

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Būvniecības fakultāte
Transportbūvju institūts

Anita ŠŅORE
Maģistra profesionālo studiju programmas „Transportbūves” studente
(stud.apl. Nr.081RBC143)

**BRAUCOŠU TRANSPORTLĪDZEKĻU SVĒRŠANAS
SISTĒMAS IEVIEŠANAS IESPĒJU ANALĪZE LATVIJĀ**

Maģistra darbs

Maģistra darba zinātniskais vadītājs
Dr.sc.ing. J.Smironovs

Rīga – 2014

Maģistra darbs izstrādāts *Ceļu un tiltu katedrā*

Darba autors: _____
(uzvārds, iniciāļi) (paraksts, datums)

Darba vadītājs: _____
(zin. grāds, amats, uzvārds, iniciāļi) (paraksts, datums)

Konsultants(i): _____
(zin. grāds, amats, uzvārds, iniciāļi) (paraksts, datums)

Maģistra darbs ieteikts aizstāvēšanai:

Katedras vadītājs: Dr.sc.ing, prof.A.Paeglītis _____
(paraksts, datums)

Maģistra darbs aizstāvēts
Transportbūvju valsts pārbaudījuma komisijas sēdē
2014.gada _____ (protokols Nr. _____)
un novērtēts ar atzīmi _____ (____).

Transportbūvju valsts pārbaudījumu komisijas sekretāte:
M.Sc. I.Rozentāle _____
(paraksts)

DARBA UZDEVUMS

Anotācija

Maģistra darbā ir pētīta tēma „*Braucošu transportlīdzekļu svēršanas sistēmas ieviešanas iespēju analīze Latvijā*”. Darbā veikts analītisks pētījums par braucošu transportlīdzekļu svēršanas sistēmu jeb WIM (*weight-in-motion*) iespējamās ieviešanas lietderību. Lai to izvērtētu, ir pētīti un analizēti kravas transportlīdzekļu ass slodžu svēršanas dati par divu valsts galveno autoceļu posmiem: A1 „Rīga (Baltezers) – Igaunijas robeža (Ainaži)” (72.km) un A3 „Inčukalns – Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” (24.km)).

Darba mērķis - noteikt ceļa segas konstrukcijas kalpotspējas laika samazinājumu pie pašreizējām kravas transportlīdzekļu ass slodzēm. Novērtēt iespējamo pienesumu Latvijas tautsaimniecībai, ja tiktu ieviestas braucošu transportlīdzekļu svēršanas sistēmas.

Darbā ir aprakstīti izplatītākie WIM sistēmu veidi, ieteiktas Latvijas apstākļiem piemērotākās sistēmas un aprakstīta arī citu valstu pieredze šādu sistēmu ieviešanā.

Ir veikta analīze par divu autoceļu posmu kravas transportlīdzekļu svēršanas rezultātiem, noteikts pārslogoto asu, kuru masa pārsniedz 11.5 tonnas, īpatsvars un daudzums no kopējā svērto asu skaita, to sadalījums pa novērojumu periodu mēnešiem un pēc transportlīdzekļu braukšanas virziena.

Ir aprēķināts noslogotības pieauguma koeficients katram ceļa posmam, noteikts ceļa segu kalpotspējas zudums, izmantojot „*AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993*” rokasgrāmatā piedāvāto kalpotspējas indeksa metodi. Darbā sniegts arī novērtējums WIM sistēmu iespējamās ieviešanas lietderībai transportlīdzekļu ass slodžu kontrolei no tehniskā un finansiālā viedokļa.

Darba apjoms -107 lpp., 23 tabulas, 73 attēli.

Annotation

In master paper there is researched a theme „Analysis of possibility of introducing Weigh-in-motion system in Latvia”. In this paper is done an analytical research of usefulness of WIM systems possible introducing. To evaluate it there are studied and analysed data of heavy vehicles weighing results. These results are studied for two Latvian state roads: A1 „Rīga (Baltezers) – border of Estonia (Ainazi)” (72nd km) and A3 „Incukalns – Valmiera - border of Estonia (Valka)” (24th km).

The aim of master paper – to evaluate a loss of serviceability of road construction which is caused by current heavy vehicle axle loads. To evaluate the possible contribution in Latvian economy if WIM systems were implemented.

In master paper there are described the most common types of WIM systems and suggested the most suitable solutions for Latvia. There is also described experience in WIM systems implementation in other countries.

There have been analysed data of heavy vehicles weighing results and defined amount and proportion of overloaded axles (>11.5 t), their amount and proportion division in observation period and by driving direction.

The load growth factor has been calculated for each road section and serviceability loss due to traffic has been evaluated according to „*AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993*”. In the paper there is given the evaluation of usefulness of WIM systems implementation to control vehicle axle loads. The evaluation has been given from technical and economical points of view.

The amount of paper – 107 pages, 23 tables, 73 images.

Аннотация

В магистерской работе исследована тема „Анализ возможности введения системы по взвешиванию движущийся транспортных средств в Латвии”. В работе проведен анализ о целесообразности возможного введения системы WIM (*weight-in-motion*). Для этого в работе исследованы и анализированы данные по взвешиванию тяжёлых транспортных средств по двум участкам Латвийских дорог: А1 „Рига (Балтезерс) – граница Эстонии (Айнажи)” (72-ой км) и А3 „Инчукалнс – граница Эстонии (Валка)” (24-ый км).

Цель работы – определить снижение времени работоспособности дорожных конструкций, учитывая данные осевые нагрузки тяжёлых транспортных средств.

В работе описаны более распространённые виды систем WIM, предложены более соответствующие решения для Латвии, также описан опыт других стран по введению подобных систем.

Проведен анализ данных по взвешиванию тяжёлых транспортных средств по двум участкам Латвийских дорог, определено процентное множество и количество перегруженных осей, масса которых превышает 11.5 т. Определено распределение таких осей по месяцам наблюдений и по направлению движения.

Рассчитан коэффициент увеличения нагрузки для каждого участка дорог, определено снижение времени работоспособности дорожных конструкций, используя в справочнике „*AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993*” указанный метод индекса работоспособности. В работе также дана оценка о целесообразности введения системы WIM для контроля осевых нагрузок с технической и экономической точки зрения.

Объём работы – 107 стр., 23 таблиц, 73 изображений.

SATURS

Darba uzdevums.....	2
Saturs.....	2
Ievads.....	2
1. Teorētiskā daļa.....	2
1.1. Problēmas raksturojums.....	2
1.1.1. Procesi ceļa segas konstrukcijā.....	2
1.1.2. Publiskās telpas informācija.....	2
1.2. WIM sistēmu raksturojums.....	2
1.2.1. Vispārēja informācija.....	2
1.3. Sistēmu salīdzinājums.....	2
1.4. Pasaules piemēri.....	2
1.5. Latvijas Republikas likumdošana.....	2
1.6. Pirmās nodaļas apkopojums un secinājumi.....	2
2. Pētījuma daļa.....	2
2.1. Pētāmie objekti.....	2
2.1.1. Autoceļš A1 „Rīga (Baltezers) – Igaunijas robeža (Ainaži)”.....	2
2.1.2. Autoceļš A3 „Inčukalns – Valmiera – Igaunijas robeža (Valka)”.....	2
2.2. Aprēķinu metode.....	2
2.2.1. Noslogotības pieauguma koeficients.....	2
2.2.2. „AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” metode.....	2
2.3. Datu analīze.....	2
2.3.1. Iekārtas.....	2
2.3.2. Aprēķinu daļa.....	2
2.3.4. Datu apkopojums par autoceļa A1 72.km.....	2
2.3.5. Datu apkopojums par autoceļa A3 24.km.....	2
2.3.6. ESAL aprēķins.....	2
2.4. Pētāmo autoceļu posmu stāvokļa novērtējums.....	2
2.5. Otrās nodaļas apkopojums un secinājumi.....	2
Galvenie secinājumi un priekšlikumi.....	2

Literatūras un informācijas avotu saraksts.....2

IEVADS

Maģistra darbam izvēlēta tēma „*Braucošu transportlīdzekļu svēršanas sistēmas ieviešanas iespēju analīze Latvijā*” ir aktuāla, jo Latvijā jau ilgstoši pastāv problēma ar pārkrautām kravas automašīnām. Tas ietekmē segas konstrukcijas kalpošanas laiku, veicinot ātrāku paliesto deformāciju veidošanos, palielina ceļu uzturēšanas izmaksas, apdraud satiksmes drošību, kā arī veicina negodīgu konkurenci kravu pārvadātāju vidū. Tas rada problēmas arī tiltu konstrukcijām, it sevišķi tām, kas būvētas sen. Maģistra darbā pētītās braucošu transportlīdzekļu svēršanas sistēmu WIM (*angl.-weigh-in-motion*) pamatprincips ir segas konstrukcijā iebūvēti sensori, kas nosver automašīnu tās gaitā un sniedz informāciju par katras ass slodzi. Tā kā Latvijas likumdošana pagaidām neļauj šos datus izmantot pārkāpēju sodīšanai, tie ir noderīgi slodžu aprēķiniem, nosakot nepieciešamo ceļa segas konstrukciju.

Autoceļu rekonstrukcijas un atjaunošanas darbu realizācijā ir ieguldīti lieli finansiāli līdzekļi un saskaņā ar VAS „Latvijas Valsts ceļi” valsts autoceļu sakārtošanas programmu 2014.-2020.gadam ir paredzēts turpināt veikt plašus valsts autoceļu atjaunošanas darbus. Laika posmā no 2014.līdz 2020.gadam valsts galveno autoceļu rekonstrukcijas un seguma atjaunošanas darbos plānots ieguldīt aptuveni 500 miljonus eiro un valsts reģionālo ceļu sakārtošanā – 760 milj.eiro [25]. Līdz ar to ir svarīgi novērtēt iespējamus riskus, kas var būtiski ietekmēt vai pat apdraudēt autoceļu tehnisko stāvokli un to darba mūža ilgumu.

Nemot vērā faktu, ka Eiropas sauszemes ceļos ir novērojams kravas transportlīdzekļu īpatsvara pieaugums, un līdz 2020.gadam tas tiek prognozēts līdz pat 50% [24], varas iestādes meklē efektīvus transportlīdzekļu svara kontroles risinājumus. Pašlaik tieši braucošu transportlīdzekļu svēršanas sistēmu ieviešana ir virziens, kurā raugās daudzas valstis. Viena no pirmajām valstīm, kas pilnībā realizēja šo sistēmu ar soda funkcijas īstenošanu, ir Čehija, to izmanto arī tādās valstīs, kā Austrijā, Polijā un Vācijā. Latvijā šobrīd darbojas pilotprojekts - WIM sensori darbojas uz autoceļa A1 „Rīga (Baltezers) – Igaunijas robeža (Ainaži)” (72.km) un A3 „Inčukalns – Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” (24.km). Iegūtie dati netiek izmantoti kravas transportlīdzekļu masas un ass slodžu kontrolei. Šo funkciju veic Valsts policijas Autopārvadājumu uzraudzības nodaļa, izmantojot portatīvos ass svarus un izlases veidā izvēloties pārbaudāmos transportlīdzekļus. Šāds process ir laikietilpīgs, neregulārs, prasa nepārtrauktu cilvēku resursu iesaistīšanu, taču rezultātā tiek pārbaudīti nedaudzi transportlīdzekļi no visas plūsmas. Latvijā jau ilgāku laiku izskan viedokļi, ka WIM sistēmu

ieviešana ļautu efektīvāk cīnīties ar pārkāpējiem kravas pārvadājumu jomā. Taču, lai šādas sistēmas varētu ieviest kravas transportlīdzekļu ass slodžu kontrolei un uzraudzībai, šis jautājums ir risināms Latvijas Valsts likumdošanas līmenī, iesaistot tajā vairākas atbildīgās institūcijas. Šobrīd Latvijā ceļa segas tiek projektētas, par ekvivalento vienas ass slodžu vērtību pārsvarā pieņemot 11.5 t, un Latvijas autoceļi nav piemēroti lielāku ass slodžu uzņemšanai. Darbā ir veikts analītisks pētījums par WIM sistēmu ieviešanas lietderību no inženiertehniskā viedokļa, pētot un analizējot datus par esošajām ass slodzēm.

Maģistra **darba mērķis** - noteikt ceļa segas konstrukcijas kalpotspējas laika samazinājumu pie pašreizējām kravas transportlīdzekļu ass slodzēm, novērtēt iespējamo pienesumu Latvijas tautsaimniecībai, ja tiktu ieviestas braucošu transportlīdzekļu svēšanas sistēmas.

Darba uzdevumi maģistra darba mērķa sasniegšanai:

1. Analizēt pieejamo literatūru un publikācijas, lai noteiktu, kādi ir WIM sistēmas darbības principi un izplatītākie sistēmu veidi, kurš no tiem būtu piemērotākais Latvijas autoceļiem. Pētīt citu valstu pieredzi WIM sistēmu ieviešanā.
2. Veikt datu analīzi par divu autoceļu posmu (A1 72.km un A3 24.km) kravas transportlīdzekļu svēšanas rezultātiem. Noteikt pārslogoto asu, kuru masa pārsniedz 11.5 tonnas, īpatsvaru un daudzumu no kopējā svēto asu skaita, to sadalījumu pa novērojumu periodu mēnešiem un pēc transportlīdzekļu braukšanas virziena.
3. Izmantojot iegūtos svēšanas datus, aprēķināt noslogotības pieauguma koeficientu katram ceļa posmam, noteikt ceļa segu kalpotspējas zudumu, balstoties uz „*AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993*” rokasgrāmatā piedāvāto kalpotspējas indeksa metodi.
4. Novērtēt WIM sistēmu iespējamās ieviešanas Latvijā lietderību transportlīdzekļu ass slodžu kontrolei no tehniskā un finansiālā viedokļa.

1. TEORĒTISKĀ DAĻA

1.1. Problēmas raksturojums

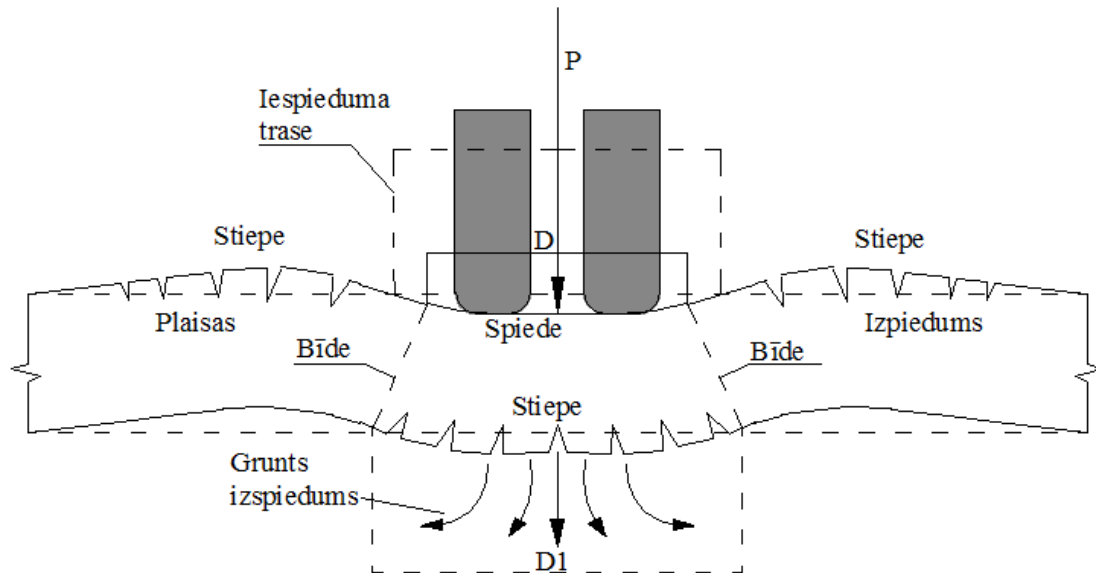
Ir zināms, ka pārslogoti kravas transportlīdzekļi rada bojājumus ceļa segas konstrukcijā. Pārslogotai segai ātrāk parādās nogurums un tā nolietojas ātrāk, nekā paredzēts. Palielinātas ass slodzes arī grauj seguma struktūru, tajā radot plaisas un plastiskas deformācijas konstrukcijas pamatnē, izraisa bedru un rišu veidošanos. Pārslogoti kravas transportlīdzekļi nereti rada arī tiešus draudus satiksmes drošībai. Notiekot ceļu satiksmes negadījumam, sekas var būt ļoti smagas. Piemēram, neatbilstošs transportlīdzekļa riepu stāvoklis un palielināta slodze uz kādu no tā tiltiem ir potenciāls autoavāriju rašanās iemesls. Šogad šāds ceļu satiksmes negadījums notika, kad, pārslogotai kravas automašīnai plīstot vienai no riepām, tā sadūrās ar skolēnu autobusu. Par laimi, neviens neguva smagus ievainojumus, taču nepietiekamas faktiskās masas kontroles dēļ pa Latvijas autoceļiem pārvietojas potenciāli bīstami kravas transportlīdzekļi. Darbā veikts plašāks pētījums par ass slodžu ietekmi uz ceļa segas konstrukciju, turpmāk aprakstītas galvenās ceļa segas deformācijas un to rašanās iemesli.

1.1.1. Procesi ceļa segas konstrukcijā

Ir zināms, ka pārslogoti kravas transportlīdzekļi rada bojājumus ceļa segas konstrukcijā. Pārslogotai segai ātrāk parādās nogurums un tā nolietojas ātrāk, nekā paredzēts. Palielinātas ass slodzes arī grauj seguma struktūru, tajā radot plaisas un plastiskas deformācijas konstrukcijas pamatnē, izraisa bedru un rišu veidošanos.

Viens no ceļa segas uzdevumiem ir nedeformējoties uzņemt un vienmērīgi izkliedēt pa zemes klātnes virsmu satiksmes un pašsvara slodzi. Transportlīdzekļu riteņu slodzes ietekmē sega ieliecas, un segas apakšējā kārtā zem slodzes riteņa pagarinās stiepes spriegumu dēļ. Stiepti apgabali rodas arī segas virskārtā uz abām pusēm no spiediena pielikšanas vietas. Gadījumā, ja šie stiepes spēku radītie spriegumi pārsniedz pieļaujamos, rodas plaisas. [5] Riteņu spiediens sadalās pamatnes laukumā D1. Biezākā segas konstrukcijā laukums D1 ir lielāks, un spiedes spriegumi pamatnes gruntī – mazāki. Ja segums nav pietiekami biezs vai grunts pamatne ir vāja, vai novērojama palielināta satiksmes slodze, rodas plaisas bituminēto slāņu apakšējā

daļā, kas tālāk attīstās virzienā uz augšu, veidojot plaisu tīklu uz brauktuves redzamās daļas (skat.att.1.1.) [2]



1.1.att. Deformācijas un spriegumstāvokļi ceļa segā [2]

Transporta slodzes ietekmē pamatnes grunts aktīvās zonas daļa tiek saspiesta, kā rezultātā sega ieliecas. Attēlā 1.1. redzama iespieduma trase, kas rodas minētās segas ielieces dēļ. Ja pamatnes grunts pretestība ir maza, sega var sākt strauji sabrukt, jo slodžu ietekmē sākas grunts izspiešanās. [2]

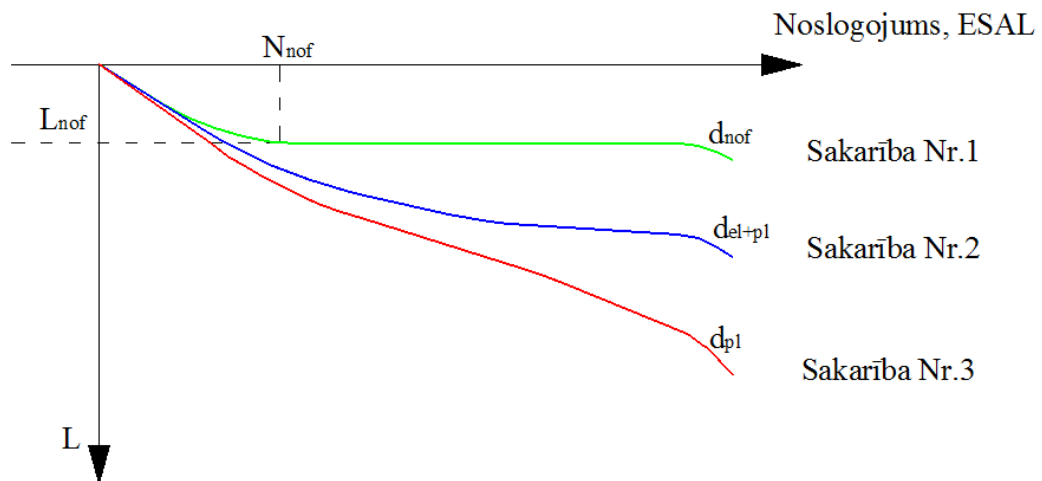
Transporta slodze rada arī bīdes spriegumus segas konstrukcijā. Tādu vāji saistītu materiālu, kā, piemēram, smilts un grants, slāņos bīdes spriegumi var pārsniegt bīdes stiprības robežu. [2] Viens no risu veidošanās cēloņiem ir bīdes deformācija kombinācijā ar asfaltbetona seguma sablīvēšanas riteņu trases iespieduma vietās. [3]

Žurnāla „Autoceļi” ievietotajā publikācijā [2] tās autors P.Dzenis min, ka nav pietiekami noskaidrota katras minētās deformācijas ietekme uz ceļa segas sabrukumu, tā kā deformāciju veidošanās procesu tieši novērot nav iespējams. Vienīgais ar mērījumiem nosakāmais segas pretestības raksturotājs ir seguma ieliece.

Segas darbības raksturu var izteikt, izmantojot 3 sakarības:

- 1) sega darbojas elastīgi,
- 2) elastīgi ar plastiskām deformācijām atsevišķos periodos,
- 3) ar paliekošām plastiskām deformācijām.

Attēlā 1.2. grafiski attēlotas šīs trīs sakarības.



1.2.att. Segas darbība pie dažādiem slodzes režīmiem un grunts nestspējas [2]

Viens no segas konstrukcijas uzdevumiem ir sadalīt transporta slodzi pietiekami plašā grunti pamatnes laukumā. Ja sega darbojas elastīgi (skat.1.2.att.līkni Nr.1), tad tā nav pārslogota, un arī pamatnes grunts ir pietiekami sablīvēta un noturīga. Šāda darbības sakarība raksturīga pēc segas noformēšanās, kuras laikā gan parasti izveidojas neliela paliekoša deformācija (L_{nof}), taču pēc tam sega turpina darboties elastīgi. [2]

Savukārt otrā līkne parāda segas darbību elastīgi plastiskā režīmā, proti, tā darbojas elastīgi ar plastiskām deformācijām atsevišķos laika posmos. Pie šiem posmiem pieskaitāmi klimata ziņā nelabvēlīgie gada periodi – pavasara šķīdonis, ziemas sasalums pie pārmitrinātām gruntīm. Zemes klātnes mitruma režīms sevišķi nelabvēlīgi ietekmē konstrukciju tādās ziemās, kad spēcīgs sals bieži mijas ar atkušņiem. Šādos periodos, kad klimatisko apstākļu dēļ samazinās pamatnes izturība, katrs pārbraucošais smagais transportlīdzeklis rada plastisku deformāciju. Šīs deformācijas summējas un uzkrājas, izveidojot riteņu sliežu rīses. Taču, ja kopējā deformācija ir lielāka par pieļaujamo, sākas segas sabrukšana. Zināms, ka pie ļoti smagiem kravas transportlīdzekļiem sega deformējas, it sevišķi bīstams ir agrā pavasara periods, kad paliekošas deformācijas un plaisas var izraisīt arī atsevišķas palielinātas ass slodzes. [2]

1.2.attēla 3.līkne raksturīga segas plastiskās darbības režīmam, kura laikā slodzes izraisa plastiskās deformācijas. Tādā gadījumā pamatnes grunts stiprība ir ievērojami samazinājusies, un sākotnēji lēnā segas iegrimšana pātrinās, un salīdzinoši neilgā laika periodā sega saplaisā.

Lai ceļa segas konstrukcija atbilstu ekspluatācijas prasībām, tai jādarbojas elastīgi visos gada periodos. Par vispārēju segas stiprības rādītāju pieņemts uzskatīt to, cik lielu segas ielieci rada transporta slodze. Pastāv sakarības starp segas biezumu, pielikto slodzi un segas

ielieci, un, lai neveidotos paliekošās deformācijas, jābūt izpildītiem trīs nosacījumiem – elastīgā ieliece nedrīkst pārsniegt tās pieļaujamās robežas, monolītajiem materiāliem jānodrošina pietiekama stiepes pretestība, kā arī pamatnes gruntij un vāji saistītajiem segas materiāliem jānodrošina noturība pret bīdi. [2]

Pieļaujamā deformācija ir robežlielums, kas raksturo segas izturību. Gada nelabvēlīgajos periodos, kad samazinās segas nestspēja, ir liela varbūtība šo lielumu pārsniegt. Lai šo procesu ierobežotu, ir ieteicami kravas transporta ierobežojumi pavasara šķīdoņa laikā. Latvijā šos ierobežojumus nosaka VAS „Latvijas Valsts ceļi”. Mājaslapā www.lvceli.lv ir ievietota aktuālā informācija par sezonālajiem transportlīdzekļu pilnas masas ierobežojumiem, skat.att.1.3.

Autoceļa nosaukums	Satiksme ierobežota posmā		Ierobežojuma veids	Datums, no kura ierobežota satiksme
	No km	Līdz km		
P75 Jēkabpils–Lietuvas robeža (Nereta)	53.500	60.500	10t	13.02.14.
P79 Koknese- Ērgļi	12.360	25.460	10 t	20.02.14.

1.3.att.Piemērs www.lvceli.lv ievietotās informācijas par transportlīdzekļu pilnas masas ierobežojumiem [22]

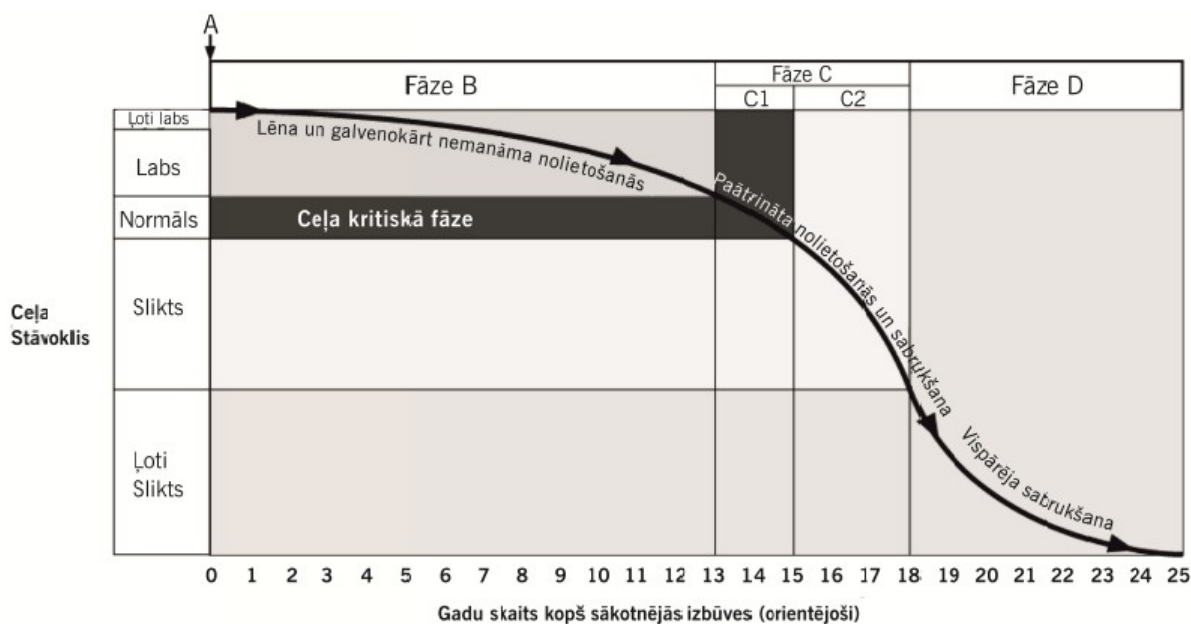
Šāda metode, kad uz valsts autoceļiem tiek ieviesti pagaidu kravas transporta masas ierobežojumi, tiek pielietota arī citās pasaules valstīs ar līdzīgiem klimata apstākļiem. Tomēr šie ierobežojumi attiecas tikai uz vietējas un dažiem reģionālas nozīmes autoceļiem, lai neietekmētu tranzīta un iekšzemes pārvadājumus, kuri galvenokārt notiek pa galvenajiem un svarīgākajiem reģionālajiem autoceļiem. Kā ir minēts VAS „Latvijas Valsts ceļi” mājaslapā, katru gadu ierobežojumi tiek ieviesti visā valsts teritorijā, un kopumā tie attiecas uz aptuveni 10 000 km gariem posmiem, kuros ir stipri nolietoti asfaltbetona segumi vai grants segumi. Tomēr šī problēma ir aktuāla arī uz galvenajiem un nozīmīgākajiem reģionālajiem autoceļiem, kuriem netiek noteikti kravas ierobežojumi, tādēļ, iespējams, būtu jāizskata iespēja Latvijā ieviest weigh-in-motion sistēmas, kuras funkcijas tiktu izmantotas ne tikai statistikas datu iegūšanas nolūkiem, bet arī kravas automobiļu pilnas masas un ass slodžu kontrolei.

Vācijā izdotajā autoru publikācijā „Ceļu tīkla pārvaldīšana” [19] tiek piedāvāts iedalīt ceļa kalpošanas ciklu četrās fāzēs (skat.attēlu 1.4.).

Fāze A raksturīga asfaltbetona segumam tūlīt pēc tā izbūves vai rekonstrukcijas un atklāšanas satiksmei, kad tā tehniskais stāvoklis ir ļoti labs, un apmierina lietotāju prasības.

Fāze B novērojama periodā, kad asfaltbetona sega nolietojas lēni un galvenokārt nemanāmi. Šajā fāzē ceļa stāvoklis ir acīmredzami labā stāvoklī. Tas skaidrojams ar to, ka segas kalpošanas sākumā vairāku gadu garumā parasti ceļš ir pakļauts samērā lēnam nolietošanās procesam. Šo procesu izraisa liels skaits smago un vieglo transportlīdzekļu, arī klimatiskie faktori. B fāzes nolietošanās ātrums ir atkarīgs arī no tā, cik kvalitatīvi ceļš ir izbūvēts un cik pareizi tiek ekspluatēts. Tiek rekomendēts, ka nolietošanās procesa lēnināšanai un mazināšanai ir regulāri jāveic saglabāšanas pasākumi – tādi, kā seguma un ūdens atvades uzturēšana. Ja šajā posmā regulāri tiek veikti minētie segas saglabāšanas un profilaktiskie pasākumi, fāze B var ilgt līdz pat 15 gadiem, pretējā gadījumā – ne vairāk kā sešus astoņus gadus. Taču jebkurā gadījumā šīs fāzes beigu etapā ceļš parasti ir saglabājies labā stāvoklī, un apmierina vairuma tā lietotāju prasības.

Fāze C jeb kritiskā ceļa fāze – šajā laika periodā autoceļa nolietošanās un novecošanās process strauji paātrinās, jo pēc dažu gadu tā lietošanas iestājas straujāks konstrukcijas sastāvdaļu nogurums. Fāze C nosacīti iedalās 2 daļās – apakšfāzēs C1 un C2. C fāzes sākuma stāvoklī C1 raksturīgs tas, ka pamats vēl nav bojāts, arī seguma virsmas bojājumi ir salīdzinoši nenozīmīgi. Savukārt C2 fāzē virsmas bojājumi kļūst arvien vairāk acīmredzami, tai raksturīgi arī pamata bojājumi. Paliekošās deformācijas sākas noteiktās vietās, pēc tam tās strauji progresē un izplatās. Jāatzīmē, ka C fāze ir īsa – tā ilgst vien 2 vai 3 gadus, taču tās laikā virspusējie bojājumi kļūst acīmredzami, un sabrukšana sākas ātrā tempā. Izdevumā „Ceļu tīkla pārvaldīšana” teikts, ka segas virsmas pastiprināšana ir veicama C fāzes sākuma periodā C1, lai tādējādi apturētu ātro novecošanās procesu un pagarinātu segas kalpošanas laiku. Šajā laikā veiktā virsmas pastiprināšana izmaksā salīdzinoši daudz mazāk, nekā, ja tā jāveic C2 fāzē.



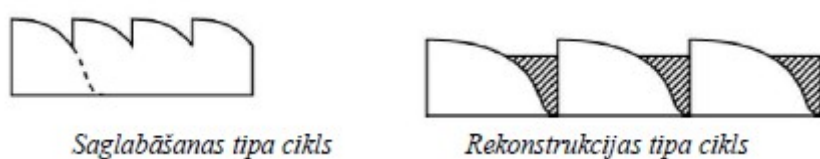
1.4.att.Ceļa nolietošanas kalpošanas periodā [19]

Divi faktori, kas būtiski ietekmē segas konstrukcijas novecošanos un plastisko deformāciju parādīšanos, ir smago transportlīdzekļu slodze, sevišķi, ja tā pārsniedz segas projektēšanā paredzēto slodzi, un ūdens iedarbība uz konstrukciju nepietiekamas ūdens novades dēļ. Segas bojājumi parādās vēl ātrāk, ja šie abi faktori iedarbojas vienlaicīgi – sevišķi rudens un pavasara periodos, kad zemes klātne mēdz būt pārmitrināta un katrs smagā transportlīdzekļa pārbrauciens rada paliekošās deformācijas.

Šie faktori veicina ātrāku C2 fāzes iestāšanos, kad vienkārša virsmas pastiprināšana ir nepietiekama, jo ir jānovērš arī bojājumi pamata kārtā. Šajā nolietošanas attīstības etapā ir veicama bojāto ceļa posmu nojaukšana, pamata un jauna seguma ieklāšana. Šāds darbu komplekss tiek dēvēts par rehabilitāciju, kas nozīmē daļēju pamata aizvietošanu ar jaunu un virsmas pastiprināšanu. C fāzes beigās jau ir novērojamas bedres, plaisas, iesēdumi u.c. deformācijas. Tātad šī etapa beigās un D posma sākumā jau ir nepieciešama konstrukcijas pilnīga rekonstrukcija. Publikācijā „Ceļu tīkla pārvaldīšana” tiek lēsts, ka rekonstrukcijas izmaksas var sastādīt 50%-80% no pilnīgi jauna ceļa izbūves.

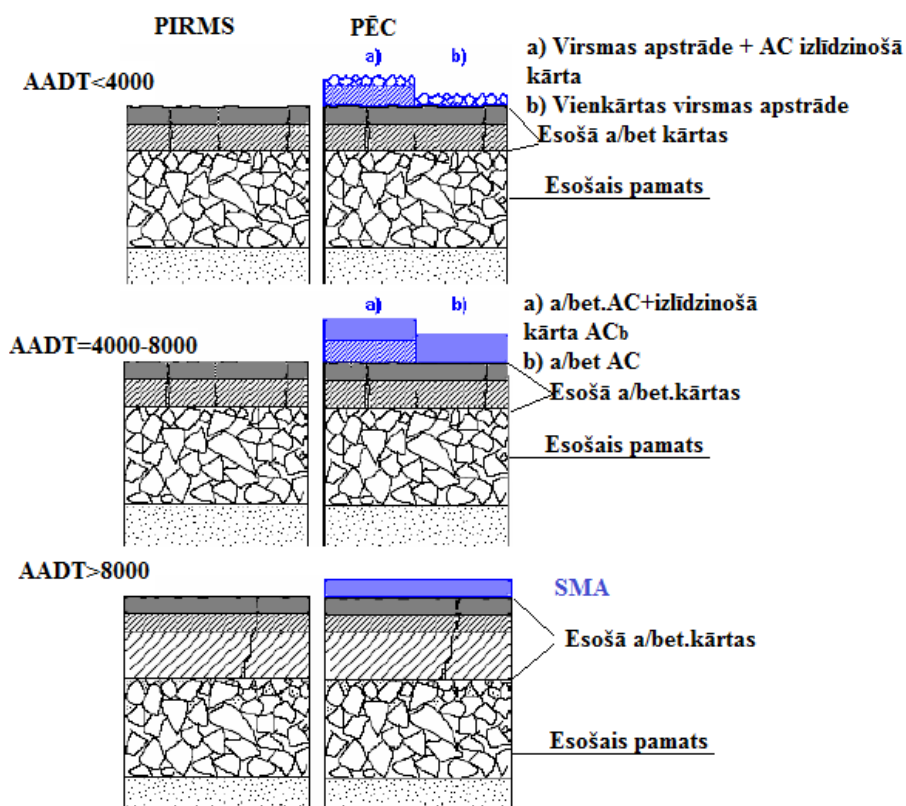
Fāze D jeb vispārēja sabrukšana. Arī šī fāze var ilgt vairākus gadus, tās sākuma pazīme ir asfaltbetona seguma izzušana – novērojamas bedres, asfalta kārtas atlūzumi. Šajā posmā ceļu ekspluatācija kļūst arvien nekomfortablāka, samazinās vidējais satiksmes plūsmas braukšanas ātrums, un palielinās transportlīdzekļu mehānisko bojājumu daudzums.

Attēlā 1.5. redzamas divu veidu ceļu nolietošanās grafiskās shēmas. Katras līknes augstākais punkts atbilst ļoti labam segas konstrukcijas stāvoklim pēc tā sākotnējās izbūves vai rekonstrukcijas. Rekonstrukcijas tipa ciklā līkne sākumā lēnām virzās uz leju, tad straujāk, līdz tiek sasniegts apakšējais punkts, kas atbilst sabrukušā ceļa stāvoklim. Pēc rekonstrukcijas autoceļa stāvoklis atgriežas sākotnējā ļoti labā līmenī, kas grafika līknē atspoguļojas kā stāvs augšup lēcieni uz sākotnējo kalpotspējas līmeni. Iesvītrotās zonas atbilst laika periodiem, kad autobraucējiem tiek radītas lielas transportlīdzekļu ekspluatācijas izmaksas ceļa sliktā tehniskā stāvokļa dēļ. Savukārt izvēloties saglabāšanas tipa ciklu, līkne nesasniedz apakšējo punktu, jo tiek veikta seguma atjaunošana un pastiprināšana.

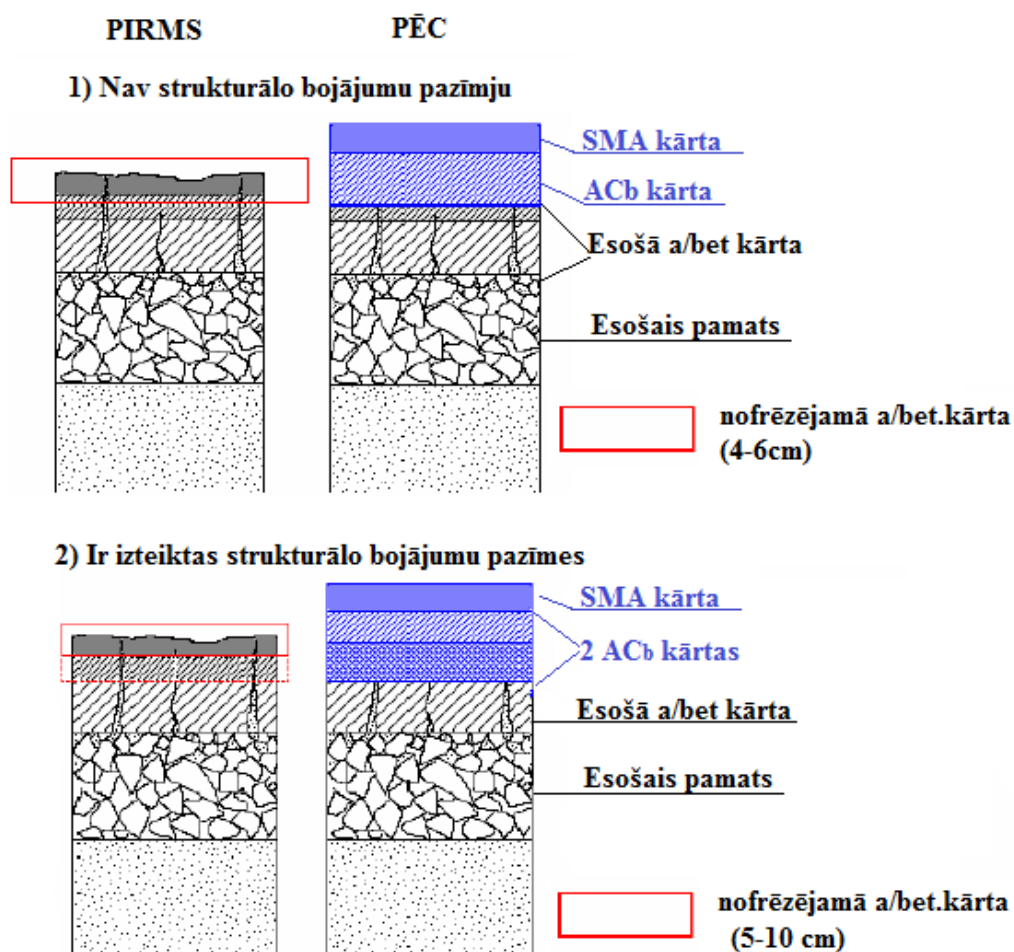


1.5.att. Ceļa saglabāšanas un rekonstrukcijas tipa cikli [19]

Attēlos 1.6. un 1.7. shematiski doti ceļa seguma atjaunošanas un pastiprināšanas tipveida risinājumi.



Att.1.6. Ceļa seguma atjaunošanas tipveida risinājumi [12]



Att.1.7. Ceļa seguma pastiprināšanas tipveida risinājumi [12]

Lai atjaunotu seguma virsmas raupjumu, Latvijā 2013.gadā veikta ceļu virsmas apstrāde 341 km garumā. [26] Arī darbā pētītajam autoceļam A1 „Rīga (Baltezers) - Igaunijas robeža (Ainaži)” (skat.2.nodaļu), veicot ikgadējo ES kontrolpārbaudi, periodiski tiek veikta vienkārta virsmas apstrāde ar granīta šķembām defektu vietās.

Savukārt asfalta seguma izlīdzinošā frēzēšana ar jaunas dilumkārtas ieklāšanu (skat.att.1.7.) saskaņā ar „Ceļu specifikācijas 2012” [8] ir veicama, lai izveidotu esoša asfalta segumam nepieciešamo augstumu, līdzenumu un šķērskritumu, novāktu vecās asfalta kārtas. Tādā veidā tiek likvidēti tādi defekti, kā rīses un lokālie izspiedumi, tiek atjaunots seguma virsmas profils un raupjums. Autoceļa A1 aplūkotajam posmam šādi darbi paredzēti 2016.gadā, un autoceļa A3 „Inčukalns – Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” pētāmajam posmam – 2020.gadā (skat.2.nodaļu).

1.1.2. Publiskās telpas informācija

Pārslogotu kravas automobiļu problēma periodiski tiek atspoguļota arī Latvijas laikrakstos un publikācijās. Tā, piemēram, 2013.gada 29.jūlija izdevumā „Dienas bizness” [16] atspoguļots vairāku organizāciju pārstāvju viedoklis. Proti, ceļu būvnieki uzskata, ka kravu pārvadājumi tiek pārāk maz kontrolēti, savukārt pārvadātāji vainu saskata sliktajā ceļu stāvoklī. Domājams, ka daļēja patiesība ir abu viedokļu paudējiem, jo pārāk maz kontrolēti kravu pārvadātāji bieži vien negodprātīgi pārkāpj masu ierobežojumus, kas savukārt rada defektus jau tā daudzviet bojātajām segas konstrukcijām.

Latvijā pašlaik kravas auto svērsana tiek veikta ar tradicionālajiem svāriem, un tā ir Valsts policijas funkcija. Taču, kā intervijā „Dienas biznesam” [17] atzina VAS „Latvijas Valsts ceļi” vadītājs Jānis Lange, Latvija ir ieinteresēta šī jautājuma efektīvākā risināšanā un ir gatava sadarboties ar dažādām institūcijām pārkrauto automašīnu problēmu risināšanā. Arī Iekšlietu ministrijas pārstāvji intervijā minēja, ka ir atvērti ceļos iebūvētu svaru risinājumam Latvijā, tādēļ, iespējams, vadoties pēc citu valstu pieredzes un, neveicot eksperimentus, arī Latvijā nākotnē šāda veida sistēmas varētu tikt ieviestas un esošās – attīstītas. Latvijā WIM sensori pašlaik darbojas divās vietās – uz autoceļa A1 „Rīga (Baltezers) - Igaunijas robeža (Ainaži)” 72.km un uz autoceļa A3 „Inčukalns – Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” 24.km.

Tāpat periodiski tiek publicēta informācija par policijas veiktajiem akcijas reidiem, kuru laikā pastiprināti tiek kontrolēti un pārbaudīti kravu pārvadātāji. Jau minētajā „Dienas bizness” izdevumā sniegta informācija par policijas akcijā konstatētajiem 10% kravas auto masas pārsniegšanu. Kompānijas „Latvijas Ceļu būvētājs” pārstāvis intervijā atzīst, ka šis fakts norāda uz nepilnībām Latvijas automobiļu svara kontroles mehānismā. Respektīvi, tādā veidā tiek grauta infrastruktūra un izniekoti tajā ieguldītie naudas līdzekļi un resursi. Masas ierobežojuma pārkāpumu nepietiekamai kontrolēšanai var būt arī tālejošas sekas, jo pašlaik no būvniekiem tiek prasīta piecu gadu garantija ceļiem. Gadījumā, ja pasūtītājs vēlāk uzskata, ka izveidojošās rīses jānovērš par būvnieku līdzekļiem, uzņēmējiem ir pamats aicināt talkā juristus, lai pierādītu, ka autoceļi nav ekspluatēti atbilstoši noteikumiem. Citās valstīs būvnieki pēdējā laikā bieži vien izmanto kravas auto nepietiekamas kontroles argumentu, lai tiem nebūtu jāuzņemas atbildība par risu veidošanos, tādēļ dažās valstīs garantijas laiks tiek samazināts no 3 līdz 4 gadiem. Kā intervijā norādīja Valsts policijas Satiksmes uzraudzības biroja pārstāvis, pašlaik esošais kontroles veids prasa cilvēku resursus, kā arī pats svērsanas un protokola sastādīšanas process ir laikietilpīgs. [16]

No Latvijas uzņēmēju puses ir dzirdēts viedoklis, ka citu valstu pārvadātāji tiek mazāk kontrolēti, jo no tiem grūtāk piedzīt soda naudu. Taču, piemēram, 2013.gada pirmajā pusē gandrīz 36% no visām pārbaudītajām kravas automašīnām gandrīz 36% bijuši starptautiskie pārvadātāji, un, pārkāpumu gadījumā citu valstu šoferiem līdz brīdim, kad samaksāta soda nauda, ir jāšķiras no garantijas naudas vai tiesībām un auto reģistrācijas dokumentiem. [16] Līdz ar to var secināt, ka lielāko risku Latvijas autoceļiem rada tieši vietējie pārvadātāji.

Laikraksta „Diena” 2012.gada 20.marta izdevumā [18] Rīgas domes deputāts Ē.Škapars šo problēmu min arī kā raksturīgu Rīgas pilsētai, proti, viens no iemesliem, kādēļ pilsētas ielās pastiprināti veidojas bedres, ir pārlietu smago kravas auto satiksme. Šī slodze tiek uzņemta visa gada garumā, arī nelabvēlīgajos pavasara periodos. Raksta autors kā galveno iemeslu tam, kāpēc pa Rīgas ielām regulāri brauc pārkrauti kravas transportlīdzekļi, min faktu par nepietiekamu to kontroli un samērā dārgo kravas auto svēšanas tehniku. Tā kā pašlaik kontroles funkciju veic Autotransporta inspekcijas mobilās brigādes ar portatīvajiem ass svāriem, nav iespējams pārbaudīt pietiekami lielu kravas automašīnu daudzumu.

Daudzās publikācijās ir minēts par ideju arī Latvijā ieviest WIM sistēmas, tās apvienojot ar kontroles un pārkāpēju sodīšanas funkcijām, jo daudzās pasaules valstīs vairākus gadus transportlīdzekļu svēšana kustībā tiek veiksmīgi praktizēta. Tāpat publiskajā telpā tiek minētas galvenās šādas sistēmas priekšrocības – izmantojot WIM sistēmas, transportlīdzekļi tiktu svērti automātiski, tiem neapstājoties un iesaistot daudz mazāku cilvēkresursu apjomu, nekās tas ir patlaban, un ievērojami palielinot svērto transportlīdzekļu skaitu.

Tādā veidā smago automašīnu svēšana kustībā atrisinātu patlaban neefektīvo kravas automašīnu statisko svēšanu, kā arī novērstu lielu daļu no šīs problēmas radītajām sekām. Proti, būtiski tiktu samazināts pa ielām braucošo pārkrauto automašīnu skaits, līdz ar to samazinātos ceļu segumiem nodarītais kaitējums un saruktu ikgadējie tēriņi remontdarbiem.

Vidēji 80% protokolu tiek sastādīti par kokmateriālu pārvadāšanu, bet pārējo daļu sastāda dolomīta šķembu pārvadātāji, smilts pārvadātāji, kā arī būvmateriālu pārvadātāji. [14] Rietumeiropā svara ierobežojumi tiek stingri uzraudzīti, šoferi tos vairāk ievēro. Automobiļos ir ierīkotas ierīces, kurās redzams, cik sver automašīna. Latvijā savukārt svara ierobežojumi nereti tiek ignorēti, bet to galvenokārt dara vietējie pārvadātāji. [11]

Ņemot vērā augstākminēto, ir secināms, ka Latvijas atbildīgo institūciju un nozares pārstāvji ir vienprātīgi, ka WIM sistēmu ieviešana kravas transportlīdzekļu svara kontrolei būtu lietderīga un pat nepieciešama. Cits jautājums, uz kuru pagaidām nav atbildes, ir kad šādi projekti varētu tikt realizēti. Lai tam tuvotos, pirmkārt, vēl ir jāveic diezgan plaša šādu

sistēmu popularizēšana un galveno priekšrocību un trūkumu analīze. Otrkārt, būtu jāveic izmaiņas likumdošanā, lai, izmantojot iegūtos datus, varētu īstenot kravu pārvadātāju kontroli. Treškārt, kā intervijā „Dienas bizness” [17] min J.Lange, vēl ir neskaidrs jautājums par to, kur nonāktu iekasētā soda nauda – kopējā valsts budžetā vai arī tiktu izmantota autoceļu problēmu risināšanai, piemēram, „melno punktu” likvidēšanai, satiksmes drošības paaugstināšanai utt.

Kā liecina publiski pieejamā informācija, pašreiz līdzīgu inovatīvu metodi izstrādā arī zinātnieki no Transporta un sakaru institūta tepat Latvijā, meklējot efektīvāko tehnoloģisko risinājumu smago automašīnu svēršanas kustībā ieviešanai atbilstoši mūsu valsts klimatiskajiem apstākļiem un pieejamajiem finanšu līdzekļiem. Jaunās metodes princips ir kustībā esošu transportlīdzekļu statiska automātiskā svēršana, izmantojot optisko kabeli. Kamēr Latvijā radītā tehnoloģija vēl nav ieviesta, tiek izmantotas citviet pasaulē populāras un atzītas WIM sistēmas. [18]

Pārslogotu kravas transportlīdzekļu problēma tiek apspriesta arī televīzijas pārraidēs. Kā, piemēram, LTV1 2014.gada 2.maija pārraidē „Aizliegtais paņēmiens” [15], kuras tēma bija „Operācija: Mūsu ceļi”, eksperti dalījās viedokļos par nepietiekamās kravas transportlīdzekļu masas kontroles aktualitāti. Saskaņā ar Valsts kontroles ziņojumu kopš Autotransporta direkcijas likvidācijas ir ievērojami samazinājies veikto kravas automobiļu pārbažu skaits (2012.gadā Valsts policija kopumā veikusi 185 pārbaudes, 2013.gadā – 170). Visticamāk, ka arī šogad transportlīdzekļu faktiskās masas kontroļu skaits samazināsies, tā kā Valsts policijas Autopārvadājumu uzraudzības nodaļas rīcībā esošie svāri nedarbojas jau kopš šī gada marta mēneša. Eksperti kā iespējamo risinājumu min WIM sistēmu ieviešanu, lai pārkāpējus varētu kontrolēt un sodīt daudz efektīvāk. Mērķa realizācijai tuvākajos gados, iespējams, tiks uzstādīti svēršanas sensori uz valsts autoceļiem, kas ved uz eksporta ostām un lielākajiem kokrūpniecības uzņēmumiem. Taču līdz tam pa Latvijas autoceļiem turpinās pārvietoties arī pārkrauti transportlīdzekļi, radot bojājumus ceļa segas konstrukcijām un apdraudot satiksmes drošību.

1.2. WIM sistēmu raksturojums

1.2.1. Vispārēja informācija

Šajā nodaļā ir aprakstītas pasaulē populārākās un plašāk lietotās WIM sistēmas, balstoties uz citu valstu pieredzi.

Vispārēji braucošu transportlīdzekļu svēŗšanas sistēmas pēc to uzstādīšanas veida iedalās 3 grupās:

- Pastāvīgās – gan sensori, gan datu ieguves sistēmas uzstādītas vienuviet;
- Daļēji pastāvīgās – sensori ir iebūvēti segumā, savukārt datu ieguves sistēma ir pārvietojama;
- Pārvietojamās – sensori un aprīkojums ir pārnesams uz dažādām vietām.

Sistēmas galvenās sastāvdaļas ir sekojoŗas:

- Svēŗšanas ierīce;
- Liela ātruma sprieguma radīta signāla pārveidotājs vajadzīgajos datos;
- Programmatūra datu savākšanai un analīzei.

Savukārt pēc tehnoloģiju veida populārākās braucošu transportlīdzekļu svēŗšanas sistēmas var būt ar pjezoelektriskiem vai kvarca sensoriem, vai elastīgām plātnēm.

Sistēma ar pjezoelektriskiem sensoriem

Pjezoelektriski materiāli pārveido mehāniskus spriegumus tiem proporcionālā elektriskajā enerģijā. Šādi materiāli mehāniski izpleŗas vai saŗaurinās, uz tiem iedarbojoties pretēju polaritāŗu spriegumiem. Braucošu transportlīdzekļu svēŗšanas sistēmas sastāv no kompleksas tehnoloģijas, kurā ietilpst pjezoelektriski sensori, kas iebūvēti asfalta segumā apmēram 6 cm dziļumā, kā arī indukcijas cilpas braukšanas ātruma noteikšanai. Augstāka līmeņa sistēmās ietilpst arī automātiskās numurzīmju atpazīšanas kameras un datu apstrādes bloks. Darbības princips ir sekojoŗs - tiklīdz transportlīdzeklis ŗķērsu sensoru, sistēma nosaka, vai ŗis transportlīdzeklis ir vieglā vai kravas automaŗina, tiek noteikta katras ass masa (nosakot tikai vertikālu slodzi). ŗī masa tiek salīdzināta ar automaŗinas klasei pieļaujamo ass slodzi. Tai pat laikā videokamera fiksē numurzīmi. ŗie dati tiek saglabāti failu direktorijā. Standarta risinājuma gadījumā tiek reģistrēti visi transportlīdzekļi, kas ŗķērsu sensorus, sistēma nosaka ŗādus parametrus:

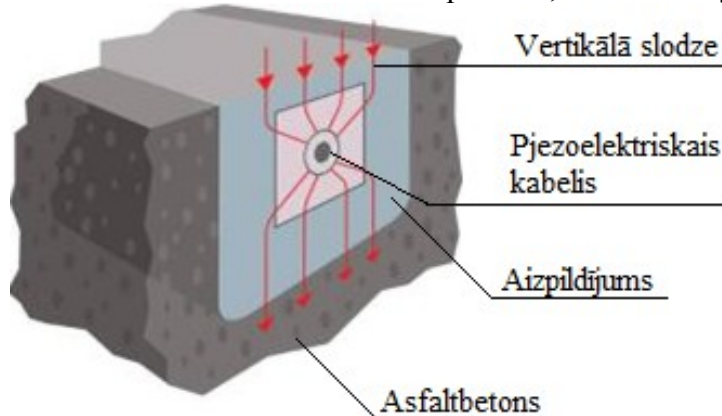
- Asu slodzes;
- Transportlīdzekļa kopējo masu;
- Transportlīdzekļa kategoriju;
- Braukšanas ātrumu;
- Notikuma laiku;
- Atraŗanās vietu. [37]

Savukārt, ja ir uzstādītas arī videokameras, papildus augstākminētajiem parametriem iespējams iegūt arī sekojoŗu informāciju:

- Reģistrācijas numuru;

- Transportlīdzekļa fotoattēlu;
- Fiksēt bīstamas kravas.

Ražotāji apgalvo, ka šādas sistēmas spēj fiksēt transportlīdzekļus ar braukšanas ātrumu līdz pat 200 km/h. Lai autovadītāji nespētu „izvairīties” no transportlīdzekļu nosvēšanas, sensori tiek iebūvēti visā brauktuves platumā, arī nomalē. [24]

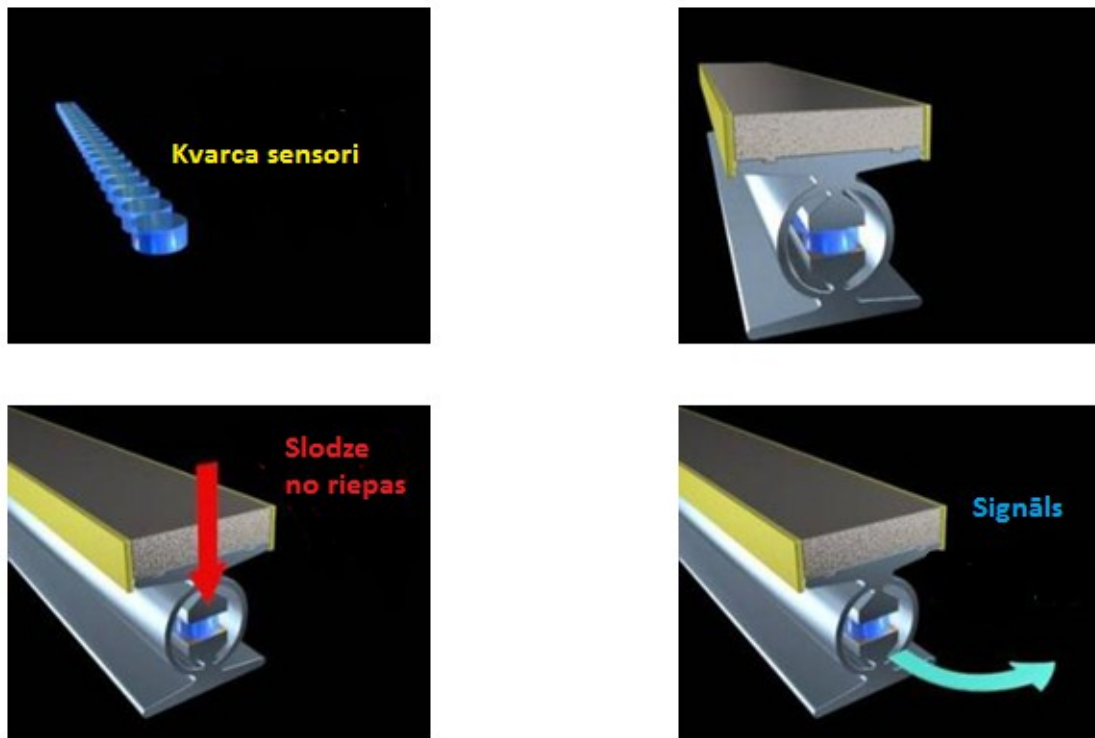


1.8.att. Pjezoelektriskais sensors [37]

Šādu sensoru iebūvēšanai asfaltbetona segumā ir jāveic neliels frēzējums un tas jāaizpilda ar bitumenu vai bitumena emulsiju (skat.2.nodaļas 2.4.-2.5.attēlus). Galvenie pjezoelektrisko sensoru darbības trūkumi ir to iespējamās kļūmes temperatūras svārstību ietekmē, kā arī tie nav piemēroti pie zemiem braukšanas ātrumiem. Ir nepieciešama arī regulāra kalibrēšana. [37]

Sistēma ar kvarca sensoriem

1.9.attēlā redzams, kā darbojas kvarca sensori. Brīdī, kad uz sensoru iedarbojas transportlīdzekļa riteņa slodze, kvarca kristāli sensora iekšpusē ģenerē virsmas slodzi. Ar pastiprinātāju palīdzību šī izraisītā virsmas slodze var tikt precīzi nomērīta ar stāvokļa ātras noteikšanas ierīcēm (*angl.-state-of-the-art device*). Rezultātā tiek noteikta katras ass slodze un visa transportlīdzekļa masa. [24]



1.9.att. Kvarca sensoru darbības shēma [37]

Sensoru iebūvēšana segumā ir salīdzinoši vienkārša (skat.att.1.10.). Tā ierīkošanai nepieciešams asfaltā izfrēzēt 5,5cm dziļu un 7cm platu iegriezumu. Satiksme jāslēdz uz 6-8 stundām, savukārt no smagās tehnikas izmantojama tikai asfalta frēze.

Sistēmām, aprīkotām ar kvarca sensoriem, ir vairāki būtiski plusi – darbības precizitāte (pareizi izbūvētām un atbilstoši paredzētām sistēmām $\pm 5\%$), vides temperatūra neietekmē iekārtu precizitāti, ātra un vienkārša instalācija (salīdzinot, piemēram, ar elastīgās plātnes sistēmu). Kvarca sensoru sistēmas ir piemērotas visu veidu segas konstrukcijām (asfaltbetona, betona), nav nepieciešama regulāra uzturēšana un kalibrēšana.



1. Asfalta izfrēzēšana



2. Virsmas tīrīšana



3. Montāža



4. Aizpildīšana ar javu



5. Sensora ievietošana



6. Slīpēšana

1.10.att. Izbūves darbi



1.11.att. Sensoru izvietojums

Elastīgo plātņu sistēma

Standarta gadījumā šāda veida risinājums sastāv no divām ceļa segumā iebūvētām svēšanas platformām (skat.att.1.13.), kā arī indukcijas cilpām, izvietotām pirms un pēc elastīgās plātnes, braukšanas ātruma noteikšanai.



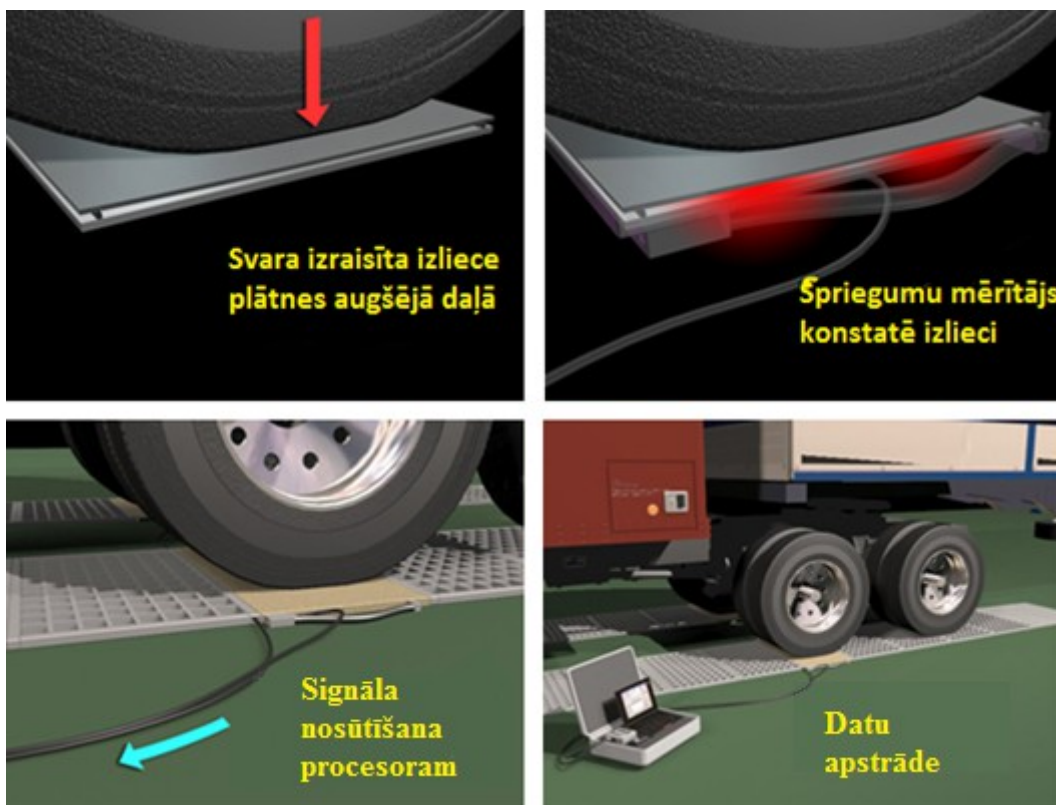


1.12.att. Elastīgā plātne [37]

1.13. att.

Elastīgo plātņu izvietojums [37]

Attēlā Nr.1.14. ir shematiski attēlots elastīgo plātņu svēšanas sistēmas darbības princips – signāls datu apstrādei tiek ģenerēts proporcionāli plātnes izliecei, kas rodas no transportlīdzekļa svara. Spriegumu mērītājs, kurš atrodas zem plātnes, konstatē slodzes izraisītu izlieci un signālu nosūta procesoram, kur signāls tiek pastiprināts un apstrādāts ass slodzes iegūšanai.



1.14.att. Sistēmas darbības princips [37]

Parasti šāda veida sistēmas kalpo no 8 līdz 12 gadiem. Transportlīdzekļa masu iespējams noteikt, ja to braukšanas ātrums ir no 5 līdz pat 200 km/h. Iegūtos datus izmanto satiksmes

monitoringam, ceļu uzturēšanas plānošanai, pārslodzes noteikšanai, nodokļu sistēmai un citiem statistikas datiem. [37]

Tomēr jāatzīmē, ka transportlīdzekļu svēršanas sistēmai ar elastīgajām plātnēm ir savi trūkumi, proti, sarežģīta izbūve, kas ilgst vairākas dienas, kā arī ir nepieciešams veikt salīdzinoši lielu iegriezumu segumā (att.1.15.). Šāda sistēma nav piemērota visiem segumu veidiem, tai skaitā arī asfaltbetona segām. Turklāt ir nepieciešami regulāri uzturēšanas darbi, un metāliskā rāmja bojājuma gadījumā nepieciešami būtiski remonta darbi.



1.15.att. Elastīgās plātnes montāža

1.3. Sistēmu salīdzinājums

Galvenie braucošu transportlīdzekļu svēršanas sistēmu precizitātes riska faktori ir sekojoši:

- Transportlīdzekļu iedarbība, t.i., riepu stāvoklis un veids, paātrinājums, piekares sistēmas;
- Vides ietekme – temperatūras gradients, vējš, apledojuums, sniegš, nokrišņi;
- Segas konstrukcijas veids un stāvoklis, šķēršļi (piem., bedres u.c.), šķērsprofila ietekme. [37]

Vienkāršots aplūkoto sistēmu salīdzinājums dots 1.1.tabulā.

1.1.tabula. Populārāko sistēmu salīdzinājums [37]

Parametrs	Pjezoelektriskie sensori	Elastīgo sistēma	plātņu	Kvarca sensoru sistēma
Augsta precizitāte	+	+		+
Atkarība no temperatūras	+		+	-
Spēja darboties pie maziem ātrumiem	-		+	+
Iespēja izbūvēt jebkurā segumā	+		-	+
Viegla un ātra izbūve	+		-	+
Nepieciešama uzturēšana	-		+	-

Kā redzams 1.1. tabulā, braucošu transportlīdzekļu svēršanas sistēmām, kuru pamatā ir kvarca sensori, ir vairāk būtisku priekšrocību nekā elastīgo plātņu un pjezoelektrisko sensoru sistēmām. Šī iemesla dēļ pēdējā laikā pasaulē vairāk izmanto tieši pirmo risinājuma veidu. Kvarca sensoru sistēmas ir vieglāk izbūvējamas, tās prasa mazākas uzturēšanas izmaksas. Savukārt elastīgo plātņu sistēmu trūkums ir to nepiemērotība asfalta segumiem. Visu trīs sistēmu trūkums – frēzējuma vietu radītie seguma vizuālie defekti.

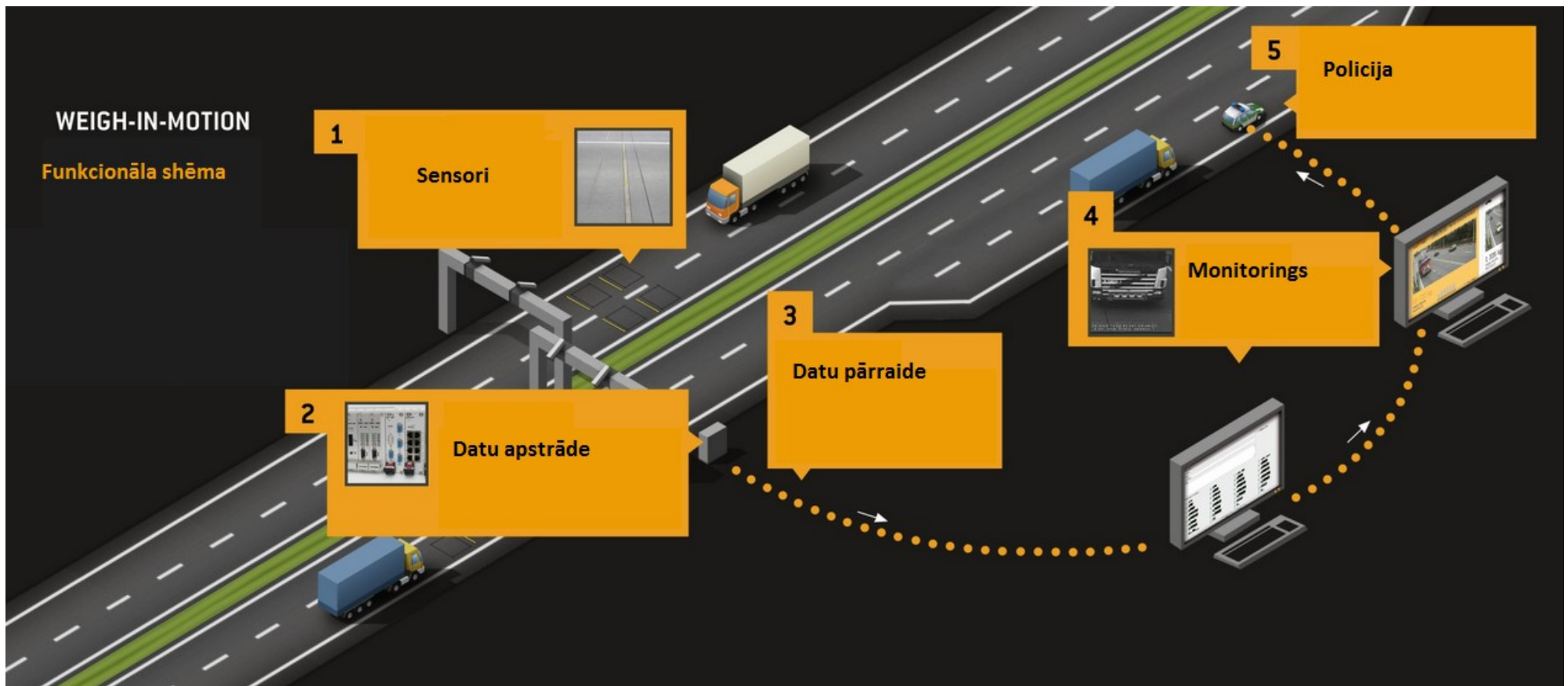
Optiskās šķiedras sensori

Kā minēts iepriekš, Transporta un sakaru institūta zinātniski pētnieciskā grupa veic jauna un alternatīva risinājuma izstrādi transportlīdzekļu svēršanai, izmantojot optiskās šķiedras sensorus. Šis ir perspektīvs virziens tālākā WIM sistēmu attīstībā. Pētniecības darbiem ir piesaistīts arī Eiropas Savienības finansējums. Projekta ietvaros ir veikti eksperimenti, lai noteiktu dažādus faktorus, kas ietekmē iekārtu darbības parametrus. Galvenās atšķirības starp pasaulē plaši izmantotajām kvarca un elastīgo plātņu sistēmām ir zemākas uzstādīšanas un apkalpošanas izmaksas. Iespējams arī, ka jaunā sistēma apsteigs esošos analogos produktus kvalitātes ziņā un spēs nodrošināt atbilstošu konkurences līmeni tirgū. [39]

1.4. Pasaules piemēri

Viena no Eiropas valstīm, kas jau spērusi lielu soli svēršanas sistēmu ieviešanā, ir Čehija. Tur ieviesta kompleksa sistēma, kas gan sver kustībā esošus kravas auto, gan veic pārkāpēju sodīšanu. Konkrēti – ir uzstādīta svēršanas sistēma ar kvarca sensoriem, kā arī veiktas izmaiņas normatīvajos aktos, paredzot to, ka ar šāda veida iekārtām iegūtiem datiem drīkst sodīt pārkāpējus. Čehijā realizētās sistēmas principiāla darbības shēma redzama attēlā 1.16. Zemāk sniegta informācija par pieciem 1.16. attēlā redzamajiem „posmiem”:

- 1) Sensori. Katrā joslā izvietoti divi kvarca sensori un divas indukcijas cilpas;
- 2) Datu apstrāde no sensoriem iegūtās informācijas. Datus iespējams pareizi apstrādāt no dažādām satiksmes plūsmas situācijām, kā piem., joslu maiņa, piespiedu apstāšanās;
- 3) Datu pārraide. Rezultāti tiek saglabāti iekšējā atmiņā un nosūtīti reālā laika uzraudzītājiem;
- 4) Monitorings – ar videokameru palīdzību tiek fiksēts katrs sensorus šķērsojošais transportlīdzeklis un tā reģistrācijas numurs;
- 5) Pārkāpēju apturēšana. Ja tiek konstatēta atļautā kravas vai ātruma pārsniegšana, policijas darbinieki aptur transportlīdzekli un izraksta soda kvīti. [29]



1.16.att. Čehijā realizētās sistēmas funkcionāla shēma [29]

Back to Control Panel CR

Watchdesk Browser **Violations**

For top violators view, enter filter criteria below:

Date: Violation type: Lane: Violation importance: Records:

Truck ID	Date	Percentage Increase	Weight (kg)
420	ZL1 3/8/12 4:55:49 PM	+51.4%	28,687 kg
ZOO	ZL1 3/7/12 11:15:33 AM	+27.4%	24,142 kg
320	ZL1 3/6/12 11:30:52 AM	+16.1%	37,665 kg
321	ZL1 3/5/12 10:45:56 AM	+12.3%	42,460 kg
421	ZL1 3/6/12 2:05:40 PM	+9.6%	20,762 kg
ILO	ZL1 Today 5:43:06 AM	+9.5%	38,227 kg

1.17.att. Čehijā realizētā projekta sistēmas interfeiss [33]

Attēlā 1.17. redzams, kādā veidā un kādu informāciju par kontroles punktu šķērsojošajiem transportlīdzekļiem ataino kontroles punktā ierīkoti datoru ekrāni, lai policijas darbinieki ātrā veidā konstatētu pārslogotas kravas transportlīdzekļu asis. Tiek fiksēts transportlīdzeklis un tā reģistrācijas numurs, noteikta tā masa un procentuālais atļautās masas pārsniegums, tiek noteikta kravas transportlīdzekļa klase. Datus iespējams arī atlasīt pēc dažādiem kritērijiem.

Augstākminētā sistēma Čehijā darbojas kopš 2012.gada un ir novērojama pārslogoto kravas automobiļu skaita samazināšanās. [30]

Arī mums tuvākas valstis ir soli priekšā Latvijai līdzīgu sistēmu ieviešanai – Lietuvā pie Klaipēdas kopš 2009.gada darbojas sensori, kas gan neģenerē soda kvītis, tomēr kustībā esošie atklātie pārkāpēji tiek novirzīti un transportlīdzekļu pārsvēšanu. Sistēma pie Klaipēdas ir aprīkota ar WIM sensoriem divās braukšanas joslās un video monitoringu. [37]

Lai cīnītos ar palielinātām transporta slodzēm, šogad Lietuvā ir plānots ieviest pilotprojektu, kas paredz WIM sistēmu uzstādīšanu 3 dažādos autoceļu posmos. Projektā tiks izstrādāta transportlīdzekļu svēšanas metodoloģija, uzstādītas svēšanas iekārtas un videonovērošanas kameras, līdzīgi kā tas jau ir izdarīts Čehijā. Sistēmas darbības princips, visticamāk, būs līdzīgs, kā attēlots 1.16.attēlā. Transportlīdzekļus, kuriem tiks konstatēta palielināta kopējā vai atsevišķu ass slodžu masa, apturēs policijas darbinieki un izrakstīs soda kvīti. Tiek plānots, ka jaunie risinājumi paredzēs precīzāku pārkāpēju diagnostiku un sistēmas analītiskās iespējas, tādējādi valsts institūcijām nodrošinot lielākas kontroles iespējas. Iespējams, ka tiks paredzēta arī numuru atpazīšanas sistēma, lai uzraudzītu, vai kontroles vietas nešķērso transportlīdzekļi no tā sauktā „melnā saraksta” – proti, zagti vai meklēšanā izsludināti transportlīdzekļi, vai automašīnas, kurām beidzies obligātās apdrošināšanas polises termiņš. Tā kā minētajam projektam būs pilotprojekta statuss, izmaiņas Lietuvas likumdošanā vēl nav veiktas. Taču, ja projekts izrādīsies veiksmīgs, iespējams, izmaiņas likumdošanā nākotnē ir sagaidāmas. No šī pilotprojekta ieviešanas rezultātiem atkarīgs arī, vai WIM sistēmas tiks ieviestas arī plašākā Lietuvas teritorijā. [37]

Salīdzinājumam turpmāk uzskaitīti vēl daži pasaules valstu piemēri, kur jau vairākus gadus darbojas braucošu transportlīdzekļu svēšanas sistēmas, kuras tiek izmantotas automobiļu svāra kontrolei. Pašlaik pasaulē darbojas divu veidu transportlīdzekļu svēšanas kontroles mehānismi – ar automātisku svēšanas rezultātu sagatavošanu, lai pārkāpējiem uzreiz tiktu sagatavota soda kvīte, un tā dēvētais „*pre-selection*” mehānisms, kad WIM sistēma fiksē pārkrautu transportlīdzekli, un tālāk tas tiek virzīts uz pārsvēšanu.

Tā, piemēram, Šveicē Gotharda tunelī kopš 1998.gada iebūvēti svēšanas sensori, un dažus kilometrus tālāk atrodas statistiski svāri pārkāpēju pārsvēšanai. Šāda veida risinājums pieder pie „*pre-selection*” metodes – respektīvi, sensori, kas atrodas tunelī, fiksē pārkrautu auto, un transportlīdzeklim izbraucot no tuneļa, pārbaudes laukumā to nosver policijas darbinieki, izmantojot kalibrētus svarus. [36] (att.1.18.).



1.18.att. Gotharda tunelis
Šveicē [37]

Polijā netālu no Opoles pilsētas 2011.gadā ir īstenots pilotprojekts, kura ietvaros katrā braukšanas joslā uzstādīti 4 kvarca sensori, un dati tiek pārraidīti caur GPRS modemu. Arī šeit darbojas konstatētos pārkrautos automobiļus aptur policijas darbinieki, lai sastādītu protokolu.



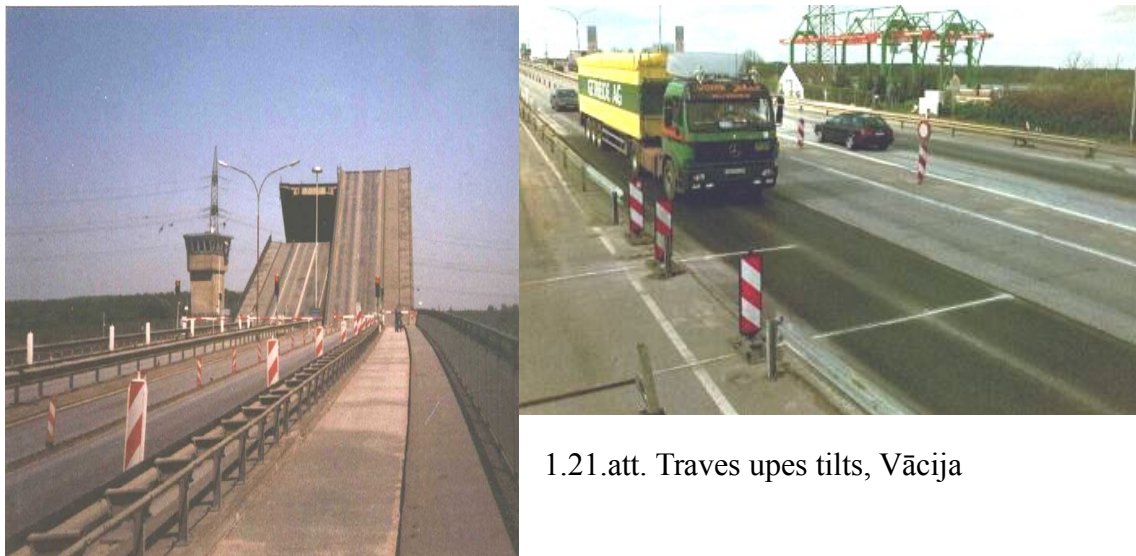
1.19.att. WIM sensori Polijā [31]

Samērā attīstīts auto svēšanas risinājums ir sastopams Taizemē, kur sistēma darbojas kopš 2010.gada, lai pasargātu tilta konstrukcijas no pārslogotiem transportlīdzekļiem. Šis gadījums īpašs ar to, ka tika piemeklēts piemērots risinājums Taizemes tropiskajam klimatam ar lielu gaisa mitrumu, augstām gaisa temperatūrām un bieži sastopamām lietusegāzēm. Kā risinājums klimatiskajiem apstākļiem izmantotas dzesēšanas kameras, nodrošinot sistēmas nepārtrauktu darbību. Transportlīdzekļu masas kontroles veids - „*pre-selection*”. [32]



1.20.att. WIM sistēmas uz tilta Taizemē [32]

Kā vēl viens piemērs tam, ka WIM sistēmas var veiksmīgi funkcionēt uz tiltiem, ir Vācijas pilsētā Lībekā pār Traves upes tiltā piemērotais risinājums (skat.1.21.att.). Šeit papildus ass slodžu noteikšanai tiek kontrolēta arī distance starp kravas auto (ne mazāka par 35m).



1.21.att. Traves upes tilts, Vācija

1.5. Latvijas Republikas likumdošana

Šobrīd kravas transportlīdzekļu svēšana ir Valsts policijas funkcija, to veic Autopārvadājumu uzraudzības nodaļa. Par transportlīdzekļu svēšanu atbildīgās institūcijas ir periodiski mainījušās. Līdz 2010.gada decembrim transportlīdzekļu masas kontroli veica Autotransporta inspekcija, līdz tā tika likvidēta. [10]





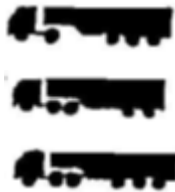

Parasti katra šāda procedūra prasa diezgan daudz laika, jāveic visas MK noteikumos Nr.665 „Autopārvadājumu kontroles kārtība” (punktā Nr.10) prasītās darbības: *„Autotransporta inspekcijas kontrolieris apturēto transportlīdzekli novirza uz autoceļa tuvumā esošām piemērotām vietām (piemēram, stāvlaukumiem, degvielas uzpildes staciju teritorijām, kravas iekraušanas un izkraušanas laukumiem): transportlīdzekļa faktiskās masas kontrolei (svēšanai) ar autotransporta svāriem, kas verificēti atbilstoši normatīvajiem aktiem par neautomātisko svaru atbilstības novērtēšanu. (...) Autotransporta inspekcijas kontrolieris par katru pārbaudīto transportlīdzekli sastāda kravu autopārvadājumu pārbaudes protokolu”.* [6]





Pārbaudīti tiek tikai atsevišķi transportlīdzekļi no kopējās plūsmas. Savukārt, izmantojot WIM sistēmas tehnoloģijas, katra transportlīdzekļa nosvēšana kustībā notiek sekunžu laikā, un nosvērti tiek visi auto, kas šķērso segumā iebūvēto kontroles sistēmu. Konkrētam ceļa posmam pareizi piemērota un izbūvēta sistēma sniedz precīzu informāciju (kļūda līdz 5%), samazina izmaksas salīdzinājumā ar ierastajām metodēm. Tādējādi būtu pieejama detalizēta informācija par katra ceļa posma satiksmes slodzi un tās intensitāti, kas savukārt uzlabotu segas konstrukcijas projektēšanas rezultātus.

MK noteikumi Nr.343 „Noteikumi par lielpārvadātā un smagsvara pārvadājumiem” paredz šādas maksimālās kravas transportlīdzekļu faktiskās masas: 52 t un 47 t (vedot 12,2 m ISO konteinerus).

MK noteikumu Nr.571 „Ceļu satiksmes noteikumi” [7] 3.pielikumā noteiktas pieļaujamās transportlīdzekļu faktiskās masas un ass slodzes vērtības, kas dotas 1.2.tabulā.

1.2.tabula. Latvijā maksimāli pieļaujamās transportlīdzekļu faktiskās masas un ass slodzes

MK Nr.571 3.pielikuma punkta Nr.	Transportlīdzekļa tips	Shematisks attēls	Maksimālā pieļaujamā faktiskās masas vērtība, t
8.1.	Divasus piekabe		18
8.2.	Trīsasu piekabe		24
8.3.	Transportlīdzekļu sastāvs ar piekabi, kas sastāv no divasus automobiļa un divasus piekabe		36
8.4.	Transportlīdzekļu sastāvs ar piekabi, kas sastāv no divasus automobiļa un trīsasu vai vairākasus piekabe vai trīsasu automobiļa un divasus vai vairākasus piekabe		40
8.5.	Transportlīdzekļu sastāvs ar puspiekabi, kas sastāv no divasus vilcēja un trīsasu puspiekabe vai trīsasu vilcēja un divasus vai trīsasu puspiekabe		40
8.6.	Transportlīdzekļu sastāvs ar puspiekabi, kas sastāv no trīsasu vilcēja un divasus vai trīsasu puspiekabe, kuri ved 40 pēdu (12,2 m) ISO konteineru		44
8.7.	<i>Transportlīdzekļu sastāvs ar puspiekabi, kas sastāv no divasus vilcēja un divasus puspiekabe:</i>		

MK Nr.571 3.pielikuma punkta Nr.	Transportlīdzekļa tips	Shematisks attēls	Maksimālā pieļaujamā faktiskās masas vērtība, t
8.7.1.	Ja puspiekabes starpasu attālums ir 1,3 m un lielāks, bet nepārsniedz 1,8 m	 <i>(ar mainīgu starpasu attālumu)</i>	36
8.7.2.	Ja puspiekabes starpasu attālums ir lielāks par 1,8 m		36
8.7.3.	Ja vilcēja faktiskā masa ir 18 t un puspiekabes, kuras starpasu attālums ir lielāks par 1,8 m, faktiskā masa ir 20 t, un ja dzenošajam tiltam ir dubultriteņi un pneimatisks vai tam pielīdzināms atsperojums		38
8.8.	Dīvasu automobiļiem		18
8.9.	Trīsasu automobiļiem		25
8.10.	Četrasu automobiļiem ar diviem stūrējamiem tiltiem, ja tā dzenošajam tiltam ir dubultriteņi un pneimatisks vai tam pielīdzināms atsperojums vai katram no dzenošajiem tiltiem ir dubultriteņi un ass slodze nepārsniedz 9,5 t	-	32
8.11.	Trīsasu posmainajiem autobusiem		28
<i>9. Vienass tilta slodze</i>			
9.1., 9.2.	Dzītajam tiltam ar vai bez dubultriteņiem	-	10
9.3.	Dzenošajam tiltam	-	11.5

Līdz Latvija iestājās Eiropas Savienībā (ES), atļautā ass slodze vienass dzenošā tilta ass slodze bija 10 t, taču saskaņā ar ES normatīvajiem aktiem, arī Latvijā tika ieviesta 11.5t atļautā ass slodze dzenošajam tiltam un 10 t – dzītajam.

Saskaņā ar Latvijas Administratīvo pārkāpumu kodeksa, 149.³³ pantu „Kravu pārvadāšanas noteikumu pārkāpšana” [9] Latvijā transportlīdzekļu vadītāji (fiziskas vai juridiskas personas) par atļautās kravas faktiskās masas pārsniegšanu tiek sodīti ar attiecīgiem administratīvajiem naudas sodiem, skatīt 1.3.tabulu.

1.3.tabula. Administratīvo sodu apmēri par kravas masas pārsniegšanu [9]

Pārkāpums	Administratīvais sods
Transportlīdzekļa izgatavotāja noteiktās masas vai slodzes sadalījums uz asīm pārsniedz vairāk nekā 5%	Transportlīdzekļa vadītājam izsaka brīdinājumu vai piemērojams naudas sods 15 eiro apmērā
Transportlīdzekļa izgatavotāja noteiktās masas vai slodzes sadalījums uz asīm pārsniedz vairāk nekā 20%	Transportlīdzekļa vadītājam piemērojams naudas sods 40 eiro apmērā
Transportlīdzekļa (vai to sastāva) noteiktā pieļaujamā faktiskā masa pārsniedz pieļaujamo faktisko masu: <ul style="list-style-type: none"> • līdz 2 t • ass slodzi līdz 0,5 t • tilta slodzi, ja atsevišķi nav noteikta katras tilta ass pieļaujamā slodze, līdz 1 t 	<ul style="list-style-type: none"> • transportlīdzekļa vadītājam, ja tā ir fiziska persona, piemērojams naudas sods no 30 līdz 70 eiro • kravas nosūtītājam – fiziskajai personai – no 40 līdz 140 eiro • juridiskajai personai – no 70 līdz 280 eiro
Transportlīdzekļa (vai to sastāva) noteiktā pieļaujamā faktiskā masa pārsniedz pieļaujamo faktisko masu: <ul style="list-style-type: none"> • no 2 līdz 5 t • ass slodzi no 0,5 līdz 2 t • tilta slodzi, ja atsevišķi nav noteikta katras tilta ass pieļaujamā slodze, no 1 t līdz 3 t 	<ul style="list-style-type: none"> • transportlīdzekļa vadītājam, ja tā ir fiziska persona, piemērojams naudas sods no 70 līdz 80 eiro • kravas pārvadātājam vai nosūtītājam – fiziskajai personai – no 40 līdz 350 eiro • juridiskajai personai – no 570 līdz 1400 eiro
Transportlīdzekļa (vai to sastāva) noteiktā pieļaujamā faktiskā masa pārsniedz pieļaujamo faktisko masu: <ul style="list-style-type: none"> • no 5 līdz 8 t • ass slodzi no 2 līdz 3.5 t • tilta slodzi, ja atsevišķi nav noteikta katras tilta ass pieļaujamā slodze, no 3 t līdz 5 t 	<ul style="list-style-type: none"> • transportlīdzekļa vadītājam, ja tā ir fiziska persona, piemērojams naudas sods no 180 līdz 280 eiro • kravas pārvadātājam no 1400 eiro vai nosūtītājam – fiziskajai personai – no 350 līdz 570 eiro • juridiskajai personai – no 1400 līdz 2300 eiro
Transportlīdzekļa (vai to sastāva) noteiktā pieļaujamā faktiskā masa pārsniedz pieļaujamo faktisko masu: <ul style="list-style-type: none"> • 8 t vai vairāk • Ass slodzi par 3.5 t vai vairāk • tilta slodzi, ja atsevišķi nav noteikta katras tilta ass pieļaujamā slodze par 5 t vai vairāk 	<ul style="list-style-type: none"> • transportlīdzekļa vadītājam no 280 līdz 700 eiro • kravas pārvadātājam — no 2300 līdz 5700 eiro • nosūtītājam — fiziskajai personai — no 570 līdz 700 eiro • juridiskajai personai — no 2300 līdz 5700 eiro

Kā redzams, administratīvie naudas sodi par maksimālās atļautās transportlīdzekļa kopējās faktiskās un ass masas pārsniegšanu ir ievērojami. Tātad, ja efektīvāk tiktu uzraudzīti kravas transportlīdzekļu faktiskās masas parametri galvenajiem kravas pārvadājumu tranzīta ceļiem, pie pašreizējām ass slodzēm (skatīt 2.nodaļu) valsts budžetā nonāktu ievērojami iekasētās naudas līdzekļi. Pirms šādas kontroles sistēmas ieviešanas ir grūti paredzēt, kāds būtu Latvijas pārvadātāju uzvedības modelis, jo katrā valstī līdzīgu vai pat vienādu sistēmu ieviešana var uzrādīt atšķirīgus rezultātus. Tomēr, visticamāk, transportlīdzekļu pārslogoto asu skaits samazinātos, tādējādi samazinātos arī ceļu seguma uzturēšanas un remonta darbu izmaksas, palielinātos to ekspluatācijas laiks. Tādēļ, vadoties no citu valstu pieredzes, Latvijā WIM sistēmas ar transportlīdzekļu masas kontroles funkciju ieviešana sākotnēji būtu rekomendējama kā pilotprojekts.

Šogad Latvijā tiek plānots uzstādīt WIM sensorus vēl divās vietās – uz valsts galvenā autoceļa A7 un uz reģionālā autoceļa P80. Taču par to, vai un kad varētu tikt veikts sistēmu uzlabojums, to darbību apvienojot ar kravas transportlīdzekļu masas kontroli, pagaidām informācijas nav. [38]

1.6. Pirmās nodaļas apkopojums un secinājumi

1. Palielinātas ass slodzes izraisa palielošu deformāciju veidošanos ceļa segas konstrukcijā - plaisas un plastiskas deformācijas konstrukcijas pamatnē, bedres un rises. Šai problēmai Latvijā tiek sekots līdzī vairāku gadu garumā, tomēr joprojām nav ieviesti efektīvi līdzekļi smago transportlīdzekļu ass slodžu kontrolei. Pašlaik Latvijā WIM sistēmas kā demo versijas darbojas uz diviem autoceļu posmiem sistēmas izmēģināšanai un statistikas datu iegūšanai satiksmes slodžu noteikšanai. VAS „Latvijas Valsts ceļi” tuvākajos plānos ietilpst WIM sistēmu uzstādīšana arī uz citiem autoceļiem statistikas datu iegūšanai.

2. Pasaulē populārākās WIM sistēmas ir kvarca sensoru, pjezoelektrisko sensoru un elastīgo plātņu sistēmas. Labāku tehnisko parametru un vienkāršākas uzturēšanas dēļ plašāku pielietojumu guvušas WIM sistēmas ar kvarca un pjezoelektriskajiem sensoriem. Galvenās šo sistēmu priekšrocības ir transportlīdzekļu svēšana, nekavējot satiksmes plūsmu, un iespēja nosvērt visus transportlīdzekļus, kas šķērso kontroles punktus. Nozīmīgākie trūkumi – salīdzinoši lielas uzstādīšanas izmaksas un sistēmu nolietojšanās laika gaitā. Tādēļ zinātnieki un ražotāji meklē jaunas tehniskās iespējas WIM sistēmu uzlabošanā, kā arī uzstādīšanas un ekspluatācijas izmaksu optimizācijai.

3. Aizvien vairāk valstis sāk izmantot automātiskās braucošu transportlīdzekļu sistēmas, pamazām aizvītojojot vai padarot efektīvāku tradicionālo transportlīdzekļu svēšanas metodi. Latvijā transportlīdzekļu svēšanu veic Valsts policijas Autopārvadājumu uzraudzības nodaļa MK noteikumos Nr.665 „Autopārvadājumu kontroles kārtība” noteiktajā kārtībā. Lai realizētu WIM sistēmu ieviešanu Latvijā ar transportlīdzekļu masas kontroles funkciju, ir nepieciešams apzināt palielināto ass slodžu ietekmi uz ceļa segas konstrukciju, veikt šādu sistēmu popularizēšanu un veikt izmaiņas pašreizējā LR likumdošanā. Tādēļ minēto sistēmu ieviešana stacionārā veidā sākotnēji būtu rekomendējama kā pilotprojekts, līdzīgi, kā tas ir realizēts daudzās pasaules valstīs. Pilnīgākai kontrolei WIM sistēmas būtu ieteicams ieviest, saglabājot arī pašreizējo transportlīdzekļu svēšanas metodi.

2. PĒTĪJUMA DAĻA

2.1. Pētāmie objekti

Lai noteiktu kravas transportlīdzekļu ass slodžu ietekmi uz segas kalpotspēju, darbā ir veikts analītisks pētījums par kravas transportlīdzekļu ass slodžu ietekmi uz ceļa segas kalpotspēju. Ir pētīti un analizēti aktuālie VAS „Latvijas Valsts ceļi” rīcībā esošie transportlīdzekļu svēršanas dati diviem autoceļu posmiem. Pašlaik Latvijā WIM sensori darbojas divās vietās - uz autoceļa A1 „Rīga (Baltezers) – Igaunijas robeža (Ainaži)” 72.kilometra un uz autoceļa A3 „Inčukalns – Valmiera – Igaunijas robeža (Valka)” 24.kilometra. Šajā nodaļā ir aprakstīta pētījuma metode, tā analīze un iegūtie rezultāti.

2.1.1. Autoceļš A1 „Rīga (Baltezers) – Igaunijas robeža (Ainaži)”

A1 autoceļš „Rīga (Baltezers) - Igaunijas robeža (Ainaži)” ir *Via Baltica* un autoceļa E67 sastāvdaļa. Autoceļa A1 kopējais garums ir 101,7 km. Autoceļa attālums līdz Rīgas jūras līča krastam no autoceļa sākuma Lilastē līdz pat Igaunijas robežai nav lielāks par 6 km. Kopš iestāšanās Eiropas Savienībā 2014.gadā A1 autoceļš ir ticis ievērojami uzlabots. 2004. gadā tika rekonstruēti pirmie seši kilometri līdz krustojumam ar P1, paplašinot brauktuvi līdz 11.5 metru platumam, izbūvējot ietves un veloceliņus, samazinot nobrauktuvju skaitu, izbūvējot vietējas satiksmes ceļus un rekonstruējot tiltu pāri dzelzceļam. [34]

Atsaucoties uz VAS „Latvijas Valsts ceļi” sniegto informāciju, ir zināms, ka darbā pētītais posms tika rekonstruēts laika periodā no 27.06.2005 līdz 31.08.2007 projekta „E67-A1 posma Skulte – Svētciems km 40.570 – 80.700 rekonstrukcija” ietvaros. Projekta autors – SIA „Pro Via”, galvenais būvuzņēmējs – Pilnsabiedrība „Binders un Partneri”. Vairāk nekā 40 km garais posms tika nodots ekspluatācijā 2007.gada novembrī. Projekta izmaksas sastādīja 42'726'763 eiro. Saskaņā ar tehnisko projektu paredzamais būves ekspluatācijas laiks ir 20 gadi. Tā kā projekta realizācijā tika piesaistīts Eiropas Savienības līdzfinansējums, viens no līguma nosacījumiem ir regulāra atjaunotā autoceļa posma tehniskā stāvokļa kontrole un konstatēto defektu labošana. Pēdējo reizi šāda kontrolpārbaude notika pagājušajā, 2013.gadā, kad tika atklāti daži defekti un tie novērsti. Pārsvārā tika konstatētas garenplaisas pa ceļa asi, vietām arī lielāks plaisu tīkls, tādēļ tika veikta plaisu aizpildīšana ar bitumena emulsiju, kā arī vienkārtas virsmas apstrāde vietās, kur tas nepieciešams. Lai novērstu bojājumu tālāku izplatību, šādas pārbaudes notiek regulāri, arī šogad tādas ir paredzētas. Ikgadējie bojājumu

novēršanas pasākumi minētājā posmā tiek finansēti no ikdienas uzturēšanai paredzētajiem līdzekļiem. [38]

Saskaņā ar VAS „Latvijas Valsts ceļi” plānoto programmu „Valsts autoceļu sakārtošanas programma 2014.-2020.gadam” [25] šī posma seguma atjaunošana un pastiprināšana ir paredzēta 2016.gadā. Ir plānota asfaltbetona dilumkārtas nofrēzēšana un jaunas asfaltbetona virskārtas ieklāšana, tam paredzot 9.7 miljonus eiro lielu finansējumu.

Arī turpmākajos gados VAS „Latvijas Valsts ceļi” plāno veikt tālāku šī autoceļa rekonstrukciju un seguma atjaunošanas un pastiprināšanas darbus. Saskaņā ar Valsts autoceļu sakārtošanas programmu 2014.-2020.gadam [25], piesaistot ES Kohēzijas fonda līdzekļus un Valsts budžeta finansējumu, ir paredzēts rekonstruēt a/c A1 „Rīga (Baltezers)—Igaunijas robeža (Ainaži)” posmus no km 81,27 līdz 87,10 un km 89,40 līdz 101,74 līdz 2016.gada beigām. Plānotās rekonstrukcijas darbu izmaksas abiem minētajiem posmiem ir attiecīgi 4.12 un 9.2 milj.eiro. Savukārt seguma atjaunošana un pastiprināšana 2014.gadā tiek plānota autoceļa A1 posmā no km 0.00 līdz 21.05, tam paredzot izmaksas 5,1 milj.eiro apmērā. 2016.gadā paredzēts atjaunot segumu vēl divos autoceļa A1 posmos kopumā vairāk kā 60 km garumā – no km 21.05 līdz 40.57 (plānotās izmaksas 4.7 milj.eiro) un jau minētajā posmā no 40.57 līdz 81.27. Tieši pēdējā posmā atrodas maģistra darbā pētītā transportlīdzekļu svēršanas sistēma.

2.1.2. Autoceļš A3 „Inčukalns – Valmiera – Igaunijas robeža (Valka)”

Autoceļa A3 posma, kurā atrodas WIM sistēmas sensori, rekonstrukcija veikta laika posmā no 2012.gada maija līdz 2013.gada rudenim [28]. Tehniskais projekts objektam „Valsts galvenā autoceļa A3 Inčukalns – Valmiera – Igaunijas robeža (Valka) posma km 1,65 – 26,90 segas rekonstrukcija” izstrādāts 2010.gadā, un tajā tika paredzēts uzstādīt ceļa laika apstākļu stacijas sensorus un satiksmes uzskaites sensorus. Projekta autors - AS „Ceļuprojekts”. Kā ir noteikts minētā projekta tehniskā projekta specifikācijās [40], šie satiksmes uzskaites sensori ir satiksmes uzskaites sistēmas mezgls, ar kura palīdzību satiksmes uzskaites iekārta fiksē transporta līdzekļu skaitu un parametrus. Tā izbūves galvenie darbi atbilst darba 1.1.1.apakšnodaļas 1.10.attēlā dotajam sensoru izbūves darbu algoritmam, tas ir: frēzējums asfalta segumā, kontūru montāža, frēzējuma aizliešana ar mastikas pārklājumu, tranšejas rakšana un aizbēršana, sensoru savienošana ar iekārtas kabeli. Šī projekta realizācijas gaitā autoceļa A3 24.kilometrā iebūvētie sensori nosaka arī maģistra darbā pētītos kravas transportlīdzekļu parametrus. Kopumā autoceļa A3 posma km 1.65 – 26.90 rekonstrukcijas

gaitā ir veikta vecā asfalta seguma reciklēšana, izbūvēts segas pamats un veikta trīs jaunu asfalta kārtu ieklāšana 19 cm biezumā. Galvenais būvuzņēmējs – CBF SIA „Binders”. Kā liecina publiski pieejamā informācija, šī projekta realizācijas izmaksas sastādīja aptuveni 17 miljonus eiro (12 miljonus latu), no kuriem 14,1 milj.eiro ieguldīti tieši ceļu būvdarbos. ES Kohēzijas fonda līdzfinansējums sastādīja aptuveni 85%, un Latvijas valsts līdzfinansējums - 15%. [28], [13]

Atsaucoties uz Valsts autoceļu sakārtošanas programmu 2014.-2020.gadam [25], autoceļa A3 „Inčukalns – Valmiera – Igaunijas robeža (Valka)” rekonstrukcija tuvāko gadu laikā tiek plānota arī citos posmos, proti, līdz 2016.gada beigām ir paredzēts veikt posma no km 60.20 līdz 79.45 rekonstrukciju, ieguldot projektā aptuveni 18 milj.eiro. No 2017.līdz 2018.gadam tiek plānots rekonstruēt arī 4.25 km garu posmu (km 32.15-36.40), šī posma rekonstrukcijas paredzētās izmaksas – 3.5 milj.eiro. Seguma atjaunošanu un pastiprināšanu 2017.gadā plānots veikt autoceļa A3 2.3 km garā posmā (km 26.9-29.24), tam atvēlot apmēram 811 tūkstošus eiro. Valsts autoceļu sakārtošanas programmas 2014.-2020.gadam noslēguma etapā 2019.gadā plāno atjaunot segumu arī posmā no km 110.10 līdz 113.49 (izmaksas – 1.2 milj.eiro).

Kā redzams punktos 2.1.1. un 2.1.2., autoceļu rekonstrukcijas un atjaunošanas darbu realizācijā ir ieguldīti lieli finansiāli līdzekļi, un saskaņā ar paredzēto plānu līdz 2020.gadam, paredzēts turpināt veikt plašus valsts autoceļu atjaunošanas darbus. Līdz ar to ir svarīgi novērtēt iespējamos riskus, kas var būtiski ietekmēt autoceļu tehnisko stāvokli un to kalpošanas ilgumu.

Uz autoceļa A1 dati par iekārtas mērījumiem pieejami no 2012.gada 14.jūlija, savukārt uz autoceļa A3 – no 2013.gada 5.septembra. Tehnisku iemeslu dēļ dati par autoceļa A1 mērījumu rezultātiem nav derīgi laika posmā no 2013.gada 23.augusta līdz 23.oktobrim, tādēļ šie dati no analīzes tika izslēgti. Maģistra darbā pētīti un analizēti visi pieejamie un derīgie dati A1 autoceļam par 18 mēnešiem (no 14.07.2012 līdz 31.01.2014), savukārt A3 autoceļa posmam – par 5 mēnešiem (no 05.09.2013 līdz 31.01.2014), tā kā tur iekārta uzstādīta salīdzinoši nesēn.



2.1.att. WIM sensoru izvietojums kartē

2.2. Aprēķinu metode

Datu analīzei izmantota ASV izdotās rokasgrāmatas „*AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993*” [1] piedāvātā segas kalpotspējas noteikšanas metode, izmantojot kalpotspējas indeksu, kā arī P.Dzeņa publikācija „Autoceļu segu deformācijas un spriegumstāvokļi lielu ass slodžu ietekmē” žurnāla „Autoceļi” 1999.gada izdevumā. [2] Žurnālā tika publicēti autora pētījuma rezultāti par to, vai tajā laikā Latvijas autoceļu tīkls bija gatavs normatīvās ass slodzes palielināšanai no 10 t uz pašreizējām 11.5 t, kas tika veikta pēc iestāšanās Eiropas Savienībā. Pētījuma autors datu analīzē izmantoja smago transportlīdzekļu svēšanas rezultātus uz vairākiem autoceļu posmiem un noslogotības pieauguma koeficienta aprēķina metodi. Tolaik Latvijā vēl nebija veikta galveno autoceļu segu pastiprināšana atbilstoši palielinātajām normatīvo ass slodžu vērtībām. P.Dzeņa pētījuma rezultātā tika sniegts atzinums, ka 1999.gadā 11.5 t ass slodze uz vienas dzenošo tiltu pirms segas pastiprināšanas nebija pieļaujama. Taču tagad pēc izmaiņām Latvijas likumdošanā ceļa segas projektēšanas gaitā par aprēķinu ass slodzi pieņem 11.5 t. Lai noteiktu, kā pašreizējās faktiskās ass slodzes ietekmē ceļu segas darba mūžu, pētījumā ir izmantota noslogotības pieauguma koeficienta aprēķinu metode un „*AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993*” aprakstītā kalpotspējas indeksa metode.

2.2.1. Noslogotības pieauguma koeficients

Žurnāla „Autoceļi” [2] aprakstītās aprēķinu metodes princips ir segu noslogotības koeficienta aprēķins, kas ļauj novērtēt, par cik palielināta segas noslogotība, salīdzinot ar pieļaujamo noslodzi, proti:

Smago transportlīdzekļu katras i-tās ass slodzes iedarbība uz segu S_i ir izsakāma kā ceturtās pakāpes vienādojums:

$$S_i = \left[\frac{P_{a,i}}{NAS} \right]^4 \quad (2.1.) [2]$$

kur: S_i - transportlīdzekļa katras i-tās ass slodzes iedarbība uz segu S_i . Šis koeficients nosaka ass slodzes iedarbību uz segu, kas ekvivalenta 11.5t ass slodzes iedarbībai;

$P_{a,i}$ – i-tās ass masa;

NAS – normatīvā ass slodze 11.5 t.

S_i citos literatūras avotos [3], [1] minēts kā ekvivalentās ass slodzes koeficients EALF (*angl.-equivalent axle load factor*), kura aprēķināšanai tiek izmantots 4.pakāpes vienādojums, kāds dots formulā (2.1.). Šis koeficients izsaka transportlīdzekļa katras i-tās ass bojājuma ietekmi uz segas konstrukciju. Summējot katras ass bojājuma koeficientu S_i (vai $EALF_i$), tiek noteikts kopējais bojājuma koeficients no transportlīdzekļa ass slodzēm jeb, aprēķinot katras ass slodzes iedarbību, iespējams noteikt smagā transportlīdzekļa visu asu slodžu summāro iedarbību N, ko var izteikt ar $NAS=11.5t$:

$$N = S_1 + \dots + S_n \quad (2.2.) [2]$$

Tiek noteikta arī jebkuras ass pārslogotība dN :

$$dN_i = S_i - 1 \quad (2.3.) [2]$$

Gadījumā, ja ass slodzes ekvivalents $S_i < 1$, tad dN netiek ievērtēts, jo i-tā transportlīdzekļa ass nav pārslogota.

Savukārt noslogotības pieauguma koeficients $K_{n,p}$ raksturo segas kopējo noslogotību, un to aprēķina pēc formulas:

$$K_{n,p} = 1 + \left[\frac{dN_i}{N} \right] \quad (2.4.) [2]$$

Ja noslogotības pieauguma koeficients $K_{n,p} > 1$, var uzskatīt, ka transporta slodze pārsniedz projektēšanas laikā paredzēto, un izraisa paliekošo deformāciju veidošanos.

Lai noteiktu, kā mainās paredzētais segas kalpošanas laiks atkarībā no augstākminētā koeficienta $K_{n,p}$, tiek izmantota „AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993” [1] piedāvātā projektēšanas metode.

2.2.2. „AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” metode

ASV izdotajā rokasgrāmatā segas kalpotspējas laika noteikšana balstīta uz kalpotspējas indeksa noteikšanu. Kalpotspējas indeksu apzīmē ar PSI, tā vērtības var būt no 0 (bezceļš) līdz 5 (perfekts ceļš). Metodes pamatā tiek ievērtēti divi indeksi – sākotnējais p_0 un beigu kalpotspējas indekss p_t . Sākotnējais indekss p_0 noteikts uzreiz pēc tam, kad ceļš atklāts satiksmes kustībai. AASHTO iesaka pieņemt p_0 vērtību 4,2 nestingām segām un 4,6 – stingām segas konstrukcijām. [1]

Beigu kalpotspējas indekss p_t ir no ceļu lietotāju viedokļa zemākais pieļaujamais kvalitātes līmenis pirms segas rekonstrukcijas. Tas tiek noteikts atkarībā no ceļa nozīmes, tā ieteicamās vērtības dotas 2.1.tabulā.

2.1.tabula. Indeksa p_t vērtības [4]

Ceļa kategorija	p_t vērtība	Apmierinātie ceļa lietotāji, %
Galvenais autoceļš	3.0	88
Galvenais autoceļš	2.5	45
Zemas intensitātes ceļš	2.0	15
Ļoti zemas intensitātes ceļš	1.5	

Lai noteiktu kalpotspējas samazinājumu ΔPSI segas kalpošanas beigās, tiek izmantota sekojoša sakarība:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t \quad (2.5.) [1]$$

Galvenie faktori, kas ietekmē kalpotspējas samazinājumu, ir satiksmes slodze un vides iedarbība. Līdz ar to kopējais kalpotspējas zudums izsakāms arī kā šo divu faktoru iedarbības rezultātā izveidojies kalpošanas laika zudums:

$$\Delta PSI = \Delta PSI_{\text{sat}} + \Delta PSI_{\text{vide}} \quad (2.6.) [1]$$

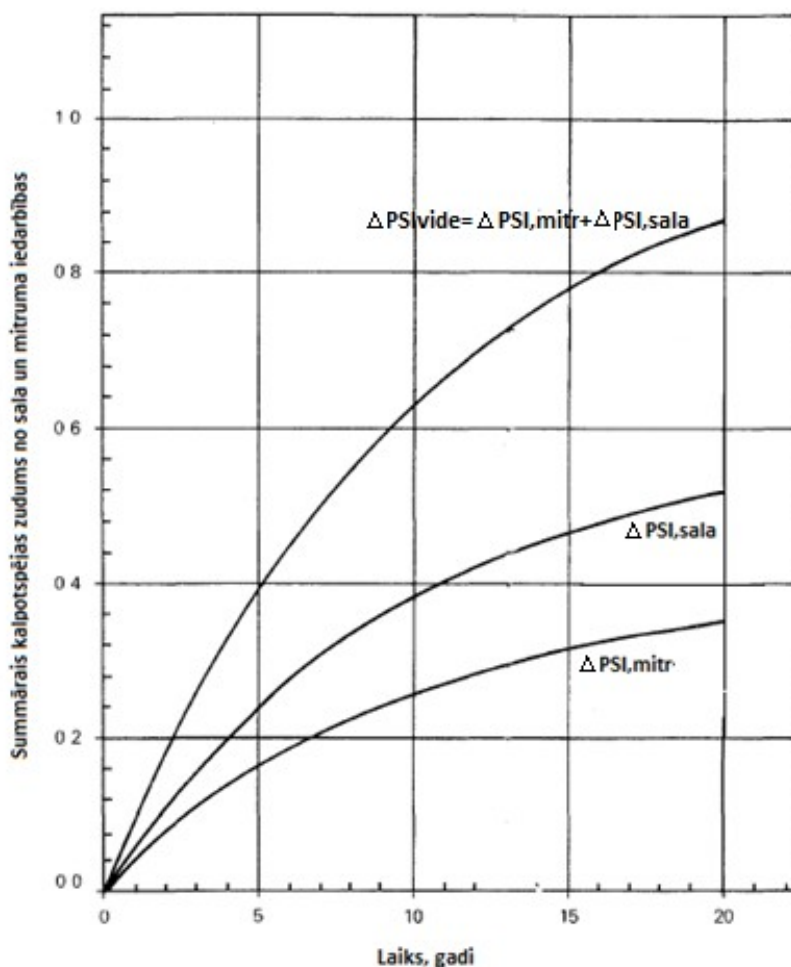
kur: ΔPSI – kopējais kalpotspējas zudums;

ΔPSI_{sat} – satiksmes slodzes izraisītais kalpotspējas zudums;

ΔPSI_{vide} – vides ietekmes (sala un mitruma) izraisītais kalpotspējas zudums.

Koeficients ΔPSI_{vide} veidojas no temperatūras un mitruma izmaiņām segas konstrukcijā, ietekmējot tādas materiālu īpašības, kā izturība, stiprība un darba mūža ilgums. Respektīvi, saistīgo grunšu briešanu izraisa mitrums, savukārt sals rada segas pacēlumus un plaisas.

2.2.attēlā redzama diagramma vides faktoru izraisīto kalpotspējas zudumu noteikšanai atkarībā no laika.



2.2.att. Summārais kalpotspējas zudums vides faktoru iedarbības dēļ [1]

Mitruma ietekmi var neievērot, ja kalpotspējas zudumu rada tikai sala iedarbība [4]. Tā kā Latvijas klimata apstākļos pie vides faktoriem pieder gan sala, gan mitruma ietekme, maģistra darba aprēķinu daļā ir ievērtēti abi faktori.

Kā minēts iepriekš, kopējo kalpotspējas zudumu ΔPSI veido vides faktoru ietekme un satiksmes slodze kādā noteiktā laika periodā. Tādējādi satiksmes izraisīto kalpotspējas zudumu var noteikt sekojoši:

$$\Delta PSI_{\text{sat}} = \Delta PSI - \Delta PSI_{\text{vide}} \quad (2.7.) [1]$$

Zinot, kāds ir paredzamais segas kalpošanas laiks, no 2.2.attēla diagrammas jānosaka darba mūža samazināšanās indekss ΔPSI_{vide} . Piemēram, 15 gadu ilgā laikā $\Delta PSI_{\text{vide}} = 0.78$. Ja ir zināms, ka:

$$p_0 = 4.6$$

$$p_t = 2.5$$

$$\Delta PSI = 4.6 - 2.5 = 2.1,$$

$$\text{tad ir iespējams noteikt, ka } \Delta PSI_{\text{sat}} = \Delta PSI - \Delta PSI_{\text{vide}} = 2.1 - 0.78 = 1.32$$

Maģistra darbā noteiktais noslogojuma pieauguma koeficients $K_{n,p}$ ir attiecināms uz koeficienta ΔPSI_{sat} pieaugumu. Līdz ar to var uzskatīt, ka, pieaugot ΔPSI_{sat} , attiecīgi samazinās

koeficients $\Delta\text{PSI}_{\text{vide}}$, taču kopējais ΔPSI mainīties nedrīkst. Piemēram, ja $K_{n,p}=1.10$, $\Delta\text{PSI}_{\text{sat}}$ pieaug par 10%, proti:

$$\Delta\text{PSI}_{\text{sat}+10\%}=1.32+1.32*0.1=1.45$$

Tā kā $\Delta\text{PSI}=2.1$, tad satiksmes slodzes pieauguma rezultātā samazinās $\Delta\text{PSI}_{\text{vide}}$ koeficienta vērtība:

$$\Delta\text{PSI}_{\text{vide}}'=2.1-1.45=0.65$$

Tālāk no 2.2.attēla diagrammas nosaka, ka pie $\Delta\text{PSI}_{\text{vide}}$ vērtības 0.65 paredzamais kalpošanas laiks ir samazinājies no 15 gadiem līdz aptuveni 12 gadiem.

2.3. Datu analīze

2.3.1. Iekārtas

Maģistra darba pētījuma daļā izmantoti VAS „Latvijas Valsts ceļi” dati par divu dažādu autoceļu posmu transportlīdzekļu svēršanas datiem, kas iegūti no WIM sistēmām. Kā minēts iepriekš, pašlaik Latvijā šādu sistēmu demo versijas darbojas uz autoceļa A1 „Rīga (Baltezers) - Igaunijas robeža (Ainaži)” 72.kilometra un A3 „Inčukalns – Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” 24. kilometra. Mērījumu dati tiek apkopoti katru dienu tam paredzētajos excel failos. Katrā no šiem failiem ir sekojoša informācija:

- datums un laiks;
- braukšanas joslas Nr.;
- transportlīdzekļa braukšanas ātrums;
- transportlīdzekļa braukšanas virziens (uz ziemeļiem (*Northbound*) vai dienvidiem (*Southbound*));
- transportlīdzekļa klase un garums;
- kopējais attālums starp pirmo un pēdējo asi;
- temperatūra;
- asu daudzums;
- attālums starp blakus esošām asīm;
- transportlīdzekļa kopējā masa;
- transportlīdzekļa katras atsevišķas ass masa.

Dotā sistēma ļauj konstatēt līdz pat 20 asīm katram transportlīdzeklim. Informācija, ko šādas iekārtas neļauj konstatēt, ir spiediens riepās un noteikt, vai riepas ir vienkameras vai divkameru. 2.3.attēlā redzams piemērs par informāciju, kāda iegūstama ar weigh-in-motion sistēmām.

Maģistra darbs „Braucošu transportlīdzekļu svēršanas sistēmas ieviešanas iespēju analīze Latvijā”

yyyy/MM/dd HH:mm:ss:ff	Site Number	Site ID	Serial Number	Lane	Speed KPH	Speed MPH	Vehicle Direction	Class Description	Class Index	Class Sub Index	Length CM	WheelBase CM	TimeGap MS	Headway CM	Validity Code
2012.08.05	1	0001C004E	140525	Lane1	77	47	Northbou	61	61	10	683	369	0	0	None
2012.08.05	1	0001C004E	140526	Lane1	89	55	Northbou	1	1	1	555	255	0	0	None
2012.08.05	1	0001C004E	140527	Lane2	53	32	Southbou	1	1	1	541	275	0	0	None
Validity Code	Temperature C	Loop On Time MS	Loop Threshold1	Loop Threshold2	Loop Threshold3	Loop Threshold4	Loop Threshold5	Chassis Height Code	Loop Min Height	Total Overhang Percent	Front Overhang Percent	Gross Weight KG	Axles		
0	-3,2768	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	2311	2		
0	-3,2768	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	1760	2		
0	-3,2768	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	1560	2		
Axle Weight1	Axle SpacingC M1	Axle Weight2	Axle SpacingC M2	Axle Weight3	Axle SpacingC M3	Axle Weight4	Axle SpacingC M4	Axle Weight5	Axle SpacingC M5	Axle Weight6	Axle SpacingC M6	Axle Weight7	Axle SpacingC M7		
1287	369	1024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
996	255	764	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
801	275	759	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Axle Weight8	Axle SpacingC M8	Axle Weight9	Axle SpacingC M9	Axle Weight10	Axle SpacingC M10	Axle Weight11	Axle SpacingC M11	Axle Weight12	Axle SpacingC M12	Axle Weight13	Axle SpacingC M13	Axle Weight14	Axle SpacingC M14		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

(līdz 20 asīm)

2.3.att. Dati no mērījumu failiem

Transportlīdzekļa kopējā un atsevišķu asu masa tiek noteikta kilogramos, savukārt attālums starp asīm – centimetros.

Pašlaik abos apskatāmo autoceļu posmos tiek izmantoti Lielbritānijas ražotāja „Applied Traffic” piedāvātie risinājumi – pjezoelektriskie svēršanas sensori. [31] Tie ir iebūvēti 10 mm dziļumā, tos papildina arī induktīvās cilpas. Datu pārraidi iespējams nodrošināt gan izmantojot Ethernet tīklu, gan GPRS un GSM. [27]

Attēlos 2.4-2.5 redzams augstākminēto sensoru izvietojums uz autoceļa A1 „Rīga (Baltezers)—Igaunijas robeža (Ainaži)” 72.kilometra. Katrā braukšanas joslā ir iefrēzēti 3 šādi sensori, šuves aizpildītas ar bitumena mastiku. Sistēma ir aprīkota arī videonovērošanas kameru, meteostaciju un infrasarkanu staru devēju transportlīdzekļu skaita un braukšanas ātruma noteikšanai (skat.att.2.6.-2.7.) Šāda sistēma uz minētā autoceļa ieviesta 2012.gada vasarā.



2.4.att. Sensori uz autoceļa A1 72.km



2.5.att. Sensori uz autoceļa A1 72.km



2.6.att. Sistēmas aprīkojums a/c A1 72.km



2.7.att. Sistēmas aprīkojums a/c A1 72.km

Līdzīga sistēma 2013.gada otrajā pusē ieviesta arī uz autoceļa A3 „Inčukalns – Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” 24. kilometra. Atšķirībā no iepriekš minētā posma aprīkojuma uz autoceļa A3 sensori izbūvēti katrā braukšanas joslā pa vienam (skat.att.2.8.)



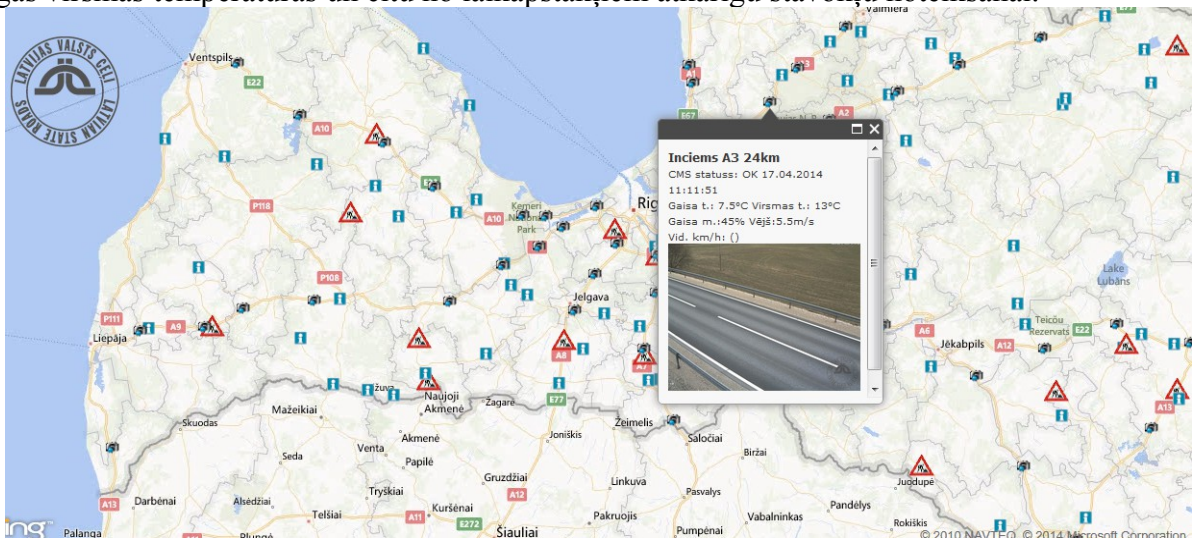
2.8.att. Sensoru izvietojums uz autoceļa A3 24.km



2.9.att. Sistēmas aprīkojums a/c A3 24.km

Arī uz a/c A3 ir ierīkota meteostacija, videonovērošanas kamera un infrasarkanie staru devēji (att.2.9.).









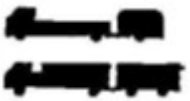

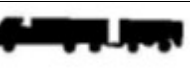

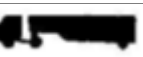
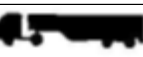
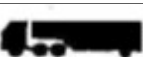
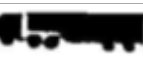
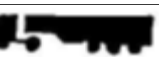
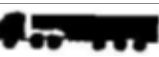
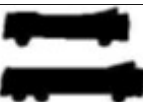

Iegūto informāciju izmanto gan statistikas datu ievākšanai, gan arī Satiksmes informācijas centra funkciju realizēšanai. Autovadītājiem ir iespējams interneta mājaslapā redzēt esošo situāciju uz katra no ceļu posmiem, kas aprīkoti ar videonovērošanas kamerām un ierīcēm segas virsmas temperatūras un citu no laikapstākļiem atkarīgu stāvokļu noteikšanai.



2.10.att. Tiešsaistes dati [20]

2.2.tabulā redzama transportlīdzekļu klasifikācija. VAS „Latvijas Valsts ceļi” izmanto Lielbritānijas klasifikācijas shēmu. Tieši pēc šāda principa maģistra darbā pētītās WIM sistēmas iedala transportlīdzekļus to klasēs.

2.2.tabula. Transportlīdzekļu klasifikācijas shēma [38]

Transportlīdzekļa klases Nr.	Apraksts	Attēls
C	Velosipēds	
O	Mopēds, motocikls	
1	Vieglais transportlīdzeklis	
2	Mikroautobuss	
21	Automašīna ar vienu vai divu piekabi	
31	Divu smagais transportlīdzeklis	
32	Trīsdu smagais transportlīdzeklis	
33	Četrdu smagais transportlīdzeklis	
41	Transportlīdzekļu sastāvs ar divu transportlīdzekli un vienu vai divu piekabi	
42	Transportlīdzekļu sastāvs ar divu transportlīdzekli un trīsdu piekabi	
43	Transportlīdzekļu sastāvs ar trīsdu transportlīdzekli un divu piekabi	
44	Transportlīdzekļu sastāvs ar trīsdu transportlīdzekli un trīsdu piekabi	
51	Transportlīdzekļu sastāvs ar divu transportlīdzekli un vienu puspiekabi	
52	Transportlīdzekļu sastāvs ar divu transportlīdzekli un divu puspiekabi	
53	Transportlīdzekļu sastāvs ar trīsdu transportlīdzekli un vienu puspiekabi	
54	Transportlīdzekļu sastāvs ar trīsdu transportlīdzekli un divu puspiekabi	
55	Transportlīdzekļu sastāvs ar divu transportlīdzekli un trīsdu puspiekabi	
56	Transportlīdzekļu sastāvs ar trīsdu transportlīdzekli un trīsdu puspiekabi	
61	Divu vai trīsdu autobuss	
7	Transportlīdzeklis vai tā sastāvs ar 7 vai vairāk asīm	

Transportlīdzekļa klases Nr.	Apraksts	Attēls
1N	Transportlīdzeklis ar 1 asi	Nav nosakāms sīkāks klasifikācijas veids
2N	Transportlīdzeklis ar 2 asīm	
3N	Transportlīdzeklis vai tā sastāvs ar 3 asīm	
4N	Transportlīdzeklis vai tā sastāvs ar 4 asīm	
5N	Transportlīdzeklis vai tā sastāvs ar 5 asīm	
6N	Transportlīdzeklis vai tā sastāvs ar 6 asīm	

2.3.2. Aprēķinu daļa

Lai izpildītu vienu no maģistra darba uzdevumiem – noteiktu, kādu kaitējumu autoceļiem nodara palielinātās kravas transportlīdzekļu ass slodzes – tika izveidots excel fails ar aprēķinu formulām katrai dienai, par kuru pieejami dati. Pēc tam katrā no šiem failiem tika iekopēti dati no VAS „Latvijas Valsts ceļi” pieejamajiem datu failiem. Kopā tika izveidoti 656 faili – no tiem attiecīgi 507 faili par autoceļa A1 72.km un 149 faili – par A3 24.km. Katrā no šiem aprēķinu failiem tika aprēķināti sekojoši parametri kravas transportlīdzekļiem (automašīnām, kuru kopējā masa pārsniedz 3.5 tonnas):

- smago transportlīdzekļu katras i-tās ass slodzes iedarbība uz segu S_i (no S_1 līdz S_7);
- smagā transportlīdzekļa visu asu slodžu summārā iedarbība N ;
- jebkuras ass pārslogotība dN (no dN_1 līdz dN_7);
- visu smago transportlīdzekļu visu asu slodžu summārā iedarbība N_{kop} ;
- visu smago transportlīdzekļu visu asu pārslogotība dN_{kop} ;
- noslogotības pieauguma koeficients $K_{n,p}$;
- vidējais momentānais kravas transportlīdzekļu braukšanas ātrums;
- asu skaits, kuru masa pārsniedz normatīvās 11.5 tonnas;
- kura no asīm pārsniedz normatīvās 11.5 tonnas;
- kravas transportlīdzekļu skaits;
- kravas transportlīdzekļu skaita sadalījums pēc braukšanas virzieniem;
- kravas transportlīdzekļu sadalījums pēc asu skaita (2-7 asis);
- kopējais svērtu kravas transportlīdzekļu asu skaits;
- pārslogoto asu skaits katrā no ass masas diapazoniem (no 11.5 t līdz 18 t ar intervālu 0.5 t);
- maksimālā fiksētā ass masa katrā dienā;
- cik transportlīdzekļu šķērso mērījumu vietu ar kopējo transportlīdzekļa masu līdz 3.5t; 3.5t - 40t; 40t – 52t; 52t – 60t; 60t – 70t; virs 70t;
- cik un kādu klašu automobiļi šķērso sensorus.

Attēlā 2.11. redzams piemērs no aprēķinu faila rezultātiem. Parametru S_1 līdz S_7 un dN_1 līdz dN_7 noteikšanai tika izmantota matemātiskā formula „IF”, kas sastāv no vairākiem argumentiem, lai ievērtētu kravas transportlīdzekļu ietekmi. Proti, ja automobiļa kopējā masa ir virs 3500 kg, tad tiek aprēķināts katras ass bojājuma koeficients S_i , pretējā gadījumā parādās simbols „-”. Katras ass pārslogotība dN , ja tāda ir, tiek aprēķināta gadījumā, ja attiecīgās ass koeficients S_i nav nulle. Visu smago transportlīdzekļu visu asu slodžu summārā iedarbība N aprēķināta, saskaitot katras atsevišķas ass bojājuma koeficientus S_1 līdz S_7 , līdzīgi aprēķināts visu smago transportlīdzekļu visu asu pārslogotības koeficients dN_{kop} – summējot katra atsevišķa automobiļa katras ass pārslogotības koeficientus dN_1 līdz dN_7 .

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	N	dN1	dN2	dN3	dN4	dN5	dN6	dN7	dN kopējais tr.līdzeklim
0,06333	1,086498	0,006553	0,007524	0,006813	-	-	1,17072	-	0,086498	-	-	-	-	-	0,08649815
-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0
0,072774	0,138379	0,004449	0,004479	0,004134	-	-	0,224215	-	-	-	-	-	-	-	0
0,047016	0,03511	0,004781	0,005774	-	-	-	0,092681	-	-	-	-	-	-	-	0
0,146689	0,126769	0,010372	0,008838	-	-	-	0,292667	-	-	-	-	-	-	-	0
-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0
0,013254	0,142126	0,009808	-	-	-	-	0,165188	-	-	-	-	-	-	-	0
-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0
0,092377	0,418939	0,055311	0,261669	0,313627	-	-	1,141924	-	-	-	-	-	-	-	0
0,192866	0,469039	0,020416	0,020699	0,02051	-	-	0,72353	-	-	-	-	-	-	-	0
0,069752	1,394542	-	-	-	-	-	1,464295	-	0,394542	-	-	-	-	-	0,39454238
0,002067	0,00683	-	-	-	-	-	0,008897	-	-	-	-	-	-	-	0

2.11.att. Piemērs no aprēķinu faila

Aprēķinu piemērs

Aprēķinu piemērā zemāk parādīti autoceļa A1 2012.gada 31.augustā iegūtie mērījumi.

Aprēķinos izmantotas formulas (2.1.) – (2.4.), aprēķins veikts i-tajam transportlīdzeklim.

Dati par transportlīdzekli:

Kopējā masa: 35266kg;

asu skaits: 5;

1.ass masa: $P_{a,1}=6629$ kg;

2.ass masa: $P_{a,2}=11817$ kg;

3.ass masa: $P_{a,3}=5540$ kg;

4.ass masa: $P_{a,4}=5561$ kg;

5.ass masa: $P_{a,5}=5629$ kg.

$$S_1 = \left(\frac{6629}{11500} \right)^4 = 0.11041$$

$$S_2 = \left(\frac{11817}{11500} \right)^4 = 1.1149$$

$$S_3 = \left(\frac{5540}{11500} \right)^4 = 0.05386$$

$$S_4 = \left(\frac{5561}{11500} \right)^4 = 0.05831$$

$$S_5 = \left(\frac{5629}{11500} \right)^4 = 0.0574$$

$$N = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 = 1.39$$

Tā kā ass pārslogotība konstatēta tikai asij Nr.2, arī koeficients dN noteikts tikai šai asij:

$$dN = dN_2 = S_2 - 1 = 1.1149 - 1 = 0.1149$$

Līdz ar to arī kopējais dN i-tajam transportlīdzeklim ir 0.1149.

Konkrētā transportlīdzekļa noslogotības pieauguma koeficients $K_{n,p}$ aprēķināts pēc formulas (2.4.):

$$K_{n,p} = 1 + \frac{dN_i}{N} \quad (2.4.) [2]$$

$$K_{n,p} = 1 + \frac{0.1149}{1.39} = 1.08$$

Attēlos 2.12. - 2.14. kā piemērs attēloti citu parametru noteiktie rezultāti darbu failos, kuri apkopoti darbā.

Nkop	401,5123	
dNkop	1,323025	
Kn,p	1,003295	
Kn,p,vid	1,133224	
Asu skaits virs 11,5t:	6	
Vid.kravas ātr., km/h	82,27952	
Kravas auto virziens:		
South:	868	
North:	538	
Cik kravas auto ar asīm:		
	2	201
	3	80
	4	201
	5	882
	6	33
	7	9
Kravas auto skaits	1406	
Maks.1 ass svars, kg	12676	
Kura ass un cik ir virs 11,5t:		
	South:	North:
	1.	0
	2.	4
	3.	0
	4.	0
	5.	0
	6.	0
	7.	0
	Kopā:	4

2.12.att. Aprēķinu rezultātu piemērs

Maģistra darbs „Braucošu transportlīdzekļu svēšanas sistēmas ievēšanas iespēju analīze Latvijā”

Ass Nr.	Svēto asu sk.	Pārslog.asu sk.	11,5-12t	12-12,5t	12,5-13t	13-13,5t	13,5-14t	14-14,5t	14,5-15t	15-15,5t	15,5-16t	16-16,5t	16,5-17t	17-17,5t	17,5-18t	>18t
1.	853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	853	45	20	17	3	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3.	706	5	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.	651	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.	522	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kopā:	3686	51	22	20	4	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
% no svēto asu skaita:		1,38	0,60	0,54	0,11	0,05	0,05	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
% no pārslogoto asu skaita:			43,14	39,22	7,84	3,92	3,92	0,00	0,00	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

2.13.att. Aprēķinu rezultātu piemērs – pārslogoto asu sadalījums

Tr.līdz.skaits:				%																				
<3.5 t	2936		viegls	2936	67,62																			
3.5 t -40 t	1391		kravas	1406	32,38																			
40 t - 52 t	15		kopā:	4342	100,00																			
52 t - 60 t	0																							
60 t - 70 t	0																							
70 t -t	0																							
KLASES	0	1	2	3	4	5	6	7	21	31	32	33	41	42	43	44	51	52	53	54	55	56	61	Kopā:
SKAITS	31	2022	595	9	24	17	24	9	64	78	9	3	59	0	30	0	22	113	0	9	827	9	388	4342
%	0,71	46,57	13,70	0,21	0,55	0,39	0,55	0,21	1,47	1,80	0,21	0,07	1,36	0,00	0,69	0,00	0,51	2,60	0,00	0,21	19,05	0,21	8,94	100

2.14.att. Aprēķinu rezultātu piemērs – transportlīdzekļu klasifikācija

Žurnāla „Autoceļi” publikācijā „Autoceļu segu deformācijas un spriegumstāvokļi lielu ass slodžu ietekmē” [2] tās autors noslogotības pieauguma koeficienta $K_{n,p}$ aprēķinam izmanto formulu (2.4.) – gan aprēķinot katra i -tā transportlīdzekļa noslogotības pieauguma koeficientu, gan aprēķinot kopējo konkrētā autoceļa posma $K_{n,p}$. Respektīvi:

$$K_{n,p,i} = 1 + \frac{dN_i}{N_i} \quad (2.4.) [2]$$

$$K_{n,p,kop} = 1 + \frac{dN_{kop}}{N_{kop}} \quad (2.8.) [2]$$

Kopējo noslogotības pieauguma koeficientu var iegūt arī kā vidējo vērtību no visām aprēķinātajām i -to transportlīdzekļu $K_{n,p}$ vērtībām. Tā kā maģistra darbā analizēto datu apjoms ir liels, veidojas atšķirība starp kopējā koeficienta $K_{n,p}$ vērtībām, tās aprēķinot pēc formulas (2.8.) vai kā vidējo no visām $K_{n,p}$ vērtībām.

Piemēram, autoceļa A1 aprēķinu gaitā iegūtie rezultāti ir sekojoši:

Kopējā noslogotība no visiem transportlīdzekļiem novērojumu laikā: $N_{kop}=322\ 590$

Kopējais noslogotības pieaugums $dN_{kop}=18\ 689$

Tādējādi $K_{n,p,kop}=1.06$

Savukārt, nosakot $K_{n,p,kop}$ kā vidējo no visām $K_{n,p,i}$ vērtībām, tiek iegūts, ka $K_{n,p,kop}=1.17$.

Līdzīgas atšķirības veidojas arī, analizējot autoceļa A3 aprēķinu rezultātus. Tādēļ, lai maģistra darbā tiktu ievērtēta nelabvēlīgākā smago transportlīdzekļu ass slodžu iedarbība uz segas konstrukciju, turpmākai analīzei tiek pieņemta lielākā $K_{n,p,kop}$ vērtība, t.i., vidējā vērtība no visām $K_{n,p,i}$ iegūtajām vērtībām.

Autoceļa A1 „Rīga (Baltezers) - Igaunijas robeža (Ainaži)” 72.km un autoceļa A3 „Inčukalns – Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” 24.km aprēķinātais noslogotības pieauguma koeficients pieejamo novērojumu laikā dots 2.3.tabulā.

2.3.tabula. Koeficienta $K_{n,p}$ vērtības

A/c nosaukums	Novērojumu laika posms	$K_{n,p}$
A1 „Rīga (Baltezers) - Igaunijas robeža (Ainaži)” 72.km	14.07.2012-23.08.2013, 24.10.2013-31.01.2014	1.17
A3 „Inčukalns – Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” 24.km	05.09.2013-31.01.2014	1.15

2.4.tabulā doti statistikas dati par darbā pētīto abu posmu vidējo diennakts satiksmes intensitāti un kravas transporta procentuālo īpatsvaru pēdējo novērojumu gadu laikā.

2.4.tabula. AADT un kravas transports a/c A1 un A3 [21]

Ceļa Nr.	posms	no km	līdz km	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Vidējā diennakts satiksmes intensitāte AADT										
A1	P11- Salacgrīva	57,071	83,875	3072	3099	3141	3740	4109	3790	4380
A3	Ragana - P14	8,606	39,089	5207	4715	3930	4064	3827	3733	4203
Kravas transporta īpatsvars, %										
	posms	no km	līdz km	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
A1	P11- Salacgrīva	57,071	83,875	35	34	32	40	32	41	40
A3	Ragana - P14	8,606	39,089	20	18	21	21	22	23	20

Kā redzams, abu autoceļu vidējā diennakts satiksmes intensitāte pēdējo novērojumu gadu laikā daudz neatšķiras, taču kravas transporta īpatsvars uz autoceļa A1 ir līdz pat divām reizēm lielāks. Šī apstākļa dēļ noslogotības pieauguma koeficienta vērtībai uz autoceļa A1 būtu jābūt ievērojami lielākai, nekā uz autoceļa A3. Taču $K_{n,p}$ abiem pētāmajiem posmiem ir attiecīgi 1.17 un 1.15, līdz ar to arī kalpotspējas zuduma vērtību atšķirība nav liela. Tas skaidrojams ar to, ka koeficients $K_{n,p}$ veidojas no atsevišķu transportlīdzekļu ass slodžu vērtībām. Un, lai gan autoceļš A1 ir ievērojami vairāk noslogots ar smagajiem transportlīdzekļiem, tomēr uz tā atsevišķo pārkrauto ass slodžu vērtības lielākā laika periodā ir mazākas nekā uz autoceļa A3 īsākā apskatāmā laika periodā. Piemēram, analizējot datus, darba ietvaros ir noteikta arī ikmēneša maksimālā novērotā ass slodze, apkopojumu skatīt 2.5.tabulā.

2.5.tabula. Maksimālo ass slodžu apkopojums

	A/c Nr.	Aug.2012	Sep.2012	Okt.2012	Nov.2012	Dec.2012	Jan.2013	Feb.2013	Mar.2013	Apr.2013
Maksimālā ass masa, kg	A1	26 817	32 407	26 554	23 747	24 769	40 454	22 250	25 518	39 709
	A3	nav datu	nav datu	nav datu	nav datu	nav datu	nav datu	nav datu	nav datu	nav datu
	A/c Nr.	Mai.2013	Jūn.2013	Jūl.2013	Aug.2013	Sept.2013	Okt.2013	Nov.2013	Dec.2013	Jan.2014
	A1	32 133	22 099	33 486	21 712	nav datu	36 103	22 481	40 957	28 920
	A3	nav datu	nav datu	nav datu	nav datu	41 691	27 518	25 722	40 992	40 556

Noslogotības pieauguma koeficienta aprēķinā ir izmantoti visi derīgie transportlīdzekļu svēršanas dati (a/c A1 – par periodiem 14.07.2012.-22.08.2013. un 24.10.2013.-31.01.2014, a/c A3 – par periodu 05.09.2013.-31.01.2014.). Tā kā autoceļa A1 dati nav derīgi laika posmā no 23.08.2013.-23.10.2013 un par 2012.gada jūlija mēneša informācija pieejama sākot ar 14.datumu, grafiku un apkopojuma tabulu sastādīšanā izmantoti autoceļa A1 dati par tiem mēnešiem, kuru dati ir derīgi visā mēneša garumā, lai izvairītos no kļūdainiem svērto transportlīdzekļu un to asu skaita kritumiem tajos mēnešos, kad dati nav derīgi noteiktos datumos.

Katra autoceļa posma kalpotspējas zuduma noteikšanai izmantots 2.2.attēls. Abiem apskatāmajiem autoceļu posmiem projektētais kalpošanas laiks ir paredzēts $T=20$ gadi. Ir pieņemts, ka lielākais iespējamais jaunas segas konstrukcijas kalpošanas laiks varētu būt 15 gadi [4]. Saskaņā ar publikāciju „Ceļu tīkla pārvaldīšana” [19] (skatīt 1.nodaļas punktu 1.1.1., 1.4.attēlu) pie regulāras seguma uzturēšanas autoceļa nolietošanās fāze C1 tiek sasniegta pēc aptuveni 15 gadu ilgas ekspluatācijas. Tā kā C1 fāze ir pēdējais ceļa kalpošanas etaps, kurā vēl ir lietderīgi veikt seguma pastiprināšanu vai atjaunošanu, turpmākam aprēķinam par sākotnējo atskaites punktu ir pieņemts laika periods $T=15$ gadi. Šajā gadījumā netiek ievērtēta paredzētā autoceļa A1 seguma atjaunošana pēc deviņiem gadiem un autoceļa A3 rekomendējamā atjaunošana pēc septiņiem gadiem. C1 fāzē ceļa stāvoklis tiek raksturots kā „normāls”. Atsaucoties uz *AASHTO* rokasgrāmatas aprēķinu metodi, darbā ir pieņemts, ka beigu kalpotspējas indekss C1 fāzē atbilst vērtībai $p_t=2.5$ (apmierina 45% autoceļa lietotāju).

Tālākam aprēķinam izmantotas formulas (2.5.) – (2.7.) un ASV izdotajā *AASHTO* rokasgrāmatā piedāvātā aprēķinu metode.

Noslogojuma pieauguma koeficienta aprēķins a/c A1 (15 gadiem)

Sākotnējais kalpotspējas indekss nestingām segām $p_0=4.2$

Beigu kalpotspējas indekss $p_t=2.5$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.5 = 1.7$$

$$\Delta PSI = \Delta PSI_{sat} + \Delta PSI_{vide}$$

$$\Delta PSI_{sat} = \Delta PSI - \Delta PSI_{vide}$$

No 2.2.attēla tiek noteikts, ka $\Delta PSI_{vide}=0.78$

$$\Delta PSI_{sat} = 1.7 - 0.78 = 0.92$$

Izmantojot noslogotības pieauguma koeficientu vērtību no 2.3.tabulas, aprēķināts ΔPSI_{sat}

pieaugums:

$$K_{n,p} = 1.17$$

$$\Delta PSI_{sat}' = 0.92 + 0.92 * 0.17 = 1.07$$

$$\Delta PSI_{vide}' = 1.7 - 1.07 = 0.63$$

No attēla 2.3.noteikts, ka pie $K_{n,p}=1.17$ autoceļa A1 kalpotspējas laiks samazinās no 15 līdz

aptuveni 10 gadiem, t.i., par 5 gadiem.

Noslogojuma pieauguma koeficienta aprēķins a/c A3 (15 gadiem)

$$p_0 = 4.2$$

$$p_t = 2.5$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.5 = 1.7$$

$$\Delta PSI = \Delta PSI_{sat} + \Delta PSI_{vide}$$

$$\Delta PSI_{sat} = \Delta PSI - \Delta PSI_{vide}$$

$$\Delta PSI_{vide} = 0.78$$

$$\Delta PSI_{sat} = 1.7 - 0.78 = 0.92$$

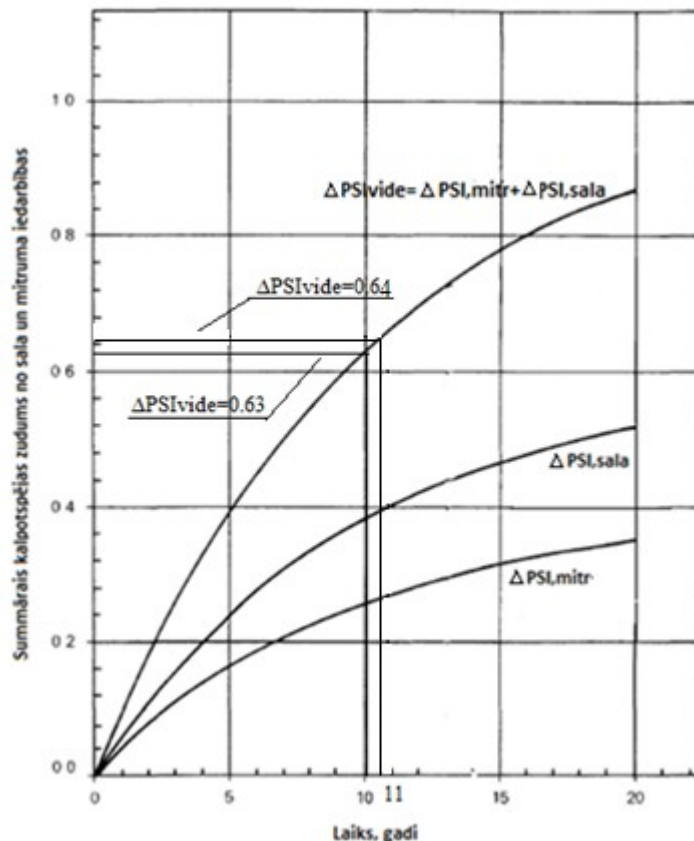
Ievērtējot noslogotības pieauguma koeficientu, aprēķināts ΔPSI_{sat} pieaugums:

$$K_{n,p} = 1.15 \text{ (vērtība no 2.3. tabulas)}$$

$$\Delta PSI_{sat}' = 0.92 + 0.92 * 0.15 = 1.06$$

$$\Delta PSI_{vide}' = 1.7 - 1.06 = 0.64$$

Pie $K_{n,p} = 1.15$ autoceļa A3 kalpotspējas laiks samazinās līdz aptuveni 10.5 gadiem, t.i., par 4.5 gadiem.



2.15.att. Summārais vides ietekmes kalpotspējas zuduma grafiks

Darbā pētītā autoceļa A1 posma rekonstrukcija pabeigta 2007.gadā, seguma atjaunošana paredzēta 2016.gadā, tātad pēc 9 gadus ilgas ekspluatācijas. Ņemot vērā to, ka autoceļam regulāri tiek novērsti būtiskākie defekti, tiek pieņemts, ka pēc 9 gadus ilgas ekspluatācijas tā tehnisko stāvokli vēl varētu vērtēt kā labu. Saskaņā ar 1.4. attēlu šajā laika posmā joprojām notiek lēna un galvenokārt nemanāma nolietošānās, ceļa stāvoklis vēl atrodas fāzē B. Zemāk dots aprēķins kalpotspējas laika samazinājumam pie sākotnēji 9 gadu ilga paredzēta darbmūža. Atsaucoties uz *AASHTO* rokasgrāmatas aprēķinu metodi, darbā ir pieņemts, ka beigu kalpotspējas indekss p_t B fāzē atbilst vērtībai $p_t = 3.0$ (apmierina 88% autoceļa lietotāju).

Noslogojuma pieauguma koeficienta aprēķins a/c A1 (9 gadiem)

Sākotnējais kalpotspējas indekss $p_0 = 4.2$

Beigu kalpotspējas indekss $p_t = 3.0$

$$\Delta PSI = 4.2 - 3.0 = 1.2$$

$$\Delta PSI_{vide} = 0.59$$

$$\Delta PSI_{sat} = 1.2 - 0.59 = 0.61$$

$$K_{n,p} = 1.17$$

$$\Delta PSI_{sat}' = 0.61 + 0.61 * 0.17 = 0.71$$

$$\Delta PSI_{vide}' = 1.2 - 0.71 = 0.49$$

No 2.2.attēla noteikts, ka pie $K_{n,p} = 1.17$ autoceļa A1 kalpotspējas laiks samazinās līdz aptuveni 7 gadiem, t.i., par 2 gadiem.

Kā minēts iepriekš, autoceļa A3 „Inčukalns – Valmiera – Igaunijas robeža (Valka)” posma km 1.65 – 26.90 rekonstrukcija pabeigta 2013.gada rudenī. Saskaņā ar izstrādāto tehnisko projektu kā viena no rekomendācijām būves uzturēšanai tiek ieteikta segas virskārtas atjaunošana ik pēc 7 gadiem, veicot izlīdzinošo frēzēšanu un ieklājot jaunu asfaltbetona dilumkārtu. Pēc 20 gadu perioda jāparedz segas rekonstrukcija, ja nepieciešams. Lai vadītos pēc šīm rekomendācijām, darbā aplūkotās arī autoceļa A3 segas kalpotspējas izmaiņas septiņu gadu ilgā periodā. Attēlā 1.4. redzams, ka pēc 7 gadiem ir iestājies B fāzes viduspunkts, tātad var uzskatīt, ka ceļa tehniskais stāvoklis ir labs. Tiek pieņemts, ka arī šajā gadījumā beigu kalpotspējas indeksa vērtība ir 3.0, un ir apmierināti 88% autoceļa lietotāju.

Noslogojuma pieauguma koeficienta aprēķins a/c A3 24.km (7 gadiem)

Sākotnējais kalpotspējas indekss $p_0 = 4.2$

Beigu kalpotspējas indekss $p_t = 3.0$

$$\Delta PSI = 4.2 - 3.0 = 1.2$$

No 2.2.attēla tiek noteikts, ka pie $T = 7$ gadi $\Delta PSI_{vide} = 0.51$

$$\Delta PSI_{sat} = 1.2 - 0.51 = 0.69$$

ΔPSI_{sat} pieaugums:

$$\Delta PSI_{sat}' = 0.69 + 0.69 * 0.15 = 0.79$$

$$\Delta PSI_{vide}' = 1.2 - 0.79 = 0.41$$

Pie $K_{n,p} = 1.15$ autoceļa A3 kalpotspējas laiks līdz segas pastiprināšanai samazinās līdz aptuveni 5.2 gadiem, t.i., par 1.8 gadiem.

2.6.tabulā ir apkopoti kalpotspējas samazinājuma rezultāti saskaņā ar iepriekš veiktajiem aprēķiniem.

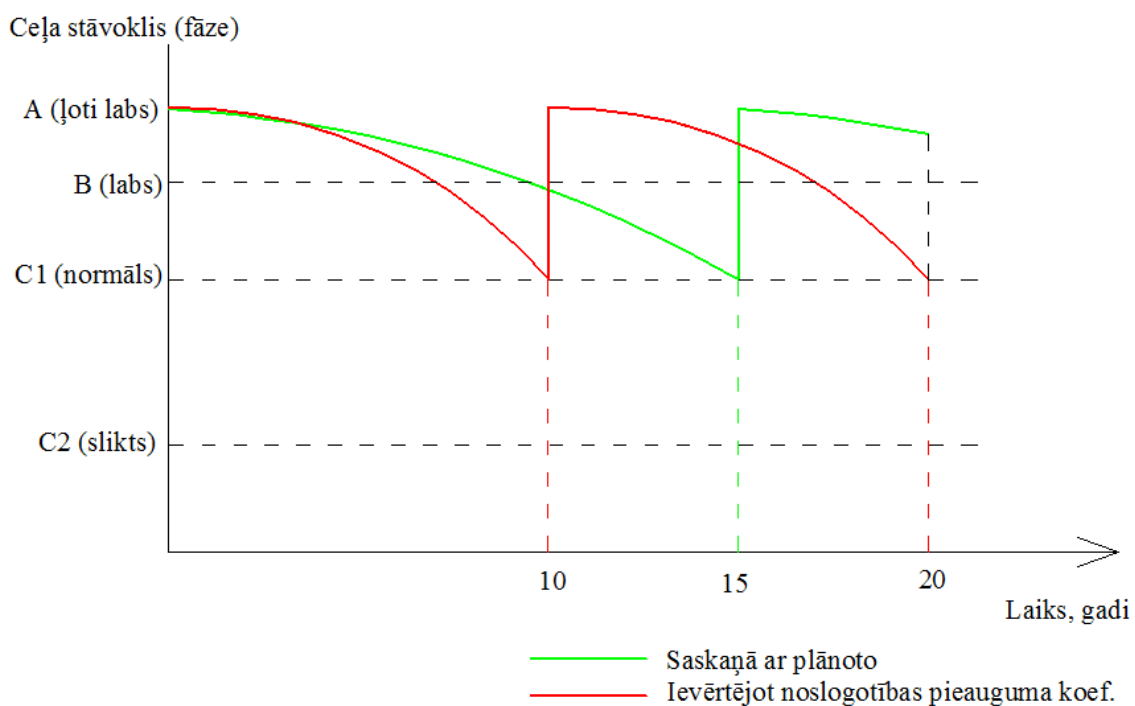
2.6.tabula. Paredzētā kalpotspējas laika samazinājums

	Ja paredzētais ekspluatācijas laiks T=15 gadi		Ja paredzētais ekspluatācijas laiks T=9 gadi		Ja paredzētais ekspluatācijas laiks T=7 gadi	
	Ekspluatācijas laika samazinājums T', gadi	ΔT , gadi	Ekspluatācijas laika samazinājums T', gadi	ΔT , gadi	Ekspluatācijas laika samazinājums T', gadi	ΔT , gadi
a/c A1	10	5	7	2	-	-
a/c A3	10.5	4.5	-	-	5.2	1.8

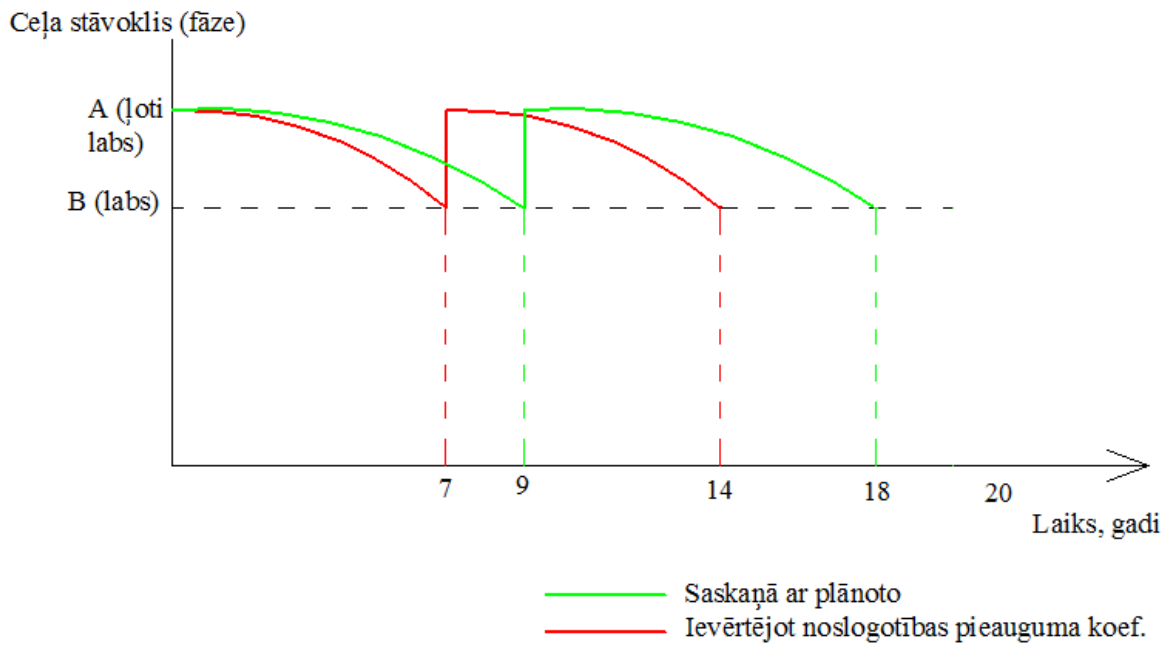
Tātad pārslogoto smago transportlīdzekļu ietekme uz segas konstrukcijas darba mūžu ir ievērojama un rada arī lielus finansiālus zaudējumus. 2.6.tabulā redzams, kā noslogojuma pieauguma koeficients teorētiski varētu ietekmēt paredzēto segas konstrukcijas kalpošanas

mūžu. Ir aprēķināts, par cik gadiem ātrāk varētu tikt sasniegts attiecīgais segas nolietojuma līmenis.

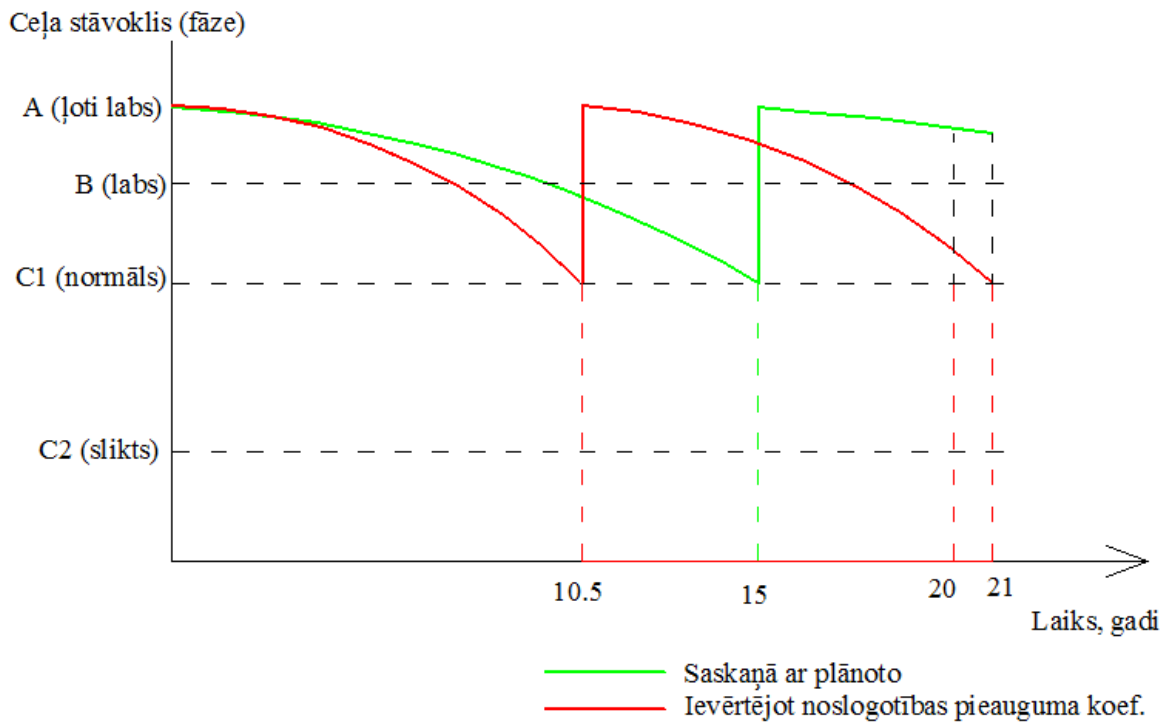
Attēlos 2.16.-2.19. shematiski attēlots aptuvenais ceļa segas konstrukcijas novecošanās grafiks saskaņā ar aprēķināto kalpotspējas samazināšanos. Zaļā līkne parāda paredzēto vai plānoto seguma atjaunošanas vai pastiprināšanas laiku, savukārt sarkanā līkne – ievērtējot palielināto ass slodzi iedarbību. Šie grafiki atspoguļo tikai veicamos atjaunošanas un rekonstrukcijas darbus, neņemot vērā ikdienas uzturēšanas darbus nelielu defektu novēršanu.



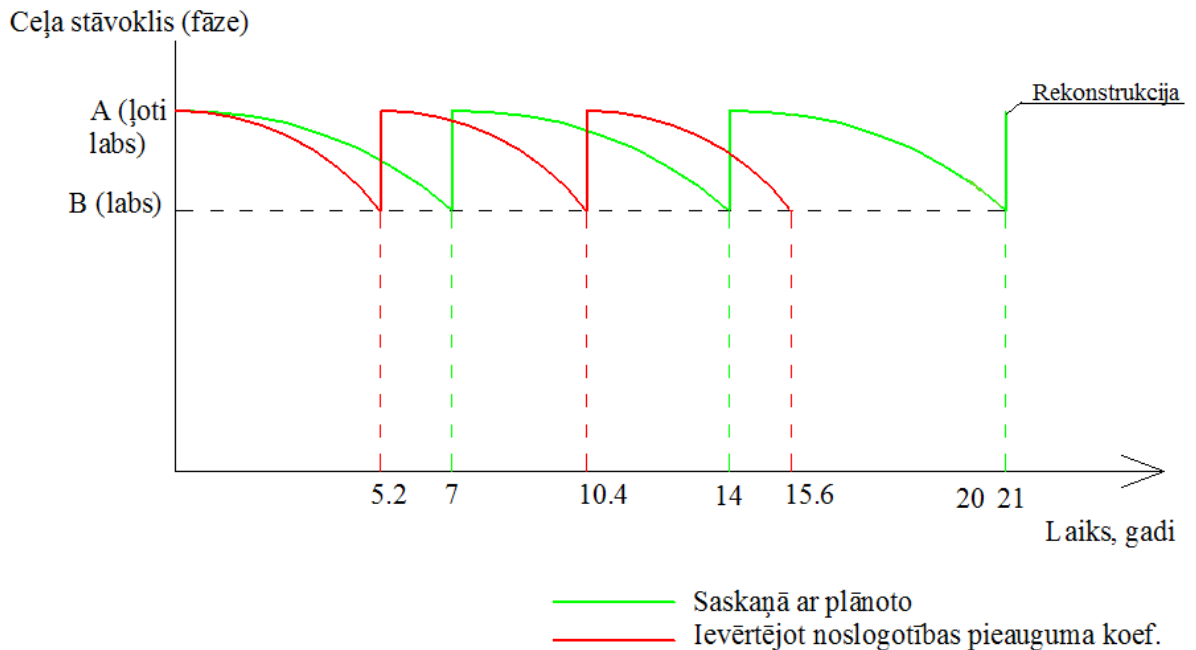
2.16.att. Ceļu nolietojuma grafiks a/c A1, ja paredzētais laiks līdz seguma atjaunošanai T=15 gadi



2.17.att. Ceļu nolietošanās grafiks a/c A1, ja paredzētais laiks līdz seguma atjaunošanai $T=9$ gadi



2.18.att. Ceļu nolietošanās grafiks a/c A3, ja paredzētais laiks līdz seguma atjaunošanai $T=15$ gadi



2.19.att. Ceļu nolietošanās grafiks a/c A3, ja paredzētais laiks līdz seguma atjaunošanai $T=7$ gadi

Analizējot iegūtos rezultātus, var aptuveni noteikt, kā pašreizējo ass slodžu iedarbība varētu mainīt plānoto un paredzēto seguma atjaunošanas darbu biežumu. Respektīvi, autoceļiem A1 un A3 pie attiecīgām noslogojuma pieauguma koeficientu $K_{n,p}$ vērtībām 1.17 un 1.15 segas pastiprināšana 20 gadu ilgā ekspluatācijas laikā būtu jāveic 2 reizes ik pēc 10 un 10.5 gadu kalpošanas mūža. Tad konstrukcijas nolietošanās līkne vēl atrastos C1 jeb kritiskajā fāzē, kad vēl ir lietderīga seguma atjaunošana bez pilnīgas rekonstrukcijas. Savukārt, ja ņem vērā VAS „Latvijas Valsts ceļi” izstrādāto Valsts ceļu sakārtošanas programmu līdz 2020.gadam un tehniskajos projektos sniegtās rekomendācijas būvju uzturēšanai, segas virskārtas atjaunošana pie esošajām ass slodzēm 20 gadu ilgā periodā būtu jāveic ar šādu regularitāti:

- autoceļam A1 - divas reizes ik pēc 7 gadiem paredzēto divu reižu vietā ik pēc 9 gadiem;
- autoceļam A3 - trīs reizes ik pēc 5.2 gadiem paredzēto divu reižu vietā ik pēc 7 gadiem.

Iespējams, ka, vadoties pēc pašreizējā autoceļu sakārtošanas plāna, paredzētajā segas virskārtas atjaunošanas laikā palielināto ass slodžu ietekmes rezultātā autoceļu tehniskais stāvoklis varētu būt sliktāks, nekā patlaban tiek plānots. Tas radītu nepieciešamību ieguldīt lielākus finanšu resursus darbu izpildei.

Precīzus zaudējumus naudas izteiksmē noteikt nav iespējams, taču, zinot aptuveno ceļu kalpotspējas samazinājumu, ir iespējams iegūt aptuvenus finansiālo zaudējumu apjomus. Lai to izdarītu, tiek pieņemts, ka:

- 1) naudas līdzekļu zaudējumi laika gaitā ir lineāri;
- 2) segas kalpošanas laiks atbilst attēlos 2.17. un 2.19. redzamajiem grafikiem;
- 3) autoceļam A1 pirmo seguma atjaunošanu paredzēts veikt pēc 9 gadus ilgas ekspluatācijas, t.i., 2016.gadā;
- 4) autoceļam A3 saskaņā ar tehniskajā projektā norādītajām rekomendācijām būves uzturēšanai seguma atjaunošana paredzēta ik pēc 7 gadiem;
- 5) netiek ievērtētas ikdienas uzturēšanas darbu izmaksas.

Autoceļa A1 posma km 40.57 – 80.70 rekonstrukcija no 2005. līdz 2007.gadam izmaksāja 42.73 miljonus eiro. Ja uzskata, ka nākamā rekonstrukcija varētu notikt pēc 20 gadiem, tad var pieņemt, ka katrā ceļa ekspluatācijas gadā ir ieguldīti 2.14 milj.eiro no rekonstrukcijas projekta izmaksām. Tātad līdz paredzētajai segas virskārtas atjaunošanai 2016.gadā tie būtu $2.14 \cdot 9 = 19.3$ milj.eiro. Savukārt, ja saskaņā ar veikto aprēķinu segas kalpotspējas laiks līdz atjaunošanai samazinās līdz 7 gadiem, šajā gadījumā katrā ceļa ekspluatācijas gadā tiktu ieguldīti 2.75 milj.eiro. Potenciālo ikgadējo izmaksu starpība līdz katram seguma atjaunošanas etapam:

$$\Delta_{\text{rek}} = 2.75 - 2.14 = 0.61 \text{ milj.eiro/gadā}$$

Pareizinot šo starpību ar samazināto septiņu gadu kalpošanas laiku, iegūst, ka rekonstrukcijā ieguldīto līdzekļu zaudējumi līdz katram seguma atjaunošanas etapam būtu:

$$\text{zaudējumi}_{\text{rek},1 \text{ etaps}} = 0.61 \cdot 7 = 4.27 \text{ milj.eiro}$$

Ņemot vērā prognozējamo nepieciešamību atjaunošanu veikt vēlreiz pēc 7 gadiem, rekonstrukcijā ieguldīto līdzekļu zaudējumi naudas izteiksmē varētu divkārtoties:

$$\text{zaudējumi}_{\text{rek},2 \text{ etapi}} = 2 \cdot 4.27 = 8.56 \text{ milj.eiro.}$$

Šī posma seguma atjaunošanai un pastiprināšanai 2016.gadā tiek plānots tērēt 9.7 milj.eiro.

Tā kā tiek pieņemts, ka nākamās šāda veida darbus, iespējams, varētu atkal paredzēt pēc 9 gadiem, tas ir, ap 2025.gadu, 9.7 miljonu eiro izmaksas ir aprēķinātas uz 9 gadus ilgu ekspluatācijas periodu. Tādā gadījumā katrā ceļa ekspluatācijas gadā pēc sākotnējā plāna tiktu ieguldīti 1.08 milj.eiro. Pie kārtējā kalpotspējas laika samazinājuma par diviem gadiem šīs izmaksas pieaugtu līdz 1.39 milj.eiro/gadā. Potenciālo ikgadējo izmaksu starpība līdz katram seguma atjaunošanas etapam:

$$\Delta_{\text{atj}} = 1.39 - 1.08 = 0.31 \text{ milj.eiro/gadā}$$

Līdz ar to seguma atjaunošanas darbos ieguldīto līdzekļu zaudējums līdz nākošajam seguma atjaunošanas etapam aptuveni būtu:

$$\text{zaudējumi}_{\text{atj},1 \text{ etaps}} = 0.31 \cdot 7 = 2.17 \text{ milj.eiro}$$

Tā kā ceļš ir projektēts uz 20 gadiem, netiek aplūkots tālāko iespējamo zaudējumu apjoms, jo pēc jau aprakstīto 18 gadu ekspluatācijas laika šobrīd nav iespējams prognozēt, kāds būs ceļa tehniskais stāvoklis un turpmākie rekonstrukcijas vai atjaunošanas darbi. Apkopojot veiktos aptuvenos aprēķinus, ir noteikts, ka autoceļa A1 posma km 40.57 – 80.70 kalpotspējas laiks no 18 gadiem varētu samazināties līdz 14 gadiem (skat.attēlu 2.17.). Šajā laikā autoceļa rekonstrukcijas un seguma atjaunošanas darbos ieguldītā naudas summa sastādītu 52.4 miljonus eiro. Tomēr nepareiza ceļa ekspluatācija, ko izraisa palielinātās transportlīdzekļu ass slodzes, četrus „zaudēto” gadu laikā varētu radīt aptuveni 10.7 miljonus eiro lielus potenciālos zaudējumus. Šajā summā nav ierēķināti ikgadējo ceļa uzturēšanas izdevumi, kas pie korekti ievērotiem kravu pārvadājumu nosacījumiem būtu mazāki nekā pašlaik.

Līdzīgā veidā var aptuveni noteikt autoceļa A3 posmā km 1.65 – 26.90 ieguldīto finansiālo līdzekļu zaudējumus. Segas rekonstrukcija izmaksāja 14.1 milj.eiro (no kopējās projekta summas 17 milj.eiro), tātad katrā nākotnes ceļa ekspluatācijas gadā tika ieguldīti 0.71 milj.eiro. Ņemot vērā rekomendējamo virskārtas atjaunošanu ik pēc 7 gadiem, tiek pieņemts, ka septiņus gadus ilgā periodā no rekonstrukcijas līdzekļiem ir ieguldīti apmēram $0.71 \cdot 7 = 5$ milj.eiro. Taču, ievērtējot prognozēto kalpošanas laika samazinājumu līdz atjaunošanas darbiem no 7 līdz 5.2 gadiem, ir secināms, ka tad vienā gadā rekonstrukcijā ieguldīto līdzekļu apjoms pieaugtu līdz 0.95 eiro, kas ir par 0.24 milj.eiro vairāk kā sākumā plānots:

$$\Delta_{\text{rek}} = 0.95 - 0.71 = 0.24 \text{ milj.eiro/gadā}$$

Tā kā palielināto ass slodžu ietekmē viens segas kalpošanas laika etaps samazinās par apmēram 1.8 gadiem, seguma atjaunošanas darbos ieguldīto līdzekļu zaudējums līdz nākošajam seguma atjaunošanas etapam aptuveni būtu:

$$\text{zaudējumi}_{\text{atj.1 etaps}} = 0.24 \cdot 5.2 = 1.2 \text{ milj.eiro}$$

Saskaņā ar attēlu 2.19. seguma atjaunošana būtu veicama 3 reizes, tātad līdz nākošajai rekonstrukcijai šī summa trīskāršotos un sasniegtu 3.6 milj.eiro.

Savukārt pēc 20 gadiem būtu veicama ceļa rekonstrukcija.

Saskaņā ar rekomendācijām būves uzturēšanai autoceļa A3 posma km 1.65 – 26.90 seguma atjaunošanai un pastiprināšanai vajadzētu tikt paredzētai 2020.gadā. Pagaidām publiski pieejamajā Valsts ceļu sakārtošanas programmā 2020.gadam nav norādīti konkrēti objektu nosaukumi. Tomēr ir sniegta informācija, ka 2020.gadā tiek plānots atjaunot valsts galvenos autoceļus 233 km garumā, tam atvēlot 66.3 miljonus eiro. Vienkāršotam izmaksu aprēķinam var pieņemt, ka viena kilometra remonta darbi tad varētu izmaksāt 0.28 milj.eiro. Līdz ar to minētā autoceļa A3 posma seguma atjaunošana un pastiprināšana pēc 7 gadiem 25.25 km garumā varētu izmaksāt aptuveni 7 milj.eiro. Līdz ar to katrā no nākamajiem 7 ekspluatācijas gadiem tiktu ieguldīts apmēram 1 miljons eiro. Pie kalpotspējas samazinājuma no 7 līdz 5.2 gadiem šī ikgadējā ieguldījuma summa sasniegtu 1.34 milj.eiro.

Potenciālo ikgadējo izmaksu starpība līdz katram seguma atjaunošanas etapam:

$$\Delta_{\text{atj, 1 etaps}} = 1.34 - 1.0 = 0.34 \text{ milj.eiro/gadā}$$

Līdz ar to seguma atjaunošanas darbos ieguldīto līdzekļu zaudējums līdz nākošajam seguma atjaunošanas etapam aptuveni būtu:

$$\text{zaudējumi}_{\text{atj, 1 etaps}} = 0.34 * 5.2 = 1.7 \text{ milj.eiro}$$

Ievērtējot divu šādu seguma atjaunošanas darbu izmaksas, izriet, ka segas kalpošanas laikā no atjaunošanas darbos ieguldītajiem līdzekļiem zaudējumi varētu sastādīt apmēram 3.4 milj.eiro.

Apkopojot aptuveni veiktos aprēķinus, ir noteikts, ka autoceļa A3 posma km 1.65 – 26.90 kalpotspējas laiks no iespējamajiem 21 gadiem varētu samazināties līdz 15.6 gadiem, tas ir, par 5.4 gadiem (skat.attēlu 2.19.). Šajā laikā autoceļa rekonstrukcijas un seguma atjaunošanas darbos ieguldītā naudas summa, iespējams, sastādītu 28.1 miljonus eiro. Ievērtējot noslogotības pieauguma koeficientu no palielinātajām kravas transportlīdzekļu faktiskajām ass slodzēm, vairāk nekā piecu „zaudēto” gadu laikā tas varētu radīt aptuveni 7 miljonus eiro lielus potenciālos zaudējumus, neskaitot ikgadējos ceļa uzturēšanas izdevumus.

Turpmāk ieskatam par smago transportlīdzekļu intensitāti un pārslogoto asu daudzumu un virzienu sniegts apkopojums par darbā iegūtajiem datu rezultātiem. Tabulās 2.7. -2.8.dots autoceļu A1 un A3 svērto un pārslogoto asu sadalījums.

Kā redzams, procentuālais sadalījums pēc asu faktiskās masas intervāla abiem posmiem ir ļoti līdzīgs – visvairāk pārslogotās ass konstatētas intervālā no 11.5 līdz 12 t – gan uz a/c A1, gan uz A3 šādu skaits ir virs 35% no kopējā pārslogoto asu skaita. Katrā nākošajā 0,5 t intervālā konstatēto asu skaits ar pārkāptu masu arvien samazinās. Tomēr daudzos gadījumos ir novērojamas lielas atšķirības starp atļautajām un faktiskajām ass slodzēm. Saskaņā ar veiktajiem aprēķiniem tas neapšaubāmi izraisa ātrāku ceļu nolietošanos. Tā kā vidējais noteiktais kravas transportlīdzekļu ātrums ir virs 80 km/h, tik lielas ass slodzes rada arī potenciāli bīstamas situācijas no satiksmes drošības viedokļa.

Savukārt 2.9.-2.10.tabulās un attēlos 2.20.-2.21. ir apkopota informācija par autoceļu noslodzi katrā novērojumu mēnesī un kopumā. Lai arī uz autoceļa A1 72.km ir konstatēts sešas reizes lielāks svērto smago transportlīdzekļu asu skaits nekā uz autoceļa A3 24.km, tomēr pārslogoto asu skaits uz vairāk noslogotā autoceļa A1 procentuāli ir apmēram 2.5 reizes mazāks. Ar to arī skaidrojams, kādēļ noslogotības pieauguma koeficients uz autoceļa A3 ir tikai par 0.02 mazāks nekā uz autoceļa A1 – attiecīgi 1.15 un 1.17.

2.7.tabula

Autoceļa A1 svēto un pārslogoto asu sadalījums																
Mēnesis	Svērtu asu skaits	Pārslogoto asu skaits	11,5-12t	12-12,5t	12,5-13t	13-13,5t	13,5-14t	14-14,5t	14,5-15t	15-15,5t	15,5-16t	16-16,5t	16,5-17t	17-17,5t	17,5-18t	>18t
Aug.2012	186 400	244	126	46	35	9	5	7	1	2	0	1	2	1	0	9
Sep.2012	185 271	156	81	39	10	7	5	4	2	0	0	1	1	0	0	6
Okt.2012	197 137	338	177	79	36	14	10	7	1	3	2	1	2	0	0	6
Nov.2012	187 470	289	166	69	22	14	8	5	2	1	0	1	0	0	0	1
Dec.2012	155 457	295	148	74	40	7	5	6	4	2	0	0	0	1	0	8
Jan.2013	161 232	174	94	49	10	6	4	1	3	1	1	0	1	0	0	4
Feb.2013	170 943	257	150	45	32	6	4	3	2	3	3	0	0	0	2	7
Mar.2013	184 226	306	176	63	27	14	10	4	1	3	1	0	2	0	0	5
Apr.2013	193 268	823	397	219	95	47	26	15	11	3	1	1	2	0	1	5
Mai.2013	204 394	1 650	739	438	216	120	66	32	11	12	4	2	3	2	0	5
Jūn.2013	198 554	1 875	824	465	259	164	66	52	17	9	1	5	4	2	1	6
Jūl.2013	196 368	915	410	251	96	65	35	17	11	6	4	5	2	0	1	12
Nov.2013	194 254	5 635	1 836	1 387	873	568	384	236	163	70	46	32	22	3	6	9
Dec.2013	167 540	6 896	1 886	1 577	1 214	839	542	322	204	127	75	47	24	9	6	24
Jan.2014	186 079	5 969	1 992	1 381	971	630	420	260	132	77	46	20	9	16	2	13
KOPĀ:	2 768 593	25 822	9 202	6 182	3 936	2 510	1 590	971	565	319	184	116	74	34	19	120
		%:	35,64	23,94	15,24	9,72	6,16	3,76	2,19	1,24	0,71	0,45	0,29	0,13	0,07	0,46

2.8.tabula

Autoceļa A3 svēto un pārslogoto asu sadalījums																
Mēnesis	Svērtu asu sk.	Pārslog.asu sk.	11,5-12t	12-12,5t	12,5-13t	13-13,5t	13,5-14t	14-14,5t	14,5-15t	15-15,5t	15,5-16t	16-16,5t	16,5-17t	17-17,5t	17,5-18t	>18t
Sept.2013	87 332	3 005	920	682	482	307	183	111	69	66	44	32	28	21	17	43
Okt.2013	101 044	2 207	818	525	357	205	116	71	47	20	22	8	6	4	2	6
Nov.2013	94 707	2 075	793	566	299	194	92	52	32	21	12	4	2	2	0	6
Dec.2013	81 325	1 630	613	419	239	134	83	55	35	12	11	4	3	4	7	11
Jan.2014	89 393	1 699	618	423	239	191	109	56	26	11	8	6	3	0	0	9
Kopā:	453 801	10 616	3 762	2 615	1 616	1 031	583	345	209	130	97	54	42	31	26	75
		%:	35,44	24,63	15,22	9,71	5,49	3,25	1,97	1,22	0,91	0,51	0,40	0,29	0,24	0,71

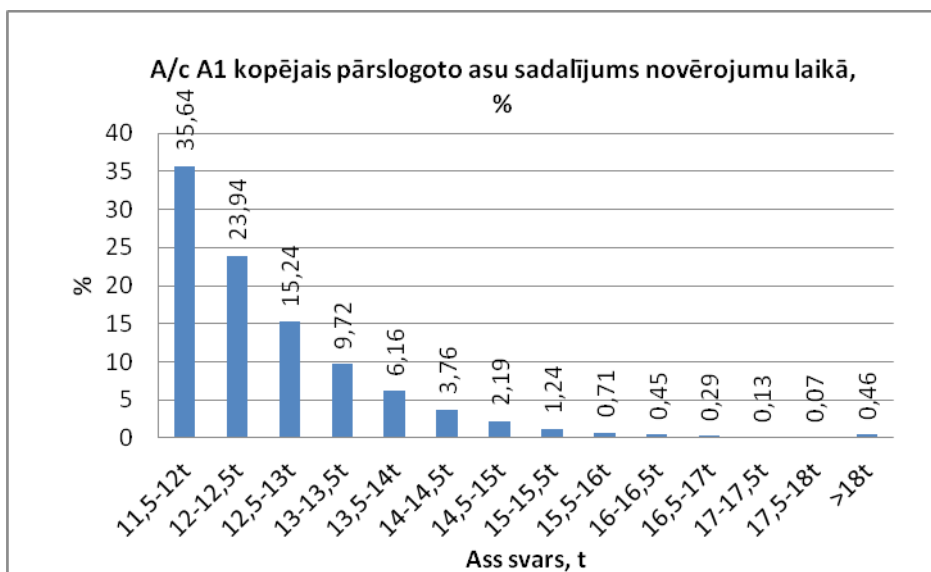
2.9.tabula. A/c A1 72.km pārslogoto asu sadalījums pa mēnešiem

Maģistra darbs „Braucošu transportlīdzekļu svēšanas sistēmas ieviešanas iespēju analīze Latvijā”

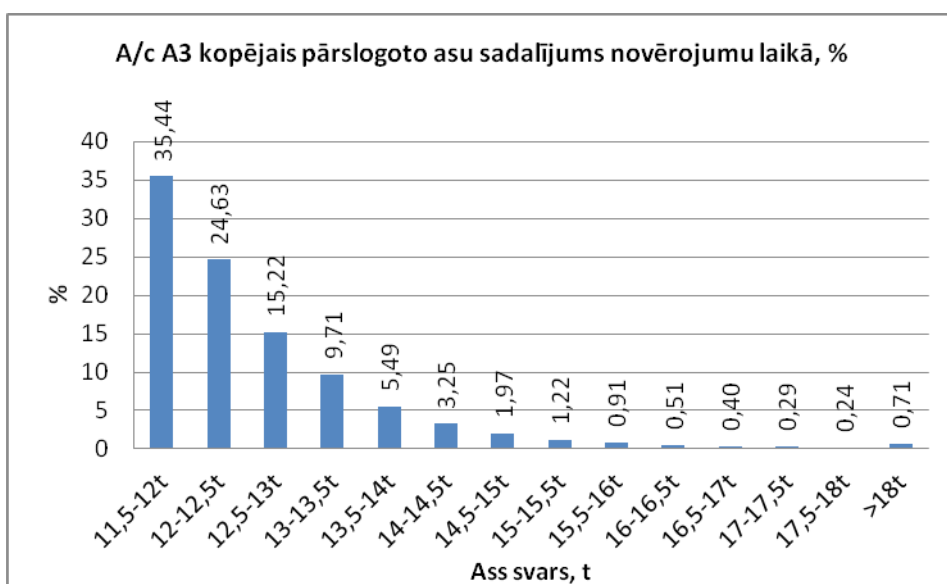
	Aug.2012	Sep.2012	Okt.2012	Nov.2012	Dec.2012	Jan.2013	Feb.2013	Mar.2013	Apr.2013	Mai.2013	Jūn.2013	Jūl.2013	Nov.2013	Dec.2013	Jan.2014	Kopā:
Svēto smago tr. līdz. asu sk:	186 400	185 271	197 137	187 470	155 457	161 232	170 943	184 226	193 268	204 394	198 554	196 368	194 254	167 540	186 079	2 768 593
Pārslogoto asu sk.	244	156	338	289	295	174	257	306	823	1 650	1 875	915	5 635	6 896	5 969	25 822
Pārslogoto asu sk., %	0,13	0,08	0,17	0,15	0,19	0,11	0,15	0,17	0,43	0,81	0,94	0,47	2,90	4,12	3,21	0,93

2.10.tabula. A/c A3 24.km pārslogoto asu sadalījums pa mēnešiem

	Sept.2013	Okt.2013	Nov.2013	Dec.2013	Jan.2014	Kopā:
Svēto smago tr. līdz. asu sk:	87 332	101 044	94 707	81 325	89 393	453 801
Pārslogoto asu sk.	3 005	2 207	2 075	1 630	1 699	10 616
Pārslogoto asu sk., %	3,44	2,18	2,19	2,00	1,90	2,34



2.20.att. Pārslogoto asu sadalījums uz a/c A1 72.km

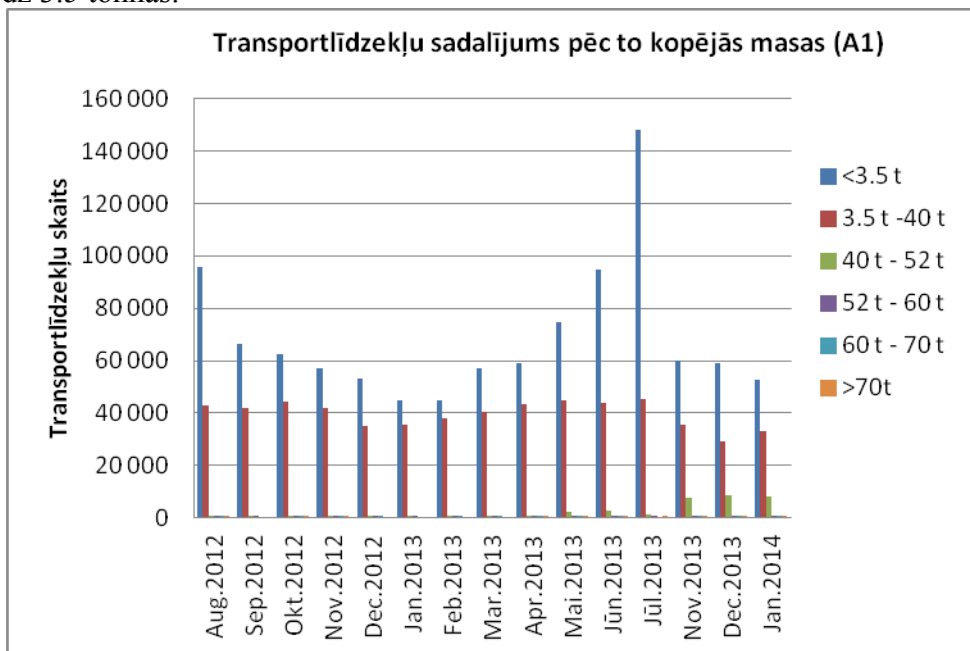


2.21.att.Pārslogoto asu sadalījums uz a/c A3 24.km

2.3.4. Datu apkopojums par autoceļa A1 72.km

Attēlā 2.22. un 2.11.tabulā redzams autoceļa A1 72.km transportlīdzekļu sadalījums pēc to kopējās masas absolūtos skaitļos un pēc procentuālā īpatsvara, ņemot vērā visus automobiļus. Taču, tā kā ceļa segas projektēšanas procesā ņem vērā tikai smago transportlīdzekļu ass

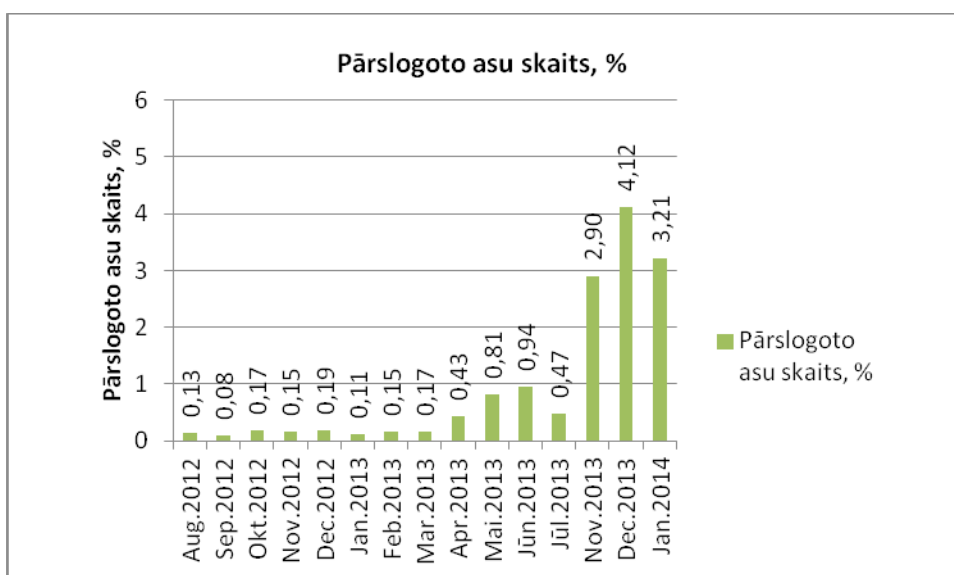
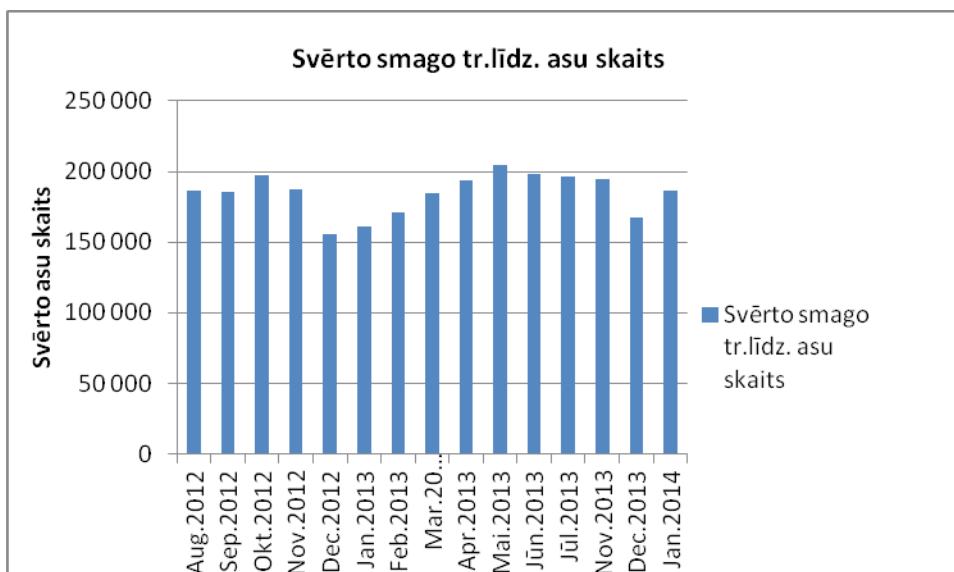
slodzi, darbā turpmākajos grafikos ievērtēti tikai dati par automobiļiem, kuru kopējā masa pārsniedz 3.5 tonnas.



2.22.att. A/c A1 72.km transportlīdzekļu sadalījums pēc to kopējās masas

2.11.tabula. Transportlīdzekļu procentuālais sadalījums pēc masas a/c A1 72.km

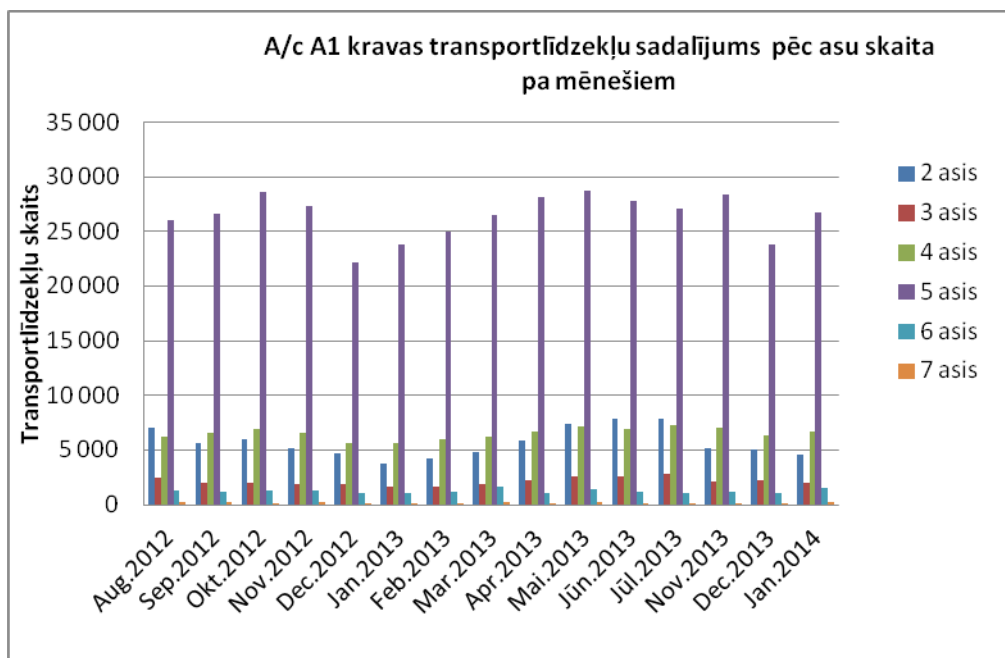
Tr.līdz.masa	Aug.2012	Sep.2012	Okt.2012	Nov.2012	Dec.2012	Jan.2013	Feb.2013	Mar.2013
<3.5 t	77,50	68,84	61,11	58,18	57,43	59,98	55,33	54,03
3.5 t -40 t	22,23	30,76	38,50	41,30	41,94	39,41	44,18	45,30
40 t - 52 t	0,25	0,40	0,39	0,50	0,60	0,57	0,48	0,64
52 t - 60 t	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02
60 t - 70 t	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
70 t -t	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KOPĀ:	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Tr.līdz.masa	Apr.2013	Mai.2013	Jūn.2013	Jūl.2013	Nov.2013	Dec.2013	Jan.2014	Kopā, %:
<3.5 t	57,98	57,27	61,13	67,10	76,22	60,51	55,84	61,90
3.5 t -40 t	41,22	41,75	36,95	31,00	23,21	29,92	34,77	36,16
40 t - 52 t	0,78	0,94	1,77	1,82	0,55	8,94	8,61	1,82
52 t - 60 t	0,02	0,04	0,12	0,08	0,01	0,47	0,55	0,09
60 t - 70 t	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,14	0,23	0,03
70 t -t	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,002
KOPĀ:	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0



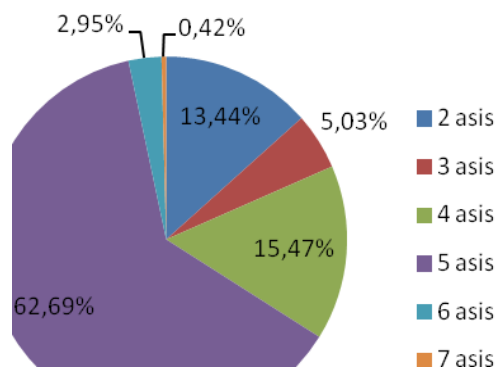
2.23.att. A/c A1 72.km svērto un pārslogoto asu skaita sadalījums

Kā redzams attēlā 2.23., ikmēneša kravas transporta svērto asu daudzuma sadalījums neatbilst pārslogoto asu skaita procentuālajam sadalījumam, tas ir, lielāks kravas transportlīdzekļu daudzums nenozīmē arī lielāku skaitu palielinātu ass slodžu. Līdzīga aina veidojas arī, ja salīdzina abu darbā aplūkoto autoceļu procentuālo smago transportlīdzekļu un asu, kuru masa pārsniegusi 11.5 t, sadalījumu. Proti, uz autoceļa A1 novērojumu laikā kravas

transporta no visām automašīnām sastādīja 38%, bet vidējais pārslogoto asu daudzums – nepilnu 1%. Savukārt uz autoceļa A3 smago transportlīdzekļu īpatsvars novērots krietni mazāks – 18%, taču vidējais pārslogoto asu daudzums – 2.34%.



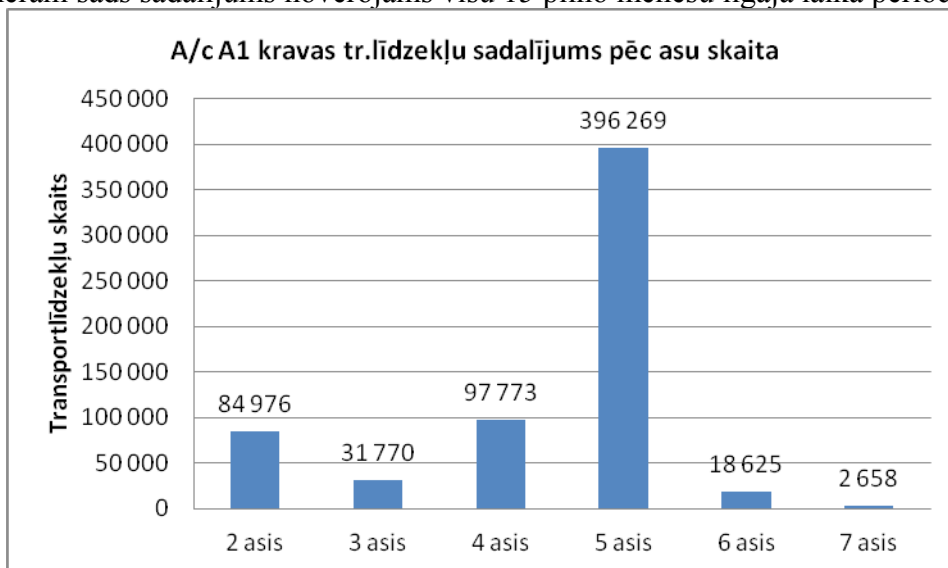
2.24.att. A/c A1 72.km kravas transporta sadalījums pēc asu skaita



2.25.att. A/c A1 72.km kopējais kravas transporta procentuālais sadalījums pēc asu skaita (augusts 2012 - janvāris 2014)

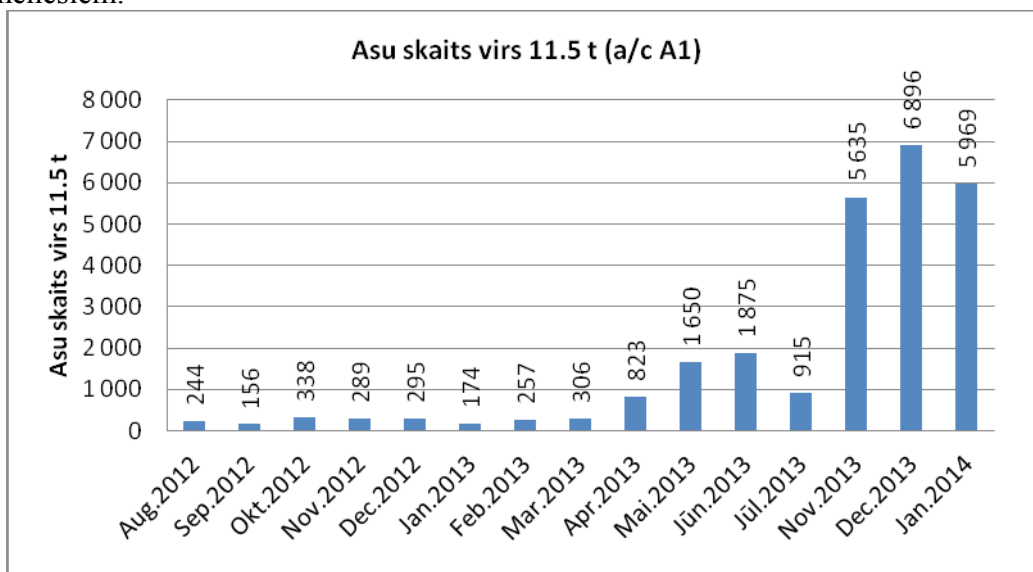
Kā redzams attēlos 2.24., 2.25. un 2.26., lielāko daļu no svērtajiem kravas transportlīdzekļiem aizņem piecasu automobiļi – laika posmā no 01.08.2012.-31.01.2014 to īpatsvars ir 62.7% (izņemot nederīgos laika posmus). Otrs biežāk konstatētais smago transportlīdzekļu veids ir ar 4 asīm (15.5%), trešais – ar 2 asīm (13.4%). Savukārt

novērojumu laikā vismazāk saskaitīti 3, 6 un 7 asu smagie automobiļi. Proporcioniāli apmēram šāds sadalījums novērojams visu 15 pilno mēnešu ilgajā laika periodā.



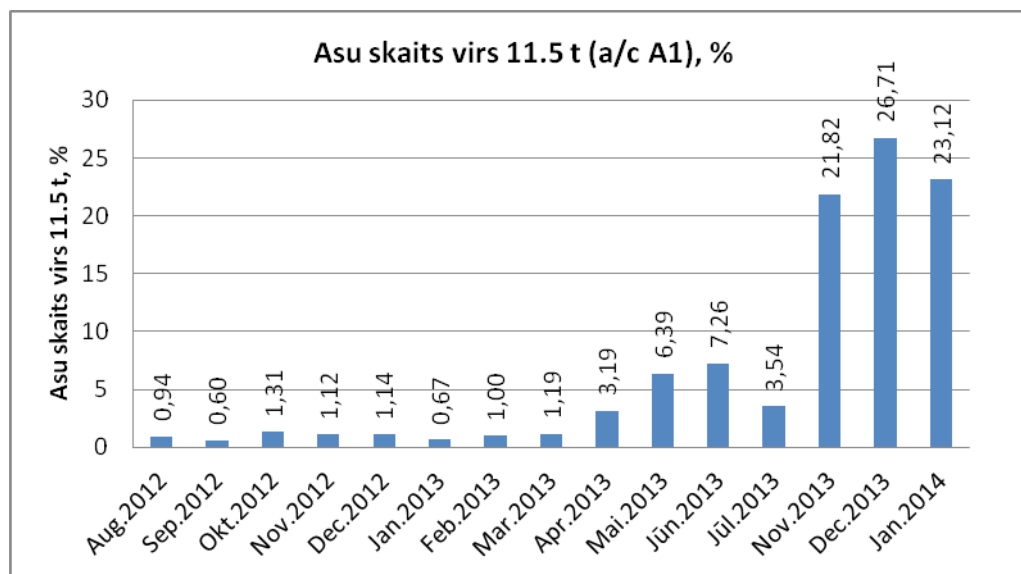
2.26.att. A/c A1 72.km kopējais kravas transporta skaitliskais sadalījums pēc asu skaita (augusts 2012 - janvāris 2014)

Tālāk dots apkopojums par asu skaita, kuru masa pārsniedz normatīvās 11.5 t, sadalījums pa mēnešiem.



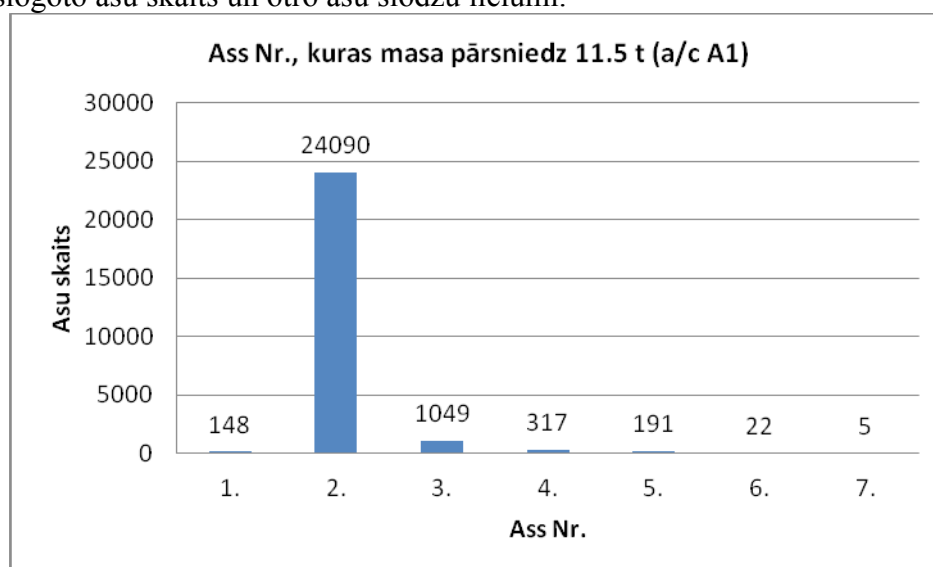
2.27.att. A/c A1 72.km asu skaita virs 11.5t skaitliskais sadalījums (augusts 2012 - janvāris 2014)

Kā redzams, ziemas mēnešos ir novērojams straujš pārkāpēju skaita pieaugums, lai gan kopējais smago automobiļu skaits šajā laikā ir nedaudz mazāks nekā vasaras un rudens mēnešos.

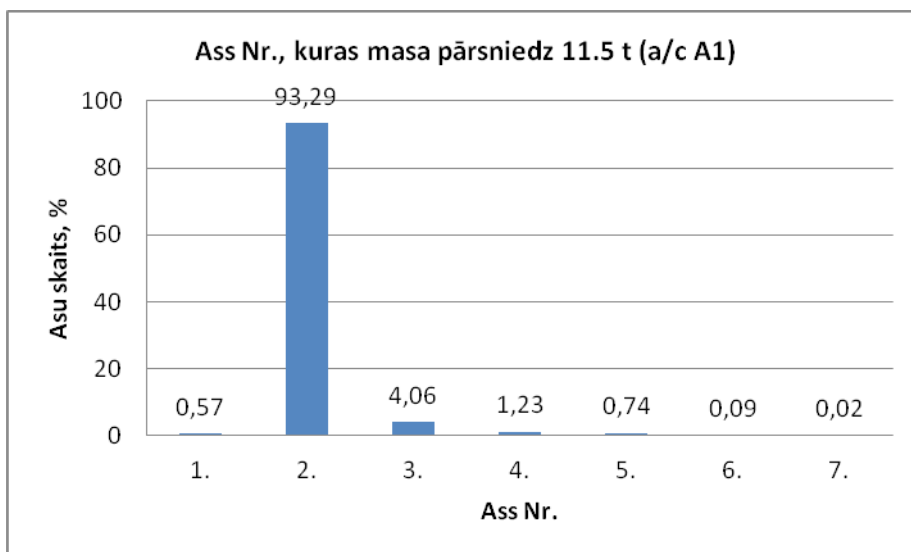


2.28.att. A/c A1 72.km asu skaita virs 11.5t procentuālais sadalījums (augusts 2012 - janvāris 2014)

Attēlos 2.29.un 2.30. redzams, ka visvairāk pārslogota ir otrā smago transportlīdzekļu ass - autoceļa A1 novērojumu periodā tie ir 93% no visām asīm, kuru masa pārsniegusi 11.5 t. 4% gadījumu tā ir bijusi trešā ass, 1.2% - ceturtā ass. Pārējo pārslogoto asu īpatsvars nesasniedz 1%. Tik liels otrās ass pārslogotības īpatsvars liecina par to, ka kravu transportlīdzekļu vadītāji, visticamāk, neievēro pareizas kravas novietošanas principus kravas telpās. Optimālāka kravas novietošana varētu uzlabot esošo situāciju, jo tādējādi samazinātos pārslogoto asu skaits un otro asu slodžu lielumi.



Att.2.29. A/c A1 72.km pārslogoto asu sadalījums pēc ass numura



Att.2.30. A/c A1 72.km pārslogoto asu procentuālais sadalījums pēc ass numura

Piemēram, attēlā 2.31. dots pareizāks kravas novietojums nekā attēlā 2.32. Šajā gadījumā kravas pārvadātājs ir ievērojis to, ka piekabes aizmugurējā daļā var izvietot vairāk kravas, tā kā aizmugurējā daļā ir divas asis, līdz ar to spiediens uz ceļa segu ir mazāks. Piekabes priekšējā daļā ir tikai viena ass, tādēļ tur izvietojamās kravas daudzums ir mazāks.



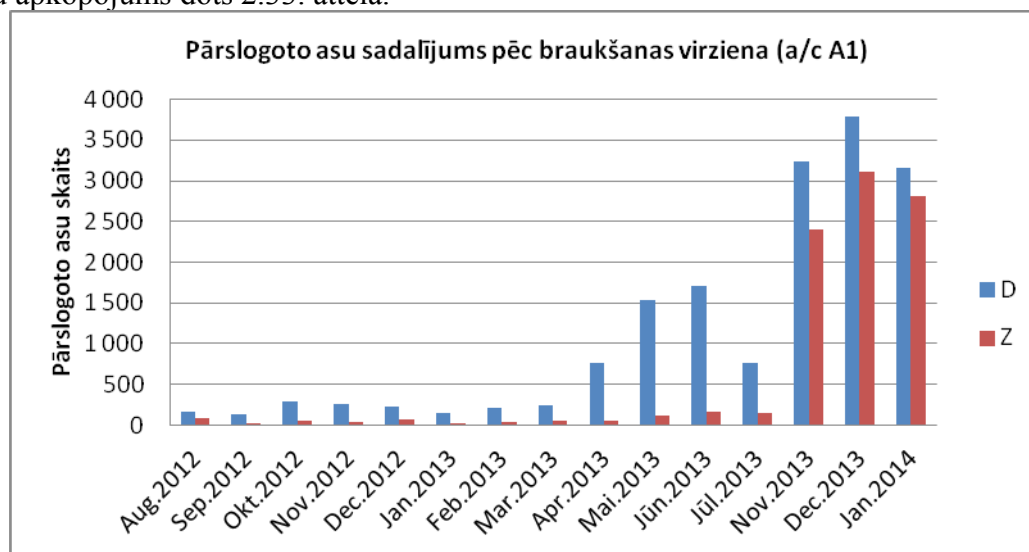
Att.2.31. Pareizs kravas novietojums piekabē [15]



Att.2.32. Pārslogota kravas automašīna [15]

Darbā ir noteikta arī pārslogoto kravas automobiļu asu attiecība atkarībā no braukšanas virziena. Autoceļa A1 „Rīga (Baltezers) – Igaunijas robeža (Ainaži)” 72.km apskatāmajā laika periodā konstatēta asimetriska pārslogoto asu plūsma – virzienā uz dienvidiem to

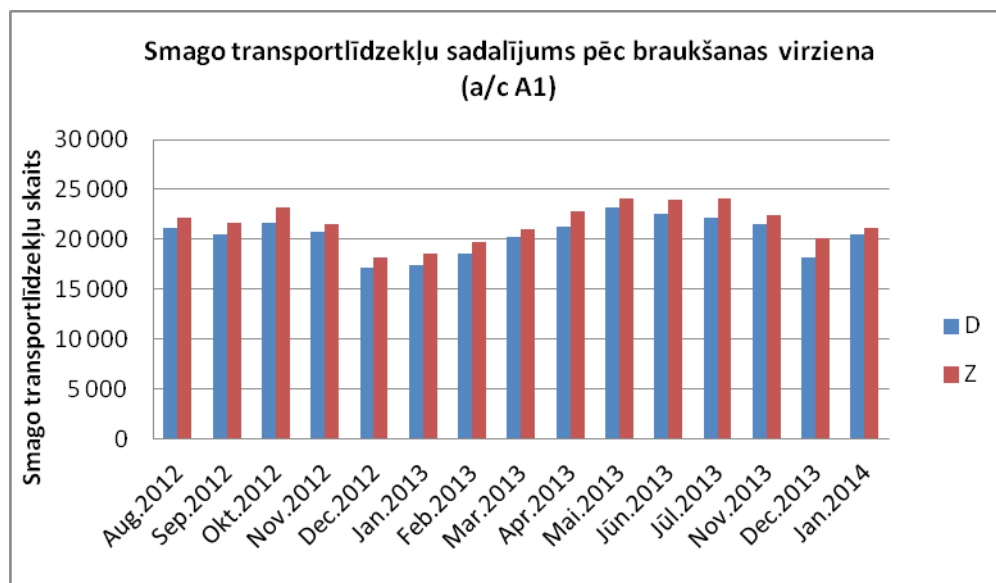
kopējais daudzums sastāda 64%, bet virzienā uz ziemeļiem – 36%. Detalizētāks analizēto datu apkopojums dots 2.33. attēlā.



2.33.att. A/c A1 72.km pārslogoto asu skaits pa braukšanas virzieniem

No iegūtajiem datiem secināms, ka visvairāk asu, kuru masa ir virs 11.5 t, ir konstatēts virzienā uz Rīgu, kur atrodas eksporta osta. Autoceļu A1 izmanto tranzīta satiksmei uz Igauniju, kā arī vietējos pārvadājumos. 13 km attālumā no Igaunijas robežas atrodas Salacgrīvas osta, kas ir piesaistījusi dažāda veida kravu pārvadājumus no Dienvidigaunijas. Osta apkalpo dažāda veida kravas no Latvijas un Igaunijas. Ostas tuvumā atrodas arī vairāki uzņēmumi, kuri nodarbojas ar kokmateriālu eksportu un iepirkšanu. [35] Saskaņā ar VAS „Latvijas Valsts ceļi” statistikas datiem par vidējo diennakts satiksmes intensitāti, ir secināms, ka liela daļa no kravas transporta, kurš tiek pārvadāts pa autoceļu A1, nonāk Salacgrīvas ostā vai tiek no tās transportēts tālāk virzienā uz Rīgu. Par to liecina dati, ka posmā līdz 84.km kravas transporta īpatsvars pēdējos novērojumu gados ir krietni lielāks nekā no 84.km līdz Igaunijas robežai (piemēram, 2012.gadā un 2013.gadā kravas transporta īpatsvars līdz 84.km apmēram 1.7 reizes pārsniedza kravas transportlīdzekļu daudzumu no 84.km līdz Igaunijas robežai).

Attēlā 2.34. dots kopējais smago transportlīdzekļu sadalījums pēc to braukšanas virzieniem. Ir noteikts, ka virzienā uz Rīgu dodas 49% no visiem smagajiem automobiļiem, savukārt virzienā uz Igauniju – 51%. Tātad abos braukšanas virzienos novērojams vienmērīgs kravas transporta īpatsvars, taču asimetrisks ir pārslogoto asu sadalījums.



2.34.att. A/c A1 72.km kopējais smago transportlīdzekļu skaits pa braukšanas virzieniem

2.12.tabula

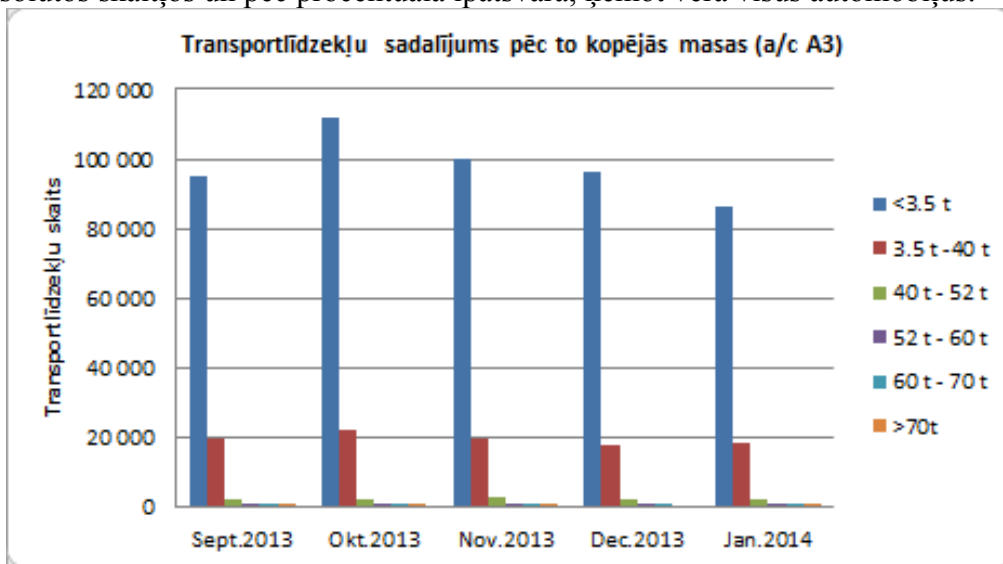
Pārslogoto asu sadalījums pēc braukšanas virziena a/c A1 72.km								
	Aug.2012	Sep.2012	Okt.2012	Nov.2012	Dec.2012	Jan.2013	Feb.2013	Mar.2013
D	163	135	287	252	224	156	216	248
Z	81	21	51	37	71	18	41	58
	Apr.2013	Mai.2013	Jūn.2013	Jūl.2013	Nov.2013	Dec.2013	Jan.2014	
D	762	1 539	1 708	771	3 233	3 790	3 164	
Z	61	111	167	144	2 402	3 106	2 805	
Kopā uz Rīgu:							16 648	64%
Kopā uz Igauniju:							9 174	36%

2.13.tabula

Kravas transportlīdzekļu braukšanas virziens a/c A1 72.km								
	Aug.2012	Sep.2012	Okt.2012	Nov.2012	Dec.2012	Jan.2013	Feb.2013	Mar.2013
D	21 092	20 498	21 716	20 730	17 213	17 464	18 615	20 298
Z	22 237	21 710	23 175	21 586	18 262	18 578	19 678	20 975
	Apr.2013	Mai.2013	Jūn.2013	Jūl.2013	Nov.2013	Dec.2013	Jan.2014	
D	21 291	23 199	22 517	22 223	21 487	18 203	20 551	
Z	22 838	24 152	24 003	24 054	22 451	20 174	21 178	
Kopā uz Rīgu:							307 097	49%
Kopā uz Igauniju:							325 051	51%

2.3.5. Datu apkopojums par autoceļa A3 24.km

Turpmāk apkopoti autoceļa A3 „Inčukalns – Valmiera – Igaunijas robeža (Valka)” 24.km dati par transportlīdzekļu parametriem laika posmā no 05.09.2013.-31.01.2014. Attēlā 2.35. un 2.14. tabulā dots autoceļa A3 24.km transportlīdzekļu sadalījums pēc to kopējās masas absolūtos skaitļos un pēc procentuālā īpatsvara, ņemot vērā visus automobiļus.

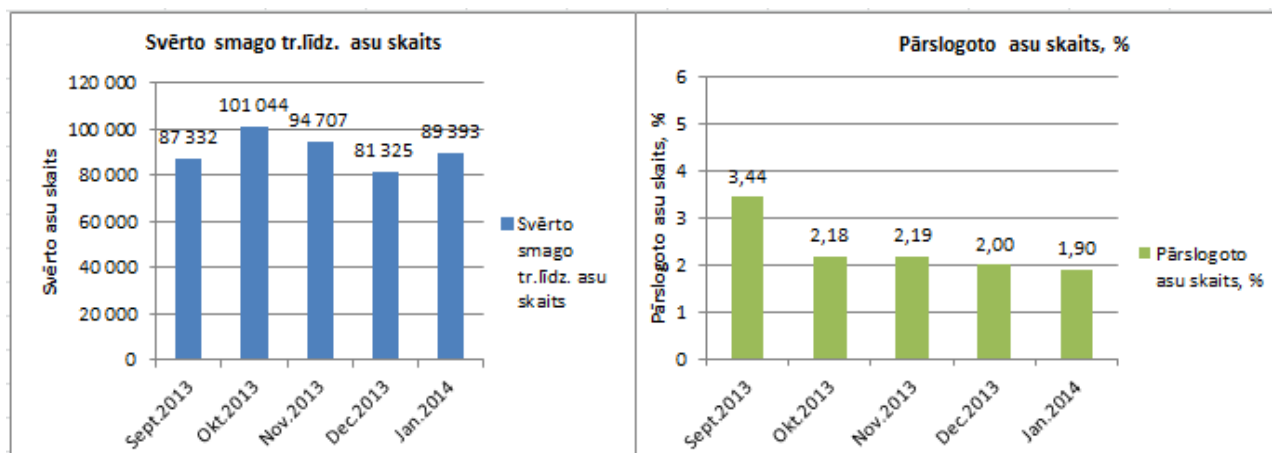


2.35.att. A/c A3 24.km transportlīdzekļu sadalījums pēc to kopējās masas

2.14.tabula

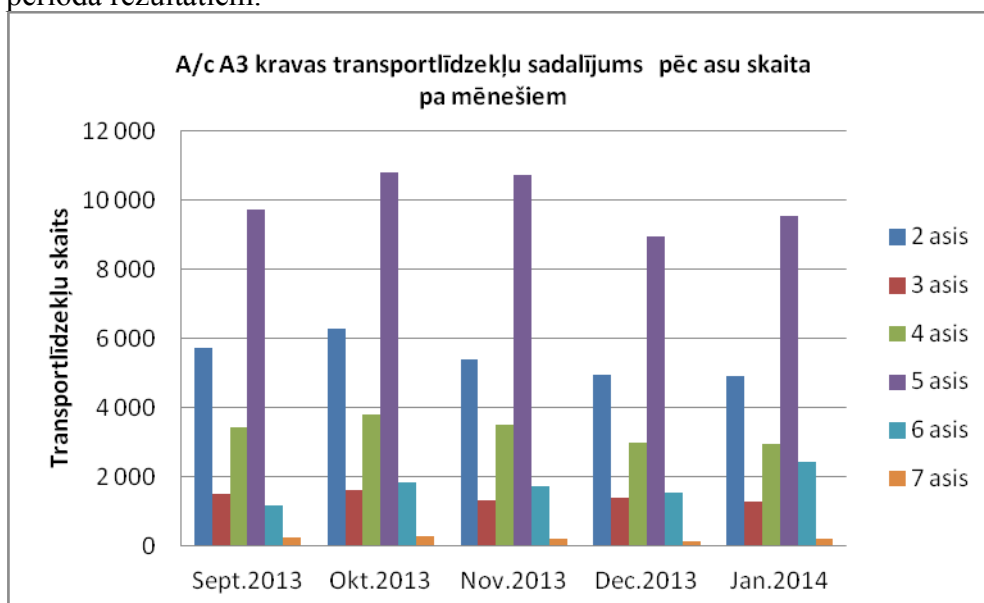
Transportlīdzekļu procentuālais sadalījums pēc masas a/c A3 24.km						
Tr.līdz.masa	Sept.2013	Okt.2013	Nov.2013	Dec.2013	Jan.2014	Kopā, %:
<3.5 t	81,25	81,74	81,30	82,74	80,10	81,45
3.5 t -40 t	16,57	16,18	16,17	15,14	17,19	16,23
40 t - 52 t	1,76	1,74	2,15	1,78	2,24	1,92
52 t - 60 t	0,34	0,29	0,32	0,29	0,34	0,31
60 t - 70 t	0,07	0,06	0,06	0,05	0,14	0,07
>70t	0,01	0,001	0,004	0,00	0,005	0,003
KOPĀ:	100	100	100	100	100	100

Smago automašīnu īpatsvars 5 mēnešus ilgajā novērojumu periodā ir vienmērīgs. Kā redzams attēlā 2.36., tajos mēnešos, kad bijusi vislielākā kravas transporta plūsma, tas ir, nosvērtas visvairāk asis, pārslogoto asu procentuālais īpatsvars nav lielākais. Tātad, tāpat kā uz autoceļa A1, arī šajā gadījumā nevar uzskatīt, ka lielāks kravas transportlīdzekļu daudzums nozīmē arī lielāku skaitu palielinātu ass slodžu.



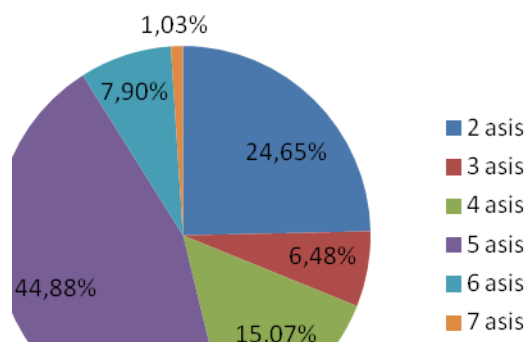
Att.2.36. A/c A3 24.km svērto un pārslogoto asu sadalījums

Turpmāk sniegti dati tikai par kravas transportlīdzekļiem par pieejamajiem novērojumu perioda rezultātiem.

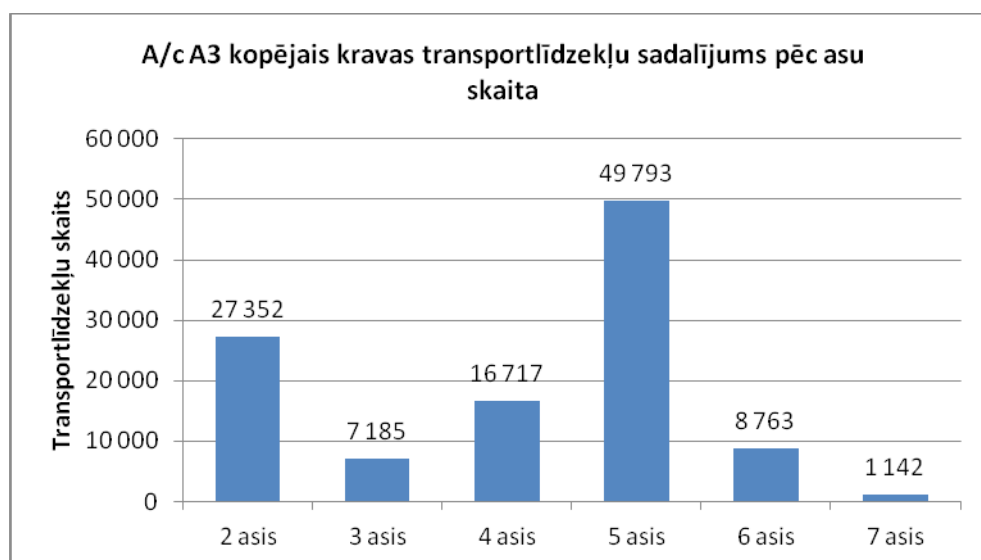


2.37.att. A/c A3 24.km kravas transporta sadalījums pēc asu skaita

Kā redzams attēlos 2.37.-2.39., līdzīgi, kā tas ir uz autoceļa A1, arī šeit lielāko daļu no svērtajiem kravas transportlīdzekļiem aizņem 5 asu automobiļi – laika posmā no 05.09.2013.-31.01.2014 to īpatsvars ir 44.9%. Otrs biežāk konstatētais smago transportlīdzekļu veids ir ar 2 asīm (24.7%), trešais – ar 4 asīm (15.1%). Savukārt vismazāk saskaitīti 3, 6 un 7 asu smagie automobiļi.

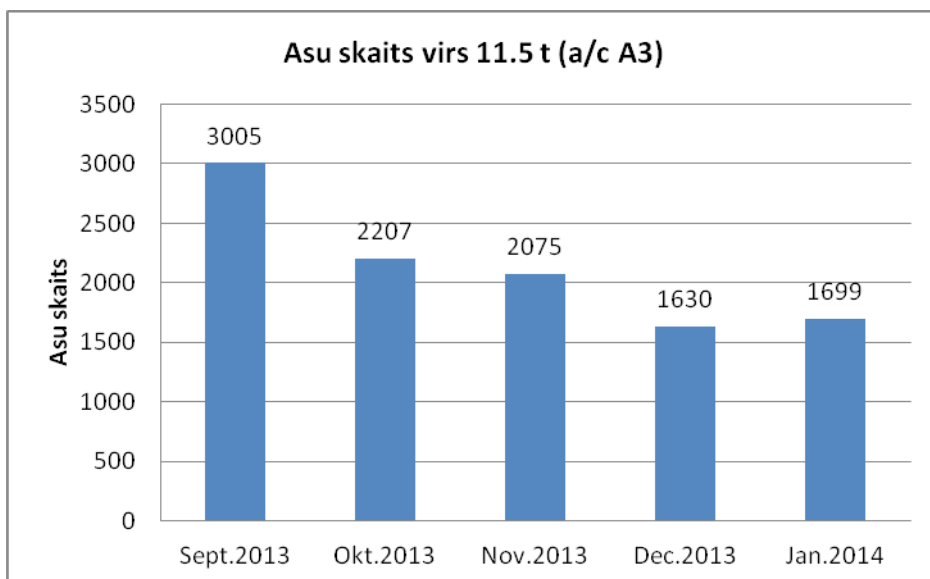


2.38.att. A/c A3 24.km kopējais kravas transporta procentuālais sadalījums pēc asu skaita

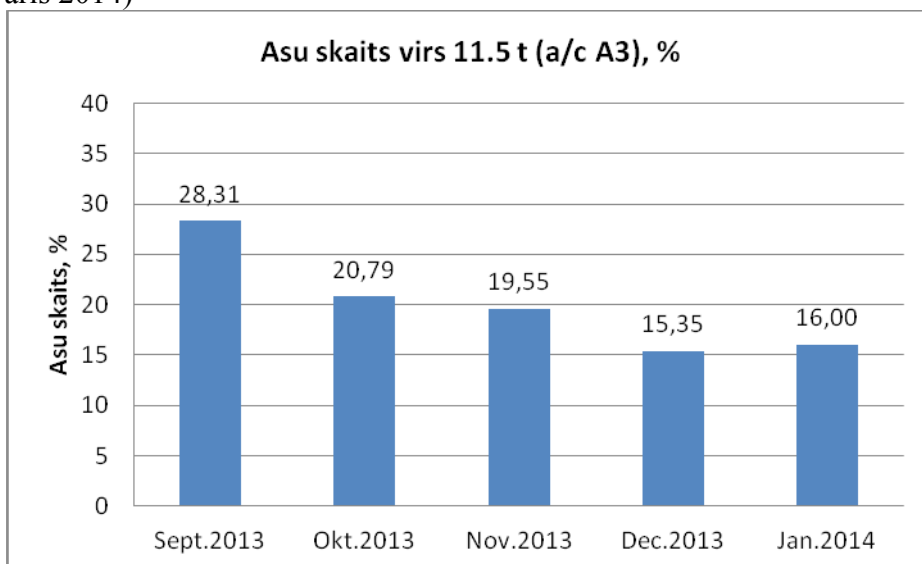


2.39.att. A/c A3 24.km kopējais kravas transporta skaitliskais sadalījums pēc asu skaita

Tālāk dots apkopojums par asu skaita, kuru masa pārsniedz normatīvās 11.5 t, sadalījumu pa mēnešiem (att.2.40.-2.41.). Salīdzinot šos pašus datus ar autoceļa A1 iegūtajiem rezultātiem (att.2.28.un 2.29.), ir novērojama pretēja aina. Tas ir, uz autoceļa A1 ziemas mēnešos pārslogoto asu skaits strauji audzis, savukārt uz autoceļa A3 ziemas mēnešos šie rādītāji ir mazāki. Tātad uz katra autoceļa pastiprināta kravas pārvadājumu masas kontrole būtu nepieciešama dažādos gada periodos.

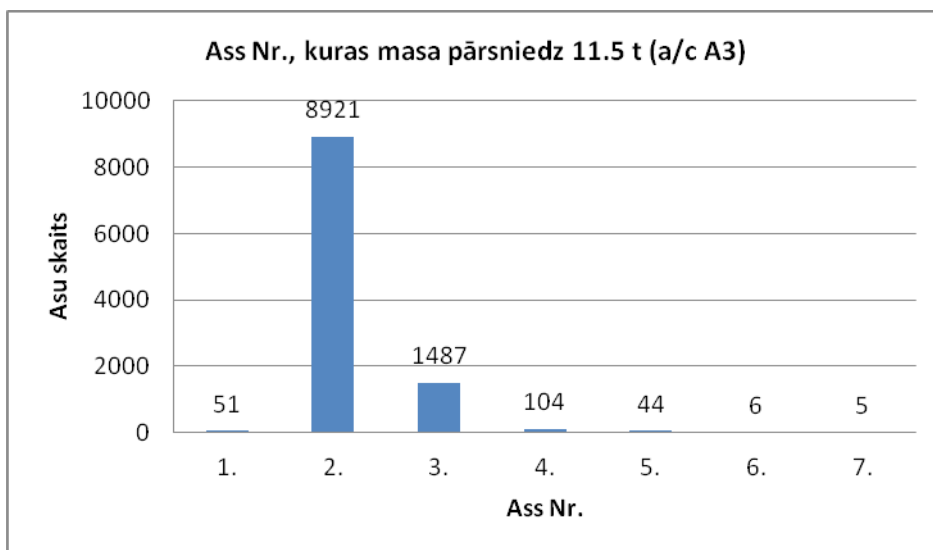


2.40.att. A/c A3 24.km asu skaita virs 11.5t skaitliskais sadalījums (septembris 2013 - janvāris 2014)

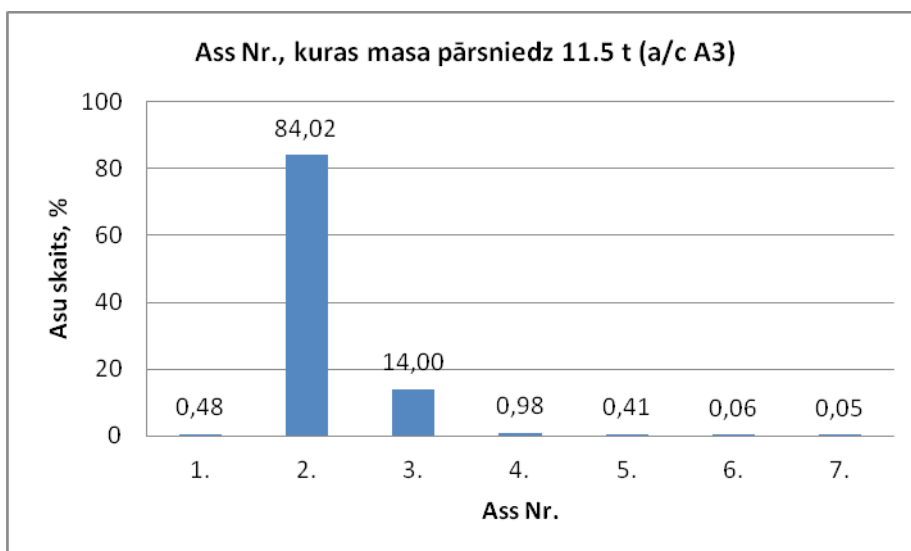


2.41.att. A/c A3 24.km asu skaita virs 11.5t procentuālais sadalījums (septembris 2013 - janvāris 2014)

Attēlos 2.42.un 2.43. redzams, ka arī uz autoceļa A3 visvairāk pārslogota ir otrā smago transportlīdzekļu ass - novērojumu periodā tie ir 84% no visām asīm, kuru masa pārsniegusi 11.5 t. 14% gadījumu tā ir bijusi trešā ass, taču pārējo pārslogoto asu īpatsvars nesasniedz 1%.

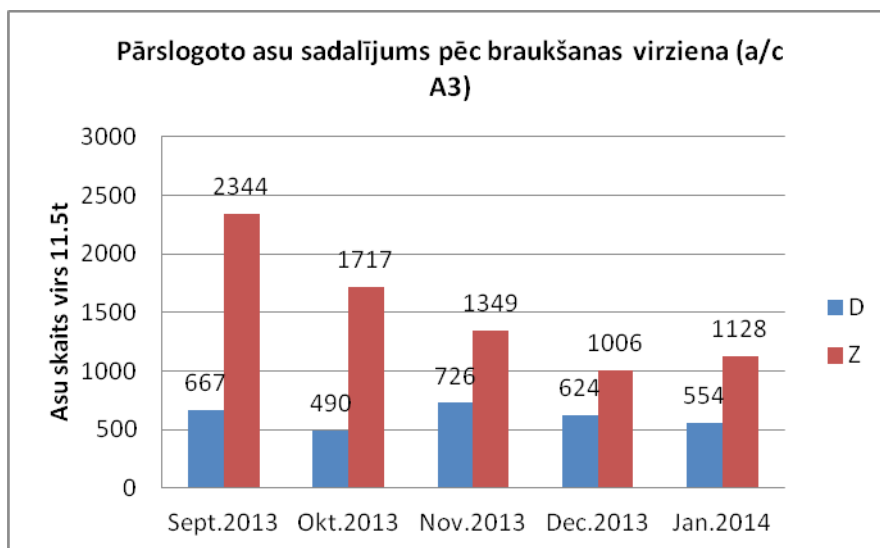


2.42.att. A/c A3 24.km pārslogoto asu sadalījums pēc ass numura



2.43.att. A/c A3 24.km pārslogoto asu procentuālais sadalījums pēc ass numura

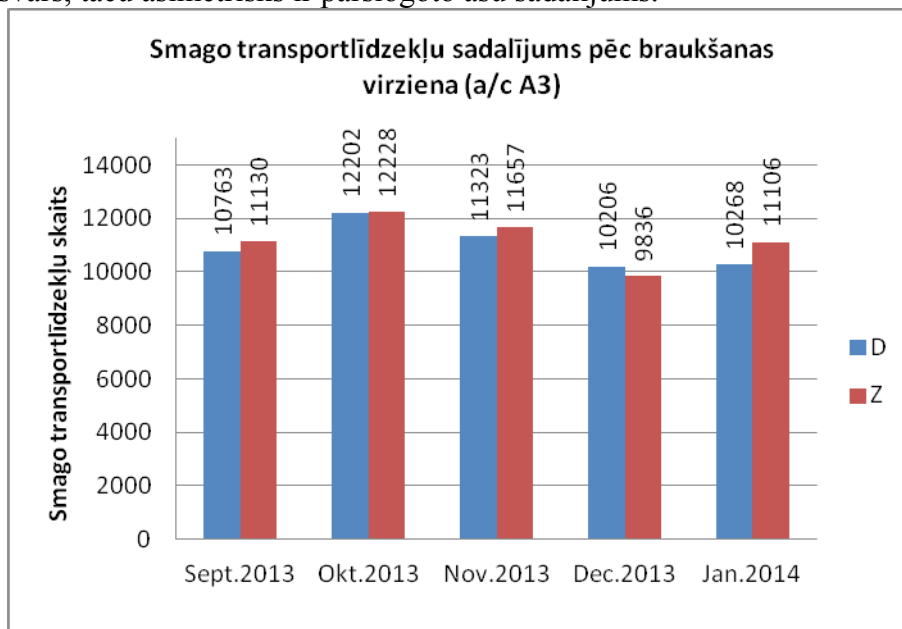
Līdzīgi, kā tas ir konstatēts uz autoceļa A1 72.km, arī uz autoceļa A3 „Inčukalns -Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” 24.km ir novērojama pārslogoto asu skaita asimetrija atkarībā no transportlīdzekļu braukšanas virziena. Proti, virzienā uz Rīgu piecu mēnešu ilgā periodā (attēlā 2.44.apzīmēts ar D – dienvidu virziens) 29% no visām smago automobiļu svērtajām asīm ir konstatēta faktiskā masa virs 11.5 t, savukārt virzienā no Rīgas (attēlā 2.44.apzīmēts ar Z – ziemeļu virziens) – 71%.



2.44.att. A/c A3 24.km pārslogoto asu skaits pa braukšanas virzieniem

Arī autoceļu A3 izmanto tranzīta satiksmei uz Igauniju, kā arī vietējos kravu pārvadājumos. Tas ir viens no vismazāk noslogotākajiem augstākās kategorijas autoceļiem Latvijā.

Attēlā 2.45. dots kopējais smago transportlīdzekļu sadalījums pēc to braukšanas virzieniem. Virzienā uz Rīgu dodas 49% no visiem smagajiem automobiļiem, savukārt pretējā virzienā – 51%. Tātad abos braukšanas virzienos novērojams vienmērīgs kravas transporta īpatsvars, taču asimetrisks ir pārslogoto asu sadalījums.



2.45.att. A/c A3 24.km kopējais smago transportlīdzekļu skaits pa braukšanas virzieniem

2.15.tabula

Pārslogoto asu sadalījums pēc braukšanas virziena a/c A3 24.km					
	Sept.2013	Okt.2013	Nov.2013	Dec.2013	Jan.2014
D	667	490	726	624	554
Z	2344	1717	1349	1006	1128
Kopā uz Rīgu:				3061	29%
Kopā no Rīgas:				7544	71%

2.16.tabula

Kravas transportlīdzekļu braukšanas virziens a/c A3 24.km					
	Sept.2013	Okt.2013	Nov.2013	Dec.2013	Jan.2014
D	10763	12202	11323	10206	10268
Z	11130	12228	11657	9836	11106
Kopā uz Rīgu:				54 762	49%
Kopā no Rīgas:				55 957	51%

Šāda tendence ir novērojama uz abiem darbā pētīto autoceļu A1 un A3 posmiem. Smago transportlīdzekļu plūsmas sadalījums pēc braukšanas virzieniem uz Rīgu un no Rīgas ir vienmērīgs. Turpretī asu skaits, kuru masa ir virs atļautajām 11.5 t, uz autoceļa A1 ir ievērojami lielāka virzienā uz Rīgu, bet uz autoceļa A3 – virzienā no Rīgas. Tātad arī segas konstrukcijas bojājumi katrā brauktuves pusē varētu veidoties nevienmērīgi.

2.3.6. ESAL aprēķins

Darbā pētīto autoceļu posmu noslogotības noteikšanai aprēķināta arī katra posma ekvivalentā standarta ass slodze ESAL (*angl.-equivalent single axle load*). To aprēķina, vidējo diennakts satiksmes intensitāti AADT izsakot ESAL vienībās (11.5t):

$$ESAL = f_i \cdot G \cdot AADT \cdot 365 \cdot N_i \cdot EALF_i \quad (2.15.) [3]$$

kur: f_i – joslu skaita koeficients (divu joslu ceļam $f_i=0.5$),

G – satiksmes intensitātes pieauguma koeficients (nosakāms pēc formulas (2.16.)),

AADT - vidējā diennakts satiksmes intensitāte segas konstrukcijas 1. kalpošanas gadā,

N_i – asu skaits katram i-tajam transportlīdzekļa veidam,

$EALF_i$ – bojājuma koeficients katram i-tajam transportlīdzekļa veidam.

$$G = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (2.16.) [3]$$

kur: r – vidējais ikgadējais satiksmes pieauguma faktors,

$$r = \frac{i}{100} \quad (2.17.) [3]$$

kur: i – ikgadējais satiksmes pieaugums,

n – projektā paredzētais segas kalpošanas laiks.

ESAL aprēķinam transportlīdzekļi tika iedalīti pēc šādiem to veidiem – vieglie transportlīdzekļi, divas smagie transportlīdzekļi, trīs smagie transportlīdzekļi, četras smagie transportlīdzekļi, piecas smagie transportlīdzekļi, sešas smagie transportlīdzekļi, septiņas smagie transportlīdzekļi.

Koeficients EALF noteikts katram i -tajam transportlīdzekļa tipam, izmantojot formulu (2.1.) Par izejas datiem ir ņemti autoceļu A1 72.km un A3 24.km fiksētie satiksmes intensitātes un transportlīdzekļu svēršanas rezultāti. $EALF_i$ ir pieņemts, to aprēķinot katra transportlīdzekļa tipam un pieņemot tā vidējās maksimālās vērtības katrā novērojumā mēnesī, lai tādējādi tiktu ievērtēta arī nākotnes i -to asu slodzes pieauguma un satiksmes intensitātes pieauguma varbūtība. 2.17.tabulā dotas noteiktās $EALF_i$ vērtības.

2.17.tabula. Koeficienta EALF vērtības katram i -tajam transportlīdzekļu tipam

Transportlīdzekļa veids, asu skaits		EALF, i
Smagie transportlīdzekļi	2 asis	0,78
	3 asis	0,88
	4 asis	1,16
	5 asis	1,43
	6 asis	1,93
	7 asis	2,85
Vieglie transportlīdzekļi		0,0002

Autoceļu A1 „Rīga (Baltezers) - Igaunijas robeža (Ainaži)” un A3 „Inčukalns – Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” ESAL aprēķinam nepieciešamie izejas dati:

$$i=3\%=0.03$$

$$r = \frac{0.03}{100} = 0.0003$$

$$n=20 \text{ gadi}$$

$$G = \frac{(1 + 0.0003)^{20} - 1}{0.0003} = 27.04 \quad (\text{„AASHTO1993” [1] D pielikuma tabula 20.D})$$

$$f=0.5$$

Autoceļa A1 posms Skulte – Svētciems km 40.570-80.700 pēc rekonstrukcijas tika nodots ekspluatācijā 2007.gada novembrī. Pirmajā ekspluatācijas gadā vidējā diennakts satiksmes intensitāte AADT=3100 trl/24h.

Autoceļa A3 posms km 1.65 – 26.90 pēc rekonstrukcijas tika nodots ekspluatācijā 2013.gada rudenī. Pirmajā ekspluatācijas gadā vidējā diennakts satiksmes intensitāte AADT=4200 trl/24h.

Tabulās 2.18. un 2.19. apkopoti ESAL aprēķinu rezultāti.

2.18.tabula. Autoceļa A1 72.km ESAL

Transportlīdzekļa veids, asu skaits		i-tais tr.līdz. ģpatsvars, %	EALF _i	ESAL _i	ESAL, kop (1*10 ⁶)
Smagie transportlīdzekļi	2 asis	5,04	0,78	601 193,33	7.5
	3 asis	1,90	0,88	256 550,91	
	4 asis	5,87	1,16	1 045 152,98	
	5 asis	23,69	1,43	5 189 737,02	
	6 asis	1,12	1,93	331 405,16	
	7 asis	0,15	2,85	65 473,86	
Vieglie transportlīdzekļi		62,23	0,0002	1 706,04	

2.19.tabula. Autoceļa A3 24.km ESAL

Transportlīdzekļa veids, asu skaits		i-tā tr.līdz. ģpatsvars, %	EALF, i	ESAL _i	ESAL, kop (1*10 ⁶)
Smagie transportlīdzekļi	2 asis	4,61	0,78	745 027	4.8
	3 asis	1,20	0,88	219 527	
	4 asis	2,79	1,16	673 0289	
	5 asis	8,30	1,43	2 463 463	
	6 asis	1,46	1,93	585 304	
	7 asis	0,19	2,85	112 362	
Vieglie transportlīdzekļi		81,45	0,0002	3 025	

2.20.tabula. Autoceļa noslogojuma parametri pēc ESAL [23]

ESAL vērtība (milj.) 20 gadu ilgā kalpošanas laikā	Autoceļa noslogojuma pakāpe
<0.3	Ļoti viegli noslogots ceļš
0.3 – 3	Viegli noslogots ceļš (pievedceļi, zemas intensitātes ielas, lauku ceļi)
3 – 10	Vidēji līdz augsti noslogots ceļš (divu vai vairāk joslu autoceļš, vidējas vai augstas intensitātes ielas)
10 - 30	Augsts noslogojums (augstas intensitātes ceļš, liels smago transportlīdzekļu ģpatsvars)
>30	Ļoti augsts noslogojums

No iegūtajiem rezultātiem secināms, ka apskatāmā autoceļa A3 posma satiksmes noslogojumu var novērtēt kā vidēju (skat.tabulu 2.20.), savukārt autoceļa A1 noslogojumu – kā vidēji augstu. Lai gan aprēķinātās ESAL vērtības ir atšķirīgas, noslogotības pieauguma

koeficientu vērtības abiem autoceļiem atšķiras maz – par 0.02. Tas skaidrojams ar to, ka ESAL aprēķinā ir ņemta vērā katra i-tā transportlīdzekļa tipa bojājuma faktors EALF. Taču, aprēķinot koeficientu $K_{n,p}$, tika ievērtēta katra svērtā transportlīdzekļa ass bojājuma faktors, iegūstot katram autoceļam precīzākus rezultātus par tā noslogojumu.

2.4. Pētāmo autoceļu posmu stāvokļa novērtējums

Darbā pētīto autoceļu A1 un A3 posmu vispārējā stāvokļa noteikšanai tika veikta to vizuāla apsekošana.

Autoceļa A1 „Rīga (Baltezers) - Igaunijas robeža (Ainaži)” posmā no km 40.57 - km 80.7 ikgadējie uzturēšanas darbi galvenokārt saistīti ar tādu defektu novēršanu, kā garenplaisu pa ceļa asi un plaisu tīkla likvidācija. Garenplaisas ir ļoti izplatīts bojājumu veids Latvijā kopumā. Tās rodas tehnoloģiskā izbūves procesa rezultātā. Savukārt plaisu tīkls izveidojies no palielinātas satiksmes slodzes, kā rezultātā radies izliekums pie nepietiekami stipras pamatnes vai arī transporta slodzes radīto stiepes spriegumu dēļ. Papildus šiem bojājumiem 2014.gada aprīlī fiksētajos foto attēlos ir novērojamas arī nelielas rises un virsmas nodilums (attēli 2.46.- 2.49.).

Kopš rekonstrukcijas autoceļa A1 posms km 40.57 - km 80.7 tiek ekspluatēts 7 gadus. Kā redzams attēlos, ceļš tiek uzturēts tehniski labā stāvoklī, sāngrāvji nodrošina pietiekamu ūdens novadi. Tādējādi gada nelabvēlīgajos periodos ūdens ietekme uz segas nestspēju samazinās.



2.46.att. A/c A1 72.km



2.47.att. Rises uz a/c A1 72.km



2.48.att. Virsmas nodilums a/c A1 72.km



2.49.att. Raupja virsma pa ceļa vidus asi a/c A1 72.km

Autoceļa A3 posms km 1,65 – km 26,90 pašlaik tiek ekspluatēts mazāk kā gadu. Tādēļ šis ceļš ir tehniski ļoti labā stāvoklī. Virsma ir līdzena un raupja, vizuāli vēl nav novērojamas

deformācijas. Posmā, kurā atrodas WIM sensori, vienģgais no bojģjumu veidiem ir novģrots tikai neliels virsmas nodilums automobiģģu riteņu trases vietģs, kas izveidoģies no rģepu berzes spģku pģrvarģšanas. 24.km segas konstrukcija atrodas uzbģrumģ, lģdz ar to tiek nodroģinģts, ka ūdens no segas konstrukcijas tiek novadģts un gada nelabvģģģģajos laika periodos tas neuzkrģjas. Arģ citģs vietģs ir nodroģinģta ūdens novadģšana, ir izbģvģģti sģnģrģvģģi.



2.50.att. Autoceģģa A3 24.km – uzbģrums, kur atrodas WIM sensori. Skats virģienģ no Rģģģas



2.51.att. Autoceļa A3 24.km. Skats virzienā uz Rīgu



2.52.att. Autoceļa A3 24.km – neliels virsmas nodilums

Tā kā abi darbā aplūkoti ceļu posmi pieder pie valsts galvenajiem autoceļiem un to rekonstrukcijā ir ieguldīts ES finansējums, regulāri tiek veikti virsmas bojājumu novēŗšanas pasākumi, lai izvairītos no nopietnāku defektu rašanās. Tomēr palielinātās ass slodzes izraisītie spriegumi paātrina materiāla noguruma iestāšanos, palielina plaisu un riŗu veidošanos.

2.5. Otrās nodaļas apkopojums un secinājumi

1. Ir veikts ceļa segu konstrukciju kalpošanas laika samazinājuma aprēķins diviem valsts galveno autoceļu posmiem – A1 „Rīga (Baltezers) - Igaunijas robeža (Ainaži)” 72.km un A3 „Inčukalns – Valmiera - Igaunijas robeža (Valka)” 24.km, izmantojot aktuālos transportlīdzekļu svēŗšanas datus, kas iegūti no WIM stacijām. Katram no šiem posmiem ir aprēķināts noslogotības pieauguma koeficients $K_{n,p}$ attiecībā pret projektā paredzētajām 11.5 t ass slodzēm. Ir noteikts, ka autoceļa A1 72.km noslogotības pieauguma koeficienta vērtība 18 mēneŗus ilgā novēŗojumu periodā ir 1.17, savukārt autoceļa A3 24.km noslogotības pieauguma koeficienta vērtība 5 mēneŗu ilgā periodā ir 1.15, kas pārsniedz projektētās 11.5 t ass slodzes par attiecīgi 17% un 15%.

2. Ņemot vērā iegūtās koeficientu $K_{n,p}$ vērtības un vadoties pēc „AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993”, ir aprēķināts aptuvenais laika periods, par kādu varētu samazināties paredzētais ceļa segu kalpošanas laiks palielināto ass slodžu ietekmē. Ir salīdzināti VAS „Latvijas Valsts ceļi” plānoto abu autoceļu posmu segumu atjaunošanas un pastiprināšanas darbu programmā iekļautie darbi un tehniskajos projektos iekļautās rekomendācijas būvju uzturēšanai ar darbā aprēķināto nepieciešamo segumu atjaunošanas darbu regularitāti. Pie esošajām kravas transportlīdzekļu ass slodzēm seguma atjaunošanas darbi būtu veicami ar šādu regularitāti:

- autoceļam A1 - divas reizes ik pēc 7 gadiem paredzēto divu reižu vietā ik pēc 9 gadiem;
- autoceļam A3 - trīs reizes ik pēc 5.2 gadiem paredzēto divu reižu vietā ik pēc 7 gadiem.

Autoceļa A1 posma km 40.57 – 80.70 kalpotspējas laiks no 18 gadiem varētu samazināties līdz 14 gadiem, kas četru „zaudēto” gadu laikā varētu radīt aptuveni 10.7 miljonus eiro lielus potenciālos zaudējumus. Autoceļa A3 posma km 1.65 – 26.90 kalpotspējas laiks no iespējamajiem 21 gadiem varētu samazināties līdz 15.6 gadiem, kas vairāk nekā piecu „zaudēto” gadu laikā varētu radīt aptuveni 7 miljonus eiro lielus potenciālos zaudējumus. Tātad ir secināms, ka kravas transportlīdzekļu palielinātās ass slodzes rada ievērojamu negatīvu ietekmi uz ceļa segas paredzēto kalpošanas laika ilgumu un ievērojamus finansiālos zaudējumus.

4. Ir apkopotī dati par kravas transportlīdzekļu svēŗšanas rezultātiem un noteikts pārslogoto asu skaits un sadalījums autoceļiem A1 un A3. Ir konstatēts, ka uz autoceļa A1 72.km 18 mēnešu ilgā novērojumu periodā no visām svēŗtajām kravas transportlīdzekļu asīm gandrīz 1% pārsniedz normatīvās 11.5 t, uz autoceļa A3 24.km šādu asu īpatsvars ir 2.3%. Tomēr, tā kā novērojumu laikā smago transportlīdzekļu īpatsvars uz autoceļa A1 sastādīja 38%, un uz autoceļa A3 – 18%, pārslogoto asu procentuālais daudzums nav tiešā veidā atkarīgs no smago transportlīdzekļu īpatsvara. Abos posmos kravas transportlīdzekļu plūsmas sadalījums virzienos uz Rīgu un no Rīgas ir vienmērīgs, taču asimetrisks ir asu skaita virs 11.5 t sadalījums – autoceļam A1 lielāks palielināto ass slodžu īpatsvars ir virzienā uz Rīgu (64%), savukārt autoceļam A3 – virzienā uz Igauniju (71%). Tātad šiem autoceļiem katrā brauktuves pusē, visticamāk, ceļa segas bojājumi veidosies ar atšķirīgu intensitāti.

GALVENIE SECINĀJUMI UN PRIEKŠLIKUMI

Maģistra darbā ir noteikts ceļa segas konstrukcijas kalpotspējas laika samazinājums pie pašreizējam kravu transportlīdzekļu ass slodzēm diviem valsts galveno autoceļu posmiem. Ir novērtēts iespējamais piensesums Latvijas tautsaimniecībai, ja tiktu ieviestas braucošu transportlīdzekļu svēŗšanas sistēmas ar faktiskās masas un ass slodžu kontroles funkciju. Darba galvenie secinājumi un priekšlikumi ir sekojoši:

1. Lai panāktu efektīvu kravu transportlīdzekļu ass slodžu kontroli, daudzās valstīs ieviestas WIM sistēmas, populārākās no tām ir kvarca sensoru, pjezoelektrisko sensoru un elastīgo plātņu sistēmas. Latvijas apstākļiem piemērotākas ir sistēmas, kas balstītas uz kvarca un pjezoelektrisko sensoru izmantošanu. Ņemot vērā citu valstu pieredzi (piemēram, Lietuvas un Čehijas), Latvijā ir iespējams ieviest WIM sistēmas, izvērtējot un izvēloties efektīvākos risinājumus. WIM sistēmu ieviešana ar transportlīdzekļu masas un ass slodžu kontroles funkciju pašlaik būtu rekomendējama kā pilotprojekts, to kombinējot ar pašreizējo transportlīdzekļu svēŗšanas kārtību. Tomēr, lai realizētu šāda līmeņa projektus Latvijā, vēl ir nepieciešams veikt to plašu popularizēšanu un veikt izmaiņu likumdošanā. Pēc šādu sistēmu kā pilotprojekta ieviešanas būtu nepieciešams izvērtēt kravu transportlīdzekļu faktiskās masas izmaiņas uz autoceļiem un lemt par WIM sistēmu tālāku attīstību Latvijā.
2. Ir noteikts, ka uz autoceļa A1 72.km 15 pilno mēnešu ilgā novērojumu periodā no visām svērtajām kravu transportlīdzekļu asīm gandrīz 1% jeb 25822 asis pārsniedz normatīvās 11.5 t, uz autoceļa A3 24.km 5 mēnešu laikā šādu asu īpatsvars ir 2.3% jeb 10616 asis. Taču kravu transporta īpatsvars no gada vidējās diennakts satiksmes intensitātes uz autoceļa A1 pētītā posma ir novērots 2 reizes lielāks (38%) nekā uz autoceļa A3 posma (18%). Pārslogoto asu īpatsvars nav tiešā veidā atkarīgs no smago transportlīdzekļu procentuālā daudzuma. Gan uz autoceļa A1 72.km, gan uz autoceļa A3 24.km smago transportlīdzekļu plūsmas sadalījums virzienos uz Rīgu un no Rīgas ir vienmērīgs, taču asimetrisks ir pārslogoto asu sadalījums – autoceļam A1 lielāks palielināto ass slodžu īpatsvars konstatēts virzienā uz Rīgu (64%), savukārt autoceļam A3 – virzienā uz Igauniju (71%). Tādēļ būtu ieteicams pievērst uzmanību iespējamām

atšķirībām ceļa segas bojājumu attīstībā dažādās brauktuves joslās. Pašlaik Latvijā ceļa segas tiek projektētas, par ekvivalento vienas slodžu vērtību pārsvarā pieņemot 11.5 t, un Latvijas autoceļi nav piemēroti tik lielu ass slodžu uzņemšanai, kādas šobrīd tiek konstatētas.

Darbā ir noteikts asu skaita, kuru masa pārsniedz 11.5 t, sadalījums pa mēnešiem abiem autoceļiem. Šāda informācija ļautu Valsts policijas darbiniekiem efektīvāk kontrolēt smago automobiļu atļautās masas ievērošanu vietās, kur nākotnē WIM sistēmas netiktu uzstādītas.

3. Balstoties uz analītisku pētījuma metodi, ir aprēķināts, ka autoceļa A1 72.km noslogotības pieauguma koeficienta vērtība 18 mēnešus ilgā novērojumu periodā ir 1.17, savukārt autoceļa A3 24.km noslogotības pieauguma koeficienta vērtība 5 mēnešu ilgā periodā ir 1.15. Izmantojot šīs vērtības un „*AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993*” kalpotspējas indeksa metodi, ir aprēķināts iespējamais autoceļu kalpotspējas samazinājums:
 - Autoceļa A1 9 gadus ilgais ekspluatācijas periods līdz paredzētajai seguma atjaunošanai samazinājies par 2 gadiem. Kopējais kalpotspējas samazinājums līdz nākošajai rekonstrukcijai – četri gadi. Segas virskārtas atjaunošana būtu jāveic divas reizes ik pēc 7 gadiem paredzēto divu reižu vietā ik pēc 9 gadiem;
 - Autoceļa A3 7 gadus ilgais ekspluatācijas periods līdz plānotajai seguma atjaunošanai samazinājies par 1.8 gadiem. Kopējais kalpotspējas samazinājums līdz nākošajai rekonstrukcijai – pieci gadi. Segas virskārtas atjaunošana būtu jāveic trīs reizes ik pēc 5.2 gadiem paredzēto divu reižu vietā ik pēc 7 gadiem.Ir secināms, ka kravas transportlīdzekļu palielinātās ass slodzes rada ievērojamu negatīvu ietekmi uz ceļa segas paredzēto kalpošanas laiku.
4. Ir aptuveni noteikti finansiālie iespējamie zaudējumi no palielinātajām kravas transportlīdzekļu ass slodzēm paredzētajā ekspluatācijas periodā līdz rekonstrukcijai. Ņemot vērā veikto rekonstrukcijas darbu un plānoto seguma atjaunošanas darbu perspektīvās izmaksas, ieguldīto finansiālo līdzekļu zaudējumi pārslogotu transportlīdzekļu dēļ varētu būt sekojoši:
 - Autoceļa A1 2007.gadā rekonstruētā posma km 40.57 – km 80.7 zaudējumi varētu sasniegt apmēram 10.7 milj.eiro lielu summu.

- Autoceļa A3 2013.gadā rekonstruētā posma km 1.65 – km 26.90 zaudējumu summa varētu sasniegt apmēram 7 milj.eiro.
Šajās summās nav ievērtētas ikgadējās periodiskās uzturēšanas darbu izmaksas defektu novēršanai. Lai noteiktu precīzākas izmaksas, būtu jāveic aprēķins par WIM iekārtu uzstādīšanas un sistēmas pilnīgas ieviešanas izmaksām, kas neietilpst darbā pētīto jautājumu sarakstā. Tomēr, vadoties pēc iegūtajiem rezultātiem, kļūst skaidrs, ka šādu sistēmu ieviešana ass slodžu kontrolei būtu daudzkārt izdevīgāka nekā katru gadu investēt lielus līdzekļus ceļu sakārtošanai un ieviest jaunus satiksmes ierobežojumus kravas transportam.

LITERATŪRAS UN INFORMĀCIJAS AVOTU SARAKSTS

Iespieddarbi:

- 1) American association of state highway and transportation officials. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993*. Washington, D.C., 1993, 624 pages.
- 2) Dzenis, P. Autoceļu segu deformācijas un spriegumstāvokļi lielu ass slodžu ietekmē. *Autoceļi*. 1999, izdevums Nr.2.
- 3) Haritonovs, V. *Paliekošo deformāciju attīstības dinamika asfaltbetona seguma materiāliem*. Promocijas darbs, Rīga, 2010, 119 lpp.
- 4) Naudžuns, J. *Autoceļu nestīgo segu projektēšana*. Rīgas Tehniskā universitāte, Rīga, 1997, 138 lpp.
- 5) Zemītis, M. *Autoceļu ekspluatācija*. Rīgas Tehniskā universitāte, 2007. 101 lpp.

Likumdošanas akti un normatīvā dokumentācija:

- 6) *Autopārvadājumu likums*. [Skatīts 17.03.2014]. Pieejams: <http://likumi.lv/doc.php?id=36720>
- 7) *Ceļu satiksmes noteikumi*. MK noteikumi Nr.571 [Skatīts 01.04.2014]. Pieejams: <http://likumi.lv/doc.php?id=90585>
- 8) *Ceļu specifikācijas 2012*. SIA „Ceļu eksperts”, Rīga, 2012. 243 lpp.
- 9) *Latvijas administratīvo pārkāpumu kodekss*. [Skatīts 01.04.2014]. Pieejams: <http://likumi.lv/doc.php?id=89648>
- 10) *Par Autotransporta inspekcijas likvidāciju*. [Skatīts 12.03.2014]. Pieejams: <http://likumi.lv/doc.php?id=222771>

Elektroniskie resursi un interneta avoti:

- 11) Auzāns, V. Policija pastiprināti kontrolē kravas automašīnas. *Bauskas dzīve*. 18.11.2013. [Skatīts 14.03.2014]. Pieejams: <http://bauskasdzive.diena.lv/vietejaszinas/policija-pastiprinati-kontrolē-kravas-automasinās-99539>
- 12) Jeļisejevs, B. *Autoceļu būvniecība*. Lekciju materiāli. [Skatīts 01.05.2014]. Pieejams: <https://estudijas.rtu.lv/course/view.php?id=54210>
- 13) Kvaste, S. Perfekts ceļš, bet nelauj braukt ātrāk par 70 km/h. *TVNET*. 12.07.2013. [Skatīts 12.03.2014]. Pieejams: http://www.tvnet.lv/auto/satiksmē/470957-perfekts_cels_bet_nelauj_braukt_atrak_par_70_kmh

- 14) Langenfelde, K. Apŗauba kravu svēŗšanas metodi. *TVNET*. 11.12.2006. [Skatīts 14.03.2014]. Pieejams: http://www.tvnet.lv/zinas/latvija/214087-apsauba_kravu_sversanas_metodi
- 15) Latvijas Televīzija. *Aizliegtais paņēmiens*. LTV1, 2014. gada 2. maija pārraide. [Skatīts 03.05.2014]. Pieejams: <http://www.ltv.lv/lv/raksts/02.05.2014-aizliegtais-panjemiens.-operacija-musu-celji.id28687/>
- 16) Mudulis, E. Meklē vainīgos sliktajiem ceļiem. *Dienas Bizness*. 29.07.2013. [Skatīts 03.02.2014]. Pieejams: <http://www.db.lv/laikraksta-arhivs/zinas/mekle-vainigos-sliktajiem-celjiem-398233>
- 17) Mudulis, E. Piedāvā svērt braucoŗus kraviniekus. *Dienas Bizness*, 03.09.2013. [Skatīts 15.03.2014]. Pieejams: <http://monitorings.leta.lv/main/item/75C851F4-C9EE-4655-9EB7-70188ABBCCDCD/>
- 18) Œkapars, Ē. Pa ielām regulāri brauc pārkrautas smagās automaŗinas. *Diena*. 20.03.2012. [Skatīts 15.03.2014]. Pieejams: <http://www.diena.lv/latvija/viedokli/skapars-pa-ielam-regulari-brauc-parkrautas-smagas-automasinas-13937721>
- 19) Œlīzers, A., Buls, A. *Ceļu tīkla pārvaldīŗana*. ANO Latīņamerikas un Karību reģiona Ekonomikas komisija (UN-ECLAC), 2004. 70 lpp. [Skatīts 02.04.2014]. Pieejams: http://kartes.lvceli.lv/files/Rokasgramatas/RoadNetwManagm_LV3_s_A.pdf
- 20) *Būvobjekti un satiksmes ierobeŗojumi*. Latvijas Valsts ceļi, 2014. [Skatīts 25.04.2014]. Pieejams: http://lvceli.lv/lat/celu_lietotajiem/satiksmes_ierobezojumi/
- 21) *Satiksmes intensitāte 1996.-2013.gads*, Latvijas Valsts ceļi, 2013. [Skatīts 18.04.2014]. Pieejams: http://lvceli.lv/lat/valsts_celu_tikls/satiksmes_intensitate/
- 22) *Sezonālie transportlīdzekļu pilnas masas ierobeŗojumi uz valsts autoceļiem*. Latvijas Valsts ceļi. [Skatīts 14.03.2014]. Pieejams: http://lvceli.lv/files/Ziemas_uzturesana/2014-04-30_08_24_28_majas_lapai.pdf
- 23) *Superpave design guidelines*. Illinois, 2002, 10 pages. [Viewed 30.03.2014]. Available from: <http://www.il-asphalt.org/SP-Guidelines.pdf>
- 24) *The weigh-in-motion will rein in dishonest hauliers and protect roads*. Solutions era. Fima Ltd., 2013, issue Nr.25. [Viewed 20.02.2014]. Available from: http://www.fima.lt/uploads/newslettersarchive/docs/Solutions_era_25.pdf
- 25) *Valsts autoceļu sakārtoŗanas programma 2014-2020.gadam*. Latvijas Valsts ceļi, 2013. [Skatīts 25.04.2014]. Pieejams: http://kartes.lvceli.lv/files/Projekti/Valsts_autoceļu_sakart_prog_2014_2020_projekts_150513.pdf

- 26) *Virsmas apstrādes objekti 2013*. Latvijas Valsts ceļi, 2013. [Skatīts 29.04.2014].
Pieejams: [http://kartes.lvceli.lv/files/Projekti/Virsmas apstrades objekti_2013.pdf](http://kartes.lvceli.lv/files/Projekti/Virsmas_apstrades_objekti_2013.pdf)
- 27) <http://www.appliedtraffic.co.uk/product/viperwim-high-speed-weigh-in-motion/>
[viewed 19.04.2014]
- 28) <http://www.binders.lv/lv/aktualitates/get/nid/68> [Skatīts 12.03.2014].
- 29) http://www.cross.cz/download/brochure/CROSS_BRO_WIM_1206_ENG.pdf
[Viewed 10.04.2014]
- 30) <http://www.cross.cz/en/references/weigh-in-motion-czech-republic.html> [Viewed
10.04.2014]
- 31) <http://www.cross.cz/en/references/weigh-in-motion-poland.html> [Viewed 10.04.2014]
- 32) <http://www.cross.cz/en/references/vehicle-weighing-bridges-protection-thailand.html>
[Viewed 10.04.2014]
- 33) <http://www.cross.cz/en/wim-weigh-in-motion/cross-wim.html> [Viewed 20.04.2014]
- 34) [http://lv.wikipedia.org/wiki/Autoceļš_A1_\(Latvija\)](http://lv.wikipedia.org/wiki/Autoceļš_A1_(Latvija)) [Skatīts 05.04.2014]
- 35) <http://www.salacgrivaport.lv/uznemejdarbiba-osta-2/> [Skatīts 14.03.2014].
- 36) <http://www.traffic-data-systems.net/en/weigh-in-motion-wim/weigh-in-motion-preselection-wim-p.html> [viewed 15.03.2014]

Citi informācijas avoti:

- 37) *Fima, SIA* sniegtā informācija;
- 38) *Latvijas Valsts ceļi, VAS* sniegtā informācija;
- 39) *Optiskās šķiedras sensora pielietošanas transportlīdzekļu svara automātiskai mērīšanai kustībā: izpēte un izstrāde (vienošanās Nr. 2010/0280/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/094)*. ERAF projekta pārskats, 2010. 2 lpp.
- 40) *Valsts galvenā autoceļa A3 Inčukalns – Valmiera – Igaunijas robeža (Valka) posma km 1,65 – 26,90 segas rekonstrukcija*. Tehniskās specifikācijas, AS „Ceļuprojekts”, 2010.