

# Pētījums par automobiļu plūsmas braukšanas ātruma ārpus apdzīvotām vietām izmaiņu saistību ar ceļu satiksmes drošību raksturojošiem parametriem



Rīga 2024

Pētījums veikts saskaņā ar 2023. gada 6. marta Ceļu Satiksmes Drošības padomes sēdes lēmumu, protokols Nr. 04.2-05/1, ko apdrošinātāji ceļu satiksmes negadījumu novēršanas pasākumu veikšanai ieskaita Latvijas Transportlīdzekļu apdrošināšanas biroja (LTAB) kontā saskaņā ar Sauszemes transportlīdzekļu īpašnieku civiltiesiskās atbildības obligātās apdrošināšanas likuma 57. panta otro daļu,

Pētījums izstrādāts Rīgas Tehniskajā universitātē.

Darba autori:

Docents Juris Kreicbergs (Automobiļu katedra, Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultāte)

Profesors Juris Smirnovs (Ceļu un tiltu katedra, Būvniecības inženierzinātņu fakultāte)

Pētījuma autori izsaka pateicību LVC Autoceļu kompetences centra Pētniecības vadības un attīstības daļas vadītājam Jānim Barbaram un viņa vadītajam kolektīvam par atsaucību un atbalstu pētījumā izmantoto datu iegūšanā, kā arī CSDD par datubāzes izmantošanu.

## Attēlu saraksts

Attēls 1. LVC mērījumu staciju izvietojums [LVC satiksmes datu vietas] .....	6
Attēls 2. Visas transporta plūsmas braukšanas ātruma kumulatīvā biežuma histogramma [15] .....	8
Attēls 3. Ātruma ierobežojuma izmaiņu ietekme uz vidējo plūsmas braukšanas ātrumu [16]	8
Attēls 4. Stacionāro fotoradaru ietekme uz vidējā braukšanas ātruma izmaiņām [17] .....	9
Attēls 5. Transportlīdzekļu vadītāju skaits, kas pārkāpj noteikto braukšanas ātruma ierobežojumu ne vairākk par 30 km/h [17] .....	9
Attēls 6. Mobilo ātruma mērīšanas fotoradaru ietekme uz vidējo braukšanas ātrumu [18]..	10
Attēls 7. 15 - 59 gadus veca pieaugušā bojā ejas varbūtība [22] .....	11
Attēls 8. Autoceļu satiksmes drošības kritēriju izmaiņas (CSDD datu apkopojums) .....	12
Attēls 9. Vidējā braukšanas ātruma izmaiņas uz Latvijas galvenās šķiras ceļiem 2011. - 2014. g. [28] .....	13
Attēls 10. Negadījumu skaita, bojā gājušo un ievainoto skaita procentuālās izmaiņas 2011. - 2014.g. [28].....	13
Attēls 11. Ceļu satiksmes negadījumu skaita ar cietušajiem un bojāgājušajiem izmaiņas Lietuvas reģionos pēc stacionāro fotoradaru uzstādīšanas [19] .....	14
Attēls 12. Pārvadājumu pašizmaksa pie dažādām vidējā ātruma vērtībām [24] .....	14
Attēls 13. Vidējais braukšanas ātrums visai plūsmai un vieglajiem automobiļiem brīvā plūsmā stacijā #23 uz A3 ceļa.....	16
Attēls 14. Automobiļu daļa plūsmā, kas brauc ar ātrumu līdz 90 km/h visai plūsmai un vieglajiem automobiļiem brīvā plūsmā stacijā #23 uz A3 ceļa .....	16
Tabula 1. Analīzē izmantoto datu ieguves vietas .....	17
Attēls 15. Visas plūsmas vidējā ātruma $v_{vid}$ un vieglajiem automobiļiem brīvā plūsmā salīdzinājums .....	18
Attēls 16. Brīvi braucošo vieglo automobiļu 85% plūsmas ātrums $v_{85}$ un plūsmas daļa, kas ievēro atļauto braukšanas ātrumu 90 km/h.....	18
Attēls 17. Plūsmā brīvi braucošo vieglo automobiļu vidējā ātruma un 85% ātruma izmaiņas	18
Attēls 18. Plūsmas procentuālais īpatsvars, kas nepārsniedz 90 km/h gada mēnešos un nedēļas dienās .....	19
Attēls 19. Brīvā plūsmā braucošo vieglo automobiļu plūsmas daļa, kas nepārsniedz konkrētu ātrumu .....	19
Attēls 20. Ātrums, līdz kādam brauc brīvi braucošo vieglo automobiļu plūsmas procentuālā daļa .....	20
Attēls 21. Ātrums, līdz kādam brauc brīvi braucošo vieglo automobiļu plūsmas procentuālā daļa .....	20
Attēls 22. Bojāgājušo skaits ceļu satiksmes negadījumos Latvijā.....	21
Tabula 2. Korelācija starp ātrumu vērtībām un bojāgājušo skaitu.....	21
Attēls 23. Brīvi braucošo vieglo automobiļu 85% plūsmas ātruma $V_{85}$ ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem .....	22
Attēls 24. Brīvi braucošo vieglo automobiļu vidējā plūsmas ātruma ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem .....	22
Attēls 25. Brīvi braucošo vieglo automobiļu, kas pārsniedz atļauto ātrumu (attēls pa kreisi) un, kas pārsniedz 105 km/h (pa labi) ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem .....	23
Attēls 26. Brīvi braucošo vieglo automobiļu 85% plūsmas ātruma $V_{85}$ ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz A ceļiem .....	23

Attēls 27. Brīvi braucošo vieglo automobiļu vidējā plūsmas ātruma ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem ..... 23

Attēls 28. Brīvi braucošo vieglo automobiļu ātruma vidējās kvadrātiskās novirzes ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu..... 24

## Saturs

Attēlu saraksts .....	3
Pētījumā izmantotie dati .....	6
Autotransporta plūsmas ātruma ietekme uz autoceļu satiksmes drošības līmeni .....	7
Braušanas ātruma samazinājuma pieredze .....	7
Ar braušanas ātruma samazinājumu panāktais autoceļu satiksmes drošības uzlabojums	10
Teorētiskie aspekti.....	10
Praktiskie vidējā braušanas ātruma samazinājuma rezultāti .....	12
Pētījuma metodika .....	15
Automobiļu ātruma analīze atsevišķās plūsmas raksturlielumu mērīšanas vietās un vietu atlase ātrumu analīzei .....	16
Ceļu satiksmes negadījumos bojāgājušo skaits no 2011. līdz 2023. gadam.....	21
Braušanas ātruma ietekme uz ceļu satiksmes negadījumos bojā gājušo skaita izmaiņām	21
Secinājumi .....	24
Izmantotās literatūras saraksts .....	25

## Pētījumā izmantotie dati

Pētījumā izmantoti VSIA Latvijas Valsts Ceļi (LVC) 45 automātiskajās satiksmes uzskaites stacijās iegūtā informācija par laika periodu 2011. - 2023. g. Šo mērījumu gaitā tiek iegūti dati par katra transportlīdzekļa braukšanas ātrumu, virzienu un braukšanas joslu, laiks no iepriekšējā transportlīdzekļa, transportlīdzekļa tips un garums. Kopumā analīzes gaitā apstrādāti vairāk nekā 190 000 000 satiksmes plūsmas ieraksta dati. Mērījumu staciju izvietojums atainots 1. attēlā.



Attēls 1. LVC mērījumu staciju izvietojums [LVC satiksmes datu vietas]

Dati par ceļu satiksmes negadījumiem iegūti CSDD apkoptiem un publicētiem tabulā “CSNg bojā gājušo un ievainoto skaits gada mēnešos” Iekšlietu ministrijas datubāzes datiem.

# Autotransporta plūsmas ātruma ietekme uz autoceļu satiksmes drošības līmeni

## Braukšanas ātruma samazinājuma pieredze

Autotransporta plūsmas braukšanas ātrums ir nozīmīgs transporta sistēmu raksturojošs kritērijs. Tas ietekmē gan iespēju tikt iesaistītam ceļu satiksmes negadījumā, gan traumu smagumu avārijā [1]. Par to liecina Eiropas Komisijas veiktais datu apkopojums [2], kurā norādīts, ka:

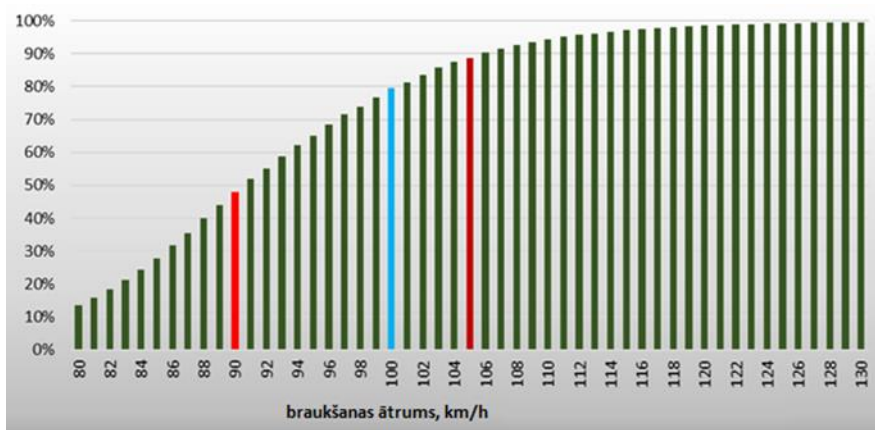
- Apmēram 30% ceļu satiksmes negadījumu cēlonis, kuros gājuši bojā satiksmes dalībnieki, ir bijis pārmērīgs vai neatbilstošs braukšanas ātrums.
- 67% eiropiešu atzīst, ka pēdējo 30 dienu laikā ir pārsnieguši braukšanas ātrumu uz autoceļiem ārpus apdzīvotajām vietām.
- Statistiski noteiktā bojāejas varbūtība gājējam, kuru notriec automašīna, kas brauc ar ātrumu 65 km/h, ir četras reizes lielāka salīdzinot ar sadursmi pie 50 km/h.
- Samazinot vidējo ātrumu uz visiem ES ceļiem par 1 km/h, gada laikā varētu izglābt vairāk nekā 2000 dzīvību.

Vairākumā pasaules valstu ceļu satiksmes noteikumi definē noteiktus braukšanas ātruma ierobežojumus. Piemēram, apdzīvotajās vietās ES [3, 4] un Šveicē [5] braukšanas ātruma ierobežojums ir definēts 50 km/h. To noteikšanas politika balstās uz 1968. gadā 8. novembrī Vīnē pieņemto Konvenciju par ceļu satiksmi [6]. Arī Latvija Vīnes konvencijai pievienojās 1993. gadā 19. oktobrī [7].

Transportlīdzekļu vadītāju ātruma izvēli ietekmē vairāki faktori. Pētījumos plaši analizēti autoceļa ģeometriskie parametru un ceļa segas stāvokļa ietekme [8,9], klimatiskie apstākļi [10, 11], transportlīdzekļu konstrukcija un to tehniskais stāvoklis [12,13], transporta plūsmas intensitāte un sastāvs [14], transportlīdzekļa vadītāju pieredze, noteiktie braukšanas ātruma ierobežojumi, ātruma fiksācijas iekārtu klātesamība u.c.

Latvijā veiktie pētījumi par braukšanas ātruma vērtībām uz valsts galvenās šķiras ceļiem apliecina, ka apstākļos, kad transportlīdzekļu vadītāju braukšanas ātrums netiek kontrolēts, vidējais plūsmas ātrums pārsniedz noteikto ātruma ierobežojuma vērtību [15]. Zemāk dotais kumulatīvā biežuma grafiks ataino, ka Latvijā noteikto braukšanas ātruma ierobežojumu 90 km/h ievēro nedaudz mazāk par 50% transportlīdzekļu vadītāju (sk.2. attēlu). 80% braucēju nepārsniedz 100 km/h robežu, bet nedaudz mazāk par 90% braucēju nepārsniedz 105 km/h. Tas ļauj secināt, ka vismaz 10% transporta plūsmas dalībnieku brauc ar ātrumu, kas pārsniedz 105 km/h.

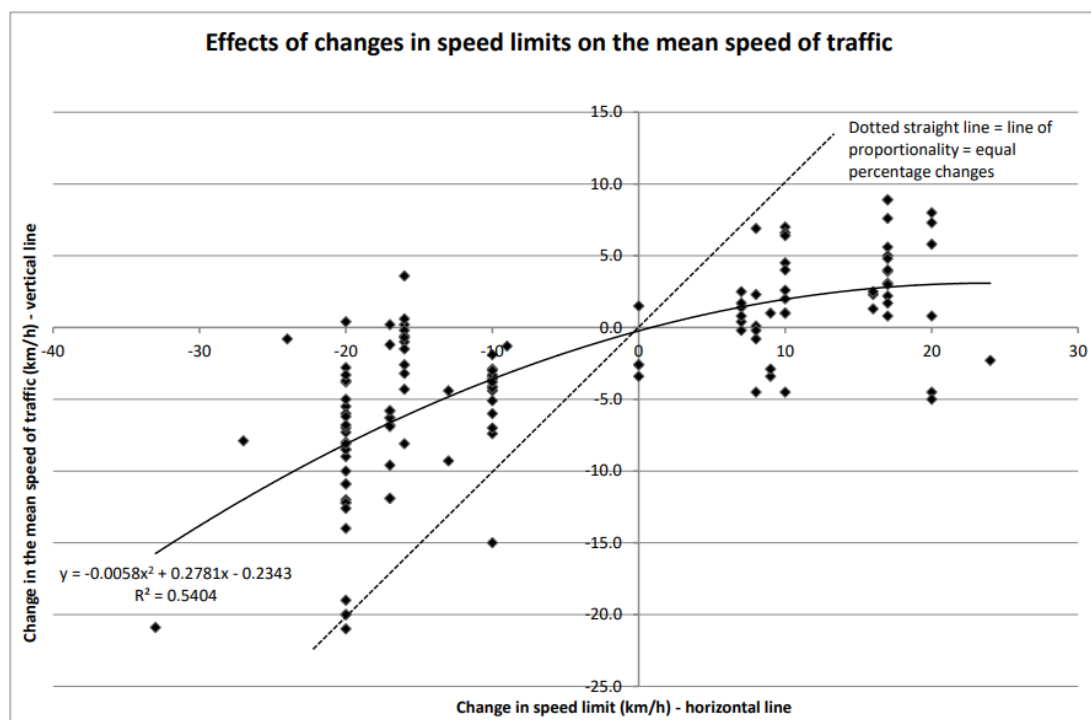




Attēls 2. Visas transporta plūsmas braukšanas ātruma kumulatīvā biežuma histogramma [15]

Minētie argumenti skaidri norāda, ka viens no autoceļu satiksmes uzlabošanas pasākumiem ir saistāms gan ar braukšanas ātruma gan ar ātruma izkliedes diapazona samazināšanu. Lai arī šķiet, ka vidējā plūsmas ātruma samazinājums par dažiem kilometriem stundā maz ko varētu izmainīt, tomēr, jāatceras, ka jau 2012. gadā Rūne Elviks savā publikācijā [16] secinājis, ka vidējā ātruma pazemināšana pat tik nelielās robežās kā par 2 km/h līdz 3 km/h būtiski ietekmē satiksmes drošības līmeni. Pasaules Veselības organizācijas 2017. gada atskaitē “Managing Speed” [21] sniegta atziņa, ka “vidējā ātruma samazinājums par 5 % var samazināt ceļu satiksmes negadījumu skaitu ar bojāgājušajiem par 30 %”.

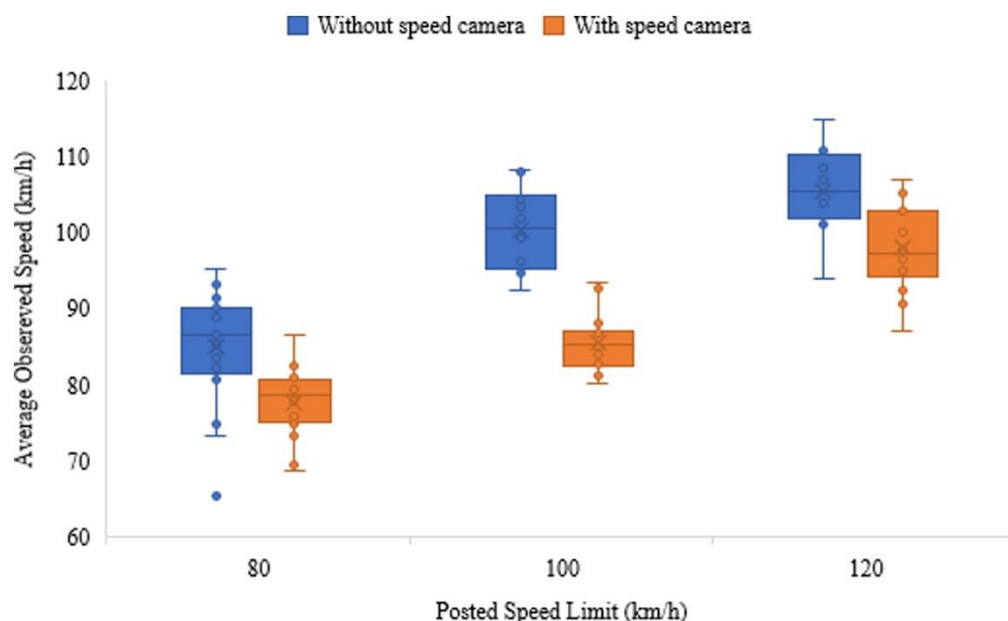
Pētījums [16] parādīja (sk. 3. attēlu), ka, bez papildus pasākumiem, kas kontrolē ierobežojumu ievērošanu, plūsmas vidējā ātruma reālās izmaiņas nesakrīt ar noteiktajām ātruma ierobežojuma izmaiņām.



Attēls 3. Ātruma ierobežojuma izmaiņu ietekme uz vidējo plūsmas braukšanas ātrumu [16]

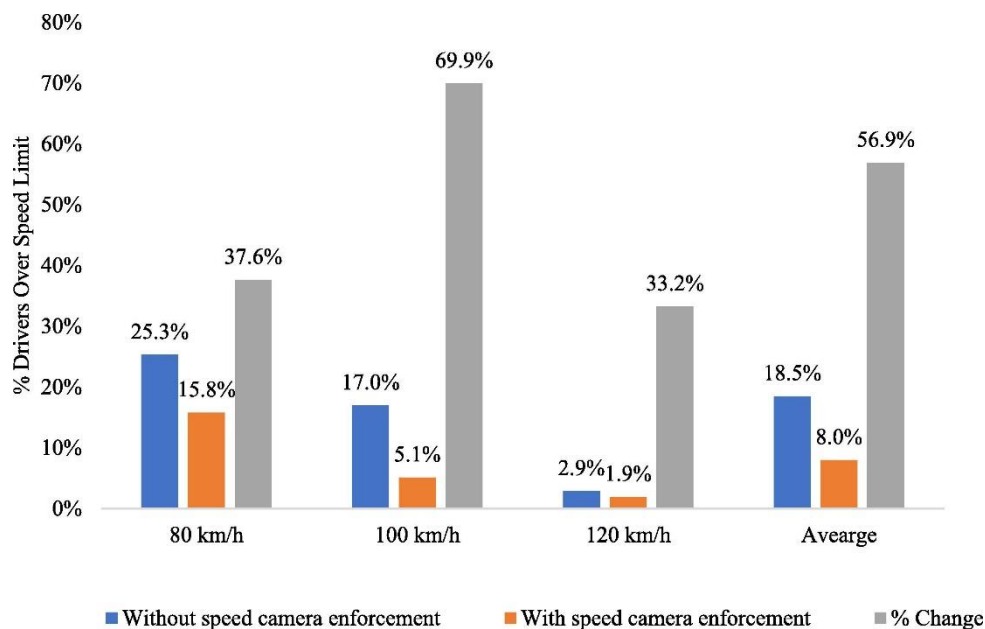


Līdzīga situācija vērojama arī no Rietumeiropas valstīm atšķirīgajā Katarā [17] (sk. 5.attēlu), kur skaidri vērojama ātruma fotoradaru ietekme.



Attēls 4. Stacionāro fotoradaru ietekme uz vidējā braukšanas ātruma izmaiņām [17]

Līdz ar to svarīga ir braukšanas ātruma režīma pastāvīga kontrole. Pēdējos gados aizvien plašāk tiek izmantoti gan stacionārie gan mobilie ātruma mērīšanas radari. To lietojuma pieredzes analīze [17, 18, 19] norāda uz iespēju būtiski samazināt noteiktā braukšanas ātruma pārkāpēju skaitu (sk. 5.attēlu).

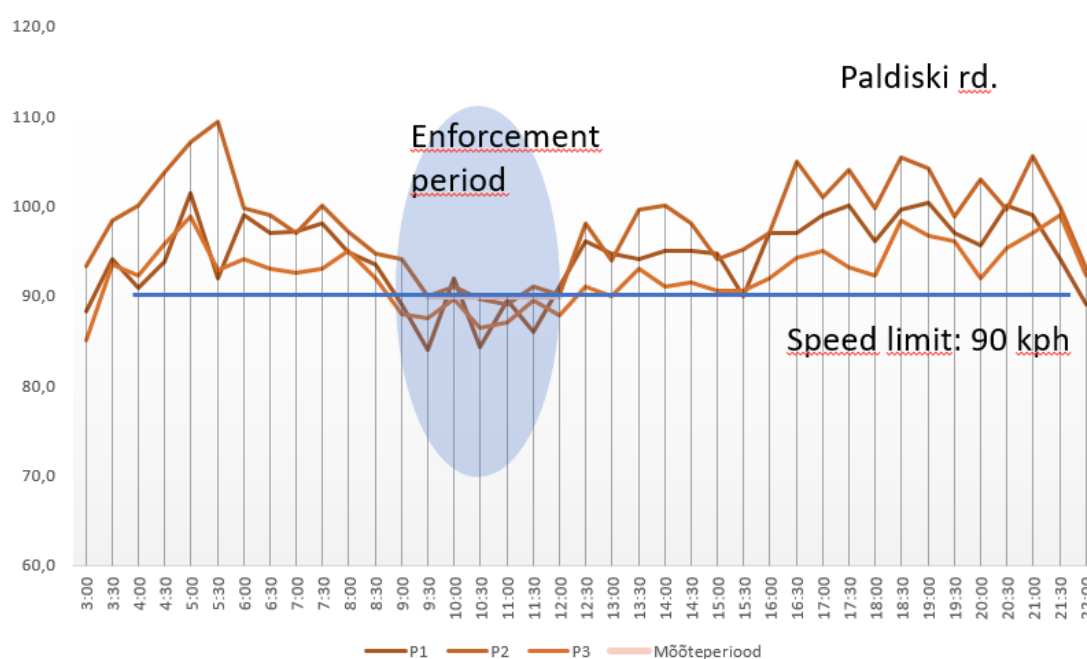


Attēls 5. Transportlīdzekļu vadītāju skaits, kas pārkāpj noteikto braukšanas ātruma ierobežojumu ne vairāk par 30 km/h [17]

Kā redzam, tad braukšanas ātruma stacionāro mēriekārtu klātbūtne būtiski samazina pārkāpēju skaitu un līdz ar to samazinās arī transporta plūsmas vidējais braukšanas ātrums.

Līdzīgi rezultāti tiek sasniegti ar mobilajiem ātruma mērīšanas fotoradariem. Igaunijā veiktie pētījumi [18] skaidri parāda kontroliekārtu ietekmi uz vidējo transporta plūsmas braukšanas ātrumu (sk.6.attēlu). Svarīgs ir jautājums minēto braukšanas ātruma mēriekārtu ietekmes zonu. Igaunijas pētījumu rezultāti ļāvuši secināt, ka mobilā fotoradara ietekme iedalāma 3 zonās:

- Pirmā zona, kurā vērojamas braukšanas ātruma izmaiņas, sākas apmēram 200..300 metrus pirms fotoradara,
- Otrā zona ir tieši mērierīces izvietojuma tuvumā,
- Trešā zona stiepjas aptuveni 200 metrus aiz mērījuma vietas, bet iepriekšējā braukšanas ātruma transportlīdzekļu vadītāji atgriežas posmā, kas sniedzas vismaz 1 km attālumā aiz mēriekārtas.



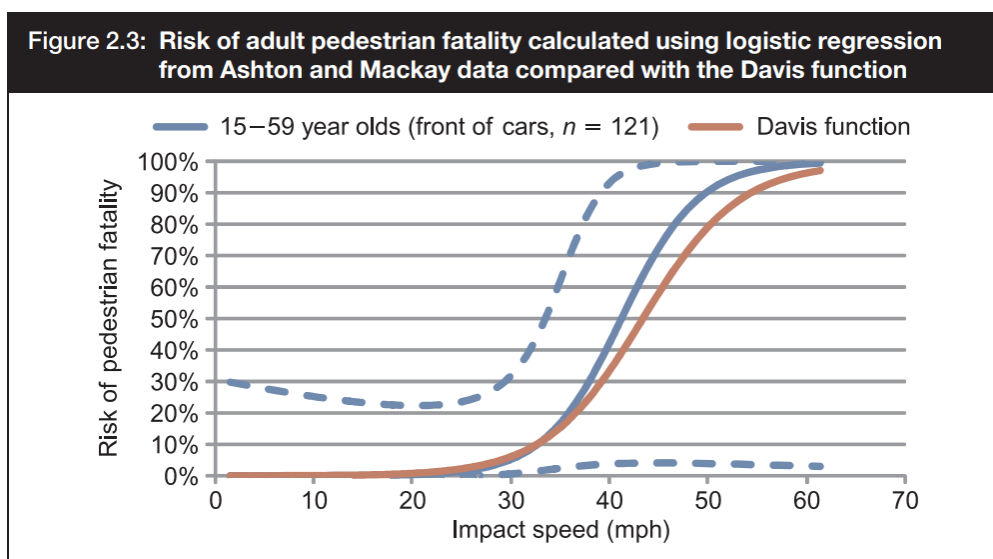
Attēls 6. Mobilo ātruma mērīšanas fotoradaru ietekme uz vidējo braukšanas ātrumu [18]

Ar braukšanas ātruma samazinājumu panāktais autoceļu satiksmes drošības uzlabojums

#### Teorētiskie aspekti

Dažādās valstīs veikti pētījumi par sadursmes ātruma ietekmi uz ceļu satiksmes negadījuma seku smaguma pakāpi ļāvuši iegūt sadalījuma funkciju, kas ļauj šo sakarību atainot grafiski. Ātrums ietekmē negadījuma smaguma pakāpi, jo transportlīdzekļa kinētiskā enerģija ir proporcionāla ātruma kvadrātam ( $v^2$ ). Tāpēc, palielinoties ātrumam, konfliktsituācijas brīdī transportlīdzekļa vadītājam atliek mazāk laika, lai izvairīties no sadursmes. Pie lielāka ātruma, saduroties ar citu transportlīdzekli, satiksmes dalībnieku vai šķērslī, izdalās vairāk enerģijas.

Daļa šīs enerģijas jāuzņem cilvēka ķermenim, kas noved pie smagākām negadījuma sekām. Šo fenomenu uzskatāmi ilustrē, piemēram, pētījumā [22] pieminētie grafiki, kuros redzams kā mainās gājēja bojāejas sadalījuma funkcija, palielinoties sadursmes ātrumam (sk. 7. attēlu).



Attēls 7. 15 - 59 gadus veca pieaugušā bojā ejas varbūtība [22]

Matemātisko modeli, kas ļauj prognozēt ceļu satiksmes negadījumu skaitu mainoties vidējam braukšanas ātrumam izveidoja Göran Nilsson Lundas universitātē Zviedrijā, kur 2004. gadā viņš izstrādāja un aizstāvēja doktora disertāciju [23], kurā braukšanas ātruma izmaiņas un ceļa satiksmes negadījumu seku smaguma savstarpējo sasaisti apraksta izmantojot šobrīd pasaulē labi pazīstamo “power model”. Tā būtība ir sekojoša:

$$CSNg_{CIETUŠIE\ 2} = CSNg_{CIETUŠIE\ 1} \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 \quad (1)$$

Kur  $CSNg_{CIETUŠIE\ 2}$  – ceļu satiksmes negadījumu skaits ar cietušajiem pēc ātruma izmaiņām, CSNg;

$CSNg_{CIETUŠIE\ 1}$  – ceļu satiksmes negadījumu skaits ar cietušajiem pirms ātruma izmaiņām, CSNg;

$v_1$  – ātrums pirms izmaiņām, km/h;

$v_2$  – ātrums pēc izmaiņām, km/h.

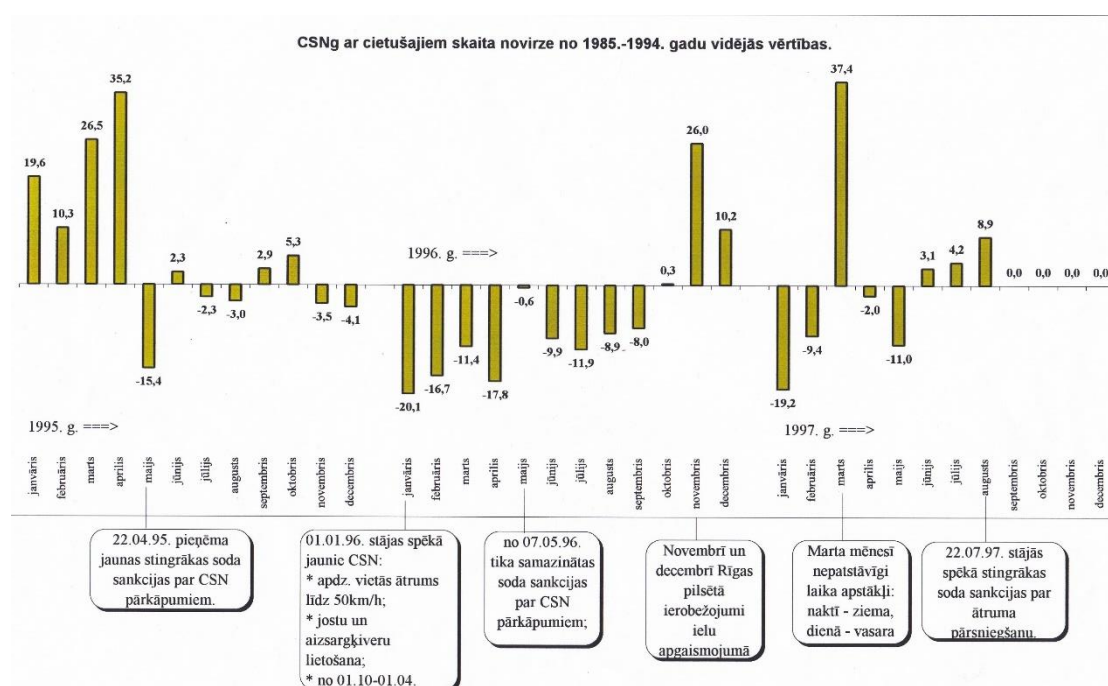
Ja tiek apskatīts negadījumu skaits ar smagi cietušajiem, tad vienādojumā (1) tiek izmantots kāpinātājs ar skaitlisko vērtību 3, bet gadījumā, ja tiek analizēti negadījumi ar bojā gājušajiem, tad kāpinātāja vērtība ir jau 4. Tūlīt pēc šī matemātiskā modeļa izstrādes Norvēģijas Transporta ekonomikas institūtā tika veikta tā aprobācija un reizē arī pārbaude [9], kura gaitā zinātnieki secināja, ka: “Vairākas citas matemātiskas funkcijas var raksturot mijiedarbību starp ātrumu un ceļu satiksmes drošību, taču “kāpinātāja modeļa” vispārīgums un vienkāršība padara to pārāku par citiem modeļiem. Tomēr modelis ne vienmēr ir derīgs ārpus šajā pētījumā konstatētā ātruma diapazona (no aptuveni 25 km/h līdz aptuveni 120 km/h).”.

Dotais vienādojums (1) norāda, ka, samazinot ātrumu, no statistiskā viedokļa raugoties, ir prognozējams smago ceļa satiksmes negadījumu skaita samazinājums. Ātruma ierobežojumu

mērķis ir sniegt informāciju autovadītājiem par drošu braukšanas ātrumu konkrētajos apstākļos.

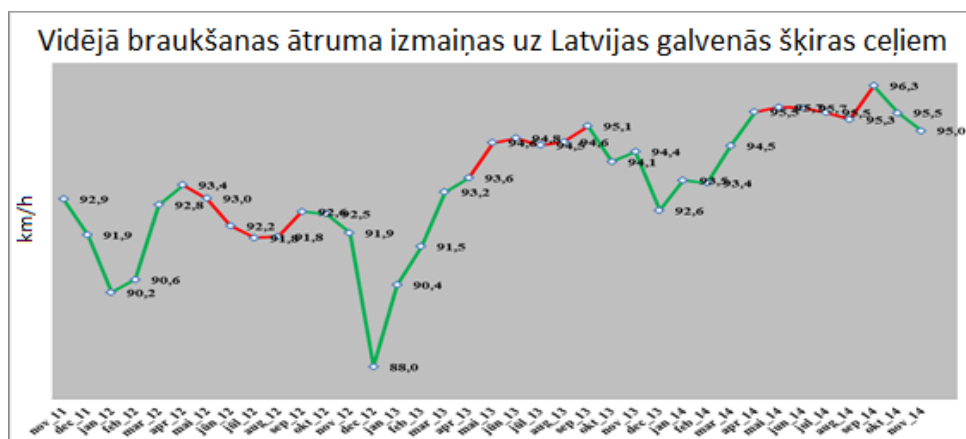
### Praktiskie vidējā braukšanas ātruma samazinājuma rezultāti

Statistikas dati, kas ataino Latvijas situāciju laika periodā no 1985. gada līdz 1994. gadam liecina, ka būtisku ietekmi uz autoceļu satiksmes drošības rādītājiem atstāj vesela rinda faktoru (sk.8.attēlu). Dotais grafiks norāda, ka par būtiskākajiem minētajā laika periodā uzskatāmi likumdošanas aktu izmaiņas, klimatiskie apstākļi un redzamības pasliktināšanās (sk.8.attēlā 1996.gada sadaļu “Novembrī un decembrī Rīgas pilsētā ierobežojumi ielu apgaismojumā”)

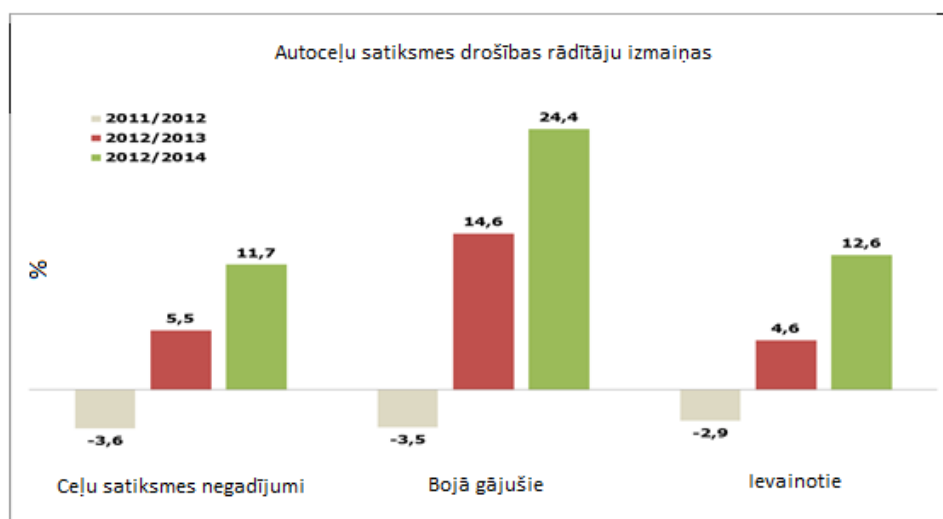


Attēls 8. Autoceļu satiksmes drošības kritēriju izmaiņas (CSDD datu apkopojums)

Latvijā jau 2011. gadā sāka uzstādīt stacionāros fotoradarus. Vienlaikus tika izmantoti arī mobilie fotoradari. To izmantošanas rezultātā laika gaitā no 2011. gada novembra līdz 2012. gada decembrim, kad fotoradari tika demontēti, kopumā vidējais braukšanas ātrums uz galvenās šķiras ceļiem samazinājās (sk.9. attēlu). Pēc to novākšanas vidējā braukšanas ātruma skaitliskā vērtība palielinās, kas 2013.g un 2014. gadā rezultējās ceļu satiksmes negadījumos cietušo skaita pieaugumā (sk.10. attēlu)

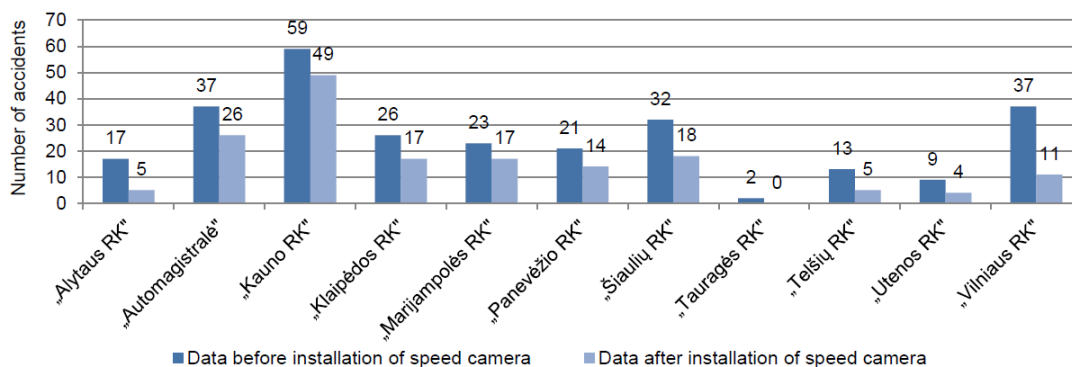


Attēls 9. Vidējā braukšanas ātruma izmaiņas uz Latvijas galvenās šķiras ceļiem 2011. - 2014. g. [28]



Attēls 10. Negadījumu skaita, bojā gājušo un ievainoto skaita procentuālās izmaiņas 2011. - 2014.g. [28]

Ar braukšanas ātruma mēriekārtu palīdzību sasniegtais braukšanas ātruma samazinājums ļauj uzlabot satiksmes drošības līmeni. To apstiprina arī Lietuvas pieredze. Pētījumā [19] norādīts, ka pēc stacionāro fotoradaru uzstādīšanas ceļu satiksmes negadījumu smaguma pakāpe ievērojami samazinājusies, par to liecina sekojoši statistikas dati: ceļu satiksmes negadījumu skaits ar cietušajiem un bojāgājušajiem samazinājies par 32%, cietušo skaits samazinājies par 36%, savukārt bojā gājušo skaits samazinājās par 33% ( sk. 11. attēlu)



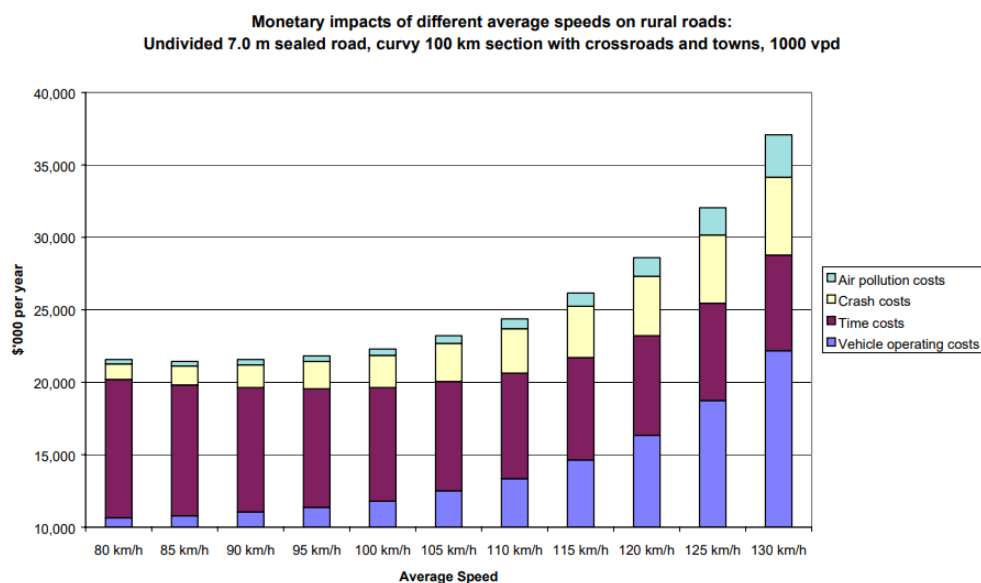
Attēls 11. Ceļu satiksmes negadījumu skaita ar cietušajiem un bojāgājušajiem izmaiņas Lietuvas reģionos pēc stacionāro fotoradaru uzstādīšanas [19]

Līdzīgi rezultāti iegūti [20], kur analizējot 16 valstīs veiktos pētījumus par braukšanas ātruma ietekmi uz satiksmes drošības līmeni, secināts, ka ceļu posmos, kuros bija uzstādīti stacionārie fotoradari, ceļu satiksmes negadījumu skaits ar cietušajiem ir samazinājies par 20–25 %.

Austrālijā veiktie pētījumi par optimālo braukšanas ātruma ierobežojuma skaitlisko vērtību norādīja, ka ārpus apdzīvotajām vietām atkarībā no divjoslu autoceļa ģeometriskajiem parametriem braukšanas ātruma optimālās vērtības, pie kurām pārvadājumu pašizmaksa ir viszemākā, atrodas robežās no 85 km/h līdz 105 km/h (sk. 12.attēlu).

ASV autosatiksmes drošības psiholoģisko aspektu pētnieks L.Evans savā darbā “Traffic Safety” [27] norāda, ka bieži vien ceļu satiksmes negadījumi notiek vietās, kur transportlīdzekļu braukšanas ātrums tiek strauji mainīts. Šī atziņa sasaucas ar G.Nilssona [23] izstrādātā kāpinātāja modeļa pamatnostādņēm.

Līdz ar to dotā pētījuma mērķis ir analizēt plūsmas braukšanas ātruma izmaiņu ietekmi uz autoceļu satiksmes drošības kritērijiem.



Attēls 12. Pārvadājumu pašizmaksa pie dažādām vidējā ātruma vērtībām [24]

## Pētījuma metodika

Darba gaitā apstrādāti vairāk nekā 190 000 000 satiksmes plūsmas ieraksta datu, ko veikusi Valsts sabiedrība ar ierobežotu atbildību Latvijas Valsts ceļi (LVC) laika periodā no 2011. gada rudens līdz 2023. gada beigām. Dati apstrādāti uz CSDD servera, pielietojot SQL pieprasījumus liela apjoma datiem. Dati analizēti 45 ātruma un satiksmes plūsmas mērīšanas stacijām, kas atrodas uz valsts galvenā šķiras un pirmās šķiras ceļiem.

Pētījuma gaitā analizēta informācija par katru no LVC mērījumu stacijām. Iegūtie rezultāti apkopoti pētījuma atskaites elektroniskā pielikumā.

Konstatēts, ka dažādu iemeslu dēļ mērīšanas periodi stacijās atšķirīgi. Analizētas plūsmas datu ieguves atšķirības mērīšanas stacijās. Izstrādāts un realizēts algoritms datu atlasēi, kas ļauj atlasīt pilnvērtīgus un nenobīdītus satiksmes plūsmas mērījumu datus. Mērījumi stacijās atšķirās pēc mērīšanas ilguma - no 10 minūtēm stundā līdz nepārtrauktai mērīšanai).

Lai izmantotu pēc iespējas vairāk mērījumus un, lai dažādie mērīšanas ilgumi neradītu datu nobīdi, no katras stundas mērījumiem aprēķināts kopējais skaits ar mērīto ātrumu, reizinot mērījumu skaitu ar seši un dalot ar mērīto 10 minūšu periodu skaitu.

Lai nobīdi neradītu dienas, kad mērījumi nav veikti visā dienas garumā, atlasīti mērījumi dienās, kad laika periodā pēc pulkstens sešiem mērījumi ir veikti vismaz 16 stundas. Atlasē nav ievērotas nakts stundas, jo dati neļauj atšķirt laiku, kad nav veikti mērījumi no 10 minūšu periodiem, kad nav reģistrēta transportlīdzekļu kustība.

Datu apstrādes secība:

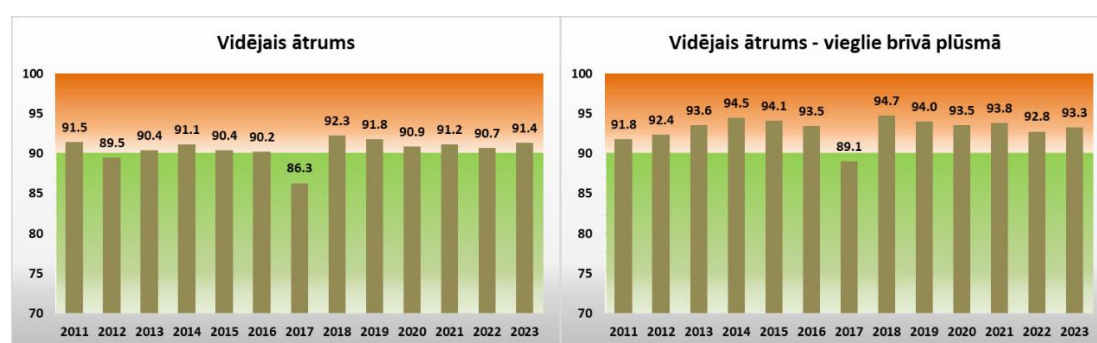
1. Apstrādāti un analizēti ar izstrādāto algoritmu un programmatūru atlasītie dati.
2. Izveidota datu apstrādes rezultātu Excel vizualizācija, kura ietver informāciju par
  - autotransporta plūsmas daļu, kas brauc ar ātrumu, kas nepārsniedz atļauto braukšanas ātrumu, kā arī kas brauc citām ātrumu vērtībām ar uzdoto soli 5 vai 10 km/h;
  - ātrumu  $V_{85}$  vērtībām gadu un mēnešu ietvaros;
  - citu ātrumu ( $V_{25}$ ,  $V_{50}$ ,  $V_{75}$ ,  $V_{90}$ ,  $V_{95}$ ,  $V_{99}$ ,) izmaiņām analizētajā periodā;
  - kumulatīvā un relatīvā biežuma histogrammām katrā no mērījumu stacijām;
  - vidējiem braukšanas ātrumiem;
  - satiksmes plūsmas intensitātes datiem.
3. Vizualizācija izveidota gan satiksmes plūsmai kopumā, gan atsevišķi vieglajiem automobiļiem, kas brauc brīvā satiksme plūsmā.
4. Noskaidroti matemātiskie modeļi, kas ataino gan vidējā plūsmas braukšanas ātruma, gan 85% nodrošinājuma braukšanas ātruma ietekmi uz bojā gājušo skaita izmaiņām galveno ceļu tīklā.



## Automobiļu ātruma analīze atsevišķās plūsmas raksturlielumu mērīšanas vietās un vietu atlase ātrumu analīzei

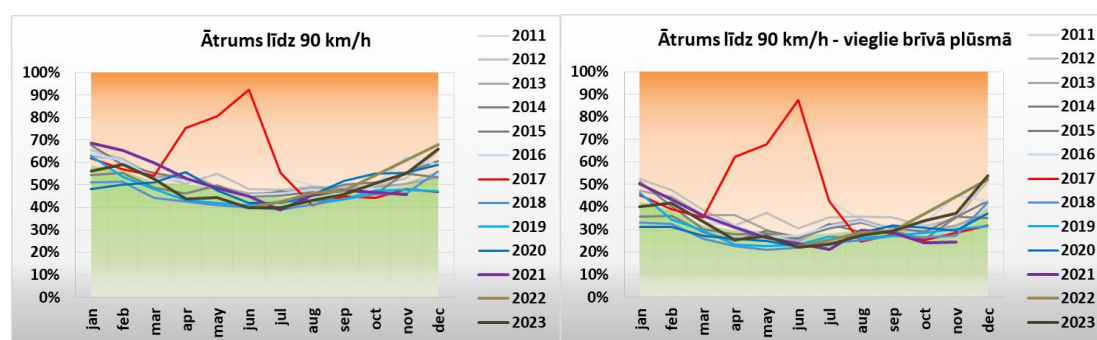
Pētījumu gaitā analizēti 45 Valsts SIA "Latvijas Valsts ceļi" mērījumu stacijās laika periodā no 2011. gada jūlija līdz 2023. gada beigām. Analīze veikta ar mērķi atlasīt mērījumus, kuri raksturotu braukšanas ātruma izmaiņas tendences uz Latvijas ceļiem ārpus apdzīvotajām vietām.

Atsevišķās vietās braukšanas režīmu ietekmē stacijas tiešā tuvumā esošie ceļu mezgli, uzstādītie fotoradari un noteiktie ātruma ierobežojumi, ceļu pārbūves laikā noteiktie ierobežojumi un citi apstākļi. Lai atlasītu laika periodus, kuros ātrums mainījies lokālu notikumu iespaidā, visām 45 mērīšanas vietām tika izveidota ātrumu izmaiņas vizualizācija. Kā piemērs, ir mērīšanas vieta aiz Strenčiem uz A3 ceļa 102 km, GPS koordinātes 57.65130, 25.86349, kur 2017. gadā reģistrēts ievērojams vidējā ātruma kritums (sk. 13. attēlu).



Attēls 13. Vidējais braukšanas ātrums visai plūsmai un vieglajiem automobiļiem brīvā plūsmā stacijā #23 uz A3 ceļa

Analizējot ātruma izmaiņas mēnešu griezumā (skat. 14. attēlu), redzams ievērojams ātruma samazinājums 2017. gadā no aprīļa līdz jūlijam.



Attēls 14. Automobiļu daļa plūsmā, kas brauc ar ātrumu līdz 90 km/h visai plūsmai un vieglajiem automobiļiem brīvā plūsmā stacijā #23 uz A3 ceļa

Attiecīgi 2017. gads mērīšanas vietai tika izslēgts no analizējamiem datiem.

Līdzīgi kā Eiropas Savienības pētījumā BASELINE [25], arī dotā pētījumā autori, izvēloties mērījumu stacijas, kurās iegūtie dati turpmāk iekļauti analizē, vadījās no atziņas, ka ātruma mērījumu metodiskās vadlīnijas sniedz vispārīgu norādījumu: "Jāizvairās no visām vietām, kur transportlīdzekļi varētu apstāties, paātrināties vai bremsēt".

Lai tomēr nezaudētu lielu daļu datu, tika apskatītas arī vietas, kur ir ceļa pieslēgumi ar nelielu intensitāti (piemēram, apskatītajā stacijā uz A3 ar vidējo diennakts intensitāti ap 2000 automobiļiem, kur ir tuvumā pieslēgums ceļam V260 ar vidējo diennakts intensitāti ap 100 automobiļiem, mazāk par 1% transportlīdzekļu braukšņi ar ātrumu zem 30 km/h un mazāk par 1.5% ar ātrumu līdz 50 km/h).

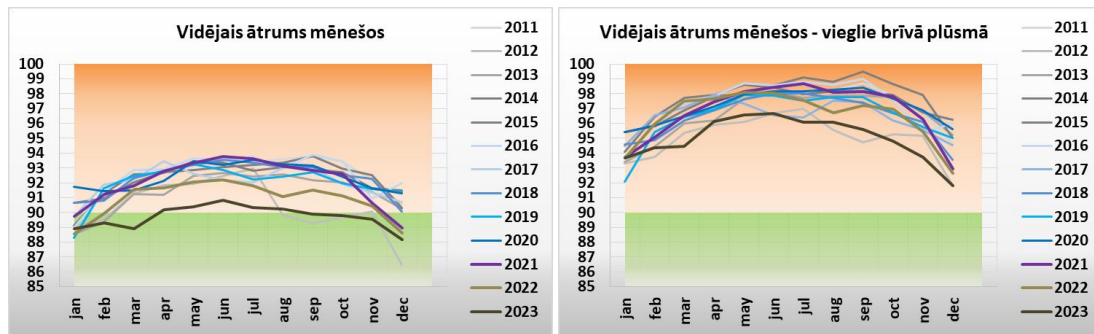
Lai iegūtu salīdzināmas vērtības, tika atlasītas mērījumu vietas, kur atļautais braukšanas ātrums ir 90 km/h un tas apskatāmajos gados netika mainīts, tuvumā nav fotoradaru vai vidējā ātruma kontroles sistēmas, satiksme organizēta vienā braukšanas joslā katrā virzienā, apkārtne nav redzamību ierobežojošu šķēršļu, un nav citi apstākļi, kas lielai transporta plūsmas daļai būtiski mainītu izvēlēto braukšanas ātrumu.

Tabulā 1., norādot gadus, apkopotas LVC mērījumu stacijas, kuru dati izmantoti kopējai ātruma izmaiņu analīzei uz Latvijas autoceļiem ārpus apdzīvotajām vietām.

Tabula 1. Analīzē izmantoto datu ieguves vietas

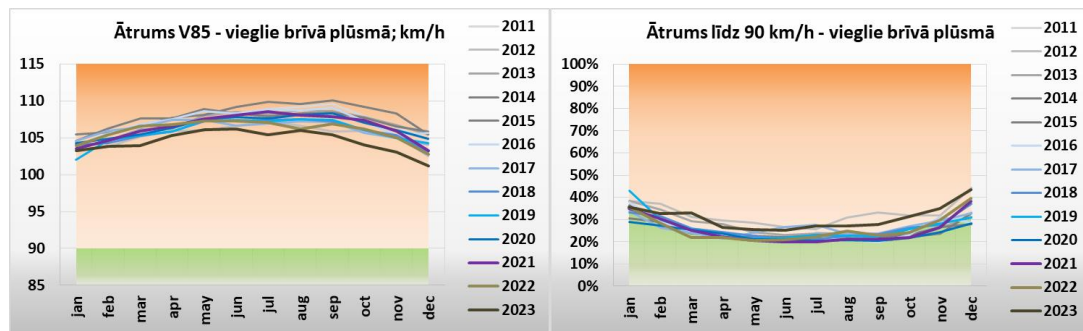
Gadi	Mērījumu stacijas																	
	16; A10 80,1 Pūre	18; A11 43,3 Nīca	21; A2 156,5 Alūksnes rajons	23; A3 102 Strenči	25; A6 109,8 Aiz Kokneses	26; A6 63 Kaibala	28; A7 82,6 Grenctāle	29; A9 113 Zirņi	30; A9 13,2 Lāči	31; A3 62,6 Valmiera	40; A6 162,4 Līvāni	41; A12 38,9 Atašiene	42; A1 21,7 Saulkrastu apv.	44; A5 5 Rīgas HES	47; A9 62,6_Annenieki	48; P80 44 Aiz Skrīveru pagr.	2050; P68 6 Pie DaugAPVīls	2056; A9 154 Aiz Kalvenes
2011	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1					
2012	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				
2013	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				
2014	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2015	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2016			1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1		
2017		1	1		1	1	1		1	1	1	1	1			1	1	
2018	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1		1	1	1	
2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	
2020	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	
2021	1	1		1		1		1	1	1		1		1	1	1	1	
2022	1	1		1	1	1		1	1	1		1		1	1			1
2023		1		1		1	1	1		1		1		1	1			1

Apkopojot vienā datnē mērījumus šajās vietās un gados, atlasīti vairāk nekā 42,8 miljoni ātruma mērījumi no 18 datu ieguves vietām. Katrā gadā ir vismaz viens miljons mērījumu, trijos gados mērījumu skaits pārsniedz četrus miljonus. Kopā tuvu 13 miljoniem mērījumu ir vieglajiem automobiļiem brīvā satiksmē. Ja visai plūsmai kopā vidējais ātrums visu gadu mēnešos reizē ir bijis zem 90 km/h, ko ietekmē kravas automobiļu daudzums plūsmā, tad tikai vieglajiem automobiļiem, kas brauc brīvā plūsmā, neviens mēnesis visā apskatītajā laika periodā nav bijis zem atļautā braukšanas ātruma (skat. 15. attēlu).



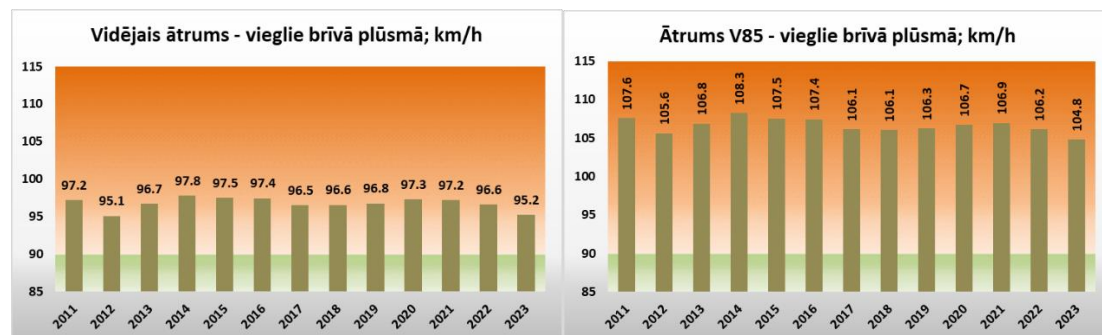
Attēls 155. Visas plūsmas vidējā ātruma  $v_{vid}$  un vieglajiem automobiļiem brīvā plūsmā salīdzinājums

VĒL izteiktāki atļautā kustības ātruma neievērošana saskatāma grafikos, kas parāda ātrumu līdz kādam brauc 85% no vieglajiem automobiļiem brīvā plūsmā V85, kur ātruma vērtības ir tuvu ātrumam, no kāda tiek piemēroti naudas sodi par ātruma pārsniegšanu un nav bijis neviens mēnesis, ieskaitot ziemas mēnešus, šajā periodā, kad atļauto braukšanas ātrumu ievērotu vairāk nekā 45% no brīvi braucošajiem vieglajiem automobiļiem (skat. 16. attēlu).



Attēls 16. Brīvi braucošo vieglo automobiļu 85% plūsmas ātrums  $v_{85}$  un plūsmas daļa, kas ievēro atļauto braukšanas ātrumu 90 km/h

Analizējamā laika perioda ietvaros vērojamas kā plūsmas vidējā ātruma tā arī  $v_{85}$  izmaiņas (sk. 17. attēlu). Skaidri redzams abu minēto ātrumu skaitlisko vērtību minimums 2012. gadā, kad Latvijā tika realizēts pirmais fotoradaru uzstādīšanas projekts, kas rezultējās ceļu satiksmes negadījumos bojā gājušo skaita samazinājumā uz galvenās šķiras autoceļiem (sk.10. attēlu).

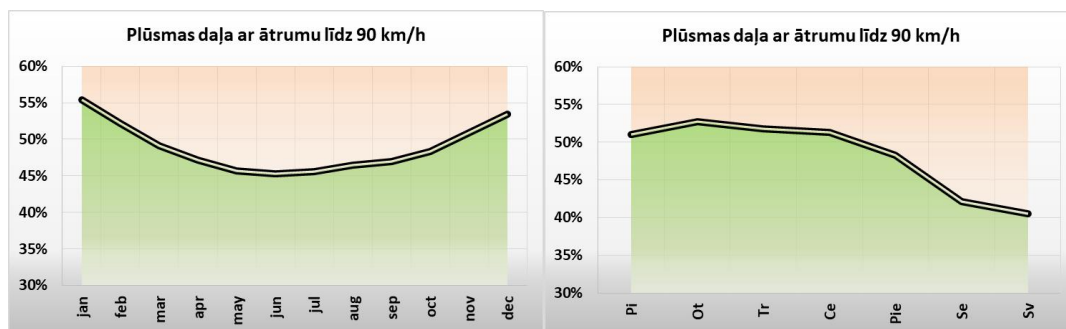


Attēls 17. Plūsmā brīvi braucošo vieglo automobiļu vidējā ātruma un 85% ātruma izmaiņas

Tomēr novērots arī skaidrs ātruma samazinājums 2023. gadā, kad tika sasniegts lokāls bojāgājušo skaita maksimums (datus par 2023. gadu paredzēts precizēt līdz 2024. gada maijam, pētījumā izmantots skaits no Iekšlietu ministrijas datubāzes 2024. gada 9. februārī

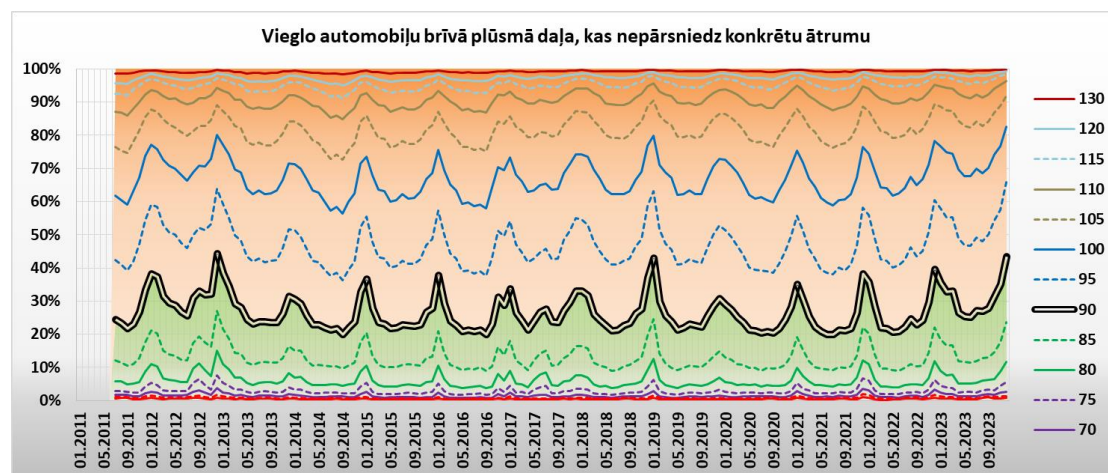
142 bojāgājušie, kas ir ievērojami vairāk nekā 2022. gadā, kad bija 113), kas liecina par to, ka nepieciešami papildus bojāgājušo skaita izmaiņu analīze, tajā skaitā analizējot individuālus ceļu satiksmes negadījumus.

Līdzīgs braukšanas ātruma izmaiņu profils fiksēts visās novērojumu stacijās – maksimālās vērtības vērojamas vasarās, bet zemākās – ziemā. Uzskatāmi to apliecina transporta plūsmas procentuālās daļas izmaiņa, kas ārpus apdzīvotajām vietām brauc nepārsniedzot 90 km/h (sk. 18. attēlu). Iegūtie dati norāda, ka sestdienās un svētdienās, kad palielinās vieglo auto īpatsvars transporta plūsmā, strauji samazinās to braucēju skaits, kas nepārsniedz 90 km/h ātrumu.



Attēls 18. Plūsmas procentuālais īpatsvars, kas nepārsniedz 90 km/h gada mēnešos un nedēļas dienās

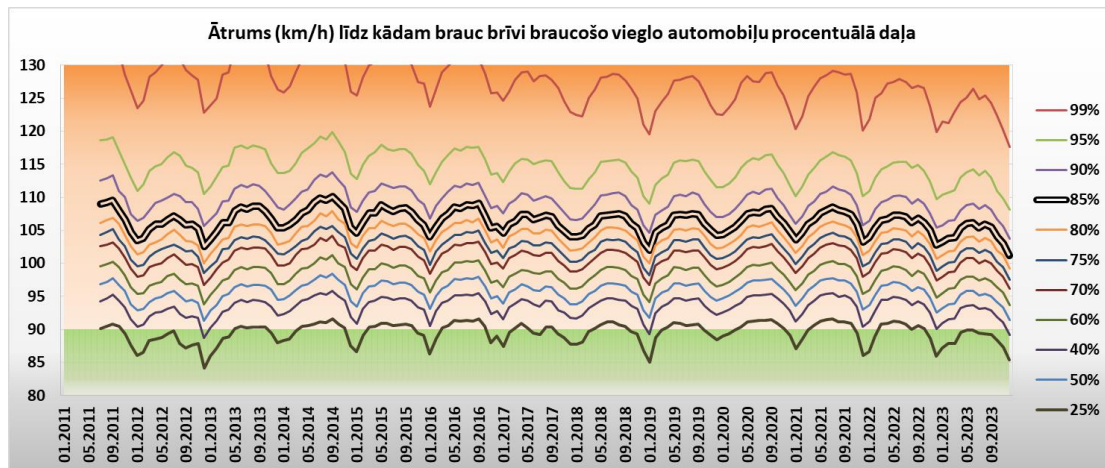
Analizējamajā laika periodā skaidri vērojami sezonālie braukšanas ātruma maksimumi vasarās un minimumi ziemā (sk.19. attēlu). Grafikā ar zaļo krāsu ilustratīvi atainota brīvā plūsmā braucošo vieglo automobiļu plūsmas daļa, kas nepārsniedz 90 km/h. Minētā rādītāja izmaiņu diapazons 2011.g – 2023. g. ir bijis robežās no 19% līdz 45%.



Attēls 19. Brīvā plūsmā braucošo vieglo automobiļu plūsmas daļa, kas nepārsniedz konkrētu ātrumu

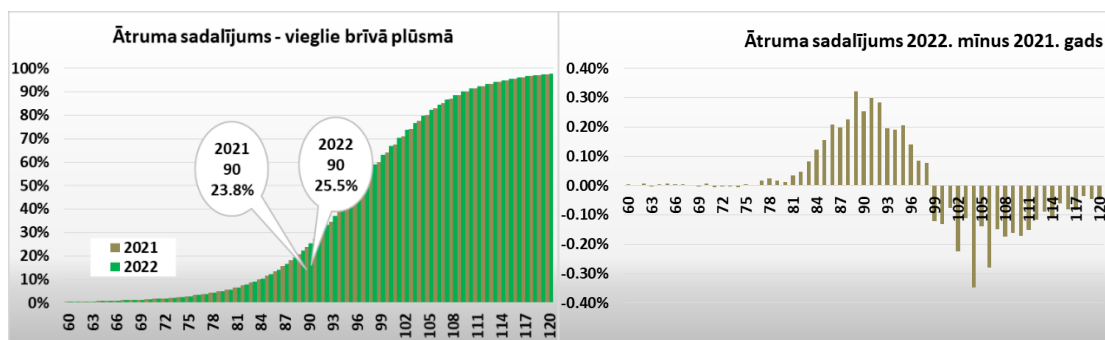
Arī, apskatot, līdz kādam ātrumam brauca brīvi braucošo vieglo automobiļu procentuālā daļa, skaidri redzams ātruma izmaiņu periodiskums un tendence būtiski pārsniegt atļauto braukšanas ātrumu (skat 20. attēlu).





Attēls 20. Ātrums, līdz kādam brauc brīvi braucošo vieglo automobiļu plūsmas procentuālā daļa

Lai izprastu plūsmas ātruma izmaiņas uz Latvijas ceļiem ārpus apdzīvotām vietām, tika analizēta arī ātruma izvēle atkarībā no diennakts stundas, salīdzināti ātrumi darbadienās un brīvdienās, analizēti ātruma sadalījumi un to izmaiņas gadu laikā. Piemēram, 21. attēlā savstarpēji salīdzināti brīvā plūsmā braucošo vieglo automobiļu ātruma sadalījumi.



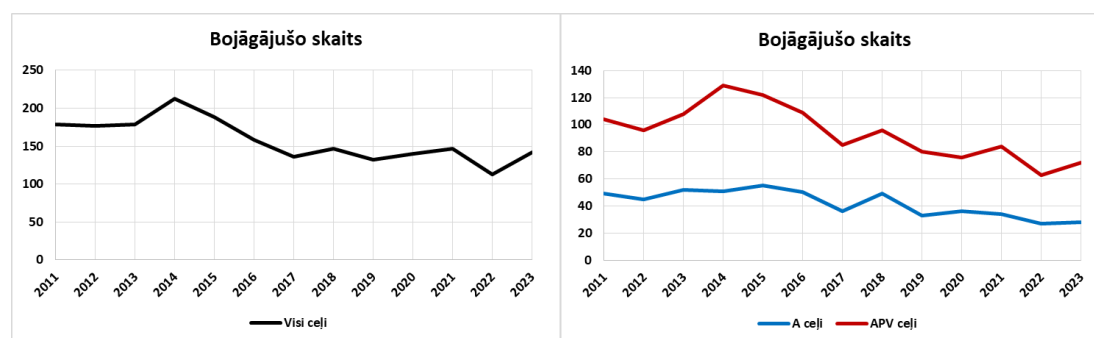
Attēls 21. Ātrums, līdz kādam brauc brīvi braucošo vieglo automobiļu plūsmas procentuālā daļa

Kumulatīvajā sadalījumā var maz redzēt ātrumu atšķirības, tādēļ papildus izveidots grafiks, kas parāda kumulatīvo ātrumu sadalījumu starpību 2022. un 2021. gadā, kur redzams, ka 2022. gadā palielinājusies automobiļu plūsmas daļa, kas brauc ātrumu diapazonā no 80 līdz 98 km/h, bet samazinājusies ātrāk braucošo automobiļu plūsmas daļa.

Arī turpmāk, analizējot braukšanas ātruma sakarības ar bojāgājušo skaitu ceļu satiksmes negadījumos, līdzīgi kā Baseline un Trendline projektos, tiks apskatīts brīvi braucošo vieglo automobiļu ātrums, jo tas vispilnīgāk raksturo autovadītāja izvēlēto ātrumu, nevis ātrumu, ko konkrētajā brīdī ievērojami ietekmē satiksmes plūsma. Šo ātrumu arī vairāk var attiecināt uz plašāku ceļu tīkla daļu, ne tikai uz vietām, kur izmērīts konkrētais ātrums, jo mērījumu vietās autovadītāja vēlmju dēļ bija tehniski vienkārši izvēlēties pārsniegt atļauto braukšanas ātrumu.

## Ceļu satiksmes negadījumos bojāgājušo skaits no 2011. līdz 2023. gadam

Ceļu satiksmes negadījumos bojāgājušo skaits ņemts no CSDD publicētās statistikas, kas ataino Iekšlietu ministrijas datubāzē reģistrēto ceļu satiksmes negadījumos bojāgājušo skaitu. Tā kā ātrums ārpus apdzīvotajām vietām mērīts galvenokārt uz valsts nozīmes A autoceļiem (pētījumā izmantoti dati tikai no viena reģionālās nozīmes P80 autoceļa), tad atsevišķi izdalīti visi bojāgājušie, bojāgājušie uz A klases ceļiem un bojāgājušie uz galvenajiem, reģionālajiem un vietējiem autoceļiem (tālāk apzīmēti, kā APV autoceļi) (skat. 22. attēlu).



Attēls 22. Bojāgājušo skaits ceļu satiksmes negadījumos Latvijā

Apskatāmajā laika periodā bojāgājušo skaita maksimums bija 2014. gadā un mazākais bojāgājušo skaits sasniegts 2022. gadā.

## Braukšanas ātruma ietekme uz ceļu satiksmes negadījumos bojā gājušo skaita izmaiņām

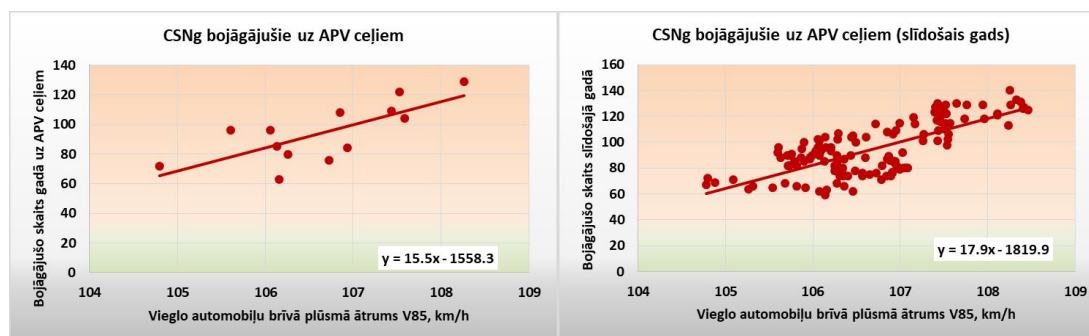
Lai novērtētu sakarības starp mērītajām ātrumu vērtībām un bojāgājušo skaitu, aprēķināta korelācija starp gada lielumiem - vidējo ātrumu, 85% plūsmas ātrumu, plūsmas daļu, kas ievēro atļauto braukšanas ātrumu, bojāgājušo kopējo skaitu, bojāgājušo skaitu uz A ceļiem un bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem. Iegūtās korelācijas vērtības parādītas tabulā 2.

Tabula 2. Korelācija starp ātrumu vērtībām un bojāgājušo skaitu

	v vid	v85	līdz 90	Visi ceļi	A ceļi	APV ceļi
v vid	1					
v85	0.904	1				
līdz 90	-0.933	-0.698	1			
Bojāgājušie	0.283	0.620	0.043	1		
A ceļi	0.401	0.639	-0.096	0.820	1	
APV ceļi	0.478	<b>0.736</b>	-0.158	0.918	0.931	1

Tabulā saskatāms, ka vislielākā korelācija ir starp ātrumu, ar kuru brauc 85% no plūsmas un bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem. Visai liela ir korelācija starp vidējo ātrumu un bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem, pārējās korelācijas ir ar atbilstošu zīmi (piemēram, negatīva korelācija starp vieglo automobiļu skaitu, kas ievēro atļauto braukšanas ātrumu un bojāgājušo skaitu), bet korelācijas skaitliskās vērtības ir mazākas.

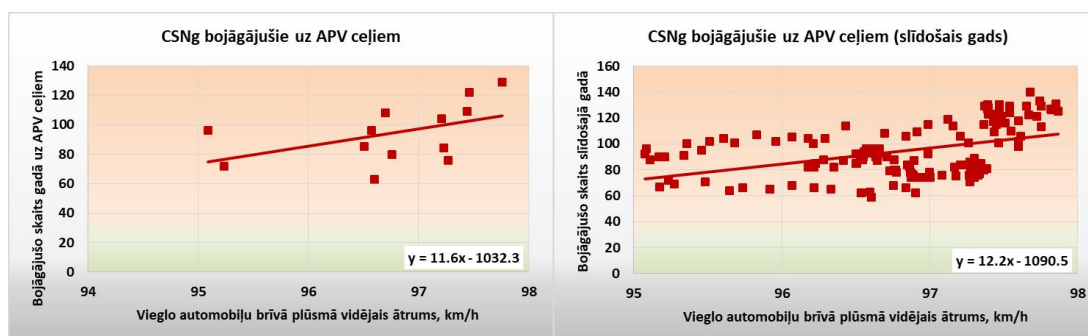
Tā kā vislielākā korelācija novērojama starp bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem un ātrumu, līdz kādam brauc 85% no visiem vieglajiem automobiļiem brīvā plūsmā, vispirms attēlā 23. parādīta šī sakarība. Lai mazāku ietekmi uz rezultātiem atstātu konkrētais kalendārais gads, sakarība apskatīta arī slīdošajā gadā, kur katrs nākamais mērījuma punkts nobīdīts par vienu kalendāro mēnesi. Slīdošajā gadā mazāku ietekmi uz rezultātu atstāj pirmie un pēdējie mēneši, tādēļ iegūtā matemātiskā sakarība nedaudz atšķiras, taču apstiprina kopējo tendenci – V85 palielinājums par 1 km/h bojāgājušo skaitu uz Latvijas autoceļiem palielina vidēji par 15 līdz 18 bojāgājušajiem, jeb par 16 līdz 19%.



Attēls 23. Brīvi braucošo vieglo automobiļu 85% plūsmas ātruma V85 ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem

Grafikā (skat. 23. attēlu) pa kreisi katrs no redzamajiem punktiem reprezentē vienu no analīzes periodā iekļautajiem gadiem. Grafikā pa labi katrs no redzamajiem punktiem reprezentē vienu no analīzes periodā iekļautajiem slīdošajiem gadiem, piemēram, no 1. maija līdz nākamā gada 30. aprīlim. Vidējā ātruma vērtība aprēķināta, izmantojot datus no visām 1.tabulā minētajām stacijām. Pie augstākām braukšanas ātruma vērtībām vērojams lielāks upuru skaits.

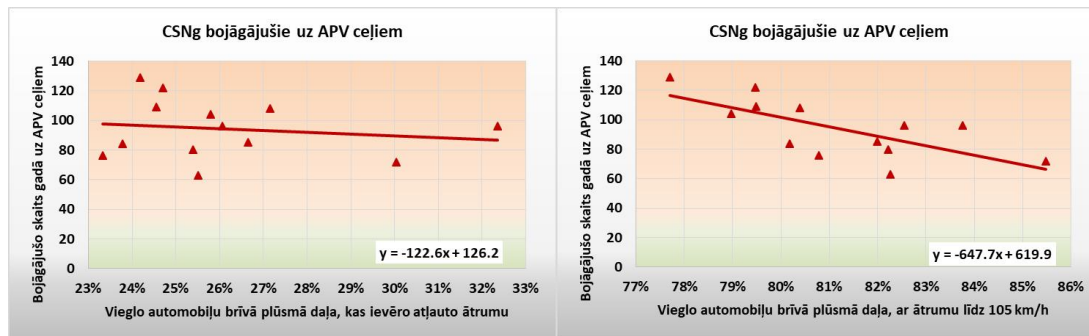
Apskatot brīvi braucošo vieglo automobiļu vidējā ātruma ietekmi uz bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem, novērojams, ka vidējā ātruma palielinājums par 1 km/h palielināja bojāgājušo skaitu par 11 līdz 12 personām, jeb par apmēram 12% (skat. 24. attēlu).



Attēls 24. Brīvi braucošo vieglo automobiļu vidējā plūsmas ātruma ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem

Vidējā ātruma ietekme uz bojāgājušo skaitu ir nedaudz mazāka, jo V85 ātrums ir ievērojami lielāks par vidējo ātrumu un reizē ar ātruma pieaugumu, letālu gadījumu riski ievērojami pieaug. Šī iemesla dēļ arī plūsmas daļas, kas ievēro atļauto ātrumu, ietekme uz bojāgājušo skaitu ir skaidra (katrs papildus plūsmas procents, kas pārsniedz atļauto ātrumu, palielina bojāgājušo skaitu vidēji par vismaz vienu personu), bet ievērojami mazāka (skat. 25. attēlu).

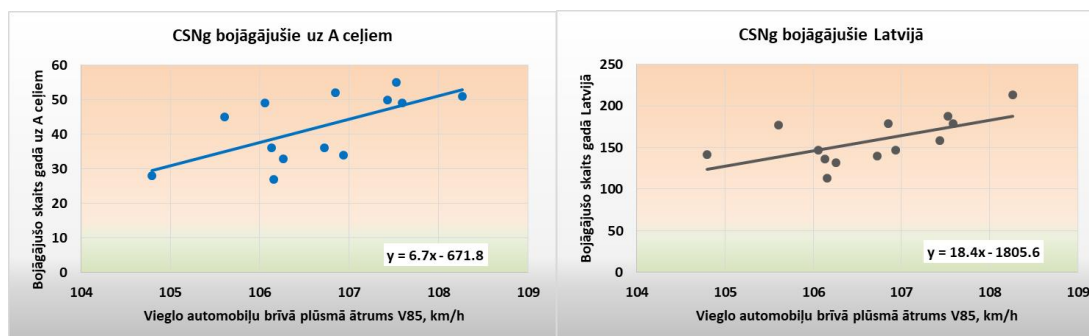




Attēls 25. Brīvi braucošo vieglo automobiļu, kas pārsniedz atļauto ātrumu (attēls pa kreisi) un, kas pārsniedz 105 km/h (pa labi) ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem

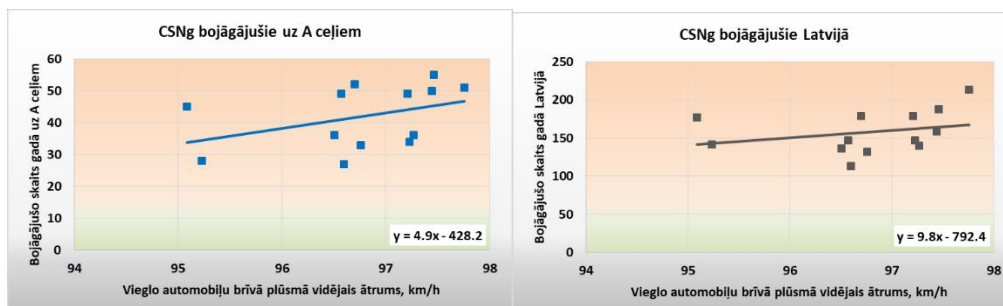
Tādēļ 25. attēlā parādīta arī sakarība starp brīvi braucošo vieglo automobiļu, kas pārsniedz 105 km/h (pa labi) ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu. Pie šī ātruma, kas ir tuvu ātrumam, virs kura brauc vēl apmēram 15% no plūsmas, katrs papildus plūsmas procents, kas pārsniedz atļauto ātrumu, palielina bojāgājušo skaitu vidēji par vairāk nekā sešām personām.

Tā kā vairums ātruma mērījumu veikti uz A klases ceļiem, apskatīta arī sakarība starp brīvi braucošo vieglo automobiļu 85% plūsmas ātruma V85 ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz A klases ceļiem. Lai analizētu vai mērītais ātrums ārpus apdzīvotajām vietām atstāj ietekmi arī uz bojāgājušo skaitu apdzīvotās vietās, apskatīta arī sakarība ar kopējo bojāgājušo skaitu katrā gadā Latvijā (skat. 26. attēlu).



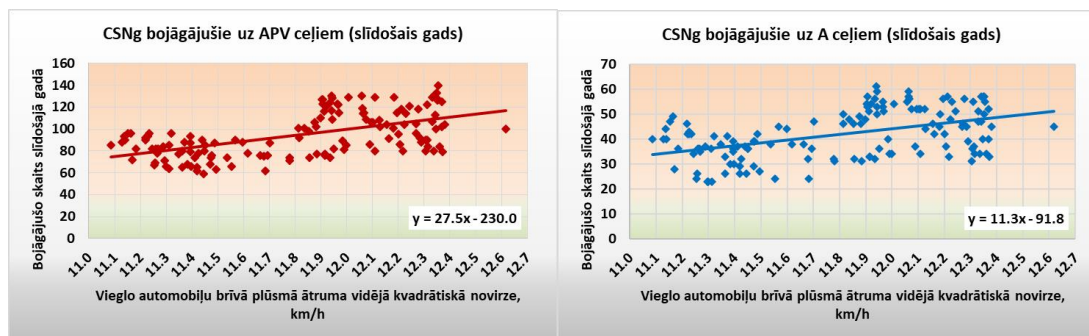
Attēls 26. Brīvi braucošo vieglo automobiļu 85% plūsmas ātruma V85 ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz A ceļiem

Kā redzams, 25. attēlā, ietekme uz kopējo bojāgājušo skaitu Latvijā ir ievērojami mazāka, ko varētu izskaidrot ar daudzajiem citiem pasākumiem ceļu satiksmes drošības uzlabošanā apdzīvotās vietās. Salīdzinājumam arī 27. attēlā apskatīta vidējā ātruma ietekme.



Attēls 27. Brīvi braucošo vieglo automobiļu vidējā plūsmas ātruma ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem

Riskus ceļu satiksmē ietekmē arī ātrumu nevienmērīgais sadalījums, tādēļ apskatīts arī ātrumu vidējās kvadrātiskās novirzes slīdošajos gados uz bojāgājušo skaitu uz APV ceļiem (skat. 28. attēlu pa kreisi) un uz A ceļiem (skat. 28. attēlu pa labi).



Attēls 288. Brīvi braucošo vieglo automobiļu ātruma vidējās kvadrātiskās novirzes ietekme uz CSNg bojāgājušo skaitu

Arī šeit apstiprinās satiksmes drošības teorijā apskatītā sakarība, ka kustības ātrumu nevienmērīgums palielina riskus satiksmē, tādēļ ir vērts sekmēt plūsmas vienmērīgāku ātrumu.

## Secinājumi

Automobiļu plūsmas ātrums, kas noteikts kā brīvi braucošo vieglo automobiļu ātrums, ievērojami ietekmē, ceļu satiksmes negadījumu smagumu un bojāgājušo skaitu.

Ātruma, ar kādu izvēlas braukt 85% no vieglajiem automobiļiem, palielinājums par 1 km/h var palielināt bojāgājušo skaitu uz Latvijas autoceļiem par vismaz 15%.

Vidējā vieglo automobiļu ātruma brīvā plūsmā palielinājums par 1 km/h var palielināt bojāgājušo skaitu uz Latvijas autoceļiem par vismaz 10%.

Laika periodā no 2011. gada līdz 2023. gadam uz analizētajiem Latvijas galvenās šķiras autoceļiem kopumā novērots braukšanas vidējā ātruma samazinājums no 92,8 km/h 2011. gadā līdz 89,9 km/h 2023. gadā, vieglajiem automobiļiem no 97,2 līdz 91,7 km/h.

Latvijā pirmo reizi iegūtas sakarības, kas raksturo visas transporta plūsmas  $v_{vid}$  un  $v_{85}$ , brīvā satiksmē braucošu vieglo auto  $v_{vid}$  un  $v_{85}$  ietekmi uz ceļu satiksmes negadījumos bojā gājušo skaita izmaiņām.

Latvijā iegūtie rezultāti apstiprina Rietumeiropas pētījumu secinājumus par ātruma samazinājuma pozitīvo ietekmi uz ceļu satiksmes negadījumos bojā gājušo skaita samazinājumu.

Ņemot vērā 2023. gada pieredzi, jāveic arī atsevišķu smagu ceļu satiksmes negadījumu dziļāka izpēte.

Pētījums jāpaplašina, aptverot plašāku autoceļu tīklu.

## Izmantotās literatūras saraksts

1. Elvik, R., Christensen, P., Amundsen, A., 2004. **Speed and road accidents. An evaluation of the Power Model 740/2004.** Oslo: Institute of Transport Economics. ISSN 0802-0175.
2. European Commission (2020) **Road safety thematic report – Speeding.** European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport. – 18.p.
3. MK noteikumi Nr.279. **Ceļu satiksmes noteikumi (2015) [tiešsaiste].** LR likums, pieņemts Rīgā 2015. gada 2. jūnijā. [skatīts 2023.g. 10.okt.]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/274865#p101>.
4. **Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) [tiešsaiste, skatīts 2023.g. 12.okt]** Pieejams <https://www.buzer.de/StVO.htm>
5. Verkehrsregeln [tiešsaiste, skatīts 2023.g. 12.okt] Pieejams <https://www.quider.ch/strassenverkehr/verkehrsregeln>
6. Apvienoto Nāciju organizācija (ANO). **Konvencija par ceļu satiksmi [tiešsaiste].** Vīne: Latvijas vēstnesis, 2001 [skatīts 2023.g. 23.nov.]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/lv/starptautiskie-liqumi/id/721>
7. Ārlietu ministrija. **Par Vīnes konvencijas spēkā esamību [tiešsaiste].** Rīga: Latvijas vēstnesis, 2001 [skatīts 2023.g. 30.okt.]. Pieejams: <https://www.vestnesis.lv/ta/id/2907>
8. Semeida, A., El-Shabrawy, M. (2016). **Impact of pavement condition on passenger car traffic,** GRAÐEVINAR, 68 (8), 635-644, [skatīts 2023.g. 30.sept.] Pieejams doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.1466.2015>
9. Aydin, M. M., & Topal, A. (2019). **Effects of pavement surface deformations on traffic flow.** Transport, 34(2), 204-214. [skatīts 2023.g. 30.sept.] Pieejams <https://doi.org/10.3846/transport.2019.8631>
10. Ivajņšič, D.; Horvat, N.; Žiberna, I.; Kotnik, E.K.; Davidović, D. **Revealing the Spatial Pattern of Weather-Related Road Traffic Crashes in Slovenia.** Appl. Sci. **2021**, 11, 6506. [skatīts 2023.g. 30.aug.] Pieejams <https://doi.org/10.3390/app11146506>
11. Stamos, I., Salanova Grau, J. M., Mitsakis, E., & Aifadopoulou, G. (2016). **Modeling Effects of Precipitation on Vehicle Speed: Floating Car Data Approach.** Transportation Research Record, 2551(1), 100–110. [skatīts 2023.g. 30.aug.] Pieejams <https://doi.org/10.3141/2551-12>
12. Mikulić I, Bošković I, Zovak G. **Effects of Driving Style and Vehicle Maintenance on Vehicle Roadworthiness.** Promet [Internet]. 2020 Oct.5 [cited 2023Jul.18];32(5):667-7. Available from: <https://traffic.fpz.hr/index.php/PROMTT/article/view/3443>
13. TODORUȚ, Adrian et al. **POSSIBILITIES OF ASSESSING THE VEHICLE STABILITY PARAMETERS IN THE CASE OF ROLLOVER AND ROLLING ACCIDENTS.** ACTA TECHNICA NAPOCENSIS - Series: APPLIED MATHEMATICS, MECHANICS, and ENGINEERING, [S.I.], v. 66, n. 1, may. 2023. ISSN 2393–2988. Available at: <<https://atna-mam.utcluj.ro/index.php/Acta/article/view/2096>>. Date accessed: 18 Jul. 2023.
14. Farida et al **Influence of road traffic vehicle volume with damage and road safety** 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. **1098** 022058 Available at:

- <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1098/2/022058> Date accessed: 18 Jul. 2023.
15. Kreicbergs J., Smirnovs J. **Pētījums par automobiļa ātrumu mērījumiem ārpus apdzīvotām vietām** Latvijā. CSDP, Rīga – 2023., 25.lpp.
  16. Elvik, R. **“Speed limits, enforcement and health consequences.”** Annual Review of Public health, 2012, 33, 225–238.
  17. Khaled S., Anas M., Ahid E. **Effectiveness of a fixed speed camera traffic enforcement system in a developing country**, Ain Shams Engineering Journal, Volume 14, Issue 10, 2023, 102154, ISSN 2090-4479, Available at: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102154> Date accessed: 20 Dec. 2023.
  18. Antov, D. **Actual road safety problems in Estonia and some new developments.** Riga RTU, December 5, 2023, 71 p.
  19. **Change in the number of fatal and injury accidents after installation of speed cameras.** Jateikienė L., Andriejauskas T., Lingytė I., Jasiūnienė V.. Impact assessment of speed calming measures on road safety. 6th Transport Research Arena April 18-21, 2016. Transportation Research Procedia 14 ( 2016 ) 4228 – 4236.
  20. L.J. Thomas, et al. **Safety effects of automated speed enforcement programs: critical review of international literature** Transp Res Rec, 2078 (1) (2008), pp. 117-126
  21. **Managing Speed.** WHO, 2017. -13 p. WHO/NMH/NVI/17.7. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/managing-speed> Date accessed: 20 Dec. 2023.
  22. Richards, D. C. **Relationship between Speed and Risk of Fatal Injury: Pedestrians and Car Occupants.** Road Safety Web Publication No. 16. Transport Research Laboratory, London – 2010, - 41p. Available at: [https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/192781/relationship\\_between\\_speed\\_and\\_risk.pdf?sequence=1](https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/192781/relationship_between_speed_and_risk.pdf?sequence=1) Date accessed: 28 Dec. 2023.
  23. Nilsson, G. (2004) **Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety.** Bulletin 221, Lund Institute of Technology, Lund
  24. Cameron M. **Potential benefits and costs of speed changes on rural roads.** Monash University Accident Research Center. Report CR 216, 2003. – 138p. Available at: [http://www.monash.edu/\\_data/assets/pdf\\_file/0020/217370/atsb216.pdf](http://www.monash.edu/_data/assets/pdf_file/0020/217370/atsb216.pdf) Date accessed 29 Dec 2023.
  25. “Van den Broek B., Aarts, L. & Silverans, P. (2023). **Baseline report on the KPI Speeding. Baseline project, Brussels: Vias institute**”. Available at: [https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2023-03/Baseline\\_conclusions\\_and\\_recommendations.pdf](https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2023-03/Baseline_conclusions_and_recommendations.pdf) Date accessed 30 Dec 2023
  26. Staff Working Document **‘EU Road Safety Policy Framework 2021-2030 Next steps towards "Vision Zero"’** (SWD (2019) 283 final. Brussels 19.6.2019. Available at: <https://transport.ec.europa.eu/system/files/2021-10/SWD2190283.pdf> Date accessed 30 Dec 2023
  27. Evans, L. **Traffic Safety.** Science Serving Society, 2004. – 444p.
  28. Lāma, A. **Overview of statistics of road accidents with victims in the Baltic countries and development in Europe. Harsh reality.** Presentation.