automobiliai slysta pailginta pervažos danga apie 1 m. „BMW“ automobilio susidūrimo schema ties pirmu susidūrimo tašku pateikta 2.2.2.7 pav. „Opel“ ir „Volkswagen“ automobilių susidūrimo schemas pateiktos 3 priede.



2.2.2.7 pav. Lokomotyvo ir automobilio „BMW“ susidūrimo schema ties antru susidūrimo tašku.
Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilio – 90 km/h

Po susidūrimo, visi automobiliai prieš nuslystant į šalikelę, priekine automobilio dalimi atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą, tai priverčia automobilius sukintis aplink savo ašį. „BMW“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti apie 61 m, „Opel“ automobilis apie – 59 m, o „Volkswagen“ apie – 46 m. „BMW“ automobilis iki visiško sustojimo, slysdamas apsisuko 682° , „Opel“ apsisuko 870° , o „Volkswagen“ automobilis – 843° . Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 50 km/h, o automobilių greitis 90 km/h, pateiktos 2.2.2.8 pav. pateiktame grafike.



2.2.2.8 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimu

Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 4 m, kol nuslysta į šalikelę, o „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai slysta pailginta pervažos danga apie 2 m. Automobilių susidūrimo schemas ties antru susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 90 km/h, pateiktos 3 priede. Po susidūrimo, kaip ir ankstesniu atveju, visi automobiliai prieš nuslystant į šalikelę, priekine automobilio dalimi atsitrenkia į aupsauginį kelio atitvarą. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 11 m (18 %), slysdamas apsisuko 21° (3 %) mažiau. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 21 m (35 %), o slysdamas apsisuko 17° (2 %) mažiau. „Volkswagen“ judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 35 m (76 %), o slysdamas apsisuko 325° (38 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimu, kai lokomotyvo greitis – 60 km/h, o automobilių greitis 90 km/h, pateiktos 4 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 3 m, kol nuslysta į šalikelę, o „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai slysta pailginta pervažos danga apie 2 m. Automobilių susidūrimo schemas ties antru susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis – 70 km/h, o automobilių greitis 90 km/h, pateiktos 3 priede. Po susidūrimo, kaip ir ankstesniais atvejais, visi automobiliai prieš nuslystant į šalikelę, priekine automobilio dalimi atsitrenkia į aupsauginį kelio atitvarą. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 35 m (57 %), o slysdamas apsisuko 193° (28 %) daugiau. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 37 m (62 %), o slysdamas apsisuko 9° (1 %) mažiau. „Volkswagen“ judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 48 m (104 %), o slysdamas apsisuko 144° (17 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimu, kai lokomotyvo greitis – 70 km/h, o automobilių greitis – 90 km/h, pateiktos 4 priede.

Visų keturių nagrinėjamų susidūrimo atvejų ties antru susidūrimo tašku, vidurinėje automobilių dalyje, automobilių slydimo atstumai pailginta pervažos danga, pateikti 2.2.2.1 lentelėje.

2.2.2.1 lentelė. Automobilių slydimo atstumas pailginta pervažos danga

Lokomotyvo „TEP70 BS“ greitis iki susidūrimo, km/h	„BMW“	„Opel“	„Volkswagen“
Automobilių, kurių greitis 30 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	16,5 m	16 m	16 m
60 km/h	21 m	22 m	24 m
70 km/h	32 m	30 m	23 m
Automobilių, kurių greitis 50 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	5 m	5 m	4,5 m
60 km/h	7,5 m	7 m	6 m
70 km/h	10 m	11,5 m	10 m
Automobilių, kurių greitis 70 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	3,5 m	2 m	2,5 m
60 km/h	4 m	3,5 m	3 m
70 km/h	6 m	4,5 m	3,5 m
Automobilių, kurių greitis 90 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	1,5 m	1 m	1 m
60 km/h	4 m	2 m	2 m
70 km/h	3 m	2 m	2 m

Pagal 2.2.2.1 pateiktos lentelės duomenis matome, kad po susidūrimo su lokomotyvu ties antru susidūrimo tašku, vidurinėje automobilio dalyje, „BMW“ markės automobilis sukdamasis, maksimaliai slysta pailginta pervažos danga apie 32 m. Tai yra didžiausias slydimo atstumas ties antru susidūrimo tašku.

2.2.3. Lokomotyvo ir automobilio susidūrimas ties trečiu susidūrimo tašku

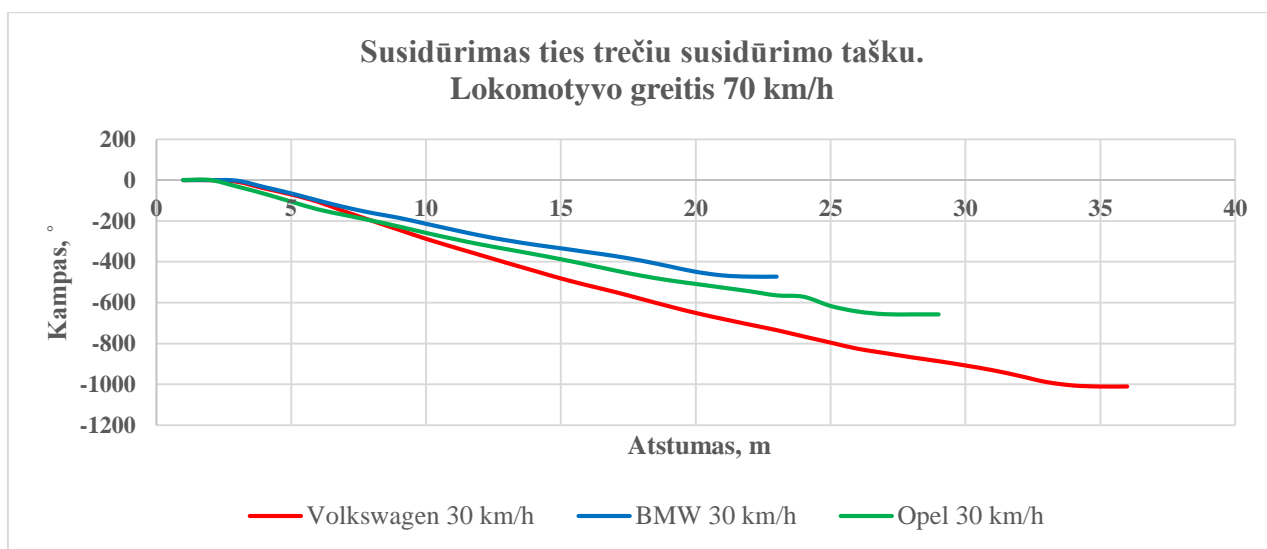
Pirmuoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties trečiu susidūrimo tašku galinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90°. Lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 50 km/h, automobilių – 30 km/h.

Įvykus susidūrimui, po smūgio visi tyrimui naudojami automobiliai pradeda sukintis prieš laikrodžio rodyklės sukimosi kryptį. Visi tyrime naudojami „BMW“, „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai sukdamiesi slysta pailginta pervažos danga apie 0,5 m, kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą. Automobilių susidūrimo schemas ties trečiu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 50 km/h, o automobilių – 30 km/h, pateiktos 5 priede. Po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai sukdamiesi nuslysta į šalikelę. „Volkswagen“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti apie 14 m, „Opel“ automobilis apie – 12 m, o „BMW“ apie – 11 m. „Volkswagen“ automobilis iki visiško sustojimo, slysdamas apsisuko 280°, „BMW“ apsisuko 114°, o „Opel“ automobilis – 97°. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 50 km/h, o automobilių greitis 30 km/h, pateiktos 6 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 1 m, kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą, o „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai slysta pailginta pervažos danga apie 0,5 m. Automobilių susidūrimo schemas ties trečiu

susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 30 km/h, pateiktos 5 priede. Kaip ir ankstesniu atveju, po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai sukdamiesi nuslysta į šalikelę. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 6 m (54 %), slysdamas apsisuko 174° (152 %) daugiau. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio nepakito ir išliko 12 m, o slysdamas apsisuko 18° (18 %) daugiau. „Volkswagen“ judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 7 m (50 %), o slysdamas apsisuko 81° (38 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 60 km/h, o automobilių greitis 90 km/h, pateiktos 6 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, kaip ir prieš tai nagrinėtu atveju, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 1 m, kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą, o „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai slysta pailginta pervažos danga apie 0,5 m. Automobilių susidūrimo schemas ties trečiu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 70 km/h, o automobilių – 30 km/h, pateiktos 5 priede. Kaip ir ankstesniu atveju, po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai sukdamiesi nuslysta į šalikelę. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 12 m (109 %), slysdamas apsisuko 359° (314 %) daugiau. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 17 m (141 %), o slysdamas apsisuko 561° (578 %) daugiau. „Volkswagen“ judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 22 m (157 %), o slysdamas apsisuko 730° (260 %) daugiau. Šiuo atveju matome, kad lokomotyvo greičiui padidėjus 20 km/h, ženkliai padidėjo smūgio jėga, automobiliai atsimušę nuo atitvaro, kur kas intensyviau sukosi aplink savo ašį. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 70 km/h, o automobilių greitis 30 km/h, pateiktos 2.2.3.1 pav. pateiktame grafike.

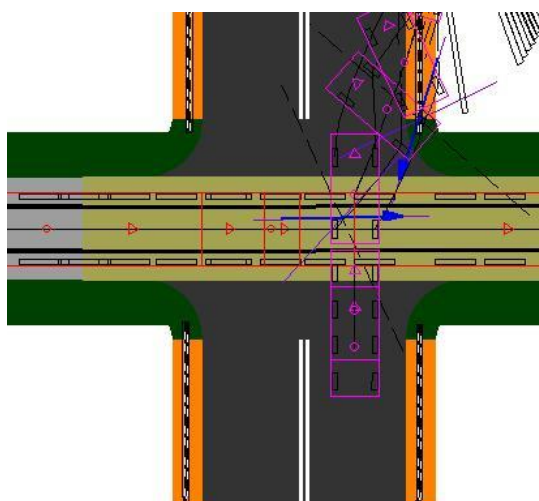


2.2.3.1 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų

Antruoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties trečiu susidūrimo tašku galinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90°. Lokomotyvo ir automobilių greitis iki susidūrimo yra 50 km/h.

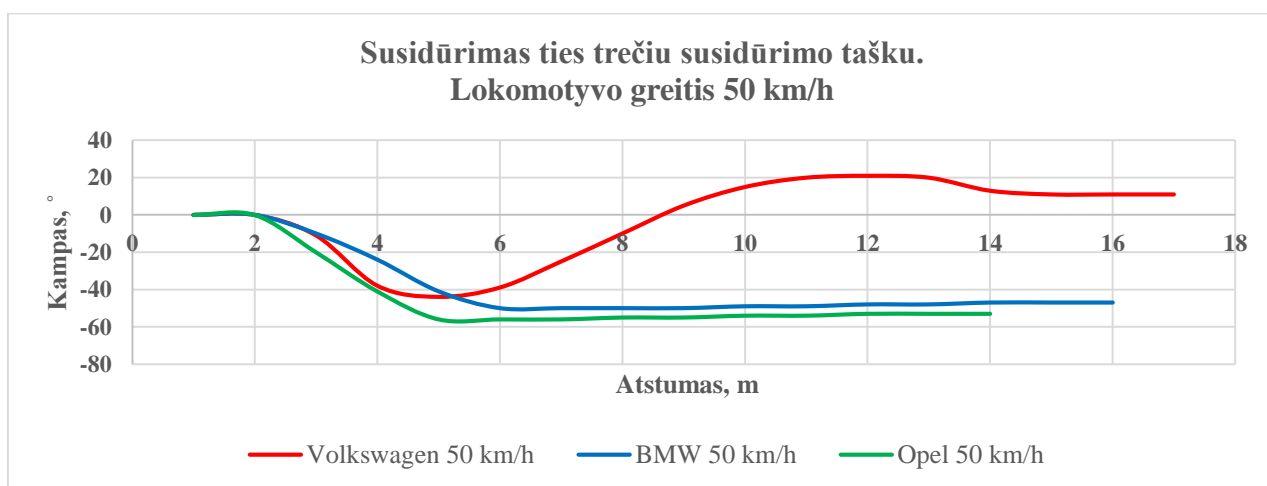
Įvykus susidūrimui, po smūgio, visi tyrimui naudojami automobiliai, kaip ir prieš tai nagrinėtu atveju pradeda suktis prieš laikrodžio rodyklės sukimosi kryptį. Visi tyrime naudojami „BMW“, „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai sukdamiesi slysta pailginta pervažos danga apie 0,5 m, kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą. „Volkswagen“ automobilio susidūrimo schema ties trečiu

susidūrimo tašku pateikta 2.2.3.2 pav. „Opel“ ir „BMW“ automobilių susidūrimo schemas pateiktos 5 priede.



2.2.3.2 pav. Lokomotyvo ir automobilio „Volkswagen“ susidūrimo schema ties trečiu susidūrimo tašku.
Lokomotyvo ir automobilio greitis – 50 km/h

Po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai toliau slysta automobilių keliu. „Volkswagen“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti apie 17 m, „Opel“ automobilis apie – 14 m, o „BMW“ apie – 16 m. „Volkswagen“ automobilis iki smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 44°, po smūgio į kelio atitvarą pakeitė sukimosį kryptį ir iki visiško sustojimo, slysdamas apsisuko dar 60°. „BMW“ automobilis iki visiško sustojimo, slysdamas apsisuko 50°, o „Opel“ apsisuko 56°. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo ir automobilių greitis – 50 km/h, pateiktos 2.2.3.3 pav. pateiktame grafike.



2.2.3.3 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų

Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 0,5 m, kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą, o „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai, slysdami napsiekia pailgintos pervažos dangos. Automobilių susidūrimo schemas ties trečiu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 60 km/h, o automobilių – 50 km/h, pateiktos 5 priede. Kaip ir ankstesniu atveju, po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai toliau slysta automobilių keliu. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 4 m (23 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą slysdamas apsisuko 4° (9 %) daugiau, o po smūgio į atitvarą

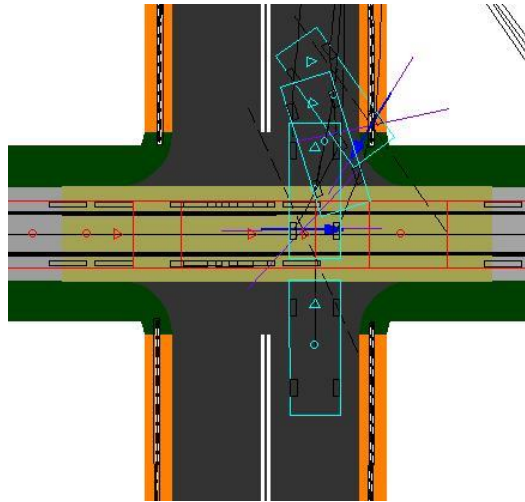
slysdamas apsisuko 4° (9 %) mažiau. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 1 m (7 %), o slysdamas apsisuko 39° (69 %) daugiau. „BMW“ judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 1 m (6 %), o slysdamas apsisuko 57° (114 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 60 km/h, o automobilių greitis 50 km/h, pateiktos 6 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, kaip ir ankstesniu atveju „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 0,5 m, kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą, o „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai slydami napasiekia pailgintos pervažos dangos. Automobilių susidūrimo schemas ties trečiu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 70 km/h, o automobilių – 50 km/h, pateiktos 5 priede. Kaip ir ankstesniu atveju, po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai toliau slysta automobilių keliu. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 1 m (6 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 12° (27 %) daugiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 34° (56 %) daugiau. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 1 m (7 %), o slysdamas apsisuko 44° (78 %) daugiau. „BMW“ judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 1 m (6 %), o slysdamas apsisuko 73° (146 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 70 km/h, o automobilių greitis 50 km/h, pateiktos 6 priede.

Trečiuoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties trečiu susidūrimo tašku galinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90°. Lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 50 km/h, automobilių – 70 km/h.

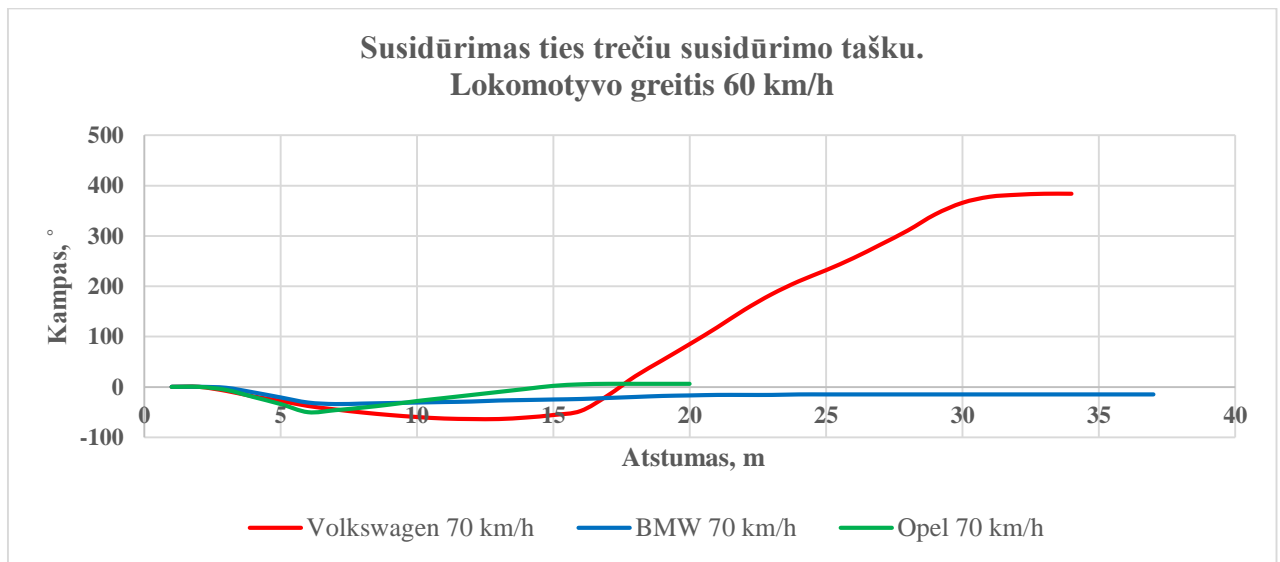
Įvykus susidūrimui, po smūgio, iki kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą, visi tyrimui naudojami automobiliai pradeda sukintis prieš laikrodžio rodyklės sukimosi kryptį. Po smūgio į kelio atitvarą, visi tyrimui naudojami automobiliai pradeda sukintis laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi. „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 0,5 m, kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą, o „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai slydami napasiekia pailgintos pervažos dangos. Automobilių susidūrimo schemas ties trečiu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis 50 km/h, o automobilių – 70 km/h, pateiktos 5 priede. Po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai toliau slysta automobilių keliu. „Volkswagen“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti apie 42 m, „BMW“ automobilis apie – 38 m, o „Opel“ apie – 22 m. „Volkswagen“ automobilis iki smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 80°, po smūgio į kelio atitvarą, pakeitė sukimosi kryptį ir iki visiško sustojimo slysdamas apsisuko dar 245°. „BMW“ automobilis iki smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 37°, po smūgio į kelio atitvarą, pakeitė sukimosi kryptį ir iki visiško sustojimo slysdamas apsisuko dar 214°, o „Opel“ automobilis iki smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 48°, po smūgio į kelio atitvarą, pakeitęs sukimosi kryptį slysdamas apsisuko dar 44°. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 50 km/h, o automobilių greitis 70 km/h, pateiktos 6 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, kaip ir ankstesniu atveju, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 0,5 m, kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą, o „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai slydami napasiekia pailgintos pervažos dangos. „BMW“ automobilio susidūrimo schema ties trečiu susidūrimo tašku pateikta 2.2.3.4 pav. „Opel“ ir „Volkswagen“ automobilių susidūrimo schemas pateiktos 5 priede.



2.2.3.4 pav. Lokomotyvo ir automobilio „BMW“ susidūrimo schema ties trečiu susidūrimo tašku.
Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilio – 70 km/h

Kaip ir ankstesniu atveju, po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai toliau slysta automobilių keliu. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 8 m (19 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 16° (20 %) mažiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 203° (82 %) daugiau. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 2 m (9 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 2° (4 %) daugiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 12° (27 %) daugiau. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 1 m (2 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 6° (16 %) mažiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 208° (97 %) mažiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 60 km/h, o automobilių greitis – 70 km/h, pateiktos 2.2.3.5 pav. pateiktame grafike.



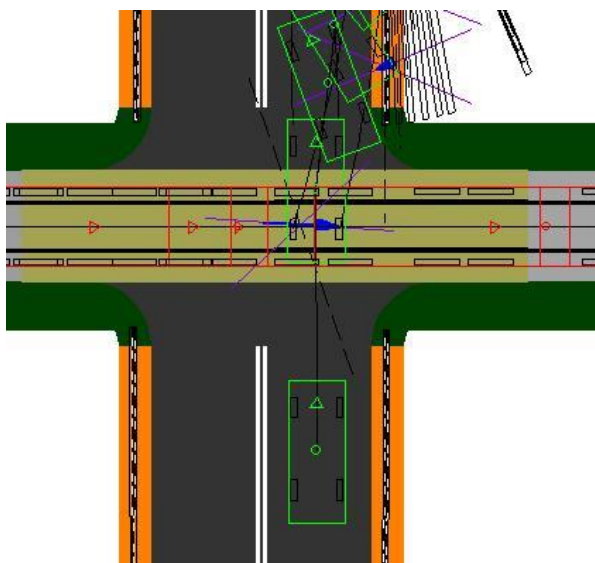
2.2.3.5 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h kaip ir ankstesniu atveju, „BMW“ markės automobilis sukdamasis slysta pailginta pervažos danga apie 0,5 m, kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą, o „Opel“ ir „Volkswagen“ markės automobiliai slysdami napsiekia pailgintos pervažos dangos. Automobilių susidūrimo schemas ties trečiu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo ir automobilių greitis

70 km/h, pateiktos 5 priede. Kaip ir ankstesniais atvejais, po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai toliau slysta automobilių keliu. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 1 m (2 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 2° (2 %) daugiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 17° (7 %) daugiau. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 56 m (254 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 1° (2 %) mažiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 168° (381 %) daugiau. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 15 m (39 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 10° (27 %) daugiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 129° (60 %) mažiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo ir automobilių greitis – 70 km/h, pateiktos 6 priede.

Ketvirtuoju atveju nagrinėjamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimas geležinkelio pervažoje, ties trečiu susidūrimo tašku galinėje automobilių dalyje. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimo kampas – 90°. Lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 50 km/h, automobilių – 90 km/h.

Įvykus susidūrimui, po smūgio, iki kol atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą, visi tyrimui naudojami automobiliai pradeda sukintis prieš laikrodžio rodyklės sukimosi kryptį. Po smūgio į kelio atitvarą, visi tyrimui naudojami automobiliai, pradeda sukintis laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi. Visi tyrime naudojami automobiliai slysdami napsiekia pailgintos pervažos dangos. „Opel“ automobilio susidūrimo schema ties trečiu susidūrimo tašku pateikta 2.2.3.6 pav. „BMW“ ir „Volkswagen“ automobilių susidūrimo schemas pateiktos 5 priede.

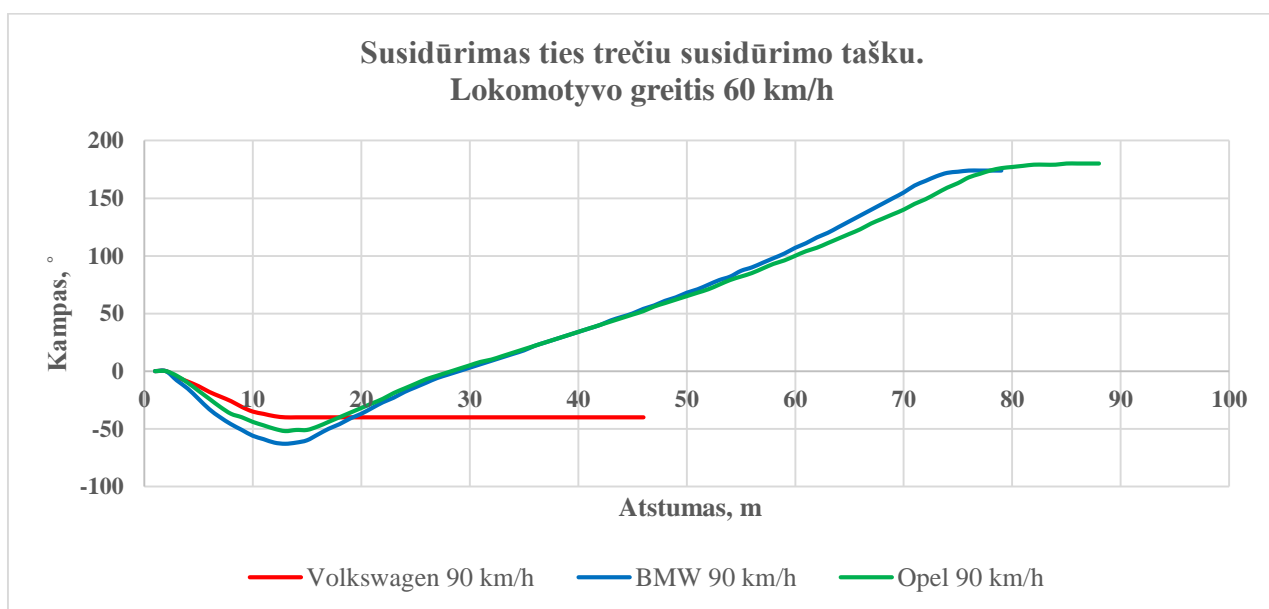


2.2.3.6 pav. Lokomotyvo ir automobilio „Opel“ susidūrimo schema ties trečiu susidūrimo tašku.
Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilio – 90 km/h

Po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai toliau slysta automobilių keliu. „Opel“ automobilis nuo pervažos iki kol visiškai sustos gali judėti apie 89 m, „BMW“ automobilis – 79 m, o „Volkswagen“ – 49 m. „Opel“ automobilis iki smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 47°, po smūgio į kelio atitvarą, pakeitė sukimosį kryptį ir iki visiško sustojimo slysdamas apsisuko dar 156°. „BMW“ automobilis iki smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 50°, po smūgio į kelio atitvarą, pakeitė sukimosį kryptį ir iki visiško sustojimo slysdamas apsisuko dar 145°, o „Volkswagen“ automobilis iki smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 47°, po smūgio į kelio atitvarą, pakeitęs sukimosi kryptį slysdamas apsisuko dar

44°. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 50 km/h, o automobilių greitis 90 km/h, pateiktos 6 priede.

Padidėjus lokomotyvo greičiui 10 km/h, kaip ir ankstesniu atveju, visi tyrime naudojami automobiliai, slysdami napasiekia pailgintos pervažos dangos. Automobilių susidūrimo schemas ties trečiu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo greitis – 60 km/h, o automobilių greitis 90 km/h, pateiktos 5 priede. Kaip ir ankstesniu atveju, po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai toliau slysta automobilių keliu. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 1 m (1 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 4° (8 %) daugiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 75° (48 %) daugiau. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 1 m (1 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 12° (24 %) daugiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 93° (64 %) daugiau. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio sutrumpėjo 3 m (6 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 10° (21 %) mažiau, o po smūgio į atitvarą, daugiau slysdamas nesisuko. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 60 km/h, o automobilių greitis – 90 km/h, pateiktos 2.2.3.7 pav. pateiktame grafike.



2.2.3.7 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų

Padidėjus lokomotyvo greičiui 20 km/h, kaip ir ankstesniais atvejais, visi tyrime naudojami automobiliai, slysdami napasiekia pailgintos pervažos dangos. Automobilių susidūrimo schemas ties trečiu susidūrimo tašku, kai lokomotyvo ir automobilių greitis 70 km/h, pateiktos 5 priede. Kaip ir ankstesniais atvejais, po smūgio į kelio atitvarą, visi automobiliai toliau slysta automobilių keliu. „Opel“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 3 m (1 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 9° (19 %) daugiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 136° (87 %) daugiau. „BMW“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 3 m (4 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 6° (12 %) daugiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 89° (61 %) daugiau. „Volkswagen“ automobilio judėjimo trajektorija po smūgio pailgėjo 42 m (85 %), iki smūgio į apsauginį kelio atitvarą, slysdamas apsisuko 1° (2 %) mažiau, o po smūgio į atitvarą, slysdamas apsisuko 141° (320 %) daugiau. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų, kai lokomotyvo greitis – 70 km/h, o automobilių greitis – 90 km/h, pateiktos 6 priede.

Visų keturių nagrinėjamų susidūrimo atvejų ties trečiu susidūrimo tašku, galinėje automobilių dalyje, automobilių slydimo atstumai pailginta pervažos danga, pateikti 2.2.3.1 lentelėje.

2.2.3.1 lentelė. Automobilių slydimo atstumas pailginta pervažos danga

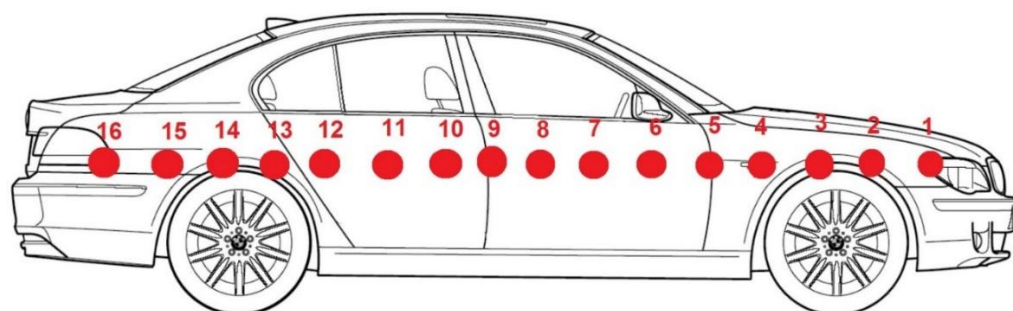
Lokomotyvo „TEP70 BS“ greitis iki susidūrimo, km/h	„BMW“	„Opel“	„Volkswagen“
Automobilių, kurių greitis 30 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	0,5 m	0,5 m	0,5 m
60 km/h	1 m	0,5 m	0,5 m
70 km/h	1 m	0,5 m	0,5 m
Automobilių, kurių greitis 50 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	0,5 m	0,5 m	0,5 m
60 km/h	0,5 m	0 m	0 m
70 km/h	0,5 m	0 m	0 m
Automobilių, kurių greitis 70 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	0,5 m	0 m	0 m
60 km/h	0,5 m	0 m	0 m
70 km/h	0,5 m	0 m	0 m
Automobilių, kurių greitis 90 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga			
50 km/h	0 m	0 m	0 m
60 km/h	0 m	0 m	0 m
70 km/h	0 m	0 m	0 m

Pagal 2.2.3.1 pateiktos lentelės duomenis matome, kad po susidūrimo su lokomotyvu, ties trečiu susidūrimo tašku, galinėje automobilio dalyje, „BMW“ markės automobilis sukdamasis maksimaliai slysta pailginta pervažos danga apie 1 m. Tai yra didžiausias slydimo atstumas, ties trečiu susidūrimo tašku.

3. Nepalankiausias susidūrimo atvejis

Siekiant sužinoti, koks yra nepalankiausias lokomotyvo ir automobilio susidūrimo atvejis, būtina atlikti papildomą lokomotyvo ir automobilio susidūrimo modeliavimą geležinkelio pervažoje. Remianis antrame skyriuje atliko tyrimo duomenimis, ilgiausiai ties antruoju susidūrimo tašku pailginta pervažos danga juda „BMW“ markės automobilis – 32 m, kol nuslysta į šalikelę. Šiuo atveju lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 70 km/h, o automobilio – 30 km/h. Taigi siekiant sužinoti, koks yra nepalankiausias susidūrimo atvejis, šiam tyrimui parenkamas lokomotyvo greitį 70 km/h, o automobilio – 30 km/h.

Susidūrimo modeliui naudojamas „BMW“ gamintojo 7 klasės sedanas. Automobilio kėbulo kodas – E65, kuris buvo gaminamas nuo 2005 m. iki 2008 m. Automobilio bendroji masė – 2385 kg, ilgis – 5,039 m, plotis – 1,902 m, atstumas tarp ašių – 2,99 m, aukštis – 1,484 m, padangų dydis – 235/40 R17. Modeliuojant susidūrimą su lokomotyvu, geležinkelio pervažoje, parinkti 16 susidūrimo taškų. Rato sukibimo su danga koeficientas nustatomas, kaip ir ankstesneme tyrime, kuris lygus 0,43. Automobilis „BMW“ 7 serijos su pažymėtais susidūrimo taškais pavaizduotas 3.1 pav.



3.1 pav. Automobilis BMW 7 serijos su pažymėtais susidūrimo taškais [18]

Lokomotyvas, kaip ir ankstesniame tyrime naudojamas, „TEP70 BS“. Lokomotyvo masė 131 t, ašinė apkrova yra 21,8 t, ilgis – 20,470 m. Dyzelinio variklio tipas – 2A – 5D49, kurio galia yra 2940 kW, o konstrukcinis greitis 160 km/h.

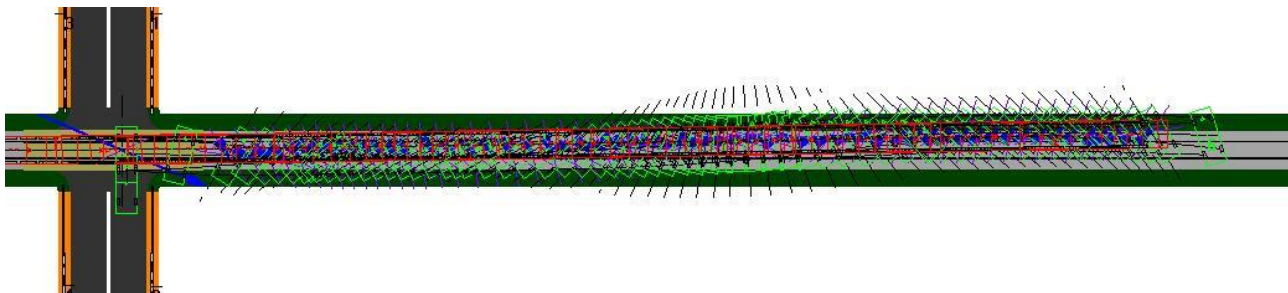
Geležinkelio pervažos modelis, naudojamas tas pats, kaip ir ankstesniame tyrime. Automobilijų kelias yra dviejų važiuojamųjų dalių, skirtas priešingų krypčių eismui po vieną važiuojamąją dalį. Važiuojamosios dalies plotis yra 3,50 m, kelkraštis – 1,0 m pločio, bendras kelio plotis – 9,0 m, kelio danga – asfaltas. Geležinkelio kelias sumodeliuotas su pailginta pervažos danga. Geležinkelio kelio ir automobilių kelio susikirtimo kampas yra 90°.

Atlikus susidūrimų modeliavimus „PC – Crash 8.0“ programine įranga, ties visais susidūrimo taškais (16 susidūrimo taškų), gauti rezultatai pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Automobilijų slydimo atstumas pailginta pervažos danga

Lokomotyvo „TEP70 BS“ greitis iki susidūrimo, km/h	BMW automobilio, kuro greitis 30 km/h slydimo atstumas pailginta pervažos danga							
	1	2	3	4	5	6	7	8
70 km/h	1 m	1,5 m	4 m	10 m	17 m	25 m	26 m	100 m
	9	10	11	12	13	14	15	16
	32 m	17 m	10 m	7 m	5 m	1 m	0 m	0 m

Pagal 3.1 pateiktos lentelės duomenis matome, kad po susidūrimo su lokomotyvu, ties aštuntu susidūrimo tašku, centrinėje automobilio dalyje, „BMW“ markės automobilis maksimaliai slysta pailginta pervažos danga apie 100 m. Lokomotyvo ir „BMW“ markės automobilio susidūrimo schema ties aštuntu susidūrimo tašku pateikta 3.2 pav.



3.2 pav. Lokomotyvo ir automobilio „BMW“ susidūrimo schema ties aštuntu susidūrimo tašku. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilio – 30 km/h

4. Pasiūlymai pailgintos pervažos dangos įrengimui

Atlikus lokomotyvo ir automobilio susidūrimo geležinkelio pervažoje tyrimą naudojant „PC – Crash 8.0“ programinę įrangą, nustatyta, kad ilgiausias slydimo atstumas pailginta pervažos danga yra 32 m.

Taigi, siekiant apsaugoti geležinkelio pervažos elementų, geležinkelio kelio bei jo tvirtinimo elementų apgadinius, siūloma atlikti šiuos pakeitimus geležinkelio pervažoje:

1. Geležinkelio pervažos dangos pailginimą į abi kelio puses po 32 m;
2. Pervažos signalizacijos įrangos, konteinerines spintas, išdėstyti lygiagrečiai apsauginiui kelio atitvarui.

Šiuo metu geležinkelio pervažose signalizacijos įrangos konteinerinės spintos, įrengiamos lygiagrečiai geležinkelio keliui. Įvykus susidūrimui pervažoje, konteinerinės spintos pakliūna į pavojingą zoną, kurios po susidūrimo gali būti nepataisomai apgadintos. Pervažos signalizacijos įrangos konteinerines spintas, išdėsčius lygiagrečiai apsauginiui kelio atitvarui, apsaugotume jas nuo apgadinių.

Pailginus geležinkelio pervažos dangą, po susidūrimo su lokomotyvu, automobilio ratai neužstringa tarp bėgių, tai leidžia automobiliui greičiau pasišalinti nuo geležinkelio kelio ir tuo pačiu išvengiama geležinkelio kelio konstrukcijos apgadinių. Pailginta geležinkelio pervažos danga gali būti tokio tipo:

- asfaltbetonio danga;
- gelžbetoninių plokščių danga;
- gumos kompozito danga;

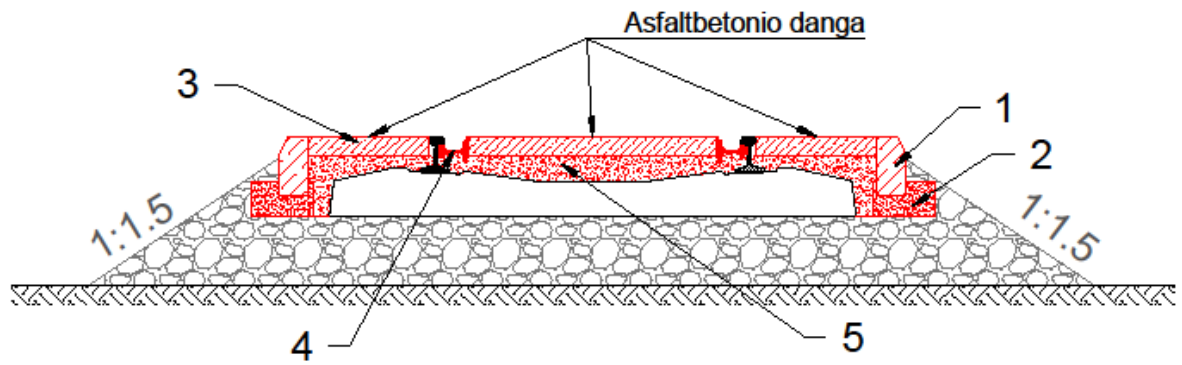
Siekiant įvertinti, kurią geležinkelio pervažos dangą įrengti yra ekonomiškai naudingiausia, naudojant programinę įrangą „SISTELA“ apskaičiuota skirtingų pervažos dangų įrengimo sąmatinės kainos. Apskaičiuotos sąmatinės kainos pateiktos 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Pailgintos pervažos dangos sąmatinės kainos

Pailgintos pervažos dangos tipas	Medžiagų kaina (Eur)	Darbų kaina (Eur)	Iš viso (Eur)
Pailginta pervaža su asfaltbetonio danga	6133,50	5679,50	11813
Pailginta pervaža su gelžbetoninių plokščių danga	16494,40	13548,60	30043
Pailginta pervaža su gumos kompozito danga	133977,43	101541,57	235519

Išsamios skirtingų pailgintos pervažos dangų sąmatos bei medžiagų poreikio žiniaraščiai pateikti 7 – 9 prieduose.

Atlikus sąmatinius skaičiavimus, nustatyta, jog ekonomiškai naudingiausia danga yra asfaltbetonis. Geležinkelio pervažos dangos pailginimas, vienos pervažos modernizacija pailginant dangą abiem kryptimis (po 32 m) kainuotų 11813 Eur. Siūlomos pervažos dangos konstrukcija pateikta 4.1 pav.



4.1 pav. Siūloma pervažos dangos konstrukcija.

1 – gatvės bordiūras; 2 – cementinis skiedinys; 3 – asfaltbetonis; 4 – gretbėgis; 5 – skaldos pagrindas

4.1 pav. pateikta siūlomos pailgintos pervažos dangos konstrukcija. Asfaltbetonio dangos konstrukcijos klasė parinkta „DK 0,3“, remiantis projektavimo taisyklėmis [22] „Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės KPT SDK 07“.

Darbo apibendrinimas ir rezultatų palyginimas

Magistro baigiamajame projekte atliekamas lokomotyvo ir automobilio susidūrimo tyrimas. Tyrimo tikslas – nustatyti, kokių atstumu reikėtų pratęsti geležinkelio pervažos dangą, kad automobilis neužkliuvs už bėgių galėtų kuo greičiau pasišalinti nuo geležinkelio kelio. Tyrimui atlikti pasirinktas keleivinis lokomotyvas „TEP70 BS“ ir trys skirtingi lengvieji automobiliai. Automobiliai parinkti skirtingų geometrinių parametrų bei skirtingų masių:

- „Opel Astra H“ universalas. Automobilio bendroji masė – 1850 kg;
- „BMW“ 7 klasės sedanas. Automobilio bendroji masė – 2385 kg;
- „Volkswagen Polo“ hečbekas. Automobilio bendroji masė – 1420 kg.

Susidūrimo tyrimas atliekamas naudojant specializuotą transporto priemonių avarijų modeliavimo programą „PC – Crash 8.0“. Programine įranga sukuriama pervažos modelis bei susidūrimo modelis. Susidūrimo tyrimo modeliui parenkami trys skirtingi lokomotyvo greičiai (50 km/h, 60 km/h, 70 km/h) bei keturi skirtingi automobilio greičiai (30 km/h, 50 km/h, 70 km/h, 90 km/h). Tyrimas atliekamas, kai lokomotyvo ir automobilio susidūrimas įvyksta trijuose skirtinguose susidūrimo taškuose. Pirmasis susidūrimo taškas yra automobilio priekinėje dalyje, ties priekine ašimi, antrasis susidūrimo taškas – automobilio centre, ties automobilio centre esančiu statramsčiu, trečiasis susidūrimo taškas – automobilio galinėje dalyje, ties galine ašimi.

Atlikus tyrimą ir išanalizavus susidūrimus pervažoje, iš gautų rezultatų nustatyta, jog automobilis geležinkelio pervažos pailginta danga gali judėti nuo 0 iki 32 m, priklausomai nuo transporto priemonių greičio iki susidūrimo bei susidūrimo taško.

Įvykus susidūrimui ties pirmuoju susidūrimo tašku automobilio priekinėje dalyje, trumpiausiai pailginta pervažos danga juda „Opel“ markės automobilis – 3,5 m, kol nuslysta į šalikelę. Šiuo atveju lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 60 km/h, o automobilio – 30 km/h. Ilgiausiai ties pirmuoju susidūrimo tašku pailginta pervažos danga juda taip pat „Opel“ markės automobilis – 26,5 m, kol nuslysta į šalikelę. Šiuo atveju lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 60 km/h, o automobilio – 90 km/h.

Įvykus susidūrimui ties antruoju susidūrimo tašku automobilio centrinėje dalyje, trumpiausiai pailginta pervažos danga juda „Opel“ bei „Volkswagen“ markės automobiliai – po 1 m, kol nuslysta į šalikelę. Šiuo atveju lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 50 km/h, o automobilių – 90 km/h. Ilgiausiai ties antruoju susidūrimo tašku pailginta pervažos danga juda „BMW“ markės automobilis – 32 m, kol nuslysta į šalikelę. Šiuo atveju lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 70 km/h, o automobilio – 30 km/h.

Įvykus susidūrimui ties trečiuoju susidūrimo tašku automobilio galinėje dalyje, ilgiausiai pailginta pervažos danga juda „BMW“ markės automobilis – 1 m, kol nuslysta į šalikelę. Daugumoje tirtų atvejų ties trečiuoju susidūrimo tašku, automobiliai po smūgio pasišalina nuo geležinkelio kelio, nepasiekę pailgintos pervažos dangos. Taip nutinka todėl, kad susidūrus šiame taške, automobiliai greitai atsitrenkia į apsauginį kelio atitvarą ir sustoja.

Atlikus nepalankiausio susidūrimo atvejo tyrimą, nustatyta, jog įvykus lokomotyvo ir automobilio susidūrimui, ties aštuntu susidūrimo tašku, automobilis pailginta danga gali judėti apie 100 m.

Išvados

1. Nustatyta, kad eismo įvykio metu geležinkelio pervažoje dažniausiai yra pažeidžiamas balastas, bėgių galvutės, pabėgiai, tvirtinimo elementai bei pervažos signalizacijos konteinerinės spintos.
2. Atlikus tyrimą ir išanalizavus susidūrimų trajektorijas geležinkelio pervažoje su pailginta danga, iš gautų rezultatų nustatyta, jog automobilis geležinkelio pervažos pailginta danga gali judėti nuo 0 iki 32 m, priklausomai nuo transporto priemonių greičio iki susidūrimo bei susidūrimo taško. Ilgiausią atstumą (32 m) pailginta pervažos danga juda „BMW“ markės automobilis, kai lokomotyvo greitis iki susidūrimo yra 70 km/h, o automobilio – 30 km/h.
3. Atlikus nepalankiausio susidūrimo atvejo tyrimą, nustatyta, jog įvykus lokomotyvo ir automobilio susidūrimui, ties aštuntu susidūrimo tašku, automobilis pailginta danga gali judėti apie 100 m.
4. Išanalizavus automobilių judėjimo trajektorijas po susidūrimų, pasiūlyta, kad pervažos danga į abi puses turėtų būti pailginta po 32 m.
5. Atlikus sąmatinius skaičiavimus, nustatyta, jog ekonomiškai naudingiausia danga yra asfaltbetonis. Geležinkelio pervažos dangos pailginimas, vienos pervažos modernizacija, pailginant dangą abiem kryptimis (po 32 m) kainuotų 11813 Eur.

Literatūros sąrašas

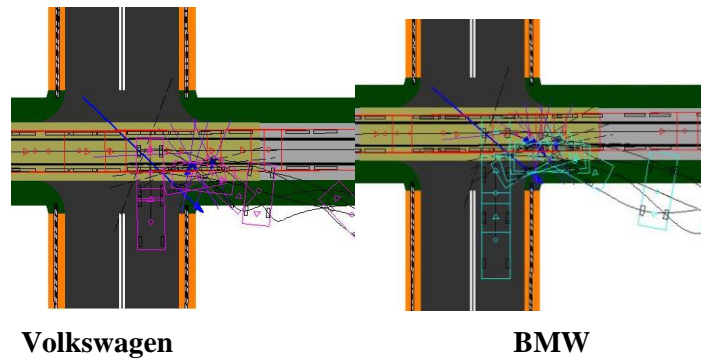
1. Eurostat duomenys [žiūrėta 2019-04-02]. Prieiga per: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Rail_accident_fatalities_in_the_EU
2. 2014 – 2020 Europos Sąjungos fondų investicijos Lietuvoje [žiūrėta 2019-04-02]. Prieiga per: https://www.esinvesticijos.lt/lt/finansavimas/val_regionu_proj_aprasai/vieno-lygio-eismo-sankirtu-eliminavimas-is-europos-sajungos-strukturiniu-fondu-lesu-siulomu-bendrai-finansuoti-valstybes-projektu-sarasas-nr-1
3. AB „Lietuvos geležinkeliai“ 2015 metinė ataskaita [žiūrėta 2019-04-02]. Prieiga per: http://www.litrail.lt/documents/10291/1488090/LG_2015_LT.pdf/0e0a879b-e5ae-491e-866f-6318b1a18ebb
4. AB „Lietuvos geležinkeliai“ tinklalapis [žiūrėta 2019-04-02]. Prieiga per: <http://infrastructure.litrail.lt/>
5. LIANG, C., GHAZEL, M., CAZIER, O. and EL – M. EL – KOURSI. Risk analysis on level crossings using a causal Bayesian network based approach. *Transportation Research Procedia* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2017, 25, 2167 – 2181 [žiūrėta 2019-03-18]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517307251>
6. KIM, I., LAURE, G., FERREIRA, L., RAKOTONIRAINY, A., and KHALED SHAABAN. Driver Behaviors at Level Crossings from Fixed and Moving Driving Simulators. *Procedia Computer Science* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2018, 130, 103 – 110 [žiūrėta 2019-03-18]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918303685>
7. LING, L., DHANASEKAR, M., and DAVID P. THAMBIRATNAM. Frontal collision of trains onto obliquely stuck road trucks at level crossings: Derailment mechanisms and simulation. *International Journal of Impact Engineering* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2017, 100, 154 – 165 [žiūrėta 2019-03-18]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734743X16301403>
8. LING, L., DHANASEKAR, M., and DAVID P. THAMBIRATNAM. A passive road-rail crossing design to minimise wheel-rail contact failure risk under frontal collision of trains onto stuck trucks. *Engineering Failure Analysis* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2017, 80, 403 – 415 [žiūrėta 2019-03-18]. Prieiga per:
9. LIANG, L., DHANASEKAR, M., THAMBIRATHAM, D. P., SUN, Y. Q. Lateral impact derailment mechanisms, simulation and analysis. *International Journal of Impact Engineering* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2016, 94, 36 – 49 [žiūrėta 2019-03-18]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734743X16301440>
10. REZVANI, A. Z., PEACH, M., THOMAS, A., CRUZ, R. and WALTER KEMMSIES. Benefit – Cost methodology for highway-railway grade crossing safety protocols as applied to transportation infrastructure project prioritization processes. *Transportation Research Procedia* [interaktyvus]. Amsterdam: Elsevier, 2015, 8, 89 – 102 [žiūrėta 2019-03-18]. Prieiga per: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146515001210>
11. LG/12. Pervažų įrengimo ir naudojimo taisyklės. Vilnius: Gelspa, 2005.
12. IST 1005384.7:2014. Geležinkelio pervažų dangų parinkimas ir įrengimas = Options And Installation Of Railway Level Crossing Pavements. Įmonės standartas.
13. „Lietuvos geležinkeliai“ 2015 m nereguliuojamoje pervažoje atliktas avarijos eksperimentas [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2019-07-24]. Prieiga per: http://www.technologijos.lt/n/technologijos/automobiliai_ir_motociklai/S-

[48290/straipsnis/Isibegejes-lokomotyvas-prie-Elektrenu-suknezino-pervazoje-stovejusi-SAAB-Foto](#)

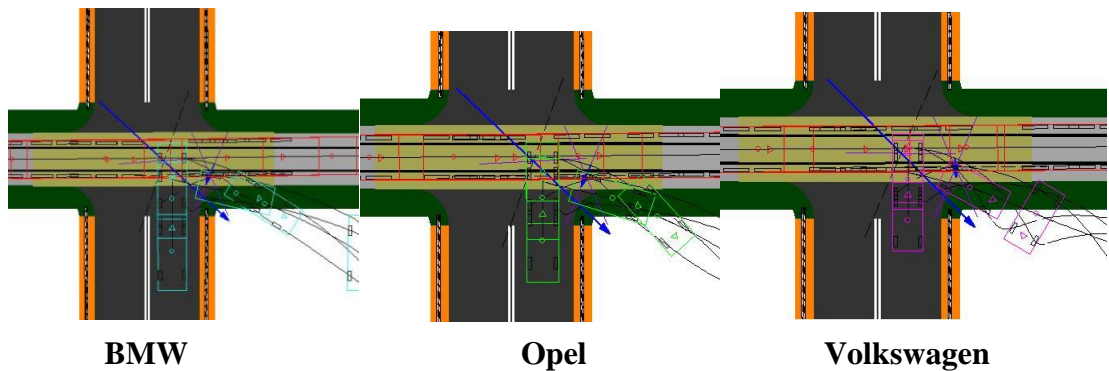
14. A. GUDELIS ir H. SIVILEVIČIUS. Naujos kelio asfalto dangos ir rato sukibimo parametru tyrimai ir jų tinkamumo eksploatuoti vertinimas. *Transporto priemonių inžinerija ir vadyba* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2019-07-24]. Prieiga per: <http://jmk.transportas.vgtu.lt/index.php/tran2016/tran2016/paper/viewFile/46/74>
15. Kelių eismo taisyklės. Patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2002 m. gruodžio 11 d. nutarimu Nr. 1950 (Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2018 m. spalio 3 d. nutarimo Nr. 989 redakcija) [interaktyvus] [žiūrėta 2019-07-26]. Prieiga per: https://www.kelieismotaisykles.info/uploads/3/2/9/2/3292309/keliu_eismo_taisykles_ket_s_u_priedais_2018-11-01_taisyta_2019-04-15.pdf
16. AB „Lietuvos geležinkeliai“ eksploatuojamų traukinių modeliai. Lokomotyvas TEP70 BS [interaktyvus] [žiūrėta 2019-07-26]. Prieiga per: <https://www.litrail.lt/riedmenys1>
17. AB „Lietuvos geležinkeliai“ Geležinkelių infrastruktūros direkcija. 2018 – 2022 m veiklos planas. Patvirtinta AB „Lietuvos geležinkeliai“ generalinio direktoriaus pavaduotojo – Geležinkelių infrastruktūros direkcijos direktoriaus 2018 m. gegužės 18 d. įsakymu Nr. ĮS(DI) – 74. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-10-09]. Prieiga per: <https://infrastructure.litrail.lt/documents/12778/17719/Veiklos+planas.pdf/039bda99-9506-4993-9d83-5a7d004060d8>
18. 2007 BMW 7-Series E65 Sedan blueprints free. „BMW“ automobilio techninis brėžinys. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-12-05]. Prieiga per: <https://getoutlines.com/blueprints/6675/2007-bmw-7-series-e65-sedan-blueprints>
19. 2007 Opel Astra Station Wagon blueprints free. „OPEL“ automobilio techninis brėžinys. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-12-05]. Prieiga per: <https://getoutlines.com/blueprints/8959/2007-Opel-astra-station-wagon-blueprints>
20. Volkswagen Polo V (6R) 5-door Hatchback blueprints free. „Volkswagen“ automobilio techninis brėžinys. [interaktyvus] [žiūrėta 2019-12-05]. Prieiga per: <https://getoutlines.com/blueprints/car/volkswagen/volkswagen-polo-5-door-2009.gif>
21. Pervažų projektavimas ir montavimas, ETD – 16 – 02, Australijos geležinkeliai (Australian Rail Track Corporation Limited ARTC). [interaktyvus] [žiūrėta 2020-03-03]. Prieiga per: <https://extranet.artc.com.au/docs/eng/track-civil/procedures/grade/etd-16-02.pdf>
22. Automobilių kelių standartizuotų dangų konstrukcijų projektavimo taisyklės KPT SDK 07. PATVIRTINTA Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos direktoriaus 2019 m. sausio 25 įsakymu Nr. V-16. [interaktyvus] [žiūrėta 2020-05-07]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/b89d9fe0206e11e9875cdc20105dd260>

Priedai

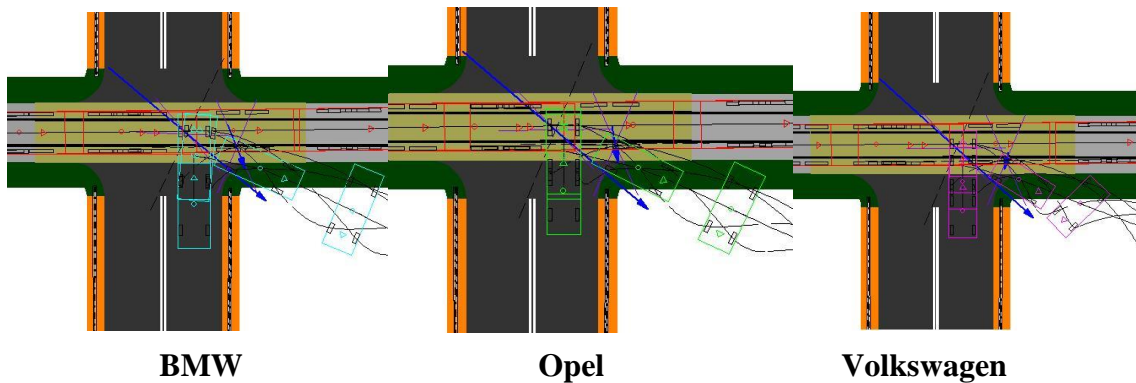
1 Priedas. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimų schemas ties pirmu susidūrimo tašku



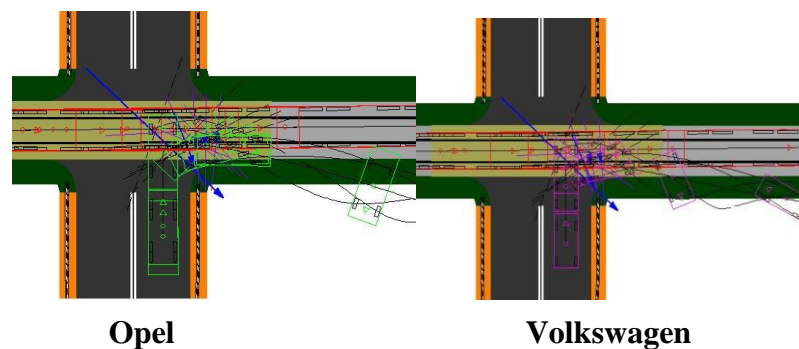
1.1 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 30 km/h



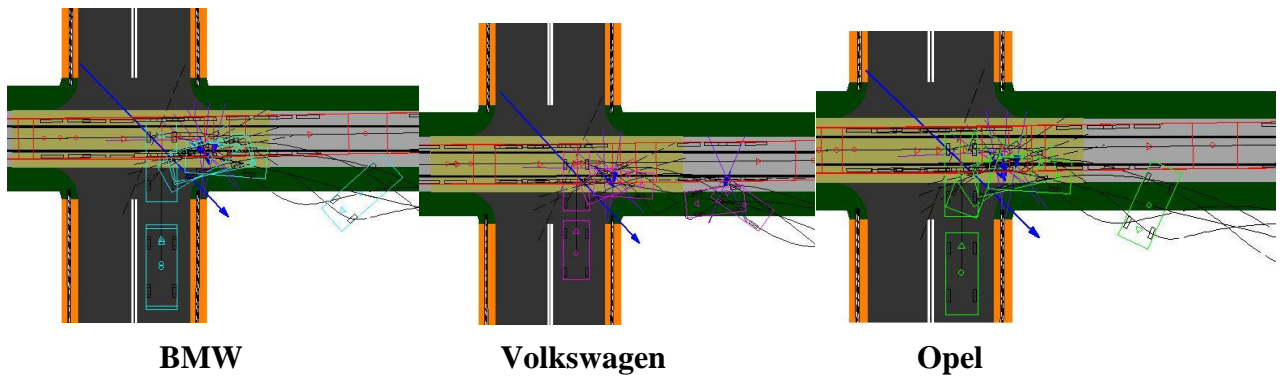
1.2 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 30 km/h



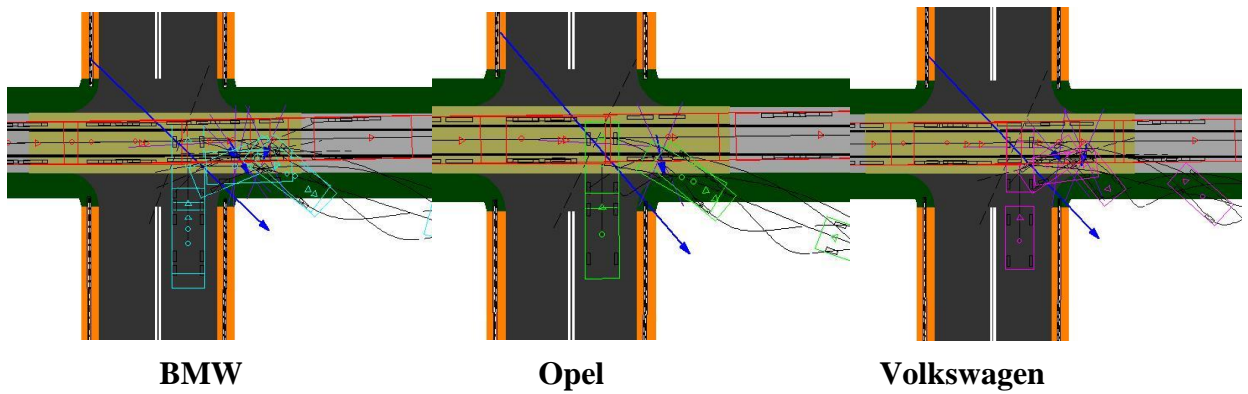
1.3 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 30 km/h



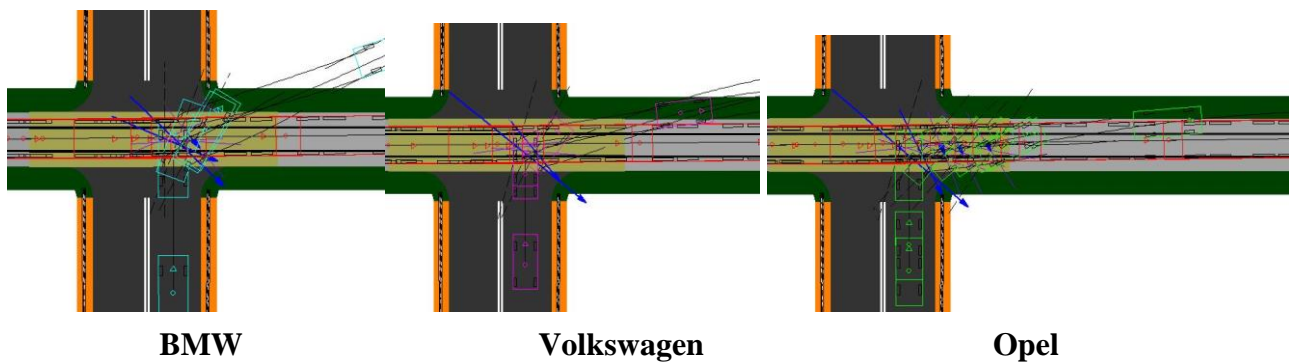
1.4 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo ir automobilių greitis – 50 km/h



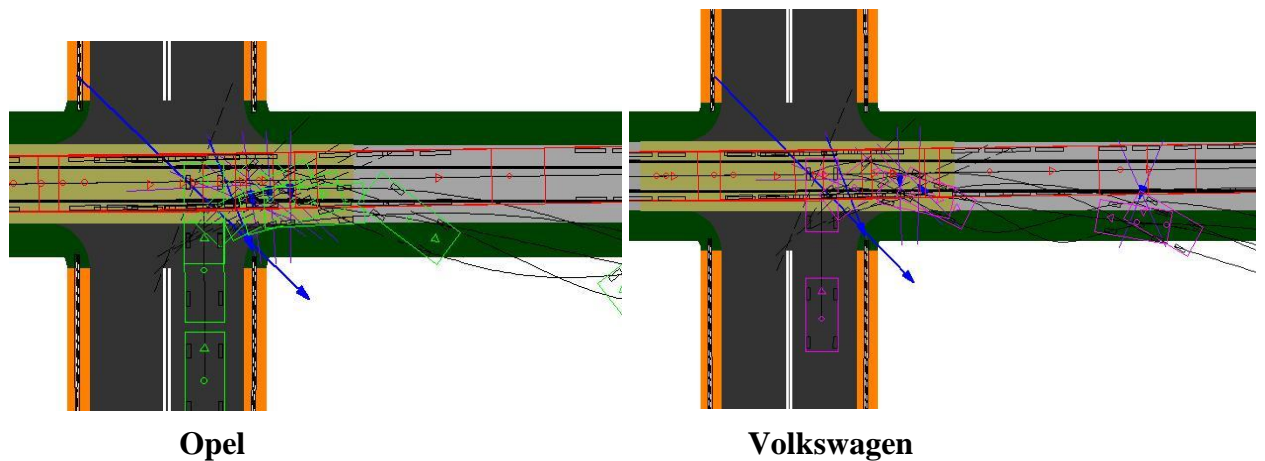
1.5 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 50 km/h



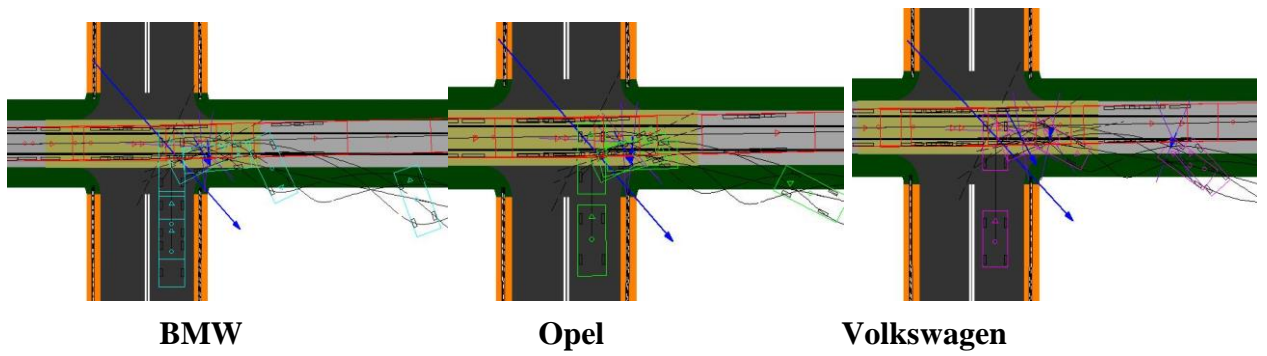
1.6 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 50 km/h



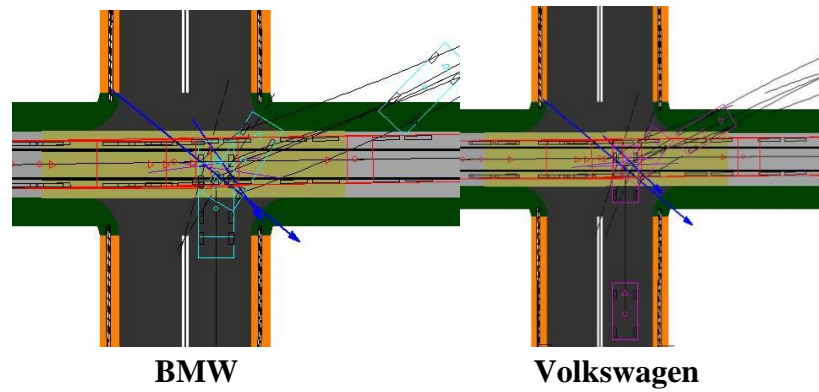
1.7 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 70 km/h



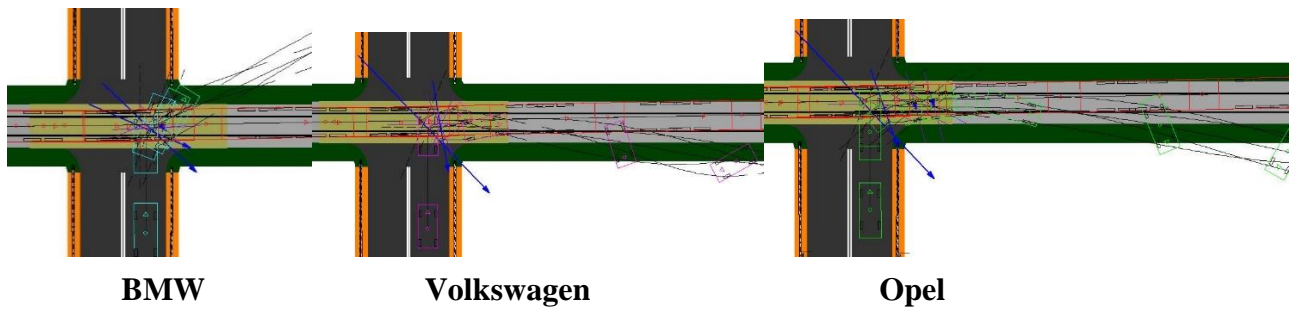
1.8 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 70 km/h



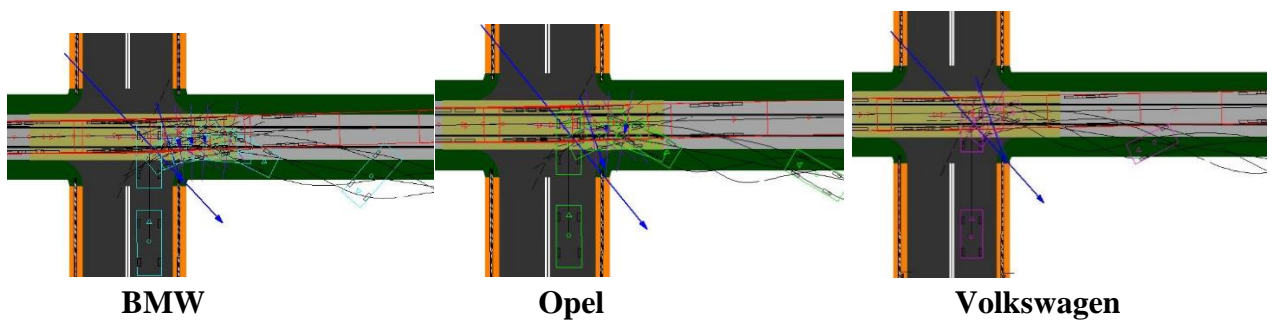
1.9 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo ir automobilių greitis – 70 km/h



1.10 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 90 km/h

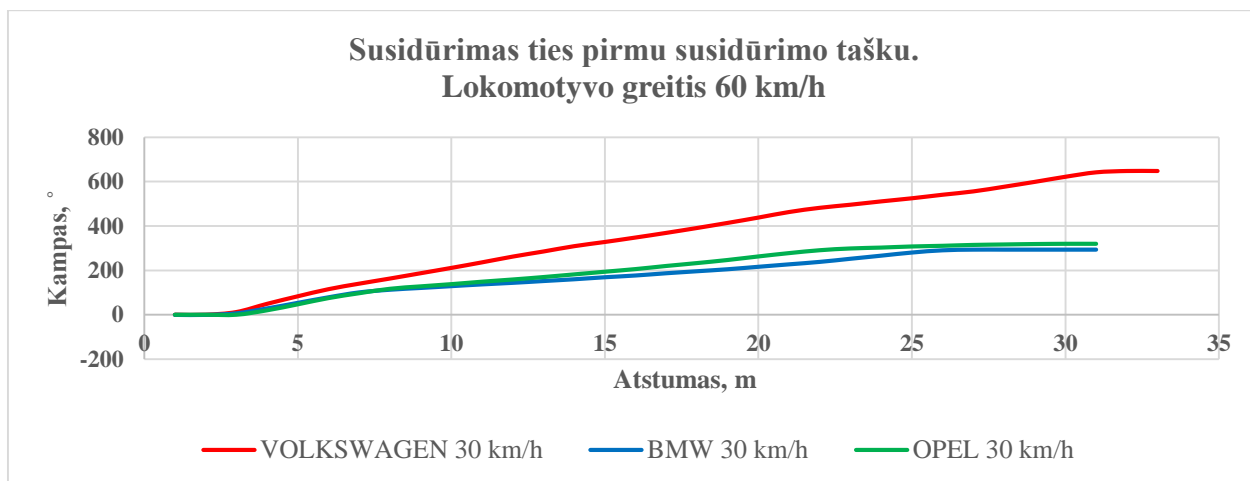


1.11 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 90 km/h

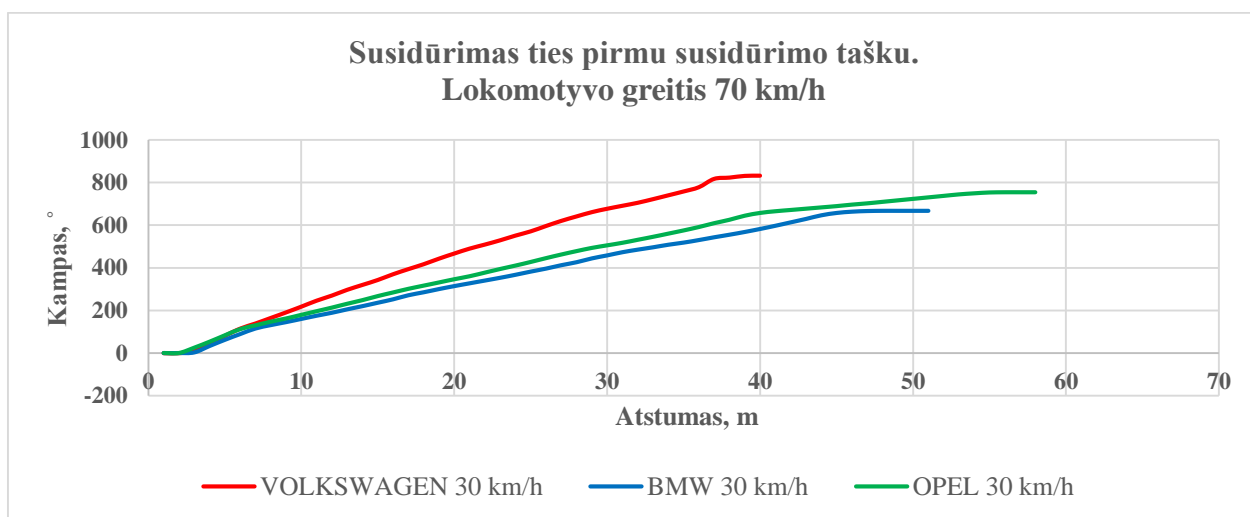


1.12 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 90 km/h

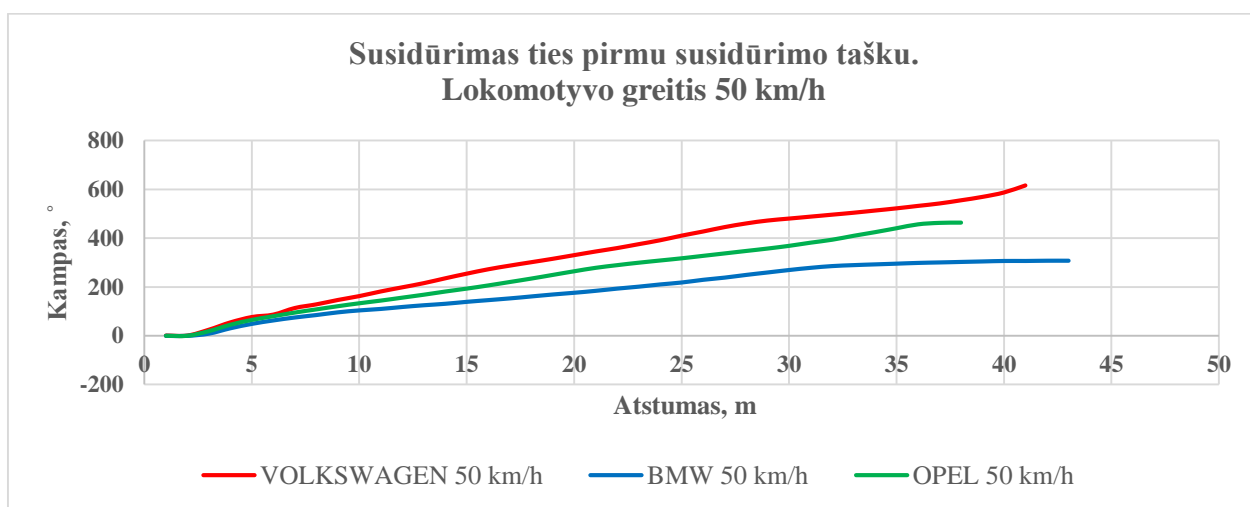
2 Priedas. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų ties pirmu susidūrimo tašku



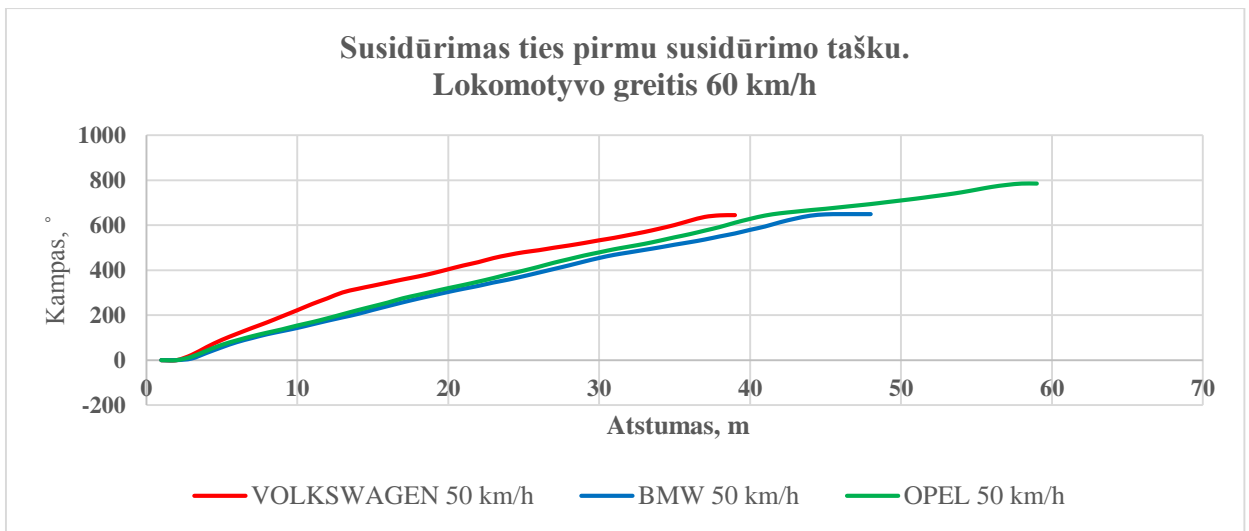
2.1 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 30 km/h



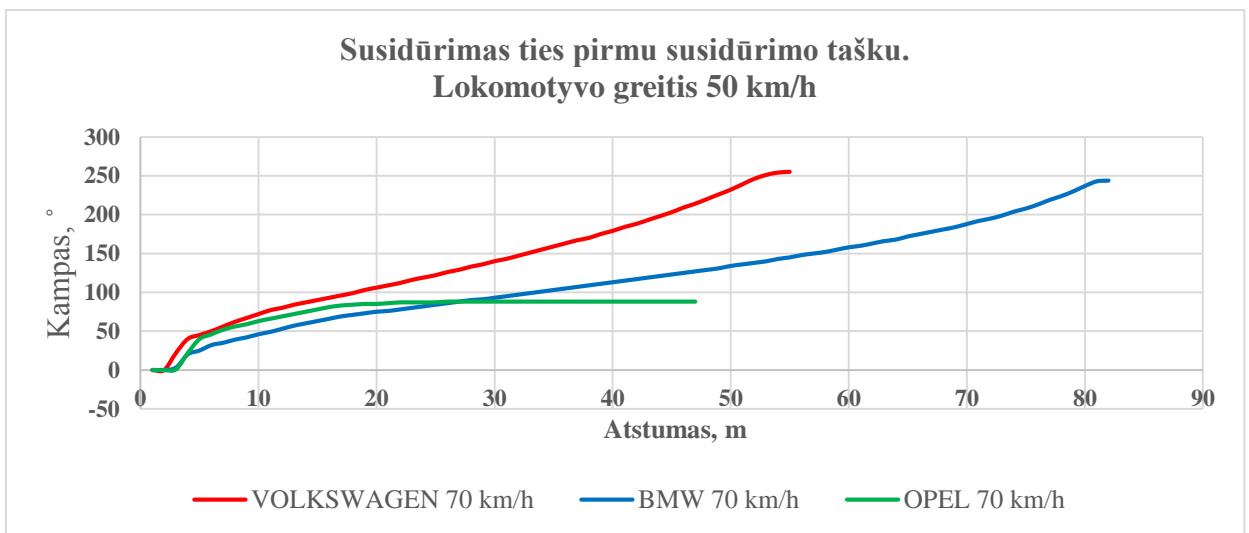
2.2 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 30 km/h



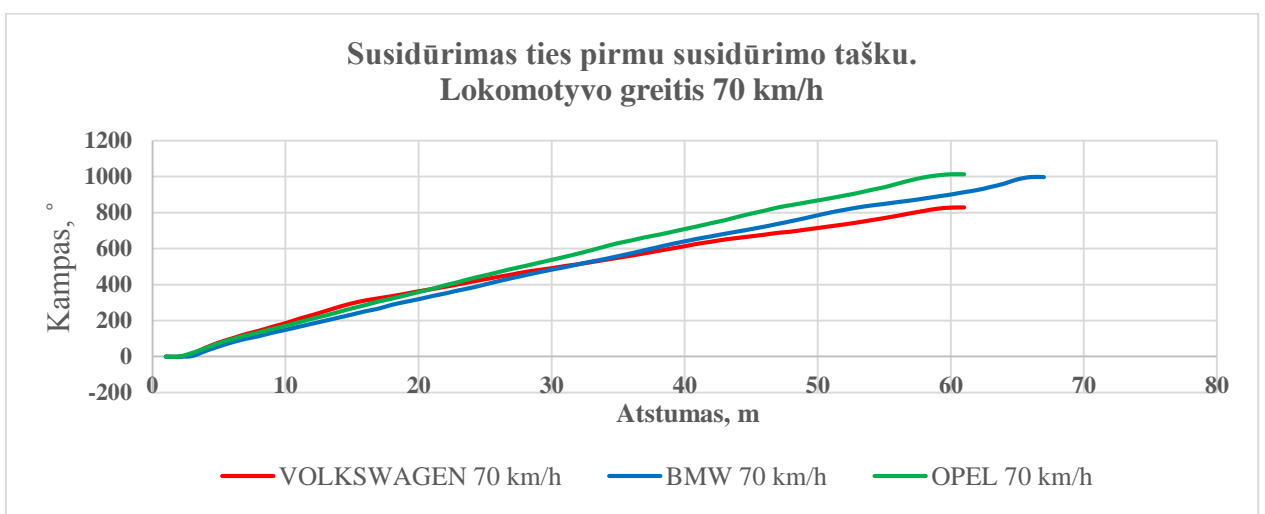
2.3 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 50 km/h



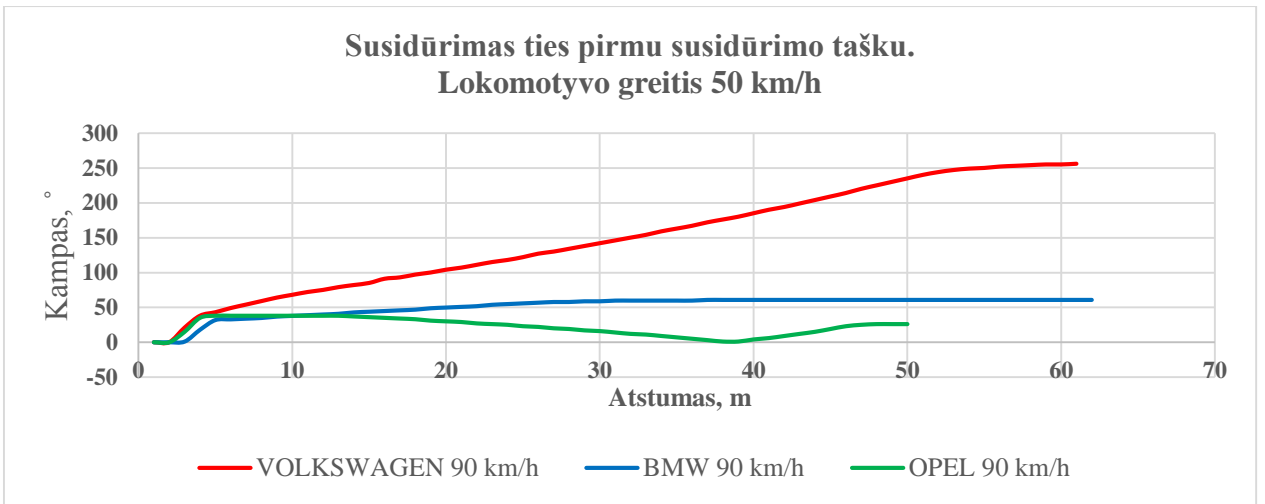
2.4 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 50 km/h



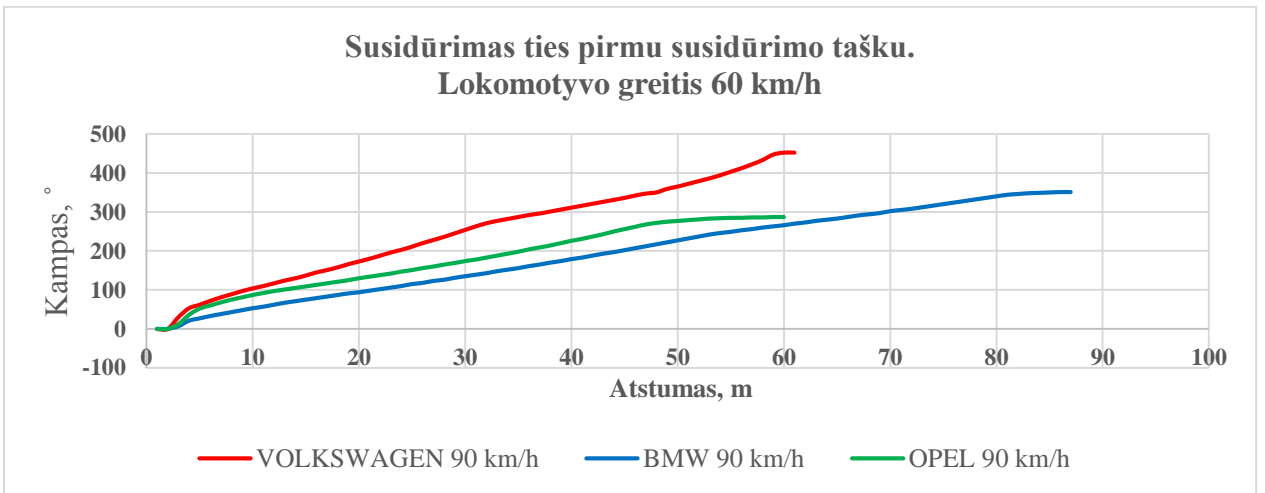
2.5 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 70 km/h



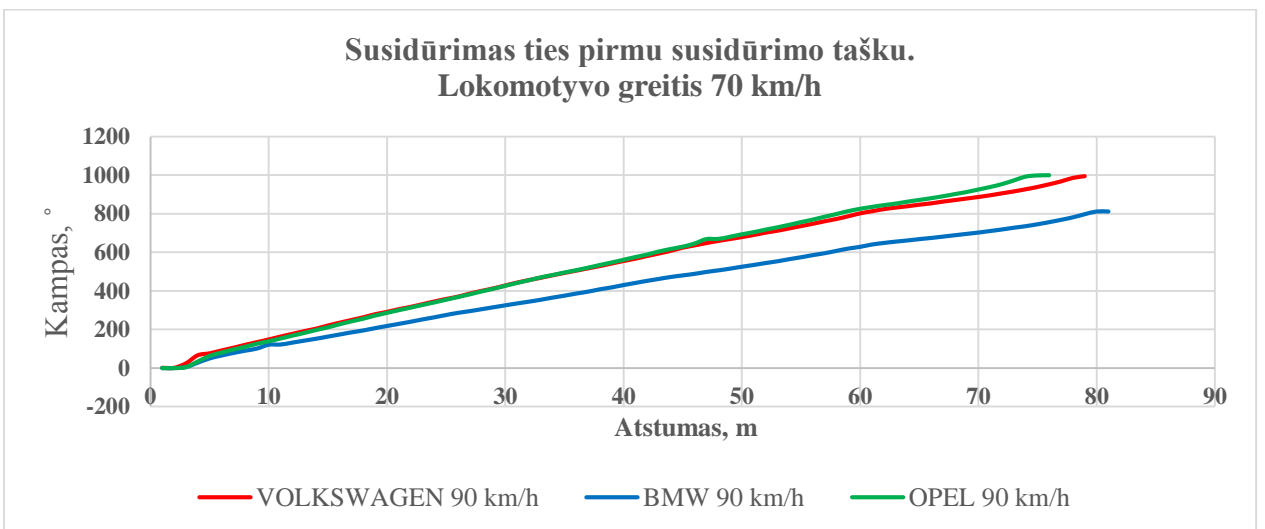
2.6 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo ir automobilių greitis – 70 km/h



2.7 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 90 km/h

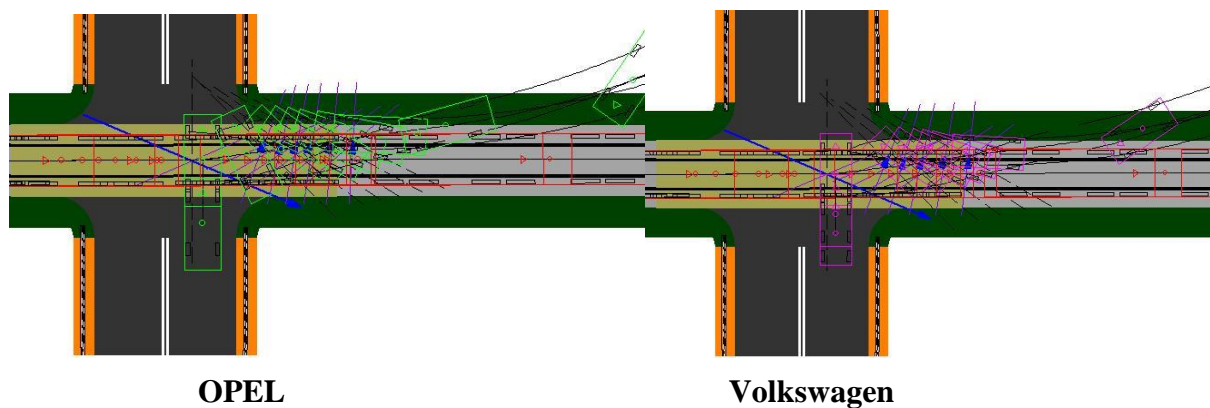


2.8 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 90 km/h

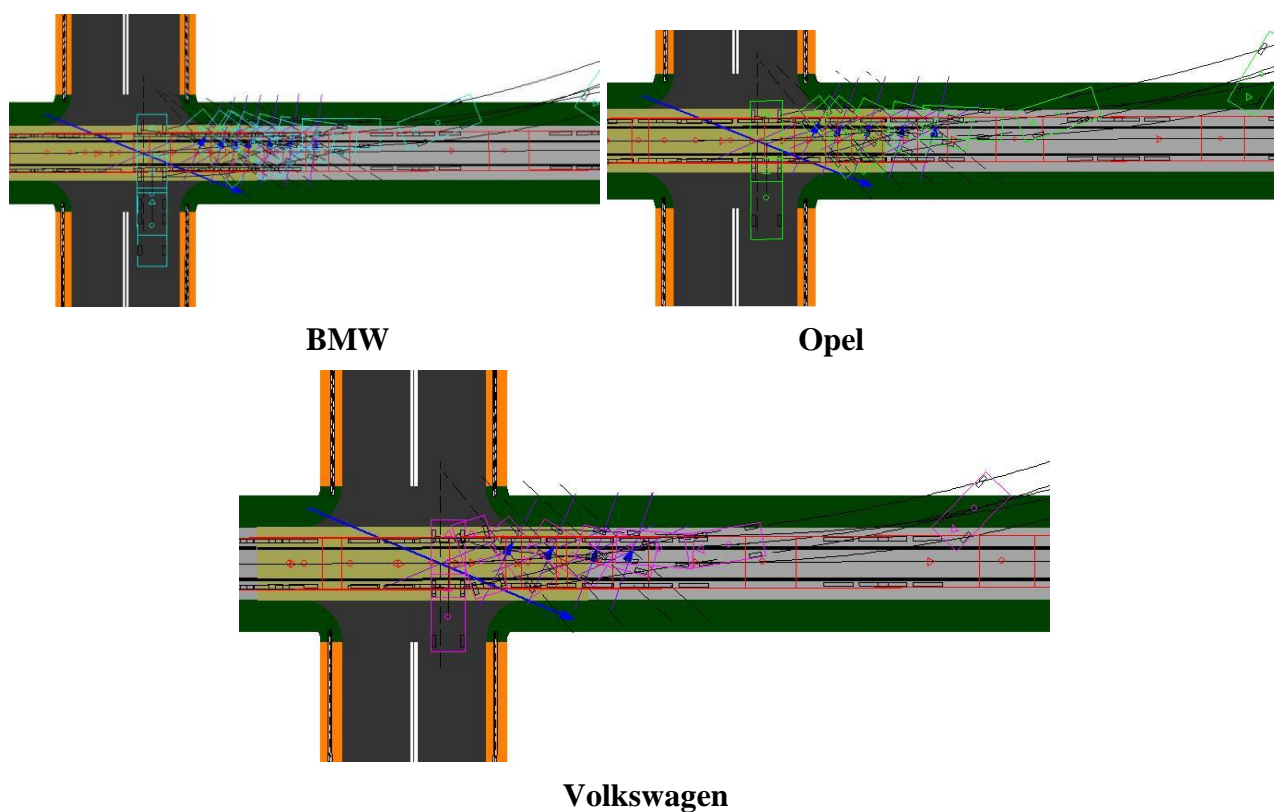


2.9 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 90 km/h

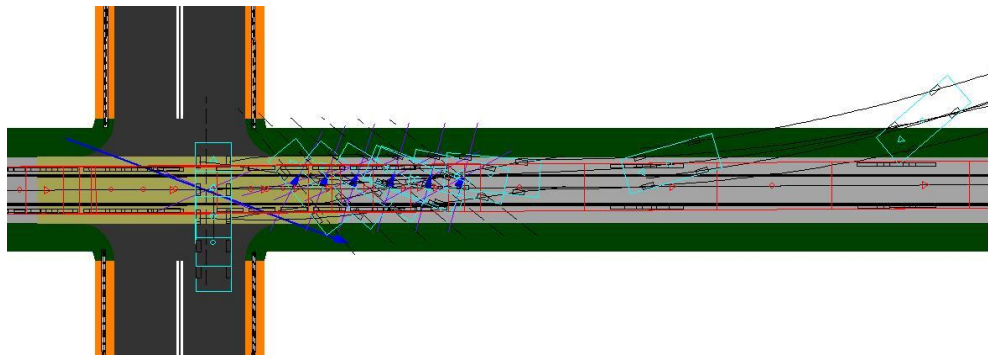
3 Priedas. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimų schemas ties antru susidūrimo tašku



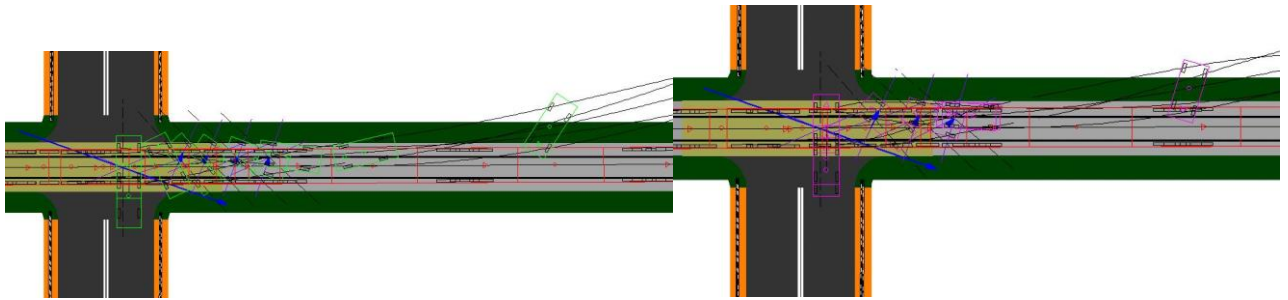
3.1 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 30 km/h



3.2 pav. Susidūrimo schema. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 30 km/h



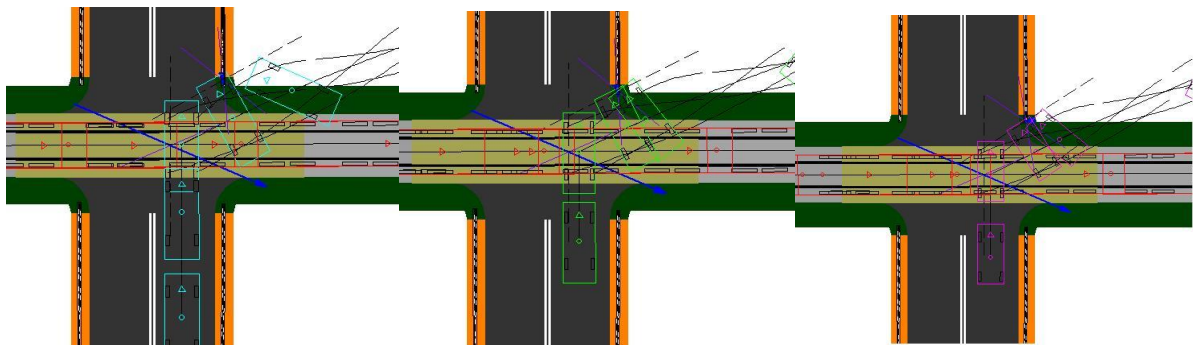
BMW



Opel

Volkswagen

3.3 pav. Susidūrimo schema. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 30 km/h

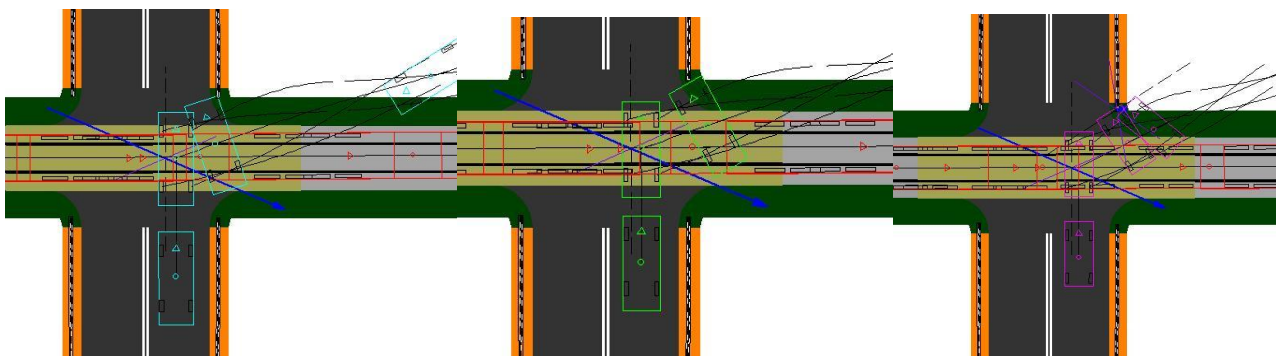


BMW

Opel

Volkswagen

3.4 pav. Susidūrimų schemas. Lokomotyvo ir automobilių greitis – 50 km/h

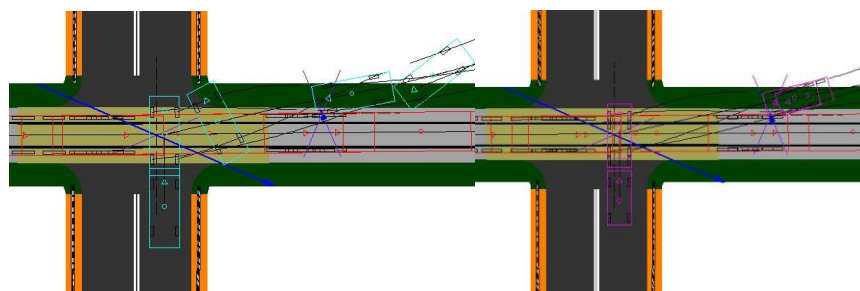


BMW

Opel

Volkswagen

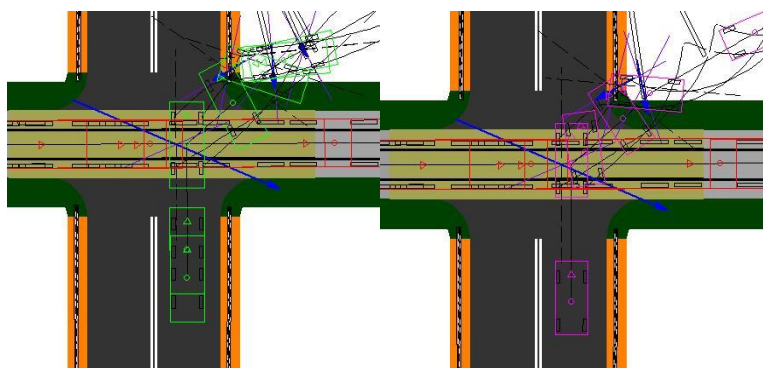
3.5 pav. Susidūrimų schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 50 km/h



BMW

Volkswagen

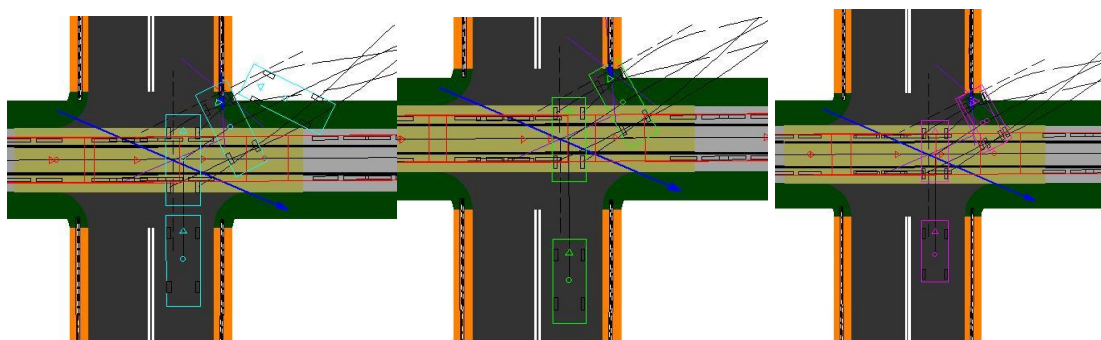
3.6 pav. Susidūrimų schemas. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilio – 50 km/h



OPEL

Volkswagen

3.7 pav. Susidūrimų schemas. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 70 km/h

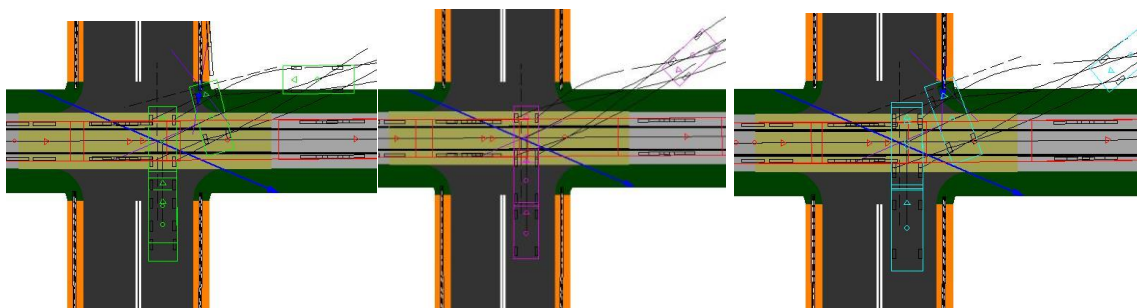


BMW

Opel

Volkswagen

3.8 pav. Susidūrimų schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 70 km/h

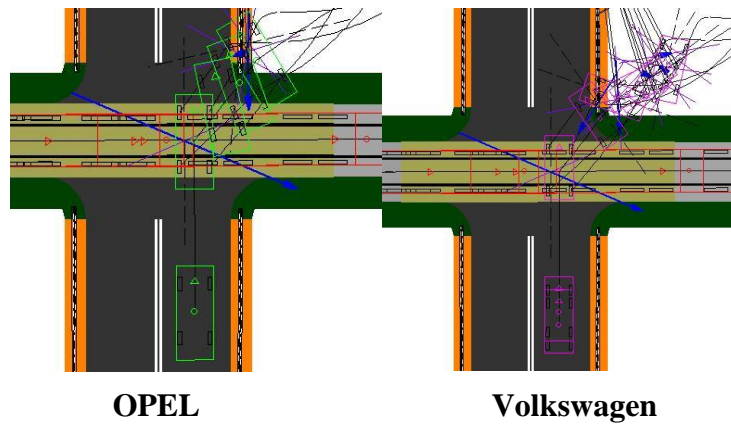


Opel

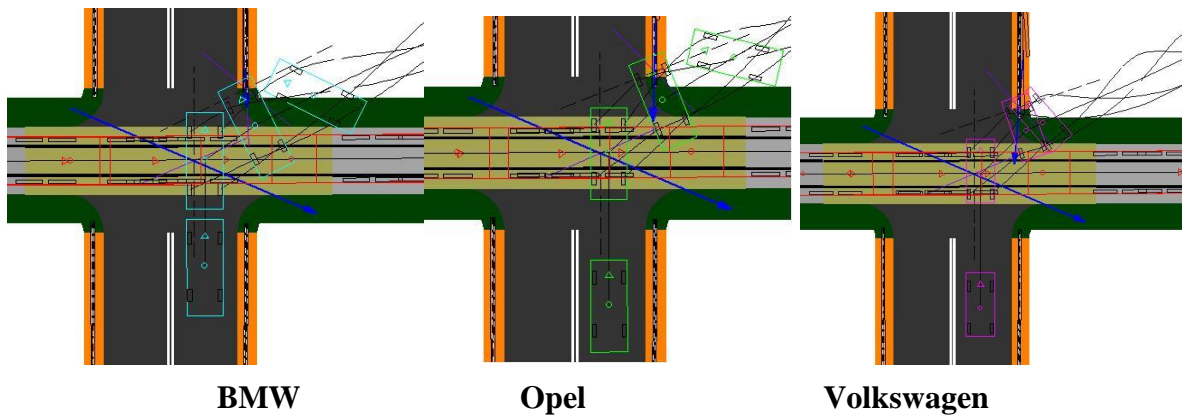
Volkswagen

BMW

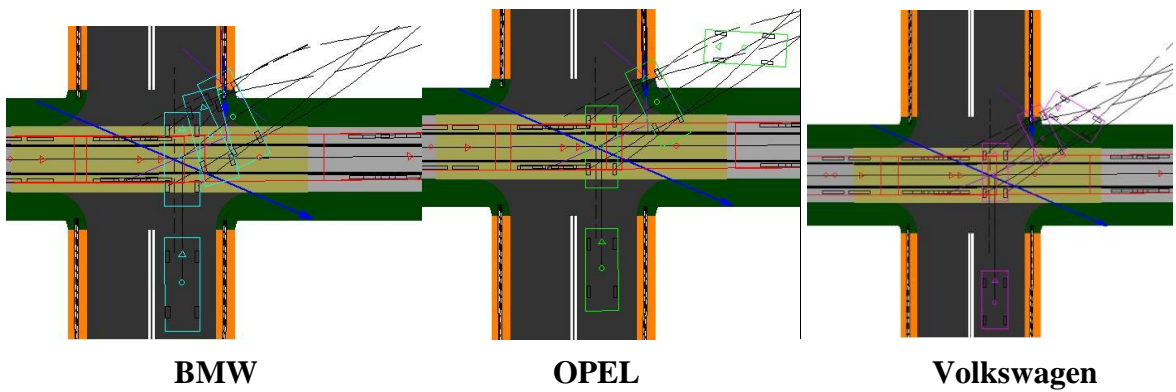
3.9 pav. Susidūrimų schemas. Lokomotyvo ir automobilių greitis – 70 km/h



3.10 pav. Susidūrimų schemas. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių greitis – 90 km/h

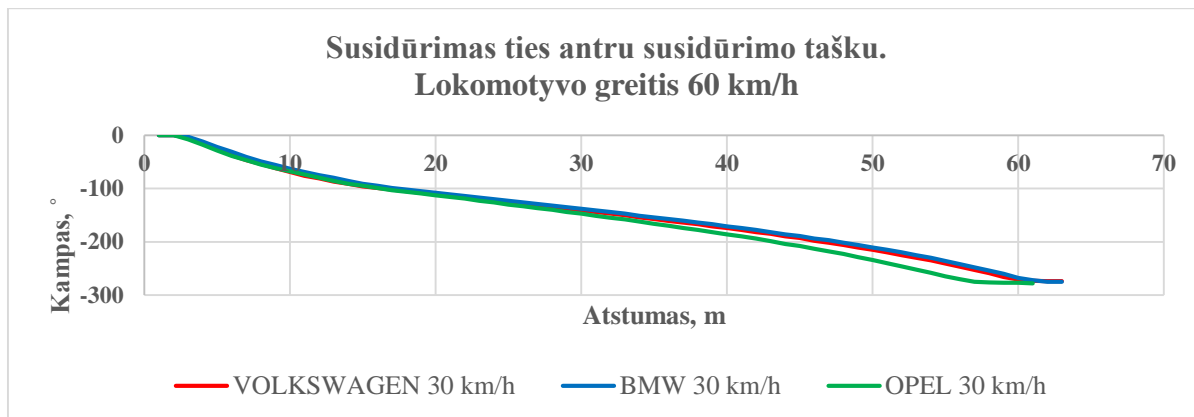


3.11 pav. Susidūrimų schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 90 km/h

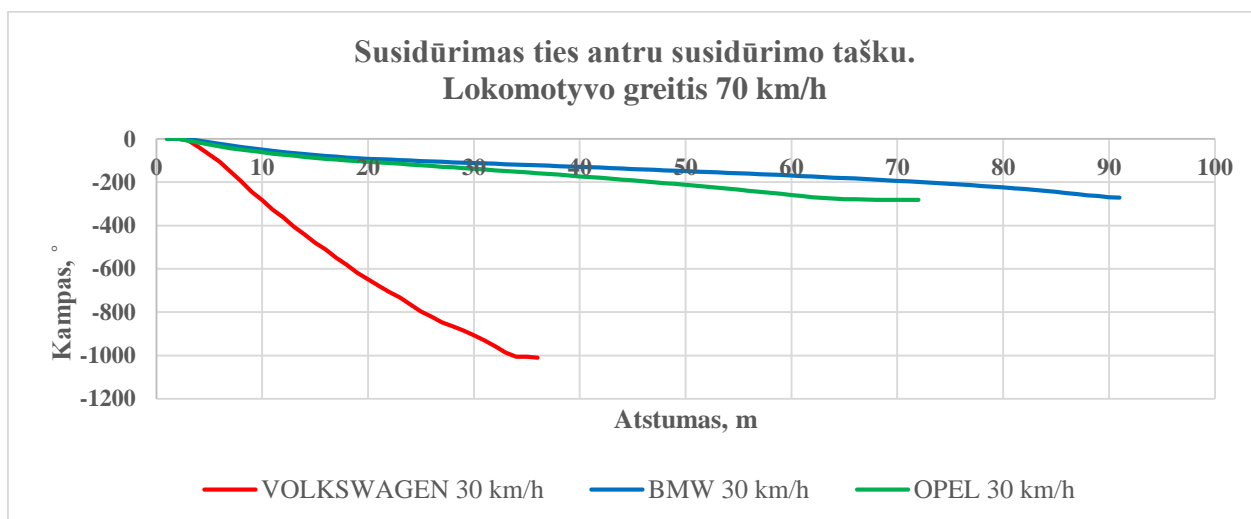


3.12 pav. Susidūrimų schemas. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 90 km/h

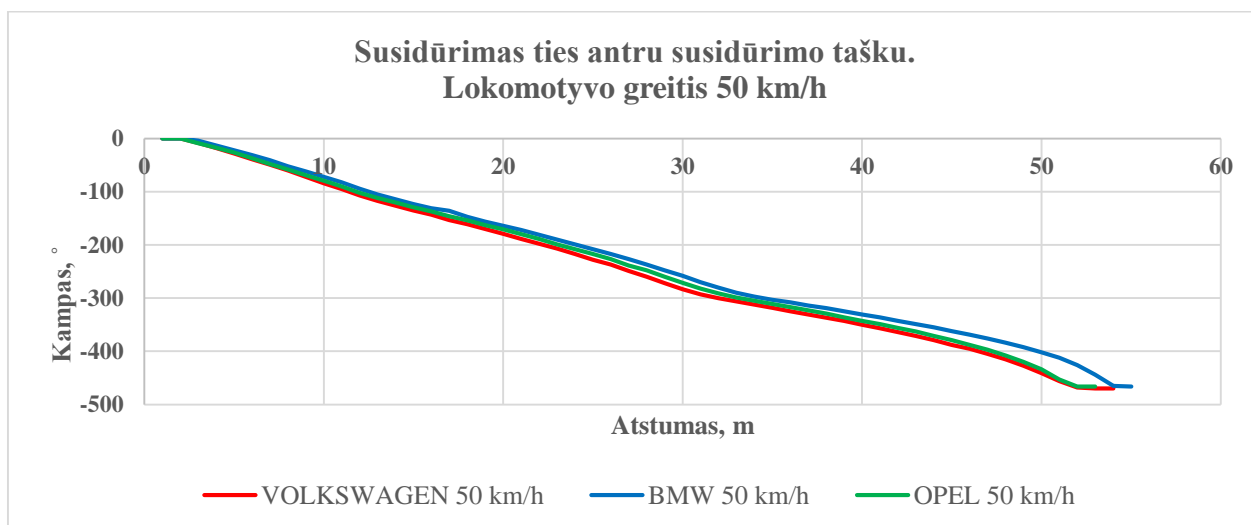
4 Priedas. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų ties antru susidūrimo tašku



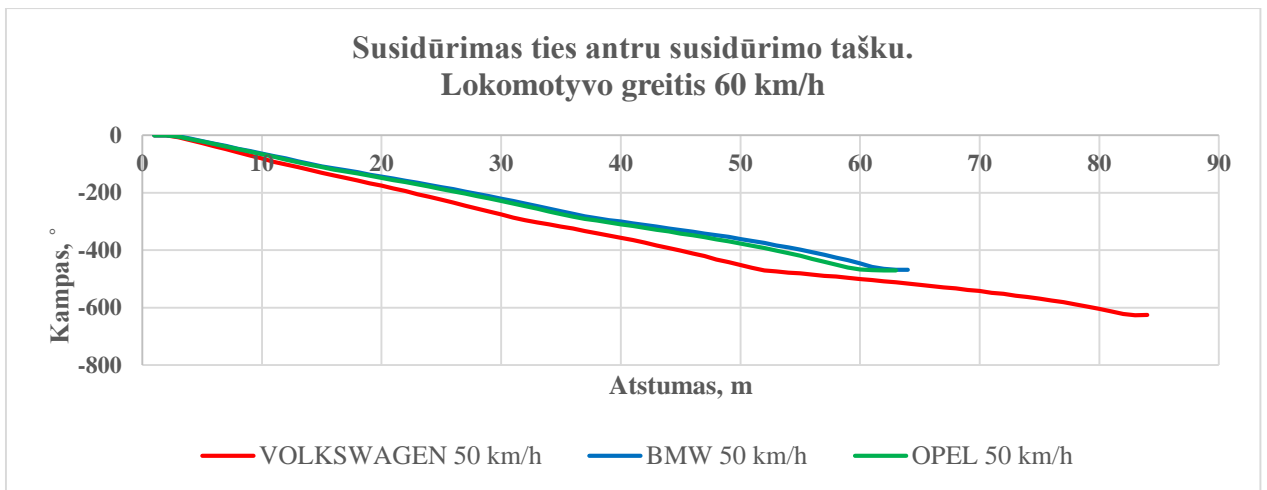
4.1 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 30 km/h



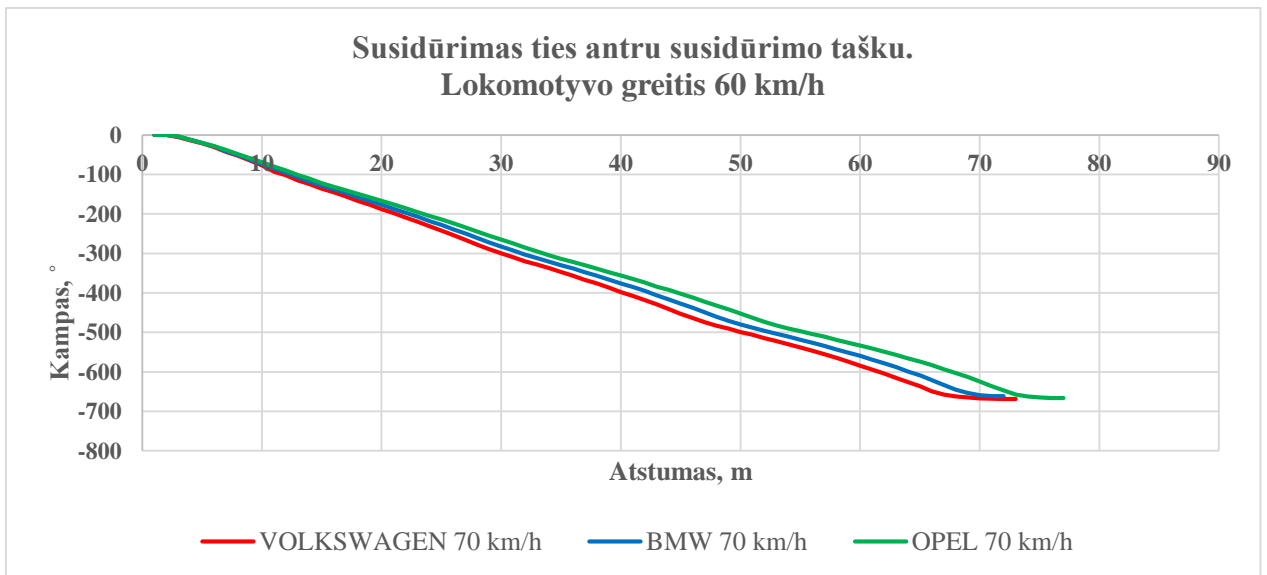
4.2 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 30 km/h



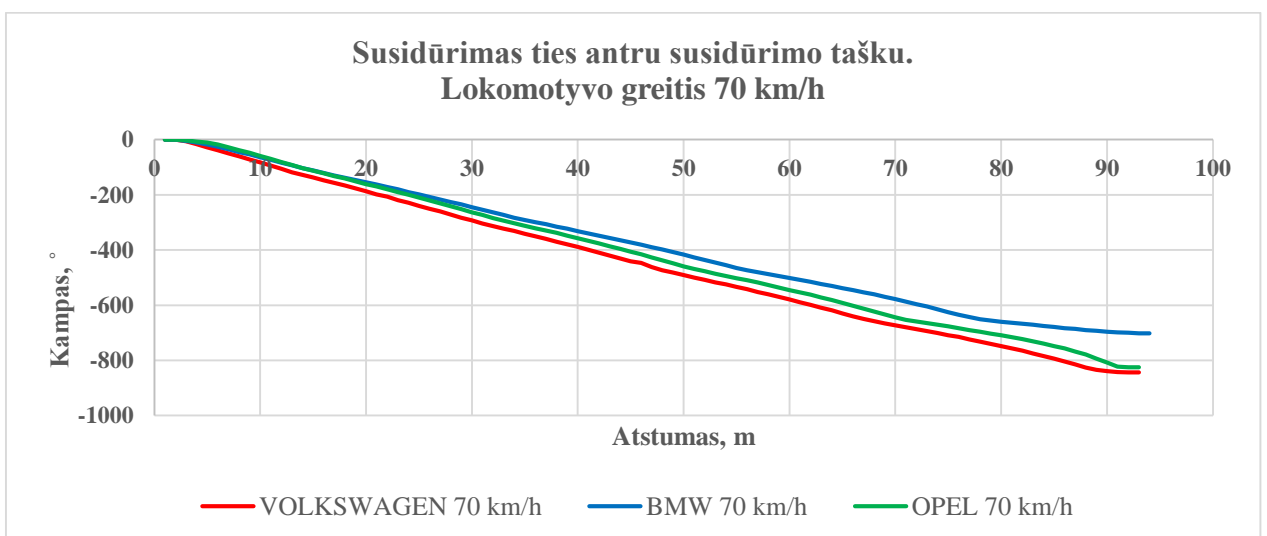
4.3 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo ir automobilių greitis – 50 km/h



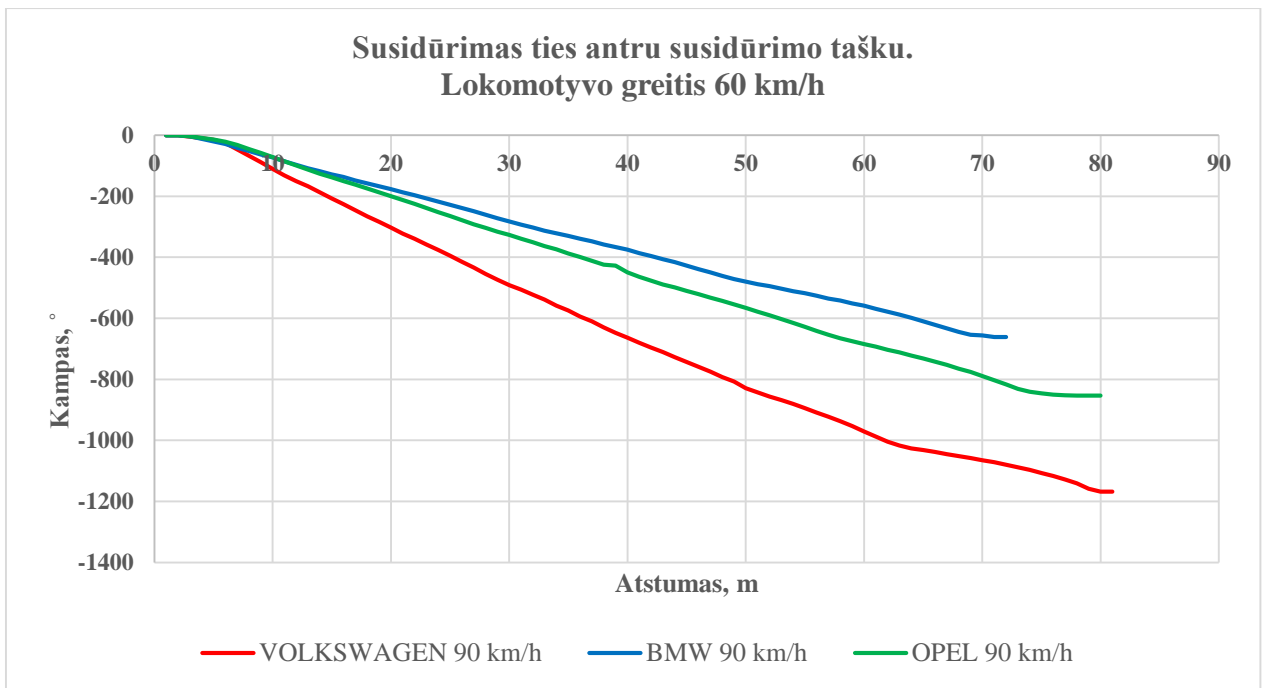
4.4 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 50 km/h



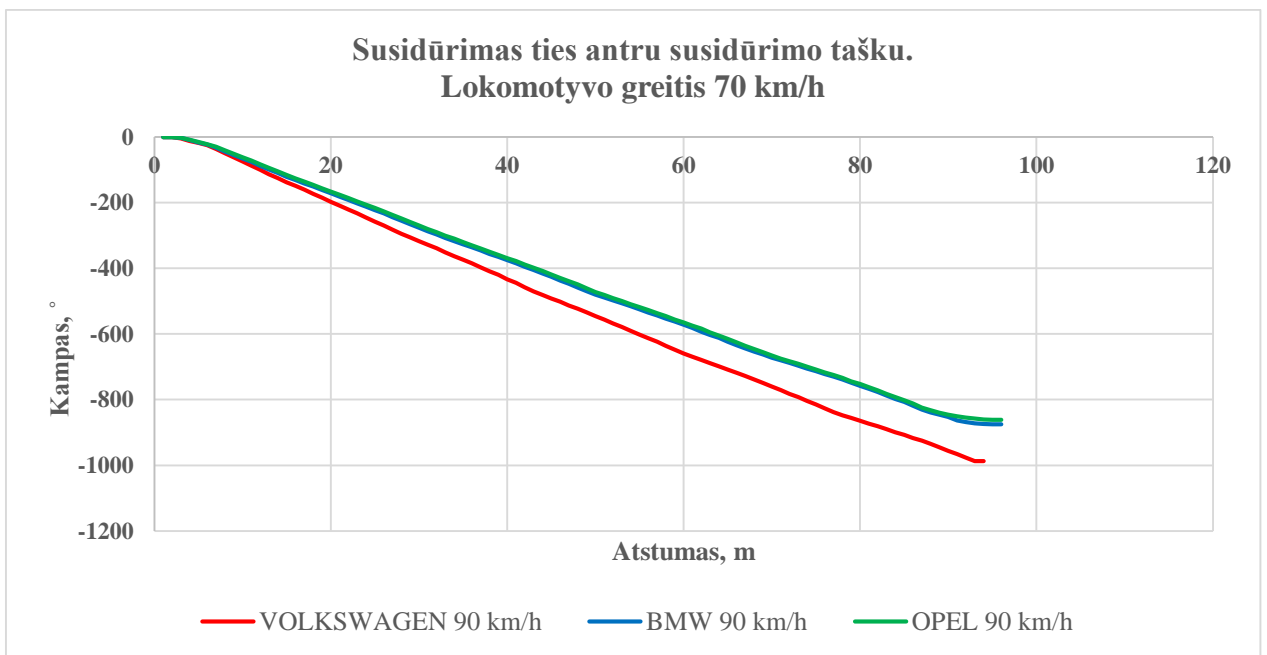
4.5 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 70 km/h



4.6 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo ir automobilių greitis – 70 km/h

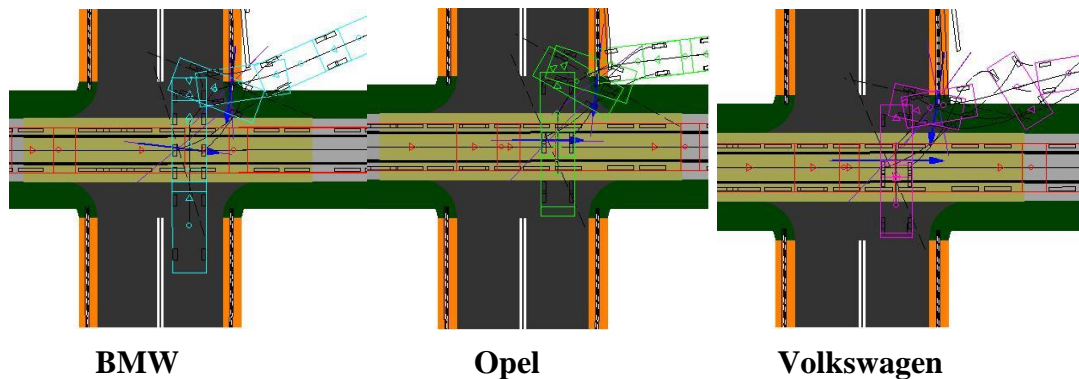


4.7 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 90 km/h

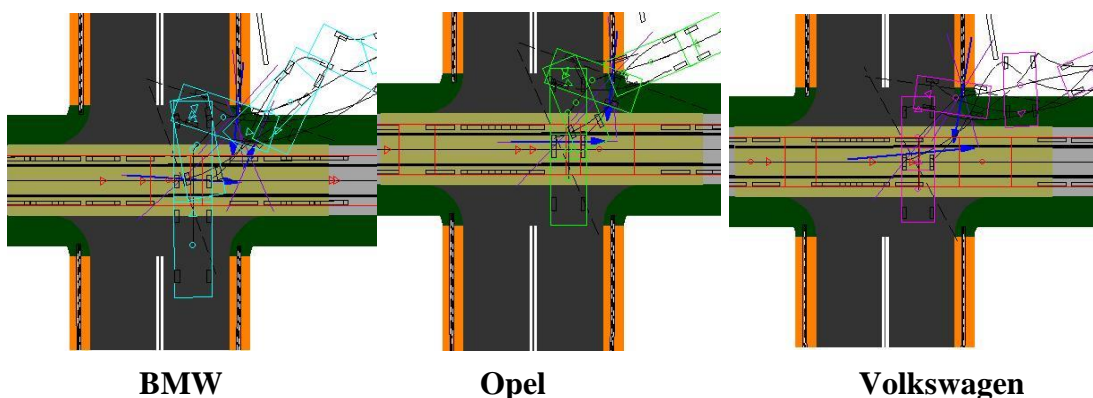


4.8 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 90 km/h

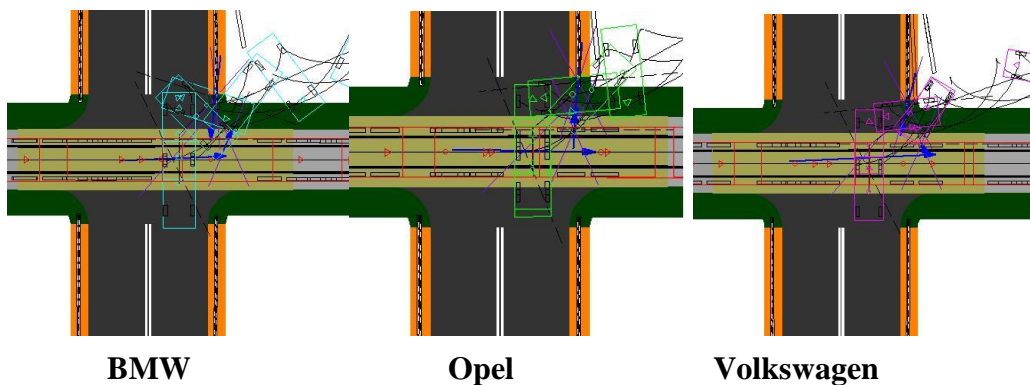
5 Priedas. Lokomotyvo ir automobilių susidūrimų schemas ties trečiu susidūrimo tašku



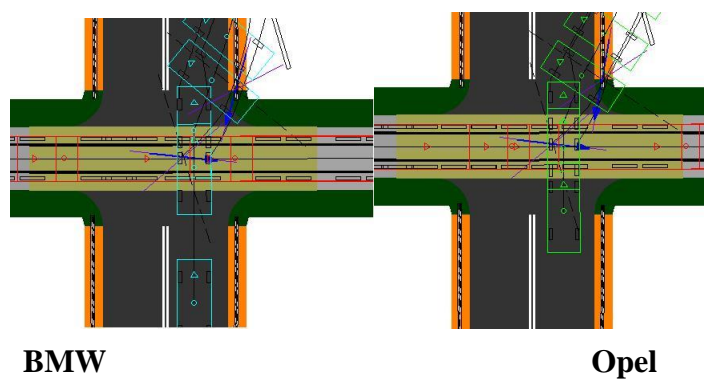
5.1 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 30 km/h



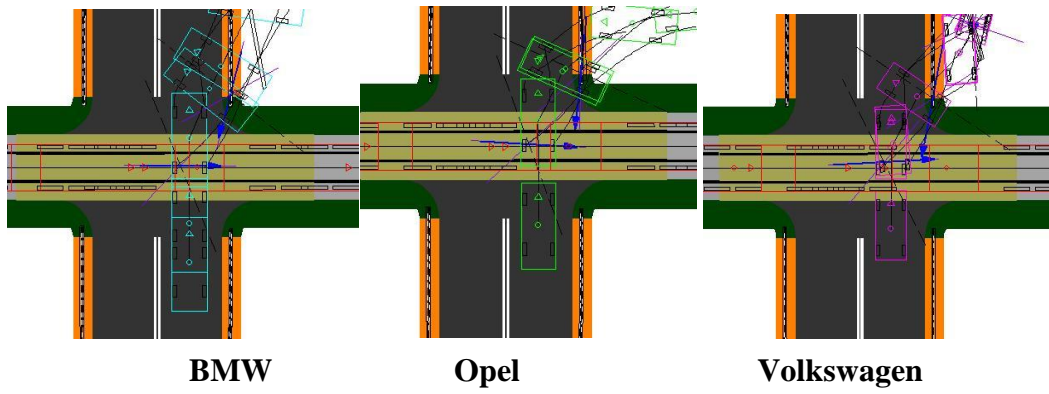
5.2 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 30 km/h



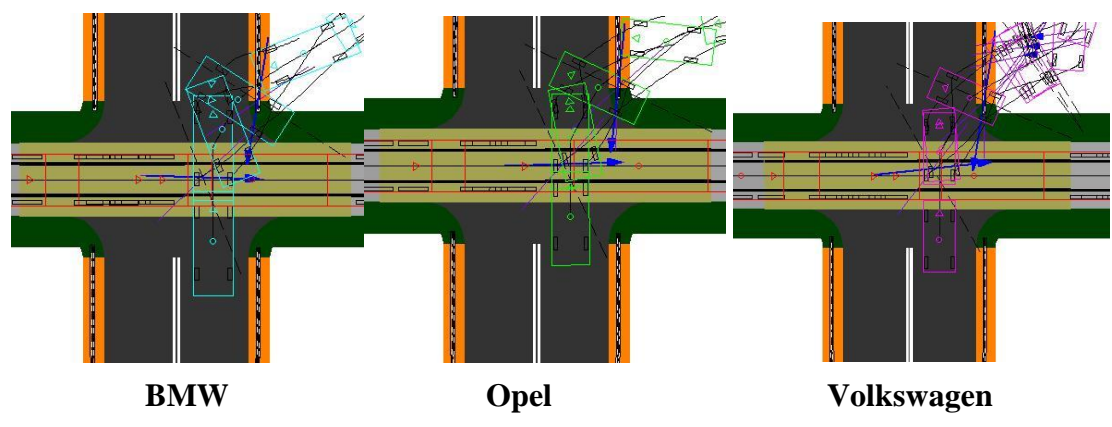
5.3 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 30 km/h



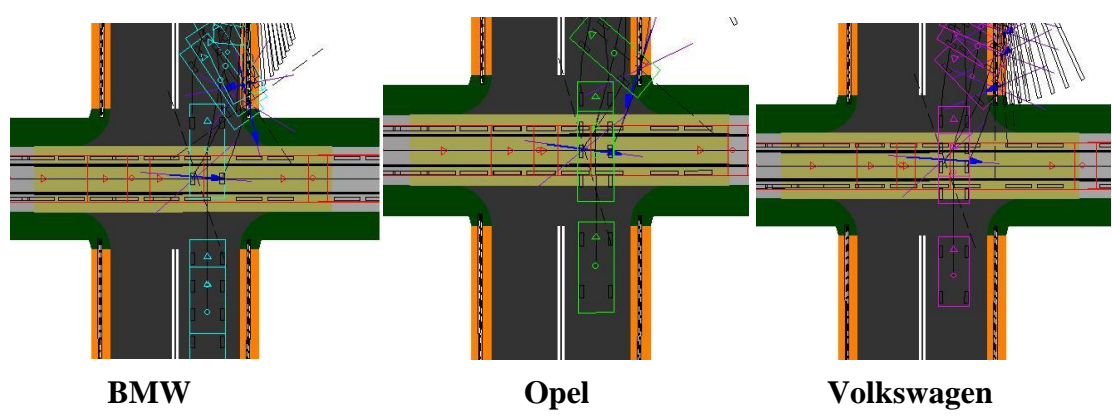
5.4 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo ir automobilių greitis – 50 km/h



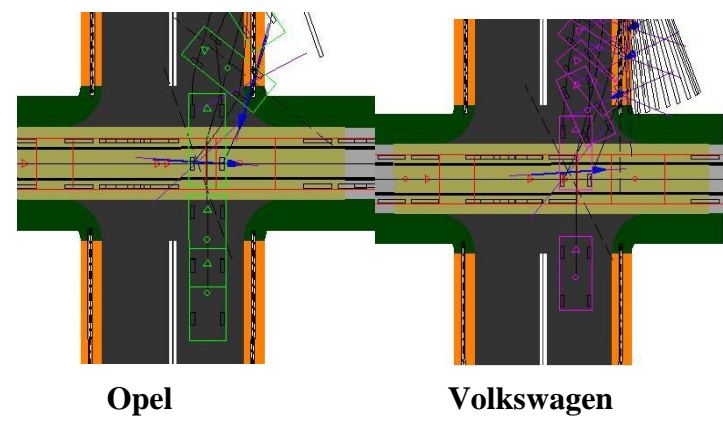
5.5 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 50 km/h



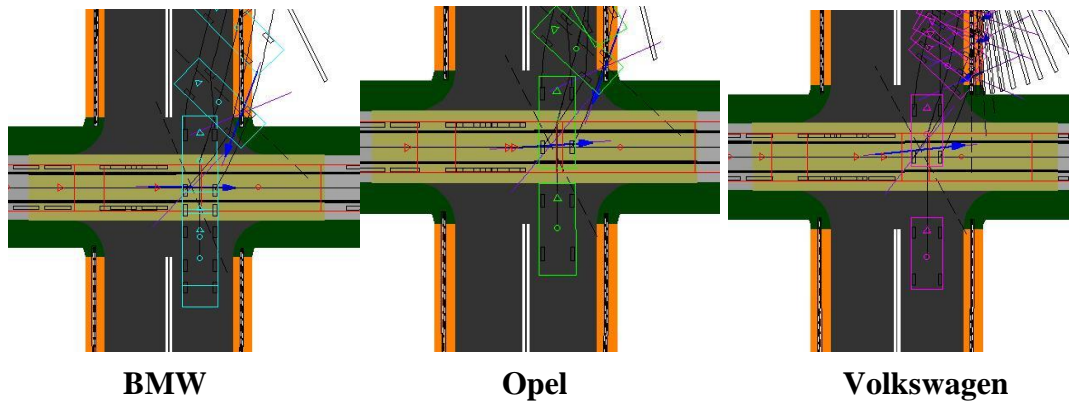
5.6 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 50 km/h



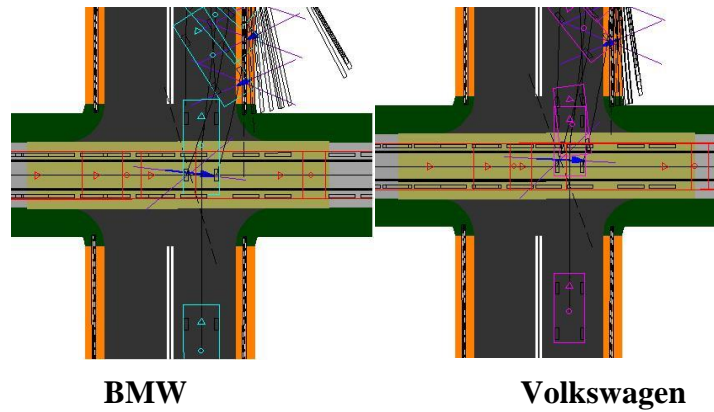
5.7 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 70 km/h



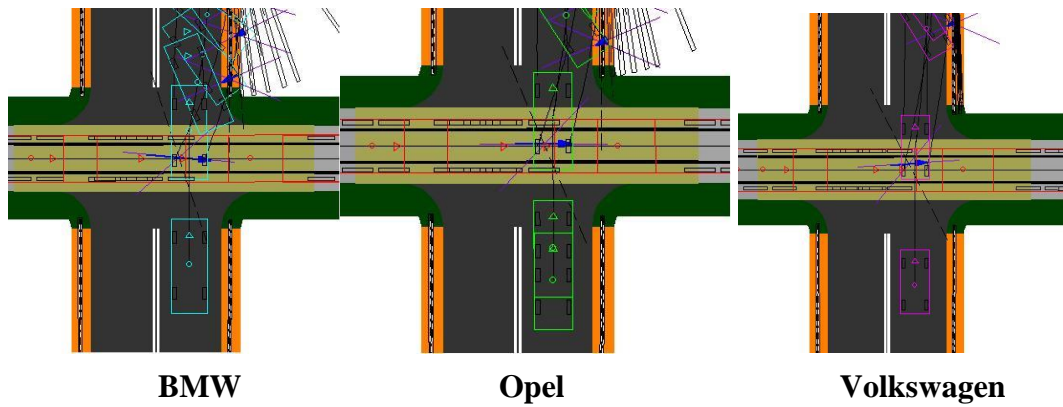
5.8 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 70 km/h



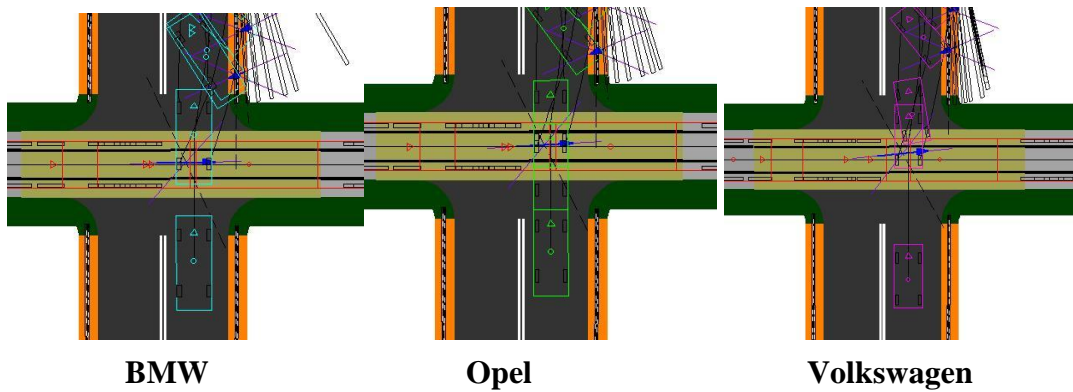
5.9 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo ir automobilių greitis – 70 km/h



5.10 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 90 km/h

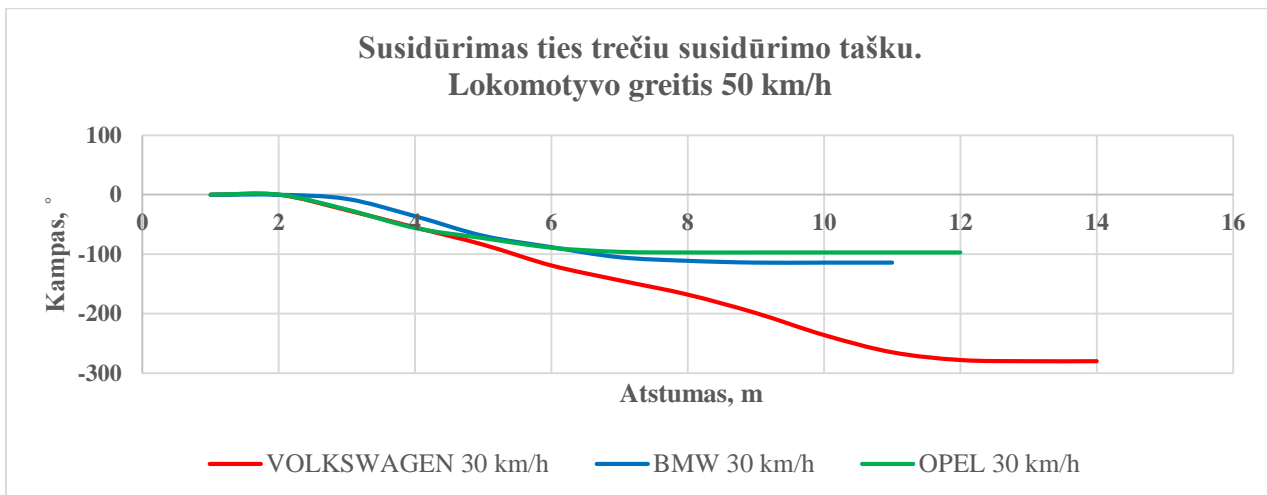


5.11 pav. Susidūrimo schemas. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 90 km/h

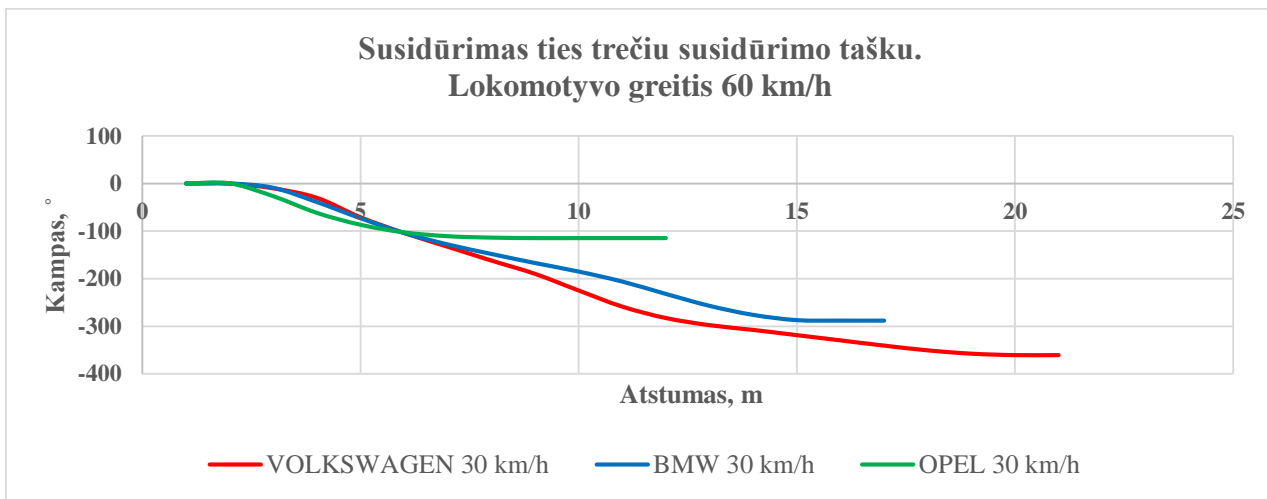


5.12 pav. Susidūrimo schema. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 90 km/h

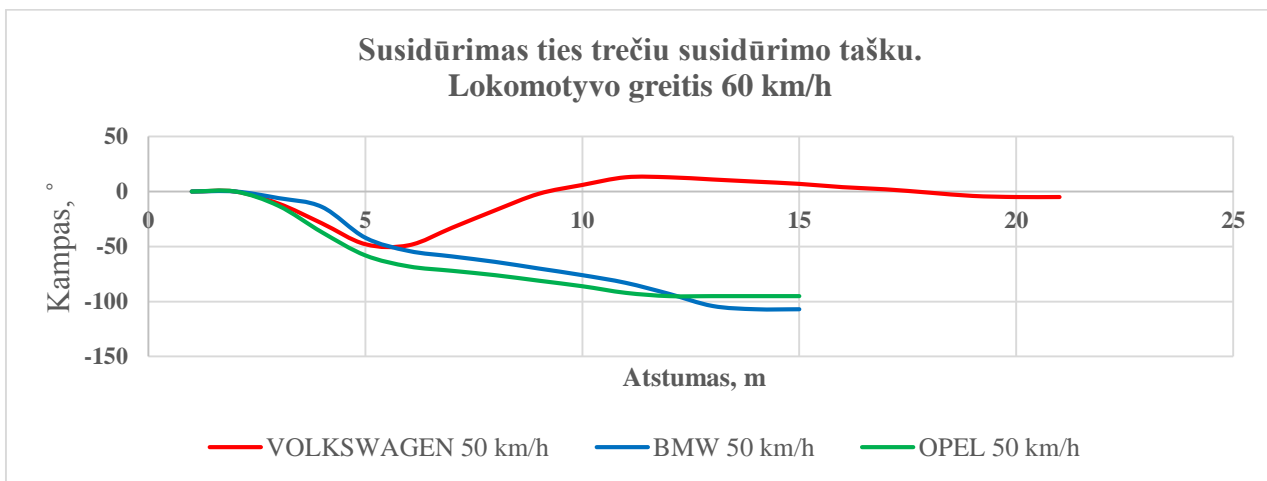
6 Priedas. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų ties trečiu susidūrimo tašku



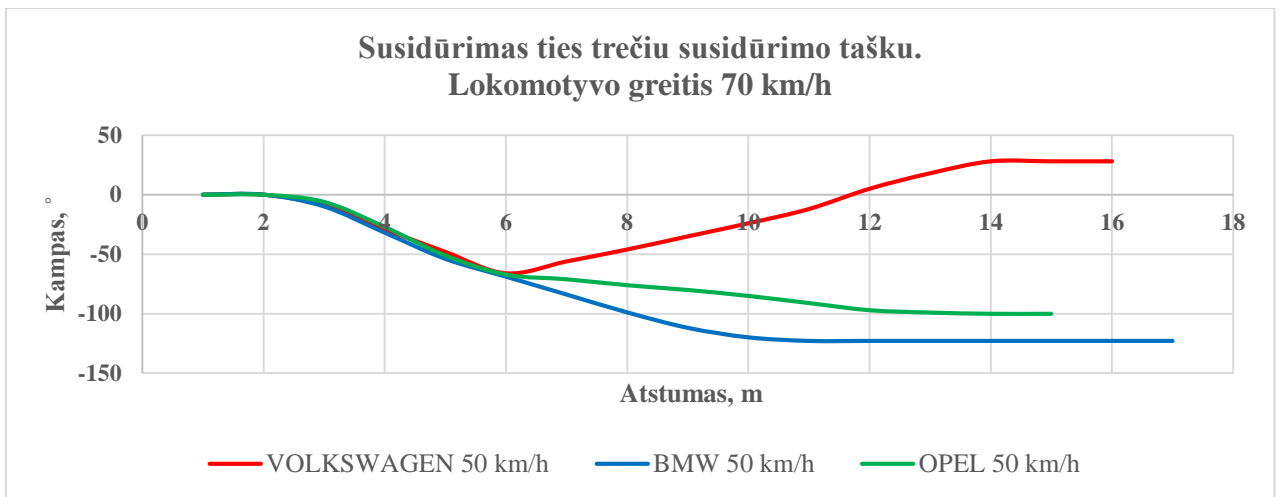
6.1 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 30 km/h



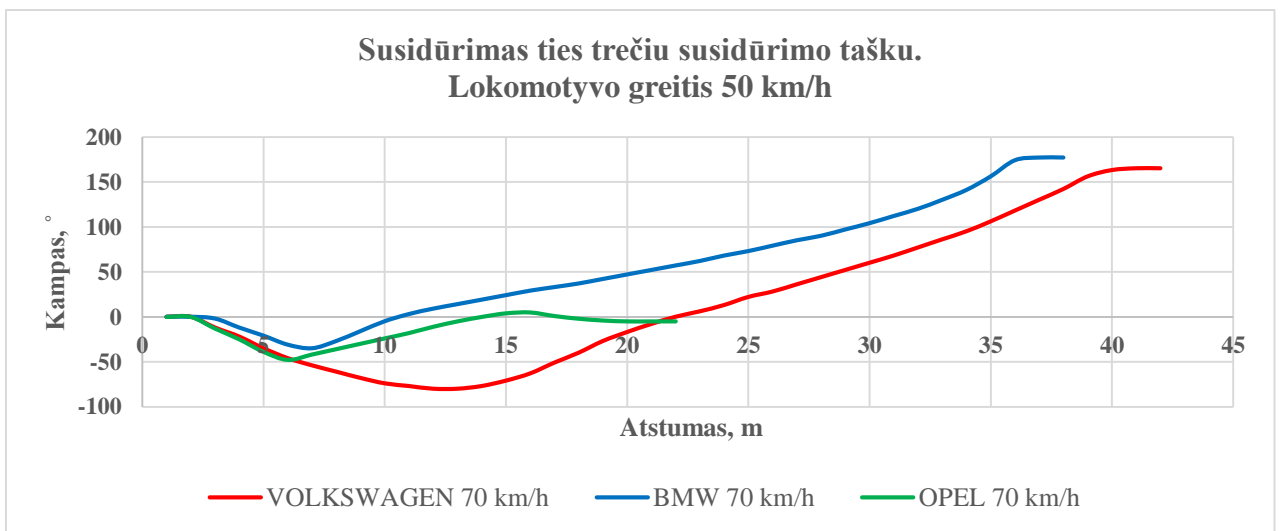
6.2 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 30 km/h



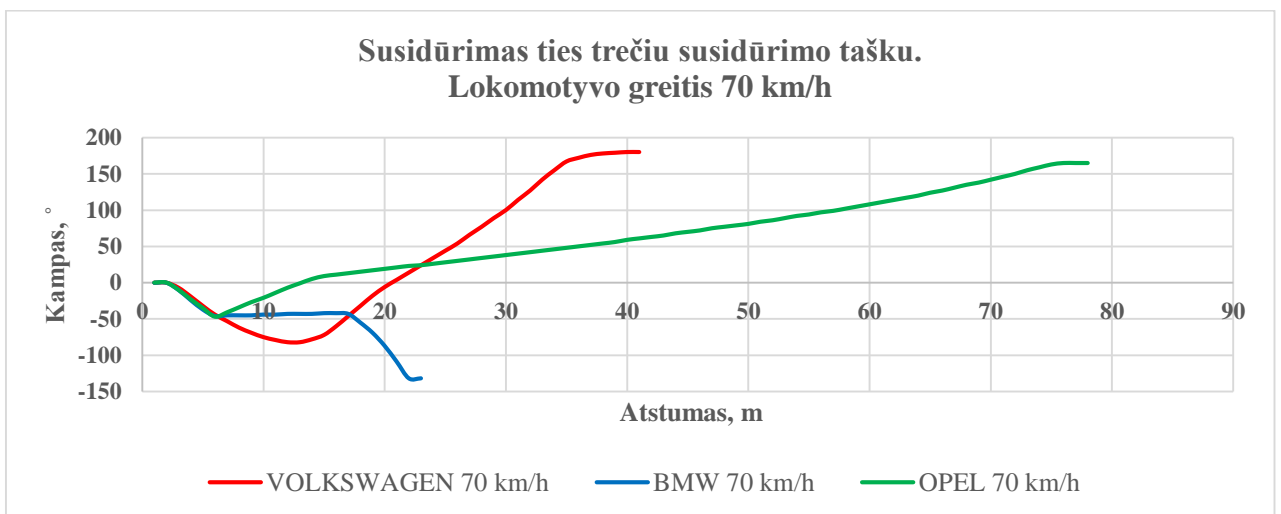
6.3 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 60 km/h, automobilių – 50 km/h



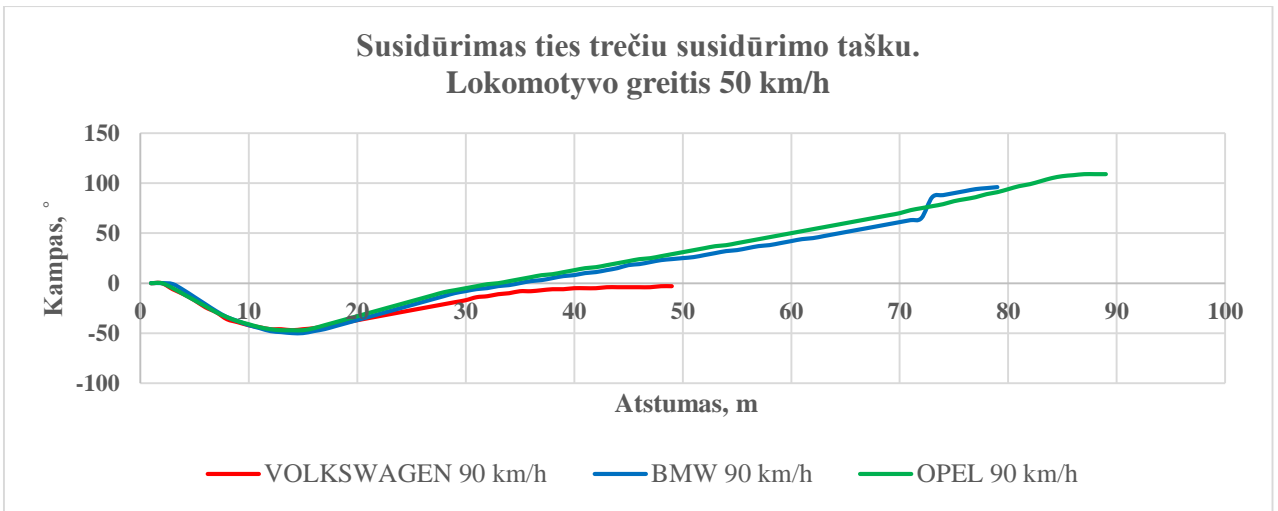
6.4 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 50 km/h



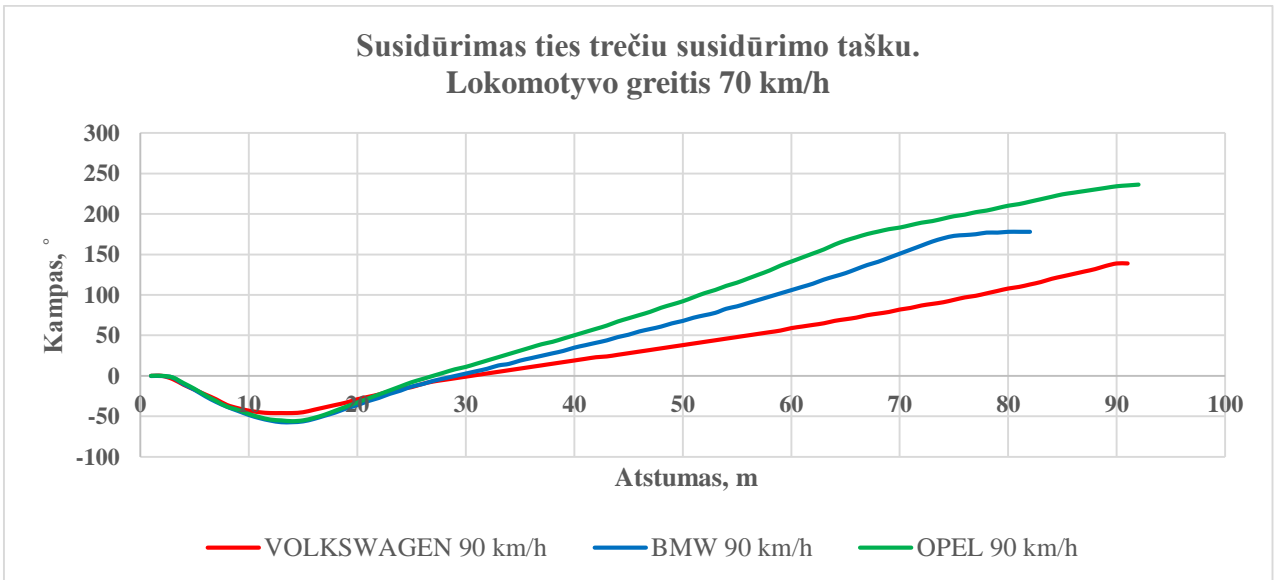
6.5 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 70 km/h



6.6 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis ir automobilių – 70 km/h



6.7 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 50 km/h, automobilių – 90 km/h



6.8 pav. Automobilių judėjimo trajektorijos po susidūrimų. Lokomotyvo greitis – 70 km/h, automobilių – 90 km/h

7 Priedas. Prailgintos pervažos su asfaltbetonio danga sąmata

LOKALINĖ SĄMATA								
Sudaryta pagal 2019.10 kainas								
Statinių grupė Pervažos								
Statinys Prailginta pervaža								
Žiniaraštis Prailginta pervaža su asfaltbetonio danga								
2020.01.17								
Suma žiniaraščiui 11813 EUR								
Sąm. eil.	Darbo kodas	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt.	Kiekis	Kaina (EUR)			
					D.ūžm.	Medžiagos	Mechanizm.	Iš viso
1 Įrengimo darbai								
1	N6-6	Betono pagrindas po pamatais (mažoms apimtims), pervežant betoną karučiais k8=1.03, k9=1.15	m3	6,5	175,12	502,13	0	677,25
2	N27P-24-1	Betono bordiūrų įrengimas ant betono pagrindo, kai bordiūrai 150x300mm k9=1.15	100m	1,28	733,13	1184,76	23,01	1940,9
3	N57P-3103	Išlyginamųjų kelio pagrindo sluoksnių įrengimas, kai pagrindas dolomito skaldos k9=1.15	100m3	0,24	42,16	940,68	198,93	1181,77
4	N27-319	6 cm storio apatinio sluoksnio iš asfaltbetonio įrengimas klotuvu k1=1.15, k2=1.25, k8=1.17, k9=1.15	100m2	1,86	67,88	2096,14	165,83	2329,85
5	N27-282	4 cm storio viršut. dangos sl. iš 0/16S-V ar 0/16-V asfaltbetonio mišinio įrengimas klotuvu, kurio našumas iki 200 t/h k1=1.15, k2=1.25, k8=1.17, k9=1.15	100m2	1,86	64,57	1409,78	146,25	1620,6
Skryjuje 1					1083	6133	534	7750
Viso žiniaraštyje 3					1083	6133	534	7750
Papildomų medžiagų vertė 3.00%					0	184	0	0
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					0	0	16	0
Sezoniniai darbai 15.00% (1083)					162	0	0	0
Specifiniai darbai 17.00%					28	0	0	0
Papildomas darbo užmokestis 8.00%(1083+162+28)					102	0	0	0
Soc.draudimo išlaidos 1.79%(1083+162+28+102)					25	0	0	0
Statinio statybos išlaidos					1400	6317	550	8267
Statybvietės išlaidos 9.00%					0	0	0	744
Iš viso tiesioginės išlaidos					0	0	0	9011
Pridėtinės išlaidos 20.90%(1083+162+28+102)					0	0	0	287
Pelnas 5.00% (9011+287)					0	0	0	465
Iš viso netiesioginės išlaidos					0	0	0	752
Bendra vertė be PVM							9763	
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					0	0	0	2050
Bendra vertė su PVM							11813	

7.1 pav. Prailgintos pervažos su asfaltbetonio danga lokalinė sąmata

MEDŽIAGŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS						
Sudaryta pagal 2019.10 kainas						
Statinių grupė Pervažos						
Statinys Prailginta pervaža						
Žiniaraštis Prailginta pervaža su asfaltbetonio danga						
2020.01.20						
Resurso kodas	Pavadinimas	Mato vnt.	Kaina (EUR)	Kiekis	Vertė (EUR)	
3	BENDROSIOJOS STATYBINĖS MEDŽIAGOS		0	0	0	
572211	Dolomito skalda	m3	28,82	32,64	940,68	
572270	Žvyro skaldele	m3	32,23	0,384	12,38	
Iš viso					0	953,06
8	MEDŽIO GAMINIAI		0	0	0	
534025	Apipjauti tašeliai ir tašai 70mm st. ir daugiau (2 rūš.)	m3	218,35	0,04464	9,75	
Iš viso					0	9,75
10	BETONO IR GELŽBETONIO GAMINIAI		0	0	0	
260369	Betono bordiūrai GB100.15.30-4-F200	vnt	4,92	128	629,76	
Iš viso					0	629,76
11	PUSFABRIKAČIAI		0	0	0	
572214	Viršutinio dangos sluoksnio asfaltbetonis	t	78,68	17,856	1404,91	
572217	Pagrindo sluoksnio asfaltbetonis	t	78,68	26,5794	2091,27	
600004	Cementinis skiedinys	m3	61,11	0,0768	4,69	
600043	Betono mišiniai	m3	76,41	7,04	537,93	
600047	Betono mišiniai C16/20	m3	77,25	6,5	502,13	
Iš viso					0	4540,93
Iš viso					0	6133,5

7.2 pav. Prailgintos pervažos su asfaltbetonio danga medžiagų poreikio žiniaraštis

8 Priedas. Prailgintos pervažos su gelžbetoninių plokščių danga sąmata

LOKALINĖ SĄMATA								
Sudaryta pagal 2019.10 kainas								
Statinių grupė Pervažos								
Statinys Prailginta pervaža								
Žiniaraštis Prailginta pervaža su gelžbetoninių plokščių danga								
2020.01.17						Suma žiniaraščiui 30043 EUR		
Sąm. eil.	Darbo kodas	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt.	Kiekis	Kaina EUR			
					D. užm.	Medžiagos	Mechanizm.	Iš viso
1 Statybų darbai								
1	N6-6	Bordiūrų pagrindo įrengimas iš betono mišinio C16/20 k8=1.03, k9=1.15	m3	6,5	175,12	502,13	0	677,25
2	N27P-24-1	Betono bordiūrų įrengimas ant betono pagrindo, kai bordiūrai 150x300mm k9=1.15	100m	1,28	733,13	646,83	23,01	1402,97
3	N6P-0103	Pagrindų posluoksnių po pamatais įrengimas iš smėlio-žvyro mišinio k8=1.03, k9=1.15	m3	24	425,4	413,04	44,99	883,43
4	R28P-0341	Gelžbetoninių plokščių pervažos dangos įrengimas k8=1.02	10m2	18,6	1710,83	14932,4	319,49	16962,72
Skryjuje 1					3044	16494	387	19925
Viso žiniaraštyje 1					3044	16494	387	19925
Papildomų medžiagų vertė 3.00%					0	495	0	0
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					0	0	12	0
Sezoniniai darbai 15.00% (1334)					200	0	0	0
Specifiniai darbai 17.00%					52	0	0	0
Papildomas darbo užmokestis 8.00%(3044+200+52)					264	0	0	0
					3560	16989	399	20948
Soc. draudimo išlaidos 1.79%(3044+200+52+264)					64	0	0	0
Statinio statybos išlaidos					3624	16989	399	21012
Statybvietės išlaidos 9.00%					0	0	0	1891
Iš viso tiesioginės išlaidos					0	0	0	22903
Pridėtinės išlaidos 20.90%(3044+200+52+264)					0	0	0	744
Pelnas 5.00%(22903+744)					0	0	0	1182
Iš viso netiesioginės išlaidos					0	0	0	1926
						Bendra vertė be PVM		24829
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					0	0	0	5214
						Bendra vertė su PVM		30043

8.1 pav. Prailgintos pervažos su gelžbetoninių plokščių danga lokalinė sąmata

MEDŽIAGŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS					
Sudaryta pagal 2019.10 kainas					
Statinių grupė Pervažos					
Statinys Prailginta pervaža					
Žiniaraštis Prailginta pervaža su gelžbetoninių plokščių danga					
2020.01.20					
Resurso kodas	Pavadinimas	Mato vnt.	Kaina (EUR)	Kiekis	Vertė (EUR)
3	BENDROSIOS STATYBINĖS MEDŽIAGOS		0	0	0
572270	Žvyro skaldele	m3	32,23	0,384	12,38
891	Smėlio-žvyro mišinys	m3	17,21	24	413,04
	Iš viso		0	0	425,42
10	BETONO IR GELŽBETONIO GAMINIAI		0	0	0
260369	Betono bordiūrai GB 100.15.30-4-F200	vnt	4,92	128	629,76
261250	Pervažų gelžbetonio plokštės GPP-3	vnt	351,98	20	7039,6
261250-1	Pervažos plokštės GPP-3-0,5	vnt	197,32	40,00007	7892,8
	Iš viso		0	0	15562,16
11	PUSFABRIKAČIAI		0	0	0
600004	Cementinis skiedinys	m3	61,11	0,0768	4,69
600047	Betono mišiniai C16/20	m3	77,25	6,5	502,13
	Iš viso		0	0	506,82
	Iš viso		0	0	16494,4

8.2 pav. Prailgintos pervažos su gelžbetoninių plokščių danga medžiagų poreikio žiniaraštis

9 Priedas. Prailgintos pervažos su gumos kompozito danga sąmata

LOKALINĖ SĄMATA								
Sudaryta pagal 2019.10 kainas								
Statinių grupė Pervažų sąmatos								
Statinys Prailginta pervaža								
Žiniaraštis Prailginta pervaža su gumos kompozito danga								
2020.01.17						Suma žiniaraščiui 235519 EUR		
Šam. eil.	Darbo kodas	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt.	Kiekis	Kaina (EUR)			
					D.uzm.	Medžiagos	Mechanizm.	Iš viso
1 Darbai								
1	N6-6	Bordžiūrų pagrindo įrengimas iš betono mišinio C16/20 k8=1.03, k9=1.15	m3	6,50	175,12	502,13	0	677,25
2	N27P-24-1	Betono bordžiūrų įrengimas ant betono pagrindo, kai bordžiūrai 150x300mm k9=1.15	100m	1,28	733,13	646,83	23,01	1402,97
3	N28P-0901	Pervažų su guminių plokščių paklotu įrengimas, kai pabėgiai gelžbetoniniai k9=1.15	m	64,00	8916,48	132828,47	16777,77	158522,72
Skyriuje 1					9825	133977	16801	160603
Viso žiniaraštyje 2					9825	133977	16801	160603
Papildomų medžiagų vertė 3.00%					0	4019	0	0
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					0	0	504	0
Sezoniniai darbai 15.00% (9825)					1474	0	0	0
Specifiniai darbai 17.00%					5	0	0	0
Papildomas darbo užmokestis 8.00%(9825+1474+5)					904	0	0	0
Soc.draudimo išlaidos 1.79%(9825+1474+5+904)					12208	137996	17305	167509
Soc.draudimo išlaidos 219					219	0	0	0
Statinio statybos išlaidos					12427	137996	17305	167728
Statybvietės išlaidos 9.00%					0	0	0	15096
Iš viso tiesioginės išlaidos					0	0	0	182824
Pridėtinės išlaidos 20.90%(9825+1474+5+904)					0	0	0	2551
Pelnas 5.00%(182824+2551)					0	0	0	9269
Iš viso netiesioginės išlaidos					0	0	0	11820
					Bendra vertė be PVM			194644
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					0	0	0	40875
					Bendra vertė su PVM			235519

9.1 pav. Prailgintos pervažos su gumos kompozito danga lokalinė sąmata

MEDŽIAGŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS						
Sudaryta pagal 2019.10 kainas						
Statinių grupė Pervažos						
Statinys Prailginta pervaža						
Žiniaraštis Prailginta pervaža su gumos kompozito danga						
2020.01.20						
Resurso kodas	Pavadinimas	Mato vnt.	Kaina (EUR)	Kiekis	Vertė (EUR)	
0			0	0	0	
262124-1	Guminių plokščių paklotas su tvirtinimo elementais (600x1520 mm)	m	386,00	108,00	41688,00	
262124-2	Guminių plokščių paklotas su tvirtinimo elementais (1200x713 mm)	m	365,00	108,00	39420,00	
Iš viso			0	0	81108,00	
3	BENDROSIOS STATYBINĖS MEDŽIAGOS		0	0	0	
260360	Cementas	t	119,61	0,64	76,55	
572270	Žvyro skaldelė	m3	32,23	0,38	12,38	
573005	Granito skalda	m3	53,34	792,32	42262,35	
573017	Smėlio-žvyro mišinys	m3	17,21	102,40	1762,30	
Iš viso			0	0	44113,58	
10	BETONO IR GELŽBETONIO GAMINIAI		0	0	0	
260369	Betono bordžiūrai GB 100.15.30-4-F200	vnt	4,92	128,00	629,76	
260376	Pamatų blokai	m3	142,90	17,28	2469,31	
262120	T formos bordžiūrai	vnt	39,47	128,00	5052,16	
Iš viso			0	0	8151,23	
11	PUSFABRIKAČIAI		0	0	0	
260014	Betonas	m3	76,41	1,28	97,80	
600004	Cementinis skiedinys	m3	61,11	0,08	4,69	
600047	Betono mišiniai C16/20	m3	77,25	6,50	502,13	
Iš viso			0	0	604,62	
Iš viso			0	0	133977,43	

9.2 pav. Prailgintos pervažos su gumos kompozito danga medžiagų poreikio žiniaraštis